

Invitation à la soutenance de thèse

DÉVELOPPEMENT D'UNE APPROCHE NUMÉRIQUE ORIGINALE POUR LA
SIMULATION DU CYCLE DE VIE D'UNE TRAÎNÉE DE CONDENSATION
Younes Bouhafid

21 mars 2025 à 13h30

ONERA Palaiseau, salle Marcel Pierre

Devant le jury composé de :

Ivan Delbende	Université Paris Sorbonne	Rapporteur
Roberto Paoli	Polytechnique Montréal	Rapporteur
Christian Tenaud	EM2C, CentraleSupélec	Examineur
Marianna Braza	IMFT	Examinatrice
Denis Sipp	ONERA, DSG	Directeur de thèse
Nicolas Bonne	ONERA, DMPE	Encadrant
Claire Sarra	ONERA, DMPE	Invitée
Vincent Brion	ONERA, DAAA	Invité

Résumé

Les traînées de condensation sont les longs nuages de glace visibles dans les sillages d'avion les jours de temps clair. Leur impact en termes de forçage radiatif est estimé à deux fois celui des émissions de dioxyde de carbone. Néanmoins, cette estimation est aujourd'hui controversée en raison des fortes incertitudes entourant cette valeur. Ces incertitudes traduisent en réalité le besoin de mener d'avantage d'études pour mieux comprendre la formation et l'évolution des traînées de condensation, de la création des premiers cristaux jusqu'à la transition possible de la traînée en cirrus induit pouvant persister plusieurs heures dans la haute troposphère.

Ces études sont rendues difficiles en raison de la grande diversité d'échelles spatiales et temporelles relative au cycle de vie d'une traînée de condensation. Cette thèse propose alors une méthodologie numérique pour la simulation des traînées de condensation de la formation des premiers cristaux jusqu'à la destruction des tourbillons marginaux. L'originalité de cette méthode tient dans sa capacité à simuler la formation et l'évolution d'une traînée de condensation sans avoir recours à une formulation analytique pour initialiser les différents calculs, comme cela est réalisé classiquement dans la littérature. Une telle approche permet alors de pleinement considérer les effets du champ proche sur l'évolution de la traînée dans le champ lointain, notamment via l'influence de la géométrie de l'avion sur le sillage aérodynamique.

L'application de la méthodologie à une géométrie réaliste d'avion et pour des conditions atmosphériques standards a permis de mettre en évidence l'impact significatif des tourbillons d'empennage horizontal via le développement d'instabilités de courte longueur d'onde sur les tourbillons marginaux, modifiant alors profondément la structure du sillage secondaire. La comparaison avec les approches classiques a montré que les traînées de condensation obtenues via la méthode développée

dans cette thèse sont plus opaques et plus larges, avec potentiellement un effet réchauffant plus important.



Rendu photoréaliste d'une traînée de condensation calculée via une simulation RANS

Mots clés

Traînée de condensation, Simulation aux Grandes Échelles, Simulation RANS, Adaptation de maillage anisotrope, Turbulence synthétique