HSNV105 - Plaque en traction-cisaillement : élasto-viscoplasticité avec métallurgie

Résumé :

Ce test de mécanique quasi-statique non linéaire consiste à charger en traction-cisaillement une plaque carrée. Il est largement inspiré des tests SSNP14 [V6.03.014] et SSNP15 [V6.03.015] issus du guide VPCS. La relation de comportement qu'on valide ici est une relation de comportement élasto-viscoplastique qu'on a introduite dans *Code_Aster* pour les analyses mécaniques prenant en compte la métallurgie. C'est une loi isotrope de type Norton-Hoff avec un écrouissage additif pouvant être restauré.
La température et l'état métallurgique sont constants, on ne considère donc ni plasticité de transformation ni restauration d'écrouissage métallurgique. On ne considère pas non plus de restauration visqueuse de l'écrouissage.

La plaque est modélisée par un élément volumique (HEXA8).

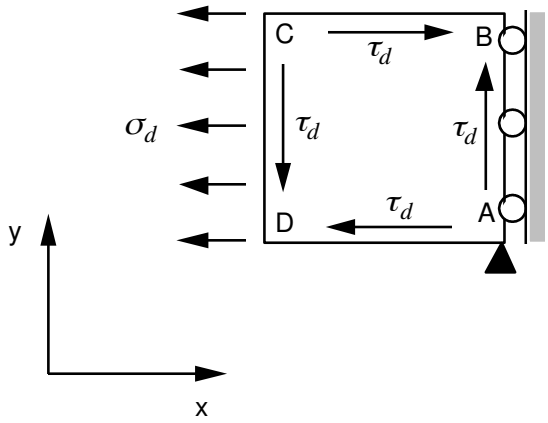
Les résultats obtenus par *Code_Aster* sont très proches de la solution analytique de référence (écart $< 0.04\%$).

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

Plaque carrée



1.2 Propriétés de matériaux

Elasticité isotrope

$E = 195\,000\ MPa$

$\nu = 0.3$

Relation de comportent élasto-viscoplastique.

$\eta = 600\ MPa.s^n$

$n = 3.5$

$\sigma_c = 0.\ MPa$

$c = 0.$ (pas de restauration visqueuse de l'écrouissage)

$m = 20.$

1.3 Conditions aux limites et chargements

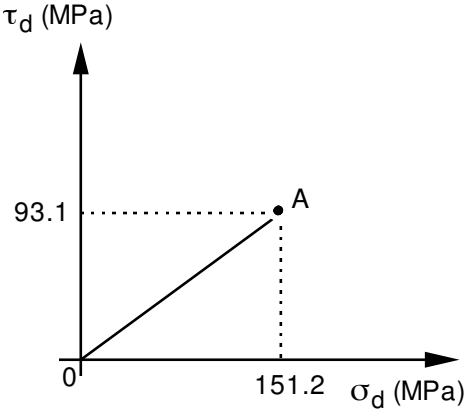
En A : $u_x = u_y = 0$

Sur le côté AB : $u_x = 0$

On impose uniformément sur la structure une température $T = 750\,°C$
et la TRC est telle que l'état métallurgique correspondant à cette température est 100% ferritique.

Chargement :

Trajet OA ci-dessous de $t = 0$ à $t = 10\,s$ puis maintien en A jusqu'à $t = 60\,s$



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

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence

Étant donnée la nature des sollicitations, la solution (contraintes σ, déformations ε et déformation plastique cumulée p) est homogène. En un point du trajet de chargement OA, on obtient :

$$\begin{aligned}\sigma_{xx} &= \sigma_d \\ \sigma_{xy} &= \tau_d \\ \sigma_{eq} &= \sqrt{\sigma_d^2 + 3\tau_d^2}\end{aligned}$$

La déformation élastique vaut :

$$\begin{aligned}\varepsilon^e{}_{xx} &= \frac{1}{E}\ \sigma_d \\ \varepsilon^e{}_{xy} &= \frac{1+\nu}{E}\ \tau_d \\ \varepsilon^e{}_{yy} &= -\nu\ \varepsilon^e{}_{xx}\end{aligned}$$

La déformation viscoplastique vaut :

si $\sigma_{eq} - R - \sigma_c > 0$:

$$\begin{aligned}\dot{\varepsilon}^{vp}_{xx} &= \dot{p}\ \frac{\sigma^D}{\sigma_{eq}} \\ \dot{\varepsilon}^{vp}_{xy} &= \frac{3}{2}\ \dot{p}\ \frac{\tau^D}{\sigma_{eq}} \\ \dot{\varepsilon}^{vp}_{yy} &= -\frac{1}{2}\ \varepsilon^{vp}_{xx}\end{aligned}$$

avec $\dot{p} = \left\langle \frac{\sigma_{eq} - R - \sigma_c}{\eta} \right\rangle^n$ où $R = R_0 p$

si $\sigma_{eq} \leq \sigma_c$: $\dot{p} = 0$ $\dot{\varepsilon}^{vp}_{xx} = 0$ $\dot{\varepsilon}^{vp}_{xy} = 0$ $\dot{\varepsilon}^{vp}_{yy} = 0$

Enfin, la déformation totale est :

$$\begin{aligned}\varepsilon_{xx} &= \varepsilon^e{}_{xx} + \varepsilon^{vp}{}_{xx} \\ \varepsilon_{xy} &= \varepsilon^e{}_{xy} + \varepsilon^{vp}{}_{xy} \\ \varepsilon_{yy} &= \varepsilon^e{}_{yy} + \varepsilon^{vp}{}_{yy}\end{aligned}$$

La solution de référence est obtenue en utilisant un programme écrit en fortran qui effectue une résolution pas à pas du problème avec un schéma de discrétisation implicite.

2.2 Résultats de référence

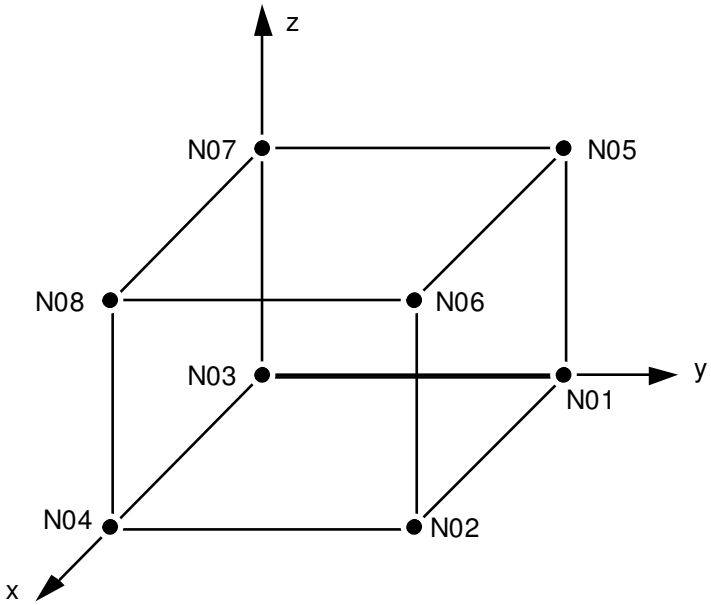
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

On s'intéressera aux valeurs des contraintes et des déformations au point A du trajet de chargement aux instants $t=10\,s$ et $t=60\,s$

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation



Le chargement et les conditions aux limites sont modélisés par :

```
DDL_IMPO: (NOEUD: N04, DX: 0., DY:0.)
DDL_IMPO: (NOEUD: N08, DX: 0., DY:0., DZ:0.)
DDL_IMPO: (NOEUD: N02, DX: 0.)
DDL_IMPO: (NOEUD: N06, DX: 0.)
```

FORCE_NODALE: (NOEUD: (N01 N03 N05 N07), FX: $-\frac{1}{4}\sigma_d(t)$, FY: $-\frac{1}{4}\tau_d(t)$)

FORCE_NODALE: (NOEUD: (N03 N04 N07 N08), FX: $-\frac{1}{4}\tau_d(t)$)

FORCE_NODALE: (NOEUD: (N02 N04 N06 N08), FY: $\frac{1}{4}\tau_d(t)$)

FORCE_NODALE: (NOEUD: (N01 N02 N05 N06), FX: $\frac{1}{4}\tau_d(t)$)

On impose de plus une température uniforme sur la structure valant à tout instant : $T=750\,°C$ à l'aide de l'opérateur CREA_CHAMP.

3.2 Caractéristiques du maillage

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

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

3.3 Grandeurs testées et résultats

Variables	Instants (s)	Type de Référence	Référence	% tolérance
ε_{xx}	10	SOURCE_EXTERNE	2.4333E–2	0.10
ε_{yy}	10	SOURCE_EXTERNE	–1.2011E–2	0.10
ε_{xy}	10	SOURCE_EXTERNE	2.2379E–2	0.10
ε_{xx}	30	SOURCE_EXTERNE	5.2103E–2	0.10
ε_{yy}	30	SOURCE_EXTERNE	–2.5896E–2	0.10
ε_{xy}	30	SOURCE_EXTERNE	4.8027E–2	0.10
ε_{xx}	60	SOURCE_EXTERNE	5.9557E–2	0.10
ε_{yy}	60	SOURCE_EXTERNE	–2.9624E–2	0.10
ε_{xy}	60	SOURCE_EXTERNE	5.4912E–2	0.10

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

4 Synthèse des résultats

Les résultats obtenus avec *Code_Aster* sont proches de ceux de la solution de référence (écarts $< 0.05\%$)

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