

## PROPOSITION DE THÈSE 2020-2023

### Sujet de la thèse

---

Méthode multipolaire rapide appliquée au contact pneumatique/chaussée

### Compétences et formations requises

---

**Master recherche en mécanique avec spécialisation en mécanique des structures ou en acoustique et vibration. Une expérience complémentaire en mécanique du contact serait appréciée. Des compétences en méthodes numériques et en programmation (C/C++, Matlab) sont indispensables. Des qualités rédactionnelles en français et en anglais sont attendues. Une valorisation des travaux par la publication d'articles scientifiques dans des revues à comités de lecture est attendue, ainsi qu'une communication à au moins une conférence internationale en mécanique ou en acoustique.**

### Description

---

*Le contact pneumatique/chaussée joue un rôle déterminant dans la génération du bruit de roulement automobile. Sa modélisation physique constitue donc un enjeu important pour réduire l'impact du trafic routier sur l'environnement. L'interaction entre le pneumatique et la chaussée au cours du roulement génère des sources de bruit d'origine mécanique (excitation vibratoire du pneumatique) et aérodynamique (pompage d'air) qui sont ensuite amplifiées par le dièdre formé entre le pneumatique et la chaussée [1].*

*Ces dernières années, une approche multi-aspérités pour la modélisation du contact pneumatique/chaussée a été développée au sein de l'UMRAE [2]. Combinée à une méthode de résolution itérative à deux échelles, cette approche permet d'introduire de manière réaliste la texture de chaussée 3D dans les modèles de prévision du bruit d'origine vibratoire en-dessous de 1000 Hz [3]. Toutefois, des améliorations du modèle de contact sont nécessaires à micro-échelle pour la modélisation des mécanismes intervenant dans la génération du bruit au-delà de 1000 Hz, tels que le pompage d'air, les vibrations auto-entretenues des pains de gomme liées au phénomène de stick/slip ou encore les mécanismes d'adhésion.*

*L'objectif de la thèse est d'améliorer la résolution du problème de contact en utilisant une Méthode Multipolaire Rapide (MMR). Dans un premier temps, le candidat effectuera une étude bibliographique sur la MMR et ses diverses applications en physique, avec un intérêt plus particulier sur son utilisation en élasto-dynamique et en mécanique du contact.*

*Ensuite, les recherches se baseront principalement sur la théorie de Boussinesq qui correspond au problème de contact statique en surface d'un massif semi-infini élastique. La fonction d'interaction du problème sera approchée par une décomposition en série de polynômes de Legendre, qui permettra d'utiliser une méthode des moments pour l'accélération du calcul de contact à micro-échelle. Cette approche sera combinée à la description multi-aspérités de la surface en contact avec le massif semi-infini, où les points de contact au voisinage du sommet d'une aspérité seront regroupés afin de les traiter comme une source de déplacement unique en surface du massif semi-infini. Un algorithme itératif sera alors utilisé pour résoudre le problème de contact.*

*La MMR sera d'abord validée par comparaison avec une méthode de référence [4] dans le cas de surfaces constituées d'aspérités à géométrie simple (i.e. sphères, cônes ou encore poinçons cylindriques) et bien séparées. La méthode sera ensuite appliquée à une surface de chaussée réelle de petite taille et pour laquelle une méthode de référence multi-aspérités existe également [5]. Dans ce cas plus complexe, la MMR devra intégrer un critère de séparation entre les aspérités afin d'assurer la convergence de la décomposition en série de polynômes de Legendre. L'erreur commise sur les résultats de la MMR par rapport à la méthode de référence sera évaluée et mise en relation avec l'ordre de la décomposition multipolaire. La possibilité de paralléliser le code de calcul sera également étudiée afin d'accélérer la résolution du problème de contact.*

*Dans la dernière partie des travaux, en supposant que la MMR soit suffisamment efficace, elle pourra être appliquée au calcul de la variation temporelle des efforts de contact pneumatique/chaussée au cours du*

roulement. Un couplage avec un modèle vibratoire simplifié de pneumatique pourra être envisagé. Cette étude pourra intégrer plusieurs revêtements de chaussée pour lesquels des mesures combinées de texture 3D et de bruit de roulement ont été réalisées par le passé [6]. Les spectres de forces de contact et de texture dynamique enveloppée à l'interface pneumatique/chaussée pourront alors être mis en relation avec les spectres de bruit mesurés afin d'améliorer les approches statistiques hybrides de prévision du bruit développées au sein de l'UMRAE [3, 7].

#### Références :

- [1] Heckl M. « Tyre noise generation ». *Wear* 113, n° 1 (1986): 157-70. [https://doi.org/10.1016/0043-1648\(86\)90065-7](https://doi.org/10.1016/0043-1648(86)90065-7).
- [2] Dubois G. « Modèle de contact dynamique pneumatique chaussée par approche multi-aspérités : application au bruit de roulement ». Thèse de doctorat, École Centrale de Nantes, 2012. <http://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00755561>
- [3] Dubois G., Cesbron J., Yin H.P., Anfosso-Lédée F. et Duhamel D. « Statistical estimation of low frequency tyre/road noise from numerical contact forces ». *Applied Acoustics* 74, n° 9 (2013): 1085–1093. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2013.03.011>.
- [4] Cesbron J. et Yin H.P. « Contact analysis of road aggregate with friction using a direct numerical method ». *Wear* 268, n° 5 (2010): 686–692. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2009.11.005>.
- [5] Dubois G., Cesbron J., Yin H.P. et Anfosso-Lédée F. « Numerical evaluation of tyre/road contact pressures using a multi-asperity approach ». *International Journal of Mechanical Sciences* 54, n° 1 (2012): 84–94. <https://doi.org/10.1016/j.ijmecsci.2011.09.010>.
- [6] Cesbron J. et Klein P. « Une nouvelle base de données texture/bruit pour la prévision du bruit de contact pneumatique/chaussée ». In *Actes du Congrès Français d'Acoustique*, 1683–1689. Université du Maine, Le Mans: Société Française d'Acoustique, 2016.
- [7] Klein P. et Cesbron J. « A 3D envelopment procedure for tyre belt radiated noise level prediction ». In *Proceedings of Inter-Noise 2016*, 2230-41. Hamburg, Germany, 2016.

Mots-clefs : contact rugueux, approche multi-aspérités, méthode multipolaire rapide, interaction pneumatique/chaussée, bruit de roulement automobile

#### **Lieu de la thèse**

La thèse se déroulera au sein de l'UMRAE (site de Nantes)

#### **Encadrement**

Directeur de thèse : Julien CESBRON  
Co-directeur de thèse :  
Encadrement : Philippe KLEIN

#### **Contact**

**M. Julien CESBRON**  
**Tél. 02 40 84 56 62**  
**Email : [julien.cesbron@ifsttar.fr](mailto:julien.cesbron@ifsttar.fr)**

<https://www.ifsttar.fr/menu-haut/annuaire/fiche-personnelle/personne/cesbron-julien/>

#### **Financement (sous réserve de sélection par la direction scientifique IFSTTAR)**

Cofinancement Ifsttar - Région des Pays de La Loire

#### **Candidature**

La procédure de candidature est détaillée sur <https://www.ifsttar.fr/offres-theses/index.php>. Avant de candidater sur le portail des thèses IFSTTAR, le ou la candidat(e) doit faire parvenir par mail à Julien Cesbron ([julien.cesbron@ifsttar.fr](mailto:julien.cesbron@ifsttar.fr)) les documents suivants avant le 5 avril 2020 :

- un CV ;
- une lettre de motivation ;
- ses relevés de notes de Master 2 ou équivalent (avec son rang de sortie) ;
- éventuellement une ou plusieurs lettre(s) de recommandation.

Une candidature incomplète ne sera pas considérée.