

Evaluation de la contribution acoustique des panneaux d'une automobile en basses fréquences.

Journées EXACT Compiègne 2019

Le bruit perçu à l'intérieur d'une automobile est le résultat du produit de sources extérieures excitatrices (Vibratoires, acoustiques) et de la capacité de la structure à transmettre ces excitations (Transferts). Ces transferts décrivent le comportement propre de la structure et sont en quelque sorte sa « carte d'identité ».

Les différentes sonorités obtenues selon les motorisations sur un même véhicule sont donc des caractères propres aux sources.

L'exercice présenté au sein des journées EXACT#3 (à l'UTC Compiègne les 20/21/22 Mars 2019) consiste à évaluer le contenu d'un de ces transferts de structure, en l'espèce, le transfert liant une fixation moteur sur caisse au bruit intérieur.

Ce transfert caractérisé en Pa/N (Appelé « transfert bruit »), illustre la conséquence en bruit à l'oreille conducteur de l'application d'un impact de 1 N sur cette fixation moteur.

Christophe Thevenard

Référent Acoustique & Vibrations. Renault SAS

Après des études d'électrotechnique puis une spécialisation en Acoustique et Traitement du Signal au Mans en 1992, il entre chez Renault en 1996 au service Synthèse Acoustique et vibrations. Spécialisé dans la branche « véhicules aux particuliers » (VP), il participe aux projets Véhicules Utilitaires (VU) et Renault Sport. Dans le cadre de ses fonctions, il a été consulté par Renault F1 et EDF sur des problématiques d'analyse modale. Il intervient ponctuellement depuis 2017 lors des travaux pratiques d'acoustique dispensés à l'Université Technologique de Compiègne.

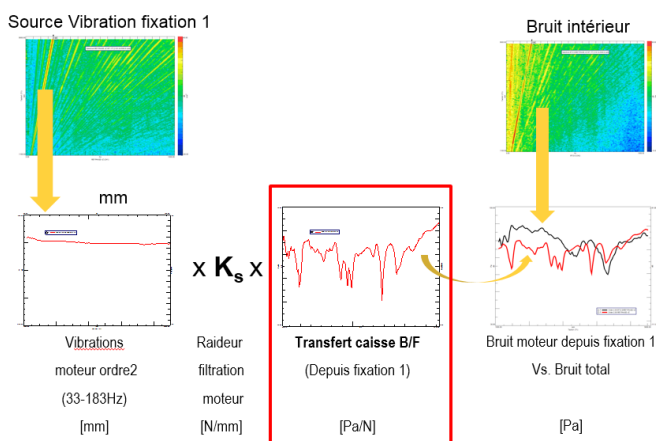


Figure 1 - positionnement du transfert bruit dans le schéma général de génération du bruit intérieur

Ce transfert est lui-même la somme des activités vibro-acoustiques des panneaux (Parebrise, pavillon, plancher...). Dans l'exercice présenté lors de ces journées, on se focalisera sur la part du parebrise dans ce transfert.

Méthodologie :

Le transfert bruit au travers du parebrise peut-être décomposé en produit de deux transferts :

- Le transfert vibratoire de la fixation moteur vers le parebrise (en m/N) : il relie la vibration du parebrise à une excitation unitaire en effort de la fixation moteur.
- Le transfert acoustique du parebrise vers l'oreille conducteur : il relie la pression au point oreille au « débit » du parebrise, soit la vibration moyenne pondérée par la surface du parebrise.

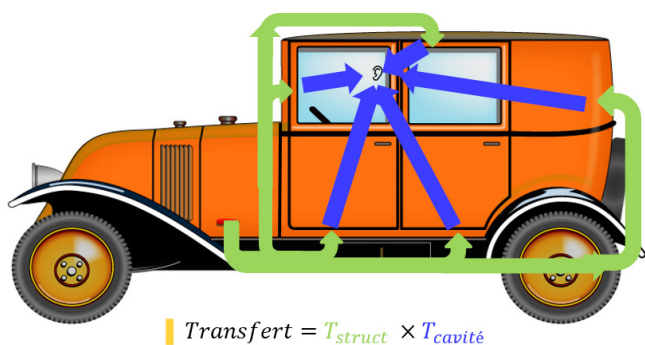


Figure 2 - Le transfert global comme produit de deux transferts

La contribution du parebrise est évaluée ensuite via la formule :

Transfert caisse via un panneau:

$$\frac{Bt_j}{F_i} = \frac{Q'_{p_j}}{F_i} \times \frac{Bt_j}{Q'_{p_j}} = S_p \frac{\bar{Y}_p}{F_i} \times \frac{Bt_j}{Q'_{p_j}}$$

S_p : Surface du panneau en m²

$\frac{\bar{Y}_p}{F_i}$: Moyenne vibratoire du panneau p sous excitation j

$\frac{Bt_j}{Q'_{p_j}}$: Réponse au point j sous excitation en débit unitaire (Q=1 m³/s) du seul panneau p.

Figure 3 - Combinaison des FRFs mesurées pour l'évaluation de la contribution d'un panneau.

Mise en œuvre :

- Transfert vibratoire du parebrise

Le parebrise étant le siège de modes propres (Le parebrise ne vibre pas de manière homogène), un maillage de 20 à 25 accéléromètres sur l'ensemble de sa surface est nécessaire pour évaluer le débit acoustique correctement jusqu'à 200 Hz. Un marteau d'impact, embarquant un capteur d'effort, est utilisé pour procéder à l'application d'un effort au point de fixation moteur. Les fonctions de transfert mesurées sont de la forme accélération/force, soit $m/s^2/N$. Elles sont mesurées dans la bande 0-250 Hz, avec une résolution de 0.5 Hz.

- Transfert Acoustique dans la cavité

En théorie, le transfert acoustique en un point du parebrise et l'oreille conducteur devrait être mesuré avec la mise en place d'une source acoustique en chaque point du parebrise. Technologiquement, il est difficile d'obtenir de petites sources ponctuelles efficaces en basses fréquences. On choisit de contourner le problème en exploitant le principe de réciprocité acoustique, stipulant qu'un transfert du type Bruit/Débit ($[Pa]/[m^3/s]$) entre un point A et un point B est égal au transfert du point B au point A. Ce principe est connu depuis longtemps, et est présent dès 1893 dans l'ouvrage « Theory of sound » de Lord Rayleigh » à propos de résultats d'Helmholtz.

294. On his extension of Green's theorem (1) Helmholtz founds his proof of the important theorem contained in the following statement: *If in a space filled with air which is partly bounded by finitely extended fixed bodies and is partly unbounded, sound waves be excited at any point A, the resulting velocity-potential at a second point B is the same both in magnitude and phase, as it would have been at A, had B been the source of the sound.*

On dispose alors une source basses fréquences équipée d'un capteur de débit (Accéléromètre sur la membrane, homogène à une « accélération volumique » : m^3/s^2) au point oreille et la pression est mesurée par de petits microphones en chacun des points du parebrise.

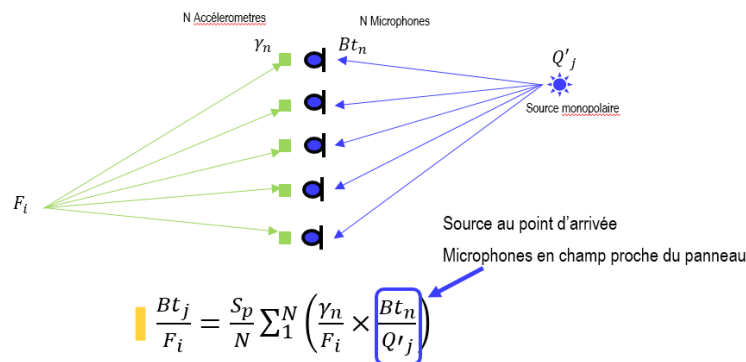


Figure 4 - Utilisation de la réciprocité pour la mesure des FRFs cavité.

Pour valider la réciprocité en basses fréquences, la source doit répondre à quelques conditions de réussite : monopolaire dans le domaine d'étude et suffisamment énergétique en basses fréquences. Ces conditions imposent une technologie de HP clos pour l'aspect monopolaire et un certain volume pour la performance en basses fréquences. Pour une application automobile où les excitations moteur sont rares en dessous de 20 Hz, une source d'une dizaine de litres munie d'un HP de 15 cm convient parfaitement.

Résultats :

La moyenne des produits des deux jeux de fonctions de transferts (2×20 pour le parebrise) pondérée par la surface du panneau permet d'obtenir la contribution du parebrise en basses fréquences, directement comparable au transfert total. La méthode, étendue à d'autres panneaux, permet d'évaluer le rôle de chaque panneau dans le transfert total. Dans l'exemple ci-dessous, on constate clairement une participation du parebrise entre 70 et 80 Hz pour le point de fixation moteur. Le toit (ou « pavillon » dans le langage automobile) est quant à lui responsable du bruit dans la bande 50-70Hz. On peut remarquer des niveaux de contributions supérieures au transfert bruit mesuré directement : ce phénomène est dû à la combinaison avec d'autres panneaux, pouvant fonctionner en opposition de phase ou légèrement déphasés, réduisant ainsi le bruit total résultant.

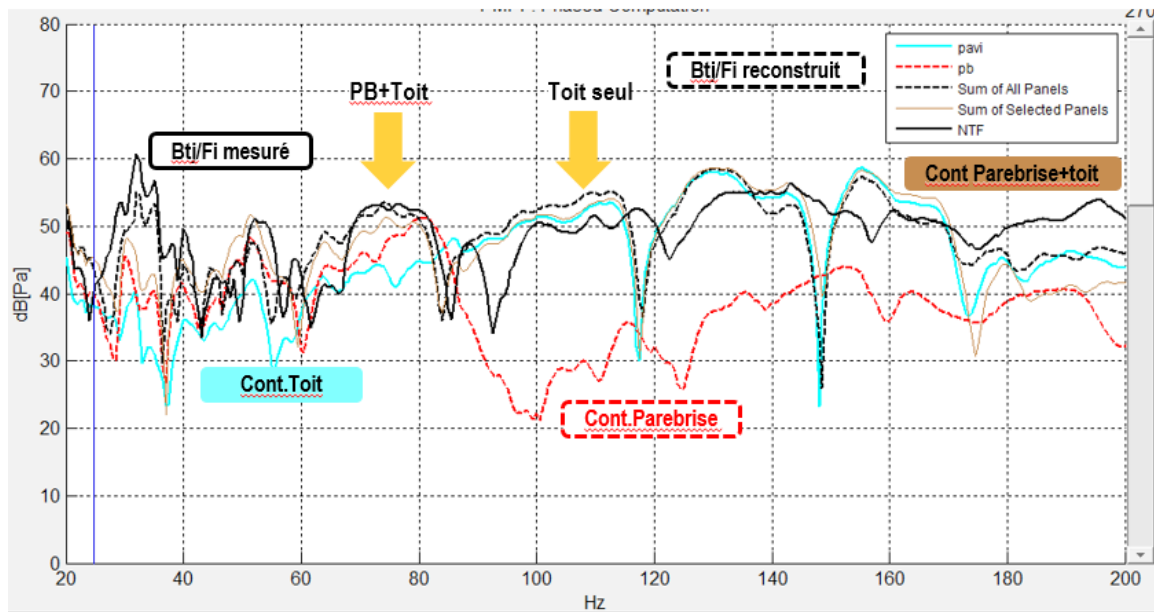


Figure 4 - Bilan des contributions toit + parebrise

A PROPOS DE

PCB Piezotronics est fournisseur d'équipements de moyens d'essais pour les essais mécaniques, les essais acoustiques et le monitoring industriel. Nous y associons nos services et nos connaissances applicatives pour contribuer à l'amélioration technique et économique de la performance de nos clients dans la réalisation de leurs essais.

S'appuyant au quotidien sur trois piliers fondateurs : *Qualités produits, Compétences Applicatives et Services Clients*, PCB Piezotronics propose une offre adaptée aux secteurs de l'industrie, énergie, automobile, R&D, aéronautique, aérospatial et militaire.

PCB PIEZOTRONICS

Immeuble DISCOVERY
Parc Technologique
Route de l'Orme
91190 SAINT AUBIN

Contact :

Maiwenn COURBOT

01 69 33 19 65

mcourbot@pcbpiezotronics.fr

Mesure-as-a-Service
Qualité | Compétences | Services