SSNP148 - Calcul du facteur d'intensité de contraintes par la régularisation des contraintes avec ENDO_HETEROGENE

Résumé :

Ce test calcule le seuil de propagation d'une fissure centrale dans dans une plaque de longueur infinie sollicitée par une contrainte à l'infinie. Dans ce cas une solution analytique existe puisqu'on peut calculer le facteur d'intensité de contraintes. Ce test donne une comparaison entre cette solution analytique et la valeur du facteur d'intensité des contraintes calculée à partir des contraintes régularisées (modélisation D_PLAN_GRAD_SIGM). L'objectif de cette démarche est de valider la méthode de calcul (modélisation D_PLAN_GRAD_SIGM et loi ENDO_HETEROGENE.) pour des cas où la longueur caractéristique est faible devant la taille de la fissure et de la structure.

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

On représente un domaine de longueur $l=6000\text{mm}$, de hauteur $h=1000\text{mm}$ contenant une fissure initiale verticale de longueur 2a. Par condition de symétrie, on ne modélise que la moitié du domaine (Illustration 1).

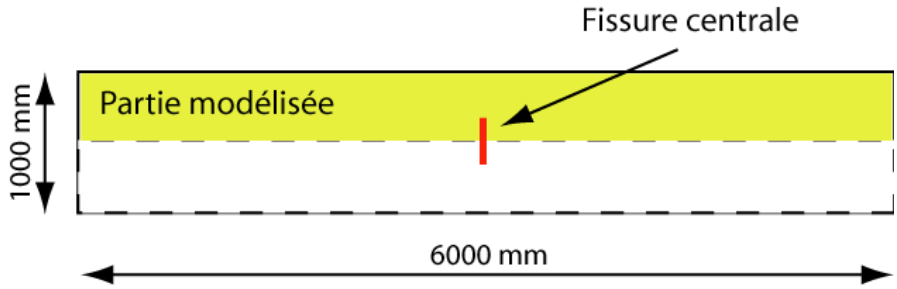


Illustration 1: Géométrie du cas test

1.2 Propriétés des matériaux

Paramètres d'élasticité :
Module d'Young $E_1=20.10^9\,MPa$, coefficient de Poisson $\nu_1=0,25$

Paramètres de la loi ENDO_HETEROGENE :
Limite élastique $\sigma_y=10^{18}\,Pa$
Module de Weibull $m=2$
Tenacité $K_c=1000\,MPa.m^{1/2}$
Epaisseur de l'échantillon $ep=1\text{m}$
Graine $GR=121$

Paramètre du modèle non local :
Longueur caractéristique $l_c=0,02\,m$

1.3 Conditions aux limites et chargement

On bloque les déplacements verticaux sur le bord inférieur du modèle ainsi que les déplacements horizontaux sur le bord gauche et on impose sur le bord droit une contrainte horizontale. La fissure centrale est représentée par une bande verticale d'éléments finis rompus (*i.e.*, $d=1$).

La contrainte appliquée sur le bord droite varie de 0 à $10\,MPa$ pendant la durée de calcul, i.e. $1\,s$.

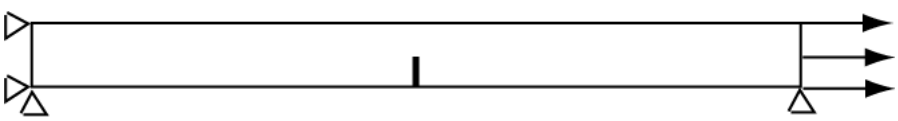


Illustration 2: Schéma des conditions aux limites

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

2 Solution de référence

Pour une fissure centrale de longueur $2a$ dans une barre d'épaisseur $2b$ et de longueur infinie sollicitée par une contrainte σ_∞ à l'infinie, on peut exprimer le facteur d'intensité des contraintes analytiques par l'équation suivante :

$$K_{Ia} \approx \sqrt{\frac{\pi a}{\cos\left(\frac{\pi a}{2b}\right)}}$$

Étant donné que dans le cas traité la fissure est sollicitée en mode I on peut introduire pour une longueur caractéristique donnée un équivalent au facteur d'intensité des contraintes [1]:

$$K_{IIc} = \frac{5\pi}{6\,\Gamma\frac{3}{4}} . \bar{\sigma}_{Ip} \sqrt{\pi\, l_c}$$

avec $\bar{\sigma}_{Ip}$ la contrainte régularisée principale maximale en pointe de fissure. Afin de comparer les résultats numériques à la solution analytique on introduit le paramètre $RKI = K_{II_c} / K_{Ia}$.

Les 2 équations ci-dessus ont été introduites dans le fichier de commandes du cas test par le biais des manipulations de tables. On extrait la valeur de la contrainte régularisée à la pointe de la fissure. Les valeurs du facteur d'intensité des contraintes analytique et numérique sont calculées dans le fichier de commandes. On calcule ensuite le rapport entre les deux valeurs (RKI). Ce rapport a été testé via la commande TEST_TABLE.

3 Références bibliographiques

[1] Granet, Seyedi (2010) Modélisation probabiliste d'endommagement des barrières géologiques de stockage profond de déchets nucléaire. Rapport final du BRGM dans le cadre de la collaboration ENDOSTON. Note HT64-2010-01265

[2] Guy, N., Seyedi, D. M. et Hild, F., (2010). Hydro-mechanical modeling of geological CO2 storage and the study of possible caprock fracture mechanisms. Georisk.

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

4 Modélisation A

4.1 Caractéristiques de la modélisation

La moitié supérieure du domaine est maillée en éléments triangulaires à 6 nœuds. Le maillage comporte 16602 triangles TRIA6 et 223 SEG2.

La taille de la fissure centrale, a, est égale $0{,}3571\,m$. 1 temps de $1\,s$ est modélisé.

4.2 Résultats

On trace sur les figures 3 et 4 respectivement les déplacements horizontaux DX et le critère d'endommagement (variable interne V1) au bout de $1\mathrm{s}$.

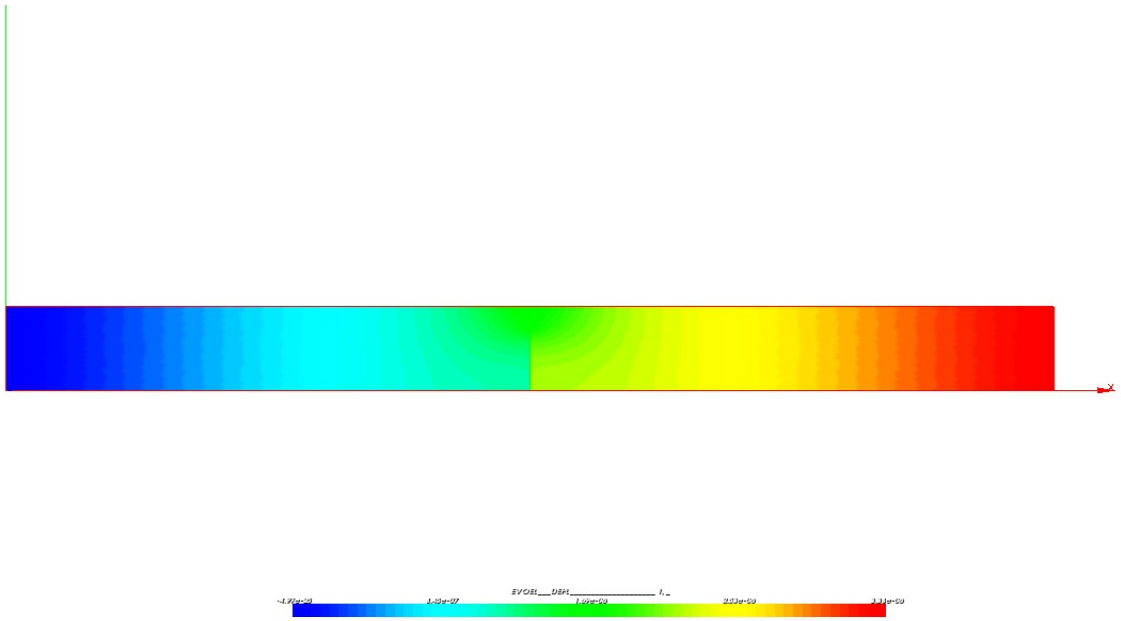


Illustration 3: Déplacements horizontaux DX, $t=1\mathrm{s}$

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

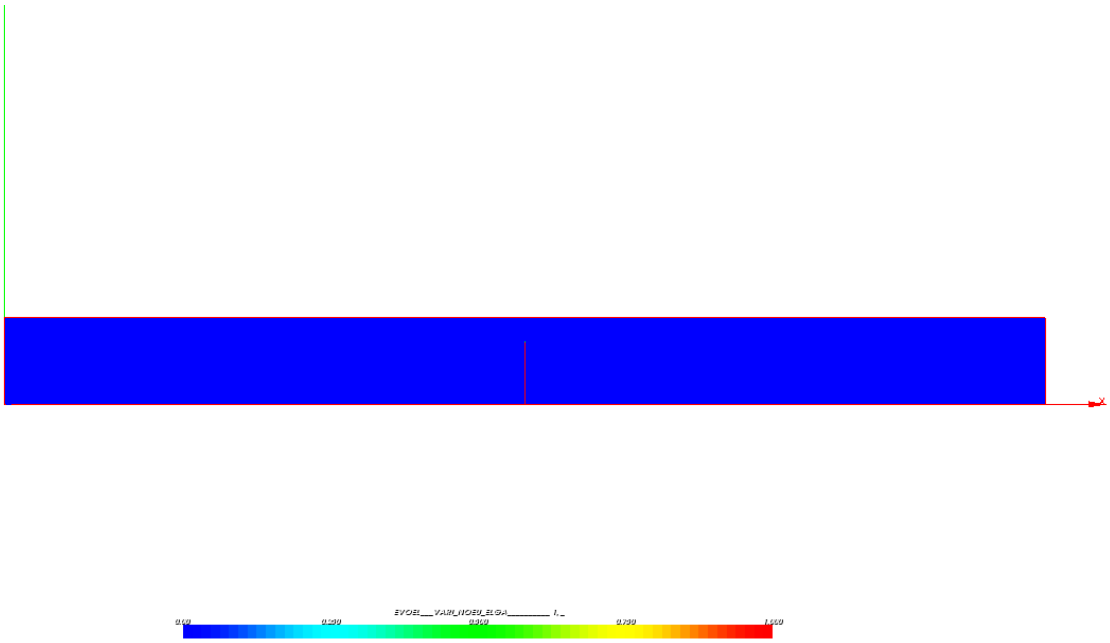


Illustration 4: Variable d'endommagement ($V1$), $t=1\mathrm{s}$

4.3 Valeurs testées

On teste la valeur d'intensité de contrainte via TEST_FONCTION.

Fonction	Instant	Valeur de référence	Tolérance (%)
$RKI=K_{II_c}/K_{la}$	1	1	1.E-2

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

5 Synthèse des résultats

Ce test permet de calculer le seuil de propagation d'une fissure centrale dans dans une plaque de longueur infinie sollicitée par une contrainte à l'infinie. Nous pouvons comparer les résultats obtenus avec une solution analytique : les résultats correspondent. Ce test permet ainsi de valider le modèle D_PLAN_GRAD_SIGM et la loi ENDO_HETEROGENE.

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