SSND106 : Tractions rotations multiples en grandes déformations, écrouissage isotrope

Résumé :

Ce test modélise un point matériel soumis à quatre cycles traction-rotation de corps rigide de $45°$, avec une loi de comportement élasto-plastique de Von Mises à écrouissage isotrope en grandes déformations (formulation avec déformation logarithmique GDEF_LOG). On vérifie d'une part l'invariance de la contrainte équivalente de Von Mises durant les phases de rotation, et d'autre part ses valeurs durant les tractions en comparant à la modélisation de SIMO_MIEHE.

Les modélisations A et B traitent le problème en déformations planes, soit en 3D (A), soit en D_PLAN (B).

Les modélisations C et D traitent le problème en contraintes planes, soit en 3D (C), soit en C_PLAN (D).

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

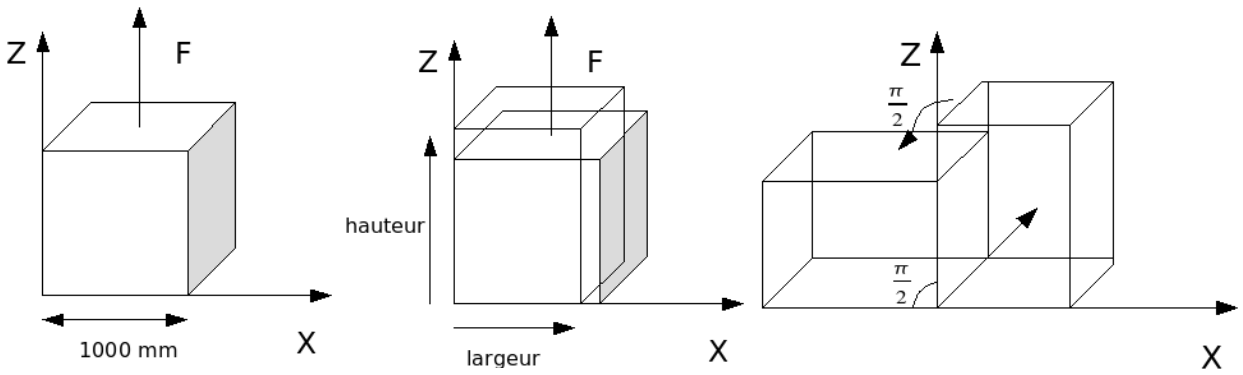


Figure1 : Problème de référence (pour une rotation de $90°$)

On considère un élément de matière cubique de $1000\,mm$ de côté soumis alternativement à une force de traction puis à une rotation d'ensemble de $45°$. Il subit en tout 4 cycles traction/rotation.

1.2 Données matériau

On considère ici la loi de comportement élasto-plastique à écrouissage isotrope de type von Mises : VMIS_ISOT_LINE. Le tableau ci-dessous liste les paramètres utilisés ; afin de renforcer la comparaison, les paramètres utilisés aboutissent à des lois de comportement identiques dans les 2 cas (écrouissage isotrope linéaire).

Module d'Young :	$200\,000\ MPa$
Coefficient de Poisson	$0{,}3$
Limite d'élasticité	$200\ MPa$
Module d'écrouissage linéaire	$2\,000\ MPa$

1.3 Conditions aux limites et chargements

Dans la modélisation A , en $3D$ on bloque les déplacements normaux des faces avant et arrière, afin de comparer les résultats à la modélisation B $2D$ (D_PLAN).
Dans la modélisation C , également en $3D$ on laisse libres les déplacements des faces avant et arrière, afin de comparer les résultats à la modélisation D $2D$ (C_PLAN).

Deux types de phases doivent être distingués : les phases de traction et les phases de rotation.
Première phase de traction

Entité	Type charge	Valeur
Face inférieure	FACE_IMPO	$DNOR=0$
Face supérieure	FACE_IMPO	$DNOR=500\text{mm}$
Axe rotation	DDL_IMPO	$DX=0$

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

Face avant (3D)	FACE_IMPO	$DNOR=0$
Face arrière (3D)	FACE_IMPO	$DNOR=0$

Tractions suivantes :

Entité	Type charge	Valeur
Face inférieure	LIAISON_OBLIQUE	$DZ=0$
Face supérieure	LIAISON_OBLIQUE	$DZ=200\text{mm}$
Côté $X=0$; $Z=1\text{mm}$	LIAISON_OBLIQUE	$DX=0$
Axe rotation	DDL_IMPO	$DX=0, DZ=0$
Face avant (3D)	DDL_IMPO	$DY=0$
Face arrière (3D)	DDL_IMPO	$DY=0$

Phase de rotation :

Conditions aux limites

Entité	Type charge	Valeur
Axe rotation	DDL_IMPO	$DX=0, DZ=0$
Face avant (3D)	DDL_IMPO	$DY=0$
Face arrière (3D)	DDL_IMPO	$DY=0$ ou libre

Le chargement de rotation est imposé via une macro nommée CHAR_ROTA ; on impose une rotation d'ensemble de $45°$ par phase, découpée en 5 incréments de 9°.

2 Résultats de référence

Les résultats de référence sont obtenus en réalisant le même calcul avec le modèle de grandes déformations de Simo-Miehe (DEFORMATION = 'SIMO-MIEHE'), validé par ailleurs.

Comportement VMIS_ISOT_LINE avec SIMO_MIEHE, en déformation plane :

Déplacement imposé	Grandeur testée	Référence (MPa)
$500\,mm$	SIEQ_ELGA	1125
$700\,mm$	SIEQ_ELGA	1411
$900\,mm$	SIEQ_ELGA	1664
$1100\,mm$	SIEQ_ELGA	1891,7

On compare les valeurs des contraintes équivalentes de von Mises à la fin des phases de traction et on vérifie leur invariance durant les phases de rotation.

Comportement VMIS_ISOT_LINE avec SIMO_MIEHE en contrainte plane

Déplacement imposé	Grandeur testée	Référence (MPa)
$500\,mm$	SIEQ_ELGA	1019,57
$500\,mm$ après rotation	SIEQ_ELGA	1019,57
$700\,mm$	SIEQ_ELGA	1271

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

On vérifie enfin la qualité de la matrice tangente par comparaison avec une matrice tangente obtenue par perturbation. On obtient avec SIMO_MIEHE, une différence quasi nulle (norme de la différence : de l'ordre de $1.E-20$). On vérifiera donc la différence obtenue sur la matrice tangente pour les formalismes de grandes déformations testés ici.

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristique de la modélisation

La modélisation est 3D.

3.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage est constitué d'une maille hexaédrique linéaire (à 8 nœuds).

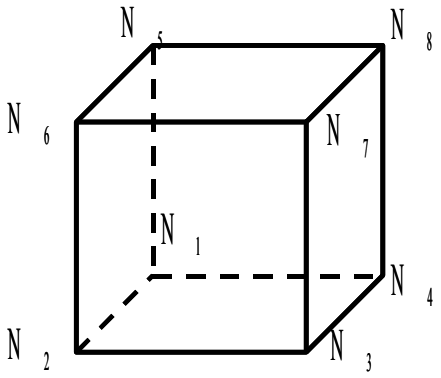


Figure 2 : Maillage de la modélisation A

3.3 Grandeurs testées et résultats

Comportement VMIS_ISOT_LINE avec GDEF_LOG

Déplacement imposé	Grandeur testée	Référence (MPa)	Tolérance (%)
$500\,mm$	SIEQ_ELGA	1125	0,2
$700\,mm$	SIEQ_ELGA	1411	0,2
$900\,mm$	SIEQ_ELGA	1664	0,2
$1100\,mm$	SIEQ_ELGA	1891,7	0,2

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

4 Modélisation B

4.1 Caractéristique de la modélisation

La modélisation utilisée est bidimensionnelle. On utilise les éléments D_PLAN

4.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage est constitué d'une maille quadrangulaire linéaire (à 4 nœuds).

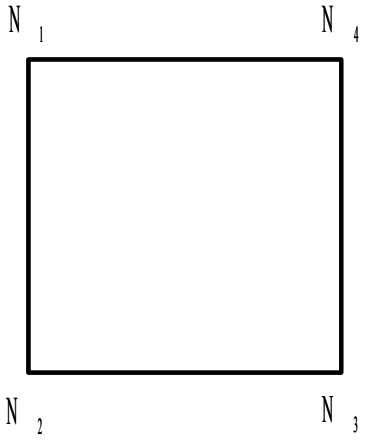


Figure 3 : Maillage de la modélisation B

4.3 Grandeurs testées et résultats

Comportement VMIS_ISOT_LINE avec GDEF_LOG

Déplacement imposé	Grandeur testée	Référence (MPa)	Tolérance (%)
500mm	SIEQ_ELGA	1125	0,2
700mm	SIEQ_ELGA	1411	0,2
900mm	SIEQ_ELGA	1664	0,2
1100mm	SIEQ_ELGA	1891,7	0,2

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

5 Modélisation C

5.1 Caractéristique de la modélisation

La modélisation est 3D, et simule un état de contrainte plane. On considère ici seulement une traction, une rotation et une nouvelle traction.

5.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage est constitué d'une maille hexaédrique linéaire (à 8 nœuds).

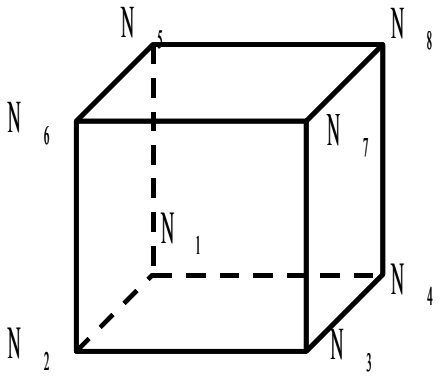


Figure 4 : Maillage identique à celui de la modélisation A

5.3 Grandeurs testées et résultats

Comportement VMIS_ISOT_LINE avec GDEF_LOG

Déplacement imposé	Grandeur testée	Référence (MPa)	Tolérance (%)
$500\,mm$	SIEQ_ELGA	1019,57	2
$500\,mm$ après rotation	SIEQ_ELGA	1019,57	2
$700\,mm$	SIEQ_ELGA	1271	2

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

6 Modélisation D

6.1 Caractéristique de la modélisation

La modélisation utilisée est bidimensionnelle en contrainte plane (C_PLAN). Le but de cette modélisation est de valider l'algorithme de grandes déformations GDEF_LOG en C_PLAN. On compare donc les résultats avec ceux obtenus par GDEF_LOG dans la modélisation C, qui traite en 3D un problème équivalent.

6.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage est constitué d'une maille quadrangulaire linéaire (à 4 nœuds).

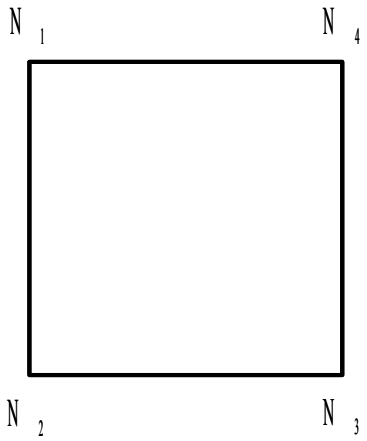


Figure 5 : Maillage identique à celui de la modélisation B

6.3 Grandeurs testées et résultats

Comportement VMIS_ISOT_LINE avec GDEF_LOG

Déplacement imposé	Grandeur testée	Référence (MPa)	Tolérance (%)
$500\,mm$	SIEQ_ELGA	1006,9	0,1
$500\,mm$ après rotation	SIEQ_ELGA	1006,9	0,1
$700\,mm$	SIEQ_ELGA	1256,1	0,1

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

7 Synthèse des résultats

Les résultats obtenus sont satisfaisants, aussi bien en $3D$ qu'en $2D$. On constate un écart maximum inférieur à $0,2\%$ entre SIMO_MIEHE (pris comme référence) et le formalisme GDEF_LOG.

Ce test valide également le bon fonctionnement de GDEF_LOG en contraintes planes.

De plus, pour toutes les modélisations, la contrainte équivalente reste constante durant les phases de rotations.

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