SSNV138 - Plaque Cantilever en grandes rotations soumise à un moment

Résumé :

Calcul quasi-statique d'une plaque élastique encastrée sur un côté et soumise à un moment de flexion à l'autre côté, conduisant à de grandes rotations de la plaque.

Intérêt :

Tester les éléments finis non linéaires géométriques COQUE_3D (modélisations A et C), DKT (modélisations E et F), DKTG (modélisations G et H) et POU_D_T_GD (modélisation B) utilisant l'algorithme de mise à jour des grandes rotations 3D GROT_GDEP dans STAT_NON_LINE.

Comparer aussi les résultats à l'élément fini de poutre multi-fibres POU_D_TGM qui permet de traiter les grandes rotations sous l'hypothèse de petits incréments de chargement.

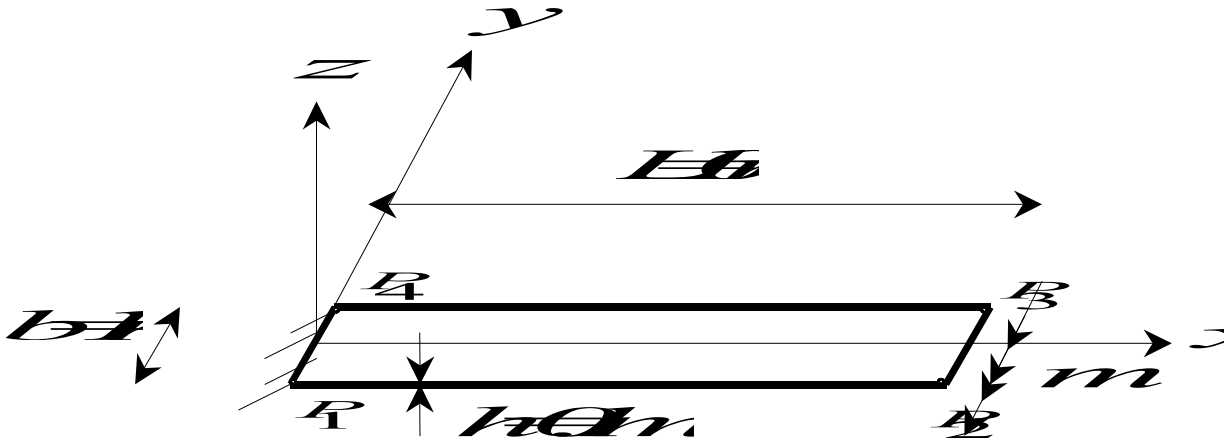
Remarque :

Ce test est la version plaque du cas test de poutre SSNL103. Les caractéristiques mécaniques ont été modifiées de façon à supporter une modélisation surfacique.

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



Plaque rectangulaire encastrée en P_1P_4 et P_1P_4 soumise en P_2P_3 à un couple linéique :

$$m=-me_y \;\; ; \;\; m>0$$

1.2 Propriétés de matériaux et caractéristiques de section

Comportement élastique :

$$E=12\times10^6 Pa \;\; ; \;\; \nu=0$$

Le fait que le coefficient de Poisson (ν) soit nul rend la solution de plaque identique à celle de poutre. I_y est l'inertie de la section avec un modèle de poutre :

$$I_y=\frac{b\ h^3}{12}=\frac{1}{12}\times10^{-3}$$

1.3 Conditions aux limites et chargement

Encastrement en P_1P_4 . On cherche les états successifs d'équilibre sous le chargement constitué du couple linéique en P_2P_3 :

$$m(t)=100\ t \quad ; \quad t \text{ pseudo-temps.}$$

On s'intéresse particulièrement aux déplacements horizontal et vertical et à la rotation de la ligne P_2P_3 .

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

2 Solution de référence

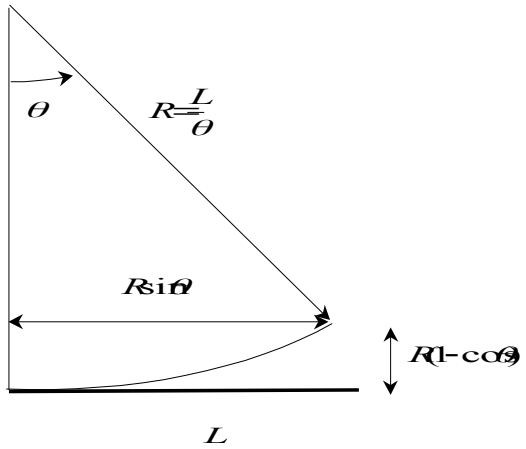
2.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence

Avec une cinématique de poutre et un modèle en efforts résultants, la courbure (en grandes rotations) du cantilever soumis au moment de flexion $M = mb$ est, avec les données numériques précédentes :

$$\frac{d\theta}{dx} = \frac{mb}{EI_y} = \frac{t}{L}$$

C'est la solution d'Euler.

2.2 Résultats de référence



Suivant la solution d'Euler, la déformée est un arc de cercle. A la section $P_2\ P_3\ \ (x = L)$, la rotation vaut :

$$\theta(x = L) = t\,.$$

En l'absence d'effort normal, la surface moyenne reste inextensible et le rayon de courbure est donné par :

$$R = \left(\frac{d\theta}{dx}\right)^{-1} = \frac{L}{t}$$

Le déplacement horizontal est alors

$$u = R\sin\theta - L = L\left(\frac{\sin t}{t} - 1\right)$$

et le déplacement vertical est

$$v = R(1 - \cos\theta) = \frac{L}{t}(1 - \cos t)$$

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

2.3 Références bibliographiques

[1] M. AL MIKDAD : Statique et Dynamique des Poutres en Grandes Rotations et Résolution des Problèmes d'Instabilité Non Linéaire. Thèse de Doctorat, Université de Technologie de Compiègne (1998).

[2] J.C. SIMO and L. VU QUOC : A Three-dimensional Finite Strain Rod Model. Part II : Computational Aspects. Comput. Meth. Appl. Mech. Engrg. 58, 79-116 (1986).

[3] J.C. SIMO, D.D. FOX and M.S. RIFAI : On a Stress Resultant Geometrically Exact Shell Model. Part III : Computational Aspects of the Nonlinear Theory. Comput. Meth. Appl. Mech. Engrg. 79, 21-70 (1990).

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation COQUE_3D

3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 54
Nombre de mailles et type : 10 QUAD9 et 1 SEG3

3.3 Grandeurs testées et résultats

L'analyse incrémentale est réalisée dans l'intervalle de pseudo-temps $[0:2.4]$ en quatorze pas de charge.

3.3.1 Histoire de la rotation horizontale DRY aux nœuds chargés

Instant	Couple m	Type de Référence	Référence DRY (radians)	Tolérance (%)
0.6	60.	'ANALYTIQUE'	–0.6000E+00	1.
1.2	120	'ANALYTIQUE'	–1.2000E+00	0.1
1.8	180	'ANALYTIQUE'	–1.8000E+00	1.
2.4	240	'ANALYTIQUE'	–2.4000E+00	0.1

3.3.2 Histoire du déplacement horizontal DX aux nœuds chargés

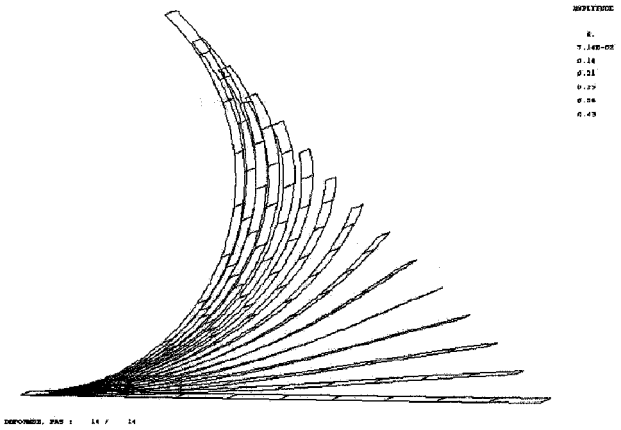
Instant	Couple m	Type de Référence	Référence	Tolérance (%)
0.6	60.	'ANALYTIQUE'	–5.8929E-01	0.1
1.2	120	'ANALYTIQUE'	–2.23300E+00	0.1
1.8	180	'ANALYTIQUE'	–4.58973E+00	0.1
2.4	240	'ANALYTIQUE'	–7.18557E+00	0.1

3.3.3 Histoire du déplacement vertical DZ aux nœuds chargés

Instant	Couple m	Type de Référence	Référence	Tolérance (%)
0.6	60.	'ANALYTIQUE'	2.91107E+00	0.1
1.2	120	'ANALYTIQUE'	5.31368E+00	0.1
1.8	180	'ANALYTIQUE'	6.81778E+00	0.1
2.4	240	'ANALYTIQUE'	7.23914E+00	0.1

Nous présentons ci-après une visualisation de la déformée au cours des 14 pas de charge :

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



3.3.4 Remarques

On utilise COEF_RIGI_DRZ = 0.001. La valeur de l'angle de rotation atteinte est de 135 degrés.

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

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

POU_D_T_GD (poutre $3D$ en grandes rotations).

modélisation POU_D_T_GD.

4.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 11
Nombre de mailles et type : 10 SEG2

4.3 Grandeurs testées et résultats

L'analyse incrémentale est réalisée dans l'intervalle de pseudo-temps $[0:6]$ en 60 pas de charge.

4.3.1 Histoire de la rotation horizontale DRY (radians) aux nœuds chargés

Instant	Moment m	Type de Référence	Référence	Tolérance (%)
0.3	30.	'ANALYTIQUE'	–0.3000E+00	0.1
0.6	60.	'ANALYTIQUE'	–0.6000E+00	0.1
1.0	100.	'ANALYTIQUE'	–1.0000E+00	0.1
3.0	300.	'ANALYTIQUE'	–3.0000E+00	0.1
6	600	'ANALYTIQUE'	-6.0000E+00	0.1

4.3.2 Histoire du déplacement horizontal $\mathrm{DX}(\mathrm{m})$ aux nœuds chargés

Instant	Moment m	Type de Référence	Référence	Tolérance (%)
0.3	30.	'ANALYTIQUE'	–1.4932E-01	0.3
0.6	60.	'ANALYTIQUE'	–5.8934E+01	0.3
3.0	300.	'ANALYTIQUE'	–9.5296	0.3
6	600	'ANALYTIQUE'	–10.4657	0.3

4.3.3 Histoire du déplacement vertical $\mathrm{DZ}(\mathrm{m})$ aux nœuds chargés

Instant	Moment m	Type de Référence	Référence	Tolérance (%)
0.3	30.	'ANALYTIQUE'	1.4887E+00	0.1
0.6	60.	'ANALYTIQUE'	2.9110E+00	0.1
3.0	300.	'ANALYTIQUE'	6.6333	0.5
6	600	'ANALYTIQUE'	6.638286E–02	2.0

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

5 Modélisation C

5.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation COQUE_3D

5.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 64
Nombre de mailles et type : 20 TRIA7 et 1 SEG3

5.3 Grandeurs testées et résultats

L'analyse incrémentale est réalisée dans l'intervalle de pseudo-temps $[0:2.2]$ en huit pas de charge.

5.3.1 Histoire de la rotation horizontale DRY aux nœuds chargés

Instant	Couple m	Type de Référence	Référence	Tolérance (%)
0.6	60	'ANALYTIQUE'	–0.6000E+00	1.0
1.2	120	'ANALYTIQUE'	–1.2000E+00	1.0
1.8	180	'ANALYTIQUE'	–1.8000E+00	1.0
2.2	220	'ANALYTIQUE'	–2.1728E+00	2.0

5.3.2 Histoire du déplacement horizontal DX aux nœuds chargés

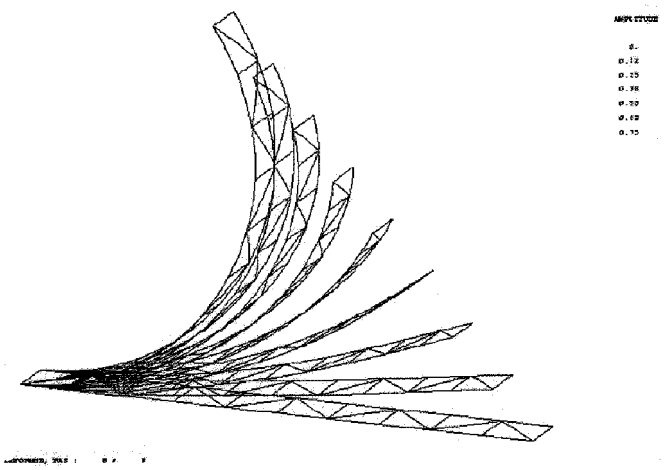
Instant	Couple m	Type de Référence	Référence	Tolérance (%)
0.6	60	'ANALYTIQUE'	–5.8929E-01	0.5
1.2	120	'ANALYTIQUE'	–2.23300E+00	1.0
1.8	180	'ANALYTIQUE'	–4.58973E+00	2.0
2.2	220	'ANALYTIQUE'	–6,3250163463	2.0

5.3.3 Histoire du déplacement vertical DZ aux nœuds chargés

Instant	Couple m	Type de Référence	Référence	Tolérance (%)
0.6	60	'ANALYTIQUE'	2.91107E+00	0.1
1.2	120	'ANALYTIQUE'	5.31368E+00	0.5
1.8	180	'ANALYTIQUE'	6.81778E+00	0.5
2.2	220	'ANALYTIQUE'	7,22046E+00	1.0

Nous présentons ci-après une visualisation de la déformée au cours des 8 pas de charge :

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



5.3.4 Remarques

On utilise COEF_RIGI_DRZ = 0.001. La valeur de l'angle de rotation atteinte est de 125 degrés.

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

6 Modélisation D

6.1 Caractéristiques de la modélisation

POU_D_TGM (poutre 3D multi-fibres pour l'analyse non linéaire géométrique et matériau).

6.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 11
Nombre de mailles et type : 10 SEG2

6.3 Caractéristiques du maillage de la section transverse

Nombre de fibres : 160 (40 dans l'épaisseur et 4 dans la largeur)
Nombre de mailles et type : 160 QUAD4

6.4 Grandeurs testées et résultats

L'analyse incrémentale est réalisée dans l'intervalle de pseudo-temps $[0:6]$ en 1200 pas de charge.

6.4.1 Histoire de la rotation horizontale DRY (radians) aux nœuds chargés

Instant	Moment m	Type de Référence	Référence	Tolérance (%)
0.3	30.	'ANALYTIQUE'	–0.3000E+00	0.1
0.6	60.	'ANALYTIQUE'	–0.6000E+00	0.1
1.0	100.	'ANALYTIQUE'	–1.0000E+00	0.1
3.0	300.	'ANALYTIQUE'	–3.0000E+00	0.1
6	600	'ANALYTIQUE'	–6.0000E+00	0.1

6.4.2 Histoire du déplacement horizontal $\mathrm{DX}(\mathrm{m})$ aux nœuds chargés

Instant	Moment m	Type de Référence	Référence	Tolérance (%)
0.3	30.	'ANALYTIQUE'	–1.4932E-01	2.0
0.6	60.	'ANALYTIQUE'	–5.8934E-01	1.0
3.0	300.	'ANALYTIQUE'	–9.5296	0.3
6	600	'ANALYTIQUE'	–10.4657	0.3

6.4.3 Histoire du déplacement vertical $\mathrm{DZ}(\mathrm{m})$ aux nœuds chargés

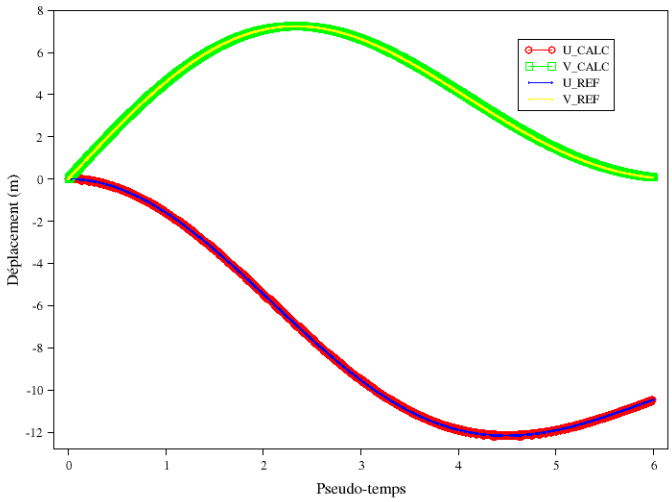
Instant	Moment m	Type de Référence	Référence	Tolérance (%)
0.3	30.	'ANALYTIQUE'	1.4887E+00	0.1
0.6	60.	'ANALYTIQUE'	2.9110E+00	0.1
3.0	300.	'ANALYTIQUE'	6.6333	0.5
6	600	'ANALYTIQUE'	6.638286E-02	0.07

Au dernier pas de temps, le déplacements vertical est très faible par rapport au maximal atteint lors du trajet de chargement (DZ maximum autour de $7\,\mathrm{m}$). Une comparaison à la solution de référence en relatif n'est pas très pertinent (on aurait alors presque 30% d'erreur relative). On préfèrerait un test en relatif par rapport au déplacement maximal : $\frac{valeur\,calculée - valeur\,de\,référence}{DZ_{max}} < tol^{relative}$.

Pour ce faire, on teste en absolu, avec une tolérance en absolu valant $DZ_{max}.tol^{relative}$.

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

Déplacements U et V en fonction du pseudo-temps



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

7 Modélisation E

7.1 Caractéristiques de la modélisation

Cette modélisation est identique à la modélisation D. La seule différence se situe au niveau de la gestion du pas de temps.

Gestion du sous-découpage du pas de temps par event-driven : Si à convergence, l'incrément de déplacement est tel que $max(DX, DY) > 5.e-2$ sur un nœud du maillage, alors on re-découpe le pas de temps.

7.2 Grandeurs testées et résultats

On teste les mêmes valeurs que celles de la modélisation D, avec les mêmes tolérances.

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

8 Modélisation F

8.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation DKT

8.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 22
Nombre de mailles et type : 10 QUAD4 et 22 SEG2

8.3 Grandeurs testées et résultats

L'analyse incrémentale est réalisée dans l'intervalle de pseudo-temps $[0:5.3]$ en $[37]$ pas de charge.

8.3.1 Histoire de la rotation horizontale DRY aux nœuds chargés

Instant	Couple m	Type de Référence	Valeur de référence (Radian)	Tolérance (%)
0.6	60.	'ANALYTIQUE'	-0.6	0.01
1.2	120.	'ANALYTIQUE'	-1.2	0.01
1.8	180.	'ANALYTIQUE'	-1.8	0.01
3.0	300.	'ANALYTIQUE'	-3.0	0.01
4.0	400.	'ANALYTIQUE'	-4.0	0.01
5.3	530.	'ANALYTIQUE'	-5.3	0.01

8.3.2 Histoire du déplacement horizontal DX aux nœuds chargés

Instant	Couple m	Type de Référence	Valeur de référence m	Tolérance (%)
0.6	60.	'ANALYTIQUE'	-0.14932644	2.0
1.2	120.	'ANALYTIQUE'	-2.23300762	2.0
1.8	180.	'ANALYTIQUE'	-4.58973538	1.0
3.0	300.	'ANALYTIQUE'	-9.52959997	0.5
4.0	400.	'ANALYTIQUE'	-11.89200624	0.1
5.3	530.	'ANALYTIQUE'	-11.57031593	0.5

8.3.3 Histoire du déplacement vertical DZ aux nœuds chargés

Instant	Couple m	Type de Référence	Valeur de référence m	Tolérance (%)
0.6	60.	'ANALYTIQUE'	2.91107308	1,
1.2	120.	'ANALYTIQUE'	5.31368538	0.8
1.8	180.	'ANALYTIQUE'	6.81778941	0.5
3.0	300.	'ANALYTIQUE'	6.63330832	0.2
4.0	400.	'ANALYTIQUE'	4.13410905	1.0
5.3	530.	'ANALYTIQUE'	0.84080314	1.5

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

8.3.4 Remarques

On utilise COEF_RIGI_DRZ = 0.001. La valeur de l'angle de rotation atteinte est de 304. degrés.

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

9 Modélisation G

9.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation DKT

9.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 22
Nombre de mailles et type : 20 TRIA3 et 22 SEG2

9.3 Grandeurs testées et résultats

L'analyse incrémentale est réalisée dans l'intervalle de pseudo-temps $[0:5.0]$ en $[80]$ pas de charge.

9.3.1 Histoire de la rotation horizontale DRY aux nœuds chargés

Instant	Couple m	Type de Référence	Valeur de référence (radians)	Tolérance (%)
0.6	60.	'ANALYTIQUE'	-0.6	0.01
1.2	120.	'ANALYTIQUE'	-1.2	0.01
1.8	180.	'ANALYTIQUE'	-1.8	0.01
3.0	300.	'ANALYTIQUE'	-3.0	0.01
4.0	400.	'ANALYTIQUE'	-4.0	0.01
5.0	500.	'ANALYTIQUE'	-5.0	0.01

9.3.2 Histoire du déplacement horizontal DX aux nœuds chargés

Instant	Couple m	Type de Référence	Valeur de référence m	Tolérance (%)
0.6	60.	'ANALYTIQUE'	-0.14932644	0.25
1.2	120.	'ANALYTIQUE'	-2.23300762	0.25
1.8	180.	'ANALYTIQUE'	-4.58973538	0.5
3.0	300.	'ANALYTIQUE'	-9.52959997	0.1
4.0	400.	'ANALYTIQUE'	-11.89200624	0.15
5.0	500.	'ANALYTIQUE'	-11.91784855	0.1

9.3.3 Histoire du déplacement vertical DZ aux nœuds chargés

Instant	Couple m	Type de Référence	Valeur de référence m	Tolérance (%)
0.6	60.	'ANALYTIQUE'	2.91107308	0.25
1.2	120.	'ANALYTIQUE'	5.31368538	0.25
1.8	180.	'ANALYTIQUE'	6.81778941	0.25
3.0	300.	'ANALYTIQUE'	6.63330832	0.25
4.0	400.	'ANALYTIQUE'	4.13410905	0.5
5.0	500.	'ANALYTIQUE'	1.43267563	0.8

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

9.3.4 Remarques

On utilise COEF_RIGI_DRZ = 0.001. La valeur de l'angle de rotation atteinte est de 286. degrés.

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

10 Modélisation H

10.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation DKTG

10.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 22
Nombre de mailles et type : 10 QUAD4 et 22 SEG2

10.3 Grandeurs testées et résultats

L'analyse incrémentale est réalisée dans l'intervalle de pseudo-temps $[0:1.4]$ en $[6]$ pas de charge.

10.3.1 Histoire de la rotation horizontale DRY aux nœuds chargés

Instant	Couple m	Type de Référence	Valeur de référence (radians)	Tolérance (%)
0.6	60.	'ANALYTIQUE'	-0.6	0.01
1.2	120.	'ANALYTIQUE'	-1.2	0.01
1.4	140.	'ANALYTIQUE'	-1.5	0.01

10.3.2 Histoire du déplacement horizontal DX aux nœuds chargés

Instant	Couple m	Type de Référence	Valeur de référence m	Tolérance (%)
0.6	60.	'ANALYTIQUE'	-0.14932644	2.0
1.2	120.	'ANALYTIQUE'	-2.23300762	1.5
1.4	140.	'ANALYTIQUE'	-2.96107336	1.0

10.3.2.1 Histoire du déplacement vertical DZ aux nœuds chargés

Instant	Couple m	Type de Référence	Valeur de référence m	Tolérance (%)
0.6	60.	'ANALYTIQUE'	2.91107308	1.0
1.2	120.	'ANALYTIQUE'	5.31368538	1.0
1.4	140.	'ANALYTIQUE'	5.92880612	1.0

10.3.3 Remarques

On utilise COEF_RIGI_DRZ = 0.001. La valeur de l'angle de rotation atteinte est de 80. degrés.

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

11 Modélisation I

11.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation DKTG

11.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 222
Nombre de mailles et type : 20 TRIA3 et 22 SEG2

11.3 Grandeurs testées et résultats

L'analyse incrémentale est réalisée dans l'intervalle de pseudo-temps $[0:1.5]$ en $[10]$ pas de charge.

11.3.1.1 Histoire de la rotation horizontale DRY aux nœuds chargés

Instant	Couple m	Type de Référence	Valeur de référence (radians)	Tolérance (%)
0.6	60.	'ANALYTIQUE'	-0.6	0.01
1.2	120.	'ANALYTIQUE'	-1.2	0.01
1.4	140.	'ANALYTIQUE'	-1.5	0.01

11.3.1.2 Histoire du déplacement horizontal DX aux nœuds chargés

Instant	Couple m	Type de Référence	Valeur de référence m	Tolérance (%)
0.6	60.	'ANALYTIQUE'	-0.14932644	0.5
1.2	120.	'ANALYTIQUE'	-2.23300762	0.25
1.4	140.	'ANALYTIQUE'	-2.96107336	0.25

11.3.1.3 Histoire du déplacement vertical DZ aux nœuds chargés

Instant	Couple m	Type de Référence	Valeur de référence m	Tolérance (%)
0.6	60.	'ANALYTIQUE'	2.91107308	0.5
1.2	120.	'ANALYTIQUE'	5.31368538	0.5
1.4	140.	'ANALYTIQUE'	5.92880612	0.5

11.3.2 Remarques

On utilise COEF_RIGI_DRZ = 0.001. La valeur de l'angle de rotation atteinte est de 86. degrés.

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

12 Synthèse des résultats

- **Modélisations COQUE_3D, POU_D_T_GD et POU_D_TGM**

  On remarque des difficultés de convergence qui disparaissent en multipliant l'épaisseur par 3 ou 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.

  Durant les itérations de Newton, des déformations de membrane apparaissent et s'annulent à convergence.

  Les vitesses de convergence des algorithmes de NEWTON sont comparables pour les modélisations POU_D_T_GD et COQUE_3D.

  La vitesse de convergence de l'algorithme de NEWTON dans le cas de la modélisation POU_D_TGM est beaucoup plus faible que les deux autres car cette modélisation nécessite dans ce cas de faire de très petits incréments de chargement pour bien décrire la transformation géométrique et rester dans l'hypothèse des petites déformations. Le coût en temps CPU s'en ressent puisque le calcul est prés de 10 fois plus long que celui de la modélisation POU_D_T_GD. Bien entendu l'élément multi-fibres présente l'avantage de pouvoir traiter plusieurs types de comportement et pas seulement un comportement élastique comme l'élément POU_D_T_GD. Si la précision nécessaire n'est pas de l'ordre de 1%, on peut se permettre d'utiliser moins de pas de temps.
  Par ailleurs il est important pour un problème comme celui-ci, où l'inertie de la section joue un rôle prépondérant, de veiller à discrétiser la section avec suffisamment de fibres lorsque l'on utilise POU_D_TGM, pour obtenir l'inertie la plus proche possible de la valeur théorique (c'est pourquoi on a maillé avec près de 40 fibres dans l'épaisseur).

- **Modélisations DKT et DKTG**
  La modélisation DKT permet d'atteindre un grand angle de rotation $300°$, plus important que celui obtenu avec la modélisation DKTG $86°$.
  Par rapport à la solution analytique, l'écart maximum en déplacement est de 2% pour la modélisations DKT et DKTG

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