

Améliorations de la précision et de la modélisation de la tension de surface au sein de la méthode SPH, et simulations de cas d'amerrissage d'urgence d'hélicoptères

Résumé

La méthode SPH (Smoothed Particle Hydrodynamics) est une méthode de simulation numérique Lagrangienne et sans maillage, utilisée dans de nombreux domaines de la physique et de l'ingénierie (astrophysique, mécanique des milieux solides, mécanique des milieux fluides, etc...). Dans le domaine de la mécanique des fluides, cette méthode est désormais utilisée dans de nombreux champs d'application (ingénierie navale, automobile, aéronautique, etc...), profitant en particulier de son caractère Lagrangien et de l'absence de connectivités pour simuler des écoulements complexes à surface libre avec de grandes déformations et de nombreuses reconnections d'interfaces. Cependant, la méthode SPH souffre encore d'un certain manque de précision dû à son caractère Lagrangien et à la relative complexité des opérateurs utilisés. L'objectif générale de cette thèse est de proposer plusieurs améliorations en vue d'augmenter la précision de la méthode SPH. Le premier axe de ce travail de recherche porte sur l'étude du désordre particulaire (ou "particle shifting" en anglais) afin de briser les structures Lagrangiennes classiquement observées en SPH et responsables d'une dégradation de la précision des simulations. En particulier, à l'aide d'une étude théorique portant notamment sur des propriétés de convergence et de consistance, une nouvelle loi de shifting est proposée. Un deuxième axe s'intéresse à l'étude d'un nouvel opérateur visqueux en proche paroi, pour un traitement surfacique des conditions aux limites. Le troisième axe de développement concerne la montée en ordre de la méthode SPH, et notamment dans le cas des schémas de type Riemann-SPH. Une nouvelle méthode de reconstruction, basée sur le schéma WENO (Weighted Essentially Non-Oscillatory) et des interpolations MLS (Moving Least Squares), des états gauche et droit des problèmes de Riemann est proposée. En complément de ces recherches, un nouveau modèle de tension de surface précis et robuste est proposé pour les écoulements monophasiques, permettant notamment une imposition de l'angle de contact au niveau de la ligne de contact. Enfin, dans le cadre du projet SARAH (increased SAFety and Robust certification for ditching of Aircraft and Helicopters ; European Unions Horizon 2020 Research and Innovation Programme Grant No. 724139), le dernier axe de cette thèse est consacré à la mise en place d'un modèle numérique permettant la simulation de cas d'amerrissage d'urgence d'hélicoptère. Ce modèle est validé grâce à la comparaison des résultats numériques avec ceux obtenus lors d'une campagne d'essais expérimentaux menée au bassin d'essais de l'Ecole Centrale de Nantes.

Mots-clés : Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH), désordre particulaire, montée en ordre, tension de surface, écoulements monophasiques, amerrissage