SSLL107 - Validation de MACR_CARA_POUTRE

Résumé :
L'ensemble des modélisations de ce test permettent de valider la macro_commande de calcul des caractéristiques de section de poutre, MACR_CARA_POUTRE, pour toutes les options proposées. Les sections étudiées sont différentes suivant les modélisations.

- La modélisation A valide le calcul des caractéristiques d'une section de type cornière.
- La modélisation B valide le calcul des caractéristiques d'une section circulaire.
- La modélisation C valide le calcul des caractéristiques d'une section rectangulaire.
- La modélisation D valide le calcul des caractéristiques d'une section rectangulaire alvéolée.
- La modélisation E valide le calcul des caractéristiques d'une section octogonale.
- La modélisation F valide le calcul des caractéristiques d'une section circulaire avec un enchaînement sur un calcul de poutre.
- La modélisation G valide le calcul d'un réseau de 2 poutres de section rectangulaires.
- La modélisation H valide le calcul des caractéristiques d'une section mince en U.
- La modélisation I valide le calcul de la constante de torsion pour une section trouée.
- La modélisation J valide le calcul des coefficients de cisaillement pour une section circulaire trouée.
- La modélisation K valide le calcul des coefficients de cisaillement pour une section rectangulaire trouée.

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

La géométrie des différentes sections est fournie via un maillage plan. Elle sont différentes pour chaque modélisation, et seront donc décrites dans les paragraphes correspondants.

La modélisation F met également en œuvre le calcul chaîné des caractéristiques d'une section circulaire, et l'utilisation de ces caractéristiques dans un calcul d'une poutre droite, de longueur $L=1\mathrm{m}$ en traction pure.

1.2 Propriétés de matériaux

Sans objet, sauf pour la modélisation F, où la poutre traitée a un module d'Young de $2.\mathrm{E}11\mathrm{Pa}$ et un coefficient de Poisson de 0.3 .

1.3 Conditions aux limites et chargements

Sans objet, sauf pour la modélisation F : la poutre droite est encastrée à une extrémité, et soumise à l'autre extrémité à un effort de traction $F=1000\mathrm{N}$.

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence

Étant donné que les solutions sont spécifiques à chaque modélisation, elles sont décrites dans les paragraphes correspondants. Elles sont tirées principalement de [bib1] et [bib2] ;

2.2 Résultats de référence

On décrit ici les caractéristiques calculées par MACR_CARA_POUTRE [R3.08.03] :

- Caractéristiques géométrique des sections
  - Dans le repère OYZ de description du maillage $2\mathrm{D}$ pour le maillage fourni par l'utilisateur
    - aire : A_M
    - position du centre de gravité : CDG_Y_M, CDG_Z_M
    - moments et produit d'inertie d'aire, au centre de gravité G dans le repère GYZ : IY_G_M, IZ_G_M, IYZ_G_M
  - Dans le même repère global, pour le maillage obtenu par symétrisation si SYME_Y ou SYME_Z :
    - aire : A
    - position du centre de gravité : CDG_Y, CDG_Z
    - moments et produit d'inertie d'aire, au centre de gravité G dans le repère GYZ : IY_G, IZ_G, IYZ_G
  - Dans le repère principal d'inertie Gyz. de la section droite, dont la dénomination correspond à celle utilisée à la description des éléments de poutre de fibre neutre GX [U4.24.01].
    - moments d'inertie d'aire principaux dans le repère Gyz, utilisables pour le calcul de la rigidité de flexion de la poutre : IY et IZ
    - angle de passage du repère GYZ au repère principal d'inertie Gyz : ALPHA
    - distances caractéristiques, par rapport au centre de gravité G de la section pour les calculs de contraintes maximales : Y_MAX, Y_MIN, Z_MAX, Z_MIN et R_MAX.
  - Dans le repère global, en un point P fourni par l'utilisateur :
    - Y_P, Z_P : point de calcul des moments d'inertie
    - IY_P, IZ_P, IYZ_P : moments d'inertie dans le repère PYZ
    - IY_P, IZ_P : moments d'inertie dans le repère Pyz.

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

- Caractéristiques mécaniques :

Identification	Signification
JX	Constante de torsion
EY	Position du centre de torsion / cisaillement
EZ	Position du centre de torsion / cisaillement
$PCTY$	Excentrement du centre de torsion dans le repère GYZ suivant l'axe Y
$PCTZ$	Excentrement du centre de torsion dans le repère GYZ suivant l'axe Z
AY	Coefficient de cisaillement
AZ	Coefficient de cisaillement
JG	Constante de gauchissement

2.3 Incertitude sur la solution

Solution analytique.

2.4 Références bibliographiques

1. PILKEY W.D. : « Formulas for stress, Strain and Structural Matrices ». Wiley & Cons, New York, 1994.

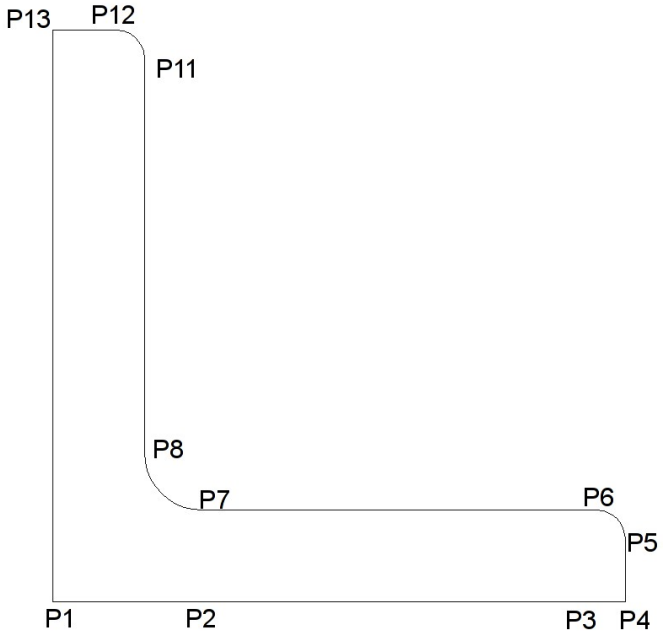
2. D. BLEVINS : Formulas for natural frequency and mode shape.

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Section cornière :



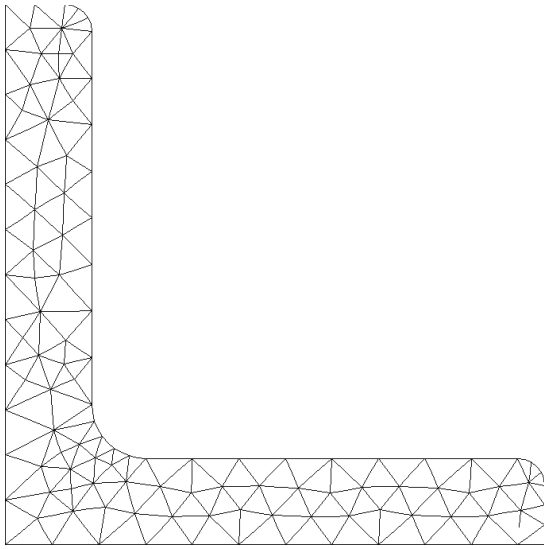
Les coordonnées des points sont :

P1	0.0	0.0
P2	1.3E–02	0.0
P3	4.75E–02	0.0
P4	5.0E–02	0.0E+00
P5	5.0E–02	5.5E–03
P6	4.750E–02	8.0E–03
P7	1.30E–02	8.0E–03
P10	8.0E–03	1.300E–02
P11	8.0E–03	4.75E–02
P12	5.5E–03	5.0E–02
P13	0.	5.0E–02

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

3.2 Caractéristiques du maillage

182 mailles TRIA6.



3.3 Solution de référence

Pas de solution analytique exacte. Les valeurs sont des valeurs de non régression.

3.4 Grandeurs testées et résultats

Identification	Référence	Tolérance
A	7.39E–04	1,00E-03
$ALPHA$	1.35E+02	1,00E-03
CDG_Y	1.53E–02	1,50E-03
CDG_Z	1.53E–02	1,50E-03
JX	1.43E–08	1,20E-01
EY	0.00E+00	1,00E-03
EZ	–1.60E–02	1,00E-03
IY_G	1.64E–07	4,00E-03
$IYR2_P$	1.41E–08	1,40E-02
IYZ_G	–9.50E–08	1,00E-03
IZ_G	1.64E–07	4,00E-03
IY	6.95E–08	4,00E-03
$IZR2_P$	1.41E–08	1,40E-02
IZ	2.60E–07	4,00E-03
$PCTY$	–4.00E–03	1,00E-03
$PCTZ$	–4.00E–03	1,00E-02
R_{MAX}	3.79E–02	1,00E-03
Y_{MAX}	3.54E–02	1,00E-03
Y_{MIN}	–3.54E–02	1,00E-03
Z_{MAX}	2,17E-002	1,00E-03
Z_{MIN}	–1.83E–02	1,00E-03

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

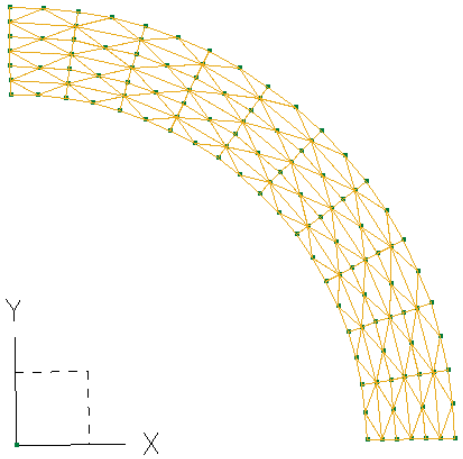
4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

Il s'agit de la section d'un cercle de rayon externe $R=0.025\mathrm{m}$ et d'épaisseur $0.005\mathrm{m}$. On ne représente qu'un quart de la section. Cette modélisation permet de tester le mot-clé CARA_GEOM de POST_ELEM, employé également par MACR_CARA_POUTRE pour calculer les caractéristiques géométriques d'une aire plane.

4.2 Caractéristiques du maillage

30 mailles QUAD8.





4.3 Solution de référence

Pour la section complète :

$$A=\pi\left[R^2-(R-ep)^2\right]=1.76714\mathrm{E}\text{-}04\,m^2$$

$$I_y=I_z=\frac{\pi}{4}\left[R^4-(R-ep)^4\right]=1.81132\mathrm{E}\text{-}7\,m^4$$

$$I_p=2\,I_y=2\,I_z$$

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

4.4 Grandeurs testées et résultats

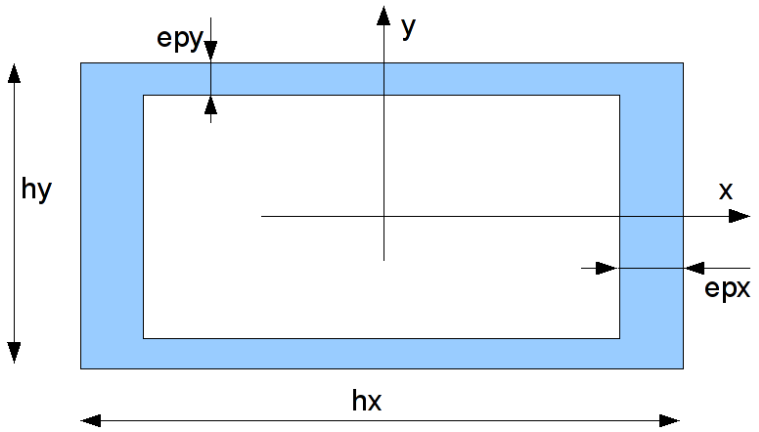
Identification	Référence	% différence
A_M	1.76714E–04	–7.76E–05
$CDG_{\text{Y-M}}$	1.438288E–02	–1.25E–04
$CDG_{\text{Z-M}}$	1.438288E–02	–1.25E–04
$IY_{\text{G-M}}$	8.7265757E–09	–2.78E–04
$IZ_{\text{G-M}}$	8.7265757E–09	–2.78E–04
$IYZ_{\text{G-M}}$	–7.72837E–09	–3.83E–04
A	7.0685745E–04	–7.76E–05
CDG_Y	0.00000E+00	0
CDG_Z	0.00000E+00	0
IY_G	1.81132E–07	–4.19E–06
IZ_G	1.81132E–07	–4.19E–06
IYZ_G	0.00000E+00	
IY	1.81132E–07	–4.19E–06
IZ	1.81132E–07	–4.19E–06
Y_{MIN}	–2.50000E–02	0.00E+00
Y_{MAX}	2.50000E–02	0.00E+00
Z_{MIN}	–2.50000E–02	0.00E+00
Z_{MAX}	2.50000E–02	0.00E+00

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

5 Modélisation C

5.1 Caractéristiques de la modélisation

Section rectangulaire creuse dont on représente un quart. Cette modélisation permet de tester le mot-clé CARA_GEOM de POST_ELEM, employé également par MACR_CARA_POUTRE pour calculer les caractéristiques géométriques d'une aire plane.

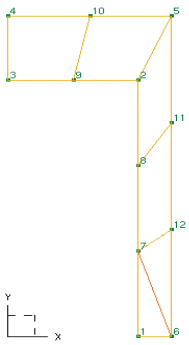


$Hx = 0.02\text{m}$, $Hy = 0.05\text{m}$, $epx = 0.002\text{m}$, $epy = 0.005\text{m}$.

5.2 Caractéristiques du maillage

Les coordonnées des nœuds sont :

N1	8.00E-03	0.00E+00
N2	8.00E-03	2.00E-02
N3	0.00E+00	2.00E-02
N4	0.00E+00	2.50E-02
N5	1.00E-02	2.50E-02
N6	1.00E-02	0.00E+00
N7	8.00E-03	6.6667E-03
N8	8.00E-03	1.3333E-02
N9	4.00E-03	2.00E-02
N10	5.00E-03	2.50E-02
N11	1.00E-02	1.66667E-02
N12	1.00E-02	8.3333E-03



5.3 Solution de référence

$$A = h_y h_z - (h_y - 2\,ep_y)(h_z - 2\,ep_z) = 3.6\text{E-}04\,m^2$$

$$I_x = \frac{1}{12}\left[h_y h_z^3 - (h_y - 2\,ep_y)(h_z - 2\,ep_z)^3\right] = 1.23\text{E-}7\,m^4$$

$$I_y = \frac{1}{12}\left[h_z h_y^3 - (h_z - 2\,ep_z)(h_y - 2\,ep_y)^3\right] = 1.968\text{E-}8\,m^4$$

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

5.4 Grandeurs testées et résultats

Identification	Référence	% différence
A	3.60000E–04	–2.26E–13
$ALPHA$	9.00000E+01	0.00E+00
CDG_Y	0.00000E+00	0
CDG_Z	0.00000E+00	0.00E+00
IY_G	1.23000E–07	–6.46E–14
$IYZ_{\text{G-M}}$	–1.11111E–09	1.00E–04
IZ_G	1.96800E–08	–2.52E–13
IY	1.96800E–08	–2.52E–13
IZ	1.23000E–07	–6.46E–14
R_{MAX}	2.69258E–02	–6.54E–04
Y_{MAX}	2.50000E–02	0.00E+00
Y_{MIN}	–2.50000E–02	0.00E+00
Z_{MAX}	1.00000E–02	0.00E+00
Z_{MIN}	–1.00000E–02	0.00E+00

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

6 Modélisation D

6.1 Caractéristiques de la modélisation

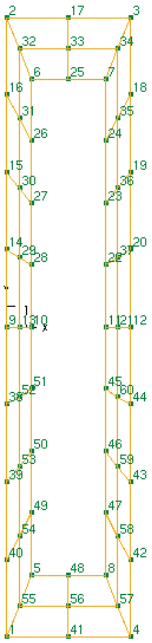
Section rectangulaire creuse. Cette modélisation permet de tester MACR_CARA_POUTRE pour calculer les caractéristiques géométriques et mécaniques d'une aire plane.
Deux calculs sont effectués :

- le premier est effectué avec le mot-clé SYME_Z = 'OUI', c'est à dire que la section considérée est obtenue par symétrie autour de l'axe Z (section alvéolée). De plus les inerties sont calculées par rapport au point de coordonnées $(0,-0.025)$ (mot-clé ORIG_INER),
- le second est effectué sans symétrie, sur la section maillée, avec un calcul des inerties au centre du maillage, C de coordonnées $(0.005,0)$, et 2 groupes de mailles différents, qui correspondent chacun à la moitié verticale du maillage (de part et d'autre de l'axe Cz).

6.2 Caractéristiques du maillage

40 mailles QUAD4.
Les coordonnées des nœuds sommets du rectangle sont :

N1	0.00E+00	–2.50E–02
N2	0.00E+00	2.50E–02
N3	1.00E–02	2.50E–02
N4	1.00E–02	–2.50E–02
N5	2.00E–03	–2.00E–02
N6	2.00E–03	2.00E–02
N7	8.01E–03	2.00E–02
N8	8.01E–03	–2.00E–02
N9	0.00E+00	0.00E+00



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

6.3 Grandeurs testées et résultats

Pour la section symétrisée suivant OY, les caractéristiques géométriques sont :

Identification	Référence	% différence
A_M	2.600E–04	–1.25E–13
A	5.200E–04	–1.25E–13
$ALPHA$	9.000E+01	0.00E+00
$CDG_{\text{Y-M}}$	5.000E–03	–5.20E–14
CDG_Y	0.000E+00	0.00E+00
$CDG_{\text{Z-M}}$	0.000E+00	1.40E–18
CDG_Z	0.000E+00	1.40E–18
$IY_{\text{G-M}}$	7.21667E–08	–4.62E–05
IY_G	1.44333E–07	2.31E–04
IY_P	4.69333E–07	7.10E–05
$IYZ_{\text{G-M}}$	0.000E+00	–4.33E–26
IYZ_G	0.000E+00	–4.33E–26
$IZ_{\text{G-M}}$	3.44667E–09	–9.67E–05
IZ_G	1.98933E–08	1.68E–04
IY	1.98933E–08	1.68E–04
IY_P	1.98933E–08	1.68E–04
IZ	1.44333E–07	2.31E–04
R_{MAX}	2.69260E–02	–6.54E–04
Y_{MAX}	2.500E–02	0.00E+00
Y_{MIN}	–2.500E–02	0.00E+00
Z_{MAX}	1.000E–02	1.73E–14
Z_{MIN}	–1.000E–02	1.73E–14

Pour la section non symétrisée, les caractéristiques géométriques sont :

Lieu	Identification	Référence	% différence
$TOUT$	IY_P	3.60833E–08	9.24E–05
$GR1$	IY_P	3.60833E–08	9.24E–05
$GR2$	IY_P	7.21667E–08	–4.62E–05
$TOUT$	IZ_P	1.72333E–09	1.93E–04
$GR1$	IZ_P	1.72333E–09	1.93E–04
$GR2$	IZ_P	3.44667E–09	–9.67E–05

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

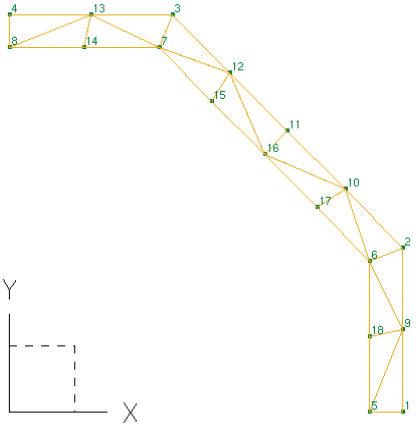
7 Modélisation E

7.1 Caractéristiques de la modélisation

Section octogonale creuse, dont on maille un quart.

7.2 Caractéristiques du maillage

```
N1   2.30969E-02   0.00000E+00
N2   2.30969E-02   9.56708E-03
N3   9.56708E-03   2.30969E-02
N4   0.00000E+00   2.30969E-02
N5   2.11835E-02   0.00000E+00
N6   2.11835E-02   8.77452E-03
N7   8.77452E-03   2.11835E-02
N8   0.00000E+00   2.11835E-02
```



7.3 Grandeurs testées et résultats

Pour la section symétrisée suivant OZ , les caractéristiques géométriques sont :

Identification	Référence	% différence
$ALPHA$	9.00000E+01	0.00E+00
IYZ_G	0.00000E+00	0.00E+00
IZ_G	7.28824E–08	0.003
IY	7.28824E–08	0.003
IZ	7.28824E–08	0.003
R_{MAX}	2.50000E–02	4.58E–13
Y_{MAX}	2.30967E–02	0.001
Y_{MIN}	–2.30967E–02	0.001
Z_{MAX}	2.30967E–02	0.001
Z_{MIN}	–2.30967E–02	0.001

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

8 Modélisation F

8.1 Caractéristiques de la modélisation

Section circulaire pleine, de rayon $0.025\mathrm{m}$. Les caractéristiques calculés sont ensuite utilisées directement dans un calcul de poutre droite (de longueur $L=1\mathrm{m}$), en traction pure ($F=1000\mathrm{N}$). Le module d'Young vaut $2.\mathrm{E}11\,Pa$. Les caractéristiques de la section sont données à AFFE_CARA_ELEM via le mot-clé TABLE_CARA.

8.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de mailles : 52 TRIA6, 299 QUAD8

8.3 Solution de référence

$$A=\pi R^2=1.9635\mathrm{E}\text{-}3\,m^2\ ;\quad I_y=I_z=\frac{\pi}{4}R^4=3.06796\mathrm{E}\text{-}7\,m^4\ ;\quad A_y=A_z=\frac{10}{9}\ ;\quad C=I_x=2\,I_y=2\,I_z$$

Traction pure d'une poutre de section circulaire pleine, de longueur $L=1\mathrm{m}$, soumise à une force $F=1000\mathrm{N}$: $u(x)=\frac{F\,x}{E\,A}\quad u(L)=\frac{F\,L}{E\,A}=2.54648\mathrm{E}\text{-}6\,m$

8.4 Grandeurs testées et résultats

Pour la section symétrisée suivant OY, les caractéristiques géométriques sont :

Identification	Référence	Valeur	Tolérance
A	ANALYTIQUE	1,96E-03	0,50%
CDG_Y	ANALYTIQUE	0,00E+00	0,10%
CDG_Z	ANALYTIQUE	0,00E+00	0,10%
IY_G	ANALYTIQUE	3,07E-07	0,90%
IZ_G	ANALYTIQUE	3,07E-07	0,90%
IYZ_G	ANALYTIQUE	0,00E+00	0,10%
IY	ANALYTIQUE	3,07E-07	0,90%
IZ	ANALYTIQUE	3,07E-07	0,90%
Y_{MIN}	ANALYTIQUE	-2,50E-02	0,10%
Y_{MAX}	ANALYTIQUE	2,50E-02	0,10%
Z_{MIN}	ANALYTIQUE	-2,50E-02	0,10%
Z_{MAX}	ANALYTIQUE	2,50E-02	0,10%
JX	ANALYTIQUE	6,14E-07	0,90%
AY	ANALYTIQUE	1,17E+00	0,10%
AZ	ANALYTIQUE	1,17E+00	0,10%
EY	ANALYTIQUE	0,00E+00	0,10%
EZ	ANALYTIQUE	0,00E+00	0,10%
JG	ANALYTIQUE	0,00E+00	0,10%

Pour le calcul de traction de poutre, le résultat est :

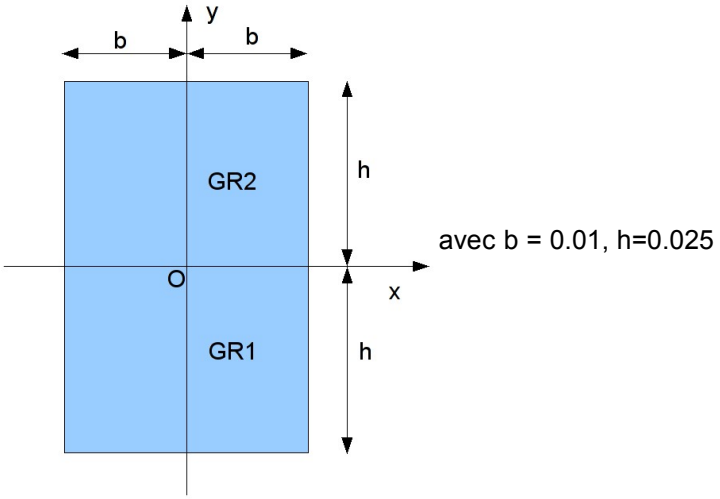
Identification	Référence	Valeur	Tolérance
DEPL	ANALYTIQUE	2,55E-06	1,00E-03
FORC_NODA	ANALYTIQUE	1,00E+03	1,00E-03

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

9 Modélisation G

9.1 Caractéristiques de la modélisation

Section rectangulaire pleine, de largeur 0.02m et de hauteur 0.05m. Elle est divisée en deux rectangles de hauteurs respectives 0.025m, afin de tester le calcul des caractéristiques sur des groupes de mailles pour un réseau constitué ici de deux poutres parallèles, comprises entre deux planchers distant de $L=0.0002\text{m}$ (ce qui permet d'obtenir des caractéristiques (coefficient de cisaillement) très proches de celle de la section complète).



9.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de mailles : 32 QUAD8

9.3 Solution de référence

Caractéristiques géométriques pour la section complète et pour chaque demi-section :

LIEU	A	CDG_Y	CDG_Z	IY_G	IZ_G	IYZ_G
Tout	1.00E-03	0.0	0.0	2.08E-07	3.33E-08	0.0
GR1	5.00E-04	0.0	-1.25E-02	2.60E-08	1.67E-08	0.0
GR2	5.00E-04	0.0	1.25E-02	2.60E-08	1.67E-08	0.0

LIEU	Y_P	Z_P	IY_P	IZ_P	IYZ_P	IY	IZ
Tout	0.00E+00	0.00E+00	2.08E-07	3.33E-08	0.0	3.33E-08	2.08E-07
GR1	0.00E+00	0.00E+00	1.04E-07	1.67E-08	0.0	1.67E-08	1.04E-07
GR2	0.00E+00	0.00E+00	1.04E-07	1.67E-08	0.0	1.67E-08	1.04E-07

Coefficients de cisaillement : pour chaque section rectangulaire : $A_y=A_z=1.2$

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

9.4 Grandeurs testées et résultats

Pour la section complète, les caractéristiques géométriques et mécaniques sont :

Identification	Référence	% différence
A	1.0000000E–03	0.00E+00
$ALPHA$	9.0000000E+01	0.00E+00
AY	1.2000000E+00	–0.004
AZ	1.2000000E+00	–0.065
CDG_Y	0.0000000E+00	–1.03E–19
CDG_Z	0.0000000E+00	–2.67E–19
JX	9.9805000E–08	–0.124
EY	0.0000000E+00	1.55E–18
EZ	0.0000000E+00	–4.79E–18
IY_G	2.0833333E–07	1.60E–06
IYZ_G	0.0000000E+00	–1.40E–24
IZ_G	3.3333330E–08	1.00E–05
$PCTY$	0.0000000E+00	4.90E–18
$PCTZ$	0.0000000E+00	1.82E–18
Y_{MAX}	2.5000000E–02	0.00E+00
Y_{MIN}	–2.5000000E–02	0.00E+00
Z_{MAX}	1.0000000E–02	1.73E–14
Z_{MIN}	–1.0000000E–02	1.73E–14

Pour les deux groupes disjoints, on obtient :

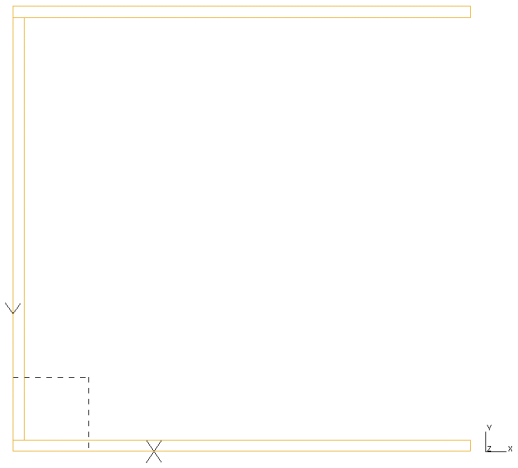
Lieu	Identification	Référence	% différence
GR2	A	5.00000E–04	2.17E–14
GR1	A	5.00000E–04	4.34E–14
TOUT	AY	1.20000E+00	–0.064
GR1	AY	1.20000E+00	–0.065
GR2	AY	1.20000E+00	–0.065
GR1	AZ	1.20000E+00	–0.065
GR2	AZ	1.20000E+00	–0.065
GR1	CDG_Y	0.00000E+00	1.59E–19
GR2	CDG_Y	0.00000E+00	2.11E–19
GR1	CDG_Z	1.25000E–02	–1.39E–14
GR2	CDG_Z	–1.25000E–02	–4.16E–14
GR1	IY_G	2.60417E–08	–1.28E–04
GR2	IY_G	2.60417E–08	–1.28E–04
GR1	IYZ_G	0.00000E+00	–1.58E–24
GR2	IYZ_G	0.00000E+00	1.98E–24
GR1	IZ_G	1.66667E–08	–2.00E–04
GR2	IZ_G	1.66667E–08	–2.00E–04

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

10 Modélisation H

10.1 Caractéristiques de la modélisation

Section en U, de cote $l=20\text{mm}$, et d'épaisseur $e=0.5\text{mm}$



10.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de mailles : 236 QUAD8

10.3 Solution de référence

Les valeurs analytiques approchées sont issues de [bib1].

10.4 Grandeurs testées et résultats

Pour la section complète, les caractéristiques géométriques et mécaniques sont :

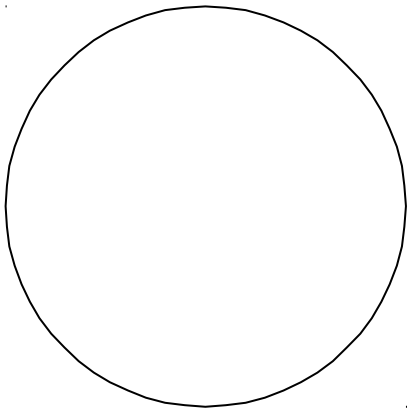
Identification	Référence	% différence
A	29.5	0.00E+00
AY	4.25300E+00	5.483
AZ	1.61800E+00	18.472
CDG_Y	6.8602	–0.015
CDG_Z	10	–2.31E–13
JX	2.4984	–1.9
EY	0	–4.18E–11
EZ	–15.43	–0.089
JG	8.69 E+04 [bib4]	0.253

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

11 Modélisation I

11.1 Caractéristiques de la modélisation

Section circulaire creuse, de rayon externe 10mm , et d'épaisseur 1mm .



11.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de mailles : 300 QUAD8

11.3 Solution de référence

$$C = I_x = \pi\left[\frac{R^4}{2} - \frac{(R-e)^4}{2}\right] = 5401.97\,mm^4$$

11.4 Grandeurs testées et résultats

La constante de torsion vaut :

Identification	Référence	% différence
JX	5401.97	–0.194

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

12 Modélisation J

12.1 Caractéristiques de la modélisation

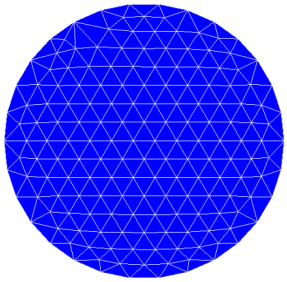
Trois sections :

- circulaire pleine de rayon 2 m.
- circulaire creuse, de rayon externe 2 m et de paramètre ALPHA = 0.5 .
- circulaire creuse, de rayon externe 2 m et de paramètre ALPHA = 0.9.

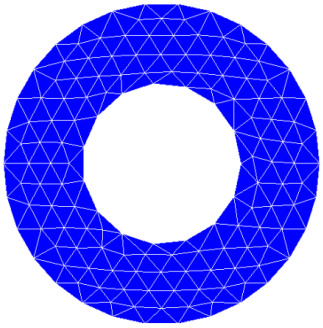
Remarque : ALPHA = (Rext – épaisseur) / Rext

12.2 Caractéristiques des maillages

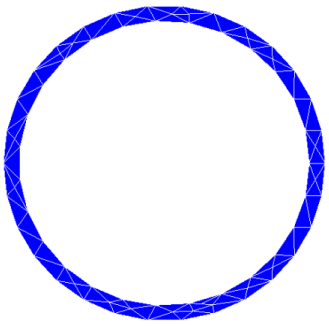
1. Nombre de mailles : 318 TRIA6



2. Nombre de mailles : 259 TRIA6



3. Nombre de mailles : 95 TRIA6



12.3 Grandeurs testées et résultats

Des tests pour garantir la non-régression du code sont réalisés sur les coefficients de cisaillement calculés.

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

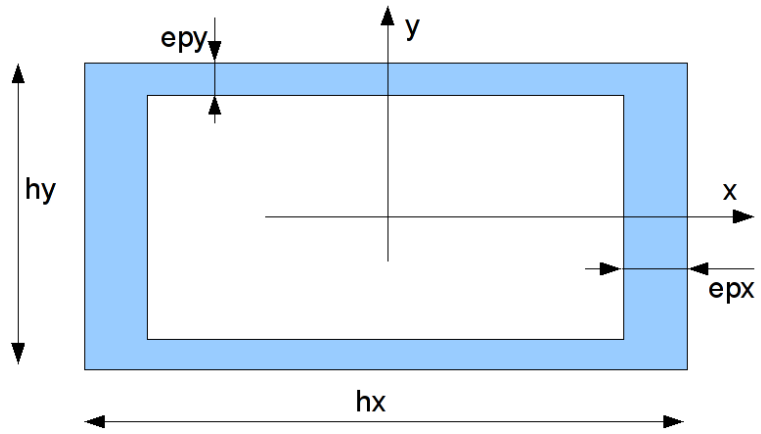
13 Modélisation K

13.1 Caractéristiques de la modélisation

Trois sections :

- carré pleine de côté 4 m.
- carré creuse, de côté 4 m et de paramètre ALPHA = 0.5 / BETA = 0.525.
- carré creuse, de côté 4 m et de paramètre ALPHA = 0.9 / BETA = 0.945.

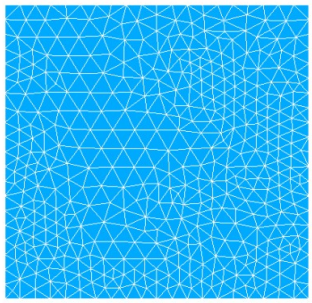
Remarque :



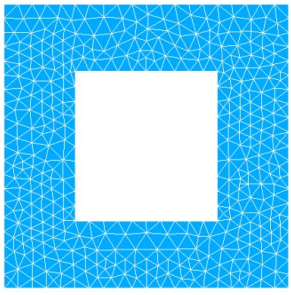
*ALPHA = (HX – 2*EPX) /HX*
*BETA = (HY – 2*EPY) / HY*

13.2 Caractéristiques des maillages

1. Nombre de mailles : 844 TRIA6



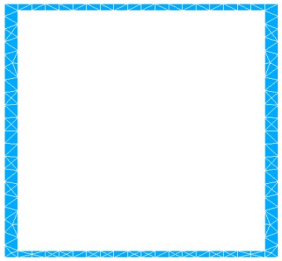
2. Nombre de mailles : 762 TRIA6



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

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

3. Nombre de mailles : 208 TRIA6



13.3 Grandeurs testées et résultats

Des tests pour garantir la non-régression du code sont réalisés sur les coefficients de cisaillement calculés.

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

14 Synthèse des résultats

Ce test permet de vérifier simultanément le bon fonctionnement de la commande MACR_CARA_POUTRE pour différents types de sections.

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