SSNL122 - Poutre cantilever multifibre soumise à un effort

Résumé :

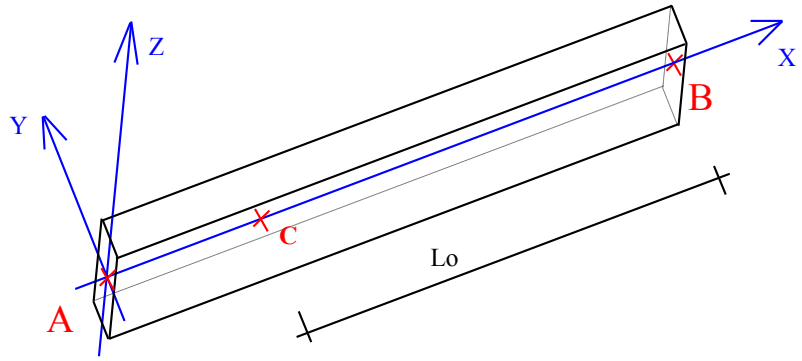
Ce test concerne la validation de poutre multifibre avec une modélisation en POU_D_TGM.

Ce problème permet de tester :
- les éléments finis linéiques de type poutres avec une modélisation en POU_D_TGM,
- la prise en compte de l'orientation,
- le calcul des SIEF_ELGA et des EFGE_ELNO.

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



Longueur de la barre : $3\mathrm{m}$
Encastrement en A
Forces en B

Section de la barre :
hauteur : $0.04\mathrm{m}$
largeur : $0.02\mathrm{m}$

1.2 Propriétés du matériau

Matériau à comportement élasto-plastique avec un écrouissage linéaire, pour l'élément linéique :
Élasticité :

- Module d'Young $E=2.1\mathrm{E}+11\ Pa$

Plasticité :

- pente de la courbe de traction dans le domaine plastique $\mathrm{d_sigm_epsi}=1.0\mathrm{E}+08\ Pa$
- limite élastique $sy=400.0\mathrm{E}+06\ Pa$

1.3 Conditions aux limites et chargements

Au point A , encastrement parfait (blocage des déplacements et des rotations),

- blocage des degrés de liberté : DX , DY , DZ , DRX , DRY , DRZ .
- Chargement au point B : $F=(F_x, F_y, F_z)$.

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

2 Solution de référence

2.1 Grandeurs et résultats de référence

Flèche en B suivant Z

$$\delta_z = \frac{F_z . L^3}{2 E I_y}$$

Flèche en B suivant Y

$$\delta_y = \frac{F_y . L^3}{2 E I_z}$$

Contrainte en un point C de coordonnées (v_y, v_z) de la section de la poutre

$$\sigma = \frac{N}{S} + \frac{M_y}{I_y} . v_z - \frac{M_z}{I_z} . v_y$$

avec $M_z = +F_y . Lo$
$M_y = -F_z . Lo$

d'où :

$$\sigma = \frac{N}{S} - \frac{3 E Lo}{L^3} (\delta_y v_y + \delta_z v_z) \quad \text{[éq]}$$

2.2 Référence bibliographique

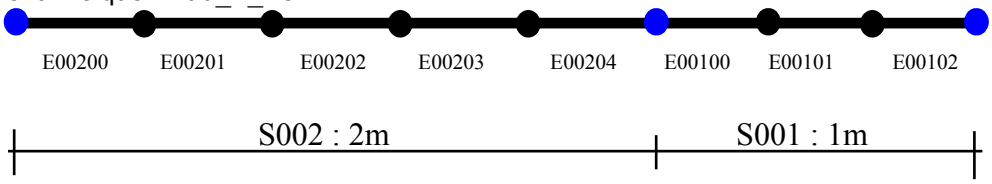
[1"Projet M7-01-72. Comportement élasto-plastique des poutres. Nouvelle approche." Note HM77/01/140/A.

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation et du maillage

Élément linéique : POU_D_TGM.



Caractéristiques mécaniques de la section (unités homogènes à des mètres) :

A	IY	IZ	AY	AZ	JX	JG
8.0e-04	2.666667e-08	1.066667e-07	1.191790e+00	1.172840e+00	7.093682e-08	1.438125e-12

Chargement au point B .

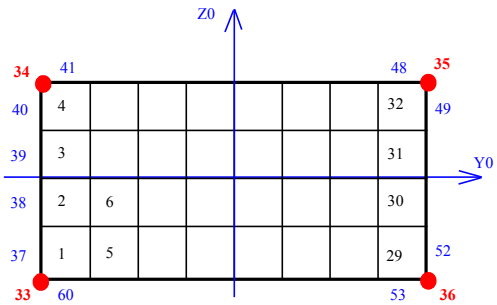
	Fx	Fy	Fz
Instant 1	80 000 N	-150N	-200N
Instant 2	80 000 N	-280N	-400N

À l'instant 1 la section reste élastique, à l'instant 2 la section est partiellement plastifiée.

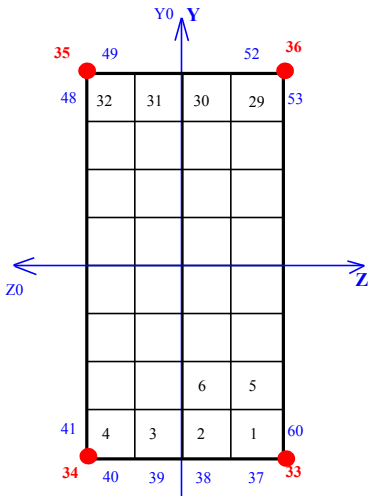
3.2 Numérotation des fibres

Le repère principal d'inertie $(Y0, Z0)$ de la poutre doit être tourné de 90° pour que l'inertie la plus forte IZ soit suivant l'axe Y du repère global. Le but est de tester le mot clef ORIENTATION de la commande AFFE_CARA_ELEM.

Dans le repère local de la poutre



Dans le repère global d'étude



Plusieurs "types" de fibres sont utilisées :

- fibres dont les numéros vont de 1 à 32. Elles sont affectées d'une aire non nulle dans le fichier de commandes,
- fibres dont les numéros sont 33, 34, 35, 36. Elles sont situées aux 4 coins de la section. Ces fibres, dans le fichier de commande, sont affectées d'une section égale à zéro. Elles ne servent qu'au post-traitement,
- fibres dont les numéros vont de 37 à 60. Elles sont situées sur le bord extérieur de la section. Ces fibres, dans le fichier de commande, sont affectées d'une section égale à zéro. Elles ne servent qu'au post-traitement.

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

3.3 Grandeurs testées et résultats

La grandeur testée et analysée est SIEF_ELGA, au premier point de Gauss de l'élément $E00200$. C'est le point de Gauss le plus près de l'encastrement, $Lo = 2.95491933\text{m}$.

3.3.1 Comportement élastique

Contraintes au point de Gauss : SIEF_ELGA

Les contraintes calculées par l'équation [éq 2.1-1] et par *Code_Aster* sont données dans les deux tableaux ci-dessous (valeurs en MPa). La disposition des tableaux reprend le schéma de disposition des fibres dans le repère global. La fibre la plus sollicitée est la n°36 avec une contrainte de $390\ \text{MPa}$.

Contraintes calculées dans les fibres par l'équation [éq 2.1-1]

	35	80	168	257	346	390
21	66	154	243	331	376	
-7	37	126	215	303	348	
-35	9	98	187	275	320	
-63	-19	70	158	247	291	
-91	-47	42	130	219	263	
-120	-75	13	102	191	235	
-148	-103	-15	74	163	207	
-176	-131	-43	46	134	179	
-190	-146	-57	32	120	165	

Contraintes calculées dans les fibres par *Code_Aster*.

	35	80	168	257	346	390
21	66	154	243	331	376	
-7	37	126	215	303	348	
-35	9	98	187	275	320	
-63	-19	70	158	247	291	
-91	-47	42	130	219	263	
-120	-75	13	102	191	235	
-148	-103	-15	74	163	207	
-176	-131	-43	46	134	179	
-190	-146	-57	32	120	165	

L'erreur relative entre les deux calculs est donnée dans le tableau ci-dessous. Quelle que soit la fibre, elle reste inférieure à $0.095\,\%$.

-0.022%	-0.013%	-0.009%	-0.008%	-0.007%	-0.007%
-0.026%	-0.012%	-0.009%	-0.008%	-0.007%	-0.007%
0.014%	-0.010%	-0.007%	-0.006%	-0.006%	-0.006%
-0.010%	0.010%	-0.004%	-0.005%	-0.005%	-0.005%
-0.013%	-0.029%	0.000%	-0.003%	-0.004%	-0.004%
-0.014%	-0.021%	0.012%	0.000%	-0.002%	-0.003%
-0.014%	-0.019%	0.069%	0.004%	-0.001%	-0.002%
-0.015%	-0.018%	-0.094%	0.012%	0.002%	0.000%
-0.015%	-0.018%	-0.043%	0.029%	0.006%	0.003%
-0.015%	-0.018%	-0.036%	0.049%	0.009%	0.005%

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

3.3.2 Comportement plastique

Contraintes au point de Gauss : SIEF_ELGA

Le tableau ci-dessous donne les valeurs des contraintes, après plastification partielle de la section, obtenues avec *Code_Aster*. Le comportement du matériau est élasto-plastique "presque parfait", la pente d'écrouissage est faible. La contrainte maximale, qui est au-delà de la limite élastique, reste donc très voisine du seuil élastique de $400\mathrm{MPa}$.

8	79	223	366	400	400
-16	55	199	342	400	400
-64	7	151	294	400	400
-112	-41	103	246	390	400
-160	-89	55	198	342	400
-208	-137	7	150	294	365
-256	-185	-41	102	246	317
-305	-233	-89	54	198	269
-353	-281	-137	6	150	221
-377	-305	-161	-18	126	197

Ce calcul est réalisé pour le test de non régression de *Code_Aster*.

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

4 Synthèse des résultats

Ce cas test montre le bon fonctionnement d'une modélisation du comportement des poutres par une approche multifibre.

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)