

# Première caractérisation d'un propulseur ECRA alimenté à l'iode

V. Désangles<sup>1</sup>, Q. Delavrière--Delion<sup>1</sup>, S. Carere<sup>1,2</sup>, D. Packan<sup>1</sup>, F. Boni<sup>1</sup>, P.Q. Elias<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ONERA-DPHY, Université Paris-Saclay, 91123 Palaiseau, France

<sup>2</sup> Dipartimento di Elettronica, Politecnico di Torino, 10129 Torino, Italy

mél: [quentin.delaviere@onera.fr](mailto:quentin.delaviere@onera.fr)

La propulsion électrique des satellites, traditionnellement dépendante du xénon, est aujourd'hui confrontée à une hausse des coûts et à des difficultés d'approvisionnement. L'iode ( $I_2$ ), abondant et économique, émerge comme une alternative crédible, offrant des performances comparables au xénon [1,2]. Avec une masse atomique similaire mais une énergie d'ionisation plus faible (à la fois pour ses formes moléculaire et atomique), l'iode présente un avantage majeur : il peut être stocké sous forme solide, éliminant ainsi le besoin de systèmes haute pression, contrairement au xénon gazeux. Cependant, son utilisation impose deux défis : un chauffage préalable pour le transformer en gaz plasmagène, et une corrosivité qui limite le choix des matériaux, posant notamment problème pour l'adaptation des cathodes dans les propulseurs de Hall et à grilles de moyenne et haute puissance [1,3].

Pour contourner ces obstacles, nous explorons l'utilisation d'un propulseur sans cathode neutralisatrice de type propulseur à résonance cyclotronique des électrons (ECRT) avec le prototype ECRA développé à l'ONERA [4]. Ce système, basé sur une décharge plasma micro-ondes pour l'ionisation et le chauffage des électrons et une tuyère magnétique pour l'accélération des ions, a déjà démontré des performances prometteuses avec le xénon [2]. Avec l'iode, notre objectif est d'analyser la composition du plasma (ions  $I_2^+$ ,  $I^+$ ,  $I^-$ ) et son impact sur les performances du propulseur dans des conditions encore assez méconnues pour les plasmas d'iodes avec des basses pressions ( $\sim 10^{-5}$  mbar) et des hautes températures électroniques ( $\sim 30$  eV). Un banc d'essai dédié, équipé d'un système d'injection d'iode et d'un pompage cryogénique, a permis de réaliser des tests stables du propulseur ECRA sur plusieurs dizaines d'heures, sans dégradation visible du propulseur ou des équipements (figure 1, photographie de droite). Pour une analyse approfondie, le banc a été instrumenté avec des sondes de Faraday, de Langmuir, un RPA et une curling probe, afin de mesurer le flux ionique, la densité et la température électronique, ainsi que l'énergie des ions. Une ligne de spectroscopie d'émission optique complète ces diagnostics.



Figure 1 : Propulseur ECRA en fonctionnement, de gauche à droite, avec de l'azote, du xénon et de l'iode.

Les résultats préliminaires révèlent des performances similaires entre l'iode et le xénon, suggérant une faible électronégativité du plasma d'iode. Ces observations ouvrent la voie à une étude plus intensive de la dynamique de l'iode dans les propulseurs ECRT.

## Références

- [1] D. Rafalskyi, J. M. Martínez, L. Habl, et al., Nature, 599, 7885, [doi](#), (2021),
- [2] J. Szabo, B. Pote, S. Paintal, et al., Journal of Propulsion and Power, vol. 28, no. 4, [doi](#), (2012).
- [3] P.S. Becke, N. G. Kottke, M. Vaupel et al., Journal of Electric Propulsion, 3, 1, [doi](#), (2024)
- [4] V. Désangles, D. Packan, J. Jarrige, S. Peterschmitt et al., Journal of Electric Propulsion, 2, 1, [doi](#), (2023)

Statut : post-doc