



OptiMERMOZ

Optimisation d'un avion à hydrogène par une approche exergétique

Directeur.rice.s de thèse : Jean-Marc Moschetta (DAEP), Sébastien Duplaa (DAEP) & Christophe Turpin (LAPLACE)

Cofinancement : Région Occitanie - AID

Sujet de thèse :

Le vol décarboné des aéronefs constitue un sujet majeur pour l'aéronautique du futur. Pour cela, le drone électrique constitue une excellente plateforme pour tester des solutions innovantes basée sur l'utilisation d'hydrogène à bord pour alimenter une pile à combustible. Les piles à combustibles embarquables ont actuellement des rendements énergétiques de l'ordre de 50% et dissipe une quantité importante de chaleur dans le processus d'oxydo-réduction qui produit l'électricité. Cette quantité de chaleur nécessite un dispositif de refroidissement habituellement basé sur l'admission d'air dans le compartiment contenant la pile. Mais cette admission d'air est synonyme de traînée et donc de perte de performance globale. De plus, la pile produisant de l'eau, on peut envisager de s'en servir pour faciliter le contrôle thermique de la pile, notamment dans le cas où celle-ci est alimentée par un réservoir d'hydrogène liquide, lequel constitue une source froide. Dans ce cas, l'approche exergétique est particulièrement pertinente pour déterminer une approche thermodynamique permettant d'optimiser le drone en un sens global, en tenant compte des aspects aéropulsifs comme des aspects énergétiques.

La thèse proposée abordera la modélisation exergétique du problème en prenant en charge 2 caractéristiques des futurs drones électriques de longue élancement : a. le cas d'un drone supplémenté à l'aide de panneau photovoltaïques, dont la production d'électricité dépend fortement de l'irradiance solaire (inclinaison de l'avion, heure de la journée, position sur le globe) et b. le cas d'un drone équipé d'un réservoir d'hydrogène liquide à bord pour lequel le phénomène de « boil-off » induit une gestion complexe du profil de mission. En effet, avec le phénomène de « boil-off », il existe un optimum à déterminer entre la nécessité de minimiser le taux de fuite du réservoir et celle d'utiliser la ressource des cellules photovoltaïques dont la production est « opportuniste » au cours du vol. Cette optimisation énergétique est non seulement liée à un compromis conceptuel avec les performances aérodynamique du drone (liée à l'admission d'air) et à la conduite optimale du vol au cours de sa croisière. L'analyse exergétique permettra une approche globale permettant de fournir un diagnostic complet du drone, permettant de maximiser son endurance, tout en maintenant le contrôle thermique de la pile.



La thèse se déroulera selon plusieurs phases successives. Une première phase consistera à développer un modèle thermodynamique macroscopique destiné à la conception d'une architecture optimale d'un drone électrique générique basé sur l'hydrogène (Fig. 1). Cette phase sera calibrée au plan numérique sur des calculs CFD aérothermodynamiques réalisés autour et à l'intérieur du fuselage. Elle sera calibrée, au plan expérimental, à l'aide d'essais sur banc hydrogène (LAPLACE) et d'une campagne d'essais dans la soufflerie drones de l'ISAE-SUPAERO. La seconde phase consistera à appliquer l'analyse exergetique au modèle ainsi calibré, en montrant comment les débits d'admission et la forme des prises d'air – mais aussi la gestion des échanges de chaleur au sein du fuselage – permettent de maximiser l'endurance du drone en croisière. Une troisième phase abordera la question du passage à l'échelle vers une gamme de drones ou d'avions légers basés sur la propulsion électrique et une pile à hydrogène.

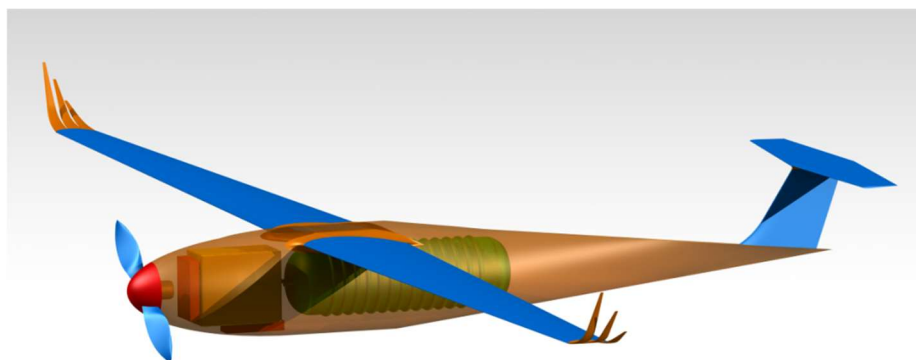


Fig. 1 – Vue CAO du drone MERMOZ avec réservoir d'hydrogène liquide (en vert).

Ce programme doctoral est en forte interaction avec des sociétés privées du secteur de l'aéronautique et des drones et bénéficiera de conditions financières attractives. Les candidatures sont à soumettre avant mi-October 2022 à jean-marc.moschetta@isae.fr et à sebastien.duplaa@isae.fr

Le contrat doctoral est à pourvoir immédiatement (recrutement au plus tard au 1^{er} décembre 2022).