SDLV130 - Plaque 3D fissurée soumise à un chargement en Mode I. Validation du calcul modal avec X-FEM

Résumé :

Ce cas-test valide le calcul modal pour une plaque $3D$ ayant une fissure introduite par la méthode X-FEM. On valide notamment les options RIGI_MECA, MASS_MECA et RIGI_GEOM nouvellement développées pour un modèle X-FEM. La plaque présente une fissure débouchante horizontale et plane, des conditions aux limites sont appliquées en 3 points pour empêcher les modes de corps rigide et un chargement en pression est appliqué sue les faces inférieure et supérieure afin d'ouvrir la fissure en mode I.

La solution de référence, qui fait l'objet de la modélisation A, est calculée par *Code_Aster* en utilisant le modèle similaire avec la fissure maillée de façon classique. Les premiers 8 modes propres sont calculés et leurs fréquences propres sont comparées.

Le fonctionnement des commandes de post-traitement pour la visualisation d'un résultat de type mode_meca calculé avec un modèle X-FEM est également testé.

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

La structure est une plaque $3D$ de dimensions $LX=1\,m$, $LY=10\,m$ et $LZ=30\,m$, comportant une fissure débouchante plane et horizontale de longueur $a=5\,m$, se situant à mi-hauteur (voir [Figure 1.1-a]).

Pour obtenir la solution de référence, le problème est traité par la méthode classique des éléments finis et la fissure est maillée. Par contre, pour la validation du calcul modal avec la méthode X-FEM, la fissure n'est pas maillée, et la géométrie est en fait une plaque saine sans fissure. La fissure sera alors introduite par fonctions de niveaux (level sets) directement dans le fichier commande à l'aide de l'opérateur `DEFI_FISS_XFEM` [U4.82.08].

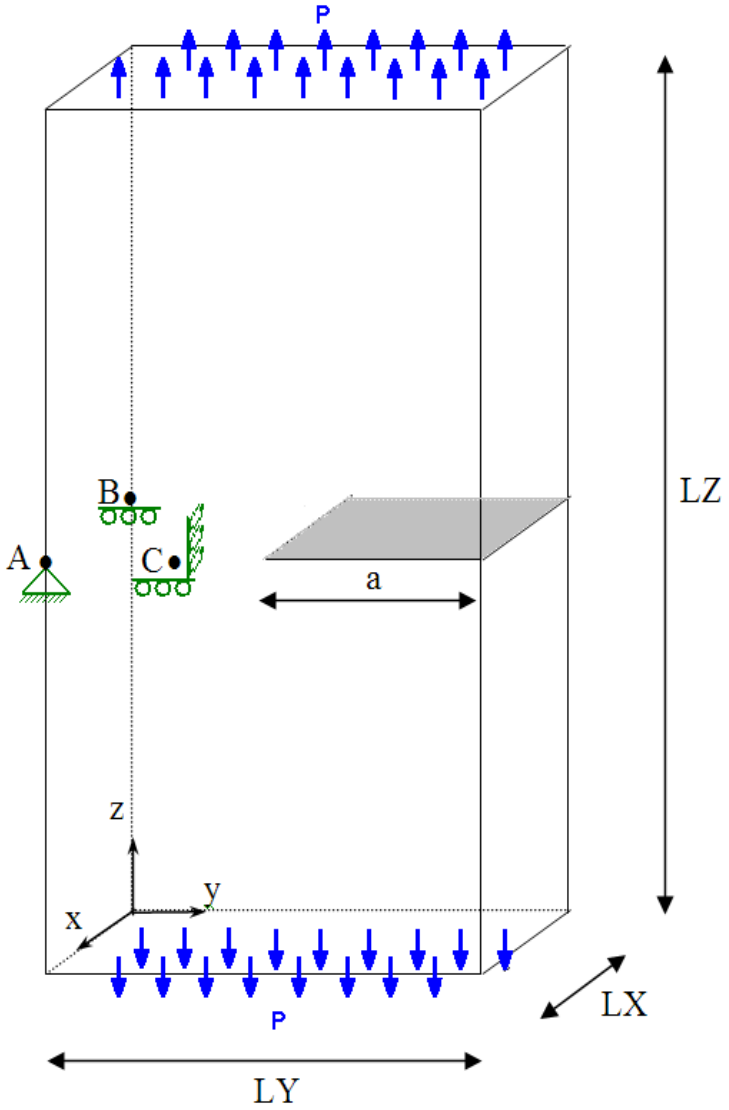


Figure 1.1-1.1-a : Géométrie de la plaque fissurée avec illustration du chargement et des conditions aux limites

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

On définit les points A (0,0,0), B (0,0,0.5) et C (0.5,0,0.5) qui serviront à bloquer les modes rigides.

1.2 Propriétés du matériau

Module d'Young : $E=205000\ \mathrm{MPa}$
Coefficient de Poisson : $\nu=0.0$
Masse volumique: $\rho=7800\ \mathrm{kg/m^3}$

1.3 Conditions aux limites et chargements

Des conditions aux limites sont imposées afin d'éviter les modes de corps rigide comme suit (voir Figure 1.1-a):

- encastrement du nœud correspondant au point A ;
- blocage du déplacement suivant Z pour le point B ;
- blocage des déplacements suivant Y et Z pour le point C.

Une pression uniforme $P=10\ \mathrm{MPa}$ est appliquée sur les faces inférieure et supérieure afin d'ouvrir la fissure en mode I.

2 Solution de référence

La solution de référence est calculée par la modélisation A (voir le chapitre suivant) avec la méthode classique des éléments finis en considérant la fissure maillée.

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

On considère une modélisation 3D avec la fissure maillée et on utilise la méthode classique des éléments finis pour réaliser le calcul. Cette modélisation servira de référence et permettra la comparaison avec la méthode X-FEM.

3.2 Caractéristiques du maillage

La structure est modélisée par un maillage régulier composé de $5\times30\times50$ HEXA8, respectivement suivant les axes x, y, z (voir [Figure 3.2-a]). Les deux surfaces superposées sont les lèvres de la fissure.

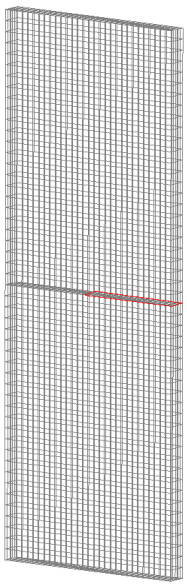


Figure 3.2-a: Le maillage pour la modélisation A

3.3 Grandeurs testées et résultats

Pour cette modélisation on considère des tests de non-régression sur les fréquences propres des premiers 8 modes.

Identification	Référence	*Code_Aster*	% différence
Fréquence mode 1	1.363	1.363	0.
Fréquence mode 2	3.220	3.220	0.
Fréquence mode 3	4.815	4.815	0.
Fréquence mode 4	7.195	7.195	0.
Fréquence mode 5	10.098	10.098	0.
Fréquence mode 6	11.789	11.789	0.
Fréquence mode 7	17.484	17.484	0.
Fréquence mode 8	18.281	18.281	0.

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

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

Dans cette modélisation, toujours 3D, on considère le cas X-FEM. La fissure n'est plus maillée, elle est introduite dans le maillage sain par l'opérateur DEFI_FISS_XFEM.

4.2 Caractéristiques du maillage

La structure est modélisée par un maillage régulier composé de $5\times30\times50$ HEXA8, respectivement suivant les axes x, y, z (voir [Figure 4.2-a]). On peut observer que les mailles affectées par la fissure sont partitionnées en tétraèdres par les opérateurs X-FEM pour des besoins d'intégration numérique des quantités comme la masse et la rigidité.

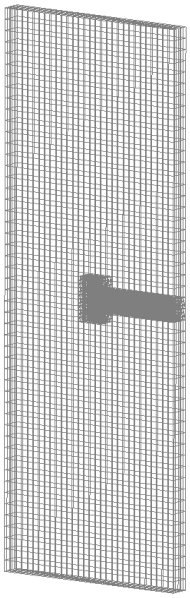


Figure 4.2-a: Le maillage pour la modélisation B

4.3 Grandeurs testées et résultats

Pour cette modélisation on considère des tests sur les fréquences propres des premiers 8 modes avec comme référence les résultats issus de la modélisation A.

Identification	Référence	*Code_Aster*	% différence
Fréquence mode 1	1.363	1.363	0.057
Fréquence mode 2	3.220	3.179	1.3
Fréquence mode 3	4.815	4.817	0.067
Fréquence mode 4	7.195	7.203	0.12
Fréquence mode 5	10.098	9.957	1.4
Fréquence mode 6	11.789	11.629	1.4
Fréquence mode 7	17.484	17.414	0.40
Fréquence mode 8	18.281	18.253	0.16

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

4.4 Remarques

Comme on peut l'observer dans le comparatif des résultats pour cette modélisation, on obtient des différences assez faibles entres les fréquences propres calculées avec le modèle X-FEM et celles calculées avec le modèle classique. Ces différences sont normales sachant que la masse, la rigidité élastique ainsi que la contribution géométrique de la rigidité sont calculées de façon différent pour les éléments X-FEM. Ceux-ci sont partitionnées dans des tétraèdres sur lesquels on considère des schémas d'intégration différente par rapport aux éléments classiques. Concernant les déformées modales, on constate (voir la Figure 4.5-a) une très bonne concordance entre les résultats issus du calcul classique et ceux issus du calcul X-FEM.

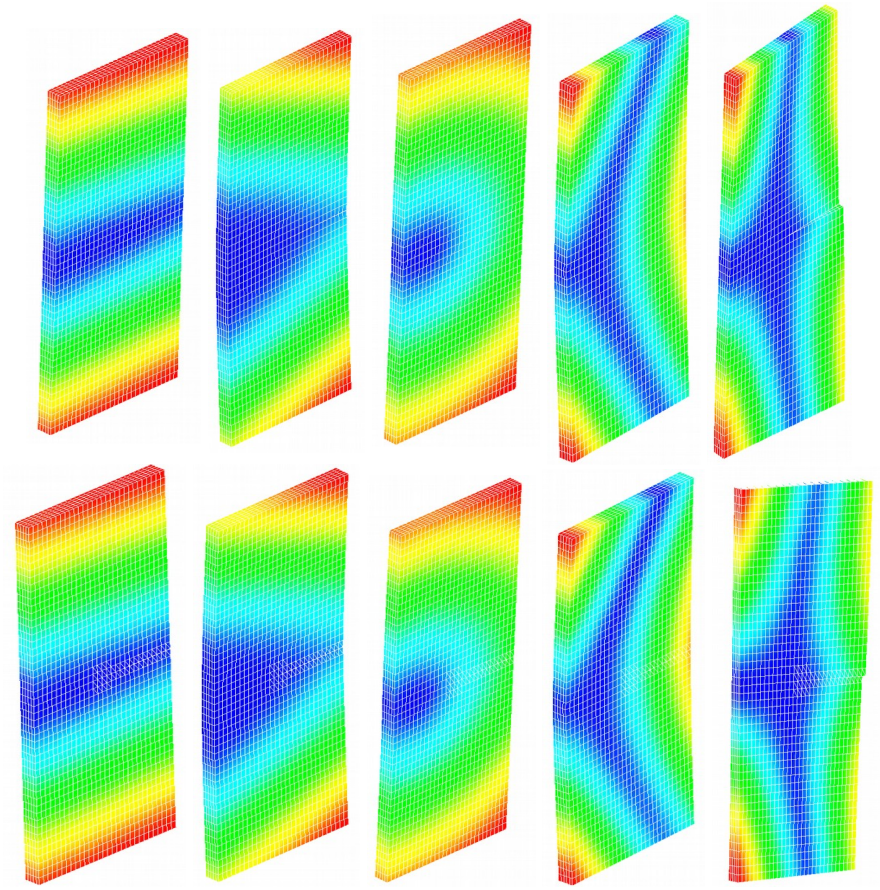


Figure 4.5-a: Les déformées modales pour les 5 premiers modes propres. Sur la rangée d'en haut sont les modes "classiques" et sur la rangée d'en bas ceux "X-FEM"

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

5 Synthèse des résultats

Ce cas-test a permis la validation du calcul modal d'une structure 3D présentant une fissure introduite par la méthode X-FEM. Le comparatif des résultats considérés ici, les fréquences propres des premiers 8 modes, montre une bonne concordance entre le calcul "classique" où la fissure est maillée et le calcul avec X-FEM.

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