



HAL
open science

Étude dynamique du glissement du contact rugueux sec faiblement chargé

Nicolas Ponthus, Chaima Zouabi, J Scheibert, Joël Perret-Liaudet

► **To cite this version:**

Nicolas Ponthus, Chaima Zouabi, J Scheibert, Joël Perret-Liaudet. Étude dynamique du glissement du contact rugueux sec faiblement chargé. CFM 2015 - 22ème Congrès Français de Mécanique, Aug 2015, Lyon, France. hal-03445002

HAL Id: hal-03445002

<https://hal.science/hal-03445002>

Submitted on 23 Nov 2021

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.

Étude dynamique du glissement du contact rugueux sec faiblement chargé

N.PONTHUS^a, C.ZOUABI^b, J.PERRET-LIAUDET^c, J.SCHEIBERT^d

Laboratoire de Tribologie et Dynamique des Systèmes, École Centrale de Lyon, UMR 5513,
Université de Lyon

a. nicolas.ponthus@stagiaire.ec-lyon.fr

b. chaima.zouabi@ec-lyon.fr

c. joel.perret-liaudet@ec-lyon.fr

d. julien.scheibert@ec-lyon.fr

Résumé :

Le but de cette étude est de déterminer les micro-événements au niveau du contact qui gouvernent la dynamique de deux surfaces rugueuses sèches en glissement relatif. Cette dynamique est à l'origine d'un bruit caractéristique dit de rugosité. L'approche présentée ici couple les aspects expérimentaux et numériques. Les mesures ont d'abord permis de déterminer la trajectoire d'un patin plan et rugueux frottant sur une surface rugueuse sèche, sous une faible charge normale. L'analyse statistique et fréquentielle de celle-ci permet de dégager les phénomènes pertinents pour la dynamique. Par ailleurs, un modèle mécanique constitué de trois billes liées rigidement entre elles a été introduit pour décrire le mouvement du patin impactant le plan mobile. La résolution numérique des équations permet de restituer le comportement dynamique observé expérimentalement.

Abstract :

The purpose of this study is to determine the micro events that govern the dynamic of two rough flat surfaces sliding past each other. This dynamic is causing a characteristic noise said roughness noise. Our approach couples experimental and numerical aspects. First, measurement were done in order to determine the trajectory of a plane and rough pad rubbing on a rough dry surface under low normal load. The statistical and frequency analysis allowed us to identify the main phenomenology. A mechanical model consisting of three balls rigidly linked has been also introduced to describe the motion of the pad impacting the mobile plan. The numerical solution of the equations reproduce the dynamic behavior observed experimentally.

Mots clés : contact rugueux, dynamique, vibration, impact, friction

1 Introduction

Dans l'industrie, les frottements sont au cœur de nombreuses problématiques tant sur le plan du confort que des pertes énergétiques. La réponse à ces problématiques passe, pour les surfaces rugueuses sèches, par la connaissance des interactions aux interfaces. C'est dans ce cadre que s'inscrit cette étude. La puissance acoustique rayonnée par un contact glissant dépend fortement des paramètres de rugosité et de vitesse de glissement ([1],[2]). Cela a mené à s'intéresser plus précisément au contact entre les aspérités des surfaces rugueuses [3]. Les mesures effectuées dans la présente étude visent à compléter ces résultats principalement par une mesure directe du déplacement. La simulation numérique direct d'un patin rugueux frottant sur une surface rugueuse a été introduit par Dang et al. [4] mais reste extrêmement

coûteuse en temps de calcul. Pour réduire ces temps de calcul, un modèle plus simple de type bille rebondissante a également été introduit ([5],[3]) mais ne permet pas d'observer un comportement 2D. En particulier, il n'est pas possible de décrire avec ce modèle le basculement du patin au cours du glissement. Le but principal de cette étude est précisément de prendre en compte ce degré de liberté. Pour ce faire, cette étude s'appuie d'une part sur une campagne expérimentale originale et d'autres part sur la définition et la mise en œuvre d'un modèle dynamique adapté.

2 Étude

2.1 Étude expérimentale

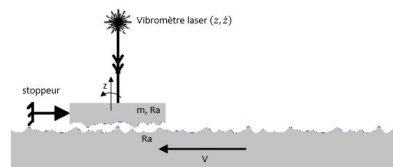


FIGURE 1 – schéma de principe du montage expérimental

Le montage expérimental est constitué d'un patin en buté contre une structure rigide et fixe dans le référentiel du laboratoire. Ce patin glisse sur une surface mobile (figure 1), ce qui permet de mesurer avec un vibromètre laser le déplacement, la vitesse et l'accélération verticale (normale au contact). Ces observations ont permis d'identifier deux régimes en fonction de la vitesse de glissement et caractérisés principalement par des régimes de type vibro-impact ou non. Ceux-ci avaient déjà été décrits dans l'étude [3], confirmant ainsi la similarité des configurations patin fixe et patin mobile. Pour les faibles vitesses une analyse en longueur d'onde permet de mettre en évidence des pics spectraux centrés sur la longueur caractéristique de la rugosité combinée patin-plan mobile. Les mesures à hautes vitesses montrent, elles, que les mouvements de rotation jouent un rôle non-négligeable dans la dynamique globale du patin. On remarque en effet sur la figure 2 des rebonds apparents à des altitudes très en dehors de la rugosité (courbe bleu). Cela s'explique par un choc se passant sur le bord du patin, alors que celui-ci est incliné, donnant une hauteur apparente de contact importante (mesurée expérimentalement à la vertical du centre de masse). L'étude fréquentielle a mis en évidence que les modes de déformation du patin parallélépipédique n'interviennent pas, les mouvements de celui-ci sont des mouvements de corps rigide.

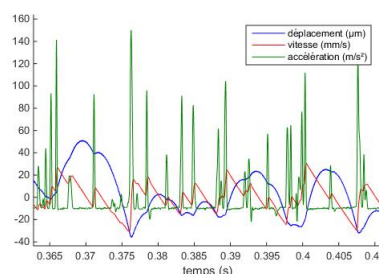


FIGURE 2 – dynamique haute vitesse du patin

2.2 Modélisation

Le modèle mécanique de type *bouncing-ball* introduit dans l'étude [3] ne permet pas de décrire les

mouvements de rotation du patin. Le modèle réalisé dans cette étude se compose de trois billes rigidement liées entre elles afin de simuler les multiples contacts entre les deux surfaces et restituer ainsi trois degrés de liberté : les rotations autour des axes X et Y, la translation selon Z (figure 3). On choisit d'utiliser une interaction de type contact de Hertz bille-plan entre les billes et la surface. Les pistes sur lesquelles impactent les billes sont des profils stochastiques filtrés en longueur d'onde. Le mouvement est ensuite résolu dans le domaine temporel par méthode numérique. Enfin il est comparé aux résultats expérimentaux.

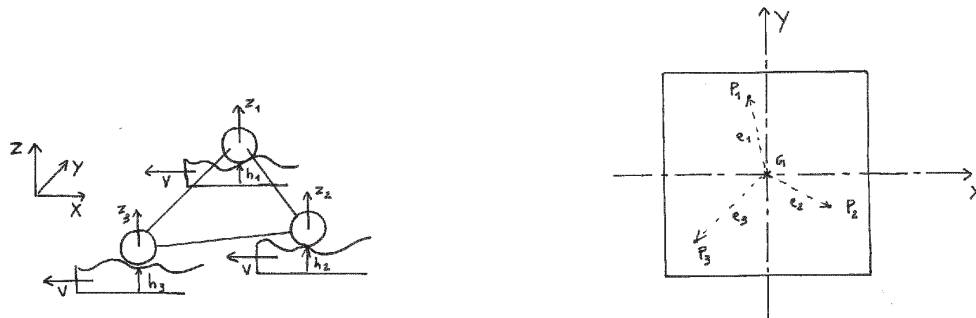


FIGURE 3 – modélisation du patin

Références

- [1] A. Le Bot and E.b. Chakra. Measurement of friction noise versus contact area of rough surfaces weakly loaded. *Tribology Letters*, 37(2) :273–281, February 2010.
- [2] H. Ben Abdelounis, A. Le Bot, J. Perret-Liaudet, and H. Zahouani. An experimental study on roughness noise of dry rough flat surfaces. *Wear*, 268 :335–345, January 2010.
- [3] C. Zouabi, J. Scheibert, and J. Perret-Liaudet. Roughness-induced jumping dynamics of a high velocity slider under gravity. In *Gordon research seminars*, 2014.
- [4] Viet Dang, Joel Perret-Liaudet, Julien Scheibert, and Alain Le Bot. Direct numerical simulation of the dynamics of sliding rough surfaces. *Computational Mechanics*, 52(5) :1169–1183, November 2013.
- [5] L. A. Wood and K. P. Byrne. Analysis of a random repeated impact process. *Journal of Sound and Vibration*, 78(3) :329–345, October 1981.