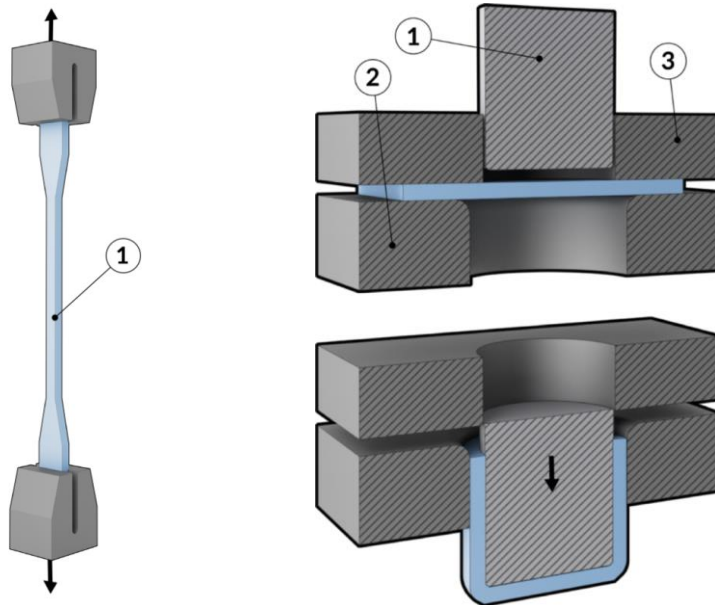


Travaux pratiques

GIM2

Concevoir Interactions Procédés – Matériaux

Application à l'emboutissage



But du TP

Le but de ce TP est d'étudier les problématiques liées à la mise en forme de produits minces et particulièrement de l'emboutissage. Lors de ce TP seront abordées les notions de :

- anisotropie ;
- loi de comportement ;
- mode de déformation ;
- méthode expérimentale ;
- confrontation expérimental – simulation.

Compte Rendu

Vous intégrez une jeune équipe de 4 personnes en charge des essais matériaux. A l'issue de la séance de 4h, vous devez être capable de répondre individuellement aux questions qui vous ont été proposées dans le TP. Aucun compte-rendu n'est à rendre.

Matériels disponibles

- Sujet du TP
- Eprouvettes métalliques : acier ou alliage d'aluminium
- Pied à coulisse
- Machine de traction Zwick (100 kN)
- Machine Erichsen et son système d'acquisition
- Tableur
- [Cours de Concevoir – Interactions Procédés-Matériaux](#)

Partie I : Préambule

Composant mécanique

Le composant étudié est un triangle de suspension automobile permettant la connexion entre le châssis et la roue. Les déformations relevées sur la pièce embouties sont obtenues par simulation et sont représentées sur la Figure 1.

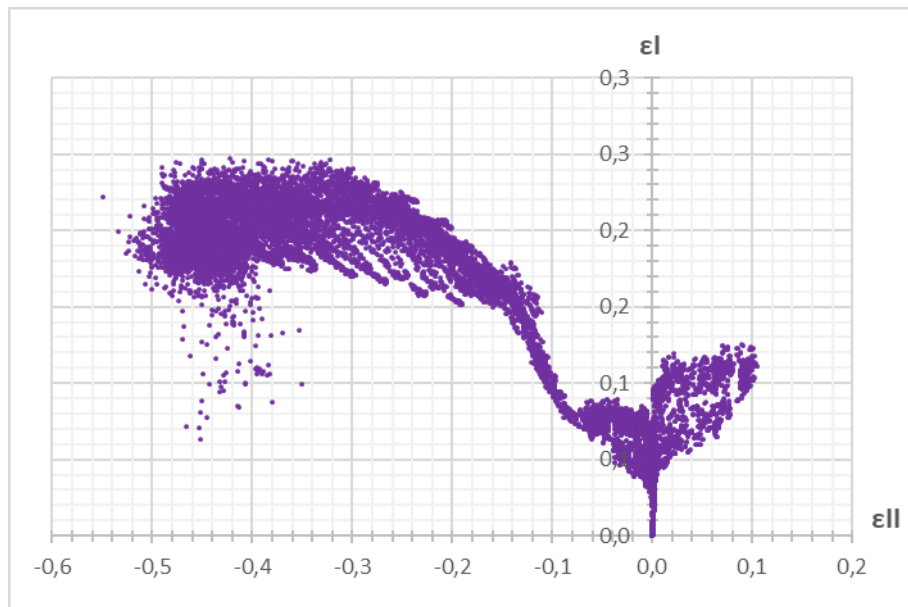
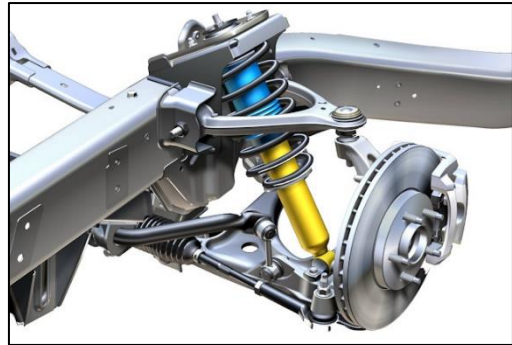


Figure 1 Champs de déformation simulée lors de l'opération d'emboutissage

Matériaux

La pièce est fabriquée par emboutissage d'une tôle d'acier DC06 de 3mm d'épaisseur. Les principales propriétés mécaniques du DC06 sont récapitulées dans le Tableau 1.

Direction par rapport à la direction de laminage [°]	0°	45°	90°
R_e [MPa]	150	155	152
R_m [MPa]	300	310	305
$A\%$ [MPa]	42	40	35
r	1.05	0.9	1.7
n	0.23		

Tableau 1 Résumé des caractéristiques mécaniques du DC06

Q1. Pourquoi 3 essais ont-ils été réalisés ?

A quoi correspondent les caractéristiques présentées dans le Tableau 1.

Quelles grandeurs intéressent respectivement le BE et le BM?

Q2. Comment proposez-vous d'améliorer les performances du produit ?

Partie II : Caractérisation du matériau étudié

Dans cette partie, l'objectif est de mener à bien la caractérisation des matériaux utilisés en emboutissage. Différentes nuances de matériaux sont à disposition et à caractériser en vue de les utiliser en emboutissage.

Réalisation des essais de traction

Pour caractériser le matériau un essai simple de traction uniaxial est réalisé jusqu'à la rupture. Un essai de traction se dépeuple en regardant l'évolution de la contrainte en fonction de la déformation.

Q3. Nommer les grandeurs nécessaires à mesurer pour pouvoir tracer un tel graphique.

(Attention aux grandeurs mesurées et calculées)

A l'aide d'un enseignant ou d'un personnel technique effectuer 3 essais de traction sur une des éprouvettes disponibles. Lors de l'essai identifier les différents capteurs de cette machine. Récupérer les résultats de votre éprouvette et des essais pour les différentes directions.



FICHIER
EssaiTraction Alu5754 eleve



FICHIER
EssaiTraction AcierDC01 eleve

Identification de la loi de comportement du matériau et du coefficient de Lankford

La totalité des activités suivantes se base sur les résultats expérimentaux obtenus précédemment. Les trois essais de traction devront être dépouillés de manière similaire. Les résultats devront être présentés dans un tableur de votre choix.

Q4. Représenter et calculer les caractéristiques mécaniques usuellement étudiée sur un essai de traction. Observer l'influence de la direction de prélèvement de l'éprouvette sur les résultats. Comment qualifieriez-vous ce type de comportement ?

- Domaine élastique

On considérera la partie élastique connue. Pour rappel, la déformation mesurée est constituée d'une part de déformation élastique et d'une part de déformation plastique.

- Calculer les déformations plastiques longitudinales et transversales au cours de l'essai.

Le coefficient d'anisotropie plastique est défini comme le rapport suivant :

$$r = \frac{\varepsilon^p_2}{\varepsilon^p_3} = \frac{\varepsilon^p_2}{-\varepsilon^p_1 - \varepsilon^p_2}$$

Q5. Quel est le principe permettant d'affirmer la deuxième partie de l'égalité du coefficient d'anisotropie ?

Q6. Déterminer le coefficient d'anisotropie plastique (r_0 , r_{45} ou r_{90} en fonction de l'essai exploité). Préciser la plage de données exploitée pour trouver ce coefficient aussi appelé le coefficient de Lankford.

- Déterminer la loi de comportement.

Pour décrire le comportement plastique du matériau on le modélise par une fonction mathématique simple. Ici, le matériau suit une loi de comportement de type Hollomon :

$$\sigma = K \cdot (\varepsilon^{pl})^n$$

Q7. Identifier les deux paramètres de cette loi : K (consistance) et n (coefficient d'écrouissage) pour l'essai de traction dans la direction de laminage.

Partie III : Repère des déformations principales

Comme vue dans la partie I la pièce étudiée présente des déformations à la suite de l'emboutissage représentée dans un graphique des déformations principales suivants



GIM2 Concevoir - Interaction PRCD-Mat. - DePl - Déformation Principales du Triangle)

Afin de vérifier la faisabilité de pièce il est nécessaire de tracer la courbe limite de formage (CLF) du nouveau matériau. Une des méthodes développées pour prédire les courbes limites de formage est la méthode de Keeler. Elle part du principe que la forme globale reste constante et qu'en fonction des matériaux, on effectue une translation de cette courbe de base. Le principe est qu'en fonction du matériau la valeur de FLD_0 ; correspondant à l'ordonnée à l'origine, soit modifiée. Keeler propose :

$$\varepsilon_I = FLD_0 - \varepsilon_{II} \quad \varepsilon_{II} < 0$$

$$\varepsilon_I = \ln [0.6 (e^{\varepsilon_{II}} - 1) + e^{FLD_0}] \quad \varepsilon_{II} \geq 0$$

$$\text{avec } FLD_0 = \ln [1 + (0.233 + 0.413 t) \frac{n}{t}]$$

n correspondant au coefficient d'écrouissage
 t à l'épaisseur de la pièce en mm

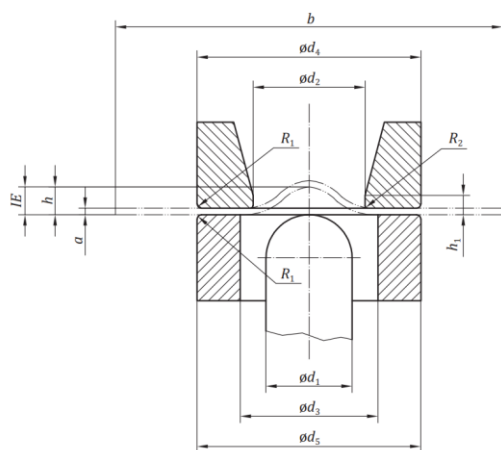
Q8. Représenter sur le graphique des déformations principales la courbe limite de formage théorique de votre matériau. Conclure sur la faisabilité.

Partie IV : Analyse de la CLF théorique

Afin de confirmer le modèle théorique de la courbe limite de formage elle va être mis au regard des résultats expérimentaux obtenus sur le nouveau matériau.

Q9. Représenter sur le graphique des déformations principales les essais de traction analysé dans la partie I

L'essai de traction ne caractérise qu'un mode de déformation très spécifique, pour enrichir les données expérimentales de notre CLF un autre type d'essai va être réalisé. L'essai d'emboutissage Erichsen est un essai qui consiste à déformer une tôle, maintenue fermement entre des serre-flans, à l'aide d'un poinçon rigide hémisphérique animé d'un mouvement de translation (Figure 2). L'essai se termine lors de la fissuration de la tôle.



Symbol	Designation	Standard test
a	Thickness of the test piece	$0,1 \leq a \leq 2$
b	Width or diameter of the test piece	≥ 90
d_1	Diameter of the spherical end of the punch	$20 \pm 0,05$
d_2	Bore diameter of the die	$27 \pm 0,05$
d_3	Bore diameter of the blank holder	$33 \pm 0,1$
d_4	Outside diameter of the die	$55 \pm 0,1$
d_5	Outside diameter of the blank holder	$55 \pm 0,1$
R_1	Outside corner radius of the die, outside corner radius of the blank holder	$0,75 \pm 0,1$
R_2	Inside corner radius of the die	$0,75 \pm 0,05$
h_1	Height of the inside rounded part of the die	$3,0 \pm 0,1$
h	Depth of the indentation during the test	—
IE^a	Erichsen cupping index	IE

Figure 2 Essai Erichsen

Q10. Ou se situera l'essai Erichsen sur le graphique des déformations principales. Comment pourrions-nous obtenir les déformations à la rupture de l'essais

Mise en œuvre de l'essai Erichsen

- Découper deux flans de dimensions 70 X 70 mm dans la tôle fournie
- Effectuer deux essais Erichsen sur les flans découpés en suivant la procédure fournie
- Arrêter l'essai à l'apparition de la première fissure

Q11. A l'aide de la mesure des marquages du flan, estimer les déformations principales au moment de la rupture. Mener une analyse de l'intervalle de tolérance de votre mesure.

Q12. Représenter sur votre graphique des déformations principales l'essai Erichsen. Après analyse des essais de traction et de l'essai Erichsen proposer une nouvelle valeur de FLD_0 . Le graphique des déformation principales est alors constitué de : Nuage de point du triangle, Essai de traction, Essai Erichsen, FLD Théorique, FLD recalée.

Conclure.