HAL
open science

L'étude du contact élastique entre surfaces rugueuses par la méthode des éléments discrets

Jean-François Jerier, Jean-François Molinari

To cite this version:

Jean-François Jerier, Jean-François Molinari. L'étude du contact élastique entre surfaces rugueuses par la méthode des éléments discrets. 10e colloque national en calcul des structures, May 2011, Giens, France. pp.Clé USB. hal-00592910

HAL Id: hal-00592910

https://hal.science/hal-00592910v1

Submitted on 3 May 2011

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

CSMA 2011
10e Colloque National en Calcul des Structures
9-13 Mai 2011, Presqu'île de Giens (Var)

L'étude du contact élastique entre surfaces rugueuses par la méthode des éléments discrets

J.F. Jerier[1], J.F. Molinari

[1] *Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Faculté ENAC-IIS, Laboratoire de Simulation en Mécanique des Solides, CH-1015 Lausanne, Switzerland jean-francois.jerier@epfl.ch*

Résumé — Nous réalisons l'étude du contact normal sans frottement et sans adhésion entre surfaces rugueuses par la méthode des éléments discrets. Pour ce faire, un modèle interparticulaire issu des techniques d'homogénéisation est implémenté afin de modéliser le comportement élastique d'un solide par des sphères en contact. Différentes simulations d'indentation normale entre une surface rugueuse rigide et un corps élastique sont effectuées. Les résultats obtenus sont en accord avec les théories du contact et montre le potentiel de cette méthode numérique pour ce domaine d'étude.
Mots clés — Méthode des éléments discrets, Mécanique du contact, Rugosités.

1 Introduction

Une des théories du contact les plus connues a été développée en 1966 par Greenwood et Williamson [1]. Ce modèle analytique est basé sur l'étude du contact normal élastique sans frottement et sans adhésion entre une surface rugueuse représentée par des sphères et une surface plane. Il met en évidence l'évolution linéaire de la surface réelle de contact (A) en fonction de la charge normale (W). Pour compléter l'expérience et les théories analytiques, l'étude du contact mécanique est réalisée par deux méthodes numériques robustes et bien établies : les éléments finis [2] et la dynamique moléculaire [3].
Dans ce papier, nous proposons d'étudier la mécanique du contact par une méthode numérique plus récente (i.e., la méthode des éléments discrets (MED)). La MED permet une modélisation discrète du comportement mécanique de l'interface de contact à l'échelle microscopique et offre ainsi la possibilité de développer un nouvel axe de recherche . Le contact normal entre surfaces rugueuses a rarement été étudié par cette méthode numérique issue des géomatériaux et de ce fait appropriée aux problèmes discontinus et de contact. Notre objectif est donc de modéliser à partir de la MED, la linéarité entre A et W obtenue par l'indentation normale entre une surface rugueuse rigide et un corps élastique.

2 Modèle interparticulaire

Dans le but de modéliser le comportement élastique du matériau par la MED qui utilise des particules sphériques, nous nous sommes intéressés à la démarche d'homogénéisation développée par Liao et al. [4]. Celle-ci permet à partir des propriétés élastiques principales (E et ν) souhaitées, de définir les rigidités de contact (k_n et k_t) à utiliser (voir Eq. 1) à l'échelle microscopique.

$$k_n = -\frac{3EV}{5Nr^2(2\nu-1)} \quad et \quad k_t = -k_n\frac{2\nu-1}{1+3\nu} \tag{1}$$

Où V, N et r sont respectivement le volume de l'empilement, le nombre total de contacts et le rayon des particules sphériques. L'utilisation de ces rigidités demande certains ajustements qui sont induits par les hypothèses simplificatrices faites pour aboutir directement à ces équations analytiques. Donc pour valider l'implémentation de ces rigidités de contact, nous vérifions que les valeurs de E et ν obtenues à partir d'une simulation de compression simple sur un empilement cubique de 10.000 sphères de même taille sont similaires aux valeurs théoriques (E_0 et ν_0).
Les figures 1A-B montrent clairement la capacité du modèle interparticulaire à modéliser correctement les propriétés élastiques principales (E et ν) souhaitées, indiquant que la MED possède le potentiel nécessaire pour étudier le contact normal entre surfaces rugueuses.

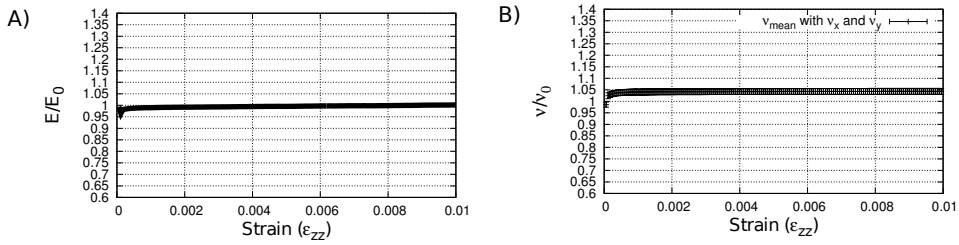

FIG. 1 – A) L'évolution du module d'Young normalisé (E/E_0) au cours de la déformation axiale. A) L'évolution du coefficient de Poisson normalisé (ν/ν_0) au cours de la déformation axiale.

3 Contact normal entre une surface rugueuse et une surface plate

L'étude sur le contact normal s'inspire des travaux de Greenwood et Williamson [1]. Les simulations consistent à mettre en contact différentes surfaces rugueuses rigides avec une surface élastique plate représentées par des sphères (voir Figure 2A). Ainsi le comportement à l'interface est géré par la loi de contact de Hertz. Pour chaque simulation réalisée, la surface réelle de contact est calculée à partir du

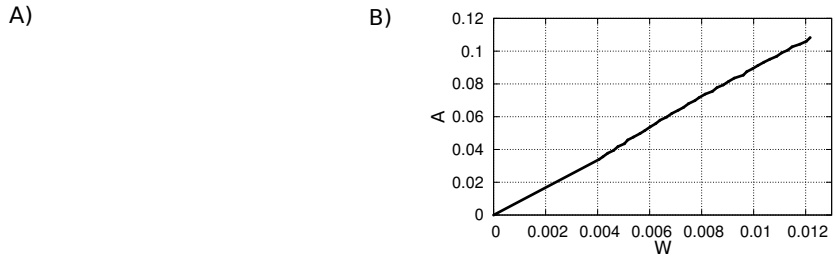

FIG. 2 – A) Modélisation du contact entre une surface rugueuse rigide et un corps élastique. B) L'évloution de la surface de contact réelle en fonction de la force normale.

contact sphère-sphère et à la figure 2B son évolution en fonction de la charge normale y est représentée dans le cas d'une des simulations. Cette linéarité est accord avec la théorie du contact. Nous observons également que la pression moyenne de contact dépend de la valeur (RMS) des pentes comme l'a démontré l'analyse éléments finis [2].

4 Conclusion

Nos travaux montrent que la MED modélise certains résultats majeurs établis par la théorie du contact. La perspective intéressante induite par ces recherches est la modélisation discrète du comportement mécanique de l'interface du contact à l'échelle de l'expérience. De ce fait l'étude de l'usure et du frottement, deux phénomènes physiques majeurs qui dépendent de la surface réelle de contact semble plus accessible par la MED.

Références

[1] J.A. Greenwood and J.B.P. Williamson, *Contact of Nominally Flat Surfaces*, Proceedings of the Royal Society of London A, 295 :300-319, 1966.

[2] S. Hyun, L. Pei, J.-F. Molinari, M.O. Robbins. *Finite-element analysis of contact between elastic self-affine surfaces*, Physical Review E, 026117.1-026117.12, 2004.

[3] G. Anciaux, JF. Molinari, *Contact mechanics at the nanoscale, a 3D multiscale approach*, International Journal for Numerical Methods in Engineering, 1041-1067, 2009.

[4] C.-L. Liao, T.-P. Chang, D.-H. Young, and C.S. Chang, *Stress-strain relationship for granular materials based on the hypothesis of best fit*, International Journal of Solids and Structures, 34 :4087-4100, 1997.