Nasso Kélyan

MCOT TIPE

Sujet d'étude (Titre) : Sonorité des pots d'échappement

Le sujet choisi traite de l'influence que peut avoir la forme sur la sonorité. Le son produit par un voiture ne dépend pas uniquement du régime du moteur ou de la fréquence des combustions : la géométrie du système d'échappement joue également un rôle déterminant. La longueur et le diamètre des conduits, la présence de coudes, de chambres ou de silencieux ainsi que leur forme peuvent modifier la propagation, la réflexion et l'interférence des ondes sonores. Certaines fréquences peuvent ainsi être amplifiées tandis que d'autres sont atténuées, ce qui influence directement la tonalité et l'intensité sonore perçues. Ce phénomène se situe donc à l'intersection de plusieurs domaines de la physique qui m'intéressent. Il fait intervenir la mécanique des fluides, puisque les gaz chauds et compressibles circulent dans les conduits, mais également la physique ondulatoire

Positionnement thématique :

Physique Ondulatoire (Acoustique), Physique (Mécanique des fluide), Physique de la Matière (Thermodynamique), Génie Mécanique (RDM, Métallurgie)

Mots clés :

-son -ondes mécanique -vibration -pot d'échappement -géométrie

-Sound -mechanical waves -vibration -exhaust -geometry

Bibliographie commentée :

Les ondes acoustiques sont des ondes mécaniques qui se propagent dans un milieu matériel grâce aux variations de pression et au mouvement des particules. Dans un pot d'échappement, elles se propagent dans les gaz et peuvent également provoquer des vibrations des parois métalliques. Les principes fondamentaux de la production et de la propagation du son sont étudiés par Eugène Darmois [1], tandis que René Moreau [2] s'intéresse à la propagation guidée des ondes acoustiques dans l'air. Ces notions permettent de comprendre comment la géométrie d'un conduit influence la propagation des ondes et, par conséquent, la sonorité produite.

Je souhaite tout d'abord étudier l'origine du son produit par un pot d'échappement afin de déterminer si celui-ci provient principalement des fluctuations de pression des gaz ou des vibrations de la conduite métallique. Les travaux de Quentin Leclere [3] permettent d'aborder l'origine des moteurs automobiles et le rayonnement acoustique de leurs structures. Je m'intéresserai également au couplage entre l'acoustique et les vibrations de la structure, étudié par Bo Zhao et He Li [4]. Cette étude montre que les vibrations des parois et les ondes sonores à l'intérieur du silencieux interagissent et peuvent modifier ses performances acoustiques. Ces recherches me permettront de comprendre les mécanismes physiques responsables de la sonorité d'un échappement et d'identifier les grandeurs mesurables, notamment la pression acoustique et les vibrations de la paroi.

Je chercherai ensuite à comprendre comment la géométrie du pot d'échappement, la température des gaz et le régime moteur influencent les caractéristiques du son produit. L'article de Jun Fu et ses coauteurs [5] étudie l'influence de plusieurs paramètres géométriques, notamment le rapport entre la longueur et le diamètre du silencieux, sur son atténuation acoustique. Je pourrai ainsi examiner le rôle de la longueur, du diamètre et de la forme des chambres sur le spectre sonore. Je m'appuierai également sur les travaux de Ling-Kuan Xuan et ses coauteurs [6], qui étudient l'influence des effets thermiques sur la transmission acoustique d'un silencieux. L'objectif sera de relier ces paramètres à des grandeurs mesurables, comme les fréquences caractéristiques, les harmoniques et le niveau sonore, afin de déterminer expérimentalement dans quelle mesure la forme du pot d'échappement influence la sonorité produite.

Problématique : En quoi la forme d'un pot d'échappement a une influence sur le son produit ?

Objectif du TIPE :

L'objectif est de déterminer comment la géométrie et les différents paramètres tel que le régime moteur et la température du moteur ou du pot peuvent modifier les caractéristiques des ondes sonores (amplitude, fréquences).

Référence bibliographique :

[1] : Eugene Darmois Vibration, Acoustique, Société d'Edition d'Enseignement Supérieur S.E.D.E.S. – SEDES (1948)

[2] : René Moreau, Propagation guidée des ondes acoustiques dans l'air, Vol. 86 (1992)

[3] : Quentin Leclère, Laurent Polac, Bernard Laulagnet et Jean-Louis Guyader (2006). Vibro-acoustique des moteurs d'automobile — Rayonnement acoustique du groupe motopropulseur (GMP)

[4] : Bo Zhao et He Li (2022), Analysis of the Influencing Factors of the Acoustic Performance of the Muffler Considering Acoustic-structural Coupling. Revue : Archives of Acoustics, vol. 47, no 4, p. 479–490

[5] : Jun Fu, Minghui Xu, Wei Zheng, Zengfeng Zhang et Yong He (2021), Effects of structural parameters on transmission loss of diesel engine muffler and analysis of prominent structural parameters. Revue : Applied Acoustics, vol. 173, article 107686

[6] : Ling-Kuan Xuan, Jing-Feng Gong, Ping-Jian Ming, Guo-Yong Jin et Wen-Ping Zhang (2014), A time-domain finite volume approach for prediction of muffler transmission loss including thermal effects, Proc IMechE Part C : J Mechanical Engineering Science 2014, Vol 228(1) 108–118