

Couplage de modèles rigides et déformables pour la modélisation d'une interface tribologique

H-P. Cao, M. Renouf, Y. Berthier

Université de Lyon, CNRS,
LaMCoS, INSA-Lyon, F69621 Villeurbanne cedex
{Hong-Phong.Cao, Mathieu.Renouf, Yves.Berthier}@insa-lyon.fr

Résumé — En tribologie, pour comprendre et analyser les causes et les conséquences du frottement sur le comportement des corps en contact, il est nécessaire d'utiliser des méthodes numériques pour venir palier les difficultés des approches expérimentales. Ce travail propose un couplage discret/continu pour venir enrichir les modèles utilisés classiquement en tribologie. Le modèle est utilisé sur des essais de cisaillement représentant une partie d'une interface tribologique. Les résultats obtenus sont comparés avec les approches classiques aussi bien bi- que tridimensionnelles. Une extension au cas de l'usure est présentée pour conclure.

Mots clés — Frottement, FEM, DEM, NSCD, couplage

1 Introduction générale

D'un point de vue physique, une interface de contact est une couche discontinue séparant deux corps en contact [1]. Cette interface, baptisée *troisième corps* en référence aux deux *premiers corps* qu'elle sépare, est constituée de particules issues des premiers corps et mélangées avec des particules initialement extérieure au contact. La modélisation des interfaces tribologiques s'intéresse à la représentation d'un milieu hétérogène et discontinu. Au niveau d'expérimental, il est très difficile d'observer les différents phénomènes situés au coeur de l'interface et de traiter les informations au cours de son évolution dynamique. C'est pourquoi, il est nécessaire d'utiliser et de développer des outils capables de compléter ce manque d'informations.

Dans la littérature, deux type d'approches sont utilisées : les modèles continus et les modèles discrets. Les modèles continus [2] proposent un traitement intéressant mais s'appliquent actuellement uniquement pour la lubrification par poudre et présentent des limitations lorsque l'on prends en compte de la cohésion interne de l'interface. Les modèles discrets font références aux méthodes par éléments Discrets (DEM). Plusieurs auteurs ont utilisé ces méthodes pour modéliser une interface tribologique comme un milieu discret [3, 4, 5]. Les études proposent des résultats phénoménologiques intéressants mais présentent des limitations si l'on veut prendre en compte la déformation locale des corps en contact, et déterminer son influence sur le comportement de l'interface.

2 Cadre numérique

Les présents travaux s'appuient sur l'extension de la méthode *Contact Dynamics* [6] proposée par Jean portant le nom de *Non Smooth Contact Dynamics (NSCD)* [7]. Cette méthode est basée sur une mise en équation de la dynamique en présence de collisions éventuelles. Elle est caractérisée par une discrétisation en temps de type "*time stepping*". Un solveur de type Gauss Seidel Non Linéaire permet de calculer en même temps vitesses et impulsions de contact en tenant compte des lois d'interaction entre éléments.

Deux lois sont utilisées pour traduire la physique de l'interface : une parfaitement plastique et une autre élastique, afin de voir également l'influence de la loi de contact sur la rhéologie de l'interface.

3 Simulation numérique

L'échantillon utilisé est constitué de 3 parties : un premier corps supérieur, un troisième corps et un premier corps inférieur. La figure (1) présente les modèles "rigide" et "déformable" en 2D et en 3D. Pour le modèle déformable, le corps déformable est décrit par un maillage constitué de quadrangles en 2D et par une structure des ressorts en 3D. Celui-ci permettra notamment de prendre en compte la dynamique et la rigidité de la structure sur la rhéologie de l'interface. Cette approche est comparée à l'approche classique utilisant un comportement rigide pour décrire le premier corps.

Pour les modèles "rigide" et "déformable" en 2D et en 3D, la figure (1).a.b.c.d montre les résultats du coefficient de frottement macroscopique de la modélisation d'une interface tribologique d'un contact.

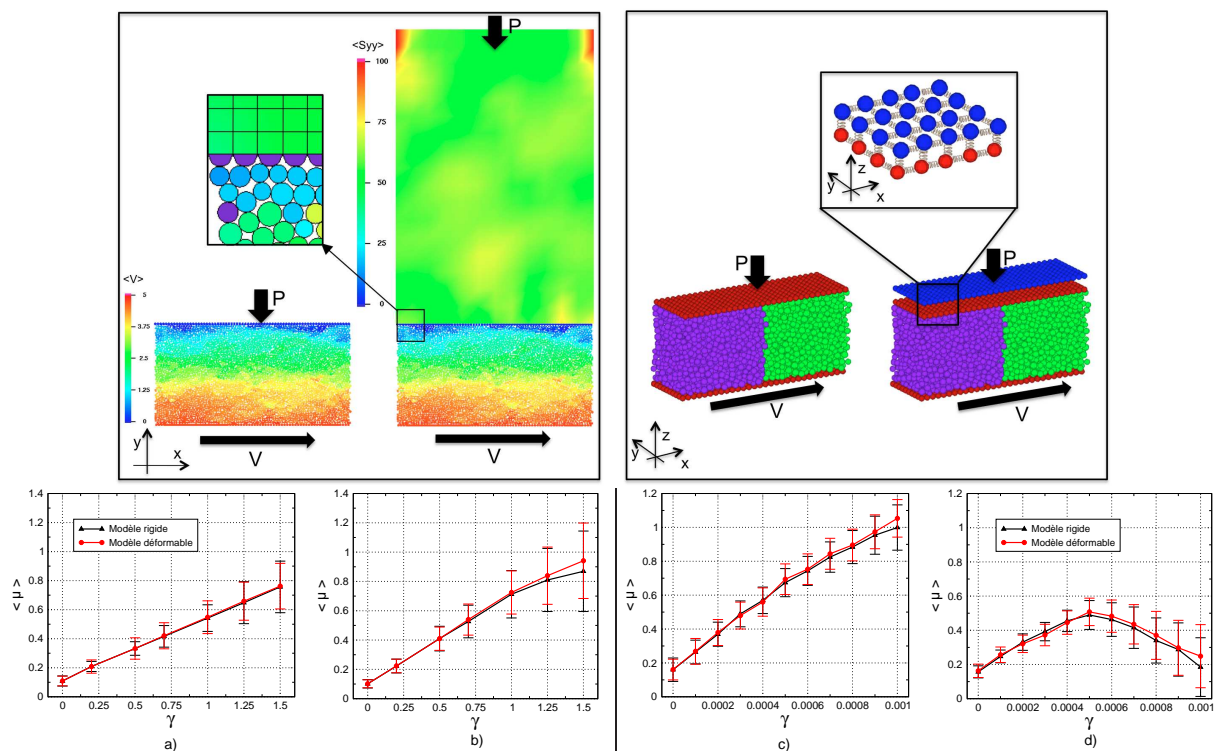


FIGURE 1 – Modèles de premiers corps supérieur "rigide" et "déformable" pour les simulations en 2D et 3D (en haut). Relation entre le coefficient de frottement macroscopique moyen $\langle \mu \rangle$ et la cohésion locale du troisième corps pour l'ensemble du modèle "rigide" et "déformable" selon la loi "IQS" ((a. en 2D) et (c. en 3D)) et la loi "ELAS" ((b. en 2D) et (d. en 3D)) (en bas).

Références

- [1] M. Godet, *The third body approach : a mechanical view of wear*, Wear, Vol 100, pages 437–452, (1984).
- [2] G. W. Sawyer and J. Tichy, *Lubrication With Granular Flow : Continuum Theory, Particle Simulation, Comparison With Experiment*, ASME J. Tribol., Vol 123(4), pages 734–745. 2001.
- [3] A. Lubrecht, C.E. Chan-Tien, and Y. Berthier, *A Simple Model for Granular Lubrication, Influence of Boundaries*, Elsevier Tribology Series, Vol. 30, pages 53–62, 1995
- [4] A. Ghaoudi, M. Chaze, P. Dubujet and F. Sidiroff, *Particulate and Granular Simulation of Third Body Behavior*, Elsevier Tribology Series, Vol. 31, pages. 355 –365, 1996
- [5] I. Iordanoff, B. Sève and Y. Berthier, *Solid Third Body Analysis Using a Discrete Approach : Influence of Adhesion and Particle Size on the Macroscopic Behaviour of the Contact*, ASME J. Tribol, Vol 124, pages 530–538, 2002
- [6] J. J. Moreau, *Unilateral contact and dry friction in finite freedom dynamics*, CISM Courses and Lectures, Vol 302 (Springer-Verlag, Wien, New York), pages 1–82, 1988.
- [7] M. Jean, *The non smooth contact dynamics method*, Compt. Methods Appl. Math. Engrg, Vol 177, pages 235–257, 1999.