# SSNV145 - Plaque cantilever en grandes rotations soumise à une pression suiveuse

**Résumé**

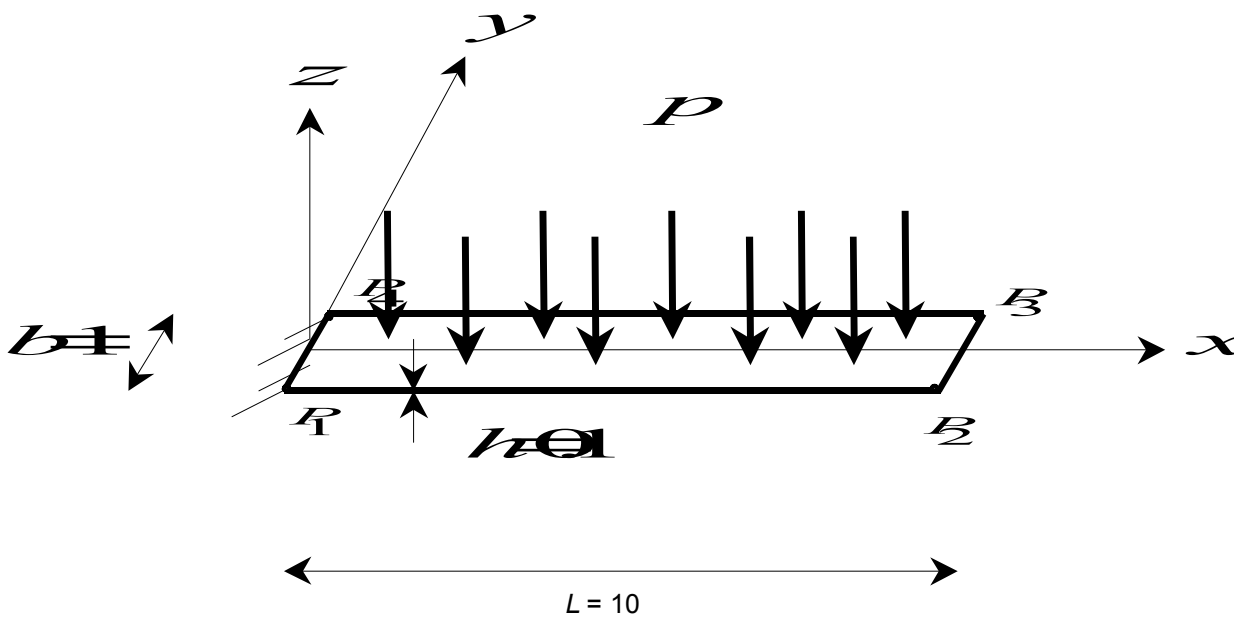
On présente un calcul quasi-statique de plaque élastique encastrée sur un côté et soumise à une pression suiveuse. Le chargement suiveur implique des modifications du système d'équations linéarisé. Le système d'équations résolu par la méthode de NEWTON est non symétrique. La matrice tangente de rigidité (forces intérieures) et la contribution des forces de pression suivant la déformée de la structure sont non symétriques. Cette modélisation permet de tester les objets éléments finis non linéaires géométriques COQUE_3D utilisant l'algorithme de mise à jour des grandes rotations 3D GROT_GDEP dans STAT_NON_LINE en présence d'une pression de type suiveuse. La solution de référence est obtenue par le logiciel éléments finis SAMCEF.



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

# 1 Problème de référence

## 1.1 Géométrie




Les longueurs sont données en mètres.
Plaque rectangulaire d'épaisseur $0.1\mathrm{m}$ encastrée en $P_1 P_4$ et soumise à une pression :

$$\mathbf{p} = - p \quad \mathbf{e}_z \quad p > 0$$

## 1.2 Propriétés de matériaux et caractéristiques de section

Comportement élastique :

$$E = 12 \times 10^6 \ Pa \quad ; \quad \nu = 0.3$$

## 1.3 Conditions aux limites et chargement

Encastrement en $P_1 P_4$. On cherche les états successifs d'équilibre sous le chargement constitué de la pression :

$$p = t \quad ; \quad t \text{ pseudo-temps.}$$

On s'intéresse particulièrement aux déplacements horizontal et vertical et à la rotation au centre de la ligne $P_2 P_3$ .



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

# 2 Solution de référence

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

La solution de référence [bib4] est celle qui est obtenue 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] régulière.




Le maillage considéré est un maillage régulier de $20 \times 1$ éléments quadrilatéraux à 4 nœuds chacun.

## 2.2 Résultats de référence

On teste l'évolution pseudo-temporelle de $DX$, $DZ$, $DRY$ au point milieu du segment $P1P2$.

## 2.3 Références bibliographiques

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

2) J-L. Batoz, G.Dhatt, "Modélisation des Structures par Eléments Finis :Poutres et Plaques ", 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

5) M. AL MIKDAD, Pression suiveuse pour les éléments COQUE_3D, Rapport N° 99020-1 1999



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

# 3 Modélisation A

## 3.1 Caractéristiques de la modélisation

MEC3QU9H (coque 3D dégénérée)



1 *élément*

10 *éléments*

modélisation COQUE_3D - maillage régulier.

## 3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 33

Nombre de mailles et type : 10 QUAD9

## 3.3 Fonctionnalités testées

- L'élément non linéaire géométrique COQUE_3D,
- L'algorithme statique de mise à jour des grandes rotations GROT_GDEP de STAT_NON_LINE,
- L'utilisation d'une pression suiveuse.

## 3.4 Résultats de la modélisation A

Histoire du déplacement horizontal $DX$ ( $m$ ) au milieu de $P1P2$

| Instant | Pression $p$ | Référence (Samcef) |
|---|---|---|
| 13. | 13. | –9.03743E+00 |
| 26. | 26. | –1.41513E+01 |

Histoire du déplacement vertical $DZ$ (m) au milieu de $P1P2$

| Instant | Pression $P$ | Référence (Samcef) |
|---|---|---|
| 13. | 13. | –8.42753E+00 |
| 26. | 26. | –4.43375E+00 |

Histoire de la rotation horizontale $DRY$ au milieu de $P1P2$

| Instant | Pression $p$ | Référence (Samcef) |
|---|---|---|
| 13. | 13. | 1.94328E+00 |
| 26. | 26. | 3.09814E+00 |

## 3.5 Remarques

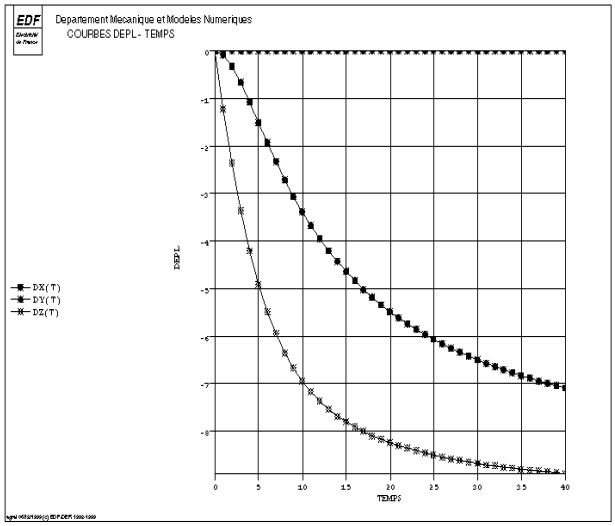
Le nombre de mailles de la solution de référence est 2 fois plus grand que celui de la solution de la modélisation A.



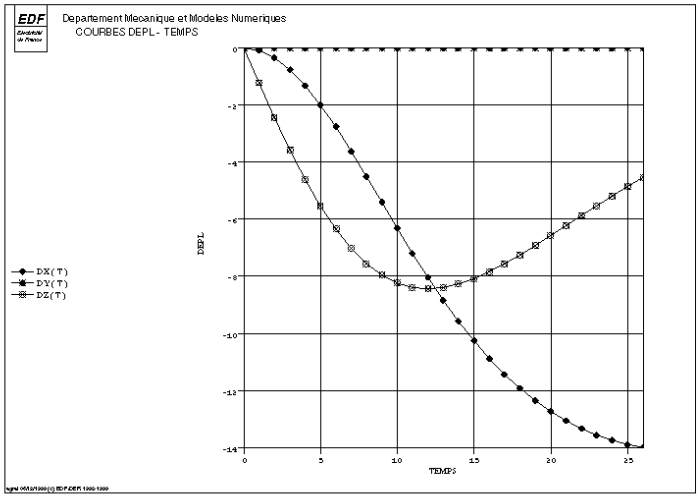
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

On utilise la valeur du COEF_RIGI_DRZ = 0.001.

Les figures suivantes, illustrent la solution obtenue avec une pression non suiveuse et suiveuse. Ils s'agit des composantes de translation du milieu de l'extrémité libre.




**Pression non suiveuse**




**Pression suiveuse**

On voit que dans le cas d'une pression suiveuse, le déplacement $DZ$ diminue après avoir atteint un maximum. La poutre a tendance à s'enrouler. Ce phénomène n'est pas représentable avec des pressions non suiveuses.

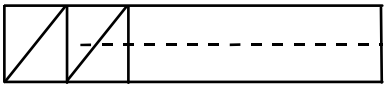


Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

# 4 Modélisation B

## 4.1 Caractéristiques de la modélisation

MEC3TR7H (coque 3D dégénérée)



1 *élément*

20 *éléments - 10 subdivisions*

modélisation COQUE_3D - maillage régulier mais non symétrique.

Les données du problème correspondent à une coque mince $\frac{h}{L}=0.625\%$ ce qui est sévère pour l'élément fini MECQTR7H (cas de blocage au cisaillement transverse).

## 4.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 33

Nombre de mailles et type : 20 TRIA7

## 4.3 Fonctionnalités testées

- L'élément non linéaire géométrique COQUE_3D,
- L'algorithme statique de mise à jour des grandes rotations GROT_GDEP de STAT_NON_LINE,
- L'utilisation d'une pression suiveuse.

## 4.4 Résultats de la modélisation B

Histoire du déplacement horizontal $DX$ ( $m$ ) au milieu de $P1P2$

| Instant | Pression p | Référence (Samcef) |
|---|---|---|
| 11. | 11. | -7.36640 E+00 |
| 22. | 22. | -1.35098 E+01 |

Histoire du déplacement vertical $DZ$ ( $m$ ) au milieu de $P1P2$

| Instant | Pression $P$ | Référence (Samcef) |
|---|---|---|
| 11. | 11. | -8.44920 E+00 |
| 22. | 22. | -5.78828 E+00 |

Histoire de la rotation horizontale $DRY$ au milieu de $P1P2$

| Instant | Pression $p$ | Référence (Samcef) |
|---|---|---|
| 11. | 11. | 1.69200 E+00 |
| 22. | 22. | 2.82168 E+00 |



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

## 4.5 Remarques

Le maillage de la modélisation B est un maillage régulier mais non symétrique. Le maillage de la solution de référence est construit avec 20 quadrangles à 4 nœuds chacun.

On utilise la valeur du `COEF_RIGI_DRZ = 0.001.`

Bien que le problème étudié soit un problème de coque mince $\frac{h}{L}=0.625\%$, les éléments de triangles atteignent un niveau de charge élevé : 22 pas pour 26 avec les quadrangles. La solution avec des éléments triangle est donc très satisfaisante.



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

# 5 Synthèse des résultats

Les solutions obtenues par *Code_Aster* sont très proches de la solution de référence du logiciel SAMCEF, avec un maillage deux fois moins raffiné. Les valeurs du déplacement au bout de la poutre diffèrent d'au plus 2,5% pour la première modélisation en quadrangle et d'au plus 6,7% pour la seconde modélisation en triangle.



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