

T.P. Estampage-Matriçage : Mise en évidence des relations Produit-Procédé

Culture Sciences
de l'Ingénieur

Bruce ANGLADE - Pierre MELLA - Yann QUINSAT
Hélène HORSIN MOLINARO

Édité le
10/01/2022

école —————
normale —————
supérieure —————
paris-saclay —————

Issue d'une séance de Travaux Pratiques de première année Sciences de l'ingénieur à l'ENS Paris-Saclay, cette ressource contient les éléments nécessaires à la mise en place de TP (fichiers pièces, courbes, valeurs...) et suggère des questions possibles.

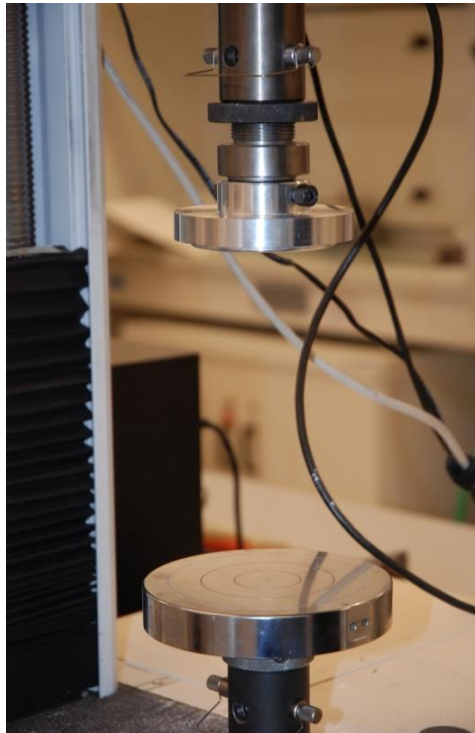


Figure 1 : Machine de traction avec plateau et matrice

Vous ne disposez pas du matériel nécessaire aux manipulations :

Des encarts le long de ce document indiquent des liens où trouver les résultats, des annexes ou les adaptations possibles.

1 – Contexte - Objectifs

Le TP proposé concerne l'étude des règles de tracé lors d'une opération d'estampage ou de matriçage. Les objectifs du TP proposé portent sur tout ou partie des points suivants :

- Caractériser les phénomènes mis en jeu lors de la mise en forme par déformation plastique d'un matériau ;
- Étudier l'influence de la géométrie sur la présence de défaut sur le produit réalisé ;
- Mettre en évidence la nécessité d'opérations intermédiaires pour la réalisation de la forme finale en Estampage-Matriçage.

L'ensemble de ces points seront illustrés sur la réalisation d'une ébauche de pignon dont le plan et ses paramètres sont fournis en annexe [1]. La ressource « Le procédé d'obtention de bruts par matriçage » [2] offre une présentation générale du procédé d'Estampage-Matriçage.

2 – Moyens

Les moyens nécessaires pour ce TP sont :

- Une machine de traction ;
- Un logiciel de simulation de forge (*Forge 2009*) ;
- Une feuille d'analyse de plan d'expérience L9 ;
- Deux matrices et trois lopins en plasticine.

Vous ne disposez pas du matériel nécessaire aux manipulations :

Plan d'expérience : on peut se reporter aux lectures suivantes :

- [Les plans d'expériences, L. Gendre, A. Savary, B. Soulier \[3\]](#)
- [Les plans d'expériences par la méthode de TAGUCHI, M. Pillet \[4\]](#)

Forge 2009 : en l'absence du logiciel, des captures d'écran et animations sont fournis au fur et à mesure de ce document [1] [5] [6].

3 – Manipulation

L'objectif de cette partie expérimentale est de mettre en évidence la nécessité d'opérations intermédiaires pour la réalisation de la forme finale en Estampage-Matriçage.

Paragraphe 5, nous proposons de réaliser un plan d'expérience numérique. Cette partie manipulation peut également avoir comme objectif de valider expérimentalement les effets mis alors en évidence.

Pour cette manipulation avec la machine de traction, deux matrices différentes ont été réalisées correspondantes aux paramètres 0-5-15 et 15-5-10 (valeur de la dépouille en degré-rayon de congé en mm-profondeur de l'empreinte en mm). Trois lopins cylindriques de diamètre 40 mm et de longueur 60 mm de plasticine sont fournis.

Vous ne disposez pas du matériel nécessaire aux manipulations :

Ces matrices ont été réalisées en aluminium, il est tout à fait possible de les réaliser en impression 3D. À cette fin, les fichiers nécessaires sont fournis en annexe [1] à cette ressource.



Figure 2 : Les deux matrices utilisées 0-5-15 et 15-5-10
Il est possible de les différencier à partir de la profondeur

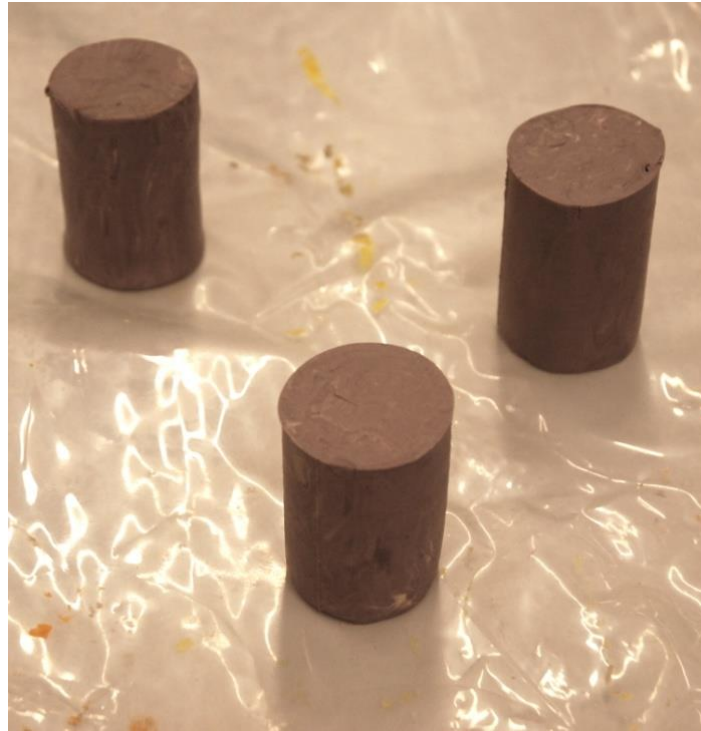


Figure 3 : Les trois lopins de plasticine

3.1 - Expériences à mener

Trois expériences de matriçage sont menées :

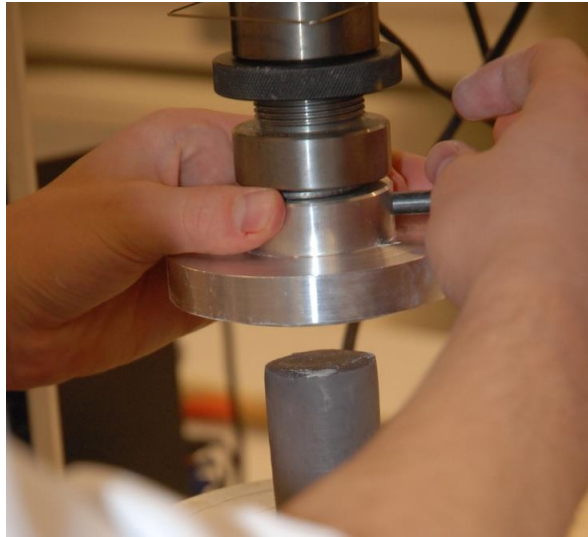
- Avec la matrice 15-5-10, le premier lopin est matriçé en une seule phase ;
- Avec la matrice 0-5-15, le deuxième lopin est matriçé en une seule phase ;
- Le troisième lopin est matriçé en 2 phases : avec la matrice 15-5-10 jusqu'à un déplacement de 52mm puis après changement de matrice, le lopin est matriçé sur toute la hauteur (en gardant une distance de sécurité de 2mm par rapport à la matrice inférieure) ;

Pour chacune des matrices, réaliser le protocole suivant :

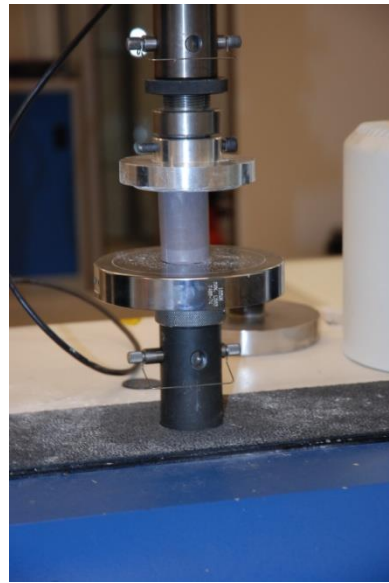
- Mettre du talc sur la matrice et le lopin :



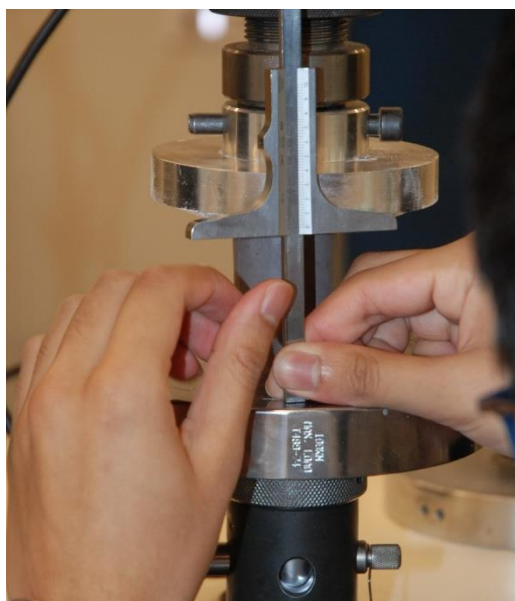
- Mettre en place la matrice sur la machine de traction :



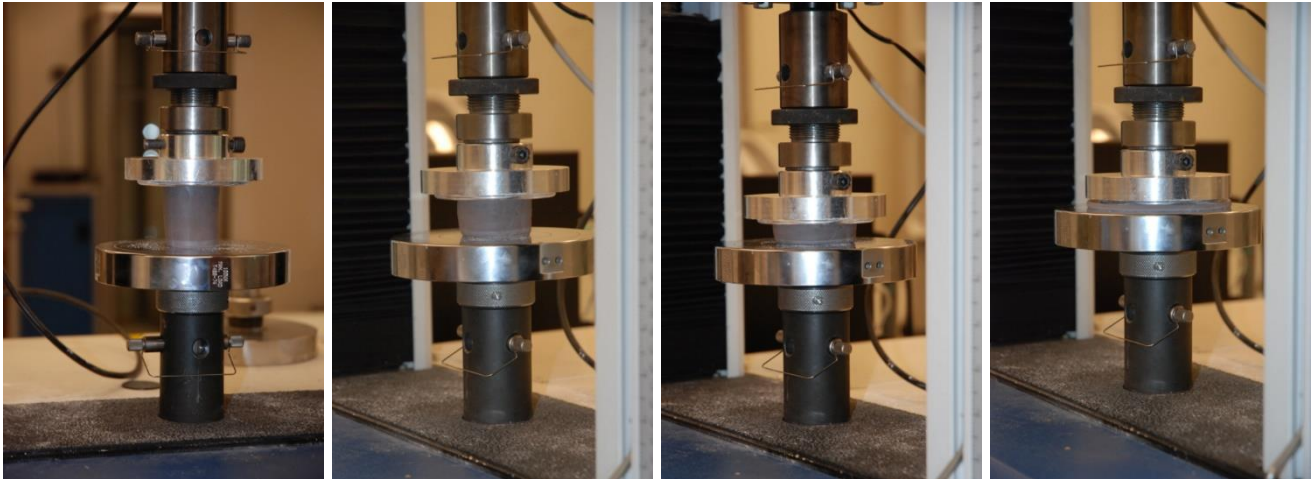
- Installer le lopin et descendre la traverse jusqu'à mettre en contact la matrice avec celui-ci :



- Mesurer l'écartement entre le plateau et la matrice, en déduire la course à effectuer de façon à avoir un écart final entre le cordon de bavure et la matrice inférieure de 2mm :



- Définir l'essai de compression dans le logiciel, course finale, tarage de l'effort et initialisation de la course ; démarrer l'essai :



- Enregistrement de la courbe de compression :

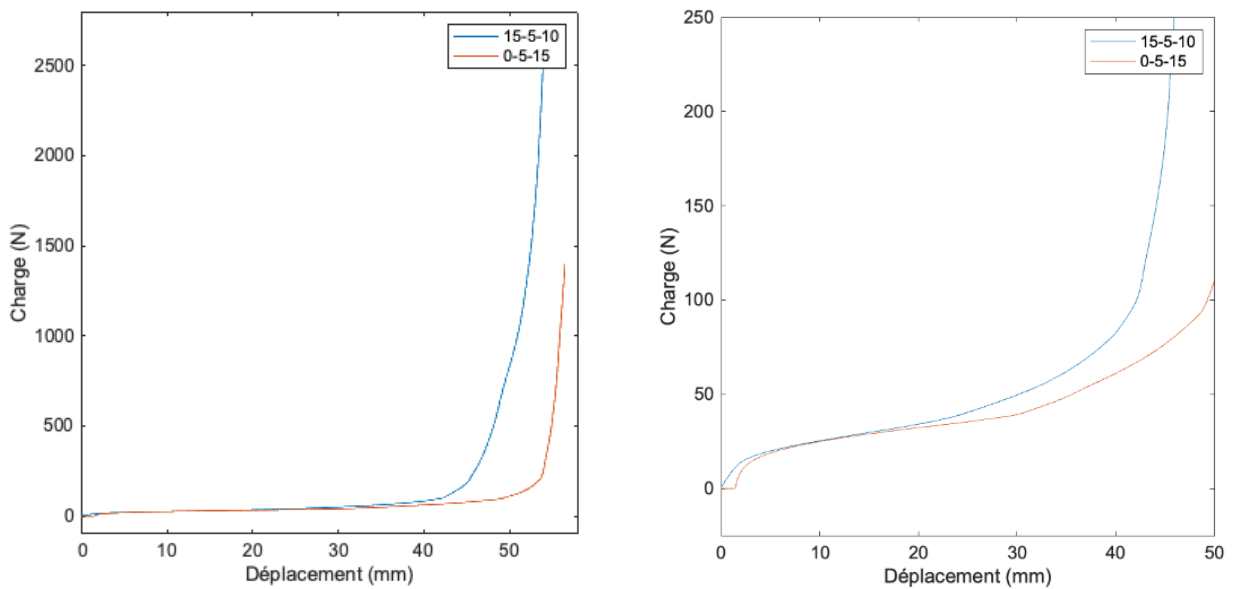


Figure 4 : À gauche la courbe est tracée sur la course totale, à droite la courbe est zoomée sur le début du déplacement 0-50mm

- À la fin de l'essai, remonter manuellement et lentement la traverse. Démouler éventuellement la pièce de la matrice le plus soigneusement possible :



Visuels des matriçages des trois essais :

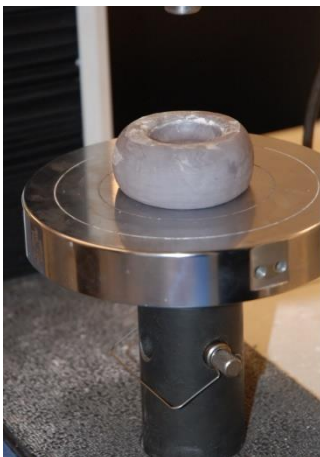
- Avec la matrice 15-5-10 :



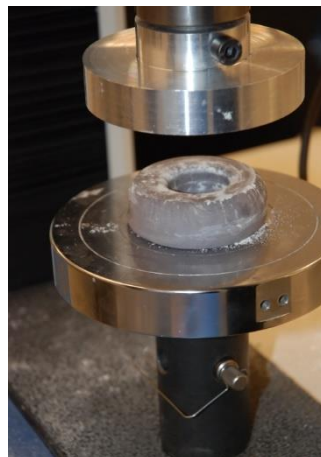
- Avec la matrice 0-5-15 :



- Avec les deux matrices successives :



Fin 1^{ère} phase



Fin 2nd phase



3.2 - Proposition de questions :

Pour chacun des essais :

- Analyser la présence de repli ;
- Tracer, en appliquant un facteur d'échelle, sur un même graphique les courbes d'effort expérimentales et simulées. Est-il possible de valider la prévision de l'écoulement dans les matrices ?

4 – Analyse de résultats de simulation

Dans le dossier l'annexe « T.P. Estampage-Matçage : Simulations Forge 2009 » [1], se trouvent neuf dossiers contenant des simulations réalisées avec Forge 2009. L'ensemble des dossiers sont nommés selon le format « XX-YY-ZZ.tsv » où :

- XX est la valeur de la dépouille en degré ;
- YY est le rayon de congé en millimètre ;
- ZZ est la profondeur de l'empreinte en millimètre.

Lancer GLview inova (postprocess).

Vous ne disposez pas du matériel nécessaire aux manipulations :

L'analyse des résultats nécessite l'installation d'un logiciel de visualisation, si cela n'est pas possible des captures d'écran et animations sont fournis dans l'annexe « T.P. Estampage-matçage : Simulation Forge 2009 - Mesure du repli » [1] et dans les vidéos « Simulation Forge 2009 : von mises » [5] et « Simulation Forge 2009 : pression » [6].

Proposition de questions :

- Comparer les prévisions numériques avec les essais précédents ;
- Analyser lors de l'opération l'évolution de la contrainte de von mises et de la déformation. Quelle conséquence cela aura-t-il sur la structure de la pièce produite ?
- Analyser l'évolution de la contrainte normale, quel est l'influence des rayons de congé sur ce paramètre ?
- Discuter de l'écoulement de la matière dans la matrice. Au vu de cette cinématique, quels paramètres vous paraissent importants dans l'apparition - ou non - d'un repli ?

5 – Réalisation d'un plan d'expérience numérique

Il est proposé dans cette partie de réaliser un plan d'expérience numérique de façon à mettre en évidence l'effet de certains paramètres géométriques de la matrice sur la qualité de la pièce produite. Pour cela différents calculs ont été réalisés en accord avec le tableau 1.

N° paramètre	Nom du paramètre	Niveau 1	Niveau 2	Niveau3
1	Dépouille (°)	0	7	15
2	Rayon (mm)	1	3	5
3	Profondeur (mm)	5	10	15

Tableau 1 : Paramètres des différentes simulations

Pour cette étude, il a été choisi de se concentrer sur un défaut de type repli. Dans l'étude du plan d'expérience, la réponse étudiée est la longueur de la zone de repli.

Vous ne disposez pas du matériel nécessaire aux manipulations :

L'analyse des résultats nécessite l'installation d'un logiciel de visualisation, si cela n'est pas possible des captures d'écran et animations sont fournis dans l'annexe « T.P. Estampage-matriçage : Simulation Forge 2009 - Mesure du repli » [1] et dans les vidéos « Simulation Forge 2009 : von misses » [5] et « Simulation Forge 2009 : pression » [6].

Proposition de questions :

- Analyser l'ensemble des essais fournis et remplir une feuille d'analyse de table L9 ;
- Commenter l'effet de chacun des facteurs et proposer des règles de tracé.

Références :

[1]: Annexes : T.P. Estampage-Matriçage :

- Plan ébauche pignon
- Fichiers matrices impression 3D
- Simulations Forge 2009
- Simulation Forge 2009 - Mesure du repli

B. Anglade, P. Mella, Y. Quinsat, H. Horsin Molinaro, Culture Sciences de l'Ingénieur, janvier 2022, https://eduscol.education.fr/sti/si-ens-paris-saclay/ressources_pedagogiques/tp-estampage-matricage-mise-en-evidence-des-relations-produit-procede

[2]: Le Procédé d'obtention de bruts par matriçage, K. Lavernhe, Y. Quinsat, H. Horsin Molinaro, Culture Sciences de l'Ingénieur, février 2016, https://eduscol.education.fr/sti/si-ens-cachan/ressources_pedagogiques/le-procede-dobtention-de-bruts-par-matricage

[3]: Les plans d'expérience, L. Gendre, A. Savary, B. Soulier, Culture Sciences de l'Ingénieur, juillet 2015, https://eduscol.education.fr/sti/si-ens-cachan/ressources_pedagogiques/les-plans-dexperiences

[4]: Les plans d'expériences par la méthode de Taguchi, M. Pillet, Ellistat, <https://ellistat.com/Les-plans-d-experiences-par-la-methode-Taguchi.pdf>

[5]: Simulations Forge 2009 : von mises, B. Anglade, P. Mella, Y. Quinsat, H. Horsin Molinaro , Culture Sciences de l'Ingénieur, janvier 2022, https://eduscol.education.fr/sti/si-ens-paris-saclay/ressources_pedagogiques/simulation-forge2009-von-mises

[6]: Simulations Forge 2009 : pression, B. Anglade, P. Mella, Y. Quinsat, H. Horsin Molinaro, Culture Sciences de l'Ingénieur, janvier 2022, https://eduscol.education.fr/sti/si-ens-paris-saclay/ressources_pedagogiques/simulation-forge-2009-pression

Ressource publiée sur Culture Sciences de l'Ingénieur : <https://eduscol.education.fr/sti/si-ens-paris-saclay>