SSNV141 - Calotte sphérique pincée

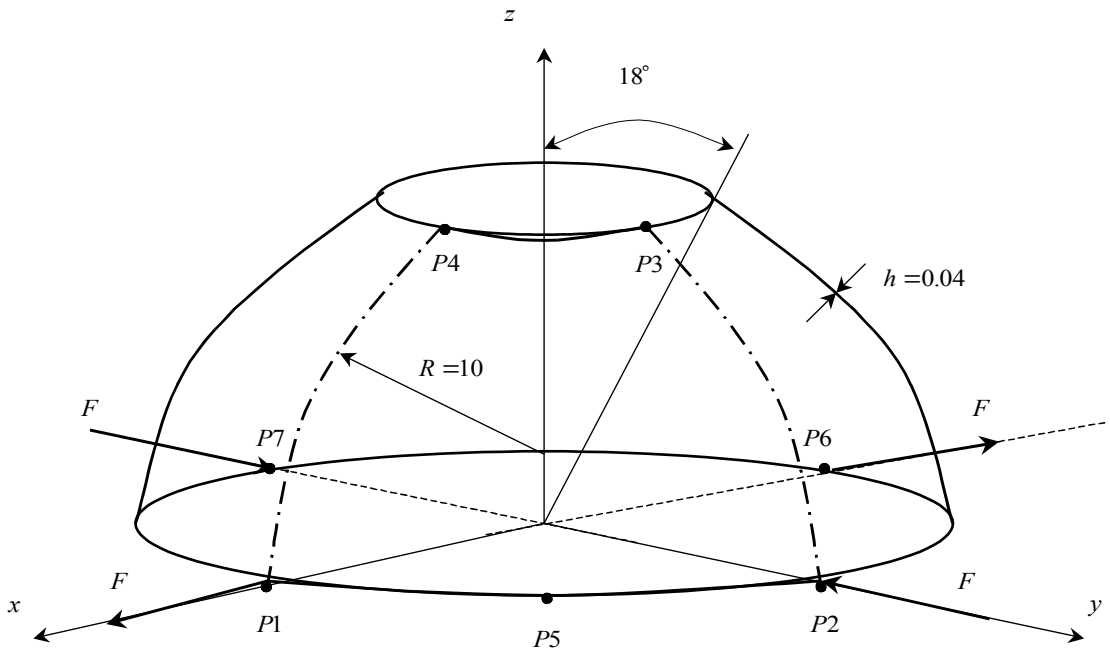
Résumé :

On présente dans ce cas-test un calcul quasi statique non linéaire géométrique de calotte sphérique pincée. Il permet de tester la modélisation COQUE_3D en non linéaire géométrique et l'algorithme de mise à jour des grandes rotations 3D (Mot clé GROT_GDEP de l'opérateur STAT_NON_LINE). Cet exemple populaire en analyse linéaire montre la capacité de l'élément de coque à bien représenter la flexion sans extension et les mouvements de corps rigide. En outre la minceur de la coque par rapport à son rayon de courbure permet de tester le traitement du blocage en cisaillement transverse. Les déformations obtenues par *Code_Aster* différent de 0.1 à 1.25% par rapport à celles du Code SAMCEF, prises pour référence.

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



Calotte pincée :

$$\text{En } P1 \quad F = Fe_x$$
$$\text{En } P6 \quad F = - Fe_x$$
$$\text{En } P2 \quad F = - Fe_y$$
$$\text{En } P7 \quad F = Fe_y$$

Avec $F > 0$

1.2 Propriétés de matériaux

Comportement élastique :

$$E = 6.825 \times 10^7 \ ; \ \nu = 0.3$$

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

1.3 Conditions aux limites et chargements

On cherche les états successifs d'équilibre sous le chargement

$$F(t) = t$$

appliqué en $P_1 P_6 P_2 P_7$

En raison de la symétrie géométrique et physique du problème, seul le quart $P_1 P_2 P_3 P_4$ est modélisé, en prenant compte des conditions de symétrie. Ces conditions éliminent 5 mouvements de corps rigide. Le dernier mouvement de corps rigide est éliminé en bloquant le déplacement suivant z. au point P_5,

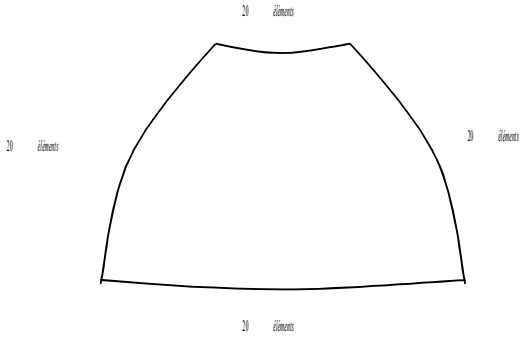
Conditions aux limites : P_5 : $DZ = 0$

Symétrie :
$P2P3$: $DY = 0.$, $DRX = 0.$, $DRZ = 0.$
$P4P1$: $DX = 0.$, $DRY = 0$., $DRZ = 0.$

On s'intéresse particulièrement aux déplacements des points P_1 et P_3 suivant les directions de chargement.

2 Solution de référence

Cette solution [bib4] est celle qui est obtenu avec le logiciel SAMCEF [bib1]. La modélisation est basée sur une théorie de coque en efforts résultants avec une formulation co-rotationnelle [bib3] et une discrétisation DSQ [bib2].



Le maillage considéré est de 20×20 éléments quadrilatéraux.

La stratégie de Newton avec niveau de force imposé illustre une difficulté de convergence. On pousse le calcul jusqu'à $F = 100$.

2.1 Références bibliographiques

1) SAMCEF, Manuel de référence V7.1 Volume Eléments,1998

2) J-L. Batoz, G.Dhatt, "Modélisation des Structures par Eléments Finis :Coques", Hermès, Paris, 1992

3) Crisfield M.A., " Non-linear Finite Element Analysis of Solids and Structures ", Volume 1 : Essentials, John Wiley, Chichester, 1994

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

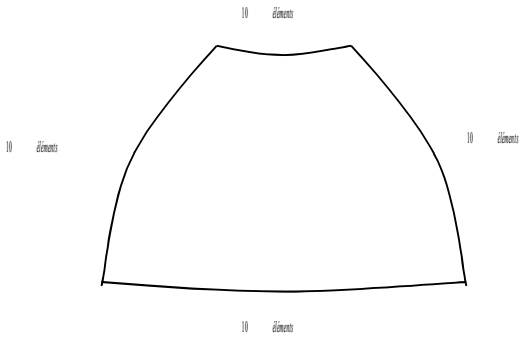
4) Ph. JETTEUR, Cinématique Non Linéaire des Coques. Rapport SAMTECH, Contrat PP/GC-134/96, 1998

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Elément MEC3QU9H (coque volumique)
Modélisation COQUE_3D



3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 441
Nombre de mailles et types : 100 QUAD9

3.3 Fonctionnalités testées

- La modélisation COQUE_3D en non linéaire géométrique.
- L'algorithme statique de mise à jour des grandes rotations GROT_GDEP de STAT_NON_LINE .

3.4 Valeurs testées

L'analyse incrémentale est réalisée dans l'intervalle de pseudo-temps $[0:100.]$ en 10 pas de charge.

Histoire du déplacement horizontal DX au point $P1$

Instant	Force F	Référence
020.	020.	+1.484E+00
050.	050.	+2.578E+00
100.	100.	+3.390E+00

Histoire du déplacement horizontal DY au point $P2$

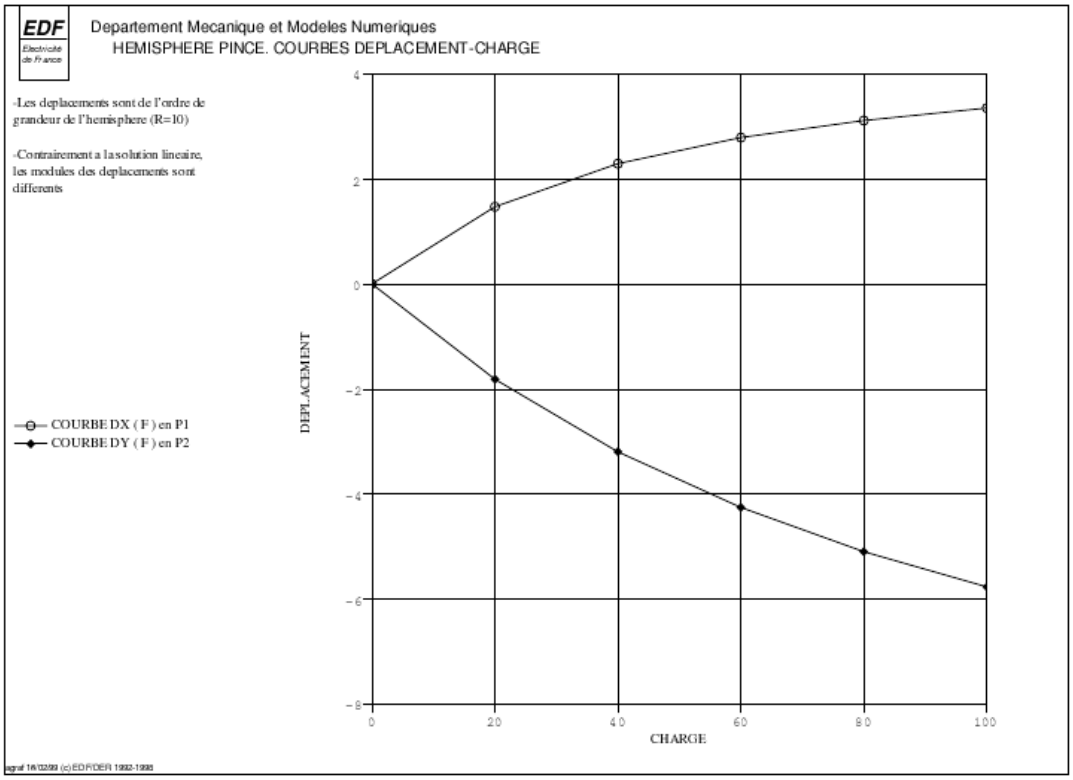
Instant	Force F	Référence
020.	020.	–1.799E+00
050.	050.	-3.759E+00
100.	100.	-5.802E+00

3.5 Remarques

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

On utilise comme valeur pour COEF_RIGI_DRZ : 0.001.

On présente la courbe déplacement – charge aux points sollicités.

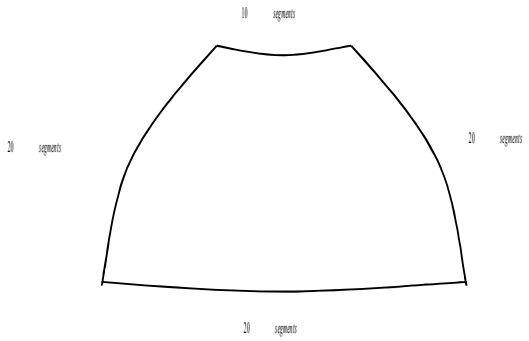


Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

Élément MEC3TR7H (coque volumique)
Modélisation COQUE_3D



4.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 1541

Nombre de mailles et type : 734 TRIA7

4.3 Fonctionnalités testées

- La modélisation COQUE_3D en non linéaire géométrique.
- L'algorithme statique de mise à jour des grandes rotations GROT_GDEP de STAT_NON_LINE .

4.4 Valeurs testées

L'analyse incrémentale est réalisée dans l'intervalle de pseudo-temps $[0:100.]$ en 10 pas de charge.

Histoire du déplacement horizontal DX au point $P1$

Instant	Force F	Référence
020.	020.	+1.479E+00
050.	050.	+2.578E+00
100.	100.	+3.390E+00

Histoire du déplacement horizontal DY au point $P2$

Instant	Force F	Référence
020.	020.	–1.799E+00
050.	050.	-3.759E+00
100.	100.	-5.802E+00

4.5 Remarques

On utilise comme valeur pour COEF_RIGI_DRZ : 0.001.

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

5 Synthèse des résultats

Les données du problème correspondent à une coque mince $\frac{h}{R}=0.4\%$. Il est nécessaire d'augmenter la valeur du COEF_RIGI_DRZ qui attribue une rigidité autour de la normale des éléments de coque qui vaut par défaut 10^{-5} la plus petite rigidité de flexion autour des directions dans le plan de la coque de façon à pouvoir augmenter la valeur de l'angle de rotation que l'on peut atteindre. Des valeurs de ce coefficient jusqu'à 10^{-3} restent licites.

La solution *Code_Aster* est proche de la solution de référence SAMCEF pour les deux modélisations.

Ce test montre donc le bon fonctionnement de la modélisation COQUE_3D en grands déplacements et grandes rotations, sans faire apparaître de blocage en cisaillement.

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