

Confort vibratoire dans les véhicules en basses fréquences : caractérisation des voies de transfert vibratoires et évaluation perceptive

Thèse CIFRE proposée par Renault (centre technique d'Aubevoye) et le
Laboratoire Vibrations Acoustique (INSA-Lyon)

Date de début envisagée : septembre 2025

Cette thèse vise à développer une démarche adaptée aux sollicitations à basses fréquences permettant d'identifier, décrire et hiérarchiser l'influence des voies de passage sur le confort vibratoire dû au roulement sur la chaussée. Les méthodes « Transfer Path Analysis » permettant d'identifier les voies de passage entre un sous-système actif (ici l'attelage de roue) et un sous-système passif (ici la caisse du véhicule) par les points d'attache (ou point de couplage) sont généralement basées sur deux étapes distinctes :

- La caractérisation des efforts de couplage en condition de roulage : comme des mesures directes des efforts sont impossibles à réaliser, des approches inverses (par mesure des réponses accélérométriques près des points de couplage) sont généralement employées dans le domaine acoustique. Mais ces méthodes sont très sensibles au bruit de mesure qui peut être amplifié ici par les conditions de roulage réelles, et ont également du mal à différencier les points d'entrée d'effort proches les uns des autres. Ce problème devient très important dans le domaine des basses fréquences.
- La caractérisation des fonctions de transfert entre les points d'attache et les points d'estimation des vibrations (au niveau du siège ou du plancher) : ces mesures sont généralement menées sur banc et nécessitent généralement le découplage du sous-système actif par rapport au sous-système passif. Ces mesures sont difficiles en très basses fréquences à cause du niveau d'énergie qu'il faut injecter dans la caisse pour obtenir une réponse exploitable.

Une fois les voies de passage identifiées et quantifiées, il est nécessaire de les relier à l'évaluation de la qualité de la prestation de confort vibratoire perçue dans le véhicule. A cette fin, les voies de passage identifiées peuvent être réintroduites indépendamment les unes des autres dans un simulateur permettant de soumettre des personnes aux mouvements et aux vibrations de ces voies de transfert, de manière contrôlée.

Dans la première partie de cette thèse, il est envisagé d'évaluer et d'optimiser les méthodes « Transfer Path Analysis » pour la quantification de la prestation de confort vibratoire dans les véhicules en basses fréquences sur un banc d'essais. Pour faciliter l'estimation des efforts de couplage, on ajoutera aux mesures accélérométriques des mesures par jauges de contrainte. L'emploi de ces réponses en contrainte devrait permettre d'améliorer le conditionnement des matrices à inverser grâce au fait que les contraintes ont une relation plus directe avec les forces d'interface et qu'elles sont mieux à même de saisir les phénomènes locaux de la structure.

Pour la mesure des fonctions de transfert du système passif, il est envisagé d'exploiter une analyse modale expérimentale ou EMA (Experimental Modal Analysis) pour établir un modèle expérimental du véhicule. Un modèle expérimental a l'avantage de permettre la prise en compte des éléments difficiles à modéliser comme les sièges ou les éléments de couplage mais nécessite des moyens et des temps de mesures importants. Ainsi, la détermination du nombre de capteurs minimal pour obtenir une matrice de transfert utile à l'analyse TPA sera cruciale dans l'objectif d'une application de la méthode dans un contexte opérationnel. Dans cette partie il est également envisagé d'évaluer différents moyens alternatifs pour réaliser la caractérisation de la matrice de transfert du véhicule : marteau d'impact ou micro-shakers par exemple.

Dans la seconde partie de cette thèse, le protocole expérimental mis en place sera exploité pour atteindre deux objectifs distincts :

- **Caractérisation des voies de transfert en condition de roulage réelles**. Le banc d'essai ne reproduit pas exactement les conditions de roulage du véhicule. Il est donc important, à cette étape, d'évaluer les performances des méthodes développées dans des conditions d'essais plus réalistes.
- **Exploitation des voies de transfert identifiées dans l'évaluation perceptive de la prestation de confort vibratoire**. Il est envisagé ici d'utiliser les fonctions de transfert et modèles définis expérimentalement sur un simulateur réaliste. Chaque voie de passage pourra être restituée indépendamment sur le simulateur ce qui permettra une hiérarchisation des comportements à améliorer, des sources à traiter et des niveaux vibratoires cibles. Cette étape permettra d'identifier le protocole juste nécessaire pour la qualification de la prestation de confort vibratoire, d'un point de vue perceptif.

L'objectif final de ces travaux de recherche est donc de permettre **une hiérarchisation des influences des voies de passage sur la perception vibratoire du véhicule** en définissant une procédure complète utilisable sur un véhicule en développement comme en analyse concurrence.

Encadrement

Dominique Theillier (Renault, Ampère), dominique.theillier@renault.com

Jean-Louis Meillier (Renault, Ampère), jean-louis.meillier@renault.com

Nicolas Totaro (INSA Lyon, Laboratoire Vibrations Acoustique), nicolas.totaro@insa-lyon.fr

Etienne Parizet (INSA Lyon, Laboratoire Vibrations Acoustique), etienne.parizet@insa-lyon.fr