

Renault, Trèves et Free Field Technologies (F.F.T., Belgique) ont mené une étude conjointe visant à réduire les nuisances sonores et vibratoires de panneaux multi-couches. Ce projet a permis de valider des outils et une méthodologie basée sur les éléments finis que le constructeur automobile utilise désormais dans son processus d'étude des futurs véhicules.

Christophe Capron, Trèves – Alpha Diallo, Renault – Vincent Marchal, FFT – Thomas Leclercq, FFT

Modélisation sous Nastran des phénomènes acoustiques

Les partenaires

Le groupe Renault regroupe plus de 350 sites à vocation commerciale ou industrielle dans plus de 40 pays et emploie 130 740 personnes à travers le monde. L'alliance de Renault avec Nissan permet au groupe d'être dans le Top 5 des constructeurs automobiles mondiaux.

Trèves est une entreprise familiale créée en 1836. Avec plus de 7 000 salariés dans le monde, elle s'est hissée au rang des grands fabricants spécialisés dans les matériaux d'isolation vibro-acoustique dédiés à l'industrie automobile. L'entreprise est à la fois fournisseur et intégrateur de ses produits.

D'origine belge, Free Field Technologies est établie à Louvain-la-Neuve et développe des logiciels de simulation numérique pour la vibro et l'aéro-acoustique. Ses solutions s'articulent autour d'un code d'éléments finis (FEM) et infinis (IEM), et d'Actran, développé à l'origine par le Professeur J.-P. Coyette. Actran s'est depuis enrichi de nombreuses fonctionnalités spécialisées couvrant les besoins de

secteurs variés (automobile, aéronautique, spatial, etc.). Depuis 2002, F.F.T. est le partenaire vibro-acoustique de MSC.Software, qui est aussi le distributeur du code MSC.Actran à l'échelle mondiale.

Les objectifs de l'étude

La modélisation précise des composants d'habillage vibro-acoustique d'un véhicule est d'une importance capitale pour la prédiction de la performance vibro-acoustique du véhicule. Or, l'insonorisation devient un critère de choix important quant à la qualité du véhicule pour son conducteur. Les études présentées ici démontrent la volonté du constructeur français d'améliorer sans cesse le confort vibro-acoustique de leurs véhicules.

Les résultats sont axés sur la modélisation précise de panneaux présentant des géométries complexes, telles que rencontrées dans un véhicule réel, et traités avec des matériaux de type mousse ou feutre du même type que ceux utilisés dans les véhicules. L'ob-

jectif de ces travaux aura aussi été de démontrer la pertinence d'une méthodologie basée sur les éléments finis de MSC.Actran pour des problèmes de moyenne fréquence et sur ce genre de géométrie.

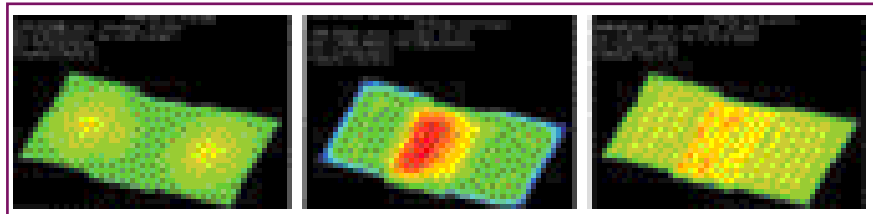
Description du cas d'étude

Deux types de structures multi-couches (acier, mousse et septum) ont été envisagées : panneau traité multi-couche galbé ou avec variation d'épaisseurs.

Dans le cadre de ces études, les matériaux constitutifs furent élaborés et mesurés par Trèves. Les simulations ont été menées par la Direction de la Recherche de Renault en utilisant le logiciel MSC.Actran développé par F.F.T. Les résultats montrent les comparaisons MSC.Actran-mesures-SEA. En effet, la SEA (Statistical Energy Analysis = Analyse Statistique Energétique) est une méthode haute fréquence qui présente l'avantage d'être rapide à mettre en œuvre mais dont certaines limites seront démontrées au cours de cette étude.

Dans le cas du panneau habillé d'épaisseur variable, MSC.Actran permet de visualiser clairement les trois phénomènes attendus en fonction de la fréquence :

- basse fréquence (100 Hz) rayonnement contrôlé par les modes structurels (Fig. 1).
- moyenne fréquence (2000 Hz) rayonnement contrôlé par l'épaisseur du traitement (Fig. 2).
- haute fréquence (5040 Hz) rayonnement maximum aux discontinuités d'épaisseur. Ces résultats sont conformes à la réalité (Fig. 3).



Figures 1 - 2 - 3

La figure 4 illustre l'index de transmission (voir TL = transmission loss) dans le cas du panneau d'épaisseur variable. L'index de transmission calculé avec MSC.Actran est confronté aux résultats expérimentaux ainsi qu'aux résultats SEA qui, dans ce cas, sont tous les trois en assez bon accord. Les modèles numériques (MSC.Actran et SEA) sont calculés pour deux configurations différentes.

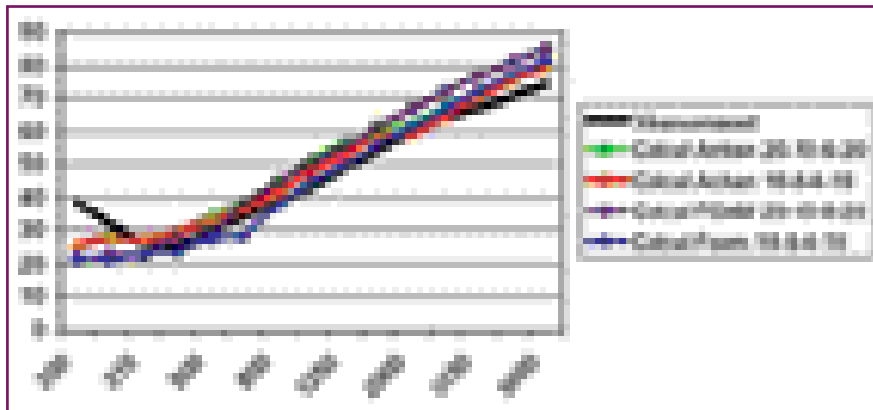


Figure 4

Les figures 5 et 6 comparent les prédictions de l'index de transmission calculé avec MSC.Actran aux prédictions SEA et aux résultats expérimentaux pour le cas de la tôle galbée et habillée. Les prédictions de MSC.Actran sont en très bon accord avec les mesures, là où le modèle SEA décroche de la réalité. Pourtant, il est important de préciser qu'aucun recalage numérique n'a été effectué par Renault sur ces mesures et que les résultats de MSC.Actran sont présentés tels quels et sans spécifications particulières de conditions aux limites (de simples conditions libre-libre ont été appliquées dans ce cas).

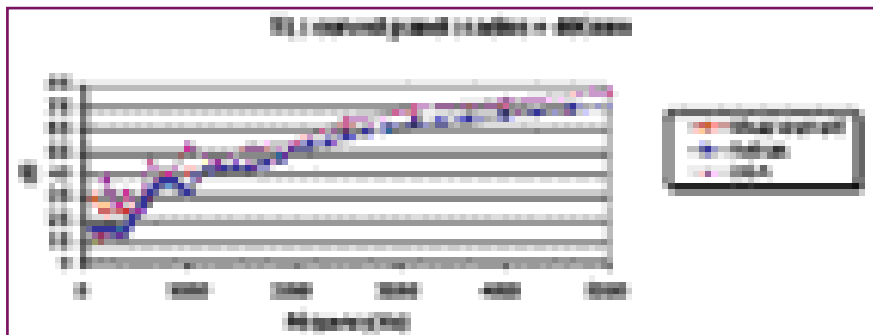


Figure 5

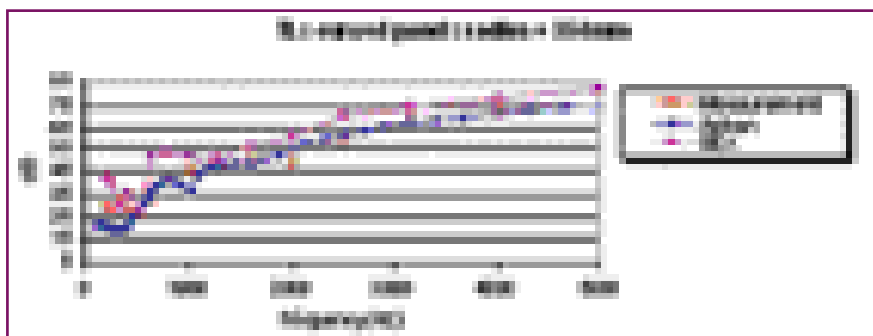


Figure 6

être vu comme une limitation inhérente à la méthode SEA.

Sur ces figures, on remarquera que le modèle SEA mène toujours à une sur-prédiction de l'index de transmission : ceci s'explique par le fait qu'en SEA il est nécessaire d'ajouter une valeur de facteur d'insertion plan à l'index de transmission lorsqu'on veut calculer une tôle galbée et habillée. Ceci peut

La figure 7 illustre le modèle MSC.Actran correspondant au cas de la tôle galbée et habillée : on peut aisément apercevoir la structure de multi-couche de ce composant. Par ailleurs, un des avantages d'une méthode FEM est la visualisation aisée de certains résultats.

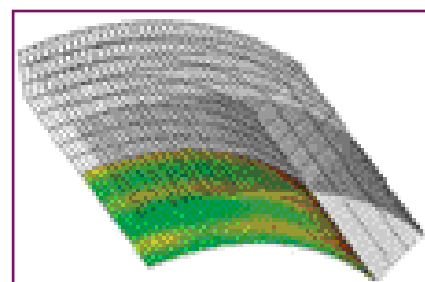


Figure 7

On a représenté également sur cette figure le champ de pression acoustique sur la face interne du composant (face septum), à la fréquence d'anneau. MSC.Actran est capable de prédire la fréquence d'anneau avec une marge d'erreur inférieure à 10 %, là où une méthode SEA estime la fréquence d'anneau avec 20 à 33 % d'erreur selon les cas.

Les figures 8 et 9 illustrent la capacité du code MSC.Actran à prédire la

variation, même légère, de l'index de transmission lorsque le matériau de type mousse est remplacé par un matériau de type feutre. Les prédictions du code MSC.Actran telles que calculées par Renault sont en excellent accord avec les mesures réalisées par Trèves.

Conclusions

A l'issue de cette étude, les ingénieurs de Renault ont tiré les conclusions suivantes :

1. Dans le cas du panneau d'épaisseur variable :

- Il y a une bonne corrélation entre MSC.Actran, la SEA et les mesures.
- MSC.Actran est un outil capable de prédire l'index de transmission (TL) jusqu'à 5 kHz sur ce genre de composants.
- La distribution de pression acoustique sur n'importe quelle face peut-être visualisée au moyen de MSC.Actran, ce qui est d'une grande utilité pour comprendre la physique du problème et de ce genre de structures en général. Ceci n'est évidemment pas possible au moyen d'un outil SEA qui ne fournit que des grandeurs moyennées par surface.

2. Dans le cas de la plaque galbée :

- Excellente corrélation entre MSC.Actran et les mesures.
- Une modélisation FEM 3D avec MSC.Actran apparaît plus précise qu'un modèle SEA qui se base sur des plaque planes équivalentes : en réalité, la SEA atteint ses limites lorsqu'on est en présence de matériaux et de géométries complexes.
- MSC.Actran est capable de calculer l'index de transmission de telles structures jusqu'à 5kHz.
- De légères imprécisions furent observées dans le modèle numérique et s'expliquent par le manque d'informations précises quant aux conditions aux limites exactes qui furent appliquées lors des essais.
- MSC.Actran permet le classement de différents traitements anti-bruit et vibrations en terme de leur performance acoustique (index de transmission).

3. MSC.Actran prouve ses qualités de prédiction pour les ingénieurs de Renault, vu la qualité des résultats obtenus sur leurs modèles. En effet, aucun recalage numérique ne fut nécessaire sur les modèles MSC.Actran et ils furent confrontés tels quels aux résultats expérimentaux de Trèves. □

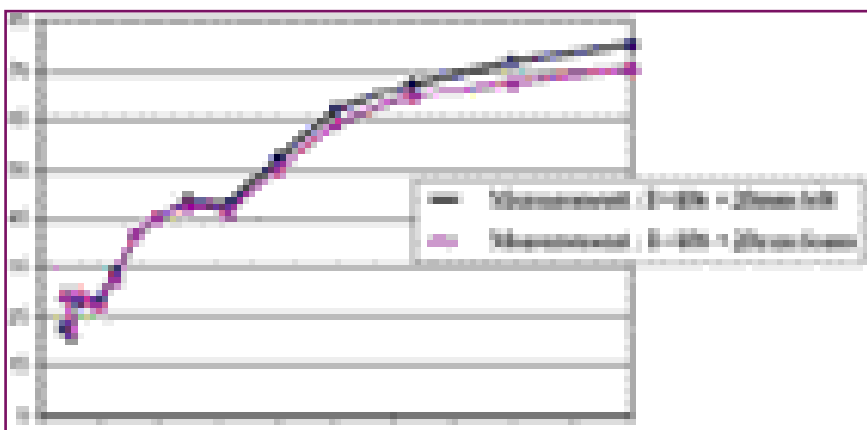


Figure 8

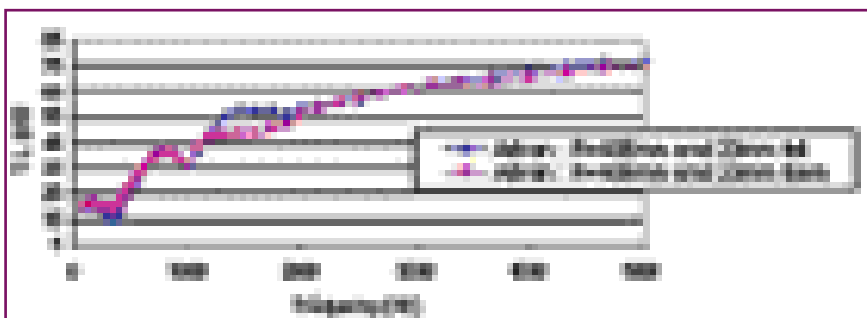
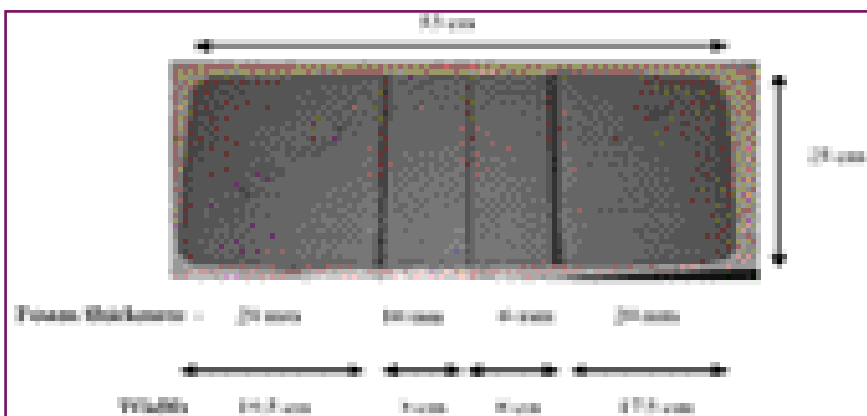


Figure 9



Panneau traité multi-couche avec variations d'épaisseur.