

Résumé

October 4, 2022

Au cours de ces dernières années, l'industrie aéronautique a développé des systèmes de combustion à faibles émissions pour lutter contre le changement climatique. Afin d'atteindre cet objectif, les constructeurs de moteurs aéronautiques ont développé des concepts ciblant la combustion pauvre pour réduire les émissions de polluants, notamment les oxydes d'azote (NOx) et le monoxyde de carbone (CO). Ce régime de mélange pauvre peut être obtenu par un placement adéquat de la phase liquide dans la chambre de combustion. Dans cette optique, de nouvelles technologies d'injection de carburant sont apparues, comme les systèmes d'injection multi-étages (MSFI). L'objectif de cette thèse est de développer une nouvelle méthodologie numérique Lagrangienne pour la prescription réaliste de distribution de gouttes (granulométrie), modélisées en tant que particules ponctuelles, afin de simuler la phase liquide dispersée dans des systèmes MSFI. Dans un premier temps, les modèles d'injection Lagrangienne sont développés et validés avec une configuration académique de type jet-in-crossflow (JICF). L'aspect théorique de ces nouveaux modèles d'injection, appelés Smart Lagrangian Injectors (SLI), est également détaillé. Les SLI apprennent des données du spray issues de simulations résolues de l'interface liquide-gaz, réalisées sur maillages non-structurés dans cette thèse, utilisent ensuite ces données afin de générer des conditions aux limites réalistes concernant les gouttes, qui permettent enfin d'effectuer des simulations Lagrangiennes de la phase liquide dispersée. Par ailleurs, lors de ces simulations de phase dispersée, l'atomisation secondaire des gouttes et l'échange de quantité mouvement entre la phase dense liquide et le gaz sont également modélisés. Les résultats des simulations d'interface résolue montrent que le comportement physique et la topologie du JICF sont correctement reproduits. Le spray résolu issu de ces simulations est ensuite post-traité pour générer les conditions aux limites de gouttes Lagrangiennes des simulations de phase dispersée, montrant que la phase liquide peut être introduite avec réalisme grâce aux SLI. Le spray Lagrangien ainsi produit est comparé à données expérimentales, montrant un comportement physique global satisfaisant mais une sous-estimation de la taille des gouttes causée par le modèle d'atomisation secondaire. Enfin, la méthodologie SLI est appliquée à l'étage d'injection multi-point du brûleur BIMER, testé au laboratoire EM2C, et plus représentatif des brûleurs industriels. Les SLI sont établis à partir de simulations mono-point résolues de l'interface liquide-gaz, puis appliqués aux simulations de phase dispersée de l'étage multi-point complet, composé de 10 points d'injection. Ces calculs Lagrangiens sont en accord avec les résultats expérimentaux, démontrant la capacité du modèle SLI à générer efficacement des conditions aux limites réalistes pour l'injection liquide, afin d'effectuer des simulations Lagrangiennes de la phase dispersée dans des brûleurs avec MSFI.