ZZZZ257 - Estimateur d'erreur en quantité d'intérêt pour la mécanique de la rupture

Résumé :

Ce test permet de valider l'estimation d'erreur en quantité d'intérêt pour la mécanique de la rupture. On teste ainsi les 3 méthodes disponibles dans *Code_Aster* (résidus, lissage *ZZ1* et lissage *ZZ2*). De plus les fichiers de commande donnent un canevas pour la mise en œuvre de l'estimation d'erreur en quantité d'intérêt et plus particulièrement la définition du chargement pour le problème dual.

Il y a 3 modélisations qui déclinent 3 problèmes différents :

- Modélisation A : plaque fissurée soumise à un effort de traction uniforme ;
- Modélisation B : poutre cantilever soumise à un effort de cisaillement ;
- Modélisation C : plaque avec une fissure inclinée, soumise à un effort de traction.

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

Dans ce test, on considère trois configurations de plaque fissurée. Le premier problème est une plaque fissurée soumise à un effort de traction uniforme (sollicitation en mode I). Le deuxième problème est une poutre cantilever soumise à un effort de cisaillement (sollicitation en mode I et en mode II). Enfin le troisième problème est une plaque avec une fissure inclinée, soumise à un effort de traction (sollicitation en mode I et en mode II).

Les paramètres géométriques sont les suivants :

- $L/b=16/7$;
- $h=L/2$;
- $a/b=1/2$;
- $L=16$;
- $\theta=60°$.

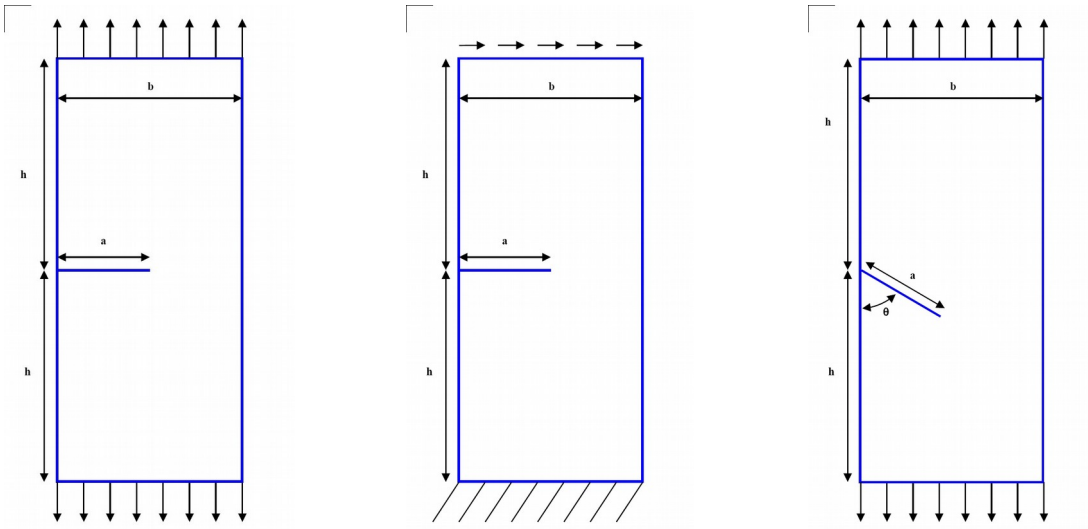

Tableau 1.1-1: Problème 1 (gauche), problème 2 (centre) et problème 3 (droite)

On définie :

- le groupe de mailles $HAUT$ comme le bord supérieur ;
- le groupe de maille BAS comme le bord inférieur ;
- le groupe de nœud $FONDFISS$ (un seul nœud) comme le fond de fissure ;
- le groupe de nœud $BLOCAGE$ (un seul nœud) comme l'intersection du prolongement de la fissure et du bord droit.

Par ailleurs, pour le calcul d'erreur en quantité d'intérêt, il est nécessaire de définir un autre problème (le problème dual) qui ne diffère du problème initial que par les conditions de Neuman (la matrice de rigidité et les conditions de Dirichlet sont les mêmes). Le chargement spécifique du problème dual dans le cadre de l'estimation d'erreur sur les facteurs d'intensité des contraintes doit être défini par le biais de fonctions à imposer sur les lèvres de la fissure. Pour savoir comment définir ce chargement et comment l'imposer, on pourra se reporter d'une part aux fichiers de commande et d'autre part à la documentation de référence sur l'estimation d'erreur en quantité d'intérêt [R4.10.06].

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

1.2 Propriétés du matériau

- Module d'Young : $E = 200000\,\mathrm{MPa}$
- Coefficient de Poisson : $\nu = 0.3$

1.3 Conditions aux limites et chargements

Problème 1 :
- Groupe de maille $HAUT$: $FY = 1$
- Groupe de maille BAS : $FY = -1$
- Nœud $FONDFISS$: $DY = 0$
- Nœud $BLOCAGE$: $DX = DY = 0$

Problème 2 :
- Groupe de maille $HAUT$: $FX = 1$
- Groupe de maille BAS : $DX = DY = 0$

Problème 3 :
- Groupe de maille $HAUT$: $FY = 1$
- Groupe de maille BAS : $FY = -1$
- Nœud $FONDFISS$: $DY = 0$
- Nœud $BLOCAGE$: $DX = DY = 0$

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul

Les solutions de référence pour les facteurs d'intensité des contraintes sont issues du « Stress Intensity Factors Handbook » de Murakami [bib1]. Les solutions de références pour l'estimation d'erreur sont des solution de non-régression. Les estimateurs d'erreur ont été validés dans la thèse de J. Delmas [bib2].

2.2 Grandeurs et résultats de référence

Les résultats de références pour les facteurs d'intensité des contraintes sont :

	K_I	K_{II}
Problème 1	9,37	-
Problème 2	33,93	4,53
Problème 3	6,33	1,86

Tableau 2.2-1 : Grandeurs et résultats de référence

2.3 Références bibliographiques

[1] Y. Murakami, « Stress Intensity Factors Handbook », Pergamon Press Oxford, 1987.

[2] J. Delmas, « Stratégies de contrôles d'erreur en calcul de structures industrielles. Mise en oeuvre d'estimation d'erreur en quantité d'intérêt et d'adaptation de maillage », Thèse de doctorat, Université de Picardie Jules Verne, 2008.

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

La modélisation utilisée est une modélisation C_PLAN.

3.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage est composé de 240 triangles linéaires. Le maillage est transformé en maillage quadratique dans le fichier de commande. De plus les éléments en fond de fissure sont transformés en éléments de Barsoum.

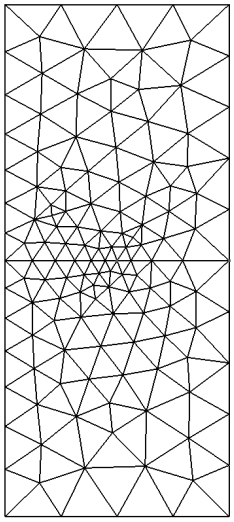

Figure 3.2-a: Maillage pour le problème 1

3.3 Grandeurs testées et résultats

On teste les valeurs des facteurs d'intensité des contraintes donnés par la commande POST_K1_K2_K3 (comparaison analytique et non-régression) et la valeur des estimateurs d'erreur pour les 3 méthodes implémentées dans *Code_Aster* (paramètres ERREUR_ERRE, ERREUR_ERZ1, ERREUR_ERZ2, ERREUR_QIRE, ERREUR_QIZ1, ERREUR_QIZ2) pour le problème primal et le problème dual (comparaison non-régression).

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

Grandeur testée	Valeur de référence	Tolérance (relative)
K1 (analytique)	9.37	0.005
ERREUR_ERRE	2.6654055228458E-03	1.E-8
ERREUR_ERZ1	3.0877585644437E-03	1.E-8
ERREUR_ERZ2	7.4767989844696E-03	1.E-8
ERREUR_ERRE	5.2145715958031E+01	1.E-8
ERREUR_ERZ1	6.2002976336900E+01	1.E-8
ERREUR_ERZ2	1.4362442647950E+02	1.E-8
ERREUR_QIRE	9.3257156697600E+01	1.E-8
ERREUR_QIZ1	3.0877585644437E-03	1.E-8
ERREUR_QIZ2	7.4767989844696E-03	1.E-8

Tableau 3.3-1 : Résultats pour les grandeurs testées

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

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

La modélisation utilisée est une modélisation C_PLAN.

4.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage est le même que pour la modélisation A

4.3 Grandeurs testées et résultats

On teste les valeurs des facteurs d'intensité des contraintes donnés par la commande POST_K1_K2_K3 (comparaison analytique et non-régression) et la valeur des estimateurs d'erreur pour les 3 méthodes implémentées dans *Code_Aster* (paramètres ERREUR_ERRE, ERREUR_ERZ1, ERREUR_ERZ2, ERREUR_QIRE, ERREUR_QIZ1, ERREUR_QIZ2) pour le problème primal et le problème dual (comparaison non-régression).

Grandeur testée	Valeur de référence	Tolérance (relative)
K2 (analytique)	4.53	0,03
K2 (non régression)	4,65	1.5E-6
ERREUR_ERRE	1.0037405543237E-02	1.E-8
ERREUR_ERZ1	1.1598992325170E-02	1.E-8
ERREUR_ERZ2	4.3649921113998E-02	1.E-8
ERREUR_ERRE	3.1841311747473E+01	1.E-8
ERREUR_ERZ1	5.6752165388391E+01	1.E-8
ERREUR_ERZ2	9.1883438831033E+01	1.E-8
ERREUR_QIRE	4.7392126029165E+01	1.E-8
ERREUR_QIZ1	1.1598992325170E-02	1.E-8
ERREUR_QIZ2	4.3649921113998E-02	1.E-8

Tableau 4.3-1 : Résultats pour les grandeurs testées

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

5 Modélisation C

5.1 Caractéristiques de la modélisation

La modélisation utilisée est une modélisation C_PLAN.

5.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage est composé de 222 triangles linéaires. Le maillage est transformé en maillage quadratique dans le fichier de commande. De plus les éléments en fond de fissure sont transformés en éléments de Barsoum.

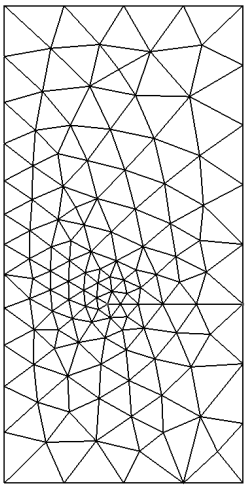

Figure 5.2-a: Maillage pour le problème 3

5.3 Grandeurs testées et résultats

On teste les valeurs des facteurs d'intensité des contraintes donnés par la commande POST_K1_K2_K3 (comparaison analytique et non-régression) et la valeur des estimateurs d'erreur pour les 3 méthodes implémentées dans *Code_Aster* (paramètres ERREUR_ERRE, ERREUR_ERZ1, ERREUR_QIRE, ERREUR_QIZ1) pour le problème primal et le problème dual (comparaison non-régression).

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

Grandeur testée	Valeur de référence	Tolérance (relative)
K1 (analytique)	6.33	0.099
K1 (non régression)	6.95029	1.E-6
ERREUR_ERRE	2.2009669815803E-03	1.E-8
ERREUR_ERZ1	2.2766563775709E-03	1.E-8
ERREUR_ERRE	5.2902256540711E+01	1.E-8
ERREUR_ERZ1	5.5578633368626E+01	1.E-8
ERREUR_QIRE	7.6783302550272E+01	1.E-8
ERREUR_QIZ1	2.2766563775709E-03	1.E-8

Tableau 5.3-1 : Résultats pour les grandeurs testées

6 Synthèse des résultats

Les résultats obtenus sont satisfaisants. L'estimation d'erreur en quantité permet bien d'adapter la maillage.

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