SSNP154 – Benchmark NAFEMS de validation du contact 1 : *cylinder roller contact*

Résumé :

Ce problème constitue le premier cas-test d'un benchmark NAFEMS de validation du contact-frottement. Les références du benchmark sont obtenues avec les codes Abaqus et MARC.
Ce test modélise un contact de Hertz avec et sans frottement entre un massif et un cylindre de raideurs différentes maillés avec des finesses différentes.
Une solution analytique existe pour le cas sans frottement.

Ce test comporte 6 modélisations permettant de tester :

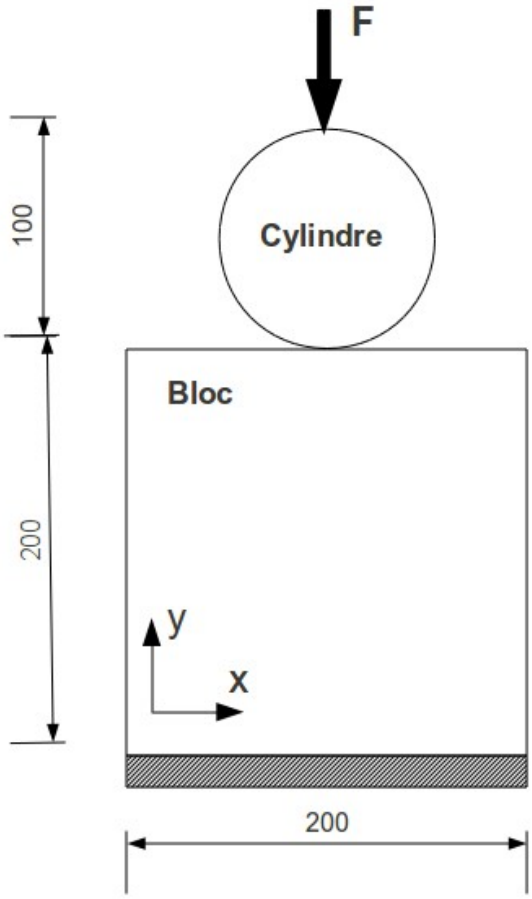
- les éléments linéaires et quadratiques,
- les formulations de traitement du contact 'CONTINUE' sans et avec frottement.
- l es formulations de traitement du contact ' DISCRETE ' sans frottement

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

La structure est modélisée en déformations planes.



On note B le point du côté supérieur du bloc appartenant au plan de symétrie.

1.2 Propriétés des matériaux

Bloc :

Coefficient de Poisson : $0,3$
Module d'Young : $70000\,N.mm^{-2}$

Cylindre :

Coefficient de Poisson : $0,3$
Module d'Young : $210000\,N.mm^{-2}$

Le coefficient de frottement entre le bloc et le cylindre vaut $\mu=0,1$.

1.3 Conditions aux limites et chargements

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

La structure étant symétrique et soumise à un chargement respectant la symétrie, seule une moitié est représentée. On applique donc $DX=0$ sur le plan de symétrie.

Le bloc est encastré à sa base :

- $DX=0$
- $DY=0$

Le cylindre est soumis à une force ponctuelle sur son sommet :

- $FY=35\,kN$, soit $FY=17500\,N$ pour la demi-structure

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 avec les codes Abaqus et MARC dans un benchmark NAFEMS de validation du contact-frottement [bib1].
Pour les modélisations sans frottement, une comparaison à la solution analytique de Hertz est réalisée.

2.2 Grandeurs et résultats de référence

Déplacement vertical du point B (selon y) (référence externe).

Pression de contact au point B (référence externe). La pression de contact relevée est celle extrapolée à partir des contraintes dans le volume.

2.3 Incertitudes sur la solution

Importante (moyenne de codes).

2.4 Référence bibliographique

[1] A. KONTER. *« Advanced Finite Element Contact Benchmarks »*. NAFEMS, 2006.

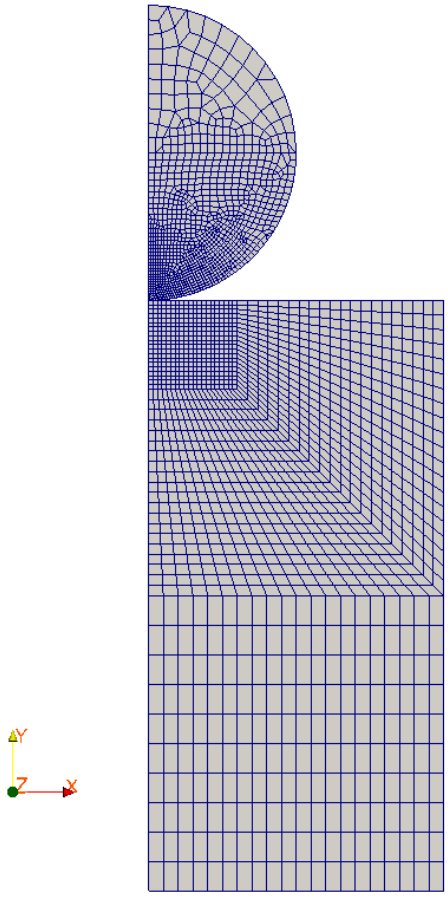
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

La modélisation est D_PLAN, la formulation du contact est CONTINUE, le frottement est désactivé.

3.2 Caractéristiques du maillage



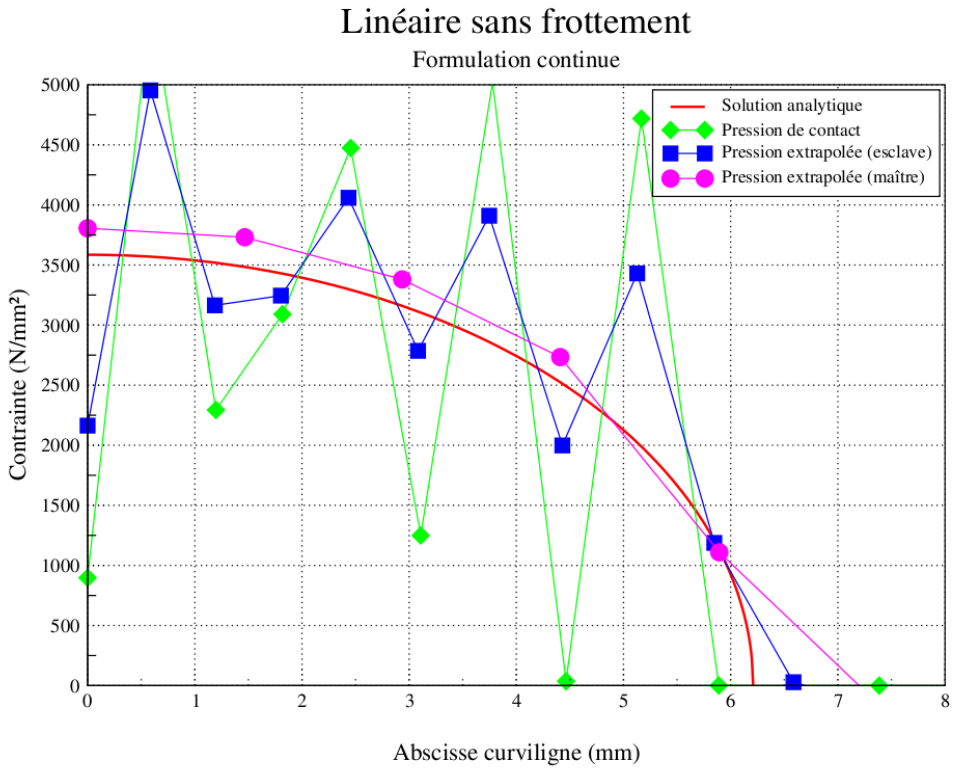
Nombre de nœuds : 2625
Nombre de mailles et types : 2467 QUAD4 et 53 TRIA3.

3.3 Grandeurs testées et résultats

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
DY au point B	'SOURCE_EXTERNE'	-1,3069040401077	2,6%
$SIYY$ au point B	'SOURCE_EXTERNE'	-3800,4949548283	0,15%
PRES_NOEU au point B	'SOURCE_EXTERNE'	-3800,4949548283	0,15%

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

3.4 Remarques



Les résultats obtenus en linéaire sans frottement avec la formulation continue sont en bon accord avec la solution analytique lorsque l'on relève la pression de contact extrapolée sur la surface maître.
On notera cependant la forte oscillation de la pression de contact lorsqu'elle est relevée à partir du degré de liberté `LAGS_C` spécifique à la formulation continue. L'amplitude des oscillations diminue lorsque l'on raffine le maillage. Les pressions extrapolées maître/esclave ont été obtenues avec la commande `CALC_PRESSION`.

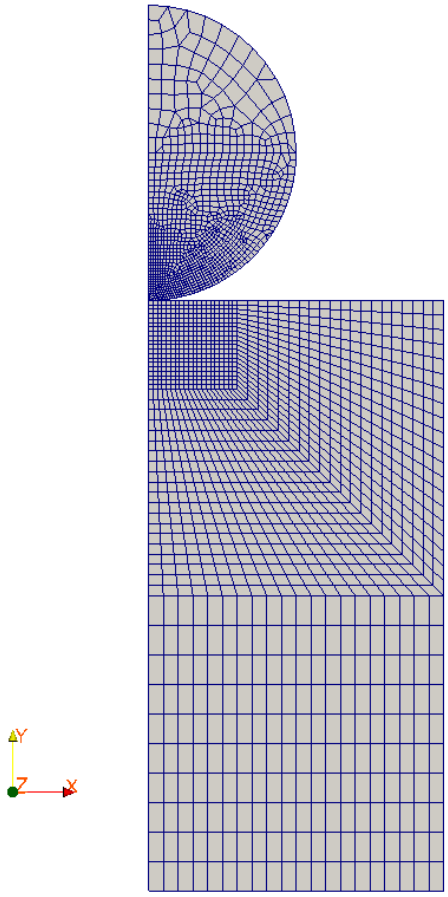
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

La modélisation est D_PLAN, la formulation du contact est CONTINUE, le frottement est désactivé.

4.2 Caractéristiques du maillage



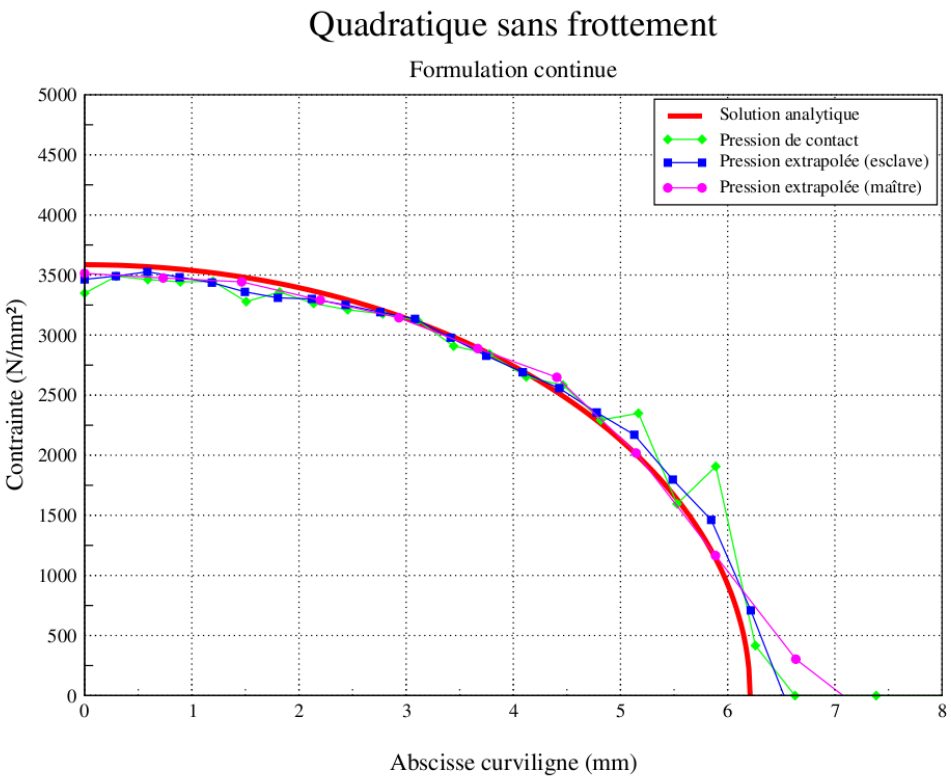
Nombre de nœuds : 7768
Nombre de mailles et types : 2467 QUAD8 et 53 TRIA6.

4.3 Grandeurs testées et résultats

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
DY au point B	'SOURCE_EXTERNE'	-1,3069040401077	2,6%
$SIYY$ au point B	'SOURCE_EXTERNE'	-3800,4949548282998	2,2%

4.4 Remarques

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



Les résultats obtenus en quadratique sans frottement avec la formulation continue sont en très bon accord avec la solution analytique quelle que soit la manière dont la pression est relevée.
On notera que les oscillations ont quasiment disparu par rapport à la modélisation A avec des éléments linéaires. Pour cela on a utilisé une intégration numérique des termes de contact de type Gauss (`INTEGRATION='GAUSS'`). Les pressions extrapolées maître/esclave ont été obtenues avec la commande `CALC_PRESSION`.

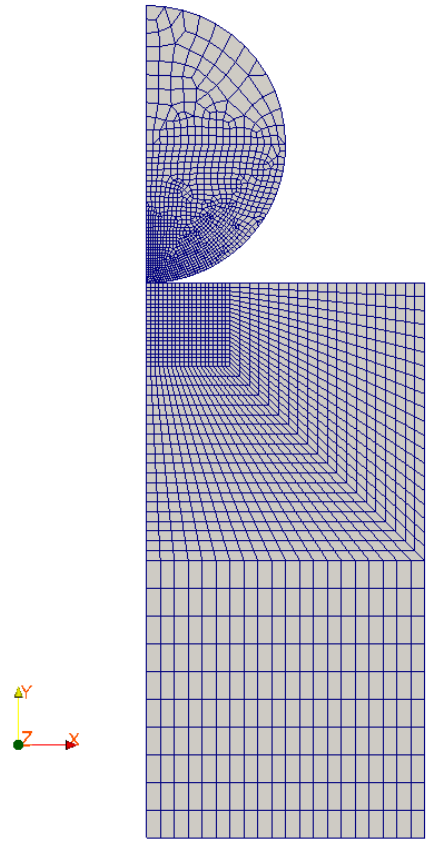
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

5 Modélisation C

5.1 Caractéristiques de la modélisation

La modélisation est D_PLAN, la formulation du contact est CONTINUE, le frottement est pris en compte.

5.2 Caractéristiques du maillage



Nombre de nœuds : 2625
Nombre de mailles et types : 2467 QUAD4 et 53 TRIA3.

5.3 Grandeurs testées et résultats

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
DY au point B	'SOURCE_EXTERNE'	-1,3010795638714	2,5%
$SIYY$ au point B	'SOURCE_EXTERNE'	-3670,2561088662	1,6%

5.4 Remarques

Les résultats obtenus en linéaire avec frottement avec la formulation continue sont en bon accord avec la solution analytique lorsque l'on relève la pression de contact extrapolée sur la surface maître.
On notera cependant la forte oscillation de la pression de contact lorsqu'elle est relevée à partir du degré de liberté LAGS_C spécifique à la formulation continue. L'amplitude des oscillations diminue lorsque l'on raffine le maillage. On utilise CALC_PRESSION pour les pressions extrapolées.

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

Les résultats obtenus par les codes commerciaux Abaqus et MARC dans le benchmark présentent eux aussi des oscillations pour le cas avec frottement.

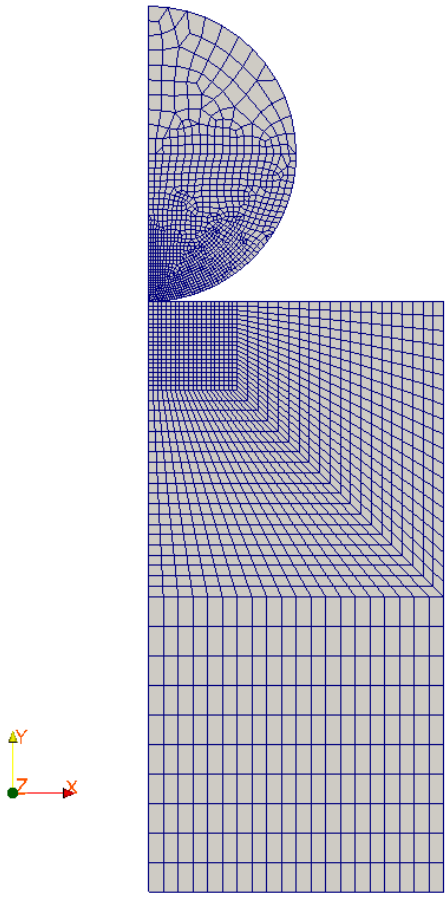
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

6 Modélisation D

6.1 Caractéristiques de la modélisation

La modélisation est D_PLAN, la formulation du contact est CONTINUE, le frottement est pris en compte.

6.2 Caractéristiques du maillage



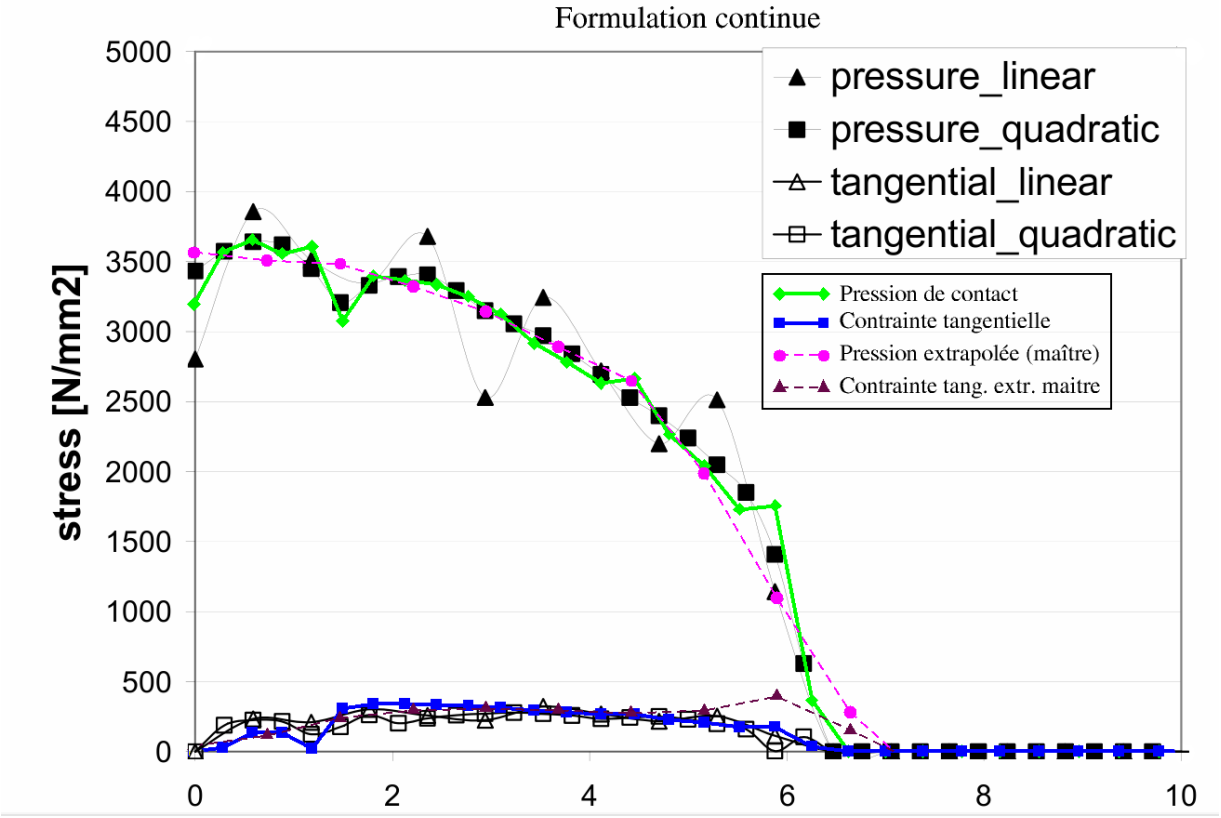
Nombre de nœuds : 7768
Nombre de mailles et types : 2467 QUAD8 et 53 TRIA6.

6.3 Grandeurs testées et résultats

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
DY au point B	'SOURCE_EXTERNE'	-1,3026356448389	2,5%
$SIYY$ au point B	'SOURCE_EXTERNE'	-3542,6878770218	2,9%

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

6.4 Remarques



Les résultats obtenus en quadratique avec frottement avec la formulation continue sont en très bon accord avec ceux obtenus dans le benchmark (ici ceux du code MARC).
On notera que la pression de contact ainsi que la contrainte tangentielle relevées à partir des degrés de liberté LAGS_C et LAGS_F1 de la formulation continue collent parfaitement avec les grandeurs calculées par MARC. On utilise CALC_PRESSION pour les pressions extrapolées.
Comme c'était le cas sans frottement, les oscillations sont beaucoup moins importantes en quadratique, c'est d'ailleurs aussi le cas pour MARC.

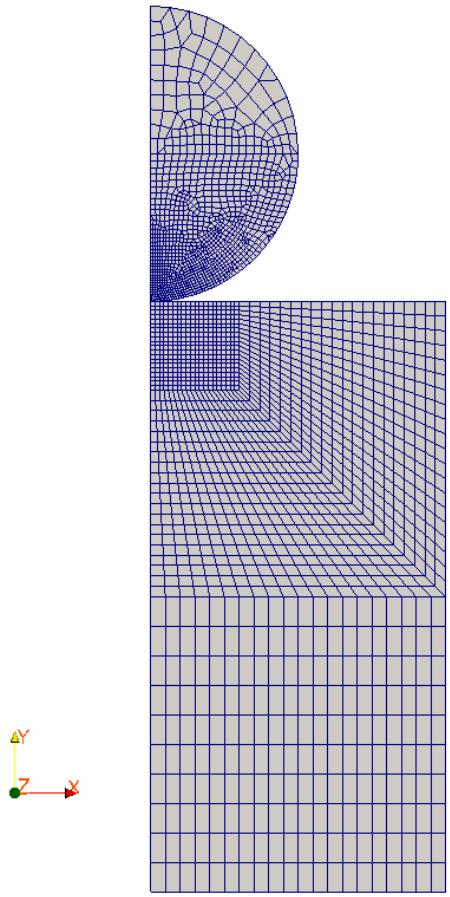
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

7 Modélisation E

7.1 Caractéristiques de la modélisation

La modélisation est D_PLAN, la formulation du contact est DISCRETE, le frottement est désactivé. L'algorithme de contact utilisé est celui par défaut.

7.2 Caractéristiques du maillage



Nombre de nœuds : 2625
Nombre de mailles et types : 2467 QUAD4 et 53 TRIA3.

7.3 Grandeurs testées et résultats

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
DY au point B	'SOURCE_EXTERNE'	-1,3067596639633	2,6%
$SIYY$ au point B	'SOURCE_EXTERNE'	-3814,1811065942	0,18%

7.4 Remarques

Les résultats obtenus en linéaire sans frottement avec la formulation discrète sont identiques à ceux obtenus en formulation continue (modélisation A). On utilise CALC_PRESSION pour les pressions extrapolées.
En formulation discrète on est obligé de lier les deux nœuds du bloc et du cylindre en vis-à-vis initialement pour empêcher le mouvement de corps rigide suivant l'axe y.

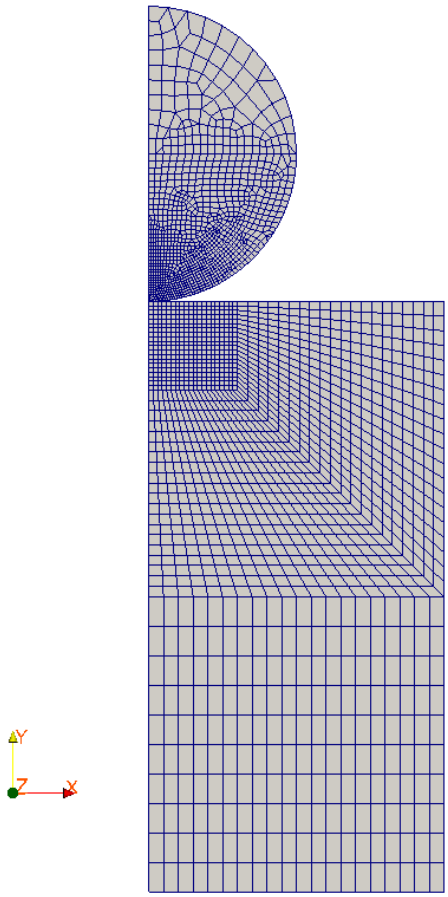
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

8 Modélisation F

8.1 Caractéristiques de la modélisation

La modélisation est D_PLAN, la formulation du contact est DISCRETE, le frottement est désactivé.
L'algorithme de contact utilisé est celui par défaut.

8.2 Caractéristiques du maillage



Nombre de nœuds : 7768
Nombre de mailles et types : 2467 QUAD8 et 53 TRIA6.

8.3 Grandeurs testées et résultats

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
DY au point B	'SOURCE_EXTERNE'	-1,3080923611548	2,6%
$SIYY$ au point B	'SOURCE_EXTERNE'	-3502,7937782466	2,2%

8.4 Remarques

Les résultats obtenus en quadratique sans frottement avec la formulation discrète sont identiques à ceux obtenus en formulation continue (modélisation B). On utilise CALC_PRESSION pour les pressions extrapolées.
En formulation discrète on est obligé de lier les deux nœuds du bloc et du cylindre en vis-à-vis initialement pour empêcher le mouvement de corps rigide suivant l'axe y.

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

9 Synthèse des résultats

Ce test permet de valider le contact-frottement par rapport à une solution analytique mais aussi par rapport à des références données par des codes de calcul commerciaux (Abaqus et MARC).
On observe un bon accord entre les résultats analytiques et ceux obtenus par *Code_Aster* ainsi qu'une bonne concordance avec les résultats de référence pour les calculs avec frottement.

On notera que les formulations continue et discrète donnent des résultats identiques avec cependant les restrictions suivantes :

- le calcul en formulation continue est plus facile à mener car le blocage du mouvement de corps rigide vertical est réalisé automatiquement
- le calcul avec frottement sur un maillage quadratique n'a pas pu être mené en formulation discrète

En quadratique, la pression de contact obtenue à partir du degré de liberté `LAGS_C` en formulation continue présente beaucoup moins d'oscillations qu'en linéaire.

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