Procédés de fabrication I - IGI, série 4

10 novembre 2023

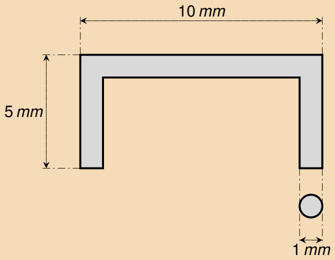
Enoncé exercice 1

Evaluation de l'énergie de fabrication

- *On produit des agrafes (cf. Fig. ci-dessous) par étirage d'une barre de* 10 *mm de diamètre. Le matériau en question a les caractéristiques mécaniques suivantes :*

limite élas.	*module d'élas.*	*coeff. écrou.*	*coeff. Poisson*
$R_e = 450\,\mathrm{MPa}$	$E = 200\,\mathrm{GPa}$	$n = 0.5$	$\nu = 0.5$

a) *On demande de calculer l'énergie nécessaire à produire une agrafe.*



Corrigé exercice 1

Evaluation de l'énergie de fabrication

- *L'énergie E de fabrication est liée au volume V de la pièce et à l'énergie spécifique de déformation η :*

$$E = \eta V$$

- *Le volume V est connu et ne varie pas durant l'étirage (incompr. : $\nu = 0.5$) :*

$$V = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 (H + L + H)$$

Corrigé exercice 1

Evaluation de l'énergie de fabrication

- *L'énergie E de fabrication est liée au volume V de la pièce et à l'énergie spécifique de déformation η :*

$$E = \eta V$$

- *Le volume V est connu* *et ne varie pas durant l'étirage (incompr. : $\nu = 0.5$) :*

$$V = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 (H + L + H) = \pi \times 0.5^2 \times (5 + 8 + 5) \simeq 14.13 \text{ mm}^3$$

Corrigé exercice 1

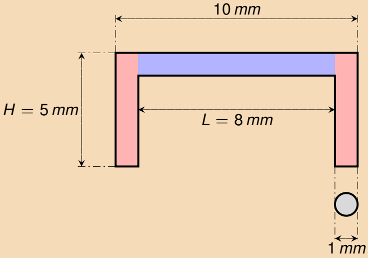
Evaluation de l'énergie de fabrication

- *L'énergie E de fabrication est liée au volume V de la pièce et à l'énergie spécifique de déformation η :*

$$E = \eta V$$

- *Le volume V est connu et ne varie pas durant l'étirage (incompr. : $\nu = 0.5$) :*

$$V = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 (H + L + H) = \pi \times 0.5^2 \times (5 + 8 + 5) \simeq 14.13\,\mathrm{mm}^3$$



Corrigé exercice 1

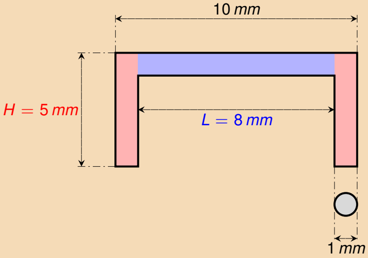
Evaluation de l'énergie de fabrication

- *L'énergie E de fabrication est liée au volume V de la pièce et à l'énergie spécifique de déformation* η *:*

$$E = \eta V$$

- *Le volume V est connu et ne varie pas durant l'étirage (incompr. :* $\nu = 0.5$*) :*

$$V = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 (H + L + H) = \pi \times 0.5^2 \times (5 + 8 + 5) \simeq 14.13\,\mathrm{mm}^3$$



Corrigé exercice 1

Evaluation de l'énergie de fabrication

- *L'énergie E de fabrication est liée au volume V de la pièce et à l'énergie spécifique de déformation η :*

$$E = \eta V$$

- *Le volume V est connu et ne varie pas durant l'étirage (incompr. : $\nu = 0.5$) :*

$$V = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 (H + L + H) = \pi \times 0.5^2 \times (5 + 8 + 5) \simeq 14.13\,\mathrm{mm}^3$$

- *L'énergie spécifique de déformation η est l'aire sous la **courbe de traction réelle** jusqu'au taux de relaxation ε_r.*

Corrigé exercice 1

Evaluation de l'énergie de fabrication

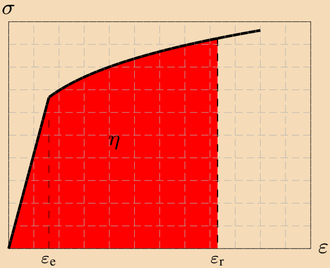
- *L'énergie E de fabrication est liée au volume V de la pièce et à l'énergie spécifique de déformation η :*

$$E = \eta V$$

- *Le volume V est connu et ne varie pas durant l'étirage (incompr. : $\nu = 0.5$) :*

$$V = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 (H + L + H) = \pi \times 0.5^2 \times (5 + 8 + 5) \simeq 14.13\,\mathrm{mm}^3$$

- *L'énergie spécifique de déformation η est l'aire sous la **courbe de traction réelle** jusqu'au taux de relaxation ε_r.*



Corrigé exercice 1

Determination du taux de déformation réel en relaxation

- *Le taux de déformation réel en relaxation* ε_{r} *dépend du taux de déformation réel permanent qu'on souhaite atteindre :*

$$\varepsilon_{\mathrm{p}} = \ln \frac{l_p}{l_0}$$

où l_0 *est la longueur initiale de la barre qu'on utilise pour former l'agrafe et où* l_p *est sa longueur au moment du pliage :*

Corrigé exercice 1

Determination du taux de déformation réel en relaxation

- *Le taux de déformation réel en relaxation* ε_{r} *dépend du taux de déformation réel permanent qu'on souhaite atteindre :*

$$\varepsilon_{\mathrm{p}} = \ln \frac{l_p}{l_0}$$

où l_0 *est la longueur initiale de la barre qu'on utilise pour former l'agrafe et où* l_{p} *est sa longueur au moment du pliage :*

$$l_{\mathrm{p}} \simeq 9 + 4.5 + 4.5 = 18\ mm$$

Corrigé exercice 1

Determination du taux de déformation réel en relaxation

- *Le taux de déformation réel en relaxation ε_r dépend du taux de déformation réel permanent qu'on souhaite atteindre :*

$$\varepsilon_p = \ln \frac{l_p}{l_0}$$

où l_0 est la longueur initiale de la barre qu'on utilise pour former l'agrafe et où l_p est sa longueur au moment du pliage :

$$l_p \simeq 9 + 4.5 + 4.5 = 18\ mm$$

Corrigé exercice 1

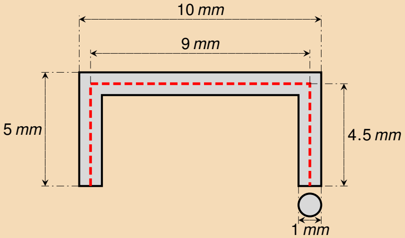
Determination du taux de déformation réel en relaxation

- *Le taux de déformation réel en relaxation ε_r dépend du taux de déformation réel permanent qu'on souhaite atteindre :*

$$\varepsilon_p = \ln \frac{l_p}{l_0}$$

où l_0 est la longueur initiale de la barre qu'on utilise pour former l'agrafe et où l_p est sa longueur au moment du pliage :

$$l_p \simeq 9 + 4.5 + 4.5 = 18\ mm$$



Corrigé exercice 1

Determination du taux de déformation permanent

- *La longueur initiale de la barre doit assurer la conservation du volume. Il faut que*

$$l_0 S_0 = l_p S_p \Longrightarrow l_0 = l_p \frac{S_p}{S_0}$$

- *On en tire que*

$$\varepsilon_p = \ln \frac{l_p}{l_0} = \ln \frac{18}{0.18}$$

Corrigé exercice 1

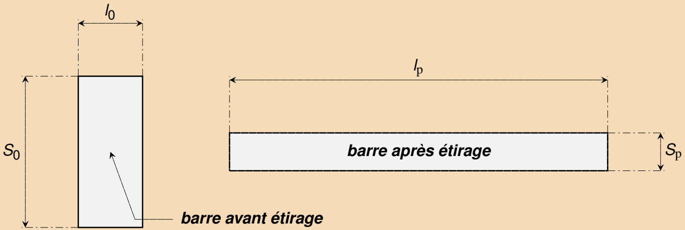
Determination du taux de déformation permanent

- *La longueur initiale de la barre doit assurer la conservation du volume. Il faut que*

$$l_0 S_0 = l_p S_p \Longrightarrow l_0 = l_p \frac{S_p}{S_0} = l_p \left(\frac{d_p}{d_0} \right)^2$$

- *On en tire que*

$$\varepsilon_p = \ln \frac{l_p}{l_0} = \ln \frac{18}{0.18}$$



Corrigé exercice 1

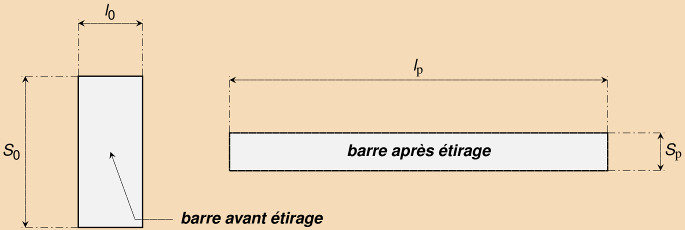
Determination du taux de déformation permanent

- *La longueur initiale de la barre doit assurer la conservation du volume. Il faut que*

$$l_0 S_0 = l_p S_p \Longrightarrow l_0 = l_p \frac{S_p}{S_0} = l_p \left(\frac{d_p}{d_0}\right)^2 \simeq 18 \left(\frac{1}{10}\right)^2 = 0.18\, mm.$$

- *On en tire que*

$$\varepsilon_p = \ln \frac{l_p}{l_0} = \ln \frac{18}{0.18}$$



Corrigé exercice 1

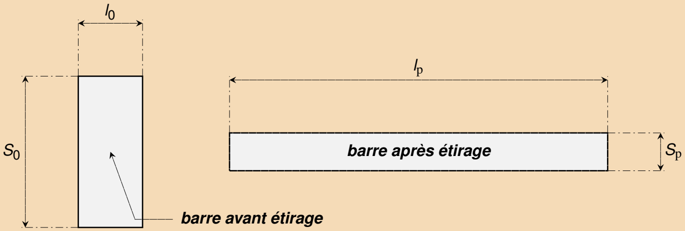
Determination du taux de déformation permanent

- *La longueur initiale de la barre doit assurer la conservation du volume. Il faut que*

$$l_0 S_0 = l_p S_p \Longrightarrow l_0 = l_p \frac{S_p}{S_0} = l_p \left(\frac{d_p}{d_0}\right)^2 \simeq 18 \left(\frac{1}{10}\right)^2 = 0.18\, mm.$$

- *On en tire que*

$$\varepsilon_p = \ln \frac{l_p}{l_0} = \ln \frac{18}{0.18}$$



Corrigé exercice 1

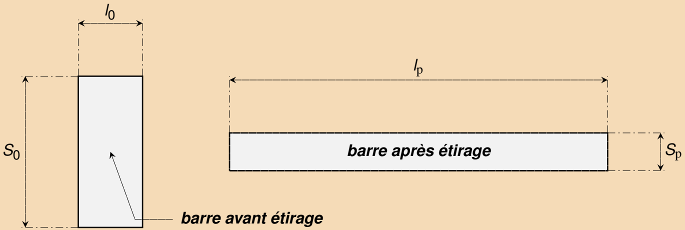
Determination du taux de déformation permanent

- *La longueur initiale de la barre doit assurer la conservation du volume. Il faut que*

$$l_0 S_0 = l_p S_p \Longrightarrow l_0 = l_p \frac{S_p}{S_0} = l_p \left(\frac{d_p}{d_0}\right)^2 \simeq 18 \left(\frac{1}{10}\right)^2 = 0.18\, mm.$$

- *On en tire que*

$$\varepsilon_p = \ln \frac{l_p}{l_0} = \ln \frac{18}{0.18}$$



Corrigé exercice 1

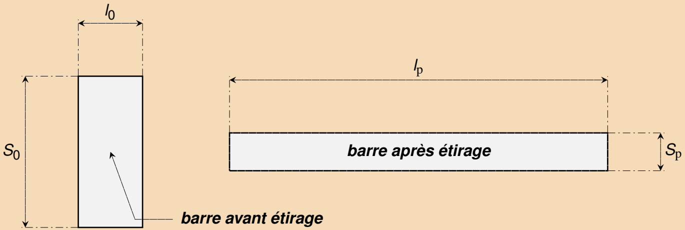
Determination du taux de déformation permanent

- *La longueur initiale de la barre doit assurer la conservation du volume. Il faut que*

$$l_0 S_0 = l_p S_p \Longrightarrow l_0 = l_p \frac{S_p}{S_0} = l_p \left(\frac{d_p}{d_0}\right)^2 \simeq 18 \left(\frac{1}{10}\right)^2 = 0.18\, mm.$$

- *On en tire que*

$$\varepsilon_p = \ln \frac{l_p}{l_0} = \ln \frac{18}{0.18} = \ln 100 \simeq 4.605.$$



Corrigé exercice 1

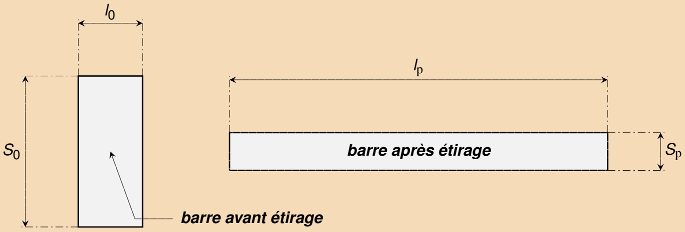
Determination du taux de déformation permanent

- *La longueur initiale de la barre doit assurer la conservation du volume. Il faut que*

$$l_0 S_0 = l_p S_p \Longrightarrow l_0 = l_p \frac{S_p}{S_0} = l_p \left(\frac{d_p}{d_0}\right)^2 \simeq 18 \left(\frac{1}{10}\right)^2 = 0.18\, mm.$$

- *On en tire que*

$$\varepsilon_p = \ln \frac{l_p}{l_0} = \ln \frac{18}{0.18} = \ln 100 \simeq 4.605.$$



Corrigé exercice 1

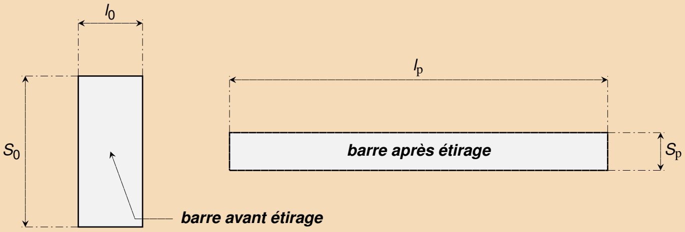
Determination du taux de déformation permanent

- *La longueur initiale de la barre doit assurer la conservation du volume. Il faut que*

$$l_0 S_0 = l_p S_p \Longrightarrow l_0 = l_p \frac{S_p}{S_0} = l_p \left(\frac{d_p}{d_0}\right)^2 \simeq 18 \left(\frac{1}{10}\right)^2 = 0.18\, mm.$$

- *On en tire que*

$$\varepsilon_p = \ln \frac{l_p}{l_0} = \ln \frac{18}{0.18} = \ln 100 \simeq 4.605.$$



Corrigé exercice 1

Détermination du taux de déformation en relaxation

- *On déduit ε_r à partir de ε_p en résolvant **l'équation de la déformation permanente** :*

$$\frac{\varepsilon_p}{\varepsilon_e} = \frac{\varepsilon_r}{\varepsilon_e} - \left(\frac{\varepsilon_r}{\varepsilon_e}\right)^n$$

- *Avant de procéder, il faut connaître la valeur de ε_e.*
- *Comme E, R_e et ν sont connus, on peut utiliser l'équation*

$$\frac{R_e}{E} = \varepsilon_e \mathbf{e}^{-\nu \varepsilon_e}$$

- *Le rapport $\frac{R_e}{E}$ au membre de gauche étant très faible, il en sera de même de ε_e. On peut admettre que le facteur $\mathbf{e}^{-\nu \varepsilon_e} \simeq 1$.*

$$\frac{R_e}{E} \simeq \frac{0.450}{200} \simeq 0.00225 \quad \Longrightarrow \quad \varepsilon_e \simeq \frac{R_e}{E} \simeq 0.00225$$

Corrigé exercice 1

Détermination du taux de déformation en relaxation

- *On déduit ε_r à partir de ε_p en résolvant* ***l'équation de la déformation permanente*** *:*

$$\frac{\varepsilon_p}{\varepsilon_e} = \frac{\varepsilon_r}{\varepsilon_e} - \left(\frac{\varepsilon_r}{\varepsilon_e}\right)^n$$

- *Avant de procéder, il faut connaître la valeur de ε_e.*
- *Comme E, R_e et ν sont connus, on peut utiliser l'équation*

$$\frac{R_e}{E} = \varepsilon_e e^{-\nu \varepsilon_e}$$

- *Le rapport $\frac{R_e}{E}$ au membre de gauche étant très faible, il en sera de même de ε_e. On peut admettre que le facteur $e^{-\nu\varepsilon_e} \simeq 1$.*

$$\frac{R_e}{E} \simeq \frac{0.450}{200} \simeq 0.00225 \longrightarrow \varepsilon_e \simeq \frac{R_e}{E} \simeq 0.00225$$

Corrigé exercice 1

Détermination du taux de déformation en relaxation

- *On déduit ε_{r} à partir de ε_{p} en résolvant **l'équation de la déformation permanente** :*

$$\frac{\varepsilon_{\mathrm{p}}}{\varepsilon_{\mathrm{e}}} = \frac{\varepsilon_{\mathrm{r}}}{\varepsilon_{\mathrm{e}}} - \left(\frac{\varepsilon_{\mathrm{r}}}{\varepsilon_{\mathrm{e}}}\right)^{n}$$

- *Avant de procéder, il faut connaître la valeur de ε_{e}.*
- *Comme E, R_{e} et ν sont connus, on peut utiliser l'équation*

$$\frac{R_{\mathrm{e}}}{E} = \varepsilon_{\mathrm{e}} \mathbf{e}^{-\nu \varepsilon_{\mathrm{e}}}$$

- *Le rapport $\frac{R_{\mathrm{e}}}{E}$ au membre de gauche étant très faible, il en sera de même de ε_{e}. On peut admettre que le facteur $\mathrm{e}^{-\nu\varepsilon_{\mathrm{e}}} \simeq 1$.*

$$\frac{R_{\mathrm{e}}}{E} \simeq \frac{0.450}{200} \simeq 0.00225 \Longrightarrow \varepsilon_{\mathrm{e}} \simeq \frac{R_{\mathrm{e}}}{E} \simeq 0.00225$$

Corrigé exercice 1

Détermination du taux de déformation en relaxation

- *On déduit ε_r à partir de ε_p en résolvant **l'équation de la déformation permanente** :*

$$\frac{\varepsilon_p}{\varepsilon_e} = \frac{\varepsilon_r}{\varepsilon_e} - \left(\frac{\varepsilon_r}{\varepsilon_e}\right)^n$$

- *Avant de procéder, il faut connaître la valeur de ε_e.*
- *Comme E, R_e et ν sont connus, on peut utiliser l'équation*

$$\frac{R_e}{E} = \varepsilon_e \mathbf{e}^{-\nu\varepsilon_e}$$

- *Le rapport $\frac{R_e}{E}$ au membre de gauche étant très faible, il en sera de même de ε_e. On peut admettre que le facteur $\mathbf{e}^{-\nu\varepsilon_e} \simeq 1$. On conclut que*

$$\frac{R_e}{E} \simeq \frac{0.450}{200} \simeq 0.00225 \Longrightarrow \varepsilon_e \simeq \frac{R_e}{E} \simeq 0.00225$$

Corrigé exercice 1

Détermination du taux de déformation en relaxation

- *On déduit ε_r à partir de ε_p en résolvant **l'équation de la déformation permanente** :*

$$\frac{\varepsilon_p}{\varepsilon_e} = \frac{\varepsilon_r}{\varepsilon_e} - \left(\frac{\varepsilon_r}{\varepsilon_e}\right)^n$$

- *Avant de procéder, il faut connaître la valeur de ε_e.*
- *Comme E, R_e et ν sont connus, on peut utiliser l'équation*

$$\frac{R_e}{E} = \varepsilon_e \mathbf{e}^{-\nu\varepsilon_e}$$

- *Le rapport $\frac{R_e}{E}$ au membre de gauche étant très faible, il en sera de même de ε_e. On peut admettre que le facteur $\mathbf{e}^{-\nu\varepsilon_e} \simeq 1$. On conclut que*

$$\frac{R_e}{E} \simeq \frac{0.450}{200} \simeq 0.00225 \Longrightarrow \varepsilon_e \simeq \frac{R_e}{E} \simeq 0.00225$$

Corrigé exercice 1

Détermination du taux de déformation en relaxation

- *On déduit ε_r à partir de ε_p en résolvant **l'équation de la déformation permanente** :*

$$\frac{\varepsilon_\mathrm{p}}{\varepsilon_\mathrm{e}} = \frac{\varepsilon_\mathrm{r}}{\varepsilon_\mathrm{e}} - \left(\frac{\varepsilon_\mathrm{r}}{\varepsilon_\mathrm{e}}\right)^n$$

- *Avant de procéder, il faut connaître la valeur de ε_e.*
- *Comme E, R_e et ν sont connus, on peut utiliser l'équation*

$$\frac{R_\mathrm{e}}{E} = \varepsilon_\mathrm{e}\mathbf{e}^{-\nu\varepsilon_\mathrm{e}}$$

- *Le rapport $\frac{R_\mathrm{e}}{E}$ au membre de gauche étant très faible, il en sera de même de ε_e. On peut admettre que le facteur $\mathbf{e}^{-\nu\varepsilon_\mathrm{e}} \simeq 1$. On conclut que*

$$\frac{R_\mathrm{e}}{E} \simeq \frac{0.450}{200} \simeq 0.00225 \Longrightarrow \varepsilon_\mathrm{e} \simeq \frac{R_\mathrm{e}}{E} \simeq 0.00225$$

Corrigé exercice 1

Détermination du taux de déformation en relaxation

- *On déduit ε_r à partir de ε_p en résolvant **l'équation de la déformation permanente** :*

$$\frac{\varepsilon_\mathrm{p}}{\varepsilon_\mathrm{e}} = \frac{\varepsilon_\mathrm{r}}{\varepsilon_\mathrm{e}} - \left(\frac{\varepsilon_\mathrm{r}}{\varepsilon_\mathrm{e}}\right)^n$$

- *Avant de procéder, il faut connaître la valeur de ε_e.*
- *Comme E, R_e et ν sont connus, on peut utiliser l'équation*

$$\frac{R_\mathrm{e}}{E} = \varepsilon_\mathrm{e}\mathbf{e}^{-\nu\varepsilon_\mathrm{e}}$$

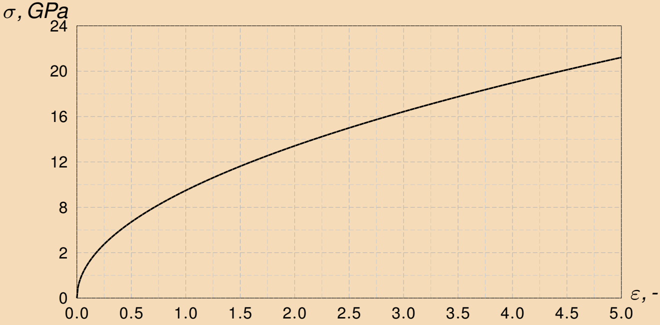
- *Le rapport $\frac{R_\mathrm{e}}{E}$ au membre de gauche étant très faible, il en sera de même de ε_e. On peut admettre que le facteur $\mathbf{e}^{-\nu\varepsilon_\mathrm{e}} \simeq 1$. On conclut que*

$$\frac{R_\mathrm{e}}{E} \simeq \frac{0.450}{200} \simeq 0.00225 \Longrightarrow \varepsilon_\mathrm{e} \simeq \frac{R_\mathrm{e}}{E} \simeq 0.00225$$

Corrigé exercice 1

Résolution de l'équation de la déformation permanente

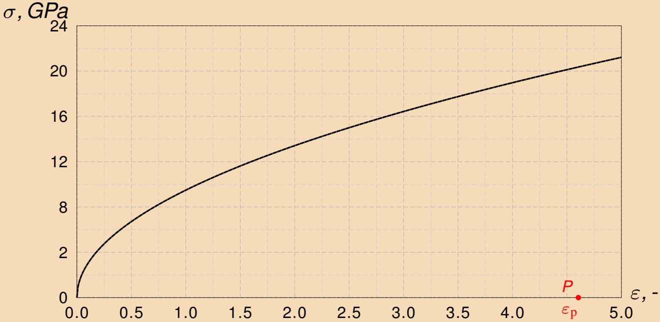
- *On dessine la courbe de traction réelle du matériau* *et on reporte dans le graphique le point P de coordonnée* $(\varepsilon_\mathrm{p} = 4.605, 0.0)$.
- *Par ce point on trace la parallèle v à la montée élastique.* *Cette droite coupe la courbe de traction réelle au point R*



Corrigé exercice 1

Résolution de l'équation de la déformation permanente

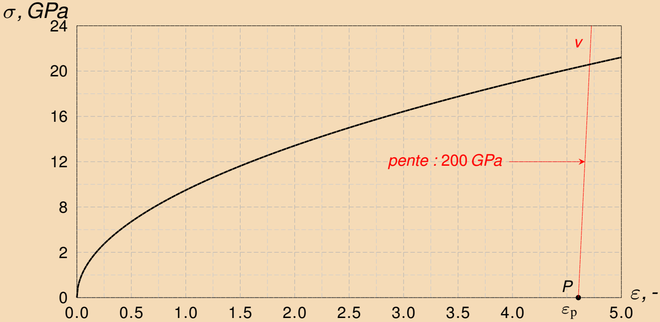
- *On dessine la courbe de traction réelle du matériau et on reporte dans le graphique le point P de coordonnée* $(\varepsilon_{\mathrm{p}} = 4.605, 0.0)$.
- *Par ce point on trace la parallèle v à la montée élastique. Cette droite coupe la courbe de traction réelle au point R*



Corrigé exercice 1

Résolution de l'équation de la déformation permanente

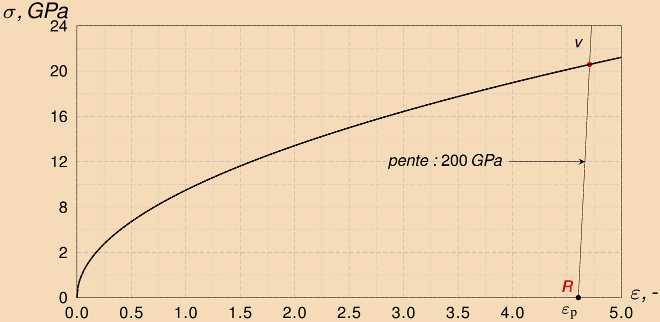
- *On dessine la courbe de traction réelle du matériau et on reporte dans le graphique le point P de coordonnée* $(\varepsilon_{\mathrm{p}} = 4.605, 0.0)$.
- *Par ce point on trace la parallèle v à la montée élastique.* *Cette droite coupe la courbe de traction réelle au point R dont l'abscisse est* ε_r :



Corrigé exercice 1

Résolution de l'équation de la déformation permanente

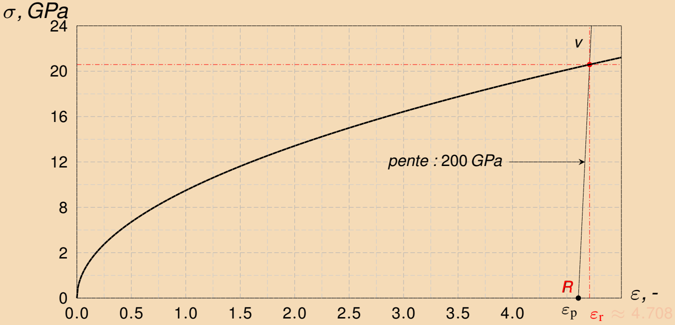
- *On dessine la courbe de traction réelle du matériau et on reporte dans le graphique le point P de coordonnée* $(\varepsilon_{\mathrm{p}} = 4.605, 0.0)$.
- *Par ce point on trace la parallèle v à la montée élastique. Cette droite coupe la courbe de traction réelle au point R* *dont l'abscisse est* ε_r *:* $\varepsilon_r \approx 4.708$.



Corrigé exercice 1

Résolution de l'équation de la déformation permanente

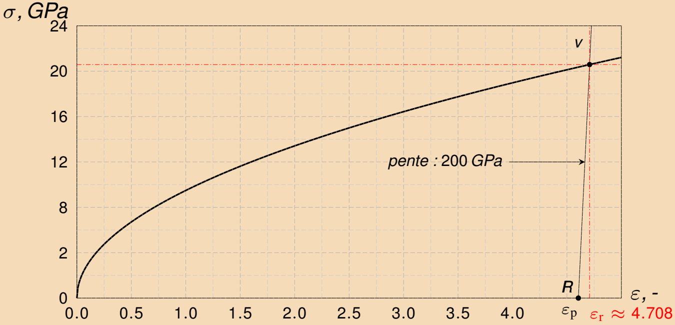
- *On dessine la courbe de traction réelle du matériau et on reporte dans le graphique le point P de coordonnée* $(\varepsilon_{\mathrm{p}} = 4.605, 0.0)$.
- *Par ce point on trace la parallèle v à la montée élastique. Cette droite coupe la courbe de traction réelle au point R dont l'abscisse est* ε_r : $\varepsilon_r \approx 4.708$.



Corrigé exercice 1

Résolution de l'équation de la déformation permanente

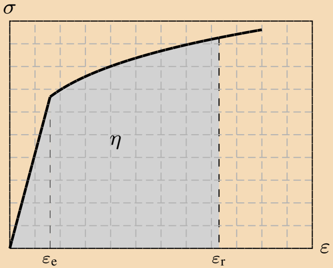
- *On dessine la courbe de traction réelle du matériau et on reporte dans le graphique le point P de coordonnée* $(\varepsilon_p = 4.605, 0.0)$.
- *Par ce point on trace la parallèle v à la montée élastique. Cette droite coupe la courbe de traction réelle au point R dont l'abscisse est* ε_r : $\varepsilon_r \approx 4.708$.



Corrigé exercice 1

Calcul de l'énergie spécifique η

- *L'énergie spécifique de déformation est l'aire sous la* ***courbe de traction réelle*** *jusqu'au taux de relaxation ε_r :*



$$\eta = \int_0^{\varepsilon_e} E\varepsilon \mathrm{d}\varepsilon + \int_{\varepsilon_e}^{\varepsilon_r} K\varepsilon^n \mathrm{d}\varepsilon$$

- *mais $\varepsilon_e \ll \varepsilon_r$ et $K = E\varepsilon_e^{1-n}$*

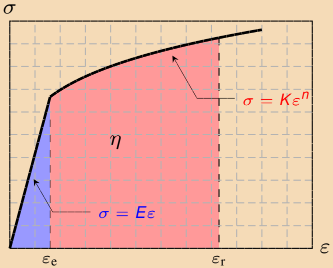
$$\eta \approx \int_0^{\varepsilon_r} K\varepsilon^n \mathrm{d}\varepsilon$$

Corrigé exercice 1

Calcul de l'énergie spécifique η

- *L'énergie spécifique de déformation est l'aire sous la* ***courbe de traction réelle*** *jusqu'au taux de relaxation* ε_r *:*

$$\eta = \int_0^{\varepsilon_e} E\varepsilon \mathrm{d}\varepsilon + \int_{\varepsilon_e}^{\varepsilon_r} K\varepsilon^n \mathrm{d}\varepsilon$$



- *mais* $\varepsilon_e \ll \varepsilon_r$ *et* $K = E\varepsilon_e^{1-n}$

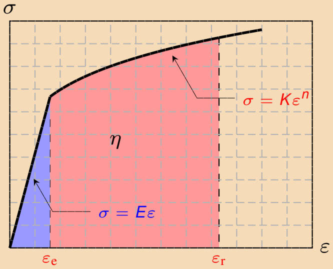
$$\eta \approx \int_0^{\varepsilon_r} K\varepsilon^n \mathrm{d}\varepsilon$$

Corrigé exercice 1

Calcul de l'énergie spécifique η

- *L'énergie spécifique de déformation est l'aire sous la* ***courbe de traction réelle*** *jusqu'au taux de relaxation ε_r :*

$$\eta = \int_0^{\varepsilon_e} E\varepsilon \mathrm{d}\varepsilon + \int_{\varepsilon_e}^{\varepsilon_r} K\varepsilon^n \mathrm{d}\varepsilon$$



- *mais $\varepsilon_e \ll \varepsilon_r$ et $K = E\varepsilon_e^{1-n}$ donc*

$$\eta \simeq \int_0^{\varepsilon_r} K\varepsilon^n \mathrm{d}\varepsilon = \frac{K}{n+1}\varepsilon^{n+1}\Big|_0^{\varepsilon_r}$$

soit

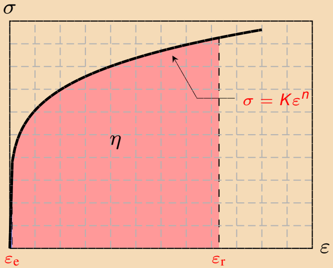
$$\eta \simeq \frac{200}{1.5} \times 0.00225^{0.5} \times 4.708^{1.5} \simeq 64.60 \text{ GPa}$$

Corrigé exercice 1

Calcul de l'énergie spécifique η

- *L'énergie spécifique de déformation est l'aire sous la* ***courbe de traction réelle*** *jusqu'au taux de relaxation* ε_{r} *:*

$$\eta = \int_0^{\varepsilon_{\mathrm{e}}} E\varepsilon \mathrm{d}\varepsilon + \int_{\varepsilon_{\mathrm{e}}}^{\varepsilon_{\mathrm{r}}} K\varepsilon^n \mathrm{d}\varepsilon$$



- *mais* $\varepsilon_{\mathrm{e}} \ll \varepsilon_{\mathrm{r}}$ *et* $K = E\varepsilon_{\mathrm{e}}^{1-n}$ *donc*

$$\eta \simeq \int_0^{\varepsilon_{\mathrm{r}}} K\varepsilon^n \mathrm{d}\varepsilon = \frac{K}{n+1}\varepsilon^{n+1}\Big|_0^{\varepsilon_{\mathrm{r}}}$$

soit

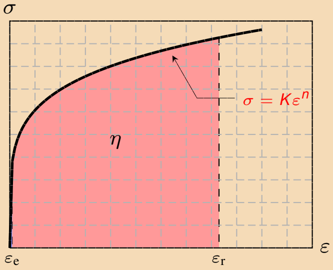
$$\eta \simeq \frac{200}{1.5} \times 0.00225^{0.5} \times 4.708^{1.5} \simeq 64.60 \text{ GPa}$$

Corrigé exercice 1

Calcul de l'énergie spécifique η

- *L'énergie spécifique de déformation est l'aire sous la* ***courbe de traction réelle*** *jusqu'au taux de relaxation ε_r :*

$$\eta = \int_0^{\varepsilon_e} E\varepsilon \mathrm{d}\varepsilon + \int_{\varepsilon_e}^{\varepsilon_r} K\varepsilon^n \mathrm{d}\varepsilon$$



- *mais* $\varepsilon_e \ll \varepsilon_r$ *et* $K = E\varepsilon_e^{1-n}$ *donc*

$$\eta \simeq \int_0^{\varepsilon_r} K\varepsilon^n \mathrm{d}\varepsilon = \frac{K}{n+1}\varepsilon^{n+1}\Big|_0^{\varepsilon_r} = \frac{K}{n+1}\varepsilon_r^{n+1}$$

soit

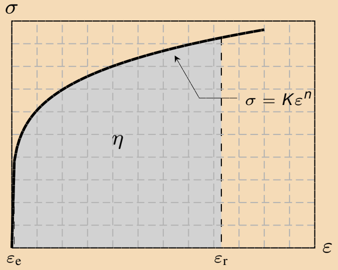
$$\eta \simeq \frac{200}{1.5} \times 0.00225^{0.5} \times 4.708^{1.5} \simeq 64.60\ GPa$$

Corrigé exercice 1

Calcul de l'énergie spécifique η

- *L'énergie spécifique de déformation est l'aire sous la* ***courbe de traction réelle*** *jusqu'au taux de relaxation ε_r :*

$$\eta = \int_0^{\varepsilon_\mathrm{e}} E\varepsilon \mathrm{d}\varepsilon + \int_{\varepsilon_\mathrm{e}}^{\varepsilon_\mathrm{r}} K\varepsilon^n \mathrm{d}\varepsilon$$



- *mais $\varepsilon_\mathrm{e} \ll \varepsilon_\mathrm{r}$ et $K = E\varepsilon_\mathrm{e}^{1-n}$ donc*

$$\eta \simeq \int_0^{\varepsilon_\mathrm{r}} K\varepsilon^n \mathrm{d}\varepsilon = \frac{K}{n+1}\varepsilon^{n+1}\Big|_0^{\varepsilon_\mathrm{r}} = \frac{K}{n+1}\varepsilon_\mathrm{r}^{n+1}$$

soit

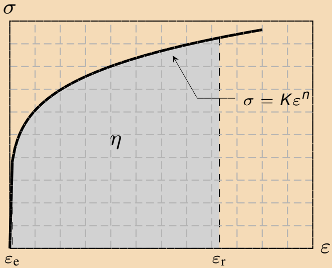
$$\eta \simeq \frac{200}{1.5} \times 0.00225^{0.5} \times 4.708^{1.5} \simeq 64.60\ GPa$$

Corrigé exercice 1

Calcul de l'énergie spécifique η

- *L'énergie spécifique de déformation est l'aire sous la* ***courbe de traction réelle*** *jusqu'au taux de relaxation ε_r :*

$$\eta = \int_0^{\varepsilon_e} E\varepsilon \mathrm{d}\varepsilon + \int_{\varepsilon_e}^{\varepsilon_r} K\varepsilon^n \mathrm{d}\varepsilon$$



- *mais $\varepsilon_e \ll \varepsilon_r$ et $K = E\varepsilon_e^{1-n}$ donc*

$$\eta \simeq \int_0^{\varepsilon_r} K\varepsilon^n \mathrm{d}\varepsilon = \frac{K}{n+1}\varepsilon^{n+1}\Big|_0^{\varepsilon_r} = \frac{K}{n+1}\varepsilon_r^{n+1}$$

soit

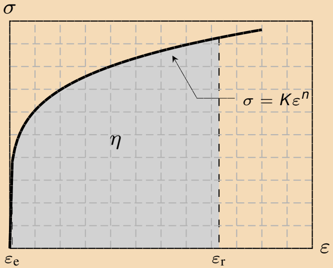
$$\eta \simeq \frac{200}{1.5} \times 0.00225^{0.5} \times 4.708^{1.5} \simeq 64.60\ GPa$$

Corrigé exercice 1

Calcul de l'énergie spécifique η

- *L'énergie spécifique de déformation est l'aire sous la* ***courbe de traction réelle*** *jusqu'au taux de relaxation ε_r :*

$$\eta = \int_0^{\varepsilon_e} E\varepsilon \mathrm{d}\varepsilon + \int_{\varepsilon_e}^{\varepsilon_r} K\varepsilon^n \mathrm{d}\varepsilon$$



- *mais $\varepsilon_e \ll \varepsilon_r$ et $K = E\varepsilon_e^{1-n}$ donc*

$$\eta \simeq \int_0^{\varepsilon_r} K\varepsilon^n \mathrm{d}\varepsilon = \frac{K}{n+1}\varepsilon^{n+1}\Big|_0^{\varepsilon_r} = \frac{K}{n+1}\varepsilon_r^{n+1} = \frac{E}{n+1}\varepsilon_e^{1-n}\varepsilon_r^{n+1}$$

soit

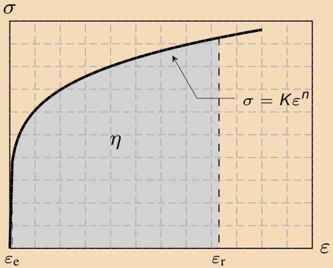
$$\eta \simeq \frac{200}{1.5} \times 0.00225^{0.5} \times 4.708^{1.5} \simeq 64.60\ GPa$$

Corrigé exercice 1

Calcul de l’énergie spécifique η

- *L’énergie spécifique de déformation est l’aire sous la **courbe de traction réelle** jusqu’au taux de relaxation ε_r :*

$$\eta = \int_0^{\varepsilon_e} E\varepsilon \mathrm{d}\varepsilon + \int_{\varepsilon_e}^{\varepsilon_r} K\varepsilon^n \mathrm{d}\varepsilon$$



- *mais* $\varepsilon_e \ll \varepsilon_r$ *et* $K = E\varepsilon_e^{1-n}$ *donc*

$$\eta \simeq \int_0^{\varepsilon_r} K\varepsilon^n \mathrm{d}\varepsilon = \frac{K}{n+1}\varepsilon^{n+1}\Big|_0^{\varepsilon_r} = \frac{K}{n+1}\varepsilon_r^{n+1} = \frac{E}{n+1}\varepsilon_e^{1-n}\varepsilon_r^{n+1}$$

soit

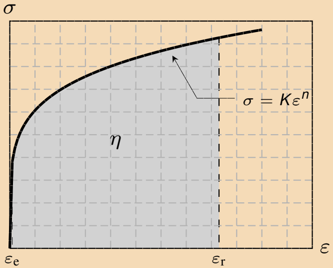
$$\eta \simeq \frac{200}{1.5} \times 0.00225^{0.5} \times 4.708^{1.5} \simeq 64.60 \; GPa$$

Corrigé exercice 1

Calcul de l'énergie spécifique η

- *L'énergie spécifique de déformation est l'aire sous la **courbe de traction réelle** jusqu'au taux de relaxation ε_r :*

$$\eta = \int_0^{\varepsilon_e} E\varepsilon \mathrm{d}\varepsilon + \int_{\varepsilon_e}^{\varepsilon_r} K\varepsilon^n \mathrm{d}\varepsilon$$



- *mais $\varepsilon_e \ll \varepsilon_r$ et $K = E\varepsilon_e^{1-n}$ donc*

$$\eta \simeq \int_0^{\varepsilon_r} K\varepsilon^n \mathrm{d}\varepsilon = \frac{K}{n+1}\varepsilon^{n+1}\Big|_0^{\varepsilon_r} = \frac{K}{n+1}\varepsilon_r^{n+1} = \frac{E}{n+1}\varepsilon_e^{1-n}\varepsilon_r^{n+1}$$

soit

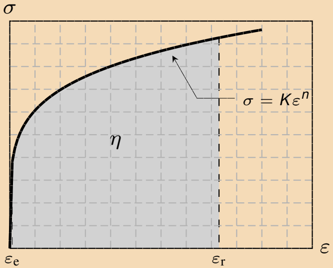
$$\eta \simeq \frac{200}{1.5} \times 0.00225^{0.5} \times 4.708^{1.5} \simeq 64.60 \, GPa$$

Corrigé exercice 1

Calcul de l'énergie spécifique η

- *L'énergie spécifique de déformation est l'aire sous la* ***courbe de traction réelle*** *jusqu'au taux de relaxation ε_r :*

$$\eta = \int_0^{\varepsilon_\mathrm{e}} E\varepsilon \mathrm{d}\varepsilon + \int_{\varepsilon_\mathrm{e}}^{\varepsilon_\mathrm{r}} K\varepsilon^n \mathrm{d}\varepsilon$$



- *mais $\varepsilon_\mathrm{e} \ll \varepsilon_\mathrm{r}$ et $K = E\varepsilon_\mathrm{e}^{1-n}$ donc*

$$\eta \simeq \int_0^{\varepsilon_\mathrm{r}} K\varepsilon^n \mathrm{d}\varepsilon = \frac{K}{n+1}\varepsilon^{n+1}\Big|_0^{\varepsilon_\mathrm{r}} = \frac{K}{n+1}\varepsilon_\mathrm{r}^{n+1} = \frac{E}{n+1}\varepsilon_\mathrm{e}^{1-n}\varepsilon_\mathrm{r}^{n+1}$$

soit

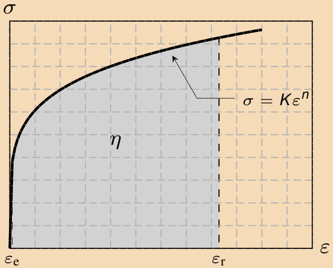
$$\eta \simeq \frac{200}{1.5} \times 0.00225^{0.5} \times 4.708^{1.5} \simeq 64.60 \ GPa$$

Corrigé exercice 1

Calcul de l'énergie spécifique η

- *L'énergie spécifique de déformation est l'aire sous la* ***courbe de traction réelle*** *jusqu'au taux de relaxation ε_r :*

$$\eta = \int_0^{\varepsilon_e} E\varepsilon \mathrm{d}\varepsilon + \int_{\varepsilon_e}^{\varepsilon_r} K\varepsilon^n \mathrm{d}\varepsilon$$



- *mais $\varepsilon_e \ll \varepsilon_r$ et $K = E\varepsilon_e^{1-n}$ donc*

$$\eta \simeq \int_0^{\varepsilon_r} K\varepsilon^n \mathrm{d}\varepsilon = \frac{K}{n+1}\varepsilon^{n+1}\Big|_0^{\varepsilon_r} = \frac{K}{n+1}\varepsilon_r^{n+1} = \frac{E}{n+1}\varepsilon_e^{1-n}\varepsilon_r^{n+1}$$

soit

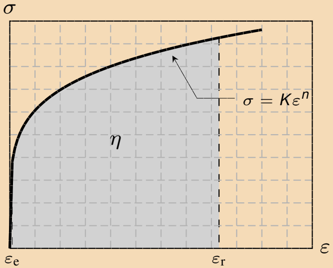
$$\eta \simeq \frac{200}{1.5} \times 0.00225^{0.5} \times 4.708^{1.5} \simeq 64.60\ GPa$$

Corrigé exercice 1

Calcul de l'énergie spécifique η

- *L'énergie spécifique de déformation est l'aire sous la* ***courbe de traction réelle*** *jusqu'au taux de relaxation ε_r :*

$$\eta = \int_0^{\varepsilon_e} E\varepsilon \mathrm{d}\varepsilon + \int_{\varepsilon_e}^{\varepsilon_r} K\varepsilon^n \mathrm{d}\varepsilon$$



- *mais $\varepsilon_e \ll \varepsilon_r$ et $K = E\varepsilon_e^{1-n}$ donc*

$$\eta \simeq \int_0^{\varepsilon_r} K\varepsilon^n \mathrm{d}\varepsilon = \frac{K}{n+1}\varepsilon^{n+1}\Big|_0^{\varepsilon_r} = \frac{K}{n+1}\varepsilon_r^{n+1} = \frac{E}{n+1}\varepsilon_e^{1-n}\varepsilon_r^{n+1}$$

soit

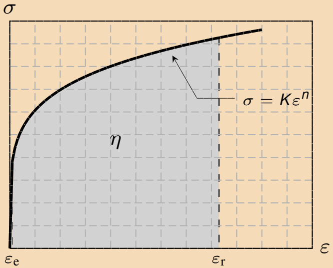
$$\eta \simeq \frac{200}{1.5} \times 0.00225^{0.5} \times 4.708^{1.5} \simeq 64.60\ GPa$$

Corrigé exercice 1

Calcul de l'énergie spécifique η

- *L'énergie spécifique de déformation est l'aire sous la* ***courbe de traction réelle*** *jusqu'au taux de relaxation ε_r :*

$$\eta = \int_0^{\varepsilon_e} E\varepsilon \mathrm{d}\varepsilon + \int_{\varepsilon_e}^{\varepsilon_r} K\varepsilon^n \mathrm{d}\varepsilon$$



- *mais $\varepsilon_e \ll \varepsilon_r$ et $K = E\varepsilon_e^{1-n}$ donc*

$$\eta \simeq \int_0^{\varepsilon_r} K\varepsilon^n \mathrm{d}\varepsilon = \frac{K}{n+1}\varepsilon^{n+1}\Big|_0^{\varepsilon_r} = \frac{K}{n+1}\varepsilon_r^{n+1} = \frac{E}{n+1}\varepsilon_e^{1-n}\varepsilon_r^{n+1}$$

soit

$$\eta \simeq \frac{200}{1.5} \times 0.00225^{0.5} \times 4.708^{1.5} \simeq 64.60\ \mathit{GPa}$$

Corrigé exercice 1

Conclusion

- *L'énergie E s'obtient en J en multipliant l'énergie spécifique η exprimée en GPa=J/mm^3 par le volume V de l'agrafe donnée en mm^3 :*

$$E = \eta V \simeq 64.60 \times 14.13 \simeq 913.26\ J$$

- *Cette quantité d'énergie est assez faible.*

Corrigé exercice 1

Conclusion

- *L'énergie E s'obtient en J en multipliant l'énergie spécifique η exprimée en GPa=J/mm^3 par le volume V de l'agrafe donnée en mm^3 :*

$$E = \eta V \simeq 64.60 \times 14.13 \simeq 913.26\ J$$

- *Cette quantité d'énergie est assez faible. Avec une quantité d'énergie plus significative : 1 KWh (soit $3.6 \cdot 10^6$ J), on fabriquera près de 4'000 agrafes.*

Corrigé exercice 1

Conclusion

- *L'énergie E s'obtient en J en multipliant l'énergie spécifique η exprimée en GPa=J/mm^3 par le volume V de l'agrafe donnée en mm^3 :*

$$E = \eta V \simeq 64.60 \times 14.13 \simeq 913.26\, J$$

- *Cette quantité d'énergie est assez faible. Avec une quantité d'énergie plus significative : 1 KWh (soit $3.6 \cdot 10^6$ J), on fabriquera près de 4'000 agrafes.*

Corrigé exercice 1

Conclusion

- *L'énergie E s'obtient en J en multipliant l'énergie spécifique η exprimée en GPa=J/mm^3 par le volume V de l'agrafe donnée en mm^3 :*

$$E = \eta V \simeq 64.60 \times 14.13 \simeq 913.26\, J$$

- *Cette quantité d'énergie est assez faible. Avec une quantité d'énergie plus significative : 1 KWh (soit $3.6 \cdot 10^6$ J), on fabriquera près de $4'000$ **agrafes**.*

Corrigé exercice 1

Conclusion

- *L'énergie E s'obtient en J en multipliant l'énergie spécifique η exprimée en GPa=J/mm^3 par le volume V de l'agrafe donnée en mm^3 :*

$$E = \eta V \simeq 64.60 \times 14.13 \simeq 913.26\, J$$

- *Cette quantité d'énergie est assez faible. Avec une quantité d'énergie plus significative :* 1 *KWh (soit* $3.6 \cdot 10^6$ *J), on fabriquera près de* $4'000$ ***agrafes****.*

Enoncé exercice 2

Calcul de la ténacité d'une barre fortement écrouie

- *Vous considérez une barre de métal qui a été fortement écrouie*[1] *et dont vous connaissez le module d'Young. Il vaut* $E = 200$ *GPa. Vous aimeriez calculer sa ténacité* T*. Pour ce faire, vous mesurez la dureté Brinell de la barre. Vous trouvez* 240 *HB.*

a) *Avez-vous assez d'information pour calculer la ténacité de la barre ?*

b) *Si la réponse est non, dites quelles informations vous manquent et pourquoi ?*

c) *Si la réponse est oui, estimez la valeur de* T*.*

1. On entend par là que l'opération d'écrouissage a eu lieu sous la forme d'une traction menée presque jusqu'en rupture.

Corrigé exercice 2)

Ténacité d'un matériau fortement écrouie

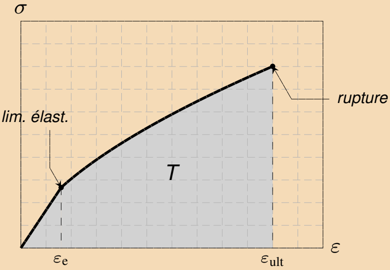
- *La ténacité est définie comme l'énergie spécifique de déf. jusqu'en rupture :*
- *Si le matériau a été très fortement écroui, sa rupture va pratiquement survenir en limite élastique*

$$\varepsilon_{ult} \simeq \varepsilon_e .$$

Corrigé exercice 2)

Ténacité d'un matériau fortement écrouie

- *La ténacité est définie comme l'énergie spécifique de déf. jusqu'en rupture :*

courbe tract. mat. standard	*courbe tract. mat. fort. écroui*
	

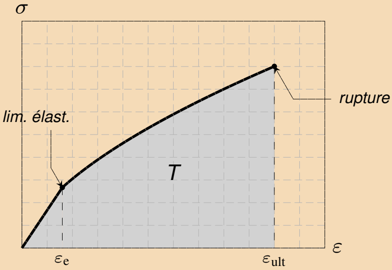
- *Si le matériau a été très fortement écroui, sa rupture va pratiquement survenir en limite élastique*

$$\varepsilon_{\mathrm{ult}} \simeq \varepsilon_{\mathrm{e}}$$

Corrigé exercice 2)

Ténacité d'un matériau fortement écrouie

- *La ténacité est définie comme l'énergie spécifique de déf. jusqu'en rupture :*

courbe tract. mat. standard	*courbe tract. mat. fort. écroui*
	

- *Si le matériau a été très fortement écroui, sa rupture va pratiquement survenir en limite élastique*

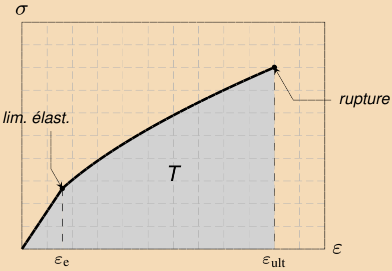
$$\varepsilon_{\mathrm{ult}} \simeq \varepsilon_{\mathrm{e}}.$$

Corrigé exercice 2)

Ténacité d'un matériau fortement écrouie

- *La ténacité est définie comme l'énergie spécifique de déf. jusqu'en rupture :*

courbe tract. mat. standard	*courbe tract. mat. fort. écroui*



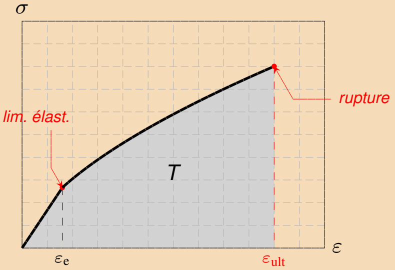
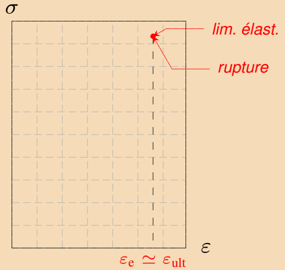
- *Si le matériau a été très fortement écroui, sa rupture va pratiquement survenir en limite élastique*

$$\varepsilon_{\mathrm{ult}} \simeq \varepsilon_{\mathrm{e}}.$$

Corrigé exercice 2)

Ténacité d'un matériau fortement écrouie

- *La ténacité est définie comme l'énergie spécifique de déf. jusqu'en rupture :*

courbe tract. mat. standard	*courbe tract. mat. fort. écroui*
	

- *Si le matériau a été très fortement écroui, sa rupture va pratiquement survenir en limite élastique*

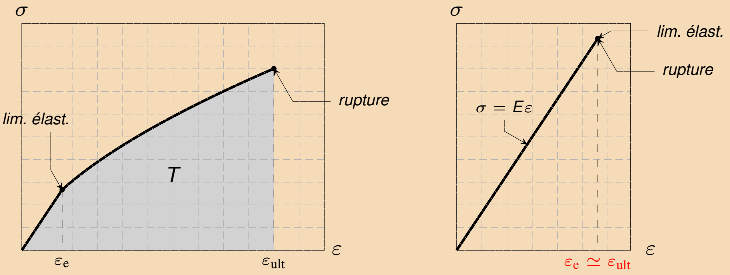
$$\varepsilon_{ult} \simeq \varepsilon_e .$$

Corrigé exercice 2)

Ténacité d'un matériau fortement écrouie

- *La ténacité est définie comme l'énergie spécifique de déf. jusqu'en rupture :*

courbe tract. mat. standard	*courbe tract. mat. fort. écroui*



- *Si le matériau a été très fortement écroui, sa rupture va pratiquement survenir en limite élastique*

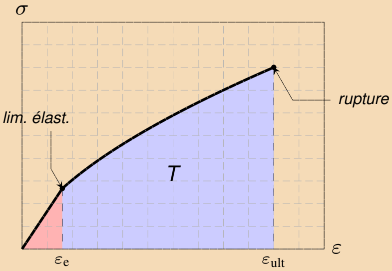
$$\varepsilon_{\mathrm{ult}} \simeq \varepsilon_{\mathrm{e}}.$$

Corrigé exercice 2)

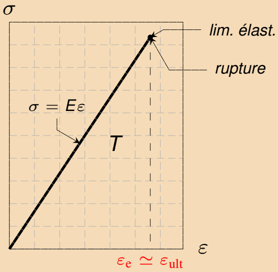
Ténacité d'un matériau fortement écrouie

- *La ténacité est définie comme l'énergie spécifique de déf. jusqu'en rupture :*

courbe tract. mat. standard



courbe tract. mat. fort. écroui



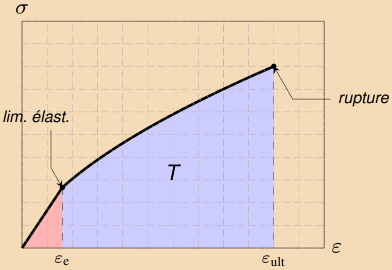
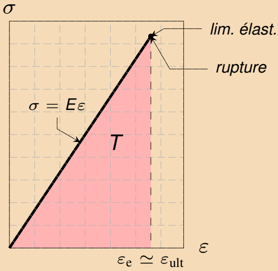
- *Si le matériau a été très fortement écroui, sa rupture va pratiquement survenir en limite élastique*

$$\varepsilon_{ult} \simeq \varepsilon_e .$$

Corrigé exercice 2)

Ténacité d'un matériau fortement écrouie

- *La ténacité est définie comme l'énergie spécifique de déf. jusqu'en rupture :*

courbe tract. mat. standard	*courbe tract. mat. fort. écroui*
	

- *Si le matériau a été très fortement écroui, sa rupture va pratiquement survenir en limite élastique*

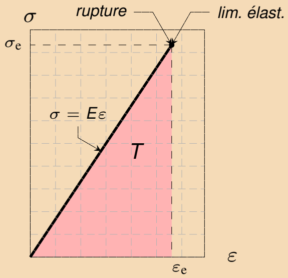
$$\varepsilon_{\mathrm{ult}} \simeq \varepsilon_{\mathrm{e}}.$$

Corrigé exercice 2)

Ténacité d'un matériau fortement écrouie (suite)

- *La ténacité du matériau très écroui est donc l'aire d'un triangle rectangle de base ε_e et de hauteur σ_e :*

$$T = \frac{1}{2}\varepsilon_e\sigma_e$$



- *On peut éliminer ε_e en utilisant que $\sigma_e = E\varepsilon_e \Longrightarrow \varepsilon_e = \frac{\sigma_e}{E}$.*

- *Il vient*

$$T = \frac{1}{2E}{\sigma_e}^2 \quad \textbf{\textit{(pour un matériau fortement écroui)}}$$

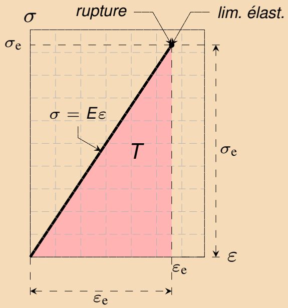
- *On connaît E. Il reste donc à calculer la limite élastique σ_e.*

Corrigé exercice 2)

Ténacité d'un matériau fortement écrouie (suite)

- *La ténacité du matériau très écroui est donc l'aire d'un triangle rectangle de base ε_e et de hauteur σ_e :*

$$T = \frac{1}{2}\varepsilon_e\sigma_e$$



- *On peut éliminer ε_e en utilisant que $\sigma_e = E\varepsilon_e \Longrightarrow \varepsilon_e = \frac{\sigma_e}{E}$.*

- *Il vient*

$$T = \frac{1}{2E}{\sigma_e}^2 \quad \textit{(pour un matériau fortement écroui)}$$

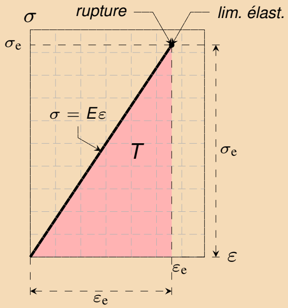
- *On connaît E. Il reste donc à calculer la limite élastique σ_e.*

Corrigé exercice 2)

Ténacité d'un matériau fortement écrouie (suite)

- *La ténacité du matériau très écroui est donc l'aire d'un triangle rectangle de base ε_e et de hauteur σ_e :*

$$T = \frac{1}{2}\varepsilon_e \sigma_e$$



- *On peut éliminer ε_e en utilisant que $\sigma_e = E\varepsilon_e \Longrightarrow \varepsilon_e = \frac{\sigma_e}{E}$.*

- *Il vient*

$$T = \frac{1}{2E}{\sigma_e}^2 \quad \textbf{\textit{(pour un matériau fortement écroui)}}$$

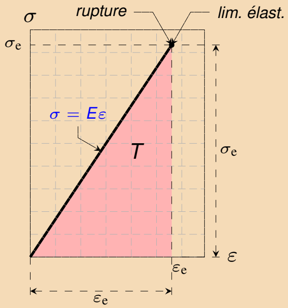
- *On connaît E. Il reste donc à calculer la limite élastique σ_e.*

Corrigé exercice 2)

Ténacité d'un matériau fortement écrouie (suite)

- *La ténacité du matériau très écroui est donc l'aire d'un triangle rectangle de base ε_e et de hauteur σ_e :*

$$T = \frac{1}{2}\varepsilon_e\sigma_e$$



- *On peut éliminer ε_e en utilisant que* $\sigma_e = E\varepsilon_e \Longrightarrow \varepsilon_e = \frac{\sigma_e}{E}$.

- *Il vient*

$$T = \frac{1}{2E}{\sigma_e}^2 \quad \textit{(pour un matériau fortement écroui)}$$

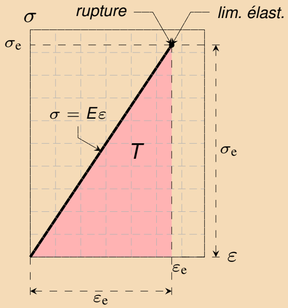
- *On connaît E. Il reste donc à calculer la limite élastique σ_e.*

Corrigé exercice 2)

Ténacité d'un matériau fortement écrouie (suite)

- *La ténacité du matériau très écroui est donc l'aire d'un triangle rectangle de base* ε_e *et de hauteur* σ_e *:*

$$T = \frac{1}{2}\varepsilon_e \sigma_e$$



- *On peut éliminer* ε_e *en utilisant que* $\sigma_e = E\varepsilon_e \Longrightarrow \varepsilon_e = \frac{\sigma_e}{E}$.

- *Il vient*

$$T = \frac{1}{2E}{\sigma_e}^2 \quad \textit{(pour un matériau fortement écroui)}$$

- *On connaît E. Il reste donc à calculer la limite élastique* σ_e.

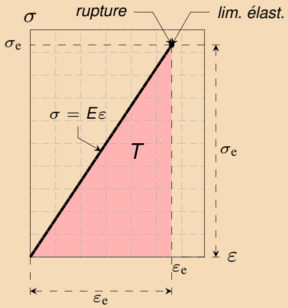
Corrigé exercice 2)

Ténacité d'un matériau fortement écrouie (suite)

- *La ténacité du matériau très écroui est donc l'aire d'un triangle rectangle de base ε_e et de hauteur σ_e :*

$$T = \frac{1}{2}\varepsilon_e \sigma_e$$

- *On peut éliminer ε_e en utilisant que* $\sigma_e = E\varepsilon_e \Longrightarrow \varepsilon_e = \frac{\sigma_e}{E}$.



- *Il vient*

$$T = \frac{1}{2E}{\sigma_e}^2 \quad \textit{(pour un matériau fortement écroui)}$$

- *On connaît E.*

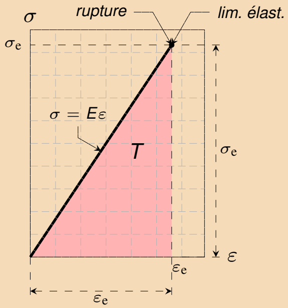
Corrigé exercice 2)

Ténacité d'un matériau fortement écrouie (suite)

- *La ténacité du matériau très écroui est donc l'aire d'un triangle rectangle de base* ε_e *et de hauteur* σ_e *:*

$$T = \frac{1}{2}\varepsilon_e\sigma_e$$

- *On peut éliminer* ε_e *en utilisant que* $\sigma_e = E\varepsilon_e \Longrightarrow \varepsilon_e = \frac{\sigma_e}{E}$.



- *Il vient*

$$T = \frac{1}{2E}{\sigma_e}^2 \quad \textit{(pour un matériau fortement écroui)}$$

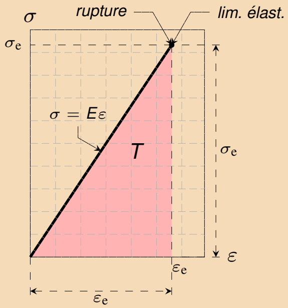
- *On connaît E.*

Corrigé exercice 2)

Ténacité d'un matériau fortement écrouie (suite)

- *La ténacité du matériau très écroui est donc l'aire d'un triangle rectangle de base ε_e et de hauteur σ_e :*

$$T = \frac{1}{2}\varepsilon_e\sigma_e$$



- *On peut éliminer ε_e en utilisant que* $\sigma_e = E\varepsilon_e \Longrightarrow \varepsilon_e = \frac{\sigma_e}{E}$.

- *Il vient*

$$T = \frac{1}{2E}{\sigma_e}^2 \quad \textbf{\textit{(pour un matériau fortement écroui)}}$$

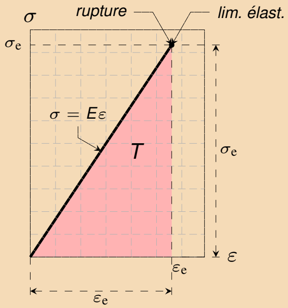
- *On connaît E. Il reste donc à calculer la limite élastique σ_e.*

Corrigé exercice 2)

Ténacité d'un matériau fortement écrouie (suite)

- *La ténacité du matériau très écroui est donc l'aire d'un triangle rectangle de base ε_e et de hauteur σ_e :*

$$T = \frac{1}{2}\varepsilon_e\sigma_e$$



- *On peut éliminer ε_e en utilisant que* $\sigma_e = E\varepsilon_e \Longrightarrow \varepsilon_e = \frac{\sigma_e}{E}$.

- *Il vient*

$$T = \frac{1}{2E}{\sigma_e}^2 \quad \textit{\textbf{(pour un matériau fortement écroui)}}$$

- *On connaît E. Il reste donc à calculer la limite élastique σ_e. Pour cela, on utilise le résultat de l'expérience de dureté.*

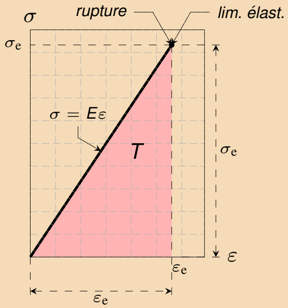
Corrigé exercice 2)

Ténacité d'un matériau fortement écrouie (suite)

- *La ténacité du matériau très écroui est donc l'aire d'un triangle rectangle de base ε_e et de hauteur σ_e :*

$$T = \frac{1}{2}\varepsilon_e\sigma_e$$

- *On peut éliminer ε_e en utilisant que* $\sigma_e = E\varepsilon_e \Longrightarrow \varepsilon_e = \frac{\sigma_e}{E}$.



- *Il vient*

$$T = \frac{1}{2E}{\sigma_e}^2 \quad \textbf{\textit{(pour un matériau fortement écroui)}}$$

- *On connaît E. Il reste donc à calculer la limite élastique σ_e. Pour cela, on utilise le résultat de l'expérience de dureté.*

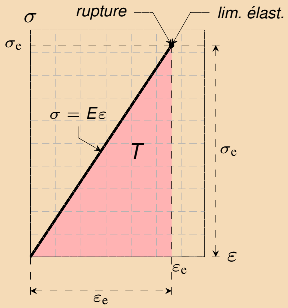
Corrigé exercice 2)

Ténacité d'un matériau fortement écrouie (suite)

- *La ténacité du matériau très écroui est donc l'aire d'un triangle rectangle de base ε_e et de hauteur σ_e :*

$$T = \frac{1}{2}\varepsilon_e\sigma_e$$

- *On peut éliminer ε_e en utilisant que* $\sigma_e = E\varepsilon_e \Longrightarrow \varepsilon_e = \frac{\sigma_e}{E}$.



- *Il vient*

$$T = \frac{1}{2E}{\sigma_e}^2 \quad \textit{\textbf{(pour un matériau fortement écroui)}}$$

- *On connaît E. Il reste donc à calculer la limite élastique σ_e. Pour cela, on utilise le résultat de l'expérience de dureté.*

Corrigé exercice 2)

Identification de la limite élastique réelle et conclusion

- *Pour un matériau écroui, la limite élastique R_e se déduit de la mesure de dureté :*

$$R_e[MPa] \simeq 3.5\,\mathrm{HB} \Longrightarrow R_e \simeq 3.5 \times 240 = 840\ MPa$$

- *On observe que le rapport $\frac{R_e}{E}$ est largement inférieur à 10% :*

$$\frac{R_e}{E} \simeq \frac{0.84}{200} \simeq 0.0042$$

- *Dans ces conditions, ε_e sera lui même très petit :* $\varepsilon_e \simeq \frac{R_e}{E} \simeq 0.0042$

- *La conclusion est que*

$$\sigma_e \simeq 840\ MPa \Longrightarrow T = \frac{1}{2E}\sigma_e^2$$

Corrigé exercice 2)

Identification de la limite élastique réelle et conclusion

- *Pour un matériau écroui, la limite élastique R_e se déduit de la mesure de dureté :*

$$R_e[MPa] \simeq 3.5\,\mathrm{HB} \Longrightarrow R_e \simeq 3.5 \times 240 = 840\ MPa$$

- *On observe que le rapport $\frac{R_e}{E}$ est largement inférieur à 10% :*

$$\frac{R_e}{E} \simeq \frac{0.84}{200} \simeq 0.0042$$

- *Dans ces conditions, ε_e sera lui même très petit :* $\varepsilon_e \simeq \frac{R_e}{E} \simeq 0.0042$

- *La conclusion est que*

$$\sigma_e \simeq 840\ MPa \Longrightarrow T = \frac{1}{2E}\sigma_e^2$$

Corrigé exercice 2)

Identification de la limite élastique réelle et conclusion

- *Pour un matériau écroui, la limite élastique R_e se déduit de la mesure de dureté :*

$$R_e[MPa] \simeq 3.5\,\mathrm{HB} \Longrightarrow R_e \simeq 3.5 \times 240 = 840\ MPa$$

- *On observe que le rapport $\frac{R_e}{E}$ est largement inférieur à 10% :*

$$\frac{R_e}{E} \simeq \frac{0.84}{200} \simeq 0.0042$$

- *Dans ces conditions, ε_e sera lui même très petit :*

- *La conclusion est que*

$$\sigma_e \simeq 840\ MPa$$

Corrigé exercice 2)

Identification de la limite élastique réelle et conclusion

- *Pour un matériau écroui, la limite élastique* R_e *se déduit de la mesure de dureté :*

$$R_e[MPa] \simeq 3.5\,\mathrm{HB} \Longrightarrow R_e \simeq 3.5 \times 240 = 840\ MPa$$

- *On observe que le rapport* $\frac{R_e}{E}$ *est largement inférieur à* 10% *:*

$$\frac{R_e}{E} \simeq \frac{0.84}{200} \simeq 0.0042 = 0.42\%.$$

- *Dans ces conditions,* ε_e *sera lui même très petit :* $\varepsilon_e \simeq \frac{R_e}{E} \simeq 0.0042$

- *La conclusion est que*

$$\sigma_e \simeq 840\ MPa \Longrightarrow T = \frac{1}{2E}\sigma_e^2$$

Corrigé exercice 2)

Identification de la limite élastique réelle et conclusion

- *Pour un matériau écroui, la limite élastique R_e se déduit de la mesure de dureté :*

$$R_e[MPa] \simeq 3.5\,\mathrm{HB} \Longrightarrow R_e \simeq 3.5 \times 240 = 840\ MPa$$

- *On observe que le rapport $\frac{R_e}{E}$ est largement inférieur à* 10% *:*

$$\frac{R_e}{E} \simeq \frac{0.84}{200} \simeq 0.0042 = 0.42\%.$$

- *Dans ces conditions, ε_e sera lui même très petit :* $\varepsilon_e \simeq \frac{R_e}{E} \simeq 0.0042$

- *La conclusion est que*

$$\sigma_e \simeq 840\ MPa \Longrightarrow T = \frac{1}{2E}\sigma_e^2$$

Corrigé exercice 2)

Identification de la limite élastique réelle et conclusion

- *Pour un matériau écroui, la limite élastique R_e se déduit de la mesure de dureté :*

$$R_e[MPa] \simeq 3.5\,\mathrm{HB} \Longrightarrow R_e \simeq 3.5 \times 240 = 840\ MPa$$

- *On observe que le rapport $\frac{R_e}{E}$ est largement inférieur à* 10% *:*

$$\frac{R_e}{E} \simeq \frac{0.84}{200} \simeq 0.0042 = 0.42\%.$$

- *Dans ces conditions, ε_e sera lui même très petit : $\varepsilon_e \simeq \frac{R_e}{E} \simeq 0.0042$*

- *La conclusion est que*

$$\sigma_e \simeq 840\ MPa \Longrightarrow T = \frac{1}{2E}\sigma_e^2$$

Corrigé exercice 2)

Identification de la limite élastique réelle et conclusion

- *Pour un matériau écroui, la limite élastique R_e se déduit de la mesure de dureté :*

$$R_e[MPa] \simeq 3.5\,\mathrm{HB} \Longrightarrow R_e \simeq 3.5 \times 240 = 840\ MPa$$

- *On observe que le rapport $\frac{R_e}{E}$ est largement inférieur à* 10% *:*

$$\frac{R_e}{E} \simeq \frac{0.84}{200} \simeq 0.0042 = 0.42\%.$$

- *Dans ces conditions, ε_e sera lui même très petit :* $\varepsilon_e \simeq \frac{R_e}{E} \simeq 0.0042$ *et les limites élastiques réelles et nominales coïncident raisonnablement :*

- *La conclusion est que*

$$\sigma_e \simeq 840\ MPa \Longrightarrow T = \frac{1}{2E}\sigma_e^2$$

Corrigé exercice 2)

Identification de la limite élastique réelle et conclusion

- *Pour un matériau écroui, la limite élastique R_e se déduit de la mesure de dureté :*

$$R_e[MPa] \simeq 3.5\,\mathrm{HB} \Longrightarrow R_e \simeq 3.5 \times 240 = 840\ MPa$$

- *On observe que le rapport $\frac{R_e}{E}$ est largement inférieur à 10% :*

$$\frac{R_e}{E} \simeq \frac{0.84}{200} \simeq 0.0042 = 0.42\%.$$

- *Dans ces conditions, ε_e sera lui même très petit :* $\varepsilon_e \simeq \frac{R_e}{E} \simeq 0.0042$ *et les limites élastiques réelles et nominales coïncident raisonnablement :*

$$\sigma_e = R_e \mathbf{e}^{\nu \varepsilon_e}$$

- *La conclusion est que*

$$\sigma_e \simeq 840\ MPa \longrightarrow T = \frac{1}{2E}$$

Corrigé exercice 2)

Identification de la limite élastique réelle et conclusion

- *Pour un matériau écroui, la limite élastique R_e se déduit de la mesure de dureté :*

$$R_e[MPa] \simeq 3.5\,\mathrm{HB} \Longrightarrow R_e \simeq 3.5 \times 240 = 840\ MPa$$

- *On observe que le rapport $\frac{R_e}{E}$ est largement inférieur à* 10% *:*

$$\frac{R_e}{E} \simeq \frac{0.84}{200} \simeq 0.0042 = 0.42\%.$$

- *Dans ces conditions, ε_e sera lui même très petit : $\varepsilon_e \simeq \frac{R_e}{E} \simeq 0.0042$ et les limites élastiques réelles et nominales coïncident raisonnablement :*

$$\sigma_e = R_e \mathbf{e}^{\nu \varepsilon_e} \simeq R_e \quad car\ e^{\nu\varepsilon_e} \simeq 1$$

- *La conclusion est que*

$$\sigma_e \simeq 840\ MPa$$

Corrigé exercice 2)

Identification de la limite élastique réelle et conclusion

- *Pour un matériau écroui, la limite élastique R_e se déduit de la mesure de dureté :*

$$R_e[MPa] \simeq 3.5\,\mathrm{HB} \Longrightarrow R_e \simeq 3.5 \times 240 = 840\ MPa$$

- *On observe que le rapport $\frac{R_e}{E}$ est largement inférieur à* 10% *:*

$$\frac{R_e}{E} \simeq \frac{0.84}{200} \simeq 0.0042 = 0.42\%.$$

- *Dans ces conditions, ε_e sera lui même très petit : $\varepsilon_e \simeq \frac{R_e}{E} \simeq 0.0042$ et les limites élastiques réelles et nominales coïncident raisonnablement :*

$$\sigma_e = R_e \mathbf{e}^{\nu \varepsilon_e} \simeq R_e \quad car\ \mathbf{e}^{\nu \varepsilon_e} \simeq 1$$

- *La conclusion est que*

$$\sigma_e \simeq 840\ MPa \Longrightarrow T = \frac{1}{2E}\sigma_e^2$$

Corrigé exercice 2)

Identification de la limite élastique réelle et conclusion

- *Pour un matériau écroui, la limite élastique R_e se déduit de la mesure de dureté :*

$$R_e[MPa] \simeq 3.5\,\mathrm{HB} \Longrightarrow R_e \simeq 3.5 \times 240 = 840\ MPa$$

- *On observe que le rapport $\frac{R_e}{E}$ est largement inférieur à* 10% *:*

$$\frac{R_e}{E} \simeq \frac{0.84}{200} \simeq 0.0042 = 0.42\%.$$

- *Dans ces conditions, ε_e sera lui même très petit : $\varepsilon_e \simeq \frac{R_e}{E} \simeq 0.0042$ et les limites élastiques réelles et nominales coïncident raisonnablement :*

$$\sigma_e = R_e \mathbf{e}^{\nu\varepsilon_e} \simeq R_e \quad \text{car } \mathbf{e}^{\nu\varepsilon_e} \simeq 1$$

- *La conclusion est que*

$$\sigma_e \simeq 840\ MPa$$

Corrigé exercice 2)

Identification de la limite élastique réelle et conclusion

- *Pour un matériau écroui, la limite élastique R_e se déduit de la mesure de dureté :*

$$R_e[MPa] \simeq 3.5\,\mathrm{HB} \Longrightarrow R_e \simeq 3.5 \times 240 = 840\ MPa$$

- *On observe que le rapport $\frac{R_e}{E}$ est largement inférieur à* 10% *:*

$$\frac{R_e}{E} \simeq \frac{0.84}{200} \simeq 0.0042 = 0.42\%.$$

- *Dans ces conditions, ε_e sera lui même très petit : $\varepsilon_e \simeq \frac{R_e}{E} \simeq 0.0042$ et les limites élastiques réelles et nominales coïncident raisonnablement :*

$$\sigma_e = R_e \mathbf{e}^{\nu \varepsilon_e} \simeq R_e \quad car\ \mathbf{e}^{\nu \varepsilon_e} \simeq 1$$

- *La conclusion est que*

$$\sigma_e \simeq 840\ MPa \Longrightarrow T = \frac{1}{2E}\sigma_e^2$$

Corrigé exercice 2)

Identification de la limite élastique réelle et conclusion

- *Pour un matériau écroui, la limite élastique R_e se déduit de la mesure de dureté :*

$$R_e[MPa] \simeq 3.5\,\mathrm{HB} \Longrightarrow R_e \simeq 3.5 \times 240 = 840\ MPa$$

- *On observe que le rapport $\frac{R_e}{E}$ est largement inférieur à 10% :*

$$\frac{R_e}{E} \simeq \frac{0.84}{200} \simeq 0.0042 = 0.42\%.$$

- *Dans ces conditions, ε_e sera lui même très petit : $\varepsilon_e \simeq \frac{R_e}{E} \simeq 0.0042$ et les limites élastiques réelles et nominales coïncident raisonnablement :*

$$\sigma_e = R_e \mathbf{e}^{\nu\varepsilon_e} \simeq R_e \quad \text{car } \mathbf{e}^{\nu\varepsilon_e} \simeq 1$$

- *La conclusion est que*

$$\sigma_e \simeq 840\ MPa \Longrightarrow T = \frac{1}{2E}\sigma_e^2$$

Corrigé exercice 2)

Identification de la limite élastique réelle et conclusion

- *Pour un matériau écroui, la limite élastique R_e se déduit de la mesure de dureté :*

$$R_e[MPa] \simeq 3.5\,\mathrm{HB} \Longrightarrow R_e \simeq 3.5 \times 240 = 840\ MPa$$

- *On observe que le rapport $\frac{R_e}{E}$ est largement inférieur à* 10% *:*

$$\frac{R_e}{E} \simeq \frac{0.84}{200} \simeq 0.0042 = 0.42\%.$$

- *Dans ces conditions, ε_e sera lui même très petit : $\varepsilon_e \simeq \frac{R_e}{E} \simeq 0.0042$ et les limites élastiques réelles et nominales coïncident raisonnablement :*

$$\sigma_e = R_e \mathbf{e}^{\nu \varepsilon_e} \simeq R_e \quad \textit{car } \mathbf{e}^{\nu \varepsilon_e} \simeq 1$$

- *La conclusion est que*

$$\sigma_e \simeq 840\ MPa \Longrightarrow T = \frac{1}{2E}\sigma_e^2 \simeq \frac{1}{2 \times 200'000} 840^2 \simeq 1.764\ MPa.$$

Corrigé exercice 2)

Identification de la limite élastique réelle et conclusion

- *Pour un matériau écroui, la limite élastique R_e se déduit de la mesure de dureté :*

$$R_e[MPa] \simeq 3.5\,\mathrm{HB} \Longrightarrow R_e \simeq 3.5 \times 240 = 840\ MPa$$

- *On observe que le rapport $\frac{R_e}{E}$ est largement inférieur à* 10% *:*

$$\frac{R_e}{E} \simeq \frac{0.84}{200} \simeq 0.0042 = 0.42\%.$$

- *Dans ces conditions, ε_e sera lui même très petit : $\varepsilon_e \simeq \frac{R_e}{E} \simeq 0.0042$ et les limites élastiques réelles et nominales coïncident raisonnablement :*

$$\sigma_e = R_e \mathbf{e}^{\nu\varepsilon_e} \simeq R_e \quad \text{car } \mathbf{e}^{\nu\varepsilon_e} \simeq 1$$

- *La conclusion est que*

$$\sigma_e \simeq 840\ MPa \Longrightarrow T = \frac{1}{2E}\sigma_e^2 \simeq \frac{1}{2 \times 200'000} 840^2 \simeq 1.764\ MPa.$$

Corrigé exercice 2)

Identification de la limite élastique réelle et conclusion

- *Pour un matériau écroui, la limite élastique* R_e *se déduit de la mesure de dureté :*

$$R_e[MPa] \simeq 3.5\,\mathrm{HB} \Longrightarrow R_e \simeq 3.5 \times 240 = 840\ MPa$$

- *On observe que le rapport* $\frac{R_e}{E}$ *est largement inférieur à* 10% *:*

$$\frac{R_e}{E} \simeq \frac{0.84}{200} \simeq 0.0042 = 0.42\%.$$

- *Dans ces conditions,* ε_e *sera lui même très petit :* $\varepsilon_e \simeq \frac{R_e}{E} \simeq 0.0042$ *et les limites élastiques réelles et nominales coïncident raisonnablement :*

$$\sigma_e = R_e \mathbf{e}^{\nu\varepsilon_e} \simeq R_e \quad \text{car } \mathbf{e}^{\nu\varepsilon_e} \simeq 1$$

- *La conclusion est que*

$$\sigma_e \simeq 840\ MPa \Longrightarrow T = \frac{1}{2E}\sigma_e^2 \simeq \frac{1}{2 \times 200'000} 840^2 \simeq 1.764\ MPa.$$

Corrigé exercice 2)

Identification de la limite élastique réelle et conclusion

- *Pour un matériau écroui, la limite élastique R_e se déduit de la mesure de dureté :*

$$R_e[MPa] \simeq 3.5\,\mathrm{HB} \Longrightarrow R_e \simeq 3.5 \times 240 = 840\ MPa$$

- *On observe que le rapport $\frac{R_e}{E}$ est largement inférieur à* 10% *:*

$$\frac{R_e}{E} \simeq \frac{0.84}{200} \simeq 0.0042 = 0.42\%.$$

- *Dans ces conditions, ε_e sera lui même très petit : $\varepsilon_e \simeq \frac{R_e}{E} \simeq 0.0042$ et les limites élastiques réelles et nominales coïncident raisonnablement :*

$$\sigma_e = R_e \mathbf{e}^{\nu \varepsilon_e} \simeq R_e \quad car\ \mathbf{e}^{\nu \varepsilon_e} \simeq 1$$

- *La conclusion est que*

$$\sigma_e \simeq 840\ MPa \Longrightarrow T = \frac{1}{2E}\sigma_e^2 \simeq \frac{1}{2 \times 200'000} 840^2 \simeq 1.764\ MPa.$$