

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Intitulé : Synergie multi-capteurs satellite-surface pour la caractérisation radiative et microphysique des traînées de condensation

Référence : **PHY-DOTA-2026-20**

(À rappeler dans toute correspondance)

Début de la thèse : Octobre 2026 à Janvier 2027
selon le type de financement

Date limite de candidature : 01/06/2026

Mots clés :

Lidar, satellite, rétrodiffusion, trainés de condensation, estimation optimale, bilan radiatif.

Profil et compétences recherchés :

Formation : Master 2, Ecole d'Ingénieur

Ingénieur physicien(ne) ou étudiant(e) ayant un master en physique / télédétection ; intérêt pour la détection active et passive, la modélisation du rayonnement, les mesures radiométriques et le traitement des données.

Spécificités souhaitées : optique, électromagnétisme, traitement des signaux, qualités en programmation.

Présentation du projet doctoral, contexte et objectif :

Contexte :

Les traînées de condensation (contrails) constituent un forçage climatique anthropique non-CO₂ majeur. Lorsqu'elles persistent, elles peuvent évoluer en cirrus artificiels et modifier la couverture nuageuse, entraînant une altération de la transmission du rayonnement à travers l'atmosphère. Ces processus, encore imparfaitement compris, compliquent la quantification de la contribution réelle de l'aviation au changement climatique et rendent difficile l'élaboration de stratégies de mitigation efficaces. L'un des enjeux majeurs des sciences de l'atmosphère est donc d'observer et de caractériser finement les contrails, afin d'éclairer leur rôle dans le bilan radiatif terrestre et leur impact sur le réchauffement climatique.

Problématique :

L'observation des traînées de condensation et de leur cycle de vie (formation, persistance, dissipation), ainsi que la mesure de leurs signatures radiatives nettes, restent entachées d'incertitudes. Les anciennes missions CALIPSO/CloudSat et l'arrivée de nouvelles missions, telles que EarthCARE (ATLID HSRL, CPR), offrent la possibilité de caractériser avec précision les traînées de condensation. Cependant, la validation de ces produits par des mesures terrestres est généralement effectuée à l'aide de mesures ponctuelles, par exemple avec des lidars à une longueur d'onde. Pour la validation, disposer d'un instrument qui n'est sensible qu'à une seule propriété radiative (par exemple l'extinction atmosphérique) ne permet pas de déterminer de manière fiable les propriétés microphysiques et radiatives des traînées, car les inversions qui en résultent sont des problèmes mal posés et dépendent largement d'hypothèses a priori (lois de taille, non-sphéricité des cristaux, profils thermodynamiques). La réduction de ces incertitudes est donc un problème important pour la détermination précise des propriétés des traînées de condensation.

Objectif :

L'objectif de la thèse est de développer et de valider une approche de co-localisation et de synergie entre données satellitaires et mesures multi-capteurs au sol, afin de contraindre les propriétés radiatives et microphysiques des traînées de condensation tout au long de leur cycle de vie, et de réduire les incertitudes inhérentes aux approches mono-capteur. Les grandeurs clés visées sont la teneur en eau glacée (Ice Water Content, IWC), l'épaisseur optique du nuage (Cloud Optical Depth, COD), le rayon effectif des particules de glace (r_e) ainsi que la morphologie des cristaux de glaces (non-sphéricité). Ces paramètres seront mis en relation avec les conditions thermodynamiques afin de mieux caractériser le rôle des régions de sursaturation en glace (Ice Super-Saturation Regions, ISSR) dans la persistance des traînées.

Démarche :

Grâce au parc instrumental de l'ONERA à Toulouse — comprenant un lidar élastique à 532 nm (avec canal de dépolarisation) et à 808 nm, un radiomètre micro-ondes et une caméra all-sky — il est possible

de s'appuyer sur une base solide pour les observations au sol. Ces instruments disposent en outre d'une archive de plus de cinq ans, constituant un socle robuste pour initier un catalogue de cas et pour valider les algorithmes développés en interne.

La première étape de la thèse consistera à constituer une base de données à partir des archives des mesures satellitaires et des mesures aux sols des instruments ONERA. Cette étape s'appuiera sur la mise en place d'une correspondance données sols / données satellitaires, une homogénéisation des données, une cartographie des régions de sursaturation, et la mise en place d'une première inversion Lidar.

La deuxième étape consistera au développement de schéma d'inversions et de quantifications des incertitudes. Cette étape visera au déploiement d'un cadre d'estimation optimale pour la restitution des COD, du r_e et, lorsque possible, du IWC .

La dernière étape de la thèse consistera en l'application, validation et réduction des biais modèles. Cette étape sera possible grâce à un catalogue de données enrichi par attribution des traînées de nouveaux vols via ADS-B, et par une documentation de la persistance (durée de vie, élargissement) en lien avec les ISSR (*Super Supersaturation Regions*).

Collaborations envisagées :

Météo France, Université de Grenade et interne ONERA : DOTA, DTIS

Laboratoire d'accueil à l'ONERA :

Département : Optique et Techniques Associées

Lieu (centre ONERA) : Toulouse

Contact : Andrés Bedoya

Tél. : 05 62 25 27 13 Email : andres.bedoya@onera.fr

Directeur de thèse :

Nom : Romain Ceolato

Laboratoire : ONERA/DOTA

Tél. : 05 62 25 26 17

Email : romain.ceolato@onera.fr

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