

Modéliser et simuler des systèmes fluide-particules

Tristan GUYON, DES/ISAS/DM2S/SGLS - CEA Saclay

Samuel KOKH, DRF/MdIS - CEA Saclay

Pascal TREMBLIN, DRF/MdIS - CEA Saclay

On s'intéresse à des systèmes fluide-particules, où le but est de comprendre l'évolution d'une densité de particules plongées dans un fluide. Ces particules peuvent modéliser une population de bulles prises dans un écoulement ou encore décrire un spray de gouttelettes de liquide plongées dans un gaz. Les phénomènes physiques clés sont typiquement la force de traînée, les collisions entre particules, ainsi que la fragmentation et coalescence de gouttes.

Pour éviter le coût de calcul lié à la simulation d'un grand nombre de particules individuelles, une approche moyennée possible est de partir de l'équation de Williams pour les sprays laminaires : elle décrit l'évolution temporelle d'une densité $f(t, \vec{x}, \vec{v}, r)$ au point \vec{x} pour des particules de vitesse \vec{v} et de rayon r . À partir de là, on prend des moments $\int v_x^k v_y^l v_z^m r^n f(t, \vec{x}, \vec{v}, r) dv_x dv_y dv_z dr$ de cette densité pour se ramener à des variables moyennées qui ne dépendent plus que de l'espace et du temps. On obtient un système d'équations hyperboliques pour les moments que l'on ferme en imposant une certaine forme à la densité $f(t, \vec{x}, \vec{v}, r)$.

La relation de fermeture choisie ici dans le cas simple d'une densité $f(t, \vec{x}, \vec{v})$ est la combinaison de deux Dirac $n_1(t, \vec{x})\delta(\vec{v} - \vec{U}_1(t, \vec{x})) + n_2(t, \vec{x})\delta(\vec{v} - \vec{U}_2(t, \vec{x}))$, comme modèle minimal permettant le croisement de jets de particules [1, 2]. Si la méthode donne des résultats convaincants dans le cas 1D ainsi que certains cas 2D [1], un soin particulier est nécessaire au traitement du cas 2D [2].

Nous poursuivons le travail dans cette direction en montrant que le problème du cas multidimensionnel est que les moments transportés doivent vérifier des relations très précises pour pouvoir être représentés par la relation de fermeture choisie. Nous mettons en évidence les conditions exactes à vérifier pour admettre la bonne structure de relation de fermeture et nous proposons une étape de reprojction explicite pour tenter de résoudre le problème en pratique. Enfin, nous montrons de premiers résultats de simulations améliorés par rapport aux deux articles étudiés sur le cas test des vortex de Taylor-Green en 2D.

Ce projet de postdoctorat s'inscrit dans le Programme Transversal de Compétences CanoPNa entre la Direction des Énergies et la Direction de la Recherche Fondamentale du CEA. L'objectif de l'étude est de progresser dans la modélisation des risques d'incendie suite à une fuite de sodium liquide lorsque le jet de sodium issue de la fuite se fragmente dans de petites inclusions mises en suspension dans l'air, qui peuvent ensuite réagir chimiquement avec leur environnement et créer un incendie.

- [1] O. Desjardins, R. Fox, P. Villedieu. *A quadrature-based moment method for dilute fluid-particle flows*. Journal of Computational Physics, **227**(4), 2008.
- [2] D. Sun, A. Garmory, G. J. Page. *A robust two-node, 13 moment quadrature method of moments for dilute particle flows including wall bouncing*. Journal of Computational Physics, **330**, 2017.