

## Un metodo Lagrangiano Esplicito per la simulazione di Problemi Tridimensionali di Interazione Fluido-Struttura.

Simone Meduri<sup>1</sup>, Massimiliano Cremonesi<sup>1</sup>, Umberto Perego<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Politecnico di Milano, Italia*

*E-mail: massimiliano.cremonesi@polimi.it*

Keywords: FSI, Lagrangian PFEM-FEM, Explicit Solver

In questo contributo si presenta un approccio Lagrangiano esplicito per la simulazione di problemi tridimensionali di interazione fluido-struttura. Il dominio nella partizione fluida è modellato attraverso una versione esplicita del Particle Finite Element Method [1], basata sull'ipotesi di fluido debolmente comprimibile [2]. Per il dominio solido si impiega invece il software commerciale a Elementi Finiti Abaqus/Explicit. Tale scelta permette di includere automaticamente nel modello strutturale tutte le avanzate funzionalità di Abaqus, tra cui un'ampia libreria di Elementi Finiti e legami costitutivi. L'algoritmo di Gravouil e Combescure [3], appartenente alla famiglia dei Metodi di Decomposizione dei Domini, è adottato come schema di accoppiamento. Esso permette l'impiego di discretizzazioni spaziali e temporali non conformi nei due domini fluido e solido, per ottimizzare l'efficienza di solutori espliciti che coinvolgono materiali differenti. Il conseguente problema di interazione all'interfaccia è composto da equazioni completamente disaccoppiate nel caso di mesh conformi nei due domini e debolmente accoppiate nel caso di mesh non conformi. Ne deriva quindi un solutore globale esplicito che appare particolarmente interessante per applicazioni ingegneristiche a scala reale caratterizzate da un alto grado di non linearità e/o una dinamica veloce. L'adozione di una descrizione Lagrangiana è inoltre vantaggiosa per problemi con flussi fluidi a superficie libera o con grandi spostamenti del dominio solido [4].

La descrizione Lagrangiana del PFEM necessita frequenti triangolazioni ogni volta che la mesh risulti troppo distorta e per questo adotta l'efficiente algoritmo di generazione della mesh di Delaunay. Nel caso tridimensionale però, questo algoritmo può generare tetraedri di bassa qualità che causano passi temporali dell'integrazione esplicita estremamente ridotti, facendo crescere inaccettabilmente i tempi di calcolo. Per questo motivo è stato sviluppato un nuovo algoritmo di regolarizzazione della mesh mirato ad aumentare la dimensione del passo di integrazione temporale. Tale algoritmo risulta estremamente efficiente perché basato su una analogia elastica che permette di sfruttare l'architettura del solutore fluido, ottenendo un algoritmo esplicito e parallelizzabile.

Numerosi confronti di validazione con risultati analitici, numerici e sperimentali presentati in letteratura hanno dimostrato l'accuratezza e la robustezza dell'approccio adottato.

### References

- [1] Oñate, E., Idelsohn, S., "The particle finite element method: an overview", *Int. J. Comput. Meth.*, **2**, page 267-307, (2004)
- [2] Cremonesi, M., Meduri, S., Perego, U., Frangi, A., "An explicit Lagrangian finite element method for free-surface weakly compressible flows", *Comp. Particle Mech.*, **4**, page 357-369 (2017).
- [3] Gravouil, A., Combescure, A., "Multi-time-step explicit-implicit method for non-linear structural dynamics", *Int. J. Num. Meth. Engng.*, **50**, page 199-225 (2001).
- [4] Meduri, S., et al., "A partitioned fully explicit Lagrangian finite element method for highly nonlinear fluid-structure interaction problems", *Int. J. Num. Meth. Engng.*, **113**, page 46-64 (2018).