

Glissement intermatériaux lors de simulations ALE en grandes déformations et grandes vitesses

Gauthier Folzan^{1, 2}, Patrick Le Tallec², Jean-Philippe Perlat¹

¹ CEA, DAM, DIF, F-91297 Arpajon, France, gauthier.folzan@cea.fr, jean-philippe.perlat@cea.fr

² Ecole Polytechnique, Laboratoire de Mécanique des Solides, UMR7649, F-91128 Palaiseau Cedex, France, patrick.letallec@polytechnique.edu

Résumé — Lors de simulations de milieux multimatériaux en grandes déformations avec une méthode ALE, l'interface entre les matériaux peut se retrouver à l'intérieur des mailles de calcul. Il faut donc mettre en place une stratégie spécifique dans ces mailles mixtes. La méthode proposée, basée sur les éléments finis enrichis permet d'avoir un champ de vitesse propre à chaque matériau y compris dans les mailles mixtes. La réunion des différents champs de vitesse peut présenter une discontinuité sur l'interface ce qui donne la liberté nécessaire à la simulation du glissement entre les matériaux.

Mots clés — ALE, Mailles mixtes, Hydrodynamique rapide, Glissement.

1 Contexte

1.1 Milieux en grandes déformations

Lors de simulations en dynamique rapide de milieux en grandes déformations, les méthodes purement lagrangiennes atteignent leurs limites. Le maillage s'y déforme avec la matière, sa qualité est alors insuffisante pour pouvoir effectuer des simulations fiables. Ceci est particulièrement critique pour les problèmes multimatériaux qui peuvent présenter de forts gradients de vitesse ainsi que des lignes de glissements.

Les méthodes arbitrairement lagrangiennes eulériennes permettent de palier ce problème. Dans ce formalisme, le maillage se déplace à une vitesse définie arbitrairement différente de la vitesse de la matière. Ce type de méthode peut également être écrit pour chaque pas de temps sous la forme d'une phase lagrangienne suivi d'une phase de régularisation où les quantités sont projetées depuis le maillage lagrangien déformé vers un maillage régularisé de meilleure qualité.

1.2 Système multimatériaux

Lors de la simulation d'un système contenant plusieurs milieux différents avec ce type de méthode, l'interface entre les matériaux peut se retrouver à l'intérieur des mailles de calcul. Il faut donc mettre en place une stratégie spécifique dans les mailles mixtes (contenant plusieurs matériaux) pour prendre en compte les interactions entre les différents matériaux au sein de ces mailles ainsi que le glissement possible entre les matériaux voire le frottement entre eux.

2 Méthode proposée

2.1 Enrichissement du champ de vitesse

La méthode proposée, basée sur les éléments finis enrichis [1], permet d'avoir un champ de vitesse propre à chaque matériau y compris dans les mailles mixtes. La réunion des différents champs de vitesse peut présenter une discontinuité sur l'interface ce qui donne la liberté nécessaire à la simulation du glissement entre les matériaux.

La modification du champ de vitesse est pilotée par deux équations sur l'interface entre les matériaux : une condition de continuité sur les vitesses normales des matériaux ainsi que l'équilibre des pressions entre les deux matériaux.

2.2 Phase lagrangienne

Le passage à un schéma implicite est nécessaire pour remplir les conditions imposées par les équations supplémentaires sur l'interface. Les mailles mixtes sont donc calculées à chaque pas de temps par un schéma trapèze alors que les mailles pures sont toujours calculées par le schéma explicite classique de Wilkins [2] largement utilisé dans les codes hydrodynamiques industriels.

2.3 Phase de projection

En complément de ces modifications lors de la phase lagrangienne, la phase de transport et de projection devient obligatoire à chaque pas. En effet, nous n'avons plus, à la fin du pas de temps, un maillage lagrangien unique et il faut donc projeter au moins la zone d'interface sur un maillage moyen pour le pas de temps suivant.

3 Implantation

Dans un premier temps, une implantation de la méthode a été réalisée en 1D pour mettre au point le schéma de calcul et son intégration dans un schéma de Wilkins. Par la suite, le passage en 2D laisse prévoir d'autres problèmes. En 2D, toutes les mailles mixtes de l'interface seront couplées entre elles et le calcul de toutes ces mailles se fera par la résolution d'un unique système linéaire. La question de la discrétisation de la condition faible de continuité des vitesses normales se pose également. Deux options sont étudiées : une discrétisation par cellule avec stabilisation ou une discrétisation du champ de pression d'interface sur les bras des mailles.

L'implantation du schéma en 1D dans un logiciel de calcul du CEA donne des résultats encourageants et l'écriture ainsi que l'implantation en 2D sera présentée au colloque.

Références

- [1] J. Dolbow, I. Harari. *An efficient finite element method for embedded interface problems*, International journal for numerical methods in engineering, 78, 229–252, 2009.
- [2] M. Wilkins. *Calculation of elastoplastic flows*, Methods of computational physics, 3, 211–263, 1964.