SSLP314 – Fissure déviée à l'interface entre deux demi-plans élastiques

Résumé :

Ce cas test traite le problème d'une fissure déviée en 2 dimensions, sous l'hypothèse des contraintes planes. L'ensemble est constitué de deux matériaux élastiques, linéaires et isotropes, le matériau 1 étant situé dans le demi-plan supérieur.
La fissure est définie par deux branches. La première branche est située horizontalement a l'interface des deux matériaux, et est caractérisée par sa longueur c .
La seconde se trouve dans le prolongement de la première et est incliné a $45°$ par rapport a l'horizontale, dans le sens horaire (longueur caractéristique a). C'est l'extrémité de cette branche, totalement incluse dans le matériau 1, que nous étudions. La fissure déviée (branche 1 et 2) est continue, dans un milieu supposé infini, et le chargement appliqué a cette plaque, est un traction uniforme sur les bords supérieur et inférieur.
Pour cette étude, les paramètres explorés sont le rapport des modules d'Young $E2/E1$ valant $0.25, 1., 4.$ et le rapport a/c valant 0.1 et $1.$ On dénombre en tout 6 cas tests.
Les conditions aux limites isostatiques bloquent les trois modes de corps rigides plans sans faire apparaître de réactions aux appuis.
Sous l'action de la traction, et vu l'angle de la fissure, la seconde branche s'ouvre (mode I) et glisse (mode II).

Ce cas test valide l'utilisation des opérateur calculant le taux de restitution d'énergie en mécanique de la rupture pour des modélisations 2D. Les opérateurs utilisés sont CALC_THETA et CALC_G (CALC_G et CALC_K_G).

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

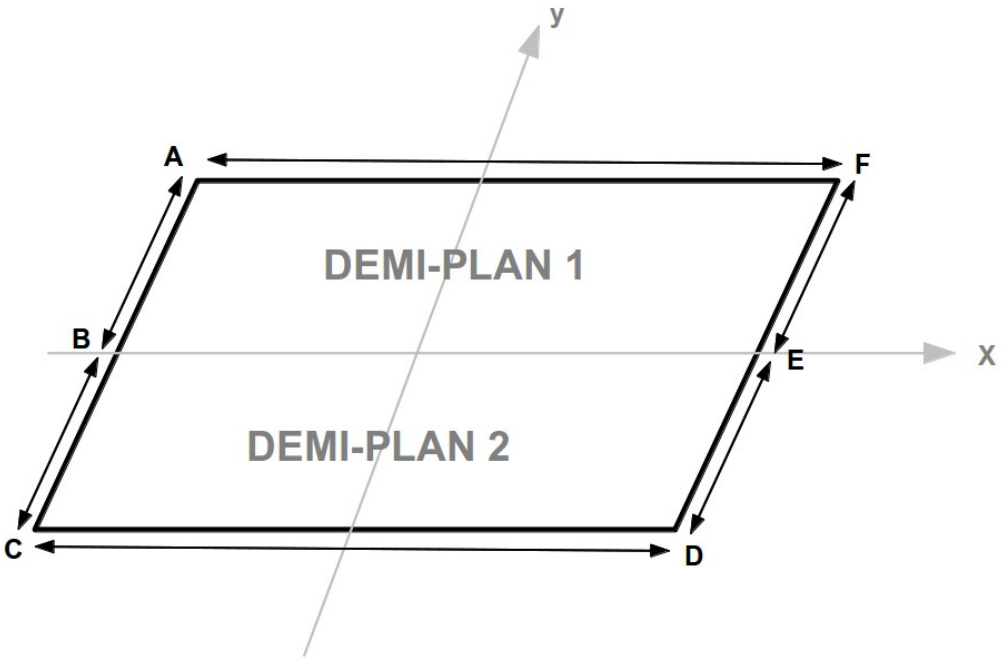


Figure 1.1 Géométrie du problème

Longueur : $L=20\,cm$
Largeur : $l=20\,cm$
$AC=CD$

1.2 Propriétés du matériau

Matériau pour le demi-plan 1 :

Module d'Young	$E=2\times10^{12}\,Pa$
Coefficient de Poisson	$\nu=0.3$

Matériau pour le demi-plan 2 :

Module d'Young	Modélisation A, D : $E=8\times10^{12}\,Pa$ Modélisation B, E : $E=2\times10^{12}\,Pa$ Modélisation C, F : $E=5\times10^{11}\,Pa$
Coefficient de Poisson	$\nu=0.3$

1.3 Conditions aux limites et chargements

Pour les modélisations A, B et C :

Déplacement imposé:

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

Encastrement des côtés AB , BC	$DX=0$
Encastrement du point B :	$DY=0$
Liaison uniforme du côté : DE	$U_X(N_i)=U_X(N_1)$
Liaison uniforme du côté : EF	$U_X(N_i)=U_X(N_1)$

Pour les modélisations D, E et F :

Déplacement imposé:

Encastrement du point B :	$DX=0$, $DY=0$
Encastrement du point E :	$DY=0$

Pour les modélisations A, B, C, D, E et F :

Chargement imposé :

Force contour sur le côté CD	$F_X=-75\times10^6\ N$
Force contour sur le côté FA	$F_X=75\times10^6\ N$

1.4 Taille des fissures

c : longueur cacrtéristique de la fissure horizontale.
a : longueur cacrtéristique de la fissure déviée a $45°$.

	c	a
Modélisation A, B et C	0,02	0,02
Modélisation D, E et F	0,02	0,002

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

2 Solution de référence

2.1 Résultats de référence

Les résultats de références sont issues de modélisations analogues réalisées sous CASTEM_2000.
Une solution Analytique existe dans l'ouvrage de Y. MURAKAMI : « Stress Intensity Factor ».

2.2 Références bibliographiques

1) Y. MURAKAMI : Stress Intensity Factor ,case 8.20.
The Society of Materials Science, Japan, Pergamon Press 1987.

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation A

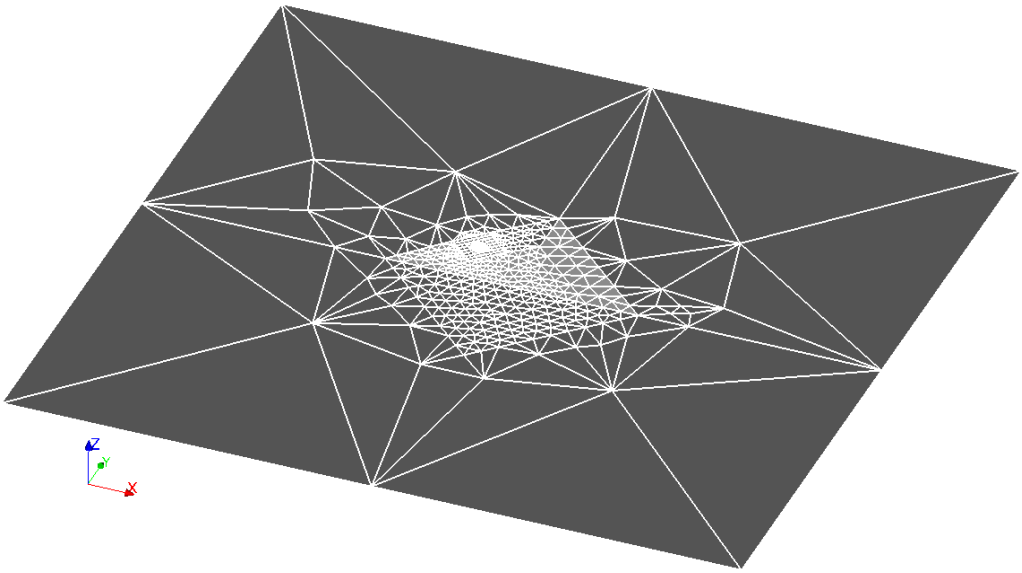


Figure 3.1. Maillage de la modélisation A

Modélisation C_PLAN

3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 2044
Nombre de mailles et types : 160 QUAD8 et 756 TRIA6
Longueur de la première fissure $c=0{,}02$.
Longueur de la seconde fissure $a=0{,}02$.

3.3 Grandeurs testées et résultats

Grandeur	Valeur de référence	Type de référence	Tolérance (%)
G	85.46	'SOURCE_EXTERNE'	0.68
G	85.46	'SOURCE_EXTERNE'	0.48
G	85.46	'SOURCE_EXTERNE'	0.54
G	85.46	'SOURCE_EXTERNE'	0.47
G_IRWIN	85.46	'SOURCE_EXTERNE'	2.54
G_IRWIN	85.46	'SOURCE_EXTERNE'	0.3
G_IRWIN	85.46	'SOURCE_EXTERNE'	0.35
G_IRWIN	85.46	'SOURCE_EXTERNE'	0.2

Les résultats obtenus sont cohérents avec ceux issues de CASTEM_2000.
L'écart maximum pour cette modélisation est de $2{,}54$ %.

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

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation B

Module de Young $E=2\times10^{12}\ Pa$.
Pour le reste, voir Modélisation A.

4.2 Caractéristiques du maillage

Voir Modélisation A.

4.3 Grandeurs testées et résultats

Grandeur	Valeur de référence	Type de référence	Tolérance (%)
G	117.07	'SOURCE_EXTERNE'	2.2
G	117.07	'SOURCE_EXTERNE'	3.32
G	117.07	'SOURCE_EXTERNE'	3.37
G	117.07	'SOURCE_EXTERNE'	3.31
G_IRWIN	117.07	'SOURCE_EXTERNE'	0.45
G_IRWIN	117.07	'SOURCE_EXTERNE'	3.21
G_IRWIN	117.07	'SOURCE_EXTERNE'	3.25
G_IRWIN	117.07	'SOURCE_EXTERNE'	3.1

Les résultats obtenus sont cohérents avec ceux issues de CASTEM_2000.
L'écart maximum pour cette modélisation est de $3{,}37$ %.

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

5 Modélisation C

5.1 Caractéristiques de la modélisation C

Module de Young $E=5\times10^{11}Pa$.
Pour le reste, voir Modélisation A.

5.2 Caractéristiques du maillage

Voir Modélisation A.

5.3 Grandeurs testées et résultats

Grandeur	Valeur de référence	Type de référence	Tolérance (%)
G	181.7	'SOURCE_EXTERNE'	2.44
G	181.7	'SOURCE_EXTERNE'	1.27
G	181.7	'SOURCE_EXTERNE'	1.22
G	181.7	'SOURCE_EXTERNE'	1.29
G_IRWIN	181.7	'SOURCE_EXTERNE'	4.16
G_IRWIN	181.7	'SOURCE_EXTERNE'	1.27
G_IRWIN	181.7	'SOURCE_EXTERNE'	1.23
G_IRWIN	181.7	'SOURCE_EXTERNE'	1.38
G_IRWIN	181.7	'SOURCE_EXTERNE'	1.22

Les résultats obtenus sont cohérents avec ceux issues de CASTEM_2000.
L'écart maximum pour cette modélisation est de $4,16$ %.

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

6 Modélisation D

6.1 Caractéristiques de la modélisation D

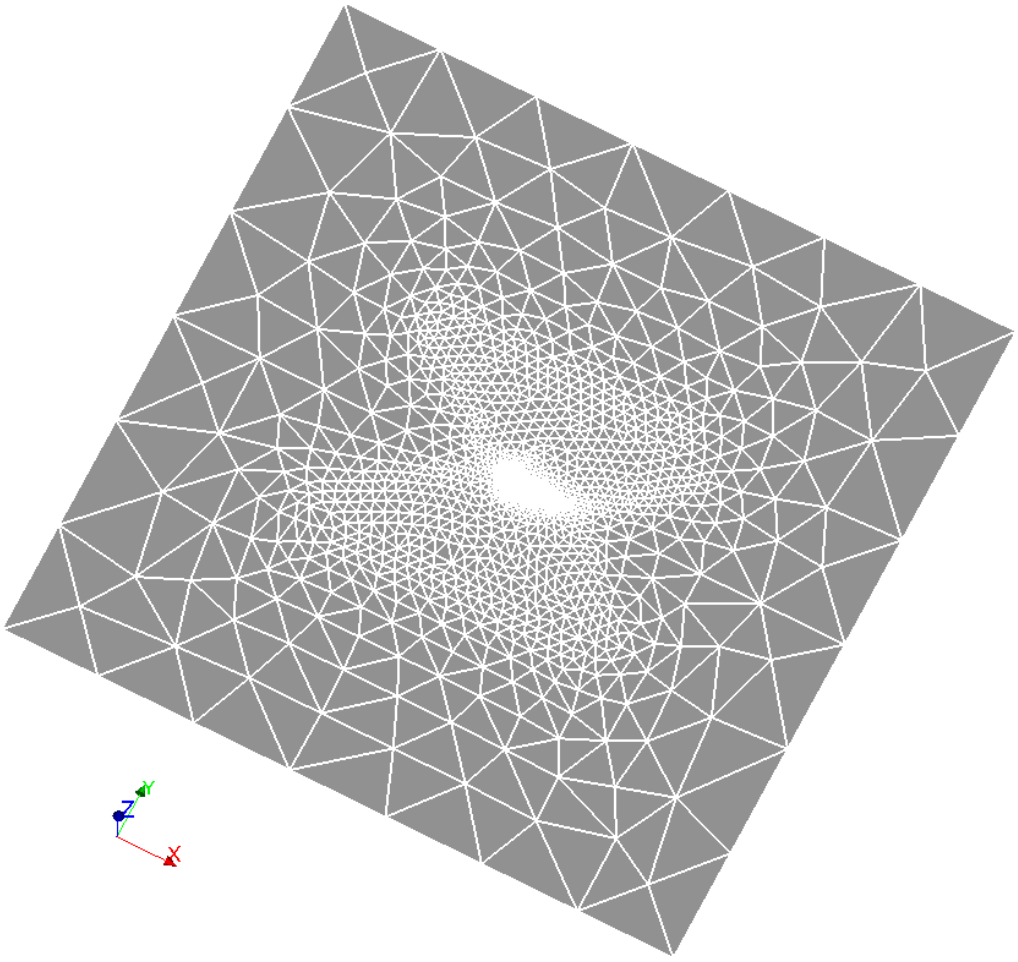


Figure 6.1. Maillage de la modélisation D

Modélisation C_PLAN

6.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 7030
Nombre de mailles et types : 160 QUAD8 et 3212 TRIA6
Longueur de la première fissure $c=0{,}02$.
Longueur de la seconde fissure $a=0{,}002$.

6.3 Grandeurs testées et résultats

Grandeur	Valeur de référence	Type de référence	Tolérance (%)
G	39.098	'NON_REGRESSION'	-
G_IRWIN	39.093	'NON_REGRESSION'	-

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

Les résultats obtenus dans ce cas test ne sont validé qu'en non-régression.
Il est noté que la solution est extraite de CASTEM, mais le mot-clef VALE_REFE n'a pas été rempli, nous ne connaissons donc pas l'écart relatif entre la solution fournie par CASTEM et celle fournie pas Code_Aster.

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

7 Modélisation E

7.1 Caractéristiques de la modélisation E

Module de Young $E=2\times10^{12}\ Pa$.
Pour le reste, voir Modélisation D.

7.2 Caractéristiques du maillage

Voir Modélisation D.

7.3 Grandeurs testées et résultats

Grandeur	Valeur de référence	Type de référence	Tolérance (%)
G	51.989	'NON_REGRESSION'	-
G_IRWIN	51.951	'NON_REGRESSION'	-

Les résultats obtenus dans ce cas test ne sont validés qu'en non-régression.
Il est noté que la solution est extraite de CASTEM, mais le mot-clef VALE_REFE n'a pas été rempli, nous ne connaissons donc pas l'écart relatif entre la solution fournie par CASTEM et celle fournie pas Code_Aster.

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

8 Modélisation F

8.1 Caractéristiques de la modélisation F

Module de Young $E=5\times10^{11}Pa$.
Pour le reste, voir Modélisation D.

8.2 Caractéristiques du maillage

Voir Modélisation D.

8.3 Grandeurs testées et résultats

Grandeur	Valeur de référence	Type de référence	Tolérance (%)
G	77.075	'NON_REGRESSION'	-
G_IRWIN	77.03	'SOURCE_EXTERNE'	0.12
G_IRWIN	77.03	'SOURCE_EXTERNE'	0.08

Les résultats obtenus sont cohérents avec ceux issues de CASTEM_2000.
L'écart maximum pour cette modélisation est de $0,12$ %.

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

9 Synthèse des résultats

Les différents opérateurs de Code_Aster visant a post-traiter le taux de restitution d'énergie en mécanique de la rupture utilisés dans ce cas test donnent de bons résultats.
Sur les 6 modélisations l'écart relatif maximum rencontré est de $4,16$ % pour la modélisation C.

Remarques :

Les valeurs de coefficient K_I et K_{II} obtenues sont excellents dans le cas où les modules de glissements sont égaux, et lorsque les longueurs de branches sont égales.
Dans tous les cas traités, les couronnes d'intégration pour le calcul de G et des K, sont confinées a un seul matériau. Comme il y a un doute sur la précision des résultats de référence, il faut se reporter a la publication originale d' ISIDA NOGHUCHI avant de porter un jugement définitif sur la précision des résultats obtenus par éléments finis.

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