SSNL129 – Validation des lois VISC_ISOT_TRAC et VISC_ISOT_LINE sur un essai de traction

Résumé :

Ce test consiste à appliquer sur un volume élémentaire un chargement de traction. Trois vitesses de chargement sont modélisées.

Les modélisations A, B et C permettent de valider la loi de comportement VISC_ISOT_TRAC (DEFORMATION='SIMO_MIEHE') en 3D, D_PLAN et AXIS. Pour cela, les résultats obtenus sont comparés avec la loi de Rousselier visqueuse ROUSS_VISC et DEFORMATION='PETIT_REAC' dégénéré de façon à ce que l'évolution de la porosité soit négligeable. Les modélisations D, E et F permettent de valider l'intégration de la loi VISC_ISOT_LINE (DEFORMATION='SIMO_MIEHE') en 3D, D_PLAN et AXIS. Pour cela, les résultats obtenus sont comparés à ceux donnés par la loi VISC_ISOT_TRAC pour un même écrouissage linéaire.

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

Il s'agit de tester les 2 lois de comportement viscoplastiques VISC_ISOT_TRAC et VISC_ISOT_LINE sur un Volume Élémentaire représentatif R de dimension 1mm, soit un cube en 3D, l'équivalent d'un barreau en déformations planes ou d'un cylindre en axisymétrique.

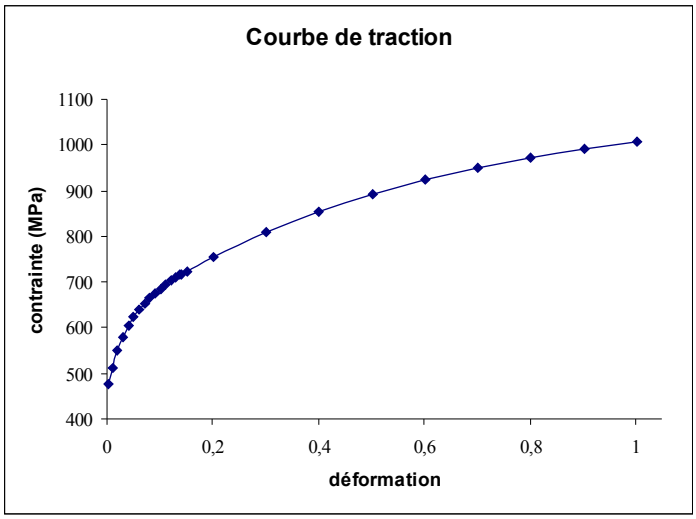
1.2 Propriétés du matériau

Elasticité isotrope

Module d'Young : $E = 215000\,\text{MPa}$

Coefficient de Poisson : $\nu = 0.3$

Courbe de traction (mod. A, B et C)



Ecrouissage linéaire (mod. D, E et F)

$\sigma_y = 477.1267117\,\text{MPa}$

$E_T = 529.853045\,\text{MPa}$

Coefficient pour loi visqueuse VISC_SINH

$\sigma_0 = 6176\,\text{MPa}$

$\varepsilon_0 = 3.31131121483\ 10^{13}$

$m = 6.76$

Coefficients du modèle de Rousselier utilisés pour obtenir la solution de référence (mod. A, B et C)

$f_0 = 5\,10^{-9}$

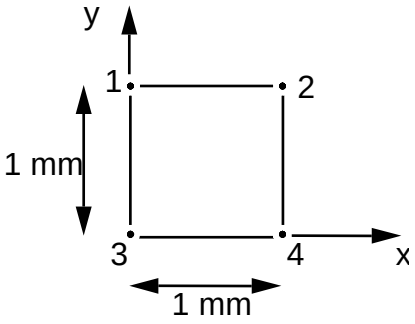
$D = 0.0001$

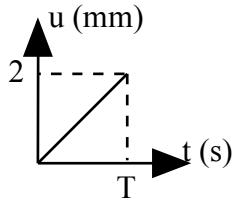
$\sigma_1 = 1575\,\text{MPa}$

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

1.3 Conditions aux limites et chargements

L'élément de volume est soumis à un essai de traction simple homogène. Il est donc bloqué en x sur la face [3,4] et en y sur la face [1,3] (et éventuellement dans la direction z) et soumis à un déplacement $u(t)$ dans la direction Oy sur la face [1, 2].
3 valeurs de T sont utilisées $2000\,s$, $0.2\,s$ et $0.002\,s$, correspondant à des vitesses de déformations $\dot{\varepsilon}$ de $10^{-3}s^{-1}$, $10\,s^{-1}$ et $10^{3}s^{-1}$.





1.4 Conditions initiales

Contraintes et déformations nulles à $t=0$.

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

2 Résultats de référence

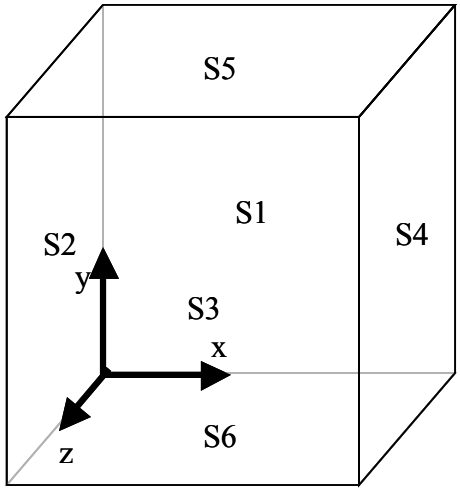
Pour le modèle VISC_ISOT_TRAC que l'on teste dans les modélisations A, B et C, la validation se fait par comparaison avec les résultats obtenus avec le modèle ROUSS_VISC dont les paramètres ont été choisis de façon à rendre négligeable l'évolution de la porosité et ainsi se ramener au modèle visco-plastique « classique ».
Pour le modèle VISC_ISOT_LINE testé dans les modélisations D, E et F, on compare la solution obtenue avec VISC_ISOT_TRAC pour lequel on a défini un écrouissage linéaire (on ne conserve que les points extrémités de la courbe utilisée pour valider ce modèle).

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation 3D : 1 HEXA20



Le chargement imposé est le suivant :

- La face $S6$ est bloquée suivant la direction y,
- La face $S2$ est bloquée suivant la direction x,
- La face $S1$ est bloquée suivant la direction z
- La face $S5$ subit un déplacement de $2\,mm$ en $2000\,s$, $0.2\,s$ ou $0.002\,s$ en 100 incréments.

La loi de comportement testée est la loi VISC_ISOT_TRAC.

3.2 Grandeurs testées et résultats

On teste l'effort de réaction sur la face $S5$ pour les 3 vitesses de déformation pour les valeurs de déplacement : 0.1mm, 1mm et 2mm.

Déplacement $U=0.1\,mm$

Identification	Référence	*Aster*	% différence
Vitesse lente	639.207	639.294	0.014
Vitesse moyenne	697.092	697.070	-0.003
Vitesse rapide	772.983	772.885	-0.013

Déplacement $U=1\,mm$

Identification	Référence	*Aster*	% différence
Vitesse lente	484.913	484.672	-0.050
Vitesse moyenne	516.997	513.863	-0.606
Vitesse rapide	555.633	552.167	-0.624

Déplacement $U=2\,mm$

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

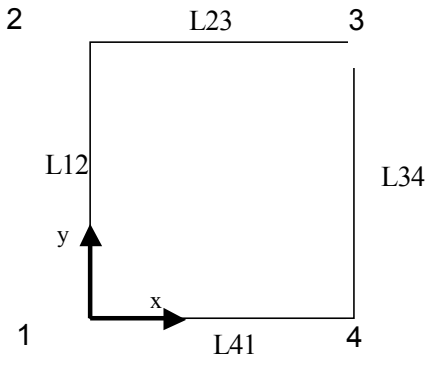
Identification	Référence	Aster	% différence
Vitesse lente	347.473	347.661	0.054
Vitesse moyenne	369.458	365.992	-0.938
Vitesse rapide	393.799	390.046	-0.953

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation D_PLAN : 1 QUAD8



Le chargement imposé est le suivant :

- Le côté $L41$ est bloqué dans la direction y ,
- Le côté $L12$ est bloquée dans la direction x ,
- Le côté $L23$ subit un déplacement de $2\,mm$ en $2000\,s$, $0.2\,s$ ou $0.002\,s$ en 100 incréments.

La loi de comportement testée est la loi VMIS_ISOT_TRAC_V.

4.2 Grandeurs testées et résultats

On teste l'effort de réaction sur la face $L23$ pour les 3 vitesses de déformation pour les valeurs de déplacement : 0.1mm , 1mm et 2mm .

Déplacement $U=0.1\,mm$

Identification	Référence	*Aster*	% différence
Vitesse lente	752.473	750.523	-0.259
Vitesse moyenne	820.703	818.465	-0.273
Vitesse rapide	910.274	907.610	-0.293

Déplacement $U=1\,mm$

Identification	Référence	*Aster*	% différence
Vitesse lente	575.182	572.674	-0.436
Vitesse moyenne	609.788	607.023	-0.453
Vitesse rapide	655.218	652.093	-0.477

Déplacement $U=2\,mm$

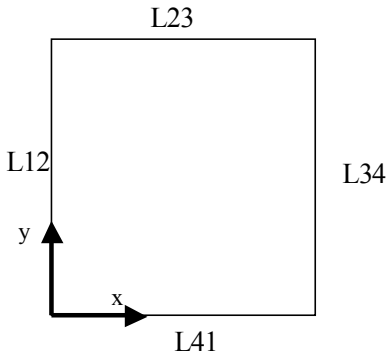
Identification	Référence	*Aster*	% différence
Vitesse lente	413.295	411.243	-0.496
Vitesse moyenne	435.051	432.815	-0.514
Vitesse rapide	463.612	461.120	-0.538

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

5 Modélisation C

5.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation AXIS : 1 QUAD8



Le chargement imposé est le suivant :

- Le côté $L41$ est bloqué dans la direction y,
- Le côté $L23$ subit un déplacement de $2\,mm$ en $2000\,s$, $0.2\,s$ ou $0.002\,s$ en 100 incréments.

La loi de comportement testée est la loi VISC_ISOT_TRAC.

5.2 Grandeurs testées et résultats

On teste l'effort de réaction sur la face $L23$ pour les 3 vitesses de déformation pour les valeurs de déplacement : 0.1mm, 1mm et 2mm.

Déplacement $U=0.1\,mm$

Identification	Référence	*Aster*	% différence
Vitesse lente	319.604	319.647	0.013
Vitesse moyenne	348.483	348.535	0.015
Vitesse rapide	386.388	386.442	0.014

Déplacement $U=1\,mm$

Identification	Référence	*Aster*	% différence
Vitesse lente	242.457	242.336	-0.050
Vitesse moyenne	257.078	256.931	-0.057
Vitesse rapide	276.269	276.084	-0.067

Déplacement $U=2\,mm$

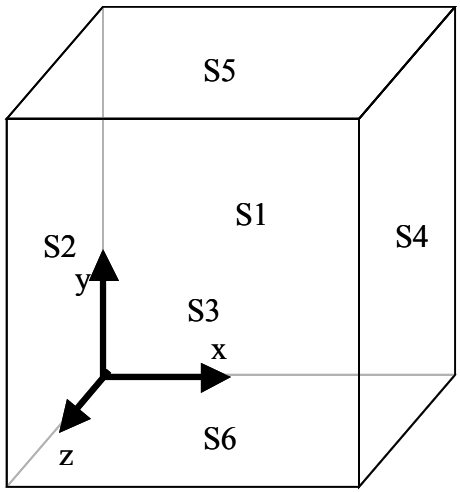
Identification	Référence	*Aster*	% différence
Vitesse lente	174.061	173.831	-0.132
Vitesse moyenne	183.251	182.996	-0.139
Vitesse rapide	195.314	195.023	-0.149

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

6 Modélisation D

6.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation 3D : 1 HEXA20



Le chargement imposé est le suivant :

- La face $S6$ est bloquée suivant la direction y,
- La face $S2$ est bloquée suivant la direction x,
- La face $S1$ est bloquée suivant la direction z
- La face $S5$ subit un déplacement de $2\,mm$ en $2000\,s$, $0.2\,s$ ou $0.002\,s$ en 100 incréments.

La loi de comportement testée est la loi VISC_ISOT_LINE.

6.2 Grandeurs testées et résultats

On teste l'effort de réaction sur la face $S5$ pour les 3 vitesses de déformation pour les valeurs de déplacement : 0.1mm, 1mm et 2mm.

Déplacement $U=0.1\,mm$

Identification	Référence	*Aster*	% différence
Vitesse lente	498.936	499.026	0.018
Vitesse moyenne	556.844	556.945	0.018
Vitesse rapide	632.832	362.948	0.018

Déplacement $U=1\,mm$

Identification	Référence	*Aster*	% différence
Vitesse lente	433.411	433.422	0.003
Vitesse moyenne	462.578	462.591	0.003
Vitesse rapide	500.853	500.868	0.003

Déplacement $U=2\,mm$

Identification	Référence	*Aster*	% différence

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

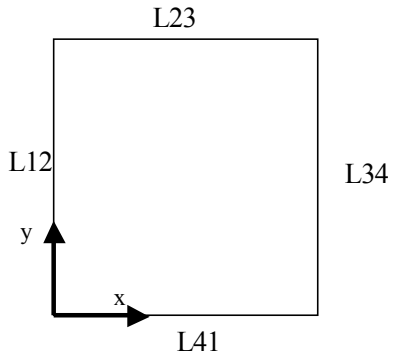
Vitesse lente	360.757	360.740	-0.005
Vitesse moyenne	379.083	379.066	-0.005
Vitesse rapide	403.131	403.113	-0.004

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

7 Modélisation E

7.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation D_PLAN : 1 QUAD8



Le chargement imposé est le suivant :

- Le côté $L41$ est bloqué dans la direction y,
- Le côté $L23$ subit un déplacement de $2\,mm$ en $2000\,s$, $0.2\,s$ ou $0.002\,s$ en 100 incréments.

La loi de comportement testée est la loi VISC_ISOT_LINE.

7.2 Grandeurs testées et résultats

On teste l'effort de réaction sur la face $L23$ pour les 3 vitesses de déformation pour les valeurs de déplacement : 0.1mm, 1mm et 2mm.

Déplacement $U=0.1\,mm$

Identification	Référence	*Aster*	% différence
Vitesse lente	583.729	583.873	0.025
Vitesse moyenne	651.843	652.008	0.025
Vitesse rapide	741.214	741.406	0.026

Déplacement $U=1\,mm$

Identification	Référence	*Aster*	% différence
Vitesse lente	530.975	531.065	0.017
Vitesse moyenne	565.249	565.350	0.018
Vitesse rapide	610.221	610.335	0.019

Déplacement $U=2\,mm$

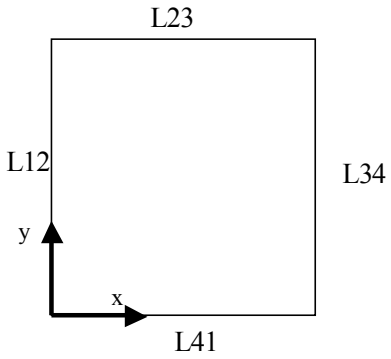
Identification	Référence	*Aster*	% différence
Vitesse lente	448.942	449.007	0.014
Vitesse moyenne	470.456	470.528	0.015
Vitesse rapide	498.687	498.767	0.016

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

8 Modélisation F

8.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation AXIS : 1 QUAD8



Le chargement imposé est le suivant :

- Le côté $L41$ est bloqué dans la direction y,
- Le côté $L23$ subit un déplacement de $2\,mm$ en $2000\,s$, $0.2\,s$ ou $0.002\,s$ en 100 incréments.

La loi de comportement testée est la loi VMIS_ISOT_LINE

8.2 Grandeurs testées et résultats

On teste l'effort de réaction sur la face $L23$ pour les 3 vitesses de déformation pour les valeurs de déplacement : 0.1mm, 1mm et 2mm.

Déplacement $U=0.1\,mm$

Identification	Référence	*Aster*	% différence
Vitesse lente	249.468	249.513	0.018
Vitesse moyenne	278.422	278.473	0.018
Vitesse rapide	316.416	316.474	0.018

Déplacement $U=1\,mm$

Identification	Référence	*Aster*	% différence
Vitesse lente	216.706	216.711	0.002
Vitesse moyenne	231.289	231.296	0.003
Vitesse rapide	250.426	250.434	0.003

Déplacement $U=2\,mm$

Identification	Référence	*Aster*	% différence
Vitesse lente	180.379	180.370	-0.005
Vitesse moyenne	189.542	189.533	-0.005
Vitesse rapide	201.566	201.557	-0.005

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

9 Synthèse des résultats

Avec moins de 1% de différence entre le modèle ROUSS_VISC (dégénéré) et le modèle VISC_ISOT_TRAC quelle que soit la vitesse de chargement appliquée, on peut admettre que l'ajout de la composante visqueuse dans le modèle VISC_ISOT_TRAC est correcte.

D'autre part les écarts très faibles (inférieurs à 0.02%) observés entre les solutions obtenues avec VISC_ISOT_LINE et VISC_ISOT_TRAC pour un écrouissage linéaire, permettent également de valider l'implantation du modèle VISC_ISOT_LINE.

Dans tous les cas, moins de 10 itérations locales sont nécessaires pour atteindre la convergence (précision 10^{-9}).

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)