

Manuel de Validation**Fascicule V7.22 : Thermo-mécanique statique non linéaire des structures volumiques
Document V7.22.123****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`.

1 Problème de référence

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

1.1 Géométrie

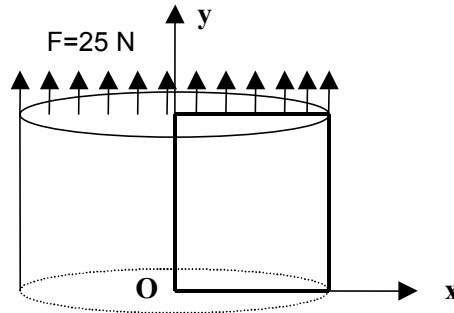


Figure 1.1-a : Géométrie et chargement du problème de référence

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)

$$\rho C_p = 2000000 \text{ J.m}^{-3}.\text{°C}^{-1}$$

$$\lambda = 9999.9 \text{ W.m}^{-1}.\text{°C}^{-1}$$

Coefficients pour la métallurgie :

$$teqd = 809 \text{ °C}, K = 1.135 \times 10^{-2}, n = 2.187$$

$$tdc = 831 \text{ °C}, qsr = 14614, Ac = 1.58 \times 10^{-4}$$

$$m = 4.7, tdr = 949,1 \text{ °C}, Ar = -5.725, Br = 0.05$$

Pour le calcul thermo-métallo-mécanique

- Module d'Young: $E = 200000 \text{ Pa}$
- 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 :

- $T_{ref} = 800 \text{ °C}$
- 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 : $T_\gamma = 800 \text{ °C}$
- 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} : $\Delta\epsilon = 0$
- 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 : $F_sigm_f(T) = 0$
- Limite d'élasticité de la phase chaude pour un comportement visqueux : voir [Figure 1.2-a]

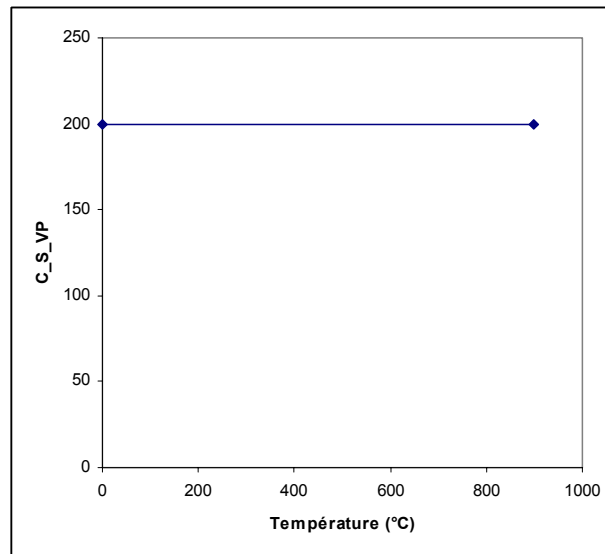


Figure 1.2.-a : Limite d'élasticité de la phase chaude pour un comportement visqueux

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

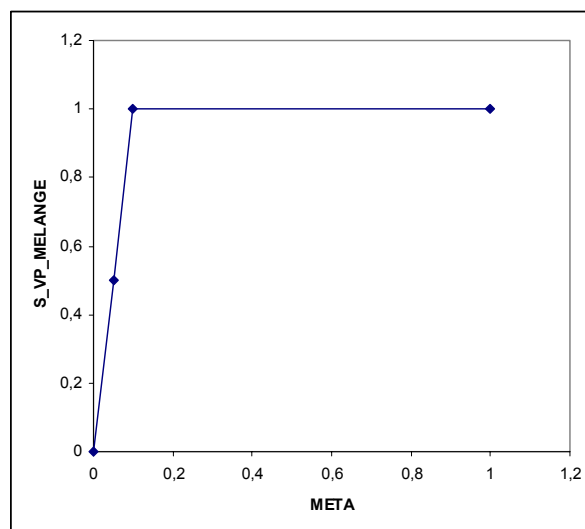


Figure 1.2-b : Loi de mélange

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

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

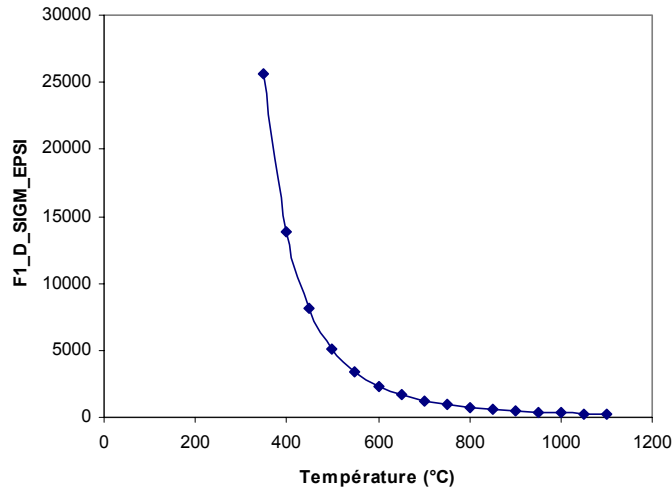


Figure 1.2-c : Courbe de traction pour la phase froide 1

- 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 :

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

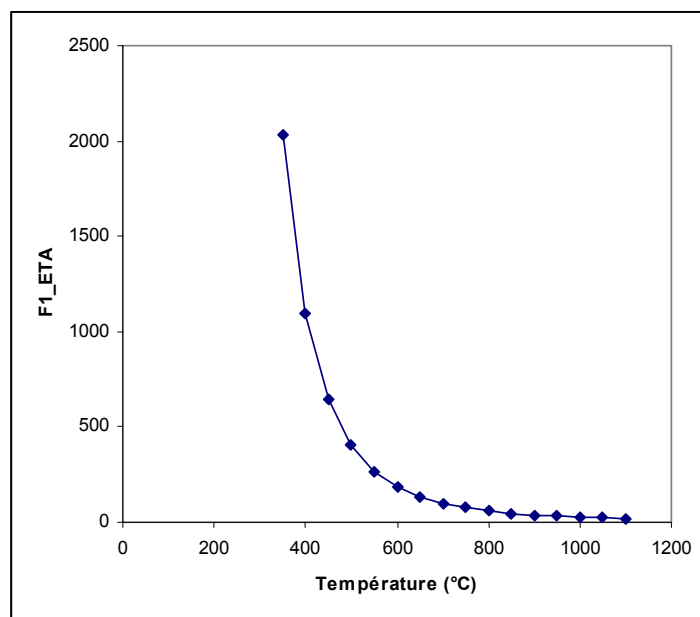


Figure 1.2-d : Paramètre η de la loi d'écoulement viscoplastique, pour la phase froide 1

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

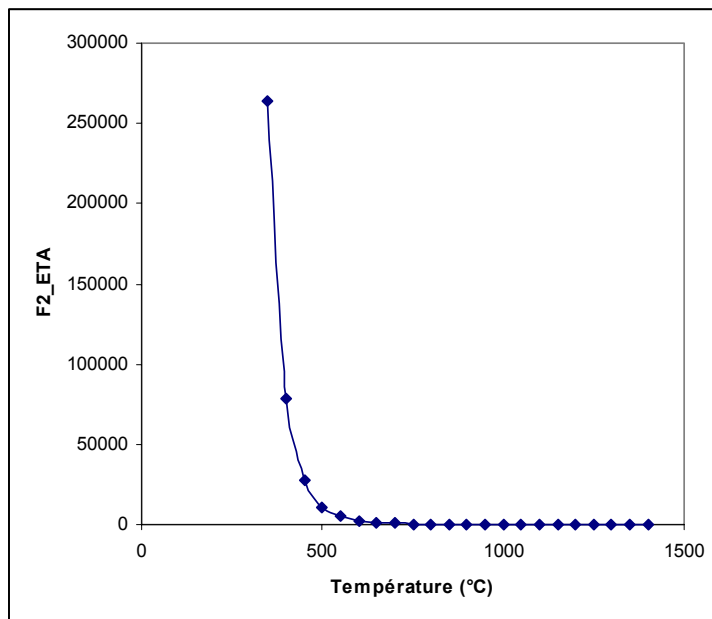


Figure 1.2-e : Paramètre η de la loi d'écoulement viscoplastique, pour la phase froide 2

- 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 :

$U_y = 0$ 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 $t=120$ s.

$T(x,y,120) = 800^\circ\text{C}$

1.4 Conditions initiales

Les variables suivantes sont initialisées :

$$T(x,y,0) = 800^{\circ}\text{C}$$

$$V1(x,y,0) = 1.0$$

$$V2(x,y,0) = 0.0$$

$$V3(x,y,0) = 20.$$

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

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%.

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

La modélisation utilisée dans le cas test est la suivante :

Eléments 2D 'AXIS' (QUA8)

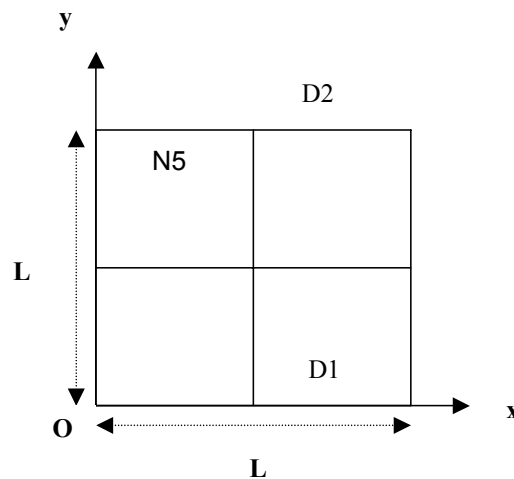


Figure 3.1-a : Géométrie et maillage de la modélisation

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

Conditions aux limites : $U_y=0$ sur D1
 $F=25N$ sur D2

3.2 Caractéristiques du maillage

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

3.3 Fonctionnalités testées

Commandes

DEFI_MATERIAU	THER	RHO_CP LAMBDA	
	META_ZIRC	TDEQ K N TDC QSR_K AC M TDR AR BR	
CALC_META	ETAT_INIT COMP_INCR	META_INIT_ELNO RELATION	'ZIRC'
DEFI_MATERIAU	ELAS_META	E NU F_ALPHA C_ALPHA TEMP_DEF_ALPHA PHAS_REFE EPSF_EPSC_TREF F1_S_VP F2_S_VP C_S_VP S_VP_MELANGE	
	META_ECRO_LINE	F1_D_SIGM_EPSI F2_D_SIGM_EPSI C_D_SIGM_EPSI	
	META_VISC_FO	F1_ETA F2_ETA C_ETA F1_N F2_N C_N F1_C F2_C C_C F1_M F2_M C_M	
AFFE_CHAR_MECA	MODELE TEMP_CALCULEE		
STAT_NON_LINE	MODELE CHAM_MATER EXCIT	CHARGE FONC_MULT	
	COMP_INCR	RELATION RELATION_KIT	'META_V_IL' 'ZIRC'
	INCREMENT NEWTON	LIST_INST MATRICE	'TANGENTE'
	CONVERGENCE	REAC_ITER RESI_GLOB_RELA ITER_GLOB_MAXI	

4 Résultats de la modélisation A

4.1 Valeurs testées

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

5 Commentaires

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

Page laissée intentionnellement blanche.