SDLS120 – Plaque 2D 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 2D ayant une fissure introduite par la méthode X-FEM. On valide notamment les options de calcul RIGI_MECA, MASS_MECA et RIGI_GEOM nouvellement développées pour un modèle X-FEM. La plaque présente une fissure débouchante horizontale et droite, des conditions aux limites d'encastrement sont appliquées sur un bord et un chargement en pression sur l'autre 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 2D de dimensions $LX=10\,m$ et $LY=30\,m$, comportant une fissure débouchante droite 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].

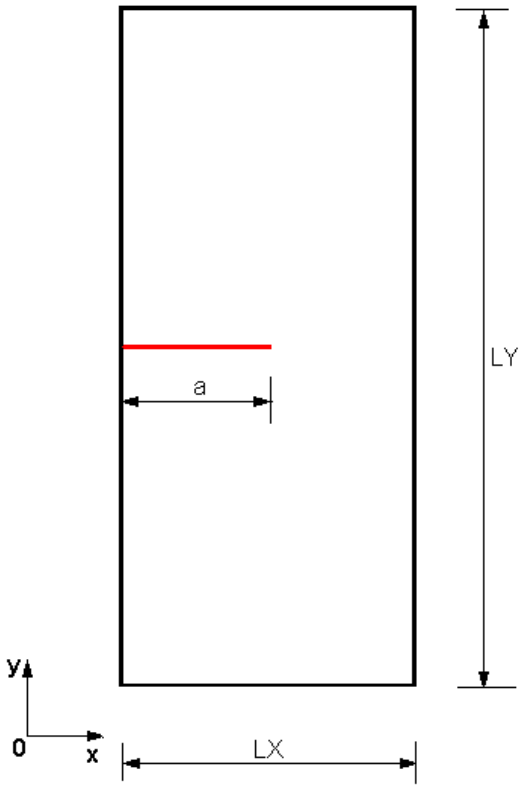


Figure -1.1-a : Géométrie de la plaque fissurée

1.2 Propriétés du matériau

Module d'Young : $E=205\,000\,MPa$ (sauf mention contraire)
Coefficient de Poisson : $\nu=0.0$
Masse volumique: $\rho=7800\,kg/m^3$

1.3 Conditions aux limites et chargements

La plaque est encastrée sur son bord inférieur et soumise à une pression uniforme $P=10\,Mpa$ sur son bord supérieur afin d'ouvrir la fissure (voir Figure3.2-a).

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)

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.

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Dans cette modélisation on considère le cadre des déformations planes (D_PLAN), la fissure est 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 30×50 QUAD4, respectivement suivant les axes x, y (voir [Figure 3.2-a]). Les lèvres de la fissure sont générées par les deux bords superposés à mi-hauteur de la plaque (trait plus épais sur la figure).

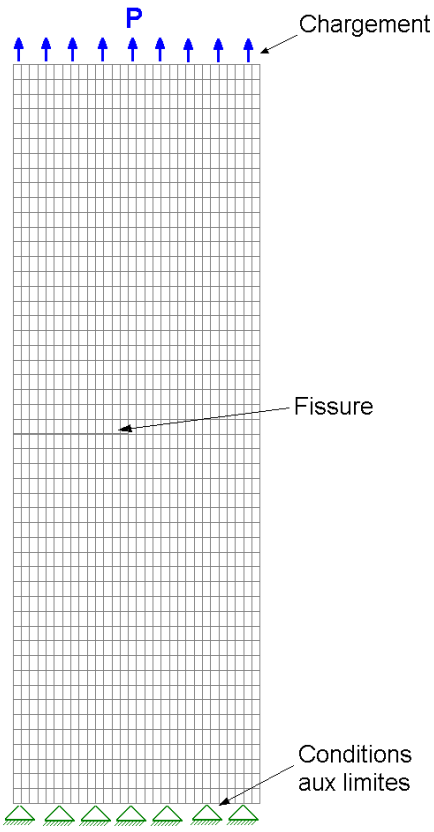


Figure 3.2-a: Maillage pour la modélisation A. Illustration des conditions aux limites et du chargement

3.3 Fonctionnalités testées

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

On calcule les premiers 8 modes propres de la structure en considérant la contribution de la rigidité géométrique due à la précontrainte induite à l'équilibre par le chargement considéré.

Commandes

CALC_MATR_ELEM		OPTION = 'RIGI_MECA'
		OPTION = 'MASS_MECA'
		OPTION = 'RIGI_GEOM'
CALC_MODES		OPTION = 'PLUS_PETITE'
	CALC_FREQ	NMAX_FREQ = 8
	SOLVEUR_MODAL	METHODE = 'SORENSEN'

3.4 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	7.005	7.005	0.
Fréquence mode 2	24.895	24.895	0.
Fréquence mode 3	41.820	41.820	0.
Fréquence mode 4	84.905	84.905	0.
Fréquence mode 5	106.179	106.179	0.
Fréquence mode 6	134.298	134.298	0.
Fréquence mode 7	166.198	166.198	0.
Fréquence mode 8	181.048	181.048	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 D_PLAN, 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 30×50 QUAD4, respectivement suivant les axes x, y (voir [Figure 4.2-a]). On peut observer que les mailles affectées par la fissure sont partitionnées en triangles par les opérateurs X-FEM pour des besoins d'intégration numérique des quantités comme la masse et la rigidité.

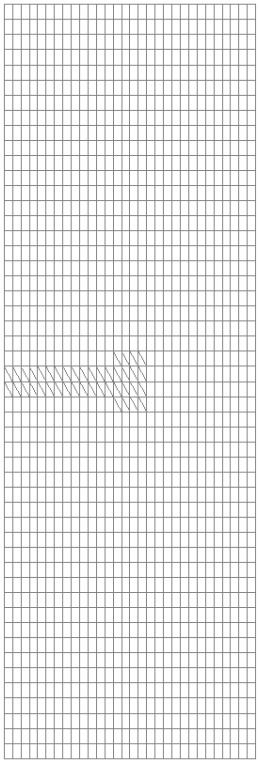


Figure 4.2-a: Maillage pour la modélisation B

4.3 Fonctionnalités testées

On calcule les premiers 8 modes propres de la structure en considérant la contribution de la rigidité géométrique due à la précontrainte induite à l'équilibre par le chargement considéré.

Commandes

CALC_MATR_ELEM		OPTION = 'RIGI_MECA'
		OPTION = 'MASS_MECA'
		OPTION = 'RIGI_GEOM'
CALC_MODES		OPTION = 'PLUS_PETITE'
	CALC_FREQ	NMAX_FREQ = 8
	SOLVEUR_MODAL	METHODE = 'SORENSEN'
POST_CHAM_XFEM		RESULTAT = sd_mode_meca

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

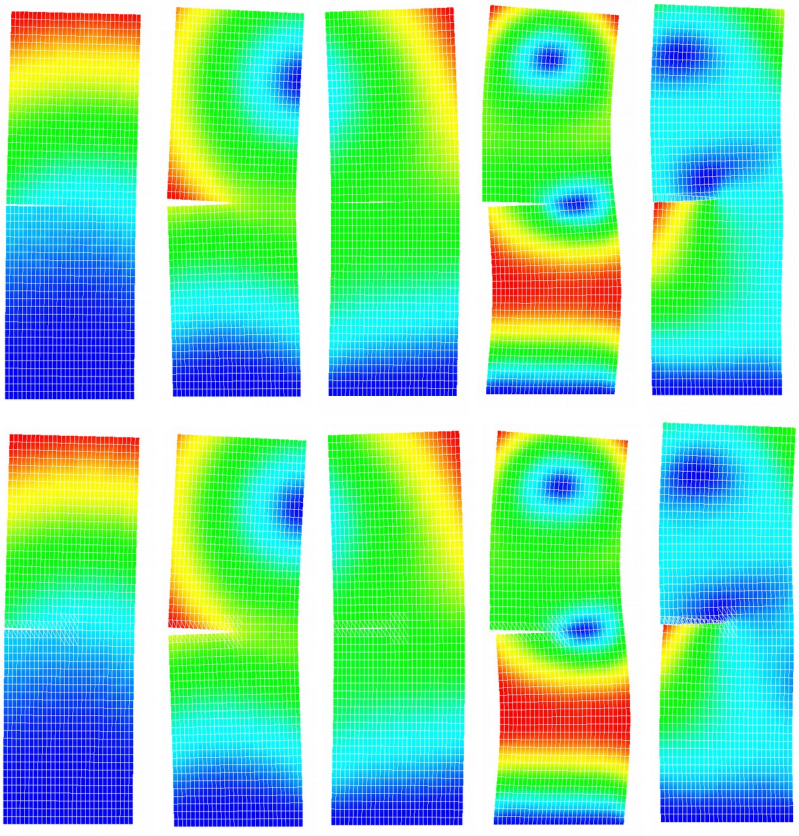
4.4 Grandeurs testées et résultats

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	7.005	6.902	1.5
Fréquence mode 2	24.895	24.984	0.36
Fréquence mode 3	41.820	41.143	1.6
Fréquence mode 4	84.905	84.661	0.29
Fréquence mode 5	106.179	103.269	2.7
Fréquence mode 6	134.298	135.242	0.70
Fréquence mode 7	166.198	165.284	0.55
Fréquence mode 8	181.048	181.556	0.28

4.5 Remarques

Comme on peut l'observer dans le comparatif des résultats pour cette modélisation, on obtient des différences 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 triangles sur lesquels on considère des schémas d'intégration à 12 points. En revanche, pour les éléments classiques on utilise le schéma à 4 points. Pour certains modes propres (notamment le mode 5 ici) la différence est encore plus grande car dans ce cas l'apport de la rigidité géométrique joue un rôle plus important. Comme pour la solution de référence le maillage est assez grossier autour de la pointe de la fissure, le champ de contraintes n'est pas calculé avec la même précision que dans le cas X-FEM où des fonctions d'enrichissement spéciales permettent une évaluation plus exacte. 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.



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

mode 1 mode 2 mode 3 mode 4 mode 5

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"

5 Synthèse des résultats

Ce cas-test a permis la validation du calcul modal d'une structure 2D 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)