SSNP502 - Écrasement d'un anneau en polyuréthane entre deux plaques indéformables avec frottement

Résumé :

Le test consiste à simuler l'écrasement en contraintes planes d'un anneau circulaire élastique en polyuréthane par deux plaques symétriques indéformables. L'objectif est de tester les fonctionnalités liées au contact. Ce test comporte un recollement sur une zone de contact de longueur importante avec la présence de grandes déformations élastiques.
Un déplacement imposé symétrique est appliqué sur les deux plaques; la force résultante ainsi que la pression de contact pour différents points en contact sont comparées avec les résultats obtenus dans l'article de référence.

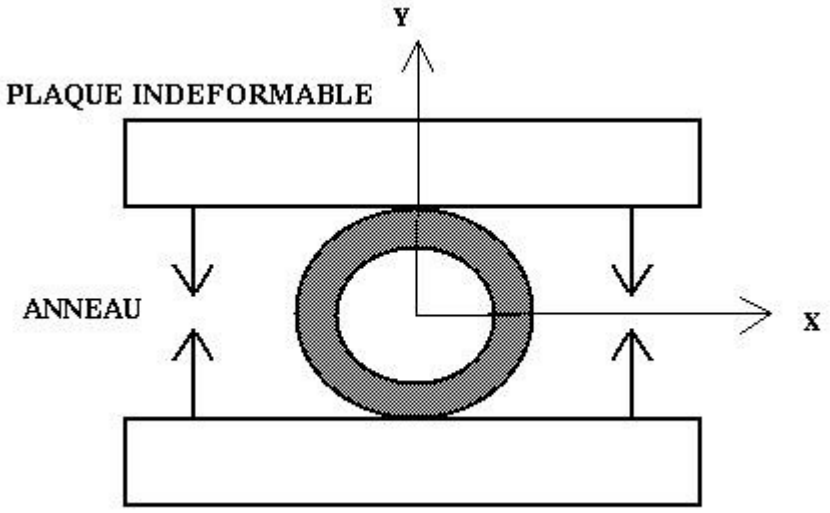
Dans les trois modélisations proposées, l'anneau est modélisé avec des mailles `QUAD4` en contraintes planes:

- **modélisation B**, un contact **avec frottement** traité avec la méthode de pénalisation a été défini entre la plaque et l'anneau,
- **modélisation C**, un contact **avec frottement** traité avec la méthode continue a été défini entre la plaque et l'anneau.

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



rayon extérieur de l'anneau	$6{,}35\,cm$
rayon intérieur de l'anneau	$4{,}15\,cm$
déplacement imposé	$4{,}45\,cm$

1.2 Propriétés du matériau

Anneau : polyuréthane, loi de comportement élastique.

Module d'Young :	$E=407\,N/cm^2$
Coefficient de Poisson :	$\nu=0{,}48$
Coefficient de friction :	$\mu=0{,}4$

1.3 Conditions aux limites et chargements

Les contraintes sont planes.

Un déplacement imposé incrémental de 0 à $4{,}45\,cm$ est appliqué aux nœuds des plaques indéformables.

Remarque sur les unités :

Les dimensions et déplacements sont en centimètres donc, pour rester homogène, les pressions doivent être entrées en N/cm^2 .

1.4 Conditions initiales

Aucune.

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

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence

La solution est issue d'un code de calcul et d'un essai expérimental.

À partir de la solution de référence valable pour une modélisation de la plaque entière, il faut diviser la résultante normale par deux pour obtenir une référence valable pour une demi-plaque.

2.2 Résultats de référence

La force normale de réaction est la suivante :

Déplacement imposé (cm)	Force de réaction (N)
1,1125	8,0083
2,2250	16,0166
3,3375	24,0250
4,4500	32,0333

La pression normale de contact est donnée en référence. Mais, les maillages utilisés sont différents. Cette pression servira à définir des tests de non-régression.

2.3 Incertitudes sur la solution

Ces résultats sont relativement approximatifs car relevés directement sur la courbe papier.

2.4 Références bibliographiques

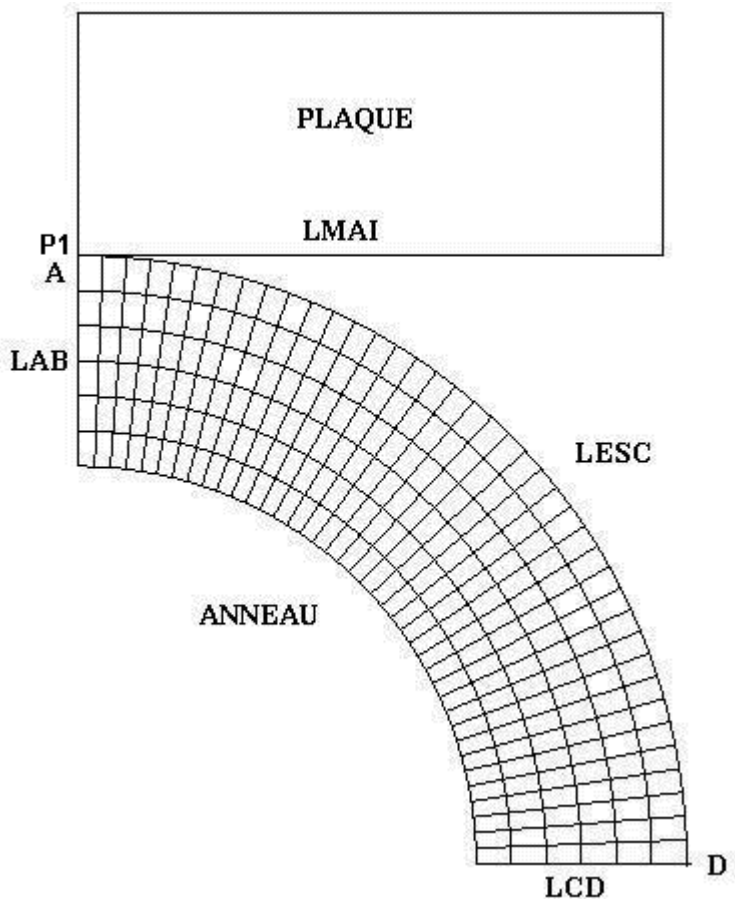
- A.F. SALEEB, K. CHEN, and T.Y.P. CHANG : "An effective two dimensional frictional contact model for arbitrary curved geometry" - *Int. J. Num. Meth. Eng.* 37 (1994) p. 1297-1321.

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

3 Modélisation B

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Une modélisation testant les fonctionnalités de contact avec frottement traité avec la méthode de pénalisation a été mise en œuvre. Compte tenu de la symétrie du problème, elle comprend un quart de l'anneau ainsi que le maillage d'une plaque indéformable.



Condition aux limites :

Conditions de symétrie : les nœuds du groupe LAB situés dans le plan $X=0$ sont bloqués suivant la direction X ($DX=0$),
les nœuds du groupe LCD situés dans le plan $Y=0$ sont bloqués suivant la direction Y ($DY=0$),
tous les nœuds du groupe de maille $«\ Plaque\ »$ sont bloqués suivant la direction X ($DX=0$)

Pour éviter les mouvements de corps rigides, les nœuds A et $P1$ ont même déplacement vertical.

Chargements :

Déplacement imposé suivant Y sur tous les nœuds de la plaque : DY varie de 0 à $2{,}225\,cm$.
(la valeur de $4{,}45\,cm$ est le rapprochement vertical des deux plaques symétriques.)

Remarque :

Le maillage a été réalisé en cm .

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

3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 291
Nombre de mailles et type : 241 QUAD4 et 51 SEG2

3.3 Grandeurs testées et résultats

Identification	Déplacement	Référence	Type de référence	Tolérance
Force de réaction (N)	$1{,}1125\,cm$	–8,01	'SOURCE_EXTERNE'	8,9%
Force de réaction (N)	$2{,}2250\,cm$	–16,02	'SOURCE_EXTERNE'	3,2%
Force de réaction (N)	$3{,}3375\,cm$	–24,02	'SOURCE_EXTERNE'	3,6%
Force de réaction (N)	$4{,}4500\,cm$	–32,03	'SOURCE_EXTERNE'	3,8%
Déplacement en D (cm)	$2{,}2250\,cm$		'NON_REGRESSION'	
Déplacement en D (cm)	$4{,}4500\,cm$		'NON_REGRESSION'	
Pression de contact en A ($N.cm^{-2}$)	$2{,}2250\,cm$		'NON_REGRESSION'	
Pression de contact en A ($N.cm^{-2}$)	$4{,}4500\,cm$		'NON_REGRESSION'	

3.4 Remarques

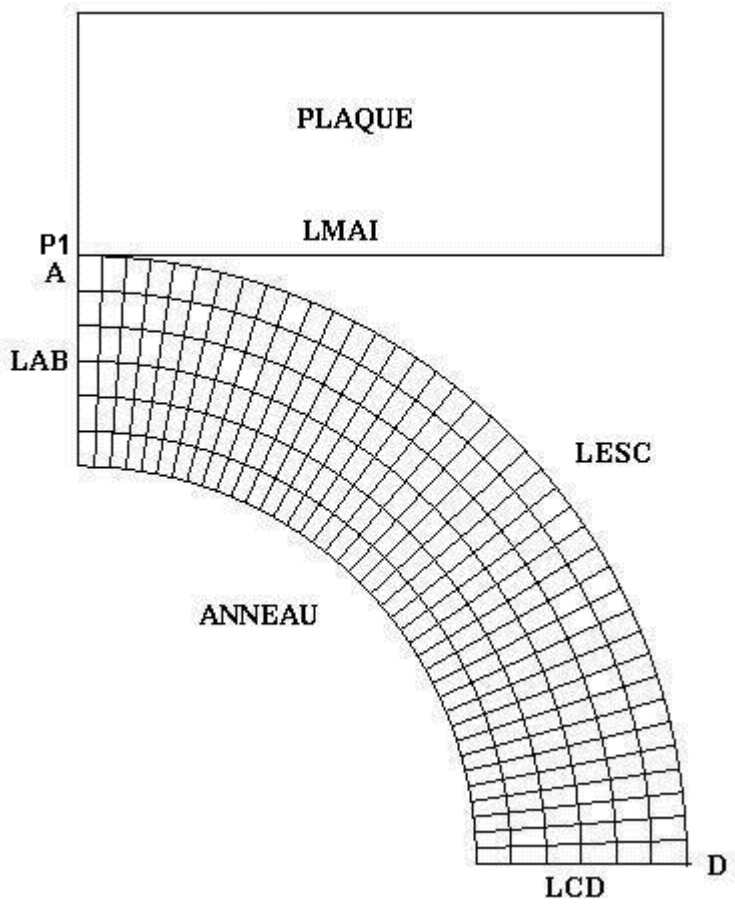
On peut visualiser l'influence du frottement en regardant la contrainte de cisaillement aux nœuds en contact. Il faut faire la différence entre $SIXY$ avec frottement et $SIXY$ sans frottement pour éliminer les problèmes de moyennes sur les nœuds du bord.

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

4 Modélisation C

4.1 Caractéristiques de la modélisation

Une modélisation testant les fonctionnalités de contact avec frottement traité avec la méthode continue a été mise en œuvre. Compte tenu de la symétrie du problème, elle comprend un quart de l'anneau ainsi que le maillage d'une plaque indéformable.



Condition aux limites :

Conditions de symétrie : les nœuds du groupe LAB situés dans le plan $X=0$ sont bloqués suivant la direction X ($DX=0$),
les nœuds du groupe LCD situés dans le plan $Y=0$ sont bloqués suivant la direction Y ($DY=0$),
tous les nœuds du groupe de maille $« Plaque »$ sont bloqués suivant la direction X ($DX=0$)

Pour éviter les mouvements de corps rigides, les nœuds A et $P1$ ont le même déplacement vertical.

Chargements :

Déplacement imposé suivant Y sur tous les nœuds de la plaque : DY varie de 0 à $2{,}225\,cm$.
(la valeur de $4{,}45\,cm$ est le rapprochement verticale des deux plaques symétriques).

Remarque :

Le maillage a été réalisé en cm .

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

4.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage est en tout point identique au maillage utilisé pour la modélisation B.

4.3 Grandeurs testées et résultats

Identification	Déplacement	Référence	Type de référence	Tolérance
Force de réaction (N)	$1{,}1125\,cm$	–8,01	'SOURCE_EXTERNE'	8,9%
Force de réaction (N)	$2{,}2250\,cm$	–16,02	'SOURCE_EXTERNE'	3,2%
Force de réaction (N)	$3{,}3375\,cm$	–24,02	'SOURCE_EXTERNE'	3,6%
Force de réaction (N)	$4{,}4500\,cm$	–32,03	'SOURCE_EXTERNE'	3,8%
Déplacement en D (cm)	$2{,}2250\,cm$		'NON_REGRESSION'	
Déplacement en D (cm)	$4{,}4500\,cm$		'NON_REGRESSION'	
Pression de contact en A ($N.cm^{-2}$)	$2{,}2250\,cm$		'NON_REGRESSION'	
Pression de contact en A ($N.cm^{-2}$)	$4{,}4500\,cm$		'NON_REGRESSION'	

4.4 Remarque

Les résultats sont très proches de ceux de la modélisation B.

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

5 Synthèse des résultats

Quel que soit le type de modélisation de la zone de contact, les résultats obtenus sont satisfaisants. Les écarts observés sur la force de réaction sont faibles. Mais les valeurs de référence sont très approximatives car elles sont extraites d'une courbe papier.

Le maillage du code de calcul pris en référence et celui utilisé par Aster sont différents. De plus, il n'est pas expliqué dans la référence comment est extraite la pression normale de contact. Ainsi, il n'a pas été effectué de tests de référence sur cette pression. Cependant des tests de non-régression sont effectués sur la pression de contact ($SIYY$ au nœud en contact). L'allure de cette pression et la zone de contact sont identiques entre les deux codes de calculs.

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