

SSLV100 - Cylindre creux en déformations planes

Résumé :

Ce test permet de valider les éléments de déformation plane sur les fonctionnalités suivantes :

- pression répartie,
- matrice de rigidité,
- déplacements imposés :
 - par degré de liberté,
 - par face d'élément.

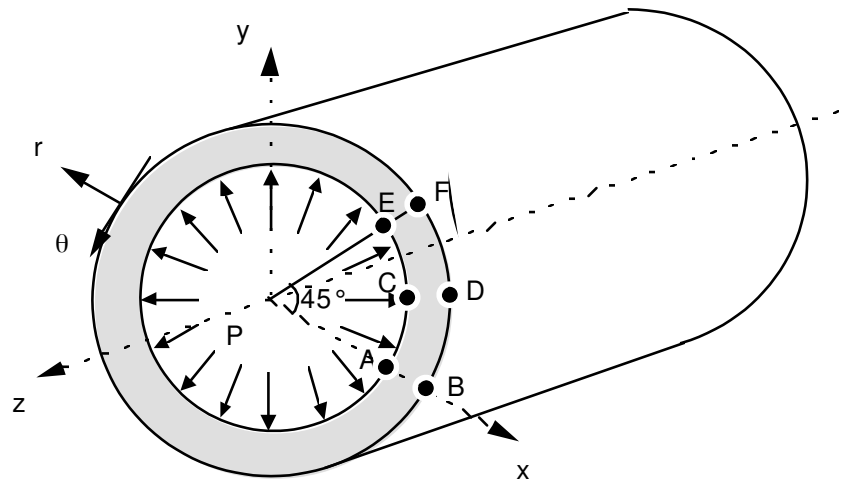
Il comprend 4 modélisations.

Les 3 premières correspondent à des éléments de types différents (linéaires et quadratiques).

La dernière valide les déplacements imposés par face (blocage de la composante normale).

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



Rayon interne $a = 0.1 \text{ m}$
Rayon externe $b = 0.2 \text{ m}$

Coordonnées des points :

	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>
<i>x</i>	0.100	0.200	$0.1 \cos(22.5)$	$0.2 \cos(22.5)$	$1/\sqrt{2}$	$\sqrt{2}$
<i>y</i>	0.	0.	$0.1 \sin(22.5)$	$0.2 \sin(22.5)$	$1/\sqrt{2}$	$\sqrt{2}$
<i>z</i>	0	0.	0.	0.	0.	0.

1.2 Propriétés des matériaux

$$E = 2 \cdot 10^5 \text{ Mpa}$$

$$\nu = 0.3$$

1.3 Conditions aux limites et chargements

Pression interne : $P = 60. \text{ MPa}$

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence

Analytique

$$\begin{aligned}\sigma_{zz} &= 2\nu P \frac{a^2}{b^2 - a^2} \\ \sigma_{rr} &= P \frac{a^2}{b^2 - a^2} \left[1 - \frac{b^2}{r^2} \right] \\ \sigma_{\theta\theta} &= P \frac{a^2}{b^2 - a^2} \left[1 + \frac{b^2}{r^2} \right] \\ \sigma_{r\theta} &= 0 \\ u_r &= \frac{P}{E} \frac{a^2}{b^2 - a^2} (1 + \nu) \left[(1 - 2\nu) + \frac{b^2}{r^2} \right] r\end{aligned}$$

On obtient :

Pour $r=0.1$	$u_r = 5,72 \cdot 10^{-5}$	Pour $r=0.2$	$u_r = 3,64 \cdot 10^{-5}$
	$\sigma_{rr} = -60.$		$\sigma_{rr} = 0.$
	$\sigma_{\theta\theta} = 100.$		$\sigma_{\theta\theta} = 40.$
	$\sigma_{zz} = 12.$		$\sigma_{zz} = 12.$
	$\sigma_{r\theta} = 0.$		$\sigma_{r\theta} = 0.$

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 :

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

2.2 Résultats de référence

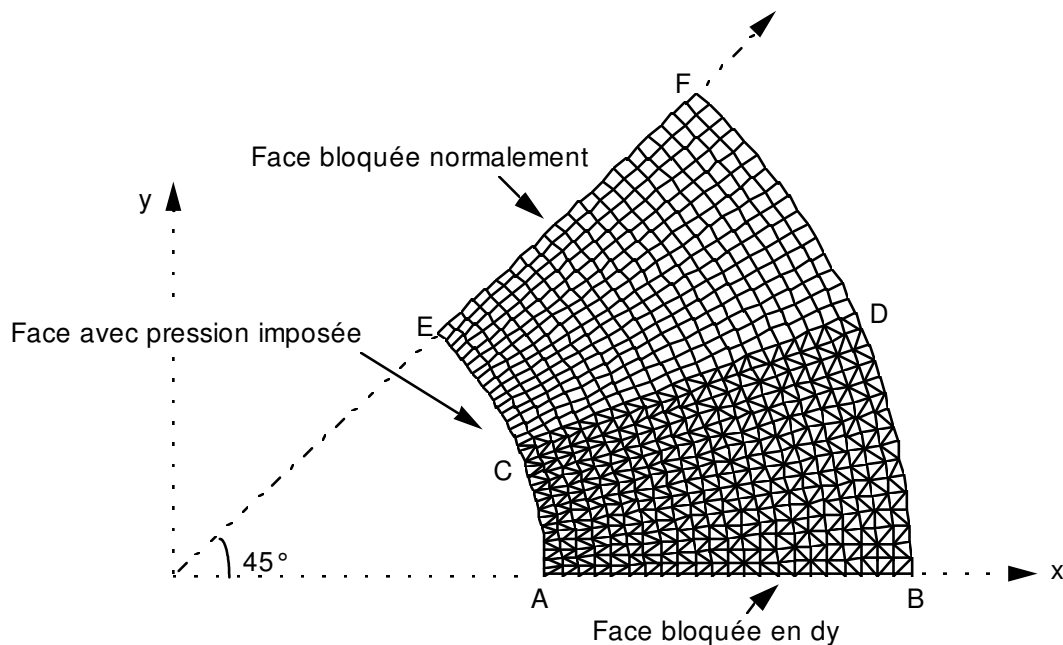
Déplacements (u, v) et contraintes $(\sigma_{xx}, \sigma_{yy}, \sigma_{zz}, \sigma_{xy})$ aux points A, B, C, D, E, F .

2.3 Références bibliographiques

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation : d-plan (QUAD4 + TRIA3)



Conditions limites :

côté AB

DDL_IMPO = (GROUP_NO = bordAB DY = 0.)

côté EF

FACE_IMPO = (GROUP_MA = faceEFDNOR = 0.)

pression sur la face AE

PRES_REP = (GROUP_MA = faceAE PRES = 60.)

Noms des nœuds :

$A = N23$

$B = N1$

$C = N391$

$D = N369$

$E = N451$

$F = 751$

3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 759

Nombre de mailles et types : 704 TRIA3, 352 QUAD4

3.3 Grandeurs testées et résultats

Localisation	Grandeur	Valeur de référence	Type de référence	Tolérance
point <i>A</i>				
	Champ DEPL, comp. <i>X</i>	5.72 10 ⁻⁵	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ DEPL, comp. <i>Y</i>	0.	'ANALYTIQUE'	1E-10 (absolu)
	Champ SIGM NOEU, comp. <i>S_{XX}</i>	-60.	'ANALYTIQUE'	5 %
	Champ SIGM NOEU, comp. <i>S_{YY}</i>	100.	'ANALYTIQUE'	5 %
	Champ SIGM NOEU, comp. <i>S_{ZZ}</i>	12.	'ANALYTIQUE'	5 %
	Champ SIGM NOEU, comp. <i>S_{XY}</i>	0.	'ANALYTIQUE'	2 (absolu)
<i>B</i>				
	Champ DEPL, comp. <i>X</i>	3.64 10 ⁻⁵	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ DEPL, comp. <i>Y</i>	0.	'ANALYTIQUE'	1E-10 (absolu)
	Champ SIGM NOEU, comp. <i>S_{XX}</i>	0.	'ANALYTIQUE'	2 (absolu)
	Champ SIGM NOEU, comp. <i>S_{YY}</i>	40.	'ANALYTIQUE'	5 %
	Champ SIGM NOEU, comp. <i>S_{ZZ}</i>	12.	'ANALYTIQUE'	8 %
	Champ SIGM NOEU, comp. <i>S_{XY}</i>	0.	'ANALYTIQUE'	1 (absolu)
<i>C</i>				
	Champ DEPL, comp. <i>X</i>	5.28459 10 ⁻⁵	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ DEPL, comp. <i>Y</i>	2.18895 10 ⁻⁵	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ SIGM NOEU, comp. <i>S_{XX}</i>	-36.56854	'ANALYTIQUE'	5 %
	Champ SIGM NOEU, comp. <i>S_{YY}</i>	76.56854	'ANALYTIQUE'	5 %
	Champ SIGM NOEU, comp. <i>S_{ZZ}</i>	12.	'ANALYTIQUE'	5 %
	Champ SIGM NOEU, comp. <i>S_{XY}</i>	-56.56854	'ANALYTIQUE'	5 %
<i>D</i>				
	Champ DEPL, comp. <i>X</i>	3.36292 10 ⁻⁵	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ DEPL, comp. <i>Y</i>	1.39297 10 ⁻⁵	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ SIGM NOEU, comp. <i>S_{XX}</i>	5.85786	'ANALYTIQUE'	20 %
	Champ SIGM NOEU, comp. <i>S_{YY}</i>	34.14214	'ANALYTIQUE'	5 %
	Champ SIGM NOEU, comp. <i>S_{ZZ}</i>	12.	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ SIGM NOEU, comp. <i>S_{XY}</i>	-14.14213	'ANALYTIQUE'	8 %
<i>E</i>				
	Champ DEPL, comp. <i>X</i>	4.04465 10 ⁻⁵	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ DEPL, comp. <i>Y</i>	4.04465 10 ⁻⁵	'ANALYTIQUE'	1 %

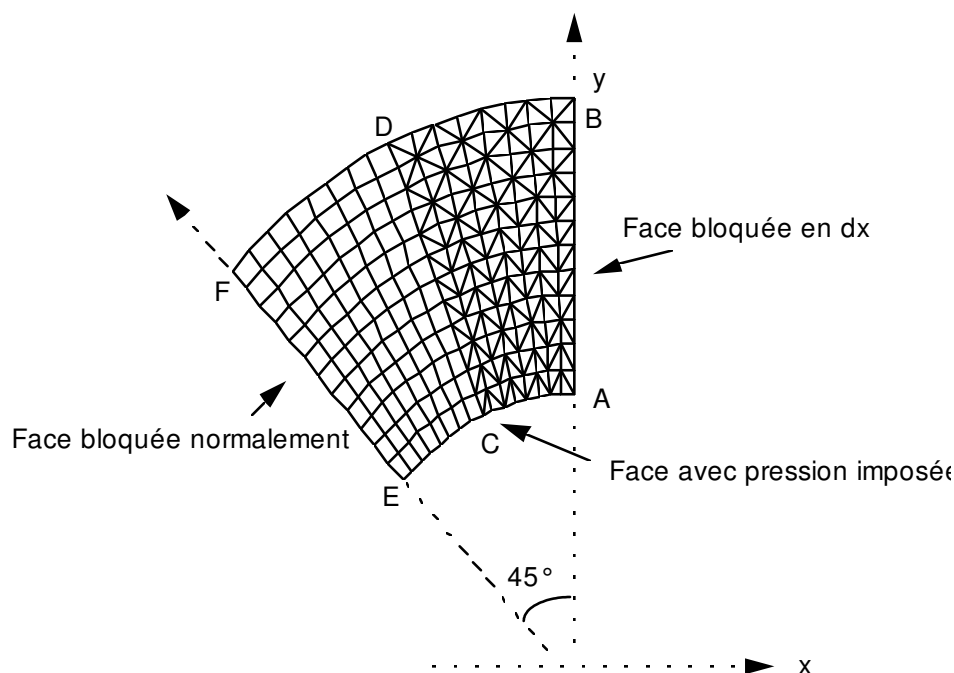
	Champ SIGM_NOEU, comp. SIXX	20.	'ANALYTIQUE'	5 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. SIYY	20.	'ANALYTIQUE'	6 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. SIZZ	12.	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. SIXY	-80.	'ANALYTIQUE'	5 %
<i>F</i>			'ANALYTIQUE'	
	Champ DEPL, comp. X	2.57387 10 ⁻⁵	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ DEPL, comp. Y	2.57387 10 ⁻⁵	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. SIXX	20.	'ANALYTIQUE'	7 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. SIYY	20.	'ANALYTIQUE'	5 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. SIZZ	12.	'ANALYTIQUE'	5 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. SIXY	-20.	'ANALYTIQUE'	5 %

3.4 Remarques

L'augmentation de l'erreur, quand on passe de *AB* à *CD* puis *EF*, est imputable au maillage (densité en éléments QUAD4 inférieure à celle en TRIA3).

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation : d-plan (QUAD8 + TRIA6)



Conditions limites :

côté *AB*

côté *EF*

pression sur *AE*

DDL_IMPO = (GROUP_NO = bordAB DY = 0.)

FACE_IMPO = (GROUP_MA = faceEFDNOR = 0.)

PRES_REP = (GROUP_MA = faceAE PRES = 60.)

Noms des nœuds :

A = N2

B = N48

C = N401

D = N424

E = N606

F = N494

4.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 729

Nombre de mailles et types : 192 TRIA6, 96 QUAD8

4.3 Grandeurs testées et résultats

Localisation	Grandeur	Valeur de référence	Type de référence	Tolérance
point <i>A</i>				
-	Champ DEPL, comp. <i>Y</i>	5.72 10 ⁻⁵	'ANALYTIQUE'	1 %
-	Champ DEPL, comp. <i>X</i>	0.	'ANALYTIQUE'	1E-10 (absolu)
Maille M1	Champ SIGM_ELNO, comp. <i>SIXX</i>	100.	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M2	Champ SIGM_ELNO, comp. <i>SIXX</i>	100.	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M1	Champ SIGM_ELNO, comp. <i>SIYY</i>	-60.	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M2	Champ SIGM_ELNO, comp. <i>SIYY</i>	-60.	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M1	Champ SIGM_ELNO, comp. <i>SIZZ</i>	12.	'ANALYTIQUE'	2 %
Maille M2	Champ SIGM_ELNO, comp. <i>SIZZ</i>	12.	'ANALYTIQUE'	2 %
Maille M1	Champ SIGM_ELNO, comp. <i>SIXY</i>	0.	'ANALYTIQUE'	0,5 (absolu)
Maille M2	Champ SIGM_ELNO, comp. <i>SIXY</i>	0.	'ANALYTIQUE'	0,5 (absolu)
<i>B</i>				
-	Champ DEPL, comp. <i>Y</i>	3.64 10 ⁻⁵	'ANALYTIQUE'	1 %
-	Champ DEPL, comp. <i>X</i>	0.	'ANALYTIQUE'	1E-10 (absolu)
Maille M23	Champ SIGM_ELNO, comp. <i>SIXX</i>	40.	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M24	Champ SIGM_ELNO, comp. <i>SIXX</i>	40.	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M23	Champ SIGM_ELNO, comp. <i>SIYY</i>	0.	'ANALYTIQUE'	0,5 (absolu)
Maille M24	Champ SIGM_ELNO, comp. <i>SIYY</i>	0.	'ANALYTIQUE'	0,5 (absolu)
Maille M23	Champ SIGM_ELNO, comp. <i>SIZZ</i>	12.	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M24	Champ SIGM_ELNO, comp. <i>SIZZ</i>	12.	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M23	Champ SIGM_ELNO, comp. <i>SIXY</i>	0.	'ANALYTIQUE'	0,5 (absolu)
Maille M24	Champ SIGM_ELNO, comp. <i>SIXY</i>	0.	'ANALYTIQUE'	0,5 (absolu)
<i>C</i>				
	Champ DEPL, comp. <i>Y</i>	5.28459 10 ⁻⁵	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ DEPL, comp. <i>X</i>	2.18895 10 ⁻⁵	'ANALYTIQUE'	1 %
Maile M169	Champ SIGM_ELNO, comp. <i>SIXX</i>	76.56854	'ANALYTIQUE'	1 %
Maile M170	Champ SIGM_ELNO, comp. <i>SIXX</i>	76.56854	'ANALYTIQUE'	1 %
Maile M193	Champ SIGM_ELNO, comp. <i>SIXX</i>	76.56854	'ANALYTIQUE'	1 %

Maille M169	Champ SIGM ELNO, comp. $SI\bar{Y}Y$	-36.56854	'ANALYTIQUE '	2 %
Maille M170	Champ SIGM ELNO, comp. $SI\bar{Y}Y$	-36.56854	'ANALYTIQUE '	2 %
Maille M193	Champ SIGM ELNO, comp. $SI\bar{Y}Y$	-36.56854	'ANALYTIQUE '	2 %
Maille M169	Champ SIGM ELNO, comp. $SI\bar{Z}Z$	12.	'ANALYTIQUE '	5 %
Maille M170	Champ SIGM ELNO, comp. $SI\bar{Z}Z$	12.	'ANALYTIQUE '	5 %
Maille M193	Champ SIGM ELNO, comp. $SI\bar{Z}Z$	12.	'ANALYTIQUE '	5 %
Maille M169	Champ SIGM ELNO, comp. $SI\bar{X}Y$	56.56854	'ANALYTIQUE '	1 %
Maille M170	Champ SIGM ELNO, comp. $SI\bar{X}Y$	56.56854	'ANALYTIQUE '	1 %
Maille M193	Champ SIGM ELNO, comp. $SI\bar{X}Y$	56.56854	'ANALYTIQUE '	1 %
<i>D</i>				
-	Champ DEPL, comp. Y	3.36292 10 ⁻⁵	'ANALYTIQUE '	1 %
-	Champ DEPL, comp. X	1.39297 10 ⁻⁵	'ANALYTIQUE '	1 %
Maille M190	Champ SIGM ELNO, comp. $SI\bar{X}X$	34.14214	'ANALYTIQUE '	1 %
Maille M192	Champ SIGM ELNO, comp. $SI\bar{X}X$	34.14214	'ANALYTIQUE '	1 %
Maille M204	Champ SIGM ELNO, comp. $SI\bar{X}X$	34.14214	'ANALYTIQUE '	1 %
Maille M190	Champ SIGM ELNO, comp. $SI\bar{Y}Y$	5.85786	'ANALYTIQUE '	5 %
Maille M192	Champ SIGM ELNO, comp. $SI\bar{Y}Y$	5.85786	'ANALYTIQUE '	5 %
Maille M204	Champ SIGM ELNO, comp. $SI\bar{Y}Y$	5.85786	'ANALYTIQUE '	5 %
Maille M190	Champ SIGM ELNO, comp. $SI\bar{Z}Z$	12.	'ANALYTIQUE '	1 %
Maille M192	Champ SIGM ELNO, comp. $SI\bar{Z}Z$	12.	'ANALYTIQUE '	1 %
Maille M204	Champ SIGM ELNO, comp. $SI\bar{Z}Z$	12.	'ANALYTIQUE '	1 %
Maille M190	Champ SIGM ELNO, comp. $SI\bar{X}Y$	14.14213	'ANALYTIQUE '	1 %
Maille M192	Champ SIGM ELNO, comp. $SI\bar{X}Y$	14.14213	'ANALYTIQUE '	1 %
Maille M204	Champ SIGM ELNO, comp. $SI\bar{X}Y$	14.14213	'ANALYTIQUE '	1 %
<i>E</i>				
-	Champ DEPL, comp. Y	4.04465 10 ⁻⁵	'ANALYTIQUE '	1 %
-	Champ DEPL, comp. X	-4.04465 10 ⁻⁵	'ANALYTIQUE '	1 %
Maille M256	Champ SIGM ELNO, comp. $SI\bar{X}X$	20.	'ANALYTIQUE '	5 %
Maille M256	Champ SIGM ELNO, comp. $SI\bar{Y}Y$	20.	'ANALYTIQUE '	5 %
Maille M256	Champ SIGM ELNO, comp. $SI\bar{Z}Z$	12.	'ANALYTIQUE '	5 %

Maille M256	Champ SIGM_ELNO, comp. SIXY	80.	'ANALYTIQUE'	1 %
F			'ANALYTIQUE'	
-	Champ DEPL, comp. Y	$2.57387 \cdot 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	1 %
-	Champ DEPL, comp. X	$-2.57387 \cdot 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M222	Champ SIGM_ELNO, comp. SIXX	20.	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M222	Champ SIGM_ELNO, comp. SIYY	20.	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M222	Champ SIGM_ELNO, comp. SIZZ	12.	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M222	Champ SIGM_ELNO, comp. SIXY	20.	'ANALYTIQUE'	1 %

4.4 Remarques

L'évolution de l'erreur induite par le maillage suivant AB , CD ou EF , est nettement atténuée par rapport à la modélisation A.

5 Modélisation C

5.1 Caractéristiques de la modélisation : d-plan (QUAD9)

Conditions limites :

côté AB

DDL_IMPO = (GROUP_NO = bordAB DY = 0.)

côté EF

FACE_IMPO = (GROUP_MA = faceEF DNOR = 0.)

pression sur AE

PRES_REP = (GROUP_MA = faceAE PRES = 60.)

Noms des nœuds :

$A = N1$

$B = N47$

$C = N351$

$D = N374$

$E = N569$

$F = N423$

5.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 725

Nombre de mailles et types : 168 QUAD9

5.3 Grandeurs testées et résultats

Localisation	Grandeur	Valeur de référence	Type de référence	Tolérance
point A				
-	Champ DEPL, comp. X	$5.72 \cdot 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	1 %
-	Champ DEPL, comp. Y	0.	'ANALYTIQUE'	1E-10 (absolu)
Maille M1	Champ SIGM_ELNO, comp. $S_{\bar{I}\bar{X}\bar{X}}$	-60.	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M1	Champ SIGM_ELNO, comp. $S_{\bar{I}\bar{Y}\bar{Y}}$	100.	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M1	Champ SIGM_ELNO, comp. $S_{\bar{I}\bar{Z}\bar{Z}}$	12.	'ANALYTIQUE'	5 %
Maille M1	Champ SIGM_ELNO, comp. $S_{\bar{I}\bar{X}\bar{Y}}$	0.	'ANALYTIQUE'	1E-2 (absolu)
B				
-	Champ DEPL, comp. X	$3.64 \cdot 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	1 %
-	Champ DEPL, comp. Y	0.	'ANALYTIQUE'	1E-10 (absolu)
Maille M12	Champ SIGM_ELNO, comp. $S_{\bar{I}\bar{X}\bar{X}}$	0.	'ANALYTIQUE'	0,1 (absolu)
Maille M12	Champ SIGM_ELNO, comp. $S_{\bar{I}\bar{Y}\bar{Y}}$	40.	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M12	Champ SIGM_ELNO, comp. $S_{\bar{I}\bar{Z}\bar{Z}}$	12.	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M12	Champ SIGM_ELNO, comp. $S_{\bar{I}\bar{X}\bar{Y}}$	0.	'ANALYTIQUE'	1E-2 (absolu)
C				
-	Champ DEPL, comp. X	$5.28459 \cdot 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	1 %
-	Champ DEPL, comp. Y	$2.18895 \cdot 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M73	Champ SIGM_ELNO, comp. $S_{\bar{I}\bar{X}\bar{X}}$	-36.56854	'ANALYTIQUE'	2 %
Maille M85	Champ SIGM_ELNO, comp. $S_{\bar{I}\bar{X}\bar{X}}$	-36.56854	'ANALYTIQUE'	2 %
Maille M73	Champ SIGM_ELNO, comp. $S_{\bar{I}\bar{Y}\bar{Y}}$	76.56854	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M85	Champ SIGM_ELNO, comp. $S_{\bar{I}\bar{Y}\bar{Y}}$	76.56854	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M73	Champ SIGM_ELNO, comp. $S_{\bar{I}\bar{Z}\bar{Z}}$	12.	'ANALYTIQUE'	3 %
Maille M85	Champ SIGM_ELNO, comp. $S_{\bar{I}\bar{Z}\bar{Z}}$	12.	'ANALYTIQUE'	3 %
Maille M73	Champ SIGM_ELNO, comp. $S_{\bar{I}\bar{X}\bar{Y}}$	-56.56854	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M85	Champ SIGM_ELNO, comp. $S_{\bar{I}\bar{X}\bar{Y}}$	-56.56854	'ANALYTIQUE'	1 %
D				
-	Champ DEPL, comp. X	$3.36292 \cdot 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	1 %
-	Champ DEPL, comp. Y	$1.39297 \cdot 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M84	Champ SIGM_ELNO, comp. $S_{\bar{I}\bar{X}\bar{X}}$	5.85786	'ANALYTIQUE'	2 %
Maille M96	Champ SIGM_ELNO, comp. $S_{\bar{I}\bar{X}\bar{X}}$	5.85786	'ANALYTIQUE'	2 %

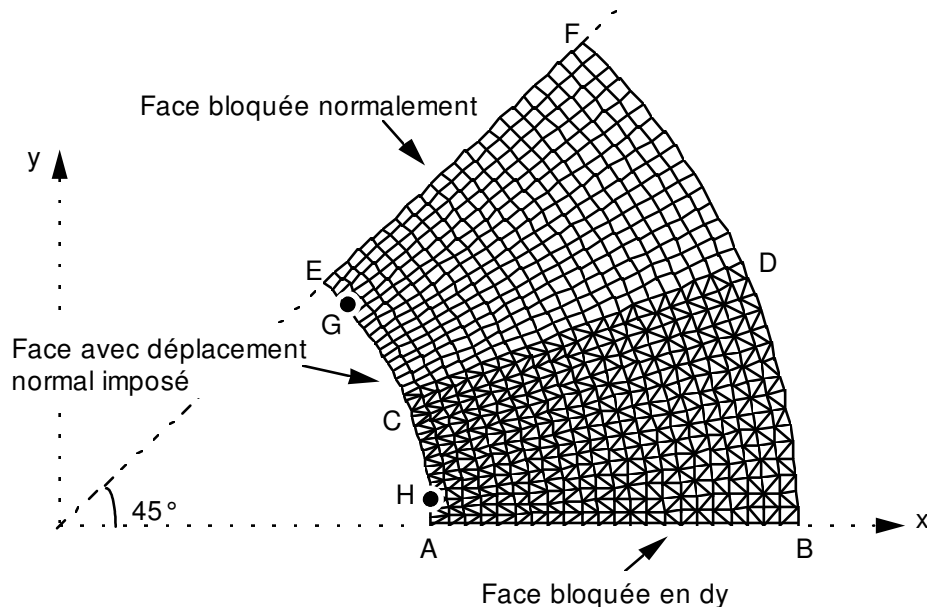
Maille M84	Champ SIGM_ELNO, comp. $SI\bar{Y}Y$	34.14214	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M96	Champ SIGM_ELNO, comp. $SI\bar{Y}Y$	34.14214	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M84	Champ SIGM_ELNO, comp. $SI\bar{Z}Z$	12.	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M96	Champ SIGM_ELNO, comp. $SI\bar{Z}Z$	12.	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M84	Champ SIGM_ELNO, comp. $SI\bar{X}Y$	-14.14213	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M96	Champ SIGM_ELNO, comp. $SI\bar{X}Y$	-14.14213	'ANALYTIQUE'	1 %
<i>E</i>				
-	Champ DEPL, comp. <i>X</i>	$4.04465 \cdot 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	1 %
-	Champ DEPL, comp. <i>Y</i>	$4.04465 \cdot 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M136	Champ SIGM_ELNO, comp. $SI\bar{X}X$	20.	'ANALYTIQUE'	3 %
Maille M136	Champ SIGM_ELNO, comp. $SI\bar{Y}Y$	20.	'ANALYTIQUE'	3 %
Maille M136	Champ SIGM_ELNO, comp. $SI\bar{Z}Z$	12.	'ANALYTIQUE'	3 %
Maille M136	Champ SIGM_ELNO, comp. $SI\bar{X}Y$	-80.	'ANALYTIQUE'	1 %
<i>F</i>			'ANALYTIQUE'	
-	Champ DEPL, comp. <i>X</i>	$2.57387 \cdot 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	1 %
-	Champ DEPL, comp. <i>Y</i>	$2.57387 \cdot 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M102	Champ SIGM_ELNO, comp. $SI\bar{X}X$	20.	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M102	Champ SIGM_ELNO, comp. $SI\bar{Y}Y$	20.	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M102	Champ SIGM_ELNO, comp. $SI\bar{Z}Z$	12.	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M102	Champ SIGM_ELNO, comp. $SI\bar{X}Y$	-20.	'ANALYTIQUE'	1 %

5.4 Remarques

L'évolution de l'erreur induite par le maillage suivant *AB* , *CD* ou *EF* , est nettement atténuée par rapport à la modélisation A.

6 Modélisation D

6.1 Caractéristiques de la modélisation : d-plan (QUAD4 + TRIA3)



Conditions limites :

côté *AB* D DL_IMPO : (GROUP_NO = bordAB DY = 0.)
 côté *EF* FACE_IMPO : (GROUP_MA = faceEF DNOR = 0.)
 sur déplacement normal imposé à $5.72 E-5 m$
 FACE_IMPO : (GROUP_MA = faceAE DNOR = -5.72 E-5)

Noms des nœuds : $A = N23$ $B = N1$ $C = N391$
 $D = N369$ $E = N451$ $F = N751$
 $H = N92$ $G = N447$

6.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de noeuds : 759

Nombre de mailles et types : 704 TRIA3, 352 QUAD4

6.3 Grandeurs testées et résultats

Localisation	Grandeur	Valeur de référence	Type de référence	Tolérance
<i>C</i>	Champ REAC_NODA, comp FX	0.1360	'NON_DEFINI'	3,5 %
	Champ REAC_NODA , comp F _Y	0.056	'NON_DEFINI'	4,1 %
<i>H</i>	Champ REAC_NODA, comp FX	0.14686	'NON_DEFINI'	7,4 %
	Champ REAC_NODA , comp F _Y	0.0108	'NON_DEFINI'	7,1 %
<i>G</i>	Champ REAC_NODA, comp FX	0.1138	'NON_DEFINI'	0,3 %
	Champ REAC_NODA , comp F _Y	0.093	'NON_DEFINI'	0,7 %

6.4 Remarques

On vérifie que les forces nodales de réaction sont nulles en tous les nœuds, sauf sur les nœuds de la ligne *AE* , *EF* et *AB* .

7 Synthèse des résultats

D_plan

Récapitulatif des erreurs max en %			modélisation		
			A	B	C
Déplacements	A, B		0.08	0.04	0.05
	C, D		0.51	0.04	0.05
	E, F		0.11	0.04	0.05
Contraintes σ_{xx}	A, B		6.04	0.29	0.27
	C, D		10.84	0.17	0.32
	E, F		17.46	4.10^{-4}	2.10^{-4}
Contraintes σ_{yy}	A, B		3.61	0.38	0.16
	C, D		0.72	0.63	0.14
	E, F		27.07	2.10^{-5}	$5.5.10^{-4}$
Contraintes σ_{zz}	A, B		1.33	0.16	0.02
	C, D		8.51	0.63	0.02
	E, F		22.27	2.10^{-4}	2.10^{-4}
Contraintes σ_{xy}	A, B		-	-	-
	C, D		4.99	0.50	0.2
	E, F		2.11	0.23	0.2

Ces 3 modélisations ont sensiblement le même nombre de nœuds; les résultats obtenus avec des éléments d'ordre 1 (modélisation A en TRIA3 et QUAD4) sont nettement moins précis, notamment sur la paroi interne.