

Modélisation de la dissipation d'énergie d'un freinage par la Méthode des Éléments Discrets

V.-D. Nguyen¹, V. Magnier², J.-F. Brunel², P. Dufrénoy², P. Coorevits¹

¹ Université de Picardie Jules Verne, Chemin du Thil, F-80025 Amiens, France (vietdung.nguyen@u-picardie.fr).
LTI-EA3899, IUT de l'Aisne, 48 rue d'Ostende, F-02100 Saint-Quentin, France.

² Univ Lille Nord de France, F-59000 Lille, France.
USTL, LML, F-59650 Villeneuve d'Ascq, France.

L'objectif de cette étude porte sur la dissipation d'énergie par frottement sur l'interface d'un système de freinage. Ce sujet fait l'objet de nombreuses études à une échelle globale (macroscopique) en utilisant la mécanique des milieux continus. L'inconvénient de cette méthode est qu'elle ne tient pas compte des phénomènes locaux (microscopiques) qui peuvent conduire à des instabilités thermo-élastiques ou vibratoires. Ainsi, l'approche des milieux discrets, basée sur le caractère granulaire de l'interface, pourrait permettre de mieux comprendre les phénomènes activés aux échelles les plus fines et d'approcher la nature discrète de l'interface de contact et son évolution au cours du temps.

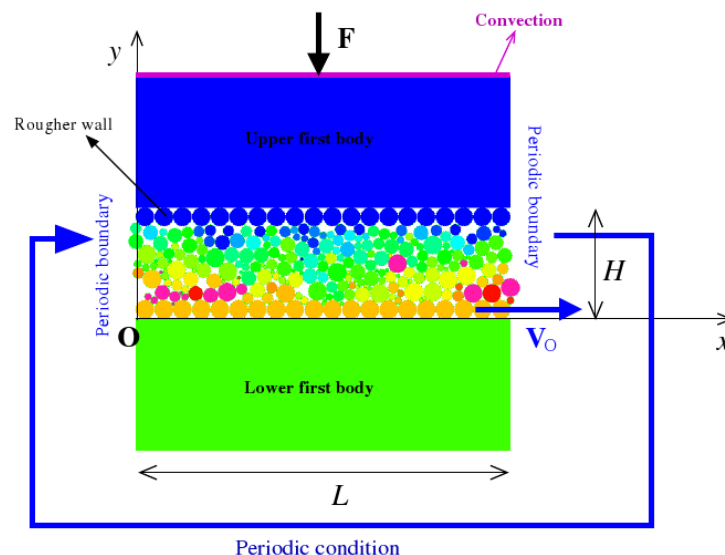


FIGURE 1 – Modèle de l'interface d'un système de freinage.

Le système étudié est constitué d'un disque et d'une garniture. Le modèle 2D proposé se compose de deux blocs solides avec une couche intermédiaire granulaire comme dans les études [1, 2].

Dans cette géométrie de cisaillement plan (Figure 1), le matériau granulaire est cisailé entre deux parois rugueuses parallèles distantes de H . On note Ox la direction de l'écoulement et Oy la direction orthogonale. Le premier corps inférieur est maintenu en mouvement à la vitesse V_0 . Le système est compressé en imposant une charge verticale F sur le premier corps supérieur. Des conditions de périodicité géométriques sont imposées aux limites. L représente la longueur du flux de particules simulée, la taille étant choisie de telle sorte que les effets de bords soient négligeables. Dans cette partie, la rugosité des parois est modélisée en assemblant des grains de même caractéristique que les premiers corps auxquels ils sont attachés.

Ce modèle est implanté dans un code de calcul basé sur la Méthode des Éléments Discrets (DEM) dont l'originalité consiste à utiliser comme solveur le bipotentiel de contact [3]. Nous nous limitons ici au cas "simple" de particules sphériques non-déformables et non-pénétrables. Le cycle de calcul est un algorithme de type "pas à pas" qui requiert la répétition d'un schéma de résolution. L'équation du mouvement

est discrétisée en temps via un schéma d'intégration temporelle.

La modélisation des transferts thermiques par conductance, par convection et la génération de chaleur par frottement a été détaillée et validée dans les articles [4, 5]. La forme du flux de chaleur par conduction à l'interface s'écrit : $\Phi_c = H_c r_n \delta T$ où H_c est un paramètre dépendant des propriétés thermique et mécanique des solides en contact et r_n la réaction normale et, d'autre part, la génération de chaleur par frottement à l'interface de contact particule-particule où nous supposons que la puissance des forces de frottement se transforme intégralement en énergie thermique $\Phi_\mu = \dot{u}_t r_t$ où \dot{u}_t représente la vitesse de glissement et r_t la réaction tangente. Les transferts de chaleur au sein des premiers corps (conduction) sont modélisés par la méthode de différences finies.

La simulation des mouvements des particules est numériquement coûteuse. Néanmoins, on remarque qu'après une courte phase de démarrage, le cisaillement se stabilise. Nous proposons ici de stocker un cycle « mécanique » en régime permanent afin de l'utiliser pour faire des cycles où seuls les calculs thermiques seront effectués afin d'obtenir un coût de calcul raisonnable.

Nous montrons sur la Figure 2-a une carte thermique à 1s. Nous observons que le disque et la garniture jouent un rôle important dans l'évacuation de la chaleur générée dans le troisième corps. La Figure 2-b montre les variations de température sur les interfaces du disque et de la garniture. L'augmentation de température est moins importante sur le disque par rapport à la garniture car sa surface de contact est plus grande que celle de la garniture. Le profil de température nous présente un saut de température sur la surface de contact garniture/disque (Figure 2-c), qui a été remarqué dans les études [1, 2].

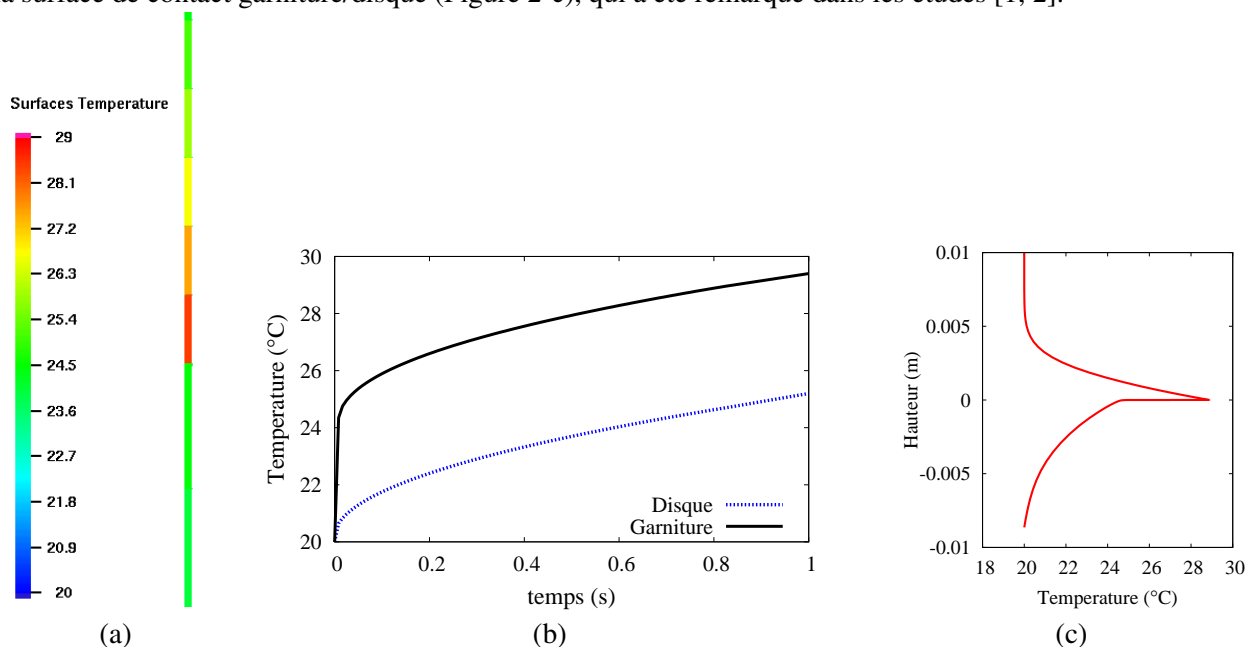


FIGURE 2 – (a) Carte thermique après 1s de chauffage (b) Evolutions de température sur l'interface des premiers corps (b) Profil de température (Pression $P = F/L = 4MPa$, $V_0 = 1 m/s$, $\mu = 0.3$).

Références

- [1] D. Majcherczak, P. Dufrénoy, M. Nait-Abdelaziz. *Third body Influence on Thermal Friction Contact problems : Applications to Braking*. Journal of Tribology, vol. 127, 89-95, 2005.
- [2] D. Richard, I. Iordanoff, M. Renouf, Y. Berthier. *Thermal Study of the Dry Sliding Contact With Third Body Presence*, Journal of Tribology, vol. 130, 2008.
- [3] G. de Saxcé, J. Fortin, O. Millet. *About the numerical simulation of the dynamics of granular media and the definition of the mean stress tensor*. Mechanics of Materials, vol. 12, 1175-1184, 2004.
- [4] V.-D. Nguyen, J. Fortin, M. Guessasma, E. Bellenger, C. Cogné. *Heat transfer modeling by Discrete Element Method*. Journal of the Mechanics of Materials and Structures, vol. 4, 413-426, 2009.
- [5] V.-D. Nguyen, J. Fortin, M. Guessasma, E. Bellenger, C. Cogné. *Discrete modelling of granular flow with thermal transfer : application to the discharge of silos*. Applied Thermal Engineering, vol. 29, 1846-1853, 2009.