

PROPOSITION DE STAGE EN COURS D'ETUDES

Référence : **DMPE-2026-25**

(à rappeler dans toute correspondance)

Lieu : Palaiseau

Département/Dir./Serv. : DMPE/CMEI

Tél. : 01 80 38 60 33

Responsable(s) du stage : Etienne Terrenoire
(CMEI)

Email : etienne.terrenoire@onera.fr

DESCRIPTION DU STAGE

Thématique(s) : Matériaux énergétiques, émissions et dispersion atmosphérique
Transferts thermiques et dégradation des matériaux".

Type de stage : ☒ Fin d'études bac+5 ☒ Master 2 ☐ Bac+2 à bac+4 ☐ Autres

Intitulé : Sensibilité multi critère du forçage radiatif d'une traînée de condensation

Contexte

Parmi les contributions non-CO₂ de l'aviation, celle des cirrus induits par les traînées de condensation serait la plus importante et représenterait 57 % du forçage radiatif effectif global de l'aviation [1]. Les incertitudes sur ces valeurs sont encore très importantes et de nouvelles études sont nécessaires, ce qui montre l'intérêt d'étudier la formation et l'évolution des traînées de condensation.

Au sein du Département Multi-Physique pour l'Energétique (DMPE) de l'ONERA, la simulation de la formation des traînées de condensation est effectuée avec le solveur CHARME (calculs thermo-aérodynamiques, chimiques et microphysiques) du logiciel CEDRE [2,3,4,5,6]. En parallèle, le solveur ASTRE (solveur lagrangien de suivi de photons) [7] est utilisé pour les calculs de transfert radiatif.

Le DMPE a récemment adapté et appliqué ASTRE au calcul du transfert radiatif se produisant dans une colonne atmosphérique contenant ou non une traînée de condensation. Les premiers résultats issus de ces calculs et comparés à ceux d'autre codes pour ce même cas d'étude sont encourageants et appellent à une poursuite des travaux visant à développer une paramétrisation de calcul du forçage des traînées de condensation destiné à être intégré à la librairie libre d'accès *pycontrail* (py.contraails.org/ et github.com/contrailcirrus) permettant de quantifier l'impact global des traînées de condensation de l'aviation.

Objectifs

L'objectif du stage est de simuler le forçage radiatif d'une traînée de condensation pour un grand nombre de cas à l'aide du solveur ASTRE.

La méthodologie est de type Monte-Carlo et le nombre cas à simuler sera déterminer à partir des données d'entrées clés identifiées lors de précédents travaux. Des simulations de cas de recouvrement de traînée de condensation par des cirrus naturels seront également examinés.

L'analyse et l'interprétation des résultats aura pour objectif principal de dégager une paramétrisation multi-paramètres utilisable par la librairie *pycontrail*.

Collaboration

- Département DOTA (Département d'Optique et Techniques Associées) de l'ONERA

Références bibliographiques :

[1] Lee D. S. et al. (2021), The contribution of global aviation to anthropogenic climate forcing for 2000 to 2018, *Atmospheric Environment* 244, 117834. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.117834>

[2] <https://cedre.onera.fr/>

[3] Bouhafid Y., N. Bonne and L. Jacquin, Combined reynolds-averaged Navier-Stokes/Large-Eddy Simulations for an aircraft wake until dissipation regime, Aerospace Science and Technology 154 (2024) 109512. doi:10.1016/j.ast.2024.109512.

[4] Y. Bouhafid, Y., N. Bonne, Simulation of a contrail formation and early life cycle for a realistic airliner geometry, EGUsphere 2025 (2025) 1–33. doi:10.5194/egusphere-2025-1865

[5] R. Annunziata R., N. Bonne and F. Garnier, Numerical investigation of engine position effects on contrail formation and evolution in the near-field of a realistic aircraft configuration, Aerospace Science and Technology (2025)

[6] Annunziata R., N. Bonne and F. Garnier, Large-Eddy Simulation of engine position effects on contrails evolution in the vortex and dissipation regime for a realistic aircraft configuration. Available at SSRN: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.5420622>

[7] <https://aerospacelab.onera.fr/fr/Modelisation-transfert-radiatif%20>

Est-il possible d'envisager un travail en binôme ? **Non**

Méthodes à mettre en œuvre :

- | | |
|---|---|
| ☒ Recherche théorique | ☐ Travail de synthèse |
| ☒ Recherche appliquée | ☒ Travail de documentation |
| ☐ Recherche expérimentale | ☒ Participation à une réalisation |

Possibilité de prolongation en thèse : **Oui**

Durée du stage : Minimum : 4 mois Maximum : 5 mois

Période souhaitée : premier semestre 2026

PROFIL DU STAGIAIRE

Connaissances et niveau requis :

- Transfert radiatif
- Python et Fortran 90

Ecoles ou établissements souhaités :

Master 2, dernière année d'école d'ingénieur