HSNV139 - Plaque en traction-cisaillement : élasto-plasticité 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.
L'objectif de ce cas test est la validation de deux lois de comportement élasto-plastiques avec métallurgie, dans le cas d'un matériau de type **Zircaloy** :

- la loi de comportement élasto-plastique de VonMises à écrouissage cinématique linéaire,
- la loi de comportement élasto-plastique de Von Mises à écrouissage isotrope linéaire, en grandes déformations.

La température et l'état métallurgique sont constants. Le comportement élasto-plastique avec métallurgie est comparé au comportement élasto-plastique équivalent sans métallurgie.

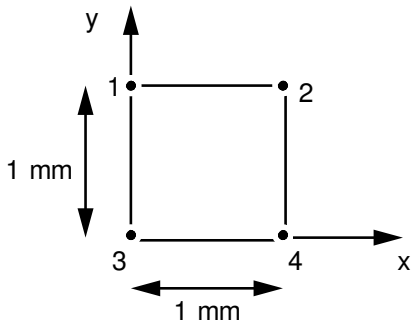
La plaque est modélisée par un élément volumique (HEXA8).

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

Les contraintes et déformations sont homogènes dans l'élément de volume. Celui-ci peut être représenté par un élément plan ou volumique, par exemple :



1.2 Propriétés de matériaux

Les propriétés matériaux sont décrites par les paramètres suivants :

Paramètres thermo-métallurgiques :

- Zircaloy :
  - $\rho C_p = 2.0\text{E}^{-3}\, J.mm^{-3.}\,°C^{-1}$
  - $\lambda = 9.9999\, W.mm^{-1.}\,°C^{-1}$

- Coefficients pour la métallurgie :
  - $teqd = 809\,°C$, $K = 1.135\, E^{-2}$, $n = 2.187$
  - $t1c = 831\,°C$, $t2c = 0.$, $qsr = 14614$, $Ac = 1.58\text{E}-4$
  - $m = 4.7$, $t1r = 949{,}1\,°C$, $t2r = 0.$, $Ar = -5.725$, $Br = 0.05$

Paramètres thermo-métallo-mécaniques :

- Paramètres thermo-métallo-élastiques :
  - Module d'Young : $E = 195000\, MPa$
  - Coefficient de Poisson : $\nu = 0.3$
  - Coefficient de dilatation thermique moyen des phases froides : $\alpha_f = 15\text{E-}6$
  - Coefficient de dilatation thermique moyen des phases chaudes : $\alpha_y = 23\text{E-}6$
  - Température de définition du coefficient de dilatation : $T_{ref} = 600\,°C$
  - Choix de la phase métallurgique de référence : $Froide$
  - Déformation de la phase non de référence par rapport à la phase de référence, à T_{ref} : $\Delta\varepsilon_{fy}^{T_{ref}} = 2.52\text{E}^{-3}$
  - Limite d'élasticité de la phase froide 1 : $\sigma_{y,1} = 181\, MPa$
  - Limite d'élasticité de la phase froide 2 : $\sigma_{y,2} = 181\, MPa$
  - Limite d'élasticité de la phase chaude : $\sigma_{y,y} = 0\, MPa$
  - Fonction de mélange (calcul de la limite d'élasticité du matériau multiphasé) : $fonction\, identité$

- Paramètres thermo-métallo-plastiques (loi avec écrouissage linéaire)

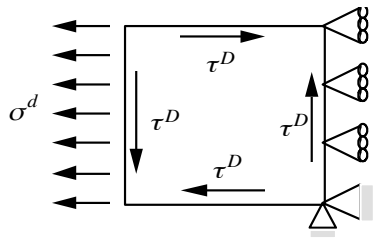
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

- Pente de la courbe de traction de la phase froide 1 : $E_{T,1}=1930\,MPa$
- Pente de la courbe de traction de la phase froide 2 : $E_{T,2}=1930\,MPa$
- Pente de la courbe de traction de la phase chaude : $E_{T,\gamma}=0\,MPa$

1.3 Conditions aux limites et chargements

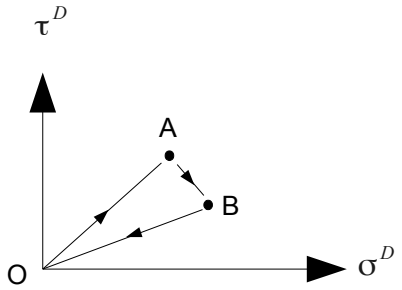
- **Modélisation A :**

L'élément de volume est bloqué suivant Ox le long du côté $[2,4]$ tout en étant soumis à une traction σ^D et un effort de cisaillement τ^D.



Le trajet de chargement est le suivant :

	σ^D [MPa]	τ^D [MPa]
A	151.2	93.1
B	257.2	33.1



Trajet OA de $t=0$ à 1s.
Trajet AB de $t=1$ à 2s.
Trajet BO de $t=2$ à 3s.

La température est imposée constante et égale à 600°C.

- **Modélisation B :**

La modélisation B est l'exact équivalent la modélisation A en prenant en compte des grandes déformations via le mot clé `DEFORMATION='SIMO_MIEHE'`.

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

La solution de référence est obtenue en résolvant le problème de référence en considérant uniquement le comportement mécanique.

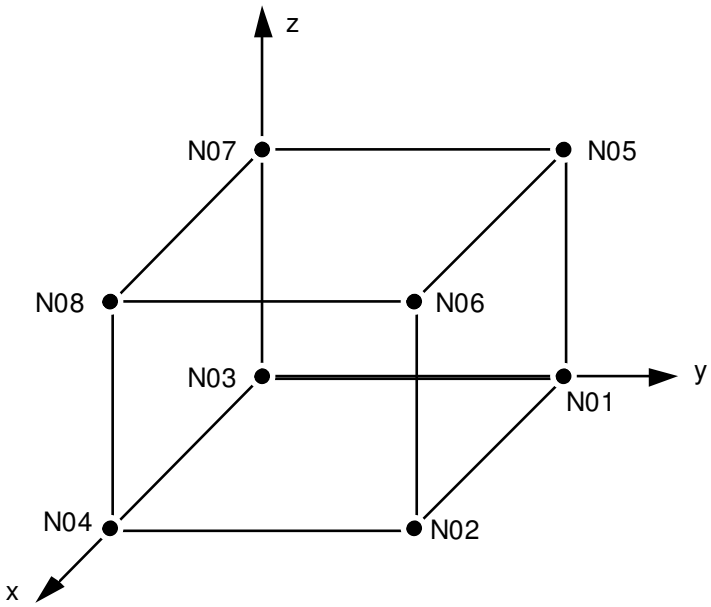
2.2 Résultats de référence

On s'intéressera aux valeurs des contraintes σ_{xx} et σ_{xy}, et des déformations totales ε_{xx}, ε_{yy} et ε_{xy}.

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 :

Sur le noeud N04, DX=DY=0
Sur le noeud N08, DX=DY=DZ=0
Sur le noeud N02, DX=0.
Sur le noeud N06, DX=0.

On impose une force nodale sur :

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

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

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

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

Le calcul mécanique est réalisé avec la loi de comportement élasto-plastique de VonMises avec écrouissage cinématique linéaire (mot clé 'RELATION = META_P_CL').

3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 8
Nombre de mailles et type : 1 HEXA8, 4 QUAD4

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

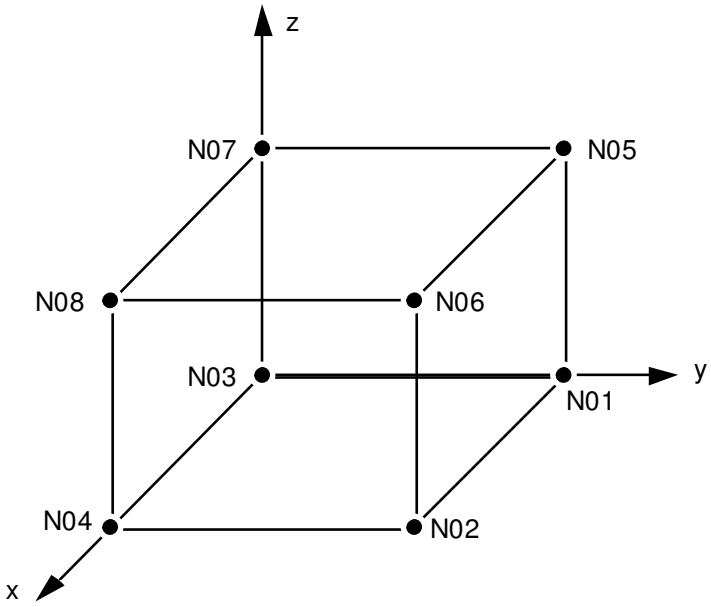
3.3 Grandeurs testées et résultats

Variables	Instants (s)	Type de Référence	Référence	% tolérance
σ_{xx}	1	AUTRE_ASTER	151.2	$1.E^{-8}$
σ_{xy}	1	AUTRE_ASTER	93.1	$1.E^{-8}$
ε_{xx}	1	AUTRE_ASTER	0.0148297136069	$1.E^{-8}$
ε_{yy}	1	AUTRE_ASTER	-0.00725977988037	$1.E^{-8}$
ε_{xy}	1	AUTRE_ASTER	0.0136014010824	$1.E^{-8}$
σ_{xx}	2	AUTRE_ASTER	257.2	$1.E^{-8}$
σ_{xy}	2	AUTRE_ASTER	33.1	$1.E^{-8}$
ε_{xx}	2	AUTRE_ASTER	0.0406564534069	$1.E^{-8}$
ε_{yy}	2	AUTRE_ASTER	-0.0200644318317	$1.E^{-8}$
ε_{xy}	2	AUTRE_ASTER	0.0198372954357	$1.E^{-8}$
σ_{xx}	3	AUTRE_ASTER	4.67477798665E-13	$1.E^{-8}$
σ_{xy}	3	AUTRE_ASTER	2.92922830899E-14	$1.E^{-8}$
ε_{xx}	3	AUTRE_ASTER	0.039337479048	$1.E^{-8}$
ε_{yy}	3	AUTRE_ASTER	-0.019668739524	$1.E^{-8}$
ε_{xy}	3	AUTRE_ASTER	0.019616628769	$1.E^{-8}$

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

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation



Le chargement et les conditions aux limites sont modélisés par :

Sur le noeud N04, DX=DY=0
Sur le noeud N08, DX=DY=DZ=0
Sur le noeud N02, DX=0.
Sur le noeud N06, DX=0.

On impose une force nodale sur :

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

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

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

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

Le calcul mécanique est réalisé avec la loi de comportement élasto-plastique de VonMises avec écrouissage isotrope linéaire (mot clé 'RELATION = META_P_IL') et en grandes déformations (mot clé 'DEFORMATION = SIMO_MIEHE')

4.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 8
Nombre de mailles et type : 1 HEXA8, 4 QUAD4

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

4.3 Grandeurs testées et résultats

Variables	Instants (s)	Type de Référence	Référence	% tolérance
σ_{xx}	1	AUTRE_ASTER	148.56612701	$1.E^{-8}$
σ_{xy}	1	AUTRE_ASTER	94.6669933181	$1.E^{-8}$
ε_{xx}	1	AUTRE_ASTER	0.015468475646	$1.E^{-8}$
ε_{yy}	1	AUTRE_ASTER	-0.00768174092805	$1.E^{-8}$
ε_{xy}	1	AUTRE_ASTER	0.0141972994127	$1.E^{-8}$
σ_{xx}	2	AUTRE_ASTER	248.713357259	$1.E^{-8}$
σ_{xy}	2	AUTRE_ASTER	27.5330374296	$1.E^{-8}$
ε_{xx}	2	AUTRE_ASTER	0.0385022874704	$1.E^{-8}$
ε_{yy}	2	AUTRE_ASTER	-0.0195587811987	$1.E^{-8}$
ε_{xy}	2	AUTRE_ASTER	0.0210883631486	$1.E^{-8}$
σ_{xx}	3	AUTRE_ASTER	1.409651686078	$1.E^{-8}$
σ_{xy}	3	AUTRE_ASTER	0.718644752334	$1.E^{-8}$
ε_{xx}	3	AUTRE_ASTER	0.037173466674	$1.E^{-8}$
ε_{yy}	3	AUTRE_ASTER	-0.0191595912069	$1.E^{-8}$
ε_{xy}	3	AUTRE_ASTER	0.0209115907367	$1.E^{-8}$

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

5 Synthèse des résultats

Les résultats sont très satisfaisants : la solution calculée en prenant en compte la métallurgie est très proche de la solution de référence (calcul purement mécanique).

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