

Manuel de Validation

Fascicule V6.01 : Statique non linéaire en axisymétrie

Document V6.01.301

SSNA301 - Fond de réservoir épais pressurisé

Résumé :

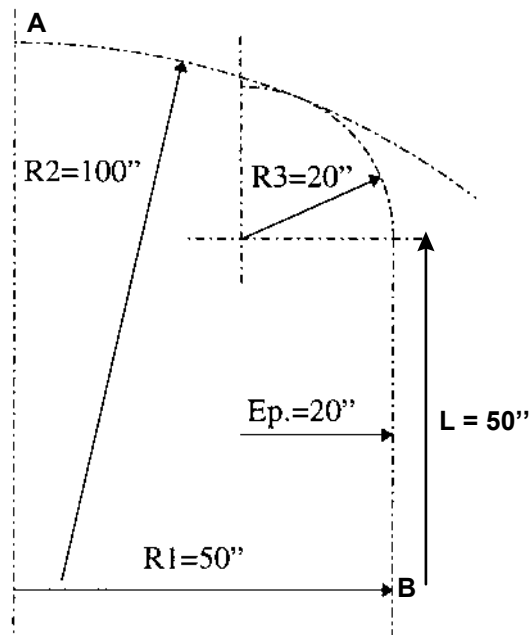
Ce test consiste à analyser jusqu'à la ruine, le fond torisphérique d'un réservoir épais soumis à une pression interne en prenant en compte le comportement élastoplastique du matériau et le comportement non linéaire de la structure.

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.

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



1.2 Propriétés de matériaux

Matériau élastoplastique sans écrouissage

$$\begin{aligned} E &= 3.E+07 \text{ MPa} \\ \nu &= 0.3 \\ \sigma_y &= 3.E+04 \text{ MPa} \end{aligned}$$

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 :

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

La charge p est appliquée en 50 incréments identiques.

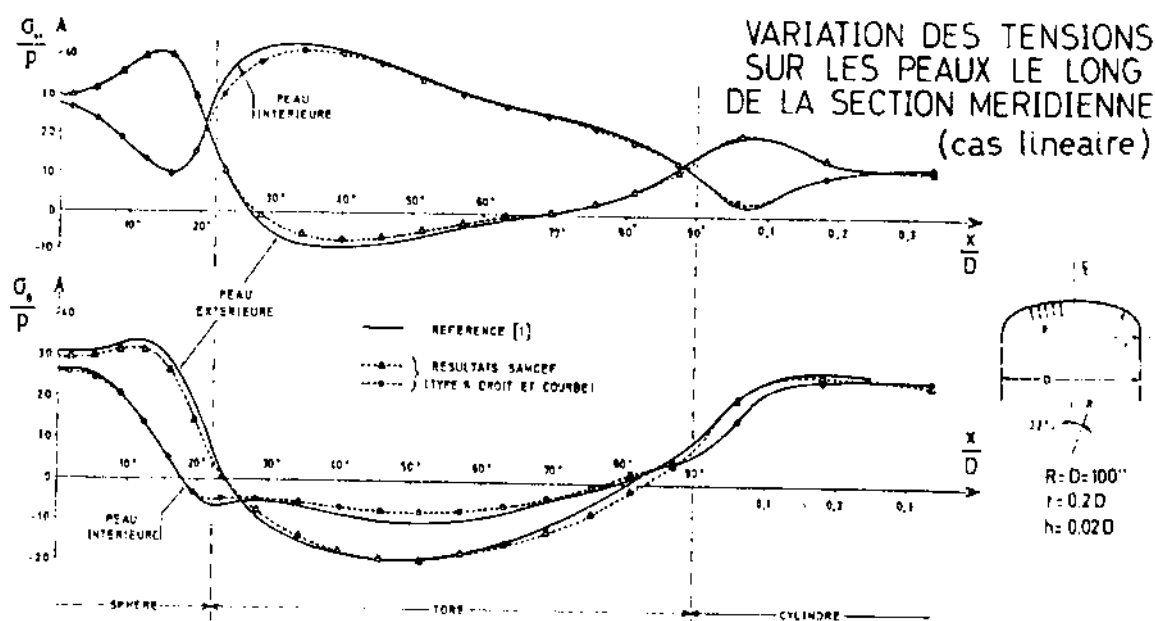
2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence

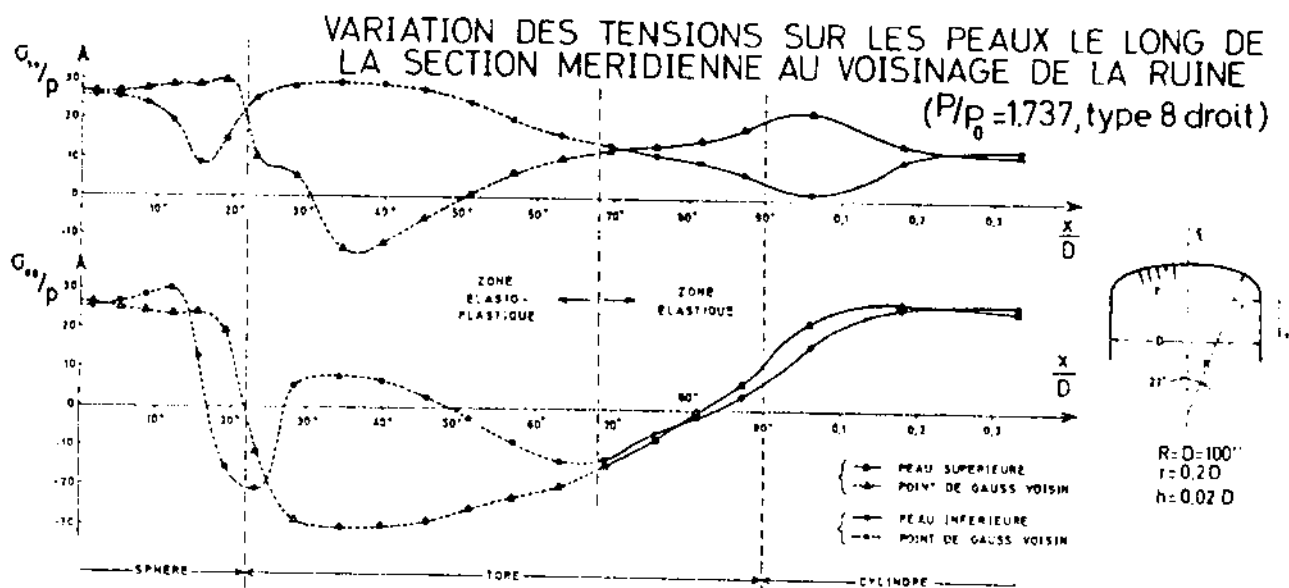
Calcul élément fini avec Samcef Version 7.0 (Mecanl).

2.2 Solution de référence

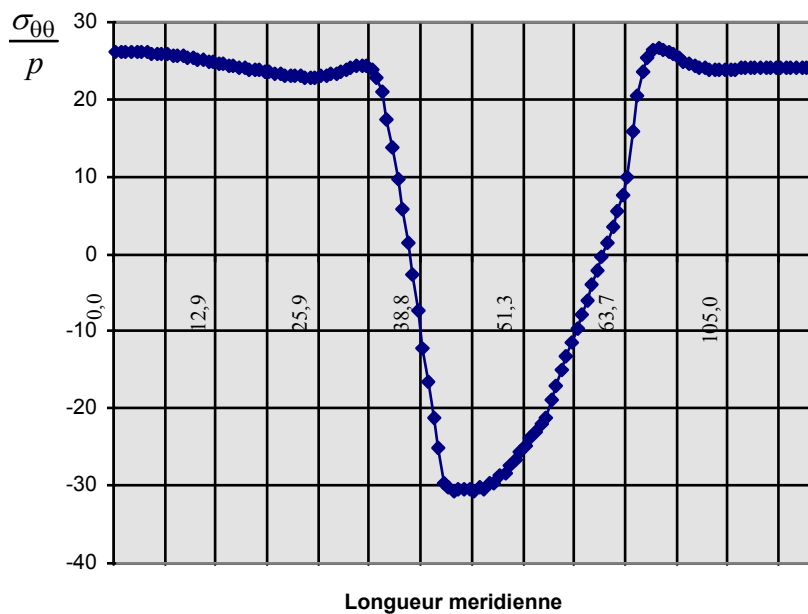
Variation des tensions sur les peaux le long de la section méridienne pour une pression interne p_0 [bib2]



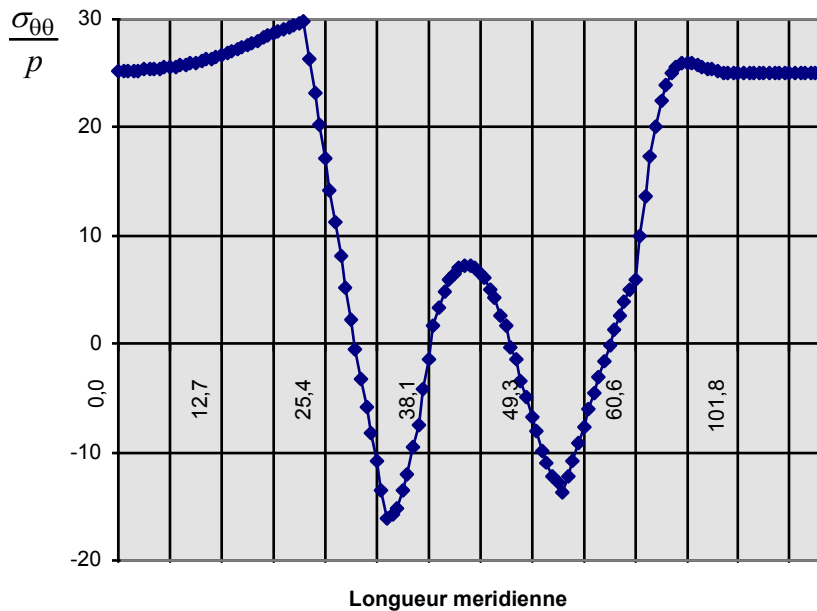
Variation des tensions sur les peaux le long de la section méridienne au voisinage de la ruine pour une pression interne p_{max} [bib2]



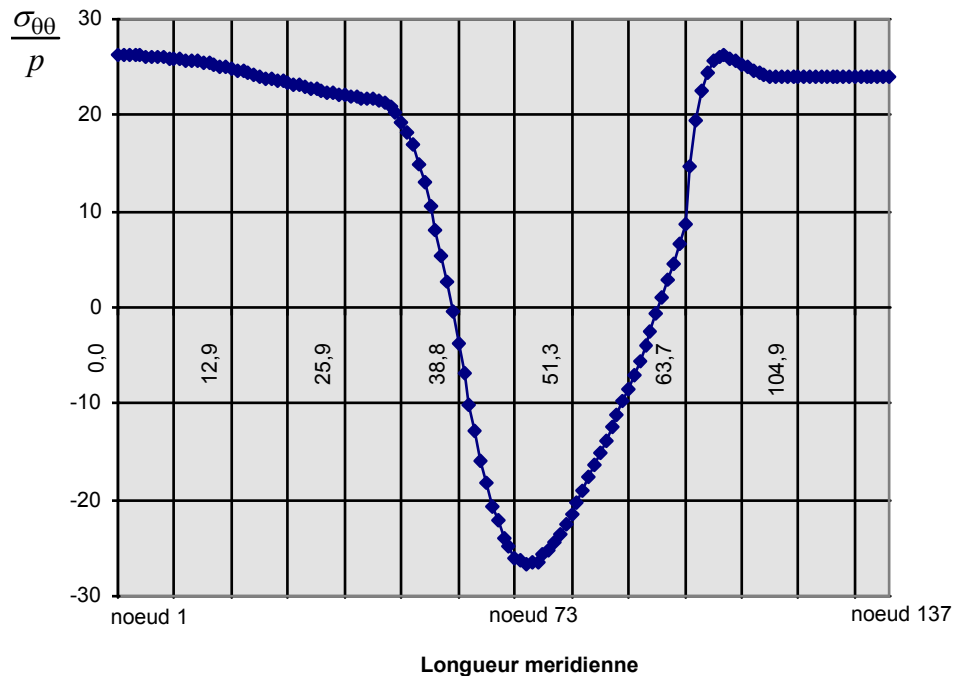
Variation de la contrainte azimutale $\sigma_{\theta\theta}$ sur la peau supérieure le long de la section meridienne au voisinage de la ruine pour une pression interne p_{\max} . Calcul linéaire géométrique.



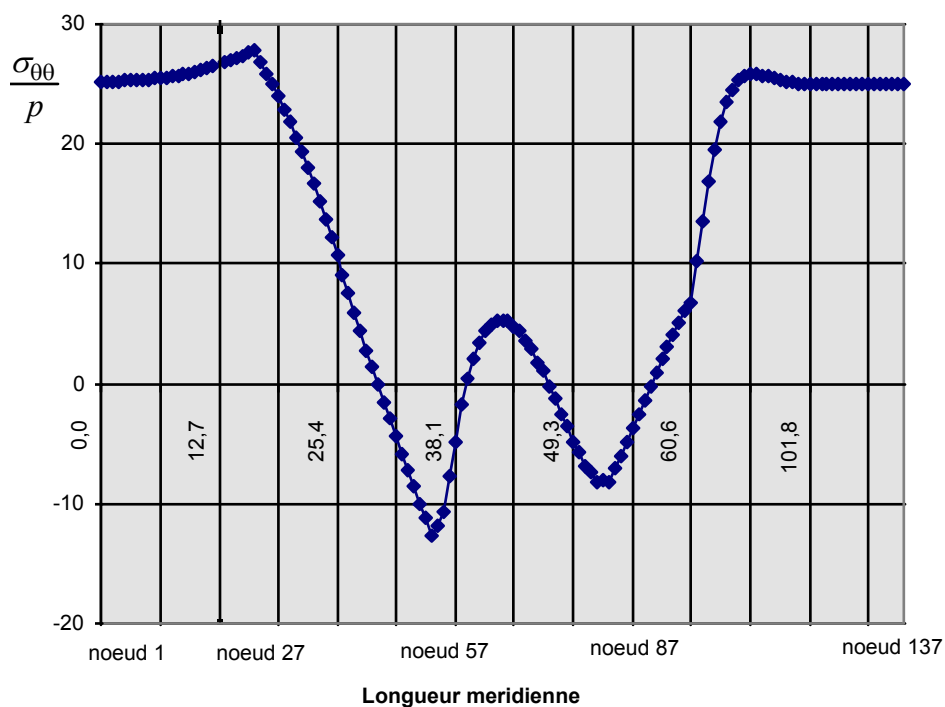
Variation de la contrainte azimutale $\sigma_{\theta\theta}$ sur la peau inférieure le long de la section meridienne au voisinage de la ruine pour une pression interne p_{\max} . Calcul linéaire géométrique.

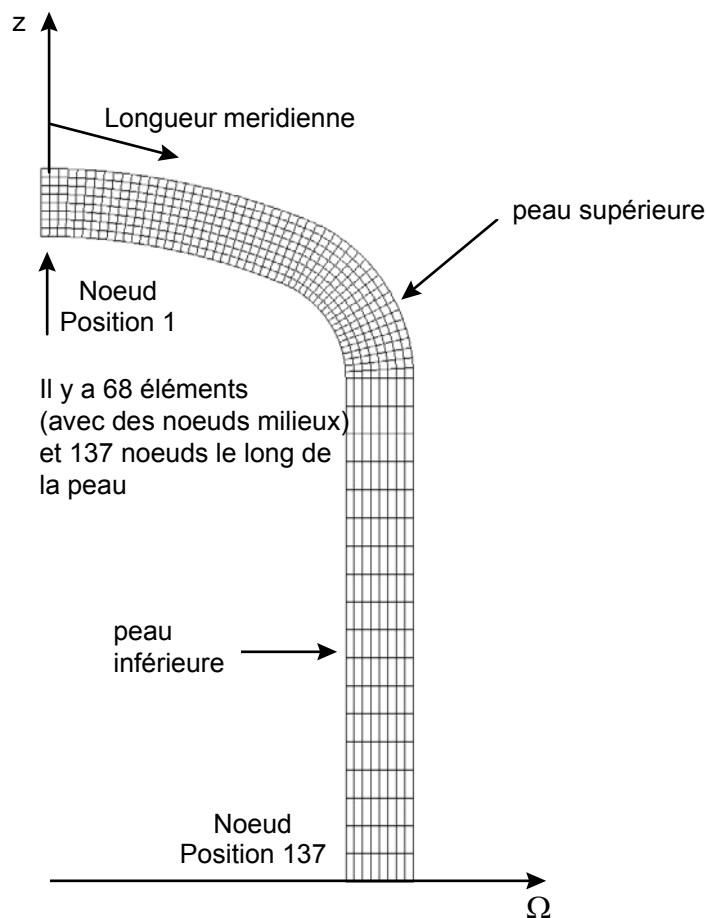


Variation de la contrainte azimutale $\sigma_{\theta\theta}$ sur la peau supérieure le long de la section meridienne au voisinage de la ruine pour une pression interne p_{\max} . Calcul non linéaire géométrique.



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.





Discretisation 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

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).

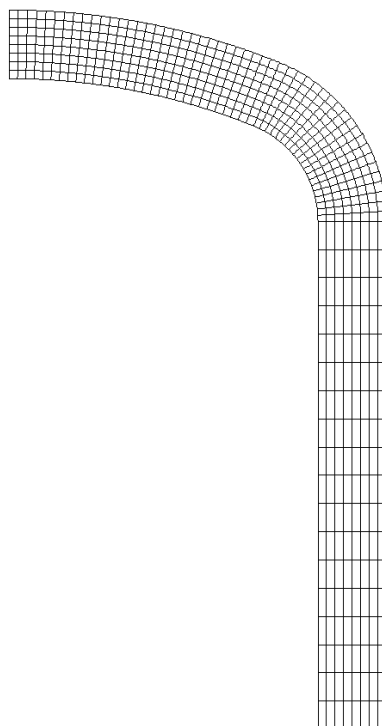
2.4 Références bibliographiques

- [1] 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
- [2] NYSSSEN, C., Modélisation par éléments finis du comportement non linéaire de structures aérospatiales, thèse de doctorat, Université de Liège, 1979

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 Fonctionnalités testées

Commandes				Clés
DEFI_MATERIAU	ECRO_LINE	D_SIGM_EPSI		[U4.23.01]
		SY		
STAT_NON_LINE	COMP_INCR	RELATION	VMIS_ISOT_LINE	[U4.32.01]
		DEFORMATION	PETIT	

4 Résultats de la modélisation A

4.1 Valeurs testées

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

4.2 Paramètres d'exécution

Version : 3.09

Machine : CRAY

Encombrement mémoire : 16 Mégamots

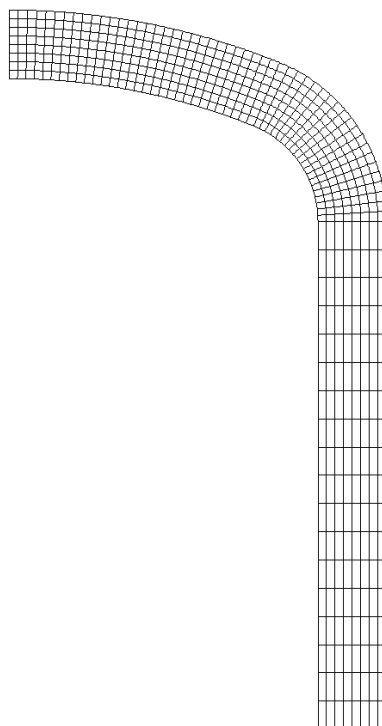
Système :

Temps CPU User : 360.52 secondes

5 Modélisation B

5.1 Caractéristiques de la modélisation B

Non linéaire matériau + non linéaire géométrique



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)

5.3 Fonctionnalités testées

Commandes				Clés
DEFI_MATERIAU	ECRO_LINE	D_SIGM_EPSI		[U4.23.01]
		SY		
STAT_NON_LINE	COMP_INCR	RELATION	VMIS_ISOT_LINE	[U4.32.01]
		DEFORMATION	PETIT_REAC	

6 Résultats de la modélisation B

6.1 Valeurs testées

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

6.2 Paramètres d'exécution

Version : 3.09

Machine : CRAY

Encombrement mémoire : 16 mégamots

Système :

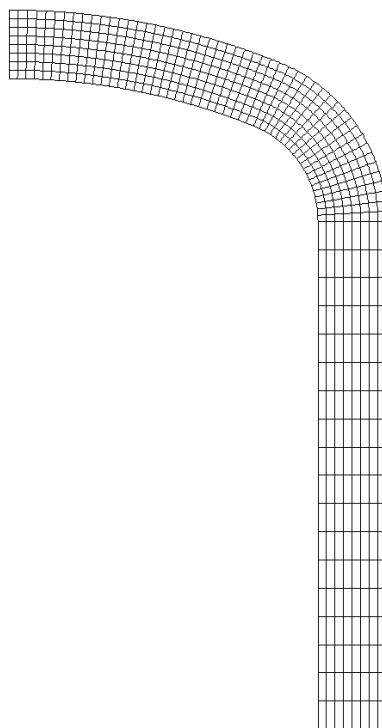
Temps CPU User : 456.41secondes

7 Modélisation C

7.1 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.



7.2 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)

7.3 Fonctionnalités testées

Commandes				Clés
DEFI_MATERIAU	ECRO_LINE	D_SIGM_EPSI		[U4.23.01]
		SY		
STAT_NON_LINE	COMP_INCR	RELATION	VMIS_ISOT_LINE	[U4.32.01]
		DEFORMATION	PETIT	

8 Résultats de la modélisation C

8.1 Valeurs testées

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

8.2 Paramètres d'exécution

Version : 3.09

Machine : CRAY

Encombrement mémoire : 16 mégamots

Système :

Temps CPU User : 196.02 secondes

9 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 le *Code_Aster* et la référence (SAMCEF) atteignent 3.3 % et proviennent du fait que les non linéarités géométriques sont traitées de manière différente dans le *Code_Aster* (par la commande 'PETIT_REAC') et dans SAMCEF.