TTLP101 - Plaque fissurée à températures imposées avec condition d'échange à travers les lèvres de la fissure

Résumé

Ce test met en jeu une plaque carrée avec une fissure droite débouchante, soumise à un gradient de température. Un échange thermique a lieu entre les lèvres de la fissure (mot-clé facteur ECHANGE_PAROI des opérateurs AFFE_CHAR_THER et AFFE_CHAR_THER_F [U4.44.02]).

Trois modélisations sont considérés :

- modélisation A : FEM 2D (fissure maillée)
- modélisation B : X-FEM 2D , fissure au milieu des éléments
- modélisation C : X-FEM 3D , fissure au milieu des éléments

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

La structure $2d$ est un carré unitaire ($LX=1\,m$, $LY=1\,m$), comportant une fissure droite débouchante à droite, située à mi-hauteur. (Figure 1.1-a). On appelle la ligne de gauche la ligne en $x=0$, la ligne de droite la ligne en $x=LX$ et la ligne inférieure la ligne en $y=0$.

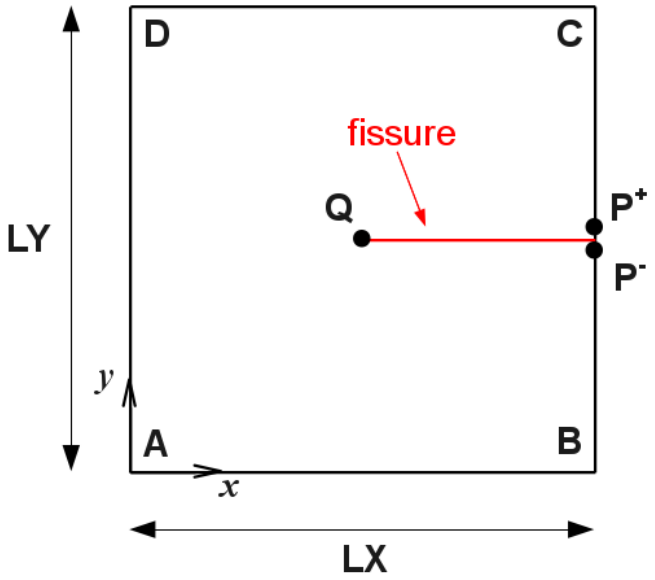


Figure 1.1-a: Géométrie de la plaque carrée fissurée

On note P^+ la point de coordonnées $\left(LX\,,LY^+/2\right)$ (situé sur la lèvre supérieure), P^- la point de coordonnées $\left(LX\,,LY^-/2\right)$ (situé sur la lèvre inférieure), et Q le point de coordonnées $\left(LX/2,LY/2\right)$ (situé en pointe de fissure).

1.2 Propriétés du matériau

Conductivité thermique : $\lambda=1\,W.m^{-1}.K^{-1}$
Capacité calorifique volumique : $\rho C_p=2\,J.m-3.\mathrm{K}^{-1}$
Coefficient d'échange entre les lèvres de la fissure $h=2\,W.m^{-2}.K^{-1}$

1.3 Conditions aux limites et chargements

On résout le problème sur l'intervalle de temps $\left[0.s\,,1.s\right]$ discrétisé en 5 pas de temps égaux (de durée $\Delta t=0.2\,s$). On prend la valeur par défaut dans THER_LINEAIRE du paramètre du théta-schéma : $\theta=0.57$.

Sur les nœuds du segment AB (voir Figure 1.1-a), on impose la rampe de température suivante :

à $t=0.s$, $\bar{T}^{AB}=10°C$; à $t=1.s$, $\bar{T}^{AB}=20°C$

Sur les nœuds du segment CD (voir Figure 1.1-a), on impose la rampe de température suivante :

à $t=0.s$, $\bar{T}^{CD}=20°C$; à $t=1.s$, $\bar{T}^{CD}=40°C$

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

Enfin, sur les lèvres de la fissure, on impose une condition de Neumann de type condition d'échange.

1.4 Conditions initiales

L'état initial est déterminé en résolvant le problème stationnaire à $t=0.s$ (avec les conditions aux limites données au paragraphe 1.3)

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

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul

La solution de référence est obtenue en raffinant le maillage de la modélisation A (éléments classique avec fissure maillée) : maillage régulier composé de 500×500 QUAD4 (au lieu de 100×100 QUAD4 pour le maillage A)

2.2 Grandeurs et résultats de référence

On teste la température à la fin du dernier pas de temps ($t=1.s$) aux points P^+, P^- et Q (voir Figure 1.1-a).

Identification	Type de référence	Valeur de référence
Point P^+ - $TEMP$	'AUTRE_ASTER'	29,156091860463 °C
Point P^- - $TEMP$	'AUTRE_ASTER'	23,393394671258 °C
Point Q - $TEMP$	'AUTRE_ASTER'	26,25259365185 °C

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

3 Modélisation A

Dans cette modélisation, on considère la structure en $2D$. La méthode des éléments finis classique est utilisée. La fissure étant maillée, la condition d'échange entre les lèvres de la fissure est appliquée à l'aide des mot-clés GROUP_MA1/GROUP_MA2 du mot-clé facteur ECHANGE_PAROI des opérateurs AFFE_CHAR_THER et AFFE_CHAR_THER [U4.44.02]. Cette modélisation sert de référence pour la suite.

3.1 Caractéristiques de la modélisation

On utilise la modélisation PLAN du phénomène THERMIQUE.

3.2 Caractéristiques du maillage

La structure est modélisée par un maillage régulier composé de 100×100 QUAD8, respectivement suivant les axes x et y. La fissure est maillée.

3.3 Grandeurs testées et résultats

On teste la température à la fin du dernier pas de temps ($t=1.s$) aux points P^+ , P^- et Q (voir Figure 1.1-a).

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
Point P^+ - $TEMP$	'AUTRE_ASTER'	29,156091860463	0.1%
Point P^- - $TEMP$	'AUTRE_ASTER'	23,393394671258	0.1%
Point Q - $TEMP$	'AUTRE_ASTER'	26,25259365185	0.5%

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

4 Modélisation B : fissure non-maillée en dimension 2

Dans cette modélisation, on considère la structure en $2D$. La méthode des éléments finis étendue (X-FEM) est utilisée. La fissure n'étant pas maillée, la condition d'échange entre les lèvres de la fissure est appliquée à l'aide du mot-clé FISSURE du mot-clé facteur ECHANGE_PAROI de l'opérateur AFFE_CHAR_THER [U4.44.02].

4.1 Caractéristiques de la modélisation

On utilise la modélisation PLAN du phénomène THERMIQUE.

4.2 Caractéristiques du maillage

La structure est modélisée par un maillage régulier composé de 101×101 QUAD4, respectivement suivant les axes x , y . La fissure n'est pas maillée.

4.3 Grandeurs testées et résultats

On teste la température à la fin du dernier pas de temps ($t=1.s$) aux points P^+ , P^- et Q (voir Figure 1.1-a). Pour cela on teste le champ de température après appel aux opérateurs POST_MAIL_XFEM et POST_CHAM_XFEM.

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
Point P^+ - $TEMP$	'AUTRE_ASTER'	29,156091860463	0.1%
Point P^- - $TEMP$	'AUTRE_ASTER'	23,393394671258	0.1%
Point Q - $TEMP$	'AUTRE_ASTER'	26,25259365185	0.5%

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

5 Modélisation C : fissure non-maillée en 3D

Dans cette modélisation, on considère la structure en $3D$. La méthode des éléments finis étendue ($X\text{-}FEM$) est utilisée. La fissure n'étant pas maillée, la condition d'échange entre les lèvres de la fissure est appliquée à l'aide du mot-clé FISSURE du mot-clé facteur ECHANGE_PAROI de l'opérateur AFFE_CHAR_THER_F [U4.44.02].

5.1 Caractéristiques de la modélisation

On utilise la modélisation 3D du phénomène THERMIQUE.

5.2 Caractéristiques du maillage

La structure est modélisée par un maillage régulier composé de $11\times11\times1$ HEXA8, respectivement suivant les axes x , y et z . La fissure n'est pas maillée.

5.3 Grandeurs testées et résultats

On teste la température à la fin du dernier pas de temps ($t=1.s$) aux points P^+ , P^- et Q (voir Figure 1.1-a). Pour cela on teste le champ de température après appel aux opérateurs POST_MAIL_XFEM et POST_CHAM_XFEM.

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
Point P^+ - $TEMP$	'AUTRE_ASTER'	29,156091860463	0.1%
Point P^- - $TEMP$	'AUTRE_ASTER'	23,393394671258	0.1%
Point Q - $TEMP$	'AUTRE_ASTER'	26,25259365185	0.5%

Fascicule v4.23 : Thermique transitoire des systèmes plans

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

6 Synthèses des résultats

L'objectif de ce test est atteint :valider sur un cas simple la condition d'échange thermique entre les lèvres d'une fissure prise en compte avec la méthode X-FEM .

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