SSLV07 - Étirement d'un parallélépipède sous son propre poids

Résumé :

Ce test statique 3D permet de valider les fonctionnalités suivantes :

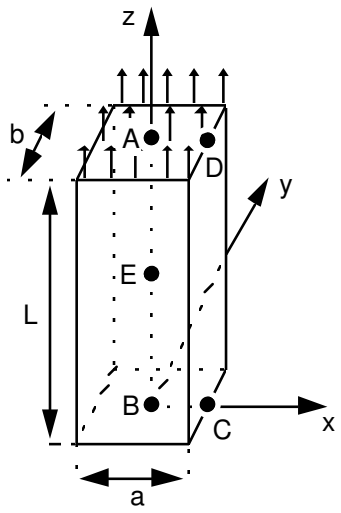
- chargement en poids propre (pesanteur ou force interne) et en pression uniforme,
- calcul de l'énergie potentielle de la structure,
- estimateur d'erreur en résidu (modélisation B)
- éléments incompressibles (modélisation D).
- utilisation de `MACR_LIGN_COUP` sur un concept `mult_elas` (modélisation A)

Il comprend 4 modélisations. Son intérêt réside dans la mise en évidence de l'effet du coefficient de Poisson (contraction transversale).

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



Hauteur : L = 3 m
Largeur : a = 1 m
Epaisseur : b = 1 m

Coordonnées des points (en mètres) :

	A	B	C	D	E
x	0.	0.	0.5	0.5	0.
y	0.	0.	0.	0.	0.
z	3.	0.	0.	3.	1.5

1.2 Propriétés de matériaux

$E = 2\,10^{11}\ MPa$

$\nu = 0.3$

$\rho = 7\,800\ kg/m^3$

1.3 Conditions aux limites et chargements

Point A : ($u = v = w = 0$, $\theta_x = \theta_y = \theta_z = 0$)

Poids propre suivant l'axe z

Contrainte uniforme à la traction pour la face supérieure : $\sigma_z = \rho\, g\, L = +229\,554.\ Pa$

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

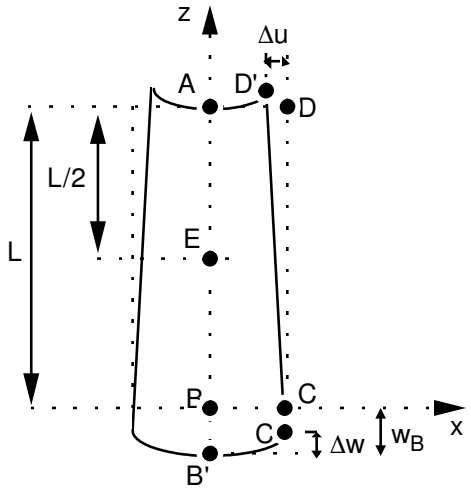
La solution de référence est celle donnée dans la fiche SSLV07/89 du guide VPCS qui présente la méthode de calcul de la façon suivante :

Déplacements :

$$u=-\frac{\nu\,\rho\,g\,x\,z}{E}$$
$$v=-\frac{\nu\,\rho\,g\,y\,z}{E}$$
$$w=\frac{\rho\,g\,z^2}{2\,E}+\frac{\nu\,\rho\,g}{2\,E}(x^2+y^2)-\frac{\rho\,g\,L^2}{2\,E}$$

Contraintes :

$$\sigma_{zz}=\rho\,g\,z$$
$$\sigma_{xx}=\sigma_{yy}=\sigma_{xy}=\sigma_{yz}=\sigma_{zx}=0$$



2.2 Résultats de référence

Déplacement des points B, C, D et E.

Contraintes σ_{zz} en A et E.

2.3 Incertitude sur la solution

Solution analytique.

2.4 Références bibliographiques

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

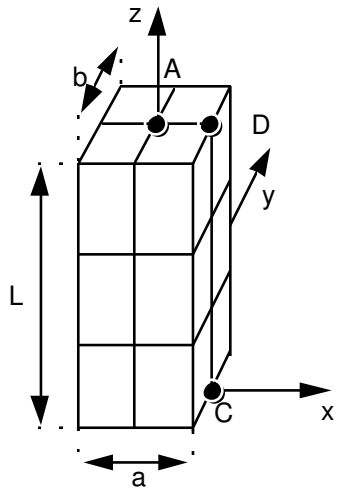
1) S.P. TIMOSHENKO. Théorie de l'élasticité. Paris. Librairie Polytechnique. Ch. Béranger, p.279 à 282 (1961).

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

3D



Découpage : 3 en hauteur
2 en largeur et épaisseur
mailles hexa20

Conditions limites : $DX=DY=0$ sur $\left]AB\right]$, $DY=0$ en D, $DZ=0$ en A

Noms des nœuds : $Point\ A=N59$ $Point\ B=N53$
$Point\ C=N12$ $Point\ D=N18$
$Point\ E=N56$

3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 111

Nombre de mailles et types : 12 HEXA20

3.3 Grandeurs testées et résultats

Localisation	Type de valeur (m)	Référence
Point B	U_B	0.
	V_B	0.
	W_B	–1.721655 10 $^{-6}$
Point C	U_C	0.
	V_C	0.
	W_C	–1.707308 10 $^{-6}$
Point D	U_D	–1.721655 10 $^{-7}$
	V_D	0.

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

	W_D	1.434713 10^{-8}
Point E	U_E	0.
	V_E	0.
	W_E	–1.291241 10^{-6}
	(Pa)	
Point A	σ_{zz}	2.29554 10^5
Point E	σ_{zz}	1.14777 10^5

Résultats issus de MACR_LIGN_COUP sur le segment AB :

Les tests de NON_REGRESSION sont faits sur les tables issues de MACR_LIGN_COUP appliquée à un CHAMP_GD . Ils constituent les valeurs de référence 'AUTRE_ASTER' pour les tables issues de MACR_LIGN_COUP appliquée à un résultat de type mult_elas .

Localisation	Grandeur	Valeur de référence	Type de référence	Précision
Point E : ABSC_CURV = 1,5	Champ DEPL, Comp. DZ	-	'NON_REGRESSION'	-
Point B : ABSC_CURV = 3	Champ DEPL, Comp. DZ	-	'NON_REGRESSION'	-
Point E : ABSC_CURV = 1,5	Champ DEPL, Comp. DZ	-1.29126028088E-06	'AUTRE_ASTER'	0,1%
Point B : ABSC_CURV = 3	Champ DEPL, Comp. DZ	-1.72167375533E-06	'AUTRE_ASTER'	0,1%

3.4 Remarques

La modélisation en HEXA20 est tout à fait acceptable pour ce maillage grossier. Cette modélisation permet également de tester la bonne prise en compte de l'application de la pesanteur à une liste de mailles ou de groupes de mailles ciblée.

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

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

3D

Découpage : 12 en hauteur
8 en largeur et épaisseur
mailles HEXA8

Conditions limites : $DX=DY=0$ sur $\left]AB\right]$, $DY=0$ en D, $DZ=0$ en A

Noms des nœuds : $Point\ A=N533$ $Point\ B=N521$
$Point\ C=N989$ $Point\ D=N1001$
$Point\ E=N527$

4.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 1053

Nombre de mailles et types : 768 HEXA8

4.3 Remarques

Cette modélisation permet de tester l'estimateur d'erreur en résidu en 3D.

4.4 Grandeurs testées et résultats

Localisation	Type de valeur (m)	Référence
Point B	U_B	0.
	V_B	0.
	W_B	–1.721655 10 –6
Point C	U_C	0.
	V_C	0.
	W_C	–1.707308 10 –6
Point D	U_D	–1.721655 10 –7
	V_D	0.
	W_D	1.434713 10–8
Point E	U_E	0.
	V_E	0.
	W_E (Pa)	–1.291241 10–6
Point A	σ_{zz}	2.29554 10^5
HEX12	erreur relative	1.15
HEX600	erreur relative	1.30

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

4.5 Remarques

Le maillage reste insuffisant pour une modélisation en HEXA8. L'erreur relative globale est faible (3%) mais dépasse 20% sur certaines mailles.

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

5 Modélisation C

5.1 Caractéristiques de la modélisation

3D

Découpage : 12 en hauteur
8 en largeur et épaisseur
mailles hexa8

Conditions limites : $DX=DY=0$ sur $]AB]$, $DY=0$ en D, $DZ=0$ en A

Noms des nœuds : $Point\ A=N533$ $Point\ B=N521$
$Point\ C=N989$ $Point\ D=N1001$
$Point\ E=N527$

5.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 1053

Nombre de mailles et types : 768 HEXA8

5.3 Remarques

Cette modélisation permet de tester le mot-clé FORCE_INTERNE dans AFFE_CHAR_MECA_F.

5.4 Grandeurs testées et résultats

Localisation	Type de valeur (m)	Référence
Point B	U_B	0.
	V_B	0.
	W_B	–1.721655 10 –6
Point C	U_C	0.
	V_C	0.
	W_C	–1.707308 10 –6
Point D	U_D	–1.721655 10 –7
	V_D	0.
	W_D	1.434713 10–8
Point E	U_E	0.
	V_E	0.
	W_E	–1.291241 10–6
	(Pa)	
Point A	σ_{zz}	2.29554 10^5

5.5 Remarques

Le maillage reste insuffisant pour une modélisation en HEXA8.

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

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

6 Modélisation D

6.1 Caractéristiques de la modélisation

3D

Découpage : 3 en hauteur
2 en largeur et épaisseur
mailles hexa20

Conditions limites : $DX=DY=0$ sur $]AB]$, $DY=0$ en D, $DZ=0$ en A

Noms des nœuds : $Point\ A=N59$ $Point\ B=N53$
$Point\ C=N12$ $Point\ D=N18$
$Point\ E=N56$

6.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 111

Nombre de mailles et types : 12 HEXA20

6.3 Grandeurs testées et résultats

Localisation	Type de valeur (m)	Référence
Point B	U_B	0.
	V_B	0.
	W_B	–1.721655 10 $^{-6}$
Point C	U_C	0.
	V_C	0.
	W_C	–1.707308 10 $^{-6}$
Point D	U_D	–1.721655 10 $^{-7}$
	V_D	0.
	W_D	1.434713 10^{-8}
Point E	U_E	0.
	V_E	0.
	W_E	–1.291241 10^{-6}
	(Pa)	
Point A	σ_{zz}	2.29554 10^5
Point E	σ_{zz}	1.14777 10^5

6.4 Remarques

Les éléments incompressibles HEXA20 donnent les mêmes résultats que les éléments standards.

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

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

7 Synthèse des résultats

Type de valeur (m)	Référence	*Aster* Hexa20 (A)	*Aster* Hexa8 (B)
U_B	0.		
V_B	0.		
W_B	–1.721655 10 $^{-6}$	< 0.1%	< 0.1%
U_C	0.		x
V_C	0.		
W_C	–1.707308 10 $^{-6}$	< 0.1%	0.1%
U_D	–1.721655 10 $^{-7}$	< 0.1%	–2.2%
V_D	0.		
W_D	1.434713 10 $^{-8}$	–0.2%	–15.5%
U_E	0.		
V_E	0.		
W_E	–1.291241 10 $^{-6}$	< 0.1%	< 0.1%
(Pa)			
$A \ \sigma_{zz}$	2.29554 10^5	< 0.1%	–5.3%
$E \ \sigma_{zz}$	1.14777 10^5	< 0.1%	< 0.1%

Modélisation : A (HEXA20 découpage : 3 en Z , 2 en X et Y)
B (HEXA8 découpage : 12 en Z , 8 en X et Y)

La modélisation en HEXA8 nécessiterait un maillage beaucoup plus fin.

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