

OFFRE DE THESE

Description et contrôle des instabilités de dérive présentes dans les propulseurs de Hall et dans un nouveau concept de source d'ions négatifs pour ITERContexte de la thèse

Les propulseurs à courant de Hall et la source d'ions négatifs pour ITER sont deux dispositifs où un champ magnétique statique est appliqué dans le plasma. Dans le cas du propulseur, le fait de placer une barrière magnétique perpendiculaire au trajet des électrons conduit à une chute de la conductivité électronique et à l'existence d'un champ électrique \mathbf{E} important dans cette région qui permet l'extraction et l'accélération des ions. La combinaison du champ magnétique externe \mathbf{B} et du champ électrique \mathbf{E} génère un courant dans la direction $\mathbf{E} \times \mathbf{B}$, le courant de Hall. Les électrons dérivent dans la direction $\mathbf{E} \times \mathbf{B}$ et le confinement est efficace si ce courant de dérive n'intercepte aucune paroi ; on parle alors de dispositifs à dérive fermée. Le confinement efficace des électrons et le courant de dérive très important conduisent souvent au développement d'instabilités. Ces instabilités peuvent générer dans la direction azimutale des non uniformités du plasma conduisant notamment à un transport électronique dit anormal.

Dans le cas de la source d'ions négatifs pour ITER, la barrière magnétique située entre la source d'ionisation RF et la zone d'extraction des ions négatifs permet de diminuer la température électronique (pour éviter la destruction des ions négatifs) et de limiter le courant des électrons co-extraits. Dans ce dispositif, la dérive des électrons $\nabla(n_e T_e) \times \mathbf{B}$ est due au gradient de pression électronique. Actuellement, cette dérive est bornée par les parois, ce qui a pour conséquence d'induire une augmentation du courant électronique extrait et une asymétrie du plasma. Afin d'y remédier, un nouveau concept de source à géométrie cylindrique est à l'étude dans lequel la dérive est fermée dans la direction azimutale (comme dans le cas d'un propulseur de Hall). Cette configuration de dérive fermée est également le siège d'instabilités de dérive.

Les instabilités de dérive ont été mises en évidence expérimentalement dans de nombreux dispositifs applicatifs (propulseurs de Hall, source magnétron...) et souvent très spécifiques. Bien que parallèlement des travaux théoriques aient démontré le rôle des gradients (de densité, température et champ magnétique) et de leur combinaison dans l'apparition de ces instabilités, la description qualitative et quantitative du phénomène, et de ses possibles effets sur le transport au travers du champ magnétique reste insuffisante, ce qui conduit à une conception de ces dispositifs largement empirique. Au cours des dernières années, nous avons développé au Laplace un ensemble d'outils expérimentaux et numériques qui devraient permettre de faire des progrès dans la compréhension de ces instabilités et de répondre à des questions ouvertes les concernant, notamment l'effet du gradient de champ magnétique.

Déroulement de la thèse

Dans cette thèse, nous aborderons ces questions par une approche duale modèle-expérience dans des configurations de dérive $\mathbf{E} \times \mathbf{B}$ et $\nabla(n_e T_e) \times \mathbf{B}$. Le propulseur de Hall bi-étage ID-Hall développé actuellement au Laplace sera caractérisé et servira de point de départ à cette étude. En parallèle, un dispositif expérimental dédié permettant un contrôle simple des phénomènes de rotation au travers notamment du contrôle du gradient de champ magnétique sera conçu sur le principe de la source d'ions négatifs à dérive fermée. Ce dispositif permettra de fonctionner dans des conditions où le gaz ne sera que partiellement ionisé et d'explorer des conditions (pression, gaz, champ magnétique) plus étendues que dans un propulseur à courant de Hall. Le/la doctorant(e) étudiera et caractérisera en particulier les instabilités à grande échelle (centimétriques) et de faible fréquence (rotating spokes) par des diagnostics résolus en temps et dans l'espace tels que l'imagerie rapide, la sonde de Langmuir, la sonde émissive ou encore des mesures de courant à la paroi. Toutes ces données expérimentales sur les instabilités et les gradients seront systématiquement confrontées à la modélisation du dispositif développée par le groupe.

Informations générales

Profil recherché : le/la candidat(e) doit être titulaire d'un Master (BAC+5) et avoir un goût prononcé pour l'expérimentation. Des compétences et/ou une expérience en physique des plasmas seront très appréciées.

Cadre de travail : la thèse se déroulera au sein du LAPLACE (Unité Mixte de Recherche Université de Toulouse 3 / INP / CNRS) dans l'équipe GREPHE (Groupe de recherche en énergétique et plasmas hors équilibre). Les activités sur la propulsion de Hall et la source d'ions négatifs sont actuellement soutenues par le CNES et la Fédération ITER. Le/la doctorant(e) disposera pour effectuer ses travaux d'un moyen d'essai de laboratoire dans lequel seront installés le propulseur de Hall bi-étage ID-Hall et le dispositif à champ magnétique contrôlable.

Financement : MESRI (salaire mensuel brut ~ 1760 €) – possibilités de missions d'enseignement DCCE

Début du contrat : 01/10/2021

Dossier de candidature (par email) : envoyer CV, lettre de motivation, notes de Master 1 et 2, lettres de recommandation du(de la) responsable de Master ou/et de stage.

Contacts : F. Gaboriau (gaboriau@laplace.univ-tlse.fr) – G. Fubiani (fubiani@laplace.univ-tlse.fr)