

Offre de thèse CIFRE

Approche multi-échelle dans la modélisation des performances de freinage

En collaboration entre :

Messier-Bugatti-Dowty, Division Roue & Frein

Contact : Matthieu.Champagne@safranmbd.com

Laboratoire de Mécanique et Génie Civil (LMGC, UMR5508), Université de Montpellier

Contact : mathieu.renouf@umontpellier.fr

Contexte général

La connaissance des performances de freinage et des phénomènes d'usure des disques de freins est une composante essentielle du business de Messier-Bugatti-Dowty (MBD). En effet, ces phénomènes interviennent au premier plan dans l'équilibre financier des programmes en développement et dans les choix stratégiques d'élaboration de nouveaux matériaux de friction pour freins aéronautiques.

Outre la mise en œuvre d'essais expérimentaux, le développement de cette connaissance passe également par le développement et l'utilisation de modèles numériques, moins coûteux. Dans cette optique, MBD développe depuis 2012 un outil de simulation par éléments finis permettant de modéliser les performances de freinage d'un frein permettant de simuler certains des phénomènes thermomécaniques ayant lieu au cours du freinage, en lien avec les propriétés du matériau de friction.

Si cet outil permet d'obtenir des corrélations tout à fait satisfaisantes avec la plupart des essais de freinage menés par MBD (atterrissage, freinage d'urgence ...), ses hypothèses de modélisation ne lui permettent pas de couvrir certains phénomènes « limites », notamment ceux ayant lieu à basse vitesse : comportement dynamique du frein en lors des freinages de type taxiage, comportement en couple statique, ou encore influence de la physico-chimie sur l'usure du matériau de friction.

Les travaux menés lors de précédentes thèses, en partenariat avec le Laboratoire de Mécanique des Contacts et des Structures (LAMCOS) et le Laboratoire de Mécanique et de Génie Civil (LMGC), ont individuellement permis de premières avancées sur ces sujets à travers le développement de modèles tribologiques locaux fonctionnant sous la même plateforme logicielle (LMGC90) :

- modèles par éléments finis (FEM) prenant en compte les aspects dynamiques ainsi que l'influence des éléments de microstructure du composite (Peillex 2007¹, Mbodj 2011²)
- modèles thermomécaniques par éléments discrets (DEM) permettant des études qualitatives sur les échauffements et dégradation du matériau au contact ainsi que sur les aspects physico-chimiques dans le 3^{ème} corps (Champagne 2013³, Rivière 2015⁴)

¹ *Modélisation numérique multi-échelle du comportement dynamique de matériaux composites sous sollicitations tribologiques : cas des composites C/C utilisés en freinage aéronautique.* G. Peillex, INSA Lyon, 2011

² *Rôle des paramètres matériaux et structuraux dans l'homogénéisation numérique des composites C/C : cas des sollicitations tribologiques de freinage.* C. Mbodj, INSA Lyon, 2011

³ *Endommagement utile et dialogue surface/volume : investigations numérique et expérimentale du comportement des composites C/C sous sollicitations tribologiques.* M. Champagne, INSA Lyon, 2013

⁴ *Réponse thermomécanique des interfaces tribologiques : cas du freinage aéronautique.* J. Rivière, INSA Lyon, 2015

L'apport potentiel de ces modèles vis-à-vis des limites identifiées dans l'outil de calcul industriel apparait naturellement. MBD souhaite donc, en partenariat avec le LMGC, lancer de nouveaux travaux de thèse portant sur l'élaboration d'une méthodologie d'utilisation conjointe des modèles locaux afin de concrétiser cet apport. A plus long terme, il sera possible d'envisager un enrichissement de l'outil de calcul industriel par les modèles locaux, par exemple à travers l'ajout de données d'entrée ou l'enrichissement de données existantes.

2. Proposition de plan de travail

La première partie de la thèse démarrera au sein de MBD. Elle permettra au doctorant :

- de se familiariser avec la thématique industrielle du freinage aéronautique ;
- de prendre en main l'outil de simulation du freinage afin d'en identifier les limites auxquelles l'utilisation des modèles locaux doit répondre;
- de réaliser une première bibliographie à l'aide de la documentation MBD (analyse d'essais, notes de calculs, ...), sur les cas de freinage devant servir d'exemples types pour la problématique de travail car pas ou mal simulés par l'outil industriel : phénomènes basse vitesse notamment.

La prise en main des modèles locaux se fera par la suite au laboratoire LMGC, en même temps que la bibliographie scientifique. Lors de cette prise en main, le doctorant réalisera diverses études paramétriques (études à vitesses basse et nulle, influences comparées des propriétés volumiques et surfaciques sur la réponse tribologique, ...) et devra également implémenter les aspects thermiques dans les modèles locaux FEM (thermique au contact).

La seconde partie de la thèse se déroulera principalement au LMGC (la possibilité de travailler chez MBD restant ouverte notamment pour spécifier, suivre et analyser des essais de validation des modèles). Le principal objectif de cette seconde phase sera de mettre en place une méthodologie d'utilisation simultanée des modèles numériques locaux. Parmi les pistes envisagées, il sera par exemple possible d'étudier de façon paramétrique les variations du facteur de frottement mesuré à l'échelle DEM afin d'enrichir la loi de frottement des modèles à l'échelle FEM, en fonction des paramètres influents. La caractérisation des débits d'usure et de leurs effets dans les modèles DEM, déjà entamée par J. Rivière, pourra également être poursuivie afin d'intégrer une prise en compte de ces effets dans les paramètres surfaciques des modèles FEM.

Enfin, préalablement à la rédaction du manuscrit, la dernière partie de la thèse sera consacrée à la validation des outils à travers des cas tests recensés lors de la bibliographie, et/ou des essais de freinages spécifiques réalisés sur banc par MBD. L'objectif sera de démontrer que ces cas spécifiques et non modélisés actuellement, peuvent être simulés par le couplage d'outils mis en place au cours de cette thèse.

Contacts :

LMGC : Mathieu Renouf (Mathieu.Renouf@umontpellier.fr)

MBD : Matthieu Champagne (Matthieu.Champagne@safranmbd.com)