

Présentation de sujet de Projet Master IPSA (PMI) :

Perspective d'expérience d'un système de séparation d'étages de fusée par aérofreinage.

Présentation :

La séparation des étages d'une fusée pendant son vol est une phase critique qui conditionne les performances et la sécurité globale de la mission. Les systèmes conventionnels de séparation, souvent basés sur des mécanismes pyrotechniques ou des dispositifs à ressort, présentent des inconvénients significatifs en termes de masse, de complexité mécanique et de fiabilité.

Ce projet propose d'étudier et de développer une solution alternative innovante : un système de séparation basé sur le principe de l'aérofreinage. Le dispositif exploiterait les forces aérodynamiques pour créer un différentiel de vitesse entre deux étages de la fusée, permettant ainsi leur séparation de manière contrôlée et efficace.

Notre PMI se concentrera sur l'étude approfondie de la faisabilité d'un tel système sur une fusée de petit gabarit (fusée-sonde). Nous réaliserons une étude théorique complète et des simulations numériques poussées, puis concevrons les plans détaillés du système ainsi que l'instrumentation qui serait nécessaire pour une future validation expérimentale.

La construction d'un prototype fonctionnel et sa validation expérimentale en conditions réelles de vol sont envisagées comme des perspectives à plus long terme, potentiellement dans le cadre d'un projet ultérieur avec une campagne de lancement amateur au mieux durant l'été 2026.

Objectifs :

Les objectifs de ce PMI sont :

- Modéliser et simuler le comportement aérodynamique du système d'aérofreinage dans différentes conditions de vol
- Concevoir les plans détaillés du système de séparation, incluant le mécanisme de déploiement des aérofreins
- Dimensionner et optimiser la géométrie des aérofreins

- Estimer précisément les performances du système (différentiel de vitesse, temps de séparation, stabilité)
- Concevoir les plans détaillés du système d'instrumentation complète nécessaire à la validation expérimentale du système lors d'essais en vol
- Élaborer un protocole d'essai détaillé pour de futurs tests expérimentaux
- Analyser les risques potentiels et proposer des solutions de mitigation

Mots clés :

Aérofreinage, Séparation d'étages, Fusée sonde, Aérodynamique, Instrumentation embarquée, CAO (Conception Assistée par Ordinateur), CFD (Computational Fluid Dynamics), Optimisation structurelle, RDM (Résistance des matériaux), Electronique embarqué, Acquisition de données en temps réel.

Compétences/connaissances :

- Mécanique des fluides et aérodynamique
- Conception mécanique et modélisation industrielle (CAO via CATIA)
- Résistance des matériaux et matériaux composites
- Simulation numérique (CFD via STAR-CCM+, éléments finis via PATRAN NASTRAN)
- Électronique embarquée et systèmes de mesure
- Programmation (Python, MATLAB, C/C++)
- Traitement et analyse de données
- Gestion de projet et méthodologie expérimentale
- Connaissances en mécanique spatiale et en dynamique du vol

Complément :

Les fusées sondes, notamment dans le cadre de projets étudiants ou amateurs, sont souvent limitées par la masse et la complexité des systèmes de séparation conventionnels. Un mécanisme basé sur l'aérofreinage permettrait d'alléger significativement la structure tout en simplifiant l'architecture globale de la fusée, augmentant ainsi les performances atteignables (altitude, charge utile) pour un même volume de propergol.

La dimension pluridisciplinaire de ce projet constitue l'un de ses atouts majeurs. Il mobilise des compétences variées et complémentaires permettant à ses membres un gain d'expérience et de savoir pouvant leur servir dans leur futur métier d'ingénieur.

Notre ambition à l'issue de ce PMI est de concevoir ce système dans la perspective d'une expérimentation réelle lors d'une campagne de lancement de fusées amateurs tel que le C'Space offrant un cadre idéal pour tester des innovations technologiques à moindre coût, tout en respectant des protocoles de sécurité rigoureux.