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).

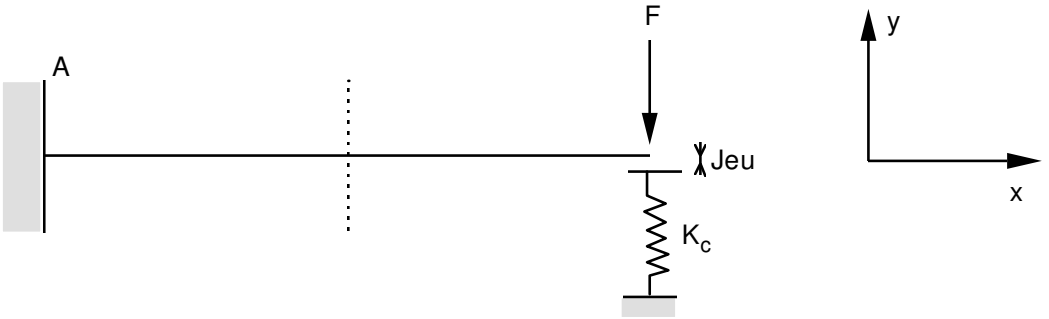
Les résultats de référence sont issus d'un calcul transitoire direct sur le modèle non sous-structuré, en utilisant l'opérateur DYNA_NON_LINE. Ce test permet donc de valider les outils de calcul de réponse transitoire par sous-structuration, dans le cas de la prise en compte de non-linéarités de type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

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



La longueur de la poutre vaut : $L=1\,m$
La section de la poutre est pleine circulaire de rayon : $R=0.1\,m$
Le jeu entre la poutre et l'appui élastique vaut : $J=10^{-4}\,m$

1.2 Propriétés de matériaux

$E=10^{10}\,Pa$
$\nu=0.3$
$\rho=10^{6}\,kg/m^{3}$

La raideur du ressort de contact vaut : $K_c=10^{8}\,N/m$

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 $t=0\,s$, $Fy=-1000.\,N$

1.4 Conditions initiales

Structure initialement au repos.

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

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 (modélisations A ou D).
Pour la modélisation A le comportement est DIS_CHOC, pour la modélisation D le comportement est DIS_CONTACT.

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 $t=0.1315\,s$ pour le déplacement et à $t=0.1566\,s$ pour la vitesse.

	Déplacement (m)	Vitesse ($m.s^{-1}$)
Schéma de Newmark	$-1.85334E-06$	$-4.63284E-03$

2.3 Incertitude sur la solution

Solution numérique.

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques des modélisations

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

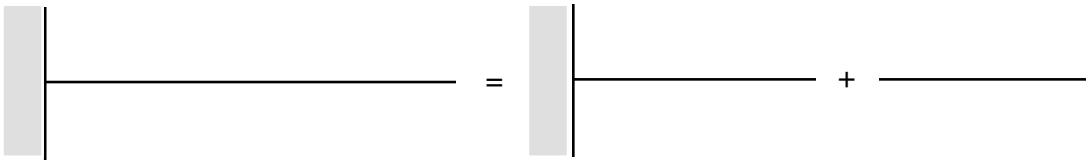
Identification	*Aster*
Schéma de Newmark	
Déplacement (m)	$-1.85334E-06$
Vitesse ($m.s^{-1}$)	$-4.63284E-03$

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

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	Tolérance
Schéma d'intégration d'Euler		
Déplacement (m)	$-1.85334E-06$	7.5%
Vitesse ($m.s^{-1}$)	$-4.63284E-03$	4.0%
Schéma de Devogelaere		
Déplacement (m)	$-1.85334E-06$	7.5%
Vitesse ($m.s^{-1}$)	$-4.63284E-03$	4.0%
Schéma à pas de temps adaptatif d'ordre 2		
Déplacement (m)	$-1.85334E-06$	7.5%
Vitesse ($m.s^{-1}$)	$-4.63284E-03$	4.0%

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

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_MODALE ;
- 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_MODALE .

5.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 11
Nombre de mailles et types : 10 SEG2

5.3 Valeurs observées

Identification	Référence	Tolérance
Base sans mode statique		
Déplacement (m)	$-1.85334E-06$	7.5%
Vitesse ($m.s^{-1}$)	$-4.63284E-03$	4.0%
Base avec mode statique		
Déplacement (m)	$-1.85334E-06$	3.5%
Vitesse ($m.s^{-1}$)	$-4.63284E-03$	0.6%
Base avec mode statique + ORTHO='OUI'		
Déplacement (m)	$-1.85334E-06$	3.5%
Vitesse ($m.s^{-1}$)	$-4.63284E-03$	0.6%
Base avec mode statique + ORTHO_BASE		
Déplacement (m)	$-1.85334E-06$	3.5%
Vitesse ($m.s^{-1}$)	$-4.63284E-03$	0.6%

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

6 Modélisation D

6.1 Caractéristiques des modélisations

La poutre est maillée en segments auxquels sont affectés des éléments de type POU_D_E.

6.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 11
Nombre de mailles et types : 10 SEG2

6.3 Valeurs observées : références pour modélisation B

Identification	*Aster*
Schéma de Newmark	
Déplacement (m)	$-1.85334E-06$
Vitesse ($m.s^{-1}$)	$-4.63284E-03$

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

7 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 orthogonalisée ou pas.

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