SSNP155 – Benchmark NAFEMS de validation du contact 3 : *sheet metal forming*

Résumé :

Ce problème constitue le troisième 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 emboutissage d'une tôle par un poinçon dans une matrice. Le problème est triplement non-linéaire : écrouissage isotrope non-linéaire, grands déplacements et contact-frottement.

Ce test ne comporte qu'une seule modélisation avec :

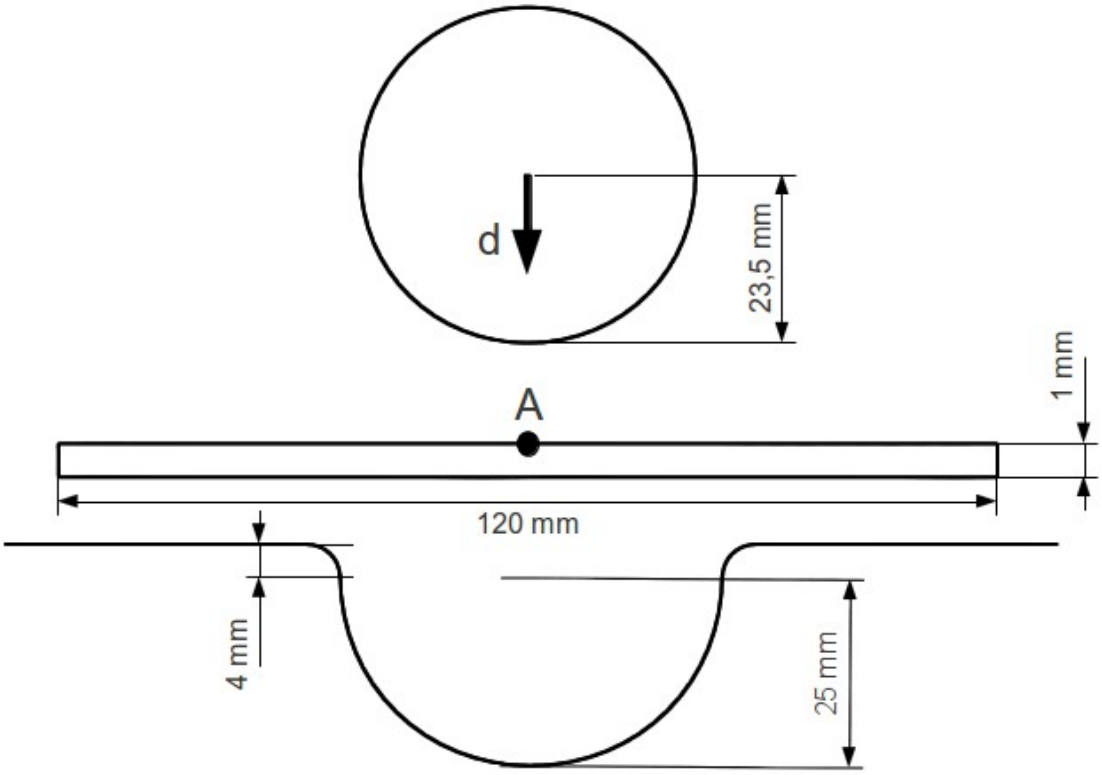
- éléments quadratiques sous-intégrés
- formulation de traitement du contact sans frottement `'DISCRETE'`.

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 tient compte de la symétrie pour ne représenter qu'une moitié.



On note A le point milieu de la plaque situé sur le bord supérieur.

1.2 Propriétés des matériaux

Poinçon et matrice :

Rigide

Plaque :

Coefficient de Poisson : $0,342$

Module d'Young : $70500\,N.mm^{-2}$

Limite élastique : $\sigma_0 = 194\,N.mm^{-2}$

Écrouissage isotrope de type Hollomon : $\sigma = K\,\epsilon^n$

- $K = 550,4\,N.mm^{-2}$
- $n = 0,223$

Dans le calcul, cet écrouissage est représenté par un écrouissage non-linéaire à courbe de traction :

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

ϵ	σ (Mpa)
2.75177E-03	1.94000E+02
2.32630E-02	2.30043E+02
4.38085E-02	2.68496E+02
6.41689E-02	2.93904E+02
8.44451E-02	3.13378E+02
1.04672E-01	3.29365E+02
2.05453E-01	3.84423E+02
3.05969E-01	4.20802E+02
4.06364E-01	4.48681E+02
5.06689E-01	4.71573E+02
6.06967E-01	4.91140E+02
7.07210E-01	5.08317E+02
8.07428E-01	5.23682E+02
9.07626E-01	5.37619E+02
1.00781E+00	5.50399E+02
1.10797E+00	5.62224E+02
1.20813E+00	5.73239E+02
1.30828E+00	5.83564E+02
1.40842E+00	5.93287E+02

Le coefficient de frottement entre la plaque et les outils rigides vaut $\mu = 0,1342$.

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 $DX = 0$ sur le plan de symétrie.

La matrice est encastrée :

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

Le poinçon est soumis à un déplacement vertical :

- $DY = d = -28,5\,mm$

Dans un second temps on retire le poinçon (décharge).

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].
Des résultats expérimentaux sont disponibles pour le cas où le frottement est pris en compte.

2.2 Grandeurs et résultats de référence

Déplacement vertical du point A (selon y) après descente complète du poinçon puis, après décharge.

2.3 Incertitudes sur la solution

Importante (moyenne de codes).

2.4 Référence bibliographique

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

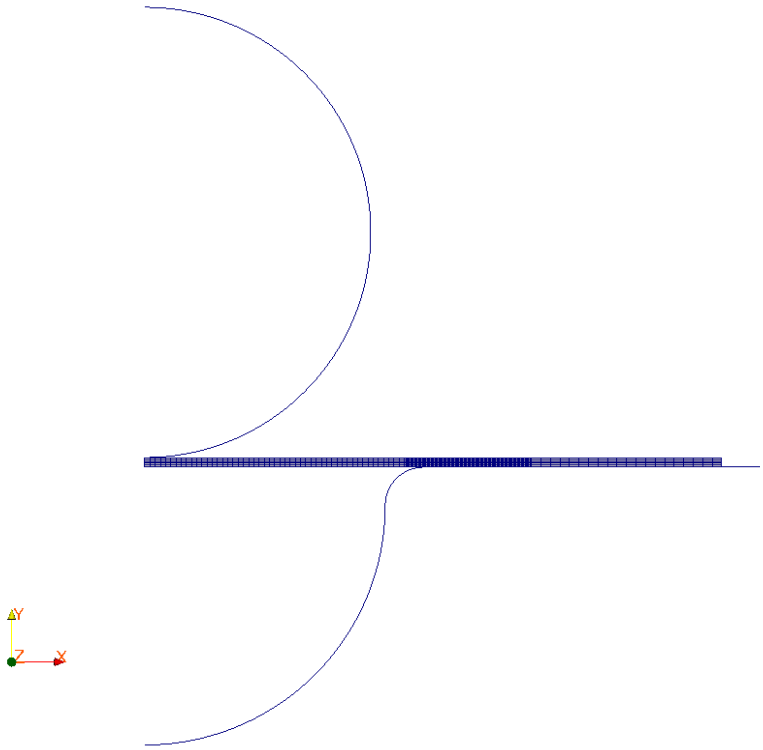
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

La modélisation est D_PLAN_SI, la formulation du contact est DISCRETE, le frottement est désactivé.

3.2 Caractéristiques du maillage



Nombre de nœuds : 3436
Nombre de mailles et types : 850 QUAD8 et 533 SEG2.

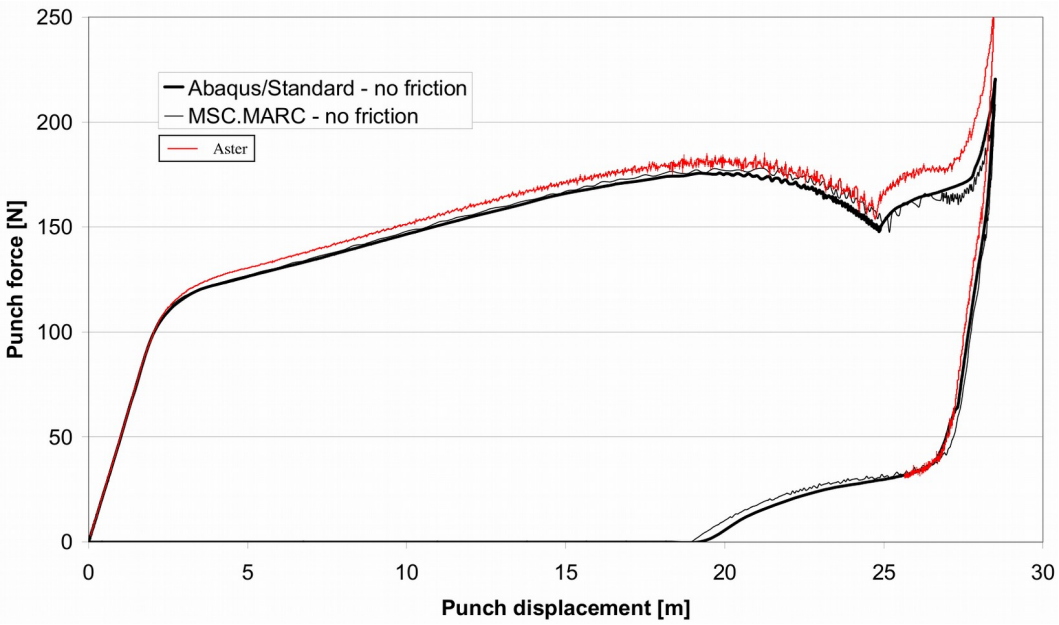
3.3 Grandeurs testées et résultats

Calcul avec algorithme de contact 'CONTRAINTE'

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
DY au point A après charge	'SOURCE_EXTERNE'	-28,5	0,1%
DY au point A après décharge	'SOURCE_EXTERNE'	-25,65	0,1%

3.4 Remarques

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



Les résultats obtenus en quadratique sous-intégré sans frottement avec la formulation discrète sont en bon accord avec la solution de référence.
On notera une légère déviation par rapport aux codes commerciaux qui peut s'expliquer par le traitement en dynamique lente du problème. En effet la réponse force-déplacement très instable a obligé à réaliser le calcul ainsi afin de bénéficier de la stabilisation d'une matrice masse.
La décharge n'a pas été poursuivie jusqu'au bout afin de minimiser le temps de calcul du test.

On notera que dans ce test et contrairement aux recommandations de la notice d'utilisation du contact ([U2.04.04]), une prédiction 'TANGENTE' a été utilisée. C'est parce que la prédiction 'ELASTIQUE' ne peut pas passer la phase finale de la charge, on le voit sur la réponse force-déplacement : la pente à cet endroit est plus raide que la pente élastique.

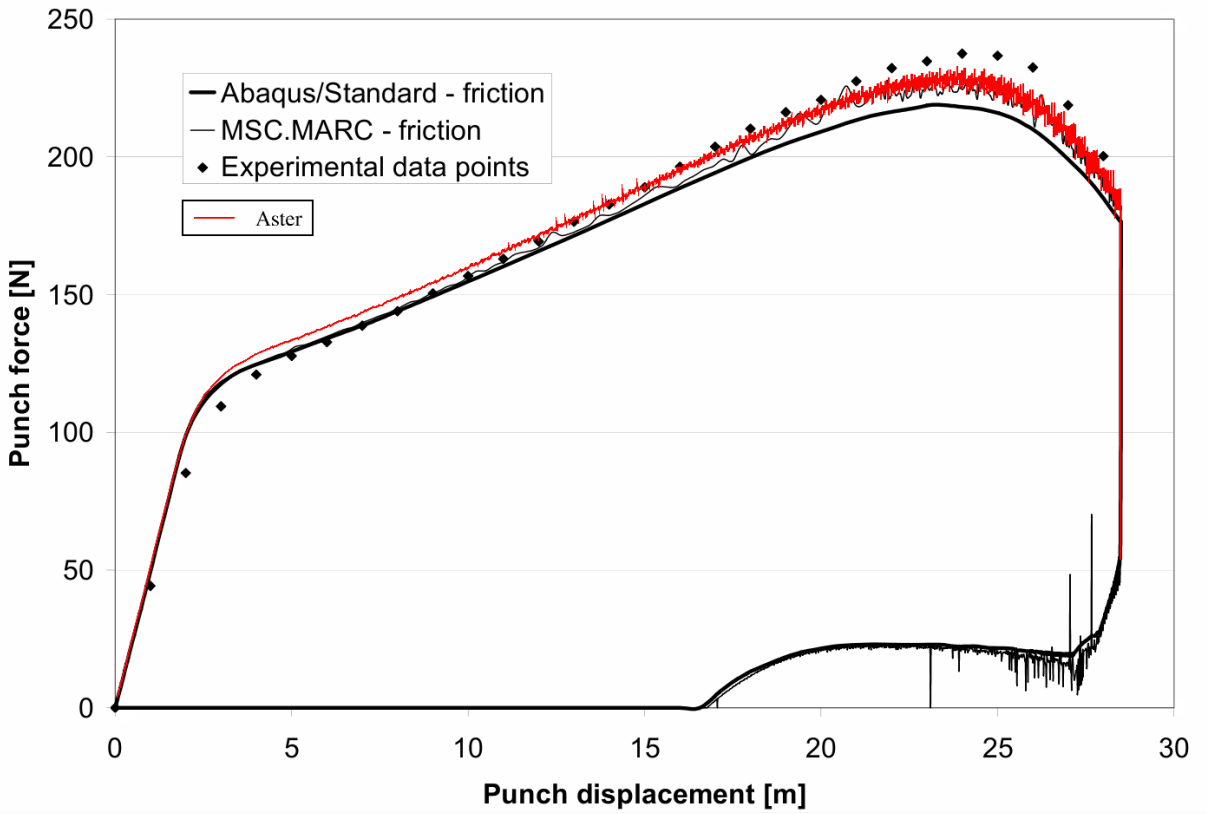
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

4 Synthèse des résultats

Ce test permet de valider le contact couplé à toutes les autres non-linéarités par rapport à des références données par des codes de calcul commerciaux (Abaqus et MARC).
On observe un bon accord entre les résultats de référence et ceux obtenus par *Code_Aster*.

On notera que dans ce *benchmark* particulièrement difficile :
– le calcul en formulation continue n'a pas été possible
– la stabilisation (par un calcul dynamique en temps long) est indispensable au bon déroulé du test

Le calcul avec frottement a été mené avec succès en formulation continue mais nécessite un temps de calcul trop long pour en faire une modélisation de ce test. À titre d'information on donne néanmoins la réponse force-déplacement d'un tel calcul.



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