

Manuel de Validation

Fascicule V6.04 : Statique non linéaire des structures volumiques

Document : V6.04.141

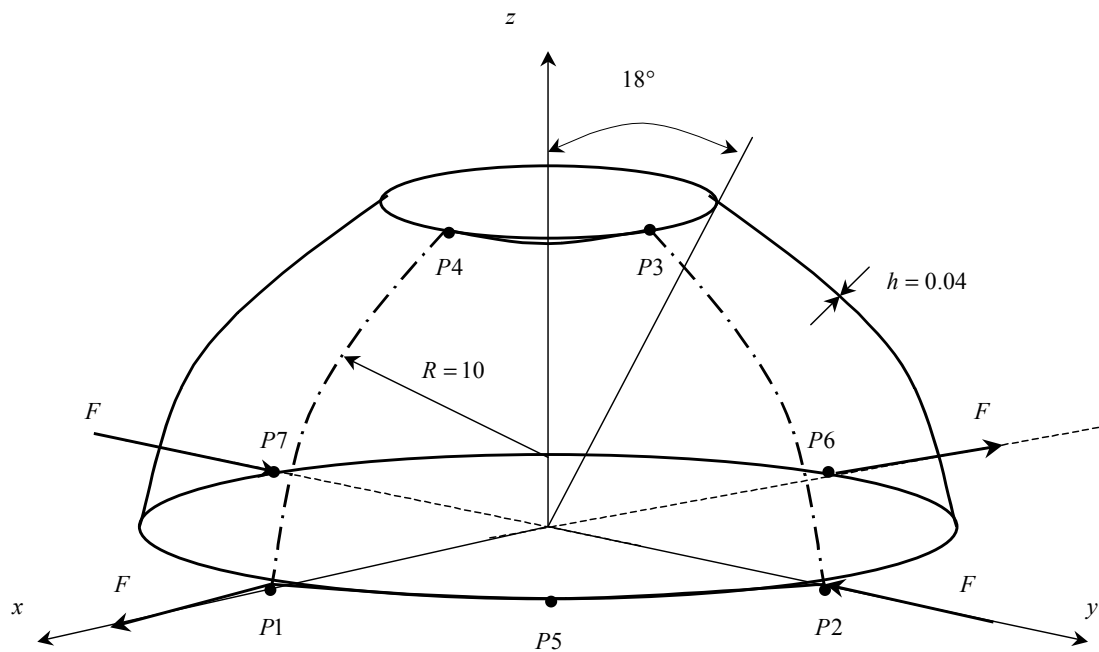
SSNV141 - Calotte sphérique pincée

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 GREEN_GR 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 le Code_Aster diffèrent de 0.1 à 1.25% par rapport à celles du Code SAMCEF, prises pour référence.

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



Calotte pincée :

En $P1$ $F = Fe_x$

En $P6$ $F = -Fe_x$

En $P2$ $F = -Fe_y$

En $P7$ $F = Fe_y$

Avec $F > 0$

1.2 Propriétés de matériaux

Comportement élastique :

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

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

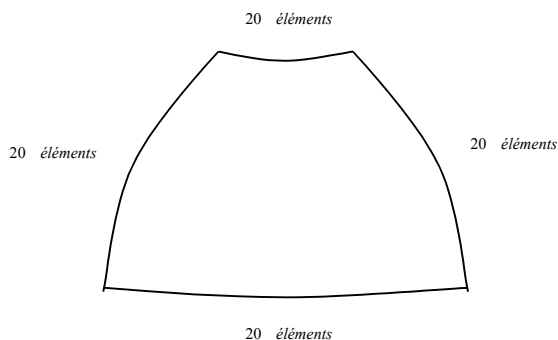
En raison de la symétrie géométrique et physique du problème, seul le quart $P_1 P_2 P_3 P_4$ est modélisé, en prenant compte des conditions de symétrie. Ces conditions éliminent 5 mouvements de corps rigide. Le dernier mouvement de corps rigide est éliminé en bloquant le déplacement suivant z au point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

C.L. :	$P_5 :$	$DZ=0$
Symétrie :	$P_2 P_3 :$	$DY=0.$
		$DRZ=0.$
	$P_4 P_1 :$	$DRX=0.$
		$DX=0.$
		$DRY=0 . DRZ=0.$

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 $F = 100$.

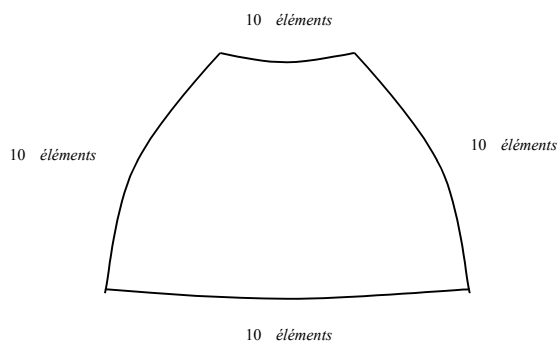
2.1 Références bibliographiques

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

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 GREEN_GR de STAT_NON_LINE.

```
STAT_NON_LINE :  
  (  
    COMP_ELAS :  
      (  
        RELATION      : 'elas'  
        COQUE_NCOU    : 1  
        DEFORMATION    : 'green_gr'  
      )  
    )  
  )
```

4 Résultats de la modélisation A

4.1 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	Aster	Référence	% différence
020.	020.	+1.486E+00	+1.484E+00	+0.107
050.	050.	+2.571E+00	+2.578E+00	-0.262
100.	100.	+3.362E+00	+3.390E+00	-0.827

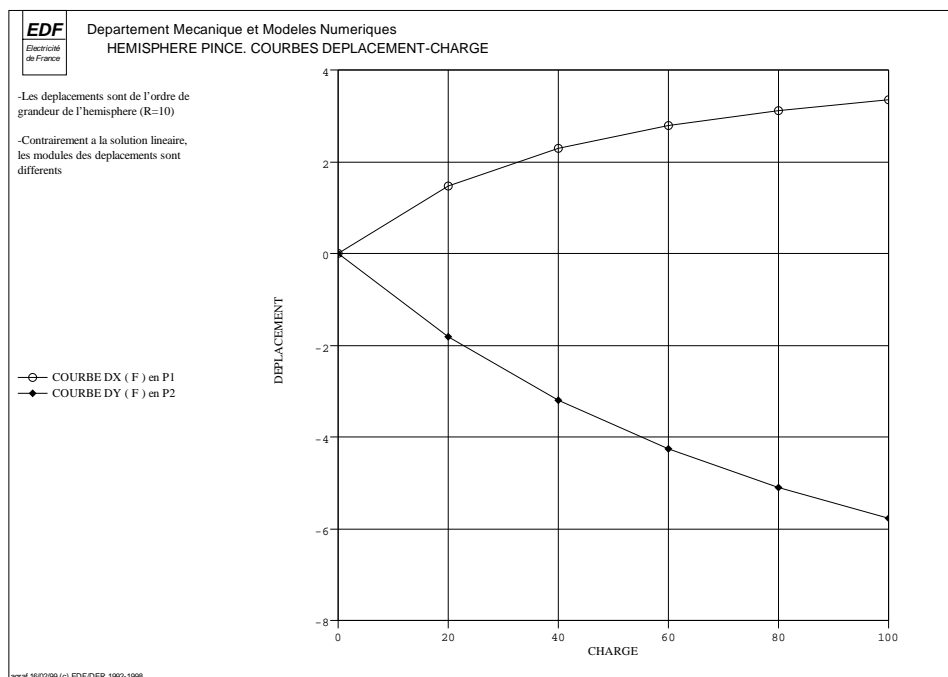
Histoire du déplacement horizontal DY au point P2

Instant	Force F	Aster	Référence	% différence
020.	020.	-1.816E+00	-1.799E+00	+0.954
050.	050.	-3.779E+00	-3.759E+00	+0.543
100.	100.	-5.780E+00	-5.802E+00	-0.300

4.2 Remarques

On utilise comme valeur pour COEF_RIGI_DRZ : 0.001.

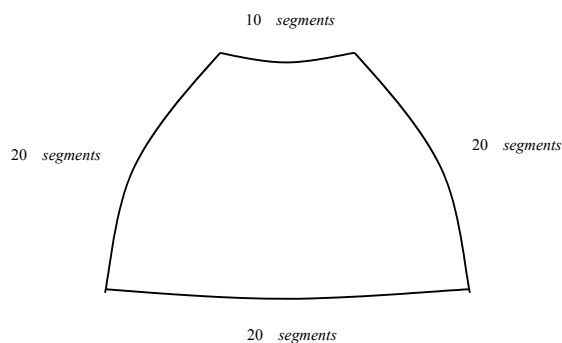
On présente la courbe déplacement – charge aux points sollicités.



5 Modélisation B

5.1 Caractéristiques de la modélisation

Elément MEC3TR7H (coque volumique)
Modélisation COQUE_3D



5.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 1541

Nombre de mailles et type : 734 TRIA7

5.3 Fonctionnalités testées

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

```
STAT_NON_LINE :  
  (  
    COMP_ELAS :  
      (  
        RELATION      : 'elas'  
        COQUE_NCOU    : 1  
        DEFORMATION   : 'green_gr'  
      )  
    )  
  )
```

6 Résultats de la modélisation B

6.1 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	Aster	Référence	% différence
020.	020.	+1.486E+00	+1.479E+00	-0.345
050.	050.	+2.559E+00	+2.578E+00	-0.748
100.	100.	+3.348E+00	+3.390E+00	-1.250

Histoire du déplacement horizontal DY au point P2

Instant	Force F	Aster	Référence	% différence
020.	020.	-1.801E+00	-1.799E+00	+0.09
050.	050.	-3.739E+00	-3.759E+00	-0.528
100.	100.	-5.731E+00	-5.802E+00	-1.222

6.2 Remarques

On utilise comme valeur pour COEF_RIGI_DRZ : 0.001.

7 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.