

Sujet de thèse : Caractérisation des sources dans une climatisation automobile

1. DESCRIPTIF DETAILLE

1.1. CONTEXTE INDUSTRIEL

Le confort à l'intérieur d'une automobile en particulier le confort acoustique constitue pour le constructeur automobile une des priorités avec la consommation d'énergie et la sécurité. Les exigences des clients en terme de confort thermique ont conduit les constructeurs automobiles à équiper avec un Système de Conditionnement d'Air (SCA) de plus en plus en série les véhicules. Aussi il a été montré que le SCA qui régule le chauffage et la climatisation de l'habitacle permet d'augmenter la sécurité en favorisant la vigilance du conducteur. Le bruit produit par cet organe qui est prédominant lorsque le ventilateur fonctionne dans ses conditions maximales, est devenu un élément important et le deviendra encore davantage avec le développement dans le futur des véhicules hybrides et électriques.

L'équipementier concepteur et fabricant des SCA doit satisfaire vis-à-vis du constructeur, son client, en plus de contraintes de coût et de temps de conception, un cahier des charges qui comprend des spécifications liées à l'encombrement, aux performances aérauliques (débit, contre pression) et à l'acoustique (niveau et qualité) dans les conditions les plus pénalisantes de fonctionnement du SCA.

Dans la phase de conception d'un SCA, les aspects bruits sont aujourd'hui abordés après les aspects dimensionnement et aéraulique et généralement de manière empirique ou semi-empirique ce qui engendre des durées et des coûts de conception importants. C'est pourquoi, les équipementiers sont de plus en plus demandeurs d'outils de simulation et/ou moyens d'essais qui permettraient de prendre en considération de manière efficace les aspects bruits en amont de la phase de conception.

Les outils numériques développés permettront à Valeo de simuler la génération avec ou sans présence d'écoulement et la propagation (au travers de fonctions de transferts) du bruit. La finalité de l'utilisation de ces codes de calcul est de pouvoir concevoir des solutions efficaces et peu coûteuses permettant d'améliorer les performances acoustiques du SCA.

1.2. CONTEXTE DE L'ETUDE

Le projet de recherche « CESAME 1 » piloté par Valéo fait en collaboration entre l'UTC, le CETIM et ESI Group, labélisé par le pôle de compétitivité Itrans a été mené de 2007 à 2010. La contribution du Laboratoire Roberval « Mécanique Acoustique et Matériaux » a permis dans le cadre d'une thèse¹ la réalisation d'un banc d'essai et sa procédure pour la caractérisation d'éléments par un système « 2N Ports » avec écoulement². Des mesures sans écoulement de la matrice de diffusion 2N ports ont été validées par confrontation avec un calcul numérique sur un diaphragme et l'évaporateur, élément du SCA.

Un nouveau programme CESAME 2 également piloté par Valéo avec l'UTC, le CETIM, ESI Group, FAURECIA et GENESIS est en cours de labellisation auprès des pôles Itrans et Movéo et devrait pouvoir démarrer dans un proche avenir. L'objet de ce nouveau projet concerne la prise en compte de l'écoulement pour la modélisation de la propagation et des sources dans un SCA.

1.3. ETAT DE L'ART

Les études du bruit des SCA ont été menées par les industriels et essentiellement publiées^{3,4} dans des congrès destinés à la profession (SAE ou SIA). Les données fournies dans ces publications sont en général peu précises et limitées par un degré élevé de confidentialité. Néanmoins, les travaux et en particulier les méthodes de conception mettent en évidence une décomposition du SCA en deux éléments principaux à savoir le pulseur et le compartiment du SCA en aval du pulseur dans lequel se trouvent les autres éléments tels que l'évaporateur, le condenseur, les volets, le filtre, la grille de sortie, l'ensemble étant caractérisé globalement par la perte de charge produite liée à l'architecture du SCA. Sur le plan acoustique, ?? essaie de déterminer la contribution des deux sources associées, bruit du pulseur et bruit d'écoulement dans le boîtier. Le pulseur apparaît alors comme la source principale du bruit mais selon les travaux dans le domaine des fréquences inférieures à 3 KHz⁵ et le spectre du bruit d'écoulement provenant de son interaction avec les obstacles s'étend sur l'ensemble du spectre⁷.

Peu d'études ont été menées pour identifier la contribution de chacun de ces éléments internes au SCA au bruit rayonné. Citons par exemple Guérin et al⁵ qui ont étudié sur la base de la théorie développée par Nelson et al.⁶ le bruit provoqué par l'interaction entre un écoulement avec d'une part une vanne papillon (pour différents angles) et d'autre part avec une grille avant de s'intéresser aux effets produits par la mise en série de ces éléments de manière plus ou moins proche. Ces effets de compacité ont fait également l'objet de travaux dans le domaine des SCA pour le bâtiment^{7,8} mettant en évidence l'importance de la prise en compte de ces effets de proximité.

Au laboratoire Roberval le travail de thèse réalisé dans le cadre de CESAME 1 a permis de concevoir, construire et instrumenter un banc d'essai original qui respecte les dimensions, la géométrie rectangulaire du « housing » et le débit du SCA. En se basant sur des travaux issus de la littérature^{9,10,11,12,13} pour la caractérisation d'éléments identifiés comme des discontinuités et des sources acoustiques situées dans un conduit en présence d'un écoulement, une représentation matricielle multimodale ou modèle dit «2N-ports» basée sur la matrice de diffusion et le vecteur source a été développée et validée sur un diaphragme et l'évaporateur composant d'un système de conditionnement d'air pour l'automobile par confrontation avec les résultats issus d'une modélisation numérique¹⁴.

Références bibliographiques :

¹H Trabelsi, "Banc d'essai et procédure pour la caractérisation des éléments d'un SCA par un système 2N ports avec écoulement: Validation à des sources aéroacoustiques". Thèse soutenue à l'UTC le 25 février 2011.

²H.Trabelsi, N.Zerbib, J.M Ville and F.Foucart." Passive and active acoustic properties of a diaphragm at low Mach number". The European Journal of Computational Mechanics, DOI:10:3166/EJCM.20.49-71, Dynamics of materials, vol 20, p49-71 2011

³ N. Humbad, G. Schlinke, and S. Scherer, "Correlating HVAC vehicle interior noise to sub-system measurements," *SAE Technica paper 2009-01-2117*, 2009

⁴S. Naji and F. Ailloud, "Automotive HVAC unit prediction using blower dimensioning tool," in *International Conference Automobile and Railroad Comfort*, Le Mans, 2008, pp. 41-46.

⁵S.Guerin, E.Thomy, M.CM Wright, "Aeroacoustics of automotive vents". J. Sound and Vib, 285 p859-875 2005.

- ⁶P.A Nelson and C.L Morfey."Aerodynamic sound production in low speed flow ducts". J. Sound and Vib, 79(2) p263-289 1981
- ⁷D.J Oldham and D.C Waddington. " Generalized flow prediction curves for air duct elements". J. Sound and Vib, 222(1) p163-169 1999.
- ⁸C.M Mak, J.Wu, C.Ye and J.Yang, " Flow noise from spoilers in ducts". J.Acous.Soc.Am, 125(6), p3756-3765, 2009
- ⁹J. Lavrentjev, M. Abom, and H. Bodèn, "A measurement method for determining the source data of acoustic two-port sources," Journal of Sound and Vibration, vol. 183, no. 3, pp. 517-531, 1995.
- ¹⁰H. Rämmal and M. Abom, "Characterization of air terminal device noise using acoustic 1-port source models," Journal of Sound and Vibration, vol. 300, pp. 727-743, 2007
- ¹¹H. Bodèn and M. Abom, "Modelling of fluid machines as sources of sound in duct and pipe systems," Acta Acustica, vol. 3, pp. 549-560, 1995.
- ¹²M. Abom, H. Bodèn, and J. Lavrentjev, "Source characterisation of fans using acoustic 2-port models," in Proceedings of Fan Noise 92, France, 1992, pp. 359-364.
- ¹³M. Abom and H. Bodèn, "A note on the aeroacoustic source character of in-duct axial fans ," Journal of Sound and Vibration, vol. 186, no. 4, pp. 589-598, 1995
- ¹⁴N.Zerbib, H.Trabelsi, MA HAmDi and J.M Ville »Numerical simulation of the acoustic wave propagation through a complex structure by a homogenization approach with 3D finite element method. JSAE 2011 Spring Congress. 30/8- 2/9 Kyoto Japan.

1.4. OBJECTIF DE LA THESE

Le projet de thèse décrit dans ce document s’inscrit dans la poursuite des programmes CESAME 1 et la perspective de CESAME 2. En s’appuyant sur l’expertise du laboratoire Roberval dans le domaine de la propagation acoustique en conduit avec écoulement et grâce aux moyens de mesure réalisés dans CESAME 1 et prévus dans CESAME 2, Valéo souhaite en effet développer un projet de recherche dont l’objet est la caractérisation sur le banc d’essai de l’UTC des éléments ou de l’association d’éléments composants le SCA en présence d’écoulement.

L’objectif est double :

- Connaître les caractéristiques aéroacoustiques pour améliorer leurs performances
 - de chacun des éléments
 - de l’association d’éléments
- Fournir à l’outil de conception des données d’entrées pour le calcul et/ou le ressenti de la pression acoustique produite dans l’habitacle automobile

2. ORGANISATION DE LA THESE

2.1. STRUCTURATION DES TRAVAUX / PLAN DE TRAVAIL

Dans le cadre du programme CESAME 2 sont prévus des investissements destinés à :

- Améliorer la procédure de mesure des matrices et vecteur source
- Intégrer sur le banc un montage de mesure des vitesses découlement par PIV

L’ordre des travaux pourra évoluer selon l’avancement de la procédure d’obtention des aides nécessaires au déroulement du projet CESAME2.

Le travail de thèse s’articulera de la façon suivante :

1. Phase 1 :

- a. Analyse bibliographique sur les modèles de sources et effets d'interaction en conduit avec écoulement.
 - b. Prise en main des outils expérimentaux et intégration des améliorations si disponibles sur les aspects acoustiques et aérauliques
 - c. Mise en place du plan d'expérience (choix des éléments) et réalisation des montages spécifiques
2. Phase 2 :
- a. Réalisation des essais sur banc UTC
 - b. Analyse des résultats. Confrontation avec des modèles et méthodes Valéo de mesure de puissance acoustique du pulseur
3. Phase 3 :
- a. intégration chez Valéo dans un outil de modélisation et validation expérimentale finale sur l'installation Valéo
 - b. rédaction de la thèse

L'ensemble de ces travaux donnera lieu à :

- des communications dans des congrès nationaux et internationaux,
- une publication dans un journal de niveau international
- un mémoire de thèse

2.2. CALENDRIER / PLANNING / DEROULEMENT DE LA THESE

Le planning général est présenté ci-dessous.

Tâches	Année 1				Année 2				Année 3			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
Phase 1 a	Analyse bibliographique											
b												
c												
Phase 2	Réalisation des essais et analyse											
a												
b												
Phase 3	Intégration sur logiciel et validation sur climatisation											
a												
b												

Hébergement du thésard : En rose : période Valéo ; en bleu période UTC ; en vert alternance

3. MODALITE DE FONCTIONNEMENT :

Le laboratoire d'accueil le Laboratoire Roberval « Mécanique Acoustique et matériau » UMR UTC-CNRS n°6253. La direction scientifique sera assurée conjointement par :

- Jean-Michel VILLE (PU) reconnu pour ces travaux dans le domaine de la propagation dans les conduits avec écoulement et Directeur de la thèse de H. Trabelsi
- Solenne MOREAU (MCF) reconnu pour ses travaux dans le domaine de l'aéroacoustique

Des réunions d'avancement sont prévues alternativement à l'UTC ou chez Valéo tous les trimestres.