SSLV04 - Cylindre creux en contraintes planes

Résumé :

Ce test est tiré du Guide VPCS (test SSLV04/89) et a pour objet un cylindre creux chargé en pression interne.

Ce problème tridimensionnel est traité avec différentes modélisations :

- en $3D$: 9 modélisations (pentaèdres, hexaèdres, tétraèdres et pyramides, degrés 1 et 2),
- en $2D$ contraintes planes : 4 modélisations (triangles et quadrangles degrés 1 et 2, quadrangles à 9 nœuds),
- en $2D$ axisymétrique : 3 modélisations (triangles et quadrangles degrés 1 et 2, quadrangles à 9 nœuds).

Les fonctionnalités testées sont :

- pression répartie,
- effet de fond (avec pression fixe ou variable),
- déplacements imposés,
- matrices de rigidité,
- déformations et contraintes aux nœuds,
- réactions nodales (modélisation K),
- utilisation de `MACR_LIGN_COUP` sur un concept `mult_elas` et un concept `comb_fourier` (modélisation I)

Il y a 16 modélisations.

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

Coordonnées des points :

	A	B	C	D	E	F
x	0.100	0.200	$0.1cos(22.5)$	$0.2cos(22.5)$	$\sqrt{2}/2$	$\sqrt{2}$
y	0.	0.	$0.1sin(22.5)$	$0.2sin(22.5)$	$\sqrt{2}/2$	$\sqrt{2}$
z	0	0.	0.	0.	0.	0.

1.2 Propriétés de matériaux

Le module d'Young du matériau est égal à $E=2.10^5 MPa$.
Le coefficient de Poisson est égal à $\nu=0.3$.

1.3 Conditions aux limites et chargements

Pression interne :

$P=60 MPa$

Pression interne variable (modélisation P uniquement) :

P varie linéairement de $60 MPa$ à $t=1.s$ à $120 MPa$ à $t=2.s$

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence

En contrainte plane (cylindre à bords libres aux extrémités)

$$\sigma_{zz} = 0$$

$$\sigma_{rr} = P\frac{a^2}{b^2-a^2}\left(1-\frac{b^2}{r^2}\right)$$

$$\sigma_{\theta\theta} = P\frac{a^2}{b^2-a^2}\left(1+\frac{b^2}{r^2}\right)$$

$$\sigma_{r\theta} = 0$$

$$u_r = \frac{P}{E}\frac{a^2}{b^2-a^2}\left((1-\nu)+(1+\nu)\frac{b^2}{r^2}\right)r$$

$$\varepsilon_{rr} = \frac{P}{E}\frac{a^2}{b^2-a^2}\left((1-\nu)-(1+\nu)\frac{b^2}{r^2}\right)$$

$$\varepsilon_{\theta\theta} = \frac{u_r}{r}$$

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

On obtient :

pour $r=0.1$: $u_r=59.10^{-6}$, $\sigma_{rr}=-60.$, $\sigma_{\theta\theta}=100.$, $\sigma_{zz}=\sigma_{r\theta}=0.$, $\varepsilon_{rr}=-45.10^{-5}$, $\varepsilon_{\theta\theta}=59.10^{-5}$; pour $r=0.2$: $u_r=40.10^{-6}$, $\sigma_{rr}=0.$, $\sigma_{\theta\theta}=40.$, $\sigma_{zz}=\sigma_{r\theta}=0.$, $\varepsilon_{rr}=-6.10^{-5}$, $\varepsilon_{\theta\theta}=2.10^{-4}$

Passage dans le système d'axes cartésiens :

$$\begin{aligned}\sigma_{xx} &= \sigma_{rr}cos^2\theta+\sigma_{\theta\theta}sin^2\theta-2\sigma_{r\theta}sin\theta cos\theta\\ \sigma_{yy} &= \sigma_{rr}sin^2\theta+\sigma_{\theta\theta}cos^2\theta+2\sigma_{r\theta}sin\theta cos\theta\\ \sigma_{xy} &= \sigma_{rr}sin\theta cos\theta-\sigma_{\theta\theta}sin\theta cos\theta-2\sigma_{r\theta}(cos^2\theta-sin^2\theta)\end{aligned}$$

avec :

- $\theta=0°$ aux points A et B,
- $\theta=22.5°$ aux points C et D,
- $\theta=45°$ aux points E et F.

2.2 Résultats de référence

Déplacements (u,v) et contraintes $(\sigma_{xx},\sigma_{yy},\sigma_{zz},\sigma_{xy})$ aux points A,B,C,D,E,F.

2.3 Références bibliographiques

1 Guide VPCS. SSLV04/89

2 Y. C. FUNG. Foundations of solid mechanics. Prentice-hall, inc. Englewood Cliffs. NJ. 1965 p. 243 à 245.

3 J. COURBON. Résistance des matériaux p 649

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Éléments 3D (PENTA6 et HEXA8).
Maillage obtenu par extrusion à partir d'un maillage $2D$ ressemblant au maillage ci-dessous (30 éléments dans la direction radiale avec dé-raffinement progressif et $15+15$ éléments dans la direction circonférentielle).

Suivant l'axe Z : 1 couche d'éléments

Épaisseur totale : $0.01\,m$

Conditions limites :

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

nœud F: $u_z=0$
face AB bloquée en dy
face EF bloquée normalement
pression sur la face AE $p=60.$

Noms des nœuds : $A=N993$ $B=N1443$ $C=N1$
$D=N31$ $E=N496$ $F=N495$

3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 1922
Nombre de mailles et types : 900 PENTA6, 450 HEXA8 et 90 QUAD4 (faces peau interne).

3.3 Grandeurs testées et résultats

Localisation	Grandeur	Référence	Type de référence	Tolérance
Champ nor_DNOR Point F	Vecteur normal, composante X	-0,707	'ANALYTIQUE'	0,1 %
Champ nor_DNOR point F	Vecteur normal, composante Y	-0,707	'ANALYTIQUE'	0,1 %
Champ nor_DNOR point F	Vecteur normal, composante X	-0,707	'ANALYTIQUE'	0,1 %
Champ nor_DNOR point F	Vecteur normal, composante Y	-0,707	'ANALYTIQUE'	0,1 %
Champ nor_PRES point A	Vecteur normal, composante X	1,0	'ANALYTIQUE'	1,5 %
Champ nor_PRES point A	Vecteur normal, composante Y	0,0	'ANALYTIQUE'	1,5 %
Champ nor_PRES point E	Vecteur normal, composante X	-0,707	'ANALYTIQUE'	1,5 %
Champ nor_PRES point E	Vecteur normal, composante Y	-0,707	'ANALYTIQUE'	1,5 %

Localisation	Grandeur	Référence	Type de référence	Tolérance
Maille M1380, point A				
SIRO_ELEM Contrainte normale à la face de l'élément	SIG_NX	60.0	'ANALYTIQUE'	2.0%
	SIG_NY	0.0	'ANALYTIQUE'	1.0
	SIG_NZ	0.0	'ANALYTIQUE'	0.01
	SIG_N	-60.0	'ANALYTIQUE'	2.0%
SIRO_ELEM Contrainte tangentielle dans le plan de l'élément	SIG_TX	0.0	'ANALYTIQUE'	0.01
	SIG_TY	0.0	'ANALYTIQUE'	1.0%
	SIG_TZ	0.0	'ANALYTIQUE'	1.0
SIRO_ELEM Première valeur de la contrainte	SIG_T1X	0.0	'ANALYTIQUE'	0.01
	SIG_T1Y	0.0	'ANALYTIQUE'	0.01

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

tangentielle dans le plan de l'élément	SIG_T1Z	0.0	'ANALYTIQUE'	1.0
	SIG_T1	0.0	'ANALYTIQUE'	1.0
SIRO_ELEM	SIG_T2X	0.0	'ANALYTIQUE'	2.0
Deuxième valeur de la contrainte	SIG_T2Y	-100.0	'ANALYTIQUE'	1.0%
tangentielle dans le plan de l'élément	SIG_T2Z	0.0	'ANALYTIQUE'	0.01
	SIG_T2	100.0	'ANALYTIQUE'	1.0%
Maille M1351, point F			'ANALYTIQUE' 'ANALYTIQUE'	
SIRO_ELEM	SIG_NX	42.426	'ANALYTIQUE'	1.5%
Contrainte normale à la face de l'élément	SIG_NY	42.426	'ANALYTIQUE'	2.0%
	SIG_NZ	0.0	'ANALYTIQUE'	0.01
	SIG_N	-60.0	'ANALYTIQUE'	1.0%
SIRO_ELEM	SIG_TX	0.0	'ANALYTIQUE'	1.0
Contrainte tangentielle dans le plan de l'élément	SIG_TY	0.0	'ANALYTIQUE'	1.0
	SIG_TZ	0.0	'ANALYTIQUE'	0.2
SIRO_ELEM	SIG_T1X	0.0	'ANALYTIQUE'	0.01
Première valeur de la contrainte	SIG_T1Y	0.0	'ANALYTIQUE'	0.01
tangentielle dans le plan de l'élément	SIG_T1Z	0.0	'ANALYTIQUE'	0.1
	SIG_T1	0.0	'ANALYTIQUE'	0.2
SIRO_ELEM	SIG_T2X	70.711	'ANALYTIQUE'	1.5%
Deuxième valeur de la contrainte	SIG_T2Y	-70.711	'ANALYTIQUE'	1.5%
tangentielle dans le plan de l'élément	SIG_T2Z	0.0	'ANALYTIQUE'	0.01
	SIG_T2	100.0	'ANALYTIQUE'	1.0%

Localisation	Grandeur	Valeur de référence	Type de référence	Tolérance
point A	Champ DEPL, comp. X	$5.9\ 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	0,1 %
	Champ DEPL, comp. Y	0.	'ANALYTIQUE'	1E-10(absolu)
	Champ SIGM_NOEU, comp. SIXX	–60.	'ANALYTIQUE'	2 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. SIYY	100.	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. SIZZ	0.	'ANALYTIQUE'	0,5 (absolu)
	Champ SIGM_NOEU, comp. SIXY	0.	'ANALYTIQUE'	2 (absolu)
	Champ EPSI_NOEU, comp. EPXX	$-4.5\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ EPSI_NOEU, comp. EPYY	$5.9\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ EPSI_NOEU, comp. EPZZ	0.	'ANALYTIQUE'	1E-4 (absolu)
	Champ EPSI_NOEU, comp. EPXY	0.	'ANALYTIQUE'	1E-4 (absolu)
B	Champ DEPL, comp. X	$4\ 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ DEPL, comp. Y	0.	'ANALYTIQUE'	1E-10(absolu)
	Champ SIGM_NOEU, comp. SIXX	0.	'ANALYTIQUE'	2 (absolu)

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

	Champ SIGM_NOEU, comp. $SIYY$	40.	'ANALYTIQUE'	2 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. $SIZZ$	0.	'ANALYTIQUE'	1 (absolu)
	Champ SIGM_NOEU, comp. $SIXY$	0.	'ANALYTIQUE'	2 (absolu)
	Champ EPSI_NOEU, comp. $EPXX$	$-6\ 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	5 %
	Champ EPSI_NOEU, comp. $EPYY$	$2.\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	5 %
	Champ EPSI_NOEU, comp. $EPZZ$	0.	'ANALYTIQUE'	1E-4 (absolu)
	Champ EPSI_NOEU, comp. $EPXY$	0.	'ANALYTIQUE'	1E-4 (absolu)
D	Champ DEPL, comp. X	$3.69552\ 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	0,1 %
	Champ DEPL, comp. Y	$1.53073\ 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	1 %
E	Champ DEPL, comp. X	$4.17193\ 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	0,1 %
	Champ DEPL, comp. Y	$4.17193\ 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	0,1 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. $SIXX$	20.	'ANALYTIQUE'	6 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. $SIYY$	20.	'ANALYTIQUE'	6 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. $SIZZ$	0.	'ANALYTIQUE'	0,1 (absolu)
	Champ SIGM_NOEU, comp. $SIXY$	–80.	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ EPSI_NOEU, comp. $EPXX$	$0.7\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	10 %
	Champ EPSI_NOEU, comp. $EPYY$	$0.7\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	10 %
	Champ EPSI_NOEU, comp. $EPZZ$	0.	'ANALYTIQUE'	1E-4 (absolu)
	Champ EPSI_NOEU, comp. $EPXY$	$-5.2\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	1 %
F	Champ DEPL, comp. X	$2.82843\ 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	0,1 %
	Champ DEPL, comp. Y	$2.82843\ 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	0,1 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. $SIXX$	20.	'ANALYTIQUE'	6 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. $SIYY$	20.	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. $SIZZ$	0.	'ANALYTIQUE'	0,2 (absolu)
	Champ SIGM_NOEU, comp. $SIXY$	–20.	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ EPSI_NOEU, comp. $EPXX$	$0.7\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	8 %
	Champ EPSI_NOEU, comp. $EPYY$	$0.7\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	2 %
	Champ EPSI_NOEU, comp. $EPZZ$	0.	'ANALYTIQUE'	1E-4 (absolu)
	Champ EPSI_NOEU, comp. $EPXY$	$-1.3\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	1 %

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

Éléments 3D (PENTA15 et HEXA20).
Maillage obtenu par extrusion à partir du maillage $2D$ ci-dessous (modélisation F)

Suivant l'axe Z : 2 couches d'éléments

Épaisseur totale : $0.01\,m$

Conditions limites :

nœud $F = u_z = 0$

face AB bloquée en dx

face EF bloquée normalement

pression sur la face AE $p = 60.$

Noms des nœuds : $A = NO2$ $B = NO361$ $C = NO121$

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

$D = NO584 \qquad E = NO155 \qquad F = NO503$

4.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 2115
Nombre de mailles et types : 400 PENTA15, 100 HEXA20 40 QUAD8 (faces peau interne)

4.3 Grandeurs testées et résultats

Localisation	Grandeur	Référence	Type de référence	Tolérance
Maille MA751, point A				
SIRO_ELEM Contrainte normale à la face de l'élément	SIG NX	0.0	'ANALYTIQUE'	3.
	SIG NY	60.0	'ANALYTIQUE'	0.5%
	SIG NZ	0.0	'ANALYTIQUE'	0.01
SIRO_ELEM Contrainte tangentielle dans le plan de l'élément	SIG TX	0.0	'ANALYTIQUE'	0.1
	SIG TY	0.0	'ANALYTIQUE'	0.1
	SIG TZ	0.0	'ANALYTIQUE'	0.1
SIRO_ELEM Première valeur de la contrainte tangentielle dans le plan de l'élément	SIG T1X	0.0	'ANALYTIQUE'	0.01
	SIG T1Y	0.0	'ANALYTIQUE'	0.01
	SIG T1Z	0.0	'ANALYTIQUE'	0.05
SIRO_ELEM Deuxième valeur de la contrainte tangentielle dans le plan de l'élément	SIG T2X	100.0	'ANALYTIQUE'	0.15%
	SIG T2Y	0.0	'ANALYTIQUE'	4.5
	SIG T2Z	0.0	'ANALYTIQUE'	0.20
Maille MA769, point F			'ANALYTIQUE' 'ANALYTIQUE'	
SIRO_ELEM Contrainte normale à la face de l'élément	SIG NX	-42.426	'ANALYTIQUE'	6.0%
	SIG NY	42.426	'ANALYTIQUE'	4.0%
	SIG NZ	0.0	'ANALYTIQUE'	0.01
SIRO_ELEM Contrainte tangentielle dans le plan de l'élément	SIG TX	0.0	'ANALYTIQUE'	0.01
	SIG TY	0.0	'ANALYTIQUE'	0.01
	SIG TZ	0.0	'ANALYTIQUE'	0.03
SIRO_ELEM Première valeur de la contrainte tangentielle dans le plan de l'élément	SIG T1X	0.0	'ANALYTIQUE'	0.01
	SIG T1Y	0.0	'ANALYTIQUE'	0.01
	SIG T1Z	0.0	'ANALYTIQUE'	0.01
SIRO_ELEM Deuxième valeur de la contrainte tangentielle dans le plan de l'élément	SIG T2X	70.711	'ANALYTIQUE'	3.5%
	SIG T2Y	70.711	'ANALYTIQUE'	4.5%
	SIG T2Z	0.0	'ANALYTIQUE'	0.1

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

Localisation	Grandeur	Valeur de référence	Type de référence	Tolérance
point A				
-	Champ DEPL, comp. X	0.	'ANALYTIQUE'	1E-4 (absolu)
-	Champ DEPL, comp. Y	$5.9\ 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille MA251	Champ SIGM_ELNO, comp. SIXX	100.	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille MA251	Champ SIGM_ELNO, comp. SIYY	– 60.	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille MA251	Champ SIGM_ELNO, comp. SIZZ	0.	'ANALYTIQUE'	0,02 (absolu)
Maille MA251	Champ SIGM_ELNO, comp. SIXY	0.	'ANALYTIQUE'	0,5 (absolu)
Maille MA251	Champ EPSI_ELNO, comp. EPXX	$5.9\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille MA251	Champ EPSI_ELNO, comp. EPYY	$-4.5\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille MA251	Champ EPSI_ELNO, comp. EPZZ	0.	'ANALYTIQUE'	1E-2 (absolu)
Maille MA251	Champ EPSI_ELNO,comp. EPXY	0.	'ANALYTIQUE'	1E-2 (absolu)
Point B				
-	Champ DEPL, comp. X	0.	'ANALYTIQUE'	1E-4 (absolu)
-	Champ DEPL, comp. Y	$4\ 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille MA551	Champ SIGM_ELNO, comp. SIXX	40.	'ANALYTIQUE'	0,1 %
Maille MA551	Champ SIGM_ELNO, comp. SIYY	0.	'ANALYTIQUE'	0,1 (absolu)
Maille MA551	Champ SIGM_ELNO, comp. SIZZ	0.	'ANALYTIQUE'	0,015 (absolu)
Maille MA551	Champ SIGM_ELNO, comp. SIXY	0.	'ANALYTIQUE'	0,15 (absolu)
Maille MA551	Champ EPSI_ELNO, comp. EPYY	$2.\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille MA551	Champ EPSI_ELNO, comp. EPZZ	$-0.6.\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille MA551	Champ EPSI_ELNO,comp. EPXY	0.	'ANALYTIQUE'	1E-2 (absolu)
Maille MA551	Champ EPSI_ELNO, comp. EPXX	0.	'ANALYTIQUE'	1E-2 (absolu)
F				
	Champ DEPL, comp. X	$4.17193\ 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ DEPL, comp. Y	$4.17193\ 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille MA399	Champ SIGM_ELNO, comp. SIXX	20.	'ANALYTIQUE'	10 %
Maille MA399	Champ SIGM_ELNO, comp. SIYY	20.	'ANALYTIQUE'	10 %
Maille MA399	Champ SIGM_ELNO, comp. SIZZ	0.	'ANALYTIQUE'	0,5 (absolu)
Maille MA399	Champ SIGM_ELNO, comp. SIXY	80.	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille MA399	Champ EPSI_ELNO, comp. EPXX	$0.7\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille MA399	Champ EPSI_ELNO, comp. EPYY	$0.7\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille MA399	Champ EPSI_ELNO, comp. EPZZ	0.	'ANALYTIQUE'	1E-2 (absolu)
Maille MA399	Champ EPSI_ELNO,comp. EPXY	$5.2\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	1 %
F				
-	Champ DEPL, comp. X	$-2.82843\ 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	1 %
-	Champ DEPL, comp. Y	$2.82843\ 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille MA695	Champ SIGM_ELNO, comp. SIXX	20.	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille MA695	Champ SIGM_ELNO, comp. SIYY	20.	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille MA695	Champ SIGM_ELNO, comp. SIZZ	0.	'ANALYTIQUE'	0,05 (absolu)
Maille MA695	Champ SIGM_ELNO, comp. SIXY	20.	'ANALYTIQUE'	0,1 %
Maille MA695	Champ EPSI_ELNO, comp. EPXX	$0.7\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille MA695	Champ EPSI_ELNO, comp. EPYY	$0.7\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille MA695	Champ EPSI_ELNO, comp. EPZZ	0.	'ANALYTIQUE'	1E-2 (absolu)
Maille MA695	Champ EPSI_ELNO,comp. EPXY	$1.3\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	1 %

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

5 Modélisation C

5.1 Caractéristiques de la modélisation

Éléments 3D (TETRA4).
AB est sur l'axe OX

Découpage : 21 nœuds équidistants sur les segments AB, CD et EF
21 nœuds équidistants sur les arcs ACE et BDF

Suivant l'axe Z : 1 couche d'éléments

Epaisseur totale : $0.01\,m$

Conditions limites :

nœud F : $u_z=0$
face AB bloquée en dy
face EF bloquée normalement
pression sur la face AE $p=60.$

Noms des nœuds : $A=N165$ $B=N4$ $C=N209$
$D=N82$ $E=N244$ $F=N1068$

5.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 1115
Nombre de mailles et types : 3724 TETRA4 et 1760 TRIA3 (faces peau interne)

5.3 Grandeurs testées et résultats

Localisation	Grandeur	Valeur de référence	Type de référence	Tolérance
Champ nor_DNOR Point F	Vecteur normal, composante X	-0,707	'ANALYTIQUE'	0,1 %
Champ nor_DNOR point F	Vecteur normal, composante Y	-0,707	'ANALYTIQUE'	0,1 %
Champ nor_DNOR point F	Vecteur normal, composante X	-0,707	'ANALYTIQUE'	0,1 %
Champ nor_DNOR point F	Vecteur normal, composante Y	-0,707	'ANALYTIQUE'	0,1 %
Champ nor_PRES point A	Vecteur normal, composante X	1,0	'ANALYTIQUE'	1,5 %
Champ nor_PRES point A	Vecteur normal, composante Y	0,0	'ANALYTIQUE'	1,5 %

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

Champ nor_PRES point F	Vecteur normal, composante x	-0,707	'ANALYTIQUE'	1,5 %
Champ nor_PRES point F	Vecteur normal, composante y	-0,707	'ANALYTIQUE'	1,5 %

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

Localisation	Grandeur	Valeur de référence	Type de référence	Tolérance
Maille M5444, point A				
SIRO_ELEM Contrainte normale à la face de l'élément	SIG_NX	60.0	'ANALYTIQUE'	8.0%
	SIG_NY	0.0	'ANALYTIQUE'	1.5
	SIG_NZ	0.0	'ANALYTIQUE'	0.1
SIRO_ELEM Contrainte tangentielle dans le plan de l'élément	SIG_TX	0.0	'ANALYTIQUE'	0.1
	SIG_TY	0.0	'ANALYTIQUE'	1.0
	SIG_TZ	0.0	'ANALYTIQUE'	1.0
SIRO_ELEM Première valeur de la contrainte tangentielle dans le plan de l'élément	SIG_T1X	0.0	'ANALYTIQUE'	0.01
	SIG_T1Y	0.0	'ANALYTIQUE'	0.01
	SIG_T1Z	0.0	'ANALYTIQUE'	1.5
SIRO_ELEM Deuxième valeur de la contrainte tangentielle dans le plan de l'élément	SIG_T2X	0.0	'ANALYTIQUE'	2.5
	SIG_T2Y	-100.0	'ANALYTIQUE'	2.0%
	SIG_T2Z	0.0	'ANALYTIQUE'	0.20
Maille M5404, point E			'ANALYTIQUE' 'ANALYTIQUE'	
SIRO_ELEM Contrainte normale à la face de l'élément	SIG_NX	42.426	'ANALYTIQUE'	6.0%
	SIG_NY	42.426	'ANALYTIQUE'	9.0%
	SIG_NZ	0.0	'ANALYTIQUE'	1.00
SIRO_ELEM Contrainte tangentielle dans le plan de l'élément	SIG_TX	0.0	'ANALYTIQUE'	1.0
	SIG_TY	0.0	'ANALYTIQUE'	1.0
	SIG_TZ	0.0	'ANALYTIQUE'	1.0
SIRO_ELEM Première valeur de la contrainte tangentielle dans le plan de l'élément	SIG_T1X	0.0	'ANALYTIQUE'	0.01
	SIG_T1Y	0.0	'ANALYTIQUE'	0.01
	SIG_T1Z	0.0	'ANALYTIQUE'	1.50
SIRO_ELEM Deuxième valeur de la contrainte tangentielle dans le plan de l'élément	SIG_T2X	-70.711	'ANALYTIQUE'	2.0%
	SIG_T2Y	70.711	'ANALYTIQUE'	4.0%
	SIG_T2Z	0.0	'ANALYTIQUE'	0.10

Localisation	Grandeur	Valeur de référence	Type de référence	Tolérance
point A	Champ DEPL, comp. X	$5.9\ 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	0,1 %
	Champ DEPL, comp. Y	0.	'ANALYTIQUE'	1E-10(absolu)
	Champ SIGM_NOEU, comp. SIXX	–60.	'ANALYTIQUE'	5 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. SIYY	100.	'ANALYTIQUE'	5 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. SIZZ	0.	'ANALYTIQUE'	0,1 (absolu)
	Champ SIGM_NOEU, comp. SIXY	0.	'ANALYTIQUE'	3 (absolu)

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

	Champ EPSI_NOEU, comp. $EPXX$	$-4.5\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	5 %
	Champ EPSI_NOEU, comp. $EPYY$	$5.9\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	5 %
	Champ EPSI_NOEU, comp. $EPZZ$	0.	'ANALYTIQUE'	1E-4 (absolu)
	Champ EPSI_NOEU, comp. $EPXY$	0.	'ANALYTIQUE'	1E-4 (absolu)
B	Champ DEPL, comp. X	$4\ 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ DEPL, comp. Y	0.	'ANALYTIQUE'	1E-10(absolu)
	Champ SIGM_NOEU, comp. $SIXX$	0.	'ANALYTIQUE'	2 (absolu)
	Champ SIGM_NOEU, comp. $SIYY$	40.	'ANALYTIQUE'	5 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. $SIZZ$	0.	'ANALYTIQUE'	1 (absolu)
	Champ SIGM_NOEU, comp. $SIXY$	0.	'ANALYTIQUE'	1 (absolu)
	Champ EPSI_NOEU, comp. $EPXX$	$-6\ 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	15 %
	Champ EPSI_NOEU, comp. $EPYY$	$2.\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	5 %
	Champ EPSI_NOEU, comp. $EPZZ$	0.	'ANALYTIQUE'	1E-4 (absolu)
	Champ EPSI_NOEU, comp. $EPXY$	0.	'ANALYTIQUE'	1E-4 (absolu)
D	Champ DEPL, comp. X	$3.69552\ 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ DEPL, comp. Y	$1.53073\ 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	1 %
E	Champ DEPL, comp. X	$4.17193\ 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ DEPL, comp. Y	$4.17193\ 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. $SIXX$	20.	'ANALYTIQUE'	11 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. $SIYY$	20.	'ANALYTIQUE'	10 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. $SIZZ$	0.	'ANALYTIQUE'	0,5 (absolu)
	Champ SIGM_NOEU, comp. $SIXY$	–80.	'ANALYTIQUE'	5 %
	Champ EPSI_NOEU, comp. $EPXX$	$0.7\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	20 %
	Champ EPSI_NOEU, comp. $EPYY$	$0.7\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	20 %
	Champ EPSI_NOEU, comp. $EPZZ$	0.	'ANALYTIQUE'	1E-4 (absolu)
	Champ EPSI_NOEU, comp. $EPXY$	$-5.2\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	3 %
F	Champ DEPL, comp. X	$2.82843\ 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ DEPL, comp. Y	$2.82843\ 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. $SIXX$	20.	'ANALYTIQUE'	10 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. $SIYY$	20.	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. $SIZZ$	0.	'ANALYTIQUE'	0,4 (absolu)
	Champ SIGM_NOEU, comp. $SIXY$	–20.	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ EPSI_NOEU, comp. $EPXX$	$0.7\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	11 %
	Champ EPSI_NOEU, comp. $EPYY$	$0.7\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	5 %
	Champ EPSI_NOEU, comp. $EPZZ$	0.	'ANALYTIQUE'	1E-4 (absolu)
	Champ EPSI_NOEU, comp. $EPXY$	$-1.3\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	1 %

6 Modélisation D

6.1 Caractéristiques de la modélisation

Élément 3D (TETRA10).

AB est sur l'axe OX

Découpage : 11 nœuds équidistants sur les segments AB, CD et EF
11 nœuds équidistants sur les arcs ACE et BDF

Suivant l'axe Z : 1 couche d'éléments

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

Epaisseur totale : $0.01\,m$

Conditions limites :

nœud F : $u_z=0$
face AB bloquée en dy
face EF bloquée normalement
pression sur la face AE $p=60.$

Noms des nœuds : $A=N184$ $B=N4$ $C=N207$
$D=N50$ $E=N22$ $F=N726$

6.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 1395
Nombre de mailles et types : 652 TETRA10 et 480 TRIA6 (faces peau interne)

6.3 Grandeurs testées et résultats

Localisation	Grandeur	Valeur de référence	Type de référence	Tolérance
point A	Champ DEPL, comp. X	$5.9\ 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	0,1 %
	Champ DEPL, comp. Y	0.	'ANALYTIQUE'	1E-4 (absolu)
	Champ SIGM_NOEU, comp. $SIXX$	–60.	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. $SIYY$	100.	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. $SIZZ$	0.	'ANALYTIQUE'	1 (absolu)
	Champ SIGM_NOEU, comp. $SIXY$	0.	'ANALYTIQUE'	1 (absolu)
	Champ EPSI_NOEU, comp. $EPXX$	$-4.5\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ EPSI_NOEU, comp. $EPYY$	$5.9\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ EPSI_NOEU, comp. $EPZZ$	0.	'ANALYTIQUE'	1E-4 (absolu)
	Champ EPSI_NOEU, comp. $EPXY$	0.	'ANALYTIQUE'	1E-4 (absolu)
B	Champ DEPL, comp. X	$4\ 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ DEPL, comp. Y	0.	'ANALYTIQUE'	1E-4 (absolu)
	Champ SIGM_NOEU, comp. $SIXX$	0.	'ANALYTIQUE'	1 (absolu)
	Champ SIGM_NOEU, comp. $SIYY$	40.	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. $SIZZ$	0.	'ANALYTIQUE'	1 (absolu)
	Champ SIGM_NOEU, comp. $SIXY$	0.	'ANALYTIQUE'	1 (absolu)
	Champ EPSI_NOEU, comp. $EPXX$	$-6\ 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ EPSI_NOEU, comp. $EPYY$	$2.\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ EPSI_NOEU, comp. $EPZZ$	0.	'ANALYTIQUE'	1E-4 (absolu)
	Champ EPSI_NOEU, comp. $EPXY$	0.	'ANALYTIQUE'	1E-4 (absolu)
D	Champ DEPL, comp. X	$3.69552\ 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ DEPL, comp. Y	$1.53073\ 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	1 %
E	Champ DEPL, comp. X	$4.17193\ 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ DEPL, comp. Y	$4.17193\ 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	1 %

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

	Champ SIGM_NOEU, comp. $SIXX$	20.	'ANALYTIQUE'	5 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. $SIYY$	20.	'ANALYTIQUE'	5 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. $SIZZ$	0.	'ANALYTIQUE'	2 (absolu)
	Champ SIGM_NOEU, comp. $SIXY$	–80.	'ANALYTIQUE'	5 %
	Champ EPSI_NOEU, comp. $EPXX$	$0.7\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	5 %
	Champ EPSI_NOEU, comp. $EPYY$	$0.7\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	2 %
	Champ EPSI_NOEU, comp. $EPZZ$	0.	'ANALYTIQUE'	1E-4 (absolu)
	Champ EPSI_NOEU, comp. $EPXY$	$-5.2\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	1 %
F	Champ DEPL, comp. X	$2.82843\ 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ DEPL, comp. Y	$2.82843\ 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. $SIXX$	20.	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. $SIYY$	20.	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. $SIZZ$	0.	'ANALYTIQUE'	2E-3 (absolu)
	Champ SIGM_NOEU, comp. $SIXY$	–20.	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ EPSI_NOEU, comp. $EPXX$	$0.7\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	2 %
	Champ EPSI_NOEU, comp. $EPYY$	$0.7\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	2 %
	Champ EPSI_NOEU, comp. $EPZZ$	0.	'ANALYTIQUE'	1E-4 (absolu)
	Champ EPSI_NOEU, comp. $EPXY$	$-1.3\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	1 %

Localisation	Grandeur	Valeur de référence	Type de référence	Tolérance
Maille M1111, point A				
SIRO_ELEM Contrainte normale à la face de l'élément	SIG_NX	60.0	'ANALYTIQUE'	1.0%
	SIG_NY	0.0	'ANALYTIQUE'	3.0
	SIG_NZ	0.0	'ANALYTIQUE'	1.0
SIRO_ELEM Contrainte tangentielle dans le plan de l'élément	SIG_TX	0.0	'ANALYTIQUE'	1.0
	SIG_TY	0.0	'ANALYTIQUE'	2.5
	SIG_TZ	0.0	'ANALYTIQUE'	1.0
SIRO_ELEM Première valeur principale de la contrainte	SIG_T1X	0.0	'ANALYTIQUE'	0.01
tangentielle dans le plan de l'élément	SIG_T1Y	0.0	'ANALYTIQUE'	0.01
	SIG_T1Z	0.0	'ANALYTIQUE'	1.0
SIRO_ELEM Deuxième valeur principale de la contrainte	SIG_T2X	0.0	'ANALYTIQUE'	4.5
tangentielle dans le plan de l'élément	SIG_T2Y	-100.0	'ANALYTIQUE'	1.0%
	SIG_T2Z	0.0	'ANALYTIQUE'	0.1
Maille M1093, point E			'ANALYTIQUE' 'ANALYTIQUE'	
SIRO_ELEM Contrainte normale à la face de l'élément	SIG_NX	42.426	'ANALYTIQUE'	14%
	SIG_NY	42.426	'ANALYTIQUE'	5.0%
	SIG_NZ	0.0	'ANALYTIQUE'	1.0
SIRO_ELEM Contrainte tangentielle dans le plan de l'élément	SIG_TX	0.0	'ANALYTIQUE'	2.0
	SIG_TY	0.0	'ANALYTIQUE'	2.0

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

	SIG_TZ	0.0	'ANALYTIQUE'	1.0
SIRO_ELEM	SIG_T1X	0.0	'ANALYTIQUE'	0.01
Première valeur principale de la contrainte	SIG_T1Y	0.0	'ANALYTIQUE'	0.01
tangentielle dans le plan de l'élément	SIG_T1Z	0.0	'ANALYTIQUE'	1.5
SIRO_ELEM	SIG_T2X	-70.711	'ANALYTIQUE'	5.0%
Deuxième valeur principale de la contrainte	SIG_T2Y	70.711	'ANALYTIQUE'	4.0%
tangentielle dans le plan de l'élément	SIG_T2Z	0.0	'ANALYTIQUE'	2.0

7 Modélisation E

7.1 Caractéristiques de la modélisation

Eléments C_PLAN (TRIA3 + QUAD4)

Maillage $2D$ ressemblant au maillage ci-dessous (30 éléments dans la direction radiale avec déraffinement progressif et $15+15$ éléments dans la direction circonférentielle).

Conditions limites :

côté AB bloqué en dy
côté EF bloqué normalement
pression sur AE $p=60.$

Noms des nœuds : $A=N1$ $B=N451$ $C=N496$
$D=N495$ $E=N990$ $F=N989$

7.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 961
Nombre de mailles et types : 900 TRIA3, 450 QUAD4

7.3

7.4 Grandeurs testées et résultats

Localisation	Grandeur	Valeurs de référence	Type de référence	Tolérance
Champ nor_DNOR Point F	Vecteur normal, composante Y	-0,707	'ANALYTIQUE'	0,1 %

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

Champ nor_DNOR point F	Vecteur normal, composante Y	-0,707	'ANALYTIQUE'	0,1 %
Champ nor_DNOR point F	Vecteur normal, composante X	-0,707	'ANALYTIQUE'	0,1 %
Champ nor_DNOR point F	Vecteur normal, composante Y	-0,707	'ANALYTIQUE'	0,1 %
Champ nor_PRES point A	Vecteur normal, composante X	1,0	'ANALYTIQUE'	1,5 %
Champ nor_PRES point A	Vecteur normal, composante Y	0,0	'ANALYTIQUE'	1,5 %
Champ nor_PRES point F	Vecteur normal, composante X	-0,707	'ANALYTIQUE'	1,5 %
Champ nor_PRES point F	Vecteur normal, composante Y	-0,707	'ANALYTIQUE'	1,5 %

Localisation	Grandeur	Valeur de référence	Type de référence	Tolérance
point A	Champ DEPL, comp. X	$5.9\ 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	0,1 %
	Champ DEPL, comp. Y	0.	'ANALYTIQUE'	1E-10(absolu)
	Champ SIGM_NOEU, comp. SIXX	–60.	'ANALYTIQUE'	2 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. SIYY	100.	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. SIZZ	0.	'ANALYTIQUE'	1E-5 (absolu)
	Champ SIGM_NOEU, comp. SIXY	0.	'ANALYTIQUE'	2 (absolu)
	Champ EPSI_NOEU, comp. EPXX	$-4.5\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ EPSI_NOEU, comp. EPYY	$5.9\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ EPSI_NOEU, comp. EPZZ	0.	'ANALYTIQUE'	1E-4 (absolu)
	Champ EPSI_NOEU, comp. EPXY	0.	'ANALYTIQUE'	1E-4 (absolu)
B	Champ DEPL, comp. X	$4\ 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ DEPL, comp. Y	0.	'ANALYTIQUE'	1E-10(absolu)
	Champ SIGM_NOEU, comp. SIXX	0.	'ANALYTIQUE'	1,5 (absolu)
	Champ SIGM_NOEU, comp. SIYY	40.	'ANALYTIQUE'	2 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. SIZZ	0.	'ANALYTIQUE'	1E-5 (absolu)
	Champ SIGM_NOEU, comp. SIXY	0.	'ANALYTIQUE'	1 (absolu)
	Champ EPSI_NOEU, comp. EPXX	$-6\ 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	12 %
	Champ EPSI_NOEU, comp. EPYY	$2.\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ EPSI_NOEU, comp. EPZZ	0.	'ANALYTIQUE'	1E-4 (absolu)
	Champ EPSI_NOEU, comp. EPXY	0.	'ANALYTIQUE'	1E-4 (absolu)
D	Champ DEPL, comp. X	$3.69552\ 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ DEPL, comp. Y	$1.53073\ 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	1 %
E	Champ DEPL, comp. X	$4.17193\ 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ DEPL, comp. Y	$4.17193\ 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. SIXX	20.	'ANALYTIQUE'	7 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. SIYY	20.	'ANALYTIQUE'	7 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. SIZZ	0.	'ANALYTIQUE'	1E-5 (absolu)
	Champ SIGM_NOEU, comp. SIXY	–80.	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ EPSI_NOEU, comp. EPXX	$0.7\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	15 %
	Champ EPSI_NOEU, comp. EPYY	$0.7\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	15 %
	Champ EPSI_NOEU, comp. EPZZ	0.	'ANALYTIQUE'	1E-4 (absolu)
	Champ EPSI_NOEU, comp. EPXY	$-5.2\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	1 %

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

F	Champ DEPL, comp. X	2.82843 10^{-5}	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ DEPL, comp. Y	2.82843 10^{-5}	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. SIXX	20.	'ANALYTIQUE'	3 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. SIYY	20.	'ANALYTIQUE'	2 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. SIZZ	0.	'ANALYTIQUE'	1E-5 (absolu)
	Champ SIGM_NOEU, comp. SIXY	–20.	'ANALYTIQUE'	7 %
	Champ EPSI_NOEU, comp. EPXX	0.7 10^{-4}	'ANALYTIQUE'	5 %
	Champ EPSI_NOEU, comp. EPYY	0.7 10^{-4}	'ANALYTIQUE'	5 %
	Champ EPSI_NOEU, comp. EPZZ	0.	'ANALYTIQUE'	1E-4 (absolu)
	Champ EPSI_NOEU, comp. EPXY	–1.3 10^{-4}	'ANALYTIQUE'	7 %

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

8 Modélisation F

8.1 Caractéristiques de la modélisation

Eléments C_plan (QUAD8 + TRIA6)

Conditions limites :

côté AB bloqué en dx
côté EF bloqué normalement
pression sur AE $p=60$.

Noms des nœuds : $A=N2$ $B=N361$ $C=N121$
$D=N584$ $E=N155$ $F=N503$

8.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 591
Nombre de mailles et types : 200 TRIA6, 50 QUAD8

8.3

8.4 Grandeurs testées et résultats

Localisation	Grandeur	Valeur de référence	Type de référence	Tolérance
point A				
-	Champ DEPL, comp. X	5.9 10^{-5}	'ANALYTIQUE'	0,1 %
-	Champ DEPL, comp. Y	0.	'ANALYTIQUE'	1E-4(absolu)
Maille M1	Champ SIGM_ELNO, comp. $SIXX$	100.	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M1	Champ SIGM_ELNO, comp. $SIYY$	-60.	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M1	Champ SIGM_ELNO, comp. $SIZZ$	0.	'ANALYTIQUE'	1E-4 (absolu)
Maille M1	Champ SIGM_ELNO, comp. $SIXY$	0.	'ANALYTIQUE'	0,3 (absolu)
Maille M1	Champ EPSI_ELNO, comp. $EPXX$	5.9 10–4	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M1	Champ EPSI_ELNO, comp. $EPYY$	–4.5 10–4	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M1	Champ EPSI_ELNO, comp. $EPZZ$	0.	'ANALYTIQUE'	1E-2 (absolu)
Maille M1	Champ EPSI_ELNO, comp. $EPXY$	0.	'ANALYTIQUE'	1E-2 (absolu)
B				
-	Champ DEPL, comp. X	4 10^{-5}	'ANALYTIQUE'	0,1 %
-	Champ DEPL, comp. Y	0.	'ANALYTIQUE'	1E-4(absolu)
Maille 151	Champ SIGM_ELNO, comp. $SIXX$	40.	'ANALYTIQUE'	5 %
Maille 151	Champ SIGM_ELNO, comp. $SIYY$	0.	'ANALYTIQUE'	0,1 (absolu)
Maille 151	Champ SIGM_ELNO, comp. $SIZZ$	0.	'ANALYTIQUE'	0,015 (absolu)
Maille 151	Champ SIGM_ELNO, comp. $SIXY$	0.	'ANALYTIQUE'	0,1 (absolu)

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

Maille 151	Champ EPSI_ELNO, comp. $EPXX$	2. 10–4	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille 151	Champ EPSI_ELNO, comp. $EPYY$	–6 10–5	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille 151	Champ EPSI_ELNO, comp. $EPZZ$	0.	'ANALYTIQUE'	1E-2 (absolu)
Maille 151	Champ EPSI_ELNO, comp. $EPXY$	0.	'ANALYTIQUE'	1E-2 (absolu)
F				
-	Champ DEPL, comp. X	4.17193 10^{-5}	'ANALYTIQUE'	0,1 %
-	Champ DEPL, comp. Y	-4.17193 10^{-5}	'ANALYTIQUE'	0,1 %
M75	Champ SIGM_ELNO, comp. $SIXX$	20.	'ANALYTIQUE'	5 %
M75	Champ SIGM_ELNO, comp. $SIYY$	20.	'ANALYTIQUE'	5 %
M75	Champ SIGM_ELNO, comp. $SIZZ$	0.	'ANALYTIQUE'	1E-4 (absolu)
M75	Champ SIGM_ELNO, comp. $SIXY$	80.	'ANALYTIQUE'	1 %
M75	Champ EPSI_ELNO, comp. $EPXX$	0.7 10^{-4}	'ANALYTIQUE'	20 %
M75	Champ EPSI_ELNO, comp. $EPYY$	0.7 10^{-4}	'ANALYTIQUE'	20 %
M75	Champ EPSI_ELNO, comp. $EPZZ$	0.	'ANALYTIQUE'	1E-2 (absolu)
M75	Champ EPSI_ELNO, comp. $EPXY$	–5.2 10^{-4}	'ANALYTIQUE'	1 %
F				
-	Champ DEPL, comp. X	2.82843 10^{-5}	'ANALYTIQUE'	0,1 %
-	Champ DEPL, comp. Y	-2.82843 10^{-5}	'ANALYTIQUE'	0,1 %
M223	Champ SIGM_ELNO, comp. $SIXX$	20.	'ANALYTIQUE'	1 %
M223	Champ SIGM_ELNO, comp. $SIYY$	20.	'ANALYTIQUE'	1 %
M223	Champ SIGM_ELNO, comp. $SIZZ$	0.	'ANALYTIQUE'	1E-4 (absolu)
M223	Champ SIGM_ELNO, comp. $SIXY$	20.	'ANALYTIQUE'	1 %
M223	Champ EPSI_ELNO, comp. $EPXX$	0.7 10^{-4}	'ANALYTIQUE'	1 %
M223	Champ EPSI_ELNO, comp. $EPYY$	0.7 10^{-4}	'ANALYTIQUE'	1 %
M223	Champ EPSI_ELNO, comp. $EPZZ$	0.	'ANALYTIQUE'	1E-2 (absolu)
M223	Champ EPSI_ELNO, comp. $EPXY$	–1.3 10^{-4}	'ANALYTIQUE'	1 %

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

9 Modélisation G

9.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation C_PLAN (QUAD9)

Conditions limites :

côté AB bloqué en dy
côté EF bloqué normalement
pression sur AE $p=60.$

Noms des nœuds : $A=N1$ $B=N347$ $C=N21$
$D=N432$ $E=N39$ $F=N229$

9.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 441
Nombre de mailles et types : 100 QUAD9

9.3

9.4 Grandeurs testées et résultats

Localisation	Grandeur	Valeur de référence	Type de référence	Tolérance
point A				
-	Champ DEPL, comp. X	$5.9\ 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	0,1 %
-	Champ DEPL, comp. Y	0.	'ANALYTIQUE'	1E-4(absolu)
Maille M1	Champ SIGM_ELNO, comp. $SIXX$	–60.	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M1	Champ SIGM_ELNO, comp. $SIYY$	100.	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M1	Champ SIGM_ELNO, comp. $SIZZ$	0.	'ANALYTIQUE'	1E-4 (absolu)
Maille M1	Champ SIGM_ELNO, comp. $SIXY$	0.	'ANALYTIQUE'	0,05 (absolu)
Maille M1	Champ EPSI_ELNO, comp. $EPXX$	$-4.5\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M1	Champ EPSI_ELNO, comp. $EPYY$	$5.9\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M1	Champ EPSI_ELNO, comp. $EPZZ$	0.	'ANALYTIQUE'	1E-2 (absolu)
Maille M1	Champ EPSI_ELNO, comp. $EPXY$	0.	'ANALYTIQUE'	1E-2 (absolu)
B				
-	Champ DEPL, comp. X	$4\ 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	0,1 %
-	Champ DEPL, comp. Y	0.	'ANALYTIQUE'	1E-4(absolu)
Maille M10	Champ SIGM_ELNO, comp. $SIXX$	0.	'ANALYTIQUE'	0,1(absolu)
Maille M10	Champ SIGM_ELNO, comp. $SIYY$	40.	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M10	Champ SIGM_ELNO, comp. $SIZZ$	0.	'ANALYTIQUE'	1E-4 (absolu)
Maille M10	Champ SIGM_ELNO, comp. $SIXY$	0.	'ANALYTIQUE'	0,01 (absolu)

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

Maille M10	Champ EPSI_ELNO, comp. ε_{xx}	$-6\ 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M10	Champ EPSI_ELNO, comp. ε_{yy}	$2.\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M10	Champ EPSI_ELNO, comp. ε_{zz}	0.	'ANALYTIQUE'	1E-2 (absolu)
Maille M10	Champ EPSI_ELNO, comp. ε_{xy}	0.	'ANALYTIQUE'	1E-2 (absolu)
ε				
-	Champ DEPL, comp. x	$4.17193\ 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	1 %
-	Champ DEPL, comp. y	$4.17193\ 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M91	Champ SIGM_ELNO, comp. σ_{xx}	20.	'ANALYTIQUE'	5 %
Maille M91	Champ SIGM_ELNO, comp. σ_{yy}	20.	'ANALYTIQUE'	5 %
Maille M91	Champ SIGM_ELNO, comp. σ_{zz}	0.	'ANALYTIQUE'	1E-4 (absolu)
Maille M91	Champ SIGM_ELNO, comp. σ_{xy}	–80.	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M91	Champ EPSI_ELNO, comp. ε_{xx}	$0.7\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M91	Champ EPSI_ELNO, comp. ε_{yy}	$0.7\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M91	Champ EPSI_ELNO, comp. ε_{zz}	0.	'ANALYTIQUE'	1E-2 (absolu)
Maille M91	Champ EPSI_ELNO, comp. ε_{xy}	$-5.2\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	1 %
ε				
-	Champ DEPL, comp. x	$2.82843\ 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	0,1 %
-	Champ DEPL, comp. y	$2.82843\ 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	0,1 %
Maille M100	Champ SIGM_ELNO, comp. σ_{xx}	20.	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M100	Champ SIGM_ELNO, comp. σ_{yy}	20.	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M100	Champ SIGM_ELNO, comp. σ_{zz}	0.	'ANALYTIQUE'	1E-4 (absolu)
Maille M100	Champ SIGM_ELNO, comp. σ_{xy}	-20	'ANALYTIQUE'	0,1 %
Maille M100	Champ EPSI_ELNO, comp. ε_{xx}	$0.7\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M100	Champ EPSI_ELNO, comp. ε_{yy}	$0.7\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M100	Champ EPSI_ELNO, comp. ε_{zz}	0.	'ANALYTIQUE'	1E-2 (absolu)
Maille M100	Champ EPSI_ELNO, comp. ε_{xy}	$-1.3\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	1 %

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

10 Modélisation H

10.1 Caractéristiques de la modélisation

Eléments AXIS (TRIA3 + QUAD4)

Conditions limites :

nœud F bloqué en dy
pression sur AE $p=60.$

Noms des nœuds : $A=N111$ $B=N1$ $C=N112$
$D=N3$ $E=N113$ $F=N4$

10.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 113
Nombre de mailles et types : 40 QUAD4, 80 TRIA3

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

10.3 Grandeurs testées et résultats

Localisation	Grandeur	Valeur de référence	Type de référence	Tolérance
point A				
-	Champ DEPL, comp. X	5,90 10^{-5}	'ANALYTIQUE'	0,1 %
Maille M119	Champ SIGM_ELNO, comp. SIXX	–60.	'ANALYTIQUE'	6 %
Maille M119	Champ SIGM_ELNO, comp. SIYY	0,	'ANALYTIQUE'	1,1 (absolu)
Maille M119	Champ SIGM_ELNO, comp. SIZZ	100.	'ANALYTIQUE'	1,5 %
Maille M119	Champ SIGM_ELNO, comp. SIXY	0.	'ANALYTIQUE'	1,2 (absolu)
Maille M119	Champ EPSI_ELNO, comp. EPXX	–4.5 10^{-4}	'ANALYTIQUE'	3 %
Maille M119	Champ EPSI_ELNO, comp. EPYY	0.	'ANALYTIQUE'	1E-2 (absolu)
Maille M119	Champ EPSI_ELNO, comp. EPZZ	5.9 10^{-4}	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M119	Champ EPSI_ELNO, comp. EPXY	0.	'ANALYTIQUE'	1E-2 (absolu)
B				
-	Champ DEPL, comp. X	4 10^{-5}	'ANALYTIQUE'	0,1 %
Maille M1	Champ SIGM_ELNO, comp. SIXX	0.	'ANALYTIQUE'	1(absolu)
Maille M1	Champ SIGM_ELNO, comp. SIYY	0,	'ANALYTIQUE'	0,5(absolu)
Maille M1	Champ SIGM_ELNO, comp. SIZZ	40,	'ANALYTIQUE'	1,3 %
Maille M1	Champ SIGM_ELNO, comp. SIXY	0.	'ANALYTIQUE'	0,15 (absolu)
Maille M1	Champ EPSI_ELNO, comp. EPXX	–6 10^{-5}	'ANALYTIQUE'	6 %
Maille M1	Champ EPSI_ELNO, comp. EPYY	0.	'ANALYTIQUE'	1E-2 (absolu)
Maille M1	Champ EPSI_ELNO, comp. EPZZ	2. 10^{-4}	'ANALYTIQUE'	2 %
Maille M1	Champ EPSI_ELNO, comp. EPXY	0.	'ANALYTIQUE'	1E-2 (absolu)
E				
-	Champ DEPL, comp. X	5,90 10^{-5}	'ANALYTIQUE'	0,1 %
Maille M120	Champ SIGM_ELNO, comp. SIXX	-60	'ANALYTIQUE'	6 %
Maille M120	Champ SIGM_ELNO, comp. SIYY	0,	'ANALYTIQUE'	1,1 (absolu)
Maille M120	Champ SIGM_ELNO, comp. SIZZ	100.	'ANALYTIQUE'	1,5 %
Maille M120	Champ SIGM_ELNO, comp. SIXY	0.	'ANALYTIQUE'	1,2 (absolu)
Maille M120	Champ EPSI_ELNO, comp. EPXX	-4,5 10^{-4}	'ANALYTIQUE'	3 %
Maille M120	Champ EPSI_ELNO, comp. EPYY	0.	'ANALYTIQUE'	1E-2 (absolu)
Maille M120	Champ EPSI_ELNO, comp. EPZZ	5-90 10^{-4}	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M120	Champ EPSI_ELNO, comp. EPXY	0.	'ANALYTIQUE'	1E-2 (absolu)
F				
-	Champ DEPL, comp. X	4 10^{-5}	'ANALYTIQUE'	0,1 %
Maille M5	Champ SIGM_ELNO, comp. SIXX	0.	'ANALYTIQUE'	1(absolu)
Maille M5	Champ SIGM_ELNO, comp. SIYY	0,	'ANALYTIQUE'	0,5(absolu)
Maille M5	Champ SIGM_ELNO, comp. SIZZ	40.	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M5	Champ SIGM_ELNO, comp. SIXY	0.	'ANALYTIQUE'	0,15 (absolu)
Maille M5	Champ EPSI_ELNO, comp. EPXX	-6 10^{-5}	'ANALYTIQUE'	3 %
Maille M5	Champ EPSI_ELNO, comp. EPYY	0.	'ANALYTIQUE'	1E-2 (absolu)
Maille M5	Champ EPSI_ELNO, comp. EPZZ	2 10^{-4}	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M5	Champ EPSI_ELNO, comp. EPXY	0.	'ANALYTIQUE'	1E-2 (absolu)

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

Localisation	Grandeur	Valeur de référence	Type de référence
ORIN (0.1, 0)	Contrainte de membrane *Pm*	82.9180024359435	'ANALYTIQUE'
ORIN (0.1, 0)	Contrainte de flexion *Pb*	62.3994636932228	'ANALYTIQUE'
ORIN (0.1, 0)	*Pm + Pb*	145.3170033	'ANALYTIQUE'
EXTR (0.2, 0)	Contrainte de membrane *Pm*	82.9180024359435	'ANALYTIQUE'
EXTR (0.2, 0)	Contrainte de flexion *Pb*	47.1217312842318	'ANALYTIQUE'
EXTR (0.2, 0)	*Pm + Pb*	35.80513084	'ANALYTIQUE'

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

11 Modélisation I

11.1 Caractéristiques de la modélisation

Eléments AXIS (TRIA6 + QUAD8)

Conditions limites :

Nœud F bloqué en dy
pression sur AE $p=60$.

Noms des nœuds : $A=N8$ $B=N174$ $C=N5$
$D=N170$ $E=N3$ $F=N159$

11.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 175
Nombre de mailles et types : 20 QUAD8, 40 TRIA6

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

11.3 Grandeurs testées et résultats

Localisation	Grandeur	Valeur de référence	Type de référence	Tolérance
point A				
-	Champ DEPL, comp. X	5,90 10^{-5}	'ANALYTIQUE'	0,1 %
Maille M2	Champ SIGM_ELNO, comp. SIXX	–60.	'ANALYTIQUE'	6 %
Maille M2	Champ SIGM_ELNO, comp. SIYY	0,	'ANALYTIQUE'	1,1 (absolu)
Maille M2	Champ SIGM_ELNO, comp. SIZZ	100.	'ANALYTIQUE'	1,5 %
Maille M2	Champ SIGM_ELNO, comp. SIXY	0.	'ANALYTIQUE'	1,2 (absolu)
Maille M2	Champ EPSI_ELNO, comp. EPXX	–4.5 10^{-4}	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M2	Champ EPSI_ELNO, comp. EPYY	0.	'ANALYTIQUE'	1E-2 (absolu)
Maille M2	Champ EPSI_ELNO, comp. EPZZ	5.9 10^{-4}	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M2	Champ EPSI_ELNO, comp. EPXY	0.	'ANALYTIQUE'	1E-2 (absolu)
B				
-	Champ DEPL, comp. X	4 10^{-5}	'ANALYTIQUE'	0,1 %
Maille M59	Champ SIGM_ELNO, comp. SIXX	0.	'ANALYTIQUE'	1(absolu)
Maille M59	Champ SIGM_ELNO, comp. SIYY	0,	'ANALYTIQUE'	0,5(absolu)
Maille M59	Champ SIGM_ELNO, comp. SIZZ	40,	'ANALYTIQUE'	1,3 %
Maille M59	Champ SIGM_ELNO, comp. SIXY	0.	'ANALYTIQUE'	0,15 (absolu)
Maille M59	Champ EPSI_ELNO, comp. EPXX	–6 10^{-5}	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M59	Champ EPSI_ELNO, comp. EPYY	0.	'ANALYTIQUE'	1E-2 (absolu)
Maille M59	Champ EPSI_ELNO, comp. EPZZ	2. 10^{-4}	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M59	Champ EPSI_ELNO, comp. EPXY	0.	'ANALYTIQUE'	1E-2 (absolu)
E				
-	Champ DEPL, comp. X	5,90 10^{-5}	'ANALYTIQUE'	0,1 %
Maille M1	Champ SIGM_ELNO, comp. SIXX	-60	'ANALYTIQUE'	6 %
Maille M1	Champ SIGM_ELNO, comp. SIYY	0,	'ANALYTIQUE'	1,1 (absolu)
Maille M1	Champ SIGM_ELNO, comp. SIZZ	100.	'ANALYTIQUE'	1,5 %
Maille M1	Champ SIGM_ELNO, comp. SIXY	0.	'ANALYTIQUE'	1,2 (absolu)
Maille M1	Champ EPSI_ELNO, comp. EPXX	-4,5 10^{-4}	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M1	Champ EPSI_ELNO, comp. EPYY	0.	'ANALYTIQUE'	1E-2 (absolu)
Maille M1	Champ EPSI_ELNO, comp. EPZZ	5-90 10^{-4}	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M1	Champ EPSI_ELNO, comp. EPXY	0.	'ANALYTIQUE'	1E-2 (absolu)
F				
-	Champ DEPL, comp. X	4 10^{-5}	'ANALYTIQUE'	0,1 %
Maille M48	Champ SIGM_ELNO, comp. SIXX	0.	'ANALYTIQUE'	1(absolu)
Maille M48	Champ SIGM_ELNO, comp. SIYY	0,	'ANALYTIQUE'	0,5(absolu)
Maille M48	Champ SIGM_ELNO, comp. SIZZ	40.	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M48	Champ SIGM_ELNO, comp. SIXY	0.	'ANALYTIQUE'	0,15 (absolu)
Maille M48	Champ EPSI_ELNO, comp. EPXX	-6 10^{-5}	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M48	Champ EPSI_ELNO, comp. EPYY	0.	'ANALYTIQUE'	1E-2 (absolu)
Maille M48	Champ EPSI_ELNO, comp. EPZZ	2 10^{-4}	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M48	Champ EPSI_ELNO, comp. EPXY	0.	'ANALYTIQUE'	1E-2 (absolu)

On a comparé à la fin de ce test un chargement en rotation en axisymétrique pur avec le même chargement en Fourier mode 0. On trouve bien des résultats identiques.

Résultats issus de MACR_LIGN_COUP sur le segment AE :

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

Les tests de NON_REGRESSION sont faits sur les tables issues de MACR_LIGN_COUP appliquée à un CHAMP_GD. Ils constituent les valeurs de référence 'AUTRE_ASTER' pour les tables issues de MACR_LIGN_COUP appliquée à un résultat de type mult_elas .

Localisation		Grandeur		Valeur de référence	Type de référence	Précision
Point	ABSC_CUR	Champ	Composante			
A	0	DEPL	D X	-	'NON_REGRESSION'	-
C	0.005	DEPL	D X	-	'NON_REGRESSION'	-
E	0.1	DEPL	D X	-	NON_REGRESSION'	-
A	0	DEPL	D X	1.35511346318	'AUTRE_ASTER'	-
C	0.005	DEPL	D X	1.35531703991	'AUTRE_ASTER'	-
E	0.1	DEPL	D X	1.35511346318	'AUTRE_ASTER'	-

On procède de même pour tester le résultat de MACR_LIGNE_COUPE appliquée à un concept de type comb_fourier.

Localisation		Grandeur		Valeur de référence	Type de référence	Précision
Point	ABSC_CUR	Champ	Composante			
A	0	DEPL	D X	-	'NON_REGRESSION'	-
C	0.005	DEPL	D X	-	'NON_REGRESSION'	-
E	0.1	DEPL	D X	-	NON_REGRESSION'	-
A	0	DEPL	D X	5.8999716105E-05	'AUTRE_ASTER'	-
C	0.005	DEPL	D X	5.90000189066E-05	'AUTRE_ASTER'	-
E	0.1	DEPL	D X	5.89997161037E-05	'AUTRE_ASTER'	-

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

12 Modélisation J

12.1 Caractéristiques de la modélisation

Eléments AXIS (QUAD9)

Conditions limites :

nœud F bloqué en dy
pression sur AE $p=60$.

Noms des nœuds : $A=N196$ $B=N1$ $C=N200$
$D=N5$ $E=N202$ $F=N7$

12.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 205
Nombre de mailles et types : 40 QUAD9

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

12.3 Grandeurs testées et résultats

Localisation	Grandeur	Valeur de référence	Type de référence	Tolérance
point A				
-	Champ DEPL, comp. X	5,90 10^{-5}	'ANALYTIQUE'	0,1 %
Maille M39	Champ SIGM_ELNO, comp. SIXX	–60.	'ANALYTIQUE'	0,5%
Maille M39	Champ SIGM_ELNO, comp. SIYY	0,	'ANALYTIQUE'	0,1 (absolu)
Maille M39	Champ SIGM_ELNO, comp. SIZZ	-	'NON_REGRESSION'	-
Maille M39	Champ SIGM_ELNO, comp. SIXY	0.	'ANALYTIQUE'	0,5 (absolu)
Maille M39	Champ EPSI_ELNO, comp. EPXX	–4.5 10^{-4}	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M39	Champ EPSI_ELNO, comp. EPYY	0.	'ANALYTIQUE'	1E-1 (absolu)
Maille M39	Champ EPSI_ELNO, comp. EPZZ	5.9 10^{-4}	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M39	Champ EPSI_ELNO, comp. EPXY	0.	'ANALYTIQUE'	1E-1 (absolu)
B				
-	Champ DEPL, comp. X	4 10^{-5}	'ANALYTIQUE'	0,1 %
Maille M1	Champ SIGM_ELNO, comp. SIXX	0.	'ANALYTIQUE'	0,02(absolu)
Maille M1	Champ SIGM_ELNO, comp. SIYY	0,	'ANALYTIQUE'	0,01(absolu)
Maille M1	Champ SIGM_ELNO, comp. SIZZ	-	'NON_REGRESSION'	-
Maille M1	Champ SIGM_ELNO, comp. SIXY	0.	'ANALYTIQUE'	0,005 (absolu)
Maille M1	Champ EPSI_ELNO, comp. EPXX	–6 10^{-5}	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M1	Champ EPSI_ELNO, comp. EPYY	0.	'ANALYTIQUE'	1E-1 (absolu)
Maille M1	Champ EPSI_ELNO, comp. EPZZ	2. 10^{-4}	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M1	Champ EPSI_ELNO, comp. EPXY	0.	'ANALYTIQUE'	1E-1 (absolu)
E				
-	Champ DEPL, comp. X	5,90 10^{-5}	'ANALYTIQUE'	0,1 %
Maille M40	Champ SIGM_ELNO, comp. SIXX	-60	'ANALYTIQUE'	0,5 %
Maille M40	Champ SIGM_ELNO, comp. SIYY	0,	'ANALYTIQUE'	0,1 (absolu)
Maille M40	Champ SIGM_ELNO, comp. SIZZ	-	'NON_REGRESSION'	-
Maille M40	Champ SIGM_ELNO, comp. SIXY	0.	'ANALYTIQUE'	0,05 (absolu)
Maille M40	Champ EPSI_ELNO, comp. EPXX	-4,5 10^{-4}	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M40	Champ EPSI_ELNO, comp. EPYY	0.	'ANALYTIQUE'	1E-1 (absolu)
Maille M40	Champ EPSI_ELNO, comp. EPZZ	5-90 10^{-4}	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M40	Champ EPSI_ELNO, comp. EPXY	0.	'ANALYTIQUE'	1E-1 (absolu)
F				
-	Champ DEPL, comp. X	4 10^{-5}	'ANALYTIQUE'	0,1 %
Maille M2	Champ SIGM_ELNO, comp. SIXX	0.	'ANALYTIQUE'	0,02(absolu)
Maille M2	Champ SIGM_ELNO, comp. SIYY	0,	'ANALYTIQUE'	0,01(absolu)
Maille M2	Champ SIGM_ELNO, comp. SIZZ	-	'NON_REGRESSION'	-
Maille M2	Champ SIGM_ELNO, comp. SIXY	0.	'ANALYTIQUE'	5E-3 (absolu)
Maille M2	Champ EPSI_ELNO, comp. EPXX	-6 10^{-5}	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M2	Champ EPSI_ELNO, comp. EPYY	0.	'ANALYTIQUE'	1E-1 (absolu)
Maille M2	Champ EPSI_ELNO, comp. EPZZ	2 10^{-4}	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M2	Champ EPSI_ELNO, comp. EPXY	0.	'ANALYTIQUE'	1E-1 (absolu)

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

13 Modélisation K

13.1 Caractéristiques de la modélisation

Eléments 3D (PENTA6 et HEXA8)

Maillage obtenu par extrusion à partir du maillage $2D$ ci-dessous (modélisation E)

Suivant l'axe Z : 2 couches d'éléments
Epaisseur totale : $0.01\,m$

Conditions limites :

nœud F: $u_z=0$
face AB bloquée en dy
face EF bloquée normalement
face AE déplacement radial imposé à $5.9E-5\,m$

Noms des nœuds :	$A=No1$	$C=No36$	$D=No166$
plan $z=0.005$	$A2=No172$	$C2=No242$	$D2=No5025$
plan $z=0.01$	$A3=No173$	$C3=No243$	$D3=No503$
Noms des nœuds :	$F=No41$	$H=No9$	$G=No38$
plan $z=0.005$	$F2=No252$	$H2=No188$	$G2=No246$
plan $z=0.01$	$F3=No253$	$H3=No189$	$G3=No247$

13.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 513
Nombre de mailles et types : 400 PENTA6, 100 HEXA8 40 QUAD4 (faces peau interne)

13.3 Remarques

Le chargement est ici en déplacement imposé, contrairement aux autres modélisations. On teste les réactions.

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

13.4 Grandeurs testées et résultats

Localisation	Grandeur	Valeur de référence	Type de référence	Tolérance
C	Champ REAC_NODA , comp FX	1.0884 E–3	'AUTRE_ASTER'	0,7 %
	Champ REAC_NODA , comp FY	4.5084 E–4	'AUTRE_ASTER'	1,7 %
C_2	Champ REAC_NODA , comp FX	2.1768 E–3	'AUTRE_ASTER'	1 %
	Champ REAC_NODA , comp FY	9.0170 E–4	'AUTRE_ASTER'	1,3 %
C_3	Champ REAC_NODA , comp FX	1.0884 E–3	'AUTRE_ASTER'	0,7 %
	Champ REAC_NODA , comp FY	4.5084 E–4	'AUTRE_ASTER'	1,7 %
H	Champ REAC_NODA , comp FX	1.1636 E–3	'AUTRE_ASTER'	0,7 %
	Champ REAC_NODA , comp FY	1.8429 E–4	'AUTRE_ASTER'	0,6 %
G	Champ REAC_NODA , comp FX	1.0045 E–3	'AUTRE_ASTER'	1 %
	Champ REAC_NODA , comp FY	6.1550 E–4	'AUTRE_ASTER'	1 %
H_2	Champ REAC_NODA , comp FX	2.3272 E–3	'AUTRE_ASTER'	0,5 %
	Champ REAC_NODA , comp FY	3.6858 E–4	'AUTRE_ASTER'	0,6 %
G_2	Champ REAC_NODA , comp FX	2.0090 E–3	'AUTRE_ASTER'	0,7 %
	Champ REAC_NODA , comp FY	1.2310 E–3	'AUTRE_ASTER'	0,8 %

13.5 Remarques

On vérifie que les forces nodales de réactions sont nulles en tous les nœuds, sauf sur les nœuds de la surface AE et des surfaces EF et AB.

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

14 Modélisation L

14.1 Caractéristiques de la modélisation

Eléments 3D (PYRAM5)

Suivant l'axe Z : chaque parallélépipède est découpé en 6 pyramides
Épaisseur totale : $0.01\,m$

Conditions limites :

nœud F : $u_z=0$
face AB bloquée en dy
face EF bloquée normalement
pression sur la face AE $p=60.$

Noms des nœuds : $A=N267$ $B=N142$ $E=N29$ $F=N1$

14.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 342
Nombre de mailles et types : 600 PYRAM5 620 QUAD4 (faces peau interne)

14.3

14.4 Grandeurs testées et résultats

Localisation	Grandeur	Valeur de référence	Type de référence	Tolérance
point A				
-	Champ DEPL, comp. X	$5.90\ 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	1 %
-	Champ DEPL, comp. Y	0.	'ANALYTIQUE'	1E-4 (absolu)
Maille M3	Champ SIGM_ELNO, comp. $SIXX$	–60.	'ANALYTIQUE'	12 %
Maille M3	Champ SIGM_ELNO, comp. $SIYY$	100.	'ANALYTIQUE'	10 %
Maille M3	Champ SIGM_ELNO, comp. $SIZZ$	0.	'ANALYTIQUE'	2. (absolu)
Maille M3	Champ SIGM_ELNO, comp. $SIXY$	0.	'ANALYTIQUE'	5. (absolu)
Maille M3	Champ EPSI_ELNO, comp. $EPXX$	$-4.5\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	11 %
Maille M3	Champ EPSI_ELNO, comp. $EPYY$	$5.9\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	10 %
Maille M3	Champ EPSI_ELNO, comp. $EPZZ$	0.	'ANALYTIQUE'	1E-1 (absolu)
Maille M3	Champ EPSI_ELNO, comp. $EPXY$	0.	'ANALYTIQUE'	1E-1 (absolu)
R				
-	Champ DEPL, comp. X	$4\ 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	1 %
-	Champ DEPL, comp. Y	0.	'ANALYTIQUE'	1E-4 (absolu)

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

Maille M58	Champ SIGM_ELNO, comp. $SIXX$	0.	'ANALYTIQUE'	1.(absolu)
Maille M58	Champ SIGM_ELNO, comp. $SIYY$	40.	'ANALYTIQUE'	2 %
Maille M58	Champ SIGM_ELNO, comp. $SIZZ$	0.	'ANALYTIQUE'	0,5 (absolu)
Maille M58	Champ SIGM_ELNO, comp. $SIXY$	0.	'ANALYTIQUE'	2. (absolu)
Maille M58	Champ EPSI_ELNO, comp. $EPXX$	$-6\ 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	5 %
Maille M58	Champ EPSI_ELNO, comp. $EPYY$	$2.\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M58	Champ EPSI_ELNO, comp. $EPZZ$	0.	'ANALYTIQUE'	1E-1 (absolu)
Maille M58	Champ EPSI_ELNO, comp. $EPXY$	0.	'ANALYTIQUE'	1E-1 (absolu)
F				
-	Champ DEPL, comp. X	$4.17193\ 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	1 %
-	Champ DEPL, comp. Y	$4.17193\ 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M546	Champ SIGM_ELNO, comp. $SIXX$	20.	'ANALYTIQUE'	4 %
Maille M546	Champ SIGM_ELNO, comp. $SIYY$	20.	'ANALYTIQUE'	60 %
Maille M546	Champ SIGM_ELNO, comp. $SIZZ$	0.	'ANALYTIQUE'	3 (absolu)
Maille M546	Champ SIGM_ELNO, comp. $SIXY$	–80.	'ANALYTIQUE'	4 %
Maille M546	Champ EPSI_ELNO, comp. $EPXX$	$0.7\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	35 %
Maille M546	Champ EPSI_ELNO, comp. $EPYY$	$0.7\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	80 %
Maille M546	Champ EPSI_ELNO, comp. $EPZZ$	0.	'ANALYTIQUE'	1E-1 (absolu)
Maille M546	Champ EPSI_ELNO, comp. $EPXY$	$-5.2\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	4 %
F				
-	Champ DEPL, comp. X	$2.82843\ 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	1 %
-	Champ DEPL, comp. Y	$2.82843\ 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M599	Champ SIGM_ELNO, comp. $SIXX$	20.	'ANALYTIQUE'	6 %
Maille M599	Champ SIGM_ELNO, comp. $SIYY$	20.	'ANALYTIQUE'	5 %
Maille M599	Champ SIGM_ELNO, comp. $SIZZ$	0.	'ANALYTIQUE'	0,5 (absolu)
Maille M599	Champ SIGM_ELNO, comp. $SIXY$	0.	'ANALYTIQUE'	0,05 (absolu)
Maille M599	Champ EPSI_ELNO, comp. $EPXX$	$0.7\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	10 %
Maille M599	Champ EPSI_ELNO, comp. $EPYY$	$0.7\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	10 %
Maille M599	Champ EPSI_ELNO, comp. $EPZZ$	0.	'ANALYTIQUE'	1E-1 (absolu)
Maille M599	Champ EPSI_ELNO, comp. $EPXY$	$-1.3\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	5 %

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

15 Modélisation M

15.1 Caractéristiques de la modélisation

Eléments 3D (PYRAM13)

Suivant l'axe Z : chaque parallélépipède est découpé en 6 pyramides
Épaisseur totale : $0.01\,m$

Conditions limites :

nœud F : $u_z=0$
face AB bloquée en dy
face EF bloquée normalement
pression sur la face AE $p=60.$

Noms des nœuds : $A=N1403$ $B=N734$ $E=N152$ $F=N4$

15.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 1703
Nombre de mailles et types : 600 PYRAM13 620 QUAD8 (faces peau interne)

15.3

15.4 Grandeurs testées et résultats

Localisation	Grandeur	Valeur de référence	Type de référence	Tolérance
point A				
-	Champ DEPL, comp. X	$5.90\ 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	1 %
-	Champ DEPL, comp. Y	0.	'ANALYTIQUE'	1E-4 (absolu)
Maille M6	Champ SIGM_ELNO, comp. $SIXX$	–60.	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M6	Champ SIGM_ELNO, comp. $SIYY$	100.	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M6	Champ SIGM_ELNO, comp. $SIZZ$	0.	'ANALYTIQUE'	0,1 (absolu)
Maille M6	Champ SIGM_ELNO, comp. $SIXY$	0.	'ANALYTIQUE'	0,1 (absolu)
Maille M6	Champ EPSI_ELNO, comp. $EPXX$	$-4.5\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M6	Champ EPSI_ELNO, comp. $EPYY$	$5.9\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M6	Champ EPSI_ELNO, comp. $EPZZ$	0.	'ANALYTIQUE'	1E-4 (absolu)
Maille M6	Champ EPSI_ELNO, comp. $EPXY$	0.	'ANALYTIQUE'	1E-4 (absolu)
B				
-	Champ DEPL, comp. X	$4\ 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	1 %
-	Champ DEPL, comp. Y	0.	'ANALYTIQUE'	1E-4 (absolu)

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

Maille M58	Champ SIGM_ELNO, comp. $SIXX$	0.	'ANALYTIQUE'	0,1 (absolu)
Maille M58	Champ SIGM_ELNO, comp. $SIYY$	40.	'ANALYTIQUE'	0,12 %
Maille M58	Champ SIGM_ELNO, comp. $SIZZ$	0.	'ANALYTIQUE'	0,1 (absolu)
Maille M58	Champ SIGM_ELNO, comp. $SIXY$	0.	'ANALYTIQUE'	0,1. (absolu)
Maille M58	Champ EPSI_ELNO, comp. $EPXX$	$-6\ 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M58	Champ EPSI_ELNO, comp. $EPYY$	$2.\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M58	Champ EPSI_ELNO, comp. $EPZZ$	0.	'ANALYTIQUE'	1E-4 (absolu)
Maille M58	Champ EPSI_ELNO, comp. $EPXY$	0.	'ANALYTIQUE'	1E-4 (absolu)
F				
-	Champ DEPL, comp. X	$2.82843\ 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	1 %
-	Champ DEPL, comp. Y	$2.82843\ 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M546	Champ SIGM_ELNO, comp. $SIXX$	20.	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M546	Champ SIGM_ELNO, comp. $SIYY$	20.	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M546	Champ SIGM_ELNO, comp. $SIZZ$	0.	'ANALYTIQUE'	0,1 (absolu)
Maille M546	Champ SIGM_ELNO, comp. $SIXY$	–80.	'ANALYTIQUE'	0,12 %
Maille M546	Champ EPSI_ELNO, comp. $EPXX$	$0.7\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M546	Champ EPSI_ELNO, comp. $EPYY$	$0.7\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	2 %
Maille M546	Champ EPSI_ELNO, comp. $EPZZ$	0.	'ANALYTIQUE'	1E-4 (absolu)
Maille M546	Champ EPSI_ELNO, comp. $EPXY$	$-5.2\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	1 %
F				
-	Champ DEPL, comp. X	$4.17193\ 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	1 %
-	Champ DEPL, comp. Y	$4.17193\ 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M599	Champ SIGM_ELNO, comp. $SIXX$	20.	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M599	Champ SIGM_ELNO, comp. $SIYY$	20.	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M599	Champ SIGM_ELNO, comp. $SIZZ$	0.	'ANALYTIQUE'	0,01 (absolu)
Maille M599	Champ SIGM_ELNO, comp. $SIXY$	-20	'ANALYTIQUE'	0,12 %
Maille M599	Champ EPSI_ELNO, comp. $EPXX$	$0.7\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M599	Champ EPSI_ELNO, comp. $EPYY$	$0.7\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M599	Champ EPSI_ELNO, comp. $EPZZ$	0.	'ANALYTIQUE'	1E-4 (absolu)
Maille M599	Champ EPSI_ELNO, comp. $EPXY$	$-1.3\ 10^{-4}$	'ANALYTIQUE'	1 %

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

16 Modélisation N

16.1 Caractéristiques de la modélisation

Eléments 3D (PENTA15 et HEXA20)

Maillage obtenu par extrusion à partir d'un maillage $2D$ ressemblant au maillage ci-dessous (8 éléments dans la direction radiale, $4+4$ éléments dans la direction circonférentielle) et dupliqué pour avoir une section complète du cylindre (sur 360°).

Suivant l'axe Z : 1 couche d'éléments
Epaisseur totale : $0.01\,m$

Conditions limites :

face AB bloquée en dy
face EF bloquée normalement

pression sur la face AE $p=60.$
effet de fond sur les sections $p=60.$

Noms des nœuds : $A=N5349$ $B=N6092$ $C=N433$
$D=N441$ $E=N2180$ $F=N1632$

16.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 8832
Nombre de mailles et types : 1024 PENTA15, 512 HEXA20, 1176 QUAD8 et 2048 TRIA6.

16.3 Remarques

Contrairement aux modélisations précédentes, on prend en compte ici l'effet de fond s'appliquant sur les sections aux extrémités du cylindre.

16.4

16.5 Grandeurs testées et résultats

Localisation	Grandeur	Valeur de référence	Type de référence	Tolérance
point A				
	Champ DEPL, comp. X	5.60 10^{-5}	'NON_DEFINI'	0,1 %
	Champ DEPL, comp. Y	0.	'NON_DEFINI'	1E-4 (absolu)
	Champ SIGM_NOEU, comp. $SIXX$	–60.	'NON_DEFINI'	1 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. $SIYY$	100.	'NON_DEFINI'	1 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. $SIZZ$	20.	'NON_DEFINI'	1 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. $SIXY$	0.	'NON_DEFINI'	1E-4 (absolu)
B				

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

	Champ DEPL, comp. X	3.4 10^{-5}	'NON_DEFINI'	0,1 %
	Champ DEPL, comp. Y	0.	'NON_DEFINI'	1E-4 (absolu)
	Champ SIGM_NOEU, comp. SIXX	0.	'NON_DEFINI'	0,1(absolu)
	Champ SIGM_NOEU, comp. SIYY	40.	'NON_DEFINI'	1 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. SIZZ	20.	'NON_DEFINI'	1 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. SIXY	0.	'NON_DEFINI'	1E-4 (absolu)
F				
	Champ DEPL, comp. X	2.82843 10^{-5}	'NON_DEFINI'	1 %
	Champ DEPL, comp. Y	2.82843 10^{-5}	'NON_DEFINI'	1 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. SIXX	20.	'NON_DEFINI'	2 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. SIYY	20.	'NON_DEFINI'	1 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. SIZZ	20.	'NON_DEFINI'	1 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. SIXY	–80.	'NON_DEFINI'	1 %
F				
	Champ DEPL, comp. X	4.17193 10^{-5}	'NON_DEFINI'	1 %
	Champ DEPL, comp. Y	4.17193 10^{-5}	'NON_DEFINI'	1 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. SIXX	20.	'NON_DEFINI'	1 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. SIYY	20.	'NON_DEFINI'	1 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. SIZZ	20.	'NON_DEFINI'	1 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. SIXY	-20.	'NON_DEFINI'	1 %

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

17 Modélisation O

17.1 Caractéristiques de la modélisation

Eléments C_PLAN (QUAD8 + TRIA6)

Maillage $2D$ ressemblant au maillage ci-dessous (8 éléments dans la direction radiale, $4+4$ éléments dans la direction circonférentielle) et dupliqué pour avoir une section complète du cylindre (sur 360°).

Conditions limites :

côté AB bloqué en dx
côté EF bloqué normalement
pression sur AE $p=60$.

Noms des nœuds : $A=N249$ $B=N992$ $C=N1667$
$D=N1588$ $E=N3776$ $F=N3228$

17.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 3840
Nombre de mailles et types : 1026 TRIA6, 512 QUAD8

17.3

17.4 Grandeurs testées et résultats

Localisation	Grandeur	Valeur de référence	Type de référence	Tolérance
point A				
	Champ DEPL, comp. X	5.90 10^{-5}	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ DEPL, comp. Y	0.	'ANALYTIQUE'	1E-4 (absolu)
	Champ SIGM_NOEU, comp. $SIXX$	–60.	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. $SIYY$	100.	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. $SIZZ$	0.	'ANALYTIQUE'	1E-4 (absolu)
	Champ SIGM_NOEU, comp. $SIXY$	0.	'ANALYTIQUE'	0,3 (absolu)
B				
	Champ DEPL, comp. X	4 10^{-5}	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ DEPL, comp. Y	0.	'ANALYTIQUE'	1E-4 (absolu)
	Champ SIGM_NOEU, comp. $SIXX$	0.	'ANALYTIQUE'	0,1 (absolu)
	Champ SIGM_NOEU, comp. $SIYY$	40.	'ANALYTIQUE'	0,5 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. $SIZZ$	0.	'ANALYTIQUE'	0,015 (absolu)
	Champ SIGM_NOEU, comp. $SIXY$	0.	'ANALYTIQUE'	0,1. (absolu)
F				

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

	Champ DEPL, comp. X	4.17193 10−5	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ DEPL, comp. Y	4.17193 10−5	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. SIXX	20.	'ANALYTIQUE'	5 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. SIYY	20.	'ANALYTIQUE'	5 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. SIZZ	0.	'ANALYTIQUE'	1E-4 (absolu)
	Champ SIGM_NOEU, comp. SIXY	-80	'ANALYTIQUE'	1 %
F				
	Champ DEPL, comp. X	2.82843 10−5	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ DEPL, comp. Y	2.82843 10−5	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. SIXX	20.	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. SIYY	20.	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. SIZZ	0.	'ANALYTIQUE'	1E-4 (absolu)
	Champ SIGM_NOEU, comp. SIXY	–20.	'ANALYTIQUE'	1 %

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

18 Modélisation P

18.1 Caractéristiques de la modélisation

Eléments 3D (PENTA15 et HEXA20) – même maillage que la modélisation N

Maillage obtenu par extrusion à partir d'un maillage $2D$ ressemblant au maillage ci-dessous (8 éléments dans la direction radiale, $4+4$ éléments dans la direction circonférentielle) et dupliqué pour avoir une section complète du cylindre (sur 360°).

Suivant l'axe Z : 1 couche d'éléments
Epaisseur totale : $0.01\,m$

Conditions limites :

face EF bloquée normalement
face AB bloquée en dy
pression sur la face AE fp
effet de fond sur les sections fp

Avec fp : pression fonction linéaire du temps valant $60.$ à $t=1s$ et $120.$ à $t=2s$

Noms des nœuds : $A=N5349$ $B=N6092$ $C=N433$
$D=N441$ $E=N2180$ $F=N1632$

18.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 8832
Nombre de mailles et types : 1024 PENTA15, 512 HEXA20, 1176 QUAD8 et 2048 TRIA6.

18.3 Remarques

Contrairement à la modélisation N, on teste ici une pression et un effet de fond variables en fonction du temps. Une variation linéaire de la pression entraîne une variation linéaire des contraintes.

18.4

18.5 Grandeurs testées et résultats

Localisation	Grandeur	Valeur de référence	Type de référence	Tolérance
point A				
Instant 1.0	Champ DEPL, comp. X	5.60 10^{-5}	'NON_DEFINI'	0,1 %
Instant 1.0	Champ DEPL, comp. Y	0.	'NON_DEFINI'	1E-10 (absolu)
Instant 1.0	Champ SIGM_NOEU, comp. $SIXX$	–60.	'NON_DEFINI'	1 %
Instant 1.0	Champ SIGM_NOEU, comp. $SIYY$	100.	'NON_DEFINI'	1 %
Instant 1.0	Champ SIGM_NOEU, comp. $SIZZ$	20.	'NON_DEFINI'	1 %

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

Instant 1.0	Champ SIGM_NOEU, comp. SIXX	0.	'NON_DEFINI'	1E-4 (absolu)
Instant 2.0	Champ SIGM_NOEU, comp. SIXX	–120.	'NON_DEFINI'	1 %
Instant 2.0	Champ SIGM_NOEU, comp. SIYY	200.	'NON_DEFINI'	1 %
Instant 2.0	Champ SIGM_NOEU, comp. SIZZ	40.	'NON_DEFINI'	1 %
Instant 2.0	Champ SIGM_NOEU, comp. SIXY	0.	'NON_DEFINI'	1E-4 (absolu)

R

Instant 1.0	Champ DEPL, comp. X	$3.4\ 10^{-5}$	'NON_DEFINI'	0,1 %
Instant 1.0	Champ DEPL, comp. Y	0.	'NON_DEFINI'	1E-10 (absolu)
Instant 1.0	Champ SIGM_NOEU, comp. SIXX	0.	'NON_DEFINI'	0,1(absolu)
Instant 1.0	Champ SIGM_NOEU, comp. SIYY	40.	'NON_DEFINI'	1 %
Instant 1.0	Champ SIGM_NOEU, comp. SIZZ	20.	'NON_DEFINI'	1 %
Instant 1.0	Champ SIGM_NOEU, comp. SIXY	0.	'NON_DEFINI'	1E-4 (absolu)
Instant 2.0	Champ SIGM_NOEU, comp. SIXX	0.	'NON_DEFINI'	0,1(absolu)
Instant 2.0	Champ SIGM_NOEU, comp. SIYY	80.	'NON_DEFINI'	1 %
Instant 2.0	Champ SIGM_NOEU, comp. SIZZ	40.	'NON_DEFINI'	1 %
Instant 2.0	Champ SIGM_NOEU, comp. SIXY	0.	'NON_DEFINI'	1E-4 (absolu)

F

Instant 1.0	Champ SIGM_NOEU, comp. SIXX	20.	'NON_DEFINI'	2 %
Instant 1.0	Champ SIGM_NOEU, comp. SIYY	20.	'NON_DEFINI'	2 %
Instant 1.0	Champ SIGM_NOEU, comp. SIZZ	20.	'NON_DEFINI'	1 %
Instant 1.0	Champ SIGM_NOEU, comp. SIXY	–80.	'NON_DEFINI'	1 %
Instant 2.0	Champ SIGM_NOEU, comp. SIXX	40.	'NON_DEFINI'	2 %
Instant 2.0	Champ SIGM_NOEU, comp. SIYY	40.	'NON_DEFINI'	2 %
Instant 2.0	Champ SIGM_NOEU, comp. SIZZ	40.	'NON_DEFINI'	1 %
Instant 2.0	Champ SIGM_NOEU, comp. SIXY	–160.	'NON_DEFINI'	1 %

F

Instant 1.0	Champ SIGM_NOEU, comp. SIXX	20.	'NON_DEFINI'	1 %
Instant 1.0	Champ SIGM_NOEU, comp. SIYY	20.	'NON_DEFINI'	1 %
Instant 1.0	Champ SIGM_NOEU, comp. SIZZ	20.	'NON_DEFINI'	1 %
Instant 1.0	Champ SIGM_NOEU, comp. SIXY	-20.	'NON_DEFINI'	1 %
Instant 2.0	Champ SIGM_NOEU, comp. SIXX	40.	'NON_DEFINI'	1 %
Instant 2.0	Champ SIGM_NOEU, comp. SIYY	40.	'NON_DEFINI'	1 %
Instant 2.0	Champ SIGM_NOEU, comp. SIZZ	40.	'NON_DEFINI'	1 %
Instant 2.0	Champ SIGM_NOEU, comp. SIXY	-40.	'NON_DEFINI'	1 %

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

19 Synthèse des résultats

Récapitulatif des erreurs max en %

3D	Localisation	mod A	mod B	mod C	mod D	mod L	mod M	mod N	mod P
elem		pe6,h8	pe15,h20	te4	te10	py5	py13	pe15,h20	pe15,h20
geom		45°	45°	45°	45°	45°	45°	360°	360°
nb no		1922	2115	1115	1395	342	1703	8832	8832
Dépl.	A, E	0.08	0.09	0.17	0.04	0.21	0.00	0.00	0.00
	B, F	0.10	0.07	0.30	0.04	0.16	0.00	0.00	0.00
σ	A, E	4.59	0.39	10.45	4.41	11.74	0.11	1.64	1.64
	B, F	5.24	0.07	7.78	0.95	5.24	0.11	0.09	0.09
σ	A, E	5.70	0.92	9.46	1.80	57.57	0.81	1.64	1.64
	B, F	1.89	0.01	2.46	0.49	4.75	0.08	0.09	0.09
σ	A, E	Bon	Bon	Bon	Bon	Bon	Bon	0.87	0.87
	B, F	Bon	Bon	Bon	Bon	Bon	Bon	0.04	0.04
σ	A, E	0.15	0.26	2.89	0.27	3.46	0.07	0.03	0.03
	B, F	0.90	0.06	0.81	0.28	4.95	0.09	0.01	0.01

C_PLAN	Localisation	mod E	mod F	mod G	mod O
Type d'éléments		tria3,quad4	tria6,quad8	quad9	tria6,quad8
Géométrie modélisée		45°	45°	45°	360°
Nombre de noeuds		961	591	441	384
Déplacements	A, E	0.07	0.09	0.00	0.01
	B, F	0.09	0.07	0.00	0.00
Contraintes σ_{xx}	A, E	4.65	0.39	0.27	1.44
	B, F	5.19	0.06	0.02	0.08
Contraintes σ_{yy}	A, E	5.68	0.90	0.16	1.44
	B, F	1.40	0.04	0.05	0.08
Contraintes σ_{zz}	A, E	Bon	Bon	Bon	Bon
	B, F	Bon	Bon	Bon	Bon
Contraintes σ_{xy}	A, E	0.16	0.23	0.20	0.10
	B, F	1.23	0.07	0.09	0.00

AXIS	Localisation	mod H	mod I	mod J
Type d'éléments		tria3,quad4	tria6,quad8	quad9
Nombre de noeuds		113	175	205
Déplacements	A, E	0.01	0.00	0.00
	B, F	0.01	0.00	0.00
Contraintes σ_{xx}	A, E	5.66	0.17	0.17
	B, F	Bon	Bon	Bon
Contraintes σ_{yy}	A, E	Bon	Bon	Bon
	B, F	Bon	Bon	Bon
Contraintes σ_{zz}	A, E	1.29	0.09	0.09
	B, F	1.00	0.07	0.02
Contraintes σ_{xy}	A, E	Bon	Bon	Bon
	B, F	Bon	Bon	Bon

- Les résultats sont plus précis avec des éléments d'ordre 2.
- Le problème est plus adapté à une modélisation axisymétrique. Les résultats sont meilleurs.
- Les maillages restent insuffisants pour les éléments 3D d'ordre 1 : contraintes et déformations des modélisations A, C, E et L (surtout pour la modélisation L en PYRAM5).

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

- Les pyramides donnent des résultats analogues aux autres éléments 3D, à maillage équivalent.
- Les modélisations N et P avec effet de fond et pression constants ou variables donnent de bon résultats.

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