Procédés de fabrication I - IGI
E.Boillat

30 septembre 2026

Série 2.

Exercice 1

On considère une barre de longueur $\ell_0 = 100\,\text{mm}$ faite dans un matériau recuit $\mathcal{M}$ dont les propriétés mécaniques sont données à la Tab. 1

TABLE 1 – Propriétés mécaniques du matériau constituant la barre

Mod. d'élas.	**tx de déf. réel en lim. élas.**	**coeff. d'écr.**	**tx de déf. réel ult.**
$E = 100\,\text{GPa}$	$\varepsilon_\text{e} = 0.02$	$n = 0.2$	$\varepsilon_\text{ult} = 0.12$

a) Esquissez la courbe de traction réelle de ce matériau dans le graphique de la Fig. 1.

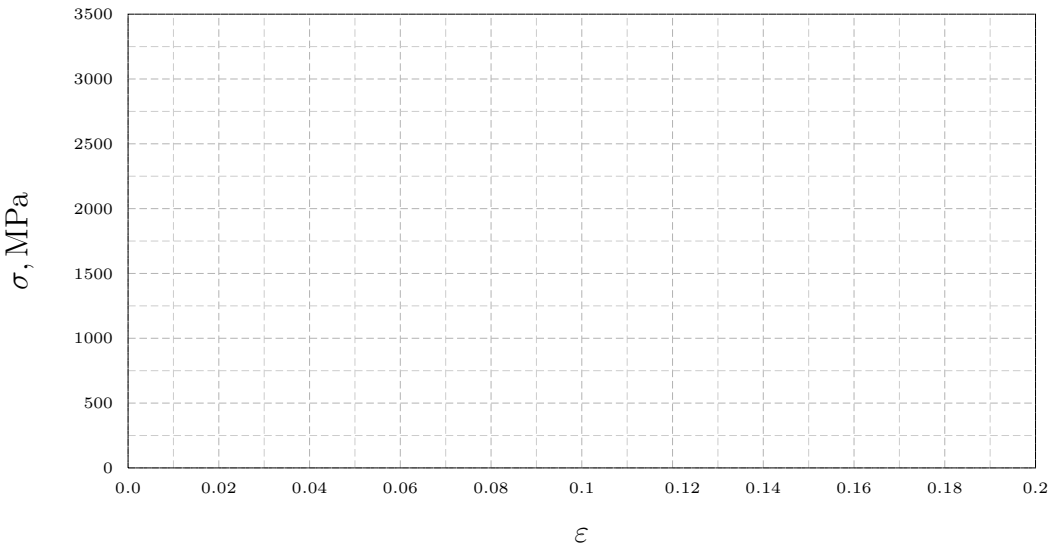


FIGURE 1 – Courbe de traction réelle du matériau recuit

b) Calculez la contrainte de traction ultime σ_ult.

c) Votre client vous demande de mettre les barres en traction de façon à les allonger de façon permanente à la longueur $\ell_\text{p} = 112\,\text{mm}$. Montrer graphiquement que cela est impossible en une seule opération.

d) Déterminez graphiquement le plus grand taux de déformation $\varepsilon_\text{p;ult}$ que vous pouvez atteindre de façon permanente.

e) Vous effectuez une première traction de la barre jusqu'au taux de déformation réel maximal que vous pouvez atteindre sans la briser. Vous sortez le barre de la machine de traction et lui appliquez un **revenu**[1]. Vous la remontez sur la machine de traction pour la déformer à nouveau jusqu'au taux maximal. Calculez la longueur permanente de la barre à la fin de cette série d'opérations. Est-ce que cela vous aide à répondre aux demandes de votre client ?

f) Votre collègue, toujours aussi étourdi, oublie d'effectuer le revenu avant de remonter la barre sur la machine de traction pour la seconde fois. Que va-t-il se passer ?

Exercice 2

Deux matériaux, l'un à fort coefficient d'écrouissage ($n = 0.8$) et l'autre à faible coefficient d'écrouissage ($n = 0.2$) sont disponibles sous forme de barre de $l_0 = 1\,\mathrm{m}$ de long. On aimerait réduire (de façon permanente) le rayon de ces barres d'un facteur 2 en les allongeant.

a) Calculer (graphiquement) la longueur jusqu'à laquelle il faut étirer ces barres avant de les relâcher sachant que les matériaux en question sont quasiment incompressibles et que leurs taux de déformation en limite élastique sont identiques et valent $\varepsilon_e = 0.02$.

b) Commenter les résultats obtenus.

c) On ajoute les informations que les deux matériaux sont incompressibles et ont des modules d'Young quasiment identiques : $E \approx 100\,\mathrm{GPa}$. Dans ces conditions, on vous demande de dimensionner la force de la machine d'étirage si, en entrée, les barres ont un diamètre de $r_0 = 2\,\mathrm{cm}$.

d) Commenter à nouveau les résultats obtenus.

Exercice 3

Les propriétés mécaniques d'un acier recuit sont résumées dans la table suivante

TABLE 1 – Propriétés mécaniques de l'acier constituant la barre

taux de déf. réel en lim. élas.	**coefficient de Poisson**	**coefficient d'écrouissage**
$\varepsilon_\mathrm{e} = 0.05$	$\nu = 0.3$	$n = 0.26$

Une barre de volume $V_0 = 100\,\mathrm{cc}$ est étirée jusqu'à un taux de de déformation réel $\varepsilon_\mathrm{r} = 1.2$. On relâche la force et la barre se retire jusqu'à montrer un taux de déformation permanent ε_p. On vous demande de

a) calculer le taux de déformation permanent ε_p,

b) calculer le volume V_e de la barre au moment où elle entre en plasticité,

c) appliquer la théorie de Considère pour calculer le volume V_r de la barre au moment où on relâche l'expérience de traction,

d) calculer le volume final de la barre toujours dans le contexte de la théorie de Considère,

e) constater que l'hypothèse de Considère amène à une constatation curieuse qu'il est fort peu probable d'observer dans la réalité.

1. Le revenu est un traitement thermique qui a la propriété d'éliminer l'écrouissage essentiellement par réduction de la densité de dislocations. Après un revenu, la matière **recouvre ses propriétés mécaniques recuites** (cf. Tab. 1) sans pour autant que ses **dimensions ne soient modifiées**.