# SSNP02 - Élément de plaque en déformations planes et traction biaxiale (loi de Norton)

**Résumé :**

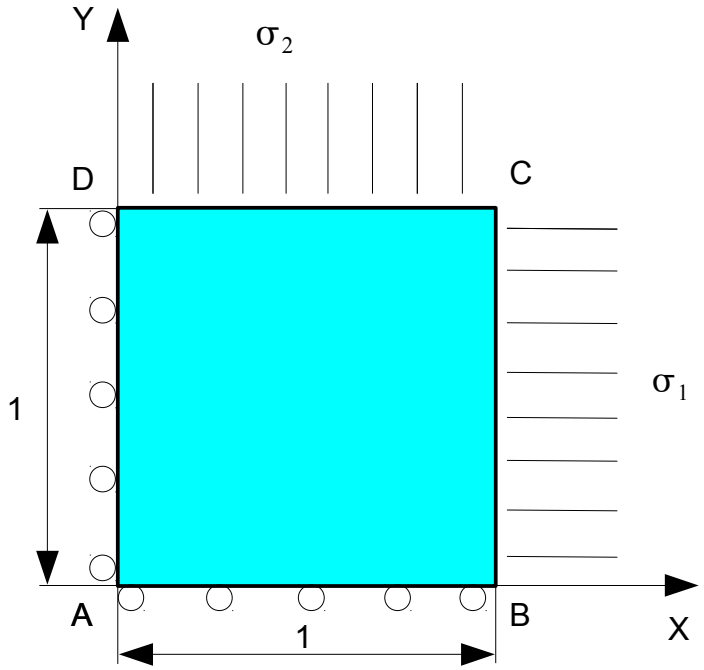
Ce cas-test permet de tester la loi de NORTON en utilisant la relation de comportement de LEMAITRE dans le cas d'une plaque en déformations planes en traction biaxiale. On s'intéresse aux déformations plastiques.



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

# 1 Problème de référence

## 1.1 Géométrie




Coordonnées des points $(m)$ :

- $A(0.,0.)$
- $B(1.,0.)$
- $C(1.,1.)$
- $D(0.,1.)$

## 1.2 Propriétés du matériau

Élastique

- $E=178\,000\,MPa$ Module d'Young
- $\nu=0.3$ Coefficient de poisson

LEMAITRE

- $n=9.7$
- $K=1\,920.$
- $\frac{1}{m}=0.$

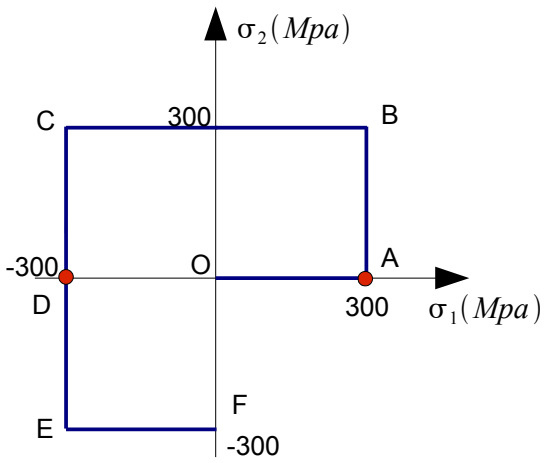


Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

### 1.3 Conditions aux limites et chargements

Déplacement imposé $(m)$ :
- $AB$ : $DY=0$
- $AD$ : $DX=0$

Chargement
- Pression uniforme sur $BC$ : $\sigma_1$
- Pression uniforme sur $CD$ : $\sigma_2$
- Trajets $OA, AB, CD, DE$ et $EF$ de durée 30 secondes
- Trajet $BC$ de durée 60 secondes
- Temps de maintien en $A, B$ et $D$ de 3600 secondes




## 2 Solution de référence

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

La solution de référence a été obtenue avec différents codes calculs éléments finis utilisant différents algorithmes explicites, semi-implicites ou implicites [2]

### 2.2 Grandeurs de référence

$EPXX$ : déformation plastique suivant $X$
$EPYY$ : déformation plastique suivant $Y$



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

## 2.3 Grandeur et résultat de référence

| Instant $(s)$ | Composante | Référence |
|---|---|---|
| 30. | $EPXX$ | $6.125\times10^{-7}$ |
| | $EPYY$ | $-4.684\times10^{-7}$ |
| 3630. | $EPXX$ | $7.056\times10^{-4}$ |
| | $EPYY$ | $-5.720\times10^{-4}$ |
| 3660. | $EPXX$ | $7.061\times10^{-4}$ |
| | $EPYY$ | $-5.724\times10^{-4}$ |
| 7260. | $EPXX$ | $7.061\times10^{-4}$ |
| | $EPYY$ | $-5.724\times10^{-4}$ |
| 7320. | $EPXX$ | $-2.443\times10^{-5}$ |
| | $EPYY$ | $1.377\times10^{-4}$ |
| 7350. | $EPXX$ | $-7.788\times10^{-4}$ |
| | $EPYY$ | $8.423\times10^{-4}$ |
| 11010. | $EPXX$ | $-1.534\times10^{-3}$ |
| | $EPYY$ | $1.432\times10^{-3}$ |

## 2.4 Références bibliographiques

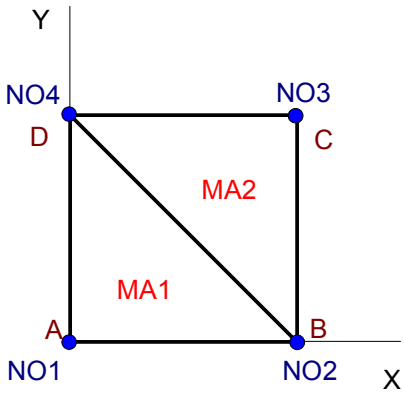
[1] Guide de Validation des Progiciels de Calculs des Structures : SFM, AFNOR technique, ISBN : 2-12-486611-7
[2] Validation de codes de calculs en viscoplasticité : Rapport d'un groupe d'intérêt scientifique . (GIS), ONERA France, 1989



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

# 3 Modélisation A

## 3.1 Caractéristiques de la modélisation A




Modélisation D_PLAN :

Nombre de nœuds 4
Nombre de mailles 4 Soit :

SEG2 2
TRIA3 2

Groupe de mailles:
- *DROITE* : segment *BC*
- *HAUT* : segment *CD*

## 3.2 Grandeurs testées et résultats

| Maille | Point | Instant $(s)$ | Composante | Référence | Tolérance (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| *MA1* | 1 | 30. | *EPXX* | $6.125\times10^{-7}$ | 0.2 |
| | | | *EPYY* | $-4.684\times10^{-7}$ | 0.2 |
| *MA1* | 1 | 3630. | *EPXX* | $7.056\times10^{-4}$ | 0.2 |
| | | | *EPYY* | $-5.720\times10^{-4}$ | 0.2 |
| *MA1* | 1 | 3660. | *EPXX* | $7.061\times10^{-4}$ | 0.2 |
| | | | *EPYY* | $-5.724\times10^{-4}$ | 0.2 |
| *MA1* | 1 | 7260. | *EPXX* | $7.061\times10^{-4}$ | 0.2 |
| | | | *EPYY* | $-5.724\times10^{-4}$ | 0.2 |
| *MA1* | 1 | 7320. | *EPXX* | $-2.443\times10^{-5}$ | 0.2 |
| | | | *EPYY* | $1.377\times10^{-4}$ | 0.2 |
| *MA1* | 1 | 7350. | *EPXX* | $-7.788\times10^{-4}$ | 0.2 |
| | | | *EPYY* | $8.423\times10^{-4}$ | 0.2 |
| *MA1* | 1 | 11010. | *EPXX* | $-1.534\times10^{-3}$ | 0.2 |



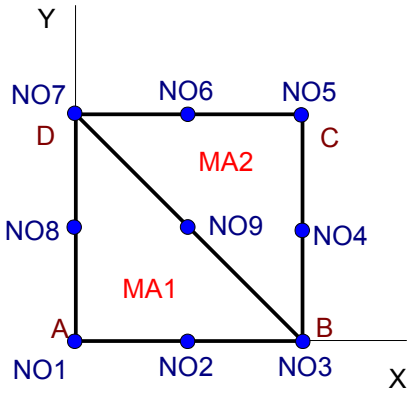
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | EPYY | $1.432\times10^{-3}$ | 0.2 |

# 4 Modélisation B

## 4.1 Caractéristiques de la modélisation B

Modélisation D_PLAN:




Nombre de nœuds 9
Nombre de mailles 4 Soit :
SEG3 2
TRIA6 2

Groupe de mailles:
- *DROITE* : segment *BC*
- *HAUT* : segment *CD*

## 4.2 Grandeurs testées et résultats

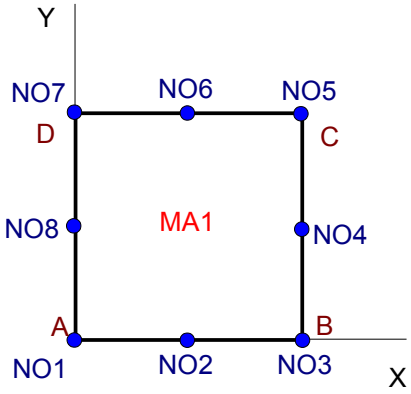
| Maille | Point | Instant $(s)$ | Composante | Référence | Tolérance (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| *MA1* | 1 | 30. | *EPXX* | $6.125\times10^{-7}$ | 0.2 |
| | | | *EPYY* | $-4.684\times10^{-7}$ | 0.2 |
| *MA1* | 1 | 3630. | *EPXX* | $7.056\times10^{-4}$ | 0.2 |
| | | | *EPYY* | $-5.720\times10^{-4}$ | 0.2 |
| *MA1* | 1 | 3660. | *EPXX* | $7.061\times10^{-4}$ | 0.2 |
| | | | *EPYY* | $-5.724\times10^{-4}$ | 0.2 |
| *MA1* | 1 | 7260. | *EPXX* | $7.061\times10^{-4}$ | 0.2 |
| | | | *EPYY* | $-5.724\times10^{-4}$ | 0.2 |
| *MA1* | 1 | 7320. | *EPXX* | $-2.443\times10^{-5}$ | 0.2 |
| | | | *EPYY* | $1.377\times10^{-4}$ | 0.2 |
| *MA1* | 1 | 7350. | *EPXX* | $-7.788\times10^{-4}$ | 0.2 |
| | | | *EPYY* | $8.423\times10^{-4}$ | 0.2 |


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

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| MA1 | 1 | 11010. | EPXX | $-1.534\times10^{-3}$ | 0.2 |
| | | | EPYY | $1.432\times10^{-3}$ | 0.2 |

# 5 Modélisation C

## 5.1 Caractéristiques de la modélisation C




Modélisation D_PLAN :

Nombre de nœuds 8

Nombre de mailles 3 Soit :

SEG3 2
QUAD8 1

Groupe de mailles:
- *DROITE* : segment *BC*
- *HAUT* : segment *CD*

## 5.2 Grandeurs testées et résultats

| Maille | Point | Instant $(s)$ | Composante | Référence | Tolérance (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| MA1 | 1 | 30. | EPXX | $6.125\times10^{-7}$ | 0.2 |
| | | | EPYY | $-4.684\times10^{-7}$ | 0.2 |
| MA1 | 1 | 3630. | EPXX | $7.056\times10^{-4}$ | 0.2 |
| | | | EPYY | $-5.720\times10^{-4}$ | 0.2 |
| MA1 | 1 | 3660. | EPXX | $7.061\times10^{-4}$ | 0.2 |
| | | | EPYY | $-5.724\times10^{-4}$ | 0.2 |
| MA1 | 1 | 7260. | EPXX | $7.061\times10^{-4}$ | 0.2 |
| | | | EPYY | $-5.724\times10^{-4}$ | 0.2 |
| MA1 | 1 | 7320. | EPXX | $-2.443\times10^{-5}$ | 0.2 |
| | | | EPYY | $1.377\times10^{-4}$ | 0.2 |
| MA1 | 1 | 7350. | EPXX | $-7.788\times10^{-4}$ | 0.2 |


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

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | EPYY | $8.423\times10^{-4}$ | 0.2 |
| MA1 | 1 | 11010. | EPXX | $-1.534\times10^{-3}$ | 0.2 |
| | | | EPYY | $1.432\times10^{-3}$ | 0.2 |

# 6 Modélisation D

## 6.1 Caractéristiques de la modélisation D

Identique à la modélisation A. Le comportement utilisé est Norton, avec intégration implicite (NEWTON_PERT)
La solution de référence est identique à la modélisation A.

## 6.2 Grandeurs testées et résultats

| Maille | Point | Instant $(s)$ | Composante | Référence | Tolérance (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| MA1 | 1 | 30. | EPXX | $6.125\times10^{-7}$ | 0.6 |
| | | | EPYY | $-4.684\times10^{-7}$ | 0.6 |
| MA1 | 1 | 3630. | EPXX | $7.056\times10^{-4}$ | 0.2 |
| | | | EPYY | $-5.720\times10^{-4}$ | 0.2 |
| MA1 | 1 | 3660. | EPXX | $7.061\times10^{-4}$ | 0.2 |
| | | | EPYY | $-5.724\times10^{-4}$ | 0.2 |
| MA1 | 1 | 7260. | EPXX | $7.061\times10^{-4}$ | 0.2 |
| | | | EPYY | $-5.724\times10^{-4}$ | 2 |
| MA1 | 1 | 7320. | EPXX | $-2.443\times10^{-5}$ | 0.3 |
| | | | EPYY | $1.377\times10^{-4}$ | 0.3 |
| MA1 | 1 | 7350. | EPXX | $-7.788\times10^{-4}$ | 0.3 |
| | | | EPYY | $8.423\times10^{-4}$ | 0.3 |
| MA1 | 1 | 11010. | EPXX | $-1.534\times10^{-3}$ | 0.2 |
| | | | EPYY | $1.432\times10^{-3}$ | 0.2 |

# 7 Modélisation E

## 7.1 Caractéristiques de la modélisation E

Identique à la modélisation A. Le comportement utilisé est Norton, avec intégration ex plicite ( RUNGE_KUTTA )
La solution de référence est identique à la modélisation A.

## 7.2 Grandeurs testées et résultats

| Maille | Point | Instant $(s)$ | Composante | Référence | Tolérance (%) |
|---|---|---|---|---|---|



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

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *MA1* | 1 | 30. | *EPXX* | $6.125\times10^{-7}$ | 0.2 |
| | | | *EPYY* | $-4.684\times10^{-7}$ | 0.2 |
| *MA1* | 1 | 3630. | *EPXX* | $7.056\times10^{-4}$ | 0.2 |
| | | | *EPYY* | $-5.720\times10^{-4}$ | 0.2 |
| *MA1* | 1 | 3660. | *EPXX* | $7.061\times10^{-4}$ | 0.2 |
| | | | *EPYY* | $-5.724\times10^{-4}$ | 0.2 |
| *MA1* | 1 | 7260. | *EPXX* | $7.061\times10^{-4}$ | 0.2 |
| | | | *EPYY* | $-5.724\times10^{-4}$ | 0.2 |
| *MA1* | 1 | 7320. | *EPXX* | $-2.443\times10^{-5}$ | 0.2 |
| | | | *EPYY* | $1.377\times10^{-4}$ | 0.2 |
| *MA1* | 1 | 7350. | *EPXX* | $-7.788\times10^{-4}$ | 0.2 |
| | | | *EPYY* | $8.423\times10^{-4}$ | 0.2 |
| *MA1* | 1 | 11010. | *EPXX* | $-1.534\times10^{-3}$ | 0.2 |
| | | | *EPYY* | $1.432\times10^{-3}$ | 0.2 |

# 8 Synthèse des résultats

Les résultats obtenus sont satisfaisants.



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