

PROPOSITION DE STAGE EN COURS D'ETUDES

Référence : **DMPE-2026-24**
(à rappeler dans toute correspondance)

Département/Dir./Serv. : DMPE/CMEI

Responsables du stage : Nicolas Bonne
Pierre Saulgeot

Lieu : Palaiseau

Tél. : 01 86 38 62 11
01 86 38 61 09

Email : nicolas.bonne@onera.fr
pierre.saulgeot@onera.fr

DESCRIPTION DU STAGE

Thématique(s) : Matériaux énergétiques, émissions et dispersion atmosphérique

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

Intitulé : Analyse paramétrique de l'influence de conditions atmosphériques sur l'évolution d'une traînée de condensation

Sujet :

Les traînées de condensation sont les longues traînées blanches observées parfois derrière les avions. Ce sont des nuages de glace (cirrus) qui se forment à partir de vapeur d'eau, aussi bien celle émise par le moteur que celle déjà présente dans l'atmosphère et des autres émissions des moteurs (suies, SOx...). Ces nuages, initialement rectilignes, peuvent sous certaines conditions atmosphériques persister plusieurs heures et se déformer pour présenter l'aspect d'un cirrus naturel. Ces cirrus induits par l'aviation ont, comme les nuages naturels, une influence sur le bilan radiatif terrestre (notamment l'effet de serre), imposant ainsi un forçage radiatif à l'atmosphère. Une étude récente (Lee et al. 2021) a montré que le forçage radiatif des traînées de condensation était potentiellement deux fois supérieur à celui du CO₂ émis par l'aviation. En revanche, cette valeur reste très incertaine. Il est donc important de comprendre la formation et l'évolution des traînées de condensation afin de réduire cette incertitude et de proposer, le cas échéant, des méthodes pour les éviter ou réduire leurs formations.

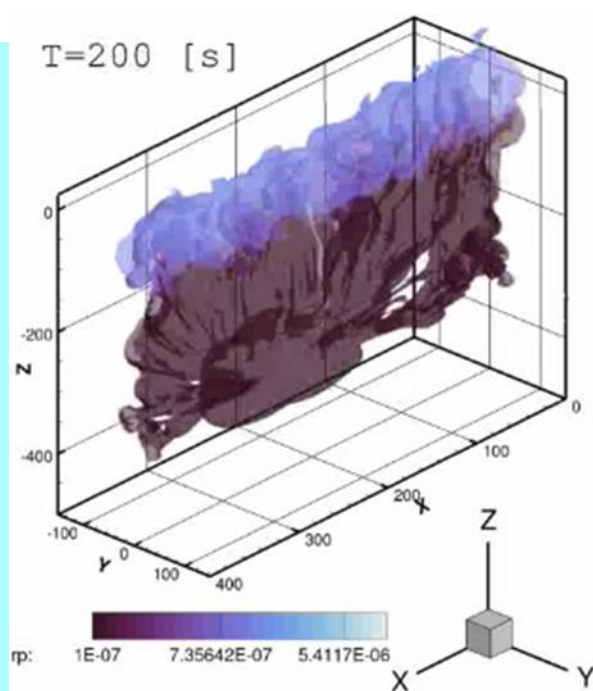
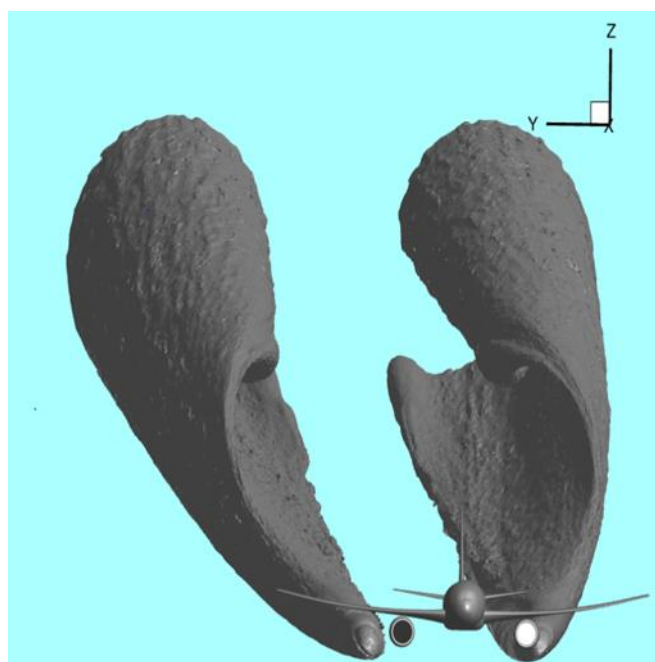


Figure 1 : traînée de condensation simulée par une approche RANS (gauche) et LES (droite)

Les traînées de condensation sont simulées, soit de manière très approchée sur leur durée de vie totale (pouvant aller jusqu'à plusieurs heures) en utilisant une hypothèse de distribution spatiale gaussienne (Schumann 2012), soit par des approches détaillées en utilisant une simulation RANS pour l'étape de formation, puis une simulation LES pour son évolution jusqu'à environ 5 minutes (Bouhafid et al. 2024 et Figure 1) ou sur quelques heures en 2D (Unterstrasser 2010). Cependant, les modèles approximatifs, utilisés pour évaluer l'impact radiatif de l'aviation et optimiser les trajectoires, sont sensibles à leurs conditions initiales qui, actuellement, s'appuient peu sur les résultats des méthodes détaillées. Il est donc important d'améliorer cette prise en compte pour accroître la précision des modèles approchés.

L'objectif du stage consiste à mener une étude paramétrique 3D des effets de stratification de l'atmosphère (qui quantifie la manière dont la température, la pression et la masse volumique varient avec l'altitude) en réalisant des simulations LES initialisées à partir d'un calcul RANS. Leurs résultats permettront ensuite d'améliorer l'initialisation de l'approche simplifiée, afin d'étudier l'apport des méthodes détaillées dans les méthodes approchées.

Lee, D. S., Fahey, D. W., Skowron, A., Allen, M. R., Burkhardt, U., Chen, Q., ... & Wilcox, L. J. (2021). The contribution of global aviation to anthropogenic climate forcing for 2000 to 2018. *Atmospheric environment*, 244, 117834.

Schumann, U. (2012). A contrail cirrus prediction model. *Geoscientific Model Development*, 5(3), 543-580.

Bouhafid, Y., Bonne, N., & Jacquin, L. (2024). Combined Reynolds-averaged Navier-Stokes/Large-Eddy Simulations for an aircraft wake until dissipation regime. *Aerospace Science and Technology*, 154, 109512.

Unterstrasser, S., & Gierens, K. (2010). Numerical simulations of contrail-to-cirrus transition—Part 2: Impact of initial ice crystal number, radiation, stratification, secondary nucleation and layer depth. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 10(4), 2037-2051.

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

Méthodes à mettre en oeuvre :

- | | |
|---|---|
| ☒ 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 : 5 mois Maximum : 5 mois

Période souhaitée : mars/juillet

PROFIL DU STAGIAIRE

Connaissances et niveau requis : Bonne connaissance en mécanique des fluides et simulation numérique.	Écoles ou établissements souhaités : École d'ingénieur ou université
--	---