

---

## 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.

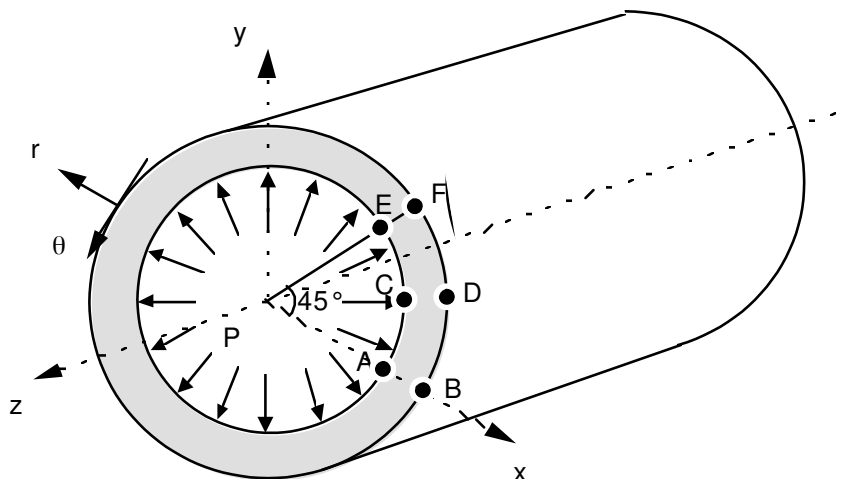
Il comprend 4 modélisations.

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  $a = 0.1$  m  
Rayon externe  $b = 0.2$  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

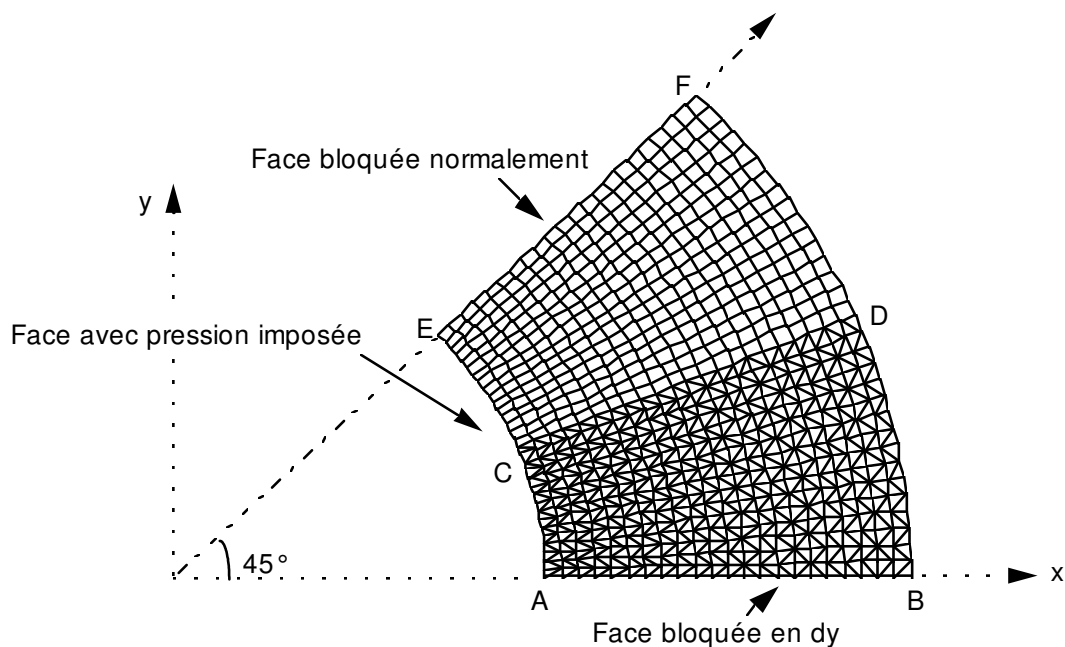
Déplacements  $(u, v)$  et contraintes  $(\sigma_{xx}, \sigma_{yy}, \sigma_{zz}, \sigma_{xy})$  aux points  $A, B, C, D, E, F$ .

### 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 <sup>-5</sup>	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ DEPL, comp. <i>Y</i>	0.	'ANALYTIQUE'	1E-10 (absolu)
	Champ SIGM_NOEU, comp. <i>S<math>\bar{I}\bar{X}\bar{X}</math></i>	-60.	'ANALYTIQUE'	5 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. <i>S<math>\bar{I}\bar{Y}\bar{Y}</math></i>	100.	'ANALYTIQUE'	5 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. <i>S<math>\bar{I}\bar{Z}\bar{Z}</math></i>	12.	'ANALYTIQUE'	5 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. <i>S<math>\bar{I}\bar{X}\bar{Y}</math></i>	0.	'ANALYTIQUE'	2 (absolu)
	<i>B</i>	Champ DEPL, comp. <i>X</i>	3.64 10 <sup>-5</sup>	'ANALYTIQUE'
Champ DEPL, comp. <i>Y</i>		0.	'ANALYTIQUE'	1E-10 (absolu)
Champ SIGM_NOEU, comp. <i>S<math>\bar{I}\bar{X}\bar{X}</math></i>		0.	'ANALYTIQUE'	2 (absolu)
Champ SIGM_NOEU, comp. <i>S<math>\bar{I}\bar{Y}\bar{Y}</math></i>		40.	'ANALYTIQUE'	5 %
Champ SIGM_NOEU, comp. <i>S<math>\bar{I}\bar{Z}\bar{Z}</math></i>		12.	'ANALYTIQUE'	8 %
Champ SIGM_NOEU, comp. <i>S<math>\bar{I}\bar{X}\bar{Y}</math></i>		0.	'ANALYTIQUE'	1 (absolu)
<i>C</i>		Champ DEPL, comp. <i>X</i>	5.28459 10 <sup>-5</sup>	'ANALYTIQUE'
	Champ DEPL, comp. <i>Y</i>	2.18895 10 <sup>-5</sup>	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. <i>S<math>\bar{I}\bar{X}\bar{X}</math></i>	-36.56854	'ANALYTIQUE'	5 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. <i>S<math>\bar{I}\bar{Y}\bar{Y}</math></i>	76.56854	'ANALYTIQUE'	5 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. <i>S<math>\bar{I}\bar{Z}\bar{Z}</math></i>	12.	'ANALYTIQUE'	5 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. <i>S<math>\bar{I}\bar{X}\bar{Y}</math></i>	-56.56854	'ANALYTIQUE'	5 %
	<i>D</i>	Champ DEPL, comp. <i>X</i>	3.36292 10 <sup>-5</sup>	'ANALYTIQUE'
Champ DEPL, comp. <i>Y</i>		1.39297 10 <sup>-5</sup>	'ANALYTIQUE'	1 %
Champ SIGM_NOEU, comp. <i>S<math>\bar{I}\bar{X}\bar{X}</math></i>		5.85786	'ANALYTIQUE'	20 %
Champ SIGM_NOEU, comp. <i>S<math>\bar{I}\bar{Y}\bar{Y}</math></i>		34.14214	'ANALYTIQUE'	5 %
Champ SIGM_NOEU, comp. <i>S<math>\bar{I}\bar{Z}\bar{Z}</math></i>		12.	'ANALYTIQUE'	1 %
Champ SIGM_NOEU, comp. <i>S<math>\bar{I}\bar{X}\bar{Y}</math></i>		-14.14213	'ANALYTIQUE'	8 %
<i>E</i>		Champ DEPL, comp. <i>X</i>	4.04465 10 <sup>-5</sup>	'ANALYTIQUE'
	Champ DEPL, comp. <i>Y</i>	4.04465 10 <sup>-5</sup>	'ANALYTIQUE'	1 %

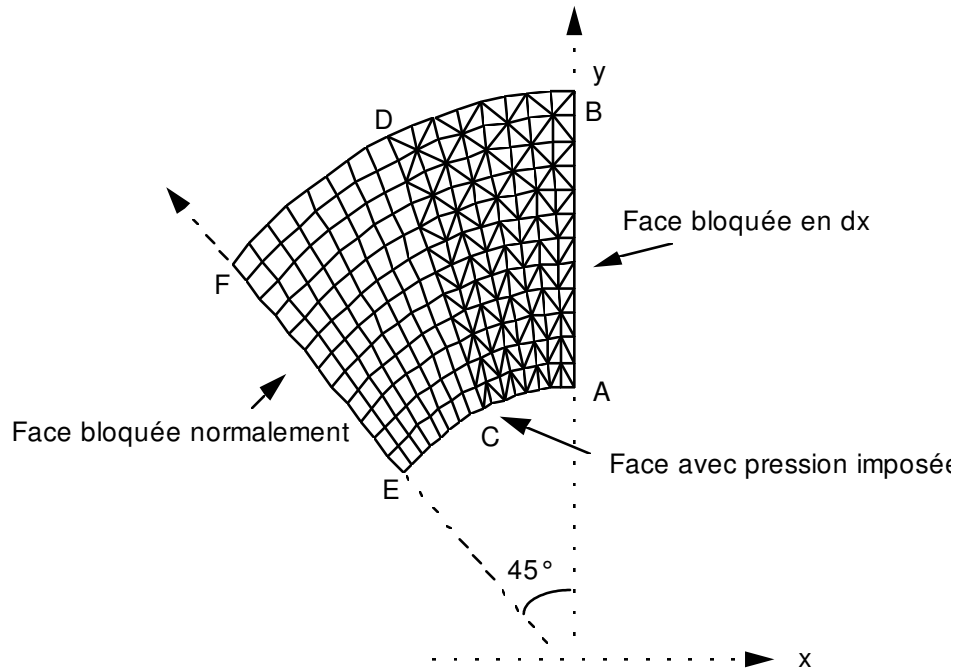
	Champ SIGM_NOEU, comp. <i>SIXX</i>	20.	'ANALYTIQUE'	5 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. <i>SIYY</i>	20.	'ANALYTIQUE'	6 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. <i>SIZZ</i>	12.	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. <i>SIXY</i>	-80.	'ANALYTIQUE'	5 %
<i>F</i>			'ANALYTIQUE'	
	Champ DEPL, comp. <i>X</i>	$2.57387 \cdot 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ DEPL, comp. <i>Y</i>	$2.57387 \cdot 10^{-5}$	'ANALYTIQUE'	1 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. <i>SIXX</i>	20.	'ANALYTIQUE'	7 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. <i>SIYY</i>	20.	'ANALYTIQUE'	5 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. <i>SIZZ</i>	12.	'ANALYTIQUE'	5 %
	Champ SIGM_NOEU, comp. <i>SIXY</i>	-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*

DDL\_IMPO = ( GROUP\_NO = bordAB DY = 0. )

côté *EF*

FACE\_IMPO = ( GROUP\_MA = faceEFDNOR = 0. )

pression sur *AE*

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



# Code Aster

Version  
default

Titre : SSLV100 - Cylindre creux en déformations planes  
Responsable : DELMAS Josselin

Date : 20/07/2017 Page : 9/16  
Clé : V3.04.100 Révision :  
b29d674967e4

Maille M169	Champ SIGM_ELNO, comp. <i>SIYY</i>	-36.56854	'ANALYTIQUE'	2 %
Maille M170	Champ SIGM_ELNO, comp. <i>SIYY</i>	-36.56854	'ANALYTIQUE'	2 %
Maille M193	Champ SIGM_ELNO, comp. <i>SIYY</i>	-36.56854	'ANALYTIQUE'	2 %
Maille M169	Champ SIGM_ELNO, comp. <i>SIZZ</i>	12.	'ANALYTIQUE'	5 %
Maille M170	Champ SIGM_ELNO, comp. <i>SIZZ</i>	12.	'ANALYTIQUE'	5 %
Maille M193	Champ SIGM_ELNO, comp. <i>SIZZ</i>	12.	'ANALYTIQUE'	5 %
Maille M169	Champ SIGM_ELNO, comp. <i>SIXY</i>	56.56854	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M170	Champ SIGM_ELNO, comp. <i>SIXY</i>	56.56854	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M193	Champ SIGM_ELNO, comp. <i>SIXY</i>	56.56854	'ANALYTIQUE'	1 %
<hr/>				
<i>D</i>				
-	Champ DEPL, comp. Y	3.36292 10 <sup>-5</sup>	'ANALYTIQUE'	1 %
-	Champ DEPL, comp. X	1.39297 10 <sup>-5</sup>	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M190	Champ SIGM_ELNO, comp. <i>SIXX</i>	34.14214	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M192	Champ SIGM_ELNO, comp. <i>SIXX</i>	34.14214	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M204	Champ SIGM_ELNO, comp. <i>SIXX</i>	34.14214	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M190	Champ SIGM_ELNO, comp. <i>SIYY</i>	5.85786	'ANALYTIQUE'	5 %
Maille M192	Champ SIGM_ELNO, comp. <i>SIYY</i>	5.85786	'ANALYTIQUE'	5 %
Maille M204	Champ SIGM_ELNO, comp. <i>SIYY</i>	5.85786	'ANALYTIQUE'	5 %
Maille M190	Champ SIGM_ELNO, comp. <i>SIZZ</i>	12.	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M192	Champ SIGM_ELNO, comp. <i>SIZZ</i>	12.	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M204	Champ SIGM_ELNO, comp. <i>SIZZ</i>	12.	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M190	Champ SIGM_ELNO, comp. <i>SIXY</i>	14.14213	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M192	Champ SIGM_ELNO, comp. <i>SIXY</i>	14.14213	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M204	Champ SIGM_ELNO, comp. <i>SIXY</i>	14.14213	'ANALYTIQUE'	1 %
<hr/>				
<i>E</i>				
-	Champ DEPL, comp. Y	4.04465 10 <sup>-5</sup>	'ANALYTIQUE'	1 %
-	Champ DEPL, comp. X	-4.04465 10 <sup>-5</sup>	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M256	Champ SIGM_ELNO, comp. <i>SIXX</i>	20.	'ANALYTIQUE'	5 %
Maille M256	Champ SIGM_ELNO, comp. <i>SIYY</i>	20.	'ANALYTIQUE'	5 %
Maille M256	Champ SIGM_ELNO, comp. <i>SIZZ</i>	12.	'ANALYTIQUE'	5 %

Maille M256	Champ SIGM_ELNO, comp. $\bar{SIXY}$	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. $\bar{SIXX}$	20.	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M222	Champ SIGM_ELNO, comp. $\bar{SIYY}$	20.	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M222	Champ SIGM_ELNO, comp. $\bar{SIZZ}$	12.	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M222	Champ SIGM_ELNO, comp. $\bar{SIXY}$	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
<b>point A</b>				
-	Champ DEPL, comp. X	5.72 10 <sup>-5</sup>	'ANALYTIQUE'	1 %
-	Champ DEPL, comp. Y	0.	'ANALYTIQUE'	1E-10 (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	12.	'ANALYTIQUE'	5 %
Maille M1	Champ SIGM_ELNO, comp. SIXY	0.	'ANALYTIQUE'	1E-2 (absolu)
<b>B</b>				
-	Champ DEPL, comp. X	3.64 10 <sup>-5</sup>	'ANALYTIQUE'	1 %
-	Champ DEPL, comp. Y	0.	'ANALYTIQUE'	1E-10 (absolu)
Maille M12	Champ SIGM_ELNO, comp. SIXX	0.	'ANALYTIQUE'	0,1 (absolu)
Maille M12	Champ SIGM_ELNO, comp. SIYY	40.	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M12	Champ SIGM_ELNO, comp. SIZZ	12.	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M12	Champ SIGM_ELNO, comp. SIXY	0.	'ANALYTIQUE'	1E-2 (absolu)
<b>C</b>				
-	Champ DEPL, comp. X	5.28459 10 <sup>-5</sup>	'ANALYTIQUE'	1 %
-	Champ DEPL, comp. Y	2.18895 10 <sup>-5</sup>	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M73	Champ SIGM_ELNO, comp. SIXX	-36.56854	'ANALYTIQUE'	2 %
Maille M85	Champ SIGM_ELNO, comp. SIXX	-36.56854	'ANALYTIQUE'	2 %
Maille M73	Champ SIGM_ELNO, comp. SIYY	76.56854	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M85	Champ SIGM_ELNO, comp. SIYY	76.56854	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M73	Champ SIGM_ELNO, comp. SIZZ	12.	'ANALYTIQUE'	3 %
Maille M85	Champ SIGM_ELNO, comp. SIZZ	12.	'ANALYTIQUE'	3 %
Maille M73	Champ SIGM_ELNO, comp. SIXY	-56.56854	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M85	Champ SIGM_ELNO, comp. SIXY	-56.56854	'ANALYTIQUE'	1 %
<b>D</b>				
-	Champ DEPL, comp. X	3.36292 10 <sup>-5</sup>	'ANALYTIQUE'	1 %
-	Champ DEPL, comp. Y	1.39297 10 <sup>-5</sup>	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M84	Champ SIGM_ELNO, comp. SIXX	5.85786	'ANALYTIQUE'	2 %
Maille M96	Champ SIGM_ELNO, comp. SIXX	5.85786	'ANALYTIQUE'	2 %

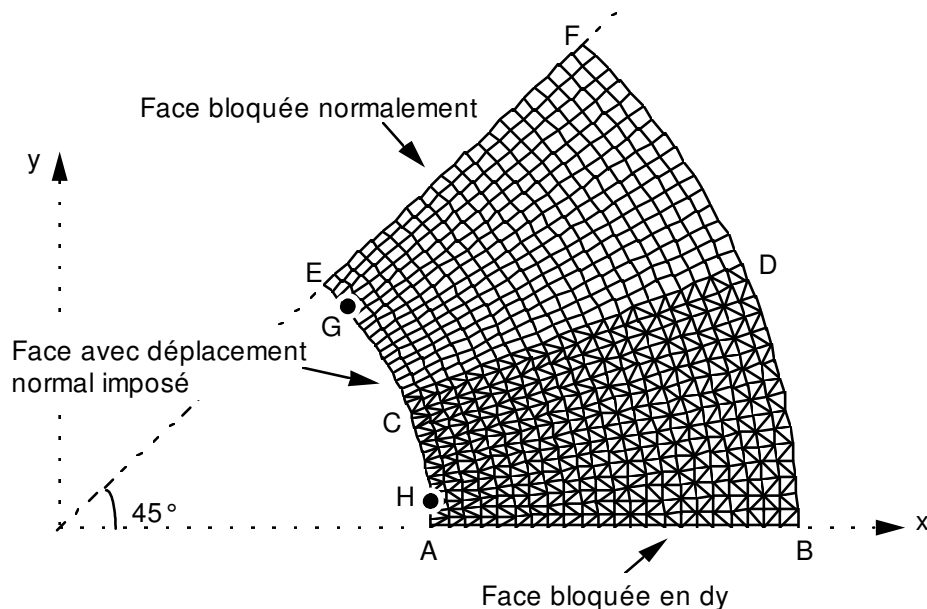
Maille M84	Champ SIGM_ELNO, comp. $\overline{SIYY}$	34.14214	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M96	Champ SIGM_ELNO, comp. $\overline{SIYY}$	34.14214	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M84	Champ SIGM_ELNO, comp. $\overline{SIZZ}$	12.	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M96	Champ SIGM_ELNO, comp. $\overline{SIZZ}$	12.	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M84	Champ SIGM_ELNO, comp. $\overline{SIXY}$	-14.14213	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M96	Champ SIGM_ELNO, comp. $\overline{SIXY}$	-14.14213	'ANALYTIQUE'	1 %
<hr/>				
<i>E</i>				
-	Champ DEPL, comp. X	4.04465 10 <sup>-5</sup>	'ANALYTIQUE'	1 %
-	Champ DEPL, comp. Y	4.04465 10 <sup>-5</sup>	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M136	Champ SIGM_ELNO, comp. $\overline{SIXX}$	20.	'ANALYTIQUE'	3 %
Maille M136	Champ SIGM_ELNO, comp. $\overline{SIYY}$	20.	'ANALYTIQUE'	3 %
Maille M136	Champ SIGM_ELNO, comp. $\overline{SIZZ}$	12.	'ANALYTIQUE'	3 %
Maille M136	Champ SIGM_ELNO, comp. $\overline{SIXY}$	-80.	'ANALYTIQUE'	1 %
<hr/>				
<i>F</i>				
-	Champ DEPL, comp. X	2.57387 10 <sup>-5</sup>	'ANALYTIQUE'	1 %
-	Champ DEPL, comp. Y	2.57387 10 <sup>-5</sup>	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M102	Champ SIGM_ELNO, comp. $\overline{SIXX}$	20.	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M102	Champ SIGM_ELNO, comp. $\overline{SIYY}$	20.	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M102	Champ SIGM_ELNO, comp. $\overline{SIZZ}$	12.	'ANALYTIQUE'	1 %
Maille M102	Champ SIGM_ELNO, comp. $\overline{SIXY}$	-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 <i>AB</i>	D DL_IMPO :	(GROUP_NO = bordAB	DY = 0. )
côté <i>EF</i>	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 :	<i>A</i> = N23	<i>B</i> = N1	<i>C</i> = N391
	<i>D</i> = N369	<i>E</i> = N451	<i>F</i> = N751
	<i>H</i> = N92	<i>G</i> = 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 <sub>Y</sub>	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 <sub>Y</sub>	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 <sub>Y</sub>	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 $\sigma_{xx}$	A, B	6.04	0.29	0.27
	C, D	10.84	0.17	0.32
	E, F	17.46	$4 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$
Contraintes $\sigma_{yy}$	A, B	3.61	0.38	0.16
	C, D	0.72	0.63	0.14
	E, F	27.07	$2 \cdot 10^{-5}$	$5.5 \cdot 10^{-4}$
Contraintes $\sigma_{zz}$	A, B	1.33	0.16	0.02
	C, D	8.51	0.63	0.02
	E, F	22.27	$2 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$
Contraintes $\sigma_{xy}$	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.