

## PROPOSITION DE STAGE EN COURS D'ETUDES

Référence : **DMPE-2025-43**  
(à rappeler dans toute correspondance)

Lieu : Palaiseau

Département/Dir./Serv. : DMPE

Tél. : 01 86 38 62 11

Responsable(s) du stage : Nicolas Bonne

Email. : nicolas.bonne@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 l'atmosphère sur l'évolution d'une traînée de condensation**

Sujet : Les traînées de condensation sont les longues traînées blanches que l'on observe parfois derrière un avion. Ce sont en réalité des nuages de glace (Cirrus) qui se forment via les émissions du moteur (suies, SOx...) et la vapeur d'eau, aussi bien celle émise par le moteur que celle déjà présente dans l'atmosphère. 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 vont, comme tout nuage naturel, impacter le bilan radiatif terrestre 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 est 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 éviter ou réduire ces traînées de condensation.

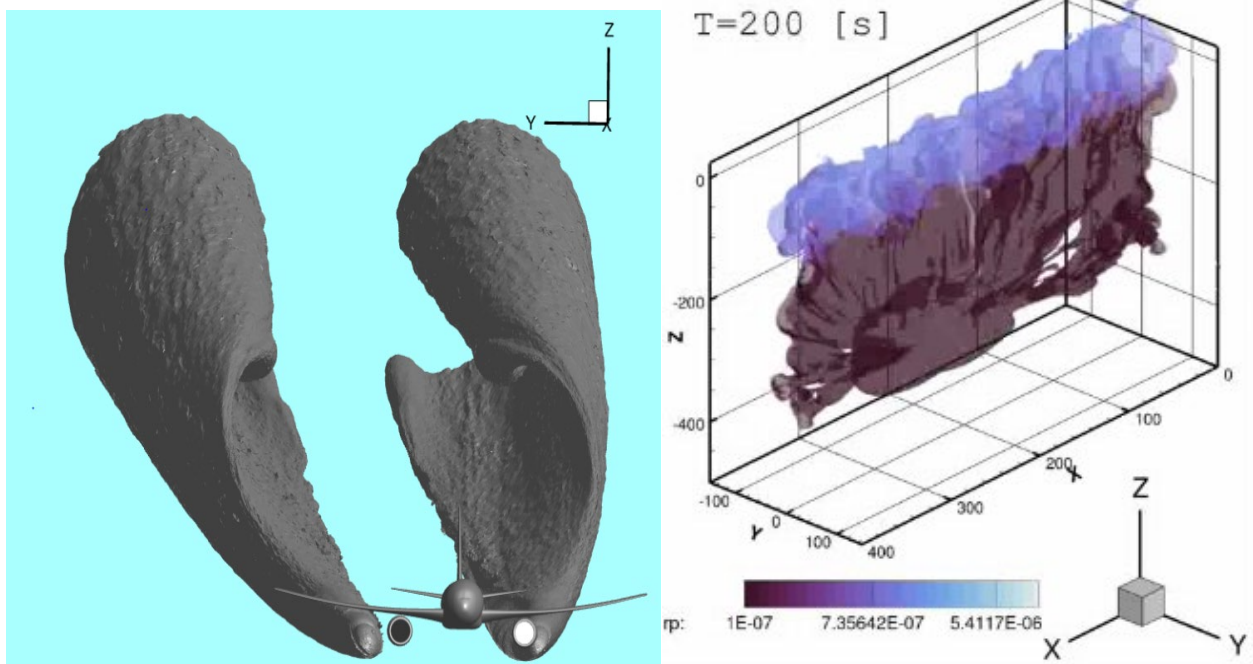


Figure 1: traînée de condensation simulée par une approche RANS (gauche) et LES (droite)

Les traînées de condensation sont simulées, soit de manière très approchée 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 (Unterstrasser 2010) en 2D. Dans l'idéal il faudrait que la distribution gaussienne des méthodes approchées s'appuie sur des résultats issus des

méthodes détaillées ce qui n'est pas vraiment le cas. Or ces méthodes approchées sont celles qui sont actuellement utilisées pour évaluer l'impact radiatif de l'aviation ou dans les programmes de modification de trajectoire pour éviter les traînées. Il est donc important d'améliorer ces modèles simplifiés.

Le sujet de stage consiste à réaliser une étude paramétrique des effets de stratification de l'atmosphère avec des simulations LES initialisées à partir d'un calcul RANS. On introduira ensuite une distribution gaussienne représentative du résultat LES dans 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 :**

- |   |   |
|---|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> Recherche théorique | <input type="checkbox"/> Travail de synthèse                        |
| <input checked="" type="checkbox"/> Recherche appliquée | <input type="checkbox"/> Travail de documentation                   |
| <input type="checkbox"/> Recherche expérimentale        | <input checked="" type="checkbox"/> 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.	Ecoles ou établissements souhaités : Ecole d'ingénieur ou université
--	---