HSNV135 – Modèle META_LEMA_ANI : tube sous pression et température variable

Résumé :

Ce test constitue une validation numérique du modèle de comportement META_LEMA_ANI mécanique avec effet des transformations métallurgiques développé pour le matériau de la gaine des crayons combustibles, le Zircaloy. Il s'agit d'un tube soumis à une pression interne, avec prise en compte de l'effet de fond et à une température uniforme et variable dans le temps (donc plusieurs phases en présence). Ce cas-test est identique au HSNV134 modélisation A, excepté qu'ici, il se produit un changement de phase.

Il n'y a pas de solution analytique. Il s'agit d'un cas-test de non régression.

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

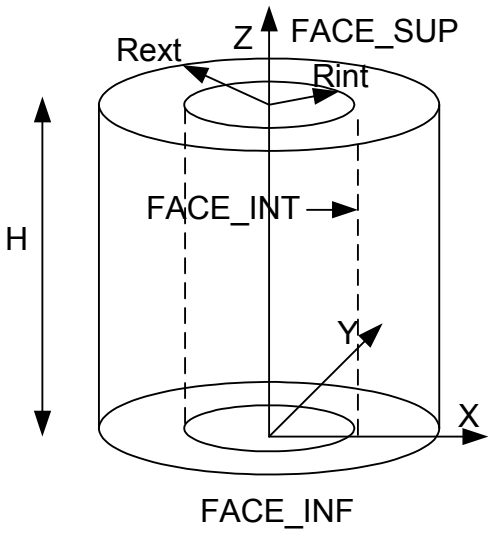


Figure 1.1-a : Géométrie du problème de référence

Il s'agit d'un cylindre de hauteur $H = 20\text{mm}$, de rayon intérieur $Rint = 4.118\text{mm}$ et de rayon extérieur $Rext = 4.746\text{mm}$.

1.2 Propriétés de matériaux

Les propriétés matériaux sont décrites par les paramètres suivants :

Propriétés thermiques :

$\rho_{Cp} = 2000000\, J.m^{-3.} \circ C^{-1}$
$\lambda = 9999.9\, W.m^{-1.} \circ C^{-1}$

Propriétés métallurgiques :

$TDEQ = 809\,°C$
$K = 1.135.10^{-2}$
$N = 2.187$
$T1C = 831\,°C$
$T2C = 0.\,°C$
$\text{QSR_K} = 14614$
$AC = 1.58.10^{-4}$
$M = 4.7$
$T1R = 949{,}1\,°C$
$T2R = 0.\,°C$
$AR = -5.725$
$BR = 0.05$

Propriétés mécaniques thermo-élastiques :

Module d'Young : $E = 80\,000\ MPa$
Coefficient de Poisson : $\nu = 0.35$

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

Coefficient de dilatation identique pour les phases chaude et froide $F_{ALPHA}=8.\mathrm{E}-6\,°C^{-1}$ et $C_{ALPHA}=8.\mathrm{E}-6\,°C^{-1}$

Propriétés mécaniques de la loi META_LEMA_ANI :

Paramètres liés à la viscosité

- Phase α pure

```
F1_A = 2.39
F1_M = 0.07
F1_N = 4.39
F1_Q = 19922.8
```

- Mélange $\alpha+\beta$

```
F2_A = 0.22
F2_M = 0.77 E-4
F2_N = 2.96
F2_Q = 21023.7
```

- Phase β pure

```
C_A = 9.36
C_M = 0.99 E-4
C_N = 6.11
C_Q = 6219
```

Coefficient de la matrice d'anisotropie dans le plan (r,θ,z) .

- Phase α

```
F_MRR_RR = 0.4414
F_MTT_TT = 0.714
F_MZZ_ZZ = 1
F_MRT_RT = 0.75
F_MR Z_RZ = 0.75
F_MTZ_TZ = 0.75
```

- Phase β

```
C_MRR_RR = 1
C_MTT_TT = 1
C_MZZ_ZZ = 1
C_MRT_RT = 0.75
C_MRZ_RZ = 0.75
C_MTZ_TZ = 0.75
```

1.3 Conditions aux limites et chargements

Partie thermique :

On impose une température uniforme sur tout le tube :

Temps (s)	Température ($°C$)
-1.	20.
0.	609.
36.1	609.
44.	799.7
46.	838.67
48.	876.52
49.2	894.5

Partie mécanique :

La partie inférieure du cylindre (FACE_INF) est bloquée en déplacement suivant z : $UZ(x,y,0)=0$

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

Toute la partie supérieure du cylindre (FACE_SUP) a un déplacement suivant z uniforme
On impose une pression sur la face intérieure du tube (FACE_INT) :

Temps (s)	Pression (MPa)
-1.0	0.
0.	0.
36.1	6.74
49.2	6.74

On tient compte de l'effet de fond sur la partie supérieure du tube (FACE_SUP) :

Temps (s)	Pression (MPa)
-1.0	0.
0.	0.
36.1	6.74*coeff
49.2	6.74*coeff

Avec $coef=(Rint\times Rint)/[(Rext\times Rext)-(Rint\times Rint)]$

1.4 Conditions initiales

Initialement, la température est de $20\,°C$ et le tube est composée de 100% de phase froide α . soit :

$V1=1.0$
$V2=0.0$
$V3=20.$
$V4=-1.0$

$V1$: proportion de la phase à froid α
$V2$: proportion de la phase à froid α , mélangée 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

Il n'existe pas de solution de référence. Il s'agit d'un test de non regression.

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)**

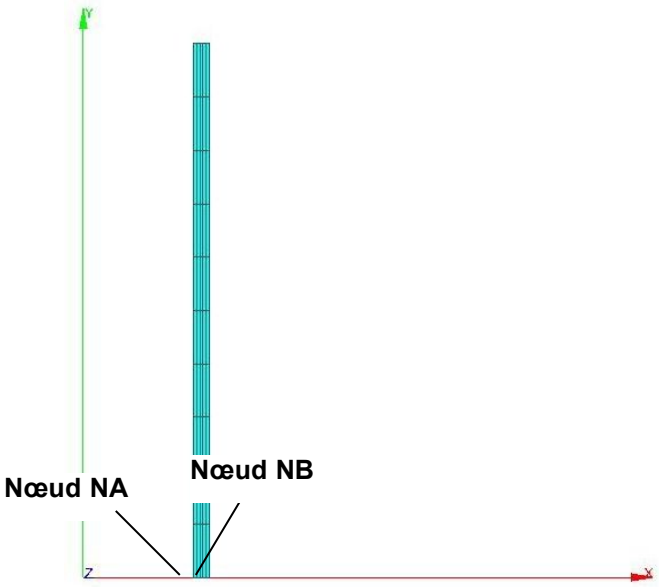


Figure 3.1-a : Géométrie et maillage de la modélisation

Découpage : 5 mailles QUAD8 selon l'axe des x
10 mailles QUAD8 selon l'axe des y

3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 181
Nombre de mailles et types : 50 QUAD8, 30 SEG3.
Nœud NA : $X = Rint\ , Y = 0.$
Nœud NB : $X = Rext\ , Y = 0.$

3.3 Caractéristiques du chargement

Conditions aux limites :

```
FACE_IMPO =_F(GROUP_MA='FACE_INF', DNOR=0)
LIAISON_UNIF =_F(GROUP_MA='FACE_SUP', DDL='DY')
```

Chargement :

```
PRES_REP=_F(GROUP_MA='FACE_INT' PRES=1.),
         _F(GROUP_MA='FACE_SUP' PRES=-coeff.),
```


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

avec $coef = (Rint \times Rint) / [(Rext \times Rext) - (Rint \times Rint)]$

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

3.4 Grandeurs testées et résultats

Identification	Grandeur	*Aster*
$t=49.2\text{s}$ NA	SIXX	-6.61
$t=49.2\text{s}$ NA	SIZZ	43.449
$t=49.2\text{s}$ NA	SIYY	19.30
$t=49.2\text{s}$ NA	EPXX	-1.72E-02
$t=49.2\text{s}$ NA	EPZZ	4.055E-02
$t=49.2\text{s}$ NA	EPYY	-2.106E-03

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