

Conception numérique d'un matériau tribologique

E. Chapeuil¹, M. Renouf^{2,3}, Y. Berthier^{1,3}

1. LaMCoS, CNRS/INSA-Lyon, France

2. LMGC, CNRS/UM, France

3. InTriG, France

MOTS CLES

DEM, matériau tribologique, débits de matière

INTRODUCTION

Les systèmes industriels basés sur les concepts tribologiques (frottement relatifs de deux corps en contacts), et les problèmes qui en découlent, sont nombreux. Un outil prédictif permettant d'analyser ces problèmes peut permettre aux industriels d'économiser d'importants coûts liés à des essais physiques qui précèdent la création d'un matériau commercialisable, selon un cahier des charges donné. C'est ce type d'outils et de modèles qui sont présentés et utilisés ici.

D'un point de vue tribologique, les contacts entre deux corps peuvent être appréhendés comme des triplets [1] où les corps en contact désignent les 1^{ers} corps et où l'interface créée suite au déplacement relatif des 1^{ers} corps constitue le 3^e corps, sans oublier le mécanisme qui maintient ces corps en contact. Le 3^e corps possède un caractère hétérogène et discontinu qu'il est possible de modéliser grâce aux approches par éléments discrets (DEM) [2]. De plus, les 1^{ers} corps peuvent être considérés comme étant constitué d'éléments de discrétisation pouvant être également modélisé par éléments discrets afin d'appréhender la dégradation des premiers corps.

METHODOLOGIE

Parmi les différentes approches DEM, la dynamique des contacts non réguliers (NSCD) introduite par Moreau et Jean est utilisée, celle-ci est basée sur une intégration implicite de l'équation de la dynamique [2]. Dans ce travail, les corps en contact ainsi que l'interface sont représentés par une collection de particules considérées comme rigides. L'interaction entre ces particules est dirigée par un modèle à zones cohésives pour les particules appartenant aux 1^{ers} corps et par une loi unilatérale cohésive pour les particules appartenant au 3^e corps. Grâce à ces lois, les particules sont maintenues en contact et une charge normale peut être transférée d'un 1^{er} corps à l'autre.

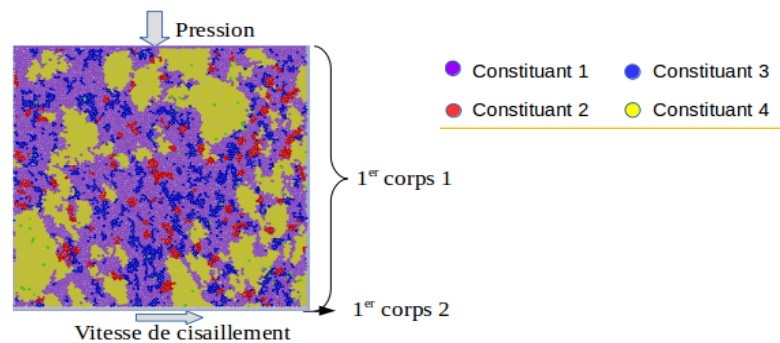


Figure 1: Échantillon numérique.

Afin de modéliser le déplacement d'un 1^{er} corps sur l'autre, une vitesse relative est appliquée sur le 1^{er} corps inférieur considéré comme non dégradable [3]. Il est alors possible de modéliser un matériau existant à partir d'essais de caractérisations de sa structure, par exemple par des méthodes d'imagerie (tomographie x...) (figure 1). Pour en concevoir un, il suffit de réaliser des essais visant à obtenir des paramètres locaux les plus pertinents en entrées vis à vis des comportements globaux obtenus en sorties du modèle et se rapprochant des comportements attendus par les constructeurs.

RECONSTITUTION NUMÉRIQUE DE LA VIE TRIBOLOGIQUE DES CONTACTS

Cette reconstitution est effectuée à partir d'essais numériques qui ont été réalisés vis à vis d'un matériau modèle composé de quatre constituants microscopiques. Ce matériau est utilisé en freinage ferroviaire. Des données empiriques issues de la littérature ont été utilisées afin de calibrer les paramètres d'entrées du modèle. De plus, des débits de matière (en référence au circuit tribologique) sont mis en évidence afin de comprendre le comportement de la matière au sein du contact. Pour représenter numériquement ces débits de matière, et en particulier le débit d'usure, des critères particuliers sont imposés aux particules afin que certaines soient soumises à des conditions périodiques en étant ré-introduites dans le contact (débit de recirculation) et que d'autres soient éliminées du contact (débit d'usure).

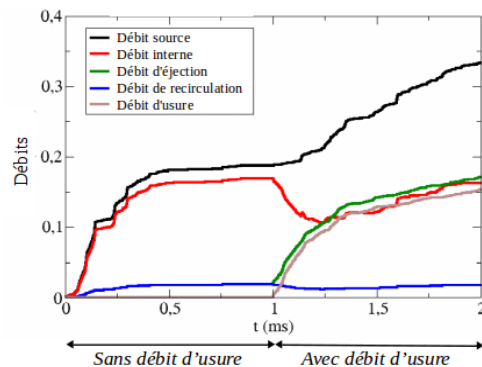


Figure 2: Evolution des débits de matière.

Un exemple d'analyse est donné en figure 2, celui-ci illustre l'échantillon numérique ainsi que l'évolution des débits de matière durant la simulation. Ce type de résultats est particulièrement intéressant pour remonter à la vie tribologique d'un contact et pour prédire ainsi les comportements du matériau selon les besoins voulus (usure moindre ou élevée, dégradation faible ou forte, ...) vis à vis des paramètres d'entrée.

CONCLUSION

Des analyses numériques d'un matériau réel ont été réalisées et ont permis de mettre en évidence les tendances d'évolution du contact vis à vis des critères définis sur le modèle. Les analyses numériques pourraient alors se substituer à une partie des analyses physiques. De plus, l'outil numérique pourrait permettre de concevoir de nouveaux matériaux à part entière conduisant à leur conception physique.

Références

- [1] M. Godet (1989) « Third bodies in tribology » *Wear*, 136, 29-45.
- [2] M. Renouf (2015), « *Troisième corps solide* », HDR.
- [3] J. Rivière, M. Renouf (2015) « Thermo-mechanical investigations of a tribological interface », *Tribol. Lett.*, 177 (3-4), pp. 48-58.