

## 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.

## 1 Problème de référence

### 1.1 Géométrie

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

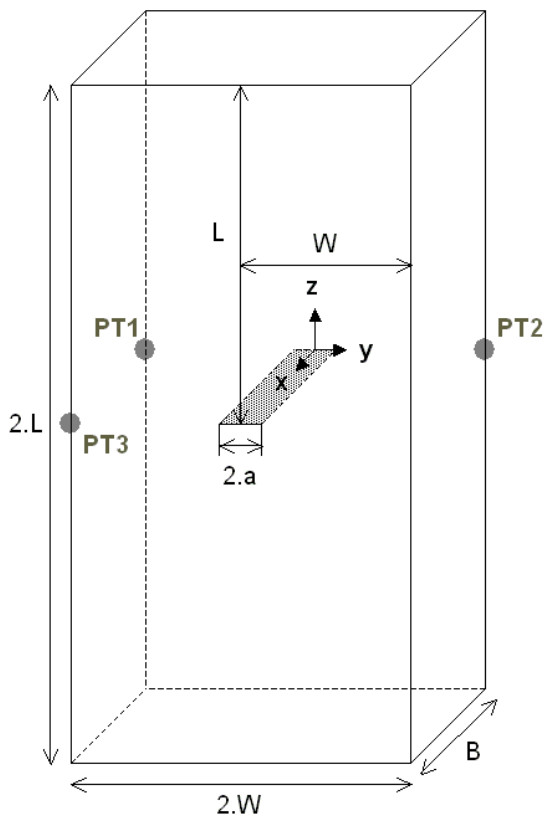


Figure 1.1-1 : Epreuve avec fissure centrale débouchante

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 :  $E=1\text{ MPa}$

Coefficient de Poisson :  $\nu=0$

## 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

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

$$f\left(\frac{a}{W}\right) = 0,406$$
$$K_I = 1,81584 \text{ Pa} \sqrt{\text{m}}$$

### 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]

## 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 maillée 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`.

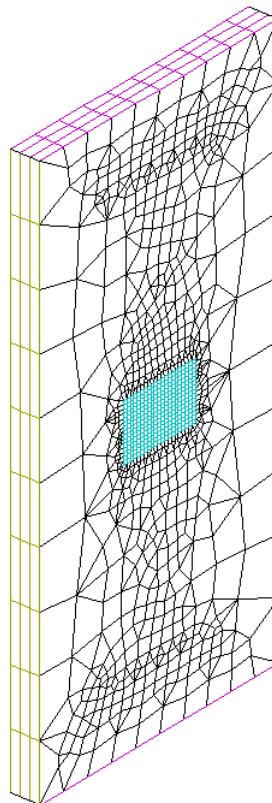


Figure 3.1-1 : Maillage avec zone centrale raffinée en `HEXA8`

### 3.2 Conditions aux limites et chargements

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

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

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

$$PT_1 \begin{cases} DX_1=0 \\ DY_1=0 \\ DZ_1=0 \end{cases}, \quad PT_2 \begin{cases} DX_2=0 \\ DZ_2=0 \end{cases} \quad \text{et} \quad PT_3 \begin{cases} DZ_3=0 \end{cases}$$

### 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.

## 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.

## 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.

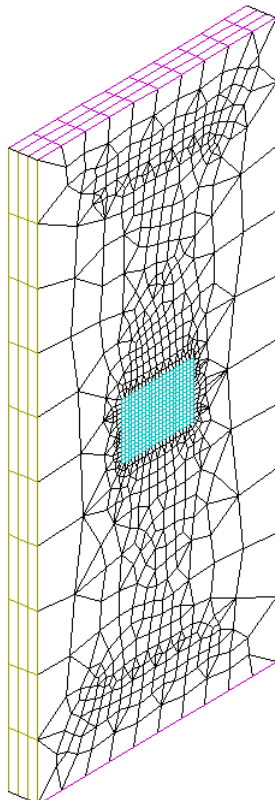


Figure 4.1-1 : Maillage avec zone centrale raffinée en HEXA20

### 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

**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.



## 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.