

Réduction de problèmes vibro-acoustique avec interfaces dissipatives par décomposition de domaines

R. Rumpler, A. Legay, J.-F. Deü

*Laboratoire des Structures et des Systèmes Couplés, Conservatoire National des Arts et Métiers, Paris
{romain.rumpler,antoine.legay,jean-francois.deu}@cnam.fr*

1 Introduction

Les matériaux poreux sont couramment utilisés afin de réduire le bruit interne par exemple dans les habitacles de véhicules de transport. Lors de la phase de conception et afin d'optimiser le matériau absorbant (taille, position...), l'ingénieur a besoin d'effectuer de nombreuses simulations numériques de ce problème couplé faisant intervenir trois domaines : structure, cavité acoustique et matériau poreux. La modélisation complète du problème conduit généralement à un nombre très important de degrés de liberté, notamment pour décrire précisément le comportement du milieu poreux. Les temps de calculs peuvent alors être prohibitifs lors de la phase d'optimisation. Afin de réduire ces temps de calculs, une première approche consiste à approximer le comportement du matériau poreux par un modèle simplifié [1]. Une autre stratégie, que nous nous proposons de suivre dans ce travail, est de garder une modélisation fine du matériau poreux et de réduire le problème couplé par une méthode de type synthèse modale.

2 Réduction du problème couplé

Les variables utilisées pour décrire la structure et la cavité acoustique sont respectivement le déplacement et la fluctuation de pression. Le matériau poreux est modélisé en utilisant la théorie de Biot-Allard [2] où les phases fluide et solide sont décrites par leurs champs de déplacement. La structure est discrétisée par des éléments finis de type coque tandis que la cavité acoustique et le matériau poreux sont discrétisés par des éléments volumiques. Dans le domaine fréquentiel, le système matriciel à résoudre est complexe et non-symétrique.

Dans un premier temps, une méthode de réduction modale à interfaces fixes et par décomposition en sous-domaines [3] est utilisée pour réduire la partie non dissipative du problème fluide-structure [4, 5, 6]. Chaque sous-domaine est projeté sur une base qui contient (i) les modes à interface fixe tronquée à une valeur dépendante de la fréquence maximale d'observation (ii) ainsi que les modes statiques d'interface. Le système final à résoudre est de taille réduite par rapport au système initial, mais il contient toujours, en plus des degrés de libertés des interfaces entre sous-domaines, l'ensemble des degrés de liberté du domaine poreux. Dans un second temps, diverses stratégies sont donc étudiées pour réduire le milieu poreux dont le comportement dissipatif dépend de façon non-linéaire de la fréquence. Tous les développements (éléments finis, éléments de couplage et méthodes de réduction) sont réalisés en Fortran dans le code de calcul Feap [7].

3 Application

La méthode de réduction proposée est appliquée à un modèle simplifié de véhicule automobile constitué de deux domaines acoustiques (cavité moteur et cavité passagers) séparés par une structure flexible. Afin d'atténuer le bruit généré dans la cavité passager (bruit transmis par la cavité moteur à travers la structure), une des parois est recouverte de matériau absorbant (Fig. 1).

Pour la gamme de fréquence d'intérêt, le maillage complet est constitué de 18400 éléments représentant 28500 degrés de liberté. Les cavités acoustiques sont décomposées en quatre sous-domaines con-

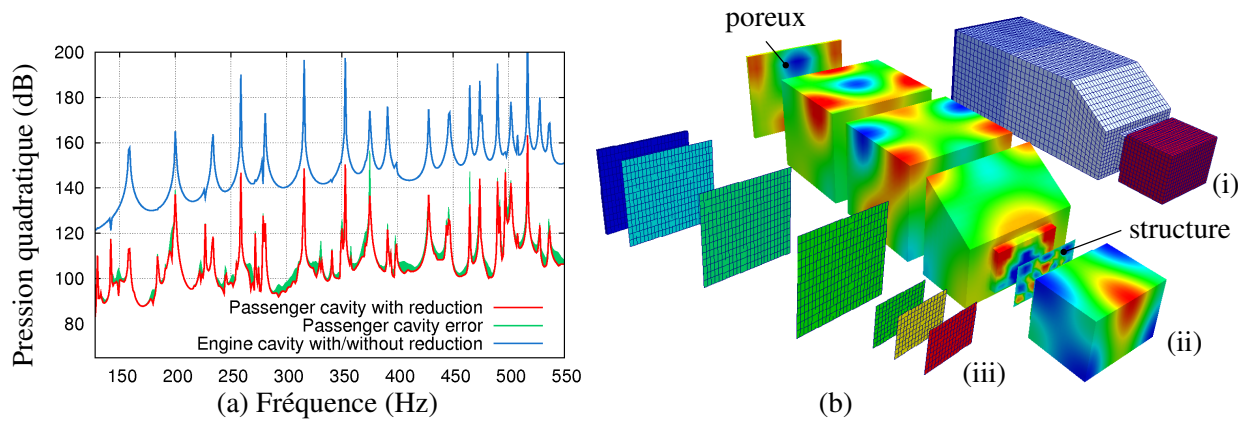


FIGURE 1 – (a) Fonction de réponse en fréquence (FRF) en terme de pression quadratique moyenne dans les deux cavités et écarts entre les modèles complet et réduit. (b) Modèles éléments finis (i) complet, (ii) décomposé en sous-domaines, (iii) réduit aux interfaces.

tenant chacune approximativement le même nombre d'éléments (Fig. 1). La structure n'est pas réduite ici car elle est discrétisée par des éléments coques et a donc déjà la dimension spatiale d'une interface.

La méthode de réduction à interface fixe est tout d'abord appliquée aux quatre sous-domaines fluide. Le problème comporte alors 10600 degrés de liberté dont 8700 appartiennent au milieu poreux non réduit. Les résultats sont comparés à ceux du problème complet et montrent que la base modale de chaque sous-domaine tronquée à une fréquence double de la fréquence d'observation (contenant 1700 modes) permet de très bien représenter la FRF de 0 à 550Hz (Fig. 1). En terme de temps de calcul, le gain est d'environ un facteur 3 sur cette application. Le travail en cours concerne la réduction du milieu poreux qui contient la majorité des ddl restant.

Références

- [1] J.-F. Deü, W. Larbi, R. Ohayon. *Vibration and transient response of structural-acoustic interior coupled systems with dissipative interface*, Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, 197(51-52), 4894-4905, 2008.
- [2] J.-F. Allard. *Propagation of Sound in Porous Media : Modelling Sound Absorbing Materials*, Elsevier Science Publishers Ltd, London, 1993.
- [3] R. Craig, M. Bampton. *Coupling of substructures for dynamic analysis*, American Institute of Aeronautics and Astronautics Journal, 6(7), 1313-1319, 1968.
- [4] R. Ohayon. *Reduced models for fluid-structure interaction problems*, International Journal for Numerical Methods in Engineering, 60(1), 139-152, 2004.
- [5] P. Davidsson. *Structure-acoustic analysis : Finite element modelling and reduction methods*, Ph.D Thesis, Lund University, 2004.
- [6] J. Herrmann, M. Maess, L. Gaul. *Substructuring including interface reduction for the efficient vibro-acoustic simulation of fluid-filled piping systems*, Mechanical systems and signal processing, 24(1), 153-163, 2010.
- [7] R.L. Taylor. *FEAP - A Finite Element Analysis Program*, <http://www.ce.berkeley.edu/projects/feap/>.