# HSNV136 - Dégénérescence du modèle META_LEMA_ANI en loi de Norton : traction simple en grandes déformations

**Résumé :**

Ce test consiste à soumettre à une traction selon son axe un barreau cylindrique dont le comportement est viscoplastique, en le modélisant de deux façons différentes mais équivalentes : soit avec le modèle META_LEMA_ANI que l'on fait « dégénérer » en une loi de Norton en choisissant de façon judicieuse les coefficients (modélisation A), soit avec une loi de Norton proprement dit (modélisation B).

Le chargement se fait en déplacement imposé et nécessite la réactualisation de la géométrie (grandes déformations, mot-clé PETIT_REAC). On doit alors obtenir la même réponse pour les deux modélisations A et B.

De plus, la modélisation C est introduite afin de valider les grandes déformations logarithmiques (mot-clé GDEF_LOG) pour ce comportement.

Enfin, la modélisation D permet de valider la prise en compte par la commande SIMU_POINT_MAT des données métallurgiques avec la loi META_LEMA_ANI.

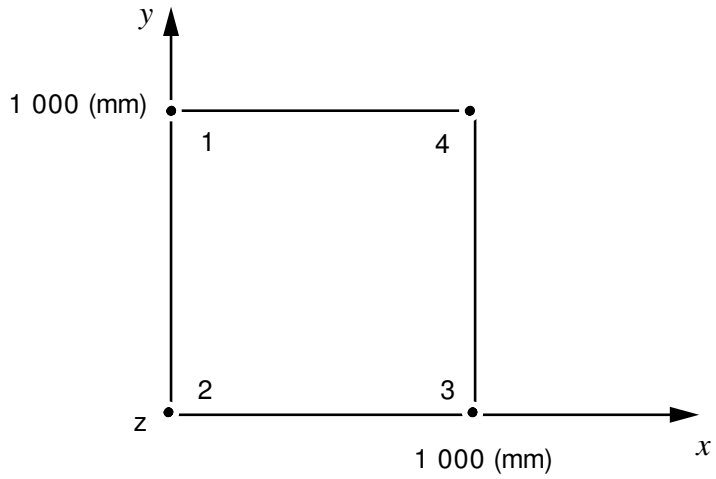
Le barreau est modélisé par un élément quadrangulaire QUAD4, en axisymétrique.



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

# 1 Problème de référence

## 1.1 Géométrie



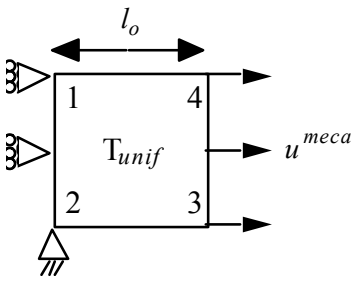

## 1.2 Propriétés du matériau

Le matériau obéit à une loi de comportement viscoplastique de Norton (cas particulier de la loi de Lemaître, où le paramètre UN_SUR_M est nul, confer [R5.03.08] ), dont les paramètres sont :

Module d'Young : $E=80\,000\,MPa$
Coefficient de Poisson : $\nu=0.35$
$n=4.39$
$K=\frac{1}{0.003944}\,MPa.s^{-1}$

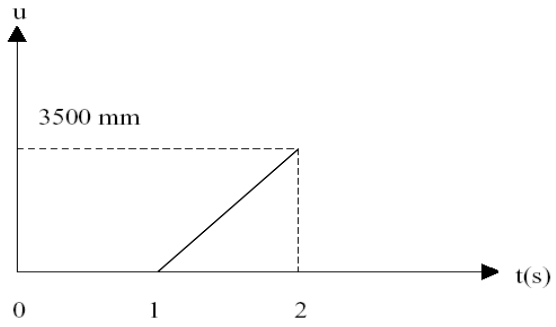
## 1.3 Conditions aux limites et chargements

Le barreau, de longueur initiale $I_0$, bloqué dans la direction $Ox$ sur la face $[1,2]$ est soumis à une température uniforme $T$ et à un déplacement mécanique de traction $u^{meca}$ sur la face $[3,4]$. Les séquences de chargement sont les suivantes :






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




Température de référence : $T_{réf} = 700 °C$.

**Remarque :**

*La température uniforme imposée sur l'élément, constante au cours du temps et égale à la température de référence, ne sert qu'à faire fonctionner le modèle* `META_LEMA_ANI`. *Il n'y a pas de dilatation thermique.*

# 2 Solution de référence

La validation de la loi `META_LEMA_ANI` se fait par la comparaison des deux modélisations A et B. Chacune des deux modélisations constitue donc une solution de référence pour l'autre.

La validation de cette loi en grandes déformations logarithmiques se fait par inter-comparaison des deux modélisations A et C.

Il est de plus testé que la proportion de phase bêta reste nule.

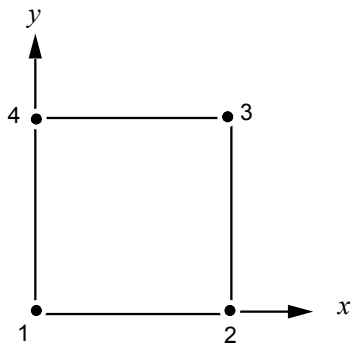


Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

# 3 Modélisation A

## 3.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation $2D$ axisymétrique, AXIS :




**Conditions aux limites :**

$N1 : u_y = 0$
$N2 : u_y = 0$

**Chargement :**

Traction sur la face $[3\,4]$ (maille SEG2)
Affectation de la même température sur tous les nœuds
Le nombre total d'incréments est de $501$ ( $1$ incrément entre $t = 0\text{s}$ et $t = 1\text{s}$, $500$ incréments entre $t = 1\text{s}$ et $t = 2\text{s}$ )

La convergence est réalisée si le résidu RESI_GLOB_RELA est inférieur ou égal à $10^{-6}$.

**Comportement :**

Pour le calcul mécanique, on utilise le mot-clé META_LEMA_ANI, avec les paramètres suivants (voir [R4.04.04] et [R4.04.05] ):

$E = 80\,000\ MPa$
$\nu = 0.35$
$\alpha_f = 0.$
$\alpha_c = 0.$
$a_1 = 2.40\ MPa$
$m_1 = 0.$
$n_1 = 4.40$
$Q_1 = 19900.K$
$M^1_{rrrr} = 1.$
$M^1_{\theta\theta\theta\theta} = 1.$
$M^1_{zzzz} = 1.$
$M^1_{r\theta r\theta} = 0.75$
$M^1_{rzrz} = 0.75$
$M^1_{\theta z\theta z} = 0.75$
$TDEQ = 802.$



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

$K = 1.125\text{E-}2$
NEQ = 2.217
$T1C = 838.$
$T2C = 0.0$
QSR_K = 14600
$AC = 1.60\text{E-}4$
$M = 4{,}5$
$T1R = 950$
$T2R = 0{,}0$
$AR = -5.7$
$BR = 0{,}05$

Les paramètres correspondant au mélange $\alpha\beta$ et à la phase chaude ne jouent pas de rôle et sont pris quelconques.

## 3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 4
Nombre de mailles : 2
1 QUAD4
1 SEG2

## 3.3 Grandeurs testées et résultats

| Identification | Référence |
|---|---|
| $t=2$ Déplacement $DX$ ( $N3$ ) | -527.4259 |
| $t=2$ Contraintes $SIGYY$ ( $PG1$ ) | 236.6860 |
| $t=2$ Variable $p$ $V5$ ( $PG1$ ) | 1.4984 |
| $t=2$ Variable $Z_b$ $V6$ ( $PG1$ ) | 0.0 |

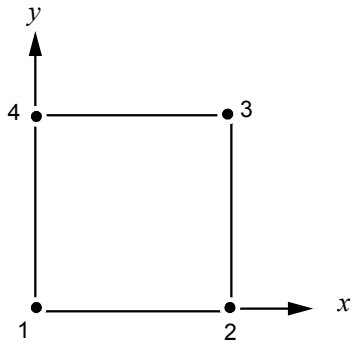


Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

# 4 Modélisation B

## 4.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation $2D$ axisymétrique, AXIS :




**Conditions aux limites :**

$N1 : u_y = 0$
$N2 : u_y = 0$

**Chargement :**

Traction sur la face $[3\,4]$ (maille SEG2)
Affectation de la même température sur tous les nœuds
Le nombre total d'incréments est de $501$ ( $1$ incrément entre $t = 0\text{s}$ et $t = 1\text{s}$, $500$ incréments entre $t = 1\text{s}$ et $t = 2\text{s}$ )

La convergence est réalisée si le résidu RESI_GLOB_RELA est inférieur ou égal à $10^{-6}$.

**Comportement :**

On utilise les mots-clés ELAS et LEMAITRE, avec les paramètres suivants :

$E = 80\,000\ MPa$
$\nu = 0.35$
$n = 4.39$
$\frac{1}{K} = 0.003944$
UN_SUR_M $= 0.$

## 4.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 4
Nombre de mailles : 2
1 QUAD4
1 SEG2

## 4.3 Grandeurs testées et résultats

| Identification | Référence | Tolérance |
|---|---|---|
| $t = 2$ Déplacement $DX$ ( $N3$ ) | -527.4259 | 1.0% |
| $t = 2$ Contraintes $SIGYY$ ( $PG1$ ) | 236.6860 | 1.0% |
| $t = 2$ Variable $p$ $VARI$ ( $PG1$ ) | 1.4984 | 1.5% |



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)

# 5 Modélisation C

## 5.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation $2\mathrm{D}$ axisymétrique, AXIS , identique à la modélisation A. Seul change le modèle de grandes déformations : on utilise ici GDEF_LOG

## 5.2 Caractéristiques du maillage

Comme pour la modélisation A.

## 5.3 Grandeurs testées et résultats

| Identification | Référence | Tolérance |
|---|---|---|
| $t=2$ Déplacement $DX$ ( $N3$ ) | -527.4259 | 1.0% |
| $t=2$ Contraintes $SIGYY$ ( $PG1$ ) | 236.6860 | 1.0% |
| $t=2$ Variable $p$ $V5$ ( $PG1$ ) | 1.4984 | 1.5% |
| $t=2$ Variable $Z_b$ $V6$ ( $PG1$ ) | 0.0 | $10^{-10}$ |



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

# 6 Modélisation D

## 6.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation $2D$ axisymétrique, AXIS , identique à la modélisation A. Seuls changent la commande utilisée et l'instant de fin : on utilise ici SIMU_POINT_MAT et on s'arrête à $t=1.03$ .

## 6.2 Caractéristiques du maillage

Comme pour la modélisation A.

## 6.3 Grandeurs testées et résultats

| Identification | | Référence |
|---|---|---|
| $t=1.03$ | Déformation $EPYY$ ( $PG1$ ) | 0.105 |
| $t=1.03$ | Contraintes $SIGYY$ ( $PG1$ ) | 337.24 |
| $t=1.03$ | Variable $p$ $V7$ ( $PG1$ ) | 0.10078 |
| $t=1.03$ | Variable $Z_b$ $V8$ ( $PG1$ ) | 0.0 |



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

# 7 Synthèse des résultats

Les résultats trouvés avec ces trois modélisations sont très proches, l'erreur relative étant inférieure à $0.02\%$ .



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