

## 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.

## 1 Problème de référence

### 1.1 Géométrie

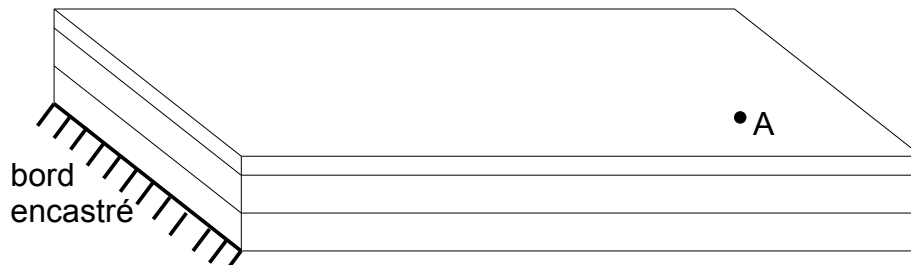


Image 1.1-1: Géométrie de la plaque sandwich.

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  $E = 70\,000 \text{ MPa}$
- coefficient de Poisson  $\nu = 0,3$
- masse volumique  $\rho = 2700 \text{ kg/m}^3$
- 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  $E = 210\,000 \text{ MPa}$
- coefficient de Poisson  $\nu = 0,3$
- masse volumique  $\rho = 7800 \text{ kg/m}^3$
- amortissement hystérétique  $\eta = 0,002$

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 $\eta$
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  $\rho=1200 \text{ kg/m}^3$

## 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).

## 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 résout 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.

## 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).

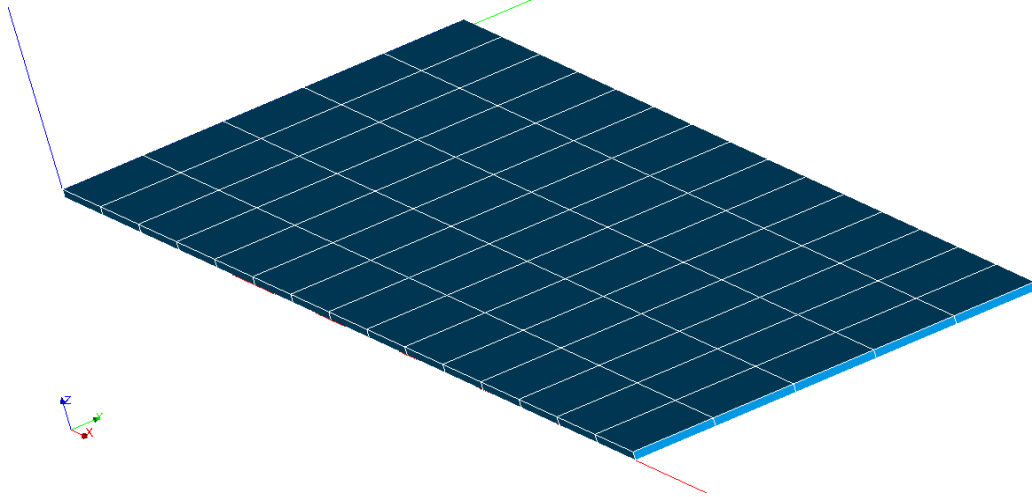


Image 3.1-1 :Maillage de la plaque sandwich.

### 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.

<b>Méthode directe</b>
<b>Grandeur</b>
DZ (NUME_ORDE=1)
DZ (NUME_ORDE=100)
DZ (NUME_ORDE=500)

## 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

## 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 «  $\beta$  -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.

## 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 « $\beta$ -mode »

Les résultats obtenus font apparaître une erreur maximale de 2.71% par rapport à la solution de référence.