

Sujet de thèse

Confort vibratoire dans les automobiles : amélioration d'indicateurs perceptifs et simulation de solutions techniques

Les nouvelles motorisations utilisées dans les automobiles peuvent conduire à des niveaux vibratoires relativement importants sur le plancher. Ces vibrations sont ressenties dans les pieds des passagers ce qui peut dégrader le confort de ceux-ci. Par ailleurs, ces vibrations peuvent également se propager au siège et s'accompagnent de bruit, la source moteur étant à l'origine de l'ensemble de ces phénomènes.

De nombreuses études ont été menées sur la perception des vibrations par un sujet assis, conduisant à l'établissement d'une norme (ISO 2631-1). Mais cette norme a été souvent remise en cause pour l'évaluation du confort (par exemple, Parizet et al., 2007), sans doute car la problématique des travaux ayant permis la définition de cette norme était plus celle de la santé (ce qui signifie des niveaux d'exposition beaucoup plus forts que ceux mesurés dans une voiture). Par ailleurs, la perception vibratoire par les pieds n'a pas conduit à de nombreux travaux (Miwa 1988, Morioka et Griffin 2010, Forta et al. 2011 pour des mesures perceptives de seuils de détection et d'iso confort, Wee et Voloshin 2013 pour des mesures physiques de transmissibilité de la jambe).

L'objectif général du travail est donc d'améliorer la connaissance de la perception vibratoire par les pieds, de l'interaction de cette perception avec le confort vibratoire du siège et le bruit.

Les étapes prévues sont les suivantes :

1) Exploitation d'une base de données expérimentales

PSA dispose d'une base de données de mesures acoustiques et vibratoires (plancher, glissières de siège....) dans plusieurs véhicules. Une première étape consistera à analyser cette base pour rechercher notamment des corrélations entre les niveaux vibratoires du plancher et du siège ainsi que le bruit. La question principale est de savoir si ces niveaux peuvent varier de façon indépendantes. On recherchera également si la présence d'une modalité peut modifier l'évaluation d'une autre (ce qui peut arriver, voir par exemple Parizet et Brocard 2004).

Réalisation de mesures complémentaires

Quelques mesures complémentaires sur voitures seront réalisées pour mieux connaître l'influence du tapis de sol. Des mesures vibratoires dans les trois directions seront réalisées sous le tapis (sur le plancher de tôle) et au-dessus du tapis, en utilisant par exemple un disque triaxial de mesure d'exposition humaine.

2) Conception et réalisation du banc d'essai

Les étapes précédentes permettront de bien connaître : les niveaux et fréquences d'excitation des pieds des passagers, la corrélation entre ces niveaux et ceux relevés sur les glissières de sièges. Il sera alors possible de définir un moyen d'essai pour des expériences contrôlées. Un dispositif d'excitation du corps complet existe déjà au Laboratoire Vibrations Acoustique et chez PSA (Parizet et Brocard 2004). Ce dispositif pourra être utilisé seul (le sujet étant assis en dehors de la plate-forme vibrante, ses pieds reposant sur cette plateforme) ou complété de sorte à pouvoir contrôler indépendamment les vibrations du siège et celles des pieds.

3) Expériences sur les vibrations du pied seul

Des expériences perceptives seront réalisées, pour évaluer l'influence sur l'inconfort de paramètres de vibrations de pied tels que fréquence, direction ou niveau (selon les résultats issus de l'analyse de la base de données de mesures en véhicule). L'objectif sera d'établir des

courbes d'isoconfort (selon la fréquence) et des lois d'évolution de l'inconfort (selon le niveau).

4) Expériences multi-modales

On pourra alors complexifier la situation par l'ajout de vibrations de siège et de bruit. Dans cette situation multi-modale, on cherchera à établir la contribution relative de chaque modalité sensorielle au confort global et à établir un modèle prévoyant l'évaluation du confort à partir de données physiques (mesures de bruit et de vibrations).

5) Modélisation de l'effet des tapis

Les tapis de sols sont de type "mousse – septum" (un septum lourd posé sur une mousse élastique) pour augmenter l'isolation acoustique. Ils peuvent donc augmenter les vibrations transmises par le plancher (dont la fréquence est basse). On cherchera à construire des modèles simples permettant de prévoir, à partir de la connaissance de leurs constituant, l'influence de ces tapis – ces modèles devront peut-être prendre en compte la dynamique de la jambe, ce qui impliquera des mesures d'impédance d'entrée du membre inférieur.

6) Validation sur véhicule

Enfin, des expériences d'évaluation du confort en véhicule seront menées afin de tester in-situ les modèles proposés lors des expériences en laboratoire. Il s'agira également de connaître la valeur des modèles permettant d'obtenir un véhicule acceptable au regard du confort.

Le travail se déroulera en collaboration entre PSA Peugeot Citroën (centre de Belchamp, Doubs) et le Laboratoire Vibrations Acoustique de l'INSA-Lyon (Villeurbanne, Rhône), dans le cadre d'une convention CIFRE.

Références

Forta N., Griffin M., Morioka M. Difference thresholds for vibration of the foot : dependence of frequency and magnitude of vibration, *J. Sound and Vibration* 330, 805-815 (2011).

Miwa T. Evaluation of vertical vibration given to the human foot, *J. Acoust. Soc. Am.* 83 (3), 984 – 990 (1988).

Morioka M., Griffin M. Magnitude-dependence of equivalent comfort contours for fore-and-aft, lateral, and vertical vibration at the foot for seated persons, *J. Sound and Vibration* 329, 2939-2952 (2010).

Parizet E., Brocard J. Influence of noise and vibration to comfort in diesel engine cars running at idle, *Acta Acustica united with Acustica* 90, 987-993 (2004).

Parizet E., Amari M., Nosulenko V. Vibro-acoustical comfort in cars at idle : human perception of simulated sounds and vibrations from 3- and 4- cylinder diesel engines, *Int. J. Vehicle Noise and Vibration* 3 (2), 143-156 (2007).

We T., Voloshin A. Transmission of vertical vibration to the human foot and ankle. *Annals of Biomedical Eng.* 41 (6), 1172 – 1180 (2013).

Contacts :

Frédéric BORNET (PSA Peugeot Citroën), tel : 03 81 30 11 85, frederic.bornet1@mpsa.com

Etienne PARIZET (INSA-Lyon), tel : 04 72 43 81 21, etienne.parizet@insa-lyon.fr