
Observation expérimentale d'instabilités basses fréquences dans un propulseur de Hall : Mise en évidence d'une interdépendance entre différentes instabilités

Quentin Delavière-Delion^{*1}, Freddy Gaboriau¹, and Gwenaël Fubiani¹

¹Laplace – Université Paul Sabatier-Toulouse III - UPS, CNRS : UMR5213 – 118, Route de Narbonne, 31062 Toulouse, France

Résumé

Dans un propulseur de Hall, un champ électrique axial est appliqué entre l'anode et la cathode et un champ magnétique radial est imposé à travers le canal. Le champ B est choisi de façon à que seuls les électrons soient magnétisés. L'application de ces champs perpendiculaires entre eux, génère un courant d'électron dans la direction EXB. Ce courant d'électron permet une ionisation efficace du gaz dans le propulseur, mais est aussi une source d'énergie pour le développement de nombreuses instabilités dans le plasma du propulseur. Ces instabilités ont été observées expérimentalement sur une large gamme de fréquence (du kHz au GHz). Même si des simulations numériques parviennent à reproduire certaines instabilités, et malgré les progrès théoriques réalisés, l'interdépendance des oscillations à différentes échelles rend ces phénomènes particulièrement complexes et leur compréhension difficile. Ces instabilités sont l'une des causes probables du transport électronique anormal à travers la barrière magnétique et sont responsables de fluctuations globales du plasma et du courant de décharge pouvant conduire à l'arrêt du propulseur ou à l'endommagement des systèmes électroniques annexes. C'est pourquoi, il est nécessaire de mieux comprendre les mécanismes gouvernant ces instabilités afin de mieux les contrôler. L'étude a été réalisée sur le propulseur ID-Hall-2 qui est un propulseur double étage à source inductive. L'ionisation peut être assuré soit par le propulseur de Hall lui-même (mode simple étage), soit par la combinaison du mode simple étage avec une source radiofréquence (mode double étage). Nous nous sommes intéressés aux instabilités basses fréquences (de 103 à 105 Hz). L'étude du plasma du propulseur ID-Hall-2 a révélé la coexistence et l'interdépendance d'au moins trois types d'instabilités ayant des longueurs d'ondes différentes et se propageant dans des directions différentes (axiale et azimutale). On a montré l'existence d'au moins trois régimes de fonctionnement distincts en fonction de la tension de décharge. Dans chacun de ces régimes, il a été observé des oscillations basses fréquences (de quelques kHz à quelques centaines de kHz), du courant de décharge, du potentiel de couplage de la cathode et du potentiel capacitif d'une antenne externe à l'enceinte. Ces oscillations ont été étudiées par le biais de différentes techniques dont l'analyse de Fourier et l'analyse en ondelette. Il a été montré que l'une des transitions se produit lorsque la fréquence de l'une des harmoniques des oscillations de Breathing Mode devient multiple de la fréquence des oscillations rapides, ce qui pourrait entraîner une résonnance expliquant le doublement de l'amplitude du courant de décharge. Les fonctions de distribution en énergie des ions (FDEI) ont aussi été mesurées et

^{*}Intervenant

un comportement différent à été observé dans chacun des régimes identifiés précédemment. D'une distribution symétrique dont le maximum de probabilité d'énergie se trouve en retrait de l'énergie équivalente fournit par la tension de décharge d'environ -15eV, on évolue vers une distribution atypique asymétrique fortement décalée vers les basses énergie (-40eV au-dessous de la tension de décharge), mais aussi étalée vers les hautes énergie (+5eV au-dessus de la tension de décharge).

Mots-Clés: Propulseur de Hall, ID Hall 2, FDEI, RPA, breathing mode, rotating spokes, ion transit time oscillations, instabilités de dérive azimutale