

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

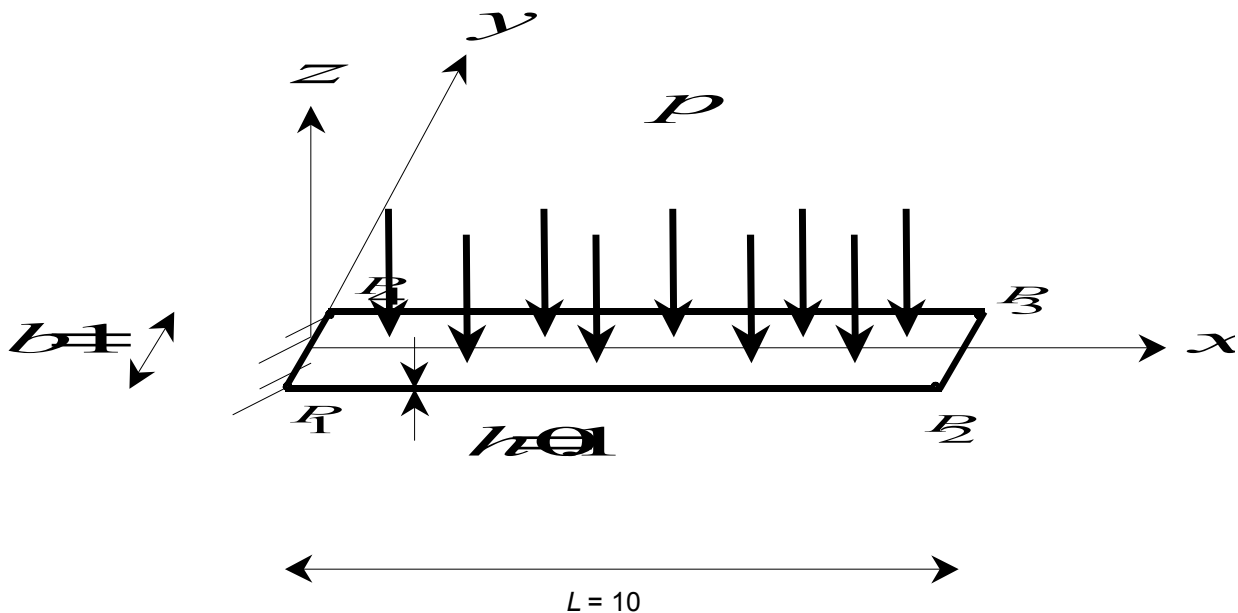
---

### Résumé

On présente un calcul quasi-statique de plaque élastique encastree 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.

## 1 Problème de référence

### 1.1 Géométrie



Les longueurs sont données en mètres.

Plaque rectangulaire d'épaisseur 0.1m encastree en  $P_1 P_4$  et soumise à une pression :

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

### 1.2 Propriétés de matériaux et caractéristiques de section

Comportement élastique :

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

### 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  $P_2 P_3$ .

## 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  $PIP2$ .

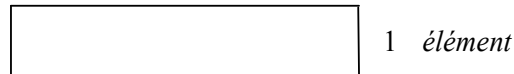
### 2.3 Références bibliographiques

- 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

## 3 Modélisation A

### 3.1 Caractéristiques de la modélisation

MEC3QU9H (coque 3D dégénérée)



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 PIP2

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

Histoire du déplacement vertical  $DZ$  (m) au milieu de PIP2

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

Histoire de la rotation horizontale  $DRY$  au milieu de PIP2

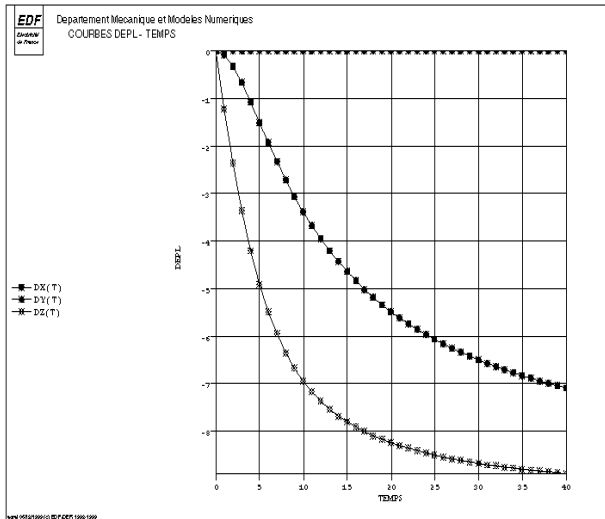
Instant	Pression $p$	Référence (Samcef)
13.	13.	1.94328E+00
26.	26.	3.09814E+00

### 3.5 Remarques

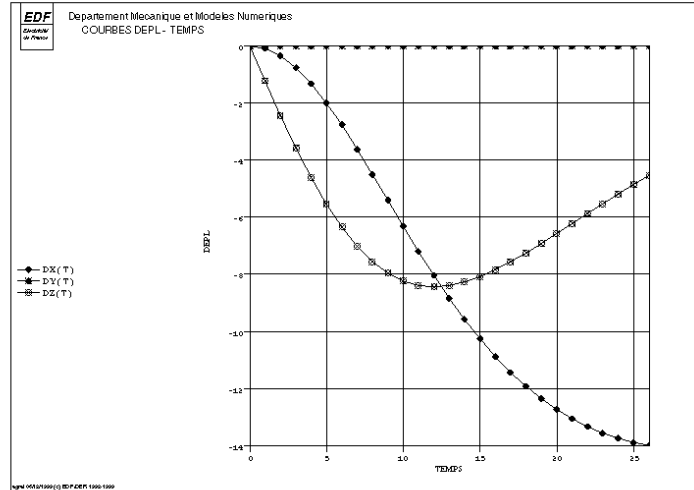
Le nombre de mailles de la solution de référence est 2 fois plus grand que celui de la solution de la modélisation A.

On utilise la valeur du  $\text{COEF\_RIGI\_DRZ} = 0.001$ .

Les figures suivantes, illustrent la solution obtenue avec une pression non suiveuse et suiveuse. Il 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.

## 4 Modélisation B

### 4.1 Caractéristiques de la modélisation

MEC3TR7H (coque 3D dégénérée)



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 suivieuse.

### 4.4 Résultats de la modélisation B

Histoire du déplacement horizontal  $DX$  ( m ) au milieu de  $PIP2$

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  $PIP2$

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  $PIP2$

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

## 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.

## 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.