

Techniques de réduction de modèles pour les vibrations non linéaires de plaques minces amorties

F. Boumediene^{1,2}, J-M. Cadou^{1*}, L. Duigou¹, A. Miloudi²

¹ Laboratoire d'Ingénierie des Matériaux de Bretagne, Université Européenne de Bretagne, Université de Bretagne Sud, Rue de Saint Maudé, BP 92116, 56321 Lorient cedex, France

² Laboratoire de Mécanique Avancée, Faculté de Génie Mécanique & Génie des Procédés, USTHB, BP 32, El Alia, 16111 Bab Ezzouar, Alger, Algérie,

Résumé

L'industrie mécanique et en particulier l'industrie du transport (l'aéronautique, la construction navale, la construction automobile ou encore la construction ferroviaire) utilise aujourd'hui de plus en plus les composants minces (plaques ou coques) notamment dans un souci économique (le coût des matières premières) mais également dans un souci environnemental (moins d'énergie utilisée pour se déplacer). L'utilisation de ces composants minces dans un environnement inchangé (les sollicitations extérieures demeurent les mêmes qu'auparavant) nécessite de bien appréhender leur comportement et notamment leur comportement vibratoire.

L'objectif de ce travail est de donner un outil numérique afin de déterminer efficacement et rapidement les réponses vibratoires de structures minces. Il est essentiel de procéder à une analyse des vibrations de tout projet de construction lors de l'étape de conception pour que les modifications nécessaires puissent être facilement faites pour éliminer les vibrations, ou au moins pour les réduire autant que possible. Parmi les structures les plus utilisées nous rencontrons les plaques minces. Celles-ci sont largement utilisées pour leur légèreté et leurs propriétés aérodynamiques. Ces structures sont souvent forcées à vibrer avec de grandes amplitudes induisant des non linéarités significatives de type géométrique.

Dans ce travail, nous avons fait l'étude des plaques minces amorties soumises à des excitations harmoniques normales au plan de la plaque. Ce type de force peut exciter des harmoniques d'ordre élevé, ce qui suggère de les considérer dans le vecteur inconnu. Après la mise en équation, nous obtenons un système multi harmoniques à résoudre ayant un nombre de degrés de liberté important et égal au produit du nombre d'harmoniques par le nombre de degrés de liberté du problème linéaire classique. Pour la résolution, nous utilisons la méthode d'équilibrage harmonique et une Méthode Asymptotique Numérique (MAN). Cette dernière est une méthode de continuation qui transforme la forme non linéaire en une suite de problèmes algébriques linéaires. La structure est discrétisée spatialement en utilisant la méthode des éléments finis.

Nous considérons un amortissement de type Rayleigh qui a l'avantage de représenter plusieurs types d'amortissements. L'introduction de l'amortissement dans les problèmes non linéaires précédents conduit généralement à des solutions complexes. Le nombre de degrés de liberté du système multi harmoniques va alors doubler. Cependant, l'augmentation de la taille du système mène à l'accroissement du temps de calcul. Afin de réduire ce temps, la méthode de résolution est couplée à des techniques de réduction de modèle. Dans ce travail, nous comparons deux techniques de réduction de modèles qui diffèrent par la manière dont les vecteurs de base sont obtenus. Nous utilisons ainsi une technique largement utilisée aujourd'hui dans le domaine de la simulation numérique: la méthode de décomposition aux valeurs propres (Proper Orthogonal Decomposition - POD), mais nous proposons également une autre technique de réduction originale basée sur un premier pas MAN sans réduction notée (BNL). La technique de réduction est ajoutée après linéarisation du problème par la

* Auteur correspondant: jean-marc.cadou@univ-ubs.fr

MAN. Les résultats obtenus avec les deux approches (MAN et MAN+réduction) coïncident parfaitement, pour plusieurs exemples de plaques rectangulaires et avec différentes conditions aux limites (exp. Fig. 1).

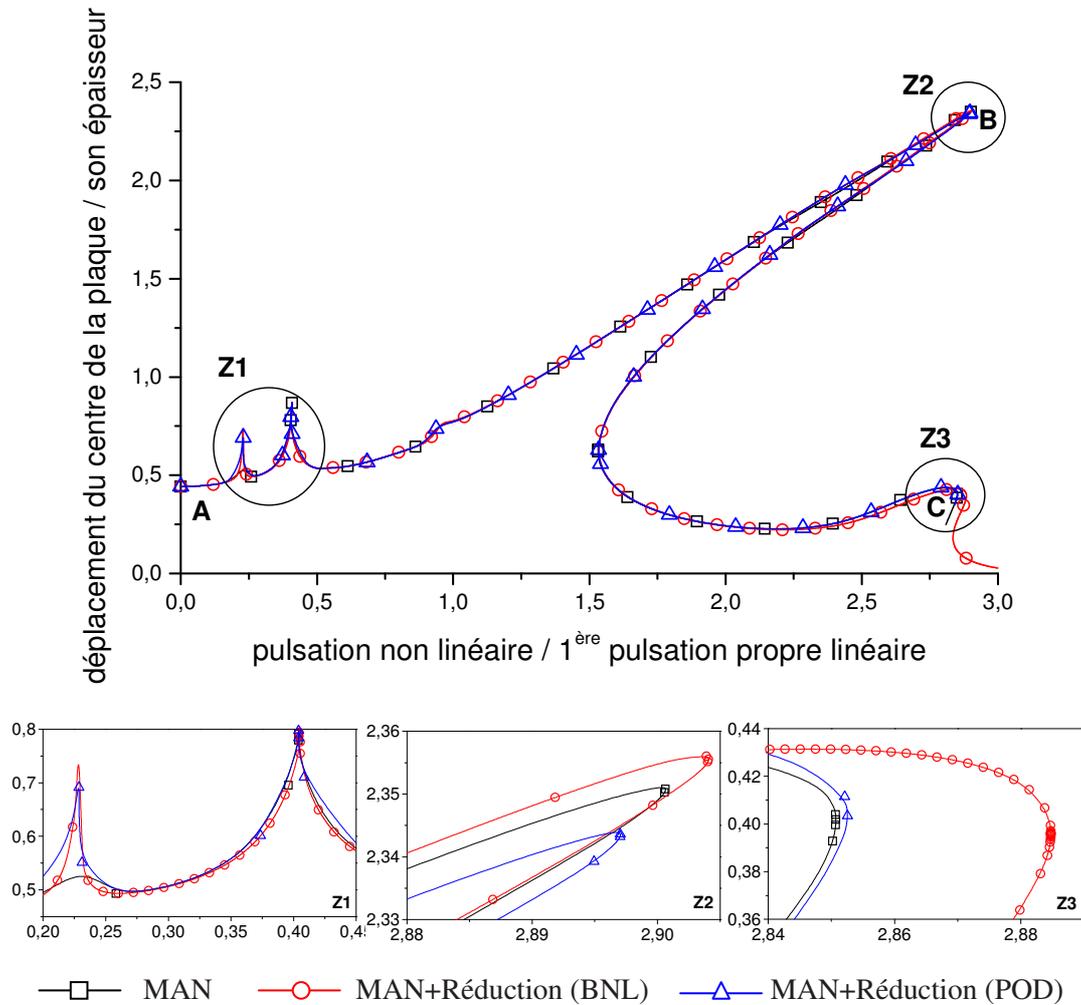


FIG. 1 – Réponse dynamique non linéaire d'une plaque simplement appuyée.