Simulation directe d'écoulements particulaires denses

Bertrand MAURY, Université Paris-Sud

Une bonne compréhension du comportement macroscopique de fluides complexes comme le sang, ou plus généralement de suspensions denses, nécessite une prise en compte fine des phénomènes microscopiques. La simulation numérique directe permet cette prise en compte, et rend ainsi possible une estimation fiable des quantités macroscopiques d'intérêt (comme la viscosité apparente). Le développement d'outils numériques adaptés à cette situation présente deux difficultés essentielles:

1. la complexité géométrique du domaine fluide conduit à des systèmes linéaires extrêmement coûteux à résoudre, car mal conditionnés,

2. pour les suspensions denses, les entités sont susceptibles de rentrer en contact les unes avec les autres.

Nous proposons de donner une vue d'ensemble des différentes stratégies qui ont été mises en œuvre pour aborder ces deux difficultés. Pour la première, nous montrerons notamment comment des méthodes de type domaine fictif (dans l'esprit des méthodes développées par R. Glowinski [2]) permettent de contourner le problème de la complexité géométrique en se ramenant à des résolutions sur le domaine global. Cette stratégie permet de se ramener à un problème défini sur un maillage cartésien, au prix d'un algorithme itératif sur un champ auxilliaire (multiplicateurs de Lagrange) destiné à gérer la contrainte de mouvement rigide au sein de l'inclusion. Si cette approche permet l'utilisation de solveurs rapides qui exploitent la structure cartésienne du maillage, les méthodes directes basées sur l'utilisation d'un maillage adapté restent compétitives, grâce aux techniques de raffinement adaptatif, qui permettent de compenser l'absence de structure par une diminution du nombre d'inconnues ([1]). Nous préciserons en quoi il peut être intéressant de privilégier l'une ou l'autre de ces approches selon l'objectif recherché.
Pour le second problème, nous présenterons les différentes méthodes utilisées pour gérer les collisions entre particules, notamment celles qui s'inspirent des techniques utilisées dans la simulation d'écoulements granulaires secs, et nous montrerons comment ces approches peuvent être enrichies par une prise en compte des phénomènes locaux de type lubrification ([3, 4]).

Références

[1] C. Bui, P. Frey, B. Maury, *Methode du second ordre modifie pour la gestion de rapports de viscosite importants dans le probleme de Stokes bifluide*, à paraître aux Comptes Rendus à l'Académie des Sciences.

[2] R. Glowinski, *Finite element methods for incompressible viscous flow*, Handbook of numerical analysis, Vol. IX, North-Holland, Amsterdam, 2003.

[3] A. Lefebvre, *Numerical simulation of gluey particles*, soumis, Pré-publication arXiv.

[4] B. Maury, *A gluey particle model, ESAIM Proceedings*, July 2007, Vol.18, 133-142 Jean-Frédéric Gerbeau & Stéphane Labbé, Editors.

[5] B. Maury, *A time-stepping scheme for inelastic collisions, Numerische Mathematik*, Volume 102, Number 4, pp. 649 - 679, 2006,

Bertrand MAURY, Laboratoire de Mathématiques, Université Paris-Sud, 91405 Orsay cedex
Bertrand.Maury@math.u-psud.fr