

Manuel de Validation**Fascicule V5.02 : Dynamique non linéaire des structures linéiques****Document V5.02.105**

SDNL105 - Sous-structuration transitoire non linéaire : choc de 3 poutres entre elles

Résumé :

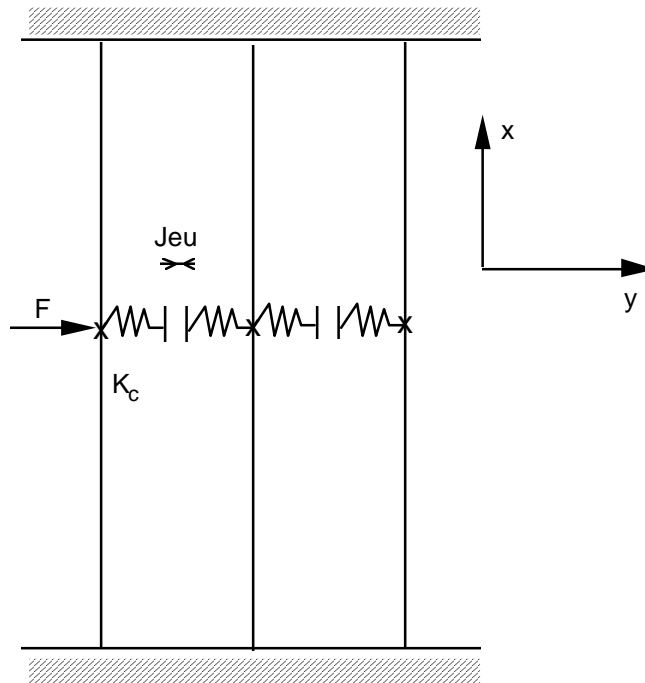
Le domaine d'application de ce test concerne la dynamique des structures, et plus particulièrement le calcul de réponse transitoire non linéaire par sous-structuration dynamique.

Il s'agit de calculer la réponse transitoire non linéaire de 3 poutres en flexion avec chocs au centre des poutres. Les poutres sont modélisées par des éléments de type "POU_D_E" (modèle 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 entre structures mobiles.

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



La longueur des poutres vaut : $L = 1$ m

Les poutres sont de section circulaire :

- de rayon : $R = 0.1$ m
- d'épaisseur : $ep = 0.01$ m

Le jeu entre les poutres vaut : $Jeu = 1 \cdot 10^{-3}$ m

1.2 Propriétés de matériaux

$E = 1 \cdot 10^{10}$ Pa

$\nu = 0.3$

$\rho = 1 \cdot 10^8$ kg/m³

La raideur du ressort de contact vaut : $K_c = 1 \cdot 10^8$ N/m

1.3 Conditions aux limites et chargements

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

Aux extrémités supérieur et inférieur des poutres : $DY = DRZ = 0$.

Au milieu de la poutre de gauche : à partir de l'instant $t = 0$ s, $F_y = -1 \cdot 10^6$ 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 superposition modale (modélisation A).

2.2 Résultats de référence

Valeur des déplacements et vitesse des nœuds des 3 poutres selon la direction Y et à l'instant $t = 1$ s.

	Déplacement (m)	Vitesse (m.s ⁻¹)
Schéma d'intégration d'Euler		
Poutre de gauche	$1.64 \cdot 10^{-2}$	$2.54 \cdot 10^{-2}$
Poutre milieu	$1.12 \cdot 10^{-2}$	$4.49 \cdot 10^{-2}$
Poutre de droite	$5.90 \cdot 10^{-3}$	$1.05 \cdot 10^{-1}$
Schéma d'intégration de Devogelaere		
Poutre de gauche	$1.64 \cdot 10^{-2}$	$2.54 \cdot 10^{-2}$
Poutre milieu	$1.12 \cdot 10^{-2}$	$4.41 \cdot 10^{-2}$
Poutre de droite	$5.89 \cdot 10^{-3}$	$1.05 \cdot 10^{-1}$
Schéma d'intégration à pas de temps adaptatif		
Poutre de gauche	$1.64 \cdot 10^{-2}$	$2.55 \cdot 10^{-2}$
Poutre milieu	$1.12 \cdot 10^{-2}$	$4.41 \cdot 10^{-2}$
Poutre de droite	$5.91 \cdot 10^{-3}$	$1.05 \cdot 10^{-1}$

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 15 premiers modes propres de la structure, est résolu directement par l'opérateur de calcul transitoire par recombinaison modale (DYNA_TRAN_MODAL [U4.54.03]).

3.2 Fonctionnalités testées

Cette modélisation sert de référence du cas test. Elle n'a donc pas pour objet de tester les fonctionnalités du Code_Aster.

3.3 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 41

Nombre de mailles et types : 42 SEG2

4 Résultats de la modélisation A

4.1 Valeurs observées : référence pour modélisation B

Identification	Aster
Schéma d'intégration d'Euler	
Poutre de gauche : Déplacement (m)	1.64 10 ⁻²
Vitesse (m.s ⁻¹)	2.54 10 ⁻²
Poutre de milieu : Déplacement (m)	1.12 10 ⁻²
Vitesse (m.s ⁻¹)	4.43 10 ⁻²
Poutre de droite : Déplacement (m)	5.90 10 ⁻³
Vitesse (m.s ⁻¹)	1.05 10 ⁻¹
Schéma d'intégration de Devogelaere	
Poutre de gauche : Déplacement (m)	1.64 10 ⁻²
Vitesse (m.s ⁻¹)	2.54 10 ⁻²
Poutre de milieu : Déplacement (m)	1.12 10 ⁻²
Vitesse (m.s ⁻¹)	4.41 10 ⁻²
Poutre de droite : Déplacement (m)	5.89 10 ⁻³
Vitesse (m.s ⁻¹)	1.05 10 ⁻¹
Schéma d'intégration à pas de temps adaptatif	
Poutre de gauche : Déplacement (m)	1.64 10 ⁻²
Vitesse (m.s ⁻¹)	2.55 10 ⁻²
Poutre de milieu : Déplacement (m)	1.12 10 ⁻²
Vitesse (m.s ⁻¹)	4.41 10 ⁻²
Poutre de droite : Déplacement (m)	5.91 10 ⁻³
Vitesse (m.s ⁻¹)	1.05 10 ⁻¹

4.2 Paramètres d'exécution

Version : 3.05.32

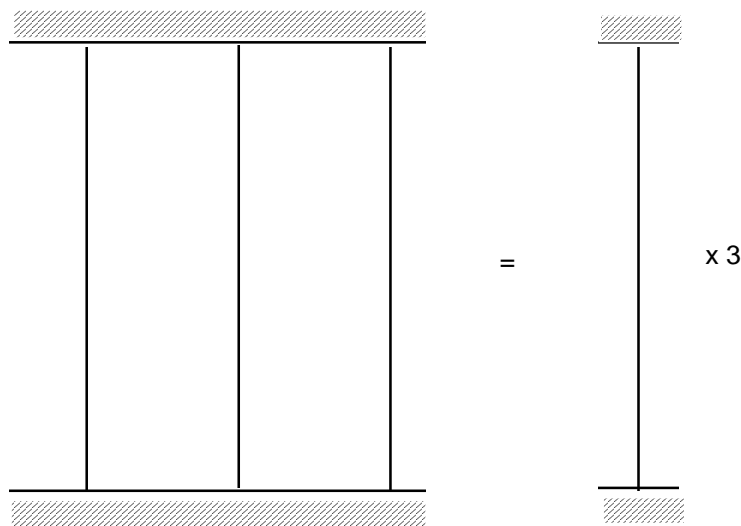
Machine : CRAY C90

Encombrement mémoire : 8 MW

Temps CPU User : 29.61 secondes

5 Modélisation B

5.1 Caractéristiques de la modélisation



La sous-structuration dynamique permet de calculer le comportement vibratoire des 3 poutres à partir des caractéristiques dynamiques d'une seule poutre. Celle-ci 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 15 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 (DYNA_TRAN_MODAL).

5.2 Fonctionnalités testées

Commande		Clés	
DYNA_TRAN_MODAL	METHODE	' EULER '	[U4.54.03]
		' DEVOGE '	
		' ADAPT '	
	CHOC	SOUS_STRUC_1	
		SOUS_STRUC_2	

5.3 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 15

Nombre de mailles et types : 14 SEG2

6 Résultats de la modélisation B

6.1 Valeurs testées

Identification	Référence	Aster	% différence
Schéma d'intégration d'Euler			
Poutre de gauche : Déplacement (m)	1.64 10 ⁻²	1.64 10 ⁻²	< 0.01 %
Vitesse (m.s ⁻¹)	2.54 10 ⁻²	2.54 10 ⁻²	
Poutre de milieu : Déplacement (m)	1.12 10 ⁻²	1.12 10 ⁻²	
Vitesse (m.s ⁻¹)	4.43 10 ⁻²	4.43 10 ⁻²	
Poutre de droite : Déplacement (m)	5.90 10 ⁻³	5.90 10 ⁻³	
Vitesse (m.s ⁻¹)	1.05 10 ⁻¹	1.05 10 ⁻¹	
Schéma d'intégration de Devogelaere			
Poutre de gauche : Déplacement (m)	1.64 10 ⁻²	1.64 10 ⁻²	< 0.01 %
Vitesse (m.s ⁻¹)	2.54 10 ⁻²	2.54 10 ⁻²	
Poutre de milieu : Déplacement (m)	1.12 10 ⁻²	1.12 10 ⁻²	
Vitesse (m.s ⁻¹)	4.41 10 ⁻²	4.41 10 ⁻²	
Poutre de droite : Déplacement (m)	5.89 10 ⁻³	5.89 10 ⁻³	
Vitesse (m.s ⁻¹)	1.05 10 ⁻¹	1.05 10 ⁻¹	
Schéma d'intégration à pas de temps adaptatif			
Poutre de gauche : Déplacement (m)	1.64 10 ⁻²	1.64 10 ⁻²	< 0.01 %
Vitesse (m.s ⁻¹)	2.55 10 ⁻²	2.55 10 ⁻²	
Poutre de milieu : Déplacement (m)	1.12 10 ⁻²	1.12 10 ⁻²	
Vitesse (m.s ⁻¹)	4.41 10 ⁻²	4.41 10 ⁻²	
Poutre de droite : Déplacement (m)	5.91 10 ⁻³	5.91 10 ⁻³	
Vitesse (m.s ⁻¹)	1.05 10 ⁻¹	1.05 10 ⁻¹	

6.2 Paramètres d'exécution

Version : 3.05.32

Machine : CRAY C90

Encombrement mémoire : 8 MW

Temps CPU User : 38.98 secondes

7 Synthèse des résultats

La précision sur les déplacements et les vitesses des nœuds milieux des 3 poutres à l'instant $t = 1$ s est excellente (erreur relative $< 0.01s$).

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