SSNA122 – Benchmark NAFEMS de validation du contact 2 : *punch (rounded edges)*

Résumé :

Ce problème constitue le deuxième 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 entre un poinçon à bord arrondi (congé) et un massif en axisymétrique. Ce cas-test valide le contact en axisymétrique et permet d'observer l'effet positif d'un congé sur la singularité de la pression de contact au voisinage d'un angle vif.

Ce test comporte 4 modélisations permettant de tester :

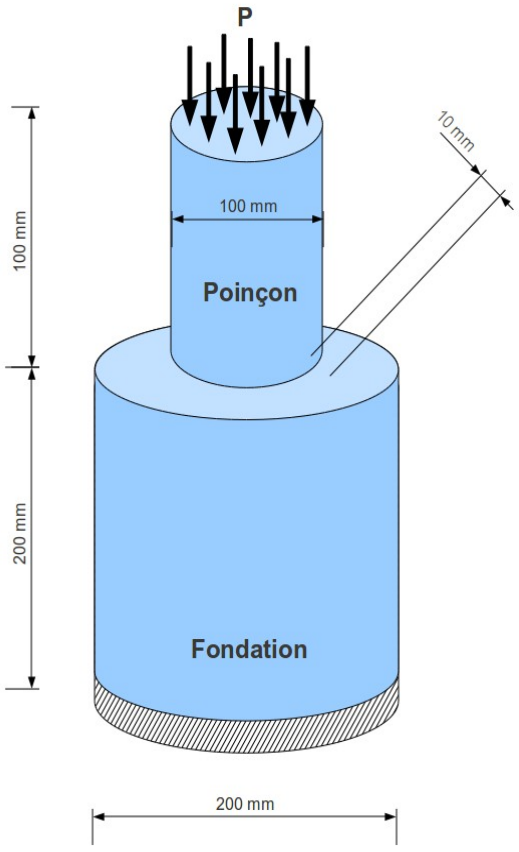
- les éléments linéaires et quadratiques,
- les formulations de traitement du contact 'CONTINUE' sans et avec frottement.
- l es formulations de traitement du contact ' DISCRETE ' sans frottement

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 axisymétrique.



On note M le point de la fondation situé en face supérieure sur l'axe de révolution.

1.2 Propriétés des matériaux

Fondation :

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

Poinçon :

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

La structure étant axisymétrique et soumise à un chargement respectant la symétrie de révolution, seule une tranche est représentée. On applique donc $DX=0$ sur l'axe de révolution.

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

La fondation est encastrée à sa base :

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

Le poinçon est soumis à une pression uniforme sur sa face supérieure :

- $P=100\,Mpa$

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].

2.2 Grandeurs et résultats de référence

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

Pression de contact au point M (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.

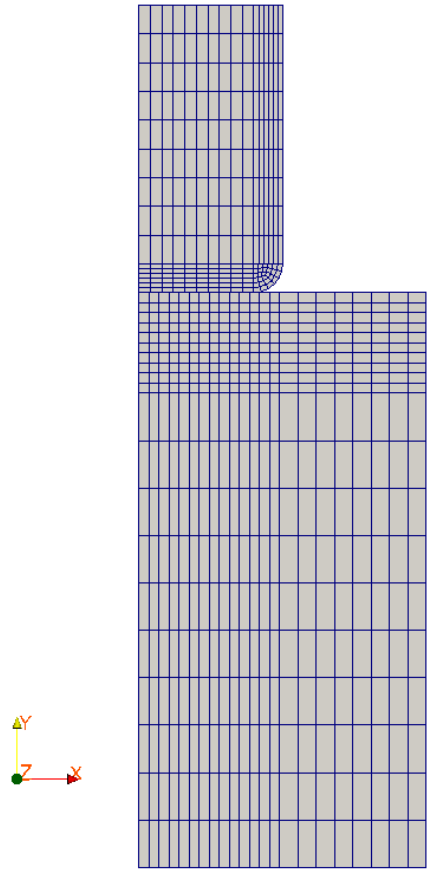
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

La modélisation est AXIS, la formulation du contact est CONTINUE, les cas avec et sans frottement sont traités.

3.2 Caractéristiques du maillage



Nombre de nœuds : 743
Nombre de mailles et types : 671 QUAD4.

3.3 Grandeurs testées et résultats

Premier calcul (sans frottement)

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
DY au point M	'SOURCE_EXTERNE'	-0,13073410182805	0,1%
$SIYY$ au point M	'SOURCE_EXTERNE'	-91,100555673515	0,1%

Second calcul (avec frottement)

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
DY au point M	'SOURCE_EXTERNE'	-0,12858017574262	0,1%

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

$SIYY$ au point M	'SOURCE_EXTERNE'	-88,665240835356	0,1%

3.4 Remarques

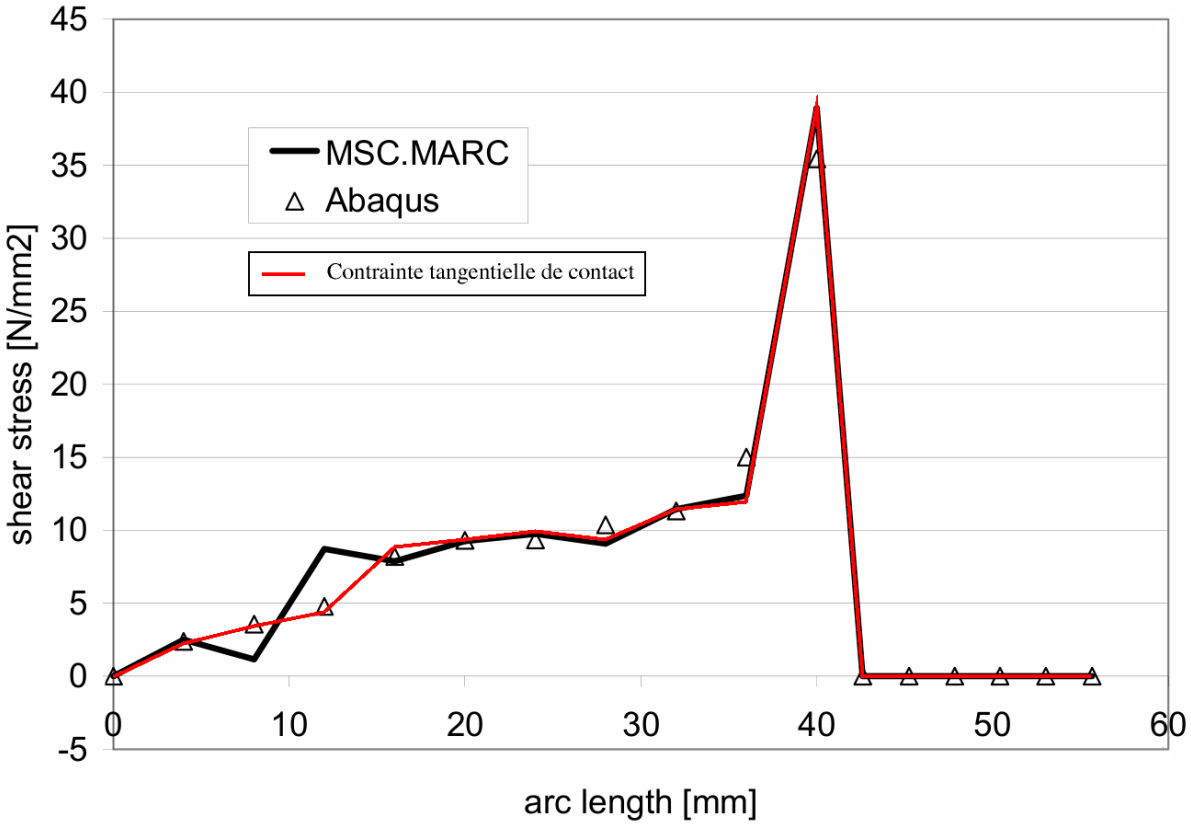


Illustration 1: Comparaison de la contrainte tangentielle entre Abaqus, MARC et *Code_Aster*

Les résultats obtenus par la formulation continue dans *Code_Aster* avec comme sans frottement sont en très bon accord avec ceux des codes de référence. La figure ci-dessus montre par exemple que la contrainte tangentielle sur le bord en contact relevée à partir du degré de liberté LAGS_F1 coïncide avec la solution de MARC.

On notera cependant que la pression de contact donnée par le degré de liberté LAGS_C pour le point M (situé sur l'axe de révolution) est perturbée en formulation continue. En effet le jacobien est nul pour les points de l'axe de révolution. Or pour des éléments linéaires, le schéma d'intégration par défaut (et conseillé) est de type trapèze (donc aux nœuds).

Ce test illustre l'intérêt des fonctionnalités spécifiques à la formulation continue qui permettent de prendre en compte du contact initial (pour bloquer les mouvements de corps rigide) et d'exclure des nœuds du frottement uniquement (pour éviter les incompatibilités entre conditions aux limites et conditions de contact-frottement).

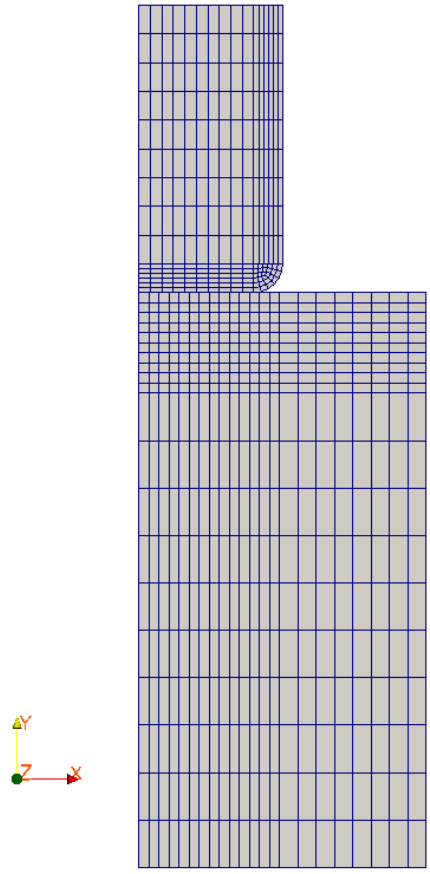
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

La modélisation est AXIS, la formulation du contact est CONTINUE, les cas avec et sans frottement sont traités.

4.2 Caractéristiques du maillage



Nombre de nœuds : 2155
Nombre de mailles et types : 671 QUAD8.

4.3 Grandeurs testées et résultats

Premier calcul (sans frottement)

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
DY au point M	'SOURCE_EXTERNE'	-0,13294119101090	0,1%
$SIYY$ au point M	'SOURCE_EXTERNE'	-94,122096406847	0,1%

Second calcul (avec frottement)

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
DY au point M	'SOURCE_EXTERNE'	-0,13079352874552	0,1%

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

$SIYY$ au point M	'SOURCE_EXTERNE'	-95,473963617887	0,1%

4.4 Remarques

Les résultats sur un maillage quadratique changent très peu par rapport à la modélisation A (maillage linéaire). Ils sont toujours aussi proches des références.

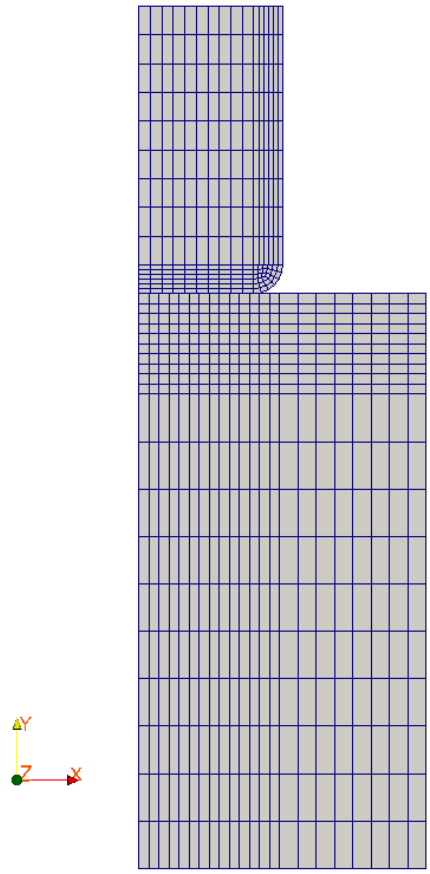
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

5 Modélisation C

5.1 Caractéristiques de la modélisation

La modélisation est AXIS, la formulation du contact est DISCRETE, seul le cas sans frottement est traité. Un élément discret 2D_DIS_T permet de bloquer les mouvements de corps rigide.
Le contact est traité avec l'algorithme du gradient conjugué projeté GCP.

5.2 Caractéristiques du maillage



Nombre de nœuds : 743
Nombre de mailles et types : 671 QUAD4.

5.3 Grandeurs testées et résultats

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
DY au point M	'SOURCE_EXTERNE'	-0,13081498724905	0,1%
$SIYY$ au point M	'SOURCE_EXTERNE'	-91,081142208614	0,1%

5.4 Remarques

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

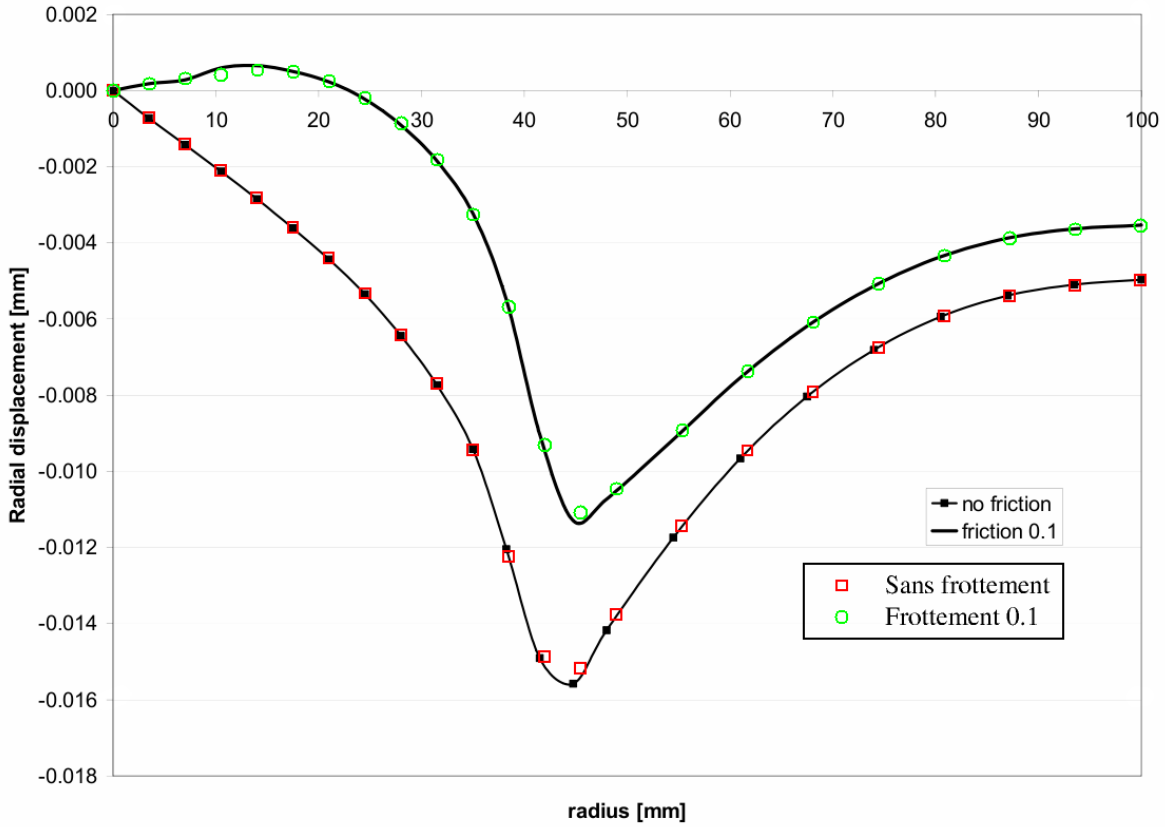


Illustration 2: Déplacement radial avec et sans frottement (MARC et *Code_Aster*)

Les résultats obtenus par la formulation discrète dans *Code_Aster* sont en très bon accord avec ceux des codes de référence. La figure ci-dessus montre par exemple que le déplacement radial colle parfaitement à celui des références (ici MARC).

La formulation discrète donne sensiblement les mêmes résultats que la formulation continue (modélisation A) mais nécessite une mise en données légèrement plus compliquée. En effet le mouvement de corps rigide vertical doit être bloqué en ajoutant un ressort de faible raideur entre les 2 corps.

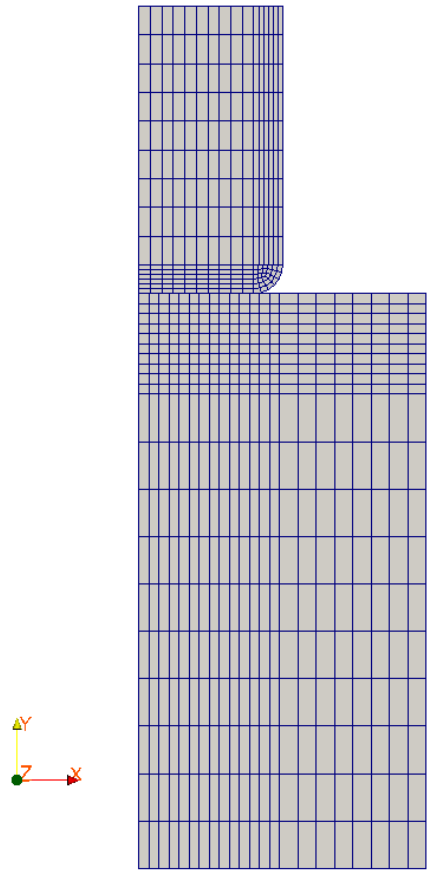
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

6 Modélisation D

6.1 Caractéristiques de la modélisation

La modélisation est AXIS, la formulation du contact est DISCRETE, seul le cas sans frottement est traité. Un élément discret 2D_DIS_T permet de bloquer les mouvements de corps rigide.
Le contact est traité avec l'algorithme du gradient conjugué projeté GCP .

6.2 Caractéristiques du maillage



Nombre de nœuds : 2155
Nombre de mailles et types : 671 QUAD8.

6.3 Grandeurs testées et résultats

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
DY au point M	'SOURCE_EXTERNE'	-0,13289744810653	0,1%
$SIYY$ au point M	'SOURCE_EXTERNE'	-93,626123536884	0,1%

6.4 Remarques

Les résultats sur un maillage quadratique changent très peu par rapport à la modélisation C (maillage linéaire). Ils sont toujours aussi proches des références.

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

7 Synthèse des résultats

Ce test permet de valider le contact-frottement en modélisation axisymétrique par rapport à des références données par des codes de calcul commerciaux (Abaqus et MARC).
On observe un très bon accord entre les résultats obtenus par *Code_Aster* et les résultats de référence.

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

Ce test montre également la régularisation de la pression de contact par un congé au voisinage d'angles vifs.

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