

## **Stage - Modélisation d'évaporation d'eau brumisée dans le passage d'un échangeur thermique air/air appliqué à un turbomoteur nouvelle génération**

---

**Localisation :** 10 Avenue Marc Pégérin, 31400 Toulouse

**Contrat :** Stage de 6 mois

**Démarrage :** Septembre 2025

**Date de parution de l'offre :** Juin 2025

---

**Département :** Département Aérodynamique, Énergétique et Propulsion (DAEP)

Ce stage est porté par l'ISAE-Supaero et co-dirigé par la startup Viraj H2. Il s'inscrit dans la collaboration de ces deux entités autour du projet de propulsion porté par l'entreprise.

### **Description du stage :**

L'aviation représente environ 5% du forçage radiatif global, avec une contribution significative des émissions de CO<sub>2</sub> et de non-CO<sub>2</sub>. Dans un contexte de transition énergétique, l'industrie aéronautique se concentre sur la décarbonation des vecteurs énergétique et sur l'augmentation de l'efficacité thermopropulsive. Parmi les technologies émergentes, l'injection d'eau et de vapeur s'avère particulièrement prometteuse pour améliorer l'efficacité thermique des moteurs et réduire les effets non-CO<sub>2</sub>. Cette technologie a été largement étudiée pour des turbine à gaz au sol [1], l'injection d'eau pour des applications aéronautique a été utilisé notamment dans le cadre d'avions militaires [2] et des programmes de recherche internationaux ont été menés plus récemment [3] avec des visées de performances économiques et environnementales. Toutefois, aucun démonstrateur fonctionnel d'injection d'eau en continue n'a développé en propulsion aéronautique.

Ce stage s'inscrit dans le cadre de la conception d'un turbopropulseur développé par la startup Viraj H2, intégrant l'injection de vapeur pour améliorer les performances thermiques et réduire entre autres les émissions de Nox sur toute la durée du vol. L'objectif principal du stage est de modéliser l'évaporation de gouttelettes d'eau injectées dans un flux d'air chaud, à travers un échangeur thermique de type air humide/air humide, dans des conditions représentatives de celles rencontrées dans les moteurs de turbopropulseurs. Ce travail consistera à étudier l'impact de la taille des gouttelettes et du taux d'injection d'eau sur l'échange thermique, les modifications du coefficient de transfert thermique local, ainsi que sur les pertes de charge induites par l'injection.

La modélisation de ces phénomènes sera réalisée sur une géométrie définie, en utilisant des méthodes numériques avancées, notamment en mécanique des fluides diphasiques, en prenant en compte les interactions entre la vapeur, les gouttelettes, les parois et le flux d'air. L'objectif est de parvenir à une estimation des critères mentionnés précédemment pour une autre géométrie donnée, sans avoir recours à une simulation numérique complexe, mais en s'appuyant sur des phénomènes modélisables par une approche de temps de résidence, thermodynamique, NTU (méthode du Nombre d'Unité de Transfert), et d'autres principes simplifiés adaptés à l'évaluation des échanges thermiques et des pertes de charge.

## Profil recherché

Nous recherchons un profil dynamique, curieux, polyvalent, capable de travailler dans un environnement académique et startup. De formation ingénieur ou master, en Systèmes Énergétiques, transferts, mécanique des fluides et avec des compétences en modélisation numérique, propulsion, thermodynamique.

**Durée :** 6 mois dès septembre 2025

**Lieu :** Lieux de travail : alterné, entre les différents organes (principalement Campus ISAE)

**Modalité de candidature :** Envoyer CV + Lettre de motivation à l'adresse [careers-isaeviraj-h2.com](mailto:careers-isaeviraj-h2.com) en mentionnant en objet le poste visé

- [1] A. Bouam, S. Aïssani, et R. Kadi, « Gas Turbine Performances Improvement using Steam Injection in the Combustion Chamber under Sahara Conditions », *Oil & Gas Science and Technology - Revue d'IFP Energies nouvelles*, vol. 63, n° 2, p. 251-261, mars 2008, doi: 10.2516/ogst:2007076.
- [2] « Avialogs: Aviation Library - T.O. 1C-135(K)A-1 KC135A Flight Manual ». Consulté le: 5 août 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.avialogs.com/aircraft-b/boeing/item/55756-t-o-1c-135-k-a-1-kc135a-flight-manual>
- [3] O. Schmitz, H. Klingels, et P. Kufner, « Aero Engine Concepts Beyond 2030: Part 1—The Steam Injecting and Recovering Aero Engine », *Journal of Engineering for Gas Turbines and Power*, vol. 143, n° 021001, janv. 2021, doi: 10.1115/1.4048985.