

PROPOSITION DE STAGE EN COURS D'ETUDES

Référence : **DMPE-2025-39**
(à rappeler dans toute correspondance)

Lieu : Châtillon

Département/Dir./Serv. : DMPE

Tél. : +33 1 46 73 43 09

Responsable(s) du stage : A. de Brauer, C. Le Touze, N. Rutard

Email. : alexia.de_brauer@onera.fr

DESCRIPTION DU STAGE

Thématique(s) : Mécanique des fluides et énergétique

Type de stage : Fin d'études bac+5 Master 2 Bac+2 à bac+4 Autres

Intitulé : Modélisation et validation de simulations multi-fluides en écoulements supersoniques

Sujet : Au sein du Département Multi-Physique pour l'Energétique (DMPE), l'Unité PLM est en charge du développement du code CEDRE (multi-solveurs, parallèle MPI, maillages non structurés). CEDRE est notamment utilisé par les industriels des secteurs aéronautique, spatial et défense pour la simulation numérique multi-physique des écoulements compressibles, turbulents, multiphasiques et réactifs qui interviennent dans les systèmes propulsifs.

L'approche utilisée dans le code CEDRE pour décrire les écoulements diphasiques à phases séparées est celle d'un modèle à interface diffuse dit à 4 équations. Ce modèle dérive du système d'équations de Baer & Nunziato [1] et fait l'hypothèse forte de l'équilibre de vitesse, de pression et de température à l'interface entre les fluides. Depuis plusieurs années, un nouveau modèle dit à 6 équations relaxé est en développement dans le code CEDRE afin de pouvoir décrire le déséquilibre thermique entre les fluides. Cette approche présente par ailleurs l'avantage de corriger certaines instabilités numériques inhérentes au modèle à 4 équations.

Différentes briques de modélisation (changement de phase, diffusion de la chaleur,...) ont été implémentées dans le système à 6 équations relaxé et validées sur des cas simples. Dans un premier temps, le/la stagiaire sera amené.e à compléter cette étape de validation avec des cas plus complexes et ambitieux de la littérature tels que la simulation de l'impact d'une onde de choc sur une goutte (Figure 1) ou encore d'un jet liquide dans un écoulement transverse supersonique (Figure 2). Ces simulations qui mettent en œuvre l'interaction d'écoulements supersoniques avec un milieu diphasique représentent en effet un vrai challenge pour la robustesse des méthodes numériques et des modèles physiques. Par ailleurs, le/la stagiaire pourra être amené.e à travailler avec l'équipe de développement afin de compléter les briques de modélisation existantes et ainsi élargir les capacités du modèle à 6 équations relaxé dans CEDRE.

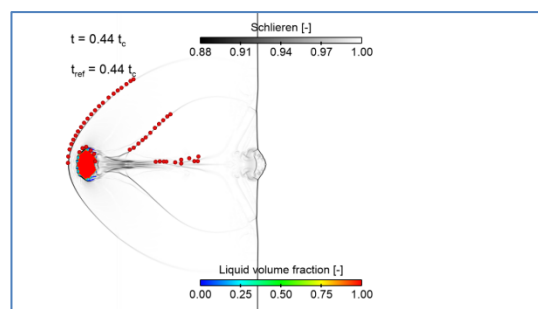


Figure 1 : Interaction choc/goutte. Fraction volumique de liquide et Schlieren issus du modèle à 4 équations. Comparaison aux données de référence (points rouges [2]).

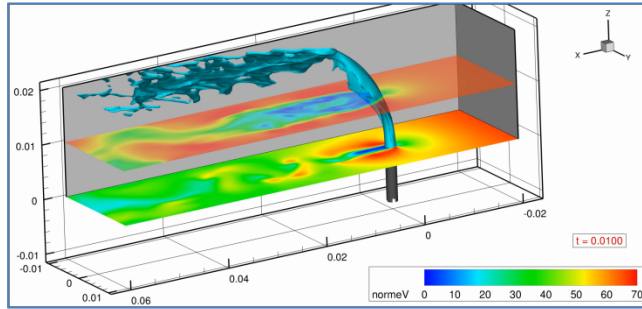


Figure 2 : Jet liquide dans un écoulement transverse. Coupe de la norme de la vitesse issue du modèle à 4 équations.

[1] Baer, M. R., & Nunziato, J. W. (1986). A two-phase mixture theory for the deflagration-to-detonation transition (ddt) in reactive granular materials. *International Journal of Multiphase Flow*, 12(6), 861–889.

[2] Hébert, D. *et al.* (2020). Investigation of mechanisms leading to water drop breakup at Mach 4.4 and Weber numbers above $1e5$. *SN Applied Sciences*, v. 2, n. 69.

Est-il possible d'envisager un travail en binôme ? Non

Méthodes à mettre en oeuvre :

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Recherche théorique | <input checked="" type="checkbox"/> Travail de synthèse |
| <input checked="" type="checkbox"/> Recherche appliquée | <input checked="" type="checkbox"/> Travail de documentation |
| <input type="checkbox"/> Recherche expérimentale | <input type="checkbox"/> Participation à une réalisation |

Possibilité de prolongation en thèse : Oui

Durée du stage : Minimum : 5 Maximum : 6

Période souhaitée : février-septembre 2025

PROFIL DU STAGIAIRE

Connaissances et niveau requis :
Mécanique des fluides et énergétique,
mathématiques appliquées, expérience de
simulation numérique et de programmation

Ecoles ou établissements souhaités :
Université ou école d'ingénieur