# SSNP102 - Taux de restitution d'énergie pour une plaque entaillée en élasto-plasticité : approche GTP

**Résumé :**

Ce test permet de valider le calcul du taux de restitution d'énergie $G$ pour un problème élasto-plastique en déformations planes par l'approche $G_{TP}$ [R7.02.07].

Ce test contient une modélisation en déformations planes et les résultats sont comparés à des valeurs numériques obtenus par WATANABE par une autre méthode de calcul de $G$ en élasto-plasticité. Les écarts sont jugés satisfaisants.

**Attention :**

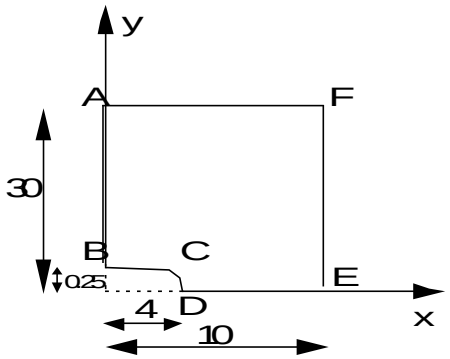
*Le défaut est modélisé par une entaille et non pas par une fissure comme habituellement en mécanique de la rupture (cf. [R7.02.07]).*



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

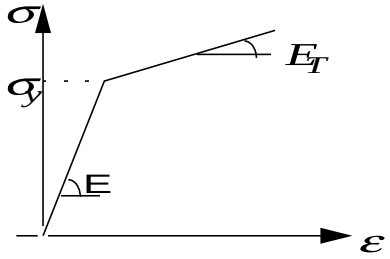
# 1 Problème de référence

## 1.1 Géométrie




## 1.2 Propriétés de matériaux

La loi de comportement du matériau constituant la plaque entaillée est la loi 'VMIS_ISOT_TRAC'. La courbe de traction est choisie telle que la loi de comportement ainsi définie corresponde à une loi de Von Mises à écrouissage linéaire isotrope, dont les caractéristiques sont données à la figure ci-dessous.



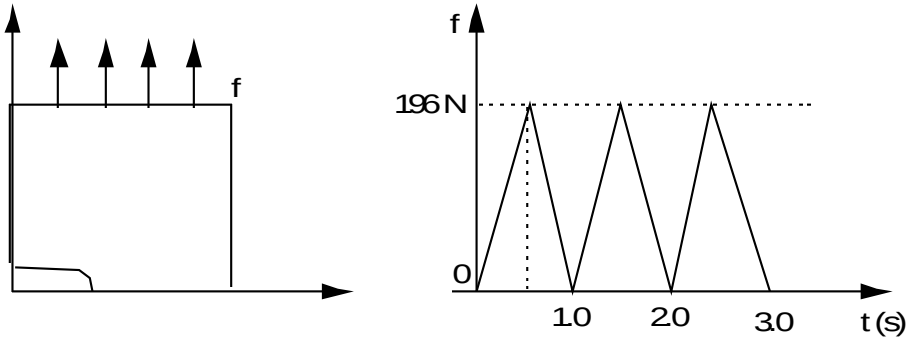

E=205800MPa
ν=0.3
$\sigma_y$=480.2MPa
$E_T$=2058MPa

## 1.3 Conditions aux limites et chargements

La plaque est bloquée :

suivant $Ox$ le long du côté $AB$
suivant $Oy$ le long du côté $DE$

Elle est soumise à une traction cyclique sur le côté $AF$ .






Copyright 2015 EDF R&D - 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 issue d'un article de WATANABE [bib1]. Pour calculer le taux de restitution d'énergie en élasto-plasticité WATANABE utilise une intégrale $\varepsilon_J$ qui est détaillée dans [bib1] et [bib2].

La solution de référence est numérique :

| $t(s)$ | 0. | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 2.5 | 3.0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $G$ | 0. | 2.769 | 3.183 | 4.276 | 4.651 | 5.691 | 6.052 |

Il faut noter que :

la méthode théorique utilisée dans la référence est différente de la méthode implantée dans *Code_Aster*,
la géométrie du test et de la référence sont identiques, mais le maillage du test *Aster* est plus raffiné que celui de la référence.

## 2.2 Références bibliographiques

1) K. WATANABE : Application of $\varepsilon_J$-integral to elasto-plastic Crack, Bulletion of JSME, Vol. 28, n°242, August 1985

2) G. DEBRUYNE : Proposition d'un paramètre énergétique de rupture ductile en thermo-plasticité HI-74/95/027/0



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

# 3 Modélisation A

La plaque est modélisée par 243 TRIA6 et 39 SEG3.

## 3.1 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 527

Nombre de mailles et types : 243 TRIA6

## 3.2 Valeurs testées

| Identification | Référence | *Aster* | % différence | Tolérance |
|---|---|---|---|---|
| $t=0.5\,s$ | | | | |
| $G(couronne\,A)$ | 2.769 | 2.863 | 3.39 | 3.5 |
| $G(couronne\,B)$ | 2.769 | 2.860 | 3.29 | 3.5 |
| $G(couronne\,C)$ | 2.769 | 2.859 | 3.27 | 3.5 |
| $G(couronne\,D)$ | 2.769 | 2.858 | 3.25 | 3.5 |
| $t=1.0\,s$ | | | | |
| $G(A)$ | 3.183 | 3.208 | 0.81 | 1.0 |
| $G(B)$ | 3.183 | 3.212 | 0.93 | 1.0 |
| $G(C)$ | 3.183 | 3.212 | 0.93 | 1.0 |
| $G(D)$ | 3.183 | 3.212 | 0.93 | 1.0 |
| $t=1.5\,s$ | | | | |
| $G(A)$ | 4.2760 | 4.204 | 1.66 | 2.0 |
| $G(B)$ | 4.2760 | 4.201 | 1.75 | 2.0 |
| $G(C)$ | 4.2760 | 4.199 | 1.78 | 2.0 |
| $G(D)$ | 4.2760 | 4.199 | 1.80 | 2.0 |
| $t=2.0\,s$ | | | | |
| $G(A)$ | 4.6510 | 4.640 | 0.22 | 1.0 |
| $G(B)$ | 4.6510 | 4.645 | 0.13 | 1.0 |
| $G(C)$ | 4.6510 | 4.645 | 0.13 | 1.0 |
| $G(D)$ | 4.6510 | 4.645 | 0.13 | 1.0 |
| $t=2.5\,s$ | | | | |
| $G(A)$ | 5.691 | 5.570 | 2.12 | 3.0 |
| $G(B)$ | 5.691 | 5.565 | 2.20 | 3.0 |
| $G(C)$ | 5.691 | 5.564 | 2.22 | 3.0 |
| $G(D)$ | 5.691 | 5.563 | 2.25 | 3.0 |
| $t=3.0\,s$ | | | | |
| $G(A)$ | 6.052 | 6.048 | 0.06 | 1.0 |
| $G(B)$ | 6.052 | 6.052 | 0.01 | 1.0 |
| $G(C)$ | 6.052 | 6.052 | 0.01 | 1.0 |
| $G(D)$ | 6.052 | 6.052 | 0.01 | 1.0 |

On teste également le calcul de l'énergie totale pour un comportement, modélisé soit par VMIS_ISOT_TRAC (qui sert de valeur de référence), soit par VMSI_ECMI_TRAC avec une constante de Prager nulle.

| Identification | Référence | *Aster* | % différence | Tolérance |
|---|---|---|---|---|
| $E_{tot}$ à $t=0,1\,s$ | 1.12 | 1.12 | 0 | 0.1 |
| $E_{tot}$ à $t=0,9\,s$ | 1.36 | 1.36 | 0.31 | 0.5 |



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

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $E_{tot}$ à $t=2,0\,s$ | 0.27 | 0.26 | 2.2 | 2.5 |
| $E_{tot}$ à $t=3,0\,s$ | 0.3 | 0.29 | 2.4 | 2.5 |

## 3.3 Remarques

| | $A$ | $B$ | $C$ | $D$ |
|---|---|---|---|---|
| $R_{\inf}$ | 0.55 | 1.0 | 1.5 | 2.0 |
| $R_{\sup}$ | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 3.0 |



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

# 4 Modélisation B

C'est une modélisation 3D du problème.

## 4.1 Caractéristiques du maillage

Le maillage est obtenu par extrusion de $0,25$ du maillage de la modélisation A.

Nombre de nœuds : 2402

Nombre de mailles et types : 502 PENTA15

## 4.2 Valeurs testées

On teste exactement les mêmes valeurs que celles de la modélisation A, aux mêmes instants
La solution de référence 2D doit être multipliée par l'épaisseur de la plaque, soit $0,25$ .
Les résultats sur $G_{glob}$ sont identiques.



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

# 5 Synthèse des résultats

La comparaison des résultats issus du test Aster et ceux obtenus numériquement par une autre méthode par WATANABE sont satisfaisants (l'écart maximum est de 3.4%).

Il est à noter que les résultats numériques sont sensibles au maillage au voisinage de l'entaille et à la forme de cette entaille. En particulier si on modélise une fissure les valeurs obtenues sont fausses. En revanche, à partir d'une finesse suffisante du maillage et du rayon de l'entaille, les résultats numériques sont stables. Pour plus d'informations, il est conseillé de consulter le document [R7.02.07] et les références bibliographiques.



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