



**HAL**  
open science

## Comportement vibro-acoustique d'une cabine de camion : comparaison numérique/expérimentale en basses fréquences

Arnaud Bastiat, Céline Sandier, Youssef Gerges, Fabien Acher, Pascal Vouagner, Cécile Deslot, Kerem Ege

### ► To cite this version:

Arnaud Bastiat, Céline Sandier, Youssef Gerges, Fabien Acher, Pascal Vouagner, et al.. Comportement vibro-acoustique d'une cabine de camion : comparaison numérique/expérimentale en basses fréquences. Congrès Français de Mécanique, CFM 2015, Aug 2015, Lyon, France. hal-01217640

**HAL Id: hal-01217640**

**<https://hal.science/hal-01217640>**

Submitted on 15 Feb 2021

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Comportement vibro-acoustique d'une cabine de camion : comparaison numérique/expérimentale en basses fréquences

A. Bastiat<sup>a</sup>, C. Sandier<sup>b</sup>, Y. Gerges<sup>c</sup>, F. Acher<sup>d</sup>, P. Vouagner<sup>e</sup>, C. Deslot<sup>f</sup>, K. Ege<sup>g</sup>

a. ACOEM, 200 chemin des Ormeaux, F-69578 Limonest, [arnaud.bastiat@acoemgroup.com](mailto:arnaud.bastiat@acoemgroup.com)

b. Laboratoire Vibrations Acoustique, INSA-Lyon, 25 bis Avenue Jean Capelle, F-69621 Villeurbanne Cedex, France, [celine.sandier@insa-lyon.fr](mailto:celine.sandier@insa-lyon.fr)

c. Laboratoire Vibrations Acoustique, INSA-Lyon, 25 bis Avenue Jean Capelle, F-69621 Villeurbanne Cedex, France, [youssef.gerges@insa-lyon.fr](mailto:youssef.gerges@insa-lyon.fr)

d. VOLVO GTT, 99 route de Lyon, F-69800 Saint-Priest, [fabien.acher@volvo.com](mailto:fabien.acher@volvo.com)

e. ACOEM, 200 chemin des Ormeaux, F-69578 Limonest, [pascal.vouagner@acoemgroup.com](mailto:pascal.vouagner@acoemgroup.com)

f. ACOEM, 200 chemin des Ormeaux, F-69578 Limonest, [cecile.deslot@acoemgroup.com](mailto:cecile.deslot@acoemgroup.com)

g. Laboratoire Vibrations Acoustique, INSA-Lyon, 25 bis Avenue Jean Capelle, F-69621 Villeurbanne Cedex, France, [kerem.ege@insa-lyon.fr](mailto:kerem.ege@insa-lyon.fr)

## Résumé :

*Cette étude s'inscrit dans le cadre du projet CLIC (City Lightweight Innovative Cab) dont le but est l'allègement d'une cabine innovante de camion. Cet allègement est rendu possible par l'utilisation d'acier THLE permettant une réduction des épaisseurs de tôles tout en gardant une résistance mécanique répondant aux normes applicables (crash principalement). Cet allègement entraîne une dégradation des performances acoustiques de la cabine qui nécessite la mise en place de solutions acoustiques innovantes. Le projet repose pour cela sur une démarche numérique et expérimentale, permettant de quantifier de manière réaliste l'impact de l'allègement. Ce papier présente une comparaison entre simulations numériques et mesures expérimentales réalisées sur une cabine de référence existante. Plusieurs indices de performance acoustique ont été pris en compte afin de qualifier le comportement vibro-acoustique de cette cabine et d'apporter une méthode de modélisation représentative des comportements réels.*

## Abstract :

*As part of the CLIC project (City Lightweight Innovative Cab), the mass reduction of an innovative cab is considered in order to answer today's problems on urban trucks. This mass reduction is possible by using innovative material (THLE steel) which allows a reduction of sheet thickness while keeping an acceptable mechanical strength which satisfies crash standards. This thickness reduction will lead to a deterioration of acoustic performance of the cab that will require to be compensated by the introduction of innovative acoustic solutions. A simulation approach to quantify in a realistic way the impact of mass reduction is presented. This paper presents a comparison between numerical*

*simulation and experimental measurement performed on an existing reference cab. Several indices of acoustic performance have been considered in order to qualify the vibro-acoustic behavior of the cab and make a modeling method to simulate realistically the behavior.*

## **Mots clefs : Noise-Vibration-Harshness, simulation, mesure, cabine de camion**

### **1 Introduction**

Source de nuisances en centre-ville, le transport de marchandises représente entre 10% et 15% des déplacements de véhicules et 30% du bilan énergétique des transports en ville (énergie, polluants...). Le projet CLIC (City Lightweight Innovative Cab) se propose de répondre aux problématiques liées aux camions à travers la conception d'une cabine de camion innovante (camion de livraison urbain / péri-urbain). Au-delà d'une optimisation de l'architecture, l'objectif principal fixé pour cette cabine est son allègement de 20 à 25% grâce à l'utilisation d'aciers à très haute limite élastique (THLE) afin de réduire les émissions de CO<sub>2</sub>. Ce projet vise aussi à développer de nouvelles méthodes dans le domaine de l'acoustique car l'allègement de la structure conduira, si rien n'est fait, à une dégradation importante des performances acoustiques de la cabine. Afin de valider les méthodes de modélisation et de maîtriser les paramètres sensibles, une première étape consiste à recalibrer le modèle éléments finis d'une cabine existante (nue et avec habillage) avec les mesures vibro-acoustiques réalisées sur cette même cabine. Cette étape permettra notamment d'effectuer des études de sensibilités pour différents paramètres et obtenir ainsi un modèle de simulation représentatif.

### **2 Méthodologie**

#### **2.1 Performance NVH basse fréquence**

Afin de quantifier les performances vibro-acoustiques de la cabine, plusieurs indicateurs sont considérés :

- Les inertances (fonctions de transfert accélération/effort appliqué) sur chaque face caractérisent la capacité des parois à vibrer et donne une indication du niveau de bruit rayonné.
- Les fonctions de transfert bruit/effort appliqué caractérisent le niveau acoustique transmis à un point cible (les oreilles du conducteur) pour une excitation de paroi donnée.
- La transparence acoustique des parois exposées aux bruits extérieurs quantifie l'atténuation des bruits externes transmis à l'intérieur de la cabine.

#### **2.2 Présentation du modèle éléments finis**

Un modèle éléments finis d'une cabine existante a été développé sous NASTRAN. Le maillage interne de la cavité acoustique est ajouté au modèle afin de calculer les fonctions de transfert bruit / excitation. L'habillage de la cabine est pris en compte en considérant des masses ponctuelles sur les points de fixations. La sensibilité du modèle à différents paramètres est étudiée (raideur des joints de porte, raideur de collage des vitres) afin de concevoir un modèle robuste [1], [2]. Les conclusions de ces études permettent de concevoir un modèle performant des cabines innovantes et allégées.

#### **2.2 Présentation des mesures**

Les mesures vibro-acoustique portent sur plusieurs points :

- Analyse modale des 5 faces de la cabine nue (pare-brise, face arrière, portières, plancher) : mesure au laser à balayage (sauf plancher) avec excitation pot vibrant au niveau du support avant droit [4].
- Mesure des fonctions de transfert accélération/force et pression/force pour plusieurs points d'excitations et de réponse (supports, tunnels, plancher, face arrière) : les mesures sont réalisées pour différentes configurations d' « habillage » de la cabine (nue, floormat, habillage arrière, complètement « habillée ») [5].
- Transparence acoustique de la face arrière sans habillage : la source est placée à l'intérieur de la cabine dans laquelle on considère que le champ est diffus. La puissance transmise est mesurée à l'aide d'une sonde pression-vitesse.

### 3 Analyse modale

L'analyse modale de la cabine a montré une rupture d'impédance entre les faces (à l'exception de quelques modes globaux en très basse fréquence) [3], [5]. Ceci permet une comparaison calcul/mesure face par face. La comparaison numérique / expérimental montre des similitudes sur la plupart des faces avec une erreur fréquentielle de l'ordre de 5% et une bonne correspondance des déformées. La figure 1 présente une comparaison des déformées numérique et expérimentale de la face avant de la cabine.

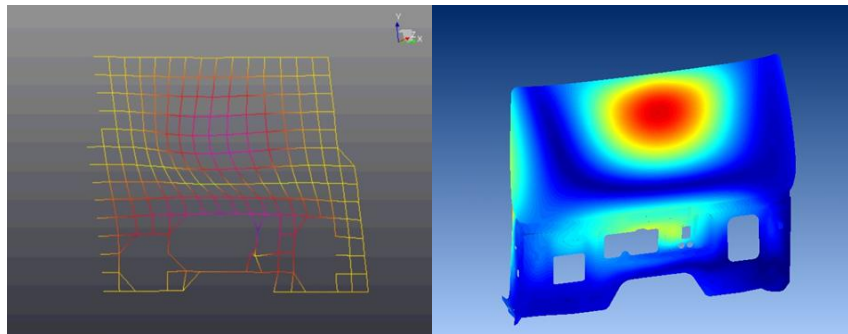


Figure 1 : Comparaison modale sur la face avant – déformée expérimentale à gauche et déformée calculée à droite

### 4 Fonctions de transfert (inertance et transfert bruit)

Les fonctions de transfert sont calculées pour une excitation unitaire dans la direction normale à chaque face. Les résultats de simulation permettent de quantifier l'erreur sur la réponse obtenue par rapport aux mesures. Les figures 2 et 3 montrent l'inertance au centre du pare-brise et la fonction de transfert du bruit/effort aux oreilles du conducteur pour une excitation située au centre du pare-brise. Deux raideurs de colle (module d'Young) sont simulées et comparées avec les résultats de mesure. On constate que les simulations avec la colle 1 donne une réponse plus proche de celle de la courbe mesurée en ce qui concerne l'inertance au centre du pare-brise. De même, la comparaison des fonctions de transfert bruit/effort confirme que la colle 1 permet d'approximer le comportement vibro-acoustique de la face avant de manière plus correcte.

Cette valeur de raideur de colle sera donc réutilisée pour la construction des prochains modèles de cabine innovante.

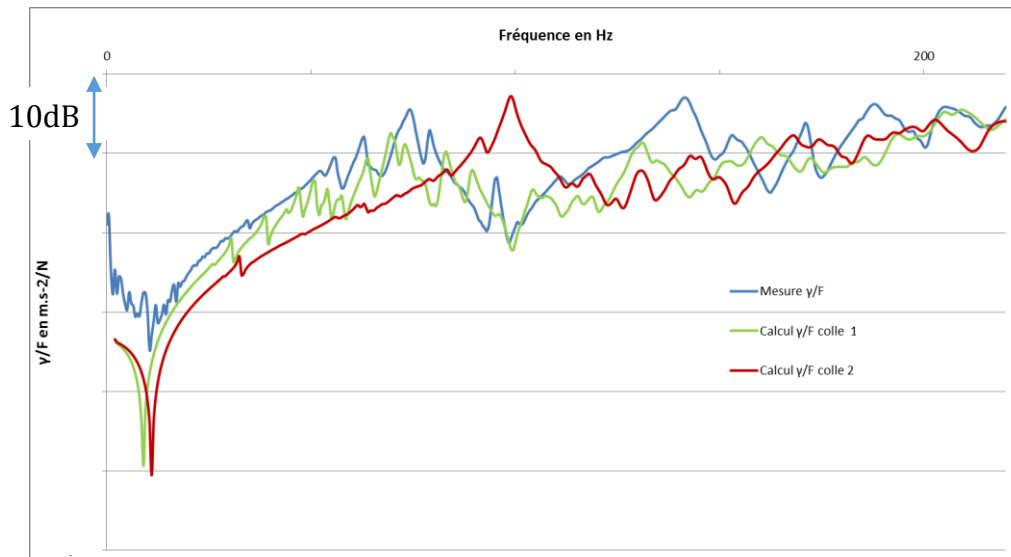


Figure 2 : Inertance au centre du pare-brise avant

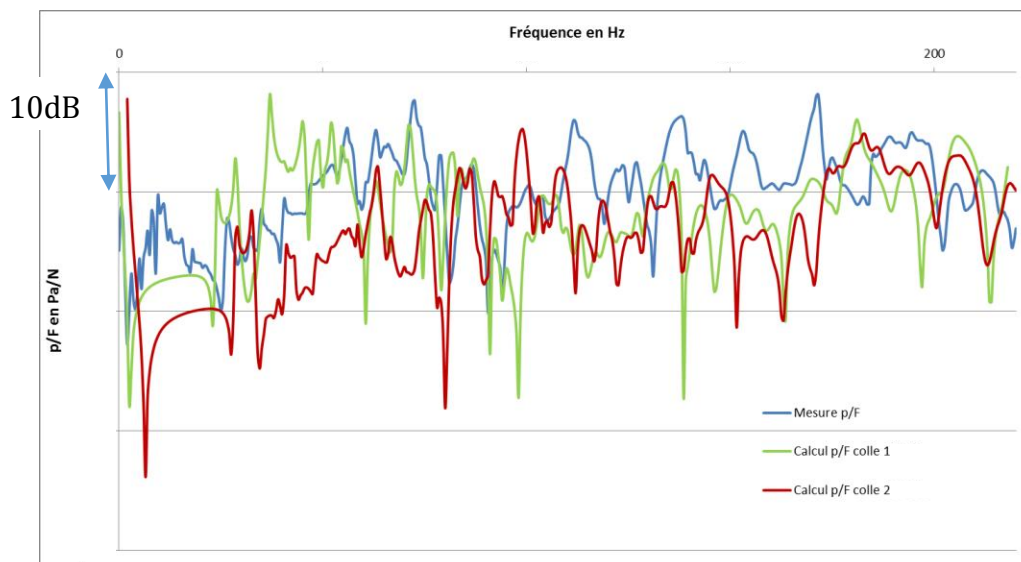


Figure 3 : Fonction de transfert bruit/effort pour une excitation au centre du pare-brise avant

La dissipation est considérée à travers un amortissement modal qui est identique pour tous les modes. Cette valeur varie en fonction des faces étudiées (le pare-brise est bien moins amorti que le plancher). Bien que l'approximation de l'amortissement soit grossière, les valeurs obtenues permettront, lors des futures modélisations, de simuler un amortissement plausible pouvant être apporté à la structure grâce à des habillages. Ces résultats montrent une bonne corrélation calculs / essais, permettant de valider les valeurs à prendre pour les différents paramètres de modélisation ajustables (raideurs de colle et de joints, amortissements modaux).

## 5 Transparence acoustique

Le TL (Transmission Loss) quantifie l'atténuation des bruits externes transmis à l'intérieur de la cabine. Pour être pertinent cet indice doit être calculé pour les parois les plus exposées aux bruits extérieurs (plancher et face arrière). Seule la transparence acoustique de la face arrière a été mesurée sur la cabine nue. La figure 4 montre la transparence acoustique mesurée sur la face arrière ainsi que la transparence acoustique calculée sur le modèle présenté précédemment.

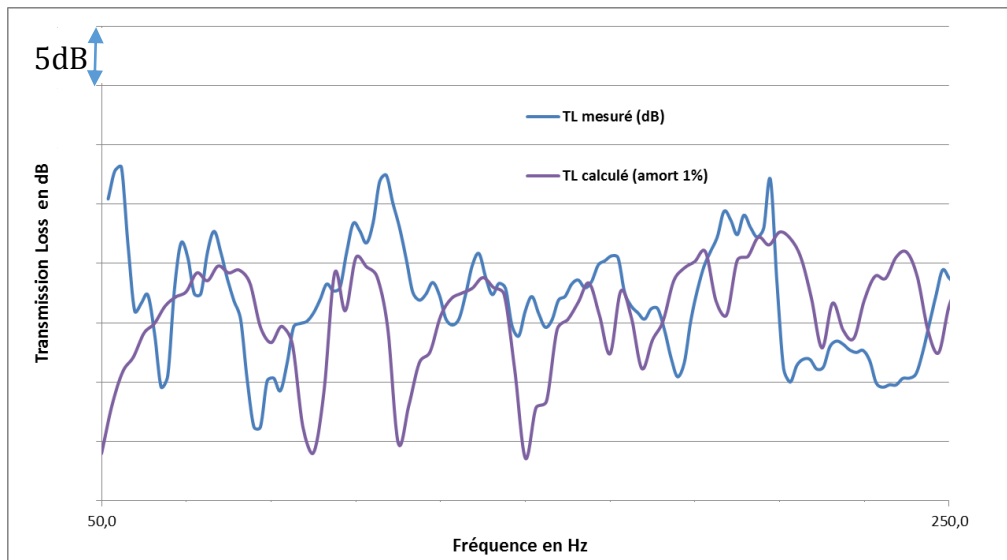


Figure 4 : Comparaison calcul/mesure de la transparence acoustique

Les résultats montrent un comportement similaire en fréquence entre la simulation et les mesures. Sur les résultats de simulation, il apparaît cependant, deux chutes du TL qu'on ne retrouve pas sur les courbes de TL mesurées.

## 6 Conclusion

Le rapprochement entre simulations et mesures expérimentales a permis de construire un modèle robuste en identifiant et maîtrisant les principaux paramètres de modélisation et les simulations nécessaires à la qualification acoustique d'une cabine. Les résultats finaux ont montré une bonne représentativité du comportement vibro-acoustique de la cabine que ce soit pour sa version nue ou habillée. L'amortissement apporté par les habillages sur chaque face a pu être approximé de manière grossière à partir des fonctions de transfert mesurées (une valeur d'amortissement global utilisée par face étudiée). Pour compléter et améliorer les calculs de transparence présentés dans ce document, de nouvelles mesures et simulations seront effectuées afin de quantifier l'impact des habillages présents sur cette face arrière. En parallèle de cette étude en basse fréquence, une comparaison simulation/mesure en moyenne fréquence est en cours de réalisation afin de caractériser les propriétés acoustiques de la cabine dans ces bandes de fréquences [6].

Cette première étape réalisée sur une cabine existante et les résultats obtenus vont maintenant permettre de construire un modèle vibro-acoustique représentatif de la cabine innovante et de sa version allégée. Les pertes de performances acoustiques en basses fréquences pourront ainsi être quantifiées de manière fidèle et les solutions à mettre en place (au niveau des habillages par exemple), pour compenser l'allègement sur un plan acoustique, seront simulées.

## Remerciements

Ce travail a été cofinancé par le gouvernement français (FUI 12 - Fonds Unique Interministériel) et l'union européenne (FEDER - Fonds européen de développement régional). Il a été en partie réalisé au sein du LabExCeLyA ("Centre Lyonnais d'Acoustique", ANR-10-LABX-60) dans le cadre du projet de recherche CLIC ("City Lightweight Innovative Cab") proposé par le cluster LUTB

(LyonUrbanTruck and Bus), en partenariat avec Renault Trucks, Arcelor-Mittal, ACOEM, ALTRAN, FEMTO-ST (Univ. de Franche-Comté) et LVA (INSA de Lyon).

## Références

- [1] F. Canolle, Modélisation numérique d'assemblages soudés par points en vue d'une analyse vibro-acoustique, rapport de stage (Master) S0427 - DOC16417, ACOEM, Septembre 2012
- [2] F. Canolle, Modélisation vibro-acoustique d'une cabine de poids-lourd, rapport de stage S0426 - DOC16416, ACOEM, Juin 2012
- [3] J. Armagnat, Modélisation du comportement vibratoire d'une cabine de poids-lourd, rapport de stage S0442 - DOC16647, ACOEM, Mars 2013
- [4] M. Guillen, Modal testing of the body in white of a truck cabin, rapport de stage, Projet CLIC - Work-Package 5, LVA, Février 2013
- [5] K. Egeet C. Sandier, Détermination expérimentale des raideurs dynamiques locales et des fonctions de transfert bruit p/F sur cabine nue et habillée, rapport de mesure, Projet CLIC – Work-Package 5&6, LVA, Mai 2014
- [6] Y. Gerges, K. Ege, L. Maxit, N. Totaro, J.L. Guyader, Mid Frequency Vibroacoustic Modeling of an Innovative Lightweight Cab-Floor/Cavity Interaction, XIX-th symposium Vibrations, SHocks and NOise (VISHNO), Aix en Provence, Juin 2014