# 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

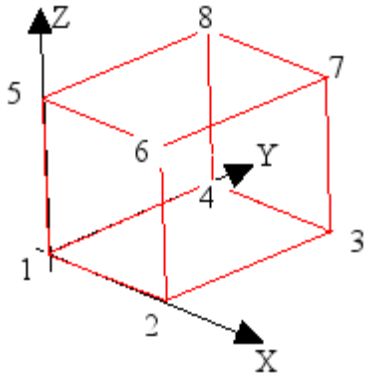



**Figure 1.1-a : Géométrie du problème, cube de 1mm de coté.**

## 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.

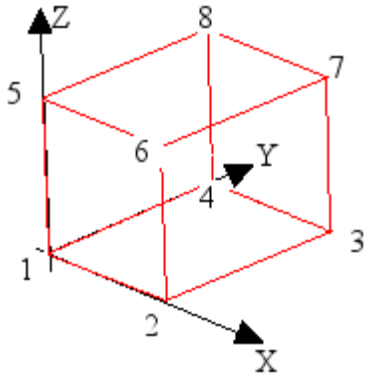
**Modélisation B**

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

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



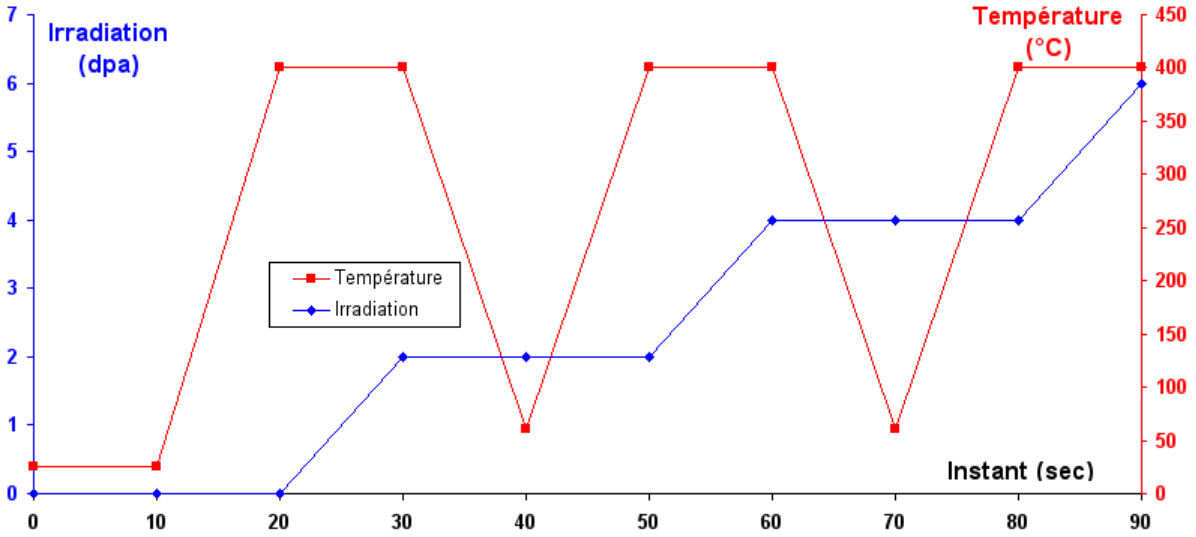




**Figure 1.3-a : Conditions en température et en irradiation à tous les nœuds en fonction du temps.**



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)**

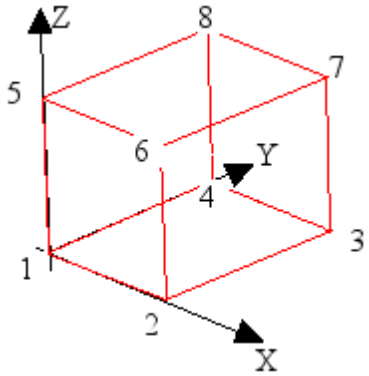



**Figure 3.1-a : Géométrie et maillage de la modélisation utilisée.**

## 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)**

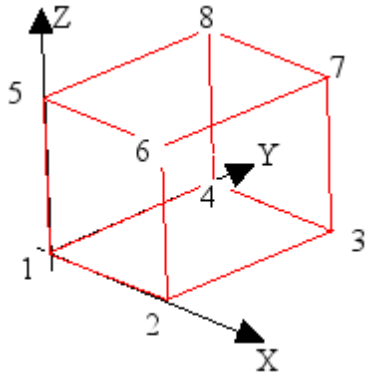



**Figure 4.1-a : Géométrie et maillage de la modélisation utilisée.**

## 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)