

Manuel de Validation**Fascicule V6.03 : Statique non linéaire des systèmes plans****Document : V6.03.131**

SSNP131 – Identification du critère énergétique G_p en 2D

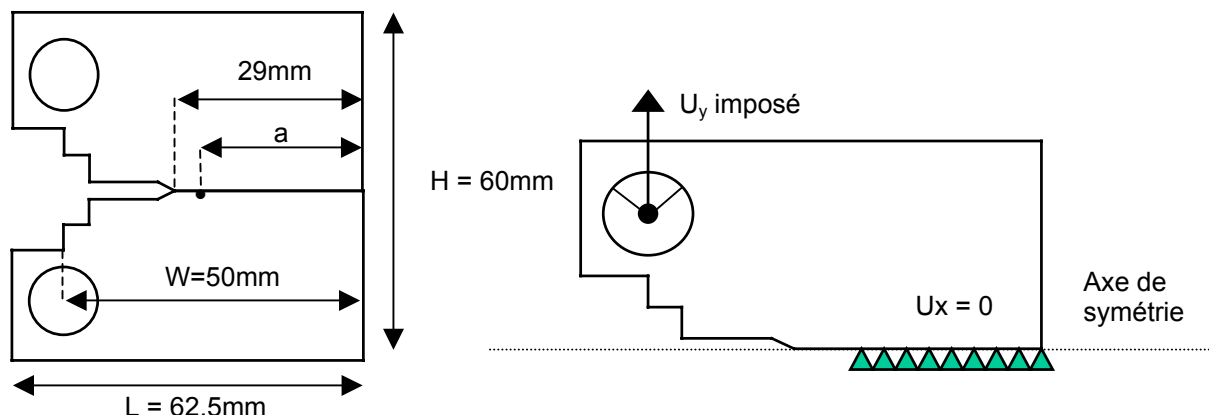
Résumé

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 calculer l'énergie élastique sur la zone correspondant au chemin de propagation de l'entaille.

La modélisation est réalisée avec des éléments 2D quadratiques, en déformation plane.

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



On considère une géométrie d'éprouvette CT25 où la longueur du ligament : $a = 27.5$ mm ($a/W = 0.55$). L'éprouvette CT25 est modélisée en 2D déformations planes. Pour raison de symétrie, une moitié de celle-ci est représentée.

1.2 Propriétés de matériaux

Module d'Young :

Température (°C)	E (Mpa)
23	220200
100	214100
150	206500
300	205000

Coefficient de Poisson : $\nu = 0.3$

La courbe de traction utilisée est interpolée pour la température de calcul à partir des valeurs présentées dans le tableau suivant :

Material Data: True Stress - True Strain

T = 23°C		T = 100°C	
Strain	Stress [MPa]	Strain	Stress [MPa]
0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
4,34654E-03	8,55922E+02	3,43968E-03	7,40663E+02
6,01497E-03	9,10460E+02	4,62837E-03	8,42149E+02
7,86211E-03	9,31797E+02	6,07988E-03	8,76312E+02
1,07579E-02	9,49055E+02	7,65463E-03	8,95206E+02
1,42214E-02	9,61578E+02	1,04175E-02	9,11072E+02
1,77918E-02	9,71929E+02	1,41780E-02	9,25022E+02
2,21851E-02	9,84491E+02	1,75432E-02	9,35214E+02
2,82764E-02	1,00147E+03	2,19425E-02	9,45695E+02
3,58111E-02	1,01932E+03	2,74167E-02	9,60732E+02
4,37307E-02	1,03519E+03	3,38670E-02	9,75804E+02
5,14523E-02	1,04865E+03	4,02058E-02	9,88245E+02
5,89828E-02	1,06076E+03	4,66164E-02	1,00014E+03
6,68527E-02	1,07021E+03	5,29036E-02	1,01000E+03
		5,82359E-02	1,01757E+03

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 température est imposée constante sur l'ensemble de l'éprouvette ($T = 35^\circ\text{C}$). La moitié de l'éprouvette étant modélisée, une condition de symétrie est appliquée sur le ligament situé derrière l'entaille.

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence

L'entaille est formée d'un demi-cercle de rayon R situé en fond de fissure et d'une zone fine représentant le début du ligament du défaut qui sera représenté par une zone de maillage de type « copeaux ». On détermine à chaque instant l'évolution de la quantité $G_p(\Delta l)$ défini par :

$$G_p(\Delta l) = 2[W_{elas}(\Delta l)] / \Delta l$$

où $W_{elas}(\Delta l)$ est l'énergie élastique calculée sur la zone formée de « copeaux » située derrière le fond d'entaille et de longueur Δl . On doit ensuite calculer le maximum de cette quantité par rapport à Δl , que l'on appelle « G_p ».

$$G_p = \underset{\Delta l}{\text{Max}}\{G_p(\Delta l)\}$$

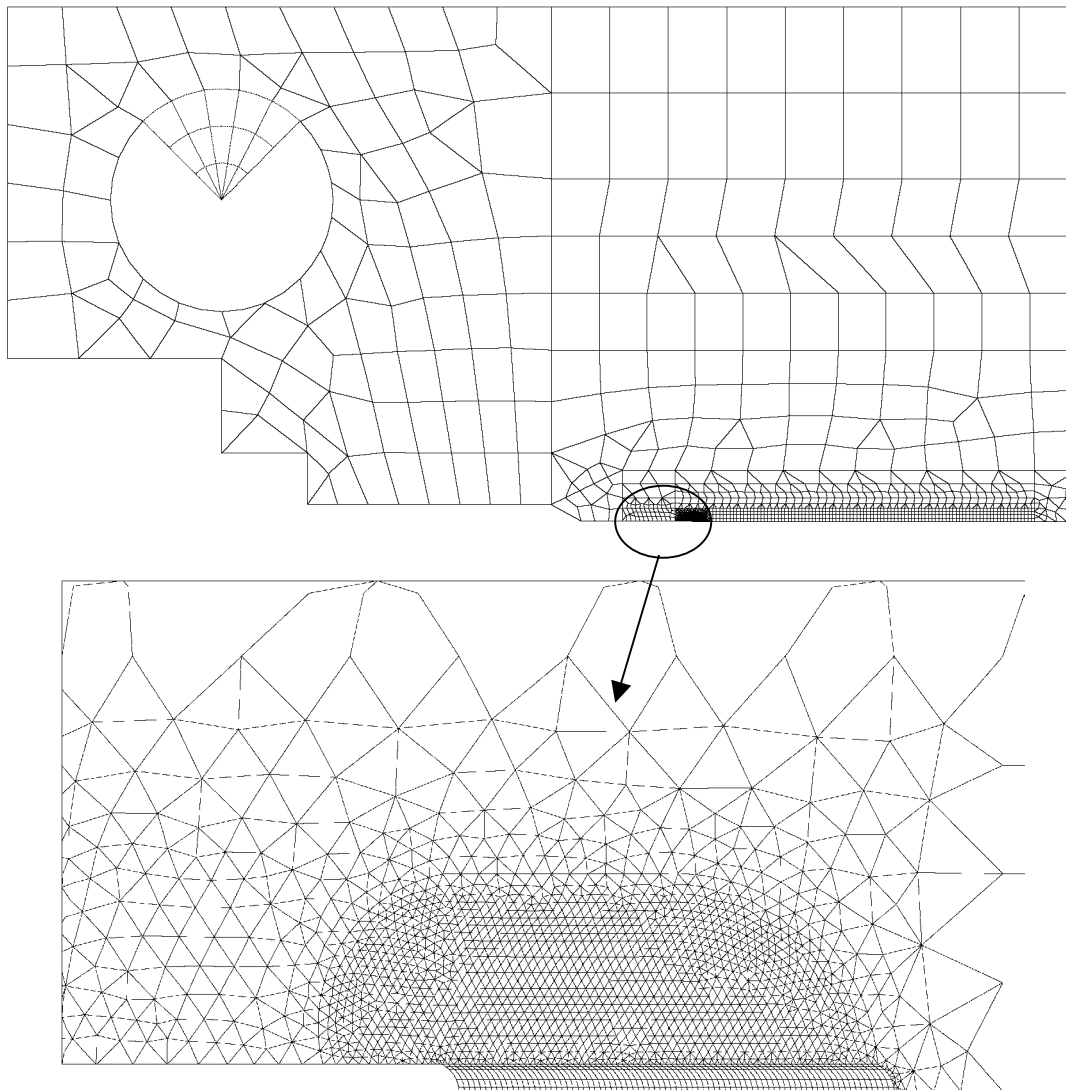
L'instant critique où s'amorcera la propagation du défaut est alors celui où G_p atteint la valeur critique « $G_p \text{ crit}$ ».

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.
- [3] LORENTZ E., WADIER Y. : « L'approche énergétique de la rupture élastoplastique appliquée à la modélisation de la propagation d'une entaille ». REEF, Vol 13, n°5-6-7, pp. 583-592, 2004.

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation



Le fond de fissure est modélisé par une entaille de rayon 100 microns. Une zone de 2 mm de longueur est aménagée derrière celui-ci en couches d'éléments de 20 microns d'épaisseur (appelés aussi « copeaux »).

3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de noeuds : 8260

Nombre de mailles et types : 1864 TRIA 6, 1420 QUAD 8

3.3 Fonctionnalités testées

Commandes

STAT_NON_LINE

CALC_THETA	THETA_2D
------------	----------

CALC_G_THETA_T	OPTION	CALC_G
----------------	--------	--------

POST_ELEM	ENER_ELAS
-----------	-----------

CREA_TABLE

4 Résultats de la modélisation A

4.1 Valeurs testées

Identification	Référence	Aster	% différence
G_p crit. probabilité rupture 5 %	-	0.673449	-
G_p crit. probabilité rupture 50 %	-	0.800954	-
G_p crit. probabilité rupture 95 %	-	0.916242	-

4.2 Remarque

Les résultats observés pour s'assurer de la non-régression du code sont les valeurs critiques du paramètre énergétique correspondant aux probabilités expérimentales de rupture à 5, 50 et 95 % associées aux valeurs de ténacités suivantes : K_j (5%) = 27,2 MPa√m ; K_j (50%) = 34 MPa√m ; K_j (95%) = 40 MPa√m

A ces valeurs correspondent des chargements critiques identifiés en calculant la quantité G par la méthode Théta qui est relié à la ténacité via la formule d'Irwin : $J = \frac{1-\nu^2}{E} K^2$. Les couronnes choisies pour le champ Théta sont : [0.25 mm ; 0.5 mm], [0.5 mm ; 1.0 mm], [1.0 mm ; 2.0 mm], [2.0 mm ; 5.0 mm], [5.0 mm ; 10.0 mm]. A ces chargements critiques correspondent les valeurs critiques du paramètre G_p . On leur associe les valeurs critiques de K_{Gp} déduit de G_p à partir de

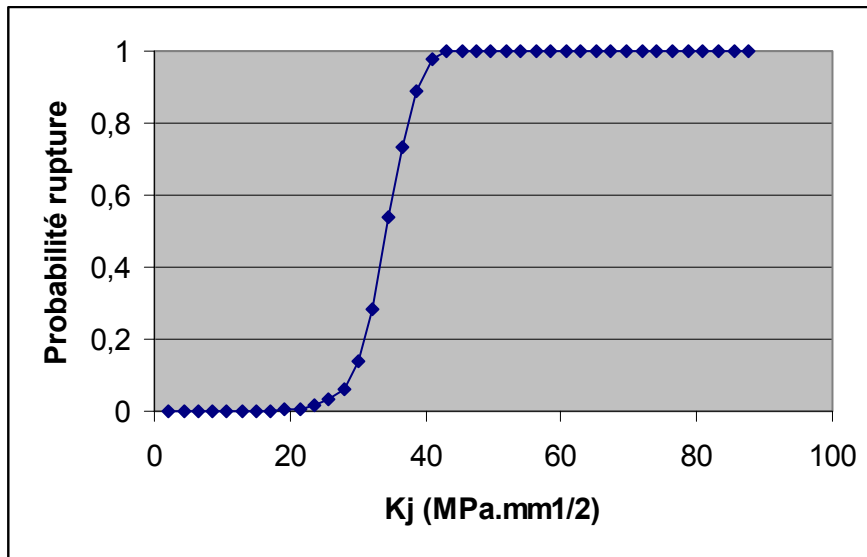
la formule d'Irwin : $K_{Gp} = \sqrt{\frac{E \cdot G_p}{1-\nu^2}}$.

Une loi de probabilité du type du modèle de Beremin est employée pour définir des graphiques de probabilité en fonction du K_j (voir graphique ci-dessous) elle s'écrit :

$$P_r(K_{Gp}) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{K_{Gp}}{K_{Gp_0}}\right)^m\right)$$

où $m = 22.673$, et K_{Gp_0} identifié tel que :

$$\begin{aligned} P_r(K_{Gp_{\min}}) &= 0.05, \\ P_r(K_{Gp_{\text{moy}}}) &= 0.5, \\ P_r(K_{Gp_{\max}}) &= 0.95. \end{aligned}$$



Différents résultats sont affichés dans le fichier message :

- affichage pour chaque instant du transitoire considéré et pour chaque couronne du champ θ renseignée des valeurs $G(\theta)$ et K_j déduit par la formule d'Irwin.
- affichage pour chaque instant du transitoire considéré du paramètre G_p calculé en fonction de la distance au fond d'entaille.
- affichage pour chaque instant du transitoire considéré du paramètre G_p maximum constaté et de la distance au fond d'entaille associée (Δl_{\max}).
- affichage des valeurs d'identifications pour chaque ténacité et chaque champ θ (instant interpolé sur le transitoire, G_p critique, K_{G_p} déduit par Irwin),
- affichage pour chaque instant du transitoire donné du Δl_{\max} , $G_p \max$, $K_{G_p \max}$ (déduit par Irwin), Tfe (température en fond d'entaille) et de la probabilité de rupture suivant la loi évoquée précédemment.