HAL open science

Imagerie acoustique par méthode inverse sur structure à géométrie complexe

S Forget, N Totaro, J-L Guyader, M Schaeffer

To cite this version:

S Forget, N Totaro, J-L Guyader, M Schaeffer. Imagerie acoustique par méthode inverse sur structure à géométrie complexe. Congrès Français de Mécanique - CFM 2015, Aug 2015, Lyon, France. hal-01282549

HAL Id: hal-01282549

https://hal.science/hal-01282549v1

Submitted on 3 Mar 2016

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Imagerie acoustique par méthode inverse sur structure à géométrie complexe

S. FORGET[a], N. TOTARO[b], J-L. GUYADER[c], M. SCHAEFFER[d]

a. Centre Technique Renault de Lardy (F-91510), sandra.forget@renault.com
b. Laboratoire Vibrations Acoustique de Lyon (F-69621), nicolas.totaro@insa-lyon.fr
c. Laboratoire Vibrations Acoustique de Lyon (F-69621), jean-louis.guyader@insa-lyon.fr
d. Centre Technique Renault de Lardy (F-91510), michel.schaeffer@renault.com

Résumé :

L'identification de source reste aujourd'hui un sujet d'actualité dans l'industrie pour agir à l'origine même du bruit. Toutefois, le milieu industriel impose un certain nombre de contraintes, les principales étant la topologie complexe des structures vibrantes, leur accessibilité et l'environnement de mesures. C'est dans ce contexte que la méthode d'identification de source présentée ici, nommée M-iPTF pour inverse Patch Transfer Functions method with Mixed boundary conditions, a été développée. A partir de simples mesures de pressions effectuées autour de la source et quel que soit son environnement, elle permet de reconstruire les cartographies des différents champs acoustiques (vitesse, pression et intensité) à la surface de la structure. Son principe repose sur un problème acoustique inverse, formulé à partir de l'identité de Green et de la définition d'une cavité virtuelle entourant la source et représentée par un modèle numérique.

Abstract :

Noise source identification still remains a current challenge in industry to act directly at the origin of noise. However, in the case of industrial applications, the main constraints are the complex topology of vibrating structures, their accessibility and the environment of measurement. That's why the source identification method presented here, called M-iPTF for inverse Patch Transfer Functions method with Mixed boundary conditions, has been developed. Indeed, from simple pressure measurements performed around the source and whatever its environment, it is able to reconstruct maps of the different acoustic fields (velocity, pressure and intensity) at the real surface of the structure. It is based on an inverse acoustic problem, formulated from the Green's identity and the definition of a virtual cavity surrounding the source and represented by a numerical modeling.

Mots clefs : identification de source, problème inverse, méthode iPTF.

1 Introduction

Depuis plusieurs décennies de nombreuses méthodes d'identification de sources acoustiques ont été développées en raison de la variété des applications. Dans le domaine de l'industrie ce sont principalement

l'holographie acoustique et la formation de voies qui restent les plus répandues et utilisées aujourd'hui [1]. Seulement chacune de ces deux techniques présente certaines limitations. L'holographie acoustique par exemple, qui repose sur la transformée de Fourier 2D de l'équation d'Helmholtz [2], ne permet d'identifier (localiser et quantifier) les champs acoustiques que sur des géométries simples [3] et non à la surface même de la structure. Elle requiert également des mesures de pressions réalisées en environnement contrôlé (anéchoïque) et en champ proche pour limiter les effets de bords. La formation de voies [4], quant à elle, ne permet qu'une approche purement qualitative (localisation) des sources de bruit par retard et addition de signaux obtenus à partir d'une antenne de microphones.

La méthode M-iPTF présentée ici, qui appartient aux domaines des méthodes inverses, a été développée pour s'affranchir de ces différentes contraintes. Elle est en effet capable, à partir de simples mesures de pressions réalisées autour de la source et quel que soit l'environnement de mesure, de fournir les cartographies quantifiées des différents champs sources (pression, vitesse, intensité ...) sur la géométrie même de la pièce. Elle tire ses principaux avantages de l'utilisation de l'identité de Green et d'un couplage entre l'expérimental et la modélisation numérique.

2 Principe théorique

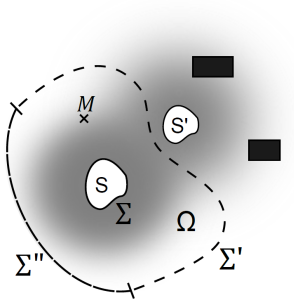


FIGURE 1 – Volume virtuel fermé Ω et ses surfaces de frontière : Σ (surface source), Σ' (surface virtuelle) and Σ'' (mur rigide).

Considérons, comme présentée sur la Figure 1, une source vibro-acoustique S de géométrie complexe, placée dans un environnement acoustique quelconque et potentiellement bruyant (seconde source stationnaire de bruit S'). Le principe de la méthode M-iPTF repose sur la définition d'un volume virtuel fermé Ω à partir de surfaces entourant la source. Ces surfaces comptent la surface de la source elle-même (Σ), éventuellement une surface physiquement rigide (Σ''), et une surface virtuelle (Σ') totalement arbitraire mais choisie de façon à délimiter un milieu contrôlé autour de la source dans un environnement extérieur global non contrôlé.

Le problème acoustique est alors donné par l'application de l'identité de Green sur ce volume. L'intérêt est ici de résoudre un problème volumique à partir de la connaissance des conditions aux limites de ses frontières.

La résolution détaillée du problème est fournie dans [5]. Elle repose sur une décomposition modale du champ de pression sur les déformées propres de la cavité virtuelle et sur un choix judicieux mais admissible des conditions aux limites de celle-ci. Il est ainsi possible de connaître la pression en tout point $\mathbf{p}_i$ de la cavité en différenciant (Eq. 1) : (i) la contribution de la source elle-même avec la donnée de sa vitesse vibratoire $\mathbf{V}_j$ avec (ii), la contribution de son environnement extérieur à travers la mesure

de la pression $\mathbf{p}_k$ sur la surface virtuelle. Et chacune de ces contributions fait intervenir les déformées propres en pression et/ou en vitesse de la cavité (matrices $\mathbf{Z}_{ij}$ et $\mathbf{Y}_{ik}$) .

$$\mathbf{p}_i = \mathbf{Z}_{ij}\,\mathbf{V}_j - \mathbf{Y}_{ik}\,\mathbf{p}_k \tag{1}$$

Les indices i, j, k indiquent une discrétisation du problème afin de pouvoir être résolu, et notamment les surfaces sont discrétisées en surfaces élémentaires appelées *patches*.

L'identité de Green permet donc de séparer la contribution de la source de celle de son environnement et donc, en inversant le problème, de l'identifier :

$$\mathbf{V}_j = \mathbf{Z}_{ij}^{-1}(\mathbf{p}_i + \mathbf{Y}_{ik}\,\mathbf{p}_k) \tag{2}$$

Finalement, il est ainsi possible d'obtenir le champ de vitesse source à partir de mesures de pression réalisées sur la surface virtuelle et en des points de la cavité, couplées aux déformées propres de celle-ci. Les modes peuvent être calculés par simulation numérique, ce qui permet de traiter des cavités et donc des sources de géométrie complexe. Par ailleurs, les autres quantités acoustiques (pression, intensité ...) peuvent se déduire des vitesses identifiées à partir de la formulation directe du problème (Eq. 1).

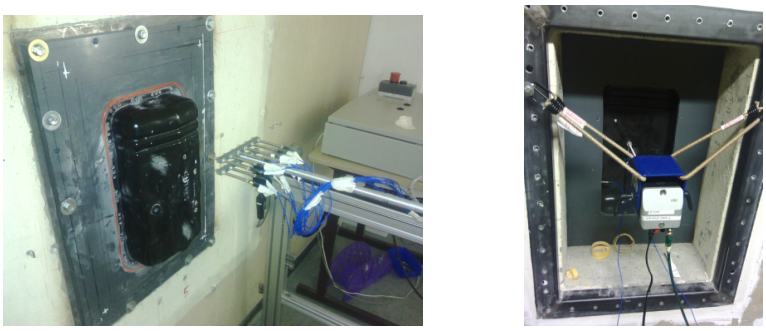
Comme toute méthode inverse en acoustique, la méthode M-iPTF repose sur un problème mal-posé, notamment dû à la mesure et la discrétisation même du problème. Il est nécessaire de procéder à une régularisation, de type Tikhonov par exemple [5].

3 Application

La méthode M-iPTF a été appliquée expérimentalement sur un carter d'huile bafflé (Figure 2(a)), excité par un pot vibrant (Figure 2(b)).

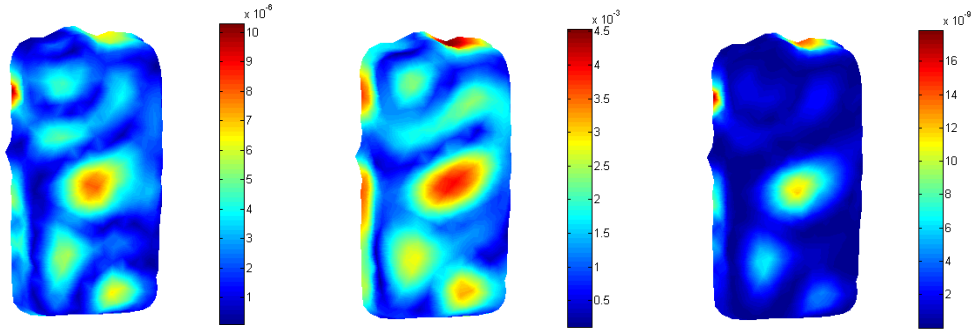
Pour alimenter la méthode, des mesures de pressions sur une surface virtuelle prise rectangulaire et dans la cavité, ont été réalisées à partir d'une antenne de microphones pilotée par un robot 3 axes (Figure 2(a)). Les déformées modales de la cavité ont été, quant à elles, calculées par un solveur numérique.

La validation de la méthode s'est faite par comparaison des cartographies des différents champs (pression, vitesse et intensité) et de la puissance acoustique rayonnée (conservative), obtenus par la méthode et mesurés directement avec une sonde P-U (microflown). Il a ainsi été mise en évidence la capacité de la méthode à reconstruire avec précision, tant en localisation qu'en amplitude, les différents champs acoustiques sur une large plage de fréquence (jusqu'à 3000Hz). Un exemple à 1895Hz est présenté Figure 3.



(a) Source : carter d'huile (b) Position du pot vibrant

FIGURE 2 – Système d'étude : (a) un carter d'huile bafflé est excité par (b) un pot vibrant.



(a) 1895Hz : Vitesse (b) 1895Hz : Pression (c) 1895Hz : Intensité

FIGURE 3 – Champs source identifiés par la méthode M-iPTF : (a) vitesse, (b) pression et (c) intensité.

Références

[1] Lanslots, Jeroen et Deblauwe, Filip et Janssens, Karl. *Selecting sound source localization techniques for industrial applications*. Sound and Vibration, 44(6) :6, 2010.

[2] Maynard, Julian D et Williams, Earl G et Lee, Y. *Nearfield acoustic holography : I. Theory of generalized holography and the development of NAH*. The Journal of the Acoustical Society of America, 78(4) :1395–1413, 1985.

[3] Williams, Earl G. *Fourier acoustics : sound radiation and nearfield acoustical holography*. academic press, 1999.

[4] Billingsley, J et Kinns, R. *The acoustic telescope*. Journal of Sound and Vibration, 48(4) :485–510, 1976.

[5] Forget S., Totaro N. et Guyader J-L., Schaeffer M. *Source fields reconstruction on a 3D structure in noisy environment*. NOVEM, 2015.