SDLS127 - Réponse harmonique d'une plaque sandwich viscoélastique encastrée sur un bord

Résumé :

L'objectif de ce test est de valider le calcul de la réponse harmonique d'une structure comportant à la fois des matériaux élastiques standards, et des matériaux viscoélastiques dont les propriétés dépendent de la fréquence.

Trois modélisations sont réalisées :
- Modélisation A : calcul direct sur base physique, en calculant les matrices assemblées fréquence par fréquence ; cette modélisation sert de référence ;
- Modélisation B : calcul préalable des modes propres réels, puis calcul harmonique sur base modale ;
- Modélisation C : calcul préalable des modes propres réels améliorés (« beta-modes »), puis calcul harmonique sur base modale.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

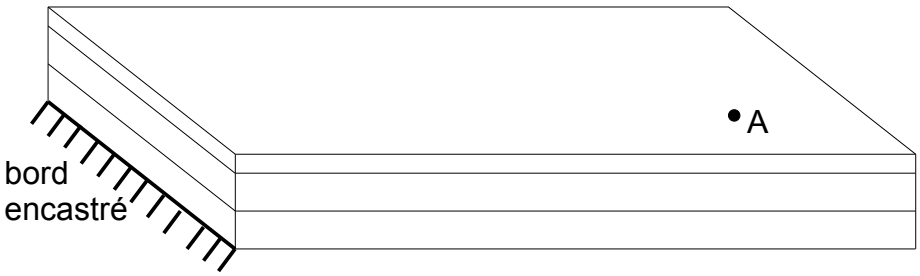


Image 1.1-1: Géométrie de la plaque sandwich.

Plaque sandwich rectangulaire composée de trois couches de matériaux différents :

Côté 0,05 m x 0, 15 m

Épaisseur : aluminium (dessus) : 0,5 mm
matériau viscoélastique (centre) : 1 mm
acier (dessous) : 1 mm

1.2 Propriétés des matériaux

Le matériau de la couche du dessus est de l'aluminium (élastique isotrope) ; ses propriétés sont constantes :

- module de Young $E=70\ 000\ \ MPa$
- coefficient de Poisson $\nu=0,3$
- masse volumique $\rho=2700\ \ kg/m^3$
- amortissement hystérétique $\eta=0,001$

Le matériau de la couche du dessous est de l'acier (élastique isotrope) ; ses propriétés sont constantes :

- module de Young $E=210\ 000\ \ MPa$
- coefficient de Poisson $\nu=0,3$
- masse volumique $\rho=7800\ \ kg/m^3$
- amortissement hystérétique $\eta=0,002$

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

Le matériau de la couche centrale est viscoélastique (élastomère) ; certaines de ses propriétés sont dépendantes de la fréquence :

Fréquence (Hz)	Partie réelle du module de Young E (MPa)	Facteur de perte η
1	23,2	1,1
10	58	0,85
50	145	0,7
100	203	0,6
500	348	0,4
1000	435	0,35
1500	464	0,34

Tableau 1.2-1 : Propriétés dépendantes de la fréquence du matériau viscoélastique.

Les autres sont constantes :

- coefficient de Poisson $\nu = 0,45$
- masse volumique $\rho = 1200\, kg/m^3$

1.3 Conditions aux limites et chargements

Conditions aux limites :

- encastrement sur un bord de la couche d'acier.

Chargement :

- force nodale au point A : FZ=1.

1.4 Conditions initiales

Sans objet (calcul harmonique).

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul

La réponse harmonique co-localisée au point A est calculée par une méthode directe, fréquence par fréquence. Ainsi, fréquence par fréquence :

- on définit un matériau viscoélastique dont les propriétés sont interpolées à partir des données du Tableau 1.2-1 ;
- on calcule les matrices assemblées de masse et de rigidité hystérétique ;
- on résoud l'équation de la dynamique en base physique (opérateur DYNA_LINE_HARM [U4.53.11]).

2.2 Grandeurs et résultats de référence

Les tests sont effectués sur la réponse en fréquence co-localisée au point A à 1 Hz, 100 Hz et 500 Hz.

2.3 Incertitudes sur la solution

Solution numérique.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Matériau viscoélastique : modélisation 3D.
Matériau acier : modélisation DKT (les éléments surfaciques sont la peau inférieure des éléments volumiques de la couche viscoélastique).
Matériau aluminium : modélisation DKT (les éléments surfaciques sont la peau supérieure des éléments volumiques de la couche viscoélastique).

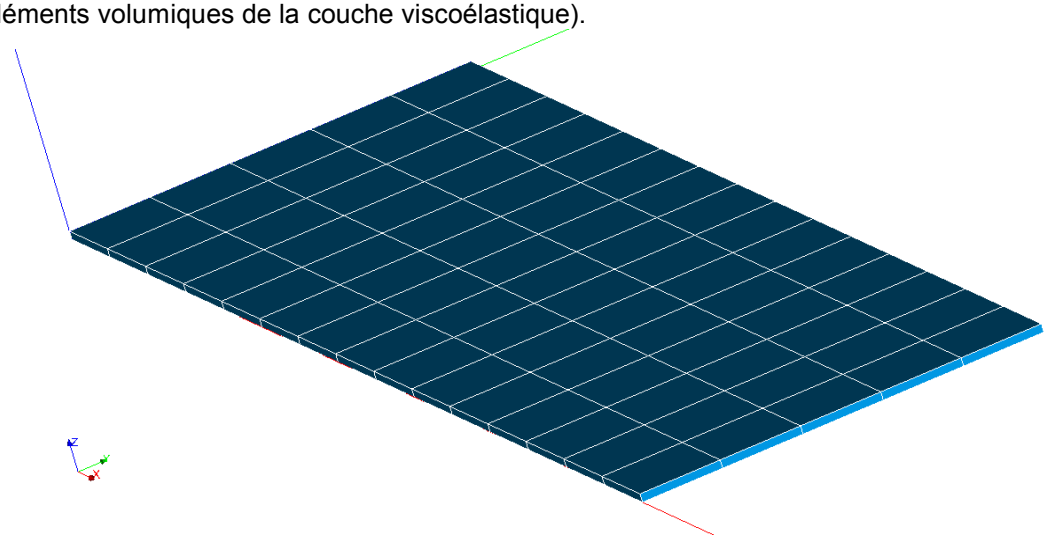


Image 3.1-1 :Maillage de la plaque sandwich.

3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds	192	
Nombre de mailles	349	
dont : éléments	SEG2	84
	QUAD4	190
	HEXA8	75

3.3 Grandeurs testées et résultats

Cette modélisation sert de référence, les tests sont donc effectués uniquement pour vérifier la non-régression du code.

On teste les valeurs de déplacement selon l'axe Z au point A.

Méthode directe
Grandeur
DZ (NUME_ORDE=1)
DZ (NUME_ORDE=100)
DZ (NUME_ORDE=500)

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

Idem que pour la modélisation A.

4.2 Caractéristiques du maillage

Idem que pour la modélisation A.

4.3 Grandeurs testées et résultats

La méthode utilisée pour le calcul des modes propres est la méthode « mode réel » (TYPE_MODE='REEL').
On teste les valeurs de déplacement selon l'axe Z au point A.

Méthode « mode réel »	
Grandeur	**Référence**
DZ (NUME_ORDE=1)	3.84063122275e-04 - 8.77803614739e-05j
DZ (NUME_ORDE=100)	-1.1663671537e-04 - 9.6134604316e-06j
DZ (NUME_ORDE=500)	-1.302768494 e-05 - 1.65977932083 e-06j

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

5 Modélisation C

5.1 Caractéristiques de la modélisation

Idem que pour la modélisation A.

5.2 Caractéristiques du maillage

Idem que pour la modélisation A.

5.3 Grandeurs testées et résultats

La méthode utilisée pour le calcul des modes propres est la méthode « β -mode » (TYPE_MODE='BETA').
On teste les valeurs de déplacement selon l'axe Z au point A.

Méthode « beta mode »	
Grandeur	**Référence**
DZ (NUME_ORDE=1)	3.84063122275e-04 - 8.77803614739e-05j
DZ (NUME_ORDE=100)	-1.1663671537e-04 - 9.6134604316e-06j
DZ (NUME_ORDE=500)	-1.302768494 e-05 - 1.65977932083 e-06j

Tableau 5.3-1: Grandeurs testées et résultats de référence pour la modélisation C.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

6 Synthèse des résultats

Méthode « mode réel »
Les résultats obtenus font apparaître une erreur maximale de 2.61% par rapport à la solution de référence.

Méthode « β-mode »
Les résultats obtenus font apparaître une erreur maximale de 2.71% par rapport à la solution de référence.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)