

## SSLP117 – Plaque trouée fissurée avec état initial

---

### Résumé :

L'objectif de ce test est de valider le calcul des paramètres de la rupture élastique linéaire (facteurs d'intensité des contraintes  $K_I$ , taux de restitution d'énergie  $G$ ) en présence d'un état initial, cet état initial résultant d'un chargement préalable (de type charge-décharge) en élasto-plasticité.

La configuration d'étude est une plaque trouée, fissurée.

### Modélisations :

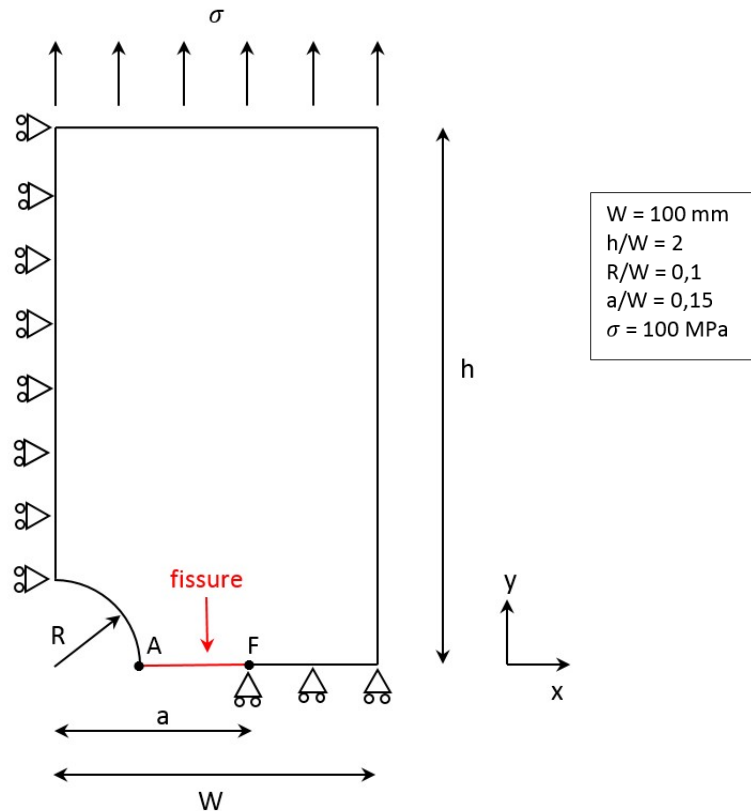
- Modélisation  $A$  : sans état initial
- Modélisation  $B$  : avec état initial fourni sous la forme de contraintes
- Modélisation  $C$  : avec état initial fourni sous la forme de pré-déformations

**Attention ! Ces tests se trouvent dans le dépôt de validation.**

## 1 Problème de référence

### 1.1 Géométrie

On considère une plaque rectangulaire, trouée et fissurée. Compte-tenu des symétries, on ne modélise qu'un quart de la structure.



### 1.2 Propriétés du matériau

Le matériau est élastique linéaire. Les propriétés élastiques sont les suivantes :

Paramètre	Symbole	Unité	Valeur
Module d'Young	E	MPa	210 000
Coefficient de Poisson	$\nu$	-	0,3

## 1.3 Conditions aux limites et chargements

Conditions aux limites : conditions de symétries

La plaque est soumise à un chargement de traction sur la face supérieure.

On considère de plus un état initial issu d'une charge-décharge préalable de la plaque trouée non fissurée, avec une loi de comportement d'élasto-plasticité de Von Mises à écrouissage isotrope non linéaire (loi `VMIS_ISOT_TRAC` dans `code_aster`). L'état mécanique résultant de cette charge-décharge est appelé état initial. Il est donné sous la forme d'un champ de contrainte initiale `ou` d'un champ de pré-déformations initiales.

Cet état initial correspond à un chargement de  $\sigma = 180 \text{ MPa}$

## 2 Solution de référence

---

### 2.1 Méthode de calcul

Une modélisation en déformations planes sera adoptée.

Dans le cas où on ne prend pas en compte l'état initial, la solution en  $K_I$  est issue de [1] :

$$K_I = F_I \sigma \sqrt{(\pi \cdot a)} \quad \text{avec } F_I = 1,078$$

Dans le cas où on prend en compte l'état initial, il n'y a pas de solution connue et on considérera comme référence la valeur de  $K_I$  obtenue par la méthode d'extrapolation des sauts de déplacements.

### 2.2 Grandeurs et résultats de référence

- Sans état initial :  $K_I = 23,4013 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$
- Avec état initial :  $K_I = 17,345 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ . On utilise la formule d'Irwin pour obtenir un  $G$  de référence.

### 2.3 Références bibliographiques

- [1] Y. Murakami, Stress Intensity Factors Handbook, Pergamon Press, 1987.

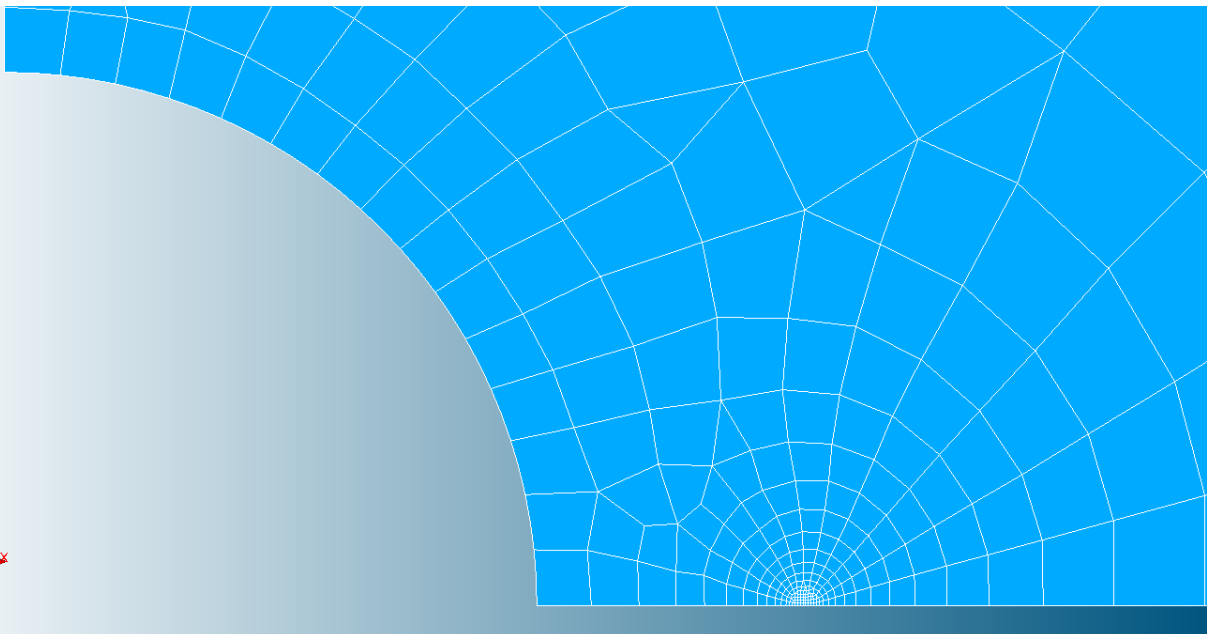
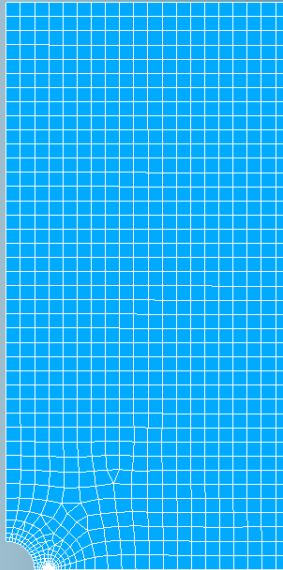
## 3 Modélisation A : sans état initial

### 3.1 Caractéristiques du maillage

Éléments finis quadratiques.

Éléments de Barsoum en fond de fissure

Taille des mailles en fond de fissure :  $h=50\mu m$  .



### 3.2 Grandeurs testées et résultats

On teste la valeur de  $K_I$  calculé par la méthode  $G-\theta$  avec différentes couronnes d'intégration :

-  $R_{inf}=h$  ,  $R_{sup}=2h$

-  $R_{inf}=2h$  ,  $R_{sup}=4h$

- $R_{inf}=4 h, R_{sup}=8 h$
- $R_{inf}=8 h, R_{sup}=16 h$
- $R_{inf}=16 h, R_{sup}=32 h$

Remarque : pour tester sur toutes les couronnes, on teste le min et le max de la liste des valeurs.

Identification		Type de référence	Valeur de référence	Tolérance %
grandeur	unité			
$K_I$	$MPa . m^{1/2}$	'ANALYTIQUE'	23,4013	0,1

## 4 Modélisation B : avec état initial fourni sous forme de contraintes

### 4.1 Caractéristiques du maillage

Le maillage de la modélisation A est utilisé.

### 4.2 Modélisation

L'état initial est généré par un calcul élasto-plastique préalable.  
Seul le champ de contrainte (initiale) est utilisé.

### 4.3 Grandeurs testées et résultats

On teste les valeurs de  $K_I$  et  $G$  calculés par la méthode  $G-\theta$  (options `CALC_G` et `CALC_K_G`) avec différentes couronnes d'intégration :

- $R_{inf}=h, R_{sup}=2h$
- $R_{inf}=2h, R_{sup}=4h$
- $R_{inf}=4h, R_{sup}=8h$
- $R_{inf}=8h, R_{sup}=16h$
- $R_{inf}=16h, R_{sup}=32h$

Remarque : pour tester sur toutes les couronnes, on teste le min et le max de la liste des valeurs.

Opérateur `CALC_G` option `CALC_K_G`

Identification		Type de référence	Valeur de référence	Tolérance %
grandeur	unité			
$K_I$	$MPa \cdot m^{1/2}$	'AUTRE_ASTER'	17,345	0,2 <span style="color: yellow;">█</span>
$G$	$kJ/m^2$	'AUTRE_ASTER'	1,3037	0,4 <span style="color: yellow;">█</span>

Opérateur `CALC_G` option `CALC_G`

Identification		Type de référence	Valeur de référence	Tolérance %
grandeur	unité			
$G$	$kJ/m^2$	'AUTRE_ASTER'	1,3037	0,4 <span style="color: yellow;">█</span>

## 5 Modélisation C : avec état initial fourni sous forme de pré-déformations

### 5.1 Caractéristiques du maillage

Le maillage de la modélisation A est utilisé.

### 5.2 Modélisation

L'état initial est généré par un calcul élasto-plastique préalable.  
Seul le champ de pré-déformations (initiales) est utilisé.

### 5.3 Grandeurs testées et résultats

On teste les valeurs de  $G$  calculés par la méthode  $G-\theta$  (option `CALC_G`) avec différentes couronnes d'intégration :

- $R_{inf}=h, R_{sup}=2h$
- $R_{inf}=2h, R_{sup}=4h$
- $R_{inf}=4h, R_{sup}=8h$
- $R_{inf}=8h, R_{sup}=16h$
- $R_{inf}=16h, R_{sup}=32h$

Remarque : pour tester sur toutes les couronnes, on teste le min et le max de la liste des valeurs.

Opérateur `CALC_G` option `CALC_G`

Identification		Type de référence	Valeur de référence	Tolérance %
grandeur	unité			
$G$	$kJ/m^2$	'AUTRE_ASTER'	1,3037	0,4



## 6 Synthèse des résultats

---

Les résultats obtenus sont satisfaisants pour les raisons suivantes :

- sans état initial, on a vérifié que le facteur d'intensité des contraintes donné par la méthode  $G-\theta$  est égal à celui de la solution de référence, avec une très bonne indépendance aux couronnes  $\rightarrow$  maillage convergé ;
- avec état initial, on a vérifié que le facteur d'intensité des contraintes et le taux de restitution d'énergie donnés par la méthode  $G-\theta$  sont égaux à ceux de la solution de référence (prise ici dans les résultats de la méthode d'extrapolation des sauts de déplacements), avec une très bonne indépendance aux couronnes  $\rightarrow$  valide la prise d'un état initial de type « champ de contrainte » ou « champ de pré-déformations » par la méthode  $G-\theta$  , pour un champ de contraintes/ déformations non purement sphérique .