

# CFA/VISHNO 2016

## **Caractéristique statistique de l'excitation déplacement comme origine du bruit de rugosité**

N. Ponthus, J. Scheibert et J. Perret-Liaudet  
LTDS, UMR CNRS 5513, 36 avenue Guy de Collongue, 36 avenue Ecully Cedex,  
France  
[nicolas.ponthus@doctorant.ec-lyon.fr](mailto:nicolas.ponthus@doctorant.ec-lyon.fr)



LE MANS

Les vibrations induites par la rugosité de deux surfaces en contact glissant sont à l'origine d'un bruit qu'on appelle bruit de rugosité. Afin d'en connaître les caractéristiques, il est essentiel de décrire cette source excitatrice. Elle peut être modélisée par un processus stochastique dont il convient de fournir les principales caractéristiques statistiques et spectrales en termes de nombre d'onde et de fréquence. On connaît généralement les caractéristiques morphologiques des surfaces antagonistes. Cependant, ces caractéristiques ne sont pas directement équivalentes à l'excitation. Cette dernière résulte de la combinaison des deux rugosités. Le but de cette étude est donc de déduire, à partir des caractéristiques morphologiques de surface, les données spectrales et statistiques de l'excitation.

## 1 Introduction

Le bruit de rugosité, c'est à dire le bruit que font deux surfaces sèches qui glissent l'une sur l'autre sous une charge faible a été étudié à de nombreuses reprises. Dans les études [1, 2], on cherche à exprimer expérimentalement la puissance acoustique en fonction des paramètres de vitesse, de glissement et de rugosité pour deux surfaces planes en contact. Ces études permettent de relier par une loi de puissance les paramètres macroscopiques du glissement sans donner d'interprétation microscopique de ces observations. Dans l'étude [3], un modèle numérique simulant un patin rugueux en glissement sur une surface rugueuse a été développé. Celui-ci permet de prédire les mouvements du patin. Il permet en particulier de prédire des phases de rebond du patin, c'est à dire des phases pendant lesquelles, sous l'effet de l'excitation des rugosités combinées du patin et de la surface, le patin perd tout contact avec la surface. L'étude de C.ZOUABI [4] a permis de confirmer expérimentalement ces régimes de sauts. C'est donc cette excitation, source du mouvement d'un patin, que nous nous proposons d'étudier ici.

Pour cela, deux méthodes sont proposées. La première expérimentale permet d'accéder au mouvement vertical d'un patin rugueux en glissement sur une surface rugueuse. La seconde approche consiste à simuler directement la distance relative entre deux surfaces rugueuses au premier point de contact.

## 2 Étude expérimentale

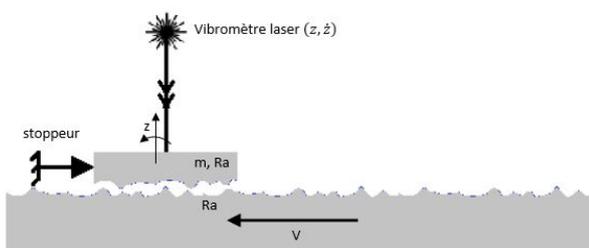


FIGURE 1 – schéma de principe du montage expérimental

Le montage expérimental est décrit Figure 1. Il est constitué d'un patin en butée contre une structure rigide et fixe dans le référentiel du laboratoire. Ce patin glisse sur une surface mobile, ce qui permet de mesurer avec un vibromètre laser le déplacement, la vitesse et l'accélération verticales (normale au contact) à l'aplomb du centre de gravité. Pour de faibles vitesses d'entraînement, les sauts observés dans les études [3, 4] sont extrêmement rares. Dans cette situation, le déplacement vertical mesuré peut s'identifier comme l'excitation dont les caractéristiques

sont recherchées. Le contenu fréquentiel et statistique des signaux de déplacements verticaux du patin sont donc étudiés. Un exemple est donné Figure 2 pour deux surfaces de rugosité  $Rq = 16.5\mu\text{m}$  et dont la répartition des altitudes est gaussienne. Ces mesures mettent en évidence une relation non triviale entre les rugosités et l'excitation obtenue. Il existe un filtrage lié au fait que seule une partie de la rugosité est parcourue. Dans la Figure 3, l'histogramme du déplacement observé lors d'un essai a été tracé. On remarque que la distribution des hauteurs n'est pas gaussienne. Son coefficient d'asymétrie (skewness) est égal à 0.45.

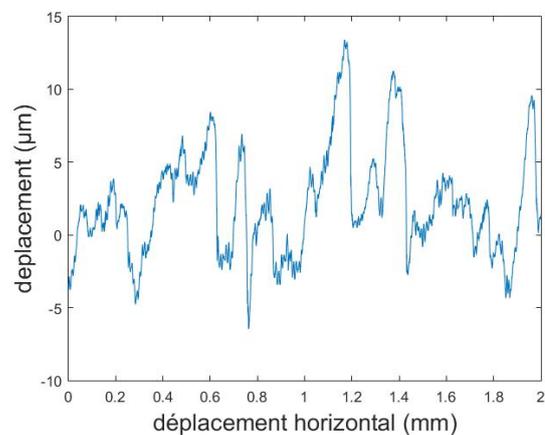


FIGURE 2 – signal de déplacement vertical du patin entraîné à basse vitesse

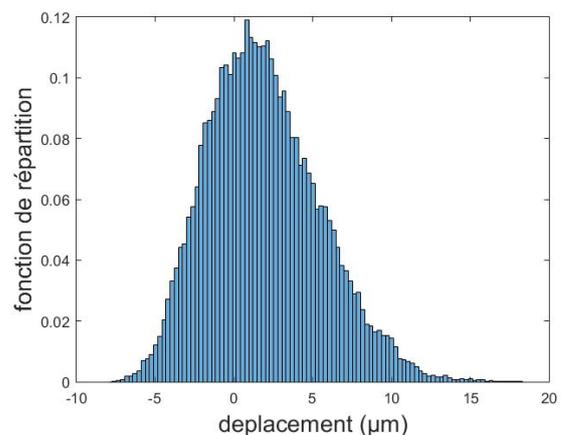


FIGURE 3 – histogramme du déplacement pour un essai

## 3 Modélisation de la source excitatrice

Sous une faible charge et avec une rugosité importante, de l'ordre de la dizaine de micromètres, le nombre de points

de contacts entre la surface et le patin reste très limité, de l'ordre de 3 à 5 points de contact. Ces quelques points sont répartis sur l'ensemble de la surface du patin de taille macroscopique et donc relativement éloignés les uns par rapport aux autres et donc statistiquement indépendant. Dans ce cadre, nous avons décidé d'évaluer l'excitation à partir du premier point de contact dans un mouvement exclusivement vertical. Contrairement à [5], on ne s'intéresse donc pas au basculement du patin. Pour étudier la distance relative entre deux plans rugueux, on génère des surfaces à partir de leur densité spectrale de puissance en faisant une transformée de Fourier inverse en appliquant des phases uniformément répartie sur  $[0, 2\pi]$ . On a choisi d'étudier des surfaces autosimilaires (fractales). Les profils d'excitation sont obtenus en cherchant l'altitude relative des plans moyens des surfaces lors du premier contact. À titre d'exemple, on présente Figure 4 un histogramme simulé à partir de surfaces dont les caractéristiques de rugosité sont les mêmes que celle de l'essai présenté au paragraphe 2. L'étude de l'écart-type de l'excitation montre que celui-ci est fortement influencé par le contenu fréquentiel des surfaces. Il est à noter en particulier que les formes des distributions sont similaires. De plus, en faisant une hypothèse sur le nombre de point de contact (faible) entre le patin et la surface, l'écart type obtenu avec le modèle à un point de contact peut-être relié à l'écart-type obtenu expérimentalement.

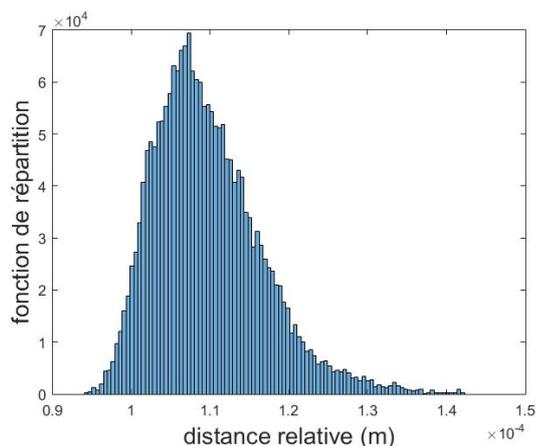


FIGURE 4 – histogramme d'une réalisation de simulation directe

## 4 Conclusion

Les comparaisons entre mesures expérimentales et simulations montrent une bonne cohérence des résultats. Une approche analytique synthétisant l'ensemble de cette étude est en cours.

## 5 Remerciement

Ce travail a été réalisé au sein du LABEX MANUTECH-SISE (ANR-10-LABX-0075) de l'Université de Lyon, dans le cadre du programme "Investissements d'Avenir" (ANR-11-IDEX-0007) de l'Etat Français, géré par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR).

## Références

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] C. Zouabi, J. Scheibert, and J. Perret-Liaudet. Roughness induced jumping dynamics of a high velocity slider under gravity. In *Communication at GDR MéPhy, Agay*, 2015.
- [5] Nicolas Ponthus, Chaima Zouabi, Julien Scheibert, and Joël Perret-Liaudet. Étude dynamique du glissement du contact rugueux sec faiblement chargé. *22ème Congrès Français de Mécanique, 24 au 28 août 2015, Lyon, France (FR)*, 2015.