

## Invitation à la soutenance de thèse

### MÉCANISMES DE NUCLÉATION DES PARTICULES VOLATILES DANS LES ÉMISSIONS DES MOTEURS D'AVION ET LEURS LIENS AVEC LA COMPOSITION DU CARBURANT

Rafaël Barrellon-Vernay  
**20 Décembre 2023 à 14h00**

ONERA Palaiseau : 6, chemin de la Vauve aux Granges, salle Marcel Pierre

#### Devant le jury composé de :

Dr. Richard Miake-Lye	Aerodyne Research (vice president), USA	Rapporteur
Dr. Beatriz Cabanas Galan	Professeure, Université de Castille, Espagne	Rapportrice
Dr. Xavier Mercier	Professeur, Université de Lille (PC2A)	Examineur
Dr. Tuukka Petäjä	Professeur, Université d'Helsinki, Finlande	Examineur
Dr. Yoann Méry	SAFRAN Aircraft Engine, Villaroche	Examineur
Pr. Cristian Focsa	Professeur, Université de Lille (PhLAM)	Directrice de thèse
Dr. Ismael K. Ortega	Ingénieur chercheur, ONERA Palaiseau	Encadrant
Dr. David Delhaye	Ingénieur chercheur, ONERA Palaiseau	Encadrant

#### Résumé

L'une des préoccupations actuelles de l'industrie aéronautique est la diminution de la consommation de carburant et de l'empreinte environnementale. En effet, les émissions aéronautiques ont un impact sur la qualité de l'air et notamment au niveau des zones aéroportuaires. Comme d'autres secteurs du transport, le trafic aérien génère des gaz à effet de serre (2 % du total dans le monde), des traînées de condensation ainsi que des particules volatiles et non volatiles (vPM et nvPM).

Pour réduire ces émissions, différentes approches ont été pensées avec en particulier l'usage de carburants aéronautiques durables (SAF - Sustainable Aviation Fuels). L'objectif des SAF est de réduire les émissions nettes de CO<sub>2</sub> et de nvPM. Cependant, la combustion de ces carburants peut entraîner la formation de nouveaux polluants qui réagissent avec l'atmosphère en formant des aérosols secondaires (SA). Dans le cadre du projet UNREAL (Unveiling Nucleation mechanism in aiRcraft Engine exhAust and its Link with fuel composition), l'objectif de ce travail était d'étudier les différents mécanismes au niveau moléculaire à l'origine de la formation de nouvelles particules à partir des rejets moteurs alimentés par des carburants de compositions différentes, allant du Jet A-1 standard à du carburant 100 % SAF.

La caractérisation physico-chimique des émissions en conditions réelles en sortie moteur est un défi à la fois d'un point de vue technique et économique. Pour pallier à cela un brûleur mini-CAST, adapté à la combustion de carburants liquides aéronautiques, a été utilisé comme alternative pour obtenir des émissions comparables, dans une certaine mesure, à celles des moteurs aéronautiques.

Une diminution des émissions de nvPM (concentration en nombre, concentration en masse et distribution de tailles) peut être observée en corrélation avec la quantité de composés aromatiques présents dans le carburant. De plus, l'analyse par spectrométrie de masse a révélé une diminution de l'intensité relative des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) lors de l'emploi de carburants alternatifs. Les émissions du brûleur ont été injectées, avec ou sans filtration des suies, dans une chambre atmosphérique de vieillissement (chambre CESAM reproduisant les conditions atmosphériques au niveau du sol - LISA). Pour tous les carburants testés, la formation de vPM par nucléation homogène a été observée dans la chambre atmosphérique en l'absence de nvPM. Ce phénomène est particulièrement prononcé pour les carburants contenant de grandes quantités de soufre dans leur composition. Cependant, dans les cas réels (présence de suies), la formation de vPM n'est observée que pour les carburants contenant de fortes quantités de soufre. La concentration de précurseurs gazeux formés pour les autres carburants n'est pas suffisante pour produire des vPM, notamment avec l'adsorption des gaz à la surface des particules de suies (nucléation hétérogène). Les techniques de caractérisation en ligne ont été complétées par des prélèvements sur filtre et une analyse par spectrométrie de masse, mettant en évidence la présence de HAP, d'hydrocarbures oxygénés, de composés soufrés et azotés. En utilisant des méthodes semi-quantitatives, il a été possible de mettre en relation la composition chimique (intensité relative de soufre et de HAP) avec la formation de vPM et leur répartition dans les phases particulaires et gazeuses des émissions.

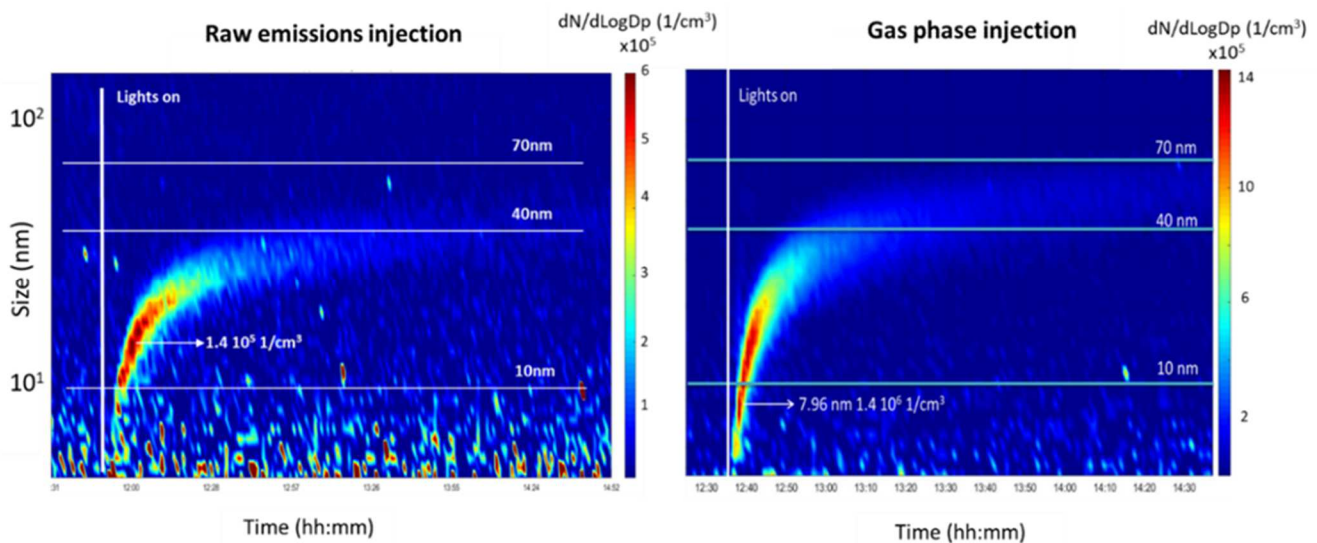


Figure 1: Zoom on vPM formation for raw emission injection (left) and for gas phase injection (right) in atmospheric CESAM chamber. The size (y-axis) and the number concentration (z-axis) of particles are represented as function of the time of the experiment (x-axis). The fuel used is a Jet with high amount of sulphur and aromatics in its composition.

### Mots clés

Émissions aéronautique, particules volatiles (vPM) et non-volatiles (nvPM), formation de particules, chambre atmosphérique, nucléation homogène, carburant aéronautique, brûleur de laboratoire pour carburant liquide.