SSNV227 – Traction, en grands déplacements, d'un barreau constitué d'un matériau hyper-élastique de type Mooney-Rivlin

Résumé :

Ce test représente le calcul en grands déplacements d'un barreau, constitué d'un matériau de type Mooney-Rivlin soumis a un effort de traction.

La modélisation A permet de tester :

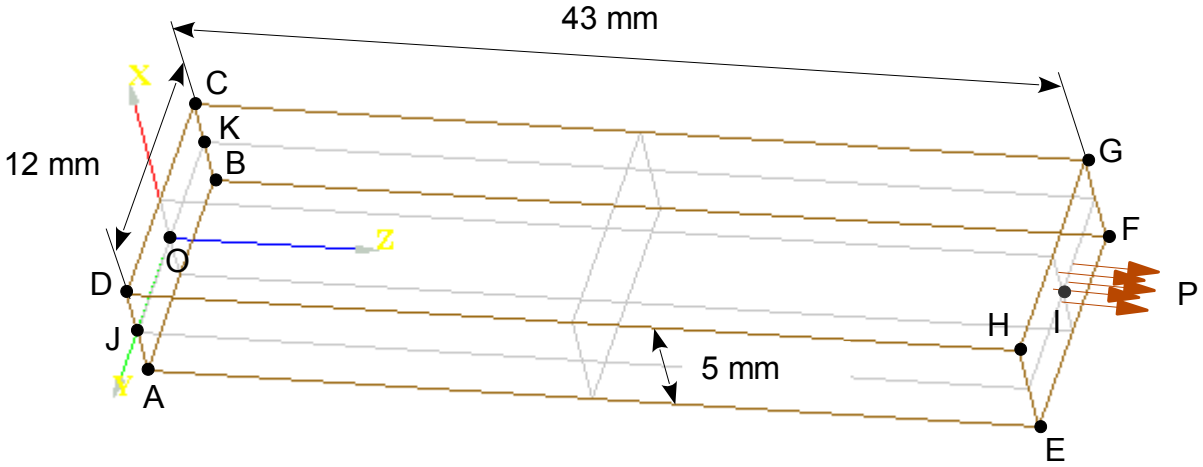
- la modélisation 3D avec des mailles HEXA20,
- un matériau de type 'HYPER_ELAS'
- le chargement de type suiveur TYPE_CHARGE='SUIV'

Les modélisations B et C testent la même configuration mais avec la loi Signorini de MFront (avec SIMO_MIEHE ou GROT_GDEP).

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



Point	$X(mm)$	$Y(mm)$	$Z(mm)$
A	-2.5	6.0	0.0
B	-2.5	-6.0	0.0
C	2.5	-6.0	0.0
D	2.5	6.0	0.0
E	-2.5	6.0	43.0
F	-2.5	-6.0	43.0
G	2.5	-6.0	43.0
H	2.5	6.0	43.0
I	0.0	0.0	43.0
J	0.0	6.0	0.0
K	0.0	-6.0	0.0
O	0.0	0.0	0.0

1.2 Propriétés de matériaux

Le matériau est du type Mooney-Rivlin, dont les propriétés sont les suivantes:

- $C10=0.709 \quad N/mm^2$
- $C20=0. \quad N/mm^2$
- $C01=2.3456 \quad N/mm^2$
- Coefficient de Poisson $\nu=0,499$
- Module de compressibilité $k=\frac{6(C10+C01)}{3(1-2*\nu)}=3054.6 \quad N/mm^2$

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

1.3 Conditions aux limites et chargements

- Conditions aux limites
  - Face $ABCD$: $DZ=0$
  - Point O : $DY=0$
  - Points J, K : $DX=0$

- Pression répartie uniformément sur la face $EFGH$. Deux types de calcul sont réalisés:

  - Calcul en petites perturbation : la pression appliquée est de $P=6.\times10^{-6}N/mm^2$.
  - Calcul en grands déplacements : la pression appliquée croît linéairement de $P=0.N/mm^2$ jusqu'à $6.0N/mm^2$

1.4 Conditions initiales

Sans objet.

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

Hypothèse des Petites Perturbations (HPP)

Module d'Young $E=6(C01+C10)\times(1+\nu)=18.3\,N/mm^2$
Section $A=60\text{mm}^2$

En HPP, le déplacement DZ suivant Z est tel que :

$$K=\frac{DZ}{(A\times P)}$$

où :
K représente la raideur du barreau
A représente la section du barreau ($A=60\text{mm}^2$)

À partir de l'équilibre la structure, on a $DZ\times E=Lz\times P$

où :
Lz représente la longueur du barreau suivant Z
E représente le Module d'Young $E=6(C01+C10)\times(1+\nu)=18.3154\,N/mm^2$

Ce qui nous donne $DZ=\frac{Lz\times P}{E}=14{,}0865\,10^{-6}\,mm$

Grands déplacements : pression suiveuse

Le chargement est appliqué sur la structure déformée (pression suiveuse). La contrainte suivant Z (SIZZ) est donc identique à la pression appliquée.

Les autres valeurs de référence sont des valeurs obtenues avec la modélisation A.

2.2 Résultats de référence

Hypothèse des Petites Perturbations (HPP)

Grandeur	Composante	Point	Type de Référence	Référence
DEPL	DZ	I	'ANALYTIQUE'	1.40865×10^{-5} mm

Grands déplacements : pression suiveuse

Grandeur	Composante	Point	Type de Référence	Référence (mm)
DEPL	DX	G	'AUTRE_ASTER'	-0.390384
	DY	G	'AUTRE_ASTER'	0.390384
	DX	H	'AUTRE_ASTER'	0.93691

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

	DY	*H*	'AUTRE_ASTER'	-0.93691
	DZ	*I*	'AUTRE_ASTER'	17.42597

Grandeur	Composante	Point	Type de Référence	Référence
EPSI_NOEU	*EPXX*	*I*	'AUTRE_ASTER'	-0.15615
	EPYY		'AUTRE_ASTER'	-0.15615
	EPZZ		'AUTRE_ASTER'	0.405255
	EPXY		'AUTRE_ASTER'	0.0
	EPXZ		'AUTRE_ASTER'	0.0
	EPYZ		'AUTRE_ASTER'	0.0

Grandeur	Composante	Point	Type de Référence	Référence N/mm^2
SIGM_NOEU	*SIXX*	*I*	'AUTRE_ASTER'	0.0
	SIYY		'AUTRE_ASTER'	0.0
	SIZZ		'ANALYTIQUE'	6.0
	SIXY		'AUTRE_ASTER'	0.0
	SIXZ		'AUTRE_ASTER'	0.0
	SIYZ		'AUTRE_ASTER'	0.0

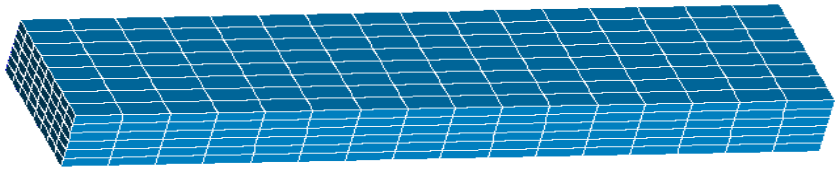
2.3 Incertitude sur la solution

Solution analytique et numérique.

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation



3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 3949
Nombre de mailles et type : 768 HEXA20

3.3 Grandeurs testées et résultats

Hypothèse des Petites Perturbations (HPP)

Grandeur	Composante	Point	Type de Référence	Référence	Tolérance
DEPL	DX	G	'ANALYTIQUE'	1.40865×10^{-5} mm	0.1 %

Grands déplacements : Pression suiveuse

Grandeur	Composante	Point	Type de Référence
DEPL	DX	G	'NON_REGRESSION'
	DY	G	'NON_REGRESSION'
	DX	H	'NON_REGRESSION'
	DY	H	'NON_REGRESSION'
	DZ	I	'NON_REGRESSION'

Grandeur	Composante	Point	Type de Référence
EPSI_NOEU	$EPXX$	I	'NON_REGRESSION'
	$EPYY$		'NON_REGRESSION'
	$EPZZ$		'NON_REGRESSION'

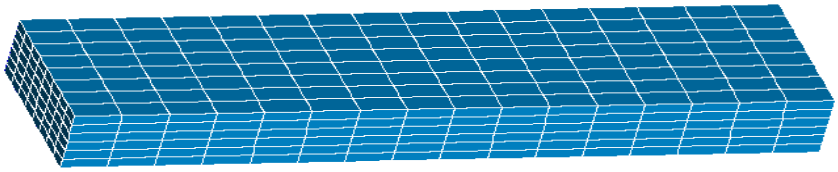
Grandeur	Composante	Point	Type de Référence	Référence N/mm^2	Tolérance
	$SIZZ$		'ANALYTIQUE'	6.0	0.1 %

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

4 Modélisation B

On utilise le modèle SignoriniSimoMiehe de MFront.

4.1 Caractéristiques de la modélisation



4.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 3949
Nombre de mailles et type : 768 HEXA20

4.3 Grandeurs testées et résultats

Grands déplacements : Pression suiveuse

Grandeur	Composante	Point	Type de Référence	Référence (mm)	Tolérance
DEPL	DX	G	'AUTRE_ASTER'	-0.390384	0.1%
	DY	G	'AUTRE_ASTER'	0.390384	0.1%
	DX	H	'AUTRE_ASTER'	0.93691	0.1%
	DY	H	'AUTRE_ASTER'	-0.93691	0.1%
	DZ	I	'AUTRE_ASTER'	17.42597	0.1%

Grandeur	Composante	Point	Type de Référence	Référence	Tolérance
EPSI_NOEU	$EPXX$	I	'AUTRE_ASTER'	-0.15615	0.1%
	$EPYY$		'AUTRE_ASTER'	-0.15615	0.1%
	$EPZZ$		'AUTRE_ASTER'	0.405255	0.1%

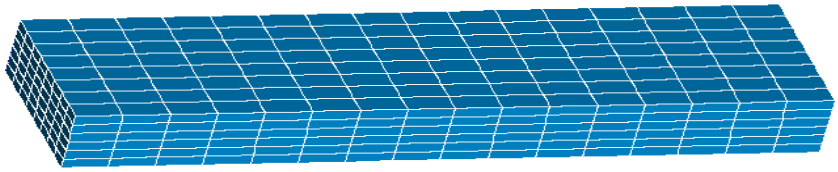
Grandeur	Composante	Point	Type de Référence	Référence (N/mm^2)	Tolérance
	$SIZZ$		'ANALYTIQUE'	6.0	0.1%

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

5 Modélisation C

On utilise le modèle Signorini en GROT_GDEP de MFront.

5.1 Caractéristiques de la modélisation



5.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 3949
Nombre de mailles et type : 768 HEXA20

5.3 Grandeurs testées et résultats

Grands déplacements : Pression suiveuse

Grandeur	Composante	Point	Type de Référence	Référence (mm)	Tolérance
DEPL	DX	G	'AUTRE_ASTER'	-0.390384	0.1 %
	DY	G	'AUTRE_ASTER'	0.390384	0.1 %
	DX	H	'AUTRE_ASTER'	0.93691	0.1 %
	DY	H	'AUTRE_ASTER'	-0.93691	0.1 %
	DZ	I	'AUTRE_ASTER'	17.42597	0.1 %

Grandeur	Composante	Point	Type de Référence	Référence	Tolérance
EPSI_NOEU	$EPXX$	I	'AUTRE_ASTER'	-0.15615	0.1 %
	$EPYY$		'AUTRE_ASTER'	-0.15615	0.1 %
	$EPZZ$		'AUTRE_ASTER'	0.405255	0.1 %

Grandeur	Composante	Point	Type de Référence	Référence (N/mm^2)	Tolérance
	$SIZZ$		'ANALYTIQUE'	6.0	0.1 %

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

6 Synthèse des résultats

Les résultats obtenus sont satisfaisants, en mode natif (code_aster) comme avec les lois MFront (en SIMO_MIEHE ou en GROT_GDEP).

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