

## Conception d'un test de fretting in-situ pour la tomographie à rayons X

Camille Gandiolle<sup>1,a</sup>, Pierre Arnaud<sup>2</sup>, Youssef Younes<sup>1</sup>, Henri Proudhon<sup>2</sup> et Benjamin Smaniotto<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Université Paris-Saclay, CentraleSupélec, ENS Paris-Saclay, CNRS, LMPS - Laboratoire de Mécanique Paris-Saclay, 91190, Gif-sur-Yvette, France

<sup>2</sup> MinesParis, PSL University, Centre for material sciences (MAT), UMR 7633 CNRS, 91003 Evry, France

### Points d'intérêt.

- Conception innovante d'un montage de fretting in-situ
- Détection d'un contact en tomographie aux Rayons X

## 1 Contexte

Les assemblages mécaniques sont souvent soumis à des vibrations qui génèrent un micro-frottement de fretting au niveau des contacts. Ces légers déplacements peuvent générer des fissures et/ou une usure qui réduisent la durée de vie de l'assemblage [1]. De nombreux modèles et tests existent pour prédire la durée de vie des contacts, cependant il existe encore une marge d'amélioration importante basée sur une mauvaise compréhension de ce qui se passe dans le contact. En effet, les contacts sont difficilement observables et génèrent des sollicitations complexes (sollicitations cycliques multiaxiales avec gradient de contrainte). De plus la plupart des modèles utilisent une interface continue et homogène alors que l'air réel du contact, la distribution de la pression et le coefficient de friction dépendent de l'état local du contact [2-5]. Plusieurs tentatives ont été faites pour suivre l'évolution du contact par des méthodes non destructives [6,7]. Aucune de ces techniques ne permet d'identifier à la fois l'emplacement et la forme de l'endommagement en 3D, en particulier lorsqu'il commence à l'intérieur du contact ou à plusieurs endroits simultanément ce qui est presque toujours le cas.

L'accès à l'évolution de l'interface dans le temps, ainsi qu'à son endommagement par usure et fissuration sont donc nécessaires pour aller plus loin dans la compréhension et la simulation des assemblages mécaniques. La réalisation d'un essai in-situ en tomographie permettrait d'accéder à ces informations.

## 2 Conception

La conception d'un montage de fretting in-situ pour tomographie aux rayons X présente le challenge important d'assurer des efforts de contact quantifiable tout en mettant le moins de matière possible au niveau de la source afin d'assurer une transmission suffisante.

La conception actuelle comprend un contact au milieu de deux bras reliés à des actionneurs, transparents aux rayons X au niveau du contact. Le déplacement de fretting est assuré par un moteur pas à pas combiné à un système d'excentrique. Le contrôle précis des forces et des déplacements appliqués est assuré par des capteurs placés au plus près du contact. Les matériaux et les dimensions permettent d'appliquer une force normale maximale de 500 N et une force tangentielle maximale de 100 N au niveau du contact de fretting. Un aperçu de la conception est montré Figure 1a.

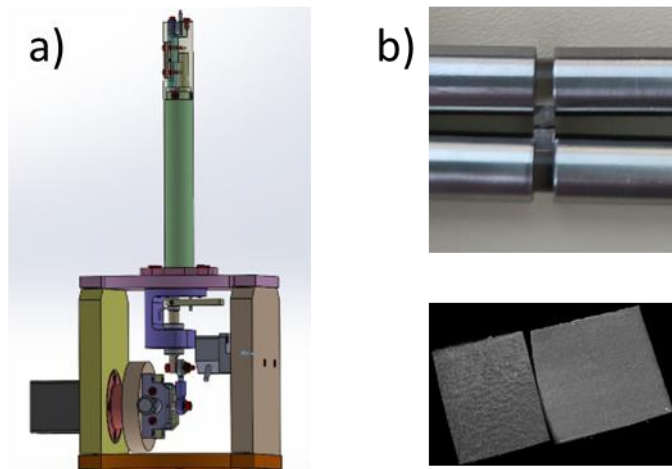
Les dimensions des spécimens sont limités par la résolution de voxel souhaitée et par l'absorption des rayons X par les matériaux polymères dans le champ de mesure. Le tomographe utilisé est le RX NSI (ANR-10-EQPX-37 MATMECA) du Laboratoire de Mécanique Paris-Saclay. La conception actuelle

---

<sup>a</sup> Auteur assurant la présentation : camille.gandiolle@centralesupelec.fr

intègre un contact au milieu de deux bras PMMA pour assurer le contact normal dans un cylindre de quelques mm d'épaisseur en PMMA pour assurer la retransmission des efforts. Chaque échantillon mesure 2\*2\*4(H) mm et se situe à 20 mm de la source. Un premier test de validation de la capacité à imager le contact en tomographie dans cette configuration a été réalisé. Il montre qu'il est possible d'obtenir une bonne reconstruction avec un voxel de 4 $\mu$ m (Figure 1b) en 1h ce qui est un temps raisonnable pour des essais in-situ qui demandent la réalisation de plusieurs acquisitions successives. Le montage est en cours d'usinage et la prochaine étape consistera à valider sa fonctionnalité ; c'est-à-dire, à valider qu'il est capable de résister à un essai vibratoire de fretting sous charge contrôlée avec un nombre élevé de cycles et de maintenir la charge pendant la durée d'un balayage tomographique.

L'étape suivante consistera en la mise en place du protocole d'essai et d'analyse qui intégrera de la corrélation volumique numérique (DVC) pour mesurer les déplacements relatifs dans l'ensemble du contact. Les tests réalisés dans le cadre de ce projet fourniront les premières quantifications 4D in situ d'un contact de fretting. A la fin du projet, nous obtiendrons un jumeau numérique qui représentera parfaitement les géométries en contact et nous permettra ensuite de tester différents modèles de friction. Les résultats permettront de mieux comprendre la tribologie du contact et de discuter des modèles de friction et de la nécessité ou non d'une discrétisation dans le temps et l'espace. Ils seront également la base d'une meilleure compréhension des phénomènes d'endommagement de surface, et la première étape pour discriminer les modèles existants, voire en proposer de nouveaux.



**Figure 1.** a) Montage de fretting in-situ pour tomographie à rayons X. b) Test de validation de la capacité d'imagerie et reconstruction du contact imagé par tomographie X.

## Références

1. Waterhouse, RB 1. (1992) Int. materials reviews, 37.1, 77-98. doi: 10.1179/imr.1992.37.1.77
2. Bhatti, N. A., & Wahab, M. A. (2018). Trib. Int., 121, 121-138. doi: 10.1016/j.triboint.2018.01.029
3. Vakis, A. I., et al. (2018). Trib. Int., 125, 169-199. doi: 10.1016/j.triboint.2018.02.005
4. Cheikh, M., et al. (2007). Wear, 262(7-8), 914-924. doi: 10.1016/j.wear.2006.10.001
5. Murthy, H., & Vadivuchezhian, K. (2017). Trib. Int., 108, 164-173. doi: 10.1016/j.triboint.2016.09.007
6. Kong, Y., et al. (2020) Materials & Design, 196, 109093. doi: 10.1016/j.matdes.2020.109093
7. Aleksejev et al, (2020). Trib. Int., 150, 106355. doi: 10.1016/j.triboint.2020.106355