SSNP156 – Benchmark NAFEMS de validation du contact 4 : *loaded pin*

Résumé :

Ce problème constitue le quatrième 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 avec frottement entre une goupille et un alésage maillés avec des finesses différentes et donc non compatibles. Le calcul avec *Code_Aster* nécessite cependant l'utilisation de maillages compatibles.

Ce test comporte 2 modélisations permettant de tester :

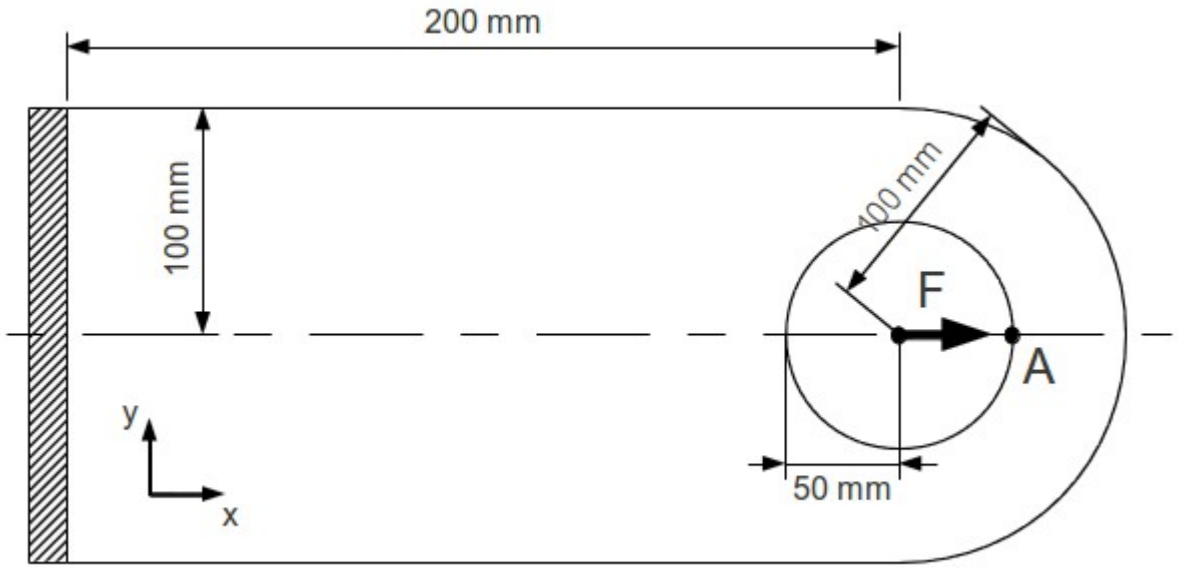
- les éléments linéaires et quadratiques,
- les formulations de traitement du contact `'CONTINUE'` avec frottement
- les pressions de contact et les efforts tangentiels de frottement

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. Seule une moitié est maillée pour raison de symétrie.



On note F le centre de la goupille, A le point appartenant à la console et situé sur le plan de symétrie.

1.2 Propriétés des matériaux

Console :

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

Goupille :

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

La console est encastrée sur son côté gauche :

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

La goupille est soumise à une force ponctuelle en son centre F :

- $FX=20000\,kN$, soit $FX=10000\,N$ 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].

2.2 Grandeurs et résultats de référence

Déplacement horizontal du point A (selon x) (référence externe).

Pression de contact au point A (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).
On notera que le maillage utilisé est différent de celui du *benchmark*. La raison est donnée en conclusion du document.

2.4 Référence bibliographique

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

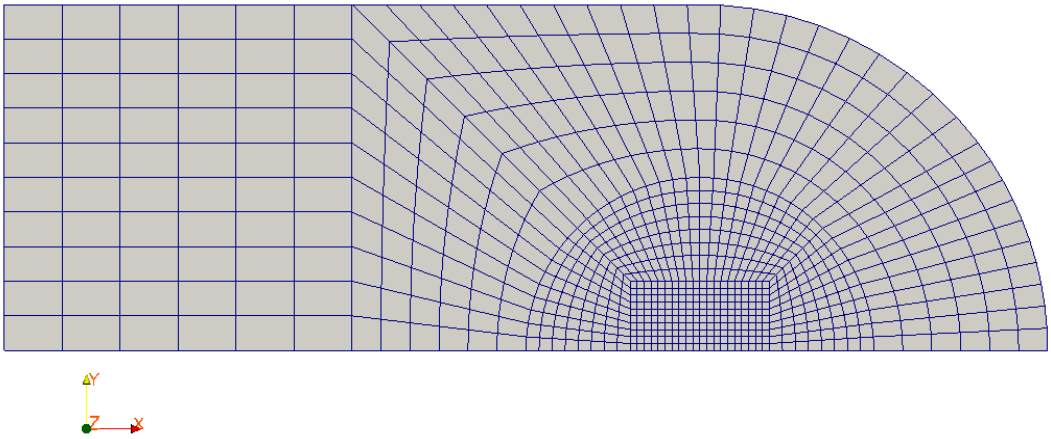
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

La modélisation est D_PLAN, la formulation du contact est CONTINUE.

3.2 Caractéristiques du maillage



Nombre de nœuds : 912
Nombre de mailles et types : 820 QUAD4.

3.3 Grandeurs testées et résultats

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
DX au point A	'SOURCE_EXTERNE'	0,71798956398122	0,1%
$SIXX$ au point A	'SOURCE_EXTERNE'	-136,67272217658	0,1%

3.4 Remarques

Les résultats obtenus en linéaire par la formulation continue avec frottement sont très proches des résultats de MARC et Abaqus. On notera que le déplacement horizontal des nœuds de la goupille ne coïncide pas avec les résultats de référence.
Cette différence vient sans doute de la mise en donnée de ce *benchmark* notamment vis-à-vis des déformations planes, rendue difficile par des informations contradictoires dans le document NAFEMS (l'épaisseur est prise en compte dans les codes commerciaux même en déformations planes).
Bien que différents des références Abaqus et MARC, les résultats obtenus sont néanmoins identiques à ceux obtenus par CAST3M sur ce même calcul.

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

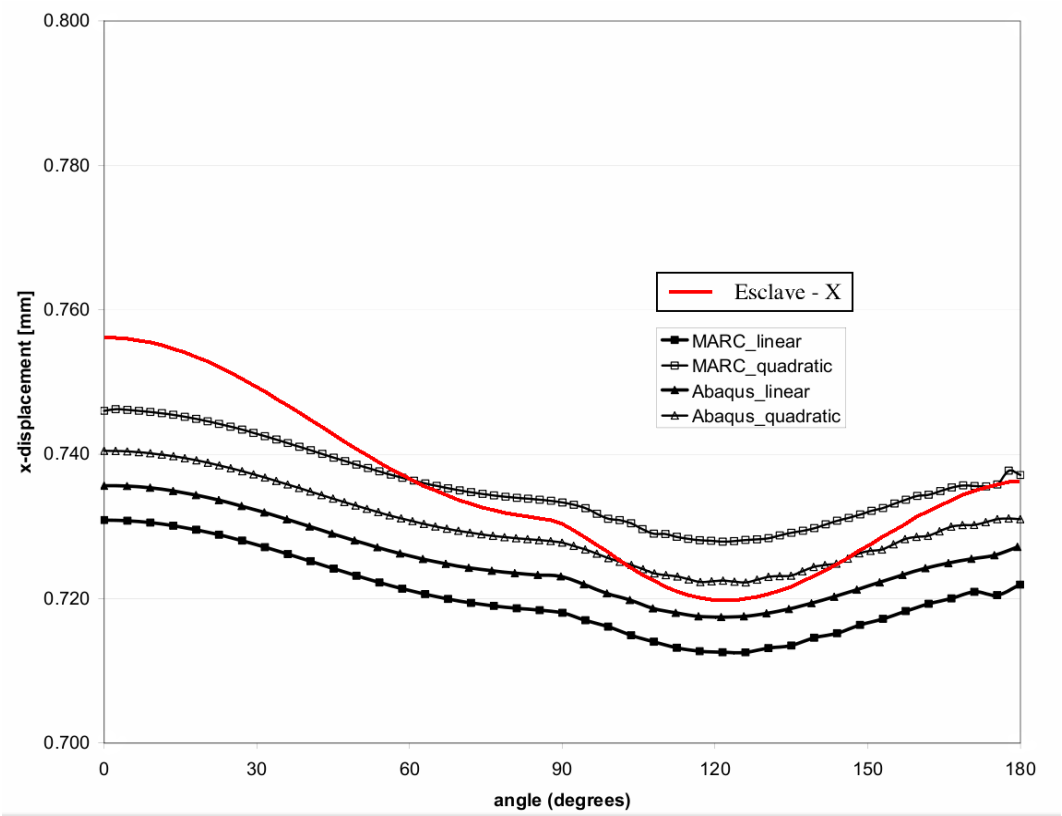


Illustration 1: comparaison des résultats entre Abaqus, MARC et Code_Aster (déplacement suivant x du poinçon)

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

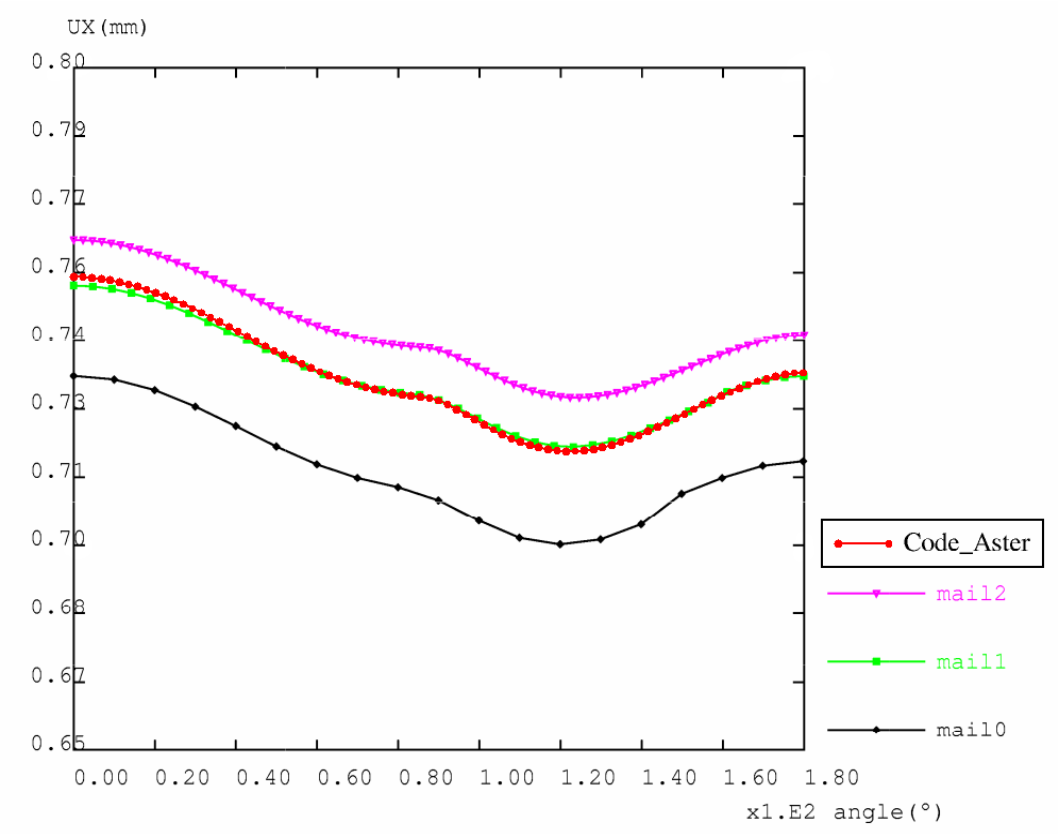


Illustration 2: comparaison des résultats entre CAST3M et Code_Aster (déplacement suivant x du poinçon)

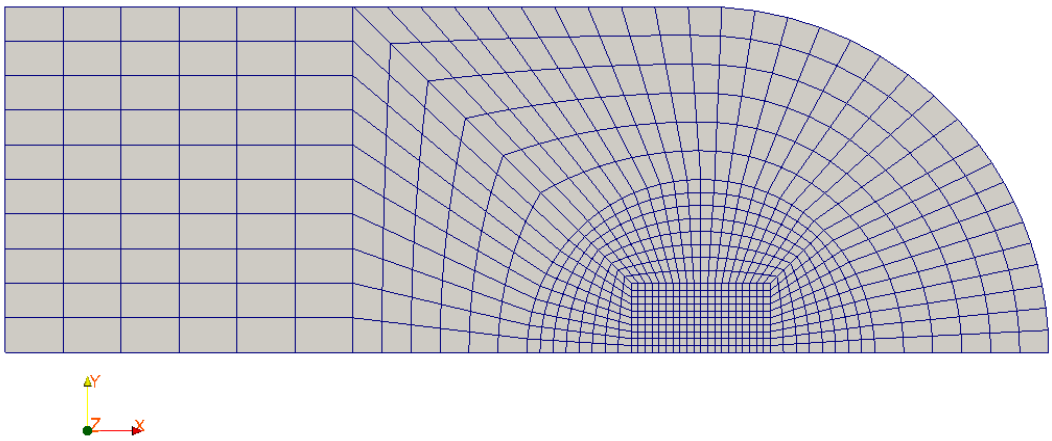
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

La modélisation est D_PLAN, la formulation du contact est CONTINUE.

4.2 Caractéristiques du maillage



Nombre de nœuds : 2642
Nombre de mailles et types : 820 QUAD8.

4.3 Grandeurs testées et résultats

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
DX au point A	'SOURCE_EXTERNE'	0,73616515310581	0,1%
$SIXX$ au point A	'SOURCE_EXTERNE'	-160,40053222751	0,1%

4.4 Remarques

Les résultats obtenus en quadratique par la formulation continue avec frottement sont proches des résultats de référence que ce soit en déplacement ou en pression. Ils sont quasiment identiques à ceux obtenus par la modélisation A (maillage linéaire).
La pression de contact relevée sur le bord de la goupille que ce soit par l'intermédiaire du degré de liberté LAGS_C de la formulation continue ou bien par extrapolation à partir des contraintes collent parfaitement à la référence.
Le degré de liberté LAGS_C présente des oscillations : leur amplitude diminue lorsque l'on utilise un schéma d'intégration de type 'GAUSS' et que l'on augmente le nombre de points de la quadrature.

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

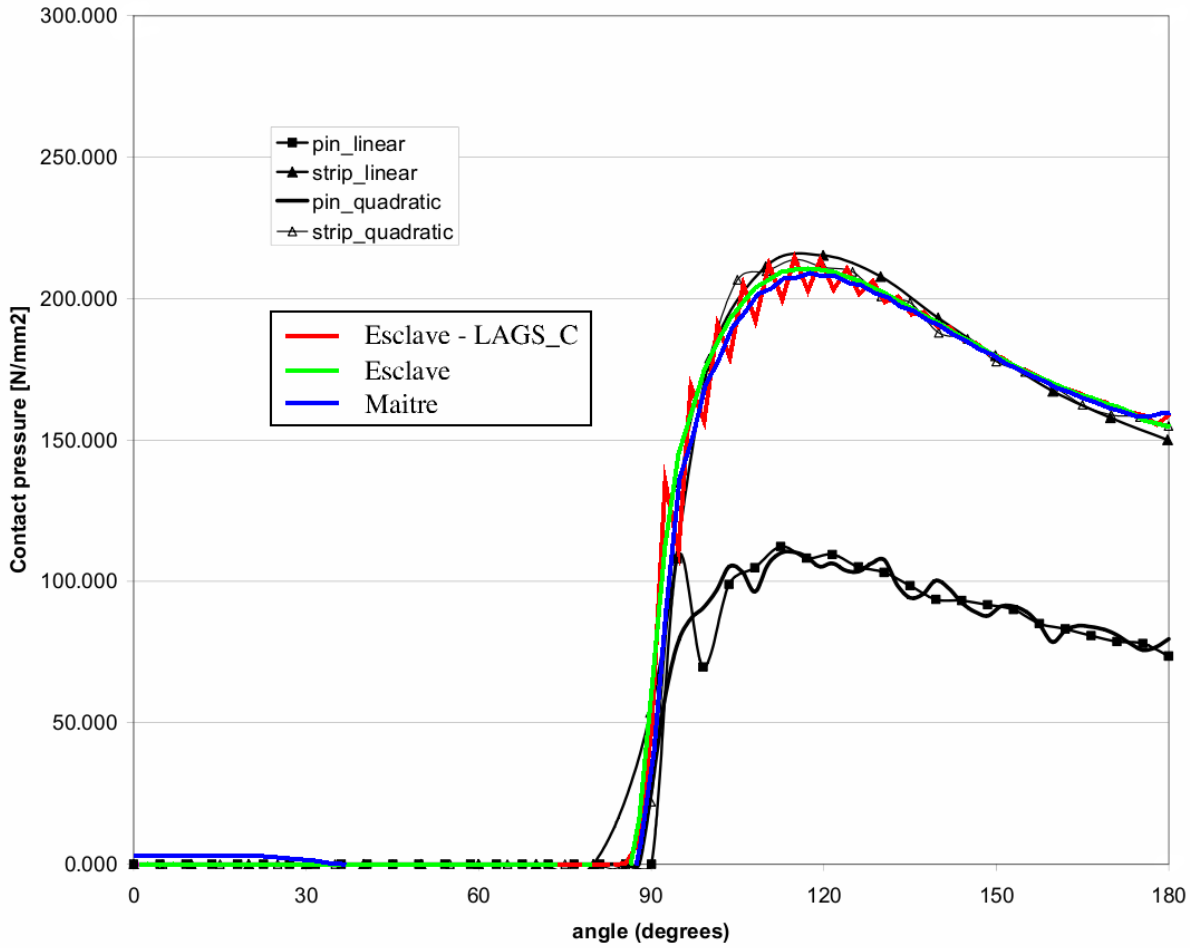


Illustration 3: comparaison entre MARC et *Code_Aster* (pression de contact sur le poinçon)

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

5 Synthèse des résultats

Ce test permet de valider le contact-frottement par rapport à des références données par des codes de calcul commerciaux (Abaqus et MARC).
On observe une bonne concordance avec les résultats de référence. Cependant il est important de noter que les maillages utilisés par les calculs Aster sont différents des maillages du *benchmark* : ces derniers présentaient la particularité de ne pas être compatibles (pour un contact cylindrique cela signifie soit une interpénétration initiale soit un jeu non nul initial). Or en présence de contact courbe, ce type de maillages conduit à de fortes oscillations (par exemple sur la pression à cause d'une alternance de points contactants et non contactants) qui ne peuvent être évitées que par l'utilisation de fonctionnalités avancées (*splines*, repositionnement de nœuds). Ces fonctionnalités ne sont pas disponibles à l'heure actuelle dans *Code_Aster*.

En quadratique, la pression de contact obtenue à partir du degré de liberté `LAGS_C` en formulation continue présente moins d'oscillations lorsque l'on augmente le nombre de points du schéma d'intégration.

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