

Session A3 : Acoustique des habitacles et cabines – Passenger compartments and cabs

Etude acoustique d'une cabine de véhicule industriel Acoustical study of a truck cab

Jean-Pierre Bardon,

*Chef du Département Confort-Bruit-Vibrations,
VOLVO GLOBAL TRUCK-RENAULT Product Development,
99, route de Lyon,
69802 Saint-Priest*

Du bruit extérieur au confort acoustique...

Pendant de très nombreuses années, le travail de l'acousticien dans le domaine du véhicule industriel a consisté à développer des solutions pour réduire le bruit émis à l'extérieur des véhicules, afin de satisfaire les exigences fixées par le législateur en terme de nuisances sonores.

Aujourd'hui, si cette activité demeure encore importante, de nouvelles exigences ont été formulées par les conducteurs routiers en terme de confort, conduisant l'acousticien à renforcer son activité dans l'amélioration du confort acoustique des cabines.

Nous allons voir quels processus ont été mis en œuvre pour satisfaire cette demande du client dans les meilleures conditions.

Le confort à bord d'une cabine

Les conditions de travail du conducteur routier doivent s'améliorer au risque d'une désaffection pour ce métier, comme le souligne une étude récente de la FNTR (Fédération Nationale des Transporteurs Routiers). Le temps passé à l'intérieur de la cabine par le conducteur est important. Il faut en effet prendre en compte le temps de conduite, mais aussi les temps de repos auxquels s'ajoutent maintenant des temps de tâche administrative de gestion de fret. L'acoustique est un des éléments contribuant à la perception globale du confort, dans ces différentes situations de vie dans la cabine, en roulage où il est nécessaire de filtrer les bruits de fonctionnement du véhicule, à l'arrêt où c'est une bonne isolation vis-à-vis des bruits environnants qui permet d'offrir des conditions satisfaisantes de repos ou de travail à bord et facilite l'utilisation des moyens de communication avec l'extérieur.

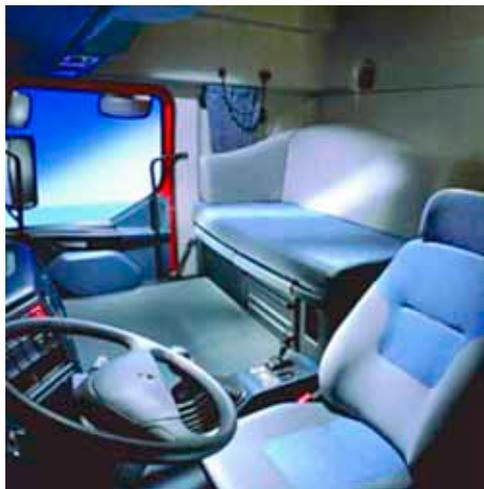


Fig. 1 : RENAULT PREMIUM Single... pour le confort du conducteur

Le bruit extérieur

Les niveaux imposés aux véhicules routiers de plus de 3,5 t de PTAC et d'une puissance de plus de 225 kW ont baissé de 8dB(A) en une dizaine d'années en Europe.

Le confort acoustique

Dans le même temps, le bruit moyen mesuré en situation de roulage à l'intérieur des cabines de ces mêmes véhicules européens a été réduit de 4 à 6 dB(A).

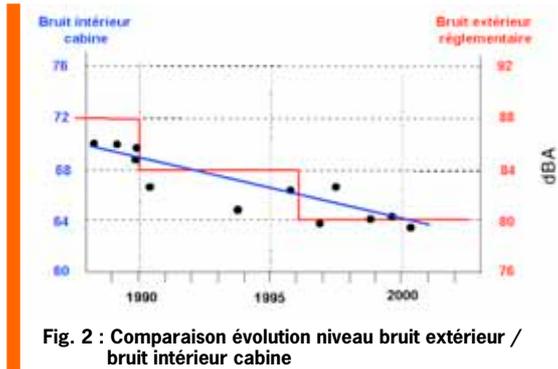


Fig. 2 : Comparaison évolution niveau bruit extérieur / bruit intérieur cabine

L'acoustique d'un véhicule industriel

Pour savoir si seuls les gains obtenus par la réduction des niveaux sonores extérieurs justifient les écarts sur le bruit intérieur, un bref aperçu des composants d'un véhicule industriel ayant une influence sur l'acoustique est nécessaire et permet de positionner la complexité des problèmes à traiter.

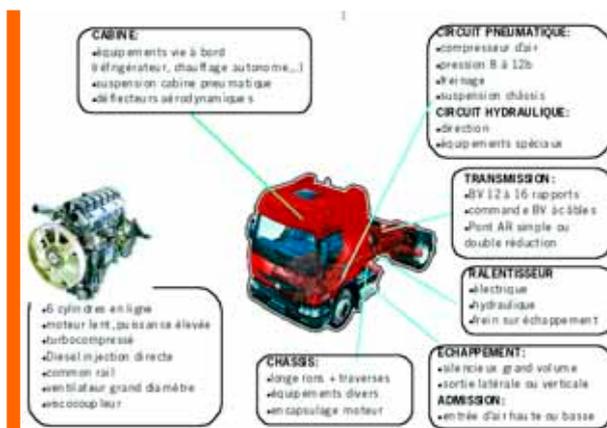


Fig. 3 : composants techniques d'un véhicule industriel à caractéristiques

Sources et solutions pour le bruit extérieur

Les sources principales sont le moteur, la transmission, l'admission, l'échappement et les pneumatiques. Il faut noter que les conditions de mesures actuelles du bruit extérieur sont très éloignées des conditions réelles d'utilisation du véhicule. En effet la procédure réglementaire impose que le véhicule soit présenté à vide, sans carrosserie, sans remorque et mesuré en pleine accélération à des régimes proches du régime de coupure moteur. Cette méthode devrait évoluer prochainement pour être plus représentative des nuisances réelles. Elle aura aussi pour conséquence de rapprocher encore plus les solutions techniques demandées pour le bruit extérieur et intérieur.

Les moteurs initialement encapsulés pour réduire l'effet de leur rayonnement acoustique ont subi de profondes modifications dans leur structure par exemple nervurage, renfort de bas de bloc, et dans leur système d'injection avec la gestion électronique associée au common-rail permettant une meilleure optimisation des bruits de combustion.

Des actions ont été menées sur les engrenages des boîtes de vitesses et des ponts pour minimiser les erreurs cinématiques et ainsi le sirènement.

Ce type d'actions de réduction du bruit à la source a permis de supprimer un certain nombre d'écrans acoustiques exigés pour le bruit extérieur, avec un impact plus important sur le bruit intérieur du véhicule.

Sources et solutions pour le confort acoustique

On retrouve, bien sûr les mêmes sources dues à la chaîne cinématique du véhicule, auxquelles viennent s'ajouter des sources très diverses allant de la génération d'air comprimé nécessaire au fonctionnement des freins ou des suspensions, au bruit généré par le chauffage autonome ou le réfrigérateur lorsque le véhicule est à l'arrêt. Il faut aussi noter que l'architecture d'un camion contient des voies de transfert très spécifiques (cadre châssis, étages de suspension...).

Les conditions d'usage des véhicules par les clients sont extrêmement variées, distribution urbaine, transport autoroutier longue distance, variation de charge, équipements... A l'inverse du bruit extérieur, les solutions développées pour le bruit intérieur doivent être robustes pour couvrir ce large spectre d'utilisation.

Sur l'exemple du moteur, les solutions précédemment citées ont été complétées par des modifications sur la pignonnerie d'entraînement des accessoires (maîtrise des jeux, erreur cinématique, rayonnement de carter) pour traiter des bruits apparaissant soit au ralenti, soit en charge partielle. Des modifications ont été faites sur le circuit de suralimentation (turbo, rayonnement des conduits, résonateurs) pour traiter des bruits de turbo. De même la gestion électronique de l'injection a permis de gérer plus efficacement les effets de couplage avec les modes de chaîne cinématique sur des régimes transitoires par exemple.

La cabine constitue la partie la plus importante pour le résultat final en confort acoustique. Située directement au dessus de la source moteur, son isolation ne supporte aucun défaut.

Tout d'abord, il faut considérer l'isolation de la voie solidienne. C'est principalement le rôle de la suspension cabine. Sa fonction principale est de filtrer les irrégularités de la route, soit un domaine de fréquence très différent, et de garantir une bonne tenue de la cabine par rapport au châssis. Les solutions passent le plus souvent par une très bonne inertance côté cabine (dimensionnement de la caisse en blanc) et des taux de rigidification dynamique des articulations élastiques de la suspension cabine les plus bas possibles. Par ailleurs, la technologie des câbles appliquée sur la majeure partie de la gamme Renault VI a permis de réduire la voie de passage due à la commande de vitesses. A noter que dans le cas des véhicules à admission d'air haute, une filtration de la cheminée est nécessaire.

Pour l'isolation de la voie aérienne, un travail important est réalisé sur la conception de la structure de la cabine pour réduire le rayonnement des panneaux, avec une attention toute particulière sur le plancher (nervurage, galbe, amortissants locaux) et pour minimiser les voies de

passage dans les corps creux. Les garnissages intérieurs intègrent des caractéristiques acoustiques d'isolation et d'absorption, en plus de leur fonction design ou rangements.

Le confort acoustique résulte aussi de l'absence de bruits parasites type grincement, grésillement. Toutes les pièces d'aménagements intérieurs, les rangements, les accessoires font l'objet d'un traitement acoustique au sens de la compatibilité entre les matières, ou de la limitation des jeux de fonctionnement.

Le processus de développement acoustique

Nous allons voir dans ce chapitre quel est le processus mis en œuvre pour définir et optimiser ces solutions acoustiques.

Les exigences en terme de poids - l'objectif d'un camion est de transporter des marchandises - et de prix - la rentabilité est du premier ordre pour un transporteur -, d'une part, ainsi que la diversité des sources et la complexité des voies de transferts acoustiques et vibratoires d'autre part, n'autorisent pas une démarche basée sur une unique mise au point du confort acoustique dans les phases finales de développement d'un projet.

L'efficacité et le potentiel d'optimisation des solutions acoustiques dans un compromis global doivent être analysées et définies dès l'origine de la conception d'un nouveau produit. C'est la démarche adoptée par Renault VI, dans un processus de conception - vérification - validation ou processus de « déploiement de la prestation ». Il nécessite la mise en œuvre d'outils métiers les plus appropriés à chaque étape du développement.

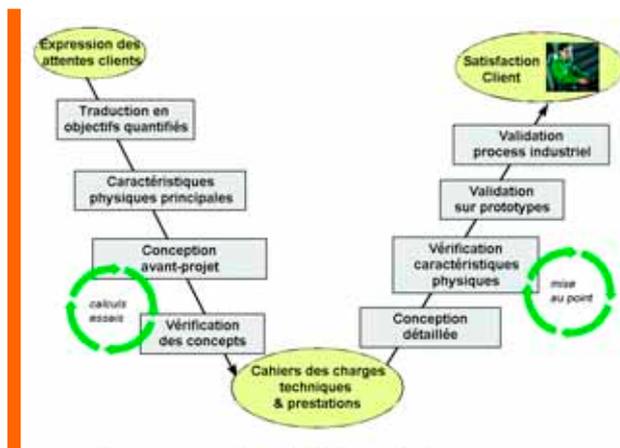


Fig. 4: Processus conception - vérification - validation

A partir d'enregistrements à l'intérieur des cabines de véhicules du marché, cette attente client est exprimée en unités acoustiques. Ce premier étalonnage sert de référence tout le long de la vie du projet, mais a peu d'utilité pour le concepteur.

Des mesures dans des conditions de roulage spécifiques et reproductibles permettent de quantifier tous les types de bruit qu'ils soient déterministes ou aléatoires. Les cibles à atteindre par famille de bruit sont ainsi précisées. Par exemple, il est possible de définir le niveau de bruit souhaité en basse fréquence dû au fondamental d'explosion moteur.

L'analyse sur des moyens dédiés de la génération, de la propagation et de l'émission de ces bruits par des mesures vibratoires et acoustiques sous excitation réelle ou artificielle fournit les caractéristiques physiques des composants (raideur, amortissement, jeux...). La synthèse qui en est faite, constitue une donnée d'entrée pour le concepteur. Suivant l'exemple du bruit basse fréquence, des caractéristiques de filtration de la suspension cabine sont déterminées. Ainsi dès le début de son étude d'avant projet, le concepteur de la cabine dispose parmi ces critères de conception, de ceux concernant l'acoustique. A noter qu'il s'agit bien de critères de conception, c'est-à-dire de caractéristiques fondamentales et dimensionnantes d'un système et non de cahier des charges précis qui seront élaborés par la suite.

Pour réaliser toute ces analyses, sont mis en œuvre tous les outils de traitement acoustique (spectres, suivi d'ordre, sonagramme, temps - fréquence...).

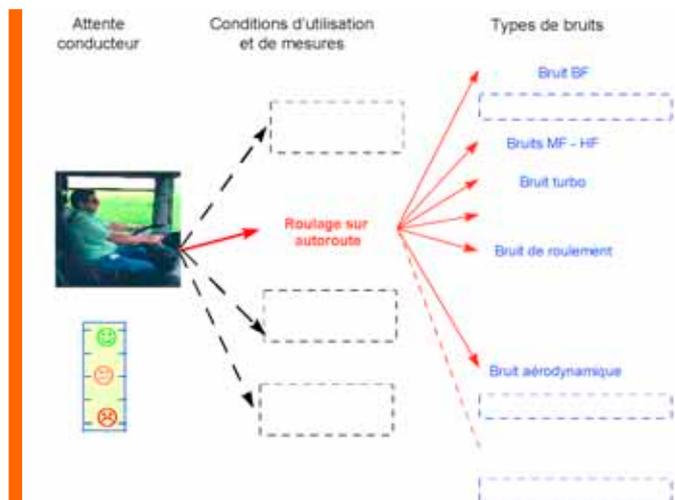


Fig. 5: Déploiement de la prestation confort acoustique

De l'attente client aux critères de conception

L'attente client, définie par le Produit - Marketing est exprimée soit dans le langage client, soit en référence avec des véhicules existants camions ou automobiles. Le travail de l'acousticien consiste à traduire cette attente client dans le langage du concepteur, c'est-à-dire en terme techniques.

De l'avant-projet aux cahiers des charges

Les critères proposés ne tenant pas compte des technologies envisagées, dans une 2e phase, l'acousticien travaille en étroite collaboration avec les concepteurs pour adapter ses exigences aux concepts étudiés. Le prédimensionnement est fait à l'aide d'outils numériques. L'utilisation simultanée de moyens de calculs et d'essais

permet de vérifier le potentiel du concept et de converger plus rapidement vers son optimisation. Des modèles de comportement ou des modèles EF de sous-ensembles avec des conditions limites particulières sont utilisés. Les caractéristiques attendues de filtration de l'exemple précité sont calculées, puis vérifiées sur une maquette et optimisées en fonction des choix de suspension cabine. L'acousticien peut ainsi être amené à pondérer les critères initiaux différemment pour obtenir un résultat global équivalent.

L'ensemble des critères précédents ainsi vérifiés devient un véritable cahier des charges sur lesquels les concepteurs vont pouvoir s'engager, en sachant que les concepts fondamentaux du projet ne seront pas remis en cause dans la suite du développement.

L'acousticien confirme, à cette étape très amont de développement du projet, si les objectifs demandés initialement sont réalistes et seront atteints.

De l'étude de détail à la validation

Les concepts vérifiés sont étudiés dans le détail. Il s'agit pour chacun de gérer au mieux les compromis intrinsèques à un projet complexe comme un véhicule industriel, contraintes entre les diverses prestations, contraintes de coûts, de délais, d'industrialisation... Pour l'acousticien, il s'agit, à travers des essais sur les premiers prototypes roulants, de réaliser une synthèse du confort acoustique du véhicule et de faire quelques ajustements des caractéristiques fondamentales si nécessaire. Son activité est principalement orientée vers le traitement de bruits « particuliers » dus à des systèmes plus simples, c'est-à-dire découplés au sens de la vibro-acoustique. Par ailleurs, il doit également valider la diversité de la gamme et des usages. Ne pouvant à ce stade du développement disposer de toutes les silhouettes de véhicules, cette approche est faite à l'aide de la simulation numérique. Les variations paramétriques sont réalisées à partir de modèles dérivés des modèles corrélés avec les prototypes existants, offrant confiance et performance dans les résultats.

La validation acoustique est prononcée à la fin de cette étape en référence aux attendus clients.



Fig. 6(a) : Cabine longue

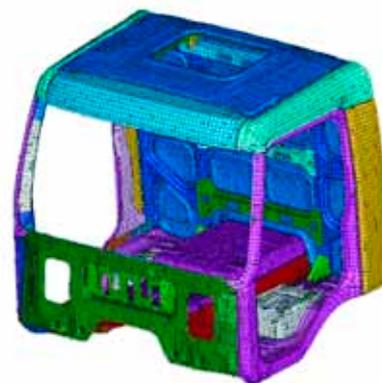


Fig. 6(b) : Cabine courte

De la validation du process industriel au client...

Une dernière étape s'avère nécessaire pour la validation complète du produit. Il s'agit de contrôler que les véhicules produits sur les moyens industriels ont les mêmes caractéristiques que celles des prototypes de validation. La dispersion dans la réalisation des pièces et dans leur montage peut avoir des conséquences importantes sur la prestation finale. L'acousticien doit les identifier avec le maximum de réactivité, en utilisant des moyens d'analyse simple afin de demander aux industriels de mettre les paramètres les plus sensibles sous contrôle. C'est aussi l'occasion de vérifier que la couverture de gamme évaluée dans la phase précédente par calcul est conforme aux objectifs.

Conclusion et perspectives

Cette démarche appliquée par Renault VI a montré son efficacité, en évitant des remises en cause tardive de solutions à la fin du développement des projets. Elle a permis de progresser également dans une utilisation appropriée de tous les outils numériques et expérimentaux, avec une efficacité et une pertinence plus fortes.

Les progrès sont encore à venir dans le domaine de la simulation pour avoir encore plus de réactivité et d'efficacité quelque soit la bande de fréquence considérée, ainsi que dans l'approche de comportement de systèmes complexes impliquant différents domaines de la physique : mécanique, hydraulique, pneumatique, acoustique...

Enfin si le confort acoustique des véhicules industriels a beaucoup progressé, la baisse des niveaux enregistrés devra s'accompagner demain d'une prise en compte de la qualité sonore. Le conducteur est toujours à l'écoute de son véhicule pour assurer sa mission en toute sécurité. Le retour d'informations sur le fonctionnement correct, voire agréable de son véhicule est une demande à prendre en considération.