

Manuel de Validation**Fascicule V6.02 : Statique non linéaire des structures linéiques****Document : V6.02.122**

SSNL122 - Poutre cantilever Multi-Fibres soumise à un effort

Résumé :

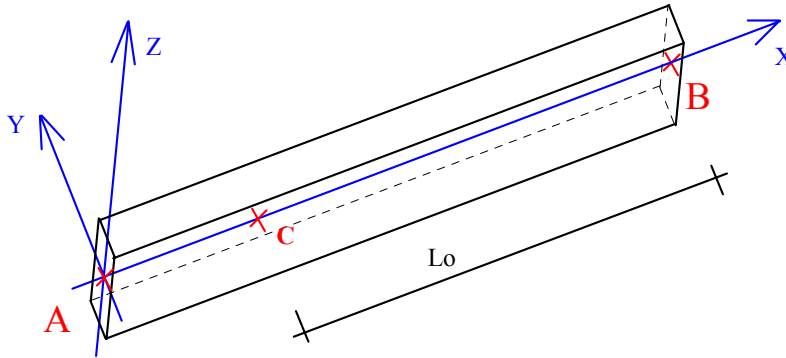
Ce test concerne la validation de poutre multi-fibres avec une modélisation en `POU_D_TGM`.

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 `SIEF_ELNO_ELGA`.

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



Longueur de la barre : 3m
Encastrement en A
Forces en B

Section de la barre :
hauteur : 0.04m
largeur : 0.02m

1.2 Propriétés du matériau

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

Élasticité :

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

Plasticité :

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

1.3 Conditions aux limites et chargements

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

- blocage des ddl : $dx, dy, dz, DRX, DRY, DRZ$.

Chargement au point B : $\mathbf{F} = (F_x, F_y, F_z)$.

2 Solution de référence

2.1 Grandeurs et résultats de référence

Flèche en B suivant Z

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

Flèche en B suivant Y

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

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

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

$$\text{avec } \begin{aligned} M_z &= +F_y \cdot L_o \\ M_y &= -F_z \cdot L_o \end{aligned}$$

d'où :

$$\sigma = \frac{N}{S} - \frac{3 \cdot E L_o}{L^3} \cdot (\delta_y \cdot v_y + \delta_z \cdot v_z) \quad \text{éq 2.1-1}$$

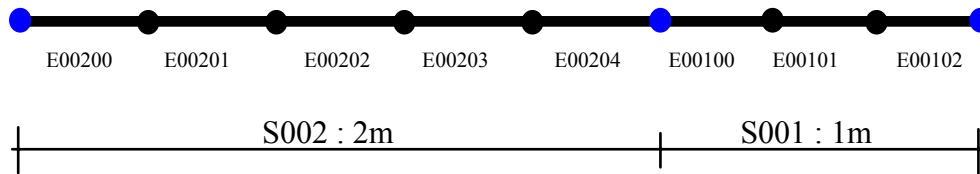
2.2 Référence bibliographique

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

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 [m]) :

A	IY	IZ	AY	AZ	JX	JG
8.0e-04	2.666667e-08	1.066667e-07	1.191790e+0 0	1.172840e+0 0	7.093682e-08	1.438125e-12

Chargement au point B.

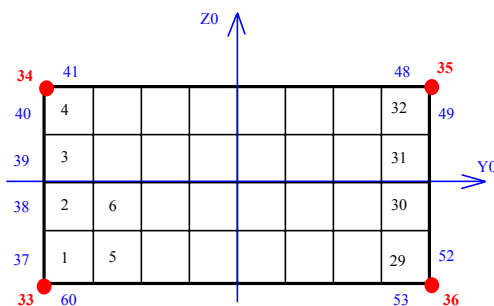
	Fx	Fy	Fz
Instant 1	80 000N	-150N	-200N
Instant 2	80 000N	-280N	-400N

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

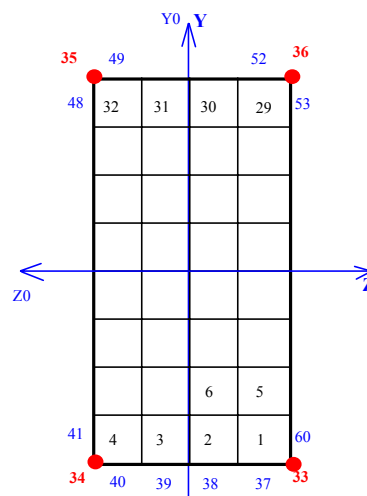
3.2 Numérotation des fibres

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.

3.3 Fonctionnalités testées

Commandes

DEFI_MODELE	POU_D_TGM	
AFFE_CARA_ELEM	POUTRE	AFFE_FIBRE ORIENTATION
IMPR_RESU		SIEF_ELGA SIEF_ELNO_ELGA

4 Résultats de la modélisation A

4.1 Grandeurs testées et résultats

Les grandeurs testées et analysées sont les :

- **SIEF_ELGA**, au premier point de Gauss de l'élément E00200. C'est le point de Gauss le plus près de l'encastrement, $Lo = 2.95491933m$.
- **SIEF_ELNO_ELGA**, aux 2 nœuds de l'élément E00200. Le nœud G00202 est le point d'encastrement ($Lo = 3.0m$), le nœud I00200 est à $Lo = 2.6m$.

4.1.1 Comportement élastique

Contraintes au point de Gauss : **SIEF_ELGA**

Les contraintes calculées par l'équation [éq 2.1-1] et par le *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 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 le *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 0.1%.

-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%

Contraintes aux nœuds : SIEF_ELNO_ELGA

Les contraintes calculées par l'équation [éq 2.1-1] et par le Code_Aster sont données dans le tableau ci-dessous (valeurs en MPa)

Nœud	Analytique	Code_Aster	Erreur relative
G00202	SIMAX = 394.307	SIMAX = 394.276	-0.008%
	SIMIN = -194.307	SIMIN = -194.276	-0.016%
I00200	SIMAX = 355.066	SIMAX = 355.057	-0.002%
	SIMIN = -155.066	SIMIN = -155.057	-0.006%

4.1.2 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 le 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 400MPa.

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

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

Contraintes aux nœuds : SIEF_ELNO_ELGA

Le tableau ci-dessous donne les valeurs des contraintes aux nœuds, après plastification partielle de la section, obtenues avec le Code_Aster. Ces valeurs sont interpolées par Code_Aster à partir des SIEF_ELGA. 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 400MPa.

Nœud	Code_Aster
G00202	SIMAX = 400.091
	SIMIN = -385.441
I00200	SIMAX = 400.053
	SIMIN = -306.905

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

5 Synthèse des résultats

Ce cas test montre le bon fonctionnement d'une modélisation du comportement des poutres par une approche multi-fibres. Le post-traitement des poutres ne nécessite plus, avec cette modélisation, de calculer les SIGM_ELNO_SIEF ou les SIPO_ELNO_SIEF.