

FORMA05 - Travaux pratiques de la formation « Utilisation avancée » : Plaque fissurée en traction

Résumé :

Ce test 2D déformation planes, en quasi-statique, entre dans le cadre de la validation des post-traitements en mécanique de la rupture élastique linéaire. La plaque fissurée est mise en traction.

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

On considère une plaque rectangulaire de hauteur $H=2\text{ m}$, de largeur $W=1\text{ m}$, en déformation plane, avec une fissure horizontale débouchante de profondeur $a=0,1\text{ m}$.

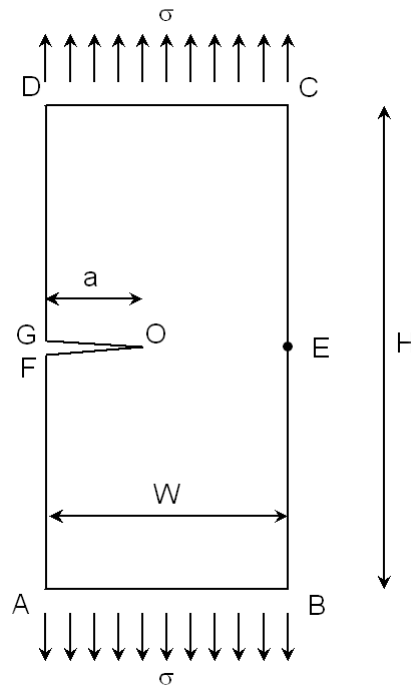


Figure 1.1-1: schéma de la plaque fissurée

1.2 Propriétés de matériaux

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

- module d'Young $E=210\,000\text{ MPa}$
- coefficient de Poisson $\nu=0,3$

1.3 Conditions aux limites et chargements

La plaque est en traction ($\sigma=10\text{ MPa}$).

2 Solution de référence

2.1 Méthode utilisée pour la solution de référence

La solution de référence [1] s'exprime de la façon suivante :

$$K_I = \sigma \sqrt{\pi a} F\left(\frac{a}{W}\right)$$

$$\text{avec } F\left(\frac{a}{W}\right) = 1,122 - 0,231\left(\frac{a}{W}\right) + 10,55\left(\frac{a}{W}\right)^2 - 21,71\left(\frac{a}{W}\right)^3 + 30,382\left(\frac{a}{W}\right)^4$$

La précision de cette formule empirique est de 0,5 pour $\frac{a}{W} \leq 0,6$.

On peut également calculer G grâce à la formule d'Irwin :

$$G(s) = \frac{(1 - \nu^2)}{E} K_I^2$$

2.2 Résultats de référence

Avec les valeurs numériques de l'énoncé, on trouve : $K_I = 6,65 \text{ MPa} \cdot \sqrt{\text{m}}$ et $G = 192 \text{ J.m}^{-2}$.

2.3 Références bibliographiques

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

3 Modélisation A : FEM 2d

3.1 Déroulement du TP

3.1.1 Géométrie et maillage avec Salome-Meca

En prenant en compte la symétrie de la géométrie définie sur la Figure 1, seule la moitié supérieure du modèle sera représentée. Cette géométrie peut être construite avec module Geometry de Salome-Meca en utilisant la fonctionnalité `New Entity / Basic / 2D Sketch` puis `Build/Face`. On veillera à définir les groupes géométriques *O*, *E*, *CD*, *GO* et *OE* sur la face ainsi créée en utilisant la fonctionnalité `New Entity / Explode`.

Avec la module Mesh de Salome-Meca, en utilisant Netgen 1D-2D : choisir `NETGEN 2D Parameters` puis `Max. Size = 0,1m`, `Min. Size = 0,005m`, option `Very Fine` et cocher la case `Second Order` pour obtenir directement un maillage quadratique. Cet algorithme permet lui aussi de définir une taille des mailles localement (onglet `Local sizes`). On pourra par exemple spécifier des éléments de `0,005m` à proximité du fond de fissure. N'oubliez par d'importer les groupes de mailles et de nœuds d'après les groupes géométriques *O*, *E*, *CD*, *GO* et *OE*.

3.1.2 Calcul du champ de déplacement

En plus de la force de traction imposée sur le segment *CD* (à imposer avec `FORCE_CONTOUR`), il faut prendre en compte la condition de symétrie, en bloquant les déplacement suivant *Y* du segment *OE*.

Pour empêcher les mouvements de corps rigide, on bloquera le déplacement latéral du nœud *E* (ou *O*). Visualiser les champs de déplacement et de contraintes obtenus.

(pour gagner du temps, vous pouvez vous servir du fichier `forma05a.comm`)

3.1.3 Calcul de K et de G

Définir le fond de fissure dans `DEFI_FOND_FISS` à partir des groupes de mailles du fond et des lèvres.

Calculer les facteurs d'intensité des contraintes et le taux de restitution d'énergie avec `POST_K1_K2_K3` et `CALC_G`. Les paramètres des opérateurs (`R_INF`, `R_SUP`, `ABSC_CURV_MAXI...`) seront à définir en fonction du maillage utilisé.

Il est rappelé que les commandes `POST_K1_K2_K3` et `CALC_G` produisent des structures de données de type Table. Il faut ajouter la commande `IMPR_TABLE` pour afficher les résultats de calcul.

Comparer la solution obtenue avec la solution de référence.

Mettre des éléments de Barsoum en fond de fissure (opérateur `MODI_MAILLAGE / MODI_MAILLE / NOEUD_QUART`) et regarder comment le résultat est modifié.

3.1.4 Études d'influence

- Sur `CALC_G` : vérifier l'indépendance du résultat au choix des couronnes d'intégration du champ θ ;
- Sur `POST_K1_K2_K3` : étudier l'influence du paramètre `ABSC_CURV_MAXI` ;
- On peut aussi modifier le raffinement du maillage (`Local sizes` avec `NETGEN 1D-2D`).

3.2 Grandeurs testées et résultats

3.2.1 Tests sur G

Identification	Référence	% tolérance
G de CALC_G, option CALC_G	192	0.3%
G de CALC_G, option CALC_K_G	192	0.3%
G_{Irwin} de CALC_G, option CALC_K_G	192	0.3%
G de POST_K1_K2_K	192	0.6%

3.2.2 Tests sur KI

Identification	Référence	% tolérance
K_I de CALC_G, option CALC_K_G	$6,65 \cdot 10^6$	0.3%
K_I de POST_K1_K2_K	$6,65 \cdot 10^6$	0.4%

4 Synthèse

Ce TP permet de mettre en évidence :

- L'intérêt d'un maillage quadratique par rapport à un maillage linéaire ;
- L'invariance des résultats aux choix des couronnes ;
- L'amélioration de la précision des résultats issus de POST_K1_K2_K grâce à l'utilisation d'éléments de Barsoum.