h

SSNP503 – Contact en grands glissements pour des fissures horizontales conformes

Résumé :

Ce test a pour but de tester le contact en grands glissement pour des fissures horizontales conformes au maillage.

On considère une structure rectangulaire présentant deux fissures horizontales la traversant complètement, placées symétriquement par rapport à l'axe médian de la structure. Les deux fissures coupent ainsi le rectangle en trois blocs. Le blocage des déplacements horizontaux est imposé aux quatre coins du rectangle, des déplacements verticaux sont imposés sur les bords inférieur et supérieur du rectangle afin de serrer le bloc milieu qui se voit imposer un déplacement horizontal pour le faire glisser le long des fissures. Suite à la sollicitation de compression ainsi créée, des pressions de contact apparaissent sur les zones en contact, avec une évolution de leurs valeurs en fonction de l'avancement du bloc milieu.

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

La structure est un rectangle sain dans lequel deux fissures horizontales sont introduites. Les fissures sont placées symétriquement par rapport à l'axe médian de la structure, comme montré sur la Figure 1.1-a. Les dimensions de la structure ainsi que la distance entre les fissures sont :

$H = 9\,m$;
$L = 4\,m$;
$b = 4\,m$;

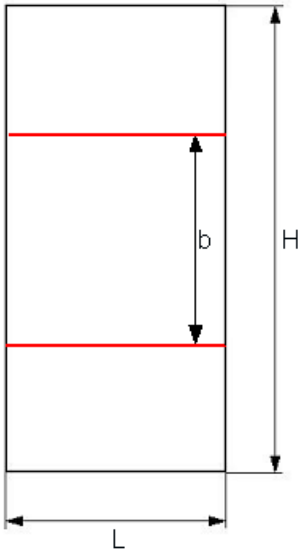


Figure 1.1-a : Géométrie de la structure et positionnement des fissures.

1.2 Propriétés du matériau

Module de Young : $E = 100\,MPa$

Coefficient de Poisson : $\nu = 0.3$

1.3 Conditions aux limites et chargements

Le blocage des déplacements horizontaux est imposé aux quatre coins de la structure (Figure 1.3-a). Sur les bords inférieur et supérieur du rectangle, on impose des déplacements suivant l'axe Y qui vont fermer les fissures afin de générer de la pression de contact. Le bloc milieu est soumis à un glissement important en appliquant un déplacement contrôlé suivant l'axe X sur son bord gauche.

Les valeurs numériques des déplacements imposés sont :

$Depl_X = 2.00\,m$
$Depl_Y = 1.0\mathrm{E}-3\,m$

Leur application se fait suivant une fonction rampe classique, en 4 pas de charge.

Le coefficient de frottement de Coulomb est pris égal à $0,5$.

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

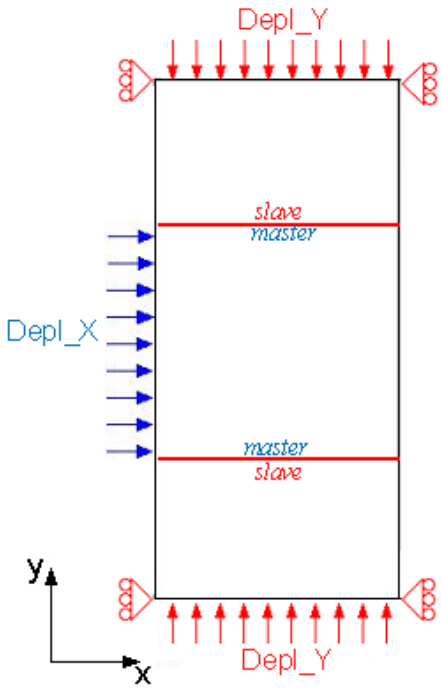


Figure 1.3-a : Illustration des conditions aux limites et des chargements.

2 Solution de référence

Non-régression.

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Il s'agit d'une modélisation FEM, en déformations planes. Les trois blocs sont maillés conformément et les conditions de contact sont imposées sur les arêtes de ces blocs. On déclare les arêtes maîtres sur le bloc milieu et les arêtes esclaves sur les blocs inférieur et supérieur afin de se conformer à la figure 1.3-a.

3.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage est réglé (Figure 3.2-a) et comporte 3 blocs composés de mailles de type `QUAD4`. Les blocs supérieur et inférieur possèdent chacun 12 mailles, tandis que le bloc milieu en possède 20.

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

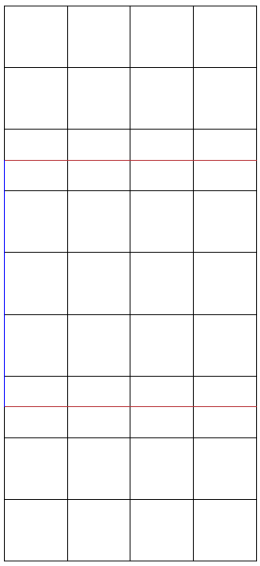


Figure 3.2-a : Le maillage de la modélisation A.

3.3 Grandeurs testées et résultats

On teste les pressions de contact sur la lèvre supérieure du bloc inférieur, celle-ci étant déclarée esclave, à la fin de chaque pas de charge considéré. L'emplacement des nœuds qui stockent les degrés de liberté de contact dont on teste les valeurs, est illustré sur la Figure 3.4-a.

Pas	Identification	*Référence*
1	LAGS_C pour N21	0.0000000E+00
	LAGS_C pour N20	-8.1059677E+03
	LAGS_C pour N19	-6.4501080E+03
	LAGS_C pour N18	-6.4542489E+03
	LAGS_C pour N17	-4.1383235E+03
2	LAGS_C pour N21	0.0000000E+00
	LAGS_C pour N20	-1.0392388E+04
	LAGS_C pour N19	-1.3120234E+04
	LAGS_C pour N18	-1.1868000E+04
	LAGS_C pour N17	-8.7124511E+03
3	LAGS_C pour N21	0.0000000E+00
	LAGS_C pour N20	0.0000000E+00
	LAGS_C pour N19	-2.1971033E+04
	LAGS_C pour N18	-1.8731887E+04
	LAGS_C pour N17	-1.1800265E+04
4	LAGS_C pour N21	0.0000000E+00
	LAGS_C pour N20	0.0000000E+00
	LAGS_C pour N19	-1.9159216E+04
	LAGS_C pour N18	-2.3596467E+04
	LAGS_C pour N17	-1.7951778E+04

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

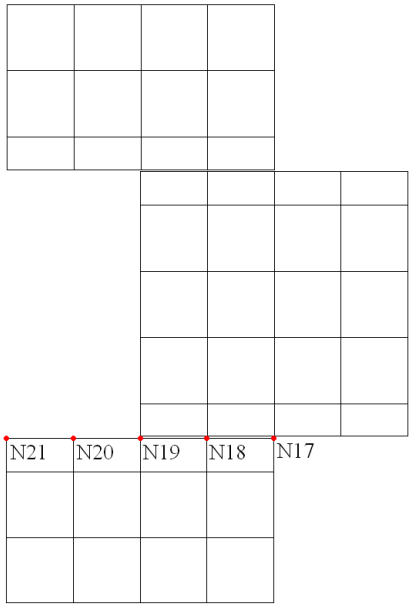


Figure 3.4-a : L'emplacement des nœuds qui stockent les degrés de liberté de contact testés.

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

4 Modélisation C

4.1 Caractéristiques de la modélisation

Il s'agit des mêmes caractéristiques de modélisation que la modélisation A mais en contraintes planes.

4.2 Caractéristiques du maillage

Il s'agit des mêmes caractéristiques de maillage que la modélisation A.

4.3 Grandeurs testées et résultats

On teste les pressions de contact comme pour la modélisation A. L'emplacement des nœuds qui stockent les degrés de liberté de contact, dont on teste les valeurs, est illustré sur la Figure 3.4-a.

Pas	Identification	Référence
1	LAGS_C pour N21	0.0000000E+00
	LAGS_C pour N20	-7.1041388E+03
	LAGS_C pour N19	-5.5751916E+03
	LAGS_C pour N18	-5.6055420E+03
	LAGS_C pour N17	-3.6920556E+03
2	LAGS_C pour N21	0.0000000E+00
	LAGS_C pour N20	-9.1709839E+03
	LAGS_C pour N19	-1.1435732E+04
	LAGS_C pour N18	-1.0391562E+04
	LAGS_C pour N17	-7.7671507E+03
3	LAGS_C pour N21	0.0000000E+00
	LAGS_C pour N20	0.0000000E+00
	LAGS_C pour N19	-1.9485289E+04
	LAGS_C pour N18	-1.6399583E+04
	LAGS_C pour N17	-1.0605893E+04
4	LAGS_C pour N21	0.0000000E+00
	LAGS_C pour N20	0.0000000E+00
	LAGS_C pour N19	-1.7065781E+04
	LAGS_C pour N18	-2.0872174E+04
	LAGS_C pour N17	-1.6114706E+04

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

5 Modélisation E

5.1 Caractéristiques de la modélisation

Il s'agit des mêmes caractéristiques de modélisation que la modélisation A.

5.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage est réglé (Figure 7.2-a) et comporte 3 blocs composés de mailles de type TRI3. Les blocs supérieur et inférieur possèdent chacun 336 mailles, tandis que le bloc milieu en possède 608.

Le maillage est plus fin que dans les tests précédents, car on veut éviter une perte de précision. Le maillage est par ailleurs construit de manière à respecter la symétrie médiane du modèle.

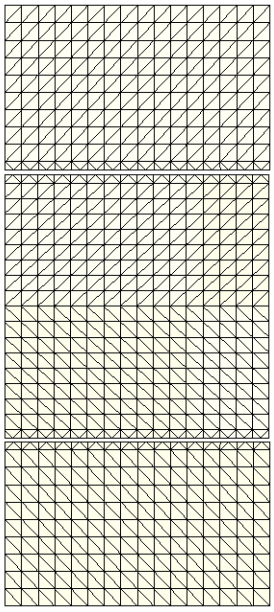


Figure 7.2-a : Le maillage de la modélisation E.

5.3 Grandeurs testées et résultats

On teste les valeurs de la pression de contact comme pour la modélisation A. L'emplacement des nœuds qui stockent les degrés de liberté de contact, dont on teste les valeurs, est illustré sur la Figure 7.4-a.

Pas	Identification	Référence
1	LAGS_C pour N1254	0.0000000E+00
	LAGS_C pour N1262	-7.1942608E+03
	LAGS_C pour N1270	-6.5408344E+03
	LAGS_C pour N1278	-6.1360067E+03
	LAGS_C pour N1286	-2.4914329E+03
2	LAGS_C pour N1254	0.0000000E+00
	LAGS_C pour N1262	-2.4822528E+04
	LAGS_C pour N1270	-1.2993429E+04
	LAGS_C pour N1278	-1.2178296E+04
	LAGS_C pour N1286	-3.4642908E+03
	LAGS_C pour N1254	0.0000000E+00

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

3	LAGS_C pour N1262	0.0000000E+00
	LAGS_C pour N1270	-2.0219781E+04
	LAGS_C pour N1278	-1.8168929E+04
	LAGS_C pour N1286	-4.8271686E+03
4	LAGS_C pour N1254	0.0000000E+00
	LAGS_C pour N1262	0.0000000E+00
	LAGS_C pour N1270	-4.3387251E+04
	LAGS_C pour N1278	-2.4197889E+04
	LAGS_C pour N1286	-7.2647040E+03

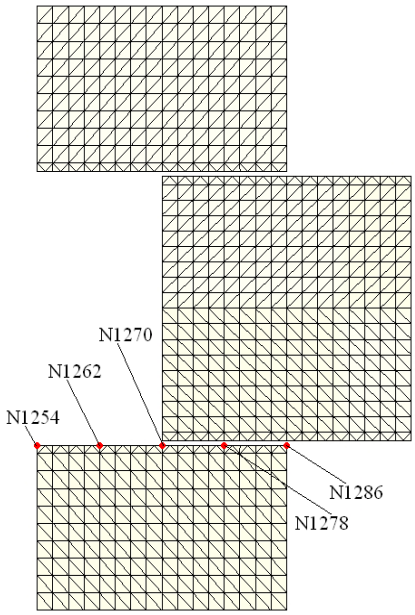


Figure 7.4-a : L'emplacement des nœuds qui stockent les degrés de liberté de contact testés.

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

6 Modélisation G

6.1 Caractéristiques de la modélisation

Il s'agit des mêmes caractéristiques de modélisation que la modélisation A, mais en 3D. On extrude donc le rectangle considéré dans la profondeur du plan d'une longueur unitaire. On bloque les mouvements de corps rigide dans la nouvelle direction considérée.

6.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage est réglé (Figure9.2-a) et comporte 3 blocs composés de mailles de type HEXA8. Les blocs supérieur et inférieur possèdent chacun 12 mailles, tandis que le bloc milieu en possède 20.

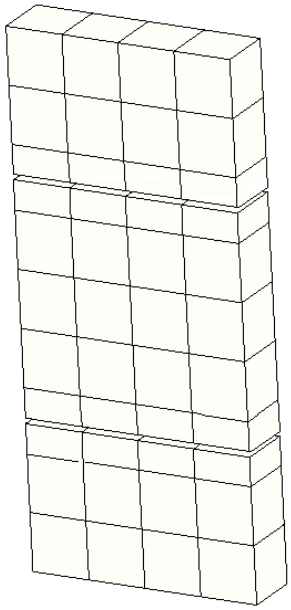


Figure 9.2-a : Le maillage de la modélisation G.

6.3 Grandeurs testées et résultats

On teste les pressions de contact comme pour la modélisation A. L'emplacement des nœuds qui stockent les degrés de liberté de contact, dont on teste les valeurs, est illustré sur la Figure 9.4-a.

Pas	Identification	Référence
1	LAGS_C pour N110	0.0000000E+00
	LAGS_C pour N119	-7.4394584E+03
	LAGS_C pour N121	-5.5601371E+03
	LAGS_C pour N123	-5.7894274E+03
	LAGS_C pour N108	-3.8723295E+03
2	LAGS_C pour N110	0.0000000E+00
	LAGS_C pour N119	-9.9465544E+03
	LAGS_C pour N121	-1.1457450E+04
	LAGS_C pour N123	-1.0644747E+04
	LAGS_C pour N108	-8.1152553E+03
3	LAGS_C pour N110	0.0000000E+00
	LAGS_C pour N119	0.0000000E+00
	LAGS_C pour N121	-2.0437614E+04

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

	LAGS_C pour N123	-1.6583379E+04
	LAGS_C pour N108	-1.1024368E+04
4	LAGS_C pour N110	0.0000000E+00
	LAGS_C pour N119	0.0000000E+00
	LAGS_C pour N121	-1.8510255E+04
	LAGS_C pour N123	-2.1051214E+04
	LAGS_C pour N108	-1.6537311E+04

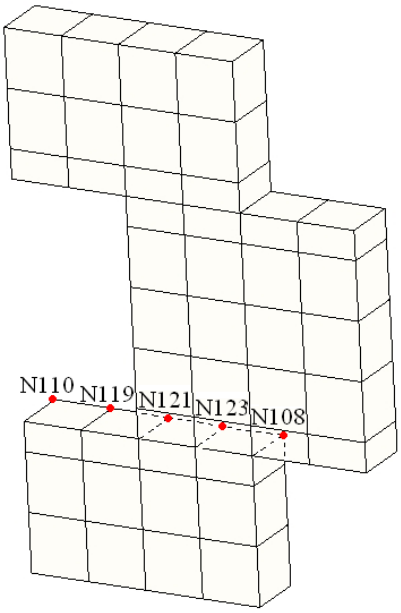


Figure 9.4-a : L'emplacement des nœuds qui stockent les degrés de liberté de contact testés.

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

7 Modélisation I

7.1 Caractéristiques de la modélisation

Il s'agit des mêmes caractéristiques de modélisation que la modélisation G.

7.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage est réglé (Figure 11.2-a) et comporte 3 blocs composés de mailles de type PENTA6. Les blocs supérieur et inférieur possèdent chacun 24 mailles, tandis que le bloc milieu en possède 40.

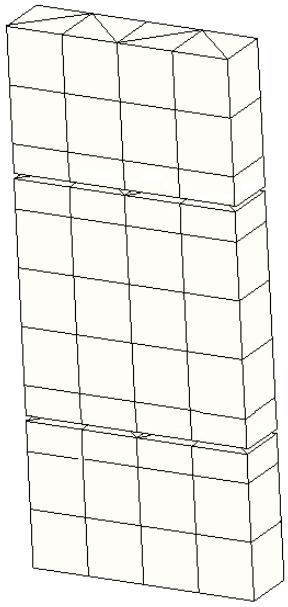


Figure 11.2-a : Le maillage de la modélisation I.

7.3 Grandeurs testées et résultats

On teste les pressions de contact comme pour la modélisation A. L'emplacement des nœuds qui stockent les degrés de liberté de contact, dont on teste les valeurs, est illustré sur la Figure 11.4-a.

Pas	Identification	Référence
1	LAGS_C pour N52	0.0000000E+00
	LAGS_C pour N69	-9.2184408E+03
	LAGS_C pour N70	-5.3136225E+03
	LAGS_C pour N73	-6.3318943E+03
	LAGS_C pour N50	-3.8408176E+03
2	LAGS_C pour N52	0.0000000E+00
	LAGS_C pour N69	-1.5003217E+04
	LAGS_C pour N70	-8.0031951E+03
	LAGS_C pour N73	-1.4765678E+04
	LAGS_C pour N50	-6.7122964E+03
3	LAGS_C pour N52	0.0000000E+00
	LAGS_C pour N69	0.0000000E+00
	LAGS_C pour N70	-1.7575098E+04
	LAGS_C pour N73	-1.6339667E+04
	LAGS_C pour N50	-1.2605826E+04

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

	LAGS_C pour N52	0.0000000E+00
	LAGS_C pour N69	0.0000000E+00
4	LAGS_C pour N70	-1.7152487E+04
	LAGS_C pour N73	-2.1471849E+04
	LAGS_C pour N50	-1.7685794E+04

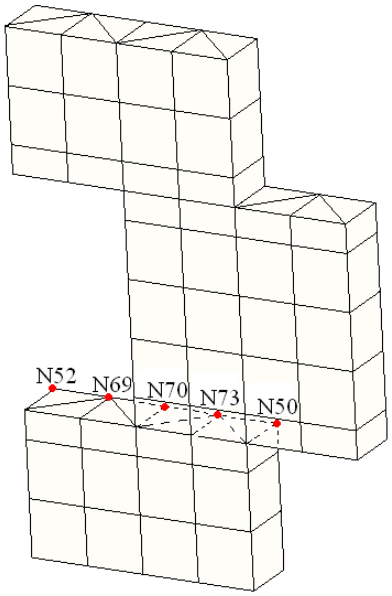


Figure 11.4-a : L'emplacement des nœuds qui stockent les degrés de liberté de contact testés.

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

8 Modélisation K

8.1 Caractéristiques de la modélisation

Il s'agit des mêmes caractéristiques de modélisation que la modélisation G.

8.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage est réglé (Figure 13.2-a) et comporte 3 blocs composés de mailles de type TETRA4. Les blocs supérieur et inférieur possèdent chacun 1098 mailles, tandis que le bloc milieu en possède 1824.

Le maillage est plus fin que dans les tests précédents, car on veut limiter une perte de précision . Le maillage est par ailleurs construit de manière à respecter la symétrie médiane du modèle.

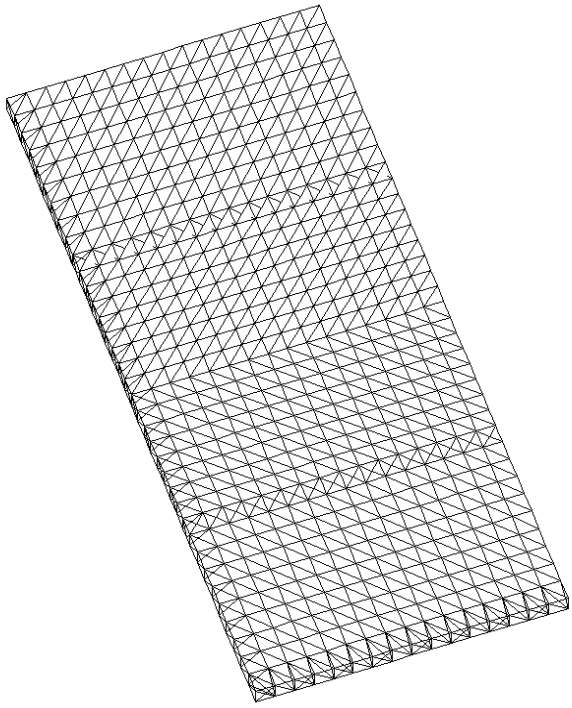


Figure 13.2-a : Le maillage de la modélisation K.

8.3 Grandeurs testées et résultats

On teste les pressions de contact comme pour la modélisation A. L'emplacement des nœuds qui stockent les degrés de liberté de contact, dont on teste les valeurs, est illustré sur la Figure 13.4-a.

Pas	Identification	Référence
1	LAGS_C pour N3779	0,00E+000
	LAGS_C pour N3802	-7,24E+003
	LAGS_C pour N3826	-6,43E+003
	LAGS_C pour N3850	-5,50E+003
	LAGS_C pour N3874	-9,82E+002
2	LAGS_C pour N3779	0,00E+000
	LAGS_C pour N3802	-2,64E+004
	LAGS_C pour N3826	-1,28E+004
	LAGS_C pour N3850	-1,11E+004

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

	LAGS_C pour N3874	-1,01E+003
3	LAGS_C pour N3779	0,00E+000
	LAGS_C pour N3802	0,00E+000
	LAGS_C pour N3826	-1,93E+004
	LAGS_C pour N3850	-1,68E+004
	LAGS_C pour N3874	-1,57E+003
4	LAGS_C pour N590	0,00E+000
	LAGS_C pour N598	0,00E+000
	LAGS_C pour N606	-4,43E+004
	LAGS_C pour N614	-2,25E+004
	LAGS_C pour N622	-3,17E+003

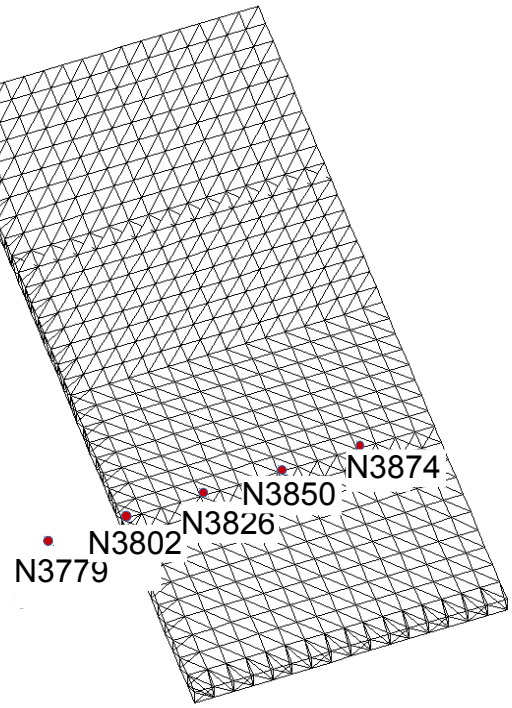


Figure 13.4-a : L'emplacement des nœuds qui stockent les degrés de liberté de contact testés.

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

9 Modélisation M

9.1 Caractéristiques de la modélisation

Il s'agit d'une modélisation X-FEM en petits glissements (on n'utilise pas le mot clé ITER_GEOM_MAXI dans l'opérateur CONTACT).

Elle possède les mêmes caractéristiques de modélisation que la modélisation B, mais les deux fissures possèdent une pointe (voir figure 15.1-a). On introduit donc dans la modélisation des fissures les level sets tangentes (notées LT). Les pointes sont positionnées en $\mathrm{LT}=0$.

Afin de tester tout les types d'appariement possibles soit les éléments tardifs $H-H$, $HCT-H$, $H-HCT$, $HCT-HCT$ et CT (voir partie 3 de [R5.03.53]), on intervertit pour la deuxième fissure les statuts maitre/esclave en changeant le signe de $LN2$.

La première pointe (définie par $LT1$) se situe à l'intérieur de l'élément, alors que la deuxième (définie par $LT2$) se situe sur le bord de l'élément.

Les équations 4.1-1 et 4.1-2 définissant initialement les level set sont remplacées par les suivantes :

$$LN1=Y-2{,}5 \qquad \text{éq 15.1-1}$$
$$LT1=X-2{,}5 \qquad \text{éq 15.1-2}$$
$$LN2=Y-6{,}5 \qquad \text{éq 15.1-3}$$
$$LT2=X-3 \qquad \text{éq 15.1-4}$$

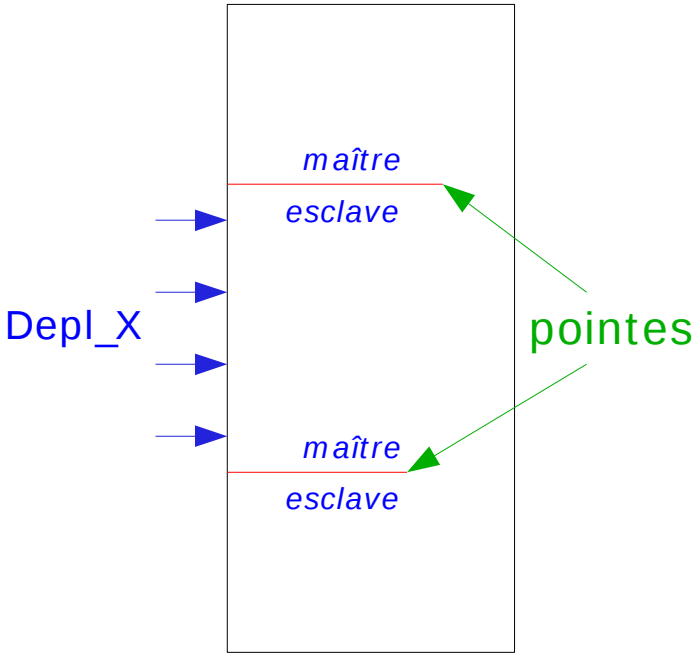


Figure 15.1-a : L'emplacement des fissures pour la modélisation M.

Enfin, l'introduction des fonds de fissure ne permet plus d'imposer un déplacement trop grand suivant X ; on impose maintenant :
$Depl_X=0.20\,m$

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

9.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage est réglé (Figure 4.2-a) et comporte 36 mailles de type QUAD4. Suite à la définition des fissures, les 8 mailles coupées sont transformées en QUAD8 afin de stocker les degrés de liberté de contact frottant aux nœuds sommets et milieux.

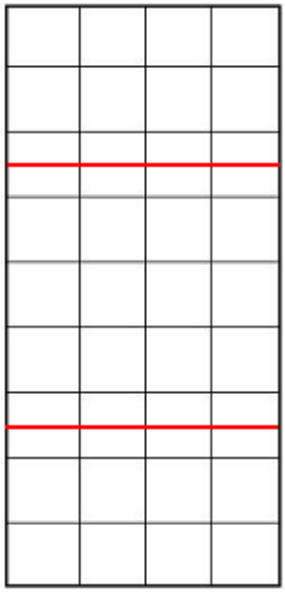


Figure 4.2-a : Le maillage de la modélisation M.

Le choix du nombre d'éléments dans la direction Y (sur la verticale) a été fait en tenant compte de la restriction imposée par la modélisation de la multi-fissuration avec la méthode X-FEM : les fissures doivent être séparées d'au moins deux mailles saines.

9.3 Grandeurs testées et résultats

On teste les pressions de contact comme pour la modélisation B. L'emplacement des nœuds qui stockent les degrés de liberté de contact, dont on teste les valeurs, est illustré sur la figure 4.4-a.

Pas	Identification	*Référence*
1	LAGS_C pour N24	-238385.373622
	LAGS_C pour N33	-67269.0287535
	LAGS_C pour N34	-44200.938843
2	LAGS_C pour N24	-476772.622857
	LAGS_C pour N33	-134537.599488
	LAGS_C pour N34	-88401.7804325
3	LAGS_C pour N24	-715159.872099
	LAGS_C pour N33	-201806.170221
	LAGS_C pour N34	-132602.622022
4	LAGS_C pour N24	-953547.121341
	LAGS_C pour N33	-269074.740954
	LAGS_C pour N34	-176803.463611

9.4 Remarques

Ce test sert de test de non régression pour le contact avec pointe en 2D petit glissement.

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

10 Modélisation O

10.1 Caractéristiques de la modélisation

Il s'agit des mêmes caractéristiques de modélisation que la modélisation M, mais en 3D. On extrude donc le rectangle considéré dans la profondeur du plan d'une longueur unitaire. On bloque les mouvements de corps rigide dans la nouvelle direction considérée.

10.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage est réglé (Figure 10.2-a) et comporte 36 mailles de type HEXA8. Suite à la définition des fissures, les 8 mailles coupées stockent à leurs nœuds les degrés de liberté de contact frottement.

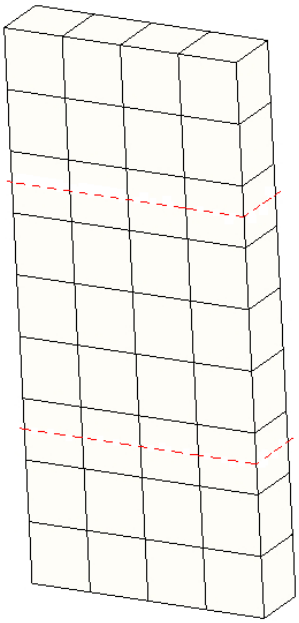


Figure 10.2-a : Le maillage de la modélisation O.

10.3 Grandeurs testées et résultats

On teste les pressions de contact comme pour la modélisation B. L'emplacement des nœuds qui stockent les degrés de liberté de contact, dont on teste les valeurs, est illustré sur la figure 10.4-a.

Pas	Identification	*Référence*
1	LAGS_C pour N13	-1.6373123667042E+05
	LAGS_C pour N14	-44357.544505499
	LAGS_C pour N15	-35056.97086267
2	LAGS_C pour N13	-3.2746337860021E+05
	LAGS_C pour N14	-88714.735602067
	LAGS_C pour N15	-70113.84839032
3	LAGS_C pour N13	-4.9119551982913E+05
	LAGS_C pour N14	-1.3307192699716E+05
	LAGS_C pour N15	-105170.72552738
4	LAGS_C pour N13	-6.5492051932078E+05
	LAGS_C pour N14	-1.7743185103176E+05
	LAGS_C pour N15	-140228.33441009

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

10.4 Remarques

Ce test sert de test de non régression pour le contact avec fond de fissure en 3D petit glissement.

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