Simulation et modélisation de la combustion turbulente de sprays

Les systèmes de propulsion (moteur voiture, avion, fusée) sont basés sur la combustion turbulente d'un carburant qui est stocké sous forme liquide puis injecté soit dans une chambre de prévaporisation, soit directement dans la chambre de combustion. Le combustible liquide est alors disperée sous la forme d'un nuage de gouttelettes (ou spray) tout en s'évaporant. En fonction des systèmes concernés, la combustion aura lieu soit au milieu du spray soit ultérieurement, au sein de la vapeur de combustible. Suivant les caractéristiques de l'injection (distribution en taille des gouttes, nature du combustible, . . .) et celles de la dispersion des gouttes et du mélange de la vapeur du fait de l'environnement turbulent, les propriétés cruciales des phénomènes de combustion (régimes, stabilité, longueur de flamme, hauteur d'accrochage,…) peuvent être très différentes. L'objectif de ce cours est de présenter les différents étapes de l'évolution d'un spray depuis sa dispersion jusqu'aux phénomènes de combustion en passant par l'évaporation et le mélange.
Les points suivant seront donc abordés:

Evaporation : Les phénomènes d'évaporation peuvent s'avérer tr`es différents en fonction des propriétés de la phase porteuse. En effet, si le spray est injecté dans une chambre où règnent une température et une pression relativement uniformes, alors les gouttelettes atteindront tr`es vite leur niveau de saturation et s'évaporeront en suivant une loi relativement simple. En revanche, si de fortes variations de la température ou de la pression sont présentes dans la chambre, alors, les lois d'évaporation sont plus complexes et sont propres à chaque goutte de l'écoulement.

- transferts de chaleur et de masse goutte/gaz
- lois d'évaporation (d2, saturation)
- effets convectifs

Dispersion :

Nous nous intéressons à la l'évolution temporelle d'une goutte puis d'un spray dispersé. Il s'agit d'être à même de caractériser les propriétés du spray après la phase d'injection (distribution de la taille, de la vitesse, de la température du liquide) mais aussi au sein de l'écoulement (interaction gouttes/parois, gouttes/gouttes, etc.). De plus, la taille des gouttes variant au cours de leur existence, leur dynamique au sein de l'écoulement se modifie sensiblement.

- équations Lagrangiennes du mouvement
- sprays mono/poly-dispersés
- nombres caractéristiques

Mélange :

Un des phénomènes essentiels au sein de ces chambres de combustion concerne la turbulence qui agit `a tous les niveaux : dispersion du spray, le micro-mélange turbulent, le mélange aux grandes échelles de la vapeur de combustible avec l'oxydant et enfin, le mélange éventuel des gaz brûlés au sein du spray influençant ainsi fortement les phénomènes d'évaporation et d'allumage.

- ségrégation préférentielle des sprays
- nouveaux termes sources des équations de mélange
- modèles de sous-mailles adaptés, 0 équation, 1 équation.

Combustion :

La combustion a lieu avec des propriétés totalement dépendantes des phénomènes présentés ci-dessus. Tous les régimes de combustion (prémélangés, non-prémélangés, partiellement prémélangés) peuvent se rencontrer au sein de la chambre. De plus les problèmes d'extinction ou encore de retour de flamme (ou flash-back) au cœur du spray peuvent apparaître. Les interactions entre le spray, les flammes et les ondes acoustiques qui se propagent au sein des chambres de combustion font aussi partie de thèmes nouveaux que nous évoquerons.

- diagrammes pour la combustion de sprays
- régimes de combustion
- modèles de combustion