

**Manuel de Validation****Fascicule V6.03 : Statique non linéaire des systèmes plans****Document : V6.03.502**

# **SSNP502 - Ecrasement 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.

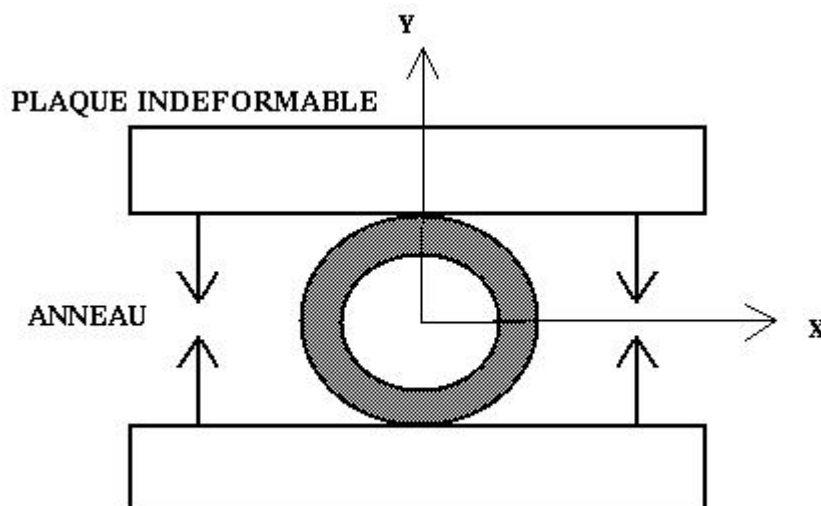
Un déplacement imposé symétrique est appliqué sur les deux plaques; la force résultante ainsi que la pression de contact pour différents points en contact sont comparées avec les résultats obtenus dans l'article de référence.

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

- **modélisation A**, un contact nœuds-mailles (CONTACT) **avec frottement** traité avec la méthode lagrangienne a été défini entre la plaque et l'anneau,
- **modélisation B**, un contact nœuds-mailles (CONTACT) **avec frottement** traité avec la méthode de pénalisation a été défini entre la plaque et l'anneau,
- **modélisation C**, un contact nœuds-mailles (CONTACT) **avec frottement** traité avec la méthode continue a été défini entre la plaque et l'anneau.

## 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 :	$E = 407 \text{ N/cm}^2$
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  $\text{N/cm}^2$ .

### 1.4 Conditions initiales

Aucune.

## 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.

A 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.

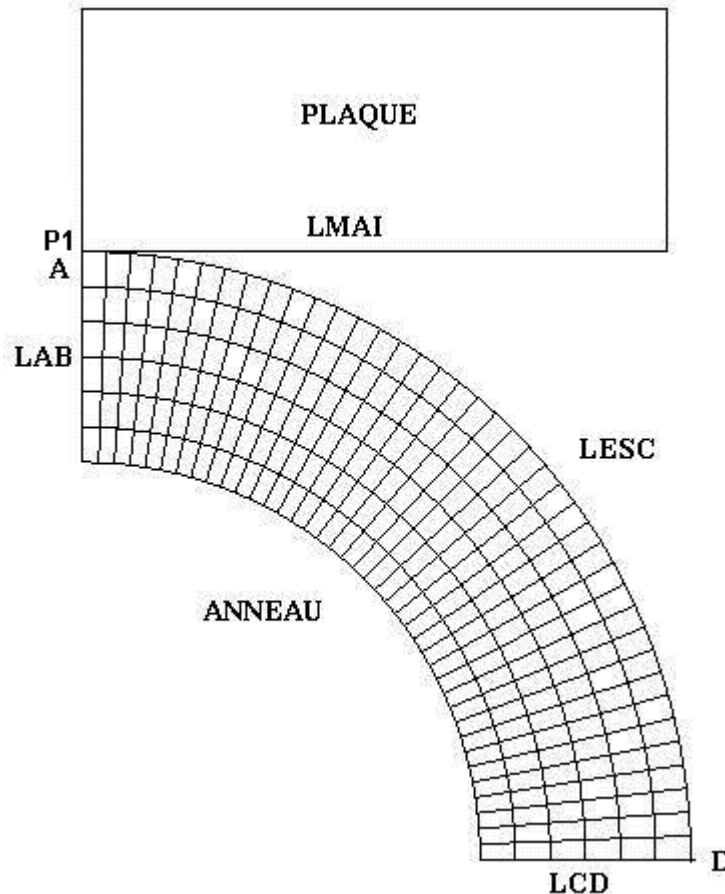
### 2.4 Références bibliographiques

- [1] 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.

### 3 Modélisation A

### 3.1 Caractéristiques de la modélisation

Une modélisation testant les fonctionnalités de contact nœud (CONTACT) avec frottement traité avec la méthode lagrangienne a été mise en oeuvre. 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  $X$  ( $D_X=0$ ),
- les nœuds du groupe LCD situés dans le plan  $Y=0$  sont bloqués suivant la direction  $Y$  ( $D_Y=0$ ),
- tous les nœuds du groupe de maille « Plaque » sont bloqués suivant la direction  $X$  ( $D_X=0$ )

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.*

### 3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 291

Nombre de mailles et type : 241 QUAD4 et 51 SEG2

### 3.3 Fonctionnalités testées

Commandes	Mot-clé facteur	Mot-clé
AFFE_MODELE	AFFE	MODELISATION = 'C_PLAN'
MODI_MALLAGE	ORIE_PEAU_2D	
DEFI_MATERIAU	ELAS	
AFFE_CHAR_MECA	CONTACT	METHODE = 'LAGRANGIEN' FROTTEMENT = 'COULOMB'
STAT_NON_LINE	COMP_ELAS	RELATION = 'ELAS' DEFORMATION = 'GREEN'

## 4 Résultats de la modélisation A

---

### 4.1 Valeurs testées

Identification	Déplacements	Référence	Aster	% différence
force de réaction (N)	1,1125 cm	-8,01	-8,66	8,13
force de réaction (N)	2,2250 cm	-16,02	-16,46	2,77
force de réaction (N)	3,3375 cm	-24,02	-23,98	-0,18
force de réaction (N)	4,4500 cm	-32,03	-31,32	0,88

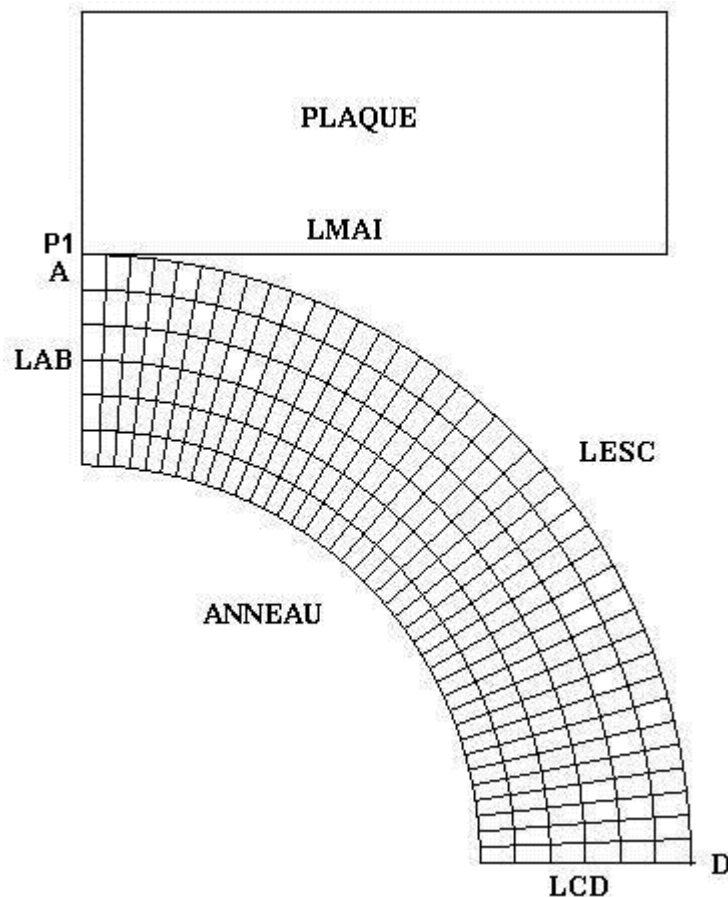
### 4.2 Remarques

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.

## 5 Modélisation B

### 5.1 Caractéristiques de la modélisation

Une modélisation testant les fonctionnalités de contact nœuds-maillages (CONTACT) avec frottement traité avec la méthode de pénalisation a été mise en oeuvre. 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  $X$  ( $D_X = 0$ ),  
les nœuds du groupe LCD situés dans le plan  $Y=0$  sont bloqués suivant la direction  $Y$  ( $D_Y = 0$ ),  
tous les nœuds du groupe de maille « Plaque » sont bloqués suivant la direction  $X$  ( $D_X = 0$ )

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 :  $D_Y$  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.

## 5.2 Caractéristiques du maillage

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

## 5.3 Fonctionnalités testées

Commandes	Mot-clé facteur	Mot-clé
AFFE MODELE	AFFE	MODELISATION = 'C PLAN'
DEFI MATERIAU	ELAS	
AFFE_CHAR_MECA	DDL_IMPO CONTACT	METHODE = 'PENALISATION' FROTTEMENT = 'COULOMB' E T = '1.E+06'
STAT_NON_LINE	COMP_ELAS	RELATION = 'ELAS' DEFORMATION = 'GREEN'

## 6 Résultats de la modélisation B

### 6.1 Valeurs testées

Identification	Déplacements	Référence	Aster	% différence
force de réaction (N)	1,1125 cm	-8,01	-8,66	8,13
force de réaction (N)	2,2250 cm	-16,02	-16,46	2,77
force de réaction (N)	3,3375 cm	-24,02	-23,98	-0,18
force de réaction (N)	4,4500 cm	-32,03	-31,32	0,88

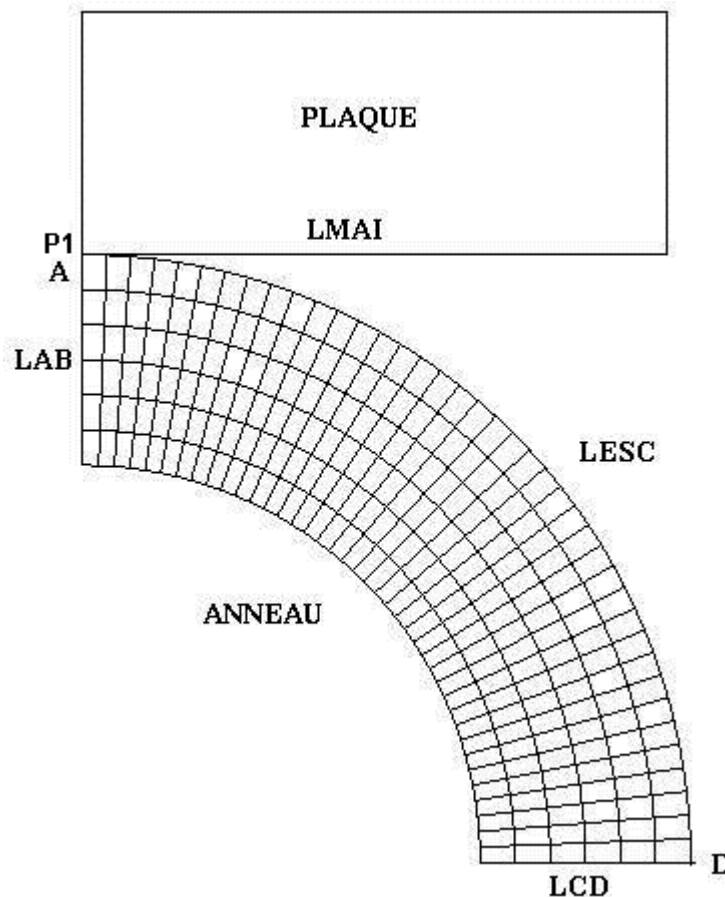
### 6.2 Remarque

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

## 7 Modélisation C

### 7.1 Caractéristiques de la modélisation

Une modélisation testant les fonctionnalités de contact nœuds-maillages (CONTACT) avec frottement traité avec la méthode continue a été mise en oeuvre. 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  $X$  ( $D_X = 0$ ),  
les nœuds du groupe LCD situés dans le plan  $Y=0$  sont bloqués suivant la direction  $Y$  ( $D_Y = 0$ ),  
tous les nœuds du groupe de maille « Plaque » sont bloqués suivant la direction  $X$  ( $D_X = 0$ )

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 :  $D_Y$  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.



## 7.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage est issu du fichier « ssnp501b.mail » dans lequel les mailles d'extrémités A et D ont été retirés du groupe de maille LESC.

### Remarque :

*La méthode continue n'accepte pas les modifications du maillage ce qui implique cette stratégie.*

## 7.3 Fonctionnalités testées

Commandes	Mot-clé facteur	Mot-clé
AFFE_MODELE	AFFE	MODELISATION = 'C_PLAN'
DEFI_GROUP	CREA_GROUP_NO	UNION
DEFI_MATERIAU	ELAS	
AFFE_CHAR_MECA	CONTACT	METHODE = 'CONTINUE'
AFFE_CHAR_MECA	CONTACT	SEUIL_INIT = 0.1
AFFE_CHAR_MECA	DDL_IMPO	
STAT_NON_LINE	COMP_ELAS	RELATION = 'ELAS'
		DEFORMATION = 'GREEN'
	SOLVEUR	METHODE = 'LDLT'
		RENUM = 'SANS'

## 8 Résultats de la modélisation C

### 8.1 Valeurs testées

Identification	Déplacements	Référence	Aster	% différence
force de réaction (N)	1,1125 cm	-8,01	-8,66	8,13
force de réaction (N)	2,2250 cm	-16,02	-16,46	2,77
force de réaction (N)	3,3375 cm	-24,02	-23,98	-0,18
force de réaction (N)	4,4500 cm	-32,03	-32,31	0,88

### 8.2 Remarque

Les résultats sont très proches de ceux des modélisations A et B.

## 9 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.