

Sujet de stage

Développement d'une méthode d'imagerie acoustique pour la caractérisation du rayonnement d'un rail soumis à une excitation mobile

Niveau recommandé

Master (M2) Master (M1) Ingénieur Licence Bac + 2

Compétences requises

Formation en Acoustique et Vibrations (Notions de propagation, de rayonnement, de nombre d'onde)
Programmation (Matlab ou Python)

Description

Contexte. Le sujet s'inscrit dans le cadre de recherches destinées à réduire les émissions sonores des infrastructures ferroviaires. Dans une large gamme de vitesse, la source de bruit principale au passage de véhicules guidés sur rail est le bruit de roulement. Ce bruit résulte des vibrations initiées aux contacts roue/rail par les irrégularités des surfaces. La voie elle-même, et en particulier le rail, émet une part importante du bruit en raison du rayonnement acoustique des ondes de vibrations qui se propagent de part et d'autre des excitations. Or pour les différents acteurs des transports ferroviaires, il est indispensable de pouvoir estimer correctement cette contribution. Parmi les diverses approches possibles, les méthodes d'imagerie basées sur des réseaux de microphones ou antennes microphoniques permettent une caractérisation de ces sources en matière de localisation spatiale, de niveau de bruit et de contenu fréquentiel.

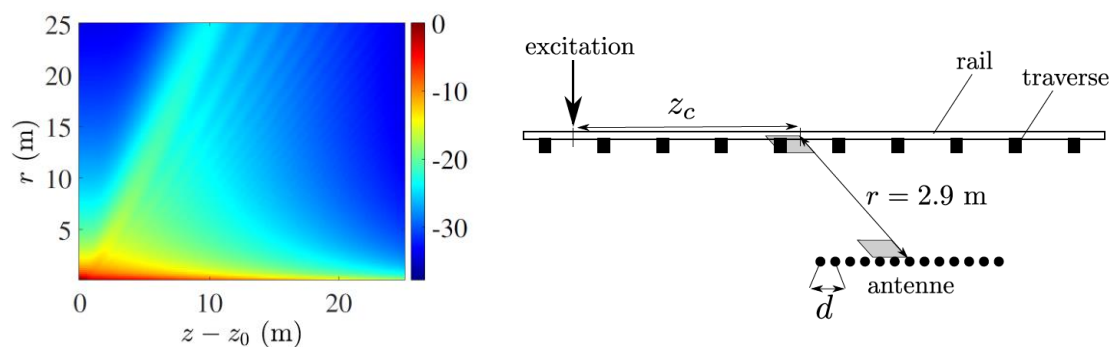


Figure 1 : Champs acoustique rayonné par un rail excité en $z = 0$ et position du réseau de microphones par rapport au rail

Problématique scientifique. Depuis les premiers développements spécifiques au ferroviaire au début des années 1990 [1], les antennes microphoniques sont utilisées de façon opérationnelle par des organismes de recherche ou des bureaux d'études spécialisés pour identifier et caractériser les sources de bruit sur divers types de matériels roulants. Les traitements associés dérivent généralement du principe de formation de voies (ou beamforming en anglais), adapté d'une part au contexte d'un diagnostic en champ proche (focalisation), et d'autre part au caractère instationnaire lié au mouvement du véhicule (suivi des sources et dédopplérisation) [1]. Ces méthodes sont dans leur principe optimales pour des sources ponctuelles, omnidirectionnelles et décorréélées. L'hypothèse n'est malheureusement pas vérifiée par le rail qui a les propriétés d'une source de nature étendue et cohérente dans une large gamme de fréquence (cf. Figure 1). Avec un traitement classique, lorsque le réseau de microphones est focalisé sur sa normale, la contribution du rail au bruit de roulement peut ainsi être sous-estimée jusqu'à 10 dB [2]. Pour

surmonter ce problème, plusieurs techniques ont été proposées. La méthode SWEAM [1] consiste à remplacer les champs élémentaires utilisés dans les techniques de formation de voie (sources ponctuelles ou ondes planes) par des champs spécifiques élaborés à partir de modèles vibro-acoustiques simplifiés de rails. La méthode a été élaborée dans le domaine fréquentiel, en considérant plusieurs excitations harmoniques verticales fixes, stationnaires et décorrélées sur le rail, localisées au niveau des contacts roue/rail. Elle a été validée expérimentalement dans le cas d'une seule excitation. Le problème du mouvement des excitations (liés au contact roue/rail) n'a cependant pas été abordé.

Objectif du stage. L'objectif du stage est d'étendre la méthode SWEAM au cas d'excitations mobiles sur le rail. Un état de l'art permettra d'abord au stagiaire de se familiariser d'une part avec les méthodes d'imagerie existantes adaptées aux sources ponctuelles mobiles, et d'autre part avec la méthode SWEAM. La deuxième étape sera consacrée à la proposition d'une ou plusieurs méthodes permettant d'étendre la méthode SWEAM au cas d'excitations mobiles. Dans un troisième temps, les performances de ces méthodes seront évaluées à l'aide de simulations. Pour cela, un modèle vibro-acoustique simplifié permettant de déterminer le champ rayonné par un rail soumis à une excitation mobile dans le domaine temporel sera développé.

Mots Clés : Bruit ferroviaire, imagerie acoustique, antenne microphonique, ondes vibratoires, source mobile, déconvolution

Lieu du stage

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)

Durée du stage (les dates et durée peuvent être adaptées)

Date de début :

Date de fin :

Durée : 6 mois

Contact

M. Raphaël LEIBA

Tél. 04 72 14 24 02

Email : raphael.leiba@univ-eiffel.fr

M. Olivier CHIELLO

Tél. 04 72 14 24 05

Email : olivier.chiello@univ-eiffel.fr

Site Web : www.umrae.fr

Gratification

Indemnité équivalente à 15% du plafond horaire de la Sécurité Sociale, pour un organisme public

<https://www.service-public.fr/simulateur/calcul/gratification-stagiaire>

Bibliographie

[1] B. Barsikow et W. F. King, «On removing the Doppler frequency shift from array measurements of railway noise,» *Journal of Sound and Vibration*, vol. 120, p. 190–196, January 1988.

[2] T. Kitagawa et D. J. Thompson, «The horizontal directivity of noise radiated by a rail and implications for the use of microphone arrays,» *Journal of Sound and Vibration*, vol. 329, p. 202–220, January 2010.

[3] B. Faure, O. Chiello, M.-A. Pallas et C. Servière, «Characterisation of the acoustic field radiated by a rail with a microphone array: The SWEAM method,» *Journal of Sound and Vibration*, vol. 346, p. 165–190, June 2015.