

Simulation de la mise en forme et de la tenue mécanique de pièces obtenues par semi-découpe.

J.M. Gachet^{1,2}, G. Delattre², P.O. Bouchard³.

¹Centre de Mise en Forme des Matériaux, MINES-ParisTech, UMR CNRS 7635, France, jean-marie.gachet@mines-paristech.fr

²Faurecia Automotive Seating, France.

³Centre de Mise en Forme des Matériaux, MINES-ParisTech, UMR CNRS 7635, France.

Résumé — Le procédé de semi-découpe de tôle d'acier est utilisé pour la mise en forme de composants de sièges d'automobiles. Ces composants sont fortement sollicités en cas de choc des véhicules. L'amélioration de la prédiction des calculs de simulation de la tenue mécanique de ces pièces passe par la prise en compte de la mise en forme [1] et par l'utilisation de modèles d'endommagement couplés à la plasticité [2], [3]. Dans cette étude, la mise en forme et la tenue mécanique sont étudiées par la réalisation d'essais de semi-découpe et d'arrachement. La réponse des pièces aux sollicitations est prédite par des calculs de simulation intégrant la phase de mise en forme.

Mots clefs — semi-découpe, tôles épaisses, endommagement ductile, simulation numérique.

1 Étude expérimentale

Le procédé de semi-découpe consiste à forcer par un poinçon une tôle suffisamment épaisse à s'écouler dans une matrice comme le montre la figure 1-b. Le jeu j entre le poinçon et la matrice est faible. Il en résulte des déformations en compression localement très importantes [4], [5]. Durant leur vie en service, en cas de choc, les pièces sont fortement sollicitées, elles subissent de grandes déformations plastiques allant jusqu'à la rupture. Pour étudier ces phénomènes et obtenir des observables pour la validation des modèles numériques deux essais sont mis en place. Le premier, montré figure 1-b, est la mise en forme par semi-découpe d'un relief de géométrie simple (poinçon et matrice cylindriques). Le second est la sollicitation du relief obtenu par un essai d'arrachement montré figure 1-c.

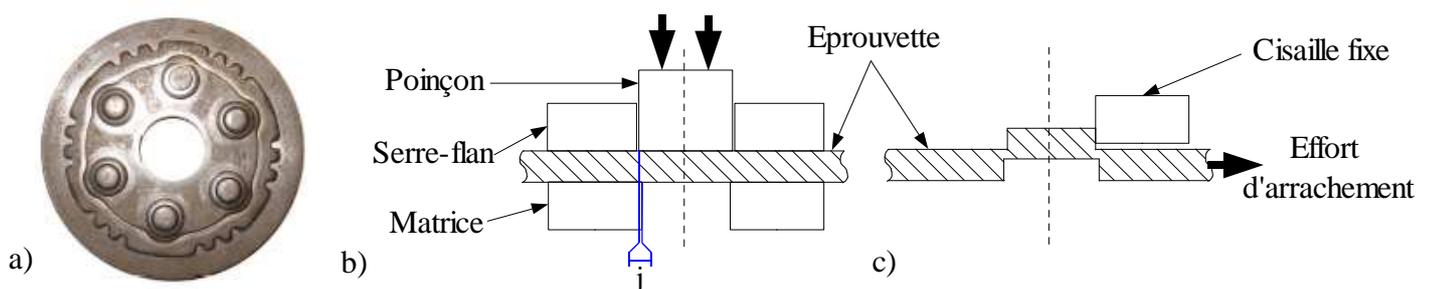


Fig. 1- Exemple de pièce industrielle (a) et principe de le démarche expérimentale : (b) mise en forme par semi-découpe ; (c) essai d'arrachement.

Les éprouvettes pour l'essai d'arrachement sont mises en forme suivant différents paramètres procédé (jeu poinçon-matrice, hauteur de semi-découpe...). L'essai d'arrachement permet de reproduire les modes de défaillance rencontrés dans les cas industriels. Ces manipulations permettent d'étudier les mécanismes mis en jeu avec notamment des analyses fractographiques (observation des surfaces de rupture par microscopie électronique). Pour chaque manipulation, l'effort en fonction du déplacement est mesuré. Ces mesures sont utilisées pour la validation des simulations numériques décrites dans le paragraphe suivant.

2 Simulation numérique

Les tôles utilisées pour l'étude sont en acier à haute limite élastique. La plasticité est modélisée avec un modèle d'érouissage isotrope. Différents modèles d'endommagement sont utilisés, en particulier celui de Lemaitre [1] et celui de Xue [2]. Leurs paramètres sont obtenus par analyse inverse d'essais mécaniques classiques (traction, cisaillement...). Au cours de la semi-découpe et de l'arrachement, de grandes déformations locales sont rencontrées comme le montre la figure 2. L'utilisation du remaillage automatique et du transport de champ est nécessaire pour limiter la distorsion des éléments et mener les calculs à terme [4]. Cela est permis par l'utilisation du code de calcul Forge[®]. La mise en forme est d'abord simulée, ce qui permet d'obtenir la géométrie et les variables d'état caractérisant la matière des pièces semi-découpées. Ces résultats servent ensuite de données initiales pour la simulation de l'arrachement. La figure 2-b montre la géométrie obtenue au cours d'un essai d'arrachement interrompu et au cours d'un calcul de simulation.

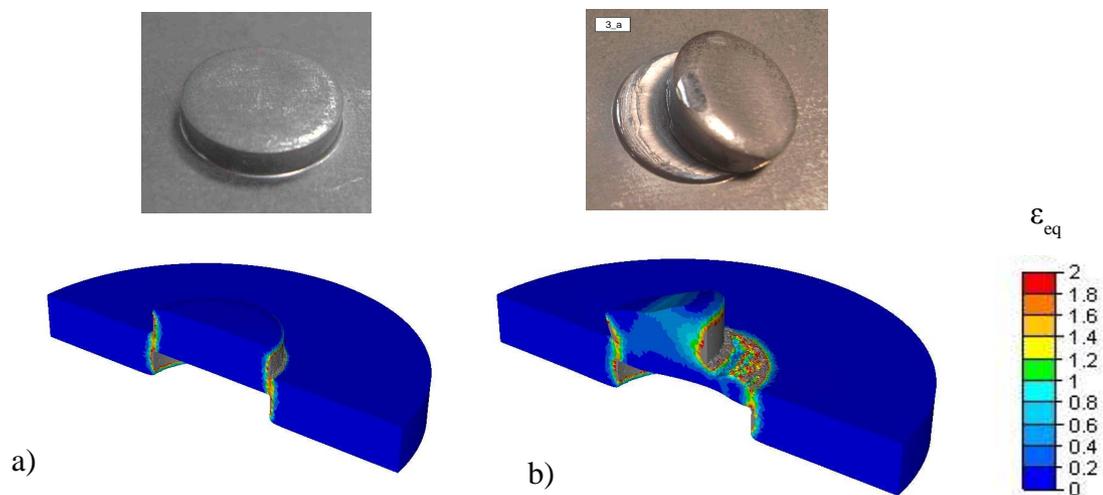


Fig. 2 – Exemple de résultats expérimentaux et issus de simulations : a) mise en forme, b) essai d'arrachement interrompu.

Remerciement

Cette étude est menée en partenariat avec l'équipementier automobile Faurecia Automotive Seating.

Références

- [1] S. Fayolle, *Etude de la modélisation de la pose et de la tenue mécanique des assemblages par déformation plastique*, Thèse doctorale, École Nationale Supérieure des Mines de Paris, 2008.
- [2] L. Xue, T. Wierzbicki, *Ductile fracture initiation and propagation modeling using damage plasticity theory*, Engineering Fracture Mechanics 75, Elsevier, 3276-3293, 2008.
- [3] E. El-Magd, H. Gese, R. Tham, H. Hooputra, H. Werner, *Fracture Criteria for automobile crashworthiness simulation of wrought aluminium alloy components*, Werkstofftech 32, Wiley, 712-724, 2001.
- [4] P.F. Zheng, L.C. Chan, T.C. Lee, *Finite-element analysis of a combined fine-blanking and extrusion process*, International Journal for Numerical Methods in Engineering 66, Wiley, 404-430, 2006.
- [5] W.F. Fan, J.H. Li, *An investigation on the damage of AISI-1045 and AISI-1025 steels in fine-blanking with negative clearance*, Material Science and Engineering A 499, Elsevier, 248-251, 2009.