

## Soutenance de thèse

**Hippolyte CLÉRIS** soutiendra sa thèse de doctorat, préparée au sein de l'équipe d'accueil ISAE-ONERA EDyF et intitulée « *Simulation numérique directe de l'interaction évaporation/combustion de gouttes dans un écoulement turbulent* »

**Le 20 juin 2025 à 10h00**  
**Auditorium de l'ONERA de Toulouse**

devant le jury composé de

M. Jean-Luc ESTIVALEZES	ONERA	Directeur de thèse
M. Sébastien TANGUY	Université de Toulouse	Codirecteur de thèse
M. Vincent MOUREAU	CNRS/CORIA	Rapporteur
M. Stéphane VINCENT	Université Paris-Est Marne-La-Vallée	Rapporteur
Mme Annafederica URBANO	ISAE-SUPAERO	Examinatrice
M. Aymeric VIÉ	Centrale Supélec	Examineur
M. Stéphane ZALESKI	Sorbonne Université	Examineur
M. Olivier ROUZAUD	ONERA	Coencadrant, Invité

**Résumé :** Dans un foyer aéronautique aérobique, le carburant est injecté sous forme liquide à l'aide d'un système d'injection. Les atomisations primaire et secondaire de la nappe de carburant conduisent au développement d'un brouillard de gouttes plus ou moins dense dans la chambre de combustion. Le mélange de l'oxydant et de la vapeur de carburant créée par l'évaporation des gouttes rend la combustion possible, le phénomène d'évaporation jouant un rôle important vis-à-vis du bon fonctionnement du foyer, de la composition des gaz brûlés ou encore de la propagation de la flamme lors d'un allumage moteur. Pendant longtemps, l'étude des foyers aéronautiques a privilégié le point de vue monophasique, le fuel étant seulement présent sous forme de vapeur. Depuis quelques années, l'étude des écoulements diphasiques a pris de l'ampleur. L'ONERA dispose d'une plateforme de simulation industrielle CEDRE dans laquelle les deux phases sont couplées par un solveur propre à la phase gazeuse et un solveur propre à la phase dispersé (brouillard de gouttes). L'évaporation des gouttes s'appuie sur un modèle théorique de type goutte isolée. Cependant, ce modèle ne permet pas de prendre en compte de manière précise l'influence d'un nuage de gouttes sur une goutte en évaporation conduisant, par exemple, à une mauvaise estimation du taux d'évaporation local. D'autre part, l'utilisation de ce modèle dans un écoulement réactif présente aussi des limitations au vu des hypothèses faites. L'objectif de la thèse consiste à étudier le comportement d'un groupe de gouttes en évaporation dans un environnement turbulent et réactif à l'aide de simulations numériques directes. L'étude s'appuiera sur les travaux de la thèse de R. Alis et sur les données expérimentales obtenues durant par M. Vicentini et L. Rousseau durant leurs thèses sur le montage PROMETHEE au banc LACOM. Les configurations étudiées porteront sur des groupes de goutte s'évaporant/brûlant dans un écoulement turbulent. Les résultats pourront conduire à proposer une correction du taux d'évaporation pour des modèles implémentés dans les solveurs industriels afin de prendre en compte les effets de groupe.

**Mots-clés :** évaporation, combustion, turbulence, interface, Simulation Numérique Directe, Brouillard de gouttes

**Summary:** In an aerobic combustion chamber, the fuel is injected as a liquid using an injection system. The primary and secondary atomizations of the fuel stream lead to the development of a more or less

dense droplet mist in the combustion chamber. The mixture of the oxidizer and the fuel vapor created by the evaporation of the droplets makes combustion possible, the evaporation phenomenon playing an important role in the proper functioning of the combustion chamber, in the composition of the burned gases and in the propagation of the flame during an engine ignition. For a long time, the study of aeronautical combustion chambers has privileged the monophasic point of view, the fuel being only present in the form of vapor. In recent years, the study of two-phase flows has become more important. ONERA owns an industrial simulation platform CEDRE in which the two phases are coupled by a solver specific to the gas phase and a solver specific to the dispersed phase (drop mist). The evaporation of drops is based on a theoretical model of the isolated drop type. However, this model does not allow to take into account the influence of a cloud of drops on an evaporating drop, leading for example to a poor estimate of the local evaporation rate. On the other hand, the use of this model in a reactive flow also presents limitations considering the assumptions made. The objective of the thesis is to study the behavior of a group of drops in evaporation in a turbulent and reactive environment using direct numerical simulations. The study will be based on the work of the thesis of R. Alis and on the experimental data obtained by M. Vicentini and L. Rousseau during their theses on the PROMETHEE setup on the LACOM bench. The studied configurations will concern groups of drops evaporating/burning in a turbulent flow. The results may lead to propose a correction of the evaporation rate for models implemented in industrial solvers in order to take into account the group effects.

**Keywords:** interface, Droplet mist, evaporation, turbulence, Direct Numerical Simulation, combustion