
Résumé

Les superstatoréacteurs et statoréacteurs mixtes sont développés pour atteindre des vitesses de vol hypersoniques. Leur caractère aérobie les rend beaucoup plus efficaces que les moteurs fusées pour les missions à basse altitude. Au cœur du foyer de ces réacteurs, l'écoulement reste supersonique et différents modes de combustion peuvent coexister, comme l'auto-inflammation, les flammes de diffusion ou encore les flammes partiellement prémélangées. De plus, les écoulements supersoniques et à haut nombre de Reynolds rencontrés dans ces chambres présentent des structures dissipatives réparties de manière hétérogène. Ces structures qui contrôlent le mélange des espèces chimiques à l'échelle moléculaire, favorisent l'initiation de la combustion. Afin de simuler numériquement une combustion dans des conditions représentatives d'un foyer de superstatoréacteur, il semble approprié d'employer un modèle d'interaction chimie-turbulence tenant compte de ces spécificités. Pour cela, les modèles de type réacteurs partiellement mélangés (PaSR) sont de bons candidats. Ces modèles, basés sur une séparation de chaque cellule de calcul en une zone inerte et une zone réactive, sont cependant des modèles locaux et présentent des contraintes quant à leur mise en application. Certains d'entre eux requièrent l'estimation préalable d'un temps caractéristique de la chimie, ce qui peut poser problème sur les applications complexes. Une étude employant le modèle PaSR a notamment été menée sur le foyer LAPCAT-II au cours de cette thèse et a montré l'importance et la complexité de la détermination précise de ce paramètre et de son évolution en temps et en espace. Afin de s'affranchir de ces difficultés, tout en conservant la décomposition de chaque cellule en deux parties, un modèle PaSR à équations de transport a été développé au cours de cette thèse. Celui-ci, nommé TPaSR, s'appuie sur le formalisme multi-fluide pour étendre le concept du modèle PaSR à l'entièreté du domaine de calcul en supposant l'existence d'un fluide inerte et d'un fluide réactif. Un système multi-fluide à cinq équations a pu être formulé et une expression modélisée pour représenter le transfert de masse entre fluides, obtenue pour le cas particulier du modèle TPaSR, a été proposée. Le modèle TPaSR a été implémenté dans le code CFD CEDRE développé à l'ONERA, au cœur du solveur MF5, un solveur multi-fluide permettant l'accès à des températures et compositions distinctes pour chacun des fluides. Une configuration tridimensionnelle de flamme jet en écoulement supersonique a ensuite été traitée avec le modèle TPaSR. Les résultats obtenus ont été comparés à des données de référence expérimentales et numériques, ainsi qu'à un calcul sur la même configuration avec le solveur MF5, en utilisant une approche quasi-laminaire pour traiter la combustion. Le calcul quasi-laminaire a restitué une flamme liftée stabilisée à une distance correcte de l'injecteur, mais avec des niveaux de température trop élevés par rapport aux données de référence et une auto-inflammation dans la couche de mélange entre le combustible et l'oxydant, ce qui n'est pas le mécanisme attendu sur cette configuration. Le modèle TPaSR a quant à lui permis d'obtenir une flamme liftée à une température plus faible et stabilisée plus en aval de l'écoulement que l'approche quasi-laminaire. Le modèle TPaSR a donc un comportement atténuateur de la combustion, comme attendu, par rapport au non-emploi d'un modèle de combustion turbulente. L'auto-inflammation a cette fois lieu au cœur d'une cellule de choc, comme mis en évidence par les données de référence. Toutefois, les températures relevées pour le modèle TPaSR sont plus faibles que celles des études de référence et la flamme est stabilisée à une distance trop importante de l'injecteur. Cette thèse constitue une première étape dans le développement du modèle TPaSR et a permis d'identifier plusieurs pistes d'amélioration.

Mots clés : Modélisation, Interaction chimie-turbulence, Combustion supersonique, Superstatoréacteurs