

TP N°2

Modélisation et simulation de l'essai de traction simple dans le domaine élasto-plastique par le méthode des éléments finis

Utilisation du logiciel LS-DYNA

OBJECTIF :

Dans le cadre de ce TP, on désire mettre en œuvre le calcul d'un essai de traction simple sur une éprouvette plate en acier DC04, matériau très utilisé dans l'industrie automobile sous forme de tôle. Dans un premier temps, on s'attachera à modéliser et simuler le comportement élastique isotrope. Dans un deuxième temps, on introduira le comportement plastique anisotrope.

Ce TP permettra de mettre en pratique les acquis théoriques en mécanique non linéaire des matériaux et en mécanique des milieux déformables.

1 Problème considéré

Ce type d'essai permet de caractériser le comportement mécanique du matériau constituant l'éprouvette. A partir des résultats de l'essai, il est possible de remonter à certaines propriétés élastiques et plastiques du matériau. Sur la figure suivante, on représente deux éprouvettes plates d'un même acier. Le premier échantillon (le plus court) constitue une éprouvette vierge. La seconde (la plus longue), une éprouvette du même matériau ayant subi une sollicitation en traction simple dans le domaine plastique. On peut noter ici le caractère irréversible de la déformation plastique.



Dans le cas envisagé, on désire simuler un essai de traction simple à l'aide d'éprouvettes plates. On définit une longueur utile initiale (zone où la déformation est homogène avant striction) de $L_0 = 40$ mm pour une largeur de 12,5 mm et une épaisseur de 2,67 mm.

2 Comportement élastique linéaire isotrope

Dans cette première étude, le comportement est supposé élastique, linéaire et isotrope. Les propriétés élastiques de l'acier considéré sont $E = 210000 \text{ MPa}$ et $\nu = 0,28$, sa masse volumique $\rho = 7800 \text{ kg/m}^3$.

1. Sachant que la limite élastique du matériau σ_y (contrainte limite avant apparition de déformations irréversibles) est de 200 MPa, calculer la force de traction maximum à appliquer pour rester dans le domaine élastique.
2. A partir du fichier de maillage `maillage.dyn`, mettre en données le problème pour une résolution en dynamique à l'aide d'un schéma explicite (que l'on nommera `tracElas_exp.dyn`). Imposer un déplacement de 0,1 mm à l'extrémité non bloquée de l'éprouvette suffisamment lentement pour éviter les effets dynamiques ($< 1 \text{ m/s}$). Vérifier la cohérence des résultats (domaine élastique, réaction à l'encastrement, contraintes et déformations).
3. Etudier l'influence de la vitesse du chargement.
4. A partir des résultats obtenus dans la zone utile, tracer les courbes $\sigma_x = f(\varepsilon_x)$ et $(-\varepsilon_y / \varepsilon_x) = f(\varepsilon_x)$ au centre de l'éprouvette. Analyser.

3 Comportement élasto-plastique non linéaire anisotrope

On considère maintenant une sollicitation de traction pour laquelle la limite élastique du matériau est franchie. On se place donc dans une situation qui nécessite la prise en compte du comportement élasto-plastique. Les propriétés élastiques du matériau sont inchangées. Le comportement plastique est supposé anisotrope (`*MAT_TRANSVERSELY_ANISOTROPIC_ELASTIC_PLASTIC`), la courbe d'érouissage est interpolée linéairement par morceaux. Le coefficient d'anisotropie plastique moyen est $r = 1,4$.

1. La courbe d'érouissage $\sigma = f(\varepsilon^p)$ du matériau est définie dans le fichier `DC04.txt`. Tracer cette courbe.
2. Tracer sur un même graphique les deux courbes suivantes : $\sigma = f(\varepsilon)$ et $F/S_0 = f(\Delta L/L_0)$. Rappels : $\varepsilon = \varepsilon^e + \varepsilon^p$, $\sigma = E\varepsilon^e$, $\varepsilon = \ln(1 + \Delta L/L_0)$ et $\sigma = F(1 + \Delta L/L_0)/S_0$.
3. Modifier le fichier `tracElas_exp.dyn` pour prendre en compte le comportement élasto-plastique. Imposer un déplacement de 35 mm à l'extrémité non bloquée de l'éprouvette suffisamment lentement pour être en quasi-statique. Sauvegarder le fichier sous `tracEP_exp.dyn`. Vérifier la cohérence des résultats du calcul (réaction à l'encastrement, contraintes et déformations). Evaluer la contrainte de striction.
4. A partir des résultats dans la zone utile, tracer les courbes $\sigma_x = f(\varepsilon_x)$, $(-\varepsilon_z / \varepsilon_x) = f(\varepsilon_x)$ et $(-\varepsilon_y / \varepsilon_z) = f(\varepsilon_x)$ et $(-\varepsilon_y + \varepsilon_z) / \varepsilon_x = f(\varepsilon_x)$. Analyser.

4 Conclusions

Dans le cadre de ce TP, l'étudiant conclura sur les compétences qu'il pense avoir acquises à la fin de l'exercice. Il notera les notions essentielles qu'il a retenues ainsi que les points qu'il doit éclaircir pour une parfaite compréhension et maîtrise des calculs menés.