

Avis de Soutenance

Monsieur Valentin HUGONNAUD

Physique

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

Mesures des propriétés ioniques dans le faisceau d'un propulseur électrique : optimisation et standardisation

dirigés par Monsieur Stéphane MAZOUFFRE et Friedrich AUMAYR

Ecole doctorale : Energie, Matériaux, Sciences de la Terre et de l'Univers - EMSTU
Unité de recherche : ICARE - Institut de Combustion, Aérothermique, Réactivité, Environnement
Co-tutelle avec l'université "TU Wien" (AUTRICHE)

Soutenance prévue le **vendredi 04 mars 2022** à 9h00

Lieu : Karlsplatz 13, 1040 Wien

Salle : Visioconférence

Composition du jury proposé

M. Stéphane MAZOUFFRE	CNRS Orléans	Directeur de thèse
M. Friedrich AUMAYR	Technische Universität Wien - TU Wien	Co-directeur de thèse
M. Wonho CHOE	Korea Advanced Institute of Science and Technology	Rapporteur
M. Herbert BALASIN	Technische Universität Wien - TU Wien	Examineur
M. Paulo LOZANO	Massachusetts Institute of Technology	Rapporteur
M. David KREJCI	ENPULSION	Invité
M. Alexander REISSNER	ENPULSION	Invité

Mots-clés : Optimisation, Propulseur électrique, Standardisation, Faisceau, Plasma, Mesure,

Résumé :

La propulsion électrique est aujourd'hui une technologie incontournable dans le secteur spatial grâce aux avantages qu'elle procure en termes de masse, de volume et d'impulsion totale. Elle est désormais couramment utilisée pour le transfert d'orbite, le contrôle d'attitude et le maintien à poste des satellites géostationnaires de télécommunication. Les propulseurs électriques deviennent également incontournables pour améliorer les performances et les capacités des CubeSats et des micro-satellites dont le nombre de mises en orbite croît de façon exponentielle. De plus ce type de propulsion apparaît avantageux pour les nouvelles générations de satellites GPS, les systèmes d'extension de vie des satellites, les véhicules cargo et les sondes interplanétaires. Il existe une grande variété de technologies de propulseurs électriques spatiaux, ou propulseurs ioniques. Quelle que soit la technologie et son degré de maturité, il est primordial de valider l'ensemble des caractéristiques ainsi que les performances du propulseur. Pour répondre à la problématique, il est nécessaire de réaliser deux types de mesures : i) des mesures de la poussée d'une part et ii) des mesures des propriétés du faisceau d'ions d'autre part. Les travaux de recherche qui ont été conduits dans cette thèse traitent en particulier les mesures de type ii. Le faisceau d'un propulseur est composé principalement d'ions et d'électrons ; les premiers sont à l'origine de la poussée et les seconds garantissent la neutralité électrique du système. Les données à collecter sur les ions sont le flux, l'énergie et la charge en fonction de la position et de l'angle. Elles permettent de déterminer le courant total d'ions, l'efficacité d'ionisation et l'angle de divergence du faisceau. Ces grandeurs sont importantes pour évaluer les performances du système propulsif ainsi que les possibles interactions entre le plasma et le satellite qui peuvent conduire à des anomalies, voire à l'échec de la mission. La thèse a deux objectifs majeurs : 1) optimiser les instruments qui permettent la mesure de la densité de courant ionique (coupe de Faraday) et de l'énergie des ions (analyseur à champ retardateur) et 2) fournir des données sur le dimensionnement d'une sonde « universelle » pour l'étude de faisceaux provenant de différents propulseurs électriques. Il s'agit en fait de fiabiliser la mesure des grandeurs ioniques et de standardiser les essais pour garantir les valeurs et permettre une comparaison tangible et pertinente entre différents propulseurs, entre différentes chambres d'essais au sol et entre les données sol/vol. Les

études expérimentales conduites pour atteindre les objectifs ont pu être réalisées avec trois types de propulseurs : un propulseur de Hall, un moteur ionique à grilles et un propulseur à effet de champ. Les caractéristiques et les performances cumulées de ces trois propulseurs couvrent un très vaste domaine, ce qui permet de valider la majorité des cas rencontrés. Ces moteurs ont été fournis par le CNRS, l'ESA et la start-up ENPULSION, respectivement. Il a aussi été possible d'accéder à différents moyens d'essais pour l'étude des effets induits par les bancs de tests sur un moteur à effet de champs. Les résultats obtenus montrent qu'il est possible d'utiliser une architecture commune pour l'étude de ces trois moteurs. Cependant, les parties de la sonde les plus exposées aux perturbations induites par l'interaction avec le faisceau étudié dépendent des propriétés de ce dernier. Cela implique que la sonde fonctionne d'une manière différente pour chaque moteur. Il a aussi été possible de comprendre le comportement des ions une fois dans la sonde. Enfin, le développement d'une sonde dite à mode double a été étudié. Le but est de pouvoir mesurer, à conditions plasma identiques, l'énergie et le courant d'ions au sein du faisceau. Ces deux informations permettent de déduire de façon indirecte la poussée produite par un moteur.