

## SDNL104 - Sous-structuration transitoire non linéaire : choc d'une poutre sur 1 appui

---

### Résumé :

Le domaine d'application de ce test concerne la dynamique des structures, et plus particulièrement le calcul de réponse transitoire non linéaire par sous-structuration dynamique.

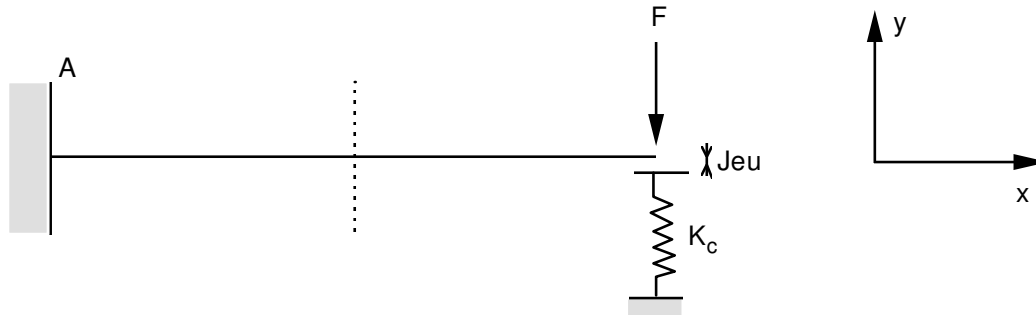
Il s'agit de calculer la réponse transitoire non linéaire d'une poutre en flexion avec choc sur un appui élastique et soumise à une force constante à partir de l'instant initial. La poutre est modélisée par des éléments de type `POU_D_E` (modèle poutre d'Euler).

Les résultats de référence sont issus d'un calcul transitoire direct sur le modèle non sous-structuré, en utilisant l'opérateur `DYNA_NON_LINE`. Ce test permet donc de valider les outils de calcul de réponse transitoire par sous-structuration, dans le cas de la prise en compte de non-linéarités de type choc sur un obstacle fixe.

On vérifie également l'intérêt des modes statiques pour enrichir la base de projection et l'orthogonalisation de la base.

## 1 Problème de référence

### 1.1 Géométrie



La longueur de la poutre vaut :  $L = 1 \text{ m}$

La section de la poutre est pleine circulaire de rayon :  $R = 0.1 \text{ m}$

Le jeu entre la poutre et l'appui élastique vaut :  $J = 1 \cdot 10^{-4} \text{ m}$

### 1.2 Propriétés de matériaux

$$E = 1.10^{10} \text{ Pa}$$

$$\nu = 0.3$$

$$\rho = 1.10^6 \text{ kg/m}^3$$

La raideur du ressort de contact vaut :  $K_c = 1.10^8 \text{ N/m}$

### 1.3 Conditions aux limites et chargements

Sur toute la structure :  $DX = DZ = DRY = DRX = 0$ .

Au point  $A$  :  $DY = DRZ = 0$ .

A l'extrémité libre de la poutre : à partir de l'instant  $t = 0 \text{ s}$ ,  $Fy = -1000 \text{ N}$

### 1.4 Conditions initiales

Structure initialement au repos.

## 2 Solution de référence

---

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

La solution de référence est donnée par un calcul transitoire direct à l'aide de l'opérateur DYNA\_NON\_LINE (modélisation A).

### 2.2 Résultats de référence

Valeur des déplacements, vitesse de l'extrémité libre de la poutre selon la direction  $Y$  à l'instant où leurs valeurs sont maximales, c'est-à-dire à  $t=0.1315\text{ s}$  pour le déplacement et à  $t=0.1566\text{ s}$  pour la vitesse.

	Déplacement ( $m$ )	Vitesse ( $m.s^{-1}$ )
Schéma de Newmark	-1.853E-06	-0.00463

### 2.3 Incertitude sur la solution

Solution numérique.

## 3 Modélisation A

---

### 3.1 Caractéristiques de la modélisation

La poutre est maillée en segments auxquels sont affectés des éléments de type POU\_D\_E.

### 3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 11

Nombre de mailles et types : 10 SEG2

### 3.3 Valeurs observées : références pour modélisation B

Identification	Aster
<b>Schéma de Newmark</b>	
Déplacement ( $m$ )	-1.853E-06
Vitesse ( $m.s^{-1}$ )	-0.00463

## 4 Modélisation B

### 4.1 Caractéristiques de la modélisation

La poutre est découpée en 2 parties de dimensions égales. Chaque sous-structure considérée est maillée en segments auxquels sont affectés des éléments de type POU\_D\_E.



La structure est étudiée à l'aide de la méthode de sous-structuration avec interfaces de type "Craig-Bampton" (interfaces bloquées).

La base des 5 premiers modes propres de la structure complète est calculée par sous-structuration. Puis, le problème transitoire, projeté sur cette base, est résolu par l'opérateur de calcul transitoire par recombinaison modale.

### 4.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 6

Nombre de mailles et types : 5 SEG2

### 4.3 Grandeurs testées et résultats

Identification	Référence	Aster	% différence
<b>Schéma d'intégration d'Euler</b>			
Déplacement ( $m$ )	-1.85356E-06	-1.71889E-06	7.265 %
Vitesse ( $m.s^{-1}$ )	-4.63289E-3	-4.486745E-3	3.154 %
<b>Schéma de Devogelaere</b>			
Déplacement ( $m$ )	-1.85356E-06	-1.71881E-06	7.269 %
Vitesse ( $m.s^{-1}$ )	-4.63289E-3	-4.486672E-3	3.156 %
<b>Schéma à pas de temps adaptatif d'ordre 2</b>			
Déplacement ( $m$ )	-1.85356E-06	-1.71880E-06	7.270 %
Vitesse ( $m.s^{-1}$ )	-4.63289E-3	-4.486748E-3	3.154 %

## 5 Modélisation C

### 5.1 Caractéristiques de la modélisation

La poutre est maillée avec des éléments de type `POU_D_E`.

Le problème transitoire est résolu de manière directe sur différents types de base de projection.

Le problème est traité pour quatre types de projection :

- sur une base composée des 5 premiers modes normaux ;
- sur une base composée des 5 premiers modes normaux enrichie d'un mode statique ;
- sur une base composée des 5 premiers modes normaux enrichie d'un mode statique et orthogonalisation de la base par rapport à la matrice de raideur à l'aide de l'opérande `ORTHO='OUI'` de `DEFI_BASE_MODAL` ;
- sur une base composée des 5 premiers modes normaux enrichie d'un mode statique et orthogonalisation de la base par rapport à la matrice de raideur à l'aide de l'opérande `ORTHO_BASE` de `DEFI_BASE_MODAL`.

### 5.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 11

Nombre de mailles et types : 10 `SEG2`

### 5.3 Valeurs observées :

Identification	Référence	Aster	% différence
<b>Base sans mode statique</b>			
Déplacement ( $m$ )	-1.85356E-06	-1.7223385E-06	7.07977 %
Vitesse ( $m.s^{-1}$ )	-4.63289E-03	-4.48406E-03	3.212 %
<b>Base avec mode statique</b>			
Déplacement ( $m$ )	-1.85356E-06	-1.88612E-06	1.7566 %
Vitesse ( $m.s^{-1}$ )	-4.63289E-03	-4.65969E-03	0.578 %
<b>Base avec mode statique + <code>ORTHO='OUI'</code></b>			
Déplacement ( $m$ )	-1.85356E-06	-1.88612E-06	1.7566 %
Vitesse ( $m.s^{-1}$ )	-4.63289E-03	-4.65969E-03	0.578 %
<b>Base avec mode statique + <code>ORTHO_BASE</code></b>			
Déplacement ( $m$ )	-1.85356E-06	-1.88612E-06	1.7566 %
Vitesse ( $m.s^{-1}$ )	-4.63289E-03	-4.65969E-03	0.578 %

## 6 Synthèse des résultats

---

Pour la modélisation B, la précision sur les déplacements de l'extrémité libre de la poutre à l'instant  $t=0.1315 s$  est correcte (erreur relative  $< 10\%$ ). Ce test valide donc les opérateurs de calcul transitoire non-linéaire par sous-structuration dynamique.

La modélisation C démontre l'intérêt de l'enrichissement de la base à l'aide des modes statiques.

Les résultats sont identiques si la base modale enrichie est orthogonalisé ou pas.