

DÉVELOPPEMENT D'UN MODÈLE RÉDUIT DE CONTACT SUR UNE SURFACE RUGUEUSE ANISTROPE – APPLICATION AUX JOINTS D'ÉTANCHÉITÉ MÉTALLIQUES

Tony ZAOUTER^{1,2}, Florent LEDRAPPIER³, Alain BEZIAT¹, Karl VULLIEZ¹

1. CEA, DEN, SDTC, Laboratoire d'Etanchéité, 30207, Bagnols Sur Cèze, France.

2. Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse (IMFT) - Université de Toulouse, CNRS-INPT-UPS, Toulouse FRANCE

3. TECHNETICS Group France, Laboratoire d'Etanchéité, 2 rue James Watt, 26700 Pierrelatte, France.

MOTS CLÉS

Étanchéité ; Contact ; Joint ; Métal ; Rugosité ; Ondulation ; Indentation ; Etanchéité

INTRODUCTION

Cette étude entre dans le cadre de la compréhension des mécanismes de l'étanchéité statique des joints métalliques pour des applications de haute étanchéité, dans des domaines d'activité comme l'industrie nucléaire, l'aérospatiale ou encore l'instrumentation scientifique.

Le but de ce travail est de réaliser un modèle réduit de contact entre une surface rugueuse et indéformable représentant la bride, et un joint métallique considéré comme lisse et au comportement élastoplastique avec écrouissage.

Dans le cadre de l'étanchéité statique des joints, il est primordial de connaître le champ des ouvertures persistant à l'interface entre le joint et la bride rugueuse, idéalement pour la surface complète du joint, afin de prendre en compte l'impact de défauts de surface ponctuels. La connaissance de ce champ des ouvertures est alors la base de travail en vue de l'application de modèles d'écoulement de fluides dans ces derniers, ce afin de prédire le débit de fuite de l'assemblage.

MODÈLE RÉDUIT DE CONTACT

La création d'un modèle réduit de contact rugueux est rendue nécessaire par la présence, sur une surface réelle, de détails allant jusqu'à l'échelle du micromètre, qu'il faut modéliser sur des dimensions atteignant plusieurs dizaines de millimètres qui sont celles de la bride. Une analyse par éléments finis en trois dimensions devient alors très coûteuse et inenvisageable, même sur des portions de surface. Les brides utilisées dans les assemblages de joints sont généralement obtenues par un procédé de tournage, ce qui rend la géométrie de la surface particulièrement anisotrope.

Ce travail présente d'abord les résultats de la création d'un modèle réduit de contact en deux dimensions, sur un profil radial de surface (voir la bride en figure 1, un filtre passe-bas a été appliqué sur le profil laissant apparaître les stries d'usinage). Ce modèle réduit bidimensionnel est développé en déformations planes afin de tenir compte de l'anisotropie de la surface. Cette simplification, cas limite de l'axisymétrie, se justifie par le grand diamètre de la bride par rapport aux dimensions des rugosités. Le modèle développé est basé sur une approche de séparation des échelles entre la rugosité et l'ondulation du profil, mis en œuvre de la façon suivante :

- Emploi de la théorie de l'indentation pour la détermination des pressions de contact et des efforts mis en jeu.
- Déformations élastoplastiques au voisinage des zones de contact.
- Compressibilité du massif dû à l'ondulation de la bride.

Les résultats de ce modèle ont pu être comparés à des résultats de référence établis par des calculs aux éléments finis sur plusieurs profils et pour plusieurs matériaux.

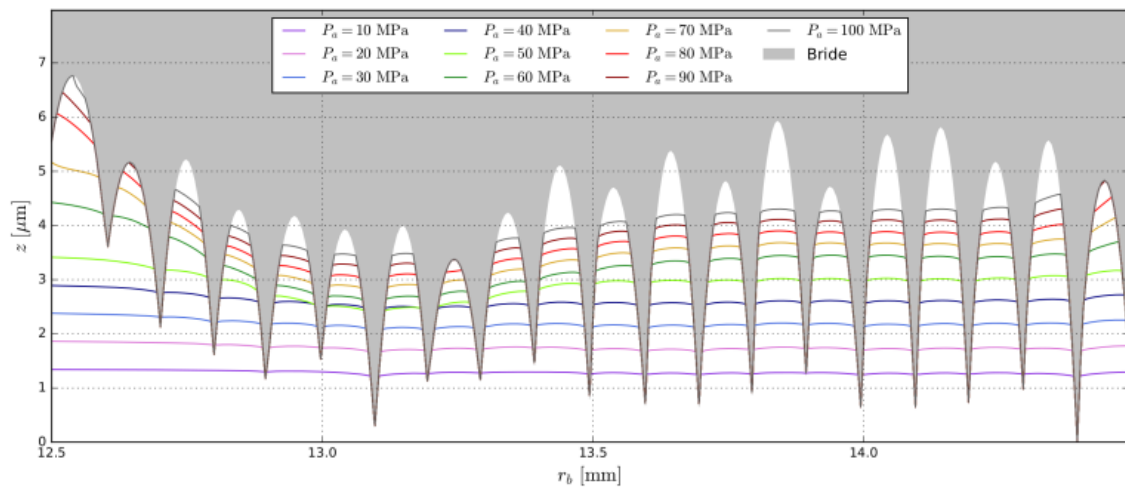


Figure 1: Évolution de la déformation du joint avec la charge appliquée (courbes en couleurs). Résultats du modèle réduit avec un joint en aluminium.

Un modèle réduit en trois dimensions a ensuite été développé sur une portion de surface. Il utilise pour cela les résultats du modèle réduit bidimensionnel, en considérant que la surface complète est constituée de profils bidimensionnels mis en série selon la circonférence. Aucune interaction entre ces profils n'est cependant introduite.

CONCLUSION

Un modèle réduit de contact rugueux en deux dimensions est d'abord développé entre une bride indéformable et un joint métallique lisse au comportement élastoplastique écrouissable en s'appuyant sur des modèles d'indentation. Ce modèle réduit bidimensionnel est ensuite utilisé pour développer un modèle réduit tridimensionnel. L'approche employée permet d'envisager le calcul sur une surface complète représentant la bride : Cette approche permet de prendre en compte le caractère multi-échelle de surfaces anisotropes réelles, de grandes dimensions, en particulier en prenant en compte l'influence de l'ondulation sur le champ des ouvertures.

Ces résultats permettront alors d'y développer des modèles d'écoulements, autorisant le calcul des débits de fuite des assemblages à joint d'étanchéité.

Références

- [1] K. L. JOHNSON, (1987) « *Contact mechanics* », Cambridge University Press.
- [2] I. B. THEODORU, V. MUŞAT, (2010) « *The Modified Vlasov Foundation Model: An Attractive Approach for Beams Resting on Elastic Supports* », Electronic Journal of Geotechnical Engineering, 15 (1C).
- [3] A. TLILI, F. LEDRAPPIER, A. BEZIAT, H. ZAHOUANI, J.-M. BERGHEAU, (2013) « *Wedge analysis and correlation with Hill model: Application for sealing* », Surface Modification Technologies, XXVI, pp. 221-220.
- [4] Z. WANG, W. WANG, Y. HU, H. WANG, (2008) « *A Simplified Numerical Elastic-Plastic Contact Model for Rough Surfaces* », Proceedings of CIST2008 & ITS-IFTtoMM - Beijing, pp. 159-166.
- [5] S. CAI, B. BHUSHAN, (2005) « *A numerical three-dimensional contact model for rough, multilayered elastic/plastic solid surfaces* », Wear, 259, pp. 1408-1423.