HSNV134 – Modèle META_LEMA_ANI : tube sous pression et température constante

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 constante dans le temps (donc une seule phase en présence). On annule l'un des coefficients matériau de la loi afin d'obtenir le modèle de viscosité de Norton. On peut alors comparer la solution obtenue avec le logiciel ZMAT, qui comporte exactement la même loi.

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

1Problème de référence

1.1Géométrie

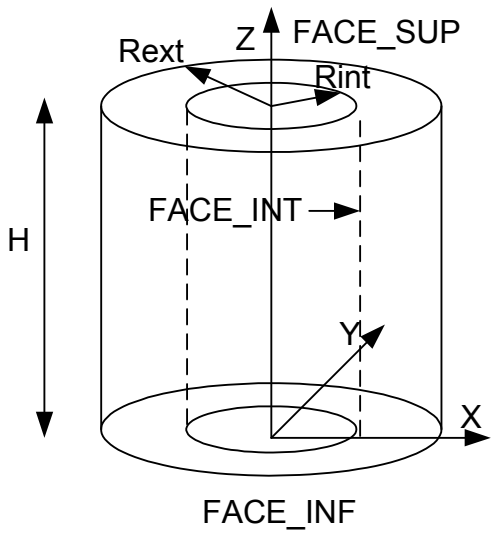


Figure 1.1-a : Géométrie du problème de référence

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

1.2Propriétés de matériaux

Les propriétés matériaux sont décrites par les paramètres suivants :

Propriétés thermiques :

$\rho C_p=2000000\,J.m^{-3}.°C^{-1}$
$\lambda=9999.9\,W.m^{-1}.°C^{-1}$

Propriétés métallurgiques :

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

Propriétés mécaniques thermo-élastiques :

Module de YOUNG : $E=80\,000\,MPa$

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

Coefficient de Poisson : $NU=0.35$

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.
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_MRZ_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
```

1.3Conditions aux limites et chargements

Partie thermique : la température est imposée sur tout le cylindre à $700\,°C$ pendant toute la durée du chargement mécanique de 0 à $100\mathrm{s}$.

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)
0	0.
1.1	7.5

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

100.	9.5

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

Temps (s)	Pression (MPa)
0	0.
1.1	$-7.5\times coef$
100.	$-9.5\times coef$

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

1.4Conditions initiales

Initialement, la température est de $700\,°C$ et le tube est composée de 100% de phase froide α, soit :

$V1=1.0$
$V2=0.0$
$V3=20.$
$V4=0.$

$V1$: 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

2Solution de référence

Les résultats de référence sont obtenus avec le logiciel ZMAT qui comporte la loi équivalente avec le fichier matériau .33 suivant :

```
***material
*integration theta_method_a 1. 1.e-12 100

***behavior gen_evp
**elasticity
young 80000.
poisson 0.35
**potential gen_evp ev
*flow norton
K 253.5497
n 4.39
*criterion anisotropic orthotropic
c11 0.294267      c22 0.6666667      c33 0.476
c44 0.5                c55  0.5                  c66 0.5
c12 -0.242467    c23  -0.4242        c31 -0.0518
*isotropic constant
R0 0.
***return
```


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

3Modélisation A

3.1Caractéristiques de la modélisation

La modélisation utilisée dans le cas-test est la suivante :

Eléments 2D 'AXIS' (QUA8)

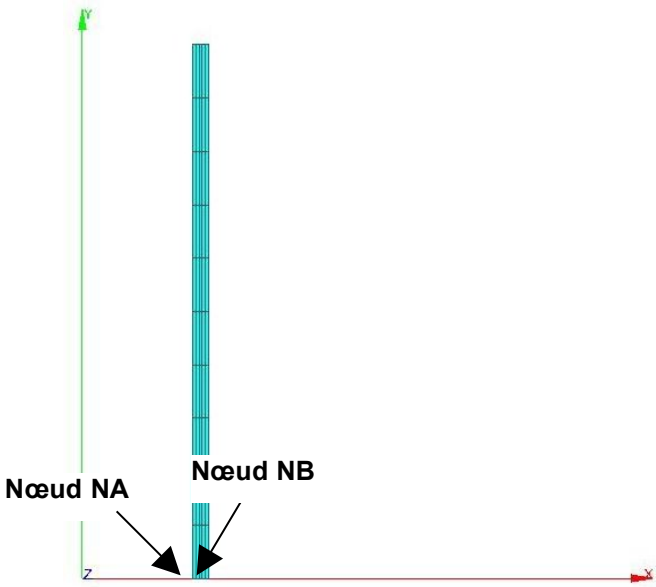


Figure 3.1-a : Géométrie et maillage de la modélisation

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

3.2Caractéristiques du maillage

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

3.3Caractéristiques 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 $coef=(Rint\times Rint)/[(Rext\times Rext)-(Rint\times Rint)]$

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

3.4Grandeurs testées et résultats

Identification	Grandeur	Référence
t=100s NA	SIXX	-9.442
t=100s NA	SIZZ	60.226
t=100s NA	SIYY	26.795
t=100s NA	EPXX	-9.49597E-03
t=100s NA	EPZZ	1.35633E-02
t=100s NA	EPYY	-3.7769E-03
t=100s NB	SIXX	3.28215E-02
t=100s NB	SIZZ	64.199
t=100s NB	SIYY	30.771
t=100s NB	EPXX	-6.58609E-03
t=100s NB	EPZZ	1.07189E-02
t=100s NB	EPYY	-3.7769E-03

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

4Modélisation B

4.1Caractéristiques de la modélisation

La modélisation utilisée dans le cas test est la suivante :

Eléments 3D (HEXA20)

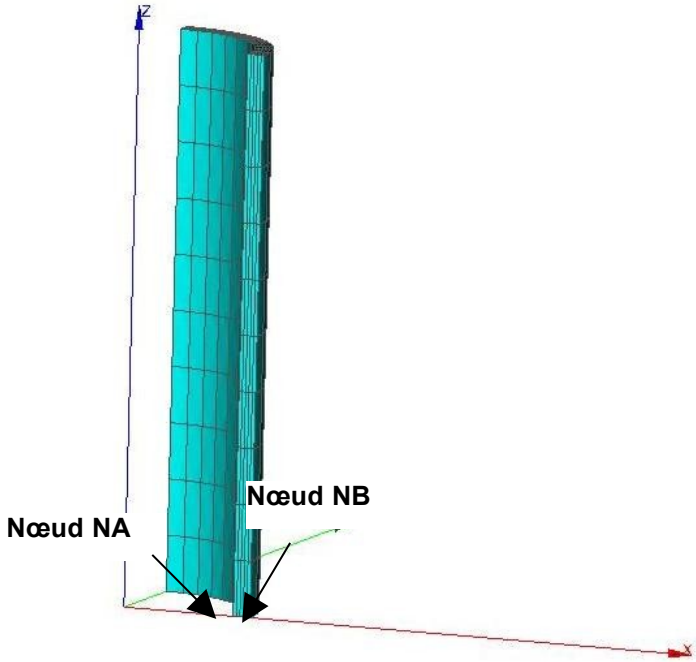


Figure 5.1-a : Géométrie et maillage de la modélisation

Découpage : 5 mailles HEXA20 selon l'axe r (repère cylindrique)
10 mailles HEXA20 selon l'axe θ (repère cylindrique)
10 mailles HEXA20 selon l'axe z

4.2Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 2651
Nombre de mailles et types : 500 HEXA20, 400 QUAD8, 100 SEG3.
Nœud NA : $X = Rint$, $Y = 0$.
Nœud NB : $X = Rext$, $Y = 0$.

4.3Caractéristiques du chargement

Conditions aux limites :

```
FACE_IMPO =_F(GROUP_MA='FACE_INF', DNOR=0)
           _F(GROUP_MA='FACE_X0', DX=0)
           _F(GROUP_MA='FACE_Y0', DY=0)
LIAISON_UNIF =_F(GROUP_MA='FACE_SUP', DDL='DZ')
```

Chargement :

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


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

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

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

4.4Grandeurs testées et résultats

Identification	Grandeur	Référence
t=100s NA	SIXX	-9.4420
t=100s NA	SIZZ	60.226
t=100s NA	SIYY	26.795
t=100s NA	EPXX	-9.49597E-03
t=100s NA	EPZZ	1.35633E-02
t=100s NA	EPYY	-3.7769E-03
t=100s NB	SIXX	3.28215E-02
t=100s NB	SIZZ	64.199
t=100s NB	SIYY	30.771
t=100s NB	EPXX	-6.58609E-03
t=100s NB	EPZZ	1.07189E-02
t=100s NB	EPYY	-3.7769E-03

4.5Commentaires

Les valeurs testées en 3D sont celles calculées dans le repère cylindrique.

5Conclusion

Les valeurs de référence sont celles obtenues avec ZMAT. Les résultats obtenus avec *Code_Aster* sont en très bon accord avec ZMAT.

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