

Point de vue des constructeurs sur le règlement "Bruit extérieur des véhicules automobiles"

Christophe Locqueteau

Airborne Noise Manager
Renault
Le Parc de Gaillon
27940 Aubevoye
E-mail : christophe.locqueteau@renault.com

Léon Gavric

Maître Expert ACV
PSA Groupe
18, rue des Fauvelles
92256 La Garenne-Colombes

Résumé

Le règlement sur le bruit extérieur des automobiles a connu une évolution récente, en vigueur depuis juillet 2016. Dans cette nouvelle version, il est à la fois plus représentatif des conditions de conduites urbaines et il couvre plus de cas d'usage des véhicules. Un calendrier de diminution des niveaux limites prévoit l'ultime étape « tout type » pour 2026, à 68 dB(A). Ce niveau correspond à celui d'un véhicule électrique, mesuré dans les mêmes conditions. Pour les moteurs thermiques, on comprend que ce niveau est un challenge, avec en premier lieu la difficulté à trouver la place nécessaire à l'implantation des solutions techniques dans le compartiment moteur, ou sous le châssis. De nouveaux moyens d'essais, tel le « passby indoor » voient le jour, et vont permettre plus d'efficacité dans le développement et la validation des véhicules, vis-à-vis du bruit extérieur. Les discussions engagées au sujet des futures évolutions, s'orientent vers une couverture encore plus grande des points de fonctionnement. Il faudra également que soit en pris en compte les règlements qui imposent aux véhicules électriques un système d'avertissement acoustique.

Abstract

The vehicle exterior noise regulation has changed recently, with a new method in force since July 2016. Thanks to this new method, it is more representative of urban driving conditions, and it covers more use cases. The limit value will diminish until 2026, for all registration at 68 dB(A). This level was also obtained by an electric vehicle, in same conditions. So it is easily understandable, that this value is challenging for internal combustion engines. One of the most difficult challenge is to find enough space in the engine bay or under the chassis, to integrate technical solutions. Some new tool have arisen, like indoor passby method, which will allow more efficiency during development and validations. Discussions about futures evolution have started yet. The general orientation seems to cover more and more operating conditions. Other vehicle noise regulations, and in particular the one requesting electric vehicle to be equipped with an AVAS, should be taken into account.



La homologation des véhicules impose de satisfaire un règlement sur le bruit qu'ils émettent autour d'eux. On parle de bruit « extérieur », par opposition au bruit « intérieur », qui concerne le conducteur et ses passagers. Mettant en œuvre une mesure par un microphone fixe, devant lequel passe le véhicule, on appelle souvent celle-ci le « bruit de passage » (« passby noise », en anglais). Cet article a pour vocation de présenter comment cette réglementation est prise en compte dans le développement des automobiles. Une nouvelle méthode d'essai est appliquée depuis juillet 2016 : nous allons tout d'abord la décrire, puis nous rappellerons quelques raisons de ce changement et les conséquences qu'il a eues sur les sources acoustiques. Pour bien comprendre la façon dont les constructeurs peuvent répondre techniquement, nous vous exposerons le champ de contraintes qui se présentent simultanément

à eux (CO₂, émissions polluantes), puis nous passerons en revue une panoplie de solutions. On évoquera également les changements de processus et les outils qui ont permis de s'adapter. Enfin, nous terminerons sur quelques perspectives d'évolution de ce règlement, en insistant sur la cohérence avec les autres règlements concernant le bruit des automobiles.

La méthode d'essai

Depuis juillet 2016, les véhicules automobiles mis sur le marché européen, doivent satisfaire le règlement n°540/2014 sur les émissions sonores. Ce règlement succède à la directive 70/157/CEE et correspond au règlement de l'UNECE R51-03.

La méthode de mesure associée à ce règlement, reprise de la norme ISO 362-1 :2015 [1], est la suivante : la mesure doit se dérouler sur une piste répondant à la norme ISO 10844 [2], qui en spécifie la géométrie, la rugosité, l'absorption. Deux microphones sont disposés à 7,5 m de l'axe de passage du véhicule. La mesure débute lorsque l'avant du véhicule passe la ligne AA', et s'arrête lorsque l'arrière passe la ligne BB' (voir figure 1).

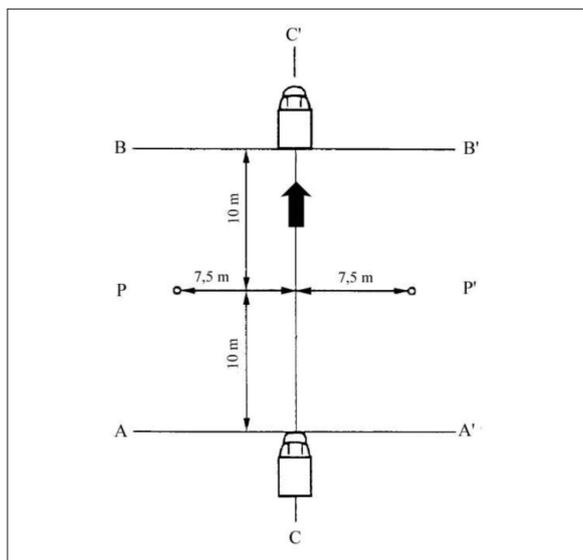


Fig. 1 : Piste de mesure

Le règlement définit, en fonction du rapport poids/puissance du véhicule ($PMR = P[\text{kW}]/m[\text{t}]$), une accélération pleine charge de référence a_{wot_ref} .

$$a_{wot_ref} = 1,59 \cdot \log_{10}(PMR) - 1,41$$

On doit choisir les deux rapports de boîte (N et N+1), pour lesquels les accélérations obtenues permettent d'encadrer cette accélération de référence. Les accélérations pleine charge (c'est-à-dire « pied à la planche » ou « wide open throttle » en anglais), doivent débuter avant la ligne AA', être constantes sur tout l'aire de mesure, et permettre au véhicule d'atteindre la vitesse de 50 km/h au droit des micros. Les niveaux globaux maximum des mesures des deux rapports sont ensuite interpolés pour obtenir un niveau équivalent L_{wot_rep} correspondant à l'accélération pleine charge de référence.

$$L_{wot_rep} = L_{wot(N+1)} + k \cdot [L_{wot(N)} - L_{wot(N+1)}]$$

Avec :

$$k = [a_{wot_ref} - a_{wot(N+1)}] / [a_{wot(N)} - a_{wot(N+1)}]$$

Deux passages à vitesse stabilisée de 50 km/h, sur les deux mêmes rapports, sont ensuite réalisés. Leurs niveaux globaux maximums sont interpolés de façon tout à fait analogue, pour obtenir L_{crs_rep} .

Les niveaux L_{wot_rep} et L_{crs_rep} sont enfin interpolés pour donner le niveau L_{urban} , correspondant à l'accélération a_{urban} , elle aussi définie par le règlement, en fonction du rapport poids puissance du véhicule.

Avec :

$$L_{urban} = L_{wot_rep} - k_p \cdot (L_{wot_rep} - L_{crs_rep})$$

Et :

$$k_p = 1 - (a_{urban} / a_{wot_ref})$$

$$a_{urban} = 0,63 \cdot \log_{10}(PMR) - 0,09$$

Le processus global de traitement des résultats peut être décrit par la figure 2.

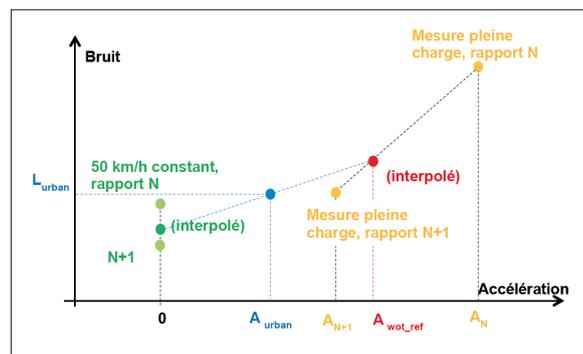


Fig. 2 : Principe de traitement pour obtenir L_{urban}

C'est ce niveau L_{urban} qui est mis sous contrôle par les valeurs limites données dans le tableau 1.

	Phase 1	Phase 2	Phase 3
PMR < 120	72	70	68
120 < PMR < 160	73	71	69
160 < PMR	75	73	71
PMR > 200 Nombre Sièges < 4 Point R < 450 mm du sol	75	74	72

Phase 1 : applicable aux nouveaux types de véhicules à compter du 1^{er} juillet 2016

Phase 2 : applicable aux nouveaux types de véhicules à compter du 1^{er} juillet 2020 et pour la première immatriculation à compter du 1^{er} juillet 2022

Phase 3 : applicable aux nouveaux types de véhicules à compter du 1^{er} juillet 2024 et pour la première immatriculation à compter du 1^{er} juillet 2026

Tabl. 1 : Valeurs limites en dB(A) pour les véhicules de catégorie M1 (véhicules utilisés pour le transport des passagers)

Le règlement prévoit en outre un dispositif appelé ASEP (pour *Additional Sound Emission Provision*), qui consiste à mesurer le véhicule en accélération pleine charge sur tous les rapports inférieurs au rapport N, pour 4 vitesses cibles au droit des micros, réparties approximativement entre 20 et 80 km/h, et à contrôler que les niveaux globaux maximums obtenus pour ces passages ne dévient pas plus d'une certaine limite au-dessus de leur droite de régression.

Ce dispositif ne fait pas partie de l'essai de réception communautaire, et fait l'objet d'une « self certification ».

Pourquoi ce nouveau règlement ?

La méthode de mesure associée au règlement précédent (Directive européenne 70/157/CEE ou règlement de l'UNECE R51-02, en vigueur avant juillet 2016), consistait en deux accélérations pleine charge, réalisées à 50 km/h à partir de la ligne AA', sur le 2^e et 3^e rapport, et dont on faisait la moyenne des niveaux globaux maximum.

Les autorités avaient fait le constat que, depuis l'introduction de ce précédent règlement, les niveaux de bruit constatés dans les villes n'avaient pas diminué dans les mêmes proportions que celles des valeurs limites, ceci bien évidemment en tenant compte de l'augmentation du trafic. Une analyse des causes avait conclu au besoin d'augmenter la représentativité de l'essai vis-à-vis des conditions d'usages réelles, principalement en ville. Il était clair que peu de nos concitoyens roulent en ville en permanence « pied à la planche », surtout compte tenu de l'augmentation croissante des performances des moteurs. L'idée a vite émergé de mettre sous contrôle les cas de charge « intermédiaire », ou « partielle ». Des études statistiques, dont le résumé est présenté en annexe informative de la norme ISO362-1 :2015, ont alors montré :

- que la vitesse de 50 km/h restait la moyenne des vitesses constatées.
- que l'accélération dépendait du rapport poids/puissance des véhicules. Une régression a alors aboutie aux relations sur le a_{wot_rep} et le a_{urban} présentées au paragraphe précédent.

Compte tenu de la physique du comportement acoustique des véhicules, le niveau de bruit correspondant à une accélération en charge partielle peut être interpolé avec une précision raisonnable à partir d'essai en accélération pleine charge et en accélération nulle (en stabilisé).

L'ensemble des constructeurs, via par exemple en Europe l'ACEA (Association des Constructeurs Européens d'Automobile), ont collaboré à l'élaboration de cette méthode. En effet, leur intérêt est que celle-ci ne soit pas décalée du champ d'usage de leur client. Dans le cas contraire, le risque est de mettre en place des pièces sur les automobiles, et donc d'en augmenter le prix de revient, sans que personne n'en tire bénéfice, ni les clients, ni les concitoyens.

D. Moore est revenu tout récemment sur le processus de changement de règlement, présenté en détail dans [3].

Conséquences sur les sources et leurs contributions

Le changement de méthode de mesure entraîne un changement des paramètres les plus influents sur le niveau sonore.

Un des plus notables est la sensibilité à la «V1000», c'est-à-dire la vitesse du véhicule pour 1000 tr/min moteur. Cette V1000 est directement la conséquence des rapports d'entraînements des différents pignons de la chaîne cinématique impliqués dans le rapport utilisé, ainsi que de la circonférence du pneumatique.

Dans le règlement précédent ce paramètre était de toute première importance. Le règlement actuel, de part un fonctionnement en accélération cible, est devenu beaucoup moins sensible à la V1000.

Le changement de méthode a également des conséquences sur la répartition des contributions des diverses sources.

Tout d'abord, l'ajout de conditions de passage en stabilisées dans l'élaboration du niveau final, augmente le poids de la contribution des pneumatiques.

Le fait d'avoir une méthode d'essai en accélération cible, et non en rapport 2 et 3 imposés, a là aussi un impact. En effet, cela conduit à mesurer les véhicules les plus puissants sur des rapports de boîte plus élevés (en 3^e et 4^e, voire en 4^e et 5^e), donc sur des régimes moteur plus faibles, et donc des conditions où les sources liées au groupe moto-propulseur (rayonnement moteur, admission, échappement) émettent moins de bruit.

Au global, on assiste en moyenne à une inversion de la répartition des contributions du groupe motopropulseur et des pneumatiques (voir figure 3), ceux-ci représentant à présent les deux-tiers de l'énergie sonore totale pour cet essai.

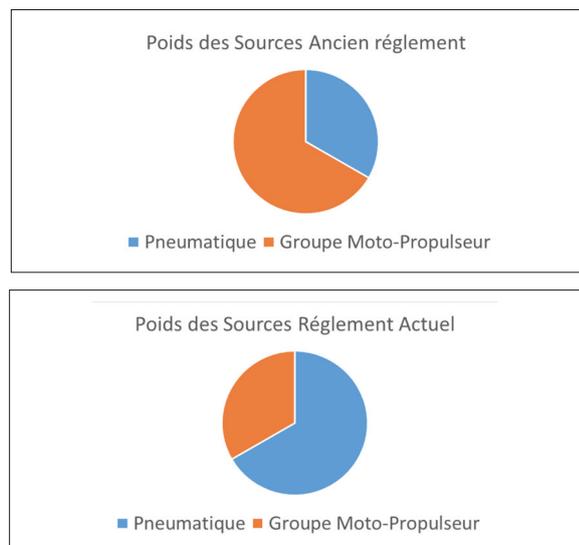


Fig. 3 : Contribution des sources de bruit

Contexte des autres contraintes

Le changement de règlement, s'est accompagné d'un changement de valeur du niveau limite. On est passé pour les véhicules de tourisme (classe M1) de 74 dB(A) à 72 dB(A) (dans le cas inférieur à 120 kW/t). Même si il n'y a pas de corrélation entre les résultats des deux méthodes (auxquels cas, il aurait été inutile d'en changer, une simple diminution des niveaux limites précédents aurait suffi), on peut considérer qu'on est resté sur une contrainte sur le développement à peu près équivalente pour cette première étape, où seuls environ 5% des véhicules ont pu nécessiter un surcroît d'étude et d'adaptation [4].

Ne parlons pas du coût, qui n'est en rien particulier au niveau sonore et dont la «refacturation» ou non au client final relève de la stratégie commerciale de chaque constructeur.

Cette augmentation de contrainte sur le niveau sonore arrive en parallèle de celles concernant le CO² et les émissions polluantes.

Les objectifs liés à la diminution du CO² (consommation de carburant) se traduisent par des exigences drastiques sur la masse des véhicules, et sont donc contradictoires soit avec l'ajout de nouvelles pièces, soit avec l'augmentation de la surface ou de l'épaisseur des pièces existantes.

La réduction de la consommation de carburant se traduit également par l'emploi de pneumatiques à faible résistance au roulement. Celle-ci est obtenue par des gommes plus raides, qui induisent en contrepartie plus de rayonnement acoustique. On a là un exemple de l'enjeu autour du pneumatique : beaucoup de prestations se jouent à travers de ses caractéristiques (adhérence sur sol sec et sur sol mouillé, aquaplaning longitudinal et latéral, résistance au roulement, durée de vie), et bon nombre sont antagonistes du bruit. En outre, le pneumatique doit être conforme à un règlement qui lui est propre, le UNECE R117, qui comporte un chapitre sur le niveau sonore. Des niveaux limites y sont spécifiés à la vitesse de 80 km/h. Or tous les pneumatiques n'ont pas un bruit qui varie de la même façon en fonction de la vitesse. Un pneu optimisé à 80 km/h, peut tout à fait avoir un niveau sonore médiocre à 50 km/h.

Les contraintes sur les émissions polluantes imposent de nouveaux types de combustions, énergétiquement plus efficaces et chimiquement moins génératrices de composés nocifs, et qui, associées à des pressions d'injection élevées, sont plus rapides et par conséquent plus bruyantes. On entrevoit à l'heure actuelle pour les futures normes dites «Eu7», des augmentations de 1 à 3 dB(A) du rayonnement moteur. Le contrôle de ces émissions se faisant sur un cycle couvrant la majeure partie des points de fonctionnement des moteurs, cette dégradation touche non seulement la pleine charge, mais aussi la charge partielle, c'est-à-dire avec des conséquences également sur la condition stabilisée qui risque aussi de voir son niveau sonore augmenter. Les véhicules embarquent des systèmes de dépollutions de plus en plus sophistiqués et encombrants (réservoir d'urée, etc) qui se disputent auprès des architectes la place disponible sous le châssis pour les silencieux.

Les clients et le public en général a des attentes importantes en ce qui concerne la sécurité. Outre celle des occupants, celle des piétons est prise en considération dans les «grading» internationaux (Euro NCAP). Afin de limiter les séquelles consécutives au choc de la tête sur le capot, les déformations et déplacement de ceux-ci sont étudiées dans le détail. Cela conduit à rendre exempte de pièces la zone entre capot et moteur, là où précisément l'acousticien souhaiterait disposer des écrans isolants ou des éléments absorbants vis-à-vis du bruit moteur.

Impacts sur le développement

Les solutions techniques

Le bruit des pneumatiques est assez difficile à traiter : la source physique est au contact du pneu avec la chaussée, il est difficile de l'encapsuler, car le taux de couverture des écrans reste toujours insuffisant vis-à-vis d'une bonne efficacité acoustique. Malgré un piètre rendement, il se peut néanmoins que le recours à de telles solutions s'impose pour gagner les ultimes décibels, et elles pourraient ressembler aux dispositifs présents sur certains bus (voir figure 4). Quant au pneu lui-même, il présente peu de degré de libertés pour le constructeur automobile, qui doit s'en remettre au fabricant. Celui-ci peut seul agir sur la structure interne, afin de gérer le compromis interprétation évoqué plus haut, ou le respect conjoint des deux règlements.



Fig. 4 : Écrans de roues

Toutefois, certaines solutions mises en place pour diminuer les émissions de CO² peuvent être favorables au bruit. Ainsi, l'une des possibilités pour diminuer les frottements liés au pneu est d'en diminuer la largeur, et ceci est favorable à la diminution de son rayonnement acoustique. De même, la diminution de la traînée aérodynamique conduit à utiliser de plus en plus de carénages sous le châssis. On peut leur conférer dès lors des propriétés d'absorption acoustique afin de traiter le bruit émis par les pneumatiques (voir figure 5). Compte tenu des contraintes de tenues aux gravillons, les fibres des matériaux utilisés doivent être très compressées et enrobées d'un liant robuste. On est donc sur des coefficients d'absorption faibles et l'efficacité de ses pièces est due à leur grande surface. Là encore, ce type de solutions se répand de plus en plus, à commencer dans le segment des grosses berlines.

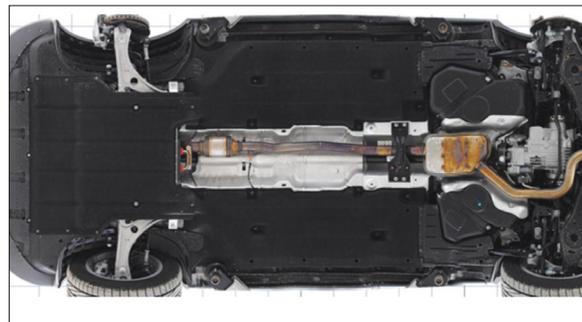


Fig. 5 : Écrans sous châssis

Le niveau sonore du premier contributeur (les pneumatiques), étant très proche du niveau cible (68 dB(A)), pour garantir le succès, il convient également de traiter le deuxième contributeur (le rayonnement des groupes motopropulseurs). Deux axes peuvent être suivis. Le premier axe consiste à analyser finement et en détail les mécanismes interne d'excitations (tant acoustique que vibratoire) et de transmission, afin d'optimiser, composant par composant, le rayonnement global.

Le deuxième axe consiste à encapsuler, plus ou moins complètement, le moteur et la boîte de vitesse. Pour cela, les fournisseurs proposent des matériaux innovants particulièrement efficaces d'un point de vue acoustique et résistants à la température et aux autres contraintes induites par le montage sur moteur (tenue aux vibrations). De telles solutions équipent d'ores et déjà certains véhicules du marché (voir figure 6) [5]. Ces pièces ont également un impact sur le refroidissement du moteur, et elles doivent être prises en compte dans son thermomanagement, qui est un facteur de contrôle des émissions polluantes.

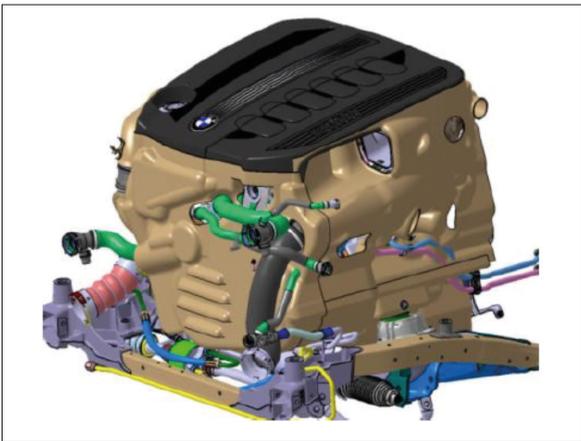


Fig. 6 : Encapsulage moteur (illustration reprise de la référence [5])

Pour la diminution de la contribution du rayonnement du moteur, il y a bien sûr la mise en place de matériaux absorbants sur les différentes parois : tablier, capot, carénage sous moteur. Les matériaux employés sont soit des feutres compressés issus de la fibre de verre, soit, et de plus en plus fréquemment compte tenu de leur masse encore plus faible, des mousses de type poly-uréthane.

Les innovations dans ce domaine, ont été soit de conférer des propriétés absorbantes à des pièces qui en étaient dépourvues à l'origine (par exemple des caches de batterie), soit de fusionner en une seule pièce, la fonction protection en plastique et la fonction absorbante en matériau fibreux. L'exemple typique est le carénage sous moteur, qui a gagné une certaine efficacité au passage de cette transformation. On atteint alors des surfaces acoustiques équivalentes totales dans le compartiment moteur de 1 à 2 m² à 1000 Hz. Progresser encore sur ce périmètre commence à relever du défi. Il faut une optimisation poussée des matériaux et de leur intégration, c'est-à-dire de l'architecture du compartiment moteur.

Concernant les échappements, au premier ordre, le ressort essentiel de l'efficacité du traitement par les silencieux est leur volume. Il n'y a donc pas de difficulté technique intrinsèque, mais plutôt là encore une difficulté d'ordre architecturale, au regard des problèmes d'intégration que soulève leur coexistence sous les châssis, avec des systèmes divers, toujours plus nombreux. On mentionnera que plusieurs équipementiers ont présenté dans des salons des solutions avancées de traitement électronique (contrôle actif), qui devraient être particulièrement efficaces sur le contenu harmonique de la source bouche d'échappement.

On constate que sont évoquées régulièrement les difficultés d'intégration et les problèmes d'architecture. Les zones concernées sont aussi assez souvent les mêmes : groupe moto-propulseur, compartiment moteur et châssis, éléments qui définissent une plate-forme. Celle-ci est destinée à recevoir plusieurs véhicules (voir plusieurs générations de véhicules). Elle est conditionnée par le système de production des usines où elle est destinée et donc les choix techniques associés impliquent de très lourds investissements. Enfin, sa durée de vie et sa durée de développement sont plus longues que celles d'une voiture. Les changements qui la concernent nécessitent donc beaucoup d'anticipation.

Changement de processus de développement

Le secteur automobile revoit et adapte régulièrement ses processus de développement, à un rythme comparable à la durée de vie de ses produits. Il n'y a pas à proprement parler de transformation majeure de ces processus, pour traiter les enjeux sur le niveau sonore.

Néanmoins, le bruit des pneumatiques est passé d'une situation où il ne contribuait presque pas au résultat, à une situation où il domine. Le processus de détail les concernant a donc été considérablement enrichi :

- D'études amont et de dimensionnement,
- D'optimisations et de suivis des orientations avec les fournisseurs,
- D'essais de validation supplémentaires.

Celles-ci sont essentiellement expérimentales et réalisées en extérieur. Or le bruit de pneumatique est particulièrement sensible à la météo, ce qui induit des incertitudes importantes dans l'exploitation des résultats.

Un autre impact notable sur les développements est la conséquence d'une méthode d'essai nettement plus longue : 2 rapports de boîte x 2 conditions (accélération, stabilisé) x 4 passages à chaque fois = 16 passages, auxquels il faut ajouter l'ASEP (entre 8 et 16 passages) contre 6 à 8 seulement auparavant. Il a donc fallu adapter le dimensionnement des équipes travaillant sur ce sujet, ainsi que la gestion des moyens d'essais, dont le taux d'utilisation a augmenté.

De nouveaux outils

Pour répondre aux besoins plus nombreux et/ou plus précis de dimensionnement, de développement et de validations des solutions de traitement acoustiques, de nouveaux outils sont apparus.

Pour s'affranchir de la météorologie, il a été développé le «*passby indoor*», qui consiste à réaliser l'essai de type «*passby*», non pas sur piste en extérieur, mais sur banc à rouleaux, dans une chambre semi-anéchoïque de grandes dimensions. Le mouvement du véhicule est simulé en utilisant une rangée de microphones sur lesquels on vient relever le niveau sonore aux instants correspondant à leurs positions relatives *ad hoc* vis-à-vis du véhicule, le régime de celui-ci permettant d'élaborer une trajectoire virtuelle. La chambre doit donc être suffisamment large pour pouvoir disposer les microphones à 7,5 m du véhicule (et idéalement, des deux côtés simultanément), mais également suffisamment longue pour permettre de simuler un déplacement de -10 m à + 10 m auquel il faut ajouter la longueur du véhicule. La méthode fait l'objet de la norme ISO 362-3 [6], et est actuellement présentée aux autorités, dans l'objectif de sa reconnaissance officielle pour son utilisation dans les essais d'homologations. Beaucoup de constructeurs sont équipés d'une telle chambre. L'UTAC-CERAM, en France, vient de s'équiper de ce moyen et devient ainsi le seul organisme officiel européen pouvant réaliser des essais de *passby indoor*.

Les méthodes d'analyse des voies de passages de type «TPA» (*Transfer Path Analysis*), associant mesures statiques de fonctions de transfert et caractérisations des sources en dynamique, existent depuis longtemps. Elles ont connu récemment une adaptation au *passby indoor*, qui les rend particulièrement avantageuses pour l'analyse des contributions des différentes sources au bruit extérieur d'un véhicule [7].

L'optimisation des traitements acoustiques, que ce soit d'un point de vue fréquentiel ou du point de vue de l'intégration des absorbants au plus près des zones les plus émissives, implique une bonne caractérisation des sources, en particulier, le rayonnement du groupe moto-propulseur. Sur l'impulsion de ce besoin, les méthodes d'antennerie et de quantification, qui avaient déjà beaucoup progressé ces 15 dernières années, ont connu encore récemment un regain de développement, afin de devenir plus précises, plus résolventes, plus souples d'utilisation [8].

Évolutions futures

Le règlement actuel nous emmène jusqu'à l'horizon 2026, pour un niveau limite à 68 dB(A) «tout type», c'est-à-dire applicable à tous les véhicules produits. En restant dans le même cadre de méthode d'essai, des évolutions sont d'ores et déjà prévues. La plus importante concerne une clause de révision inscrite dans les textes : en 2021, une étude présentant l'analyse des niveaux d'homologation et l'impact pour la société de ce nouveau règlement, doit être présentée. On s'attend à ce que cela débouche sur une volonté de diminuer encore les niveaux limites, vers 67 voire 66 dB(A), le calendrier restant lui aussi à définir (changement de la 3^e étape, ou introduction d'une 4^e et nouvelle étape). Des évolutions plus mineures sont également engagées autour du dispositif ASEP, dont la complexité de mise en œuvre a été difficile à décrire dans le texte, et a imposé de nombreuses clarifications et uniformisations des interprétations.

Ces travaux sur l'ASEP, toujours en cours, sont l'occasion de discussions sur ses inconvénients certes, mais aussi sur ses avantages et sur son «esprit». Le règlement R51-02 mettait sous contrôle un domaine de fonctionnement défini par la pleine charge, une vitesse autour de 50 km/h et deux plages de régime. Le passage à R51-03 + ASEP a notablement élargi le domaine des points de fonctionnement, ou, autrement dit, de cas d'usage, mis sous contrôle : pleine charge et charge partielle, plage de vitesse de 20 à 80 km/h et plages de régime en conséquence.

Dans l'hypothèse de l'écriture d'un nouveau texte, on a ainsi l'orientation générale : élargir le champ des conditions d'emploi couvert par la méthode. Dans cette optique sont examinées les méthodes de mesures et les conditions d'essais d'autres règlements qui ont été confrontés au problème de représentativité de leur essai. C'est le cas en particulier de ceux concernant les émissions polluantes et le CO₂, qui ont mis en place un «cycle» et une procédure de roulage (WLTP : *Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedures*) décrivant précisément les rapports de boîte, vitesses et accélérations à suivre, et durant quelles périodes. L'idée ne serait probablement pas d'appliquer ce cycle en l'état pour le niveau sonore, mais d'en retirer des points de fonctionnement dont on connaît le degré de représentativité vis-à-vis des conditions de roulage observées en ville.

Un autre élément revenant de plus en plus fréquemment dans les échanges avec les autorités, est la capacité de la méthode à identifier et exclure les situations qui sont de manière «auditivement évidente» non acceptables. Les exemples les plus souvent évoqués concernent les bruits d'échappement : d'une part, les pétarades et ravalement en augmentation aujourd'hui chez certains constructeurs qui répondent ainsi aux attentes d'une part de leur clientèle de véhicules «sportifs», ou «voyants» ; d'autre part les modifications par les propriétaires, potentiellement de façon illégale, mais dont la mauvaise image peut rejaillir au final sur le constructeur et peut semer le doute sur la capacité de l'essai réglementaire à bien les rejeter.

Le règlement R138 sur le bruit minimum

Enfin, il nous faut évoquer les règlements concernant le «bruit minimum». Ils sont apparus en même temps que la mise sur le marché de véhicules électriques de «nouvelle génération», tel que Zoé chez Renault ou la Leaf chez Nissan, offrant une réelle alternative aux motorisations thermiques, et non étudiés comme une simple adaptation de niche, comme c'était le cas plus ou moins jusqu'alors. Cette démocratisation, ou cette avant-garde d'un marché naissant, a convaincu les associations de mal voyant d'exercer un fort lobbying à l'échelle internationale afin que soient traités les risques associés au silence de fonctionnement de ces véhicules.

Le règlement européen 740/2014 inclut un paragraphe sur les systèmes d'avertissement acoustique des véhicules (AVAS, *Acoustic Vehicle Alerting System*). Le dispositif n'est pas obligatoire, par contre, dès lors que le constructeur choisit d'en équiper ses véhicules, il doit répondre à certaines exigences, qui sont plutôt d'ordre fonctionnel :

présence entre 0 et 20 km/h d'un son devant indiquer le comportement du véhicule, et ayant un niveau comparables aux niveaux des véhicules à traction thermique.

Peu après est apparu le règlement de l'UNECE R138, qui reprend la plupart des dispositions européennes, auxquelles il ajoute une méthode d'essai (cette méthode est aussi décrite par l'ISO 16254 [9]), assortie de niveaux limites minimum. Sans rentrer dans les détails de ce règlement et de toutes les conditions d'essais et du processus de traitements des résultats, retenons :

- que les vitesses étudiées sont faibles (10 et 20 km/h),
- que les limites concernent des bandes de tiers d'octaves (pour un point de mesure à 2 m du véhicule)
- que le dispositif AVAS est désormais obligatoire.

On notera une volonté similaire outre-atlantique, puisque les USA ont publié le règlement FMVSS 141, qui lui aussi incorpore une méthode d'essai, avec des niveaux limites minimum.

Bien entendu, des véhicules comme la Zoé et la Leaf rentrent tout à fait dans le champ d'application de ces règlements. Ceci n'est pas une difficulté en soi. Ces véhicules sont également concernés par le règlement R51-03 : Zoé, par exemple a été mesurée à 68 dB(A). Si il en était encore besoin, ceci illustre à nouveau le challenge pour les constructeurs d'amener sous ce niveau de 68 dB(A) l'ensemble de leur gamme thermique. Mais surtout, cela doit interpeller sur la volonté de baisser les niveaux encore en-dessous de ces 68 dB(A), puisque les véhicules électriques, qui sont à ce niveau, sont considérés comme suffisamment potentiellement à risque, pour que soit demandé de les équiper d'un AVAS afin d'augmenter leur détection sonore.

Il y a enfin une cohérence à examiner entre la diminution du niveau maximum requis par le règlement R51-03, et l'obligation faite par le règlement R138 d'équiper les véhicules électriques d'un AVAS.

Références bibliographiques

- [1] ISO362-1 :2015, « Measurement of noise emitted by accelerating road vehicles – Engineering method – Part 1 : M and N categories »
- [2] ISO10844 :2014, « Acoustics – Specification of test tracks for measuring noise emitted by road vehicles and their tyres »
- [3] Moore, D., "Development of ECE R51.03 Noise Emission Regulation," SAE Technical Paper 2017-01-1893, 2017, doi:10.4271/2017-01-1893
- [4] Locqueteau, C., Salem, J-F., « Point of view of automotive OEM for new pass-by noise regulation R51-03 : challenges and new deployment », Congrès SIA confort acoustique automobile et ferroviaire, Le Mans, octobre 2012.
- [5] Gallinat, J., Borchert, S., Bocquillet, A., « Full scal NVH approach with engine encapsulation » ATZ Conference, Zurich, 2013.
- [6] ISO362-3 :2016, « Measurement of noise emitted by accelerating road vehicles – Engineering method – Part 3 : Indoor testing M and N categories »
- [7] Janssens, K., et al., « Passby noise engineering : a review of different transfer path analysis techniques », ISMA, 2014
- [8] Minck, O., Le-Magueresse, T., Locqueteau, C., Bouvet, P., « Microphone array based acoustic power measurement for passby noise analysis, Aachen Acoustics Colloquium, Aix-La-Chapelle, 21 au 23 novembre 2016.
- [9] ISO16254 :2016, « Acoustics – Measurement of sound emitted by road vehicles of category M and N standstill and low speed operation – Engineering method »

Conclusion

Le règlement R51-03 en vigueur depuis juillet 2016 pour l'homologation du niveau sonore des véhicules utilise une méthode d'essai plus proche des conditions réelles d'usage. Les constructeurs y trouvent un intérêt car les solutions mises en place pour le respect réglementaire ne vont ainsi pas fondamentalement à l'encontre des attentes du marché. Pour autant, cette nouvelle méthode conduit à une totale redistribution des différentes sources de bruit des véhicules, et implique un surcroît d'effort d'ingénierie.

Les niveaux limites assortis sont ambitieux : de façon imagée, cela correspond à peu près à rendre à 50 km/h, un Diesel aussi peu bruyant qu'un véhicule électrique d'aujourd'hui. Même si les véhicules les plus silencieux ne sont pas trop éloignés de la trajectoire qui doit les mener au 68 dB(A), ces niveaux posent de réels problèmes pour une bonne proportion du reste de la production. Le problème le plus crucial est l'architecture, c'est-à-dire la place nécessaire pour embarquer les divers traitements et contre-mesures acoustiques. Les zones concernées à bord des véhicules sont le compartiment moteur et le châssis, c'est-à-dire les éléments constitutifs des plateformes, aux temps de développement les plus longs, et qui imposent de l'anticipation pour accueillir les modifications nécessaires.