

## SSLS114 - Non régression sur quart de virole cylindrique

---

### Résumé :

Il s'agit d'un test de mécanique en statique linéaire.

Le but est de tester la mise sous pression d'un quart de virole cylindrique avec les éléments de coque et de plaque.

## 1 Problème de référence

---

### 1.1 Propriétés des matériaux

$$E = 200\,000 \text{ MPa}$$

$$\nu = 0.3$$

$$\rho = 1234. \text{ kg / m}^3 \text{ pour la modélisations } I.$$

### 1.2 Caractéristiques géométriques

On note :

- 1)  $R_1 = 0.975 \text{ m}$  le rayon intérieur du cylindre ;
- 2)  $R_2 = 1.025 \text{ m}$  le rayon extérieur du cylindre ;
- 3)  $R = 1 \text{ m}$  le rayon moyen du cylindre égal à la demi-somme des deux rayons précédents ;
- 4)  $e = 0.05 \text{ m}$  l'épaisseur radiale du cylindre ;
- 5)  $h = 0.5 \text{ m}$  la hauteur du cylindre.

### 1.3 Conditions aux limites et chargements mécaniques

Conditions de Dirichlet

DDL\_IMPO, les nœuds bloqués dépendent de la modélisation.

pression sur les éléments de coque et de plaque :  $P = 10 \text{ MPa}$  sur le cylindre

PRES\_REP

FORCE\_COQUE (réelle ou donnée par une fonction)

## 2 Solution de référence

Solution analytique.

### 2.1 Résultats de référence

Déplacement du feuillet moyen

Contraintes du feuillet moyen, feuillets supérieur et inférieur.

Dans la modélisation  $I$  on calcule la masse, les coordonnées du centre de gravité et les termes de la matrice d'inertie. Les expressions analytiques sont données dans la documentation [R3.07.02].

#### 2.1.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence en déplacements et contraintes

En incompressible :

$$\begin{cases} u_r \\ u_\theta \\ u_z \end{cases} = \begin{cases} \frac{B}{r} \\ 0 \\ 0 \end{cases} \quad \text{avec } B = \frac{(1+\nu)}{E} P \frac{a^2 b^2}{(b^2 - a^2)}$$

$$\begin{cases} \varepsilon_{rr} \\ \varepsilon_{\theta\theta} \\ \varepsilon_{r\theta} \\ \varepsilon_{zz} \end{cases} = \begin{cases} -\frac{B}{r^2} \\ +\frac{B}{r^2} \\ 0 \\ 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} J_{rr} \\ J_{\theta\theta} \\ \sigma_{r\theta} \\ \sigma_{zz} \end{cases} = \begin{cases} P \frac{a^2}{b^2 - a^2} \left[ 1 - \frac{b^2}{r^2} \right] \\ P \frac{a^2}{b^2 - a^2} \left[ 1 + \frac{b^2}{r^2} \right] \\ 0 \\ 2\nu P \frac{a^2}{b^2 - a^2} \end{cases}$$

Passage dans le système cartésien :

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

## 2.1.2 Détermination des masses, centre de gravité et tenseur d'inertie

Pour la modélisation i de type coque de révolution autour d'un axe  $OZ$

1) la masse vaut :  $M = \rho h \pi (R_2^2 - R_1^2) = 2\pi \rho h e R$  ;

2) les coordonnées du centre de gravité sont :  $\begin{bmatrix} x_G \\ y_G \\ z_G \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ h/2 \end{bmatrix}$  ;

3) le tenseur d'inertie par rapport à  $O$  vaut :

$$\begin{bmatrix} I_{xx} & I_{xy} & I_{xz} \\ I_{xy} & I_{yy} & I_{yz} \\ I_{xz} & I_{yz} & I_{zz} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{MR^2}{2} \left[ 1 + \frac{1}{4} \left( \frac{e}{R} \right)^2 \right] + \frac{M}{3} h^2 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{MR^2}{2} \left[ 1 + \frac{1}{4} \left( \frac{e}{R} \right)^2 \right] + \frac{M}{3} h^2 & 0 \\ 0 & 0 & MR^2 \left[ 1 + \frac{1}{4} \left( \frac{e}{R} \right)^2 \right] \end{bmatrix}$$

4) le tenseur d'inertie par rapport à  $G$  vaut :

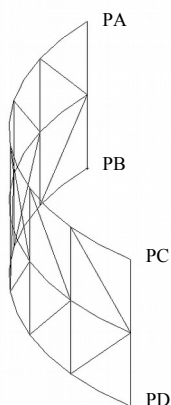
$$\begin{bmatrix} I_{xx} & I_{xy} & I_{xz} \\ I_{xy} & I_{yy} & I_{yz} \\ I_{xz} & I_{yz} & I_{zz} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{MR^2}{2} \left[ 1 + \frac{1}{4} \left( \frac{e}{R} \right)^2 \right] + \frac{M}{12} h^2 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{MR^2}{2} \left[ 1 + \frac{1}{4} \left( \frac{e}{R} \right)^2 \right] + \frac{M}{12} h^2 & 0 \\ 0 & 0 & MR^2 \left[ 1 + \frac{1}{4} \left( \frac{e}{R} \right)^2 \right] \end{bmatrix}$$

**Remarque :**

Dans la pratique, on néglige les termes en  $\left( \frac{e}{R} \right)^2$  dans ces expressions.

## 3 Modélisation A

### 3.1 Caractéristiques du maillage



Coordonnées des points :

| GROUP_NO | $Coor_x$ | $Coor_y$ | $Coor_z$ |
|----------|----------|----------|----------|
| PA       | -1.      | 0.       | 5.0E-01  |
| PB       | -1.      | 0.       | 0.       |
| PC       | 0.       | -1.      | 5.0E-01  |
| PD       | 0.       | -1.      | 0.       |

Caractéristiques des éléments :

Types de mailles : 24 COQUE\_3D  
24 TRIA7

Conditions aux limites :

Groupe de mailles AB :

- 1) déplacement suivant l'axe Y : DY = 0
- 2) rotation autour de l'axe X : DRX = 0
- 3) rotation autour de l'axe Z : DRZ = 0

Groupe de mailles CD :

- 1) déplacement suivant l'axe X : DX = 0
- 2) rotation autour de l'axe Y : DRY = 0
- 3) rotation autour de l'axe Z : DRZ = 0

Groupe de nœuds PB :

- 1) déplacement suivant l'axe Z : DZ = 0

avec AB le groupe de mailles reliant PA et PB  
et CD celui reliant PC et PD

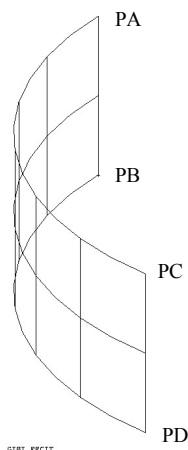
## 3.2 Grandeurs testées et résultats

De façon systématique, on prend les valeurs des déplacements et des contraintes sur le nœud *PA*

| Mot clé                   | Identification                 | Type de Référence | Valeur de Référence       | Tolérance |
|---------------------------|--------------------------------|-------------------|---------------------------|-----------|
| PRES_REP                  | Déplacements<br>Feuillet moyen | 'ANALYTIQUE'      | $-9.81907 \cdot 10^{-10}$ | 3.3%      |
|                           | Contraintes ( <i>SIXX</i> )    |                   |                           |           |
|                           | Feuillet moyen                 | 'ANALYTIQUE'      | 194.93754                 | 0.7%      |
|                           | Feuillet supérieur             | 'ANALYTIQUE'      | 200.125                   | 27.%      |
| FORCE_COQUE<br>(REEL)     | Feuillet inférieur             | 'ANALYTIQUE'      | 190.125                   | 27.%      |
|                           | Déplacements<br>Feuillet moyen | 'ANALYTIQUE'      | $-9.81907 \cdot 10^{-10}$ | 3.3%      |
|                           | Contraintes ( <i>SIXX</i> )    |                   |                           |           |
|                           | Feuillet moyen                 | 'ANALYTIQUE'      | 194.93754                 | 0.7%      |
| FORCE_COQUE<br>(FONCTION) | Feuillet supérieur             | 'ANALYTIQUE'      | 200.125                   | 27.%      |
|                           | Feuillet inférieur             | 'ANALYTIQUE'      | 190.125                   | 27.%      |
|                           | Déplacements<br>Feuillet moyen | 'ANALYTIQUE'      | $-9.81907 \cdot 10^{-10}$ | 3.3%      |
|                           | Contraintes ( <i>SIXX</i> )    |                   |                           |           |
| FORCE_COQUE<br>(FONCTION) | Feuillet moyen                 | 'ANALYTIQUE'      | 194.93754                 | 0.7       |
|                           | Feuillet supérieur             | 'ANALYTIQUE'      | 200.125                   | 27.%      |
|                           | Feuillet inférieur             | 'ANALYTIQUE'      | 190.125                   | 27.%      |
|                           | Déplacements<br>Feuillet moyen | 'ANALYTIQUE'      | $-9.81907 \cdot 10^{-10}$ | 3.3%      |

## 4 Modélisation B

### 4.1 Caractéristiques du maillage



Coordonnées des points :

| GROUP_NO | Coor <sub>x</sub> | Coor <sub>y</sub> | Coor <sub>z</sub> |
|----------|-------------------|-------------------|-------------------|
| PA       | -1.               | 0.                | 5.0E-01           |
| PB       | -1.               | 0.                | 0.                |
| PC       | 0.                | -1.               | 5.0E-01           |
| PD       | 0.                | -1.               | 0.                |

Caractéristiques des éléments :

Types de mailles : 12 COQUE\_3D  
12 QUAD9

Conditions aux limites :

Groupe de mailles AB :

- 1) déplacement suivant l'axe Y : DY = 0
- 2) rotation autour de l'axe X : DRX = 0
- 3) rotation autour de l'axe Z : DRZ = 0

Groupe de mailles CD :

- 1) déplacement suivant l'axe X : DX = 0
- 2) rotation autour de l'axe Y : DRY = 0
- 3) rotation autour de l'axe Z : DRZ = 0

Groupe de nœuds PB :

- 1) déplacement suivant l'axe Z : DZ = 0

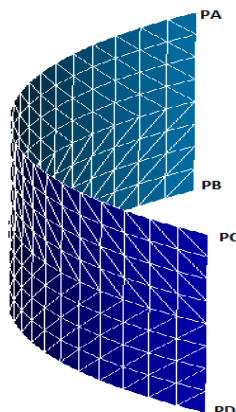
avec AB le groupe de mailles reliant PA et PB  
et CD celui reliant PC et PD

## 4.2 Grandeurs testées et résultats

| Mot clé                   | Identification                 | Type de Référence | Valeur de Référence       | Tolérance |
|---------------------------|--------------------------------|-------------------|---------------------------|-----------|
| PRES_REP                  | Déplacements<br>Feuillet moyen | 'ANALYTIQUE'      | $-9.81907 \cdot 10^{-10}$ | 1.5%      |
|                           | Contraintes ( <i>SIXX</i> )    |                   |                           |           |
|                           | Feuillet moyen                 | 'ANALYTIQUE'      | 194.93754                 | 2.3%      |
|                           | Feuillet supérieur             | 'ANALYTIQUE'      | 200.125                   | 2.2%      |
| FORCE_COQUE<br>(REEL)     | Feuillet inférieur             | 'ANALYTIQUE'      | 190.125                   | 2.3%      |
|                           | Déplacements<br>Feuillet moyen | 'ANALYTIQUE'      | $-9.81907 \cdot 10^{-10}$ | 1.5%      |
|                           | Contraintes ( <i>SIXX</i> )    |                   |                           |           |
|                           | Feuillet moyen                 | 'ANALYTIQUE'      | 194.93754                 | 2.3%      |
| FORCE_COQUE<br>(FONCTION) | Feuillet supérieur             | 'ANALYTIQUE'      | 200.125                   | 2.2%      |
|                           | Feuillet inférieur             | 'ANALYTIQUE'      | 190.125                   | 2.3%      |
|                           | Déplacements<br>Feuillet moyen | 'ANALYTIQUE'      | $-9.81907 \cdot 10^{-10}$ | 1.5%      |
|                           | Contraintes ( <i>SIXX</i> )    |                   |                           |           |
|                           | Feuillet moyen                 | 'ANALYTIQUE'      | 194.93754                 | 2.3%      |
|                           | Feuillet supérieur             | 'ANALYTIQUE'      | 200.125                   | 2.2%      |
|                           | Feuillet inférieur             | 'ANALYTIQUE'      | 190.125                   | 2.3%      |

## 5 Modélisation C

### 5.1 Caractéristiques du maillage



Coordonnées des points :

| GROUP_NO | $Coor_x$ | $Coor_y$ | $Coor_z$ |
|----------|----------|----------|----------|
| PA       | -1.      | 0.       | 5.0E-01  |
| PB       | -1.      | 0.       | 0.       |
| PC       | 0.       | -1.      | 5.0E-01  |
| PD       | 0.       | -1.      | 0.       |

Caractéristiques des éléments :

Types de mailles : 192 DKT  
192 DST

Conditions aux limites :

Groupe de mailles AB :

- 1) déplacement suivant l'axe Y : DY = 0
- 2) rotation autour de l'axe X : DRX = 0
- 3) rotation autour de l'axe Z : DRZ = 0

Groupe de mailles CD :

- 1) déplacement suivant l'axe X : DX = 0
- 2) rotation autour de l'axe Y : DRY = 0
- 3) rotation autour de l'axe Z : DRZ = 0

Groupe de nœuds PB :

- 1) déplacement suivant l'axe Z : DZ = 0

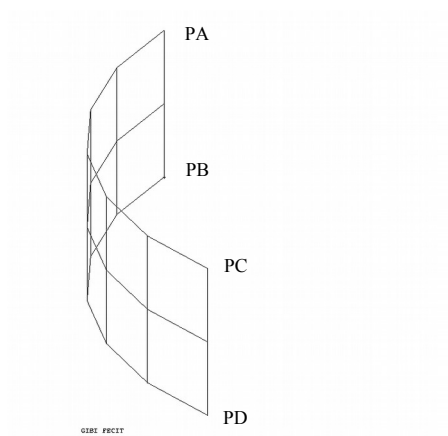
avec AB le groupe de mailles reliant PA et PB  
et CD celui reliant PC et PD

## 5.2 Grandeurs testées et résultats

| Mot clé                   | Identification                 | Type de Référence | Valeur de Référence       | Tolérance |
|---------------------------|--------------------------------|-------------------|---------------------------|-----------|
| PRES_REP                  | Déplacements<br>Feuillet moyen | 'ANALYTIQUE'      | $-9.81907 \cdot 10^{-10}$ | 2.0%      |
|                           | Contraintes ( SIXX )           |                   |                           |           |
|                           | Feuillet moyen                 | 'ANALYTIQUE'      | 194.93754                 | 3.0%      |
|                           | Feuillet supérieur             | 'ANALYTIQUE'      | 200.125                   | 5.5%      |
|                           | Feuillet inférieur             | 'ANALYTIQUE'      | 190.125                   | 3.0%      |
| FORCE_COQUE<br>(REEL)     | Déplacements<br>Feuillet moyen | 'ANALYTIQUE'      | $-9.81907 \cdot 10^{-10}$ | 2.0%      |
|                           | Contraintes ( SIXX )           |                   |                           |           |
|                           | Feuillet moyen                 | 'ANALYTIQUE'      | 194.93754                 | 3.0%      |
|                           | Feuillet supérieur             | 'ANALYTIQUE'      | 200.125                   | 5.5%      |
|                           | Feuillet inférieur             | 'ANALYTIQUE'      | 190.125                   | 3.0%      |
| FORCE_COQUE<br>(FONCTION) | Déplacements<br>Feuillet moyen | 'ANALYTIQUE'      | $-9.81907 \cdot 10^{-10}$ | 2.0%      |
|                           | Contraintes ( SIXX )           |                   |                           |           |
|                           | Feuillet moyen                 | 'ANALYTIQUE'      | 194.93754                 | 3.0%      |
|                           | Feuillet supérieur             | 'ANALYTIQUE'      | 200.125                   | 5.5%      |
|                           | Feuillet inférieur             | 'ANALYTIQUE'      | 190.125                   | 3.0%      |

## 6 Modélisation D

### 6.1 Caractéristiques du maillage



Coordonnées des points :

| GROUP_NO  | $Coor_x$ | $Coor_y$ | $Coor_z$ |
|-----------|----------|----------|----------|
| <i>PA</i> | -1.      | 0.       | 5.0E-01  |
| <i>PB</i> | -1.      | 0.       | 0.       |
| <i>PC</i> | 0.       | -1.      | 5.0E-01  |
| <i>PD</i> | 0.       | -1.      | 0.       |

Caractéristiques des éléments :

Types de mailles : 6 DKQ  
6 DSQ

Conditions aux limites :

Groupe de mailles *AB* :

- 1) déplacement suivant l'axe Y :  $DY = 0$
- 2) rotation autour de l'axe X :  $DRX = 0$
- 3) rotation autour de l'axe Z :  $DRZ = 0$

Groupe de mailles *CD* :

- 1) déplacement suivant l'axe X :  $DX = 0$
- 2) rotation autour de l'axe Y :  $DRY = 0$
- 3) rotation autour de l'axe Z :  $DRZ = 0$

Groupe de nœuds *PB* :

- 1) déplacement suivant l'axe Z :  $DZ = 0$

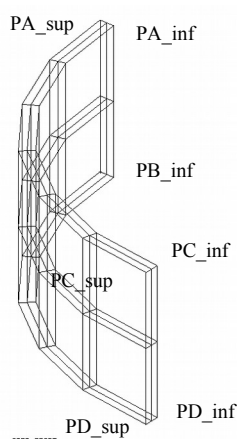
avec *AB* le groupe de mailles reliant *PA* et *PB*  
et *CD* celui reliant *PC* et *PD*

## 6.2 Grandeurs testées et résultats

| Mot clé                   | Identification                 | Type de Référence | Valeur de Référence       | Tolérance |
|---------------------------|--------------------------------|-------------------|---------------------------|-----------|
| PRES_REP                  | Déplacements<br>Feuillet moyen | 'ANALYTIQUE'      | $-9.81907 \cdot 10^{-10}$ | 1.0%      |
|                           | Contraintes ( SIXX )           |                   |                           |           |
|                           | Feuillet moyen                 | 'ANALYTIQUE'      | 194.93754                 | 1.8%      |
|                           | Feuillet supérieur             | 'ANALYTIQUE'      | 200.125                   | 1.0%      |
|                           | Feuillet inférieur             | 'ANALYTIQUE'      | 190.125                   | 4.3%      |
| FORCE_COQUE<br>(REEL)     | Déplacements<br>Feuillet moyen | 'ANALYTIQUE'      | $-9.81907 \cdot 10^{-10}$ | 1.0%      |
|                           | Contraintes ( SIXX )           |                   |                           |           |
|                           | Feuillet moyen                 | 'ANALYTIQUE'      | 194.93754                 | 1.8%      |
|                           | Feuillet supérieur             | 'ANALYTIQUE'      | 200.125                   | 1.0%      |
|                           | Feuillet inférieur             | 'ANALYTIQUE'      | 190.125                   | 4.3%      |
| FORCE_COQUE<br>(FONCTION) | Déplacements<br>Feuillet moyen | 'ANALYTIQUE'      | $-9.81907 \cdot 10^{-10}$ | 1.0%      |
|                           | Contraintes ( SIXX )           |                   |                           |           |
|                           | Feuillet moyen                 | 'ANALYTIQUE'      | 194.93754                 | 1.8%      |
|                           | Feuillet supérieur             | 'ANALYTIQUE'      | 200.125                   | 1.0%      |
|                           | Feuillet inférieur             | 'ANALYTIQUE'      | 190.125                   | 4.3%      |

## 7 Modélisation E

### 7.1 Caractéristiques du maillage



Coordonnées des points :

| GROUP_NO | $Coor_x$   | $Coor_y$   | $Coor_z$ |
|----------|------------|------------|----------|
| PA_inf   | -9.75E-01  | 0.         | 5.0E-01  |
| PA       | -1.        | 0.         | 5.0E-01  |
| PA_sup   | -1.025E+00 | 0.         | 5.0E-01  |
| PB_inf   | -9.75E-01  | 0.         | 0.       |
| PB       | -1.        | 0.         | 0.       |
| PB_sup   | -1.025E+00 | 0.         | 0.       |
| PC_inf   | 0.         | -9.75E-01  | 5.0E-01  |
| PC       | 0.         | -1.        | 5.0E-01  |
| PC_sup   | 0.         | -1.025E+00 | 5.0E-01  |
| PD_inf   | 0.         | -9.75E-01  | 0.       |
| PD       | 0.         | -1.        | 0.       |
| PD_sup   | 0.         | -1.025E+00 | 0.       |

Caractéristiques des éléments :

Types de mailles : 24 mailles HEXA8 3D linéaire

Conditions aux limites :

Groupe de mailles S\_AB :

- 1) déplacement suivant l'axe Y : DY = 0
- 2) déplacement suivant l'axe Z : DZ = 0

Groupe de mailles S\_CD :

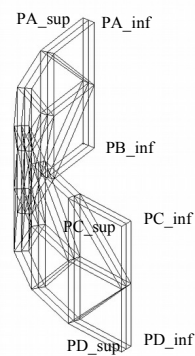
- 1) déplacement suivant l'axe X : DX = 0
- 2) déplacement suivant l'axe Z : DZ = 0

## 7.2 Grandeurs testées et résultats

| Mot clé                | Identification              | Type de Référence | Valeur de Référence       | Tolérance |
|------------------------|-----------------------------|-------------------|---------------------------|-----------|
| PRES_REP<br>(REEL)     | Déplacements                |                   |                           |           |
|                        | Feuillet moyen              | 'ANALYTIQUE '     | $-9.81907 \cdot 10^{-10}$ | 1.6%      |
|                        | Feuillet inférieur          | 'ANALYTIQUE '     | $-9.90234 \cdot 10^{-10}$ | 1.3%      |
|                        | Feuillet supérieur          | 'ANALYTIQUE '     | $-9.81907 \cdot 10^{-10}$ | 2.6%      |
|                        | Contraintes ( <i>SIYY</i> ) |                   |                           |           |
|                        | Feuillet moyen              | 'ANALYTIQUE '     | 194.93754                 | 8.3%      |
|                        | Feuillet inférieur          | 'ANALYTIQUE '     | 200.125                   | 9%        |
| PRES_REP<br>(FONCTION) | Feuillet supérieur          | 'ANALYTIQUE '     | 190.125                   | 8%        |
|                        | Déplacements                |                   |                           |           |
|                        | Feuillet moyen              | 'ANALYTIQUE '     | $-9.81907 \cdot 10^{-10}$ | 1.6%      |
|                        | Feuillet inférieur          | 'ANALYTIQUE '     | $-9.90234 \cdot 10^{-10}$ | 1.3%      |
|                        | Feuillet supérieur          | 'ANALYTIQUE '     | $-9.81907 \cdot 10^{-10}$ | 2.6%      |
|                        | Contraintes ( <i>SIYY</i> ) |                   |                           |           |
|                        | Feuillet moyen              | 'ANALYTIQUE'      | 194.93754                 | 8.3%      |
|                        | Feuillet inférieur          | 'ANALYTIQUE '     | 200.125                   | 9%        |
|                        | Feuillet supérieur          | 'ANALYTIQUE '     | 190.125                   | 8%        |

## 8 Modélisation F

### 8.1 Caractéristiques du maillage



Coordonnées des points :

| GROUP_NO | $Coor_x$   | $Coor_y$   | $Coor_z$ |
|----------|------------|------------|----------|
| PA_inf   | -9.75E-01  | 0.         | 5.0E-01  |
| PA       | -1.        | 0.         | 5.0E-01  |
| PA_sup   | -1.025E+00 | 0.         | 5.0E-01  |
| PB_inf   | -9.75E-01  | 0.         | 0.       |
| PB       | -1.        | 0.         | 0.       |
| PB_sup   | -1.025E+00 | 0.         | 0.       |
| PC_inf   | 0.         | -9.75E-01  | 5.0E-01  |
| PC       | 0.         | -1.        | 5.0E-01  |
| PC_sup   | 0.         | -1.025E+00 | 5.0E-01  |
| PD_inf   | 0.         | -9.75E-01  | 0.       |
| PD       | 0.         | -1.        | 0.       |
| PD_sup   | 0.         | -1.025E+00 | 0.       |

Caractéristiques des éléments :

Types de mailles : 48 mailles PENTA6 3D linéaire

Conditions aux limites :

Groupe de mailles S\_AB :

- 1) déplacement suivant l'axe Y : DY = 0
- 2) déplacement suivant l'axe Z : DZ = 0

Groupe de mailles S\_CD :

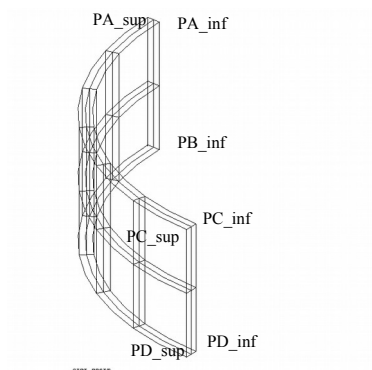
- 1) déplacement suivant l'axe X : DX = 0
- 2) déplacement suivant l'axe Z : DZ = 0

## 8.2 Grandeurs testées et résultats

| Mot clé                | Identification       | Type de Référence | Valeur de Référence       | Tolérance |
|------------------------|----------------------|-------------------|---------------------------|-----------|
| PRES_REP<br>(REEL)     | Déplacements         |                   |                           |           |
|                        | Feuillet moyen       | 'ANALYTIQUE '     | $-9.81907 \cdot 10^{-10}$ | 1.7%      |
|                        | Feuillet inférieur   | 'ANALYTIQUE '     | $-9.90234 \cdot 10^{-10}$ | 1.2%      |
|                        | Feuillet supérieur   | 'ANALYTIQUE '     | $-9.81907 \cdot 10^{-10}$ | 2.8%      |
|                        | Contraintes ( SIYY ) |                   |                           |           |
|                        | Feuillet moyen       | 'ANALYTIQUE '     | 194.93754                 | 10%       |
|                        | Feuillet inférieur   | 'ANALYTIQUE '     | 200.125                   | 21%       |
|                        | Feuillet supérieur   | 'ANALYTIQUE '     | 190.125                   | 2.1%      |
|                        |                      |                   |                           |           |
| PRES_REP<br>(FONCTION) | Déplacements         |                   |                           |           |
|                        | Feuillet moyen       | 'ANALYTIQUE '     | $-9.81907 \cdot 10^{-10}$ | 1.7%      |
|                        | Feuillet inférieur   | 'ANALYTIQUE '     | $-9.90234 \cdot 10^{-10}$ | 1.2%      |
|                        | Feuillet supérieur   | 'ANALYTIQUE '     | $-9.81907 \cdot 10^{-10}$ | 2.8%      |
|                        | Contraintes ( SIYY ) |                   |                           |           |
|                        | Feuillet moyen       | 'ANALYTIQUE '     | 194.93754                 | 10%       |
|                        | Feuillet inférieur   | 'ANALYTIQUE '     | 200.125                   | 21%       |
|                        | Feuillet supérieur   | 'ANALYTIQUE '     | 190.125                   | 2.1%      |
|                        |                      |                   |                           |           |

## 9 Modélisation G

### 9.1 Caractéristiques du maillage



Coordonnées des points :

| GROUP_NO | $Coor_x$   | $Coor_y$   | $Coor_z$ |
|----------|------------|------------|----------|
| PA_inf   | -9.75E-01  | 0.         | 5.0E-01  |
| PA       | -1.        | 0.         | 5.0E-01  |
| PA_sup   | -1.025E+00 | 0.         | 5.0E-01  |
| PB_inf   | -9.75E-01  | 0.         | 0.       |
| PB       | -1.        | 0.         | 0.       |
| PB_sup   | -1.025E+00 | 0.         | 0.       |
| PC_inf   | 0.         | -9.75E-01  | 5.0E-01  |
| PC       | 0.         | -1.        | 5.0E-01  |
| PC_sup   | 0.         | -1.025E+00 | 5.0E-01  |
| PD_inf   | 0.         | -9.75E-01  | 0.       |
| PD       | 0.         | -1.        | 0.       |
| PD_sup   | 0.         | -1.025E+00 | 0.       |

Caractéristiques des éléments :

Types de mailles : 24 mailles HEXA20 3D quadratique

Conditions aux limites :

Groupe de mailles S\_AB :

- 1) déplacement suivant l'axe Y : DY = 0
- 2) déplacement suivant l'axe Z : DZ = 0

Groupe de mailles S\_CD :

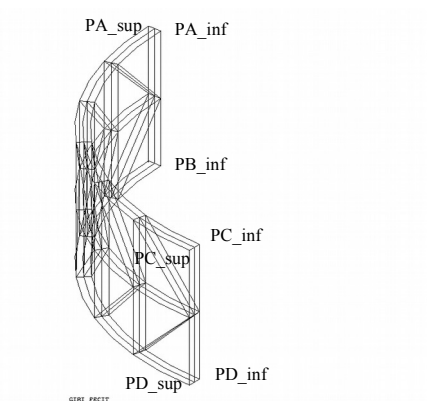
- 1) déplacement suivant l'axe X : DX = 0
- 2) déplacement suivant l'axe Z : DZ = 0

## 9.2 Grandeurs testées et résultats

| Mot clé                | Identification              | Type de Référence | Valeur de Référence       | Tolérance |
|------------------------|-----------------------------|-------------------|---------------------------|-----------|
| PRES_REP<br>(REEL)     | Déplacements                |                   |                           |           |
|                        | Feuillet moyen              | 'ANALYTIQUE '     | $-9.81907 \cdot 10^{-10}$ | 1.6%      |
|                        | Feuillet inférieur          | 'ANALYTIQUE '     | $-9.90234 \cdot 10^{-10}$ | 1.2%      |
|                        | Feuillet supérieur          | 'ANALYTIQUE '     | $-9.81907 \cdot 10^{-10}$ | 2.7%      |
|                        | Contraintes ( <i>SIYY</i> ) |                   |                           |           |
|                        | Feuillet moyen              | 'ANALYTIQUE '     | 194.93754                 | 13%       |
|                        | Feuillet inférieur          | 'ANALYTIQUE '     | 200.125                   | 13%       |
|                        | Feuillet supérieur          | 'ANALYTIQUE '     | 190.125                   | 11%       |
| PRES_REP<br>(FONCTION) | Déplacements                |                   |                           |           |
|                        | Feuillet moyen              | 'ANALYTIQUE '     | $-9.81907 \cdot 10^{-10}$ | 1.6%      |
|                        | Feuillet inférieur          | 'ANALYTIQUE '     | $-9.90234 \cdot 10^{-10}$ | 1.2%      |
|                        | Feuillet supérieur          | 'ANALYTIQUE '     | $-9.81907 \cdot 10^{-10}$ | 2.7%      |
|                        | Contraintes ( <i>SIYY</i> ) |                   |                           |           |
|                        | Feuillet moyen              | 'ANALYTIQUE '     | 194.93754                 | 13%       |
|                        | Feuillet inférieur          | 'ANALYTIQUE '     | 200.125                   | 13%       |
|                        | Feuillet supérieur          | 'ANALYTIQUE '     | 190.125                   | 11%       |

## 10 Modélisation H

### 10.1 Caractéristiques du maillage



Coordonnées des points :

| GROUP_NO | $Coor_x$   | $Coor_y$   | $Coor_z$ |
|----------|------------|------------|----------|
| PA_inf   | -9.75E-01  | 0.         | 5.0E-01  |
| PA       | -1.        | 0.         | 5.0E-01  |
| PA_sup   | -1.025E+00 | 0.         | 5.0E-01  |
| PB_inf   | -9.75E-01  | 0.         | 0.       |
| PB       | -1.        | 0.         | 0.       |
| PB_sup   | -1.025E+00 | 0.         | 0.       |
| PC_inf   | 0.         | -9.75E-01  | 5.0E-01  |
| PC       | 0.         | -1.        | 5.0E-01  |
| PC_sup   | 0.         | -1.025E+00 | 5.0E-01  |
| PD_inf   | 0.         | -9.75E-01  | 0.       |
| PD       | 0.         | -1.        | 0.       |
| PD_sup   | 0.         | -1.025E+00 | 0.       |

Caractéristiques des éléments :

Types de mailles : 48 mailles PENTA15 3D quadratique

Conditions aux limites :

Groupe de mailles  $S_{AB}$  :

- 1) déplacement suivant l'axe  $Y$  :  $DY=0$
- 2) déplacement suivant l'axe  $Z$  :  $DZ=0$

Groupe de mailles  $S_{CD}$  :

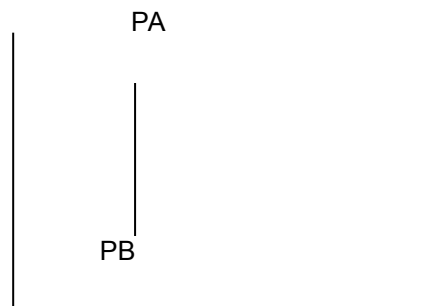
- 1) déplacement suivant l'axe  $X$  :  $DX=0$
- 2) déplacement suivant l'axe  $Z$  :  $DZ=0$

## 10.2 Grandeurs testées et résultats

| Mot clé                | Identification       | Type de Référence | Valeur de Référence       | Tolérance |
|------------------------|----------------------|-------------------|---------------------------|-----------|
| PRES_REP<br>(REEL)     | Déplacements         |                   |                           |           |
|                        | Feuillet moyen       | 'ANALYTIQUE '     | $-9.81907 \cdot 10^{-10}$ | 1.7%      |
|                        | Feuillet inférieur   | 'ANALYTIQUE '     | $-9.90234 \cdot 10^{-10}$ | 1.2%      |
|                        | Feuillet supérieur   | 'ANALYTIQUE '     | $-9.81907 \cdot 10^{-10}$ | 2.8%      |
|                        | Contraintes ( SIYY ) |                   |                           |           |
|                        | Feuillet moyen       | 'NON_DEFINI '     | 194.93754                 | 10. %     |
|                        | Feuillet inférieur   | 'NON_DEFINI '     | 200.125                   | 21. %     |
| PRES_REP<br>(FONCTION) | Feuillet supérieur   | 'NON_DEFINI '     | 190.125                   | 2.1%      |
|                        | Déplacements         |                   |                           |           |
|                        | Feuillet moyen       | 'ANALYTIQUE '     | $-9.81907 \cdot 10^{-10}$ | 1.7%      |
|                        | Feuillet inférieur   | 'ANALYTIQUE '     | $-9.90234 \cdot 10^{-10}$ | 1.2%      |
|                        | Feuillet supérieur   | 'ANALYTIQUE '     | $-9.81907 \cdot 10^{-10}$ | 2.8%      |
|                        | Contraintes ( SIYY ) |                   |                           |           |
|                        | Feuillet moyen       | 'NON_DEFINI '     | 194.93754                 | 10. %     |
|                        | Feuillet inférieur   | 'NON_DEFINI '     | 200.125                   | 21. %     |
|                        | Feuillet supérieur   | 'NON_DEFINI '     | 190.125                   | 2.1%      |

## 11 Modélisation I

### 11.1 Caractéristiques du maillage



Coordonnées des points :

| GROUP_NO | Coor <sub>x</sub> | Coor <sub>y</sub> |
|----------|-------------------|-------------------|
| PA       | 1.0               | 0.5               |
| PB       | 1.0               | 0.                |

Caractéristiques des éléments :

Types de mailles : 2 COQUE\_AXI

Donc  $R1=1.025\text{ m}$  et  $R2=0.975\text{ m}$ .  
 $h=0.5\text{ m}$

Pour cette modélisation et les suivantes, on précise la masse volumique  $\rho=1234.\text{ kg/m}^3$

Conditions aux limites :

Groupe de nœuds PB : déplacement suivant l'axe Y :  $DY=0$

## 11.2 Grandeurs testées et résultats

| Mot clé                                         | Identification                         | Type de Référence | Valeur de Référence        | Tolérance |
|-------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------|----------------------------|-----------|
| PRES_REP                                        | Déplacements<br>Feuillet moyen         | 'ANALYTIQUE '     | -9.81907 10 <sup>-10</sup> | 2%        |
|                                                 | Contraintes ( SIYY )<br>Feuillet moyen | 'NON_DEFINI '     | 194.93754                  | 10%       |
| FORCE_COQUE<br>(REEL) avec<br>MODI_METRIQUE     | Déplacements<br>Feuillet moyen         | 'ANALYTIQUE '     | -9.81907 10 <sup>-10</sup> | 2%        |
|                                                 | Contraintes ( SIYY )<br>Feuillet moyen | 'ANALYTIQUE '     | 194.93754                  | 2.8%      |
|                                                 | Feuillet supérieur                     | 'ANALYTIQUE '     | 200.125                    | 2.8%      |
|                                                 | Feuillet inférieur                     | 'ANALYTIQUE '     | 190.125                    | 2.8%      |
| FORCE_COQUE<br>(FONCTION) avec<br>MODI_METRIQUE | Déplacements<br>Feuillet moyen         | 'ANALYTIQUE '     | -9.81907 10 <sup>-10</sup> | 2%        |
|                                                 | Contraintes ( SIYY )<br>Feuillet moyen | 'ANALYTIQUE '     | 194.93754                  | 2.8%      |
|                                                 | Feuillet supérieur                     | 'ANALYTIQUE '     | 200.125                    | 2.8%      |
|                                                 | Feuillet inférieur                     | 'ANALYTIQUE '     | 190.125                    | 2.8%      |
| FORCE_COQUE<br>(FONCTION) sans<br>MODI_METRIQUE | Déplacements<br>Feuillet moyen         | 'ANALYTIQUE '     | -9.81907 10 <sup>-10</sup> | 2%        |
|                                                 | Contraintes ( SIYY )<br>Feuillet moyen | 'ANALYTIQUE '     | 194.93754                  | 2.8%      |
|                                                 | Feuillet supérieur                     | 'ANALYTIQUE '     | 200.125                    | 0.1%      |
|                                                 | Feuillet inférieur                     | 'ANALYTIQUE '     | 190.125                    | 5.2%      |

| Identification | Type de Référence | Valeur de Référence | Tolérance |
|----------------|-------------------|---------------------|-----------|
| MASSE          | 'ANALYTIQUE '     | 1.93836 E+02        | 0.1%      |
| CDG_X          | 'ANALYTIQUE '     | 0.0                 | 0.001     |
| CDG_Y          | 'ANALYTIQUE '     | 0.0                 | 0.001     |
| CDG_Z          | 'ANALYTIQUE '     | 2.5 E-01            | 0.1%      |
| IX_G           | 'NON_REGRESSION'  | 1.00956 E+02        | 0.1%      |
| IY_G           | 'NON_REGRESSION'  | 1.00956 E+02        | 0.1%      |
| IZ_G           | 'NON_REGRESSION'  | 1.93836 E+02        | 0.1%      |
| IXY_G          |                   | -8.42942            |           |
| IXZ_G          |                   | 0.0                 |           |
| IYZ_G          |                   | 0.0                 |           |

---

## 12 Synthèse des résultats

---

Les mot-clés `PRES_REP` (réel ou fonction) et `FORCE_COQUE` (réel ou fonction) peuvent être indifféremment utilisés pour les éléments de coque et de plaque, les résultats obtenus coïncident.