HSNV123 - Thermo-métallo-mécanique EDGAR

Résumé :

Ce test illustre un calcul mécanique sur un matériau (Zircaloy) subissant des transformations métallurgiques.

Concrètement, dans un premier temps, l'opérateur CALC_META calcule l'évolution métallurgique associée à une histoire thermique donnée. Cette évolution métallurgique est ensuite fournie à STAT_NON_LINE qui va effectuer un calcul mécanique en prenant en compte les phases métallurgiques (en plus de chargements mécaniques). Le matériau du calcul mécanique est défini avec ELAS_META_FO, META_ECRO_LINE et META_VISC_FO.

Ce cas test de non-régression permet de vérifier la cohérence de *Code_Aster* d'une version à l'autre en ce qui concerne la métallurgie.

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

1 Problème de référence

Il s'agit d'un barreau cylindrique en fluage.

1.1 Géométrie

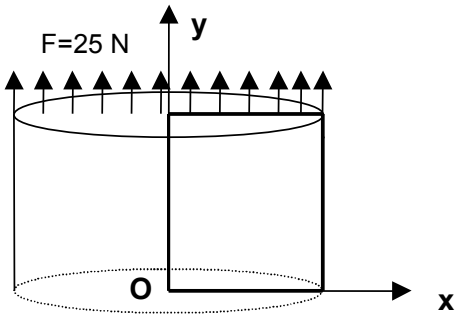


Figure 1.1-a : Géométrie et chargement du problème de référence

Il s'agit d'un cylindre de hauteur $H=1.0\,m$, et de rayon $R=1.0\,m$.
Le carré en gras correspond à la modélisation axisymétrique utilisée au [§3].

1.2 Propriétés de matériaux

Les propriétés matériaux sont décrites par les paramètres suivants :

Pour le calcul thermo-métallique
(Zircaloy)
$\rho C_p=2000000\,J.m^{-3.}\circ C^{-1}$
$\lambda=9999.9\,W.m^{-1.}\circ C^{-1}$

Coefficients pour la métallurgie :
$teqd=809\,°C$, $K=1.135\,E^{-2}$, $n=2.187$
$t1c=831\,°C$, $t2c=0.$, $qsr=14614$, $Ac=1.58\mathrm{E}-4$
$m=4.7$, $t1r=949{,}1\,°C$, $t2e=0.$, $Ar=-5.725$, $Br=0.05$

Pour le calcul thermo-métallo-mécanique

- Module d'Young: $E=200000\,Pa$
- Coefficient de Poisson : $\nu=0.3$

Définition des caractéristiques élastiques, de dilatation et de limites d'élasticité pour la modélisation d'un matériau subissant des transformations métallurgiques :

- $T_{ref}=800\,°C$
- Coefficient de dilatation thermique moyen des phases froides : $\alpha_f(T)=0$
- Coefficient de dilatation thermique moyen de la phase chaude : $\alpha_\gamma(T)=0$
- Température de définition du coefficient de dilatation : $T_\gamma=800\,°C$
- Choix de la phase métallurgique de référence : chaude
- Déformation de la phase non de référence par rapport à la phase de référence à la température T_{ref} : $\Delta\varepsilon=0$
- Limite d'élasticité de la phase froide 1 pour un comportement visqueux : $F_{sigm_f}(T)=0$
- Limite d'élasticité de la phase froide 2 pour un comportement visqueux : $F_{sigm_f}(T)=0$

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

- Limite d'élasticité de la phase chaude pour un comportement visqueux : voir [Figure 1.2-a]

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

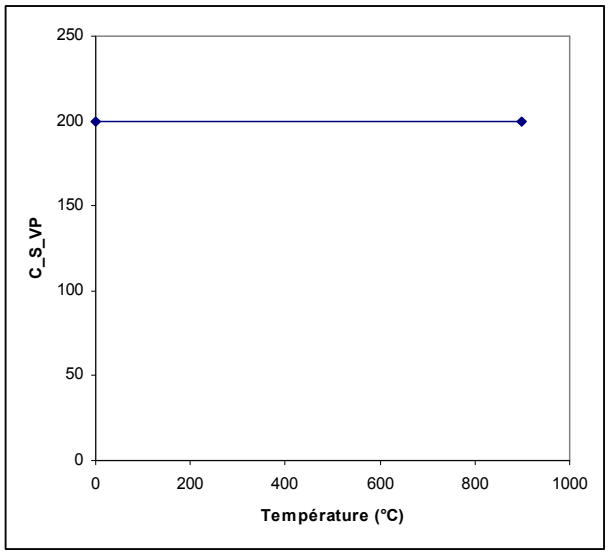


Figure 1.2.-a : Limite d'élasticité de la phase chaude pour un comportement visqueux

1) Fonction utilisée pour la loi de mélange sur la limite d'élasticité du matériau multiphasé pour un comportement visqueux : f

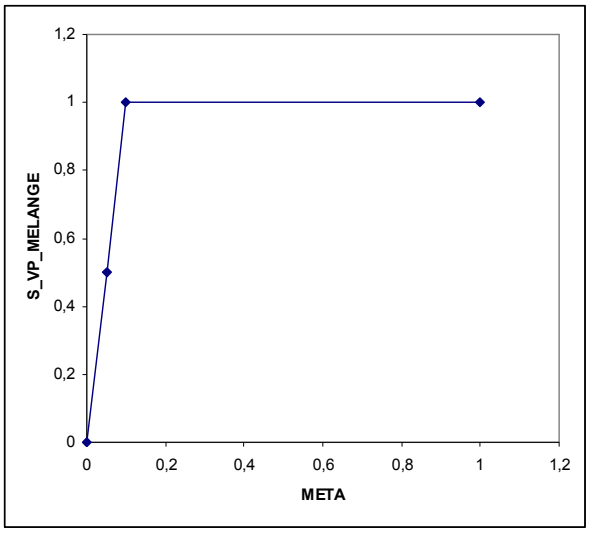


Figure 1.2-b : Loi de mélange

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

Définition des modules d'écrouissage utilisés dans la modélisation du phénomène d'écrouissage isotrope linéaire d'un matériau subissant des changements de phases métallurgiques :

1) Pente de la courbe de traction pour la phase froide 1

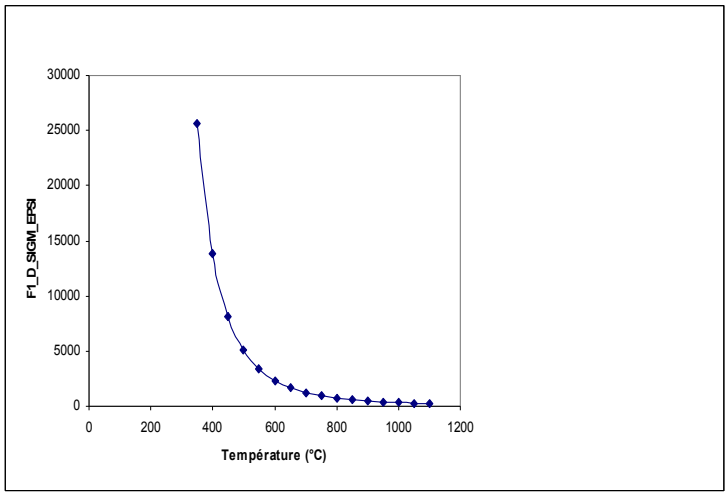


Figure 1.2-c : Courbe de traction pour la phase froide 1

- Pente de la courbe de traction pour la phase froide 2 :

$$f(T)=0$$

- Pente de la courbe de traction pour la phase chaude :

$$f(T)=0$$

Définition des paramètres visqueux de la loi de comportement viscoplastique avec prise en compte de la métallurgie :

1) Paramètre η de la loi d'écoulement viscoplastique, pour la phase froide 1

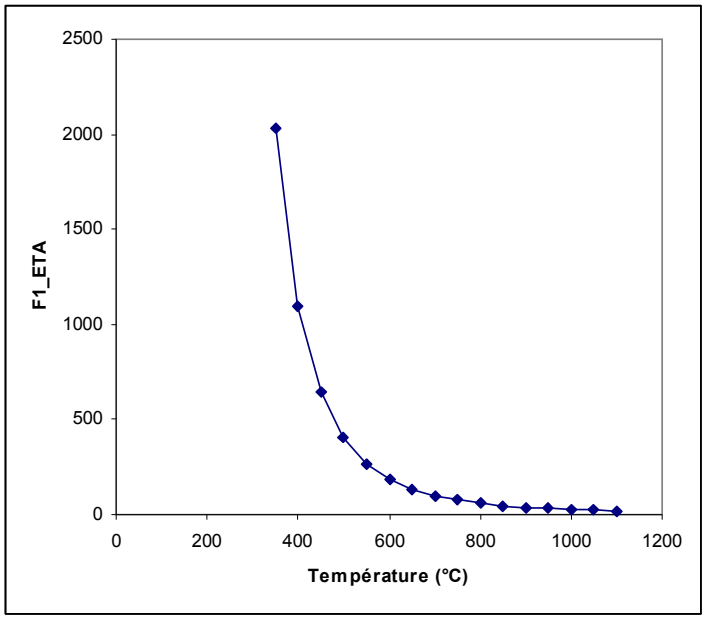


Figure 1.2-d : Paramètre η de la loi d'écoulement viscoplastique, pour la phase froide 1

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

1) Paramètre η de la loi d'écoulement viscoplastique, pour la phase froide 2

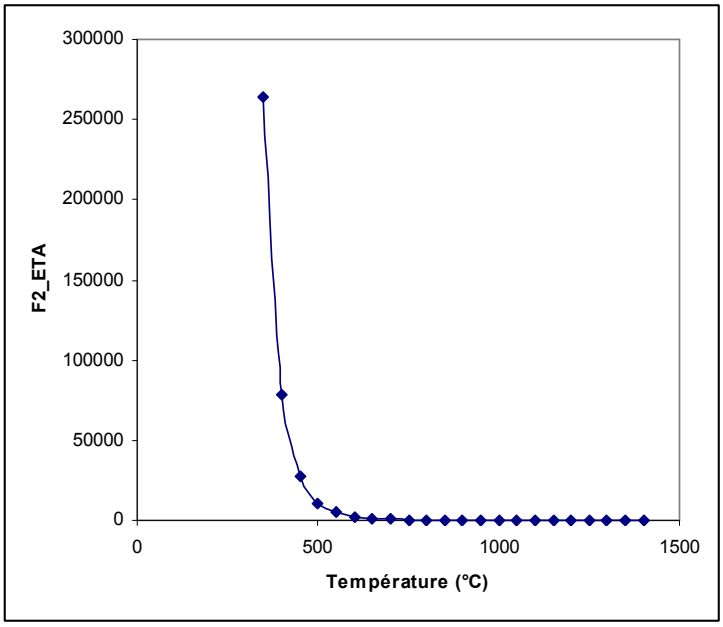


Figure 1.2-e : Paramètre η de la loi d'écoulement viscoplastique, pour la phase froide 2

- Paramètre η de la loi d'écoulement viscoplastique, pour la phase chaude :
  $f(T)=0$
- Paramètre n de la loi d'écoulement viscoplastique, pour la phase froide 1 :
  $f(T)=5.76$
- Paramètre n de la loi d'écoulement viscoplastique, pour la phase froide 2 :
  $f(T)=2.94$
- Paramètre n de la loi d'écoulement viscoplastique, pour la phase chaude :
  $f(T)=1.0$
- Paramètre C relatif à la restauration d'écrouissage d'origine visqueuse, pour la phase froide 1 :
  $f(T)=13.70539827$
- Paramètre C relatif à la restauration d'écrouissage d'origine visqueuse, pour la phase froide 2 :
  $f(T)=0$
- Paramètre C relatif à la restauration d'écrouissage d'origine visqueuse, pour la phase chaude :
  $f(T)=0$
- Paramètre m relatif à la restauration d'écrouissage d'origine visqueuse, pour la phase froide 1 :
  $f(T)=5.76$
- Paramètre m relatif à la restauration d'écrouissage d'origine visqueuse, pour la phase froide 2 :
  $f(T)=1.0$
- Paramètre m relatif à la restauration d'écrouissage d'origine visqueuse, pour la phase chaude :
  $f(T)=1.0$

1.3 Conditions aux limites et chargements

La base du cylindre est bloquée suivant y :
$Uy=0$ sur la base du cylindre
Une force de traction $F=25\,N$ est imposée sur le haut du cylindre

La température est imposée sur tout le cylindre pour $t=120\mathrm{s}$.

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

$$T(x,y,120)=800°C$$

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

1.4 Conditions initiales

Les variables suivantes sont initialisées :

- $T(x,y,0)=800°C$
- $V1(x,y,0)=1.0$
- $V2(x,y,0)=0.0$
- $V3(x,y,0)=20.$
- $V4(x,y,0)=0.$

$V1$: proportion de la phase à froid α
$V2$: proportion de la phase à froid α , mélangé à la phase β
$V3$: températures aux nœuds
$V4$: temps correspondant à la température de début ou de fin de la transformation à l'équilibre

2 Solution de référence

2.1 Résultats de référence

Les résultats de référence ont été obtenus avec une version antérieure d'Aster. Il s'agit d'un test de non-régression.

2.2 Incertitude sur la solution par rapport au résultat de non-régression

L'incertitude est de 10%.

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

La modélisation utilisée dans le cas test est la suivante :

Eléments 2D 'AXIS' (QUA8)

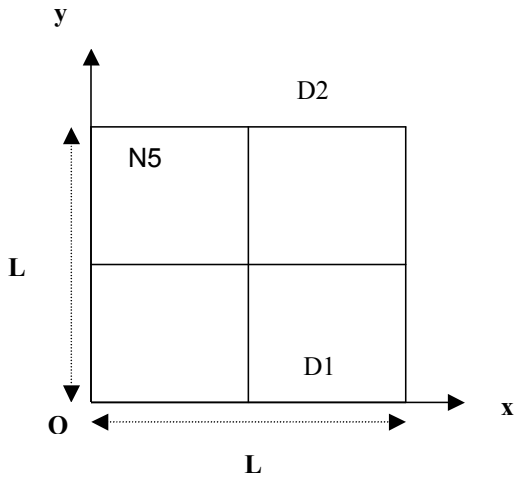


Figure 3.1-a : Géométrie et maillage de la modélisation

Découpage : 2 mailles QUAD8 selon l'axe des x
2 mailles QUAD8 selon l'axe des y

Conditions aux limites : $Uy=0$ sur $D1$
$F=25\text{N}$ sur $D2$

3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 21
Nombre de mailles et types : 4 QUAD8, 8 SEG3.

3.3 Valeurs testées

Identification	Grandeur	Référence	*Aster*	% différence
$t=120\text{s}$ $M3$ $N5$	$EPYY$	-3.1E-2	-2.888E-2	6.8%
$t=120\text{s}$ $M3$ $N5$	$SIYY$	-25.0	-24.99	8.90E-5%

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