

## 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  $45^\circ$ , 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*).

## 1 Problème de référence

### 1.1 Géométrie

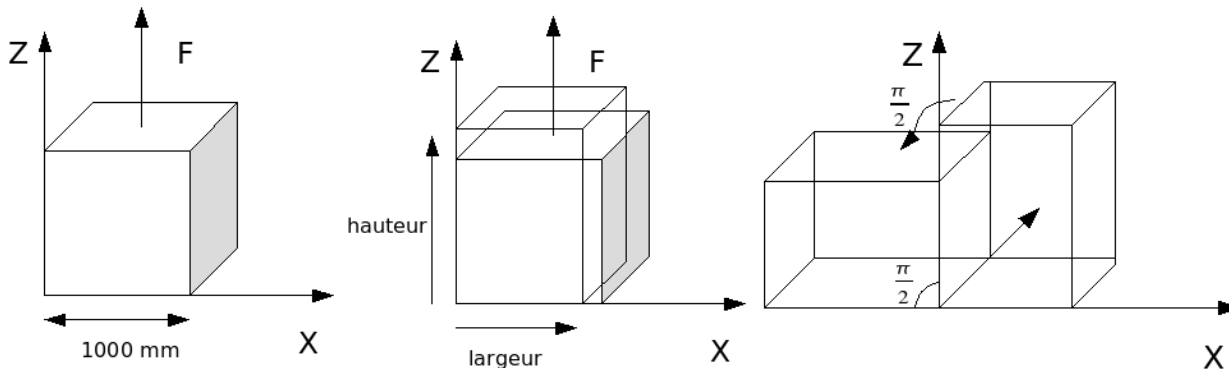


Figure1 : Problème de référence (pour une rotation de  $90^\circ$  )

On considère un élément de matière cubique de  $1000\text{ mm}$  de côté soumis alternativement à une force de traction puis à une rotation d'ensemble de  $45^\circ$ . 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 :	$200\,000\text{ MPa}$
Coefficient de Poisson	0,3
Limite d'élasticité	$200\text{ MPa}$
Module d'écrouissage linéaire	$2\,000\text{ MPa}$

### 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	$DX=0$

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 = 200mm
Côté $X=0$ ; $Z=1$ 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  $45^\circ$  par phase, découpée en 5 incréments de  $9^\circ$ .

## 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

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.

## 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).

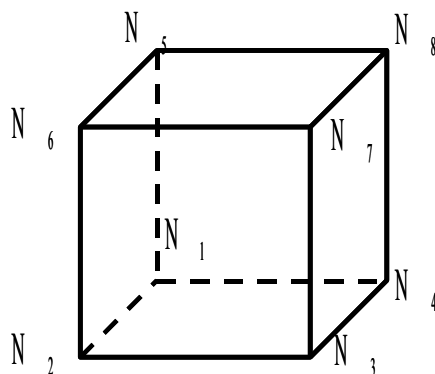


Figure 2 : Maillage de la modélisation A

### 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

## 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).

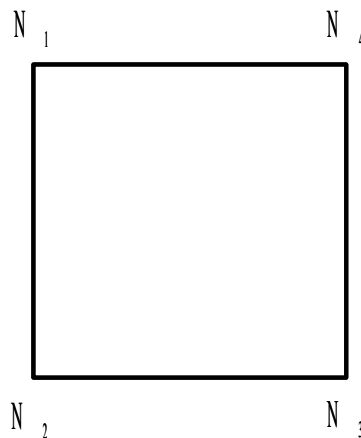


Figure 3 : Maillage de la modélisation B

### 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

## 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).

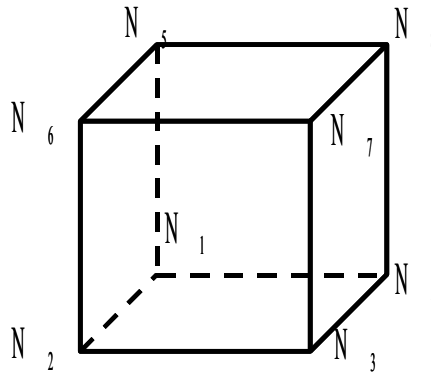


Figure 4 : Maillage identique à celui de la modélisation A

### 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

## 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).

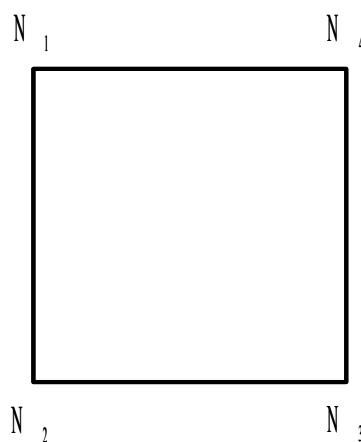


Figure 5 : Maillage identique à celui de la modélisation  $B$

### 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



## 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.