

## HSNA106 – Modèle META\_LEMA\_ANI : cylindre plein en traction simple avec température variable

---

### Résumé :

Ce test thermomécanique quasi-statique consiste à chauffer uniformément un barreau cylindrique (2D axisymétrique) puis à le soumettre à une traction.

Le barreau est représenté par un élément axisymétrique quadrangulaire QUAD4. Il est modélisé 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).

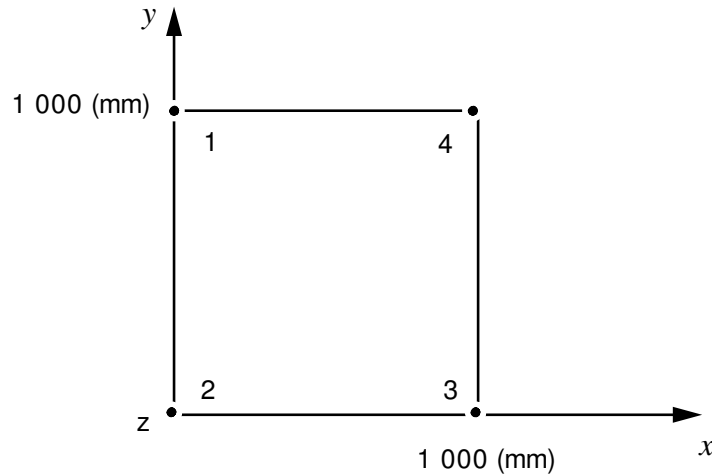
Le modèle META\_LEMA\_ANI comporte deux coefficients de dilatation thermique différents pour la phase froide  $\alpha$  et la phase chaude  $\beta$ . Dans le cas le plus général, la dilatation est calculée par une loi des mélanges. Ici, on se place dans le cas où il y a 100 % de phase  $\beta$  et on teste le calcul de la dilatation thermique.

Le chargement thermomécanique se fait en déplacement imposé et en imposant une température croissante. On doit alors obtenir la même réponse pour les deux modélisations A et B.

## 1 Problème de référence

---

### 1.1 Géométrie



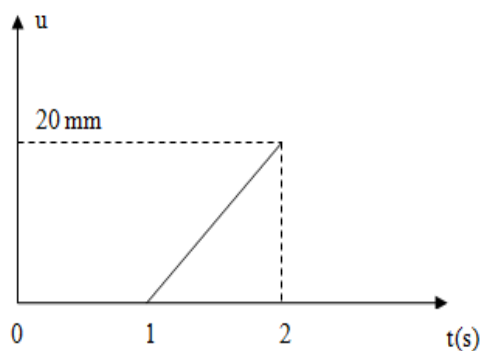
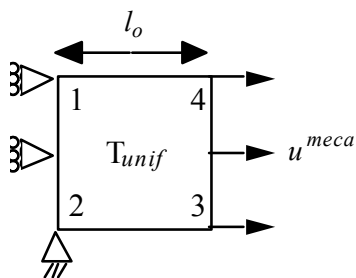
### 1.2 Propriétés du matériau

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 :  $\nu = 0.35$
- $n = 4.39$
- $K = 253.5497$  MPa s<sup>-1</sup>
- $\alpha = 0.00004$

## 1.3 Conditions aux limites et chargements

Le barreau, de longueur initiale  $l_0$ , bloqué dans la direction  $Ox$  sur la face [1,2] est soumis à une température uniforme  $T$  et à un déplacement mécanique de traction  $u$  sur la face [3,4]. Les séquences de chargement sont les suivantes :



La température imposée est, en °C :  $T=1200+300t$

Température de référence :  $T_{réf} = 1200^{\circ}\text{C}$ .

## 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.

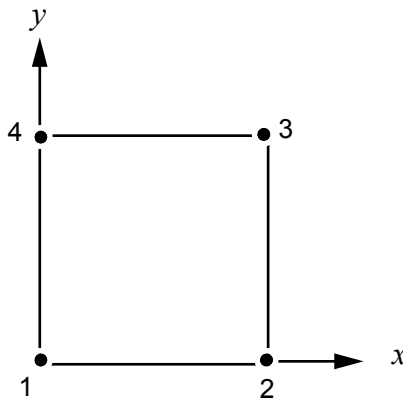
### 3 Modélisation A

#### 3.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation 2D axisymétrique :

1 maille QUAD4

1 maille SEG2



**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 20 (10 incrément entre  $t=0s$  et  $1s$ , 10 incrément entre  $t=1s$  et  $2s$ )

La convergence est réalisée si le résidu RESI\_GLOB\_RELA est inférieur ou égal à  $10^{-6}$ .

**Comportement :**

Pour le calcul mécanique, on utilise les mots-clés ELAS\_META et META\_LEMA\_ANI, avec les paramètres suivants (voir [R4.04.05]) :

$$E = 80\,000 \text{ MPa}$$

$$\nu = 0.35$$

$$\alpha_f = 0.$$

$$\alpha_c = 0.00004$$

$$a_3 = 253.5497 \text{ MPa}$$

$$m_3 = 0.$$

$$n_3 = 4.39$$

$$Q_3 = 0. \text{ K}$$

$$M_{rrrr}^3 = 1.$$

$$M_{\theta\theta\theta\theta}^3 = 1.$$

$$M_{zzzz}^3 = 1.$$

$$M_{r\theta r\theta}^3 = 0.75$$

$$M_{rzrz}^3 = 0.75$$

$$M_{\theta z 0 z}^3 = 0.75$$

Les paramètres correspondant aux phases 1 et 2 (respectivement phase froide et mélange  $\alpha\beta$ ) 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

Les contraintes et les déformations sont comparées par rapport à la modélisation B.

Identification	Référence	Type de référence	Tolérance
$t=0.3$ Contraintes SIGYY ( N3 )	-91.7598	Autre_Aster (modélisation B)	1.00 %
$t=0.8$ Contraintes SIGYY ( N3 )	-92.5802	Autre_Aster (modélisation B)	1.00 %
$t=1.3$ Contraintes SIGYY ( N3 )	70.1846	Autre_Aster (modélisation B)	1.00 %
$t=2.0$ Contraintes SIGYY ( N3 )	84.4144	Autre_Aster (modélisation B)	1.00 %

Identification	Référence	Type de référence	Tolérance
$t=1.3$ Déformations totales EPSYY ( N3 )	0.006	Autre_Aster (modélisation B)	0.000001
$t=2.0$ Déformations totales EPSYY ( N3 )	0.02	Autre_Aster (modélisation B)	0.000001

Identification	Référence	Type de référence	Tolérance
$t=1.3$ Déformations plastiques EPSYY ( N3 )	-0.0104773071226	Autre_Aster (modélisation B)	0.000001
$t=2.0$ Déformations plastiques EPSYY ( N3 )	-0.00505515920024	Autre_Aster (modélisation B)	0.000001

Identification	Référence	Type de référence	Tolérance
$t=0.8$ Déformations thermiques EPSYY ( N3 )	0.0096	Autre_Aster (modélisation B)	0.000001
$t=1.3$ Déformations thermiques EPSYY ( N3 )	0.0156	Autre_Aster	0.000001

		(modélisation B)	
$t=2.0$ Déformations thermiques <i>EPSYY</i> ( <i>N3</i> )	0.024	Autre_Aster (modélisation B)	0.000001

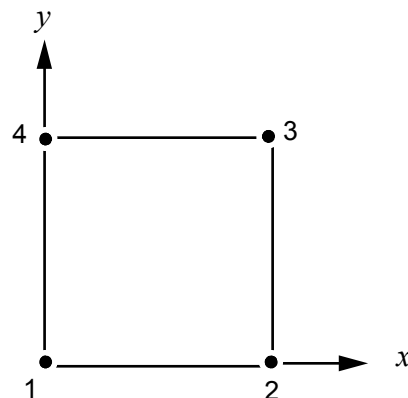
Identification	Référence	Type de référence	Tolérance
$t=1.3$ Déformations mécaniques <i>EPSYY</i> ( <i>N3</i> )	-0.0096	Autre_Aster (modélisation B)	0.000001
$t=2.0$ Déformations mécaniques <i>EPSYY</i> ( <i>N3</i> )	-0.004	Autre_Aster (modélisation B)	0.000001

## 4 Modélisation B

### 4.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation 2D axisymétrique :

1 maille QUAD4  
1 maille SEG2



Conditions aux limites :

$$N1 : U_y = 0$$

$$N2 : U_y = 0$$

Chargement :

Traction sur la face [34] (maille SEG2) + affectation de la même température sur tous les nœuds

Le nombre total d'incréments est de 20 (10 incrément entre  $t=0s$  et  $1s$ , 10 incrément entre  $t=1s$  et  $2s$ )

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 :

$$E = 80\,000 \text{ MPa}$$

$$\nu = 0.35$$

$$\alpha = 0.00004$$

$$n = 4.39$$

$$\frac{1}{K} = 0.003944$$

$$UN\_SUR\_M = 0.$$

### 4.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 4

Nombre de mailles : 2

1 QUAD4

1 SEG2



## 4.3 Grandeurs testées et résultats

Les déformations calculées servent de référence à la modélisation A.

Identification	Référence	Tolérance
$t=0.3$ Contraintes <i>SIGYY</i> ( <i>N3</i> )	-91.7598	1.00 %
$t=0.8$ Contraintes <i>SIGYY</i> ( <i>N3</i> )	-92.5802	1.00 %
$t=1.3$ Contraintes <i>SIGYY</i> ( <i>N3</i> )	70.1846	1.00 %
$t=2.0$ Contraintes <i>SIGYY</i> ( <i>N3</i> )	84.4120	1.00 %

Identification	Référence	Type de référence
$t=1.3$ Déformations totales <i>EPSYY</i> ( <i>N3</i> )	0.006	Non-régression
$t=2.0$ Déformations totales <i>EPSYY</i> ( <i>N3</i> )	0.02	Non-régression

Identification	Référence	Type de référence
$t=1.3$ Déformations plastiques <i>EPSYY</i> ( <i>N3</i> )	-0.0104773071226	Non-régression
$t=2.0$ Déformations plastiques <i>EPSYY</i> ( <i>N3</i> )	-0.00505515920024	Non-régression

Identification	Référence	Type de référence
$t=0.8$ Déformations thermiques <i>EPSYY</i> ( <i>N3</i> )	0.0096	Non-régression
$t=1.3$ Déformations thermiques <i>EPSYY</i> ( <i>N3</i> )	0.0156	Non-régression
$t=2.0$ Déformations thermiques <i>EPSYY</i> ( <i>N3</i> )	0.024	Non-régression

Identification	Référence	Type de référence
$t=1.3$ Déformations mécaniques <i>EPSYY</i> ( <i>N3</i> )	-0.0096	Non-régression
$t=2.0$ Déformations mécaniques <i>EPSYY</i> ( <i>N3</i> )	-0.004	Non-régression

## 5 Synthèse des résultats

---

Les résultats trouvés avec ces deux modélisations sont très proches, l'erreur relative étant inférieure à 0.02%. Pour les déformations, les écarts sont très faibles entre la modélisation B qui sert de référence et la modélisation A. Ce qui permet de valider le calcul des déformations thermiques avec le modèle métallurgique.