



---

**ECOLE DES MINES D'ALBI**  
C A R M A U X

# SIMULATION DES PROCÉDES D'EMBOUTISSAGE

**ANALYSE D'UNE PIÈCE EMBOUTIE**

L. PENAZZI

Décembre 2000

## OBJECTIF

Il s'agit d'étudier l'influence des caractéristiques mécaniques de tôles d'acier et d'aluminium sur les déformations engendrées dans l'emboutissage d'une coupelle axysymétrique.

## DEMARCHE

Le logiciel de calcul utilisé est le logiciel ABAQUS.

Le point de départ est constitué par des fichiers de données et de résultats d'un premier calcul. Le fichier de données est issu de la librairie d'exemples du logiciel ABAQUS.

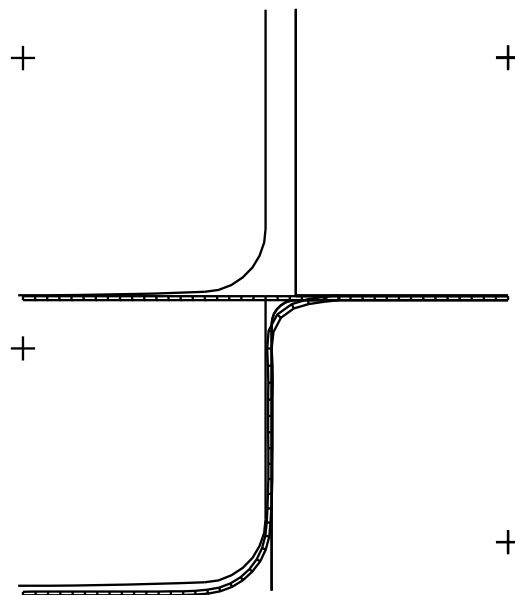
Sur ce premier calcul, vous réaliserez une analyse :

- de la géométrie du problème et de la description des outillages,
- des propriétés matériau et des interfaces,
- des étapes de calculs,
- des résultats en termes d'effort sur les interfaces, de géométrie de la tôle et de déformations en cours et en fin d'opération.

## PRESENTATION DU PROCEDE

L'opération simulée est l'emboutissage d'une coupelle d'amortisseur. Il s'agit d'une pièce axisymétrique avec un fond hémisphérique, une paroi cylindrique et un bord plat (figure 1).

**Figure 1 : Géométrie du problème.**



Durant l'opération d'emboutissage, le matériau est assujéti à une déformation **d'expansion** sur le fond du poinçon et à une déformation de **rétreint** sur la paroi et sur le bord sous serre-flan.

## DESCRIPTION DU MODELE

La géométrie du problème étant axisymétrique, seule une section axisymétrique de la tôle et des outils a été modélisée.

Les outils (poinçon, matrice, serre-flan) sont modélisés avec des **contours rigides** (indéformables). La tôle est modélisée à l'aide d'éléments **2D axisymétriques CAX4R** (4 nœuds, interpolation linéaire, intégration réduite).

La tôle est décrite par un comportement **élastoplastique à écrouissage isotrope**.

Les interfaces tôle/outils sont décrits par un modèle de contact type «contact pair» avec une prise en compte du **frottement** par une **loi de Coulomb**.

Les étapes de calcul correspondent aux différentes étapes de travail d'une presse d'emboutissage. Le serre-flan applique sur la tôle un effort de 100 kN (10 Tonnes). La profondeur d'emboutissage est de 60 mm.

## TRAVAIL DEMANDE

### Préparation du travail

1-Créez un répertoire de travail correspondant à l'étude de cette coupelle.

2-Placez vous dans le répertoire de calcul et copiez les fichiers nécessaires à l'étude dans le répertoire.

```
$ cp /home/penazzi/tp-emb/cup/* .
```

### Examen du fichier de données : cup.inp

1-Chargez le fichier de données (cup.inp) dans un éditeur de texte (si possible xemacs, pour bénéficier la reconnaissance des commandes).

2-Parcourez ce fichier et répondez aux questions (cf. Annexe 1).

Notes :

- Vous pouvez utiliser la documentation «ABAQUS : Manuel utilisateur» pour comprendre la mise en données. Pour une compréhension plus approfondie, vous pouvez également charger l'aide en ligne d'ABAQUS et utiliser la navigation hypertexte.

```
$ abaqus doc
```

### Examen du fichier d'exécution : cup.log

1-Chargez le fichier d'exécution (cup.log) dans un éditeur de texte. Ce fichier est écrit par ABAQUS au début et à la fin de chaque phase de calcul (préprocesseur, analyse).

2-Récupérez les informations sur la durée réelle du calcul (cf. Annexe 1).

### Examen du fichier listing de résultats : cup.dat

1-Chargez le fichier listing de résultats (cup.dat) dans un éditeur de texte. Ce fichier est écrit par ABAQUS à chaque exécution. Il contient toutes les informations sur le déroulement des phases de calcul et si vous l'avez demandé dans le fichier de données, l'écriture de résultats aux nœuds et aux éléments.

2- Récupérez les informations sur les caractéristiques du problème (nombre de nœuds, nombre d'éléments, nombre de degrés de liberté et durée machine du calcul (cf. Annexe 1).

### Examen des résultats graphiques

1-Connectez vous à l'une des machines SUN UltraSparc permettant l'exécution d'ABAQUS (cf. l'animateur de TP pour la répartition entre les différents utilisateurs).

2-Lancez l'application d'affichage des résultats d'ABAQUS, en indiquant que vous utilisez le «job» cup :

```
$ abaqus post job=cup
```

3-Dans la fenêtre «xterm» ABAQUS vous indique les caractéristiques du modèle étudié (nombre de nœuds, nombre d'éléments) ainsi que le nombre d'étape et d'incrémentés réalisés. Vérifiez que ces informations sont bien celles que vous attendez en comparant à ce qui a été demandé dans le fichier de données et ce que vous avez noté dans le listing cup.dat.

Notes :

- Tous les travaux suivants sont réalisés dans la fenêtre graphique du post-processeur.
- Pour réaliser les affichages demandés, reportez vous à la documentation « ABAQUS : Manuel utilisateur », ou l'aide en ligne de l'application de post-processeur en entrant la commande et en suivant les instructions.

```
$ help
```

### Etude de la déformée

On s'intéresse à l'évolution de la déformée la tôle pendant l'opération.

1-Placez vous à la fin de chaque étape de calcul

```
$ restart, step=i
```

2-Affichez la déformée du modèle en superposant l'état initial et l'état déformée.

```
$ dr, disp
```

3-En utilisant la commande d'informations relatives aux nœuds,

```
$ report node
```

tracez schématiquement les déplacements observés (cf. Annexe 1) et vérifier qu'ils correspondent à ceux attendus (ce qui a été introduit précédemment).

### Etude des déformations

Il s'agit d'étudier la répartition et l'évolution des déformations liées à l'épaisseur de la tôle.

1-Placez vous à la fin de l'étape de calcul 3.

2-Affichez les contours de déformations principales minimales (on prend celles-ci car on s'intéresse à la réduction d'épaisseur) et reportez schématiquement les valeurs sur la figure correspondante (cf. Annexe 1)

```
$ contour, v=ep1
```

3-Affichez les contours de déformations plastiques équivalentes et reportez schématiquement les valeurs sur la figure correspondante (cf. Annexe 1).

```
$ contour, v=peeq
```

4-Placez vous à la fin de l'étape de calcul 5 et reprenez l'analyse de la déformation plastique équivalente et celle de la déformation totale.

5-Commentez ces résultats. Quelle est l'épaisseur minimale de tôle et en quelle position se trouve-t-elle ?

### Etude des répartitions de déformations

On souhaite comparer les trajets de déformations de certaines zones de la pièce dans le plan des déformations principales.

Pour faciliter la réalisation de cette action, vous chargez un fichier contenant les commandes de lectures des informations aux nœuds et d'affichage des résultats.

1-Demandez la lecture du fichier de commandes contenant les instructions requises et laissez les opérations se réaliser jusqu'à l'affichage du graphe des déformations principales.

```
$ imput, file=defprin.cmd
```

2-Repérez les courbes correspond aux 5 zones étudiées (sous serre-flan, rayon matrice, étirage, rayon poinçon, sous-poinçon). Reportez schématiquement les courbes sur la figure correspondante (cf. Annexe 1) et commentez vos résultats (rétréint, expansion, ...). Où se trouve sur la pièce, la transition entre rétréint et expansion?

3-Identifiez la courbe se trouvant le plus proche de la déformation uniaxiale et comparez la valeur maximale de déformation à la valeur limite de déformation en traction simple du matériau ( $\epsilon_{\max}=35\%$ ). Qu'en concluez vous ?

### Etude des efforts

On s'intéresse à l'évolution des efforts sur les différents interfaces (tole/poinçon, tôle/serre-flan tôle/matrice).

1-Demandez la lecture des efforts dans la direction 2 pour chaque interface sur l'ensemble du temps de calcul.

```
$ read curve, variable=rf2, name=poincon, node=200
$ read curve, variable=rf2, name=matrice, node=100
$ read curve, variable=rf2, name=serre-flan,
node=300
```

2-Affichez ces résultats à l'écran et reportez schématiquement les évolutions sur la figure correspondante (cf. Annexe 1).

```
$ display curve
>poincon
>matrice
>serre-flan
> (enter)
```

3-Commentez ces résultats. Quelle serait la force maximale de presse pour réaliser cette opération ?