SSLP118 – 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
- Modélisation D : avec état initial fourni sous la forme de variable de commande

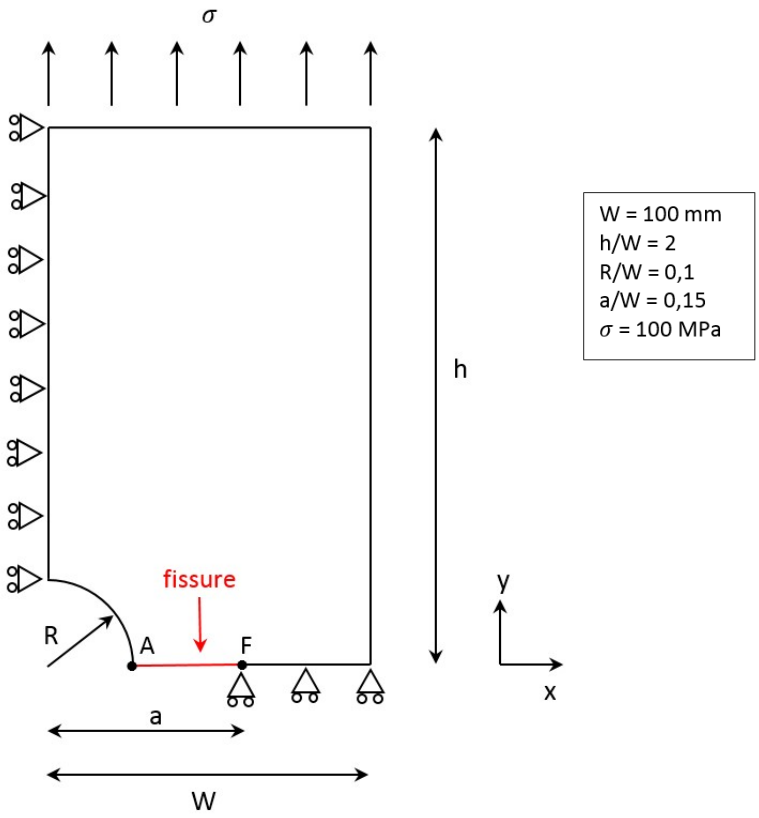
Attention ! Ces tests se trouvent dans le dépôt de validation.

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

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	ν	-	0,3

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

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 $\sigma = 180\,MPa$

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

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] :

$K_I = F_I \sigma \sqrt{(\pi . a)}$ 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 : $K_I = 23,4013\ MPa . m^{1/2}$
- Avec état initial : $K_I = 17,345\ MPa . m^{1/2}$. On utilise la formule d'Irwin pour obtenir un G de référence.

2.3 Références bibliographiques

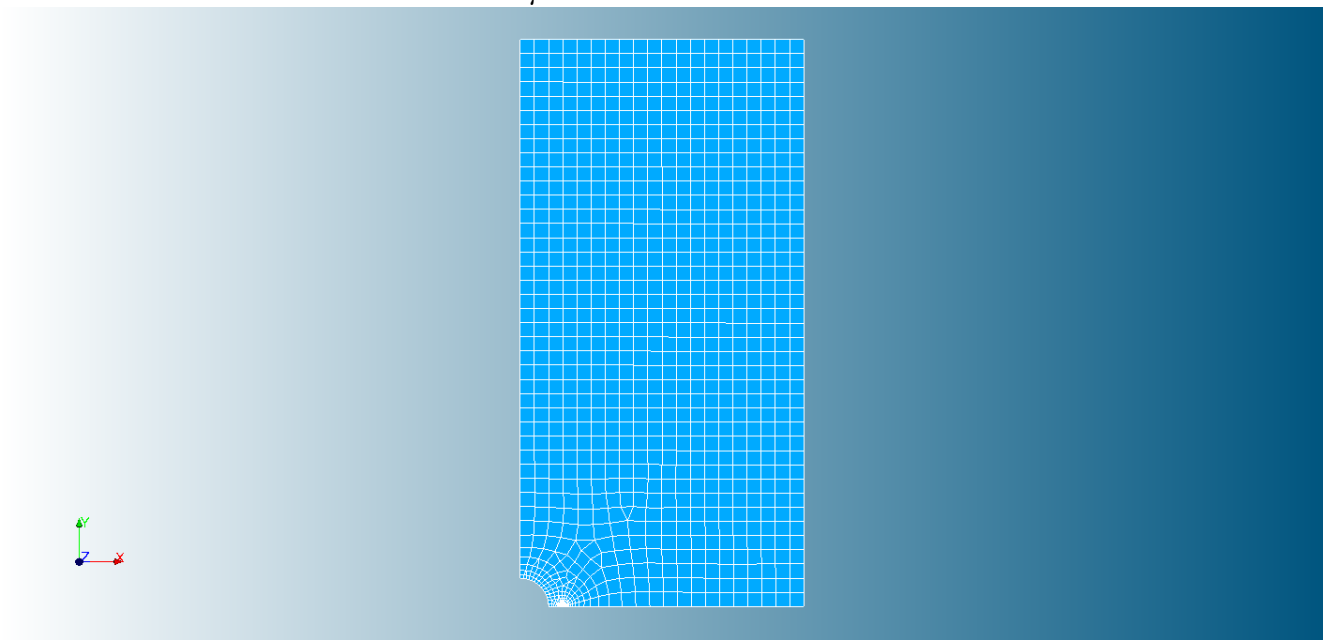
[1] Y. Murakami, Stress Intensity Factors Handbook, Pergamon Press, 1987.

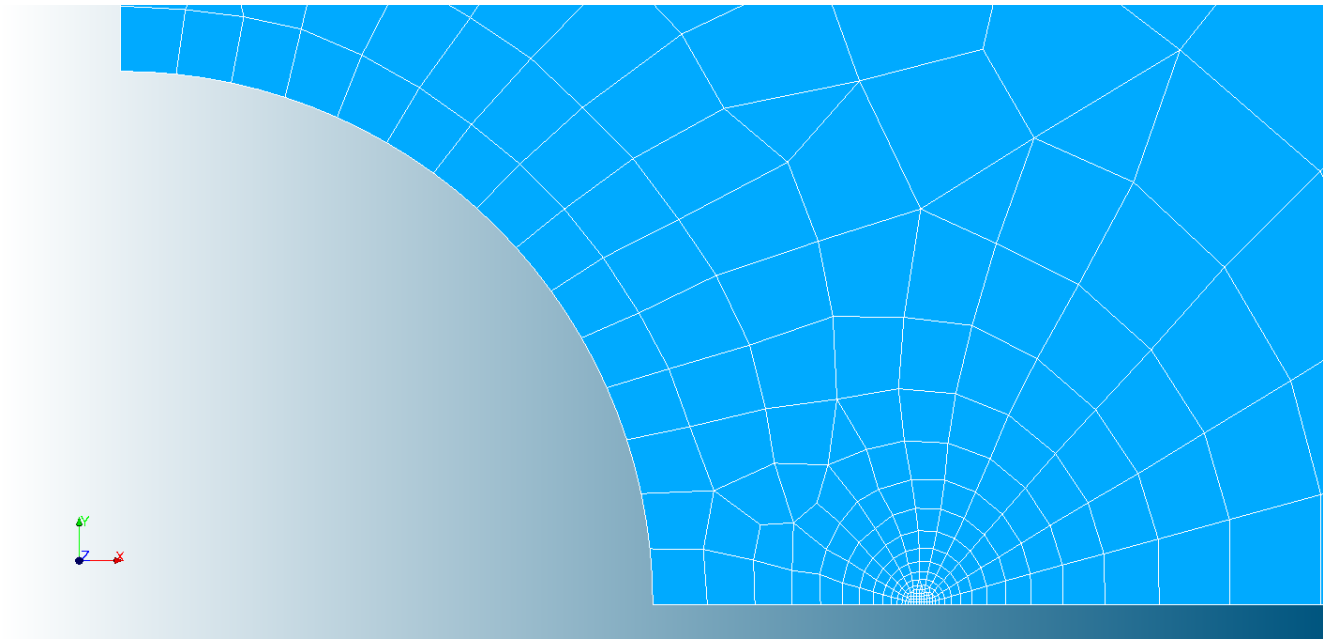
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

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 :

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

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

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

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

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

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 G et K) 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 K

Identification		Type de référence	Valeur de référence	Tolérance %
grandeur	unité			
K_I	$MPa.m^{1/2}$	'AUTRE_ASTER'	17,345	0,2

Opérateur CALC_G option G

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

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

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 G_EPSI) 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 G_EPSI

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

Remarque : l'option G, pour laquelle le champs de contraintes utilisé est directement celui du résultat mécanique à post-traiter, n'est pas disponible en présence de pré-déformations.

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

6 Modélisation D : avec état initial fourni sous forme de variable de commande

6.1 Caractéristiques du maillage

Le maillage de la modélisation A est utilisé.

6.2 Modélisation

L'état initial est généré par un calcul élasto-plastique préalable.
Seul le champ de déformations (initiales) est utilisé. Il pris en compte dans le calcul mécanique par le biais de la variable de commande EPSA (déformation anélastique) dans la commande AFFE_MATERIAU.

6.3 Grandeurs testées et résultats

On teste les valeurs de G calculés par la méthode $G-\theta$ (options G et G_EPSI) 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 options G et G_EPSI

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

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

7 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 → 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 → 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 .

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