



HAL
open science

Méthode de réduction d'un système de frein multi-disque en vue d'un calcul transitoire non-linéaire de vibrations induites par friction

Gabriel Hurel, Jean-Frédéric Diebold, Sébastien Besset, Louis Jézéquel

► **To cite this version:**

Gabriel Hurel, Jean-Frédéric Diebold, Sébastien Besset, Louis Jézéquel. Méthode de réduction d'un système de frein multi-disque en vue d'un calcul transitoire non-linéaire de vibrations induites par friction. CSMA 2013 11e Colloque National en Calcul des Structures, May 2013, Giens, France. hal-02940423

HAL Id: hal-02940423

<https://hal.science/hal-02940423>

Submitted on 16 Sep 2020

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.

Méthode de réduction d'un système de frein multi-disque en vue d'un calcul transitoire non-linéaire de vibrations induites par friction

Gabriel HUREL¹, Jean-Frédéric DIEBOLD², Sébastien BESSET³, Louis JÉZÉQUEL⁴

¹ École Centrale de Lyon, LTDS, gabriel.hurel@ec-lyon.fr

² Messier-Bugatti-Dowty, Departemant, jean-frederic.diebold@safranmbd.com

³ École Centrale de Lyon, LTDS, sebastien.besset@ec-lyon.fr

⁴ École Centrale de Lyon, LTDS, louis.jezequel@ec-lyon.fr

Résumé — Afin de réaliser des simulations transitoires dynamiques non-linéaires d'un système de frein multi-disques, une réduction par sous-structuration est effectuée. Deux méthodes de réduction de l'ensemble des disques sont mises en place. Elles permettent de prendre en compte le frottement présent à l'interface des disques et leur comportement non-linéaire.

Mots clés — frein, frottement, réduction, non-linéarité, sous-structuration

1 Introduction

Les constructeurs de frein multi-disques font face aux vibrations induites par frottement. Ils doivent donc prendre en compte le comportement dynamique du système de freinage lors de la phase de conception. Il est alors nécessaire de simuler un freinage à l'aide d'un modèle dynamique.

À la différence d'un frein à plaquette, le frein multi-disque possède un empilement de deux types de disques : les stators et les rotors. L'effort de presse est produit par un ensemble de pistons hydrauliques. Le frottement situé sur toute la circonférence des disques, crée un couple résistant entre les stators liés à la structure et les rotors liés à l'élément tournant.

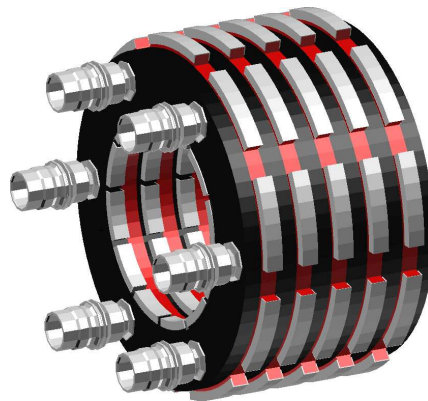


Fig. 1 – Empilement des stators (en noir) et des rotors (en rouge) avec les pistons.

2 Présentation du modèle éléments finis

Afin de bien représenter la géométrie de la structure, un modèle éléments finis est créé. Il est capable de reproduire les modes identifiés de squeal et de whirl [4].

Pour modéliser le frottement, une loi de Coulomb est appliquée aux interfaces frottantes. Une raideur de contact est introduite entre chaque nœud en vis à vis. La force élastique normale qui en découle, multipliée par le coefficient de frottement μ , donne l'effort de frottement. Celui-ci est appliqué au nœud concerné dans la direction circonférentielle et dans le sens opposé à la vitesse de rotation. On peut décomposer la matrice de raideur : $\mathbf{K} = \mathbf{K}_s + \mu\mathbf{K}_f$ où la matrice \mathbf{K}_f représente les termes de frottement.

Cette matrice n'est pas symétrique, le système n'est donc pas conservatif. La conséquence de cela est l'apparition possible de modes complexes instables.

Ce modèle est trop lourd afin d'être utilisé tel quel pour réaliser une simulation transitoire non-linéaire. Comme pour les freins à plaquette, une réduction modale doit être réalisée [3] [2]. Elle doit être suffisamment précise et pouvoir s'intégrer dans un processus industriel.

3 Stratégie de réduction et sous-structuration

L'introduction de non-linéarités est indispensable dans notre système. En effet, sans cela les modes instables pourraient atteindre des niveaux croissant vers l'infini. L'expérience montre que la non-linéarité concerne la loi de compression des disques [1]. On peut distinguer deux parties dans le système :

1. La structure du frein. Elle est considérée comme linéaire. Cette partie va être modifiée tout au long de la conception.
2. L'ensemble des disques où ont lieu les phénomènes complexes que sont le frottement et la non-linéarité.

Étant donné la nature différente de ces deux parties, on se propose de réaliser une sous-structuration. Celle-ci va permettre de traiter de façon indépendante la structure du frein de l'ensemble des disques. On fera une réduction modale de la structure du frein de type Craig-Bampton tandis que la réduction de l'ensemble des disques se fera de façon plus complexe.

4 Réduction de l'ensemble des disques

La réduction est assez délicate du fait de la multiplicité des surfaces frottantes. Deux méthodes sont mises en place puis comparées.

Dans la première méthode, la non-linéarité de compression des disques est reportée aux limites de celui-ci. Ainsi, le frottement et la non-linéarité sont traités indépendamment et le nombre de ddl non-linéaires est réduit. Cependant, une hypothèse simplificatrice est faite sur la situation de la non-linéarité.

La seconde méthode plus proche de la réalité physique, consiste à placer la non-linéarité à chaque interface frottante, au niveau de la raideur de contact. Une base modale constituée de modes dynamiques et statiques permet de réduire chaque disque tout en gardant une déformée globale cohérente.

5 Conclusion

Une stratégie globale de réduction du modèle éléments finis est mise en place afin d'estimer les niveaux de façon prédictive.

Deux méthodes sont étudiées pour réduire l'ensemble des disques tout en tenant compte du frottement et des non-linéarités. La première méthode, plus simple à mettre en place dépend d'une hypothèse simplificatrice. La seconde plus complexe à mettre en place est néanmoins plus précise.

Ainsi, une simulation temporelle dynamique non-linéaire pourra être effectuée de façon optimisée.

Références

- [1] F. Chevillot, J.-J. Sinou, N. Hardouin. *Nonlinear transient vibrations and coexistences of multi-instabilities induced by friction in an aircraft braking system*, Journal of Sound and Vibration 328, 555-574, 2009.
- [2] N. Coudeyras. *Analyse non-linéaire des instabilités multiples aux interfaces frottantes : application au crissement de frein*, PhD thesis, École Centrale Lyon. 2009.
- [3] A. Loyer, J.-J. Sinou, O. Chiello, X. Lorang, *Model reduction strategy for railway disc brake squeal prediction*, 171-178, 2010
- [4] J.-J. Sinou, O. Dereure, G. Mazet, F. Thouverez, L. Jezequel. *Friction-induced vibration for an aircraft brake system - Part I : Experimental approach and stability analysis*, International Journal of Mechanical Sciences 48(5), 536-554, 2006.