SSNV230 - Validation de la loi de comportement des aciers 300 sous irradiations en 3D

Résumé :
Ces tests élémentaires ont pour objectif de valider la loi de comportement IRRAD3M des aciers sous irradiations en 3D , en activant le fluage d'irradiation et le gonflement.
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

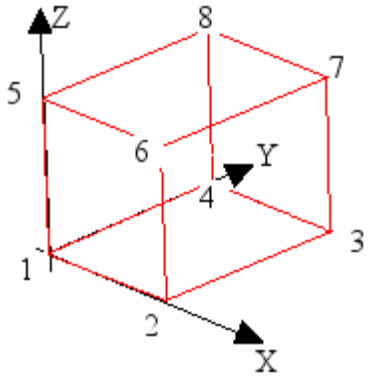


Figure 1.1-a : Géométrie du problème, cube de 1mm de coté.

1.2 Propriétés de matériaux

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.

Les différentes propriétés matériaux sont données ci-dessous, avec :
- T : température en $°C$
- $IRRA$: l'irradiation en dpa [R5.03.23]

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

Partie plastique

$\kappa=0.8$

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

$$R_{02}^{0}=270.0-0.65\,T+0.0010\,T^{2}$$
$$C_{w_}R_{e}=1.0$$
$$I_{r_}R_{e}=\left(4.0-3.0\,e^{\frac{-IRRA}{3}}\right)$$

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

$$R_{m}^{0}=600.0-1.5\,T+0.010\,T^{2}$$
$$C_{w_}R_{m}=0.50$$
$$I_{r_}R_{m}=0.005-0.0020\left(1.0-e^{\frac{-IRRA}{8.0}}\right)+e^{\frac{-IRRA}{3.0}}$$

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

$$\epsilon_u^0 = 50.0 - 0.15\,T + 0.007\,T^2$$
$$C_w_\epsilon_u = 1.0$$
$$I_r_\epsilon_u = e^{-IRRA}$$

Partie irradiation	Partie gonflement
$A_{i0} = 3.0\text{E-}06\ \text{MPa}^{-1}\text{dpa}^{-1}$	$R = 0.0020\ \text{dpa}^{-1}$
$\eta_{is} = 1000\ \text{MPa.dpa}$	$\alpha = 1.0$
	$\phi_0 = 45.0\ \text{dpa}$ ou $\phi_0 = 1.0\ \text{dpa}$

1.3 Conditions aux limites et chargements

Modélisation A

Pour les nœuds 1, 2, 3, 4 : $DX = DY = DZ = 0$
Pour les nœuds 5, 6, 7, 8 : $DX = DY = 0$
On applique de plus une rampe linéaire de température ayant pour maximum $400\,°C$ ainsi qu'une rampe linéaire d'irradiation ayant pour maximum $140\,dpa$ (figure 1.3-a).
Les caractéristiques matériaux pour le gonflement sont ceux de la borne inférieure.

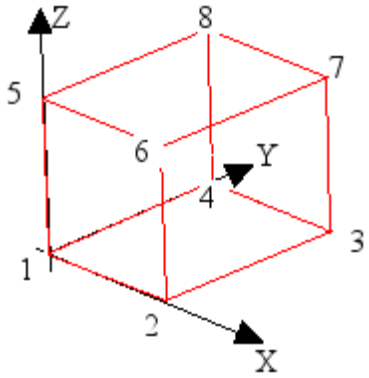
Modélisation B

Conditions en déplacement

$DX = 0$, nœuds : 1, 4, 5, 8
$DY = 0$, nœuds : 1, 2, 5, 6
$DZ = 0$, nœuds : 1, 4, 2, 3

Nœuds : 2, 3, 6, 7

$DX = 0.0$ $\quad t = 0.0\,sec$
$DX = 3.0\text{E}-03$ $\quad t = 10.0\,sec$
$DX = 3.0\text{E}-03$ $\quad t = 90.0\,sec$



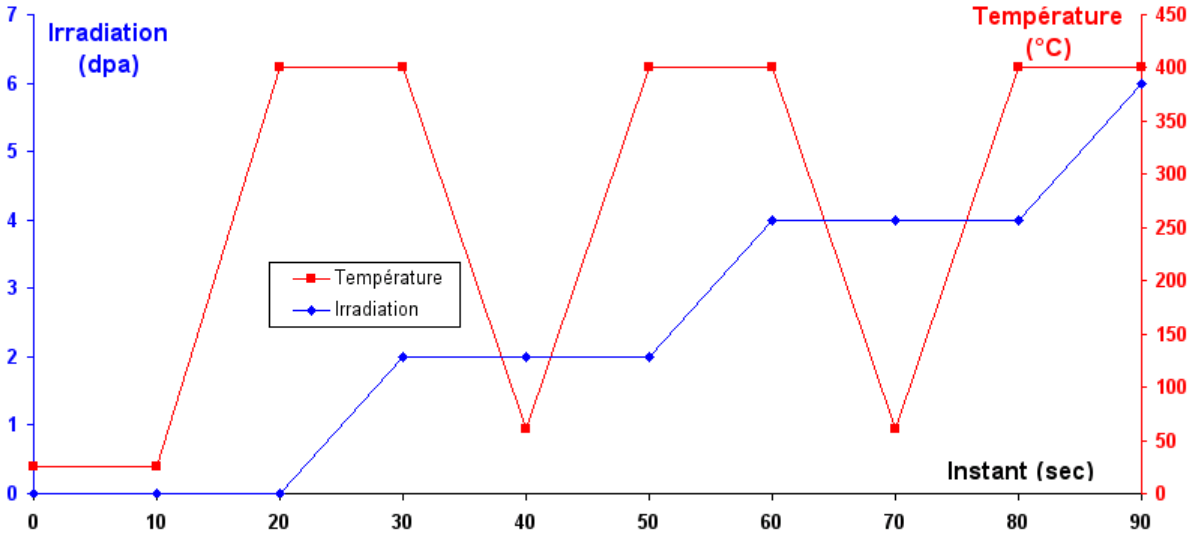


Figure 1.3-a : Conditions en température et en irradiation à tous les nœuds en fonction du temps.

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

La modélisation est faite une première fois avec les caractéristiques de gonflement qui correspondent à la borne supérieure puis une seconde avec les caractéristiques de gonflement qui correspondent à la borne inférieure.

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

2 Solution de référence

2.1 Résultats de référence

Chaque modélisation 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 : **Élément '3D' (HEXA8)**

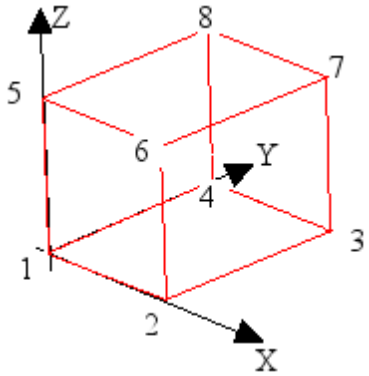


Figure 3.1-a : Géométrie et maillage de la modélisation utilisée.

3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 8
Nombre de mailles et types : 1 HEXA8, 2 QUA4.

3.3 Caractéristiques matériau

Les caractéristiques du matériau sont celles qui ont été indiquées précédemment et $\phi_0 = 45.0\,\text{dpa}$.

3.4 Grandeurs testées et résultats

Identification	Champ	Grandeur	Référence	Tolérance
t= 20s M1 Point 1	SIEF_ELGA	SIYY	-2,22679599E+02	1.00E-04%
t=100s M1 Point 1	SIEF_ELGA	SIYY	-2,02670376E+02	1.00E-04%
t=200s M1 Point 1	SIEF_ELGA	SIYY	-4,44447078E+02	1.00E-04%
t=100s M1 Point 1	VARI_ELGA	V1	1,12479090E-02	1.00E-04%
t=110s M1 Point 1	VARI_ELGA	V2	1,45524631E+03	1.00E-04%
t=200s M1 Point 1	VARI_ELGA	V2	4,26686655E+04	1.00E-04%
t=200s M1 Point 1	VARI_ELGA	V4	6,33333333E-02	1.00E-04%
t=110s M1 Point 1	VARI_ELGA	V3	1,36573893E-03	1.00E-04%
t=200s M1 Point 1	VARI_ELGA	V3	1,25005997E-01	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 '3D' (HEXA8)**

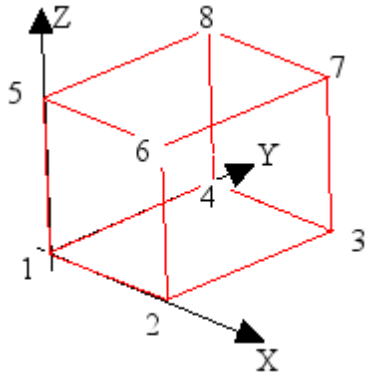


Figure 4.1-a : Géométrie et maillage de la modélisation utilisée.

4.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 8
Nombre de mailles et types : 1 HEXA8

4.3 Caractéristiques matériau

Les caractéristiques du matériau sont celles qui ont été indiquées précédemment et $\phi_0 = 1.0\,\mathrm{dpa}$

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

4.4 Grandeurs testées et résultat

Identification	Champ	Grandeur	Référence	Tolérance
t=10s Point 1	SIEF_ELGA	SIXX	2,53993074E+02	1.0E-04%
t=20s Point 1	SIEF_ELGA	SIXX	-1,85047588E+02	1.0E-04%
t=30s Point 1	SIEF_ELGA	SIXX	-1,85047588E+02	1.0E-04%
t=40s Point 1	SIEF_ELGA	SIXX	5,99759750E+02	1.0E-04%
t=50s Point 1	SIEF_ELGA	SIXX	-4,97991692E+02	1.0E-04%
t=60s Point 1	SIEF_ELGA	SIXX	-3,21076660E+02	1.0E-04%
t=70s Point 1	SIEF_ELGA	SIXX	7,75854613E+02	1.0E-04%
t=80s Point 1	SIEF_ELGA	SIXX	-3,30523956E+02	1.0E-04%
t=90s Point 1	SIEF_ELGA	SIXX	-9,98659764E+01	1.0E-04%
t=10s Point 1	VARI_ELGA	V1	1,78617408E-03	1.0E-04%
t=20s Point 1	VARI_ELGA	V1	5,56276438E-03	1.0E-04%
t=30s Point 1	VARI_ELGA	V1	5,56276438E-03	1.0E-04%
t=40s Point 1	VARI_ELGA	V1	7,14329016E-03	1.0E-04%
t=50s Point 1	VARI_ELGA	V1	7,14329016E-03	1.0E-04%
t=60s Point 1	VARI_ELGA	V1	7,14329016E-03	1.0E-04%
t=70s Point 1	VARI_ELGA	V1	7,19100378E-03	1.0E-04%
t=80s Point 1	VARI_ELGA	V1	7,19100378E-03	1.0E-04%
t=90s Point 1	VARI_ELGA	V1	7,19100378E-03	1.0E-04%
t=30s Point 1	VARI_ELGA	V2	3,70095175E+02	1.0E-04%
t=40s Point 1	VARI_ELGA	V2	3,70095175E+02	1.0E-04%
t=50s Point 1	VARI_ELGA	V2	3,70095175E+02	1.0E-04%
t=60s Point 1	VARI_ELGA	V2	1,29783675E+03	1.0E-04%
t=70s Point 1	VARI_ELGA	V2	1,29783675E+03	1.0E-04%
t=80s Point 1	VARI_ELGA	V2	1,29783675E+03	1.0E-04%
t=90s Point 1	VARI_ELGA	V2	1,68614985E+03	1.0E-04%
t=60s Point 1	VARI_ELGA	V3	8,93510262E-04	1.0E-04%
t=70s Point 1	VARI_ELGA	V3	8,93510262E-04	1.0E-04%
t=80s Point 1	VARI_ELGA	V3	8,93510262E-04	1.0E-04%
t=90s Point 1	VARI_ELGA	V3	2,05844955E-03	1.0E-04%

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

4.5 Grandeurs testées et résultats

Identification	Champ	Grandeur	Référence	Tolérance
t=10s Point 1	SIEF_ELGA	SIYY	2,53993074E+02	1.0E-04%
t=20s Point 1	SIEF_ELGA	SIYY	-1,85047588E+02	1.0E-04%
t=30s Point 1	SIEF_ELGA	SIYY	-3,17047588E+02	1.0E-04%
t=40s Point 1	SIEF_ELGA	SIYY	5,97508271E+02	1.0E-04%
t=50s Point 1	SIEF_ELGA	SIYY	-5,00132868E+02	1.0E-04%
t=60s Point 1	SIEF_ELGA	SIYY	-4,10813416E+02	1.0E-04%
t=70s Point 1	SIEF_ELGA	SIYY	6,91429029E+02	1.0E-04%
t=80s Point 1	SIEF_ELGA	SIYY	-4,10813416E+02	1.0E-04%
t=90s Point 1	SIEF_ELGA	SIYY	-2,76944958E+02	1.0E-04%
t=10s Point 1	VARI_ELGA	V1	1,78617408E-03	1.0E-04%
t=20s Point 1	VARI_ELGA	V1	5,56276438E-03	1.0E-04%
t=30s Point 1	VARI_ELGA	V1	5,56276438E-03	1.0E-04%
t=40s Point 1	VARI_ELGA	V1	6,48743752E-03	1.0E-04%
t=50s Point 1	VARI_ELGA	V1	6,48743752E-03	1.0E-04%
t=60s Point 1	VARI_ELGA	V1	6,54594319E-03	1.0E-04%
t=70s Point 1	VARI_ELGA	V1	6,54594319E-03	1.0E-04%
t=80s Point 1	VARI_ELGA	V1	6,54594319E-03	1.0E-04%
t=90s Point 1	VARI_ELGA	V1	6,54594319E-03	1.0E-04%
t=30s Point 1	VARI_ELGA	V2	4,81325700E+02	1.0E-04%
t=40s Point 1	VARI_ELGA	V2	4,81325700E+02	1.0E-04%
t=50s Point 1	VARI_ELGA	V2	4,81325700E+02	1.0E-04%
t=60s Point 1	VARI_ELGA	V2	1,51649548E+03	1.0E-04%
t=70s Point 1	VARI_ELGA	V2	1,51649548E+03	1.0E-04%
t=80s Point 1	VARI_ELGA	V2	1,51649548E+03	1.0E-04%
t=90s Point 1	VARI_ELGA	V2	2,17700281E+03	1.0E-04%
t=60s Point 1	VARI_ELGA	V3	1,54948645E-03	1.0E-04%
t=70s Point 1	VARI_ELGA	V3	1,54948645E-03	1.0E-04%
t=80s Point 1	VARI_ELGA	V3	1,54948645E-03	1.0E-04%
t=90s Point 1	VARI_ELGA	V3	3,53100844E-03	1.0E-04%
t=30s Point 1	VARI_ELGA	V4	6,66666667E-04	1.0E-04%
t=40s Point 1	VARI_ELGA	V4	6,66666667E-04	1.0E-04%
t=50s Point 1	VARI_ELGA	V4	6,66666667E-04	1.0E-04%
t=60s Point 1	VARI_ELGA	V4	1,82355044E-03	1.0E-04%
t=70s Point 1	VARI_ELGA	V4	1,82355044E-03	1.0E-04%
t=80s Point 1	VARI_ELGA	V4	1,82355044E-03	1.0E-04%
t=90s Point 1	VARI_ELGA	V4	3,12896911E-03	1.0E-04%

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

5 Commentaires

Ces cas tests permettent de valider la loi de comportement IRRAD3M par non-régression.

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