

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.

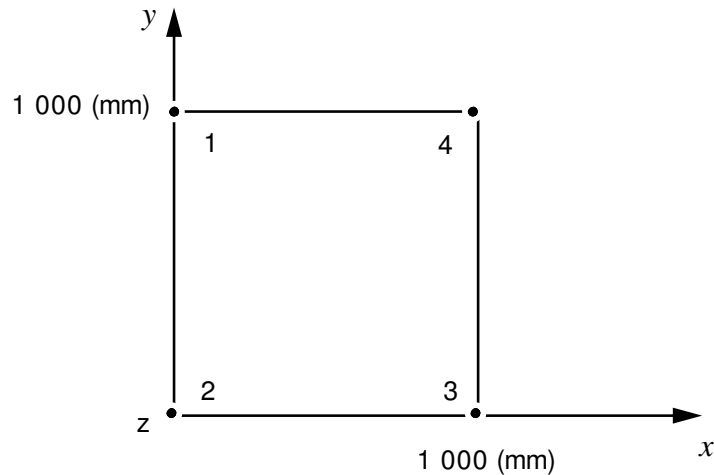
Le barreau est représenté par un élément axisymétrique quadrangulaire QUAD4. Il est modélisé de deux façons différentes mais équivalentes : soit avec le modèle META_LEMA_ANI que l'on fait « dégénérer » en une loi de Norton en choisissant de façon judicieuse les coefficients (modélisation A), soit avec une loi de Norton proprement dit (modélisation B).

Le modèle META_LEMA_ANI comporte deux coefficients de dilatation thermique différents pour la phase froide α et la phase chaude β . 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 β 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



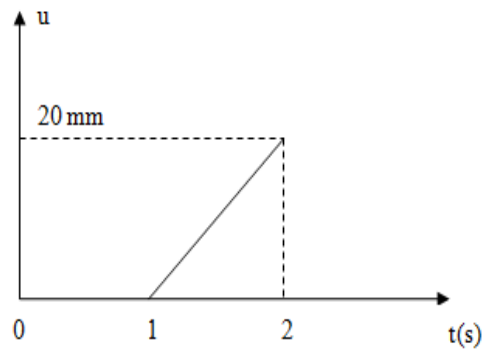
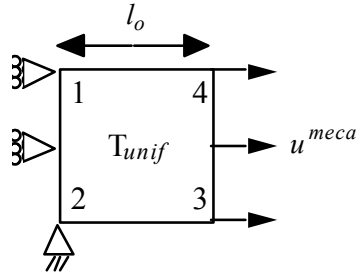
1.2 Propriétés du matériau

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 : $E = 80\,000\text{ MPa}$
- Coefficient de Poisson : $\nu = 0.35$
- $n = 4.39$
- $K = 253.5497\text{ MPa} \cdot \text{s}^{-1}$
- $\alpha = 0.00004$

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 linéaire en °C : $T = 1200 + 300t$

Température de référence $T_{ref} = 1200^\circ C$

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.

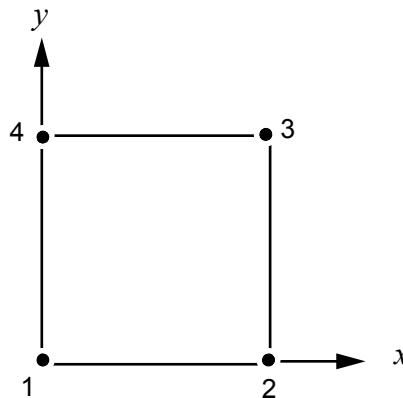
3 Modélisation A

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 $2s$)

Comportement :

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

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

$$PoissonRatio = 0.35$$

$$\alpha_f = 0.$$

$$\alpha_c = 0.00004$$

$$a_3 = 253,5497 \text{ MPa}$$

$$m_3 = 0.$$

$$n_3 = 4.39$$

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

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

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

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

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

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

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

$$TDEQ = 809.$$

$K = 1.135E-2$
 $NEQ = 2.187$
 $T1C = 831.$
 $T2C = 0.0$
 $QSR_K = 14614$
 $AC = 1.58E-4$
 $M = 4,7$
 $T1R = 949.1$
 $T2R = 0,0$
 $AR = -5.725$
 $BR = 0,05$

Les paramètres correspondant à la phase froide et au 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 EPYY (N3)	0.006	Autre_Aster (modélisation B)	0.0001 %
$t=2.0$ Déformations totales EPYY (N3)	0.02	Autre_Aster (modélisation B)	0.0001 %

Identification	Référence	Type de référence	Tolérance
$t=0.8$ Proportion phase bêta (V 6)	1.0	Analytique	0.0001 %
$t=1.3$ Proportion phase bêta (V 6)	1.0	Analytique	0.0001 %

$t=2.0$ Proportion phase bêta (V 6)	1.0	Analytique	0.0001 %
---------------------------------------	-----	------------	----------

Identification	Référence	Type de référence	Tolérance
$t=0.8$ Déformations thermiques V 7 (N3)	0.0096	Analytique	0.0001 %
$t=1.3$ Déformations thermiques V 7 (N3)	0.0156	Analytique	0.0001 %
$t=2.0$ Déformations thermiques V 7 (N3)	0.024	Analytique	0.0001 %

Identification	Référence	Type de référence	Tolérance
$t=0.8$ Contrainte équivalente de Hill V 8 (N3)	92.5802	Autre_Aster (modélisation B)	0.0001 %
$t=1.3$ Contrainte équivalente de Hill V 8 (N3)	70.1846	Autre_Aster (modélisation B)	0.0001 %
$t=2.0$ Contrainte équivalente de Hill V 8 (N3)	84.4144	Autre_Aster (modélisation B)	0.0001 %

Identification	Référence	Type de référence	Tolérance
$t=0.8$ Contrainte visqueuse de la phase bêta V 11 (N3)	92.5802	Autre_Aster (modélisation B)	0.0001 %
$t=1.3$ Contrainte visqueuse de la phase bêta V 11 (N3)	70.1846	Autre_Aster (modélisation B)	0.0001 %
$t=2.0$ Contrainte visqueuse de la phase bêta V 11 (N3)	84.4144	Autre_Aster (modélisation B)	0.0001 %

Identification	Référence	Type de référence	Tolérance
$t=0.8$ Indicateur de changement de phase V 12 (N3)	0.0	Analytique	0.0001 %
$t=1.3$ Indicateur de changement de phase V 12 (N3)	0.0	Analytique	0.0001 %
$t=2.0$ Indicateur de changement de phase V 12 (N3)	0.0	Analytique	0.0001 %

Identification	Référence	Type de référence	Tolérance
$t=1.3$ Déformations mécaniques EPSYY (N3)	-0.0096	Autre_Aster (modélisation B)	0.0001 %
$t=2.0$ Déformations mécaniques EPSYY (N3)	-0.004	Autre_Aster (modélisation B)	0.0001 %

Identification	Référence	Type de référence	Tolérance
$t = 1.3$ Déformations anélastique <i>EPSYY</i> (N 3)	-0.0105	Autre_Aster (modélisation B)	0.0001 %
$t = 2.0$ Déformations anélastique <i>EPSYY</i> (N 3)	-0.0051	Autre_Aster (modélisation B)	0.0001 %

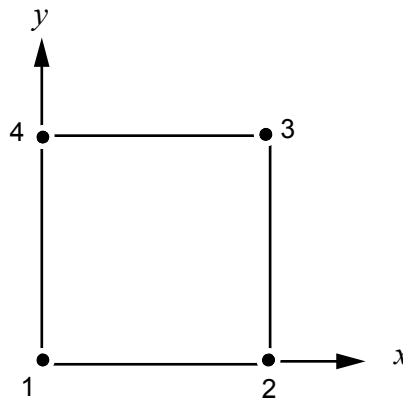
4 Modélisation B

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'incrément est de 20 (10 incrément entre $t=0s$ et $1s$, 10 incrément entre $t=1s$ et $2s$)

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

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

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

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