www.onera.fr

ONERA

THE FRENCH AEROSPACE LAB

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Intitulé : Etude numérique et expérimentale du phénomène de multidiffusion dans les brouillards de goutte

Référence : **MFE-DMPE-2024-18**
(à rappeler dans toute correspondance)

Début de la thèse : 01/10/2024	**Date limite de candidature :**

Mots clés

Ecoulement diphasique, diagnostic optique, phénomène de multidiffusion, simulation numérique

Profil et compétences recherchées

Titulaire d'un master recherche avec une formation d'école d'ingénieur ou universitaire

Motivation forte pour la mise en œuvre de techniques expérimentales et de simulations numériques, notions de mécanique des fluides et de transfert radiatif

Présentation du projet doctoral, contexte et objectif

Le travail proposé s'inscrit dans un projet ayant pour objectif principal de caractériser les écoulements diphasiques présents dans des chambres de combustion aéronautiques. Cette caractérisation s'appuie classiquement sur l'utilisation de diagnostics optiques et/ou des simulations numériques. On s'intéresse, en particulier, à la caractérisation de brouillards de gouttes formés par l'atomisation du carburant liquide injecté en fond de chambre de combustion.

Parmi les diagnostics optiques utilisés, l'ONERA développe une mesure, appelée PDS (Planar Droplet Sizing), permettant d'obtenir une cartographie des tailles de gouttes à moindre coût par rapport à des méthodes de mesure ponctuelles comme le PDA (Phase Doppler Anemometry). La mesure repose sur l'introduction d'une nappe laser et la réception du signal lumineux diffusé par les gouttes sur deux caméras. Cependant, la réalisation de cette mesure se heurte à la présence des réflexions potentielles de la nappe laser sur les parois de la chambre et au phénomène de multidiffusion qui devient d'autant plus important que la densité du brouillard de gouttes augmente (Figure 1). Les signaux captés par les caméras sont alors perturbés par ces problèmes. D'autres diagnostics optiques souffrent de ces problèmes qui sont, par ailleurs délicat à supprimer par post-traitement.

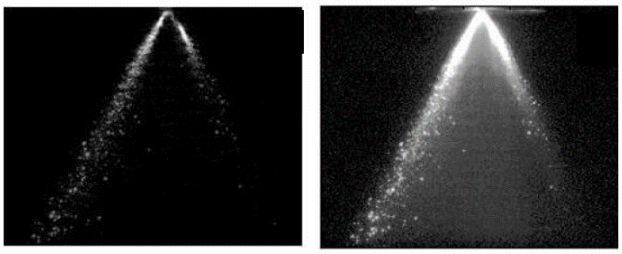

Figure 1 : Observation d'un brouillard de gouttes dans un cas de diffusion simple (gauche) ou de diffusion multiple (droite)

L'objectif de la thèse est de traiter le problème de la multidiffusion d'un point de vue numérique à l'aide du solveur de transfert radiatif ASTRE de l'ONERA et de valider l'approche numérique à l'aide de comparaisons avec le solveur de l'Université de Lund sur des cas idéaux, de validations basées sur des données expérimentales construites à partir d'une expérience académique et d'une ou deux expériences plus représentatives. Le solveur de transfert radiatif ASTRE, basé sur une approche de Monte Carlo, est inclus dans la plateforme multi-physique CEDRE. Dans le cadre d'un stage [1], ce solveur a permis de retrouver des résultats obtenus par l'Université de Lund sur un cas académique (cube de 1 cm de côté avec une densité de gouttes homogène). Les tendances observées en faisant varier la densité du nombre de gouttes, la taille moyenne des gouttes sont conformes à l'attendu. La Figure 2 présente, par exemple, les pourcentages de photons ayant subi plusieurs diffusions en fonction du diamètre moyen des gouttes.

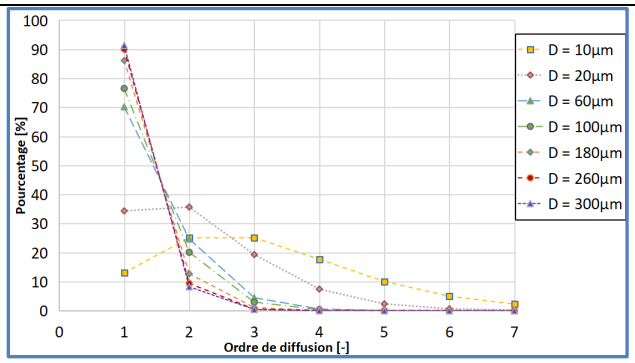

Figure 2 : Ordre de diffusion des photons en fonction du diamètre moyen des gouttes

Concernant la partie numérique et la modélisation du phénomène de multidiffusion, le solveur ASTRE utilise aujourd'hui une approche simplifiée, basée sur la représentation d'un brouillard avec des gouttes de même taille. Dans la réalité, un brouillard est polydisperse, avec une distribution de tailles de gouttes variant typiquement entre quelques microns et 200 microns pour des applications aéronautiques. Plusieurs représentations de la polydispersion seront introduites dans le solveur ASTRE et testées afin d'évaluer son influence sur la multidiffusion. Par ailleurs, on envisage de reproduire dans le solveur les conditions d'observation des signaux expérimentaux. Cela impose de travailler sur la reconstruction optique des signaux lumineux vus par les objectifs des caméras, à savoir les angles de collecte, le traitement des photons multidiffusés, etc. Par ailleurs, une approche plus performante du solveur ASTRE pourrait être associée à ce travail afin de prendre en compte un très grand nombre de photons comme le propose l'Université de Lund pour obtenir des statistiques convergées au niveau des objectifs [2].

La validation du solveur ASTRE se découpera en trois étapes : 1) des comparaisons systématiques au code de l'Université de Lund [3,4] sur des cas idéaux, 2) la comparaison de simulations aux données expérimentales obtenues sur une configuration simple (jet liquide injecté dans de l'air au repos, en écoulement non confiné) et 3) la comparaison de simulations aux données expérimentales obtenues sur une ou deux configurations plus représentatives (jet liquide injecté dans un écoulement d'air en milieu confiné, avec ou sans évaporation).

Références

[1] H. Duchamp de Lageneste, "*Simulation numérique du phénomène de diffusion multiple impactant la précision des techniques d'imagerie laser*", Stage ingénieur 2ème année, Leonard De Vinci, 2023.
[2] M. Sans, M. El Hafi *et al.*, "Null-Collision meshless Monte Carlo – A new reverse Monte Carlo algorithm designed for laser-source emission in absorbing/scattering media", JQSRT, Vol.271, 2021.
[3] J. Jönsson, E. Berrocal, "*Multi-Scattering software: part I: online accelerated Monte Carlo simulation of light transport through scattering media*", Optics Express, Vol.7, 2020.
[4] J. Jönsson, E. Berrocal, "*Multi-Scattering software: part II: experimental validation for the light intensity*", Optics Express, Vol.30, 2022.

Collaborations envisagées

Université de Lund (Suède), Université de Toulouse

Laboratoire d'accueil à l'ONERA

Département : Département Multi-Physique pour l'Energétique

Lieu (centre ONERA) : Toulouse

Contacts :

P. Doublet

Tél. : 05.62.25.28.33 Email : pierre.doublet@onera.fr

J.-M. Lamet

Tél. : 05.62.25.28.41 Email : jean-michel.lamet@onera.fr

Directeur de thèse

Nom : J.-L. Estivalezes

Laboratoire : ONERA

Tél. : 05.62.25.28.32

Email : jean-luc.estivalezes@onera.fr

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