ZZZZ346 – Bifurcation d'une interface droite XFEM avec des éléments 2D quadratiques

Résumé

Ce test a pour but de valider l'algorithme de sous-découpage XFEM, avec des éléments 2D quadratiques. L'algorithme général de sous-découpage est décrit dans la documentation de référence [R7.02.12]. Par ailleurs le sous-découpage intervient essentiellement lors de l'appel à l'opérateur MODI_MODELE_XFEM [U4.41.11].

Dans ce test, on s'intéresse à une situation de découpe particulière : la bifurcation d'une interface le long d'une arête, au sein même d'un élément. En fonction de la position du point de bifurcation sur l'arête, on a deux configurations de découpe [R7.02.12]. Ces configurations correspondent à deux régularisations de la forme de la level-set.

On envisage 4 modélisations :

1. modélisation A : X-FEM 2D avec des éléments TRIA6, l'interface bifurque avant le point milieu sur l'arête de bifurcation. Figure 1.1-2
2. modélisation B : X-FEM 2D avec des éléments QUAD8, l'interface bifurque avant le point milieu sur l'arête de bifurcation. Figure 1.1-2
3. modélisation C : X-FEM 2D avec des éléments TRIA6, l'interface bifurque après le point milieu sur l'arête de bifurcation. Figure 1.1-3
4. modélisation D : X-FEM 2D avec des éléments QUAD8, l'interface bifurque après le point milieu sur l'arête de bifurcation. Figure 1.1-3

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

La structure $2D$ est une plaque carrée unitaire ($LX=0,1$, $LY=0,1$). Une interface « droite » coupe le domaine en 2 sous-domaines.

L'interface bifurque au voisinage du centre du carré $(0,0.5)$ avec un angle $\theta=67,5°$ par rapport à l'horizontale.

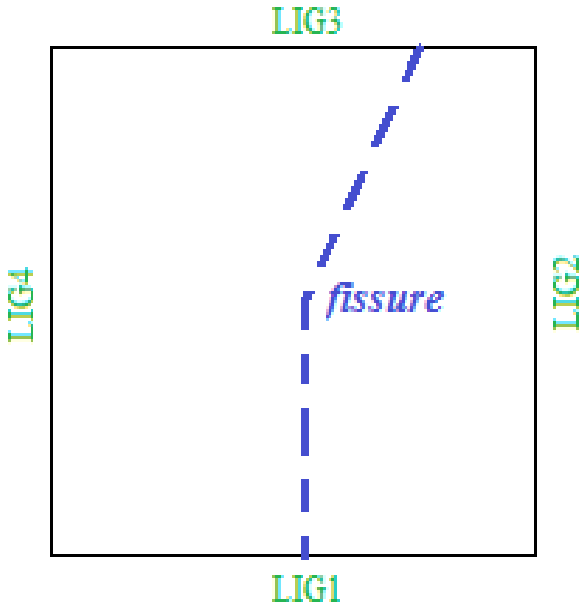


Figure 1.1-1: Géométrie de la plaque fissurée

L'interface est définie analytiquement par l'union de 2 segments de droite, dont les équations respectives sont:
- $X=0$ pour le segment vertical.
- $Y=2\,x+0.55$ pour le segment oblique.

Le point d'intersection des 2 segments de droite est calculé pour être situé sur l'arête où l'interface bifurque :
- $(0,0.55)$ pour les modélisations A et B , voire Figure 1.1-2
- $(0,0.6)$ pour les modélisations C et D , voire Figure 1.1-3

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

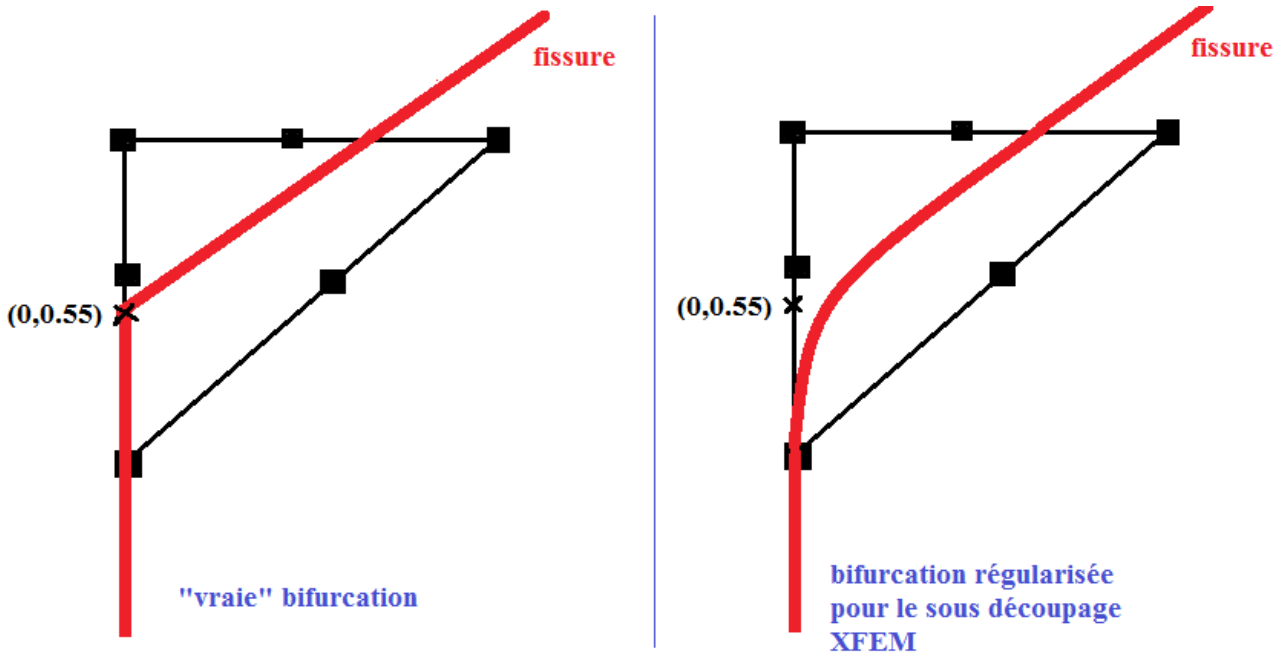


Figure 1.1-2 : « zoom » au voisinage du point de bifurcation

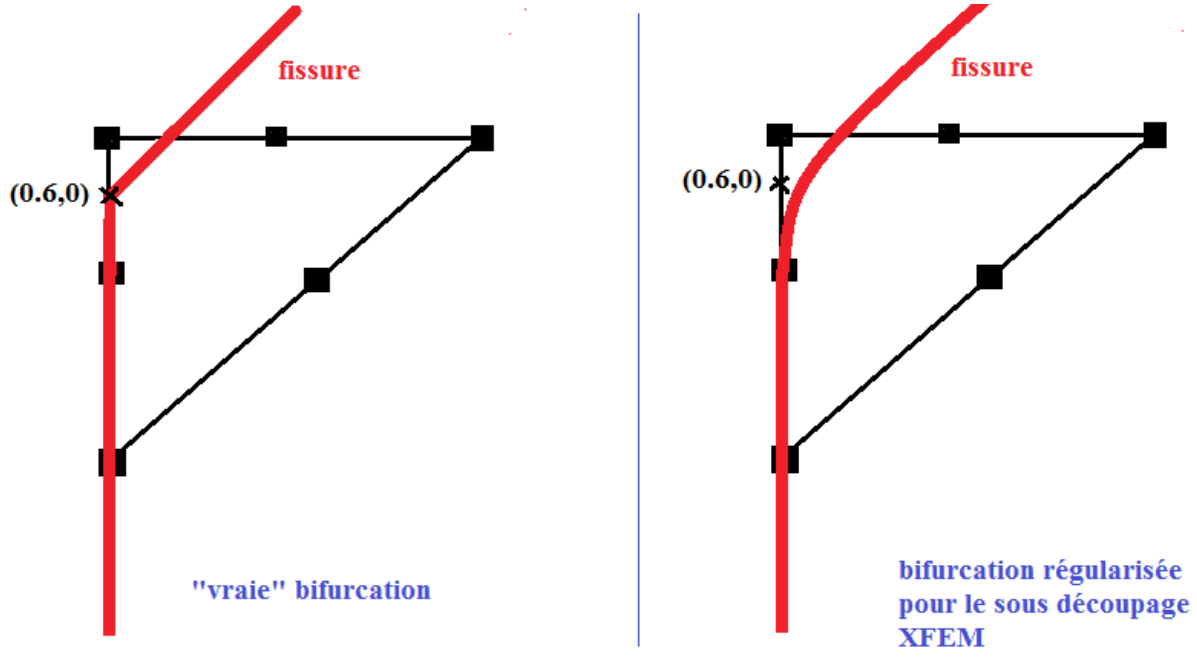


Figure 1.1-3 : « zoom » au voisinage du point de bifurcation

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

1.2 Propriétés du matériau

Module d'Young : $E=210\,10^{9}\,Pa$
Coefficient de Poisson : $\nu=0$

1.3 Conditions aux limites et chargements

Modélisation A :

L'interface coupe le domaine en 2 sous-domaines. On impose la solution en déplacement sur chaque sous-domaine, grâce aux conditions de Dirichlet sur les bords :
•sur le bord $LIG2$: $DX=-1$ et $DY=0$
•sur le bord $LIG4$: $DX=+1$ et $DY=0$

Il n'y a pas de contact au niveau de l'interface. On s'intéresse juste aux déplacements des 2 blocs, qui peuvent s'interpénétrer.

Les conditions de Dirichlet imposées bloquent aussi les mouvements de corps rigides des 2 sous-domaines.

Modélisations B, C et D :

Même chargement que dans la modélisation A .

1.4 Solution de référence

Modélisation A :

Par construction, le champ de déplacement est uniforme sur chaque sous-bloc.

•Sur le sous-domaine à droite, on a: $DX=-1$ et $DY=0$
•Sur le sous-domaine à gauche, on a: $DX=+1$ et $DY=0$

Modélisation B :
Même solution analytique que la modélisation A

Modélisation C :
Même solution analytique que la modélisation A

Modélisation D :
Même solution analytique que la modélisation A

1.5 Références bibliographiques

1 GENIAUT S., MASSIN P. : eXtended Finite Element Method, Manuel de référence de *Code_Aster*, [R7.02.12]

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

2 Modélisation A

2.1 Caractéristiques du maillage

La structure est modélisée par un maillage régulier composé de 8×8 TRIA6, respectivement suivant les axes x , y . L'interface n'est pas maillée.

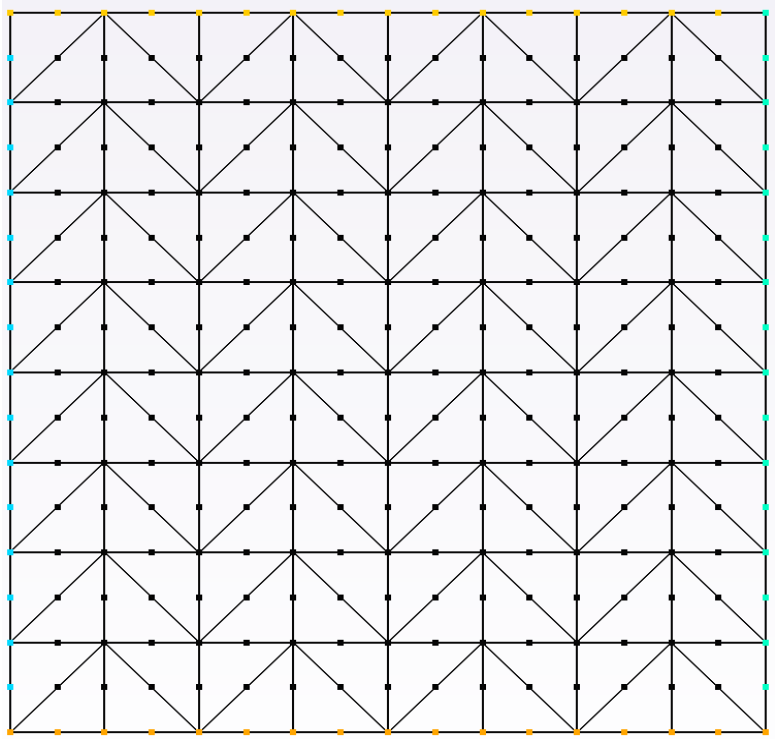


Figure 2.1-1: Maillage de la plaque (TRI6)

2.2 Grandeurs testées et résultats

La bifurcation se situe le long d'une arête, sur le segment de nœuds sommets $(0,0.5)$, $(0,0.625)$ et de nœud milieu $(0,0.5625)$. La bifurcation a lieu précisément au point $(0,0.55)$ et l'interface ne passe pas par le nœud milieu.

On teste alors le déplacement sur le nœud milieu positionné en $(0,0.5625)$, pour vérifier qu 'il est positionné du « bon » côté de l'interface.

Identification	Référence	Tolérance
DEPL_X		
NO_M : H1X	1,0	1E-12%
NO_M : DX	1,0	1E-12%

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

2.3 Résultats complémentaires

On retrouve la « régularisation » de la bifurcation au voisinage du point de coordonnées $(0,0.55)$.

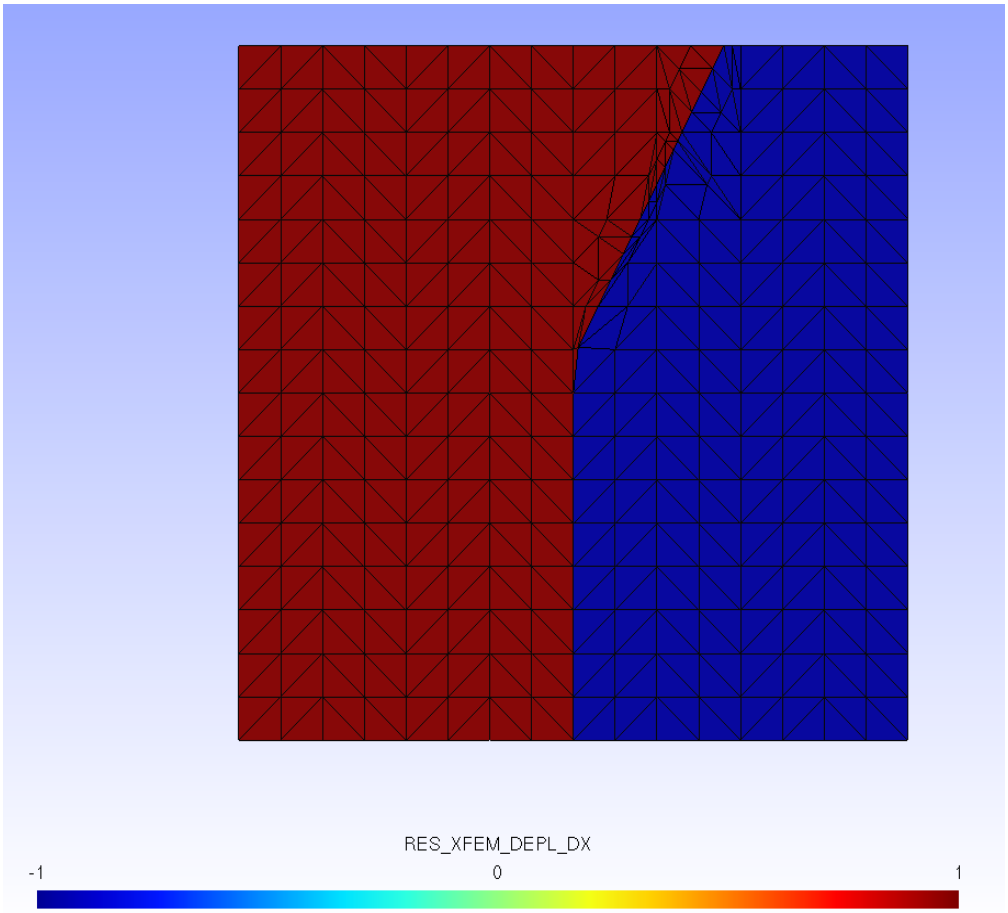


Figure 2.3-1: Champ de déplacement suivant X pour la bifurcation « avant » le point milieu

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

3 Modélisation B

3.1 Caractéristiques du maillage

La structure est modélisée par un maillage régulier composé de 8×8 QUAD8, respectivement suivant les axes x , y . L'interface n'est pas maillée.

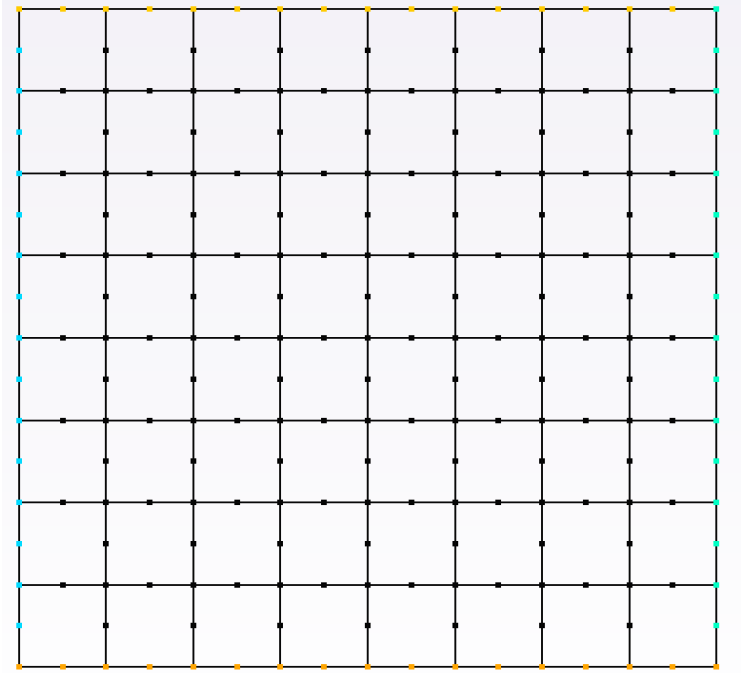


Figure 3.1-1: Maillage de la plaque f (Quad8)

3.2 Grandeurs testées et résultats

Mêmes grandeurs testées que dans la modélisation A .

Identification	Référence	Tolérance
DEPL_X		
NO_M : H1X	1,0	1E-12%
NO_M : DX	1,0	1E-12%

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

4 Modélisation C

4.1 Caractéristiques du maillage

Même maillage que dans la modélisation A.

4.2 Grandeurs testées et résultats

La bifurcation se situe le long d'une arête, sur le segment de nœuds sommets $(0,0.5)$, $(0,0.625)$ et de nœud milieu $(0,0.5625)$. La bifurcation a lieu précisément au point $(0,0.6)$ et l'interface ne passe pas par le nœud milieu.

On teste alors le déplacement sur le nœud milieu positionné en $(0,0.5625)$, pour vérifier qu 'il est positionné du « bon » côté de l'interface.

Identification	Référence	Tolérance
DEPL_X		
NO_M : H1X	1,0	1E-12%
NO_M : DX	1,0	1E-12%

4.3 Résultats complémentaires

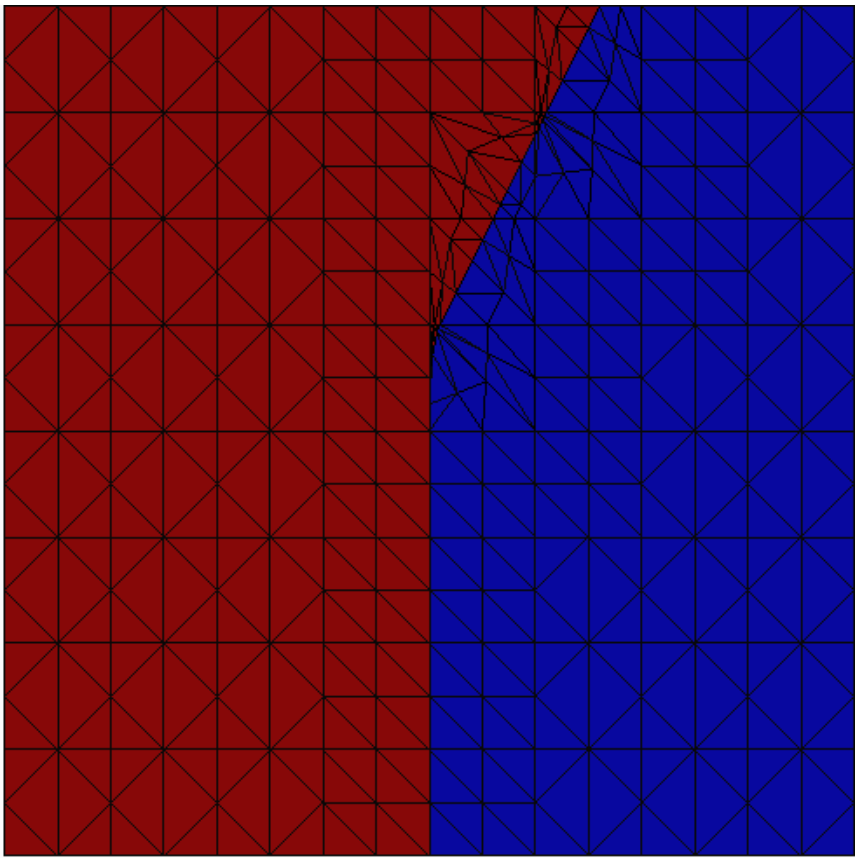


Figure 4.3-1 : Champ de déplacement suivant X pour la bifurcation « après » le point milieu

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

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

5 Modélisation D

5.1 Caractéristiques du maillage

Même maillage que dans la modélisation B.

5.2 Grandeurs testées et résultats

Mêmes grandeurs testées que dans la modélisation C .

Identification	Référence	Tolérance
DEPL_X		
NO_M : H1X	1,0	1E-12%
NO_M : DX	1,0	1E-12%

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 une configuration de découpe particulière XFEM avec des éléments 2D quadratiques (TRIA6 et QUAD8).

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