WTNV150 – Écoulement dans une jonction d'interfaces au sein d'un massif poreux : utilisation de la méthode XFEM

Résumé :

Il s'agit d'un test d'écoulement dans deux interfaces XFEM hydrauliques cohésives, la deuxième étant branchée sur la première. On vérifie l'ouverture de la zone cohésive sous l'action de l'injection d'un fluide et le développement d'une fracture hydraulique. Ce test ne comporte qu'une seule modélisation bidimensionnelle.

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

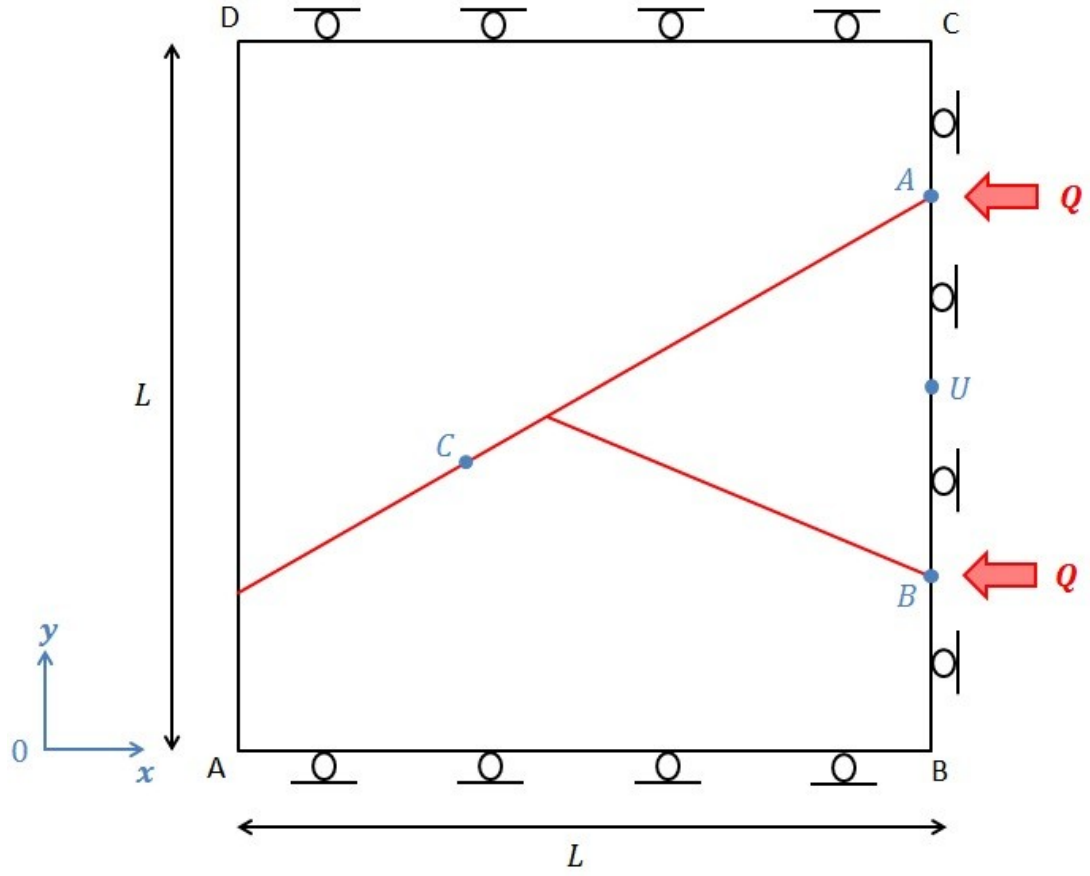
1 Problème de référence

1.1 Géométrie du problème

Il s'agit d'un bloc carré de côté $L=10\,m$. Ce bloc présente deux discontinuités de type interface cohésive (interface non maillée introduite dans le modèle sous la forme d'une courbe de niveau (level-set) grâce à l'opérateur DEFI_FISS_XFEM). Le centre du carré et l'origine du repère Oxy sont confondus. La première est repérée par la level-set normale d'équation $lsn_1=Y-0.5\,X-0.2$ et traverse entièrement la bloc dans la direction horizontale. La deuxième interface est repérée par la level-set normale d'équation $lsn_2=Y+0.5\,X+0.2$. Elle se branche sur la lèvre inférieure de la première interface. La deuxième interface n'existe donc que dans la partie du bloc telle que $lsn_1<0$. Le point de jonction entre les deux interfaces vérifie $lsn_1=lsn_2=0$ et a pour coordonnées $\begin{cases}X=-0.4\\Y=0\end{cases}$. Le domaine est ainsi découpé en 3 blocs, un bloc inférieur, un bloc supérieur et un bloc intermédiaire situé entre les deux interfaces. Les points $A(5,2.7)$, $B(5,-2.7)$, $C(-1,-0,3)$, et $U(5,0)$ seront utilisés pour l'imposition des conditions aux limites et l'évaluation des grandeurs testées.

On représente sur la Figure 1.1-a la géométrie du bloc.

Figure 1.1-a: Géométrie du problème



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

1.2 Propriétés des matériaux

Les paramètres donnés dans le Tableau 1.2-1 correspondent aux paramètres utilisés pour la modélisation dans le cas couplé hydro-mécanique. La loi de couplage utilisée est `'LIQU_SATU'` . Le type de modèle cohésif est `'MORTAR'` et la loi cohésive utilisée est `'CZM_LIN_MIX'`.

Liquide (eau)	Viscosité $\mu_w(en\ Pa.s)$	10^{-3}
	Module de compressibilité $\frac{1}{K_w}(en\ Pa^{-1})$	5.10^{-10}
	Densité du liquide $\rho_w(en\ kg/m^3)$	1
Paramètres élastiques	Module de Young $E(en MPa)$	5800
	Coefficient de Poisson ν	0.25
	Coefficient de dilatation thermique $\alpha(en\ K^{-1})$	0
Paramètres de couplage	Coefficient de Biot b	0,8
	Masse volumique homogénéisée initiale $r_0(en\ kg/m^3)$	2,5
	Perméabilité intrinsèque $K^{\text{int}}(en\ m^2)$	10^{-15}
Paramètres de la loi cohésive	Contrainte critique $\sigma_c(en MPa)$	0.11
	Énergie cohésive $G_c(en\ Pa\ .\ m)$	50
	Coefficient d'augmentation r	2

Tableau 1.2-1 : Propriétés du matériau

D'autre part, les forces liées à la pesanteur (dans l'équation de conservation de la quantité de mouvement) sont négligées. La pression de pore de référence est prise nulle $p_1^{\text{ref}} = 0\ MPa$ et la porosité du matériau est $\varphi = 0{,}1$.

1.3 Conditions aux limites et chargements

Les conditions de Dirichlet que l'on applique sont :

- blocage des déplacements suivant x sur le bord droit du domaine ;
- blocage des déplacements suivant y sur les bords inférieur et supérieur du domaine ;
- blocage d es déplacements verticaux dans le bloc du milieu ;
- blocage des déplacements suivant y au point U .

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

On injecte un flux de fluide ponctuel $Q=0.04\,kg.s^{-1}$ dans les interface cohésives aux points A et B pendant une durée $t=50\,s$.

2 Grandeurs et résultats de référence

2.1 Grandeurs et résultats de référence

Sous l'action de l'injection de fluide aux points A et B , les interfaces cohésives s'ouvrent et des fractures hydrauliques se développent. On teste la valeur de la pression de fluide et l'ouverture verticale au niveau des deux points d'injection A et B au niveau du point U .

2.2 Incertitude sur la solution

On vérifie la non-régression des résultats de calcul.

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Il s'agit d'une modélisation D_PLAN_HM utilisant des éléments HM-XFEM quadratiques.

3.2 Caractéristiques du maillage

Le bloc sur lequel on effectue la modélisation est divisé en 49 QUAD8.

3.3 Grandeurs testées et résultats

On teste la valeur des déplacements verticaux pour les nœuds A , B et C qui sont situés sur chacune des trois branches d'interfaces ainsi que la valeur de la pression du fluide dans l'interface en ces 3 points. Ces valeurs sont résumées dans le tableau ci-dessous :

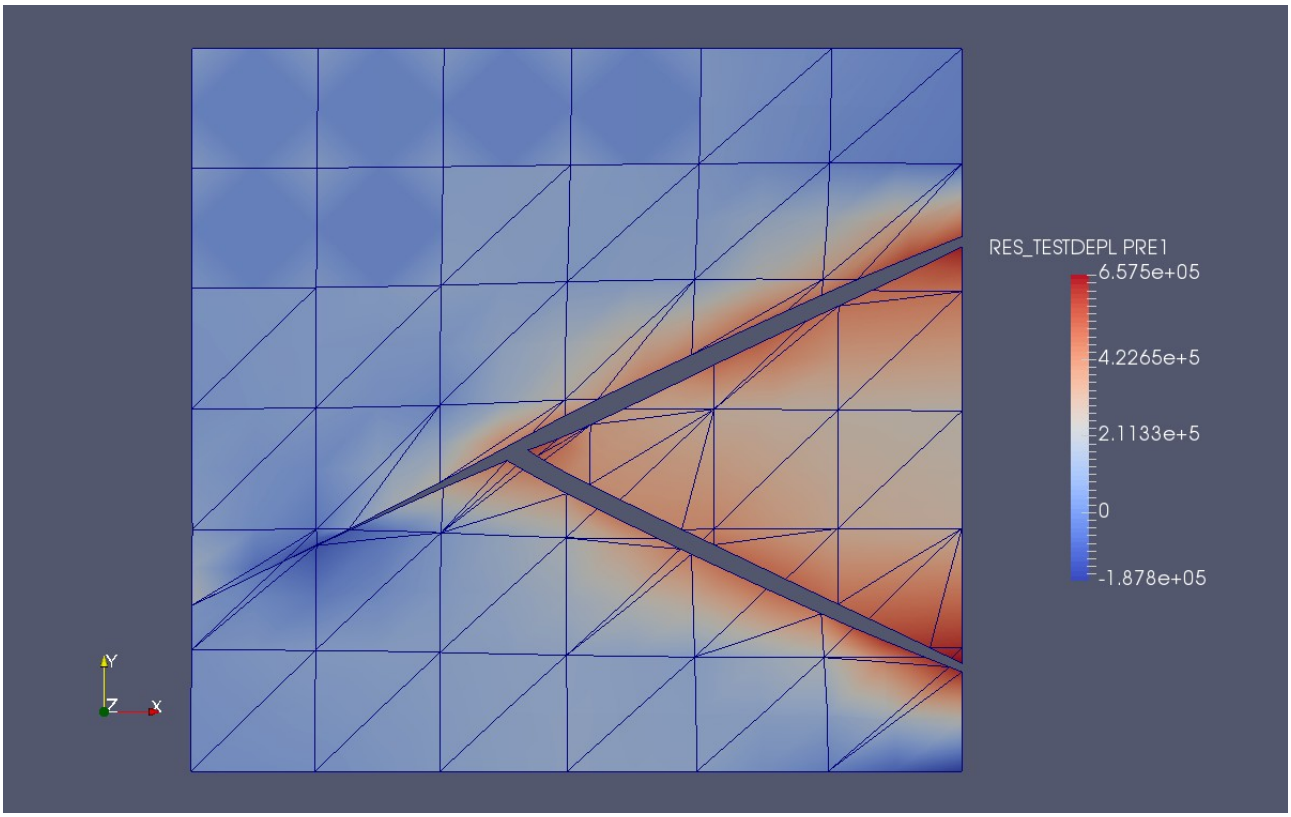
Grandeurs testées	Type de référence	Valeur de référence
DY (nœud A en dessous)	'NON_REGRESSION'	-3.334386E-6 m
DY (nœud A en dessus)	'NON_REGRESSION'	1.12056089E-4 m
DY (nœud B en dessous)	'NON_REGRESSION'	-6.262943E-5 m
DY (nœud B en dessus)	'NON_REGRESSION'	7,36284608E-5 m
DY (nœud C en dessous)	'NON_REGRESSION'	8,077092E-7 m
DY (nœud C en dessus)	'NON_REGRESSION'	6,88647E-5 m
PRE_FL1 (nœud A)	'NON_REGRESSION'	646077 Pa
PRE_FL1 (nœud B)	'NON_REGRESSION'	579537 Pa
PRE_FL1 (nœud C)	'NON_REGRESSION'	343080 Pa

3.4 Remarques

On a également visualisé le champ de pression de pore ainsi que la déformée amplifiée (X1000) (Figure 3.4-a). On vérifie que les deux branches d'interfaces hydrauliques alimentées en fluide se propagent jusqu'à la jonction, se rejoignent et alimentent ensuite la troisième branche d'interface hydraulique.

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

Figure 3.4-a: Champ de pression de pore et déformée amplifiée (X1000)



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

4 Conclusion

Ce test permet de valider le fonctionnement des jonctions d'interfaces hydrauliques avec les éléments HM-XFEM.

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