SSNV198 – Conditions de Dirichlet avec X-FEM en 3D

Résumé

Ce test a pour but de valider l'imposition de conditions de Dirichlet (déplacements imposés) sur des nœuds enrichis par la méthode X-FEM [bib1] sur un cas académique 3D.

Ce test met en jeu une structure 3D comportant une fissure débouchante plane à fond droit. Des conditions aux limites sont appliquées sur une face de la structure, contenant des nœuds enrichis.

Plusieurs configurations de maillage sont testées et comparées avec la solution analytique.

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

La structure est un cube unitaire ($LX=1\,m$, $LY=1\,m$ et $LZ=1\,m$), comportant une fissure plane débouchante de longueur $a=0,5\,m$, se situant à mi-hauteur [Figure 1.1-1.1-a]. On appelle face de derrière la face située dans le plan $x=0$ et celle de devant la face située dans le plan $x=LX$.

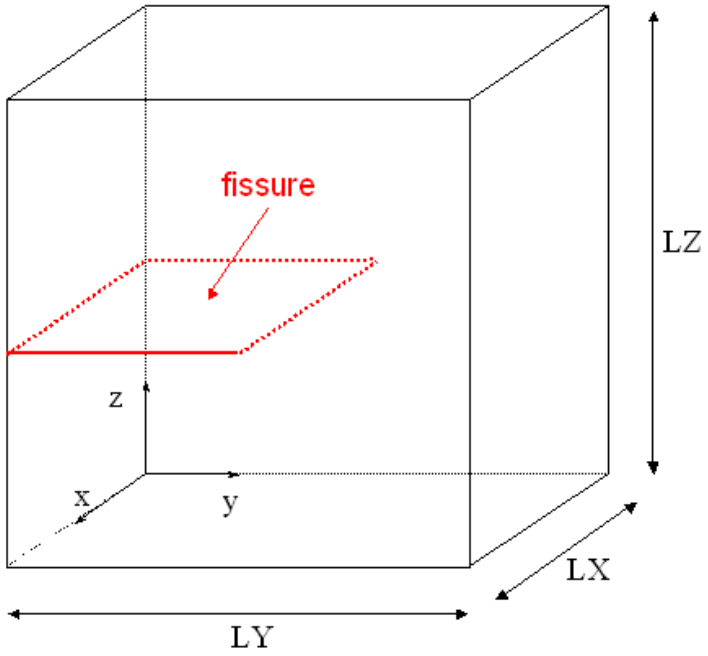


Figure 1.1-1.1-a : géométrie du cube fissuré

1.2 Propriétés du matériau

Module d'Young : $E=100\,MPa$
Coefficient de Poisson : $\nu=0$.

1.3 Conditions aux limites et chargements

Le chargement étudié est un chargement qui sollicite la fissure en mode III (hors-plan), sans créer de discontinuité de déplacement.

Pour cela on impose un encastrement des nœuds de la face de derrière : $DX=DY=DZ=0$ et un déplacement des nœuds de la face de devant suivant la direction normale (i.e. suivant l'axe x) $DNOR=10\ 6m$.

1.4 Bibliographie

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

Dans cette modélisation, la fissure n'est pas maillée, et le maillage est choisi de façon à ce que le fond de fissure se situe en centre des éléments contenant le fond.

2.1 Caractéristiques du maillage

La structure est modélisée par un maillage régulier composé de $5\times5\times5$ HEXA8, respectivement suivant les axes x, y, z [Figure 2.1-2.1-a]. Le fond de fissure se situe donc au centre des éléments contenant le fond de fissure.

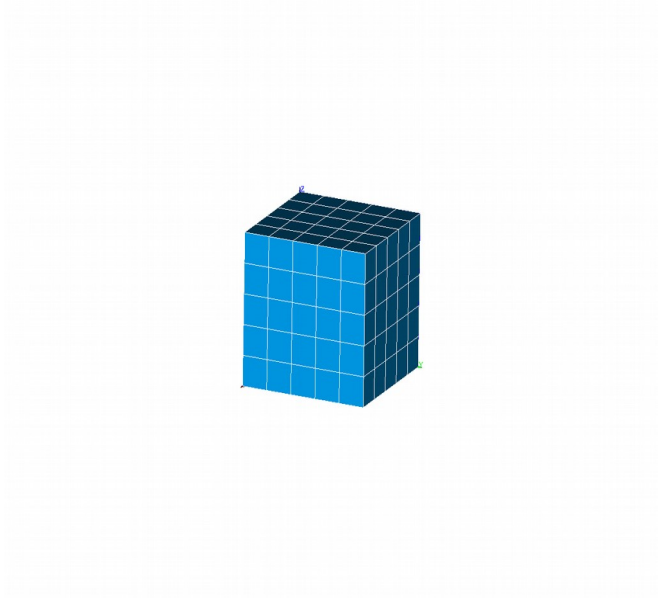


Figure 2.1-2.1-a : maillage tel que le fond se situe au centre des éléments

2.2 Fonctionnalités testées

On teste l'application de conditions de Dirichlet via la commande AFFE_CHAR_MECA sur des nœuds enrichis (ici, des nœuds enrichis par la fonction Heaviside et d'autres nœuds enrichis par les fonctions asymptotiques). Cette imposition se fait comme pour les nœuds classiques par le mot-clé DDL_IMPO ou FACE_IMPO.

2.3 Grandeurs testées et résultats

On teste les valeurs des déplacements des nœuds sur lesquels les conditions ont été appliquées. Le post-traitement du déplacement avec X-FEM nécessite une étape de reconstruction spécifique, qui ne conserve pas les groupes de nœuds. Il faut donc recréer des groupes de nœuds sur le maillage post-traité « fissuré ». Il faut faire attention à ne garder que les anciens nœuds, et éliminer du groupe les nouveaux nœuds, c'est-à-dire ceux qui coïncident avec l'intersection de la fissure et des arêtes du maillage sain. Ce tri est réalisé grâce au nom des nœuds :

- $N\ldots$ pour les nœuds classiques,
- $NX\ldots$ pour des nœuds X-FEM qui ne sont pas sur la fissure,
- $NM\ldots$ et $NP\ldots$ Pour les nouveaux nœuds X-FEM qui sont sur la lèvre « moins » et la lèvre « plus ».

On élimine donc les nœuds dont le nom commence par NM et NP.

Pour tester tous les nœuds du groupe en une seule fois, on teste les valeurs minimum et maximum.

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

Identification	Aster	Référence	% différence
Face de derrière : MAX(DX)	0,0	0,0	0,0
Face de derrière : MIN(DX)	0,0	0,0	0,0
Face de derrière : MAX(DY)	0,0	0,0	0,0
Face de derrière : MIN(DY)	0,0	0,0	0,0
Face de derrière : MAX(DZ)	0,0	0,0	0,0
Face de derrière : MIN(DZ)	0,0	0,0	0,0
Face de devant : MAX(DX)	10^{-6}	10^{-6}	0,0
Face de devant : MIN(DX)	10^{-6}	10^{-6}	0,0

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

3 Modélisation B

Dans cette modélisation, la fissure n'est pas maillée, et le maillage est choisi de façon à ce que le fond de fissure coïncide avec un nœud du maillage.

3.1 Caractéristiques du maillage

La structure est modélisée par un maillage régulier composé de $6\times6\times6$ HEXA8, respectivement suivant les axes x,y,z [Figure 3.1-3.1-a]. Le fond de fissure se situe donc au centre des éléments contenant le fond de fissure. De plus, la fissure coïncide avec les bords des éléments.

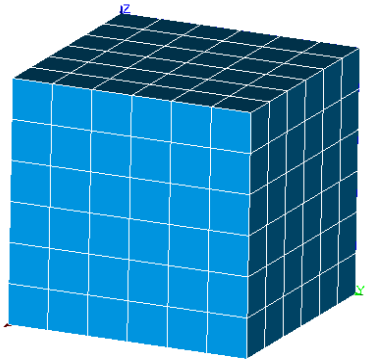


Figure 3.1-3.1-a : maillage tel que le fond coïncide avec un nœud

3.2 Fonctionnalités testées

On teste l'application de conditions de Dirichlet via la commande AFFE_CHAR_MECA sur des nœuds enrichis (ici, des nœuds enrichis doublement : par la fonction Heaviside et par les fonctions asymptotiques). Cette imposition se fait comme pour les nœuds classiques par les mots clé DDL_IMPO ou FACE_IMPO.

3.3 Grandeurs testées et résultats

On teste les valeurs des déplacements des nœuds sur lesquels les conditions ont été appliquées.
Comme la fissure passe par les nœuds du maillage, les conditions ont été appliquées sur les deux lèvres de la fissure.

Il n'est donc pas nécessaire ici de filtrer les nœuds. Tous les nouveaux nœuds sont testés.

Pour tester tous les nœuds du groupe en une seule fois, on teste les valeurs min et max.

Identification	*Aster*	Référence	% différence
Face de derrière : MAX(DX)	0,0	0,0	0,0
Face de derrière : MIN(DX)	0,0	0,0	0,0
Face de derrière : MAX(DY)	0,0	0,0	0,0
Face de derrière : MIN(DY)	0,0	0,0	0,0
Face de derrière : MAX(DZ)	0,0	0,0	0,0
Face de derrière : MIN(DZ)	0,0	0,0	0,0
Face de devant : MAX(DX)	10^{-6}	10^{-6}	0,0
Face de devant : MIN(DX)	10^{-6}	10^{-6}	0,0

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

4 Synthèse

Ce cas test valide l'imposition de conditions de Dirichlet sur des nœuds X-FEM. L'imposition se fait par les mots clé DDL_IMPO ou FACE_IMPO de la commande AFFE_CHAR_MECA.

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