

Titre de la thèse

Modèle de roulage dynamique pour la prévision du bruit de contact pneumatique/chaussée par méthode statistique hybride

Niveau recommandé

Master recherche (M2)

Compétences requises

Discipline principale : Acoustique et vibrations

Autres disciplines abordées : Mécanique des structures, Mécanique du contact

Description

Le bruit de contact pneumatique/chaussée, encore appelé bruit de roulement, est la source de bruit principale du trafic routier pour des conditions de circulation fluide. Sa compréhension et sa modélisation physique constituent donc un enjeu important pour réduire l'impact du bruit 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].

L'objectif de la thèse est de développer un modèle de roulage dynamique pour la prévision du bruit de contact pneumatique/chaussée par méthode statistique hybride. Les modèles statistiques hybrides utilisent des bases de données expérimentales, enrichies par des modèles physiques, afin d'établir des lois statistiques d'émission du bruit de roulement à partir des paramètres de la chaussée et du pneumatique à l'origine du bruit. Ce type d'approche a été largement utilisée au sein de l'UMRAE pour la prévision du bruit de roulement [2,3,4].

Le programme de la thèse est structuré en plusieurs tâches :

- 1. Étude bibliographique*
- 2. Caractérisation géométrique et vibratoire d'un pneumatique de référence*
- 3. Recalage d'un modèle de statistique hybride de référence*
- 4. Calcul de roulage dynamique pneumatique/chaussée*
- 5. Exploitation de données de modèle de roulage dynamique dans le modèle statistique hybride*

Tâche 1 - Étude bibliographique

L'étude bibliographique portera sur la caractérisation de la surface de chaussée (bruit, texture, absorption), les modèles statistiques hybrides pour la prévision du bruit de roulement et la modélisation physique du bruit de roulement d'origine vibratoires (réponse vibratoire du pneumatique, modèle de contact pneu/chaussée, rayonnement acoustique).

Tâche 2 - Caractérisation géométrique et vibratoire d'un pneumatique de référence

Un pneumatique de référence sera choisi dans le cadre de la thèse, probablement le pneumatique standard SRTT P1 recommandé dans la norme ISO 11819-3 pour la mesure en continu du bruit de roulement. L'objectif ici sera une caractérisation expérimentale géométrique et vibratoire du pneumatique pour une utilisation dans le cadre de la

prévision du bruit de roulement. Les paramètres mécaniques du pneumatique (modules mécaniques, amortissement) seront identifiés par recalage avec le modèle vibratoire haute fréquence en guide d'onde (WFE-HF) pressenti pour la modélisation du roulage dynamique [5].

Tâche 3 - Recalage d'un modèle statistique hybride de référence

L'objectif de cette tâche est de recalibrer le modèle statistique hybride de référence de l'UMRAE, appelé HyRoNE (Hybrid Rolling Noise Estimation), à partir d'une base de données de mesure du bruit de roulement pour le pneumatique de référence de la thèse. Une campagne de mesure expérimentale sera réalisée sur la piste de référence de l'Université Gustave Eiffel localisée sur le campus de Nantes. Elle consistera à mesurer le bruit de roulement sur différentes surfaces routières de la piste (entre 10 et 15 revêtements), complétée par des mesures de texture pour les planches nouvelles de la piste et par des mesures d'absorption acoustique pour les revêtements poreux. Le modèle HyRoNE, basé sur un modèle d'enveloppement 3D statique, sera ensuite calibré à partir de ce nouveau jeu de données à différentes vitesses de référence et sa précision sera quantifiée.

Tâche 4 - Calcul de roulage dynamique pneumatique/chaussée

Le modèle de roulage dynamique pneumatique/chaussée sera basé sur le couplage entre le modèle de contact multi-aspérités développé au sein de l'UMRAE [2] et le modèle vibratoire de pneumatique en guide d'onde WFE-HF récemment développé [5]. Le modèle sera d'abord validé pour des configurations simplifiées, puis appliqué à des surfaces de chaussée réelles. Les données de sortie du modèle de roulage utiles à la thèse (forces de contact dynamiques, résultante de force de contact, champ vibratoire issue de la réponse forcée en surface du pneu) seront calculées pour l'ensemble des surfaces de chaussées étudiées dans le cadre de la tâche 3.

Tâche 5 - Exploitation de données de modèle de roulage dynamique dans le modèle statistique hybride

L'objectif ici est d'exploiter les données issues du modèle de roulage dynamique dans la modélisation HyRoNE. Des corrélations seront établies entre ces différentes quantités de roulage dynamique et les mesures en continu de bruit de roulement. Les différents résultats obtenus seront comparés avec ceux du modèle HyRoNE 3D basé sur enveloppement statique. La finalité est l'évaluation du gain obtenu sur l'estimation du bruit avec le modèle de roulage dynamique.

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., 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>.
- [3] 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.
- [4] Klein P. et Cesbron J., « Prediction of Coast-By tyre/road noise levels at peri-urban and urban speeds », in Proc. 9th Forum Acusticum, Lyon, France, décembre 2020, p. 2517-2524.
- [5] Treysède F. et Cesbron J., « Waveguide finite element modelling for broadband vibration analysis of rotating and prestressed circular structures: Application to tyres », *Journal of Sound and Vibration*, vol. 543, p. 117361, janv. 2023, doi: 10.1016/j.jsv.2022.117361.

Mots-clefs : bruit de contact pneumatique/chaussée, interaction pneumatique/chaussée, vibrations de pneumatique, contact multi-aspérités, modélisation statistique hybride, revêtement de chaussée, mesures acoustiques

Profil recherché

Master recherche en acoustique et vibrations avec des connaissances en mécanique des structures. Une expérience complémentaire en mécanique du contact serait appréciée. Des compétences et un goût à la fois pour l'expérimentation et la modélisation sont attendues. Des qualités rédactionnelles en français et/ou 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.

École Doctorale

L'étudiant(e) sera rattaché(e) à l'école doctorale « Sciences de l'Ingénierie et des Systèmes » (SIS) (<https://ed-sis.doctorat-paysdelaloire.fr>). L'établissement d'enseignement d'inscription sera l'Université Gustave Eiffel.

Lieu de la thèse

- Uni Eiffel, Campus Lyon** (25, avenue François Mitterrand, Case24, Cité des mobilités, F-69675 Bron Cedex)
- Uni Eiffel, Campus Nantes** (route de Bouaye, CS4, F-44344 Bouguenais Cedex)
- Cerema – Strasbourg** (11, rue Jean Mentelin, Strasbourg-Koenigshoffen, F-67035 Strasbourg)

Encadrement

- Directeur de thèse : Julien CESBRON (Université Gustave Eiffel/UMRAE)
- Co-directeur de thèse : Fabien TREYSSEDE (Université Gustave Eiffel/GERS-GeoEND)
- Encadrant : Philippe KLEIN (Université Gustave Eiffel/UMRAE)

Financement

- Cofinancement Université Gustave Eiffel - Région des Pays de La Loire

Informations complémentaires

Pour candidater, faire parvenir par mail à Julien Cesbron (julien.cesbron@univ-eiffel.fr) les documents suivants :

- 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.

Contact

M. Julien CESBRON

Tél : 02 40 84 56 62

Email : julien.cesbron@univ-eiffel.fr

www.umrae.fr