** Avis de Soutenance**

Monsieur Thibault DUBOIS

Physique

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

*Dynamique des électrons dans les décharges en champs croisés*

dirigés par Madame Sedina TSIKATA

Ecole doctorale : Energie, Matériaux, Sciences de la Terre et de l'Univers - EMSTU
Unité de recherche : ICARE - Institut de Combustion, Aérothermique, Réactivité, Environnement

Soutenance prévue le ***jeudi 23 novembre 2023*** à 15h00
Lieu :   1C, avenue de la Recherche Scientifique CS 50060 45071 – ORLEANS Cedex 2, France
Salle : de Conférences

**Composition du jury proposé**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Mme Sedina TSIKATA  | School of Aerospace Engineering, Georgia Institute of Technology  | Directrice de thèse  |
| M. Francesco TACCOGNA  | ISTP-CNR  | Rapporteur  |
| M. Kentaro HARA  | Department of Aeronautics and Astronautics  | Rapporteur  |
| M. Tiberiu MINEA  | Laboratoire de physique des gaz et des plasmas (LPGP)  | Examinateur  |
| M. Laurent GARRIGUES  | Laboratoire Plasma et Conversion d’Energie (LAPLACE)  | Examinateur  |
| M. Alexandre ESCARGUEL  | Laboratoire de physique des interactions ioniques et moleculaires (PIIM)  | Examinateur  |

|  |  |
| --- | --- |
| **Mots-clés :**  | Plasmas froids,Ondes,Décharges magnétisées,Electron,Thomson,Champs croisés |
| **Résumé :**   |
| Les décharges plasma en champs croisés ont une grande variété d'applications, y compris la propulsion spatiale (les propulseurs de Hall) et le traitement des matériaux (magnétrons planaires). La configuration croisée des champs magnétiques et électriques crée des phénomènes tels que la turbulence plasma et des anisotropies dans les propriétés des particules, dont la compréhension nécessite des informations détaillées sur les électrons. L'étude expérimentale directe de ces caractéristiques contribuerait au développement de simulations numériques de haute fidélité de ces plasmas et à une meilleure compréhension de leur fonctionnement. Un effort de recherche intense a été consacré ces dernières années à l'étude de phénomènes tels que le transport "anormal" d'électrons à travers les lignes de champ, qui dépasse de plusieurs ordres de grandeur le transport attendu par les collisions. L'incompréhension de ce phénomène limite la capacité de prédiction des codes numériques pour les propulseurs et autres dispositifs. Des travaux récents ont cependant établi un lien entre ce transport et les instabilités à haute fréquence dans le plasma. La complexité de ce comportement (propagation 3D, effets de couplage) nécessite le développement de codes numériques performants à trois dimensions, mais aussi des diagnostics avancés pour sonder pour le comportement et les propriétés des électrons. La nature de ces décharges (électrons énergétiques et magnétisés, leur architecture) rend les diagnostics invasifs tels que les sondes de Langmuir limités dans leur capacité à sonder les caractéristiques des électrons. Dans ce travail, deux diagnostics basés sur la diffusion Thomson ont été appliqués : THETIS (diffusion Thomson incohérente), pour mesurer les propriétés individuelles des électrons telles que la température (plus largement, les fonctions de distribution de l'énergie des électrons), la densité et la vitesse de dérive, et PRAXIS (diffusion Thomson cohérente), pour mesurer les fluctuations à petite échelle de la densité des électrons (associées aux ondes MHz). Dans un propulseur à effet Hall de 1,5 kW, l'évolution des propriétés des électrons le long de la direction radiale a été directement mesurée. Une variation radiale, plus marquée pour la température, a été observée. Un modèle de théorie cinétique linéaire a été utilisé pour évaluer la forme de la relation de dispersion correspondant aux conditions de plasma mesurées, et celle-ci a été comparée aux mesures antérieures effectuées avec PRAXIS. Cette analyse a révélé un effet de lissage de la relation de dispersion qui peut être expliqué par la variation des propriétés des électrons le long du volume de mesure. Dans un magnétron planaire HiPIMS, plusieurs conditions de décharge ont été étudiées, avec de l'argon et de l'hélium, pour des courants de pointe allant de 40 A à 600 A. Des caractéristiques résolues en temps, telles que l'anisotropie de la vitesse de dérive, ont été mesurées, et une analyse des contributions aux dérives des particules a été réalisée dans des différentes conditions. La théorie cinétique linéaire a été adaptée pour le magnétron. L'application de PRAXIS aux mesures dans le magnétron planaire a révélé la présence de deux instabilités dans le mode HiPIMS, l'une identifiée comme l'instabilité de dérive cyclotronique électronique (ECDI), étudiée dans des travaux antérieurs, et le second mode se propageant à un angle de 45° par rapport à la surface de la cible. Une analyse préliminaire de la perturbation par une simple sonde de Langmuir dans le plasma a également été effectuée sur le magnétron planaire, et il a été observé qu'une augmentation systématique de la vitesse de groupe de l'instabilité se produisait en présence de la sonde. L'application de diagnostics avancés dans le cadre de ce travail a permis une meilleure caractérisation (y compris avec une résolution temporelle élevée) des propriétés et de la dynamique des électrons de ces dispositifs en champs croisés. |