

Silence en roulant

Laurent Gagliardini

PSA DTI/DITV/IASV/ACV

Route de Gisy

78943 Vélizy-Villacoublay CEDEX

E-mail : Laurent.Gagliardini@mpsa.com

Le silence est l'une des prestations qu'attendent aujourd'hui les acheteurs d'automobile, au même titre que la sécurité ou la consommation de carburant. Cette préoccupation transparait aussi bien dans les tests comparatifs des journaux spécialisés que dans les enquêtes de satisfaction, dans lesquelles près d'un tiers des critiques concernent les bruits, même s'ils sont jugés peu gênants dans la plupart des cas.

Les plus fréquentes concernent les bruits dits parasites, résultants de frottements ou de contacts intermittents entre des pièces. Ces bruits ne peuvent être éradiqués qu'en maîtrisant la proximité entre pièces et en protégeant les zones de contact. C'est pourquoi, ils ne font l'objet que d'un nombre restreint d'études acoustiques.

La majorité des travaux menés lors du développement d'un véhicule concernent les sources de bruit inhérentes au fonctionnement d'un véhicule automobile. On distingue généralement quatre types de bruit :

- le bruit du groupe motopropulseur (GMP) ;
- le bruit de roulement sur la route ;
- le bruit aérodynamique, produit par l'écoulement de l'air autour de la voiture à hautes vitesses ;
- le bruit des équipements comme la climatisation, les sièges, le frein de secours ou les portes électriques.

Ces bruits présentent des intensités sonores et des tonalités variées, dont l'évolution en fonction des conditions opérationnelles est propre à chacun. Ils résultent généralement de plusieurs mécanismes-sources à l'origine de propagations acoustiques et vibratoires autour et dans la carrosserie. Le bruit rayonné par la carrosserie dans l'habitacle est donc le résultat de phénomènes physiques d'une grande complexité.

C'est tout l'enjeu des études acoustiques que de maîtriser l'ensemble des sources et des voies de transfert du bruit.

La perception humaine du bruit présente la caractéristique de distinguer facilement les bruits émergeant du bruit

ambiant, constitué de l'ensemble des autres bruits. On appelle synthèse acoustique d'un véhicule, l'opération qui consiste à respecter un certain équilibre entre les différentes composantes du bruit. L'amélioration de la prestation acoustique ne peut donc venir que d'une réduction homogène de l'ensemble des composantes du bruit.

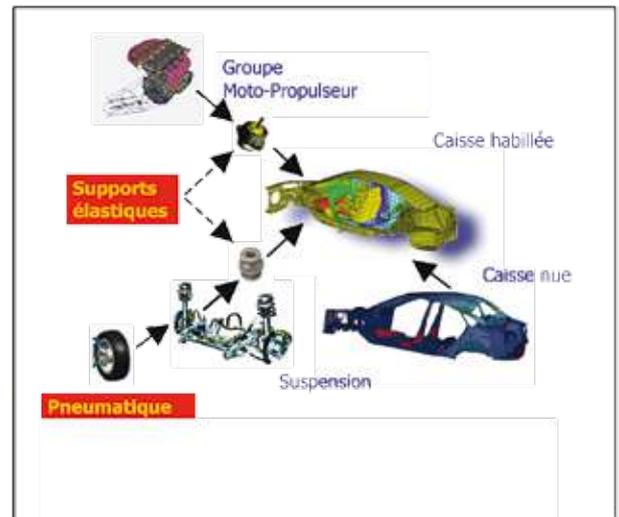


Fig. 1 : Décomposition type d'un véhicule pour effectuer la synthèse acoustique du bruit du GMP et du bruit de roulement

Pour atteindre cet objectif, les efforts se partagent entre les sources, nombreuses, et conçues de manière indépendantes les unes des autres, et la carrosserie dont l'insonorisation doit prendre en compte la présence de l'intégralité des sources. On associe généralement aux sources les pièces de filtrage destinées à limiter la mise en vibration de la carrosserie, et qui sont des éléments essentiels de l'architecture acoustique des véhicules.

Les études acoustiques s'appuient largement sur la simulation. Les modèles mécaniques multi-corps sont utilisés pour étudier les phénomènes à très basses fréquences, éventuellement non-linéaires, qui interviennent par exemple dans le confort vibratoire des véhicules. Les phénomènes dits «basses fréquences», gouvernés par des comportements élastiques modaux, sont simulés par des techniques d'éléments finis. Les phénomènes instables observés en hautes fréquences nécessitent le recours à des techniques de modélisation statistique, comme la SEA (Statistical Energy Analysis).

Ces outils de simulation permettent d'avoir accès à des bandes de fréquence différentes en fonction de la taille des sous-systèmes étudiés. Le graphique ci-dessous indique les ordres de grandeur des limites des outils de simulation pour les trois principaux sous-systèmes d'un véhicule.

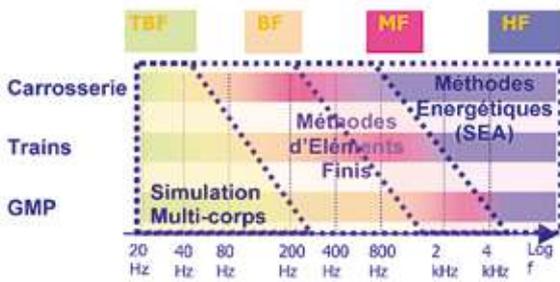


Fig. 2 : Limites des outils de simulation pour les trois principaux sous-systèmes d'un véhicule

Bruit dans l'environnement

Le bruit des véhicules est l'une des premières sources de pollution sonore et ceci particulièrement en milieu urbain. Compte tenu des basses vitesses observées en ville, le bruit provient majoritairement des moteurs et du roulement.

Pour les véhicules de conception récente des progrès importants ont été effectués sur les bruits du moteur, qui répondent en même temps à la demande de confort intérieur. Les technologies nouvelles de propulsion électrique ou hybride vont permettre une réduction encore plus grande des émissions sonores. D'une manière générale, la réduction des émissions de gaz à effet de serre qui va dans le sens d'une diminution des puissances installées, va aussi dans le sens d'une réduction du bruit.

C'est donc le bruit de roulement, déjà très contributeur, qui constituera à terme la source dominante. Cependant, le pneumatique étant le fruit d'un compromis entre la résistance au roulement (consommation), l'adhérence (sécurité) et le bruit, la marge de progression se trouve fortement contrainte.

Tous les véhicules commercialisés sont soumis à un règlement international qui limite les émissions sonores depuis 1971. Les véhicules font l'objet de mesures à une vitesse proche de 50 Km/h, la plus élevée autorisée en ville. Le règlement devrait être modifié avant 2012. Les

constructeurs automobiles sont impliqués dans la révision du règlement, qui vise à se rapprocher des conditions de fonctionnement effectivement rencontrées en ville.

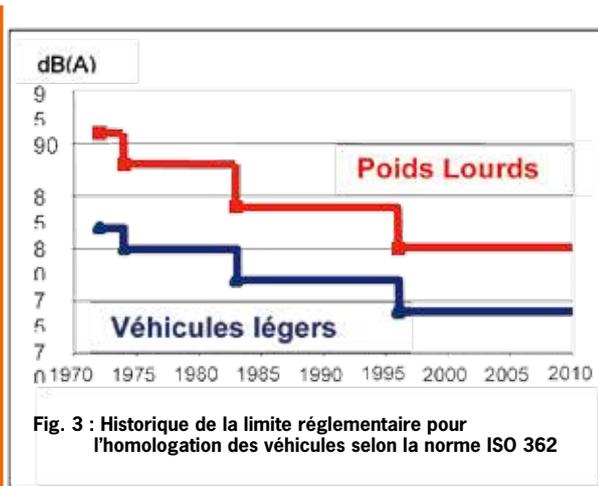


Fig. 3 : Historique de la limite réglementaire pour l'homologation des véhicules selon la norme ISO 362

Un réseau industriel de compétences

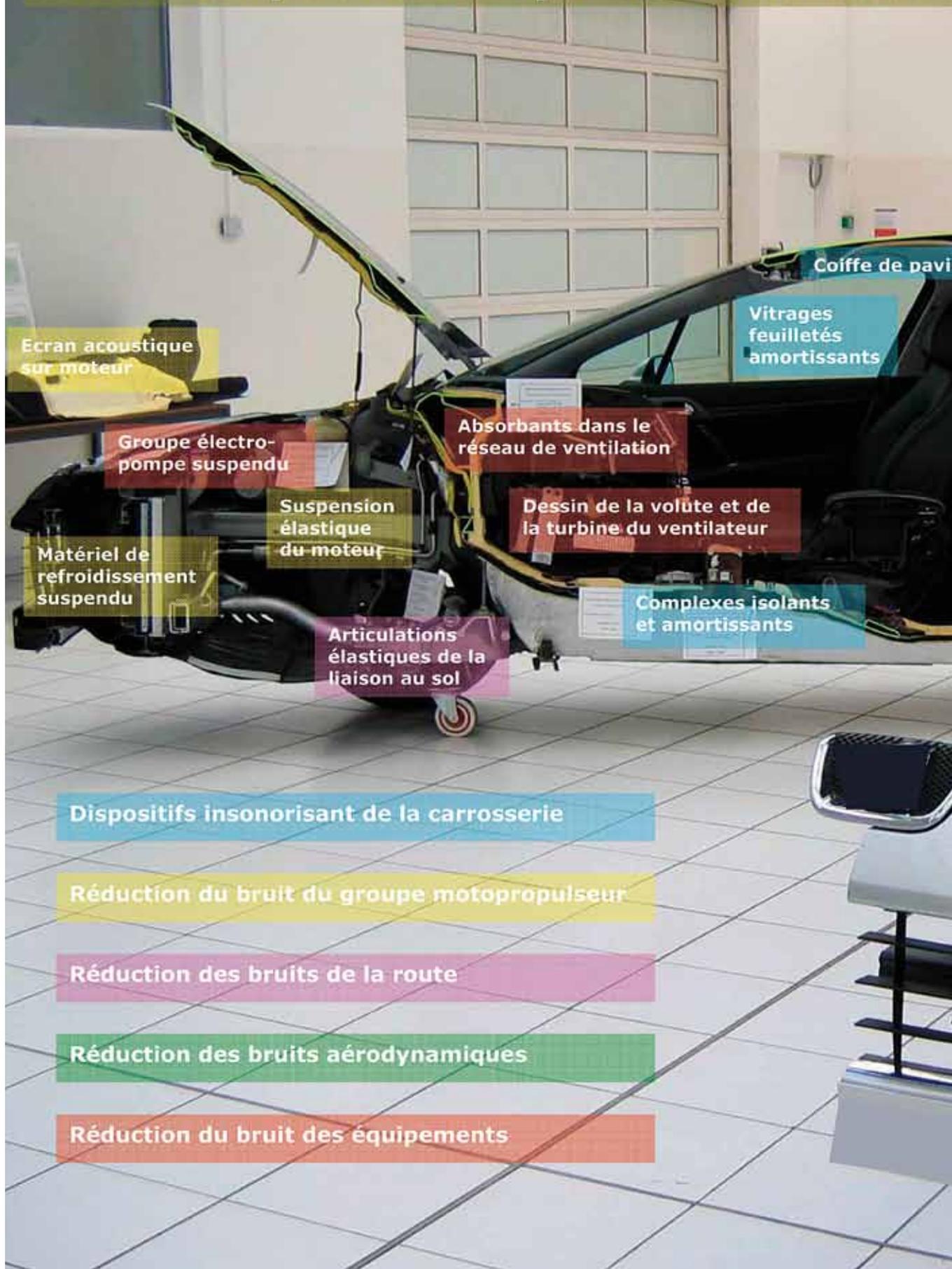
En moyenne, les constructeurs automobiles français proposent, aujourd'hui, des véhicules qui se situent au-dessus de la moyenne européenne en termes de confort acoustique (voir page suivante). Ceci traduit l'importance qu'ils accordent à l'acoustique pour se démarquer de la concurrence, et mieux répondre aux attentes de nombreux clients. Ce progrès, effectué en 10 ans, est le résultat de la constitution d'un réseau d'entreprises, qui ont développé ensemble leurs compétences respectives. L'intérêt des constructeurs pour l'acoustique est transmis à leurs fournisseurs au travers de cahiers des charges qui définissent les performances requises pour chaque composant ayant une fonction acoustique ; ces cahiers des charges orientent les développements d'un grand nombre de composants automobiles dans le sens d'une réduction du bruit.

C'est un tissu de relations qui s'est ainsi créé entre les acousticiens travaillant pour les constructeurs et ceux travaillant pour les équipementiers, puis s'est étendu à des sociétés de service spécialisées ou des centres techniques. Le nombre de techniciens et d'ingénieurs dont l'activité est principalement liée à l'acoustique des automobiles et de leurs composants, est estimé à environ un millier.

L'impact économique de l'activité acoustique dans l'industrie automobile est difficile à évaluer : au-delà des pièces spécifiquement acoustiques, les contraintes acoustiques augmentent la valeur de nombreux autres composants. On estime cette valeur entre 2 et 5% de la valeur de la voiture. Si l'on considère le fait que l'impact de l'industrie automobile en France est de l'ordre de 80 milliards d'euros, le poids économique de l'acoustique doit être compris entre 1,5 et 4 milliards d'euros.

La mise en place de ce réseau, et les progrès qui lui sont associés, sont en grande partie dus au très bon niveau de formation technique et scientifique des ingénieurs et

L'acoustique se voit partout dans une

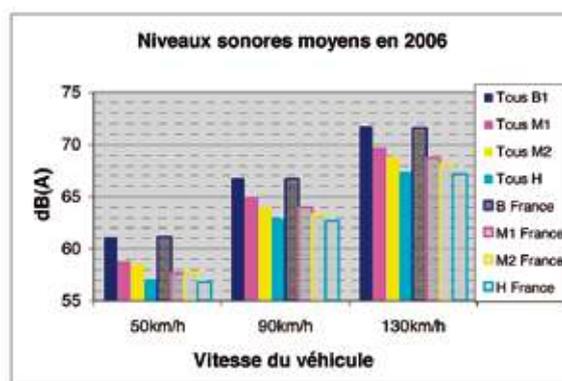
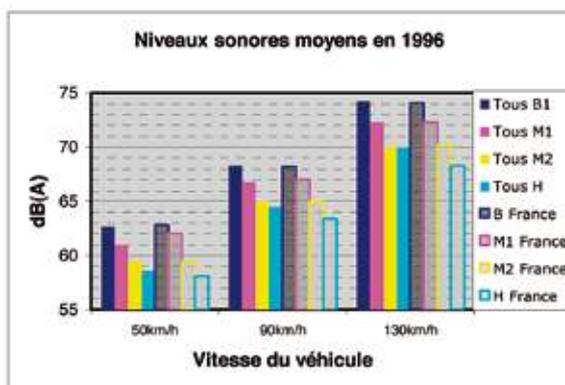




techniciens acousticiens français. Historiquement issus de quelques laboratoires universitaires et écoles d'ingénieurs, ils viennent maintenant très souvent d'écoles généralistes, ou de mécanique, qui proposent des spécialisations en acoustique ou dynamique des structures.

Un autre facteur de développement de ces réseaux a bien sûr été la collaboration dans le cadre de nombreux projets subventionnés des programmes technologiques français et européens. ■

Niveaux sonores dans les véhicules



Les diagrammes ci-dessus présentent des niveaux de bruit moyens à l'intérieur des véhicules européens, en fonction de leur segment de marché (Bas, Moyen-bas (M1), Moyen-haut (M2) et Haut) et dans différentes conditions de fonctionnement (stabilisé à 50, 90 et 130 Km/h).

Les résultats de la mesure individuelle de chaque nouveau véhicule, ou nouvelle version, ont été publiés dans la presse automobile entre 1995 et 2007. Les résultats présentés ici sont les moyennes lissées entre 1996 et 2006.

Les niveaux de bruit de chaque véhicule peuvent s'écarter de plus ou moins 3 dB de la moyenne de son segment. Sachant que l'écart de bruit entre deux segments de marché est de l'ordre de 1 à 2 dB (A), il arrive souvent que des véhicules d'un segment inférieur soient moins bruyants que certains du segment supérieur.

Ces figures montrent que les niveaux sonores ont décliné d'un peu plus de 1 dB (A) en 10 ans, ce qui correspond à un décalage d'un segment de marché. Si en 1996 les constructeurs français étaient dans la moyenne européenne, en 2006, ils proposent, en moyenne des modèles plus silencieux que la moyenne européenne, avec un écart de l'ordre de 1 dB (A), dans les segments M1 et M2.

Les gains les plus forts sur la période 1996-2006 sont observés à 130 Km/h, ce qui traduit l'effort important qui a été fait pour réduire les bruits aérodynamiques, qui dominent à haute vitesse, avec en particulier un investissement commun des deux constructeurs et de l'état français dans la grande soufflerie aéroacoustique (S2A) à Saint-Cyr L'école.