SSNV192 - Éprouvette avec fissure centrale avec XFEM

Résumé

Ce test met en place une fissure centrale dans une éprouvette avec X-FEM. Il y a donc deux fonds de fissure distincts. L'objectif est de valider la prise en compte séparée de plusieurs fonds de fissure, et la pertinence des résultats sur K_I sur les différents fonds.

Ce test comporte deux modélisations 3D :

- modélisation A : avec des éléments linéaires X-FEM

- modélisation B : avec des éléments quadratiques X-FEM, qui améliorent sensiblement la précision des résultats.

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

La structure est une plaque $3\mathrm{D}$ de dimensions $L_X = B = 1\,m$, $L_Y = 2.\mathrm{W} = 10\,m$ et $L_Z = 2.\mathrm{L} = 20\,m$, comportant une fissure plane centrale de longueur $2.\mathrm{a} = 2\,m$, centrée par rapport à l'éprouvette selon Y et Z et débouchant des deux cotés selon X (voir Figure 1.1-1).

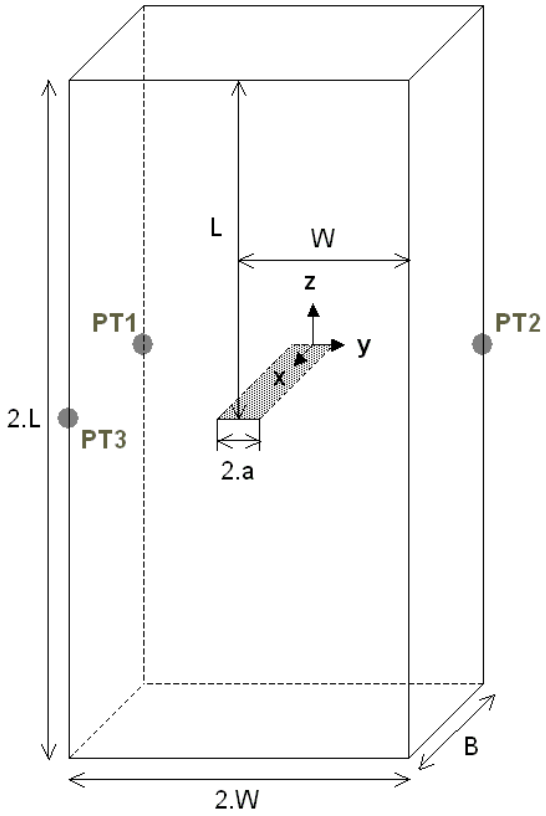


Figure 1.1-1 : Eprouvette avec fissure centrale débouchante

On se servira des points $PT1(0;-W;0)$, $PT2(0;W;0)$ et $PT3(B;-W;0)$ pour bloquer les modes rigides.

1.2 Propriétés du matériau

Module d'Young : $E = 1\,MPa$
Coefficient de Poisson : $\nu = 0$

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

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul

La solution analytique du problème est :

$$K_I = \frac{P}{B\sqrt{W}} f\left(\frac{a}{W}\right)$$

avec

$$f\left(\frac{a}{W}\right) = \sqrt{\frac{\pi a}{4W\cos\left(\frac{\pi a}{2W}\right)}}\left[1 - 0.025\left(\frac{a}{W}\right)^2 + 0{,}06\left(\frac{a}{W}\right)^4\right]$$

et

$$P = \sigma \times 2W \times B$$

2.2 Grandeurs testées et résultats

$$\begin{cases} \sigma = 1\ Pa \\ B = 1\ m \\ a = 1\ m \\ W = 5\ m \end{cases}$$

$$f\left(\frac{a}{W}\right) = 0{,}406$$

$$K_I = 1{,}81584\ Pa\sqrt{m}$$

2.3 Incertitudes sur la solution

Solution analytique.

2.4 Références bibliographiques

[1] GENIAUT S., MASSIN P. : Méthode X-FEM, Manuel de référence du *Code_Aster*, [R7.02.12]

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

3 Modélisation A

C'est un cas de traction uniforme. Dans cette modélisation, on cherche à valider la définition de fonds de fissure multiples avec l'opérateur DEFI_FISS_XFEM [U4.82.08] et le calcul de K_I en fond de fissure séparément sur un fond et l'autre de la fissure.
La fissure centrale de demi-longueur $a = 1\text{m}$ est représentée par les level sets :

$$\begin{cases} LSN = z \\ LST = |Y| - a \end{cases}$$

3.1 Caractéristiques du maillage

La structure est maillé à partir d'éléments HEXA et PENTA. Le nombre d'éléments extérieurs est de 3 éléments selon X, 10 éléments selon Y, et 10 éléments selon Z.
Une zone centrale de dimension $1 \times 3 \times 2$ contenant la fissure ($-1,5 < Y < 1,5$ et $-1 < Z < 1$) est maillée plus finement exclusivement avec des éléments HEXA : 21 éléments sur Y, 15 éléments sur Z.
Le nombre total d'éléments volumiques est : 564 PENTA et 2556 HEXA20.

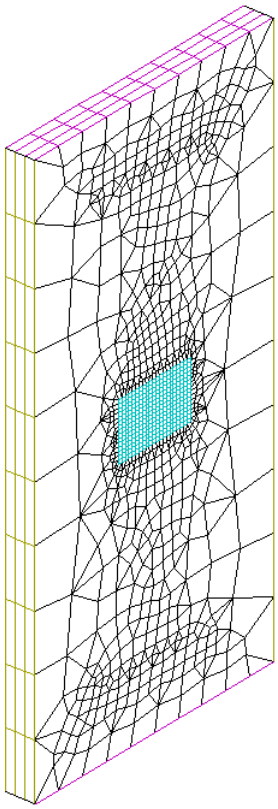


Figure 3.1-1 : Maillage avec zone centrale raffinée en HEXA8

3.2 Conditions aux limites et chargements

On applique sur les faces inférieure et supérieure un chargement de traction par une pression repartie :

$$\sigma_{zz} = 1\,\text{Pa}$$

Le blocage des modes rigides est appliqué sur les points $PT1$, $PT2$ et $PT3$ (voir Figure 1.1-1) :

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

$$PT_1 \begin{cases} DX_1=0 \\ DY_1=0 \\ DZ_1=0 \end{cases}, \qquad PT_2 \begin{cases} DX_2=0 \\ DZ_2=0 \end{cases} \text{ et } \qquad PT_3 \left| DZ_3=0 \right.$$

3.3 Grandeurs testées et résultats

On teste les valeurs de K_I sur les deux fonds de fissure séparément pour différentes couronnes d'intégration. Les valeurs des rayons inférieurs et supérieurs du tore sont les suivantes :

	Couronne 1	Couronne 2	Couronne 3	Couronne 4	Couronne 5	Couronne 6
Rinf	0,1	0,2	0,3	0,1	0,1	0,2
Rsup	0,2	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4

Tableau 3.1-1

Pour tester tous les nœuds du fond de fissure en une seule fois, on teste les valeurs minimales et maximales de K_I sur tous les nœuds du fond de fissure.

Fond de fissure 1 :

Identification	Référence	% différence
Couronne 1 : MAX(K_I)	1.81584	1.0
Couronne 1 : MIN(K_I)	1.81584	1.0
Couronne 2 : MAX(K_I)	1.81584	1.0
Couronne 2 : MIN(K_I)	1.81584	1.0
Couronne 3 : MAX(K_I)	1.81584	1.0
Couronne 3 : MIN(K_I)	1.81584	1.0
Couronne 4 : MAX(K_I)	1.81584	1.0
Couronne 4 : MIN(K_I)	1.81584	1.0
Couronne 5 : MAX(K_I)	1.81584	1.0
Couronne 5 : MIN(K_I)	1.81584	1.0
Couronne 6 : MAX(K_I)	1.81584	1.0
Couronne 6 : MIN(K_I)	1.81584	1.0

Fond de fissure 2 :

Identification	Référence	% différence
Couronne 1 : MAX(K_I)	1.81584	1.0
Couronne 1 : MIN(K_I)	1.81584	1.0
Couronne 2 : MAX(K_I)	1.81584	1.0
Couronne 2 : MIN(K_I)	1.81584	1.0
Couronne 3 : MAX(K_I)	1.81584	1.0
Couronne 3 : MIN(K_I)	1.81584	1.0
Couronne 4 : MAX(K_I)	1.81584	1.0
Couronne 4 : MIN(K_I)	1.81584	1.0
Couronne 5 : MAX(K_I)	1.81584	1.0
Couronne 5 : MIN(K_I)	1.81584	1.0
Couronne 6 : MAX(K_I)	1.81584	1.0
Couronne 6 : MIN(K_I)	1.81584	1.0

3.4 Commentaires

Les résultats sont stables pour les différentes couronnes, et pour les différents points des fonds de fissure. Ils sont suffisamment proches des valeurs attendues.

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

3.5 Remarques

Dans ce cas-test, les tables issues de DEFI_FISS_XFEM sont imprimées afin de s'assurer que celles-ci sont cohérentes avec les informations de DEFI_FISS_XFEM en INFO=2. Ainsi les tables FOND_FISS et NB_FOND_FISS sont récupérées en utilisant RECU_TABLE et sont alors imprimées en utilisant IMPR_TABLE. La valeur du nombre de fonds de fissure est récupérée par EXTR_TABLE et est ensuite utilisée pour le calcul de G (CALC_G) sur tous les fonds de fissure.

De plus, l'impression du maillage de visualisation X-FEM est également réalisée afin de s'assurer de la bonne construction des nœuds, des mailles, des groupes de mailles et des groupes de nœuds en fond de fissures.

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

4 Modélisation B

Idem que la modélisation A, en transformant les éléments linéaires en éléments quadratiques.

4.1 Caractéristiques du maillage

Identique à la modélisation A.

Le nombre total d'éléments volumiques est : 564 PENTA et 2556 HEXA20.

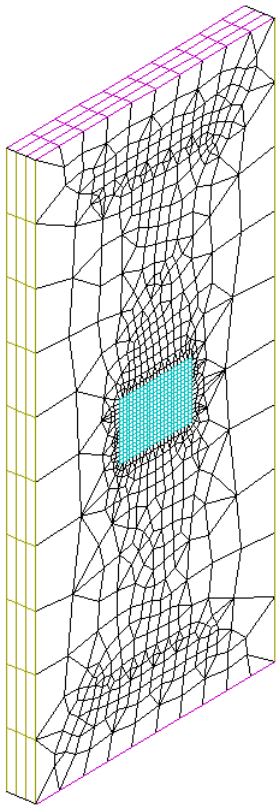


Figure 4.1-1 : Maillage avec zone centrale raffinée en HEXA20

4.2 Conditions aux limites et chargements

Idem modélisation A.

4.3 Grandeurs testées et résultats

Idem modélisation A.

On teste les valeurs de K_I sur les deux fonds de fissure séparément pour différentes couronnes d'intégration. Les valeurs des rayons inférieurs et supérieurs du tore sont les suivantes :

	Couronne 1	Couronne 2	Couronne 3	Couronne 4	Couronne 5	Couronne 6
Rinf	0,1	0,2	0,3	0,1	0,1	0,2
Rsup	0,2	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4

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

Tableau 3.1-1

Pour tester tous les nœuds du fond de fissure en une seule fois, on teste les valeurs minimales et maximales de K_I sur tous les nœuds du fond de fissure.

Fond de fissure 1 :

Identification	Référence	% différence
Couronne 1 : MAX(K_I)	1.81584	0.01
Couronne 1 : MIN(K_I)	1.81584	0.01
Couronne 2 : MAX(K_I)	1.81584	0.01
Couronne 2 : MIN(K_I)	1.81584	0.01
Couronne 3 : MAX(K_I)	1.81584	0.01
Couronne 3 : MIN(K_I)	1.81584	0.01
Couronne 4 : MAX(K_I)	1.81584	0.01
Couronne 4 : MIN(K_I)	1.81584	0.01
Couronne 5 : MAX(K_I)	1.81584	0.01
Couronne 5 : MIN(K_I)	1.81584	0.01
Couronne 6 : MAX(K_I)	1.81584	0.01
Couronne 6 : MIN(K_I)	1.81584	0.01

Fond de fissure 2 :

Identification	Référence	% différence
Couronne 1 : MAX(K_I)	1.81584	0.01
Couronne 1 : MIN(K_I)	1.81584	0.01
Couronne 2 : MAX(K_I)	1.81584	0.01
Couronne 2 : MIN(K_I)	1.81584	0.01
Couronne 3 : MAX(K_I)	1.81584	0.01
Couronne 3 : MIN(K_I)	1.81584	0.01
Couronne 4 : MAX(K_I)	1.81584	0.01
Couronne 4 : MIN(K_I)	1.81584	0.01
Couronne 5 : MAX(K_I)	1.81584	0.01
Couronne 5 : MIN(K_I)	1.81584	0.01
Couronne 6 : MAX(K_I)	1.81584	0.01
Couronne 6 : MIN(K_I)	1.81584	0.01

4.4 Commentaires

Les résultats sont stables pour les différentes couronnes, et pour les différents points des fonds de fissure. Ils sont suffisamment proches des valeurs attendues.

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

5 Synthèse des résultats

L'objectif était de valider la prise en compte séparée de plusieurs fonds de fissure, et la pertinence des résultats sur K_I sur les différents fonds. Le test est concluant.

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