

Application of the SPH method in turbulent free-surface flow for simulation of debris accumulation during flood events

Auteur : Santoro, Luca

Promoteur(s) : Archambeau, Pierre

Faculté : Faculté des Sciences appliquées

Diplôme : Master en ingénieur civil physicien, à finalité approfondie

Année académique : 2024-2025

URI/URL : <https://github.com/Rivlow/Master-thesis-free-surface-turbulent-flow-SPH>; <http://hdl.handle.net/2268.2>

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.

UNIVERSITÉ DE LIÈGE

Applied Sciences

Department of Hydraulics in environmental and civil engineering (HECE)

Master thesis submitted in fulfilment of the requirements for the degree of Master
in Engineering Physics

**Application of the SPH method in turbulent free-surface flow for simulation of
debris accumulation during flood events**

by Luca Santoro

Supervisors:

Prof. Ass. P. ARCHAMBEAU

Prof. Ass. S. ERPICUM

Jury members:

Prof. Ass. R. BOMAN

Dr. Ir. L. GOFFIN

Flood events represent a recurring natural hazard requiring accurate prediction of hydrodynamic forces on structures and debris accumulation patterns. This master thesis evaluates the capability of the Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH) method, specifically through the SPLisHSPlasH software implementation, to simulate three-dimensional turbulent free-surface flows with dynamic rigid bodies.

The methodology employs a systematic validation approach through progressively complex configurations. First, turbulent flow behaviour is isolated and analysed in a two-dimensional pipe configuration with Reynolds number $Re = 1.7 \times 10^7$, where the numerical velocity profile correctly fits the analytical solution derived from Generalized Hydraulic Equations. Subsequently, free-surface flow characteristics are examined through a horizontal channel with Reynolds number $Re = 1.8 \times 10^5$ and a parabolic obstacle, correctly capturing hydraulic jump phenomena and head loss distributions despite local pressure instabilities inherent to the SPH formulation.

The final validation integrates both phenomena in a laboratory-scale bridge configuration with $Re = 1.5 \times 10^4$ and with seven floating wood logs. The simulation successfully reproduces obstacle formation at the bridge entrance, with distinct behaviours observed between pressurized and free-surface flow conditions. Quantitative analysis reveals accurate head loss predictions and flow distribution patterns, though with the requirement that particle size remains below one-fifth of the rigid body characteristic dimension to ensure numerical stability.

While certain limitations exist, particularly concerning local pressure calculations and the necessity for manual tuning of physical parameters, this study demonstrates that SPLisHSPlasH can effectively simulate complex hydraulic phenomena relevant to flood engineering applications. The continuous development of the software and capability to handle coupled fluid-structure interactions yield it as a valuable tool for hydraulic engineering analyses, encouraging more systematic adoption in the field.

