

Évaluation expérimentale et numérique de la variabilité intra du comportement vibro-acoustique de structures automobiles, du niveau élémentaire à la prestation

Roberto Scigliano

Laboratoire Roberval

Directeurs de Thèse : Dr Pascal Lardeur, Dr Étienne Arnoult

Objectif

Ce travail de recherche s'inscrit dans le cadre d'une action menée chez Renault et qui vise une meilleure maîtrise de la robustesse des performances vibro-acoustiques des véhicules automobiles. L'objectif principal de la thèse est de contribuer à une meilleure compréhension de la relation entre la variabilité du comportement des pièces qui constituent le véhicule et la variabilité de la prestation acoustique dite de bourdonnement. L'étude a concerné essentiellement la variabilité intra, due à des variations de conditions d'environnement, en particulier la température.

Cette recherche a été menée au sein de l'entreprise Renault, dans le cadre du projet européen de type RTN (Research Training Network) MADUSE.

Méthodes et résultats

L'étude repose sur une démarche expérimentale et numérique. Les travaux s'appuient sur une description hiérarchique de la variabilité. Cette approche consiste à étudier la relation entre la variabilité du bruit (niveau 1) et la variabilité du comportement des systèmes (niveau 2), elle-même fonction de la variabilité du comportement des sous-systèmes (niveau 3) et des composants élémentaires (niveau 4). Trois systèmes sont pris en compte : le groupe moto-propulseur, la suspension moteur et la caisse. Au niveau des sous-systèmes, l'étude a été concentrée en particulier sur le pare-brise. Cette pièce contient des couches de matériaux polymères (niveau 4) dont le comportement mécanique est très sensible à la température.

Plusieurs campagnes expérimentales ont permis de quantifier la variabilité, aux différents niveaux de l'approche hiérarchique. La variabilité du bourdonnement, impliquant l'ensemble du véhicule, a été évaluée. Le comportement vibratoire du pare-brise, isolé ou intégré sur le véhicule, a été mesuré. Les propriétés mécaniques des polymères intervenant dans la constitution du pare-brise ont été caractérisées sur éprouvettes.

Une méthodologie numérique a également été développée pour étudier cette problématique. Elle s'appuie sur deux types d'outils. Une approche par éléments finis est exploitée pour reproduire les mécanismes de propagation de la variabilité entre les niveaux élémentaire, sous-système et système. Un modèle de synthèse permet d'évaluer la variabilité de la prestation.

Les principaux résultats sont décrits ci-après.

- 1- Le caractère hautement nonlinéaire du comportement des matériaux composant le pare-brise, ainsi que leur sensibilité aux changements de paramètres environnementaux comme la température, a été mis en évidence.
- 2- Les niveaux de variabilité, étudiés aux différents niveaux de l'approche hiérarchique, sont très significatifs.
- 3- Dû à un phénomène d'amplification, la variabilité du bourdonnement est plus élevée que celle des systèmes. Cette variabilité est du même ordre de grandeur aux différents points de l'habitacle.
- 4- La méthodologie dite de Vérification et Validation, appliquée aux structures industrielles, permet

d'améliorer la capacité prédictive des modèles éléments finis.

5- Les modèles numériques permettent de retrouver l'ensemble des tendances expérimentales. Cependant, ils sous-estiment la variabilité : la modélisation permet de justifier environ 2/3 de la variabilité expérimentale.

6- Le pare-brise acoustique est le contributeur principal à la variabilité de la caisse automobile étudiée.

Retombées et valorisation

Ce travail de thèse a été valorisé au sein de l'entreprise Renault, ainsi qu'auprès de la communauté scientifique.

Cette étude a permis à l'entreprise Renault de faire des progrès importants sur le thème de la variabilité. La compréhension des phénomènes physiques a notamment engendré une modification du cahier des charges des pare-brise acoustiques. Cela permettra une amélioration substantielle des prestations acoustiques de la prochaine génération de véhicules. D'un point de vue numérique, cette thèse a permis d'améliorer la modélisation des pare-brise ; les nouvelles règles et procédures de modélisation proposées ont été adoptées par l'entreprise.

En ce qui concerne la valorisation au sein de la communauté scientifique, des présentations ont été faites, dans différents pays d'Europe, au cours des workshops organisés dans le cadre du projet MADUSE. Les travaux de thèse ont été publiés dans quatre congrès internationaux (ISMA06, USD07, LSAME08, ISMA08) ; un article est également à paraître dans la revue scientifique internationale *Finite Elements in Analysis and Design*.

Je tiens à remercier la Commission Européenne et Renault pour le soutien financier.

