

FORMA07 - Travaux pratiques de la formation « Utilisation avancée » : fissure circulaire en milieu infini

Résumé :

Ce test 3D en quasi-statique, entre dans le cadre de la validation des post-traitements en mécanique de la rupture élastique linéaire. La structure comportant une fissure circulaire est mise en traction.

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

On s'intéresse à un cube soumis à un effort de traction comportant une fissure circulaire horizontale de rayon $a = 2\text{ m}$. On considèrera un cube de côté $10a$.

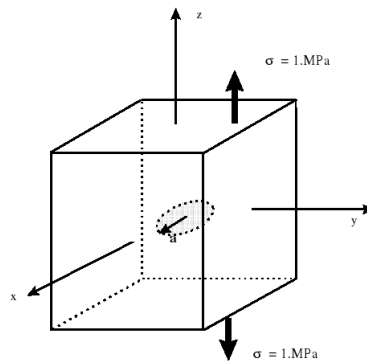


Figure 1.1-a: géométrie

1.2 Propriétés de matériaux

On considère un matériau homogène isotrope élastique linéaire dont les caractéristiques sont les suivantes :

- module d'Young $E = 200\,000\text{ MPa}$,
- coefficient de Poisson $\nu = 0,3$.

1.3 Conditions aux limites et chargements

La structure est en traction ($\sigma = 1\text{ MPa}$).

2 Solution de référence

2.1 Méthode utilisée pour la solution de référence

Pour une fissure circulaire de rayon a dans un milieu infini, soumise à une traction uniforme σ suivant la normale au plan des lèvres, le taux de restitution d'énergie local $G(s)$ est indépendant de l'abscisse curviligne le long du front de fissure s et s'exprime de la façon suivante[1] :

$$G(s) = \frac{(1-\nu^2)}{\pi E} 4 \sigma^2 a$$

Le facteur d'intensité de contrainte $K_I(s)$ est donné par la formule d'Irwin :

$$G(s) = \frac{(1-\nu^2)}{E} K_I^2, \text{ soit } K_I(s) = \frac{2\sigma\sqrt{a}}{\sqrt{\pi}}$$

2.2 Résultats de référence

Avec les valeurs numériques de l'énoncé, on trouve : $K_I = 1,5957\text{ MPa} \cdot \sqrt{\text{m}}$ et $G = 11,59\text{ J.m}^{-2}$.

2.3 Références bibliographiques

- H. Tada, P. Paris, G. Irwin, The stress analysis of cracks handbook, 3rd edition, 2000

3 Modélisation A : FEM 3D

3.1 Déroulement du TP

3.1.1 Maillage

Le maillage quadratique de la structure est fourni au format MED: `forma07a.mmed` . En prenant en compte certaines symétries du problème, seul un quart de la structure est représenté. On pourrait ne représenter qu' $1/8^{\text{ème}}$ de la structure. Le maillage a été généré avec le logiciel GIBI, et des tores sont définis autour du fond de fissure :

- rayon du plus petit tore : $0,12\text{ m}$,
- rayon du plus grand tore : $0,53\text{ m}$.

Les nœuds milieux des arêtes des éléments touchant le fond de fissure sont déplacés au quart de ces arêtes.

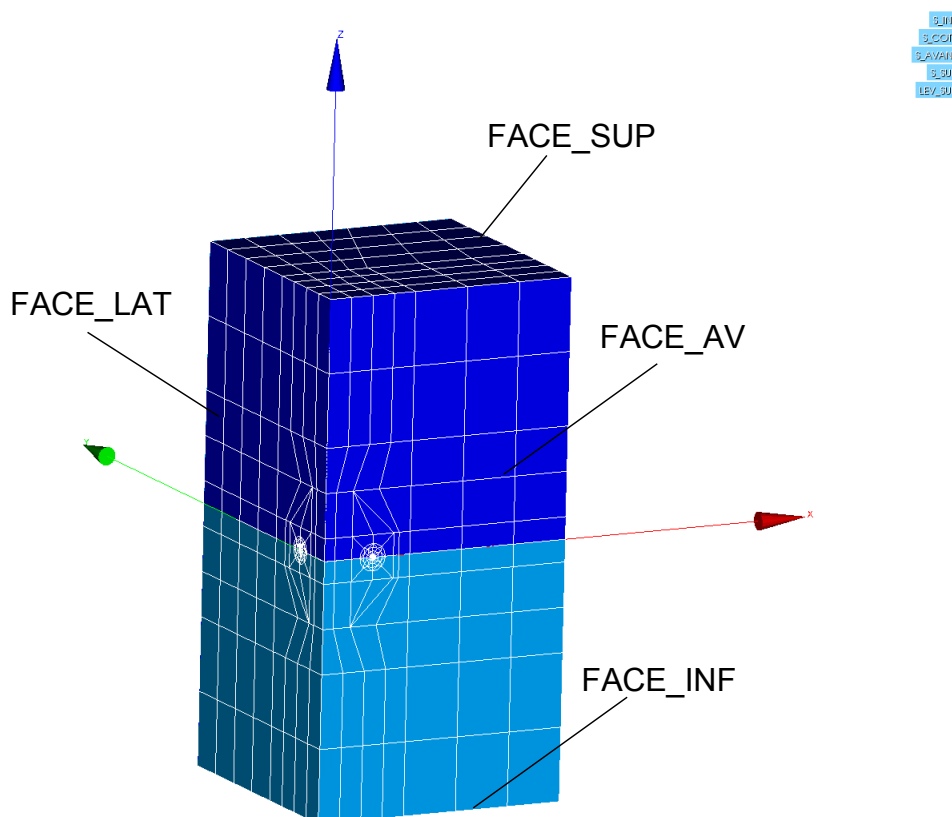


Figure 3.1.1-a: Maillage

3.1.2 Calcul du champ de déplacement

Le fichier de commande avec le modèle (3D), le matériau (élastique linéaire), les chargements (traction) et les conditions de symétrie sur les deux faces latérales est fourni : fichier `forma07a.comm` .

Visualiser les champs de déplacement et de contraintes obtenus.

3.1.3 Calcul de K et de G

Dans le fichier fourni, le fond de fissure est déjà défini avec `DEFI_FOND_FISS` à partir des groupes de mailles du fond et des lèvres. Calculer le taux de restitution d'énergie local (lissage par défaut) et global avec `CALC_G` et comparer à la solution de référence.

Pour le calcul des facteurs d'intensité des contraintes le long du fond de fissure, utiliser POST_K1_K2_K3 et comparer la solution obtenue avec la solution de référence.

3.1.4 Études d'influence

Étudier l'influence des options de lissage dans CALC_G (options CALC_G) : degré du polynôme de LEGENDRE , lissage LAGRANGE et ses variantes ...

On comparera les résultats obtenus en traçant les courbes.

(pour gagner du temps, vous pouvez vous dé-commenter les dernières instructions du fichier forma07a .comm)

3.2 Grandeurs testées et résultats

Identification	Référence	% tolérance
K_I de POST_K1_K2_K3	1,5957 10 ⁶	0,8%

4 Modélisation B : X-FEM 3D

Le problème considéré est le même que celui étudié dans la partie II. Cependant, contrairement à la partie précédente où la fissure était maillée, on considère dans cette partie un maillage sain. La fissure n'est donc pas maillée. Pour cela, on utilise la méthode X-FEM.

4.1 Déroulement du TP

4.1.1 Maillage

À partir d'un maillage sain relativement grossier, utiliser HOMARD pour obtenir un maillage raffiné. Créer le maillage grossier avec Salomé ou utiliser celui fourni :

```
forma07b.mmed
```

Une procédure de raffinement à compléter est fournie. Elle fait appel à Homard dans une boucle python (fichier non éditable avec Eficas). Notez que pour l'utiliser vous devez définir la fissure (voir paragraphe suivant) :

```
forma07b.comm
```

Si vous souhaitez passer cette étape, vous pouvez aussi utiliser directement le maillage raffiné fourni :

```
forma07b.41
```

Dans les maillages fournis (visualisez-les dans Salomé), les noms des groupes de mailles sont les suivants :

- groupe de nœuds : D,
- groupes de faces : FACE_AV, FACE_LAT, FACE_SUP, FACE_INF,
- groupe de volumes : CUBE.

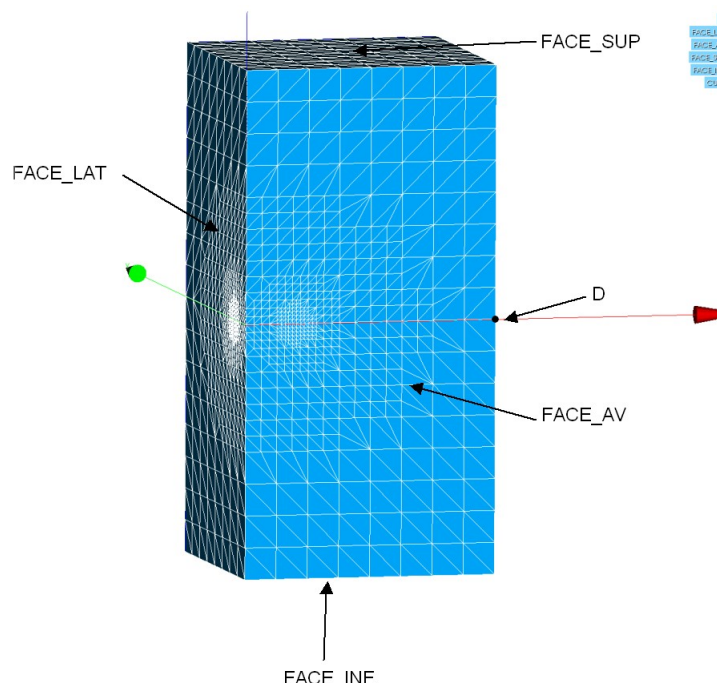


Figure 4.1.1-a: Groupes définis sur le maillage fourni

4.1.2 Définition de la fissure et des éléments X-FEM

La fissure est définie par la commande `DEFI_FISS_XFEM`. Utilisez de préférence le catalogue de fissures. Cette commande nécessite un maillage et un modèle.

Les éléments X-FEM sont ensuite définis via un nouveau modèle, par la commande `MODI_MODELE_XFEM`.

4.1.3 Calcul du champ de déplacement

Le fichier de commande avec le modèle (3D), le matériau (élastique linéaire), les chargements (traction) et les conditions de symétrie sur les deux faces latérales est fourni, il ne manque que la définition de la fissure (une base est créée pour faciliter le post-traitement -> utiliser `astk`) : `forma07b.com1`

Visualiser les champs de déplacement et de contraintes obtenus.

4.1.4 Calcul de K et de G

En poursuite, calculez G et K le long du fond de fissure avec les commandes `CALC_G` et `POST_K1_K2_K3`. Comparez les résultats à la solution analytique. Comparez les temps entre les 2 commandes.

Essayer le lissage `LAGRANGE`. Qu'observe t-on ?

Afin d'améliorer les résultats, essayer la répartition uniforme de n points le long du fond de fissure (`CALC_G/THETA/NB_POINT_FOND`) avec diverses valeurs de n .

Autres pistes : raffinement / enrichissement sur plusieurs couches

4.2 Grandeurs testées et résultats

Identification	Référence	% tolérance
K_I de <code>POST_K1_K2_K3</code>	$1,5957 \cdot 10^6$	13%