

Titre : Modélisation des écoulements dans les milieux granulaires avec la méthode SPH

Mots clés : Smoothed Particle Hydrodynamics, Milieux granulaires, Théorie de la mixture, Solveurs de Riemann, Boundary Integral Method.

Résumé : La modélisation d'écoulements de milieux granulaires intéresse l'ingénierie du parc hydroélectrique d'EDF pour plusieurs raisons, notamment pour étudier la rupture de digues en terre sous l'effet d'une crue. Ce type d'écoulement est complexe et encore difficile à simuler numériquement. Grâce à sa nature lagrangienne, la méthode SPH est bien adaptée aux applications impliquant des surfaces libres et de larges déformations.

L'objectif de cette thèse est donc de développer un modèle SPH permettant de simuler les écoulements de milieux granulaires sous infiltration d'eau.

Dans un premier temps, un schéma SPH stabilisé à l'aide d'un solveur de Riemann est

développé spécifiquement pour la mécanique des solides, dans le but de l'appliquer à la phase granulaire de notre modèle.

Par la suite, l'accent est mis sur la phase fluide en développant un modèle SPH pour la simulation d'infiltration d'eau dans une matrice poreuse fixe et indéformable. Là aussi, une stabilisation par solveur de Riemann est adoptée. De plus, une extension de la méthode surfacique BIM pour le traitement numérique des conditions aux limites est proposée pour les applications granulaires.

Enfin, les résultats obtenus en couplant ces deux modèles sur un cas d'effondrement de digue sous infiltration d'eau en 2D sont discutés.

Title : SPH modelling of flows in granular medium

Keywords : Smoothed Particle Hydrodynamics, Granular medium, Mixture theory, Riemann solvers, Boundary Integral Method.

Abstract : The hydroelectric engineering department of EDF is interested in modelling granular flows for several reasons. One of them is the study of earthen dam break under the effect of flooding. This type of flow is very complex and still difficult to simulate numerically. Thanks to its Lagrangian nature, the SPH method is well suited to applications involving free surfaces and large deformations.

The objective of this thesis is to develop an SPH model for the simulation of water seepage in deformable granular medium.

First, an SPH scheme stabilised using a Riemann solver is developed specifically for

solid mechanics, with the aim of applying it to the granular phase of our model.

Subsequently, a focus is made on the fluid phase by developing an SPH model for simulating water infiltration in a fixed and rigid porous matrix. A stabilisation using a Riemann solver is adopted here as well. In addition, an extension of the Boundary Integral Method for the numerical treatment of boundary conditions is proposed for granular applications.

Eventually, the results obtained by coupling these two models in the case of a 2D seepage-flow induced embankment failure are discussed.

