SSNP311 - Biblio_131. Fissuration en mode II d'une éprouvette élastoplastique

Résumé :

Ce test est issu de la validation indépendante de la version 3 en mécanique de la rupture.

Il s'agit d'un test bidimensionnel en statique qui a pour objectif la validation du calcul de G, et de sa non dépendance vis à vis de la couronne, en régime élastoplastique dans un calcul incrémental, sur une géométrie non triviale. La loi de comportement utilisée est une loi élastoplastique de Von Mises à écrouissage isotrope.

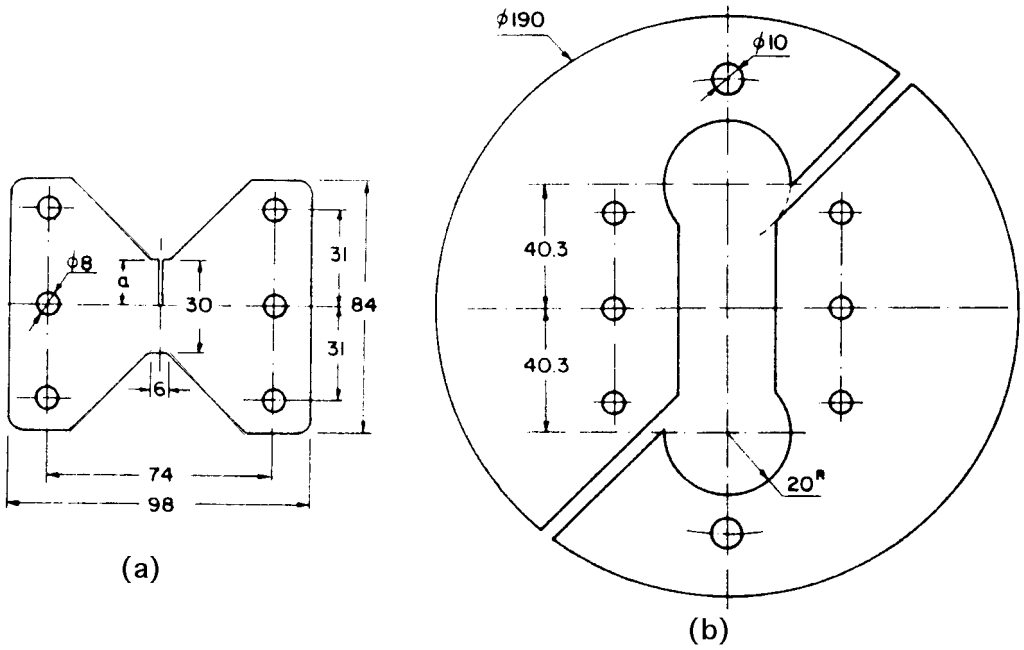
Ce cas test comprend une seule modélisation $2\mathrm{D}$ plane dans laquelle on étudie l'influence d'une charge incrémentale.

Les résultats obtenus avec *Code_Aster* sont comparés à des calculs effectués à l'aide du code ADINA.

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



L'éprouvette en forme de diabolo, représentée en (a), est fixée au système de chargement (b) par six goupilles équivalentes à des articulations.

Les dimensions des pièces sont exprimées en mm.

Éprouvette :

épaisseur B variable	$6{,}36\,;\,6{,}39\,;\,6{,}44\ mm$
largeur hors tout	$98\ mm$
distance entre les axes des goupilles	$74\ mm$
largeur de la partie centrale	$6\ mm$
hauteur hors tout	$84\ mm$
distance entre centres des goupilles	$31\ mm$
hauteur au centre W	$30\ mm$
longueur de la fissure a	$15{,}18$ ou $21\ mm$
ligament $b=W-a$	$15{,}12$ ou $9\ mm$
diamètre des trous de goupilles	$8\ mm$

Porte-éprouvette :

épaisseur	$25\ mm$
diamètre extérieur	$190\ mm$
distance entre le centre de la pièce et les centres des évidements circulaires	$40{,}3\ mm$
rayon des évidements	$20\ mm$
diamètre des 2 trous où sont appliquées les charges	$10\ mm$

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

1.2 Propriétés des matériaux

Éprouvette :

Le matériau est élastoplastique, de type Von Mises, à écrouissage isotrope, défini par une courbe de traction uniaxiale.

Module d'Young : $E = 74,2\,GPa$
Coefficient de Poisson : $\nu = 0,32$

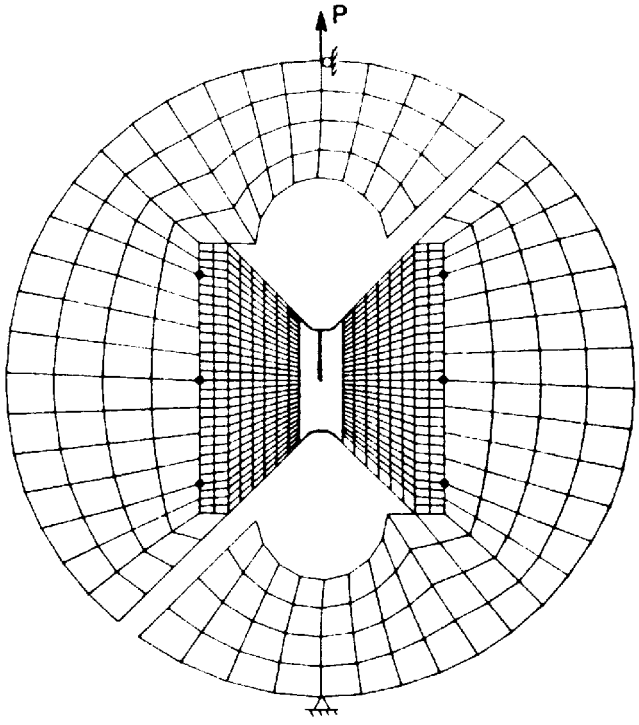
E tangent (GPa)	σ uniaxiale) (MPa)	ε_T uniaxiale) (%)
72,74	334,6	0,46
50,69	410,7	0,61
15,00	431,6	0,75
4,75	443,5	1,00
1,82	480,0	3,00
0,80	500,1	5,50
0,0017	505,2	300,0

Porte-éprouvette :

Le matériau est élastique linéaire isotrope.

Module d'Young : $E = 206\,GPa$
Coefficient de Poisson : $\nu = 0,3$

1.3 Conditions aux limites et chargement



Le porte-éprouvette a un point fixe $UX = UY = 0$ au trou de fixation inférieur et est soumis à un chargement ponctuel vertical appliqué au trou de fixation supérieur $UX = 0$, $FY = P$ variable.

Pour une longueur de fissure $a/W = 0,5$:

P varie de :

$0\,N$ à $11772\,N$ en 12 pas de $981\,N$

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

$11772\,N$ à $19620\,N$ en 16 pas de $490{,}5\,N$
$19620\,N$ à $23544\,N$ en 20 pas de $196{,}2\,N$
$23544\,N$ à $25114\,N$ en 16 pas de $98{,}1\,N$

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

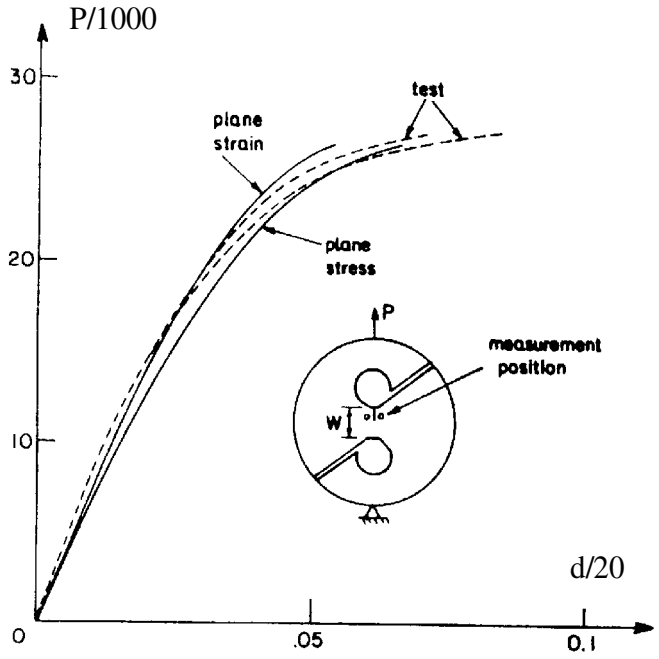
2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence

Calcul en éléments finis avec ADINA. Mise à jour de la matrice de raideur tangente par la méthode BFGS (BROYDEN, FLETCHER, GOLDFARB et SHAMNO). Calcul de J par intégrale de Rice dans laquelle la densité d'énergie de déformation est évaluée d'après la théorie de plasticité de Hencky (modèle élastique réversible non linéaire équivalent à la théorie incrémentale de la plasticité pour un chargement radial monotone croissant dans l'espace des contraintes principales)

2.2 Résultats de référence

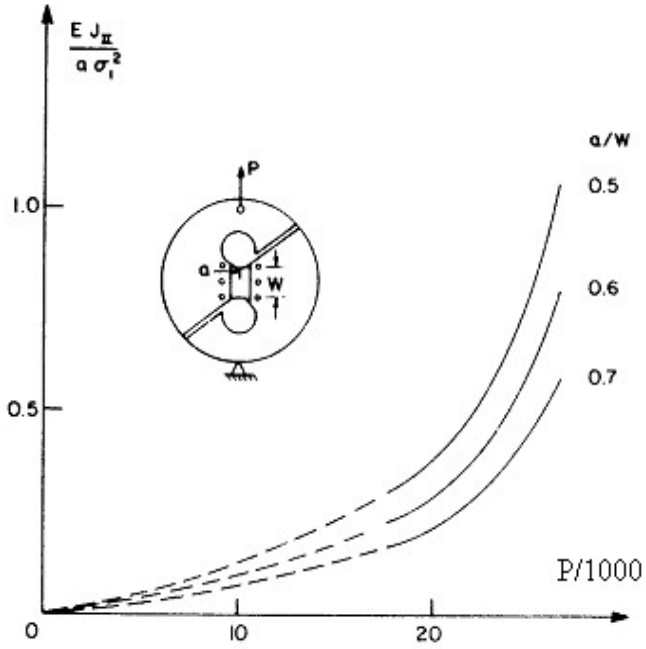
Courbe de réponse charge/déplacement



Courbe de réponse donnant la charge $P/1000$ en fonction du déplacement $d/20$. Courbe supérieure calculée en déformations planes, courbe inférieure calculée en contraintes planes. Les courbes en trait interrompu sont des résultats expérimentaux. Contrainte de référence $\sigma_{ref}=334,6\,MPa$ (premier point sur la courbe de traction). Épaisseur d'éprouvette $B=6,36$ ou $6,39\,mm$. Longueur de fissure $a/W=0,5$.

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

Intégrale J en fonction de la charge



Intégrale normalisée $E\times J_{II}/(a\times\sigma_{ref}^2)$ en fonction de la contrainte $P/1000$, où $\sigma_{ref}=334{,}6\,MPa$, pour une éprouvette d'épaisseur $B=6{,}44\,mm$

On dispose également de quelques valeurs tabulées, pour une longueur de fissure $a/W=0{,}5$ et un calcul en déformations planes; la dispersion de J_{II} est liée au choix du contour d'intégration autour du fond de fissure.

Pas de chargement	$P(KN)$	$E\times J_{II}/(a\times\sigma_{ref}^2)$
22	27,66	0,292 à 0,295
36	35,11	0,540 à 0,543
50	38,83	0,798 à 0,813
64	41,49	1,065 à 1,190

2.3 Incertitude sur la solution

L'écart entre mesures expérimentales et calcul ne dépasse pas 7%, en ce qui concerne la courbe de réponse charge/déplacement.

La précision du calcul de J est inconnue; l'erreur semble croître avec le niveau de charge, comme le montre la dépendance croissante de J par rapport au contour, qui atteint une marge de variation de 12% au pas n° 64.

2.4 Références bibliographiques

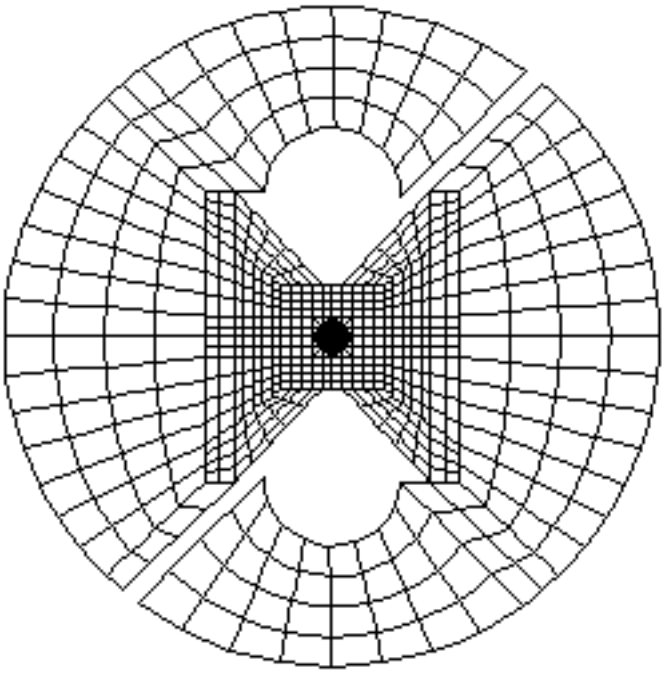
1) LESLIE BANKS-SILLS et DOV SHERMAN : Elasto-plastic analysis of a mode II fracture specimen. Int.J.Fracture, **46**, 105-122, 1993.

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

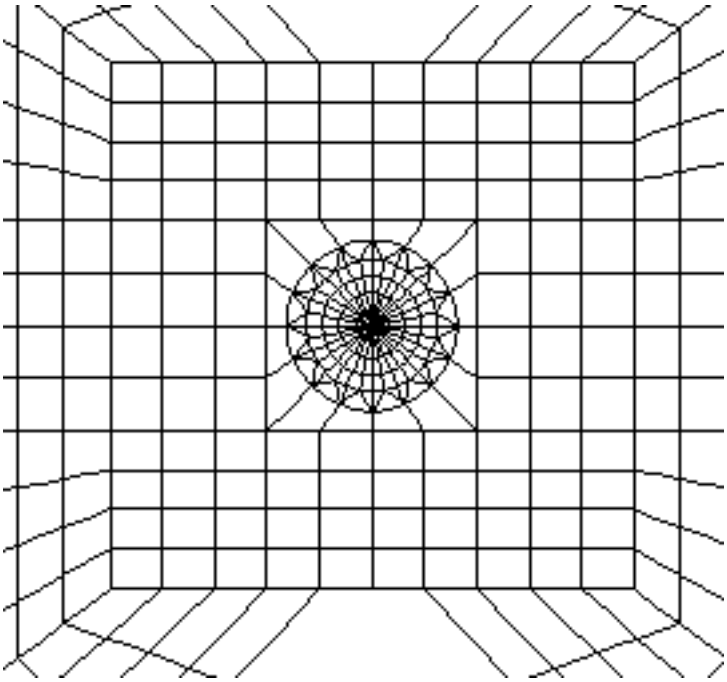
3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

3.1.1 Maillage de l'éprouvette et du porte éprouvette



Maillage de l'éprouvette et du porte éprouvette



Zoom sur le fond de fissure

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

3.1.2 Définition des rayons des couronnes

Nous définissons les valeurs des rayons supérieurs et inférieurs, à préciser dans la commande CALC_G :

	1ère couronne	2ième couronne	3ième couronne	4ième couronne
$\mathrm{rinf}(mm)$	1	2	3	4
$\mathrm{rsup}(mm)$	2	3	4	5

3.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage est constitué de deux objets :

- le porte éprouvette est constitué de 718 nœuds et 200 éléments QUA8.
- l'éprouvette est constituée de 1741 nœuds et 576 éléments dont 496 QUA8 et 80 TRI6.

3.3 Grandeurs testées et résultats

On note que dans ce cas-test, l'opérateur CALC_G remplace la loi de comportement STAT_NON_LINE VMIS_ISOT_TRAC en ELAS_VMIS_TRAC. Ceci est dû au fait que l'on veut calculer G en supposant que le chargement est monotone proportionnel (voir le document U2.82.03).

Identification	Référence	*Aster*	% différence
Incrément de charge n° 22			
G , couronne n°1 (KN/mm)	6,7451	7,005	3,868
G , couronne n°2 (KN/mm)	6,7451	6,99728	3,739
G , couronne n°3 (KN/mm)	6,7451	6,9964	3,726
G, couronne n°4 (KN/mm)	6,7451	6,998	3,75
Incrément de charge n°36			
G , couronne n°1 (KN/mm)	12,473	13,069	4,786
G , couronne n°2 (KN/mm)	12,473	13,094	4,977
G , couronne n°3 (KN/mm)	12,473	13,083	4,887
G , couronne n°4 (KN/mm)	12,473	13,071	4,795
Incrément de charge n°50			
G , couronne n°1 (KN/mm)	18,433	19,49	5,744
G , couronne n°2 (KN/mm)	18,433	19,573	6,184
G , couronne n°3 (KN/mm)	18,433	19,577	6,204
G , couronne n°4 (KN/mm)	18,433	19,574	6,194
Incrément de charge n°64			
G , couronne n°1 (KN/mm)	24,601	26,84	9,105
G , couronne n°2 (KN/mm)	24,601	26,977	9,657
G , couronne n°3 (KN/mm)	24,601	26,981	9,672
G , couronne n°4 (KN/mm)	24,601	26,983	9,684

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

4 Synthèse des résultats

Les résultats concernant le taux de restitution d'énergie donnent 1 écart maximum de $9{,}7\,\%$ par rapport à la solution de référence sur la dernière couronne, pour une précision annoncée de 12%. Les résultats sont excellents compte tenu du caractère non-linéaire de l'éprouvette.

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