

Avis de Soutenance

Monsieur Benoit CHENEAU

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

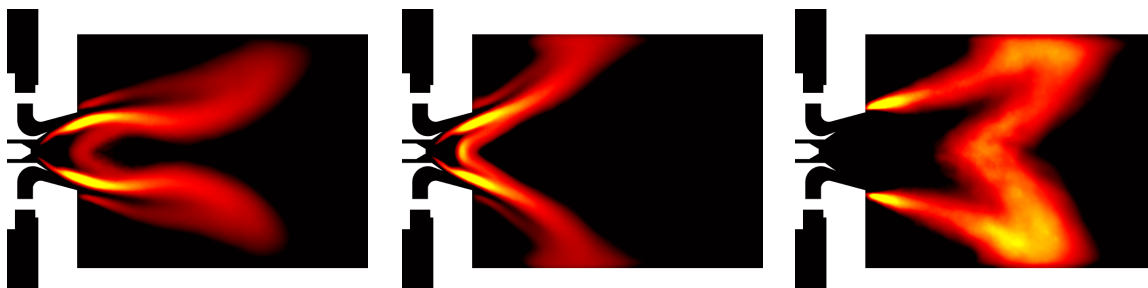
Étude numérique de la dynamique de combustion dans un brûleur diphasique turbulent à deux étages

dirigés par Monsieur Sébastien Ducruix

Soutenance prévue le **jeudi 7 février** à 14h00

Lieu : CentraleSupélec, 3 rue Joliot-Curie, 91192 Gif-sur-Yvette Cedex

Théâtre Rousseau (Bâtiment Bouygues)



Visualisation du taux de dégagement de chaleur, montrant les différentes des formes de flammes obtenues par des Simulations aux Grandes Échelles du banc de combustion BIMER lors d'une variation de la répartition du carburant entre les deux étages du brûleur.

Composition du jury proposée

Dr. Bénédicte Cuenot	CERFACS	Rapporteur
Pr. Amsini Sadiki	TU Darmstadt	Rapporteur
Dr. Christian Tenaud	CNRS (LIMSI)	Examineur
Dr. Vincent Moureau	CNRS (CORIA)	Examineur
Dr. Sébastien Ducruix	CentraleSupélec - CNRS (EM2C)	Directeur de thèse
Dr. Aymeric Vié	CentraleSupélec - CNRS (EM2C)	Co-encadrant
Dr. Yoann Méry	Safran Aircraft Engines	Invité

Titre : Étude numérique de la dynamique de combustion dans un brûleur diphasique turbulent à deux étages

Mots clés : Dynamique de combustion, Brûleur LPP, Carburant liquide, hystérésis, Simulation aux Grandes Échelles

Résumé : Les normes environnementales de plus en plus contraignantes imposées au transport aérien poussent les industriels à faire évoluer les chambres de combustion actuelles. Pour réduire les émissions polluantes, la combustion pauvre, prémélangée et prévaporisée est une alternative intéressante. Cette technologie peut cependant conduire à une flamme moins stable et peut générer des instabilités de combustion néfastes pour le moteur. Afin d'améliorer le contrôle sur de tels systèmes de combustion, les brûleurs à plusieurs étages offrent une flexibilité supplémentaire par l'intermédiaire de la répartition du carburant entre les différents systèmes d'injection, et permet donc d'influencer la position de la flamme ou le régime de combustion. Le banc expérimental BIMER a été spécialement développé au laboratoire EM2C pour étudier cette solution. Il a été conçu pour être représentatif d'un moteur aéronautique réel et d'en reproduire les caractéristiques essentielles : une configuration à deux étages, de l'air préchauffé et du carburant liquide sont utilisés. Il fonctionne néanmoins à pression atmosphérique et développe une puissance thermique élevée à l'échelle du laboratoire. Le brûleur est composé de deux vrilles radiales : l'étage pilote dans lequel le carburant liquide est injecté sous la forme d'un cône creux, et l'étage multipoint où le mélange du carburant et de l'air est favorisé par une injection multipoint, grâce à dix jets de carburant injectés transversalement à l'écoulement d'air. Les études expérimentales ont

montré le rôle clé de la distribution carburant, et sans modifier la puissance développée, l'existence d'un cycle d'hystérésis : plusieurs archétypes de flammes peuvent se stabiliser, suivant l'écoulement, le spray ou l'historique de la flamme. L'objectif de cette thèse est de compléter les données expérimentales et la compréhension des processus de stabilisation de flammes pauvres, prémélangées et prévaporisées dans les brûleurs étagés au moyen de simulations numériques aux grandes échelles diphasique et réactives. Cette approche numérique est appliquée au banc BIMER avec le code AVBP. Des simulations successives, allant de l'injection purement pilote à l'injection purement multipoint, et réciproquement, ont permis de retrouver le cycle d'hystérésis observé expérimentalement. Un point de fonctionnement tri-stable original a été rencontré numériquement pour des cas d'injection de carburant dans l'étage pilote seul, trois formes de flammes distinctes étant observées pour cette unique condition d'injection. La comparaison aux résultats expérimentaux pour les points de fonctionnement pour lesquels des données de validation sont disponibles montrent un bon accord entre le calcul et l'expérience pour différents étagements. Une analyse originale dans l'espace de composition met en évidence les régimes de combustion observés dans ces trois cas, confirmant les différents scénarios de stabilisation. Les deux transitions de formes de flammes observées expérimentalement sont finalement présentées et analysées.

Title: Numerical study of the combustion dynamics of a two-stage turbulent liquid fuel burner

Keywords: Combustion dynamics, LPP burner, Liquid fuel, hysteresis, Large Eddy Simulation

Abstract: The increasingly stringent environmental standards imposed on air transport are pushing manufacturers to upgrade the existing combustion chambers. To reduce pollutant emissions, lean, premixed and pre-evaporated combustion is an interesting alternative. This technology, however, can lead to a less stable flame and can generate combustion instabilities harmful to the engine. In order to improve control over such combustion systems, multi-stage burners provide additional flexibility through the distribution of fuel between the different injection systems, and thus influence the position of the flame or the burning regime. The BIMER experimental bench has been specially developed in the EM2C laboratory to study this solution. It has been designed to be representative of a real aviation engine and to reproduce its essential characteristics: a two-stage configuration, preheated air and liquid fuel are used. It nevertheless operates at atmospheric pressure and develops a high thermal power at the laboratory scale. The burner consists of two radial swirlers: the pilot stage in which the liquid fuel is injected in the form of a hollow cone, and the multipoint stage where the mixture of fuel and air is favored by a multipoint injection, thanks to ten jets of fuel injected transversely to the air flow. Experimental studies have shown the key

role of the fuel distribution, and without modifying the power developed, the existence of a hysteresis cycle: several archetypes of flames can be stabilized, depending on the flow, spray or history of the flame. The objective of this thesis is to complete the experimental data and understanding of poor, premixed and pre-vaporized flame stabilization processes in staged burner using two-phase reactive large-eddy simulations. This numerical approach is applied to the BIMER bench with the AVBP code. Successive simulations, ranging from pure pilot injection to purely multipoint injection, and vice versa, have made it possible to trace the hysteresis cycle observed experimentally. An original tri-stable operating point was encountered numerically for fuel injection cases in the pilot stage alone, with three distinct flame shapes being observed for this single injection condition. The comparison to the experimental results for the operating points for which validation data are available shows a good agreement between the calculation and the experiment for different stages. An original analysis in the composition space shows the combustion regimes observed in these three cases, confirming the different stabilization scenarios. The two transitions of flame shapes observed experimentally are finally presented and analyzed.

