

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.

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

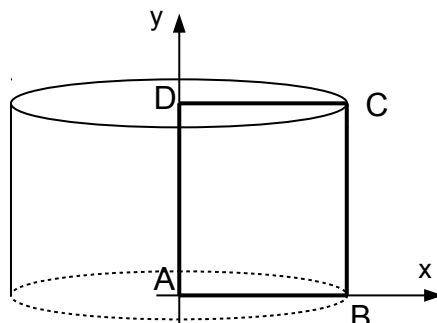


Figure 1.1-a : Géométrie du problème.

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 $^{\circ}\text{C}$ 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 : $\alpha = (15.0 + 0.002 T) 1.0\text{E-}06$

Pour la modélisation a

Partie plastique

$$\kappa = 1.0$$

Limite d'élasticité à 0.2% en MPa : $R_{02} = R_{02}^0 \cdot C_w \cdot R_e \cdot I_r \cdot R_e$
avec

$$R_{02}^0 = 270.0 - 0.65 T + 0.001 T^2$$

$$C_w \cdot R_e = 3.0$$

$$I_r \cdot R_e = \left(2.0 - e^{\frac{-IRRA}{3}} \right)$$

Contrainte ultime en MPa : $R_m = R_{02(T, IRRA)} + (R_m^0 - R_{02}^0) \cdot C_w \cdot R_m \cdot I_r \cdot R_m$
avec

$$R_m^0 = 600.0 - 1.5 T + 0.010 T^2$$

$$C_w \cdot R_m = 0.50$$

$$I_r \cdot R_m = 0.25 - 0.10 \left(1.0 - e^{\frac{-IRRA}{10.0}} \right) + e^{\frac{-IRRA}{3.0}}$$

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

$$A_{i0} = 0.0 \text{ MPa}^{-1} \cdot \text{dpa}^{-1}$$

$$\eta_{is} = 1.0E+50 \text{ MPa} \cdot \text{dpa}$$

Partie gonflement

$$R = 0.0 \text{ dpa}^{-1}$$

$$\alpha = 0.0$$

$$\phi_0 = 0.0 \text{ dpa}$$

Pour la modélisation b

Partie plastique

$$R_{02} = 5.0E+09 \text{ Mpa} \quad R_m = 5.0E+09 \text{ Mpa} \quad \epsilon_u = 0.0$$

Partie irradiation

$$A_{i0} = 2.0E-06 \text{ MPa}^{-1} \cdot \text{dpa}^{-1}$$

$$\eta_{is} = 1000.0 \text{ MPa} \cdot \text{dpa}$$

Partie gonflement

$$R = 0.0 \text{ dpa}^{-1}$$

$$\alpha = 0.0$$

$$\phi_0 = 0.0 \text{ dpa}$$

Pour la modélisation c

Partie plastique

$$R_{02} = 5.0E+09 \text{ Mpa} \quad R_m = 5.0E+09 \text{ Mpa} \quad \epsilon_u = 0.0$$

Partie irradiation

$$A_{i0} = 0.0 \text{ MPa}^{-1} \cdot \text{dpa}^{-1}$$

$$\eta_{is} = 1.0E+06 \text{ MPa} \cdot \text{dpa}$$

Partie gonflement

$$R = 0.0025 \text{ dpa}^{-1}$$

$$\alpha = 1.0$$

$$\phi_0 = 1.0 \text{ dpa}$$

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 $400^\circ C$.

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 $FY = 200 \text{ N/mm}$

On applique de plus une rampe linéaire d'irradiation ayant pour maximum 10 dpa et une rampe de température ayant pour maximum $400^\circ C$

Modélisation c

Pour l'arête AB $DY=0$

Pour l'arête AD $DX=0$

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

La modélisation utilisée dans le cas test est la suivante :

Éléments 2D 'AXIS' (QUA4)

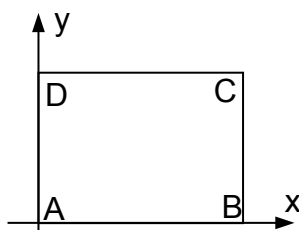


Figure 3.1-a : Géométrie et maillage de la modélisation utilisée.

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

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

La modélisation utilisée dans le cas test est la suivante :

Éléments 2D 'AXIS' (QUA4)

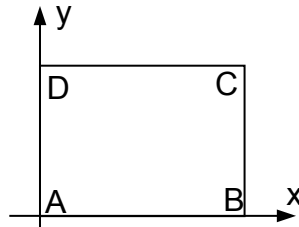


Figure 4.1-a : Géométrie et maillage de la modélisation utilisée.

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

Nœuds :

A : maille MI nœud $N1$
 B : maille MI nœud $N2$
 C : maille MI nœud $N3$
 D : maille MI 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
$t=2000s$ $N4$	DEPL	DY	3,0101E-03	1.00E-04%
$t=2000s$ MI Point 1	VARI ELGA	V2	2,0000E+03	1.00E-04%
$t=2000s$ MI $N2$	EPSI_ELNO	EPYY	3,0101E-03	1.00E-04%

5 Modélisation C

5.1 Caractéristiques de la modélisation

La modélisation utilisée dans le cas test est la suivante :

Éléments 2D 'AXIS' (QUA4)

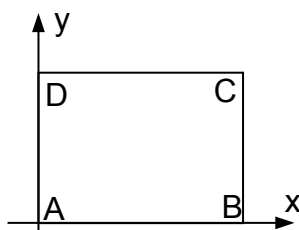


Figure 5.1-a : Géométrie et maillage de la modélisation utilisée.

Découpage : 1 maille QUA4 selon l'axe des x
1 maille QUA4 selon l'axe des y

Nœuds :

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

5.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 4

Nombre de mailles et types : 1 QUA4, 3 SEG2.

5.3 Grandeurs testées et résultats

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

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).