

Manuel de Validation**Fascicule V3.01 : Statique linéaire des structures linéiques****Document : V3.01.102**

SSLL102 - Poutre encastrée soumise à des efforts unitaires

Résumé :

Ce test permet une vérification simple des calculs de poutres droites et coque 1D en mécanique des structures statique linéaire. Le modèle est linéique.

- 7 modélisations permettent de tester les différents types d'éléments de poutres droites dans le *Code_Aster*. Pour chaque modélisation, on calcule simultanément 3 poutres de sections différentes : rectangle, cercle, cornière.

La modélisation A permet de plus de tester le changement de repère : la poutre est orientée suivant la trissectrice au repère global.

La modélisation E teste le chargement réparti sur des arêtes d'éléments volumiques.

La modélisation F correspond à un chargement réparti variant linéairement avec la modélisation POU_D_E.

La modélisation G correspond à un chargement réparti variant linéairement avec la modélisation POU_D_TG.

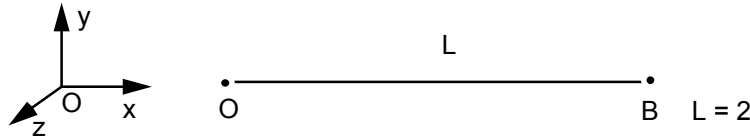
- La modélisation H permet de tester l'élément de coque 1D (COQUE_C_PLAN) soumise à des charges unitaires.
- La modélisation I permet de tester un chargement réparti variant linéairement avec la modélisation TUYAU_3M.

Les valeurs testées sont les déplacements, les efforts généralisés et les contraintes.

1 Problème de référence

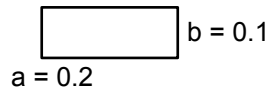
1.1 Géométrie

Poutre droite de longueur L , de direction x .

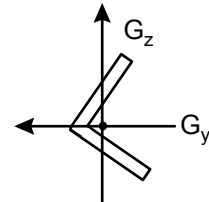
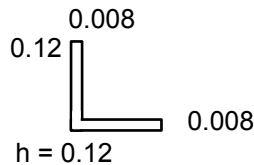


On calcule simultanément 3 types de sections transversales différentes :

1 section rectangulaire



1 section cornière à ailes égales



1 section circulaire

1.2 Propriétés de matériaux

$E = 2.10^{11} \text{ Pa}$ $\nu = 0.3$

1.3 Conditions aux limites et chargements

Encastrement en O

- 6 chargements unitaires en B :

$$\begin{array}{ll} F_x = 1 & M_x = 1 \\ F_y = 1 & M_y = 1 \\ F_z = 1 & M_z = 1 \end{array}$$

- 1 chargement combiné flexion + traction : $F_x = 1$ $M_y = 1$ $M_z = 1$
- 1 chargement combiné efforts tranchants + torsion : $F_y = 1$ $F_z = 1$ $M_x = 1$
- 1 chargement réparti linéaire : $F_y = 1000.x$ section circulaire (modélisations F, G, I) (avec appui simple en A et B dans ce cas)

1.4 Notation des caractéristiques de sections transversales

Les caractéristiques géométriques des sections transversales sont notées :

A :	aire de la section
I_y, I_z :	moments d'inertie géométriques par rapport aux axes principaux d'inertie de la section
JX :	constante de torsion
ay, az :	coefficients de cisaillement dans les directions G_y et G_z
$A'_y = \frac{A}{ay}$ et $A'_z = \frac{A}{az}$:	aires réduites équivalentes
e_y, e_z :	excentricité du centre de torsion
JG :	constante de gauchissement

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence

- Solution analytique [bib1] et [bib2] : déplacements en B

Traction simple	$u_x = F_x \frac{L}{E S}$	
Flexion simple	$u_y = \frac{(F_y L^3 (4 + \phi_y))}{12 E I_z}$	$\theta_z = \frac{L^2 F_y}{2 E I_z}$
Flexion simple	$u_z = \frac{L^3}{12 E I_y} F_z (4 + \phi_z)$	$\theta_y = -\frac{L^2 F_z}{2 E I_y}$
Torsion		$\theta_x = \frac{M_x L}{G J_x}$
Flexion pure	$u_z = -\frac{M_y L^2}{2 E I_y}$	$\theta_y = \frac{M_y L}{E I_y}$
Flexion pure	$u_y = \frac{M_z L^2}{2 E I_z}$	$\theta_z = +\frac{M_z L}{E I_z}$
avec $\phi_y = \frac{12 E I}{L^2 G A'_y}$		$\phi_z = \frac{12 E I}{L^2 G A'_z}$

Remarque 1 :

Pour la section cornière, comme le centre de cisaillement n'est pas confondu avec le centre de gravité ($e_y \neq 0$), il faut ajouter le moment de torsion :

$$M_x = F_z \cdot e_y \text{ au chargement } F_z = 1$$

Ceci modifie le déplacement :

$$u_z = \frac{L^3}{12 E I_y} F_z (4 + \phi_z) + \theta_x \cdot e_y$$

$$\theta_x = \frac{M_x \cdot L}{G \cdot J_x}$$

De la même façon, le chargement $M_x = 1$ entraîne un déplacement $u_z = + \theta_x \cdot e_y$.

Chargement réparti linéaire :

$$u_y(x) = \frac{p x}{360 L E I} (3 x^4 - 10 L^2 x^2 + 7 L^4) \quad u_y^{\max} = \frac{0.00652 p L^4}{E I}$$

en $x = 0.519 L$

Remarque 2 :

En ce qui concerne la modélisation A, la poutre est portée par le vecteur $\mathbf{e}_1 = \frac{1}{\sqrt{3}} \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}$. Les

autres vecteurs du repère local sont :

$$\mathbf{e}_2 = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} -1 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} \text{ et } \mathbf{e}_3 = \frac{1}{\sqrt{6}} \begin{pmatrix} -1 \\ -1 \\ 2 \end{pmatrix}$$

Les composantes du vecteur déplacement dans le repère global sont obtenues par :

$$\mathbf{u}_G = \begin{pmatrix} \frac{1}{\sqrt{3}} & \frac{-1}{\sqrt{2}} & \frac{-1}{\sqrt{6}} \\ \frac{1}{\sqrt{3}} & \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{-1}{\sqrt{6}} \\ \frac{1}{\sqrt{3}} & 0 & \frac{2}{\sqrt{6}} \end{pmatrix} \mathbf{u}_{local}$$

- Efforts généralisés et contraintes en O :

$$N(O) = F_x \quad \sigma_{xx} = \frac{N}{S}$$

$$M_z(O) = T_y \cdot L \quad T_y = F_y \quad \sigma_{xx}(y) = \frac{M_z y}{I_z} \quad \sigma_{xy} = \frac{T_y}{k_y S}$$

$$M_y(O) = -T_z \cdot L \quad T_z(O) = F_z \quad \sigma_{xx}(y) = \frac{-M_y \cdot z}{I_y} \quad \sigma_{xz} = \frac{T_z}{k_z S}$$

$$M_x(O) = M_x(B) \quad \sigma_{xy} = \sigma_{xz} = \frac{M_x R_T}{J_x}$$

$$M_y(O) = M_y(B) \quad \sigma_{xx}(z) = \frac{M_y \cdot z}{I_y}$$

$$M_z(O) = M_z(B) \quad \sigma_{xx}(y) = \frac{M_y y}{I_z}$$

Chargement réparti linéaire :

$$M_z(x) = -\frac{1000}{6} (L^2 x - x^3) \quad V_y(x) = +\frac{1000 L^2}{6} - \frac{1000 x^2}{2} \quad \sigma_{xx}^{\max} = \frac{M_z^{\max} \cdot R}{I_z}$$

en $x = \frac{L\sqrt{3}}{3}$

2.2 Résultats de référence

- Déplacement du point B,
- efforts généralisés au point O,
- contraintes du point O.

2.3 Incertitude sur la solution

Solution analytique.

2.4 Références bibliographiques

- [1] J.L. BATOZ, G. DHATT : "Modélisation des structures par éléments finis" - Volume 2 Ed. HERMES.
 [2] N.D. PIKLEY : "Formulas for Stress, Stain & Structural Matrices" Ed. John Wiley & Sons.

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

2 éléments POU_D_E $k_y = k_z = 1$ $\phi = 0$ par type de section

S1 : Section rectangulaire modélisée par SECTION : 'GENERALE'

$$A = 0.02 \quad I_y = 0.1666 \cdot 10^{-4} \quad I_z = 0.6666 \cdot 10^{-4} \quad J_x = 0.45776 \cdot 10^{-4}$$

$$R_y = 0.1 \quad R_z = 0.05 \quad R_T = 0.0892632$$

(Point de calcul des contraintes)

S2 : Section cornière

$$A = 1.856 \cdot 10^{-3} \quad I_y = 4.167339 \cdot 10^{-4} \quad I_z = 1.045547 \cdot 10^{-4} \quad J_x = 0.39595 \cdot 10^{-8}$$

$$e_y = 41.012 \cdot 10^{-3} \quad e_z = 0.$$

S3 : Section rectangulaire modélisée par SECTION : RECTANGLE

$$H_y = 0.2 \quad H_z = 0.1$$

S4 : Section CERCLE $R = 0.1$

$$\left(I_y = I_z = \frac{\pi R^4}{4} = \frac{\pi}{4} \cdot 10^{-4} \right)$$

3.2 Caractéristiques du maillage

4 x 2 éléments POU_D_E. La poutre est orientée selon le vecteur (1, 1, 1).

3.3 Fonctionnalités testées

Commandes

AFFE_CARA_ELEM	POUTRE : SECTION	'GENERALE' 'RECTANGLE' 'CERCLE'
CALC_ELEM	'EFGE_ELNO_DEPL' 'SIGM_ELNO_DEPL' 'SIPO_ELNO_DEPL'	

4 Résultats de la modélisation A

4.1 Valeurs testées

Cas de charge	Poutre	Identification	Référence	Aster	% différence
$F_x = 1$	S1 = S3	u_x (B)	$2.887 \cdot 10^{-10}$	$2.887 \cdot 10^{-10}$	0
		σ_{xx} (0)	50.	50.	0
	S2	u_x (B)	$3.11 \cdot 10^{-9}$	$3.11 \cdot 10^{-9}$	0
	S4	u_x (B)	$1.838 \cdot 10^{-10}$	$1.838 \cdot 10^{-10}$	0
		σ_{xx}	31.83	31.831	0
$F_y = 1$	S1 = S3	u_y (B)	$+1.414 \cdot 10^{-7}$	$1.414 \cdot 10^{-7}$	0
		θ_z (B)	$1.225 \cdot 10^{-7}$	$1.225 \cdot 10^{-7}$	0
		σ_{xx} (0)	3000	3000	0
	S2	u_y (B)	$9.017 \cdot 10^{-8}$	$9.017 \cdot 10^{-8}$	0
	S4	σ_{xx} (0)	2546.479	2546.48	0
$F_z = 1$	S1 = S3	u_z (B)	$6.532 \cdot 10^{-7}$	$6.532 \cdot 10^{-7}$	0
		θ_y (B)	$-4.243 \cdot 10^{-7}$	$-4.243 \cdot 10^{-7}$	0
		σ_{xx} (0)	6000	6000	0
		σ_{xz} (0)	50	50	0
	S2	u_z (B)	$9.279 \cdot 10^{-7}$	$9.279 \cdot 10^{-7}$	0
		θ_y (B)	$1.553 \cdot 10^{-5}$	$1.553 \cdot 10^{-5}$	0
		θ_x (B)	$1.555 \cdot 10^{-5}$	$1.555 \cdot 10^{-5}$	0
	S4	u_z (B)	$1.386 \cdot 10^{-7}$	$1.386 \cdot 10^{-7}$	0
		θ_y (B)	$-9 \cdot 10^{-8}$	$-9 \cdot 10^{-8}$	0
		σ_{xx} (0)	2546.479	2546.479	0
		σ_{xz} (0)	31.831	31.831	0
$M_x = 1$	S1 = S3	θ_x (B)	$3.279 \cdot 10^{-7}$	$3.279 \cdot 10^{-7}$	0
		$\sigma_{xy} = \sigma_{xz}$ (0)	1950	1950	0
	S2	θ_x (B)	$3.791 \cdot 10^{-4}$	$3.791 \cdot 10^{-4}$	
		u_z (B)	$2.199 \cdot 10^{-5}$	$2.199 \cdot 10^{-5}$	0
	S4	θ_x (B)	$9.556 \cdot 10^{-8}$	$9.556 \cdot 10^{-8}$	0
		$\sigma_{xy} = \sigma_{xz}$ (0)	636.62	636.62	0
$M_y = 1$	S1 = S3	u_z (B)	$-4.899 \cdot 10^{-7}$	$-4.899 \cdot 10^{-7}$	0
		θ_y (B)	$4.243 \cdot 10^{-7}$	$4.243 \cdot 10^{-7}$	0
		σ_{xx} (0)	3000	3000	0
	S2	u_z (B)	$-1.959 \cdot 10^{-8}$	$-1.959 \cdot 10^{-8}$	0
		θ_y (B)	$1.697 \cdot 10^{-8}$	$1.697 \cdot 10^{-8}$	0
	S4	u_z (B)	$-1.04 \cdot 10^{-7}$	$-1.04 \cdot 10^{-7}$	0
		θ_y (B)	$9 \cdot 10^{-8}$	$9 \cdot 10^{-8}$	0
		σ_{xx} (0)	1273.2395	1273.2395	0
$M_z = 1$	S1= S3	u_y (B)	$1.061 \cdot 10^{-7}$	$1.061 \cdot 10^{-7}$	0
		θ_z (B)	$1.225 \cdot 10^{-7}$	$1.225 \cdot 10^{-7}$	0
		σ_{xx} (0)	1500	1500	0
	S2	u_y (B)	$6.763 \cdot 10^{-8}$	$6.763 \cdot 10^{-8}$	0
		θ_z (B)	$7.809 \cdot 10^{-8}$	$7.809 \cdot 10^{-8}$	0
	S4	u_y (B)	$9 \cdot 10^{-7}$	$9 \cdot 10^{-7}$	0
		θ_z (B)	$1.04 \cdot 10^{-7}$	$1.04 \cdot 10^{-7}$	0
		σ_{xx} (0)	1273.2395	1273.2395	0

Titre : SSSL102 - Poutre encastrée soumise à des efforts unitaires

Date : 20/12/02

Auteur(s) : J.M. PROIX, J. PELLET, F. LEBOUVIER

Clé : V3.01.102-D Page : 7/18

$M_y = 1$	S1= S3	$\sigma_{xx} \max (0)$	4550	4550	0
$M_z = 1$		$\sigma_{xx} \left(\frac{a}{2}, \frac{b}{2} \right)$	1550	1550	0
$F_x = 1$					
	S4	$\sigma_{xx} \max (0)$	1832.4636	1832.46	0
$F_y = 1$	S1, S3	$\sigma_{xy} (0)$	2000	2000	0
$F_z = 1$		$\sigma_{xz} (0)$	2000	2000	0
$M_x = 1$		$\sigma_{xx} \max (0)$	9000	9000	0
	S1, S3	$\sigma_{xx} \left(\frac{a}{2}, \frac{b}{2} \right)$	-9000	-9000	0
	S4	$\sigma_{xx} \max (0)$	3601.27	3601.27	0
		$\sigma_{xy} (0)$	668.451		0

5 Modélisation B

5.1 Caractéristiques de la modélisation

2 éléments POU_D_T.

Les coefficients de cisaillement sont :

S1 : Section rectangulaire

$$AY = AZ = 1.2 = \frac{1}{k_y}$$

S2 : Section cornière

$$AY = AZ = \frac{1}{0.358}$$

S4 : Section CERCLE

$$AY = AZ = \frac{10}{9}$$

5.2 Caractéristiques du maillage

4 x 2 éléments POU_D_T

5.3 Fonctionnalités testées

Commandes

AFFE_CARA_ELEM	POUTRE : SECTION	'GENERALE '
		'RECTANGLE '
		'CERCLE '
CALC_ELEM	'EFGE_ELNO_DEPL '	
	'SIGM_ELNO_DEPL '	

6 Résultats de la modélisation B

6.1 Valeurs testées

On donne seulement les valeurs qui diffèrent de la modélisation A (à cause de la prise en compte du cisaillement transverse).

Chargement	Section	Identification	Référence	Aster	% différence
$F_y = 1$	S1 = S3	$u_y (B)$	$2.0156 \cdot 10^{-7}$	$2.0156 \cdot 10^{-7}$	0
		$\sigma_{xy} (0)$	60.	60.	0
	S2	$u_y (B)$	$1.666552 \cdot 10^{-7}$	$1.666552 \cdot 10^{-7}$	0
	S4	$u_y (B)$	$1.70684 \cdot 10^{-7}$	$1.70684 \cdot 10^{-7}$	0
		$\sigma_{xy} (0)$	35.367765	35.367765	0
$F_z = 1$	S1, S3	$u_z (B)$	$8.0156 \cdot 10^{-7}$	$8.0156 \cdot 10^{-7}$	0
		$\sigma_{xz} (0)$	60.	60.	0
	S2	$u_z (B)$	$1.17559754 \cdot 10^{-6}$	$1.17559754 \cdot 10^{-6}$	0
	S4	$u_z (B)$	$1.70684 \cdot 10^{-7}$	$1.70684 \cdot 10^{-7}$	0
		$\sigma_{xz} (0)$	35.367765	35.367765	0

7 Modélisation C

7.1 Caractéristiques de la modélisation

2 éléments POU_D_TG.

Le gauchissement n'est pas gêné.

Les coefficients de cisaillement sont identiques à ceux de la modélisation B.

7.2 Caractéristiques du maillage

4 x 2 éléments POU_D_TG

7.3 Fonctionnalités testées

Commandes

AFFE_CARA_ELEM	POUTRE : SECTION	' GENERALE '
		' RECTANGLE '
		' CERCLE '
CALC_ELEM	' EFGE_ELNO_DEPL '	
	' SIGM_ELNO_DEPL '	

8 Résultats de la modélisation C

8.1 Valeurs testées

Chargement	Section	Identification	Référence	Aster	% différence
$F_y = 1$	S1 = S3	u_y (B)	$2.0156 \cdot 10^{-7}$	$2.0156 \cdot 10^{-7}$	0
		σ_{xy} (0)	60.	60.	0
	S2	u_y (B)	$1.666552 \cdot 10^{-7}$	$1.666552 \cdot 10^{-7}$	0
	S4	u_y (B)	$1.70684 \cdot 10^{-7}$	$1.70684 \cdot 10^{-7}$	0
		σ_{xy} (0)	35.367765	35.367765	0
$F_z = 1$	S1, S3	u_z (B)	$8.0156 \cdot 10^{-7}$	$8.0156 \cdot 10^{-7}$	0
		σ_{xz} (0)	60.	60.	0
	S2	u_z (B)	$1.17559754 \cdot 10^{-6}$	$1.17559754 \cdot 10^{-6}$	0
	S4	u_z (B)	$1.70684 \cdot 10^{-7}$	$1.70684 \cdot 10^{-7}$	0
		σ_{xz} (0)	35.367765	35.367765	0

8.2 Remarque

Le gauchissement n'est pas gêné. Les résultats sont donc identiques à ceux de la modélisation B.

9 Modélisation D

9.1 Caractéristiques de la modélisation

- Eléments POU_D_TG,
- torsion gênée
- $JG = \begin{cases} 5.5556 \cdot 10^{-8} & \text{pour S1} \\ 4.439822 \cdot 10^{-11} & \text{pour S2} \end{cases}$
- en 0 GRX = 0

9.2 Caractéristiques du maillage

- 10 éléments,
- raffinement vers l'encastrement.

10 Résultats de la modélisation D

10.1 Valeurs testées

Mêmes résultats que pour la modélisation C, sauf ceux qui concernent les effets de gauchissement.

Chargement	Section	Identification	Référence	Aster	% différence
$F_z = 1$	S2	$\theta_x = \text{DRX}$	$2.62034 \cdot 10^{-5}$	$2.62021 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$
		$u_z = \text{DZ}$	$1.14578 \cdot 10^{-6}$	$1.14573 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-5}$
		GRX	$1.34652 \cdot 10^{-5}$	$1.34652 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-5}$
$M_x = 1$	S1	$\theta_x = \text{DRX}$	$5.52 \cdot 10^{-7}$	$5.52 \cdot 10^{-7}$	$5 \cdot 10^{-5}$
		GRX	$2.84 \cdot 10^{-7}$	$2.84 \cdot 10^{-7}$	0
	S2	u_z	$2.6203 \cdot 10^{-5}$	$2.6202 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$
		θ_x	$6.3892 \cdot 10^{-4}$	$6.3889 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-5}$
		GRX	$3.28324 \cdot 10^{-4}$	$3.28324 \cdot 10^{-4}$	0

10.2 Remarques

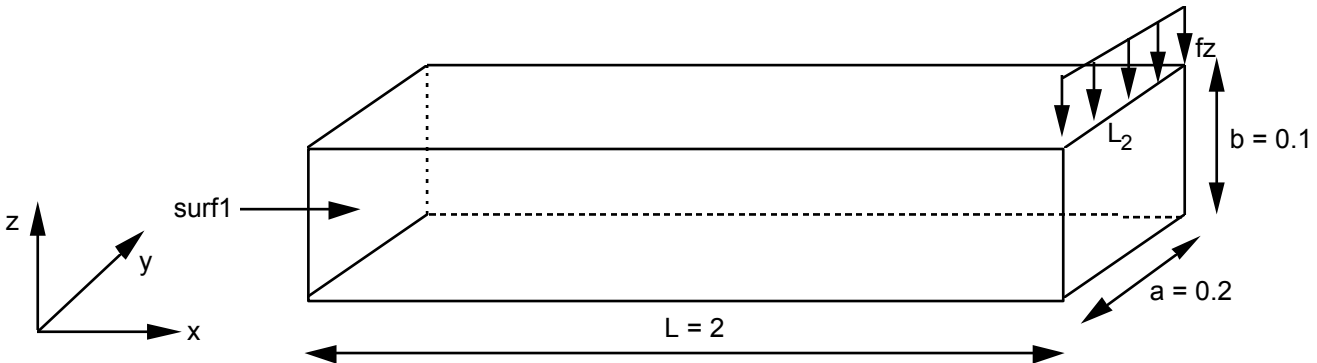
Pour θ_x la solution est (cf [bib1]) :

$$\theta_x = \frac{M_x \cdot L}{G J_x} + \frac{M_x}{\alpha^3 E J G (1 + e^{2\alpha L})} (1 - e^{2\alpha L} - 2e^{\alpha L}) \quad \alpha^2 = \frac{G J}{E J G}$$

11 Modélisation E

11.1 Caractéristiques de la modélisation

La poutre est maillée en éléments massifs quadratiques HEXA20.



La poutre est encastree au niveau de la section surf1. Elle est soumise à un effort tranchant unitaire qui est modélisé par une densité linéique de charge fz s'appliquant sur les 4 mailles SEG3 constituant l'arête supérieure L2.

11.2 Caractéristiques du maillage

La poutre est maillée avec 640 éléments massifs quadratiques HEXA20.

Le modèle comporte 3665 nœuds.

11.3 Fonctionnalités testées

On teste la fonctionnalité FORCE_ARETE de AFFE_CHAR_MECA.

12 Résultats de la modélisation E

12.1 Valeurs testées

On teste la valeur de la flèche selon z du nœud milieu de la section où l'on applique le chargement (nœud N62).

Identification	Référence	Aster	% différence
dz du nœud N62	$-8 \cdot 10^{-7}$	$-7.9523 \cdot 10^{-7}$	-0.596

12.2 Remarques

La valeur de référence correspond à la valeur donnée par la R.D.M.

13 Modélisation F

13.1 Caractéristiques de la modélisation

Le modèle est composé de 10 éléments poutre droite d'Euler. La section est circulaire pleine, de rayon 0.1m.

13.2 Caractéristiques du maillage

Il est constitué de 10 éléments POU_D_E. La longueur de la poutre est $L = 6$ m

13.3 Fonctionnalités testées

Commandes

AFFE_CARA_ELEM	POUTRE : SECTION	'GENERALE'
AFFE_CHAR_MECA	DDL_IMPO	
CALC_ELEM	EFGE_ELNO_DEPL	
	SIGM_ELNO_DEPL	

14 Résultats de la modélisation F

14.1 Valeurs testées

14.1.1 Efforts intérieurs

	Résultats analytiques	Résultats Aster	Ecart (%)
$V_y(0)$	6.0000E+03	6.0000E+03	0.0000
$V_y(6)$	-1.2000E+04	-1.2000E+04	0.0000
$MFZ(2\sqrt{3})$	-1.3856E+04	-1.3856E+04	0.0000

14.1.2 Contrainte

	Résultats analytiques	Résultats Aster	Ecart (%)
$S_{IXX}(2\sqrt{3})$	1.7642E+07	1.7642E+07	0.0000

15 Modélisation G

15.1 Caractéristiques de la modélisation

Le modèle est composé de 10 éléments poutre droite de Timoshenko avec gauchissement. La section est circulaire pleine, de rayon 0.1m.

15.2 Caractéristiques du maillage

Il est constitué de 10 éléments POU_D_TG. La longueur de la poutre est $L = 6$ m

15.3 Fonctionnalités testées

Commandes

AFFE_CARA_ELEM	POUTRE : SECTION	'GENERALE '
AFFE_CHAR_MECA	DDL_IMPO	
CALC_ELEM	EFGE_ELNO_DEPL	
	SIGM_ELNO_DEPL	

16 Résultats de la modélisation G

16.1 Valeurs testées

16.1.1 Efforts intérieurs

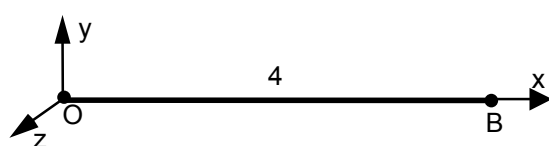
	Résultats analytiques	Résultats Aster	Ecart (%)
$V_y(0)$	6.0000E+03	6.0000E+03	0.0000
$V_y(6)$	-1.2000E+04	-1.2000E+04	0.0000
$MFZ(2\sqrt{3})$	-1.3856E+04	-1.3856E+04	0.0000

16.1.2 Contrainte

	Résultats analytiques	Résultats Aster	Ecart (%)
$S_{IXX}(2\sqrt{3})$	1.7642E+07	1.7642E+07	0.0000

17 Modélisation H

17.1 Caractéristiques de la modélisation



Modélisation COQUE_C_PLAN

- Section rectangulaire
- Conditions limites : Point O $u = v = \theta_z = 0$
- Chargement unitaire : Point B F_x, F_y et M_z

17.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 9

Nombre de mailles et types : 4 SEG3

17.3 Fonctionnalités testées

Commandes

AFPE_MODELE	AFPE	'COQUE_C_PLAN'
AFPE_CARA_ELEM	COQUE	EPAIS
CALC_ELEM	OPTION	'EFGE_ELNO_DEPL' 'SIGM_ELNO_DEPL'
AFPE_CHAR_MECA	FORCE_NODALE	FX FY MZ

18 Résultats de la modélisation H

18.1 Valeurs testées

Cas de charge	Poutre	Identification	Référence	Aster	% différence
$F_x = 1$	S1	$u_x (B)$	$5. 10^{-10}$	$5. 10^{-10}$	0.
		$\sigma_{xx} (0)$	5.	5.	0.
$F_y = 1$	S1	$u_y (B)$	$2. 10^{-7}$	$2.007 10^{-7}$	0.333
		$\theta_z (B)$	$1.5 10^{-7}$	$1.5 10^{-7}$	0.
		$\sigma_{xx} (0)$	300.	289.27	-3.576
$M_z = 1$	S1	$u_y (B)$	$1.5 10^{-7}$	$1.5 10^{-7}$	0.
		$\theta_z (B)$	$1.5 10^{-7}$	$1.5 10^{-7}$	0.
		$\sigma_{xx} (0)$	150.	150.	0.

18.2 Remarques

La largeur pour la modélisation COQUE_C_PLAN est imposée à 1 dans le Code_Aster. En conséquence, nous avons multiplié par 0.1 le module d'Young pour tenir compte de la largeur réelle de la poutre. Cette largeur de 1 modifie l'inertie de la poutre et par conséquent la valeur de la contrainte σ_{xx} qui est 10 à fois inférieure à la valeur de référence. En outre, pour les déplacements, les résultats diffèrent de la modélisation A à cause du changement de repère.

19 Modélisation I

19.1 Caractéristiques de la modélisation

Le modèle est composé de 21 éléments TUYAU_3M.

19.2 Caractéristiques du maillage

Il est constitué de 21 mailles SEG3. La longueur de la poutre est $L = 6$ m

19.3 Fonctionnalités testées

Commandes

AFFE_CARA_ELEM	POUTRE : SECTION	'GENERALE'	
AFFE_CHAR_MECA	DDL_IMPO		
AFFE_CHAR_MECA_F	FORCE_POUTRE		
MECA_STATIQUE			
STAT_NON_LINE	COMP_INCR	RELATION	ELAS
CALC_ELEM		OPTION	SIEF_ELNO_ELGA
CALC_NO		OPTION	FORC_NODA
CALC_NO		OPTION	REAC_NODA
CALC_NO		OPTION	EFGE_NOEU_DEPL

20 Résultats de la modélisation I

20.1 Valeurs testées

20.1.1 Déplacements

	Résultats analytiques	Résultats Aster	Ecart (%)
Dy maxi	9.38888E-03	9.44033E-03	0.55

20.1.2 Efforts intérieurs

	Résultats analytiques	Résultats Aster	Ecart (%)
$V_y(x=0)$	6.0000E+03	6.0076E+03	0.127
$V_y(x=L=6)$	-1.2000E+04	-1.1995E+04	0.042
$MFZ(2\sqrt{3})$	-1.3856E+04	-1.388E+04	0.171

21 Synthèse des résultats

Ce test permet de vérifier simultanément le bon fonctionnement des éléments `POU_D_E`, `POU_D_T` et `POU_D_TG` sur 3 types de sections différentes. La coïncidence parfaite des résultats avec les solutions analytiques (RDM) est normale, et doit toujours être observée, puisque la solution est contenue dans les fonctions de forme des éléments.

De plus, la modélisation E permet de tester le chargement réparti sur des arêtes d'éléments volumiques. L'écart à la solution analytique (RDM) est inférieur à 0.6%.

Les modélisations F,G et I permettent de tester le chargement réparti (variation linéaire) pour les éléments de poutre `POU_D_E`, `POU_D_TG` et les éléments de TUYAU. L'écart à la solution analytique (RDM) est inférieur à 0.6%.

Pour la modélisation `COQUE_C_PLAN` les résultats sont satisfaisants (déplacements et contraintes) pour les chargements unitaires de type extension et flexion (moment imposé). Pour le chargement de flexion (charge imposée à une extrémité) l'erreur sur le déplacement est faible 0.5%. Elle est plus importante sur la contrainte : 3.6%.

Page laissée intentionnellement blanche.