SSNA123 – Validation de la loi de comportement des aciers sous irradiations en axisymétrique

Résumé :

Ce test élémentaire a pour objectif de valider la loi de comportement IRRAD3M des aciers sous irradiations. Trois modélisations sont présentes pour valider séparément chaque aspect de la loi :
- la modélisation (a) se concentre sur la partie plastique de la loi,
- la modélisation (b) sur la partie irradiation,
- la modélisation (c) sur la partie gonflement.

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

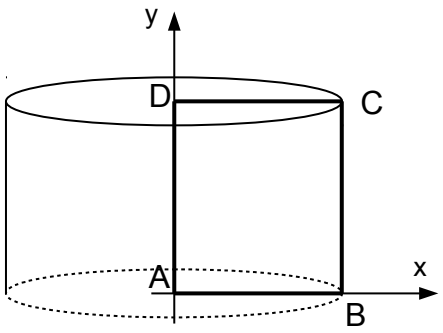


Figure 1.1-a : Géométrie du problème.

Il s'agit d'un cylindre de rayon $1\,mm$ et de hauteur $1\,mm$.
Le carré en gras correspond à la modélisation axisymétrique.

1.2 Propriétés de matériaux

Les propriétés matériaux sont dépendantes du type de modélisation et fonctions de la température en $°C$ et de l'irradiation en dpa (déplacement par atome).

Les paramètres matériaux utilisés dans ce cas test **ne doivent pas être utilisés pour faire des études**. Ils ne correspondent pas à des caractéristiques réelles.

Pour toutes les modélisations
Module d'Young : $E=210000.0-30.0\,T$ en MPa

Coefficient de Poisson : $\nu=0.30+5.0\text{E-}05\,T$.
Coefficient de dilatation thermique : $\alpha=\left(15.0+0.002\,T\right)1.0\text{E-}06$

Pour la modélisation a
Partie plastique

$\kappa=1.0$

Limite d'élasticité à 0.2% en MPa : $R_{02}=R_{02}^{0}.C_{w_}R_{e}.I_{r_}R_{e}$
avec

$R_{02}^{0}=270.0-0.65\,T+0.001\,T^{2}$
$C_{w_}R_{e}=3.0$
$I_{r_}R_{e}=\left(2.0-e^{\frac{-IRRA}{3}}\right)$

Contrainte ultime en MPa : $R_{m}=R_{02(T,IRRA)}+\left(R_{m}^{0}-R_{02}^{0}\right).C_{w_}R_{m}.I_{r_}R_{m}$
avec

$R_{m}^{0}=600.0-1.5\,T+0.010\,T^{2}$
$C_{w_}R_{m}=0.50$
$I_{r_}R_{m}=0.25-0.10\left(1.0-e^{\frac{-IRRA}{10.0}}\right)+e^{\frac{-IRRA}{3.0}}$

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

Allongement réparti : $\epsilon_u = \ln\left(1.0 + \epsilon_u^0 . C_{w_}\epsilon_u . I_{r_}\epsilon_u * 1.0\text{E-}02\right)$
avec

$$\epsilon_u^0 = 50.0 - 0.15\,T + 0.0007\,T^2$$
$$C_{w_}\epsilon_u = 0.25$$
$$I_{r_}\epsilon_u = e^{\frac{-IRRA}{2}}$$

Partie irradiation
$A_{i0} = 0.0\ MPa^{-1}.dpa^{-1}$
$\eta_{is} = 1.0\text{E+}50\ MPa.dpa$

Partie gonflement
$R = 0.0\ dpa^{-1}$
$\alpha = 0.0$
$\phi_0 = 0.0\ dpa$

Pour la modélisation b
Partie plastique
$R_{02} = 5.0\text{E+}09\ Mpa \quad R_m = 5.0\text{E+}09\ Mpa \quad \epsilon_u = 0.0$

Partie irradiation
$A_{i0} = 2.0\text{E-}06\ MPa^{-1}.dpa^{-1}$
$\eta_{is} = 1000.0\ MPa.dpa$

Partie gonflement
$R = 0.0\ dpa^{-1}$
$\alpha = 0.0$
$\phi_0 = 0.0\ dpa$

Pour la modélisation c
Partie plastique
$R_{02} = 5.0\text{E+}09\ Mpa \quad R_m = 5.0\text{E+}09\ Mpa \quad \epsilon_u = 0.0$

Partie irradiation
$A_{i0} = 0.0\ MPa^{-1}.dpa^{-1}$
$\eta_{is} = 1.0\text{E+}06\ MPa.dpa$

Partie gonflement
$R = 0.0025\ dpa^{-1}$
$\alpha = 1.0$
$\phi_0 = 1.0\ dpa$

1.3 Conditions aux limites et chargements

Modélisation a
Pour les arêtes AB et DC, $DY = 0$
Pour l'arête AD, $DX = 0$
On applique de plus une rampe linéaire de température ayant pour maximum $400\,°C$.

Modélisation b
Pour l'arête AB, $DY = 0$
Pour l'arête AD, $DX = 0$
Pour l'arête DC, application d'une rampe linéaire de forces linéiques de valeur maximale $FY = 200\ N/mm$
On applique de plus une rampe linéaire d'irradiation ayant pour maximum $10\,dpa$ et une rampe de température ayant pour maximum $400\,°C$

Modélisation c
Pour l'arête AB $DY = 0$
Pour l'arête AD $DX = 0$

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

2 Solution de référence

2.1 Résultats de référence

Modélisation a
C'est un cas test de non-régression.

Modélisation b
C'est un cas test de non-régression.

Modélisation c
C'est un cas test de non-régression.

2.2 Incertitude sur les solutions

Modélisation a
C'est un cas test de non-régression

Modélisation b
C'est un cas test de non-régression

Modélisation c
C'est un cas test de non-régression

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 :
Éléments 2D **'AXIS' (QUA4)**

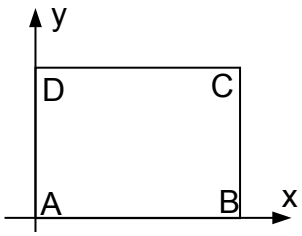


Figure 3.1-a : Géométrie et maillage de la modélisation utilisée.

Découpage : 1 maille QUAD4 selon l'axe des x
1 maille QUAD4 selon l'axe des y

Nœuds :
A : maille $M1$ nœud $N1$
B : maille $M1$ nœud $N2$
C : maille $M1$ nœud $N3$
D : maille $M1$ nœud $N4$

3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 4
Nombre de mailles et types : 1 QUAD4, 3 SEG2.

3.3 Grandeurs testées et résultats

Identification	Champ	Grandeur	Référence	Tolérance
$t=200$s $M1$ Point 1	SIEF_ELGA	SIYY	-5,40000000E+02	1.00E-04%
$t=200$s $N2$	DEPL	DX	4,11705882E-03	1.00E-04%
$t=200$s $M1$ Point 1	VARI_ELGA	V1	4,32941176E-04	1.00E-04%
$t=400$s $M1$ Point 1	SIEF_ELGA	SIYY	-6,15143448E+02	1.00E-04%
$t=400$s $N2$	DEPL	DX	8,92077868E-03	1.00E-04%
$t=400$s $M1$ Point 1	VARI_ELGA	V1	3,21321491E-03	1.00E-04%

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

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

La modélisation utilisée dans le cas test est la suivante :
Éléments 2D **'AXIS' (QUA4)**

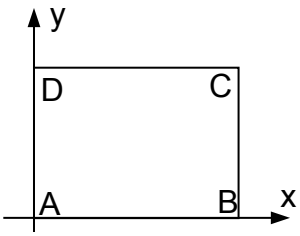


Figure 4.1-a : Géométrie et maillage de la modélisation utilisée.

Découpage : 1 maille QUAD4 selon l'axe des x
1 maille QUAD4 selon l'axe des y

Nœuds :
A : maille $M1$ nœud $N1$
B : maille $M1$ nœud $N2$
C : maille $M1$ nœud $N3$
D : maille $M1$ nœud $N4$

Il s'agit d'un test de fluage à pression constante sur un élément axisymétrique.

4.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 4
Nombre de mailles et types : 1 QUAD4, 3 SEG2.

4.3 Grandeurs testées et résultats

Identification	Champ	Grandeur	Référence	Tolérance
$t=2000$s $N4$	DEPL	DY	3,0101E-03	1.00E-04%
$t=2000$s $M1$ Point 1	VARI_ELGA	V2	2,0000E+03	1.00E-04%
$t=2000$s $M1$ $N2$	EPSI_ELNO	EPYY	3,0101E-03	1.00E-04%

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

5 Modélisation C

5.1 Caractéristiques de la modélisation

La modélisation utilisée dans le cas test est la suivante :
Éléments 2D **'AXIS' (QUA4)**

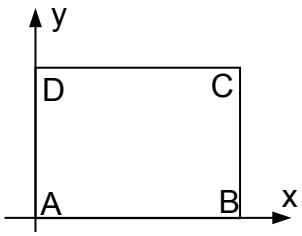


Figure 5.1-a : Géométrie et maillage de la modélisation utilisée.

Découpage : 1 maille QUAD4 selon l'axe des x
1 maille QUAD4 selon l'axe des y

Nœuds :
A : maille $M1$ nœud $N1$
B : maille $M1$ nœud $N2$
C : maille $M1$ nœud $N3$
D : maille $M1$ nœud $N4$

5.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 4
Nombre de mailles et types : 1 QUAD4, 3 SEG2.

5.3 Grandeurs testées et résultats

Identification	Champ	Grandeur	Référence	Tolérance
$t=0.1$s $M1$ $N2$	EPSI_ELNO	EPYY	1,05722838E-02	1.0E-04%
$t=0.1$s $M1$ Point 1	VARI_ELGA	V4	1,05722838E-02	1.0E-04%
$t=1$s $M1$ $N2$	EPSI_ELNO	EPYY	1,15572282E-01	1.0E-04%
$t=1$s $M1$ Point 1	VARI_ELGA	V4	1,15572282E-01	1.0E-04%

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

6 Commentaires

Ces cas tests permettent de valider la loi de comportement IRRAD3M dans le cas élémentaire en axisymétrique et en activant pour une modélisation donnée une seule partie de la loi (plasticité, irradiation et gonflement).

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