MODÈLES MULTI-FLUIDES EULÉRIENS POUR LA SIMULATION DE BROUILLARDS POLYDISPERSÉS EN EVAPORATION

Marc Massot

Professeur ECP

1 Contexte

Les chambres de combustion aéronautiques actuelles reposent sur l'injection d'un combustible liquide qui est brûlé après évaporation et mélange partiel avec un oxydant gazeux. Il est essentiel de pouvoir caractériser correctement le régime de combustion du fuel gazeux issu de la phase d'évaporation ainsi que son influence en retour sur le phénomène d'évaporation de la phase liquide dispersée. Les informations sur la structure du champ de combustible ainsi obtenues permettent une modélisation fine du phénomène de combustion dans sa globalité et par conséquent l'obtention de données précises tant sur les paramètres aérothermochimiques en sortie de chambre que sur le rendement ou la formation de polluants.

Une difficulté majeure réside dans la simulation numérique, à coût calcul raisonnable, de la dispersion de gouttes qui s'évaporent. En effet, la simulation numérique directe Lagrangienne, où l'on suit chaque goutte ou groupe de gouttes, décrit précisément la dynamique dans l'espace des phases mais conduit à des simulations lourdes en terme de mémoire et temps CPU.

Dans la pratique industrielle, les codes de calculs reposent essentiellement sur une description Lagrangienne de la phase dispersée et l'introduction de nouveaux dispositifs qui peuvent développer de fortes instationnarités, montrent la nécessité d'investir dans le développement conjoint d'une description de type Eulérien et d'en évaluer les possibilités comparées. Le fait que la dynamique et l'évaporation des gouttes soient pilotées par leur taille montre que la prise en compte de la polydispersion (large spectre de taille de gouttes) est un point essentiel dans le développement de ce type de modèle ; il se trouve au coeur de nos préoccupations.

2 Objectifs

Les modèles multi-fluides Eulériens permettent de conserver les aspects faisabilité des modèles Eulériens (faible dimension de l'espace des phases, faible nombre de variables) tout en proposant une description des corrélations taille/vitesse des gouttes pour décrire finement la dispersion de brouillards en évaporation. L'objectif général du cours s'articule autour de quatre points :

- détailler les divers niveaux de modèles Eulerien pour décrire une phase liquide dispersée possédant un large spectre de taille de gouttes et situer ces modèles par rapport aux approches Lagrangiennes
- obtenir les modèles multi-fluides Eulériens à partir d'une équation cinétique de type Willams dans des cas simples et ouvrir sur les extensions possibles
- donner quelques idées sur la structure mathématique des systèmes obtenus dans les cas laminaire et turbulent, et en déduire les méthodes numériques adéquates
- présenter quelques cas de validation des modèles par comparaison à des simulations Lagrangiennes ou à des mesures expérimentales