

---

## SSNP101 - Plaque en traction-cisaillement : viscoélasticité de Lemaître (D\_PLAN)

---

### Résumé :

Ce test de mécanique quasi-statique non linéaire consiste à charger en traction-cisaillement une plaque carrée.

On valide ainsi les relations de comportement de viscoélasticité non linéaire en déformations planes pour un chargement non radial.

La modélisation *A* valide en 2D D\_PLAN la loi de Lemaître et la loi VISC\_ENDO\_LEMA, pour laquelle les paramètres sont ajustés pour que l'endommagement soit nul.

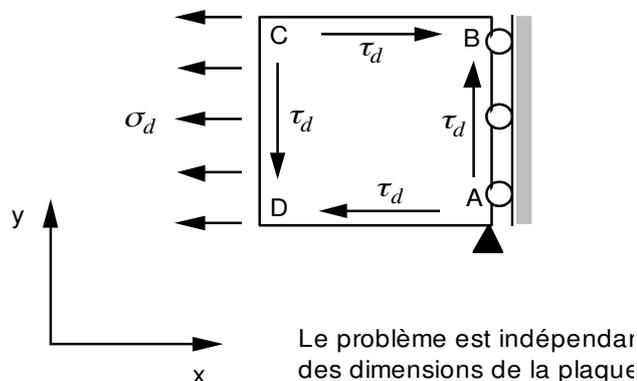
La modélisation *B* valide la loi VISC\_TAHERI en 2D D\_PLAN, dans laquelle les paramètres sont ajustés pour que l'effet de plasticité et de rochet soient annihilés

Les résultats obtenus par Code\_Aster sont très proches de la solution de référence.

## 1 Problème de référence

### 1.1 Géométrie

Plaque carrée



### 1.2 Propriétés de matériaux

Les paramètres élastiques isotropes du modèle sont :

$$E = 178600 \text{ MPa} \quad \nu = 0.3$$

Relation de comportement viscoélastique de Lemaître

$$n = 11 \quad \frac{1}{K} = 3.28410^{-4} \quad (K = 3045) \quad \frac{1}{m} = 0.17857 \quad (m = 5.6)$$

Relation de comportement VISC\_ENDO\_LEMA (pas d'endommagement)  $A_D = 100000.0$

Relation de comportement VISC\_TAHERI (pas de plasticité)

$$R_0 = 0.001 \quad \alpha = 0, \quad M = 1, \quad A = 0, \quad B = 0, \quad C_1 = 0, \quad C_{INF} = 0, \quad S = 900$$

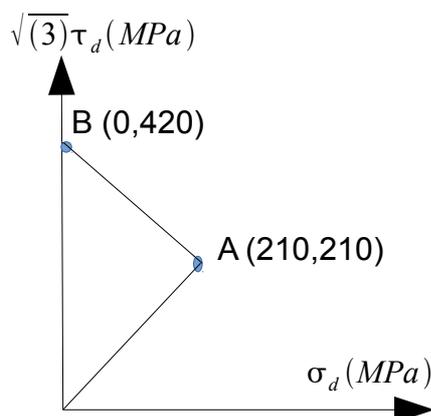
### 1.3 Conditions aux limites et chargements

En  $A$  :  $u_x = u_y = 0$

Sur le côté  $AB$  :  $u_x = 0$

Chargement ci-dessous : Trajets  $OA$  et  $AB$ , de durée 30 secondes,

Temps de maintien en  $A$  et  $B$  de 3600 secondes.



## 2 Solution de référence

---

### 2.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence

Calcul 3D de Code\_Aster effectué avec un élément HEXA8 dont tous les nœuds ont un déplacement imposé nul selon  $Oz$ . Cela permet de constituer une référence pour le cas des déformations planes (dans le plan  $(Ox, Oy)$ ), où l'on ne dispose pas d'une solution analytique ou de résultats d'autres codes de calcul.

Le fonctionnement en 3D de la viscoélasticité non-linéaire de Lemaître a lui-même été validé à l'aide du test SSNP05A.

### 2.2 Résultats de référence

$\varepsilon_{v_{xx}}$  et  $\varepsilon_{v_{xy}}$  aux instants  $t=30\text{ s}$ ,  $t=3630\text{ s}$ ,  $t=3660\text{ s}$  et  $t=3720\text{ s}$

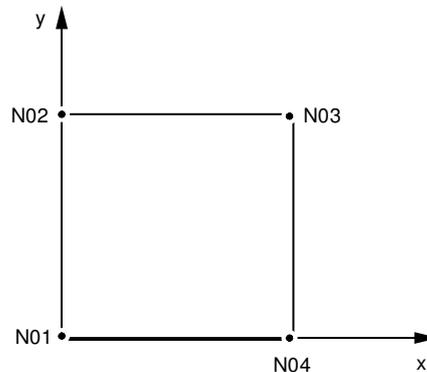
### 2.3 Incertitude sur la solution

Incertitude inférieure à 0.5%

### 3 Modélisation A

#### 3.1 Caractéristiques de la modélisation

Un seul élément s'appuyant sur une maille QUAD4, en D\_PLAN.



Le chargement et les conditions aux limites sont modélisés par :

DDL\_IMPO: (NOEUD: N04, DX: 0., DY:0.)

DDL\_IMPO: (NOEUD: N03, DX: 0.)

FORCE\_NODALE: (NOEUD; (N01 N02), FX:  $-\frac{1}{2}\sigma_d(t)$  , FY:  $-\frac{1}{2}\tau_d(t)$  )

FORCE\_NODALE: (NOEUD; (N01 N04), FX:  $-\frac{1}{2}\tau_d(t)$  )

FORCE\_NODALE: (NOEUD; (N03 N04), FY:  $\frac{1}{2}\tau_d(t)$  )

FORCE\_NODALE: (NOEUD; (N02 N03), FX:  $\frac{1}{2}\tau_d(t)$  )

où  $\sigma_d(t)$  et  $\tau_d(t)$  sont les fonctions positives définies plus haut [§1.3].

#### 3.2 Grandeurs testées et résultats

Comportement LEMAITRE (THETA=0.5)

| Variables              | Instants (s) | Référence               | Tolérance |
|------------------------|--------------|-------------------------|-----------|
| $\varepsilon_{v_{xx}}$ | 30           | $1.7620 \cdot 10^{-4}$  | 0.5%      |
| $\varepsilon_{v_{yy}}$ | 30           | $1.81585 \cdot 10^{-4}$ | 0.5%      |
| $\varepsilon_{v_{xx}}$ | 3630         | $1.9030 \cdot 10^{-3}$  | 0.5%      |
| $\varepsilon_{v_{yy}}$ | 3630         | $2.0789 \cdot 10^{-3}$  | 0.5%      |
| $\varepsilon_{v_{xx}}$ | 3660         | $1.9130 \cdot 10^{-3}$  | 0.5%      |
| $\varepsilon_{v_{yy}}$ | 3660         | $2.1906 \cdot 10^{-3}$  | 0.5%      |
| $\varepsilon_{v_{xx}}$ | 3720         | $1.8740 \cdot 10^{-3}$  | 0.5%      |
| $\varepsilon_{v_{yy}}$ | 3720         | $3.1813 \cdot 10^{-3}$  | 0.5%      |

Comportement VISC\_ENDO\_LEMA (avec une discrétisation temporelle 10 fois plus fine)

| Variables              | Instants (s) | Référence             | Tolérance |
|------------------------|--------------|-----------------------|-----------|
| $\varepsilon_{v_{xx}}$ | 30           | $1.762 \cdot 10^{-4}$ | 0.7%      |

---

|                        |    |                       |      |
|------------------------|----|-----------------------|------|
| $\varepsilon_{v_{33}}$ | 30 | $1.816 \cdot 10^{-4}$ | 0.7% |
|------------------------|----|-----------------------|------|

---

## 4 Modélisation B

---

### 4.1 Caractéristiques de la modélisation

Identique à la modélisation A. Seule la loi de comportement change : ici la loi est `VISC_TAHERI`.

### 4.2 Grandeurs testées et résultats

Comportement `VISC_TAHERI` (avec une discrétisation temporelle 10 fois plus fine que `LEMAITRE`)

| Variables              | Instants (s) | Référence              | Tolérance |
|------------------------|--------------|------------------------|-----------|
| $\varepsilon_{v_{xx}}$ | 30           | $1.762 \cdot 10^{-4}$  | 1,00%     |
| $\varepsilon_{v_{yy}}$ | 30           | $1.816 \cdot 10^{-4}$  | 1,00%     |
| $\varepsilon_{v_{xx}}$ | 3630         | $1.9030 \cdot 10^{-3}$ | 1,00%     |
| $\varepsilon_{v_{yy}}$ | 3630         | $2.0789 \cdot 10^{-3}$ | 1,00%     |
| $\varepsilon_{v_{xx}}$ | 3660         | $1.9130 \cdot 10^{-3}$ | 1,00%     |
| $\varepsilon_{v_{yy}}$ | 3660         | $2.1906 \cdot 10^{-3}$ | 1,00%     |
| $\varepsilon_{v_{xx}}$ | 3720         | $1.8740 \cdot 10^{-3}$ | 1,00%     |
| $\varepsilon_{v_{yy}}$ | 3720         | $3.1813 \cdot 10^{-3}$ | 1,00%     |

Remarque : on utilise la méthode de Brent pour la résolution de la loi de comportement.

## 5 Synthèse des résultats

---

Ce test valide en 2D déformation plane les 3 lois de comportement LEMAITRE, VISC\_ENDO\_LEMA (sans endommagement) et VISC\_TAHERI (sans plasticité) dont les équations relatives à la viscosité sont régies par la loi de Lemaître. Les écarts entre les modèles sont inférieurs à 1% .