SSLV159 - Poutre cantilever soumise à un chargement de type flèche statique

Résumé :

Ce test permet de valider le raccord entre modèles 1D et 3D, dans le cadre Arlequin (3D_POU_ARLEQUIN) [1]. Il s'agit d'un modèle de poutre cantilever, encastrée à une extrémité et soumise à un chargement de flèche statique à l'autre extrémité.

Les résultats des calculs sont comparés avec ceux obtenus par Code_aster avec un modèle de référence 1D et un modèle mixte 1D-3D raccordé avec l'option 3D_POU. Les résultats coïncident parfaitement avec les solutions de référence.

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

1 Problème de référence

L'objectif de ce cas test est de valider le raccord Arlequin Poutre-3D dans Code_Aster.

On compare les résultats obtenus avec ceux issus de deux modélisations dans Code_Aster :
- mono-modélisation de référence 1D
- modélisation mixte de référence 1D-3D avec raccord `3D_POU`

1.1 Géométrie

On considère une poutre de longueur 0,35 m selon l'axe X, encastrée à son extrémité gauche et chargée d'une force concentrée F à son extrémité droite. La section transversale de la poutre est un rectangle de largeur b et de hauteur h (dans ce cas de figure : b = h = 0,02 m).

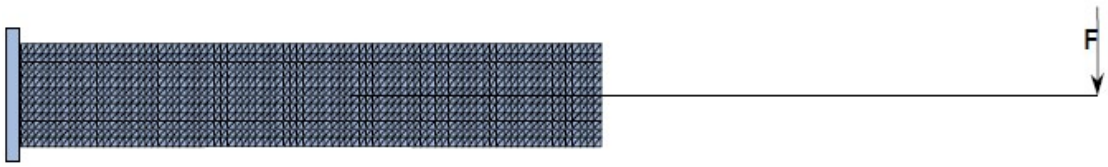


Image 1.1-1: Géométrie du rotor

1.2 Propriétés de matériaux

La poutre cantilever a une masse volumique de $\rho = 7\,800\, kg/m^3$.
Le module de Young est $E = 2.10^{11}\, N\, m^{-2}$ et le coefficient de Poisson est $\nu = 0{,}3$.

1.3 Conditions aux limites et chargements

L'extrémité gauche de la poutre (X = 0,15 m) est fixée, et l'extrémité droite (X = 0,5 m) est soumise à une charge concentrée dirigée verticalement vers le bas d'une valeur de 500 N.

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

2 Solution de référence

La solution de référence est issue d'un calcul 1D effectué avec Code_Aster (cf. modélisation B). Cette dernière est elle même validée par rapport à la solution RDM pour une poutre cantilever. La solution analytique est égale à :

$$w = \frac{F \,.\, L^3}{3 \,.\, E \,.\, J}$$

où F est la force concentrée appliquée, L est la longueur de la poutre, E est le module de Young du matériau, $J = \frac{b \,.\, h^3}{12}$ est le moment d'inertie de la section transversale de la poutre.

[1] A. Ghanem, « Contribution à la modélisation avancée des machines tournantes en dynamique transitoire dans le cadre Arlequin », thèse de l'INSA de Lyon.

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

La poutre cantilever est de longueur 0,35 m et s'étendant entre X = 0,15 m et X = 0,5 m. Elle est modélisée en 3D proche de l'encastrement (entre 0 et 0,22 m) et se poursuit par une modélisation de poutre. Le raccord 1D-3D est réalisé en volume par l'option 3D_POU_ARLEQUIN du mot-clé LIAISON_ELEM de AFFE_CHAR_MECA. La zone de recouvrement s'étend entre les positions 0,2 et 0,22 m.

La structure est modélisée par des éléments de poutre de Timoshenko (POU_D_T) et des éléments hexaédriques linéaires (HEXA8).

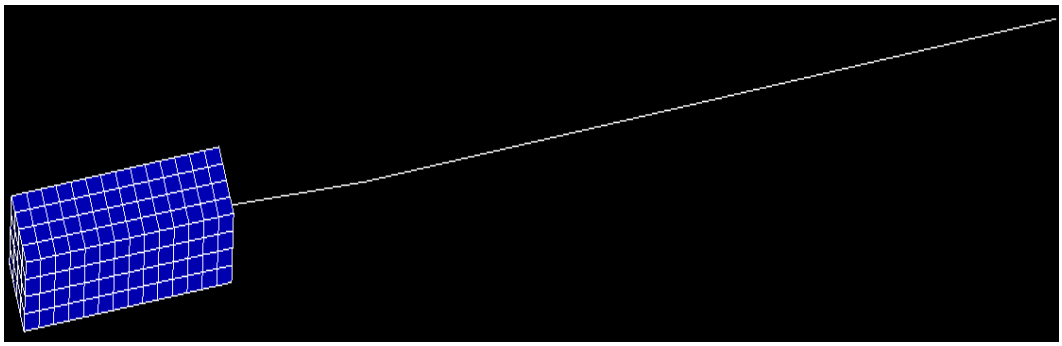


Image 3.1-1: Maillage du modèle mixte 1D-3D

DYNA_VIBRA (calcul transitoire sur base physique) calcule la réponse dynamique de la structure, due à une force nodale de 500 N appliquée au niveau du nœud extrémité du maillage 1D (situé à X = 0,5 m).

3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de mailles HEXA20	224
Nombre de mailles POU_D_T	7

Tableau 3.2-1

3.3 Grandeurs testées et résultats

Le tableaux ci-dessous donnent les valeurs numériques testées dans ce cas-test. Il s'agit des déplacements minimal et maximal en Z d'un nœud du maillage 3D situé à X = 0,5 m.

Identification	Instants des maximas	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
Déplacement minimal en Z	20 s	'AUTRE_ASTER'	-0.00268654	7,00%
Déplacement maximal en Z	60 s	'AUTRE_ASTER'	+0.00268644	7,00%

Tableau 3.3-1: Récapitulatif des résultats testés

Les réponses des modèles 1D et mixte 1D-3D de la structure sont représentées sur le graphe ci-dessous.

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

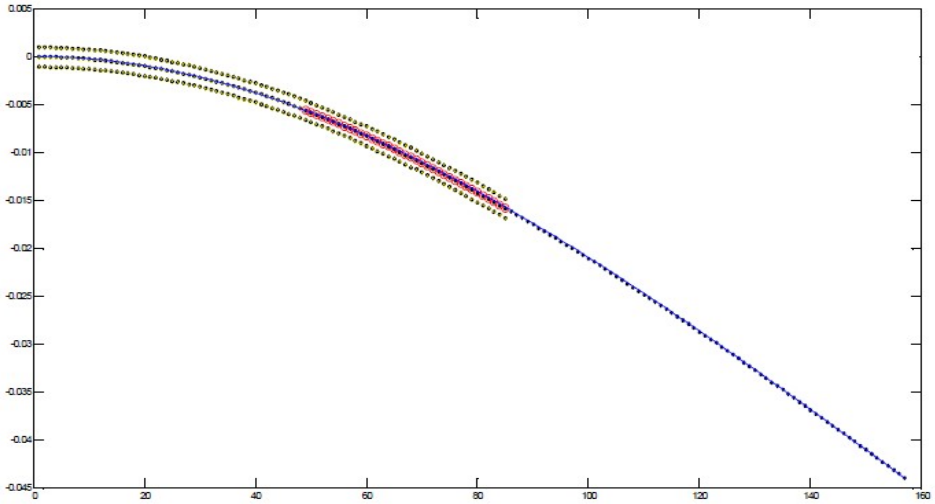


Image 3.3-2 : Réponses des modèles 1D et mixte 1D-3D

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

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

La poutre cantilever de longueur 0,35 m, s'étendant entre X = 0,15 m et X = 0,5 m, est entièrement modélisée par des éléments de poutre de Timoshenko (POU_D_T).

DYNA_VIBRA (calcul transitoire sur base physique) calcule la réponse dynamique de la structure, due à une force nodale de 500 N appliquée au niveau du nœud extrémité du maillage 1D (situé à X = 0,5 m).

4.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de mailles POU_D_T	8

Tableau 4.2-1

4.3 Grandeurs testées et résultats

Le tableaux ci-dessous donnent les valeurs numériques testées dans ce cas-test. Il s'agit des déplacements minimal et maximal en Z d'un nœud du maillage 3D situé à X = 0,5 m.

Identification	Instants des maximas	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
Déplacement minimal en Z	20 s	'ANALYTIQUE'	-0.00267968	7,00%
Déplacement maximal en Z	60 s	'ANALYTIQUE'	+0.00267968	7,00%

Tableau 4.3-1: Récapitulatif des résultats testés

La solution est de type analytique issue de calculs RDM.

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

5 Modélisation C

5.1 Caractéristiques de la modélisation

La poutre cantilever est de longueur 0,35 m et s'étendant entre X = 0,15 m et X = 0,5 m. Elle est modélisée en 3D proche de l'encastrement (entre 0 et 0,22 m) et se poursuit par une modélisation de poutre. Le raccord surfacique se fait au nœud situé à la situation 0,22 m par l'option 3D_POU du mot-clé LIAISON_ELEM de AFFE_CHAR_MECA.

La structure est modélisée par des éléments de poutre de Timoshenko (POU_D_T) et des éléments hexaédriques linéaires (HEXA8).

DYNA_VIBRA (calcul transitoire sur base physique) calcule la réponse dynamique de la structure, due à une force nodale de 500 N appliquée au niveau du nœud extrémité du maillage 1D (situé à X = 0,5 m).

5.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de mailles HEXA20	224
Nombre de mailles POU_D_T	6

Tableau 5.2-1

5.3 Grandeurs testées et résultats

Le tableaux ci-dessous donnent les valeurs numériques testées dans ce cas-test. Il s'agit des déplacements minimal et maximal en Z d'un nœud du maillage 3D situé à X = 0,5 m.

Identification	Instants des maximas	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
Déplacement minimal en Z	20 s	'AUTRE_ASTER'	-0.00268654	7,00%
Déplacement maximal en Z	60 s	'AUTRE_ASTER'	+0.00268644	7,00%

Tableau 5.3-1: Récapitulatif des résultats testés

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

6 Synthèse des résultats

Le cas-test met en œuvre dans Code_Aster le raccord volumique 1D-3D dans le cadre Arlequin sur la base d'une poutre cantilever. Les résultats du modèle mixte résultant sont comparés par rapport aux résultats obtenus avec un modèle de référence équivalent 1D et un modèle mixte 1D-3D raccordé avec l'option 3D_POU du mot-clé LIAISON_ELEM de l'opérateur AFFE_CHAR_MECA de Code_Aster.

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