

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.

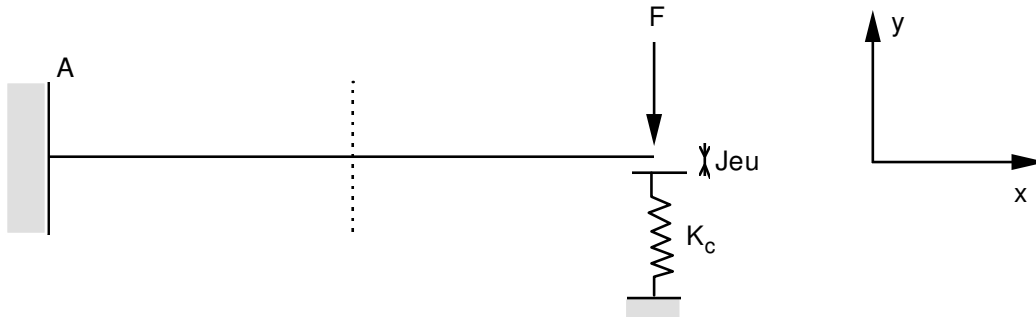
Il s'agit de calculer la réponse transitoire non linéaire d'une poutre en flexion avec choc sur un appui élastique et soumise à une force constante à partir de l'instant initial. La poutre est modélisée par des éléments de type `POU_D_E` (modèle poutre d'Euler).

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 : $J = 1\text{ }10^{-4}\text{ m}$

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`

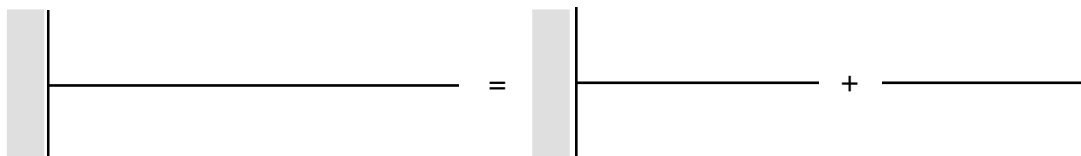
3.3 Valeurs observées : références pour modélisation B

Identification	Aster
Schéma de Newmark	
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
Schéma d'intégration d'Euler			
Déplacement (m)	-1.85356E-06	-1.71889E-06	7.265 %
Vitesse ($m.s^{-1}$)	-4.63289E-3	-4.486745E-3	3.154 %
Schéma de Devogelaere			
Déplacement (m)	-1.85356E-06	-1.71881E-06	7.269 %
Vitesse ($m.s^{-1}$)	-4.63289E-3	-4.486672E-3	3.156 %
Schéma à pas de temps adaptatif d'ordre 2			
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
Base sans mode statique			
Déplacement (m)	-1.85356E-06	-1.7223385E-06	7.07977 %
Vitesse ($m.s^{-1}$)	-4.63289E-03	-4.48406E-03	3.212 %
Base avec mode statique			
Déplacement (m)	-1.85356E-06	-1.88612E-06	1.7566 %
Vitesse ($m.s^{-1}$)	-4.63289E-03	-4.65969E-03	0.578 %
Base avec mode statique + <code>ORTHO='OUI'</code>			
Déplacement (m)	-1.85356E-06	-1.88612E-06	1.7566 %
Vitesse ($m.s^{-1}$)	-4.63289E-03	-4.65969E-03	0.578 %
Base avec mode statique + <code>ORTHO_BASE</code>			
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 $t=0.1315\text{ s}$ 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 orthogonalisée ou pas.