

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.

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

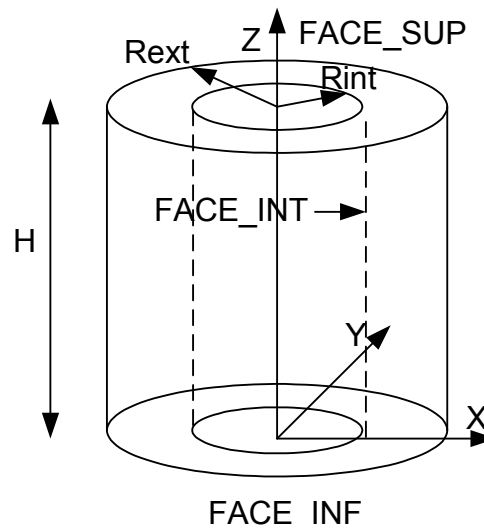


Figure 1.1-a : Géométrie du problème de référence

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

1.2 Propriétés de matériaux

Les propriétés matériaux sont décrites par les paramètres suivants :

Propriétés thermiques :

$$\rho_{Cp} = 2000000 \text{ J.m}^{-3} \cdot \text{°C}^{-1}$$

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

Propriétés métallurgiques :

$$TDEQ = 809 \text{ °C}$$

$$K = 1.135 \cdot 10^{-2}$$

$$N = 2.187$$

$$TIC = 831 \text{ °C}$$

$$T2C = 0 \text{ °C}$$

$$QSR_K = 14614$$

$$AC = 1.58 \cdot 10^{-4}$$

$$M = 4.7$$

$$TIR = 949,1 \text{ °C}$$

$$T2R = 0 \text{ °C}$$

$$AR = -5.725$$

$$BR = 0.05$$

Propriétés mécaniques thermo-élastiques :

Module d'Young : $E = 80\,000 \text{ MPa}$

Coefficient de Poisson : $\nu = 0.35$

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

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 :
 $UZ(x, y, 0) = 0$

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

1.4 Conditions initiales

Initialement, la température est de $20^\circ C$ 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.

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

La modélisation utilisée dans le cas test est la suivante :

Eléments 2D 'AXIS' (QUA8)

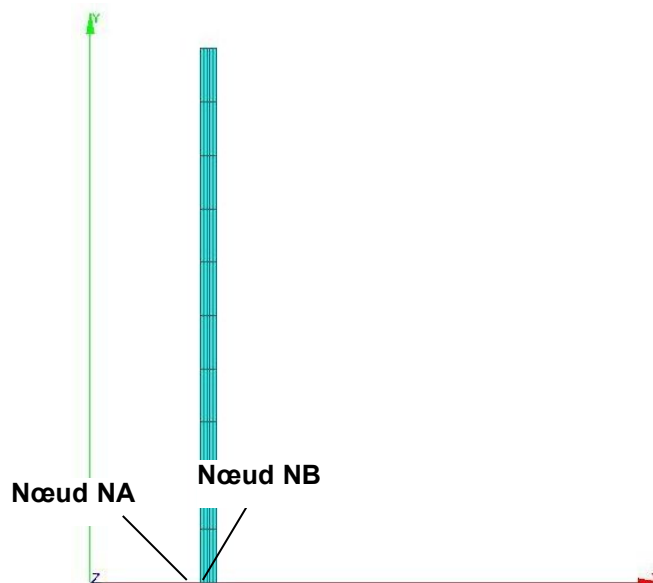


Figure 3.1-a : Géométrie et maillage de la modélisation

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 : $X = R_{int}$, $Y = 0$.
Nœud NB : $X = R_{ext}$, $Y = 0$.

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.),
```

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

3.4 Grandeurs testées et résultats

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