# SSNA301 - Fond de réservoir épais pressurisé

**Résumé :**

Ce test consiste à analyser jusqu'à la ruine, le fond torisphérique d'un réservoir épais soumis à une pression interne en prenant en compte le comportement élastoplastique du matériau et le comportement non linéaire de la structure.

La modélisation est faite avec des éléments axisymétriques de type MEAXQU8.

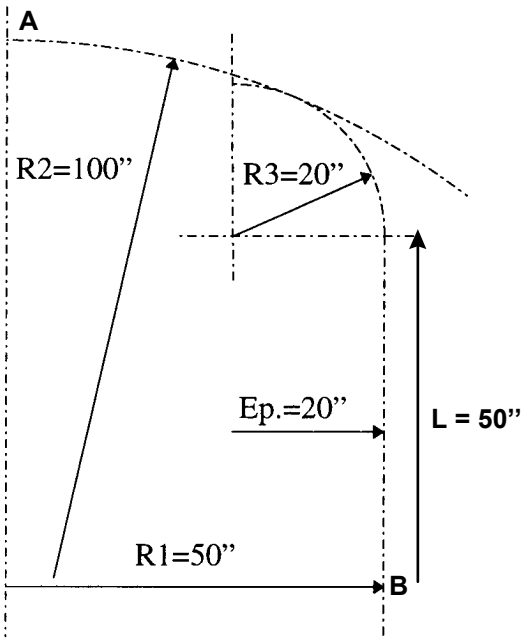
On testera ici la prise en compte ou non des non linéarités géométriques et l'utilisation d'une ou deux hypothèses matériau.



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

# 1 Problème de référence

## 1.1 Géométrie




## 1.2 Propriétés de matériaux

Matériau élastoplastique sans écrouissage

$E = 3.\mathrm{E}+07\ MPa$
$\nu = 0.3$
$\sigma_y = 3.\mathrm{E}+04\ MPa$

## 1.3 Conditions aux limites et chargements

Point $A$ : $u_x = 0$
Point $B$ : $u_y = 0.$

La mise en charge (= pression interne) suivante est appliquée :

$p = 1.737\ p_0$ ( voisinage de la ruine) avec $p_0 = 658.257\ MPa$ (fin du régime linéaire)

La charge $p$ est appliquée en 50 incréments identiques.



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

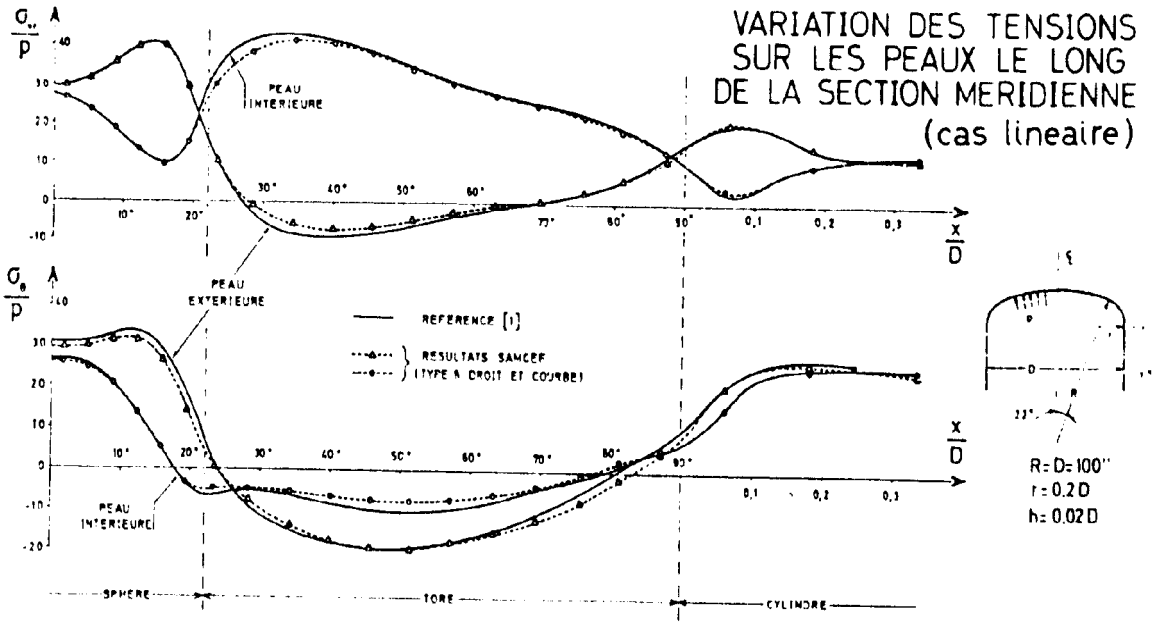
# 2 Solution de référence

## 2.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence

Calcul élément fini avec Samcef Version 7.0 (Mecanl).

## 2.2 Solution de référence

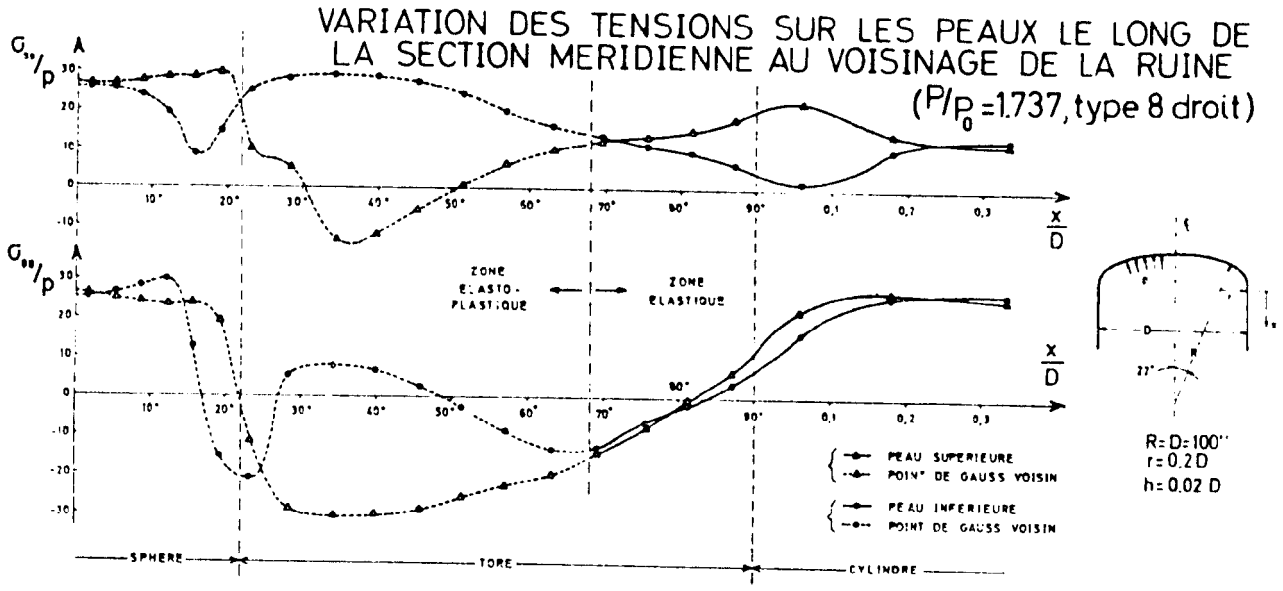
**Variation des tensions sur les peaux le long de la section méridienne pour une pression interne $p_0$ [bib2]**




**Variation des tensions sur les peaux le long de la section meridienne au voisinage de la ruine pour une pression interne $p_{max}$ [bib2]**



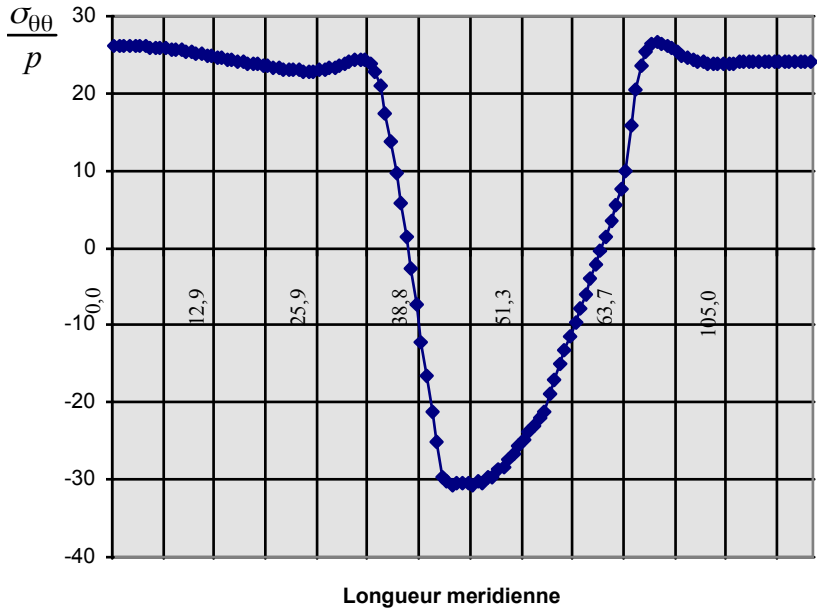
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)



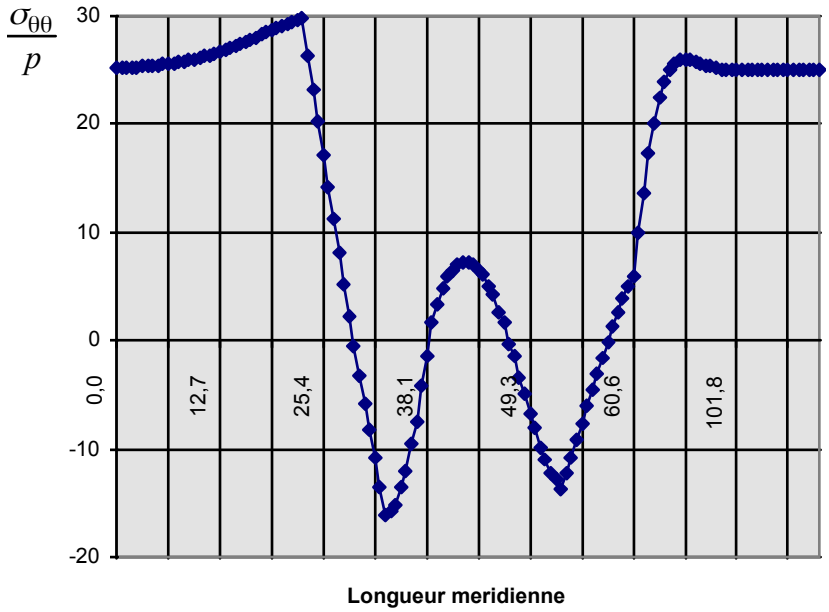



Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

**Variation de la contrainte azimutale $\sigma_{\theta\theta}$ sur la peau supérieure le long de la section meridienne au voisinage de la ruine pour une pression interne $p_{max}$ . Calcul linéaire géométrique.**



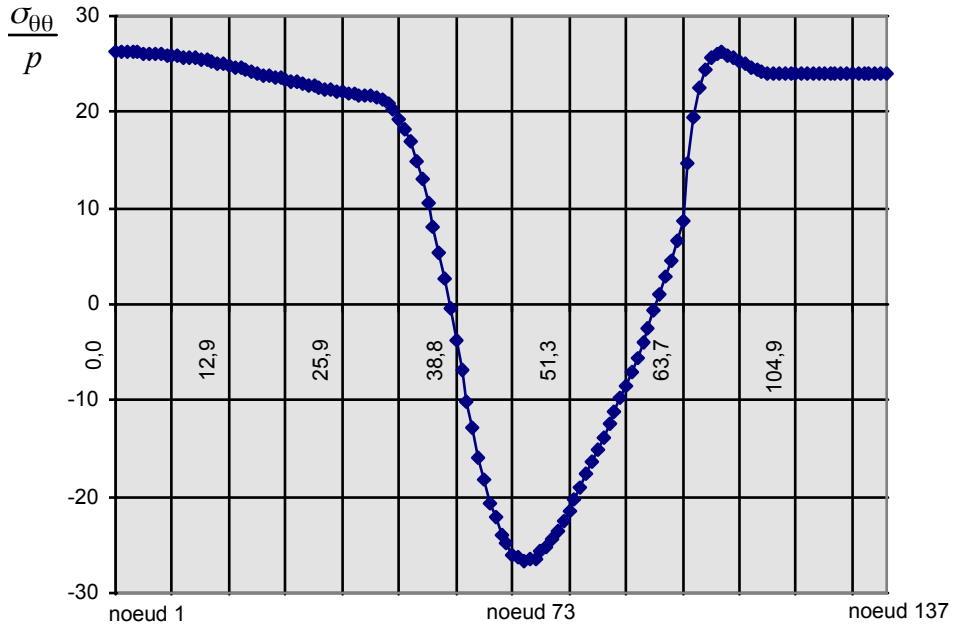

**Variation de la contrainte azimutale $\sigma_{\theta\theta}$ sur la peau inférieure le long de la section meridienne au voisinage de la ruine pour une pression interne $p_{max}$ . Calcul linéaire géométrique.**



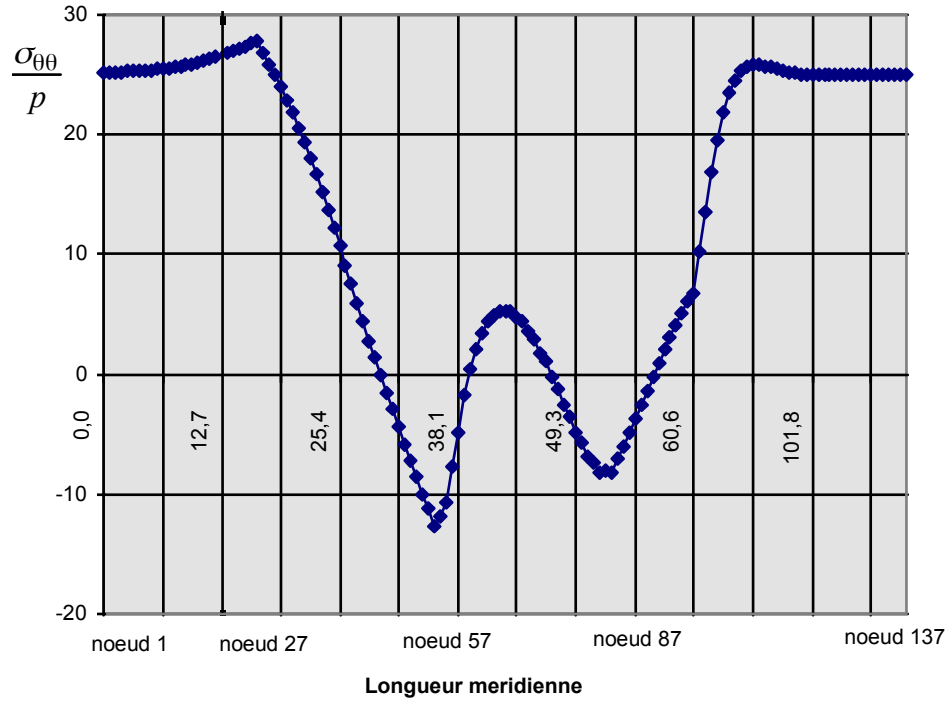


Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

**Variation de la contrainte azimutale $\sigma_{\theta\theta}$ sur la peau supérieure le long de la section meridienne au voisinage de la ruine pour une pression interne $p_{max}$ . Calcul non linéaire géométrique.**

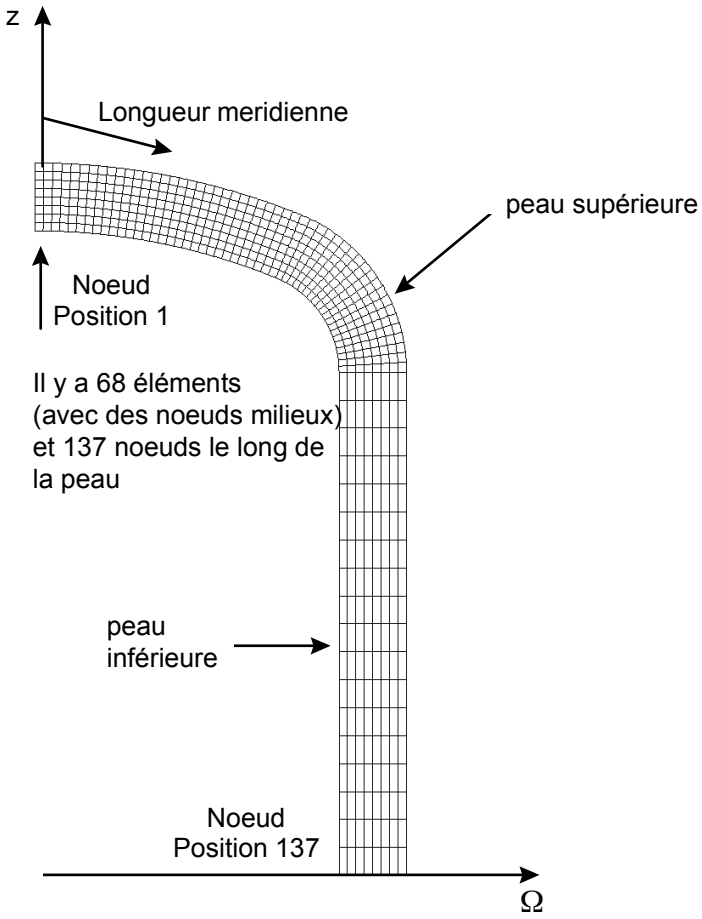



**Variation de la contrainte azimutale $\sigma_{\theta\theta}$ sur la peau inférieure le long de la section meridienne au voisinage de la ruine pour une pression interne $p_{max}$ . Calcul non linéaire géométrique.**






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




**Discrétisation utilisée pour la solution de référence. Définition des axes**

**Calcul non linéaire géométrique :** $pression = p_{max}$

| Peau | Longueur meridienne $(inch)$ | Position noeud | $\frac{\sigma_{\theta\theta}}{p}$ |
|---|---|---|---|
| Supérieure | 0.0 | 1 | 26.223 |
| | 46.298 | 73 | –26.688 |
| | 137.9 | 137 | 24.103 |
| Inférieure | 0.0 | 1 | 25.231 |
| | 16.491 | 27 | 27.909 |
| | 35.518 | 57 | –12.711 |
| | 52.707 | 87 | –8.1652 |
| | 134.76 | 137 | 25.103 |



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

**Calcul linéaire géométrique :** $pression = p_{max}$

| Peau | Longueur meridienne $(inch)$ | Position noeud | $\frac{\sigma_{\theta\theta}}{p}$ |
|---|---|---|---|
| Supérieure | 0.0 | 1 | 26.2 |
| | 45.1 | 71 | –30.7 |
| | 138 | 137 | 24.0 |
| Inférieure | 0.0 | 1 | 25.231 |
| | 22.833 | 37 | 29.899 |
| | 32.981 | 53 | –16.127 |
| | 52.707 | 87 | –13.756 |
| | 134.76 | 137 | 25.008 |

**Champ de déplacement (point $A$ , peau inférieure)**

| Calcul ... géométrique | Longueur meridienne $(inch)$ | Position noeud | Pression | Déplacement $U^Z$ $(inch)$ |
|---|---|---|---|---|
| Linéaire | 0.0 | 1 | $0.5\ pmax$ | 0.100945 |
| | 0.0 | 1 | $pmax$ | 0.370468 |
| Non linéaire | 0.0 | 1 | $0.5\ pmax$ | 0.0990524 |
| | 0.0 | 1 | $pmax$ | 0.244347 |

## 2.3 Incertitude sur la solution

Incertitude inférieure à $2\ \%$ (régime linéaire), inférieure à $5\ \%$ (régime élasto-plastique).

## 2.4 Références bibliographiques

• LARSEN,P.K., POPOV, E.P., Elastic-plastic analysis of thick-walled pressure vessels with sharp discontinuities, Trans. ASME Applied Mechanics, pp 1016-1019, 1971

• NYSSEN,C., Modélisation par éléments finis du comportement non linéaire de structures aerospatiales, thése de doctorat, Université de Liège, 1979

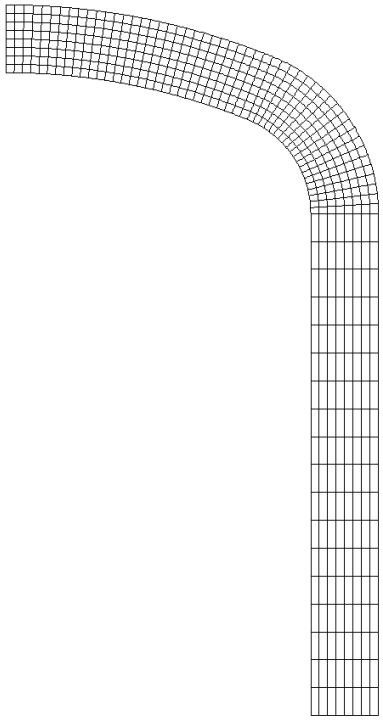


Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

# 3 Modélisation A

## 3.1 Caractéristiques de la modélisation A

Non linéaire matériau + linéaire géométrique



## 3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de noeuds : 2197
Nombre de mailles et types : 544 MEAXQU8 (schéma d'intégration 3 x 3) + 68 SEG3 (68 mailles sur la longueur (30 sur la partie avec un rayon de 100'', 20 sur la partie avec un rayon de 20'' et 18 sur la partie droite) et 8 sur l'épaisseur)

## 3.3 Grandeurs testées et résultats

| Identification | Référence | *Aster* | % différence |
|---|---|---|---|
| SIZZ/p Peau sup Long. Merid=0. p=pmax | 26.2 | 26.218 | 0.071 |
| SIZZ/p Peau sup Long. Merid=45.1 p=pmax | –30.7 | –30.531 | –0.553 |
| SIZZ/p Peau sup Long. Merid=138 p=pmax | 24.0 | 24.011 | –0.553 |
| SIZZ/p Peau inf Long. Merid=0. p=pmax | 25.231 | 25.229 | –0.553 |
| SIZZ/p Peau inf Long. Merid=22.833 p=pmax | 29.899 | 29.957 | –0.553 |
| SIZZ/p Peau inf Long. Merid=32.981 p=pmax | –16.127 | –16.294 | –0.553 |
| SIZZ/p Peau inf Long. Merid=52.707 p=pmax | –13.756 | –13.699 | –0.553 |
| SIZZ/p Peau inf Long. Merid=134.76 p=pmax | 25.008 | 25.012 | –0.553 |



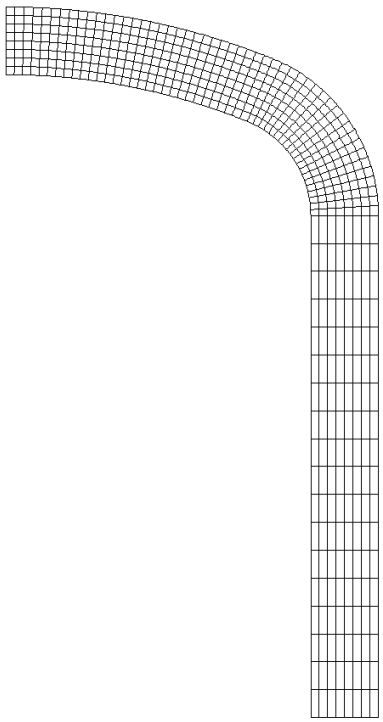
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

| | | | |
|---|---|---|---|
| DY noeud 2313 à p=0.5 pmax | 0.100945 | 0.100946 | 0.002 |
| DY noeud 2313 à pmax | 0.370468 | 0.370470 | 0.001 |

# 4 Modélisation B

## 4.1 Caractéristiques de la modélisation B

Non linéaire matériau + non linéaire géométrique



## 4.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de noeuds : 2197

Nombre de mailles et types : 544 MEAXQU8 (schéma d'intégration 3 x 3) + 68 SEG3 (68 mailles sur la longueur (30 sur la partie avec un rayon de 100'', 20 sur la partie avec un rayon de 20'' et 18 sur la partie droite) et 8 sur l'épaisseur)



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

## 4.3 Grandeurs testées et résultats

| Identification | Référence | *Aster* | % différence |
|---|---|---|---|
| SIZZ/p Peau sup Long. Merid=0. p=pmax | 26.223 | 26.299 | 0.025 |
| SIZZ/p Peau sup Long. Merid=45.298 p=pmax | –26.688 | –27.156 | 1.756 |
| SIZZ/p Peau sup Long. Merid=137.9 p=pmax | 24.103 | 24.018 | –0.352 |
| SIZZ/p Peau inf Long. Merid=0. p=pmax | 25.231 | 25.236 | 0.021 |
| SIZZ/p Peau inf Long. Merid=16.491 p=pmax | 27.909 | 28.086 | 0.638 |
| SIZZ/p Peau inf Long. Merid=35.518 p=pmax | –12.711 | –13.095 | 3.026 |
| SIZZ/p Peau inf Long. Merid=52.707 p=pmax | –8.1652 | –8.426 | 3.196 |
| SIZZ/p Peau inf Long. Merid=134.76 p=pmax | 25.103 | 25.018 | –0.337 |
| DY noeud 2313 à p=0.5 pmax | 0.099052 | 0.099191 | 0.141 |
| DY noeud 2313 à pmax | 0.244347 | 0.246979 | 1.077 |



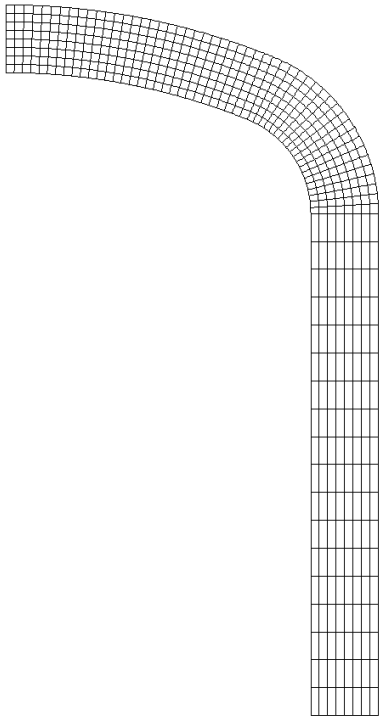
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

# 5 Modélisation C

## 5.1 Caractéristiques de la modélisation C

Toutes les mailles ont un comportement matériau non linéaire, sauf les 8x5 mailles de la partie inférieure de la structure (cette partie ne plastifie pas ) qui ont un comportement matériau linéaire.

Une analyse linéaire géométrique est effectuée.



## 5.2 Caractéristiques du maillage

| | |
|---|---|
| Nombre de noeuds : | 2197 |
| Nombre de mailles et types : | 544 MEAXQU8 (schéma d'intégration 3 x 3) + 68 SEG3 (68 mailles sur la longueur (30 sur la partie avec un rayon de 100'', 20 sur la partie avec un rayon de 20'' et 18 sur la partie droite) et 8 sur l'épaisseur) |



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

## 5.3 Grandeurs testées et résultats

| Identification | Référence | Aster | % différence |
|---|---|---|---|
| SIZZ/p Peau sup Long. Merid=0. p=pmax | 26.2 | 26.218 | 0.071 |
| SIZZ/p Peau sup Long. Merid=45.1 p=pmax | –30.7 | –30.531 | –0.553 |
| SIZZ/p Peau sup Long. Merid=138 p=pmax | 24.0 | 24.011 | –0.553 |
| SIZZ/p Peau inf Long. Merid=0. p=pmax | 25.231 | 25.229 | –0.553 |
| SIZZ/p Peau inf Long. Merid=22.833 p=pmax | 29.899 | 29.957 | –0.553 |
| SIZZ/p Peau inf Long. Merid=32.981 p=pmax | –16.127 | –16.294 | –0.553 |
| SIZZ/p Peau inf Long. Merid=52.707 p=pmax | –13.756 | –13.699 | –0.553 |
| SIZZ/p Peau inf Long. Merid=134.76 p=pmax | 25.008 | 25.012 | –0.553 |
| DY noeud 2313 à p=0.5 pmax | 0.100945 | 0.100946 | 0.002 |
| DY noeud 2313 à pmax | 0.370468 | 0.370470 | 0.001 |



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

# 6 Synthèse des résultats

Les résultats fournis par Aster concernant les modélisations A et C sont proches de la référence (écart $< 0.6\%$ ). De plus, on retrouve bien les mêmes résultats pour les modélisations A et C ; ce qui est normal car la partie inférieure reste élastique.

Pour la modélisation B, les écarts de résultats entre *Code_Aster* et la référence (SAMCEF) atteignent $3.3\ \%$ et proviennent du fait que les non linéarités géométriques sont traitées de manière différente dans *Code_Aster* (par la commande PETIT_REAC) et dans SAMCEF.



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