

SSLV319 – Propagation plane d'une fissure semi-elliptique

Résumé :

Ce test a pour but de valider la propagation plane d'une fissure en observant le déplacement du fond de fissure lors de la propagation.

Ce test met en jeu un pavé avec une fissure débouchante semi-elliptique plane, soumise à une force de traction.

La fissure est représentée par la méthode X-FEM et la propagation simulée à l'aide de la commande `PROPA_FISS`.

Nous allons comparer les résultats à une solution expérimentale.

Ce test contient deux modélisations :

La modélisation A utilise la méthode `MAILLAGE` de l'opérateur `PROPA_FISS`.

La modélisation B utilise la méthode `GEOMETRIQUE` de l'opérateur `PROPA_FISS`.

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

On considère un barreau tridimensionnel ayant pour dimensions :

- hauteur : $LZ = 4 \text{ mm}$,
- coté : $LX = LY = 1 \text{ mm}$.

Ce barreau comporte une fissure plane, semi-elliptique. La fissure est située dans le plan Oxy . Les caractéristiques de la fissures sont les suivantes :

- demi-grand axe : $a = 119 \text{ }\mu\text{m}$
- demi-petit axe : $b = 100 \text{ }\mu\text{m}$.

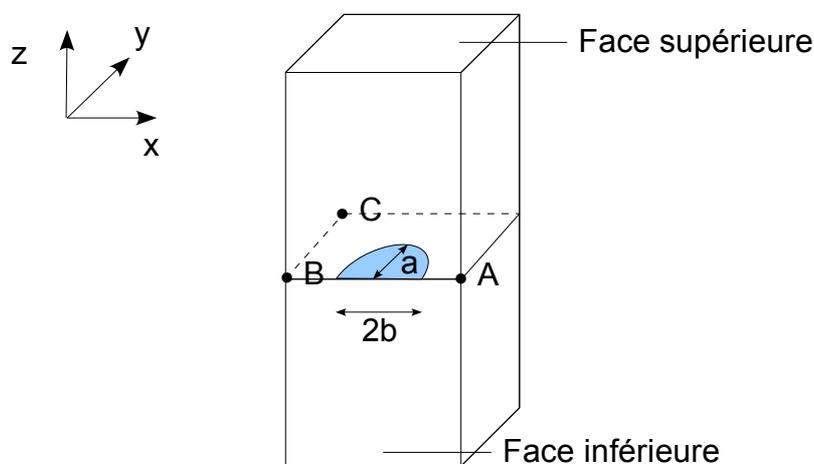


Figure 1.1-1: Géométrie de la fissure initiale

1.2 Propriétés de matériaux

Le matériau est élastique isotrope dont les propriétés sont :

$$E = 200\,000 \text{ MPa}$$

$$\nu = 0,3$$

1.3 Conditions aux limites et chargements

La structure est soumise à un chargement de fatigue sous amplitude constante : traction $\sigma_{max} = 220 \text{ MPa}$ et un ratio $R = 0,1$. La température est la température ambiante. La fréquence de chargement est de 40 Hz . Un chargement de 4000 cycles est appliqué.

L'effort de traction est appliqué sur les faces supérieure et inférieure.

Le blocage des modes rigides est effectué de la manière suivante :

- le point A est bloqué dans les directions Oy et Oz ,
- le point B est bloqué dans les directions Oy et Oz ,
- le point C est bloqué dans les directions Ox et Oz .

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence

La solution de référence a été obtenue par voie expérimentale 3 . Dans cet article, une simulation numérique est également réalisée.

2.2 Résultats de référence

La loi de propagation en fatigue de type Paris issues des essais est la suivante :

$\frac{da}{dN} = C(\Delta K)^m$ avec $C = 10^{-9,2}$ et $m = 3,5$. Les valeurs des coefficients de la loi de Paris sont

données pour des ΔK en $MPa \cdot \sqrt{m}$ et une vitesse $\frac{da}{dN}$ en $m/cycle$.

Après 4000 cycles, le point le plus profond du fond de fissure a atteint expérimentalement la côte $y = 173 \mu m$. La Figure2.1 1 présente le fond de fissure expérimental et calculé numériquement après 4000 cycles.

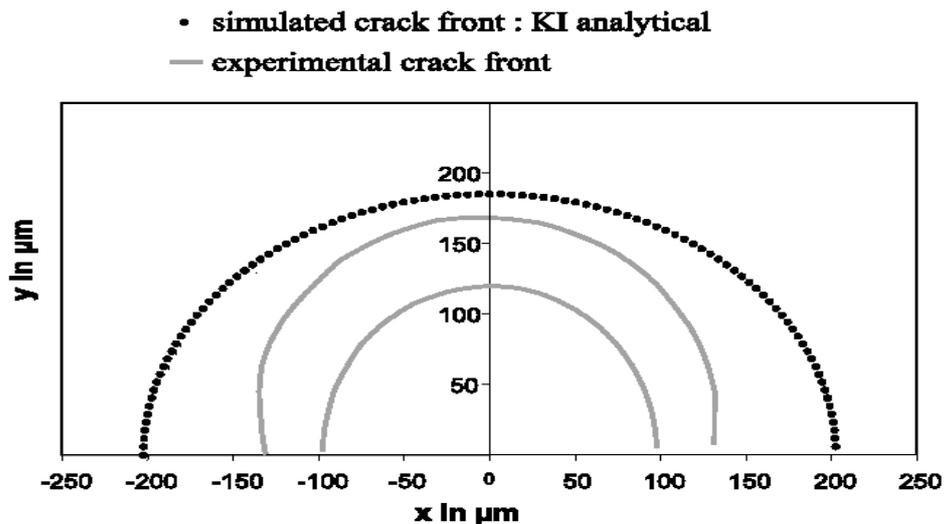


Figure2.1 1: Fond de fissure

2.3 Références bibliographiques

- (1) E. Ferrié, J.Y. Buffière, W. Ludwig, A. Gravouil, L. Edwards, Fatigue crack propagation: In situ visualisation using X-ray microtomography and 3D simulation using the extend finite element method, Acta Materialia 54, pp. 1111-1122, 2006

3 Modélisation A : Méthode MAILLAGE

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Dans cette modélisation, la fissure n'est pas maillée. On utilise la méthode X-FEM et une représentation de la fissure par level sets. La mise à jour des level sets est réalisée par l'opérateur `PROPA_FISS`, méthode `MAILLAGE`.

3.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage initial des la structure est relativement grossier. Il a été réalisé dans le module SMESH de Salomé, avec Blsurf et GHS3D. La taille définie pour le maillage surfacique Blsurf est 2 mm .

unité du maillage : mètres

Nombre de nœuds : 2268

Nombre de mailles et type : 10690 TETRA4

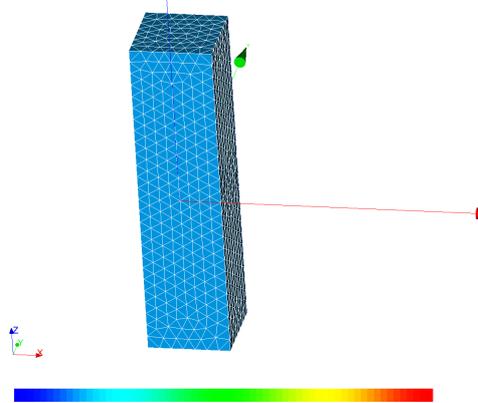
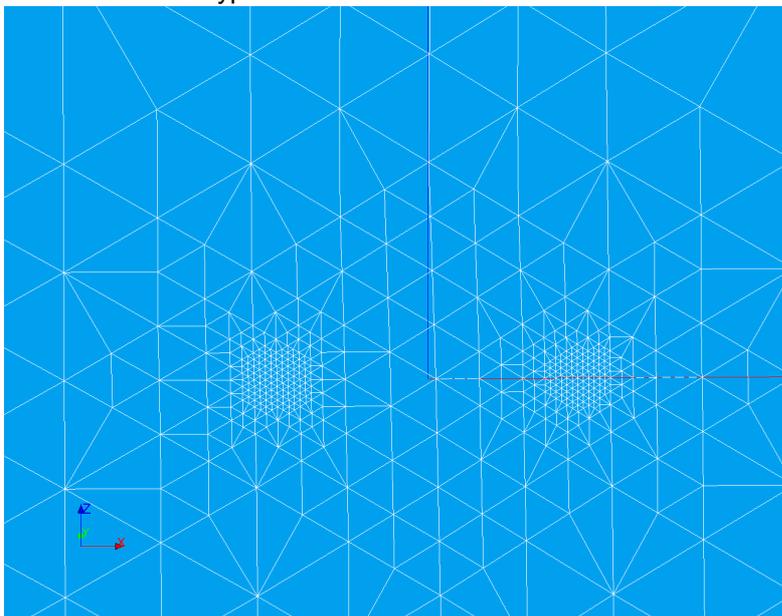


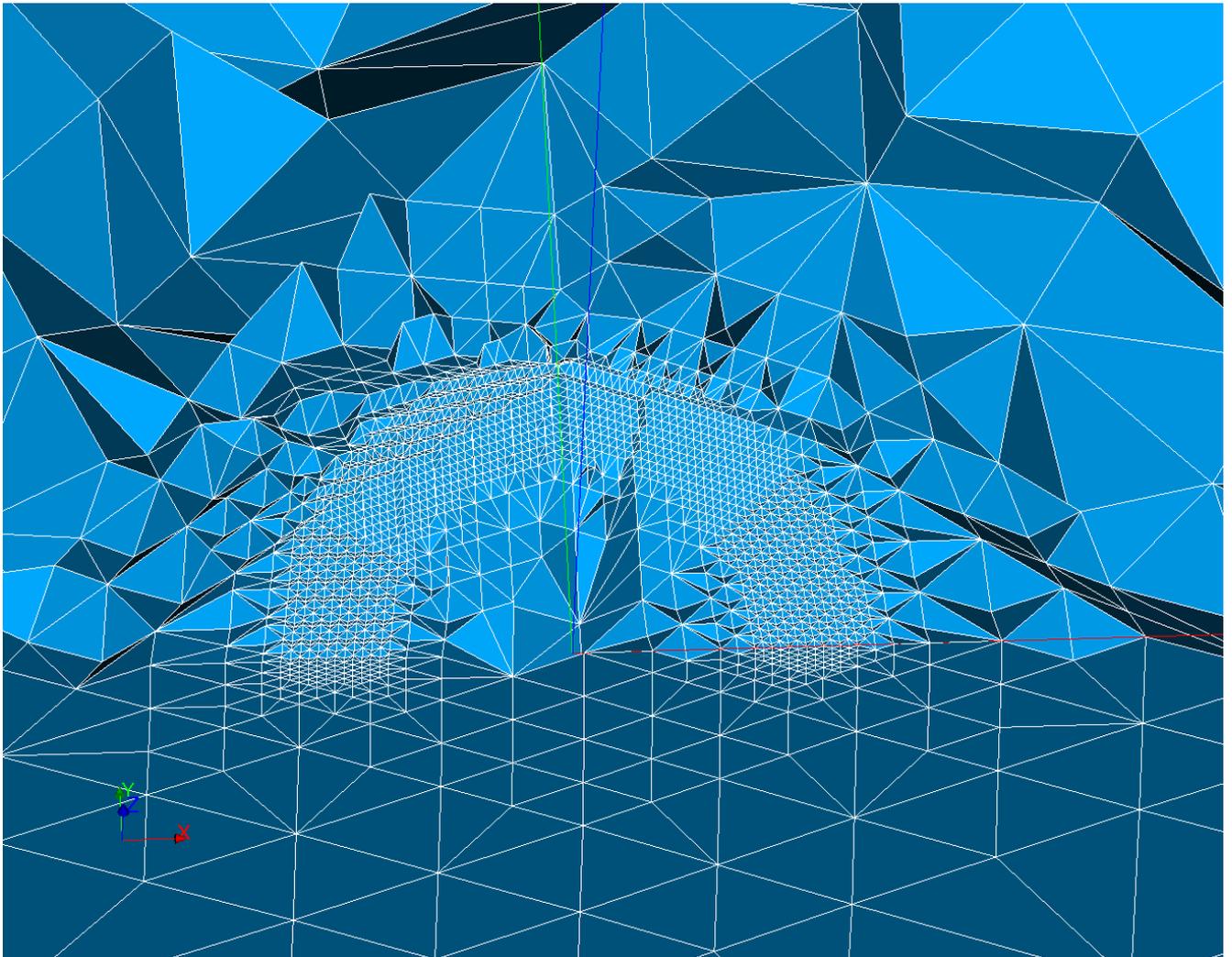
Figure 3.2-1:

Une procédure de raffinement automatique est mise en place. Après raffinement autour du fond de fissure, la longueur caractéristique d'un élément près du fond de fissure est de $5\text{ }\mu\text{m}$.

Le maillage raffiné a les caractéristiques suivantes :

- Nombre de nœuds : 18325
- Nombre de mailles et type : 103853 TETRA4





3.3 Conditions aux limites et chargements

- Un effort de traction est appliqué sur les faces supérieure et inférieure et celle de droite ;
- On bloque les modes rigides de la manière suivante :
nœud A : $DY = DZ = 0$, nœud B : $DY = DZ = 0$, et nœud C : $DX = DZ = 0$

3.4 Grandeurs testées et résultats

On teste la position du point du fond de fissure le plus profond. Cela revient à tester la coordonnée maximale suivant l'axe Y des points du fond de fissure après un pas de propagation.

Identification	Type de référence	Valeur de référence	% Tolérance
$\max(Y)$	'SOURCE_EXTERNE'	$173,3 \cdot 10^{-6}$	5%

4 Modélisation B : Méthode GEOMETRIQUE

4.1 Caractéristiques de la modélisation

Dans cette modélisation, la fissure n'est pas maillée. On utilise la méthode X-FEM et une représentation de la fissure par level sets. La mise à jour des level sets est réalisée par l'opérateur PROPA_FISS, méthode GEOMETRIQUE.

Le maillage initial, les conditions aux limites et les chargements sont identiques à ceux de la modélisation A.

4.2 Grandeurs testées et résultats

On teste la position du point du fond de fissure le plus profond. Cela revient à tester la coordonnée maximale suivant l'axe Y des points du fond de fissure après un pas de propagation.

Identification	Type de référence	Valeur de référence	% Tolérance
$\max(Y)$	'SOURCE_EXTERNE'	173,3 10 ⁻⁶	5%

5 Synthèse des résultats

Ce cas-test valide la mise à jour des level sets suite à un pas de propagation plane avec la méthode MAILLAGE et la méthode GEOMETRIQUE.