SSNP131 - Identification du paramètre énergétique Gp en 2D et en 3D

Résumé

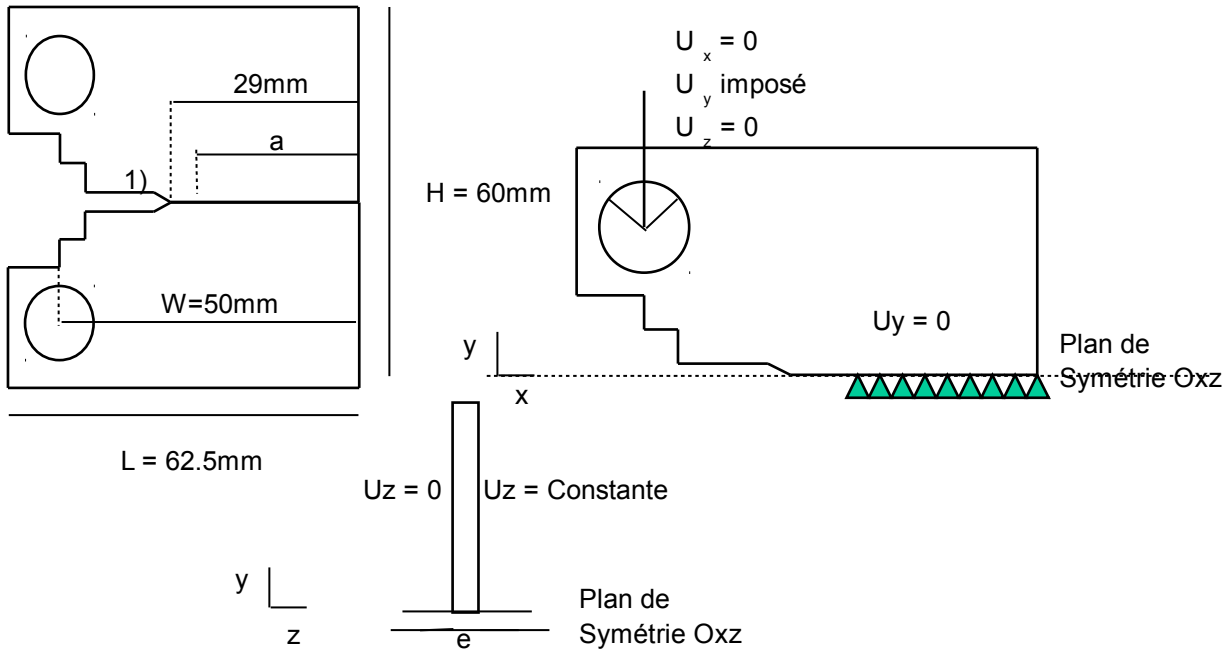
Ce test de mécanique quasi-statique non linéaire permet de présenter le calcul du paramètre G_p issu de l'approche énergétique de la rupture élastoplastique et l'identification des valeurs critiques correspondant à des valeurs de ténacité expérimentale données. Il nécessite de représenter la fissure par une entaille et de mailler finement le voisinage du fond d'entaille. Il nécessite également de calculer l'énergie élastique sur la zone de propagation virtuelle de l'entaille, découpée en « copeaux ».

La modélisation A est réalisée avec des éléments $2\mathrm{D}$ quadratiques, en déformation plane. Le maillage représente les zones dites copeaux ; le calcul du paramètre est effectué en utilisant les propriétés du maillage (POST_GP et CALC_GP) ou par création automatique de ces zones (CALC_GP).
La modélisation B est identique à la modélisation A, mais utilise un maillage quelconque ; seule la définition automatique des copeaux est utilisés (CALC_GP).

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



On considère une éprouvette $CT25$ avec une longueur de ligament : $a=27.5\,mm$ ($a/W=0.55$). Suivant l'axe z, l'épaisseur est $e=1\,mm$. L'éprouvette $CT25$ est modélisée en déformations planes. Par raison de symétrie, une moitié de celle-ci est représentée en $2\mathrm{D}$.

1.2 Propriétés de matériaux

Module d'Young : 214100 Mpa
Coefficient de Poisson : $\nu=0.3$. La courbe de traction utilisée est présentée dans le tableau suivant :

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

ϵ	$\sigma\left(\mathrm{MPa}\right)$
0.003439678	740.6632663
0.004628373	842.148772
0.00607988	876.3117064
0.007654628	895.2063119
0.010417548	911.0718694
0.014178015	925.022448
0.017543214	935.2135771
0.021942493	945.6948965
0.027416704	960.732311
0.033866984	975.8041996
0.040205805	988.2450325
0.046616375	1000.143035
0.052903597	1010.004051
0.058235889	1017.5664

Tableau 1.1

1.3 Conditions aux limites et chargements

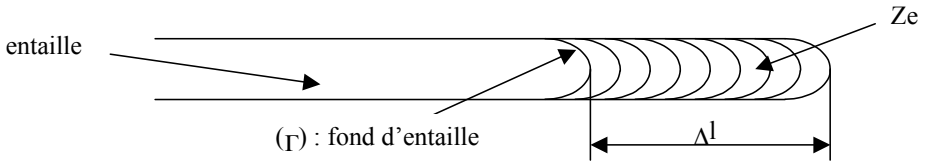
Le chargement est de type déplacement imposé en un point situé au centre de la goupille qui est modélisée par quatre secteurs angulaires indéformables. La moitié de l'éprouvette étant modélisée, une condition de symétrie est appliquée sur le ligament ($y=0$).

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 en 2D

On utilise la méthode énergétique de la rupture élastoplastique basée sur le paramètre Gp [1], [2].
Le fond d'entaille est formé d'un demi-cercle de rayon R. La zone Ze de longueur Δl correspond à la propagation virtuelle de l'entaille et est découpée en « copeaux ».



On y détermine à chaque instant l'évolution de la quantité $Gp(\Delta l)$ définie par :

$$Gp(\Delta l)=2[W_{elas}^{traction}(\Delta l)]/\Delta l$$

où $W_{elas}^{traction}(\Delta l)$ est l'énergie élastique de traction calculée sur la zone Ze. On doit ensuite calculer le maximum de cette quantité par rapport à Δl, que l'on appelle « Gp ».

$$Gp=\underset{\Delta l}{Max}\{Gp(\Delta l)\}$$

L'instant critique où s'amorcera la propagation du défaut est alors celui où la ténacité $Kj=Kj_{crit}$. On dit alors que Gp atteint la valeur critique « Gpc ».

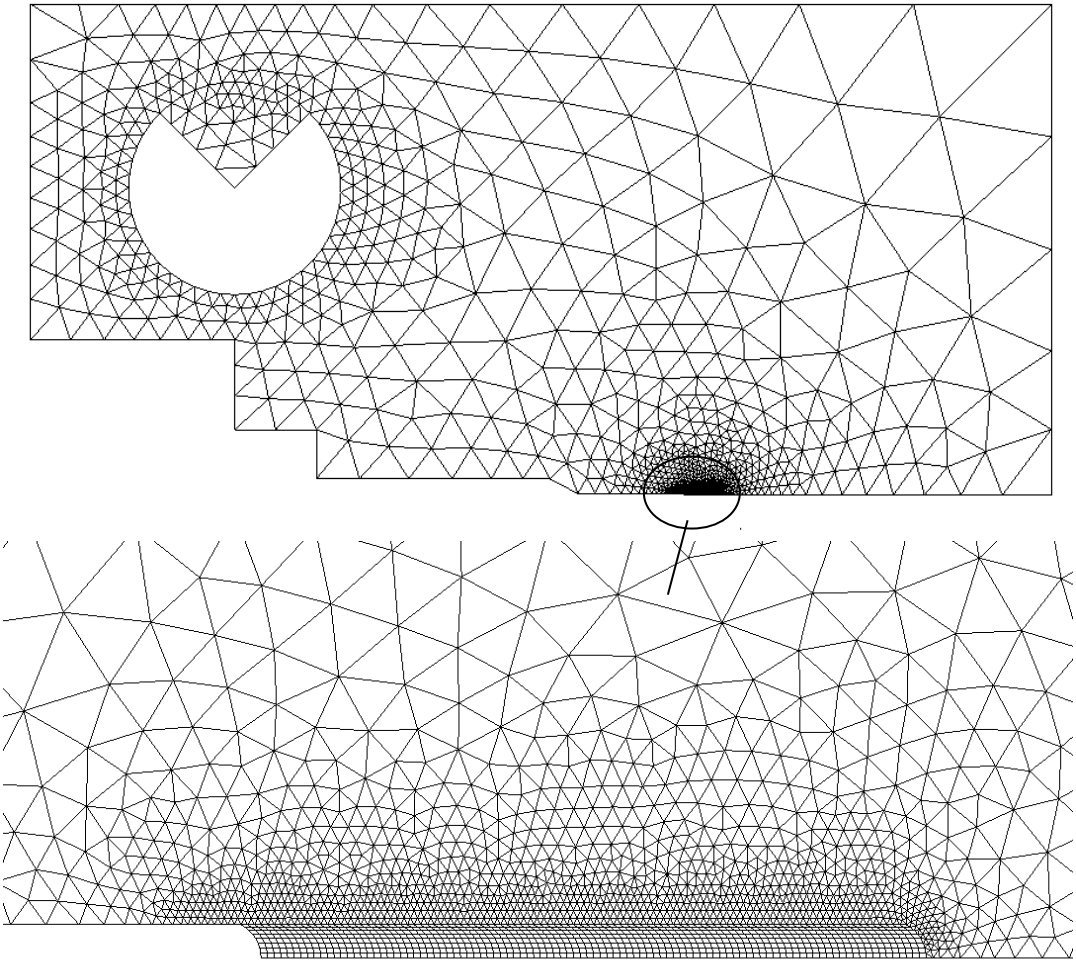
2.2 Références bibliographiques

1) WADIER Y. : « Présentation succincte de l'approche énergétique de la rupture élastoplastique appliquée à la rupture par clivage », Note EDF R&D HT-64/03/001/A, janvier 2003.
2) WADIER Y., LORENTZ E. : « Mécanique de la rupture en présence de plasticité : modélisation de la fissure par une entaille ». C.R.A.S. t. 332, série IIb, 2004.

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation



La fissure est modélisée par une entaille de rayon 100 microns. La zone Ze de $2\,mm$ de longueur est divisée en couches d'éléments de 20 microns d'épaisseur (appelés aussi « copeaux »).

3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de noeuds : 9368

Nombre de mailles et types : 3350 TRIA6, 800 QUAD8

3.3 Grandeurs testées et résultats

3.3.1 Valeurs testées

Avec l'opérateur CALC_GP et définition des copeaux par le maillage :

Identification	*Référence Aster*	*Tolérance (%)*
G_P à l'instant 4 au copeau 8	0.022692041	0.010
G_P à l'instant 40 au copeau 3	0.667072167	0.010

Avec l'opérateur CALC_GP et définition automatique des copeaux

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

Identification	Référence Aster	Tolérance (%)
G_P à l'instant 4 au copeau 8	0.0234148559	0.010
G_P à l'instant 40 au copeau 3	0.674949376	0.010

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

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

Cette modélisation est bidimensionnelle, en déformations planes. On utilise un maillage initial de CT. La fissure y est modélisée par une entaille de rayon 100 microns, avec un maillage moyennement fin. Le maillage initial comporte 2937 nœuds et 1377 éléments. Il est visible sur les Figure 4.1 et 4.2.

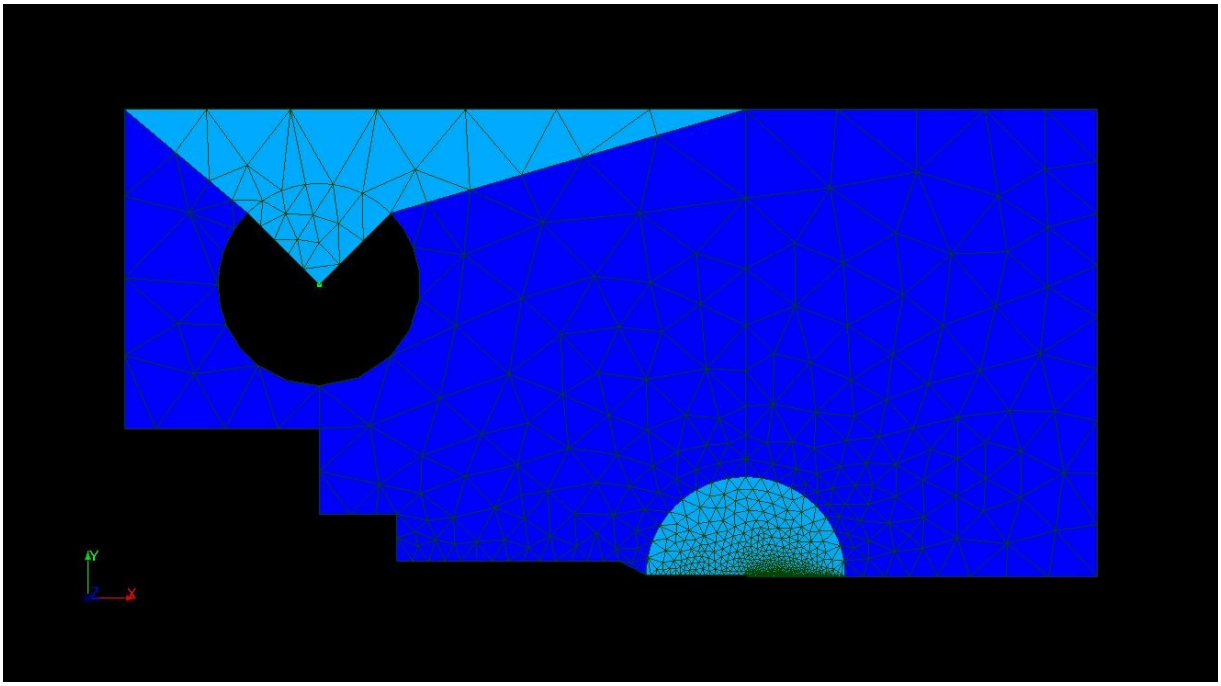


Figure 4.1 : Vue d'ensemble du maillage initial.



Figure 4.2 : Zoom sur l'entaille du maillage initial.

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

Le maillage est ensuite raffiné avec la commande RAFF_GP sur une zone de 10 copeaux de 20 microns (soit sur 0,2mm). La Figure présente le maillage finalement obtenu, comportant 4920 nœuds pour 1377 éléments.

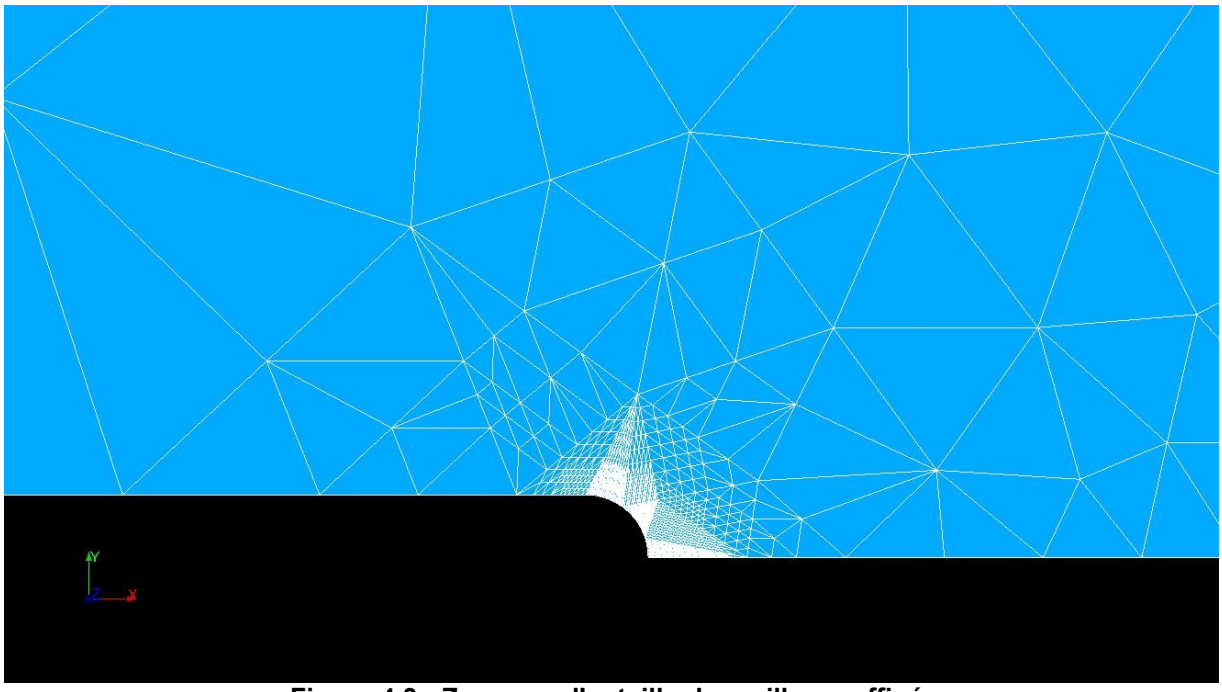


Figure 4.3 : Zoom sur l'entaille du maillage raffiné.

4.2 Grandeurs testées et résultats

Avec l'opérateur CALC_GP et définition automatique des copeaux par le maillage :

Identification	*Référence Aster*	*Tolérance (%)*
G_P à l'instant 40 au copeau 3	0.7171792604019	0.010

Les différences remarquées entre les différentes possibilités de calcul sont dues au choix de l'énergie libre élastique utilisée soit dans le cas d'un maillage explicite des copeaux soit dans le cas du maillage libre, respectivement $W_{elas}^{traction}(\Delta S)$ et $W_{elas}(\Delta S)$. Dans le cas du maillage explicite des copeaux ($W_{elas}^{traction}(\Delta S)$), où l'on enlève la participation de la compression sphérique et de la compression suivant chaque directions propres de déformation, l'énergie élastique sera modifiée en une énergie élastique de traction et par définition $W_{elas}^{traction}(\Delta S) < W_{elas}(\Delta S)$.

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

5 Synthèse des résultats

Les tests sont validés avec un écart inférieur à 2e-04%.
On note de plus une grande cohérence des résultats $2D$.

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