

---

Sujet de stage

---

Etude du comportement vibro-acoustique de voies de tramways en 2.5D par une méthode de guide d'ondes

---

Niveau recommandé

---

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

---

Compétences requises

---

Dynamique des structures, Acoustique, Méthodes numériques, Matlab

---

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 émet une part importante du bruit, due au rayonnement acoustique des ondes de vibrations qui se propagent de part et d'autres des excitations. La modélisation du comportement vibro-acoustique de la voie, en particulier du rail, est nécessaire pour estimer sa contribution sonore. Contrairement aux voies ferroviaires conventionnelles dont le comportement est bien documenté, celui des voies de tramways a été peu étudié.

**Etat de l'art.** En première approche, le rail est souvent considéré comme une structure infinie et invariante dans la dimension longitudinale. Les méthodes de guide d'ondes sont donc naturellement adaptées au calcul des vibrations. En basses fréquences, la section du rail se déforme peu et des hypothèses de poutres peuvent être utilisées. Aux fréquences auxquelles des déformations de section apparaissent, la méthode de guide d'ondes WFEM<sup>1</sup> couplant une description ondulatoire dans la dimension longitudinale et une discrétisation par éléments finis (FEM) de la section, permet de décomposer les vibrations sur la base d'une somme d'ondes caractérisées par un nombre d'onde et une déformée de section – un mode – qui dépendent de la fréquence. Le milieu fluide étant ouvert, d'autres méthodes sont généralement utilisées pour le calcul du rayonnement acoustique correspondant en 2.5D, en particulier la méthode BEM<sup>2</sup> mais des alternatives existent dans la littérature comme les éléments infinis ou les PML<sup>3</sup>.

**Objectif.** L'objectif du stage est de développer deux modèles vibro-acoustiques 2.5D de rail, représentatifs des voies de tramway en général: un modèle de rail classique et un modèle de rail enterré. Sur la base de ces modèles, les principales ondes rayonnantes seront identifiées et caractérisées d'un point de vue vibratoire (dispersion, atténuation, déformée) et acoustique (facteur de rayonnement, directivité). La réponse vibro-acoustique à des excitations ponctuelles verticales et latérales sur le rail sera également étudiée. Les résultats concernant les deux types de voie seront comparés.

---

<sup>1</sup> Plusieurs noms existent dans la littérature concernant cette méthode notamment WFEM pour Waveguide Finite Element Method et SAFE pour Semi-Analytical Finite Element method.

<sup>2</sup> Méthodes des éléments finis de frontière ou Boundary Element Method en anglais

<sup>3</sup> « Couches parfaitement adaptées », méthode plus souvent désignée à l'aide de sa dénomination anglo-saxonne Perfectly Matched Layer (PML).

## Méthodologie.

- Formulation générale de la méthode WFEM + rayonnement 2.5D incluant la bibliographie correspondante
- Définition des modèles 2D des 2 sections de rail (géométrie, matériaux, C.L.) et maillage FEM
- Développement vibratoire WFEM sous Matlab SDT : calcul des matrices éléments finis propres à la méthode WFEM, résolution de l'équation de dispersion et calcul de réponses ponctuelles
- Développement rayonnement acoustique 2.5D : calcul du rayonnement acoustique 2D sous Actran, importation dans Matlab SDT pour calcul des champs acoustiques et des indicateurs vibro-acoustiques 2.5D
- Validation de la méthode sur la base de résultats existants dans la littérature (voie classique)
- Analyse des résultats et comparaison entre les 2 types de voie

## Lieu du stage

---

☒ **Ifsttar/UMRAE – Lyon-Bron** (25, avenue François Mitterrand, Case24, Cité des mobilités, F-69675 Bron Cedex)

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

Date de début : 02/03/2020

Date de fin : 31/08/2020

Durée : 6 mois

## Contact

---

**Olivier CHIELLO**

Tél. 04 72 14 24 04

Email : [olivier.chiello@ifsttar.fr](mailto:olivier.chiello@ifsttar.fr)

Web : [www.umrae.fr](http://www.umrae.fr)

## Gratification

---

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

[www.service-public.fr/simulateur/calcul/gratification-stagiaire](http://www.service-public.fr/simulateur/calcul/gratification-stagiaire)