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

Résumé :

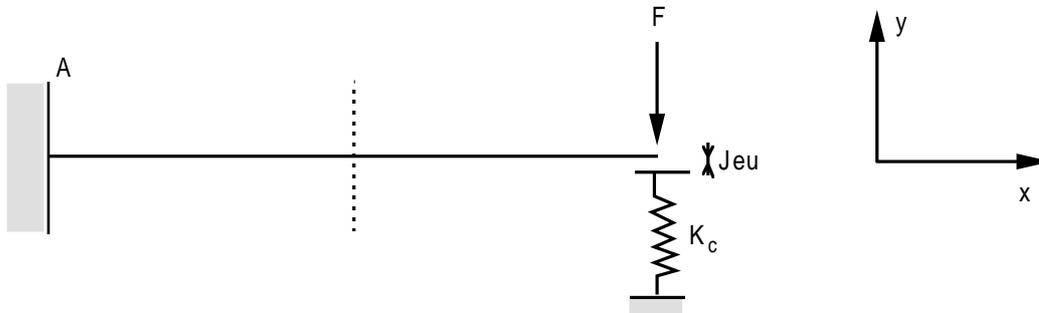
Le domaine d'application de ce test concerne la dynamique des structures, et plus particulièrement le calcul de réponse transitoire non linéaire par sous-structuration dynamique.

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 par recombinaison modale. 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.

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 par recombinaison modale (modélisation A).

2.2 Résultats de référence

Valeur des déplacements, vitesse et accélération de l'extrémité libre de la poutre selon la direction Y et à l'instant $t = 1 \text{ s}$.

	Déplacement (m)	Vitesse ($m.s^{-1}$)	Accélération ($m.s^{-2}$)
Schéma d'intégration d'Euler	$-1.255 \cdot 10^{-4}$	$8.352 \cdot 10^{-4}$	$3.640 \cdot 10^{-1}$
Schéma d'intégration de Devogelaere	$-1.254 \cdot 10^{-4}$	$8.410 \cdot 10^{-4}$	$2.855 \cdot 10^{-1}$
Schéma d'intégration à pas de temps adaptatif d'ordre 2	$-1.255 \cdot 10^{-4}$	$8.327 \cdot 10^{-4}$	$3.458 \cdot 10^{-1}$

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`.

Le problème transitoire traité, projeté sur la base des 5 premiers modes propres de la structure, est résolu directement par l'opérateur de calcul transitoire par recombinaison modale.

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 d'intégration d'Euler	
Déplacement (m)	$-1.254 \cdot 10^{-4}$
Vitesse ($m.s^{-1}$)	$8.352 \cdot 10^{-4}$
Accélération ($m.s^{-2}$)	$3.639 \cdot 10^{-1}$
Schéma d'intégration de Devogelaere	
Déplacement (m)	$-1.254 \cdot 10^{-4}$
Vitesse ($m.s^{-1}$)	$8.409 \cdot 10^{-4}$
Accélération ($m.s^{-2}$)	$2.854 \cdot 10^{-1}$
Schéma d'intégration à pas de temps adaptatif d'ordre 2	
Déplacement (m)	$-1.255 \cdot 10^{-4}$
Vitesse ($m.s^{-1}$)	$8.328 \cdot 10^{-4}$
Accélération ($m.s^{-2}$)	$3.457 \cdot 10^{-1}$

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)	$-1.254 \cdot 10^{-4}$	$-1.255 \cdot 10^{-4}$	0.043
Vitesse ($m.s^{-1}$)	$8.352 \cdot 10^{-4}$	$8.289 \cdot 10^{-4}$	-0.75
Accélération ($m.s^{-2}$)	$3.639 \cdot 10^{-1}$	$3.870 \cdot 10^{-1}$	6.32
Schéma d'intégration de Devogelaere			
Déplacement (m)	$-1.254 \cdot 10^{-4}$	$-1.254 \cdot 10^{-4}$	0.042
Vitesse ($m.s^{-1}$)	$8.409 \cdot 10^{-4}$	$8.319 \cdot 10^{-4}$	-1.1
Accélération ($m.s^{-2}$)	$2.854 \cdot 10^{-1}$	$3.078 \cdot 10^{-1}$	7.8
Schéma d'intégration à pas de temps adaptatif d'ordre 2			
Déplacement (m)	$-1.255 \cdot 10^{-4}$	$-1.255 \cdot 10^{-4}$	0.044
Vitesse ($m.s^{-1}$)	$8.328 \cdot 10^{-4}$	$8.258 \cdot 10^{-4}$	0.84
Accélération ($m.s^{-2}$)	$3.457 \cdot 10^{-1}$	$3.683 \cdot 10^{-1}$	6,5

4.4 Remarques

Dans le cas d'un calcul transitoire non linéaire, il n'est pas anormal d'obtenir des incertitudes importantes sur des grandeurs non moyennées. L'écart de 6 à 8% entre la solution de référence et la solution obtenue par sous-structuration pour l'accélération n'invalide donc pas la méthode testée, d'autant plus que les résultats en déplacements sont excellents (écart $< 0.1\%$).

5 Synthèse des résultats

La précision sur les déplacements de l'extrémité libre de la poutre à l'instant $t=1.s$ est excellente (erreur relative $< 0.1\%$).

Ce test valide donc les opérateurs de calcul transitoire non-linéaire par sous-structuration dynamique.

Les valeurs de l'accélération avec le schéma de Devogelaere sont à analyser.