

**Manuel de Validation****Fascicule V6.02 : Statique non linéaire des structures linéiques****Document : V6.02.129**

---

## **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.

## 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 axisymétrie.

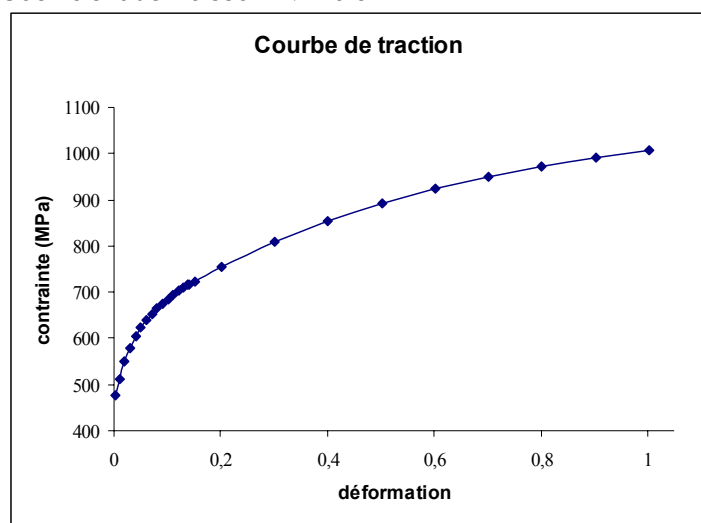
### 1.2 Propriétés du matériau

Elasticité isotrope

Module d'Young :  $E = 215000$  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`

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

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

$$m = 6.76$$

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

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

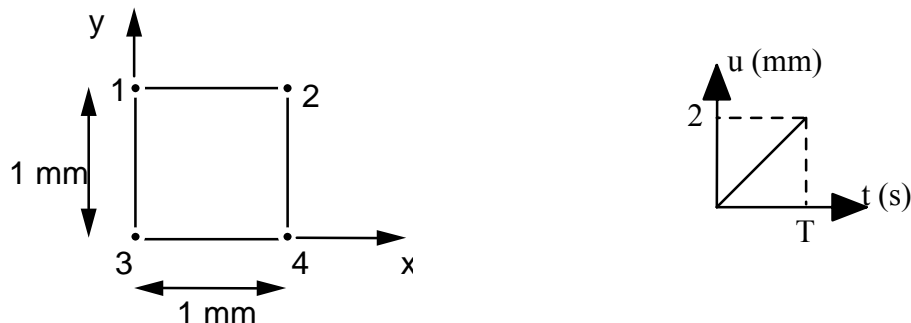
$$D = 0.0001$$

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

### 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  $O\vec{y}$  sur la face [1, 2].

3 valeurs de T sont utilisées 2000 s, 0.2 s et 0.002s, correspondant à des vitesses de déformations  $\dot{\epsilon}$  de  $10^{-3} \text{ s}^{-1}$ ,  $10 \text{ s}^{-1}$  et  $10^3 \text{ s}^{-1}$ .



### 1.4 Conditions initiales

Contraintes et déformations nulles à  $t = 0$ .

## 2 Résultats de référence

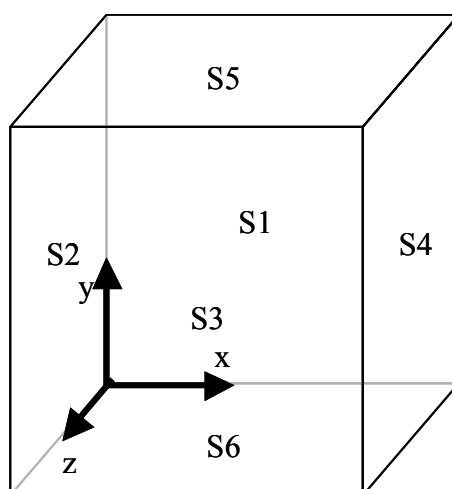
Pour le modèle `VISC_ISOT_TRAC` que l'on teste dans les modélisations A, B et C, la validation se fait par comparaison avec les résultats obtenus avec le modèle `ROUSS_VISC` dont les paramètres ont été choisis de façon à rendre négligeable l'évolution de la porosité et ainsi se ramener au modèle visco-plastique « 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).

## 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 Fonctionnalités testées

Commande	Mot-clé facteur	Mot-clé simple	Argument
AFFE_MODELE	AFFE	MODELISATION	3D'
DEFI_MATERIAU	TRACTION VISC SINH		
STAT_NON_LINE	COMP_INCR COMP_INCR CONVERGENCE CONVERGENCE	RELATION DEFORMATION ITER_INTE_MAXI RESI_INTE_RELA	'VISC_ISOT_TRAC' 'SIMO_MIEHE' 10 10 <sup>-09</sup>

## 4 Résultats de la modélisation A

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

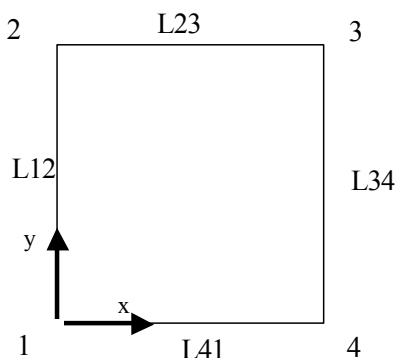
### Déplacement U = 2 mm

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

## 5 Modélisation B

### 5.1 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.

### 5.2 Fonctionnalités testées

Commande	Mot-clé facteur	Mot-clé simple	Argument
AFFE_MODELE	AFFE	MODELISATION	'D_PLAN'
DEFI_MATERIAU	TRACTION VISC SINH		
STAT_NON_LINE	COMP_INCR COMP_INCR CONVERGENCE CONVERGENCE	RELATION DEFORMATION ITER_INTE_MAXI RESI_INTE_RELA	'VISC_ISOT_TRAC' 'SIMO_MIEHE' 10 10 <sup>-09</sup>

## 6 Résultats de la modélisation B

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

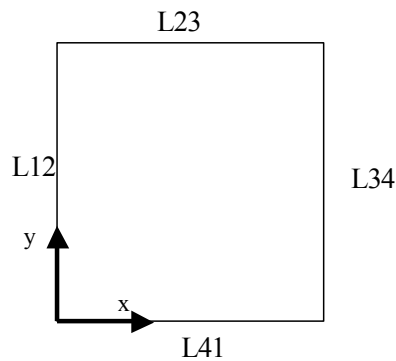
### Déplacement U = 2 mm

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

## 7 Modélisation C

### 7.1 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.

### 7.2 Fonctionnalités testées

Commande	Mot-clé facteur	Mot-clé simple	Argument
AFFE_MODELE	AFFE	MODELISATION	'AXIS'
DEFI_MATERIAU	TRACTION VISC SINH		
STAT_NON_LINE	COMP_INCR COMP_INCR CONVERGENCE CONVERGENCE	RELATION DEFORMATION ITER_INTE_MAXI RESI_INTE_RELA	'VISC_ISOT_TRAC' 'SIMO_MIEHE' 10 10 <sup>-09</sup>



## 8 Résultats de la modélisation C

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

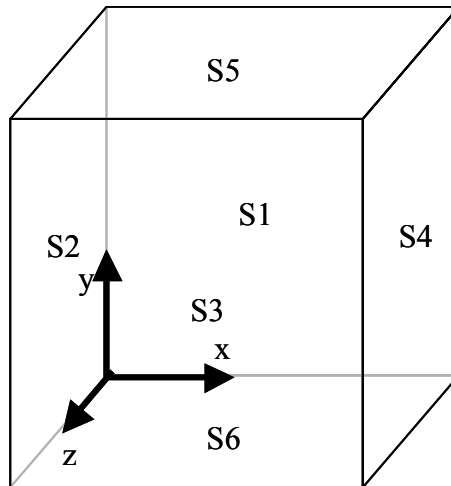
### Déplacement U = 2 mm

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

## 9 Modélisation D

### 9.1 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.

### 9.2 Fonctionnalités testées

Commande	Mot-clé facteur	Mot-clé simple	Argument
AFFE_MODELE	AFFE	MODELISATION	3D'
DEFI_MATERIAU	ECRO_LINE VISC_SINH		
STAT_NON_LINE	COMP_INCR COMP_INCR CONVERGENCE CONVERGENCE	RELATION DEFORMATION ITER_INTE_MAXI RESI_INTE_REL	'VISC_ISOT_LINE' 'SIMO_MIEHÉ' 10 10 <sup>-09</sup>

## 10 Résultats de la modélisation D

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

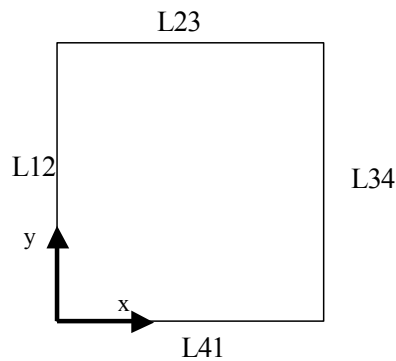
### Déplacement U = 2 mm

Identification	Référence	Aster	% différence
Vitesse lente	360.757	360.740	-0.005
Vitesse moyenne	379.083	379.066	-0.005
Vitesse rapide	403.131	403.113	-0.004

## 11 Modélisation E

### 11.1 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.

### 11.2 Fonctionnalités testées

Commande	Mot-clé facteur	Mot-clé simple	Argument
AFFE_MODELE	AFFE	MODELISATION	'D_PLAN'
DEFI_MATERIAU	ECRO_LINE VISC_SINH		
STAT_NON_LINE	COMP_INCR COMP_INCR CONVERGENCE CONVERGENCE	RELATION DEFORMATION ITER_INTE_MAXI RESI_INTE_RELA	'VISC_ISOT_LINE' 'SIMO_MIEHE' 10 10 <sup>-09</sup>

## 12 Résultats de la modélisation E

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

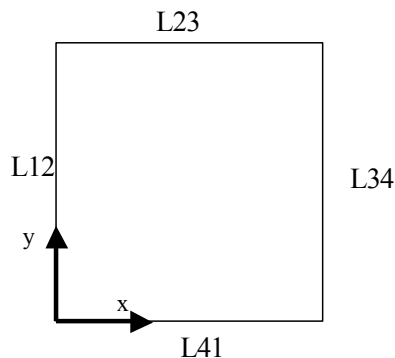
### Déplacement U = 2 mm

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

## 13 Modélisation F

### 13.1 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

### 13.2 Fonctionnalités testées

Commande	Mot-clé facteur	Mot-clé simple	Argument
AFFE_MODELE	AFFE	MODELISATION	'AXIS'
DEFI_MATERIAU	ECRO_LINE VISC_SINH		
STAT_NON_LINE	COMP_INCR COMP_INCR CONVERGENCE CONVERGENCE	RELATION DEFORMATION ITER_INTE_MAXI RESI_INTE_RELA	'VMIS_ISOT_LINE' 'SIMO_MIEHE' 10 10 <sup>-09</sup>

## 14 Résultats de la modélisation F

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

---

## 15 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  $10^{-9}$ ).