



Proposition de stage de M2

Simulations d'écoulements anisothermes fluide - particules

Mots-clés

Mécanique des fluides numérique, Thermique, Ecoulement diphasique fluide - particules, Front-Tracking, Simulation Numérique Directe

Contexte

La modélisation et la simulation des écoulements solide-gaz à haute température a un impact important sur le développement des technologies solaires à concentration du futur pour plusieurs raisons :

- Les lits fluidisés peuvent être mis en œuvre comme nouveau fluide de transfert dans les récepteurs des centrales solaires de 3^{ème} génération (particules inertes, projet européen Next-CSP).
- Les réactions gaz-solide sont majoritaires dans l'industrie minérale, secteur prometteur pour le développement des applications de la chaleur solaire dans l'industrie (décarbonatation, projet européen SOLPART).
- Le craquage du méthane ou du gaz naturel pour produire de l'hydrogène et des noirs de carbone peut se faire dans un réacteur solaire opérant à 1100 °C environ. Le gaz naturel est décomposé sur des particules de graphite.

Objectif

Une méthode de simulation numérique directe d'écoulements fluide - particules solides, utilisant la méthode *Front-Tracking* (FT) du logiciel TrioCFD et une approche *Discrete Element Method* (DEM), a récemment été développée. L'objectif de ce travail consiste à valider cet outil numérique sur des simulations d'écoulements anisothermes.

Méthode

La méthode FT du logiciel TrioCFD est une méthode puissante pour la simulation des écoulements diphasiques. Elle utilise un maillage mobile de surface qui représente explicitement les interfaces. Elle permet donc de décrire précisément la géométrie des particules ainsi que les interactions entre le fluide et les particules. Ce maillage est superposé au maillage eulérien, fixe, sur lequel les équations de Navier-Stokes sont résolues. Récemment, cette méthode initialement développée pour les écoulements liquide - gaz a été adaptée pour les écoulements fluide - particules solides. Les interactions particules - particules sont modélisées par des lois de collision (DEM). Le caractère indéformable des particules est obtenu grâce à une pénalisation par la viscosité : une viscosité très importante est utilisée dans les mailles occupées par la phase solide (les particules). Dans les volumes de contrôle traversés par l'interface entre les particules et fluide, on utilise une viscosité moyenne en fonction de la proportion occupée par la phase solide (taux de présence). La méthode a été validée sur des cas de particule en sédimentation, de collision particule - paroi, particule - particule ainsi que sur un petit lit fluidisé isotherme.

Afin de se rapprocher des cas réels d'écoulements au sein des récepteurs solaires, une validation de la thermique doit être réalisée. Les simulations sont réalisées en PR-SND (Particules Résolues - Simulation Numérique Directe) afin de résoudre les interactions fluide - particules (voir fig. 1). Une étude de convergence en maillage a montré qu'au moins 40 mailles par diamètre de particules étaient nécessaires pour capturer pleinement la couche limite dynamique. Cette étude devra être réitérée dans le cas des simulations anisothermes. Premièrement, la conduction et la convection seront étudiées sur des cas simples afin de pouvoir confronter les résultats à des solutions analytiques. Ensuite, un lit fluidisé anisotherme d'environ 2000 particules sera simulé. Cela ne peut pas être réalisé en PR-SND car le coût numérique associé est trop important. Une résolution plus grossière doit être utilisée. Cela implique une sous-résolution des interactions entre les particules et le fluide. Des corrélations issues de simulations PR-SND seront alors développées pour modéliser la partie non résolue de ces interactions.

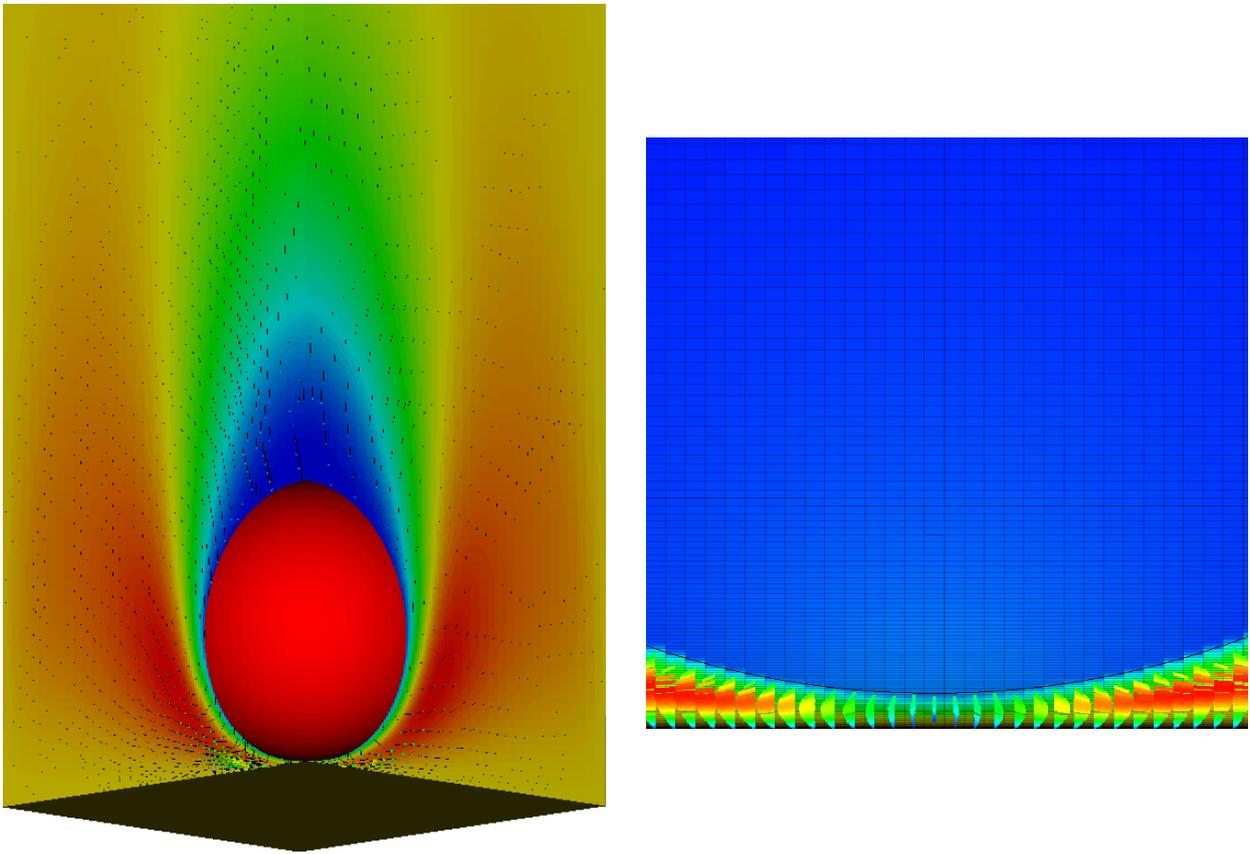


FIGURE 1 – Visualisation du champ de vitesse eulérien autour d’une particule lors d’une simulation visant à résoudre, en trois dimensions, la couche de lubrification entre la particule et la paroi.

Profil du candidat : Niveau BAC+5 (Master ou Ingénieur). Le candidat devra avoir une solide formation en mécanique des fluides et/ou en informatique. Un attrait pour le travail numérique est indispensable. Une habileté avec \LaTeX , Linux et un langage de programmation (C/C++, Python) sera appréciée.

Lieu de stage : Laboratoire PROMES – Site de Perpignan.

Début de stage : Février 2024.

Rémunération : Gratification forfaitaire en vigueur (≈ 615 euros/mois).

Candidature : Les lettres de candidature devront être accompagnées d’un CV et adressées à l’ensemble des encadrants.

Encadrement

Edouard BUTAYE - edouard.butaye@promes.cnrs.fr

Adrien TOUTANT - 04 68 68 27 09 - adrien.toutant@univ-perp.fr

Samuel MER - 04 68 68 22 25 - samuel.mer@univ-perp.fr