WTNV149 – Contact au niveau d'une jonction d'interfaces cohésives pour le cas hydromécanique

Résumé :

Il s'agit d'un test de validation analytique de la bonne prise en compte du contact en présence d'une jonction d'interfaces cohésives pour le cas hydromécanique couplé avec la méthode des éléments finis étendue (XFEM). Le test étant purement mécanique, tous les degrés de liberté associés à la phase fluide sont bloqués à 0. La modélisation A est bidimensionnelle tandis que la modélisation B est tridimensionnelle.

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

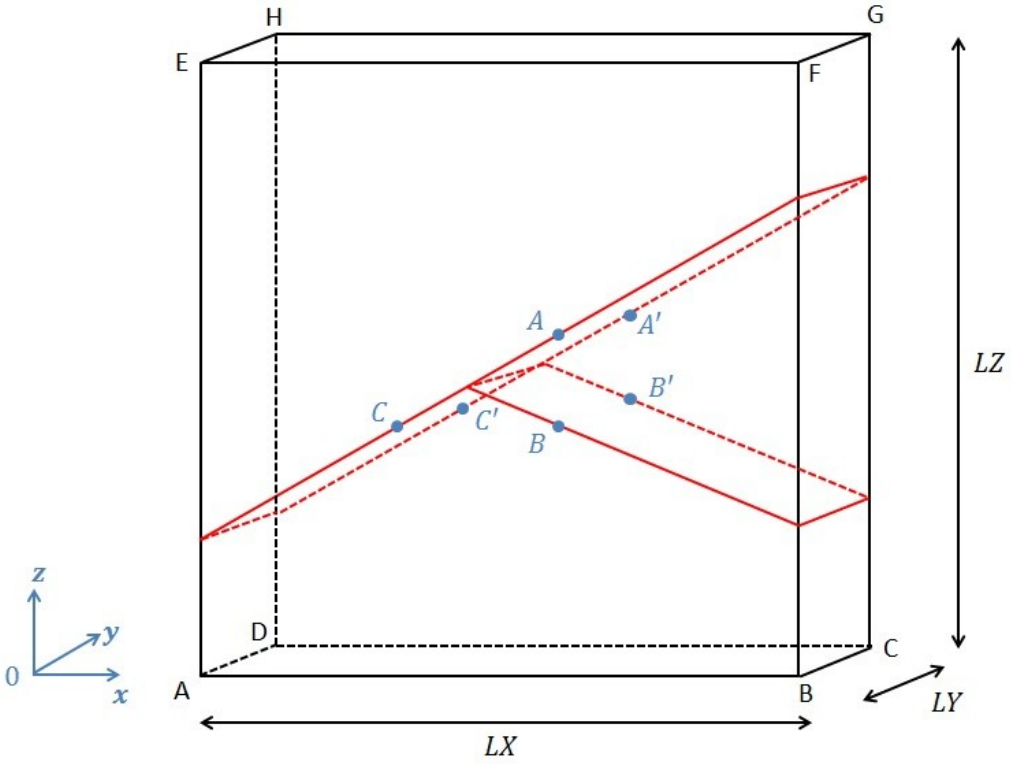
1 Problème de référence

1.1 Géométrie du problème

Il s'agit d'un bloc de hauteur $LZ=10\,m$, de longueur $LX=10\,m$ et de largeur $LY=2\,m$. 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). La première est repérée par la level-set normale d'équation $lsn_1=Z-0.5\mathrm{X}-0.2$ et traverse entièrement la bloc dans la direction horizontale. La deuxième interface est repérée par la level-set normale d'équation $lsn_2=Z+0.5\mathrm{X}+0.2$. 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 $lsn_1<0$. La courbe de jonction entre les deux interfaces vérifie $lsn_1=lsn_2=0$ et a pour équation $\begin{cases}X=-0.4\\Z=0\end{cases}$. 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 $A(6,0,5.7)$, $A'(6,2,5.7)$ $B(6,0,4{,}3)$, $B'(6,2,4.3)$, $C(4,0,4.7)$ et $C'(4,2,4.7)$ seront utilisés pour 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	0.2
	Coefficient de dilatation thermique $\alpha(en\ K^{-1})$	0
Paramètres de couplage	Coefficient de Biot b	1
	Masse volumique homogénéisée initiale $r_0(en\ kg/m^3)$	2,5
	Perméabilité intrinsèque $K^{\text{int}}(en\ m^2)$	$1{,}01937^{-19}$
Paramètres de la loi cohésive	Contrainte critique $\sigma_c(en MPa)$	0.5
	Energie cohésive $G_c(en\ Pa\ .\ m)$	900
	Coefficient d'augmentation r	10

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 $\varphi = 0{,}15$.

1.3 Conditions aux limites et chargements

Cas 2D

Les conditions de Dirichlet que l'on applique sont :

- les déplacements suivant x sont bloqués dans sur le bord droit et imposés égaux à $U=10^{-4}m$ sur le bord gauche du domaine,
- les déplacements suivant y sont bloqués sur la face inférieure et imposés égaux à $-U=-10^{-4}m$ sur le bord supérieur du domaine.

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

Cas 3D

Les conditions de Dirichlet que l'on applique sont :

- les déplacements suivant x sont bloqués dans sur le bord droit et imposés égaux à $U=10^{-4}m$ sur le bord gauche du domaine,
- les déplacements suivant z sont bloqués sur la face inférieure et imposés égaux à $-U=-10^{-4}m$ sur le bord supérieur du domaine,
- les déplacements suivant y sont bloqués dans tout le domaine.

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

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul

Le barreau est soumis à une compression isotrope. Les interfaces qui traversent le bloc sont cohésives donc le barreau devrait se comporter comme un barreau non fissuré. De plus le matériau est élastique. On s'attend donc à observer la compression isotrope d'un matériau élastique.

2.2 Grandeurs et résultats de référence

Les déplacements sont alors donnés par :

$$u_x=(x)=U(1-\frac{x}{LX})$$
$$u_y(y)=0$$
$$u_z(z)=-U\frac{z}{LZ}$$

2.3 Incertitude sur la solution

Aucune, il s'agit d'une solution analytique.

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 25 QUAD8.

3.3 Grandeurs testées et résultats

On teste la valeur des déplacement verticaux pour les nœuds A , B et C qui sont situés sur chacune des trois branches d'interfaces. La tolérance est fixée à 10^{-6} . Ces valeurs sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Grandeurs testées	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
DY (nœud A)	'ANALYTIQUE'	4.E-5	1,E-06
DY (nœud B)	'ANALYTIQUE'	4.E-5	1,E-06
DY (nœud C)	'ANALYTIQUE'	6.E-5	1,E-06
DX (nœud A)	'ANALYTIQUE'	-5.7E-5	1,E-06
DX (nœud B)	'ANALYTIQUE'	-4.3E-5	1,E-06
DX (nœud C)	'ANALYTIQUE'	-4.7E-5	1,E-06

3.4 Remarques

On a également visualisé le champ de déplacements selon les direction x et y (Figure 3.4-a et Figure 3.4-b). On vérifie que le barreau se comporte comme un barreau non fissuré.

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

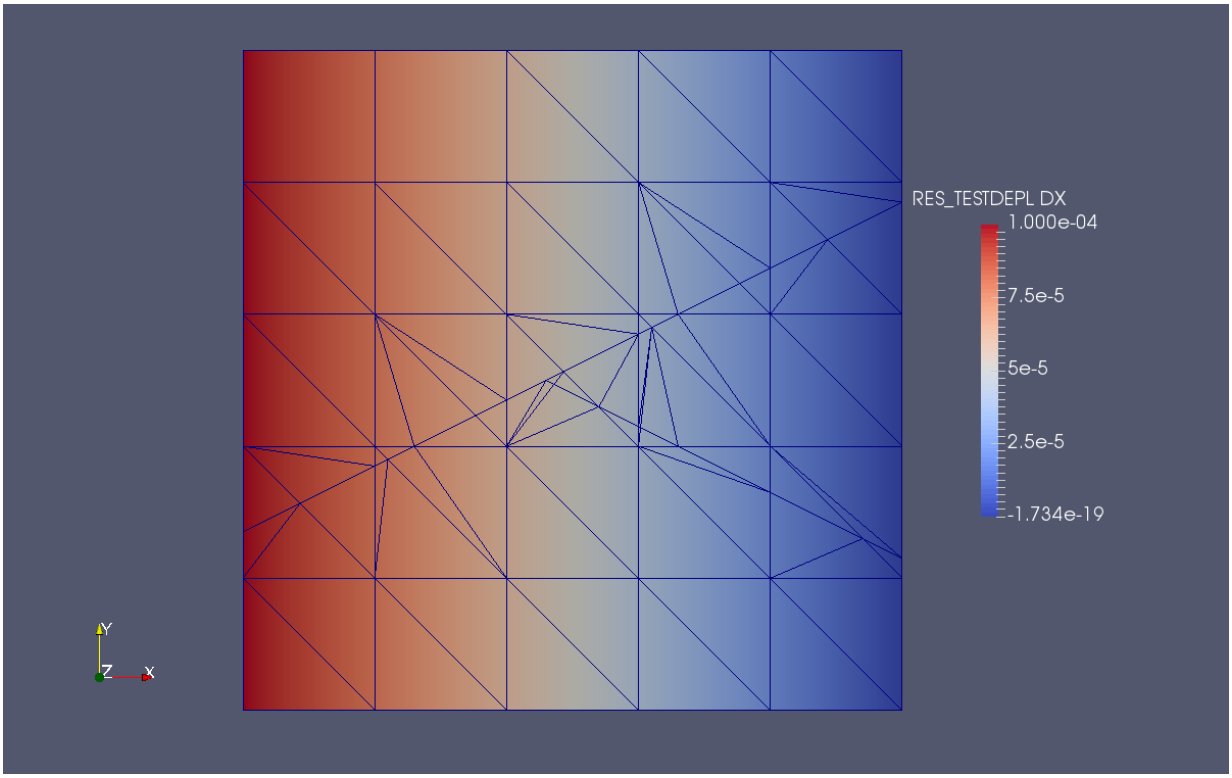


Figure 3.4-a: Champ de déplacements selon la direction (Ox)

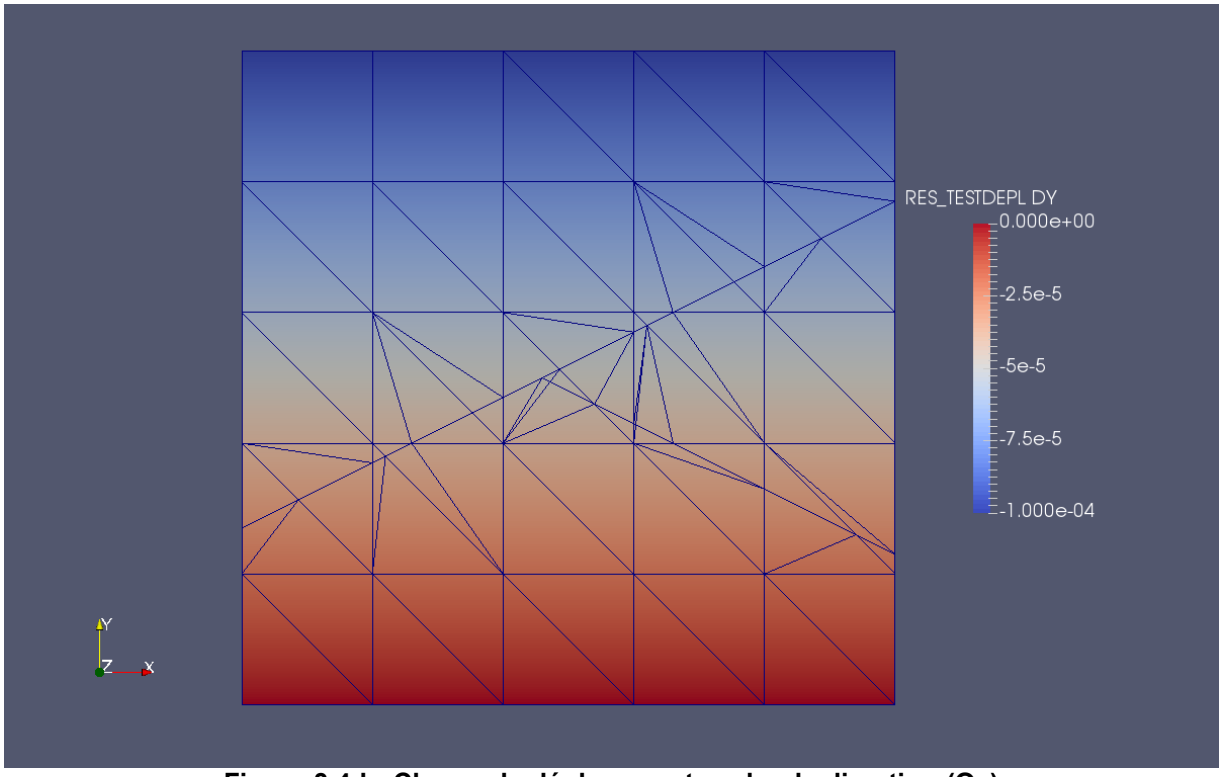


Figure 3.4-b: Champ de déplacements selon la direction (Oy)

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

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

Il s'agit d'une modélisation 3D_HM utilisant des éléments HM-XFEM quadratiques.

4.2 Caractéristiques du maillage

Le bloc sur lequel on effectue la modélisation est divisée en 25 HEXA20.

4.3 Grandeurs testées et Résultats

On teste la valeur des déplacement verticaux pour les nœuds A , A' , B , B' , C et C' de part et d'autre de l'interface. La tolérance est fixée à 10^{-6} . Ces valeurs sont résumées dans le tableau ci-dessous :

Grandeurs testées	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
DZ (nœud A)	'ANALYTIQUE'	4.E-5	1,E-06
DZ (nœud A')	'ANALYTIQUE'	4.E-5	1,E-06
DZ (nœud B)	'ANALYTIQUE'	4.E-5	1,E-06
DZ (nœud B')	'ANALYTIQUE'	4.E-5	1,E-06
DZ (nœud C)	'ANALYTIQUE'	6.E-5	1,E-06
DZ (nœud C')	'ANALYTIQUE'	6.E-5	1,E-06
DX (nœud A)	'ANALYTIQUE'	-5.7E-5	1,E-06
DX (nœud A')	'ANALYTIQUE'	-5.7E-5	1,E-06
DX (nœud B)	'ANALYTIQUE'	-4.3E-5	1,E-06
DX (nœud B')	'ANALYTIQUE'	-4.3E-5	1,E-06
DX (nœud C)	'ANALYTIQUE'	-4.7E-5	1,E-06
DX (nœud C')	'ANALYTIQUE'	-4.7E-5	1,E-06

4.4 Remarques

On a également visualisé le champ de déplacements selon la direction z (Figure 4.4-a et Figure 4.4-b). On vérifie que le barreau se comporte comme un barreau non fissuré.

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

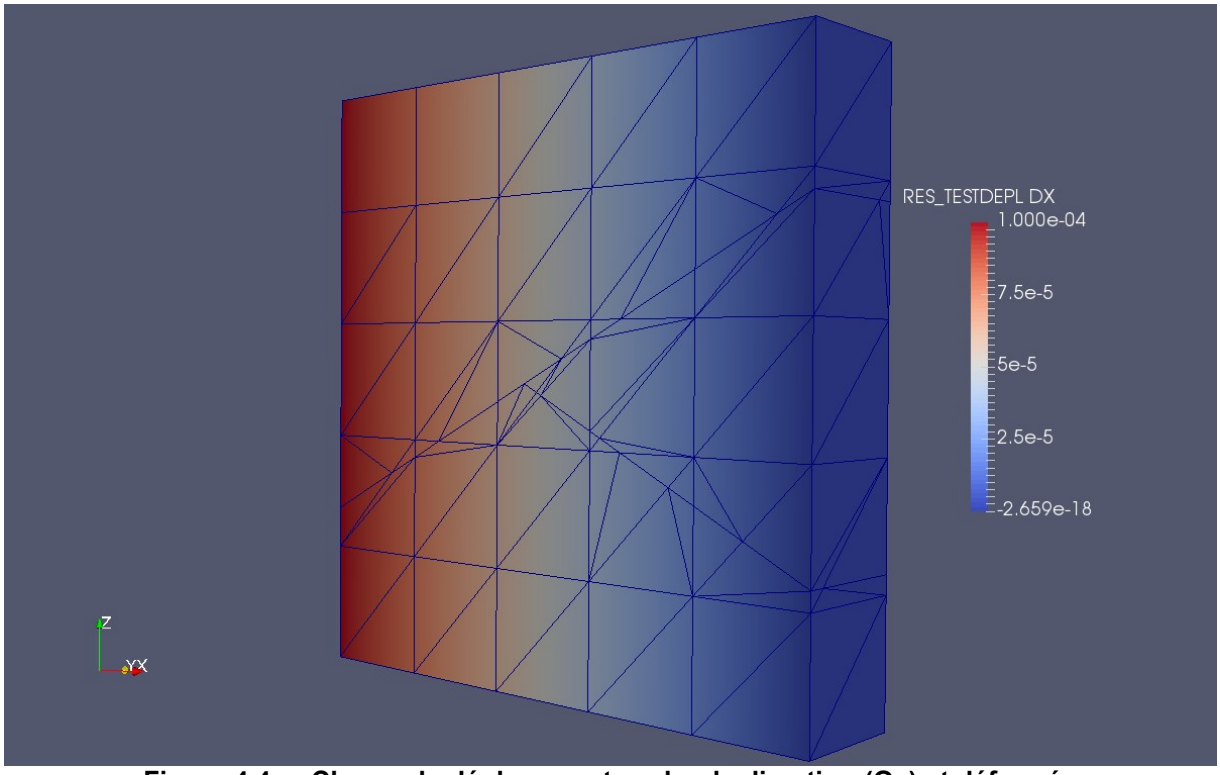


Figure 4.4-a: Champ de déplacements selon la direction (Ox) et déformée

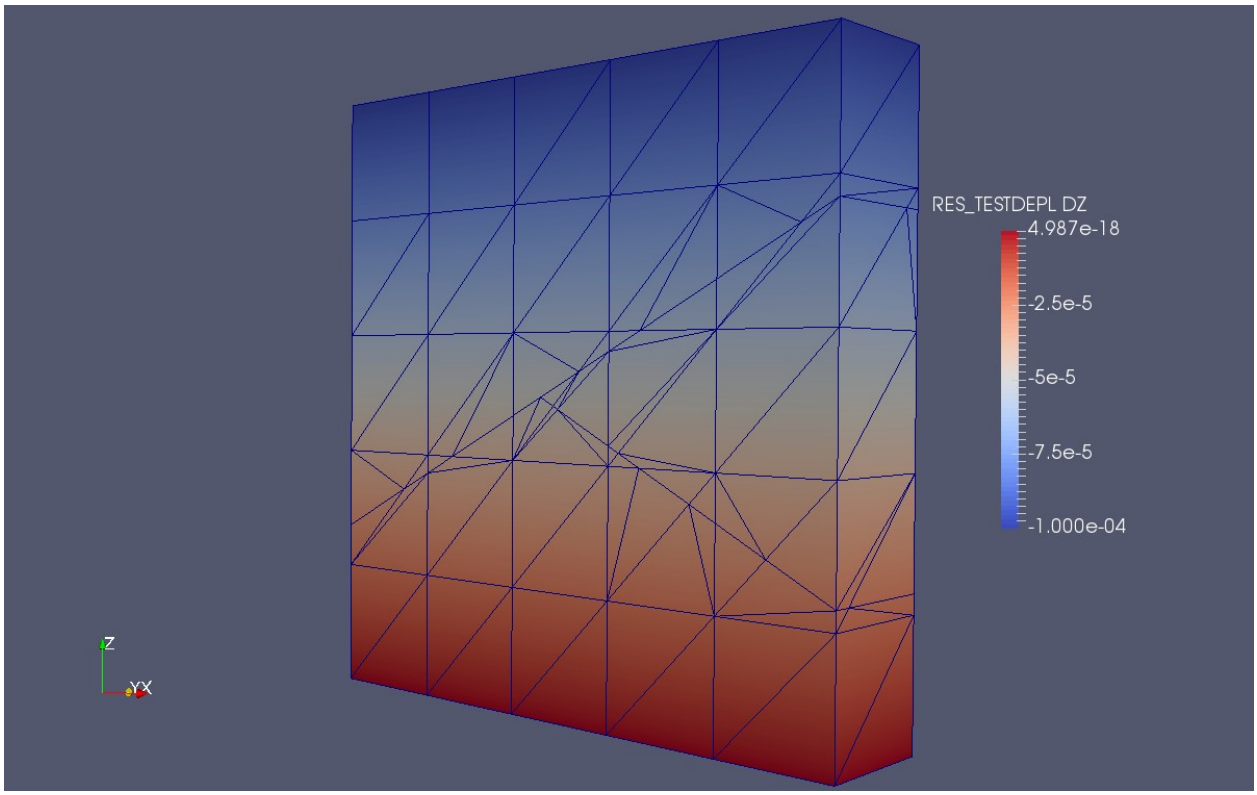


Figure 4.4-b: Champ de déplacements selon la direction (Oz) et déformée

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

5 Conclusion

Pour la modélisation D_PLAN_HM et la modélisation 3D_HM, les résultats concordent avec la solution analytique. Pour les éléments HM-XFEM multi-Heaviside cohésifs,, les fonctionnalités suivantes sont désormais validées :

- MODI_MODELE_XFEM
- POST_CHAM_XFEM

En présence d'une jonction d'interfaces cohésives, le barreau fissuré se comporte en compression comme un barreau non fissuré. Le contact est donc bien pris en compte dans chaque branche d'interface et au niveau de la jonction.

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