SSNV128 - Plaque avec contact et frottement sur un plan rigide

Résumé :

Ce problème correspond à une analyse quasi-statique d'un problème de mécanique avec contact et frottement. Une plaque carrée est comprimée sur un plan indéformable où elle subit des forces de contact et de frottement. Ce test s'appuie sur des résultats 2D issus d'une moyenne de codes.

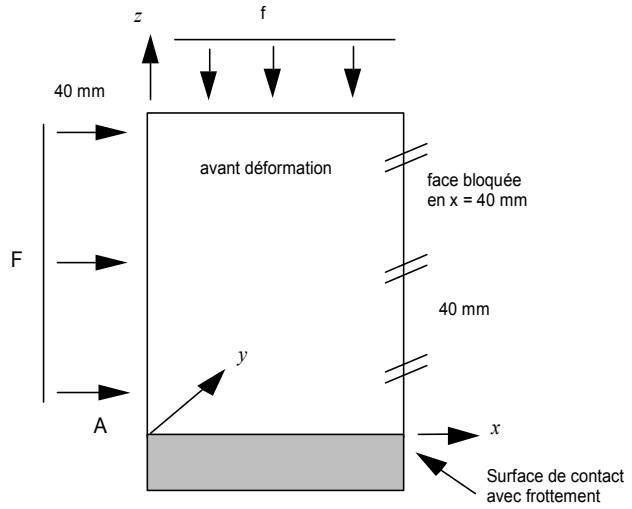
Ce test comporte des modélisations permettant de tester :

- les modélisations 2D (QUAD4, QUAD8, TRIA3 et TRIA6) et les modélisations 3D (HEXA8, HEXA20, HEXA27, PENTA6, PENTA15, TETRA4 et TETRA10),
- les algorithmes de traitement du contact avec frottement 'PENALISATION' et 'CONTINUE',
- la réactualisation géométrique du contact
- différentes options de l'algorithme d'appariement
- différentes options spécifiques au cas du frottement

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



Côté de la plaque (carrée) $a=0,04\ m$.

Position des points de référence sous la surface de contact (m)

	x	y	z
A	0	0	0
B	0,00125	0	0
C	0,005	0	0
D	0,0075	0	0
E	0,01125	0	0
R	0,03875	0	0

1.2 Propriétés des matériaux

Plaque :

Coefficient de Poisson : $0,2$
Module d'Young : $1,3*10^{11}N.m^{-2}$

Bâti (uniquement dans le cas où il est modélisé par des éléments de même dimension que la plaque) :

Coefficient de Poisson : 0.2
Module d'Young : $10^{16}N.m^{-2}$

Le coefficient de frottement sous le plan rigide est $\mu=1$.

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

1.3 Conditions aux limites et chargements

Le bâti, lorsqu'il est de dimension $N-1$ par rapport à la dimension de la plaque, est bloqué :

- par un encastrement complet.

Le bâti, lorsqu'il est de même dimension que la plaque, est bloqué :

- dans le plan $x=40\ mm$ pour les déplacements selon x (symétrie du problème) ;
- par un encastrement de sa face inférieure.

La plaque est bloquée :

- dans le plan $x=40\ mm$ pour les déplacements selon x (symétrie du problème) ;
- suivant Y au nœud situé à l'intersection du plan de symétrie, de la face de contact et du plan $Z=0$ pour empêcher les mouvements de corps rigide.

En 3D, pour se ramener à un problème 2D :

- le déplacement suivant Z est bloqué pour tous les nœuds.

La plaque est soumise à deux pressions réparties :

- une verticale agissant sur la face du dessus : $f=-5*10^{7}N.mm^{-2}$;
- une horizontale agissant sur la face initialement en $x=0$, $F=15*10^{7}N.mm^{-2}$.

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

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul

La solution de référence provient de résultats obtenus par une moyenne sur d'autres codes de calcul [bib1].

2.2 Grandeurs et résultats de référence

Déplacements tangentiels (selon x) aux points $A\,B\,C\,D\,E$ de la surface de contact (référence externe).

Statut de contact, jeu et réaction de contact au point R pour certaines modélisations (non-régression).

Pressions de contact aux points $A\,B\,C\,D\,E$ de la surface de contact pour les modélisations avec usure (non-régression).

2.3 Incertitudes sur la solution

Importante (moyenne de codes).

2.4 Référence bibliographique

[1] R.A. FEIJOO H.J.C. BARBOSA et N. ZOUAIN « Numerical formulations for contact problems with friction » Journal of Theorical and Applied Mechanics GAUTHIER-VILLARS.

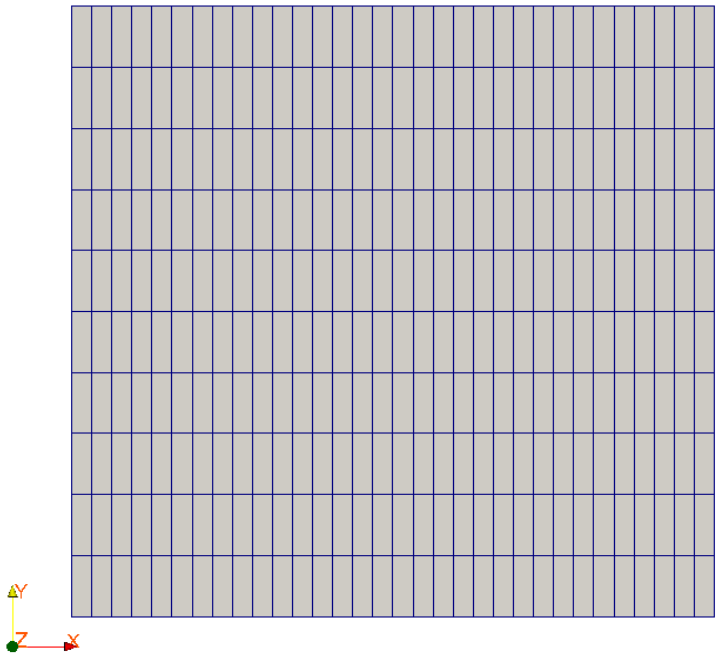
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

La modélisation est D_PLAN, seul le bord du bâti est représenté. Deux calculs sont réalisés avec des solveurs linéaires différents.

3.2 Caractéristiques du maillage



Nombre de nœuds : 396
Nombre de mailles et types : 320 QUAD4 pour la plaque et 32 SEG2 pour le bâti.

3.3 Grandeurs testées et résultats

Premier calcul (normale maître-esclave, réactualisation géométrique contrôlée, algorithme 'PENALISATION', solveur 'MULT_FRONT')

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
DX au point A instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,86E-5	5,0 %
DX au point B instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,72E-5	5,0 %
DX au point C instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,28E-5	5,0 %
DX au point D instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	1,98E-5	5,0 %
DX au point E instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	1,5E-5	5,0 %

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

Deuxième calcul (normale maître-esclave, réactualisation géométrique contrôlée, algorithme 'PENALISATION', solveur 'LDLT')

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
DX au point A instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,86E-5	5,0 %
DX au point B instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,72E-5	5,0 %
DX au point C instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,28E-5	5,0 %
DX au point D instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	1,98E-5	5,0 %
DX au point E instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	1,5E-5	5,0 %

On teste également la projection en considérant l'avant-dernier nœud esclave à droite.

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
PROJ_X de CONT_NOEU instant 1.0	'ANALYTIQUE'	3,88E-002	1,0E-6 %
PROJ_Y de CONT_NOEU instant 1.0	'ANALYTIQUE'	0,00E+000	1,0E-6 %

3.4 Remarques

Les résultats obtenus sont proches de la source externe à 5% près (moyenne de codes). Le solveur linéaire n'a pas d'influence sur les résultats.

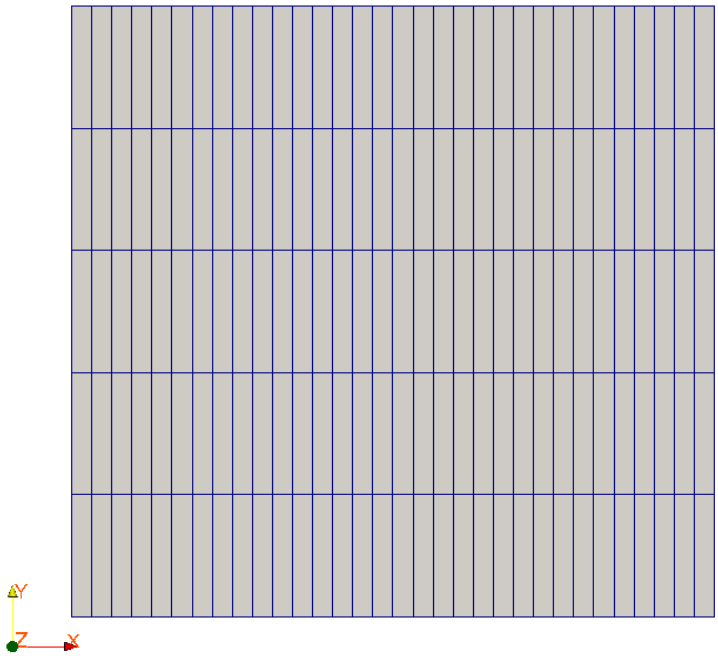
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

La modélisation est D_PLAN, seul le bord du bâti est représenté. Deux calculs sont réalisés avec des options d'appariement, des algorithmes de contact et des solveurs linéaires différents.

4.2 Caractéristiques du maillage



Nombre de nœuds : 558
Nombre de mailles et types : 160 QUAD8 pour la plaque et 1 SEG3 pour le bâti.

4.3 Grandeurs testées et résultats

Premier calcul (pas de réactualisation géométrique, algorithme 'PENALISATION', solveur 'MULT_FRONT')

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
DX au point A instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,86E-5	5,0 %
DX au point B instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,72E-5	5,0 %
DX au point C instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,28E-5	5,0 %
DX au point D instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	1,98E-5	5,0 %
DX au point E instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	1,5E-5	5,0 %

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

Deuxième calcul (pas de réactualisation géométrique, algorithme 'PENALISATION', solveur 'LDLT')

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
DX au point A instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,86E-5	5,0 %
DX au point B instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,72E-5	5,0 %
DX au point C instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,28E-5	5,0 %
DX au point D instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	1,98E-5	5,0 %
DX au point E instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	1,5E-5	5,0 %

4.4 Remarques

Les résultats obtenus sont proches de la source externe à 5% près (moyenne de codes). Le solveur linéaire n'a pas d'influence sur les résultats.
Le calcul sans réactualisation géométrique valide ici l'hypothèse de petits glissements.

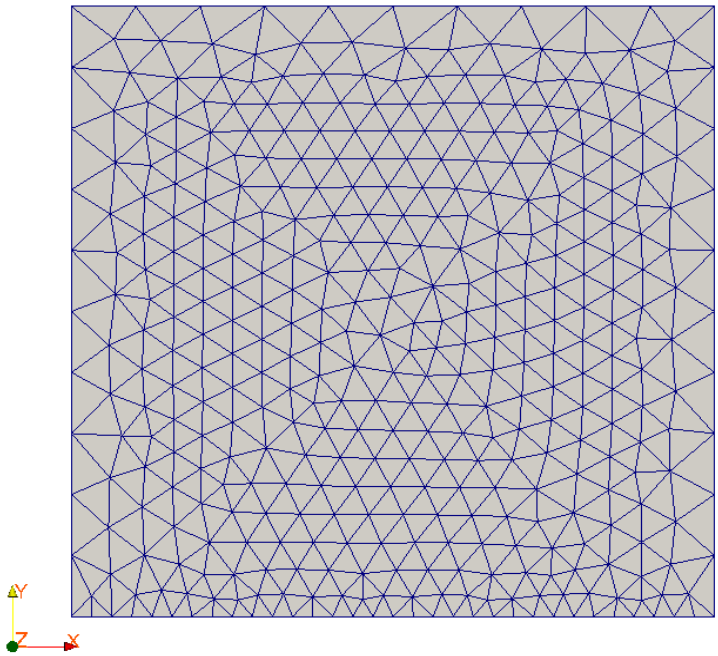
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

5 Modélisation C

5.1 Caractéristiques de la modélisation

La modélisation est D_PLAN, seul le bord du bâti est représenté. Deux calculs sont réalisés avec des options d'appariement, des algorithmes de contact et des solveurs linéaires différents.

5.2 Caractéristiques du maillage



Nombre de nœuds : 431
Nombre de mailles et types : 732 TRIA3 pour la plaque et 32 SEG2 pour le bâti.

5.3 Grandeurs testées et résultats

Premier calcul (algorithme 'PENALISATION', solveur 'MULT_FRONT')

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
DX au point A instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,86E-5	5,0 %
DX au point B instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,72E-5	5,0 %
DX au point C instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,28E-5	5,0 %
DX au point D instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	1,98E-5	5,0 %
DX au point E instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	1,5E-5	5,0 %

Deuxième calcul (algorithme 'PENALISATION', solveur 'LDLT')

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

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
DX au point A instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,86E-5	5,0 %
DX au point B instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,72E-5	5,0 %
DX au point C instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,28E-5	5,0 %
DX au point D instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	1,98E-5	5,0 %
DX au point E instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	1,5E-5	5,0 %

5.4 Remarques

Les résultats obtenus sont proches de la source externe à 5% près (moyenne de codes). Le solveur linéaire n'a pas d'influence sur les résultats.
Le calcul sans réactualisation géométrique valide ici l'hypothèse de petits glissements.

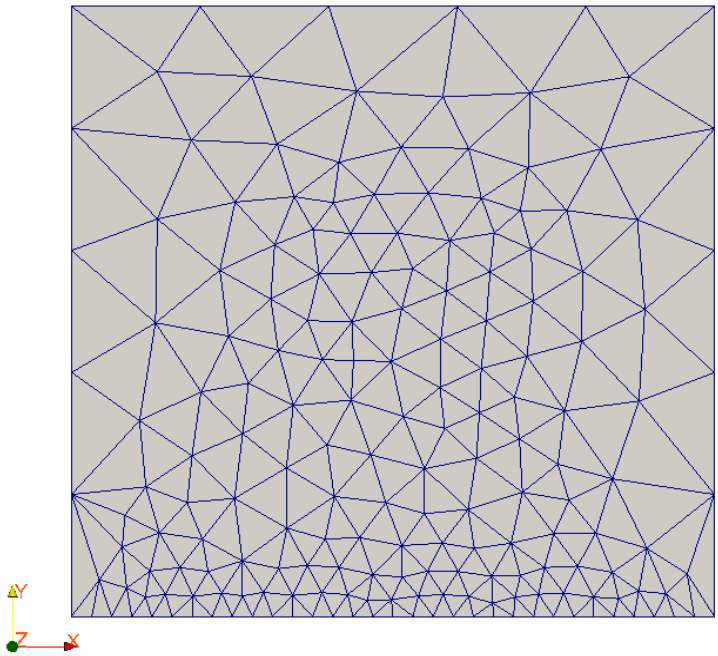
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

6 Modélisation D

6.1 Caractéristiques de la modélisation

La modélisation est D_PLAN, seul le bord du bâti est représenté. Deux calculs sont réalisés avec des options d'appariement, des algorithmes de contact et des solveurs linéaires différents.

6.2 Caractéristiques du maillage



Nombre de nœuds : 763
Nombre de mailles et types : 325 TRIA6 pour la plaque et 32 SEG3 pour le bâti.

6.3 Grandeurs testées et résultats

Premier calcul (appariement nodal, normale esclave, algorithme 'PENALISATION', solveur 'MULT_FRONT')

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
DX au point A instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,86E-5	5,0 %
DX au point B instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,72E-5	5,0 %
DX au point C instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,28E-5	5,0 %
DX au point D instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	1,98E-5	5,0 %
DX au point E instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	1,5E-5	5,0 %

Deuxième calcul (appariement nodal, normale esclave, algorithme 'PENALISATION', solveur 'LDLT')

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

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
DX au point A instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,86E-5	5,0 %
DX au point B instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,72E-5	5,0 %
DX au point C instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,28E-5	5,0 %
DX au point D instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	1,98E-5	5,0 %
DX au point E instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	1,5E-5	5,0 %

6.4 Remarques

Les résultats obtenus sont proches de la source externe à 5% près (moyenne de codes). Le solveur linéaire n'a pas d'influence sur les résultats.

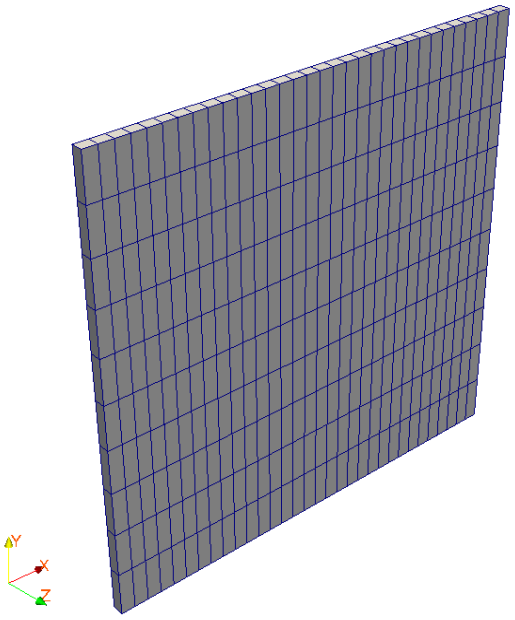
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

7 Modélisation E

7.1 Caractéristiques de la modélisation

La modélisation est 3D, seul le bord du bâti est représenté. Deux calculs sont réalisés avec des options d'appariement, des algorithmes de contact et des solveurs linéaires différents.

7.2 Caractéristiques du maillage



Nombre de nœuds : 792
Nombre de mailles et types : 320 HEXA8 pour la plaque et 32 QUAD4 pour le bâti.

7.3 Grandeurs testées et résultats

Premier calcul (réactualisation géométrique contrôlée, appariement nodal, algorithme 'PENALISATION', solveur 'MULT_FRONT')

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
DX au point A instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,86E-5	5,0 %
DX au point B instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,72E-5	5,0 %
DX au point C instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,28E-5	5,0 %
DX au point D instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	1,98E-5	5,0 %
DX au point E instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	1,5E-5	5,0 %

Deuxième calcul (réactualisation géométrique contrôlée, appariement nodal, algorithme 'PENALISATION', solveur 'LDLT')

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

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
DX au point A instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,86E-5	5,0 %
DX au point B instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,72E-5	5,0 %
DX au point C instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,28E-5	5,0 %
DX au point D instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	1,98E-5	5,0 %
DX au point E instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	1,5E-5	5,0 %

7.4 Remarques

Les résultats obtenus sont proches de la source externe à 5% près (moyenne de codes). Le solveur linéaire n'a pas d'influence sur les résultats.
Le problème 3D donne bien des résultats identiques au 2D suite au blocage des degrés de liberté suivant DZ .

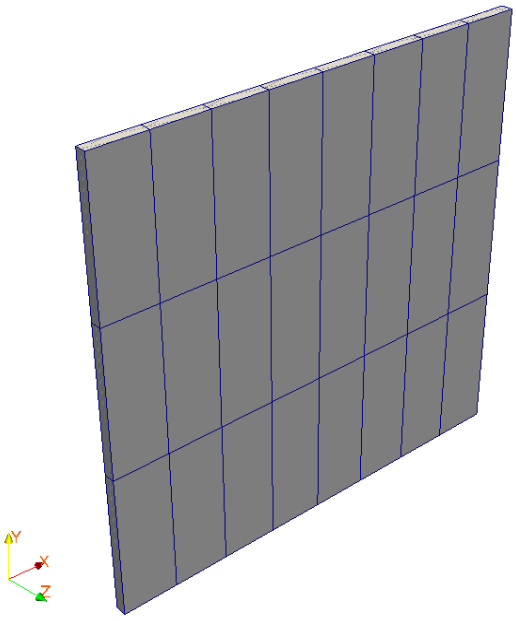
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

8 Modélisation G

8.1 Caractéristiques de la modélisation

La modélisation est 3D, seul le bord du bâti est représenté. Deux calculs sont réalisés avec des options d'appariement, des algorithmes de contact et des solveurs linéaires différents.

8.2 Caractéristiques du maillage



Nombre de nœuds : 408
Nombre de mailles et types : 24 HEXA27 pour la plaque et 8 QUAD9 pour le bâti.

8.3 Grandeurs testées et résultats

Premier calcul (réactualisation géométrique contrôlée, appariement nodal, normale esclave, algorithme 'PENALISATION', solveur 'MULT_FRONT')

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
DX au point A instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,86E-5	5,0 %
DX au point C instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,28E-5	5,0 %

Deuxième calcul (réactualisation géométrique contrôlée, appariement nodal, normale esclave, algorithme 'PENALISATION', solveur 'LDLT')

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
DX au point A instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,86E-5	5,0 %
DX au point C instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,28E-5	5,0 %

8.4 Remarques

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

Les résultats obtenus dans cette modélisation 3D quadratique sont plus proches de la référence que la modélisation précédente par suite de l'utilisation de mailles QUAD9 sur le bord de contact.
La différence avec les modélisations précédentes est un coefficient de pénalisation plus élevé (coefficient de pénalisation du frottement grand devant $a*E$).
Le problème 3D donne bien des résultats identiques au 2D suite au blocage des degrés de liberté suivant DZ .

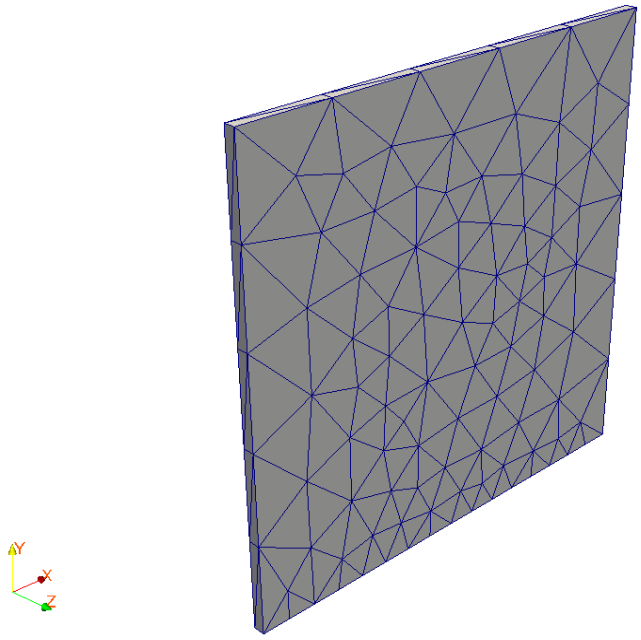
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

9 Modélisation K

9.1 Caractéristiques de la modélisation

La modélisation est 3D, seul le bord du bâti est représenté. Deux calculs sont réalisés avec des options d'appariement, des algorithmes de contact et des solveurs linéaires différents.

9.2 Caractéristiques du maillage



Nombre de nœuds : 1236
Nombre de mailles et types : 526 TETRA10 pour la plaque et 32 TRIA6 pour le bâti.

9.3 Grandeurs testées et résultats

Permier calcul (réactualisation géométrique contrôlée, appariement nodal, algorithme 'PENALISATION', solveur 'MULT_FRONT')

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
DX au point A instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,86E-5	5,0 %
DX au point C instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,28E-5	5,0 %

Deuxième calcul (réactualisation géométrique contrôlée, appariement nodal, algorithme 'PENALISATION', solveur 'LDLT')

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
DX au point A instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,86E-5	5,0 %
DX au point C instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,28E-5	5,0 %

9.4 Remarques

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

Les résultats obtenus dans cette modélisation 3D quadratique non structurée sont proches de la référence.
La différence avec les modélisations précédentes est un coefficient de pénalisation plus élevé (coefficient de pénalisation du frottement grand devant $a*E$).
Le problème 3D donne bien des résultats identiques au 2D suite au blocage des degrés de liberté suivant DZ .

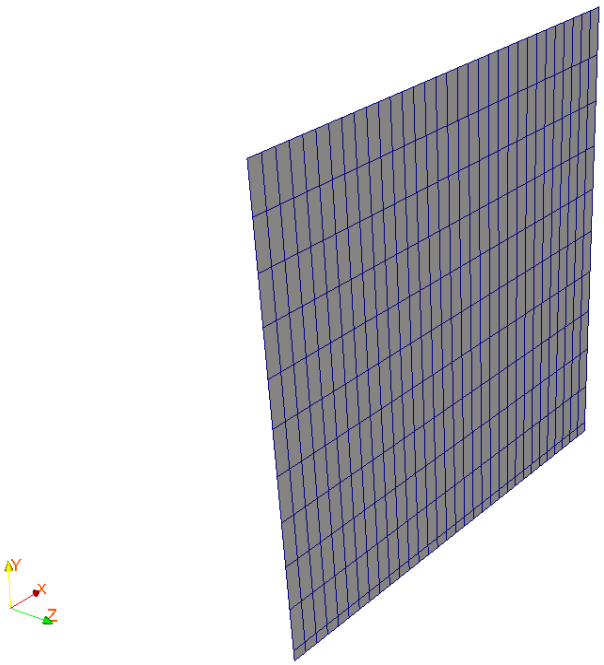
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

10 Modélisation M

10.1 Caractéristiques de la modélisation

La modélisation est D_PLAN, le bâti est représenté par un solide de matériau quasi-rigide. Deux calculs sont réalisés avec des solveurs linéaires différents.

10.2 Caractéristiques du maillage



Nombre de nœuds : 429
Nombre de mailles et types : 320 QUAD4 pour la plaque et 32 QUAD4 pour le bâti.

10.3 Grandeurs testées et résultats

Premier calcul (réactualisation géométrique contrôlée, formulation 'CONTINUE', solveur 'MULT_FRONT')

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
JEU au point R instant 1.0	'NON_REGRESSION'	0	1,0E-12
$CONT$ au point R instant 1.0	'NON_REGRESSION'	1	1,0E-5 %
RN au point R instant 1.0	'NON_REGRESSION'	1,049E+5	1,0E-5 %
DX au point A instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,86E-5	5,0 %
DX au point B instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,72E-5	5,0 %
DX au point C instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,28E-5	5,0 %
DX au point D instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	1,98E-5	5,0 %
DX au point E instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	1,5E-5	5,0 %

Second calcul (réactualisation géométrique contrôlée, formulation 'CONTINUE', solveur 'LDLT')

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

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
DX au point A instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,86E-5	5,0 %
DX au point B instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,72E-5	5,0 %
DX au point C instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,28E-5	5,0 %
DX au point D instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	1,98E-5	5,0 %
DX au point E instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	1,5E-5	5,0 %

10.4 Remarques

Les résultats obtenus sont proches de la source externe à 5% près (moyenne de codes). Le solveur linéaire n'a pas d'influence sur les résultats.
La formulation continue donne des résultats identiques à la formulation discrète.
La modélisation du bâti par un matériau très raide devant le matériau de la plaque donne des résultats équivalents au cas du bâti rigide dont le seul bord est représenté.
Le problème 3D donne bien des résultats identiques au 2D suite au blocage des degrés de liberté suivant DZ .

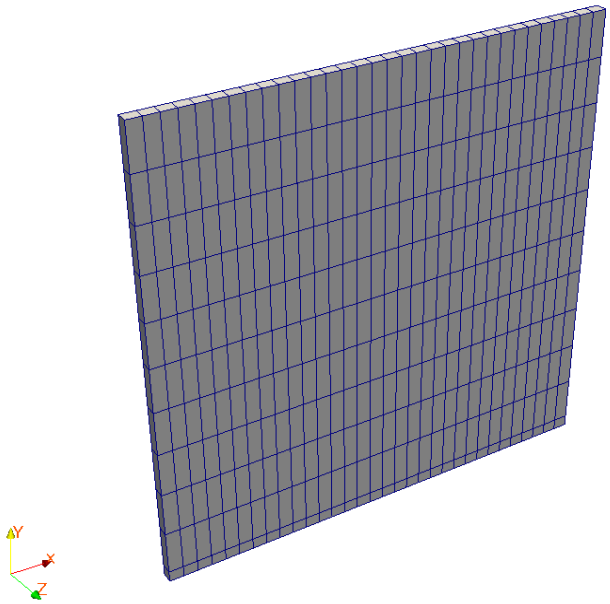
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

11 Modélisation N

11.1 Caractéristiques de la modélisation

La modélisation est 3D, le bâti est représenté par un solide de matériau quasi-rigide.

11.2 Caractéristiques du maillage



Nombre de nœuds : 858
Nombre de mailles et types : 320 HEXA8 pour la plaque et 32 HEXA8 pour le bâti.

11.3 Grandeurs testées et résultats

Premier calcul (réactualisation géométrique contrôlée, formulation 'CONTINUE', solveur 'MULT_FRONT')

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
DX au point A instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,86E-5	5,0 %
DX au point B instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,72E-5	5,0 %
DX au point C instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,28E-5	5,0 %
DX au point D instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	1,98E-5	5,0 %
DX au point E instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	1,5E-5	5,0 %

11.4 Remarques

Les résultats obtenus sont proches de la source externe à 5% près (moyenne de codes). Le solveur linéaire n'a pas d'influence sur les résultats.
La formulation continue donne des résultats identiques à la formulation discrète.
La modélisation du bâti par un matériau très raide devant le matériau de la plaque donne des résultats équivalents au cas du bâti rigide dont le seul bord est représenté.

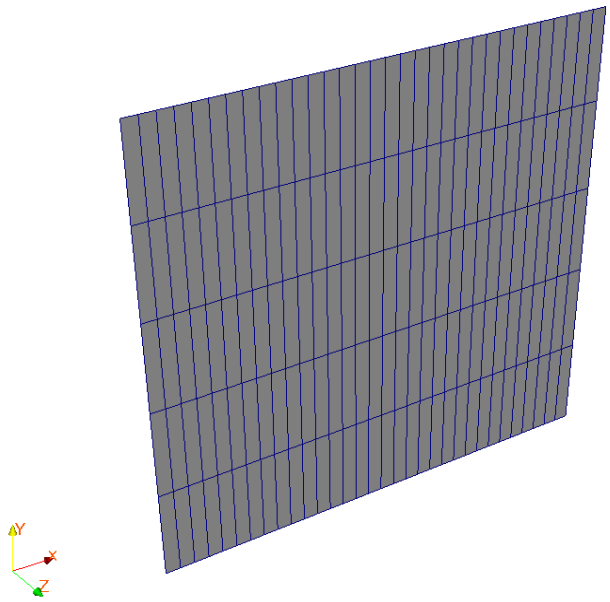
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

12 Modélisation P

12.1 Caractéristiques de la modélisation

La modélisation est D_PLAN, seul le bord du bâti est représenté.

12.2 Caractéristiques du maillage



Nombre de nœuds : 620
Nombre de mailles et types : 160 QUAD8 pour la plaque et 32 SEG3 pour le bâti.

12.3 Grandeurs testées et résultats

Premier calcul (formulation 'CONTINUE', solveur 'MULT_FRONT'). On teste ADAPTATION='ADAPT_COEF'.

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
DX au point A instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,86E-5	5,0 %
DX au point B instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,72E-5	5,0 %
DX au point C instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,28E-5	5,0 %
DX au point D instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	1,98E-5	5,0 %
DX au point E instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	1,5E-5	5,0 %

On teste également la projection en considérant le dernier nœud esclave à droite.

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
PROJ_X de CONT_NOEU instant 1.0	'ANALYTIQUE'	4,00 E-002	1,0E-6 %
PROJ_Y de CONT_NOEU instant 1.0	'ANALYTIQUE'	0,00E+000	1,0E-6 %

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

On teste également le mode mixte ALGO_CONT='STANDARD' et ALGO_FROT='PENALISATION' et ADAPTATION='ADAPT_COEF' dans un deuxième calcul.

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
DX de DEPL instant 1.0	'ANALYTIQUE'	2.86E-05	5%

12.4 Remarques

Les résultats obtenus sont proches de la source externe à 5% près (moyenne de codes). Le solveur linéaire n'a pas d'influence sur les résultats.
La formulation continue donne des résultats identiques à la formulation discrète.

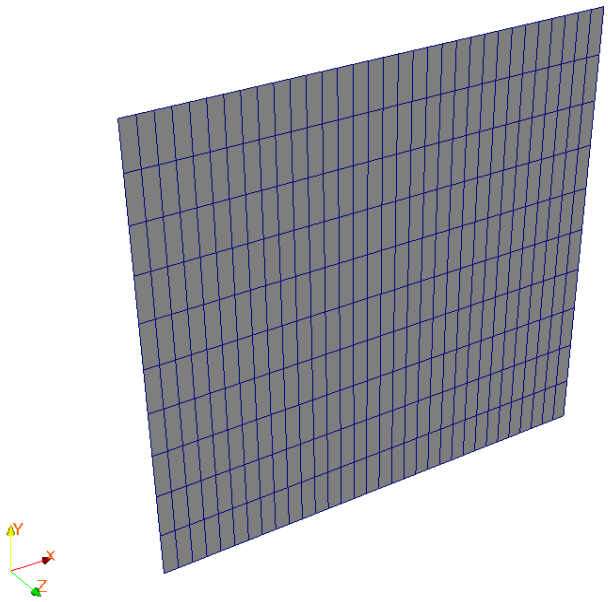
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

13 Modélisation Q

13.1 Caractéristiques de la modélisation

La modélisation est D_PLAN, seul le bord du bâti est représenté.

13.2 Caractéristiques du maillage



Nombre de nœuds : 396
Nombre de mailles et types : 320 QUAD4 pour la plaque et 32 SEG2 pour le bâti.

13.3 Grandeurs testées et résultats

Premier calcul (formulation 'CONTINUE', solveur 'MULT_FRONT')

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
DX au point A instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,86E-5	5,0 %
DX au point B instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,72E-5	5,0 %
DX au point C instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,28E-5	5,0 %
DX au point D instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	1,98E-5	5,0 %
DX au point E instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	1,5E-5	5,0 %

13.4 Remarques

Les résultats obtenus sont proches de la source externe à 5% près (moyenne de codes). Le solveur linéaire n'a pas d'influence sur les résultats.
Cette modélisation valide l'exclusion de nœuds uniquement de la résolution du frottement en formulation continue.

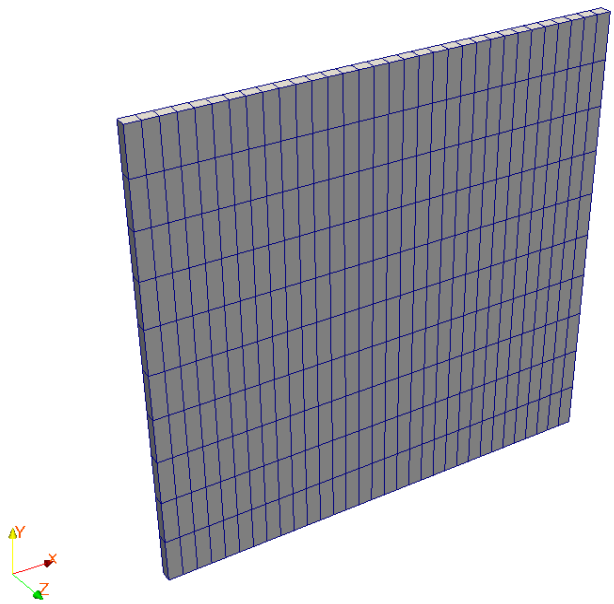
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

14 Modélisation R

14.1 Caractéristiques de la modélisation

La modélisation est 3D, seul le bord du bâti est représenté.

14.2 Caractéristiques du maillage



Nombre de nœuds : 792
Nombre de mailles et types : 320 HEXA8 pour la plaque et 32 QUAD4 pour le bâti.

14.3 Grandeurs testées et résultats

Premier calcul (formulation 'CONTINUE', solveur 'MULT_FRONT')

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
DX au point A instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,86E-5	5,0 %
DX au point B instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,72E-5	5,0 %
DX au point C instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,28E-5	5,0 %
DX au point D instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	1,98E-5	5,0 %
DX au point E instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	1,5E-5	5,0 %

14.4 Remarques

Les résultats obtenus sont proches de la source externe à 5% près (moyenne de codes). Le solveur linéaire n'a pas d'influence sur les résultats.
Cette modélisation valide en 3D l'exclusion de nœuds uniquement de la résolution du frottement en formulation continue.

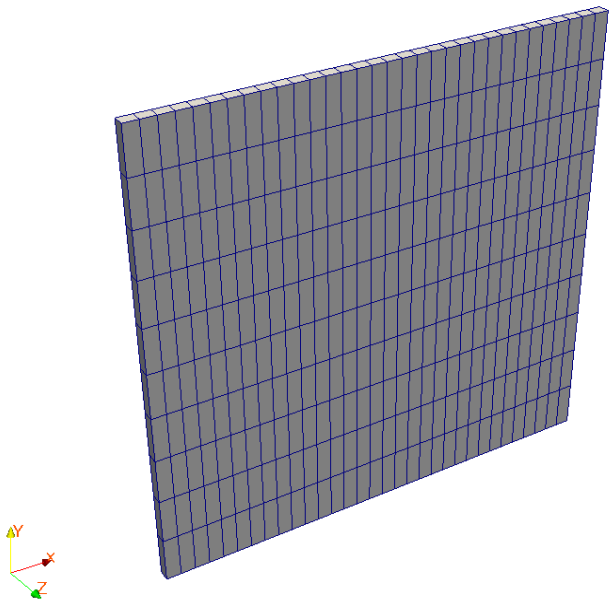
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

15 Modélisation W

15.1 Caractéristiques de la modélisation

La modélisation est 3D, seul le bord du bâti est représenté.

15.2 Caractéristiques du maillage



Nombre de nœuds : 792
Nombre de mailles et types : 320 HEXA8 pour la plaque et 32 QUAD4 pour le bâti.

15.3 Grandeurs testées et résultats

Premier calcul (formulation 'CONTINUE', algorithme 'PENALISATION', solveur 'MULT_FRONT')

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
DX au point A instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,86E-5	5,0 %
DX au point B instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,72E-5	5,0 %
DX au point C instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,28E-5	5,0 %
DX au point D instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	1,98E-5	5,0 %
DX au point E instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	1,5E-5	5,0 %

15.4 Remarques

Les résultats obtenus sont proches de la source externe à 5% près (moyenne de codes). Le solveur linéaire n'a pas d'influence sur les résultats.
Cette modélisation valide la formulation pénalisée du contact continu. Les coefficients de pénalisation sont choisis de manière à retrouver les même résultats qu'en formulation classique.

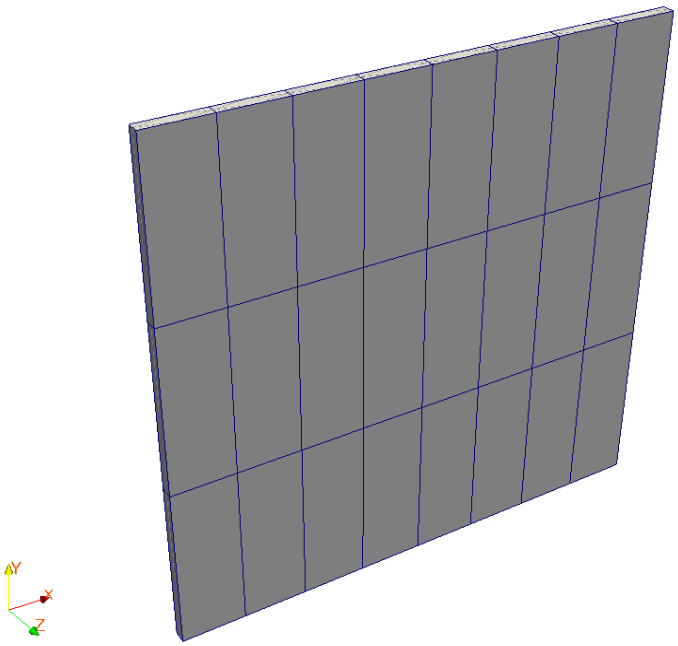
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

16 Modélisation X

16.1 Caractéristiques de la modélisation

La modélisation est 3D, seul le bord du bâti est représenté.

16.2 Caractéristiques du maillage



Nombre de nœuds : 408
Nombre de mailles et types : 24 HEXA27 pour la plaque et 8 QUAD9 pour le bâti.

16.3 Grandeurs testées et résultats

Premier calcul (formulation 'CONTINUE', solveur 'MULT_FRONT')

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
DX au point A instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,86E-5	5,0 %
DX au point B instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,72E-5	5,0 %
DX au point C instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,28E-5	5,0 %
DX au point D instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	1,98E-5	5,0 %
DX au point E instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	1,5E-5	5,0 %

16.4 Remarques

Les résultats obtenus sont proches de la source externe à 5% près (moyenne de codes). Le solveur linéaire n'a pas d'influence sur les résultats.

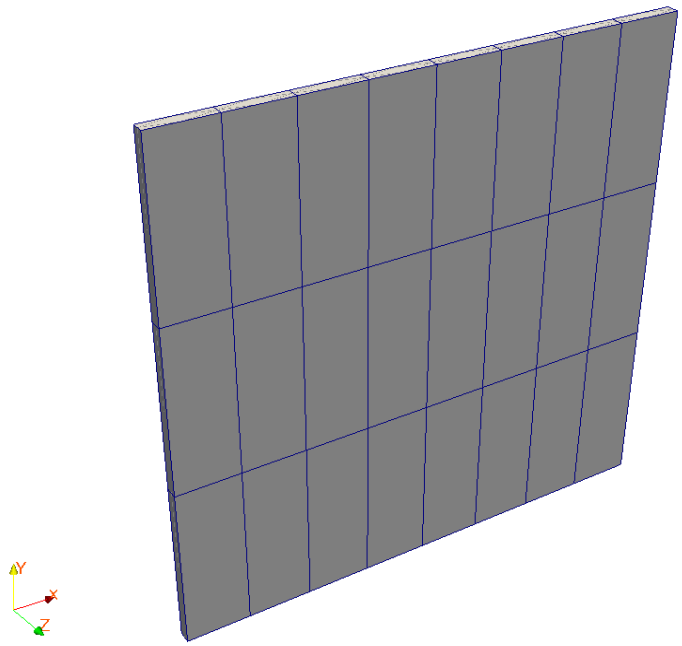
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

17 Modélisation Y

17.1 Caractéristiques de la modélisation

La modélisation est 3D, seul le bord du bâti est représenté.

17.2 Caractéristiques du maillage



Nombre de nœuds : 792
Nombre de mailles et types : 320 HEXA8 pour la plaque et 32 QUAD4 pour le bâti.

17.3 Grandeurs testées et résultats

Premier calcul (formulation 'CONTINUE', solveur 'MULT_FRONT', algorithme 'PENALISATION').

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
DX au point A instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,86E-5	5,0 %
DX au point B instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,72E-5	5,0 %
DX au point C instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	2,28E-5	5,0 %
DX au point D instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	1,98E-5	5,0 %
DX au point E instant 1.0	'SOURCE_EXTERNE'	1,5E-5	5,0 %

17.4 Remarques

Les résultats obtenus sont proches de la source externe à 5% près (moyenne de codes). Le choix du bon coefficient de pénalisation est indispensable pour avoir une bonne qualité de solution.

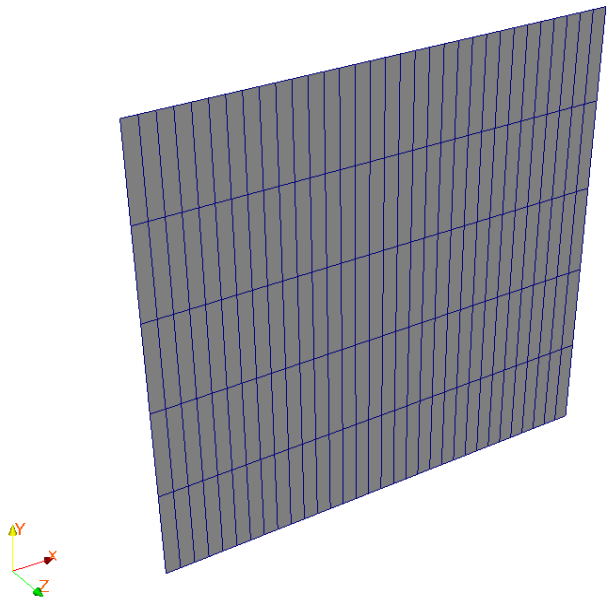
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

18 Modélisation Z

18.1 Caractéristiques de la modélisation

La modélisation est D_PLAN. Ce cas-test permet de tester le mot-clef ADAPTATION='TOUT' de la formulation 'CONTINUE/STANDARD' de contact lorsque pression de contact devient rasante.

18.2 Caractéristiques du maillage



Nombre de nœuds : 620
Nombre de mailles et types : 160 QUAD8 pour la plaque et 103 SEG3 pour le bâti.

18.3 Grandeurs testées et résultats

Il s'agit d'un test de non régression sur la pression rasante.

18.4 Remarques

La méthode de ADAPTATION='CYCLAGE' ou ADAPTATION='TOUT' permettent de mieux faire converger les cas de pressions rasantes.

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

19 Synthèse des résultats

Les résultats obtenus sur l'ensemble des modélisations de ce cas test sont satisfaisants, aussi bien en 2D qu'en 3D. Sur les points A, B, C et D, on obtient une erreur relative inférieure à 1% par rapport aux résultats du GRECO. Par contre, pour le point E, l'erreur relative, de l'ordre de 2,5 %, reste acceptable.

D'un point de vue temps de calcul, on constate que la méthode par pénalisation est assez rapide. Cependant son utilisation n'est pas évidente puisque la convergence et la qualité des résultats obtenus sont conditionnées par le coefficient de pénalisation.

D'un point de vue qualitatif :

- en 2D, on constate un effet positif sur les résultats du maillage quadratique par rapport au maillage linéaire (cf modélisations A et B),
- en 3D, on constate que les calculs avec maillage quadratique n'améliore pas les résultats. Ceci s'explique par le fait qu'on a diminué de 50% le nombre de mailles par rapport au maillage linéaire pour avoir un nombre de nœuds équivalent. Dans tous les cas seule l'utilisation de mailles TETRA10 ou HEXA27 est préconisée en formulation discrète, les mailles HEXA20 ayant besoin d'être linéarisées (elles perdent donc leur intérêt).

Pour ce qui est de la modélisation L, plaque inclinée, on note une bonne convergence et des résultats satisfaisants.

La méthode de `ADAPTATION='CYCLAGE'` ou `ADAPTATION='TOUT'` permettent de mieux faire converger les cas de pressions rasantes.

Enfin, pour la méthode continue (modélisations M, N, P, Q, R, V, W et X), on obtient en 3D des résultats avec des erreurs relatives légèrement plus importantes que celles obtenues par les méthodes pénalisée. Ces erreurs proviennent du blocage suivant la direction `DZ` qui n'est pas complet en formulation continue dans les modélisations qui n'utilisent pas la fonctionnalité `SANS_GROUP_NO_FR` d'exclusion des nœuds du frottement.

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