

## Influence de la Géométrie de l'Eprouvette sur la Distribution des Efforts Normaux dans les Mors du Dispositif de Cisaillement

PhD. eng. Catalina Maier  
 PhD. eng. Aglaia Dimofte  
 Université Dunarea de Jos de Galati

### RESUME

*L'essai de cisaillement adapté aux tôles met en évidence l'apparition des forces de réaction qui agissent au niveau des mors du dispositif et, implicite dans toutes composantes de celui-ci. Quand le matériau de l'éprouvette est un acier à haute limite d'élasticité, ces forces de réaction deviennent très importantes et déterminent des déformations élastiques des composantes du dispositif de cisaillement. Ce papier présente l'étude de l'influence de la géométrie de l'éprouvette de cisaillement sur la distribution et l'amplitude des efforts normaux transmises par l'éprouvette aux mors du dispositif.*

**Mots clé :** cisaillement, haute limite d'élasticité, géométrie de l'éprouvette, efforts normaux, mors du dispositif.

### 1. Introduction

Pendant l'essai de cisaillement des tôles ils résultent des forces de réaction du matériau dans les mors et, par l'intermédiaire de ceux-ci elles sont transmises aux composantes du dispositif (fig.1).

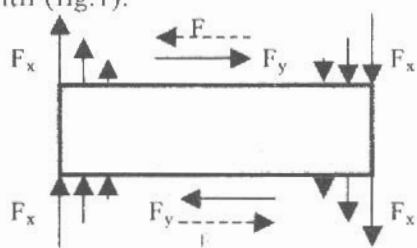


Figure 1. Forces de réaction  $F_x$  et  $F_y$  dues à la force  $F$  de cisaillement

Ces forces  $F_x$  et  $F_y$  génèrent des moments de rotation  $M_x$  et  $M_y$  dans le même sens. Dans le cas des matériaux à haute limite d'élasticité (400 - 1000 MPa) et épaisses (3 mm) ces moments de rotation deviennent assez importantes pour déterminer la déformation élastique des composantes du dispositif et, implicite, pour dégrader les résultats de l'essai de cisaillement.

Au but de quantifier les efforts normaux dans les mors du dispositif de cisaillement, nous avons réalisé la simulation numérique de l'essai

pour trois géométries différentes de l'éprouvette, pour les cas suivantes :

- type de calcul :
  - cas plan de contraintes ;
  - cas 3D de contraintes ;
- conditions aux limites :
  - déplacement  $u_y$  impose aux nœuds ;
  - déplacement  $u_y$  impose au corps rigide, colle au bord droit de l'éprouvette ;
- déformation  $\gamma$  :
  - 0,3 ;
  - 0,8 ;
  - 0,32
- épaisseur de l'éprouvette :
  - 1 mm ;
  - 3 mm ;
- type d'élément finis : 3, 7 ou 117.

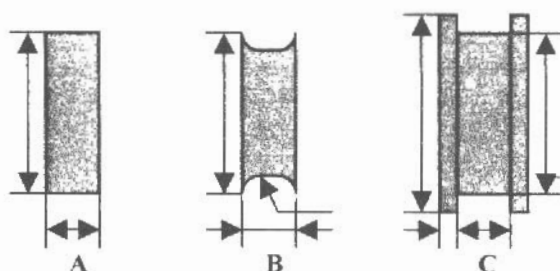


Figure 2 Géométrie de l'éprouvette de cisaillement

La simulation numérique de l'essai de cisaillement a été réalisée en utilisant le code éléments finis MARC.

La simulation numérique de l'essai de cisaillement a été réalisé en utilisant le code élément finit MARC

**2. Conditions aux limites**

Pour définir les conditions aux limites dans le cas de l'essai de cisaillement nous avons considéré :

- Déplacement imposé aux nœuds bords droit (figure 3) de l'éprouvette,  $u_y \neq 0$

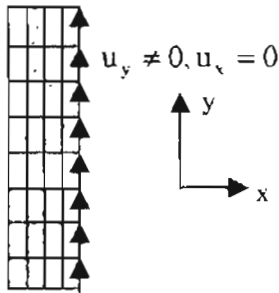


Figure 3

- Corps rigide ayant en déplacement imposé  $u_y \neq 0$  et colée à l'éprouvette (figure 4). Ce cas introduit des conditions supplémentaires de définition du contact.

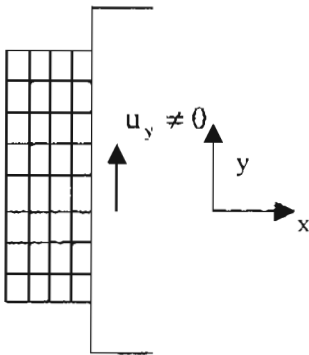


Figure 4

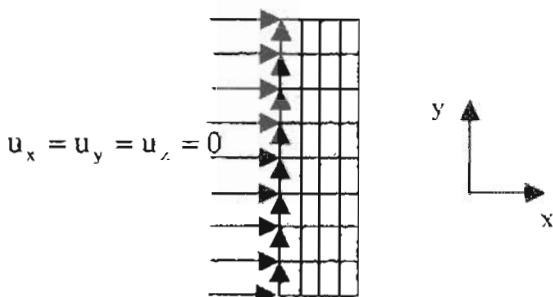


Figure 5

Pour les deux cas considérée, le bord gauche a été défini encasté (figure 5), équivalent à :  $u_x = u_y = u_z = 0$ .

Le mouvement des corps déformables est introduit dans MARC en utilisant les moyens conventionnels d'application des déplacement. La documentation MARC dit qu'il est conseillé de définir ce mouvement à l'aide d'un corps rigide qui est collé au corps déformable et d'imposer le déplacement à celui-la. C'est cette raison qui nous a fait de utiliser les deux moyens ci-dessus de définir les conditions aux limites.

**3. Loi de comportement**

Le matériau a été considéré isotrope et son comportement a été défini par :

- module de Young = 210.000 MPa ;
- coefficient Poisson = 0,33 ;
- loi d'écoulement définie à partir de la courbe de traction uniaxiale d'un matériau à haute limite d'élasticité, 1mm d'épaisseur.

**4. Type d'éléments finis**

Pour l'analyse 2D nous avons utilisé :

- élément triangulaire type 6 à trois nœuds (figure 6), isoparamétrique, dédié aux application du cas plane de déformation. Ce élément utilise les fonctions bilinéaires d'interpolation. La déformation est considérée constante au niveau de l'élément. Cet élément ne donne pas la meilleure représentation de cisaillement. La matrice de raideure de cet élément est formé à partir d'un seul point d'intégration qui se situe au centre de l'élément.

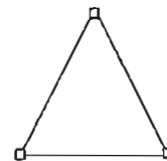


Figure 6

- élément quadratique :

\* type 3 à quatre nœuds, isoparamétrique, dédié aux applications du cas plane de contraintes. Cet élément (figure 7) utilise les fonctions bilinéaires d'interpolation. La déformation est considérée constante au niveau de l'élément. L'élément de type 3 donne de bons résultats dans la simulation de cisaillement. Il est conseillé de définir 'assumed strain' dans les options GEOMETRY de MENTAT. La matrice de raideure pour cet élément est formée en utilisant quatre points

Gauss d'intégration. Cet élément demande les options 'Updated Lagrange procedure' et 'Finite strain plasticity' au niveau de définition 'JOB-Analyses Options'. Les valeurs de sortie sont la contrainte vraie et la déformation logarithmique.

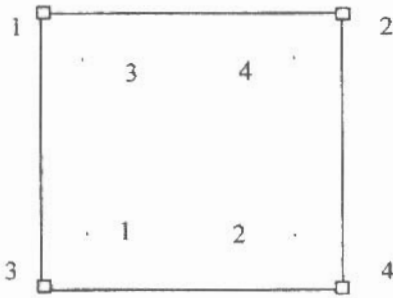


Figure 7

\* type 114 à quatre nœuds (figure 8), iso-paramétrique, utilisé pour les applications - cas plane de contraintes utilisant l'intégration réduit. Cet élément donne une bonne représentation de la déformation de cisaillement. La matrice de raideur de cet élément est formé à partir d'un seul point d'intégration qui se situe au centre de l'élément. On utilise les mêmes options pour définir 'JOB-Analyses Options' que dans le cas de l'élément type 3.

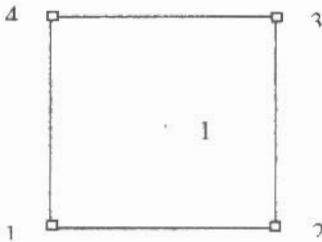


Figure 8

Les calculs de simulation 2D nous donnent les même valeurs des contraintes et des efforts normaux si on utilise de éléments triangulaires ou quadratiques. C'est pourquoi nous avons utilisé seulement les éléments quadratiques dans les simulations 3D.

Pour le cas 3D nous avons utilisé :

- éléments quadratiques :

\* type 7 à huit nœuds, isoparamétrique, arbitrairement hexaédrique. Cet élément utilise des fonctions tri-linéaire d'interpolation et la déformation est considérée constante au niveau de l'élément. La matrice de raideur pour cet élément est formée en utilisant huit points Gauss d'intégration. Il est conseillé de définir 'assumed strain' dans les options GEOMETRY de MENTAT. On utilise les mêmes options pour définir 'JOB-Analyses Options' que dans le cas de l'élément type 3.

\* type 117 à huit nœuds, iso-paramétrique, arbitrairement hexaédrique pour les applications 3D utilisant l'intégration réduite. L'utilisation de l'option 'assumed strain' assure une bonne représentation du cisaillement au niveau de l'élément. La matrice de raideur de cet élément est formé à partir d'un seul point d'intégration qui se situe au centre de l'élément. On utilise les mêmes options pour définir 'JOB-Analyses Options' que dans le cas de l'élément type

## 5. Définition du contact

Pour le deuxième cas de définition des conditions aux limites on a besoin de parcourir les étapes suivantes :

\* définition des deux corps en contact :

- l'éprouvette comme un corps déformable contiennent tous les éléments finis ;

- le corps rigide défini par les courbes (cas 2D) ou les surfaces (cas 3D) de son contour et par son déplacement imposé,  $u_y \neq 0$  ;

\* définition du tableau de contact qui contienne :

- la déclaration du type de contact entre les deux corps ('glue' dans notre cas) ;

- les conditions de réalisation et de mention du contact : tolérance de contact, force de séparation et distance de fermeture (voire l'annexe 1) ;

\* sélection des surfaces du corps déformable qui doit être en contact avec le corps rigide

## 6. Résultats

Pour l'analyse comparative des trois géométries de la zone utile nous avons considéré seulement le cas plan de contraintes. On observe une symétrie diagonale de la distribution des efforts normaux dans l'éprouvette pour toutes les géométries étudiées. Dans ce cas les deux efforts normaux qui réagissent de même côté de l'éprouvette (ça va dire sur le même mors) ne sont pas égaux .

La distribution de la contrainte de cisaillement est montrée dans les figures 9, 10 et 11.

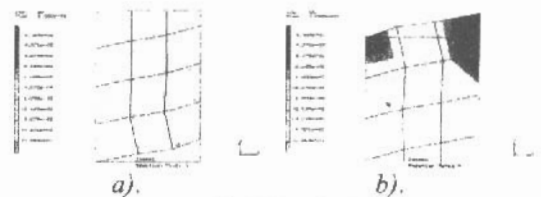
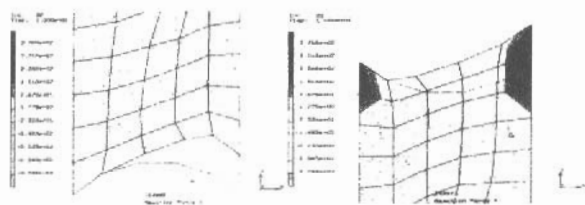
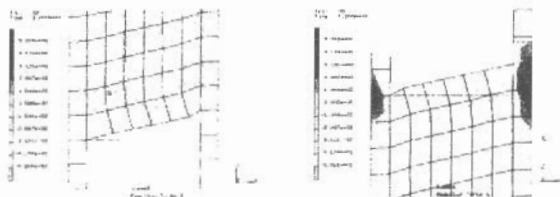


Figure 9. Géométrie A



a). b).  
Figure 10. Géométrie B



a). b).  
Figure 11. Géométrie C

### Conclusions

Les deux efforts normaux qui réagissent de même cote de l'éprouvette (ça va dire sur le même mors) ne sont pas égaux.

Les forces de réaction  $F_x$  ont une distribution triangulaire vers les bords de l'éprouvette. Cette distribution a une symétrie diagonale au niveau de la zone de cisaillement.

Les forces de réaction  $F_y$  ont une distribution uniforme sur 95% de la longueur de l'éprouvette et une distribution triangulaire vers les bords, sur les cotés en contact avec les mors.

Comme les forces  $F_x$  et  $F_y$  varient en fonction de :

- la limite d'écoulement du matériau,
- l'épaisseur et
- la géométrie de l'éprouvette

les moments de rotation  $M_x$  et  $M_y$  résultés varient en fonction des mêmes paramètres.

Les valeurs des forces de réactions dans les directions X et Y sont utilisées pour l'analyse des déformations élastiques des différentes parties du dispositif de cisaillement, pendant l'essai.

### Bibliographie

- [1] C. Teodosiu, J. L. Duval, H. Haddadi - *Modelling the microstructural evolution during large plastic deformations*, Proc. IUTAM Symp. On *Micro- and Macrostructural Aspects of Thermoplasticity*, Eds. O. T. Bruhns and E. Stein, Bochum, Allemagne, pp. 55-68, 1997.
- [2] C. Maier - *Modélisation des process de mise en forme des matériaux*. Ed. Academica, ISBN 973-98859-0-X, Roumanie, 2000.
- [3] C. Maier, M. Teodorescu, M. Banu - *Analyse, par la méthode des éléments finis, des contraintes et des déformations pendant l'emboutissage des pièces d'automobile*, Symposium Annuel de l'Institut de la Mécanique des Solides - Académie Roumaine, pp. 435-458, Bucharest, Roumanie, 15 dec. 1994.

### Influenta Geometriei Epruvetei asupra Distributiei Eforturilor Normale in Bacurile de Prindere ale Dispozitivului de Forfecare

#### Rezumat

*Incercarea la forfecare, adaptata pentru table, pune in evidenta aparitia unor forte de reactiune a materialului care actioneaza asupra bacurilor de prindere ale dispozitivului si, implicit asupra tuturor componentelor acestuia. Cand materialul epruvetei este un otel cu limita inalta de elasticitate, aceste forte devin foarte importante si determina deformatii elastice ale componentelor dispozitivului de forfecare. Aceasta lucrare prezinta studiul influentei geometriei epruvetei de forfecare asupra distributiei si amplitudinii eforturilor normale, transmise de catre epruveta, bacurilor de prindere ale dispozitivului.*

#### Analyse by Numerical Modelling of the Specimen Geometry Influence upon the Distribution of Main Forces in the Clamping Dies

#### Abstract

*The shearing test adapted to sheets make in evidence the reaction forces in clamping dies due to material response. When the material of specimen are high steel sheet this values are very important and determine elastic deformations of different components of shearing machine. This paper present the study of the distribution and amplitude of normal efforts, transmitted by the specimen to the clamping dies.*