

## 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.

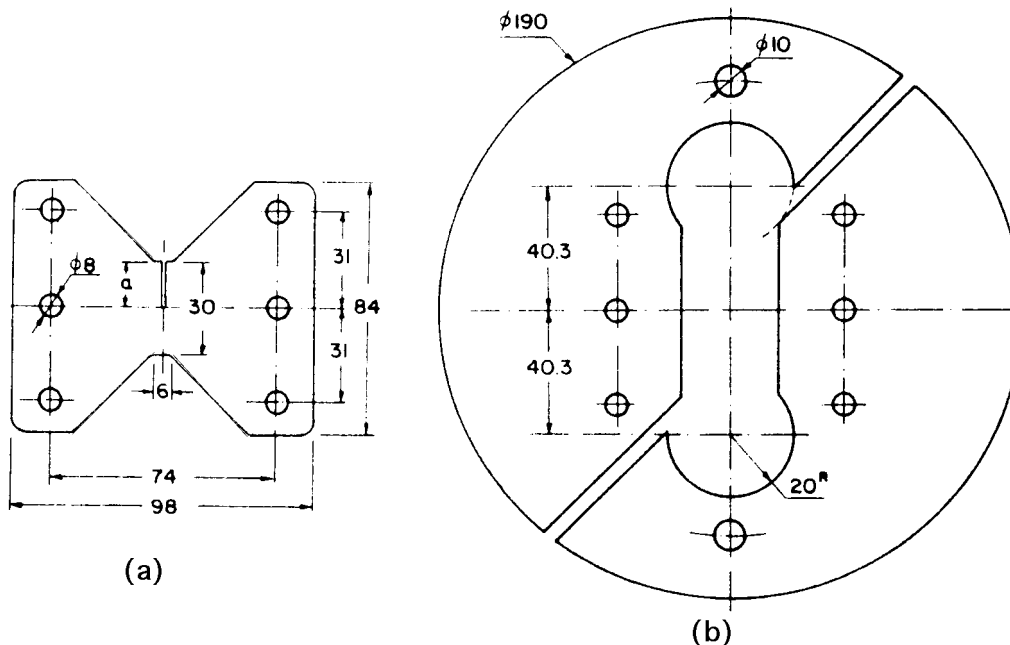
Il s'agit d'un test bidimensionnel en statique qui a pour objectif la validation du calcul de  $G$ , et de sa non dépendance vis à vis de la couronne, en régime élastoplastique dans un calcul incrémental, sur une géométrie non triviale. La loi de comportement utilisée est une loi élastoplastique de Von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

Ce cas test comprend une seule modélisation 2D 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.

## 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

## 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 :  $E = 74,2 \text{ GPa}$

Coefficient de Poisson :  $\nu = 0,32$

$E$ tangent ( GPa )	$\sigma$ uniaxiale) ( MPa )	$\varepsilon_T$ 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

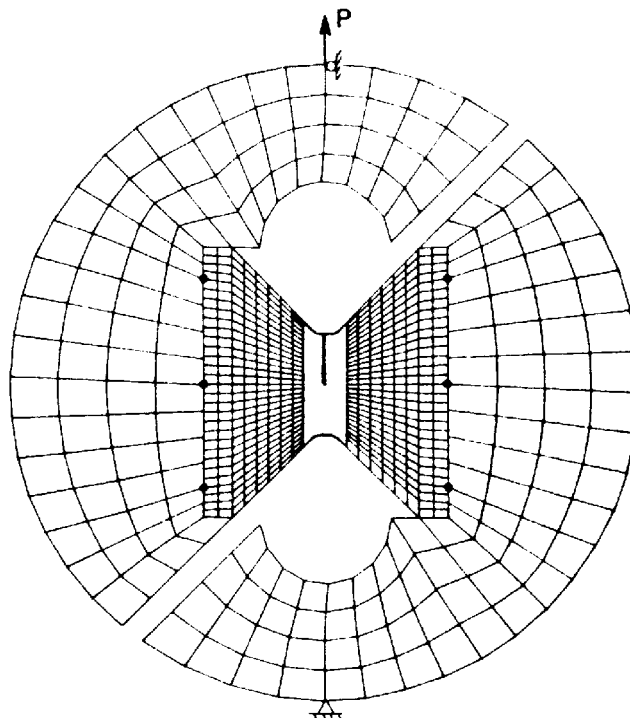
### Porte-éprouvette :

Le matériau est élastique linéaire isotrope.

Module d'Young :  $E = 206 \text{ GPa}$

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 :

$0 \text{ N}$  à  $11772 \text{ N}$  en 12 pas de  $981 \text{ N}$

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  $N$

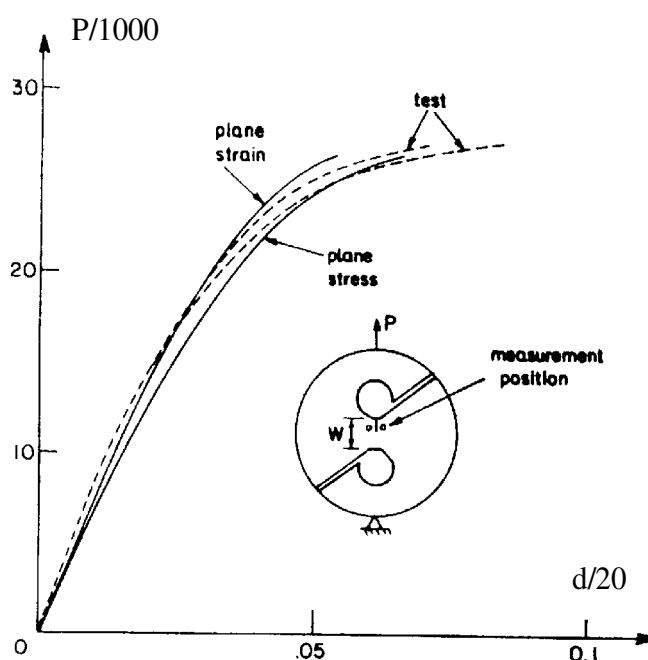
## 2 Solution de référence

### 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)

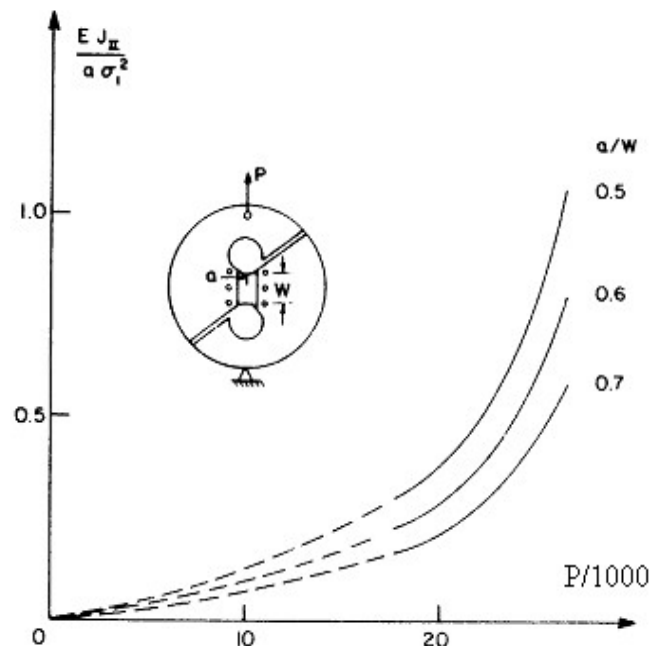
### 2.2 Résultats de référence

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  $\sigma_{ref}=334,6 \text{ MPa}$  (premier point sur la courbe de traction). Épaisseur d'éprouvette  $B=6,36$  ou  $6,39 \text{ mm}$ . Longueur de fissure  $a/W=0,5$ .

## 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  $\sigma_{ref} = 334,6 \text{ MPa}$ , pour une éprouvette d'épaisseur  $B = 6,44 \text{ mm}$

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	$P \text{ (KN)}$	$E \times J_{II} / (a \times \sigma_{ref}^2)$
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.

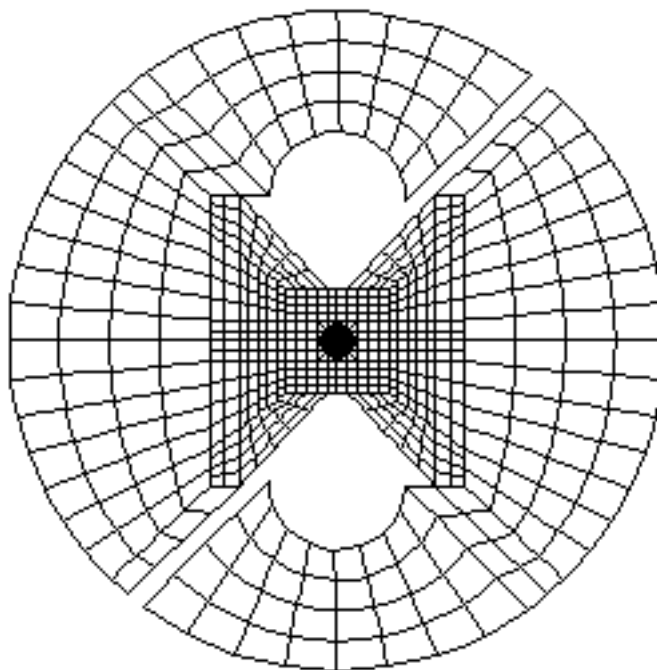
## 2.4 Références bibliographiques

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

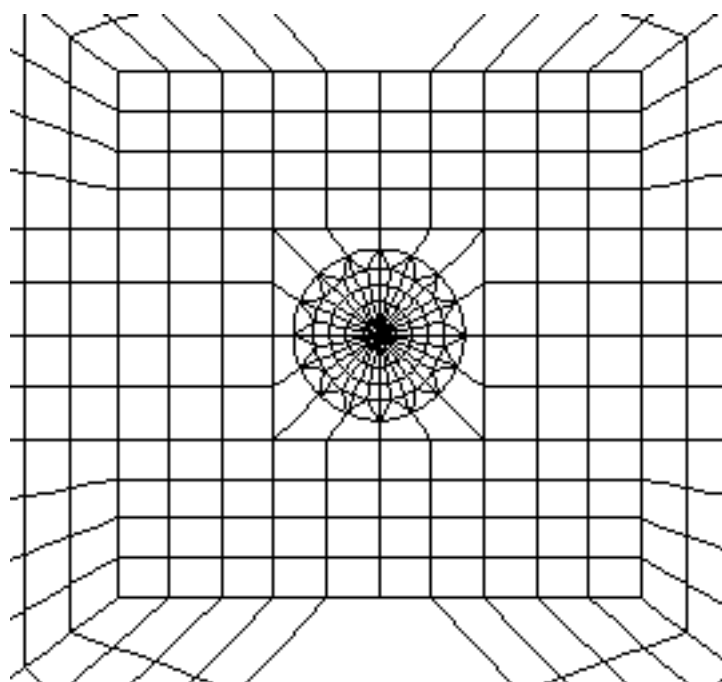
## 3 Modélisation A

### 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

## 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
rinf(mm)	1	2	3	4
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 la loi de comportement dans CALC\_G (ELAS\_VMIS\_TRAC) diffère de la loi de comportement de STAT\_NON\_LINE (VMIS\_ISOT\_TRAC). Ceci est dû au fait que l'on veut calculer  $G$  en supposant que le chargement est monotone proportionnel. L'utilisation de la loi VMIS\_ISOT\_TRAC dans CALC\_G aurait conduit à calculer le paramètre  $GTP$  (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



## 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.