SSNA111 - Indentation d'un massif par un poinçon

Résumé :

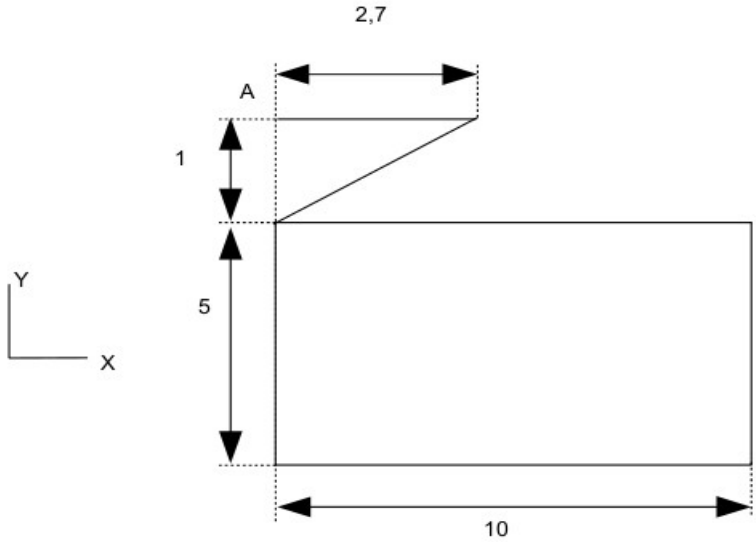
Ce test concerne l'étude d'un poinçon conique déformant une structure massive élasto-plastique.

L'ensemble est modélisé avec des éléments axisymétriques et soumis à un déplacement imposé et à du contact.

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



Le problème est axisymétrique (d'axe Y). Le poinçon est constitué d'un seul élément triangulaire. Il est supposé en contact initial avec le massif au point A, ce point est donc topologiquement confondu entre le poinçon et le massif.

1.2 Propriétés de matériaux

Le massif est constitué d'un matériau élasto-plastique avec écrouissage isotrope linéaire :

$$E = 2{,}0 \times 10^5 \,\mathrm{MPa}$$
$$\nu = 0{,}3$$
$$\sigma_y = 300 \,\mathrm{MPa}$$
$$E_T = 5000$$

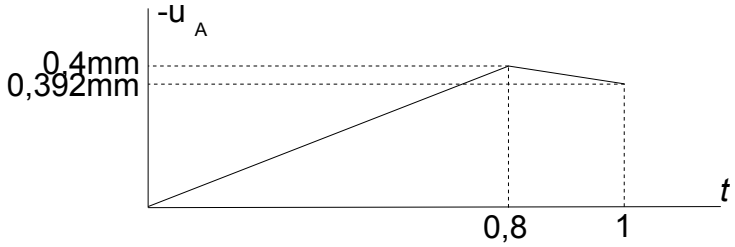
Le poinçon est supposé rigide et on l'approxime par un matériau élastique avec un grand module de Young:

$$E = 2{,}0 \times 10^9 \,\mathrm{MPa}$$
$$\nu = 0{,}3$$

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

1.3 Conditions aux limites et chargements

La base du massif est encastrée et son coté gauche est imposé à $DX=0$. Le déplacement horizontal est imposé à 0. Le déplacement vertical du poinçon est imposé à $u_A=-0,4\,\mathrm{mm}$, puis remonté de $0,008\,\mathrm{mm}$ (retour élastique) suivant le graphe suivant:



2 Solution de référence

2.1 Résultats de référence

Les résultats calculés dans ce cas-test sont les déplacements et rotations du nœud A (DEPL). Il sont issus d'une exécution antérieure de *Code_Aster*. C'est un cas test de non régression, sauf pour le point A.

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation AXIS.

3.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage est constitué de 1803 nœuds et 1852 mailles dont une maille TRIA3 pour le poinçon rigide, et 1715 mailles QUAD4 pour le massif (le reste des mailles étant des mailles SEG2 pour la surface esclave du contact).

3.3 Caractéristiques du comportement

Comportement élastique incrémental pour le poinçon (COMPORTEMENT/ELAS).
Comportement élasto-plastique en grandes déformations avec écrouissage isotrope linéaire pour le massif (COMPORTEMENT/VMIS_ISOT_LINE/SIMO_MIEHE).

3.4 Caractéristiques du contact

Méthode de contact discret avec algorithme des contraintes actives, appariement MAIT_ESCL et normale MAIT_ESCL.

3.5 Grandeurs testés et résultats

Valeur testée	Instant	Référence	Type	*Tolérance*
Déplacement DY en A	0,5	-0,25	Analytique	-0.80%
	0,5	-0,24798	Non-régression	
Force de réaction DX en A	0,5	3,2482	Non-régression	
Force de réaction DY en A	0,5	-8,7703	Non-régression	
Déplacement DY en A	1,0	-0,392	Analytique	-0.60%
	1,0	-0,38944	Non-régression	
Force de réaction DX en A	1,0	1,81357	Non-régression	
Force de réaction DY en A	1,0	-4.8966	Non-régression	

3.6 Remarques

La force de réaction nodale est en $\mathrm{N/rad}$ puisque le problème est axisymétrique. La différence sur les valeurs analytiques du déplacement viennent du fait que le poinçon rigide est modélisé par un matériau avec un module de Young de rigidité finie.

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

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation AXIS.

4.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage est constitué de 1803 nœuds et 1852 mailles dont une maille TRIA3 pour le poinçon rigide, et 1715 mailles QUAD4 pour le massif (le reste des mailles étant des mailles SEG2 pour la surface esclave du contact).

4.3 Caractéristiques du comportement

Comportement élastique incrémental pour le poinçon (COMPORTEMENT/ELAS).
Comportement élasto-plastique en grandes déformations avec écrouissage isotrope linéaire pour le massif (COMPORTEMENT/VMIS_ISOT_LINE/SIMO_MIEHE).

4.4 Caractéristiques du contact

Méthode de contact continue, appariement MAIT_ESCL, normale MAIT_ESCL et l'appariement est fixe, de normale $(0,-1,0)$. Intégration aux nœuds et coefficient de régularisation du lagrangien augmenté valant 1000.

4.5 Grandeurs testés et résultats

Valeur testée	Instant	Référence	Type	*Tolérance*
Déplacement DY en A	0,5	-0,25	Analytique	-0.80%
	0,5	-0,24798	Non-régression	
Force de réaction DX en A	0,5	3,2482	Non-régression	
Force de réaction DY en A	0,5	-8,7703	Non-régression	
Déplacement DY en A	1,0	-0,392	Analytique	-0.60%
	1,0	-0,38944	Non-régression	
Force de réaction DX en A	1,0	1,81343	Non-régression	
Force de réaction DY en A	1,0	-4.8962	Non-régression	

4.6 Remarques

La force de réaction nodale est en $\mathrm{N/rad}$ puisque le problème est axisymétrique. La différence sur les valeurs analytiques du déplacement viennent du fait que le poinçon rigide est modélisé par un matériau avec un module de Young de rigidité finie.

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

5 Modélisation C

5.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation AXIS.

5.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage est le même que celui de la modélisation A.

5.3 Caractéristiques du comportement

Le comportement est le même que pour la modélisation A.

5.4 Caractéristiques du contact

Le poinçon étant rigide et de géométrie linéaire, il est possible de modéliser le contact par une liaison unilatérale sur DX et DY. Par projection suivant la normale au poinçon, la condition de non interpénétration peut s'écrire :

$$2.7*DY-(X+DX)<2.7*u_A(t)$$

La condition unilatérale est imposée en utilisant l'algorithme de pénalisation (DEFI_CONTACT /ZONE/ALGO_CONT='PENALISATION').

5.5 Grandeurs testés et résultats

Valeur testée	Instant	Référence	Type	*Tolérance*
Déplacement DY en A	0,5	-0,25	Analytique	-0.90%
	0,5	-0.2478	Non-régression	
Force de réaction DX en A	0,5	3.268999	Non-régression	
Force de réaction DY en A	0,5	-8.82629	Non-régression	
Déplacement DY en A	1,0	-0,392	Analytique	-0.70%
	1,0	-0.38935	Non-régression	
Force de réaction DX en A	1,0	1.1846	Non-régression	
Force de réaction DY en A	1,0	-3.19842	Non-régression	

5.6 Remarques

La condition unilatérale est calculée en considérant la normale maître, ce qui conduit a un léger écart par rapport à la modélisation A qui utilise normale MAIT_ESCL. On retrouve cependant les mêmes résultats par comparaison avec une modélisation du contact qui utilise la normale maître pour l'appariement.
Le coefficient de pénalité pose des problèmes de convergence au moment du retour élastique, on impose donc un coefficient pas trop élevé (1,0 E+3), ce qui engendre des écarts plus important par rapport à la modélisation A. Il est possible d'augmenter le coefficient de pénalité sur la phase de chargement, on retrouve alors les mêmes résultats que pour la modélisation avec contact.

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

6 Synthèse des résultats

Cet exemple de non régression montre un calcul non-linéaire avec contact. Les forces nodales sont légèrement différentes ($0{,}007\%$) entre les deux modélisations (contact discret ou continue), lors du retour élastique.

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