

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

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 $\theta=67,5^\circ$ par rapport à l'horizontale.

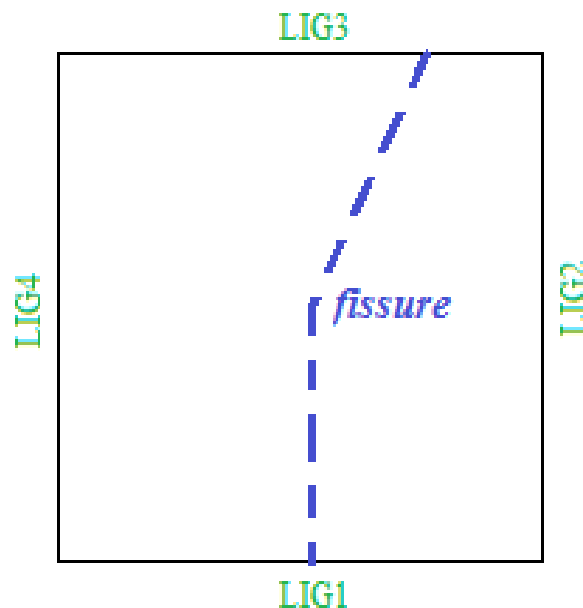


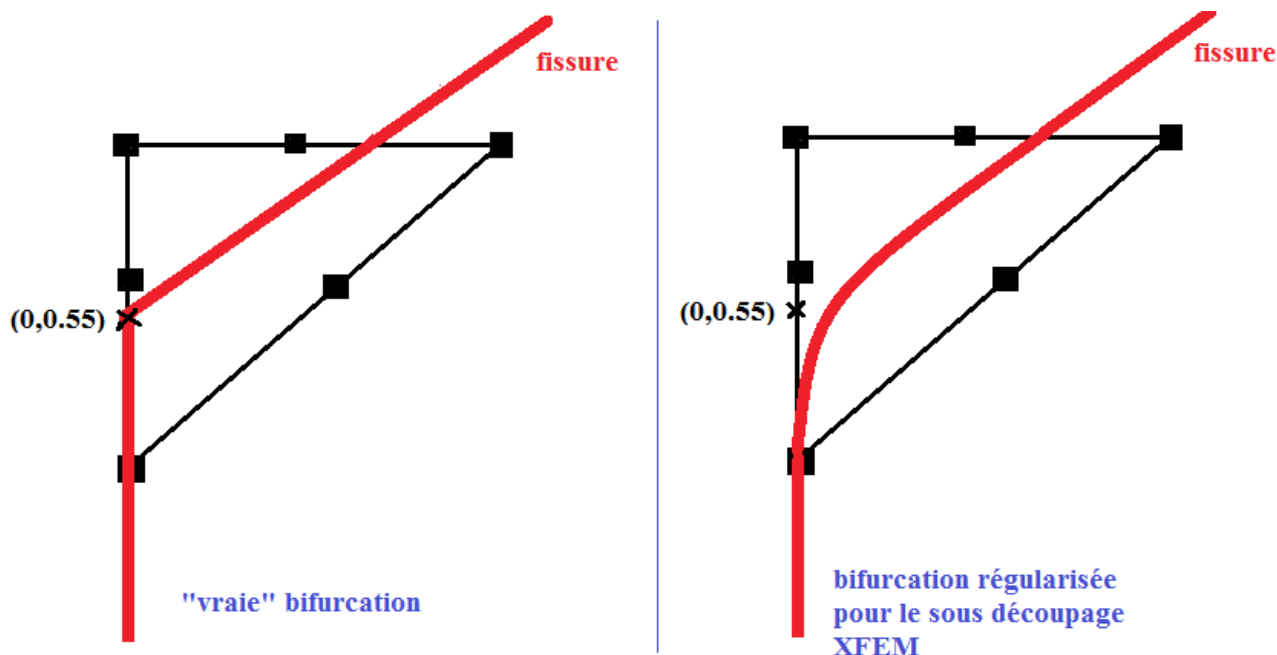
Figure 1.1-1: Géométrie de la plaque fissurée

L'interface est définie analytiquement par l'union de 2 segments de droite, dont les équations respectives sont:

- $X=0$ pour le segment vertical.
- $Y=2x+0.55$ pour le segment oblique.

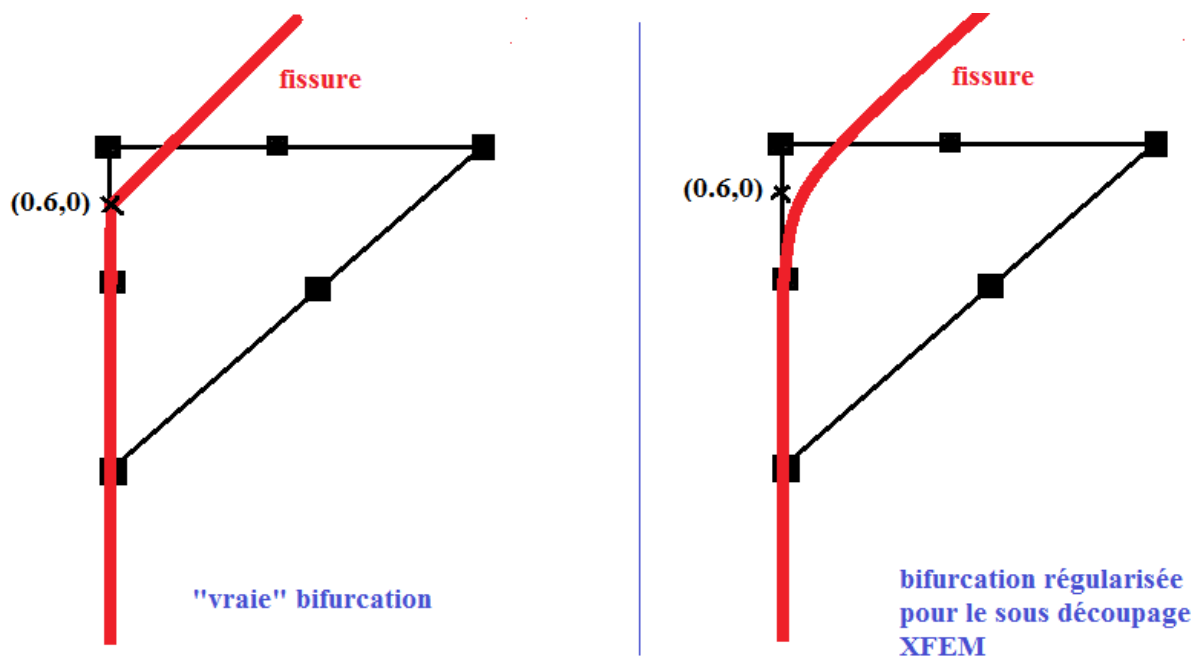
Le point d'intersection des 2 segments de droite est calculé pour être situé sur l'arête où l'interface bifurque :

- $(0,0.55)$ 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



Bifurcation "avant" le point milieu

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



Bifurcation "après" le point milieu

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

1.2 Propriétés du matériau

Module d'Young : $E = 210 \cdot 10^9 \text{ Pa}$
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]

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.

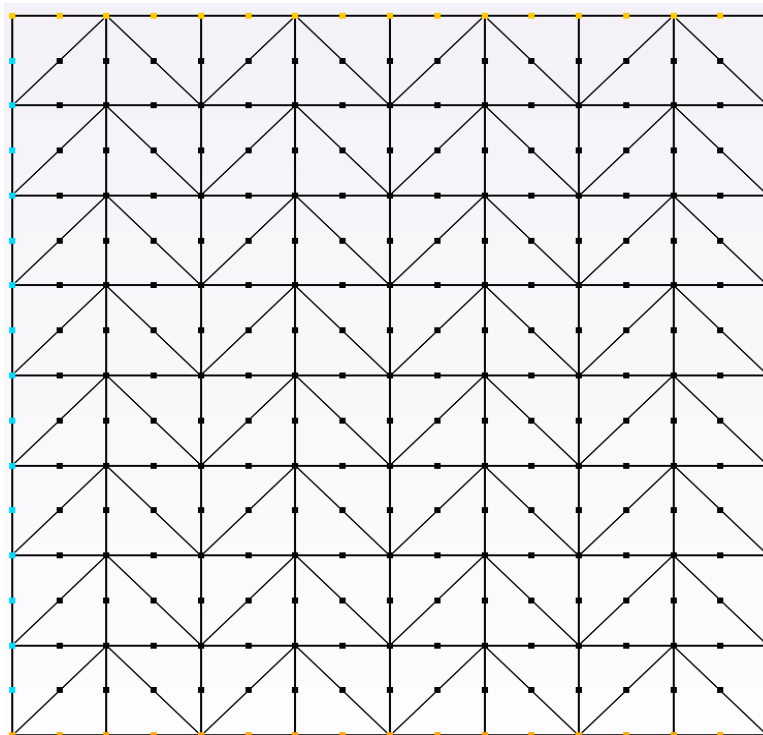


Figure 2.1-1: Maillage de la plaque (TRIA6)

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%

2.3 Résultats complémentaires

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

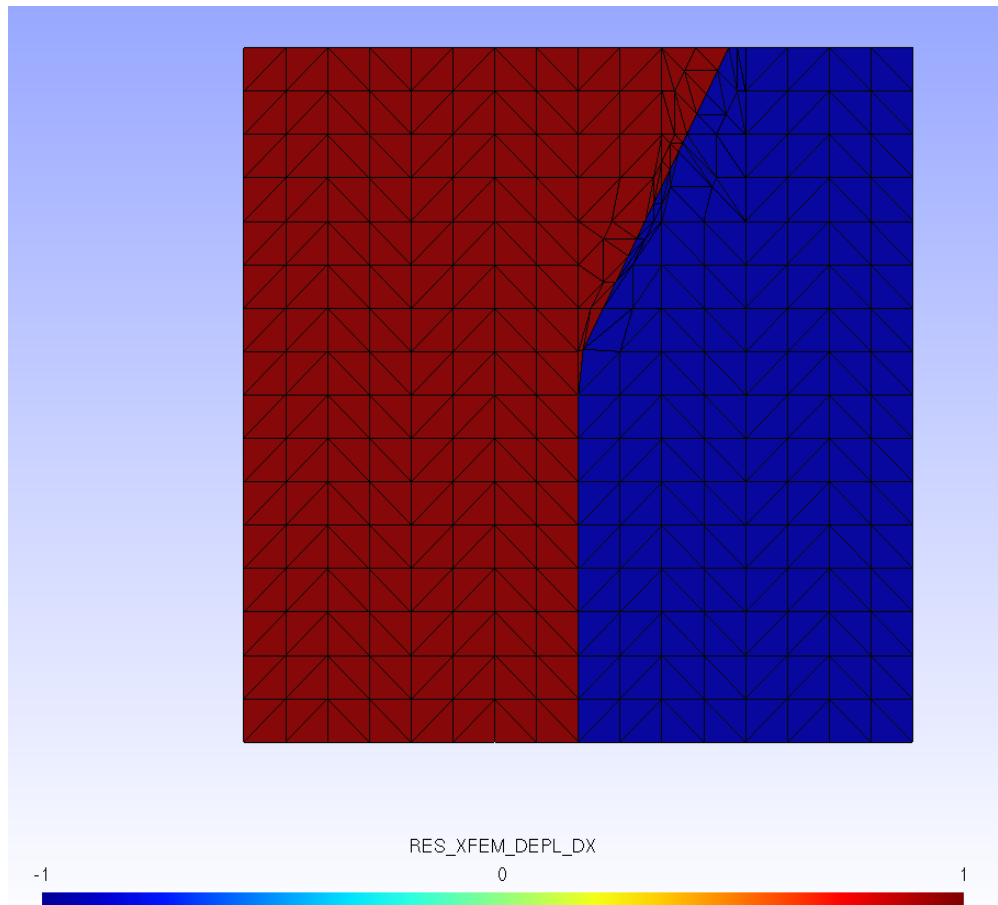


Figure 2.3-1: Champ de déplacement suivant X pour la bifurcation « avant » le point milieu

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.

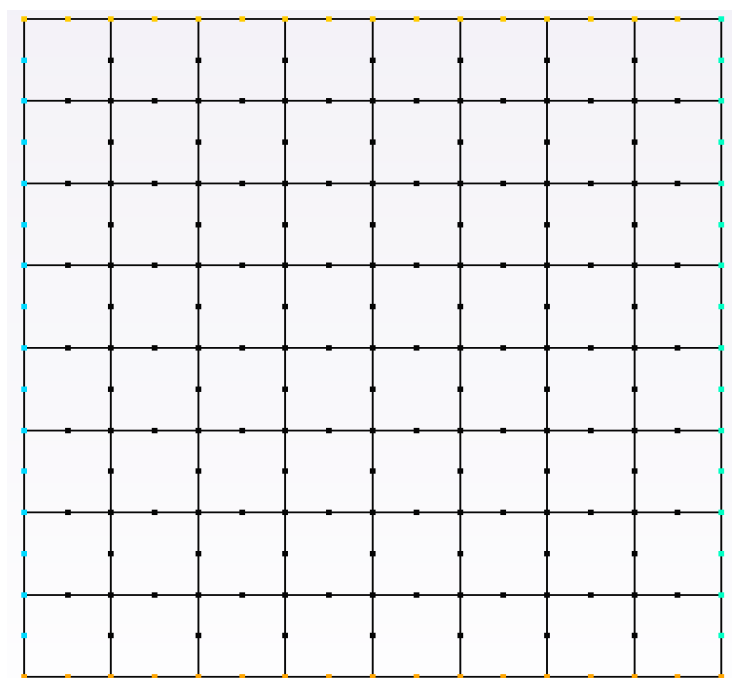


Figure 3.1-1: Maillage de la plaque f (Quad8)

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%

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

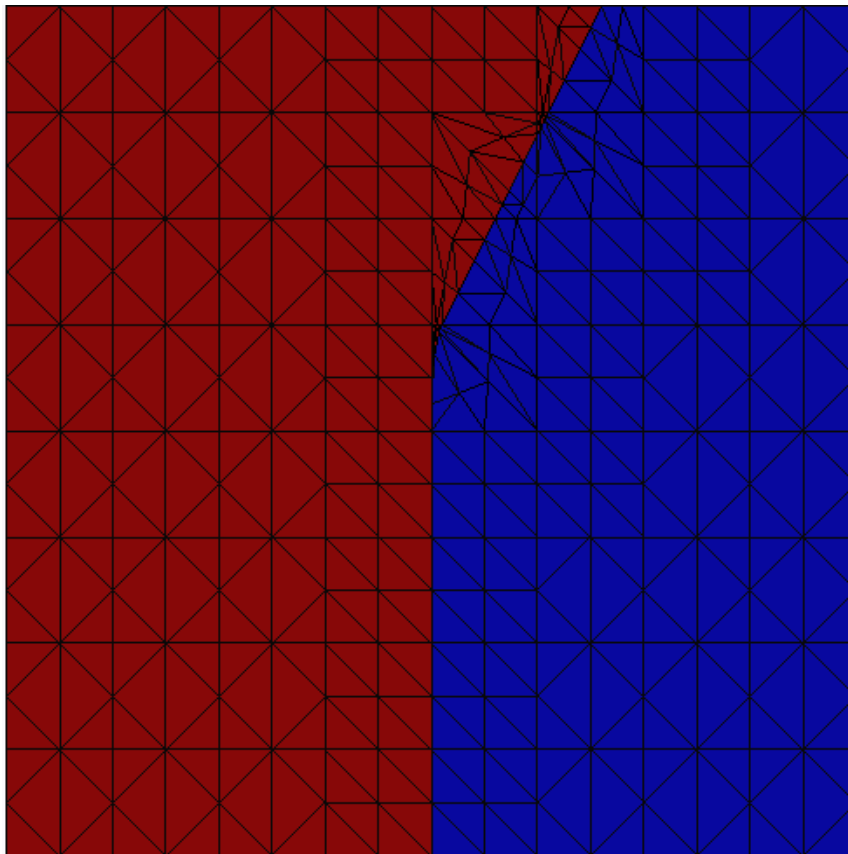


Figure 4.3-1 : Champ de déplacement suivant X pour la bifurcation « après » le point milieu

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%

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).