

Modèle réduit en dynamique stochastique d'une structure ayant de nombreux modes locaux en basse fréquence

A. Arnoux^{1,2}, A. Batou¹, C. Soize¹, L. Gagliardini²

¹ Laboratoire Modélisation et Simulation Multi-Echelle, Université Paris-Est, MSME UMR 8208 CNRS, France, adrien.arnoux@univ-paris-est.fr

² PSA Peugeot Citroën, Direction Technique et Industrielle, Centre Technique de Velizy A, France.

Résumé — Nous présentons une méthode de construction d'un modèle numérique par éléments finis par sous domaine construit avec la Fast Marching Method pour des structures très complexes, telles que celle d'une automobile, modèle numérique par sous domaine qui est nécessaire pour la mise en oeuvre d'une nouvelle méthode de réduction de modèle en dynamique stochastique des structures ayant dans le domaine modal des basses fréquences un très grand nombre de modes locaux. Cette dernière méthode est basée sur la construction d'une part d'une base des déplacements globaux et d'autre part d'une base des déplacements locaux, la réunion des deux familles étant une base de l'espace des déplacements admissibles. La méthode proposée sera illustrée sur divers exemples.

Mots clés — vibro-acoustique, modélisation numérique, Fast Marching Method.

1 Introduction

Cette recherche est réalisée dans le contexte d'une analyse vibroacoustique d'une automobile. Ces types de structures sont caractérisés par le fait que dans la bande des basses fréquences considérée, il y a non seulement des modes élastiques qui présentent principalement des déformations globales (dits modes globaux) mais aussi de très nombreux modes élastiques qui présentent des déformations principalement locales (dits modes locaux). Un exemple de densité modale d'une telle structure est montrée sur la Fig. 1. Sur une telle structure complexe hétérogène, les modes globaux ne peuvent pas être clairement séparés des modes locaux car les contributions des déformations locales dans les déformations des modes globaux peuvent être significatives et réciproquement. Dans ce travail, la méthode proposée dans [1] est appliquée pour construire un modèle réduit pour ce type de structure.

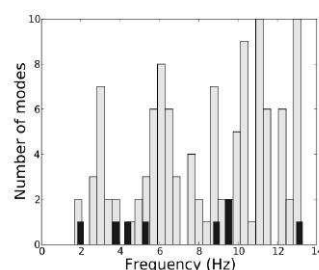


FIG. 1 – Densité modale de tous les modes élastiques (contributions globales et locales) d'un panneau raidi avec cellules de raideur variable.

2 Description de la méthode de réduction de modèle

Dans un premier temps, le domaine est décomposé en sous domaines ayant des propriétés *ad hoc* pour construire le modèle réduit. Une dimension caractéristique de chaque sous domaine est définie par l'introduction d'un paramètre noté ε dont la valeur permet de séparer le sous espace \mathcal{H}_g des déplacements globaux du sous espace \mathcal{H}_l des déplacements locaux, dont la somme directe donne l'espace admissible \mathcal{H} des déplacements. La méthode est basée sur l'introduction d'un opérateur de projection sur le sous

espace \mathcal{H}_g . L'énergie cinétique est restreinte à \mathcal{H}_g en utilisant cet opérateur de projection tandis que l'énergie élastique n'est pas réduite et reste définie sur l'espace \mathcal{H} . Le problème aux valeurs propres pour calculer la base de l'espace \mathcal{H}_g des déplacements globaux est écrit

$$-\lambda^g [M^g] \phi^g + [K] \phi^g = 0 \quad ,$$

où $[M^g]$ est la matrice de masse relative à \mathcal{H}_g et $[K]$ est la matrice de raideur relative à \mathcal{H} . Nous introduisons ensuite le problème aux valeurs propres permettant de construire une base de l'espace \mathcal{H}_ℓ qui est écrit

$$-\lambda^\ell [M^\ell] \phi^\ell + [K] \phi^\ell = 0 \quad ,$$

où $[M^\ell] = [M] - [M^g]$ avec $[M]$ la matrice de masse relative à \mathcal{H} . Il est démontré que la famille qui résulte de la réunion de ces deux bases constitue une base de l'espace \mathcal{H} des déplacements admissibles, ce qui permet d'écrire pour la synthèse modale,

$$U_{n_g, n_\ell}(\omega) = \sum_{\alpha=1}^{n_g} q_\alpha^g(\omega) \phi_\alpha^g + \sum_{\beta=1}^{n_\ell} q_\beta^\ell(\omega) \phi_\beta^\ell \quad .$$

Cette décomposition du déplacement permet de calculer la réponse globale en prenant en compte les effets des déplacements locaux qui ne peuvent pas être négligés. En effet, le transfert de l'énergie mécanique liée aux déformations locales vers le système réduit lié aux déplacements globaux, induit principalement pour ce dernier une dissipation apparente.

3 Construction des sous-domaines

Pour un modèle numérique d'une structure complexe tel qu'une automobile, la décomposition *ad hoc* du domaine pour construire les deux sous espaces \mathcal{H}_g et \mathcal{H}_ℓ n'est pas facile à réaliser car la géométrie est complexe. La méthode que nous proposons pour la décomposition, est basée sur la Fast Marching Method (FMM) introduite dans [2] [3] qui donne la manière de propager un front sur une géométrie complexe à partir de la définition d'un point initial sur la géométrie de départ. La décomposition est réalisée en deux étapes. (1) Le point initial sur chaque sous domaine est déterminé en utilisant la FMM (voir Fig. 2). (2) Les sous domaines sont générés à partir de chaque point initial en utilisant de nouveau la FMM (voir Fig. 2). La méthodologie est validée, d'une part sur un modèle numérique simple et d'autre part sur le modèle d'une structure complexe d'une automobile ayant de l'ordre de 1 million de DDL.

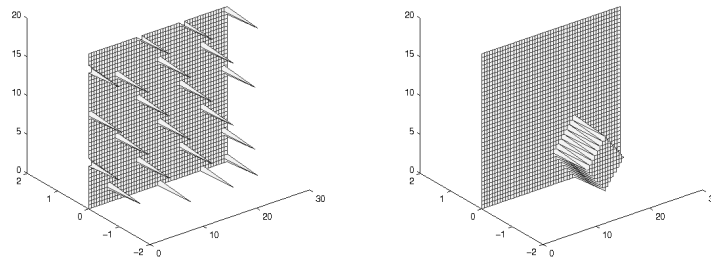


FIG. 2 – (Figure gauche) :Points initiaux. (Figure droite) :un sous-domaine du panneau simple.

Références

- [1] C. Soize, A. Batou. *Stochastic reduced-order model in low frequency dynamics in presence of numerous local elastic modes*, Journal of Applied Mechanics, en impression.
- [2] J.A. Sethian. *A Fast Marching Level Set Method for Monotonically Advancing Fronts*, Proc. Nat. Acad. Sci., 93, 4, 1996.
- [3] J.A. Sethian, R.Kimmel. *Computing Geodesic Paths on Manifolds*, Proc. Natl. Acad. Sci., 95(15) :8431-8435, 1998.