

---

## SDLL104 - Structures primaire et secondaire soumises à une excitation aléatoire

---

### Résumé :

Une poutre principale de forte rigidité et de masse importante (structure primaire), encastree à sa base, supporte en trois points de transmission d'efforts une poutre légère et souple (structure secondaire).

La structure primaire est excitée à sa base par une accélération donnée par sa DSP.

Le test compare un calcul direct de l'ensemble des deux structures et un calcul chaîné où la réponse de la poutre principale aux points de liaison est utilisée comme l'excitation de la poutre secondaire.

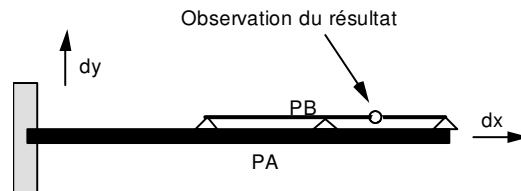
On teste les fonctionnalités suivantes :

- matrice interspectrale analytique prédéfinie par la fonction de KANAI-TAJIMI,
- réponse dynamique aléatoire en mouvement absolu, en accélération imposée,
- réponse interspectrale modale,
- excitation interspectrale modale.

Cette approche est représentative de ce qui est demandé pour les études industrielles : déterminer les réponses de différentes structures secondaires connaissant la réponse de la structure primaire.

## 1 Problème de référence

### 1.1 Géométrie



Poutre  $PA$  :

Section :  $0.1\text{ mm} \times 0.1\text{ mm}$   
Longueur :  $3.0\text{ m}$

Poutre  $PB$  :

Section :  $0.001\text{ mm} \times 0.001\text{ mm}$   
Longueur :  $2.0\text{ m}$

Rapport de masse entre  $PB$  et  $PA$  :  $0.33\text{ E} - 04$

### 1.2 Propriétés de matériaux

Module d'Young poutres  $A$  et  $B$  :  $E = 2.1\text{ E} + 11\text{ N} / \text{m}^2$   
Coefficient de poisson poutres  $A$  et  $B$  :  $\nu = 0.3$   
Masse volumique poutre  $PA$  :  $\rho_A = 2000\text{ kg} / \text{m}^3$   
Masse volumique poutre  $PB$  :  $\rho_B = 1000\text{ kg} / \text{m}^3$

### 1.3 Conditions aux limites et chargements

Le mouvement est autorisé dans le plan  $(DX, DY)$ .

La poutre  $PA$  est encastree dans le support.

La poutre  $PB$  est reliee à la poutre  $PA$  par trois points. En chacun, les déplacements dans le sens  $DX$  et  $DY$  du nœud de  $PA$  et du nœud de  $PB$  sont identiques. Les rotations ne sont pas liées.

La matrice interspectrale qui transmet les déplacements de la structure  $PA$  à la structure  $PB$  dans le calcul chainé est de dimension 6 (6 degrés de liberté de transmission).

## 2 Solution de référence

### 2.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence

La solution de référence est le calcul direct de l'ensemble des deux structures.

On suppose que la masse et la rigidité de la structure secondaire  $PA$  ne perturbent pas le comportement de la structure primaire. Ainsi le calcul chaîné est supposé équivalent au calcul direct. On peut vérifier sur le tableau ci-dessous que la structure  $PB$  modifie peu les fréquences propres de la structure  $PA$ .

Fréquences propres calculées ( Hz )

|    | $PA$     | $PB$     | $PA$ et $PB$ |        |
|----|----------|----------|--------------|--------|
| 1  |          | 6.5711   | 6.5711       | 0.     |
| 2  |          | 10.2655  | 10.2654      | 0.001  |
| 3  | 18.3759  |          | 18.3759      | 0.     |
| 4  |          | 26.2871  | 26.2871      | 0.     |
| 5  |          | 33.2716  | 33.2716      | 0.     |
| 6  |          | 59.1708  | 59.1708      | 0.     |
| 7  |          | 69.4570  | 69.4571      | 0.0001 |
| 8  |          | 105.3094 | 105.3091     | 0.0001 |
| 9  | 114.5567 |          | 114.5559     | 0.0007 |
| 10 |          | 118.9369 | 118.9376     | 0.0006 |

### 2.2 Résultats de référence

On observe la densité spectrale d'accélération sur le nœud de la poutre  $PB$  d'abscisses  $2.4 m$  (le nœud  $PB25$  ).

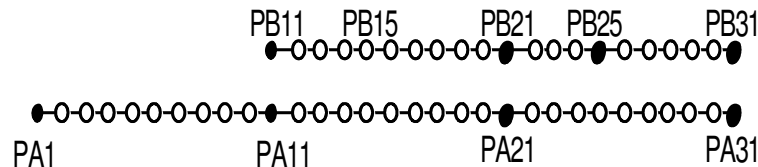
### 2.3 Références bibliographiques

- 1) C. DUVAL "Réponse harmonique sous excitation aléatoire dans *Code\_Aster* : principes théoriques et exemples d'utilisation" - Note HP-61/92.148

## 3 Modélisation A

### 3.1 Caractéristiques de la modélisation

Élément discret en translation de type DIS\_T



Éléments utilisés : POU\_D\_T. Les caractéristiques de poutre sont définies par :

```
CARELEM = AFFE_CARA_ELEM (
: GRMAPRIM ..... POUTRE : ( GROUP_MA
SECTION : 'RECTANGLE'
CARA : ('HZ' 'HY')
VALE : (0.1 0.1) )
) ;
```

La méthode de calcul demande le calcul de modes statiques correspondant aux degrés de liberté excitation.

Les fréquences propres prise en compte dans les calculs sont toutes les fréquences dans la bande  $[0, 35 \text{ Hz}]$ .

### 3.2 Caractéristiques du maillage

|                              |                        |                        |
|------------------------------|------------------------|------------------------|
| Nombre de nœuds :            | $PA : 31$              | $PB : 21$              |
| Nombre de mailles et types : | $PA : 30 \text{ SEG2}$ | $PB : 20 \text{ SEG2}$ |

## 3.3 Grandeurs testées et résultats

Ecart-type, maximum moyen et facteur de pic calculés par POST\_DYNA\_ALEA pour le spectre de Kanai Tajimi:

| Grandeur testée       | Référence       | % Tolérance | Type           |
|-----------------------|-----------------|-------------|----------------|
| Écart-type            | 5.522084286     | 0.001%      | Non Régression |
| Maximum médian        | 18.643183662069 | 0.001%      | Non Régression |
| Facteur de pic        | 3.3761135643155 | 0.001%      | Non Régression |
| Maximum fractile 95 % | 22.5384604631   | 0.001%      | Non Régression |

Comparaison de l'écart-type calculés par POST\_DYNA\_ALEA pour la DSP de Kanai Tajimi et avec l'écart-type d'une réalisation de signal avec GENE\_FONC\_ALEA:

| Grandeur testée | Référence   | % Tolérance | Type                            |
|-----------------|-------------|-------------|---------------------------------|
| Écart-type      | 5.522084286 | 1%          | Autre Aster<br>(POST_DYNA_ALEA) |

Valeurs de la densité spectrale de réponse en accélération au point PB25 par calcul direct:

| Fréquence | Nœud | Référence | % Tolérance | Type           |
|-----------|------|-----------|-------------|----------------|
| 5. Hz     | PB25 | 3.6913    | 0.01        | Non Régression |
| 10. Hz    | PB25 | 75.439    | 0.01        | Non Régression |
| 15. Hz    | PB25 | 1.6777    | 0.01        | Non Régression |
| 20. Hz    | PB25 | 1.1367    | 0.01        | Non Régression |
| 25. Hz    | PB25 | 0.2927    | 0.01        | Non Régression |

Valeurs de la densité spectrale de réponse en accélération au point PB25 par calcul chaîné:

| Fréquence | Nœud | Référence | % Tolérance | % différence |
|-----------|------|-----------|-------------|--------------|
| 5. Hz     | PB25 | 3.6913    | 1.0         | Autre Aster  |
| 10. Hz    | PB25 | 75.439    | 1.0         | Autre Aster  |
| 15. Hz    | PB25 | 1.6777    | 1.0         | Autre Aster  |
| 20. Hz    | PB25 | 1.1367    | 4.0         | Autre Aster  |
| 25. Hz    | PB25 | 0.2927    | 11.0        | Autre Aster  |

## 4 Synthèse des résultats

---

Les résultats obtenus confirment d'une part l'hypothèse d'équivalence entre calcul direct et calcul chaîné, d'autre part la bonne cohérence de l'algorithme de calcul de réponse dynamique aléatoire.

Un écart est inévitable entre les calculs des deux méthodes, celui obtenu à  $25\text{ Hz}$  est néanmoins très élevé (11%).