

---

# Propulsion laser – définition préliminaire d’un démonstrateur

Gilles Tahan<sup>\*1</sup>, Séverine Boyer<sup>1</sup>, Michel Boustie<sup>2</sup>, and Claude Phipps<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centre de Mise en Forme des Matériaux (CEMEF) – MINES ParisTech - École nationale supérieure des mines de Paris, CNRS : UMR7635 – France

<sup>2</sup>CNRS-ENSMA, U. Poitiers, Futuroscope, France (CNRS-ENSMA, U. Poitiers, Futuroscope, France) – CNRS-ENSMA, U. Poitiers, Futuroscope, France – France

<sup>3</sup>Photonic Associates, LLC, Santa Fe, USA (Photonic Associates, LLC, Santa Fe, USA) – Photonic Associates, LLC, Santa Fe, USA, États-Unis

## Résumé

Dans une industrie spatiale en plein développement, la recherche de nouveaux systèmes de propulsion est cruciale. En effet, le coût prohibitif d’un lancement en orbite terrestre basse reste encore un frein pour de nombreux projets. De même, l’émergence de nouvelle problématique, comme la gestion des débris spatiaux ou le développement de satellites de plus en plus petits, nécessite de repenser la façon de propulser les objets. Dans ce contexte, une technologie basée sur l’utilisation de lasers haute puissance pulsés pourrait être une solution aux problèmes évoqués. Ce type de propulsion repose sur le principe d’éjection de masse d’une fine couche de matière engendrée par l’ablation laser d’une surface solide. Imaginée par Kantrowitz en 1972, puis mise en application par Myrabo en 1998 (Myrabo et al., 1998) avec un démonstrateur léger (lightcraft), cette technologie a connu de nombreux développements et variantes des années 2000 jusqu’à maintenant (Phipps, 2006; Sasoh, 2001). La propulsion par ablation laser présente plusieurs avantages : le dépôt d’énergie depuis une source distante permet de limiter la masse à embarquer pour la propulsion, la source est distante et donc abroge les limitations liées à l’encombrement. Cette solution semble d’ailleurs la plus ‘facilement’ envisageable à court terme pour la désorbitation de débris orbitaux de petite taille. La propulsion par ablation laser devenant une technologie potentiellement prometteuse pour l’avenir de la propulsion spatiale, elle nécessite néanmoins encore de nombreux développements avant de pouvoir être utilisée. En particulier, l’interaction laser-matière reste une source d’interrogation, surtout dans le cas d’ablations successives et nombreuses. Le but de ce présent travail reste donc de déterminer d’une part les paramètres liés à la poussée engendrée par l’éjection de masse, le coefficient de couplage de la quantité de mouvement ( $C_m$ ), et l’impulsion spécifique qui permet de juger de l’efficacité de la propulsion. D’autre part, il s’agit de quantifier la perte de masse liée à l’ablation ainsi que les transferts thermiques qui peuvent s’avérer critiques pour l’intégrité du véhicule. Une approche numérique du problème est proposée pour apporter des pistes sur le problème évoqué. Ces estimations s’appuient aussi sur une campagne réalisée au LULI, en particulier pour la mesure du  $C_m$  (Phipps et al., 2017) basée sur un dispositif de pendule couplé à une mesure de vitesse en face arrière. Cette étude se focalise sur plusieurs matériaux métalliques et polymères, en particulier le POM. Ce polymère semble en effet être un matériau prometteur, car son  $C_m$  est élevé.

---

\*Intervenant

Références:

Myrabo, L., Messitt, D., and Mead, Jr., F. (1998). Ground and flight tests of a laser propelled vehicle. In 36th AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit, (Reno,NV,U.S.A.: American Institute of Aeronautics and Astronautics)

Phipps, C.R. (2006). Performance Test Results for the Laser-Powered Microthruster. In AIP Conference Proceedings, (Nara (Japan): AIP), pp. 224–234.

Phipps, C.R., Boustie, M., Chevalier, J.-M., Baton, S., Brambrink, E., Berthe, L., Schneider, M., Videau, L., Boyer, S.A.E., and Scharring, S. (2017). Laser impulse coupling measurements at 400 fs and 80 ps using the LULI facility at 1057 nm wavelength. *Journal of Applied Physics* *122*, 193103.

Sasoh, A. (2001). Laser-driven in-tube accelerator. *Review of Scientific Instruments* *72*, 1893.

**Mots-Clés:** Ablation Laser, Propulsion, Plasma, Thermique