

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Intitulé : Etude du forçage radiatif d'une traînée de condensation

Référence : **MFE-DMPE-2026-06**

(à rappeler dans toute correspondance)

Début de la thèse : 10/2026

Date limite de candidature : 30/05/2026

Mots clés

Aviation, rayonnement et transfert radiatif, optique, traînée de condensation, microphysique, forçage radiatif, climat

Profil et compétences recherchées

BAC+5 (M2 et/ou Ecole Aéronautique)

- 1) **Connaissance en rayonnement et transfert radiatif**
- 2) **Programmation : Fortran, python, bash**
- 3) **Capacité d'analyse et d'interprétation des résultats**
- 4) **Capacité à communiquer les résultats en anglais (peer-review publication et conférence internationales)**
- 5) Expérience dans le domaine de la recherche (stage M1)
- 6) Expérience à l'étranger

Présentation du projet doctoral, contexte et objectif

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 *pycontrail* (github.com/contrailcirrus) permettant de quantifier l'impact global des traînées de condensation de l'aviation.

Le premier volet du travail visera à réaliser une étude de sensibilité multicritère (taille, contenu en glace, indice optique des cristaux de glace, angles zénithaux) pour un cas 3D. La méthodologie est de type Monte-Carlo et le nombre cas à simuler sera déterminé à partir des données d'entrées clés identifiées lors de précédents travaux.

Dans un second temps, le travail consistera à modéliser le forçage radiatif d'une traînée de condensation afin d'étudier l'influence d'une couverture nuageuse naturel sur le forçage radiatif du contrail.

Enfin, la possibilité de coupler ASTRE sur un calcul de formation d'une traînée de condensation (CHARME/SPARTE) sera étudiée afin de d'évaluer notamment l'influence des rayonnements solaire et terrestre sur la formation et l'évolution de la traînée de condensation.

L'analyse et l'interprétation des résultats aura pour objectif principal de dégager une/des paramétrisations multicritère utilisable par la librairie *pycontrail*

Des développements en FORTRAN liés à l'adaptation du code ASTRE à la simulation d'une colonne atmosphérique et au couplage CHARME/SPARTE//ASTRE seront nécessaires.

Collaborations envisagées : DOTA (ONERA), CNRS (IPSL), DLR

Laboratoire d'accueil à l'ONERA

Département : Multi-Physique pour l'Energétique

Lieu (centre ONERA) : Palaiseau

Contact :

Tél. : 01 80 38 30 33

Email : etienne.terrenoire@onera.fr

Directeur de thèse

Nom : Mickaël Sicard

Laboratoire : ONERA/DMPE/CMEI

Tél. : 01 80 38 60 52

Email : mickael.sicard@onera.fr

Pour plus d'informations : <https://www.onera.fr/rejoindre-onera/la-formation-par-la-recherche>

