Procédés de fabrication I - IGI, série 5

17 janvier 2025

Enoncé exercice 1 a1)

Longueur de contact en tréfilage

- *On applique le procédé de tréfilage à froid pour réduire la section de barres de diamètre initial* $D_0 = 50.0\,mm$.
- *La machine utilisée fournit au plus une puissance de* $P = 100\,kW$. *Le demi-angle d'ouverture de la filière esr* $\alpha = \arctan \frac{1}{10}$ *et le coefficient de frottement dynamique filière-flan est* $\mu = 0.1$.
- *Les propriétés mécaniques de l'alliage d'aluminium sont :*

limite élastique	$R_e \simeq 100\,MPa$
tx. de déf. réel en lim. élastique	$\varepsilon_e \simeq 0$
coefficient de Poisson	$\simeq$ *incompressibilité*
comportement plastique	$\simeq$ *parfait*

a) *Le rapport de réduction de section,* $r = \frac{A_f}{A_0}$, *nécessaire est* $r = 0.75$.

   1) *Calculer la longueur de contact L du flan sur la filière,*

Enoncé exercice 1 a1)

Longueur de contact en tréfilage

- *On applique le procédé de tréfilage à froid pour réduire la section de barres de diamètre initial $D_0 = 50.0\,mm$.*
- *La machine utilisée fournit au plus une puissance de $P = 100\,kW$. Le demi-angle d'ouverture de la filière esr $\alpha = \arctan\frac{1}{10}$ et le coefficient de frottement dynamique filière-flan est $\mu = 0.1$.*
- *Les propriétés mécaniques de l'alliage d'aluminium sont :*

limite élastique	$R_e \simeq 100\,MPa$
tx. de déf. réel en lim. élastique	$\varepsilon_e \simeq 0$
coefficient de Poisson	$\simeq$ *incompressibilité*
comportement plastique	$\simeq$ *parfait*

a) *Le rapport de réduction de section, $r = \frac{A_f}{A_0}$, nécessaire est $r = 0.75$.*

1) *Calculer la longueur de contact L du flan sur la filière,*

Enoncé exercice 1 a1)

Longueur de contact en tréfilage

- *On applique le procédé de tréfilage à froid pour réduire la section de barres de diamètre initial $D_0 = 50.0\,mm$.*
- *La machine utilisée fournit au plus une puissance de $P = 100\,kW$. Le demi-angle d'ouverture de la filière esr $\alpha = \arctan\frac{1}{10}$ et le coefficient de frottement dynamique filière-flan est $\mu = 0.1$.*
- *Les propriétés mécaniques de l'alliage d'aluminium sont :*

limite élastique	$R_e \simeq 100\,MPa$
tx. de déf. réel en lim. élastique	$\varepsilon_e \simeq 0$
coefficient de Poisson	$\simeq$ *incompressibilité*
comportement plastique	$\simeq$ *parfait*

a) *Le rapport de réduction de section, $r = \frac{A_f}{A_0}$, nécessaire est $r = 0.75$.*

   1) *Calculer la longueur de contact L du flan sur la filière,*

Enoncé exercice 1 a1)

Longueur de contact en tréfilage

- *On applique le procédé de tréfilage à froid pour réduire la section de barres de diamètre initial $D_0 = 50.0\,mm$.*
- *La machine utilisée fournit au plus une puissance de $P = 100\,kW$. Le demi-angle d'ouverture de la filière esr $\alpha = \arctan\frac{1}{10}$ et le coefficient de frottement dynamique filière-flan est $\mu = 0.1$.*
- *Les propriétés mécaniques de l'alliage d'aluminium sont :*

limite élastique	$R_e \simeq 100\,MPa$
tx. de déf. réel en lim. élastique	$\varepsilon_e \simeq 0$
coefficient de Poisson	$\simeq$ *incompressibilité*
comportement plastique	$\simeq$ *parfait*

a) *Le rapport de réduction de section, $r = \frac{A_f}{A_0}$, nécessaire est $r = 0.75$.*

1) *Calculer la longueur de contact L du flan sur la filière,*

Enoncé exercice 1 a1)

Longueur de contact en tréfilage

- *On applique le procédé de tréfilage à froid pour réduire la section de barres de diamètre initial $D_0 = 50.0\ mm$.*
- *La machine utilisée fournit au plus une puissance de $P = 100\ kW$. Le demi-angle d'ouverture de la filière esr $\alpha = \arctan \frac{1}{10}$ et le coefficient de frottement dynamique filière-flan est $\mu = 0.1$.*
- *Les propriétés mécaniques de l'alliage d'aluminium sont :*

limite élastique	$R_e \simeq 100\ MPa$
tx. de déf. réel en lim. élastique	$\varepsilon_e \simeq 0$
coefficient de Poisson	$\simeq$ *incompressibilité*
comportement plastique	$\simeq$ *parfait*

a) *Le rapport de réduction de section, $r = \frac{A_f}{A_0}$, nécessaire est $r = 0.75$.*

   1) *Calculer la longueur de contact L du flan sur la filière,*

Enoncé exercice 1 a1)

Longueur de contact en tréfilage

- *On applique le procédé de tréfilage à froid pour réduire la section de barres de diamètre initial $D_0 = 50.0\,mm$.*
- *La machine utilisée fournit au plus une puissance de $P = 100\,kW$. Le demi-angle d'ouverture de la filière esr $\alpha = \arctan\frac{1}{10}$ et le coefficient de frottement dynamique filière-flan est $\mu = 0.1$.*
- *Les propriétés mécaniques de l'alliage d'aluminium sont :*

limite élastique	$R_e \simeq 100\,MPa$
tx. de déf. réel en lim. élastique	$\varepsilon_e \simeq 0$
coefficient de Poisson	$\simeq$ *incompressibilité*
comportement plastique	$\simeq$ *parfait*

a) *Le rapport de réduction de section, $r = \frac{A_f}{A_0}$, nécessaire est $r = 0.75$.*

  1) *Calculer la longueur de contact L du flan sur la filière,*

Enoncé exercice 1 a1)

Longueur de contact en tréfilage

- *On applique le procédé de tréfilage à froid pour réduire la section de barres de diamètre initial $D_0 = 50.0\,mm$.*
- *La machine utilisée fournit au plus une puissance de $P = 100\,kW$. Le demi-angle d'ouverture de la filière esr $\alpha = \arctan\frac{1}{10}$ et le coefficient de frottement dynamique filière-flan est $\mu = 0.1$.*
- *Les propriétés mécaniques de l'alliage d'aluminium sont :*

limite élastique	$R_e \simeq 100\,MPa$
tx. de déf. réel en lim. élastique	$\varepsilon_e \simeq 0$
coefficient de Poisson	$\simeq$ *incompressibilité*
comportement plastique	$\simeq$ *parfait*

a) *Le rapport de réduction de section, $r = \frac{A_f}{A_0}$, nécessaire est $r = 0.75$.*

1) *Calculer la longueur de contact L du flan sur la filière,*

Enoncé exercice 1 a1)

Longueur de contact en tréfilage

- *On applique le procédé de tréfilage à froid pour réduire la section de barres de diamètre initial* $D_0 = 50.0\,mm$*.*
- *La machine utilisée fournit au plus une puissance de* $P = 100\,kW$*. Le demi-angle d'ouverture de la filière esr* $\alpha = \arctan\frac{1}{10}$ *et le coefficient de frottement dynamique filière-flan est* $\mu = 0.1$*.*
- *Les propriétés mécaniques de l'alliage d'aluminium sont :*

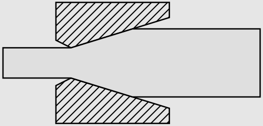
limite élastique	$R_e \simeq 100\,MPa$
tx. de déf. réel en lim. élastique	$\varepsilon_e \simeq 0$
coefficient de Poisson	$\simeq$ *incompressibilité*
comportement plastique	$\simeq$ *parfait*

a) *Le rapport de réduction de section,* $r = \frac{A_f}{A_0}$*, nécessaire est* $r = 0.75$*.*

   1) *Calculer la longueur de contact L du flan sur la filière,*

Corrigé exercice 1 a1)

Longueur de contact en tréfilage



- *Une formule du cours donne la longueur de contact :*

$$L = \frac{D_0 - D_f}{2\sin\alpha}.$$

- *Le rapport de réduction des diamètres est :* $D_f = \sqrt{r}\,D_0$, *donc*

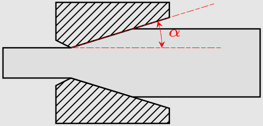
$$L = D_0 \frac{1-\sqrt{r}}{2\sin\alpha}$$

- *Avec les données numériques on trouve que*

$$L = 50 \times \sqrt{1+0.1^2}\,\frac{1-\sqrt{0.75}}{2\times 0.1} \simeq 33.66\ mm.$$

Corrigé exercice 1 a1)

Longueur de contact en tréfilage



- *Une formule du cours donne la longueur de contact :*

$$L = \frac{D_0 - D_f}{2\sin\alpha}.$$

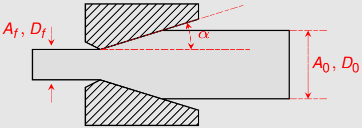
- *Le rapport de réduction des diamètres est :*

- *Avec les données numériques on trouve que*

$$L = 50 \times \sqrt{1 + 0.1^2}\,\frac{1 - \sqrt{0.75}}{2 \times 0.1} \simeq 33.66\ mm.$$

Corrigé exercice 1 a1)

Longueur de contact en tréfilage



- *Une formule du cours donne la longueur de contact :*

$$L = \frac{D_0 - D_f}{2 \sin \alpha}.$$

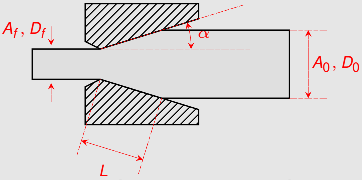
- *Le rapport de réduction des diamètres est :*

- *Avec les données numériques on trouve que*

$$L = 50 \times \sqrt{1 + 0.1^2}\,\frac{1 - \sqrt{0.75}}{2 \times 0.1} \simeq 33.66\,mm.$$

Corrigé exercice 1 a1)

Longueur de contact en tréfilage



- *Une formule du cours donne la longueur de contact :*

$$L = \frac{D_0 - D_f}{2\sin\alpha}.$$

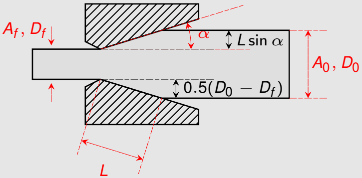
- *Le rapport de réduction des diamètres est :*

- *Avec les données numériques on trouve que*

$$L = 50 \times \sqrt{1 + 0.1^2}\,\frac{1 - \sqrt{0.75}}{2 \times 0.1}$$

Corrigé exercice 1 a1)

Longueur de contact en tréfilage



- *Une formule du cours donne la longueur de contact :*

$$L = \frac{D_0 - D_f}{2 \sin \alpha}.$$

- *Le rapport de réduction des diamètres est :* $D_f = \sqrt{r} D_0$, alors

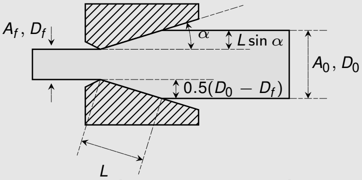
$$L = D_0 \frac{1 - \sqrt{r}}{2 \sin \alpha}$$

- *Avec les données numériques on trouve que*

$$L = 50 \times \sqrt{1 + 0.1^2} \frac{1 - \sqrt{0.75}}{2 \times 0.1} \simeq 33.66 \, mm.$$

Corrigé exercice 1 a1)

Longueur de contact en tréfilage



- *Une formule du cours donne la longueur de contact :*

$$L = \frac{D_0 - D_f}{2\sin\alpha}.$$

- *Le rapport de réduction des diamètres est :* $D_f = \sqrt{r}D_0$, donc

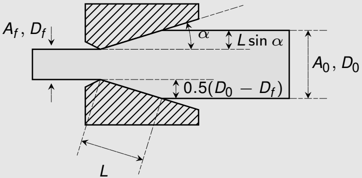
$$L = D_0 \frac{1-\sqrt{r}}{2\sin\alpha}$$

- *Avec les données numériques on trouve que*

$$L = 50 \times \sqrt{1+0.1^2}\,\frac{1-\sqrt{0.75}}{2\times 0.1} \simeq 33.66\,mm.$$

Corrigé exercice 1 a1)

Longueur de contact en tréfilage



- *Une formule du cours donne la longueur de contact :*

$$L = \frac{D_0 - D_f}{2\sin\alpha}.$$

- *Le rapport de réduction des diamètres est r :* $D_f = \sqrt{r}D_0$, *donc*

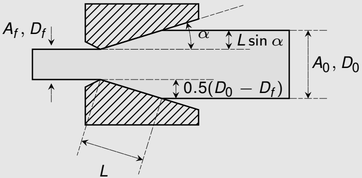
$$L = D_0\frac{1-\sqrt{r}}{2\sin\alpha}$$

- *Avec les données numériques on trouve que*

$$L = 50 \times \sqrt{1+0.1^2}\,\frac{1-\sqrt{0.75}}{2\times 0.1} \simeq 33.66\ mm.$$

Corrigé exercice 1 a1)

Longueur de contact en tréfilage



- *Une formule du cours donne la longueur de contact :*

$$L = \frac{D_0 - D_f}{2\sin\alpha}.$$

- *Le rapport de réduction des diamètres est* $\sqrt{r}$ *:* $D_f = \sqrt{r} D_0$, *donc*

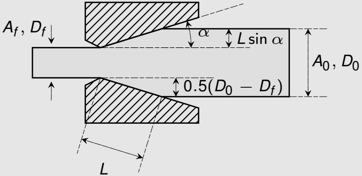
$$L = D_0 \frac{1-\sqrt{r}}{2\sin\alpha}$$

- *Avec les données numériques on trouve que*

$$L = 50 \times \sqrt{1+0.1^2}\,\frac{1-\sqrt{0.75}}{2\times 0.1} \simeq 33.66\,\text{mm}.$$

Corrigé exercice 1 a1)

Longueur de contact en tréfilage



- *Une formule du cours donne la longueur de contact :*

$$L = \frac{D_0 - D_f}{2 \sin \alpha}.$$

- *Le rapport de réduction des diamètres est* $\sqrt{r}$: $D_f = \sqrt{r} D_0$, *donc*

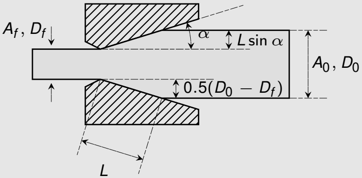
$$L = D_0 \frac{1 - \sqrt{r}}{2 \sin \alpha}$$

- *Avec les données numériques on trouve que*

$$L = 50 \times \sqrt{1 + 0.1^2}\, \frac{1 - \sqrt{0.75}}{2 \times 0.1} \simeq 33.66 \, mm.$$

Corrigé exercice 1 a1)

Longueur de contact en tréfilage



- *Une formule du cours donne la longueur de contact :*

$$L = \frac{D_0 - D_f}{2 \sin \alpha}.$$

- *Le rapport de réduction des diamètres est* $\sqrt{r}$ *:* $D_f = \sqrt{r} D_0$, *donc*

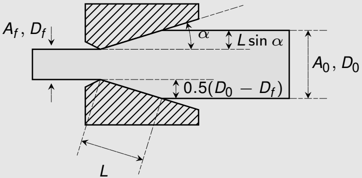
$$L = D_0 \frac{1 - \sqrt{r}}{2 \sin \alpha}$$

- *Avec les données numériques on trouve que*

$$L = 50 \times \sqrt{1 + 0.1^2} \frac{1 - \sqrt{0.75}}{2 \times 0.1} \simeq 33.66\,mm.$$

Corrigé exercice 1 a1)

Longueur de contact en tréfilage



- *Une formule du cours donne la longueur de contact :*

$$L = \frac{D_0 - D_f}{2 \sin \alpha}.$$

- *Le rapport de réduction des diamètres est* $\sqrt{r}$ *:* $D_f = \sqrt{r} D_0$*, donc*

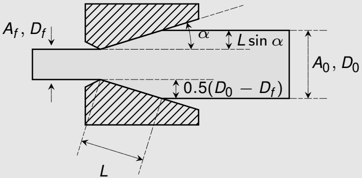
$$L = D_0 \frac{1 - \sqrt{r}}{2 \sin \alpha}$$

- *Avec les données numériques on trouve que*

$$L = 50 \times \sqrt{1 + 0.1^2} \frac{1 - \sqrt{0.75}}{2 \times 0.1} \simeq 33.66 \, mm.$$

Corrigé exercice 1 a1)

Longueur de contact en tréfilage



- *Une formule du cours donne la longueur de contact :*

$$L = \frac{D_0 - D_f}{2\sin\alpha}.$$

- *Le rapport de réduction des diamètres est* $\sqrt{r}$ *:* $D_f = \sqrt{r} D_0$, *donc*

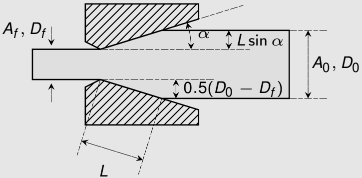
$$L = D_0 \frac{1-\sqrt{r}}{2\sin\alpha} = D_0 \sqrt{1+\tan^2\alpha}\,\frac{1-\sqrt{r}}{2\tan\alpha}$$

- *Avec les données numériques on trouve que*

$$L = 50 \times \sqrt{1+0.1^2}\,\frac{1-\sqrt{0.75}}{2\times 0.1} \simeq 33.66\ mm.$$

Corrigé exercice 1 a1)

Longueur de contact en tréfilage



- *Une formule du cours donne la longueur de contact :*

$$L = \frac{D_0 - D_f}{2\sin\alpha}.$$

- *Le rapport de réduction des diamètres est* $\sqrt{r}$ *:* $D_f = \sqrt{r}D_0$, *donc*

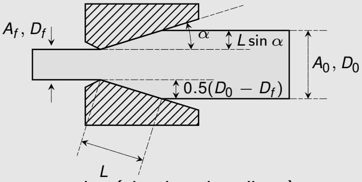
$$L = D_0 \frac{1-\sqrt{r}}{2\sin\alpha} = D_0\sqrt{1+\tan^2\alpha}\,\frac{1-\sqrt{r}}{2\tan\alpha}$$

- *Avec les données numériques on trouve que*

$$L = 50 \times \sqrt{1+0.1^2}\,\frac{1-\sqrt{0.75}}{2\times 0.1} \simeq 33.66\ mm.$$

Corrigé exercice 1 a1)

Longueur de contact en tréfilage



- *Une formule du cours donne la longueur de contact :*

$$L = \frac{D_0 - D_f}{2\sin\alpha}.$$

- *Le rapport de réduction des diamètres est* $\sqrt{r}$ *:* $D_f = \sqrt{r}D_0$, *donc*

$$L = D_0 \frac{1-\sqrt{r}}{2\sin\alpha} = D_0\sqrt{1+\tan^2\alpha}\frac{1-\sqrt{r}}{2\tan\alpha}$$

- *Avec les données numériques on trouve que*

$$L = 50 \times \sqrt{1+0.1^2}\frac{1-\sqrt{0.75}}{2\times 0.1} \simeq 33.66\ mm.$$

Enoncé exercice 1 a2)

Force de tréfilage

- *On applique le procédé de tréfilage à froid pour réduire la section de barres de diamètre initial $D_0 = 50.0$ mm.*
- *La machine utilisée fournit au plus une puissance de $P = 100$ kW. Le demi-angle d'ouverture de la filière esr $\alpha = \arctan \frac{1}{10}$ et le coefficient de frottement dynamique filière-flan est $\mu = 0.1$.*
- *Les propriétés mécaniques de l'alliage d'aluminium sont :*

limite élastique	$R_e \simeq 100$ *MPa*
tx. de déf. nominal en lim. élastique	$\varepsilon_e \simeq 0$
coefficient de Poisson	$\simeq$ *incompressibilité*
comportement plastique	$\simeq$ *parfait*

a) *Le rapport de réduction de section, $r = \frac{A_f}{A_0}$, nécessaire est $r = 0.75$.*

   2) *Calculer la force de tréfilage F_{tref} nécessaire,*

Corrigé exercice 1 a2)

Force de tréfilage

- *Une autre formule du cours, applicable pour un matériau au comportement plastique idéal, permet de calculer la force de tréfilage. Cette formule est :*

$$F_{\text{tref}} = R_e \left(1 + \frac{1}{\mu \cot \alpha}\right) \left(1 - r^{\mu \cot \alpha}\right)$$

- *Avec les données numériques, en tenant compte que $A_0 = \frac{1}{4}\pi D_0^2$ et que $R_e = 0.1$ en unité de kN/mm² :*

Corrigé exercice 1 a2)

Force de tréfilage

- *Une autre formule du cours, applicable pour un matériau au comportement plastique idéal, permet de calculer la force de tréfilage. Cette formule est :*

$$F_{\mathrm{tref}} = A_{\mathrm{f}} R_e \left(1 + \frac{1}{\mu \cot \alpha}\right) \left(1 - r^{\mu \cot \alpha}\right)$$

- *Avec les données numériques, en tenant compte que*

Corrigé exercice 1 a2)

Force de tréfilage

- *Une autre formule du cours, applicable pour un matériau au comportement plastique idéal, permet de calculer la force de tréfilage. Cette formule est :*

$$F_{\mathrm{tref}} = A_{\mathrm{f}} R_e \left(1 + \frac{1}{\mu \cot \alpha}\right)\left(1 - r^{\mu \cot \alpha}\right)$$

- *Avec les données numériques, en tenant compte que* $A_0 = \frac{1}{4}\pi D_0^2$

Corrigé exercice 1 a2)

Force de tréfilage

- *Une autre formule du cours, applicable pour un matériau au comportement plastique idéal, permet de calculer la force de tréfilage. Cette formule est :*

$$F_{\mathrm{tref}} = rA_0 R_e \left(1 + \frac{1}{\mu \cot \alpha}\right)\left(1 - r^{\mu \cot \alpha}\right)$$

- *Avec les données numériques, en tenant compte que* $A_0 = \frac{1}{4}\pi D_0^2$ *et que* $R_e = 0.1$ *en unité de kN/mm² :*

$$F_{tref} = 0.75 \times \frac{3.14 \times 50^2}{4} \times 0.1 \times \left(1 + \frac{1}{0.1 \times 10}\right)\left(1 - 0.75^{0.1 \times 10}\right)$$

Corrigé exercice 1 a2)

Force de tréfilage

- *Une autre formule du cours, applicable pour un matériau au comportement plastique idéal, permet de calculer la force de tréfilage. Cette formule est :*

$$F_{\text{tref}} = rA_0 R_e \left(1 + \frac{1}{\mu \cot \alpha}\right)\left(1 - r^{\mu \cot \alpha}\right)$$

- *Avec les données numériques, en tenant compte que* $A_0 = \frac{1}{4}\pi D_0^2$ *et que* $R_e = 0.1$ *en unité de kN/mm^2 :*

Corrigé exercice 1 a2)

Force de tréfilage

- *Une autre formule du cours, applicable pour un matériau au comportement plastique idéal, permet de calculer la force de tréfilage. Cette formule est :*

$$F_{\mathrm{tref}} = rA_0 R_e \left(1 + \frac{1}{\mu \cot \alpha}\right)\left(1 - r^{\mu \cot \alpha}\right)$$

- *Avec les données numériques, en tenant compte que* $A_0 = \frac{1}{4}\pi D_0^2$ *et que* $R_e = 0.1$ *en unité de kN/mm*^{2} *:*

$$F_{\mathrm{tref}} \simeq 0.75 \times \frac{3.14 \times 50^2}{4} \times 0.1 \times \left(1 + \frac{1}{0.1 \times 10}\right)\left(1 - 0.75^{0.1\times 10}\right) \simeq 73.6\,kN$$

Corrigé exercice 1 a2)

Force de tréfilage

- *Une autre formule du cours, applicable pour un matériau au comportement plastique idéal, permet de calculer la force de tréfilage. Cette formule est :*

$$F_{\text{tref}} = rA_0 R_e \left(1 + \frac{1}{\mu \cot \alpha}\right)\left(1 - r^{\mu \cot \alpha}\right)$$

- *Avec les données numériques, en tenant compte que* $A_0 = \frac{1}{4}\pi D_0^2$ *et que* $R_e = 0.1$ *en unité de kN/mm*^{2} *:*

$$F_{\text{tref}} \simeq 0.75 \times \frac{3.14 \times 50^2}{4} \times 0.1 \times \left(1 + \frac{1}{0.1 \times 10}\right)\left(1 - 0.75^{0.1\times 10}\right) \simeq 73.6\ kN$$

Corrigé exercice 1 a2)

Force de tréfilage

- *Une autre formule du cours, applicable pour un matériau au comportement plastique idéal, permet de calculer la force de tréfilage. Cette formule est :*

$$F_{\text{tref}} = rA_0 R_e \left(1 + \frac{1}{\mu \cot \alpha}\right)\left(1 - r^{\mu \cot \alpha}\right)$$

- *Avec les données numériques, en tenant compte que* $A_0 = \frac{1}{4}\pi D_0^2$ *et que* $R_e = 0.1$ *en unité de kN/mm*^{2} *:*

$$F_{\text{tref}} \simeq 0.75 \times \frac{3.14 \times 50^2}{4} \times 0.1 \times \left(1 + \frac{1}{0.1 \times 10}\right)\left(1 - 0.75^{0.1 \times 10}\right) \simeq 73.6\ kN$$

Corrigé exercice 1 a2)

Force de tréfilage

- *Une autre formule du cours, applicable pour un matériau au comportement plastique idéal, permet de calculer la force de tréfilage. Cette formule est :*

$$F_{\text{tref}} = rA_0 R_e \left(1 + \frac{1}{\mu \cot \alpha}\right) \left(1 - r^{\mu \cot \alpha}\right)$$

- *Avec les données numériques, en tenant compte que* $A_0 = \frac{1}{4}\pi D_0^2$ *et que* $R_e = 0.1$ *en unité de kN/mm*^{2} *:*

$$F_{\text{tref}} \simeq 0.75 \times \frac{3.14 \times 50^2}{4} \times 0.1 \times \left(1 + \frac{1}{0.1 \times 10}\right) \left(1 - 0.75^{0.1 \times 10}\right) \simeq 73.6\, kN$$

Enoncé exercice 1 a3)

Contrainte de traction

- *On applique le procédé de tréfilage à froid pour réduire la section de barres de diamètre initial* $D_0 = 50.0\,mm$.
- *La machine utilisée fournit au plus une puissance de* $P = 100\,kW$. *Le demi-angle d'ouverture de la filière esr* $\alpha = \arctan \frac{1}{10}$ *et le coefficient de frottement dynamique filière-flan est* $\mu = 0.1$.
- *Les propriétés mécaniques de l'alliage d'aluminium sont :*

limite élastique	$R_e \simeq 100\,MPa$
tx. de déf. nominal en lim. élastique	$\varepsilon_e \simeq 0$
coefficient de Poisson	$\simeq$ *incompressibilité*
comportement plastique	$\simeq$ *parfait*

a) *Le rapport de réduction de section,* $r = \frac{A_f}{A_0}$, *nécessaire est* $r = 0.75$.

   3) *Calculer la contrainte de traction* q_f *(tension de tréfilage) qu'on doit appliquer sur la section de sortie du flan,*

Corrigé exercice 1 a3)

Contrainte de traction

- *La force de tréfilage correspond à une contrainte de traction q_f distribuée sur la section de sortie A_f :*

$$q_f = \frac{F_{\mathrm{tref}}}{A_f} = R_e \left(1 + \frac{1}{\mu \cot \alpha}\right) \left(1 - r^{\mu \cot \alpha}\right)$$

- *Avec les données numériques :*

$$q_f \simeq 100 \times \left(1 + \frac{1}{0.1 \times 10}\right) \left(1 - 0.75^{0.1 \times 10}\right) = 50\ MPa$$

Corrigé exercice 1 a3)

Contrainte de traction

- *La force de tréfilage correspond à une contrainte de traction* q_f *distribuée sur la section de sortie* A_f *:*

$$q_f = \frac{F_{\text{tref}}}{A_f} = R_e \left(1 + \frac{1}{\mu \cot \alpha}\right)\left(1 - r^{\mu \cot \alpha}\right)$$

- *Avec les données numériques :*

$$q_f \simeq 100 \times \left(1 + \frac{1}{0.1 \times 10}\right)\left(1 - 0.75^{0.1 \times 10}\right) = 50\ MPa.$$

Contrainte de traction

- *La force de tréfilage correspond à une contrainte de traction q_f distribuée sur la section de sortie A_f :*

$$q_f = \frac{F_{\mathrm{tref}}}{A_f} = R_e \left(1 + \frac{1}{\mu \cot \alpha}\right)\left(1 - r^{\mu \cot \alpha}\right)$$

- *Avec les données numériques :*

$$q_f \simeq 100 \times \left(1 + \frac{1}{0.1 \times 10}\right)\left(1 - 0.75^{0.1 \times 10}\right) = 50\ MPa.$$

Corrigé exercice 1 a3)

Contrainte de traction

- *La force de tréfilage correspond à une contrainte de traction q_f distribuée sur la section de sortie A_f :*

$$q_f = \frac{F_{\mathrm{tref}}}{A_f} = R_e \left(1 + \frac{1}{\mu \cot \alpha}\right) \left(1 - r^{\mu \cot \alpha}\right)$$

- *Avec les données numériques :*

$$q_f \simeq 100 \times \left(1 + \frac{1}{0.1 \times 10}\right) \left(1 - 0.75^{0.1 \times 10}\right) = 50 \ MPa.$$

Corrigé exercice 1 a3)

Contrainte de traction

- *La force de tréfilage correspond à une contrainte de traction q_f distribuée sur la section de sortie A_f :*

$$q_f = \frac{F_{\text{tref}}}{A_f} = R_e \left(1 + \frac{1}{\mu \cot \alpha}\right) \left(1 - r^{\mu \cot \alpha}\right)$$

- *Avec les données numériques :*

$$q_f \simeq 100 \times \left(1 + \frac{1}{0.1 \times 10}\right) \left(1 - 0.75^{0.1 \times 10}\right) = 50 \; MPa.$$

Enoncé exercice 1 a4)

Taux de tréfilage

- *On applique le procédé de tréfilage à froid pour réduire la section de barres de diamètre initial $D_0 = 50.0$ mm.*
- *La machine utilisée fournit au plus une puissance de $P = 100\,kW$. Le demi-angle d'ouverture de la filière esr $\alpha = \arctan \frac{1}{10}$ et le coefficient de frottement dynamique filière-flan est $\mu = 0.1$.*
- *Les propriétés mécaniques de l'alliage d'aluminium sont :*

limite élastique	$R_e \simeq 100\,MPa$
tx. de déf. nominal en lim. élastique	$\varepsilon_e \simeq 0$
coefficient de Poisson	$\simeq$ *incompressibilité*
comportement plastique	$\simeq$ *parfait*

a) *Le rapport de réduction de section, $r = \frac{A_f}{A_0}$, nécessaire est $r = 0.75$.*

   4) *Calculer le taux de matière maximum qu'on peut tréfiler par unité de temps,*

Corrigé exercice 1 a4)

Taux de tréfilage

- *La vitesse de sortie v_f du flan, doit être adaptée à la puissance maximale que la machine peut fournir et à la force de tréfilage nécessaire :*

$$P_{\max} = v_f^{\max} F_{\mathrm{tref}} \Longrightarrow v_f^{\max} = \frac{P_{\max}}{F_{\mathrm{tref}}}$$

- *soit, avec les données numériques, $P = 100\,kW$ et $F_{\mathrm{tref}} \simeq 73.6\,kN$:*

$$v_f^{\max} \simeq \frac{100}{73.6} \simeq 1.36\,m/s$$

- *Il en résulte le taux de matière tréfilée maximal :*

$$\dot{V}^{\max} = A_f v_f^{\max} = r\frac{\pi D_0^2}{4} v_f^{\max}$$

- *soit, avec les données numériques :*

$$\dot{V}^{\max} \simeq 0.75 \times \frac{3.14 \times 50^2}{4} \times 1360 = 2'001'750\,mm^3/s \simeq 2\,l/s.$$

Taux de tréfilage

- *La vitesse de sortie v_f du flan, doit être adaptée à la puissance maximale que la machine peut fournir et à la force de tréfilage nécessaire :*

$$P_{\max} = v_f^{\max} F_{\text{tref}} \Longrightarrow v_f^{\max} = \frac{P_{\max}}{F_{\text{tref}}}$$

- *soit, avec les données numériques, $P = 100\,kW$ et $F_{\text{tref}} \simeq 73.6\,kN$:*

$$v_f^{\max} \simeq \frac{100}{73.6} \simeq 1.36\,m/s = 1360\,mm/s.$$

- *Il en résulte le taux de matière tréfilée maximal :*

$$\dot{V}^{\max} = A_f v_f^{\max} = r\frac{\pi D_0^2}{4} v_f^{\max}$$

- *soit, avec les données numériques :*

$$\dot{V}^{\max} \simeq 0.75 \times \frac{3.14 \times 50^2}{4} \times 1360 = 2'001'750\,mm^3/s \simeq 2\,l/s.$$

Corrigé exercice 1 a4)

Taux de tréfilage

- *La vitesse de sortie v_f du flan, doit être adaptée à la puissance maximale que la machine peut fournir et à la force de tréfilage nécessaire :*

$$P_{\max} = v_f^{\max} F_{\text{tref}} \Longrightarrow v_f^{\max} = \frac{P_{\max}}{F_{\text{tref}}}$$

- *soit, avec les données numériques, $P = 100\,kW$ et $F_{\text{tref}} \simeq 73.6\,kN$:*

$$v_f^{\max} \simeq \frac{100}{73.6} \simeq 1.36\,m/s = 1360\,mm/s.$$

- *Il en résulte le taux de matière tréfilée maximal :*

$$\dot{V}^{\max} = A_f v_f^{\max} = r\frac{\pi D_0^2}{4} v_f^{\max}$$

- *soit, avec les données numériques :*

$$\dot{V}^{\max} \simeq 0.75 \times \frac{3.14 \times 50^2}{4} \times 1360 = 2'001'750\,mm^3/s \simeq 2\,l/s.$$

Corrigé exercice 1 a4)

Taux de tréfilage

- *La vitesse de sortie v_f du flan, doit être adaptée à la puissance maximale que la machine peut fournir et à la force de tréfilage nécessaire :*

$$P_{\max} = v_f^{\max} F_{\text{tref}} \Longrightarrow v_f^{\max} = \frac{P_{\max}}{F_{\text{tref}}}$$

- *soit, avec les données numériques, $P = 100\,kW$ et $F_{\text{tref}} \simeq 73.6\,kN$:*

$$v_f^{\max} \simeq \frac{100}{73.6} \simeq 1.36\,m/s = 1360\,mm/s.$$

- *Il en résulte le taux de matière tréfilée maximal :*

$$\dot{V}^{\max} = A_f v_f^{\max} = r\frac{\pi D_0^2}{4} v_f^{\max}$$

- *soit, avec les données numériques :*

$$\dot{V}^{\max} \simeq 0.75 \times \frac{3.14 \times 50^2}{4} \times 1360 = 2'001'750\,mm^3/s \simeq 2\,l/s.$$

Corrigé exercice 1 a4)

Taux de tréfilage

- *La vitesse de sortie v_f du flan, doit être adaptée à la puissance maximale que la machine peut fournir et à la force de tréfilage nécessaire :*

$$P_{\max} = v_f^{\max} F_{\text{tref}} \Longrightarrow v_f^{\max} = \frac{P_{\max}}{F_{\text{tref}}}$$

- *soit, avec les données numériques, $P = 100\,kW$ et $F_{\text{tref}} \simeq 73.6\,kN$:*

$$v_f^{\max} \simeq \frac{100}{73.6} \simeq 1.36\,m/s = 1360\,mm/s.$$

- *Il en résulte le taux de matière tréfilée maximal :*

$$\dot{V}^{\max} = A_f v_f^{\max} = r\frac{\pi D_0^2}{4} v_f^{\max}$$

- *soit, avec les données numériques :*

$$\dot{V}^{\max} \simeq 0.75 \times \frac{3.14 \times 50^2}{4} \times 1360 = 2'001'750\,mm^3/s \simeq 2\,l/s.$$

Corrigé exercice 1 a4)

Taux de tréfilage

- *La vitesse de sortie v_f du flan, doit être adaptée à la puissance maximale que la machine peut fournir et à la force de tréfilage nécessaire :*

$$P_{\text{max}} = v_f^{\text{max}} F_{\text{tref}} \Longrightarrow v_f^{\text{max}} = \frac{P_{\text{max}}}{F_{\text{tref}}}$$

- *soit, avec les données numériques, $P = 100$ kW et $F_{\text{tref}} \simeq 73.6$ kN :*

$$v_f^{\text{max}} \simeq \frac{100}{73.6} \simeq 1.36 \, m/s = 1360 \, mm/s.$$

- *Il en résulte le taux de matière tréfilée maximal :*

$$\dot{V}^{\text{max}} = A_f v_f^{\text{max}} = r \frac{\pi D_0^2}{4} v_f^{\text{max}}$$

- *soit, avec les données numériques :*

$$\dot{V}^{\text{max}} \simeq 0.75 \times \frac{3.14 \times 50^2}{4} \times 1360 = 2'001'750 \, mm^3/s \simeq 2 \, l/s.$$

Corrigé exercice 1 a4)

Taux de tréfilage

- *La vitesse de sortie v_f du flan, doit être adaptée à la puissance maximale que la machine peut fournir et à la force de tréfilage nécessaire :*

$$P_{\max} = v_f^{\max} F_{\text{tref}} \Longrightarrow v_f^{\max} = \frac{P_{\max}}{F_{\text{tref}}}$$

- *soit, avec les données numériques, $P = 100\,kW$ et $F_{\text{tref}} \simeq 73.6\,kN$:*

$$v_f^{\max} \simeq \frac{100}{73.6} \simeq 1.36\,m/s = 1360\,mm/s.$$

- *Il en résulte le taux de matière tréfilée maximal :*

$$\dot{V}^{\max} = A_f v_f^{\max} = r\,\frac{\pi D_0^2}{4}\, v_f^{\max}$$

- *soit, avec les données numériques :*

$$\dot{V}^{\max} \simeq 0.75 \times \frac{3.14 \times 50^2}{4} \times 1360 = 2'001'750\,mm^3/s \simeq 2\,l/s.$$

Corrigé exercice 1 a4)

Taux de tréfilage

- *La vitesse de sortie v_f du flan, doit être adaptée à la puissance maximale que la machine peut fournir et à la force de tréfilage nécessaire :*

$$P_{\max} = v_f^{\max} F_{\text{tref}} \Longrightarrow v_f^{\max} = \frac{P_{\max}}{F_{\text{tref}}}$$

- *soit, avec les données numériques, $P = 100\,kW$ et $F_{\text{tref}} \simeq 73.6\,kN$:*

$$v_f^{\max} \simeq \frac{100}{73.6} \simeq 1.36\,m/s = 1360\,mm/s.$$

- *Il en résulte le taux de matière tréfilée maximal :*

$$\dot{V}^{\max} = A_f v_f^{\max} = r\frac{\pi D_0^2}{4} v_f^{\max}$$

- *soit, avec les données numériques :*

$$\dot{V}^{\max} \simeq 0.75 \times \frac{3.14 \times 50^2}{4} \times 1360 = 2'001'750\,mm^3/s \simeq 2\,l/s.$$

Corrigé exercice 1 a4)

Taux de tréfilage

- *La vitesse de sortie v_f du flan, doit être adaptée à la puissance maximale que la machine peut fournir et à la force de tréfilage nécessaire :*

$$P_{\max} = v_f^{\max} F_{\text{tref}} \Longrightarrow v_f^{\max} = \frac{P_{\max}}{F_{\text{tref}}}$$

- *soit, avec les données numériques, $P = 100\ kW$ et $F_{\text{tref}} \simeq 73.6\ kN$:*

$$v_f^{\max} \simeq \frac{100}{73.6} \simeq 1.36\ m/s = 1360\ mm/s.$$

- *Il en résulte le taux de matière tréfilée maximal :*

$$\dot{V}^{\max} = A_f v_f^{\max} = r \frac{\pi D_0^2}{4} v_f^{\max}$$

- *soit, avec les données numériques :*

$$\dot{V}^{\max} \simeq 0.75 \times \frac{3.14 \times 50^2}{4} \times 1360 = 2'001'750\ mm^3/s \simeq 2\ l/s.$$

Corrigé exercice 1 a4)

Taux de tréfilage

- *La vitesse de sortie v_f du flan, doit être adaptée à la puissance maximale que la machine peut fournir et à la force de tréfilage nécessaire :*

$$P_{\max} = v_f^{\max} F_{\text{tref}} \Longrightarrow v_f^{\max} = \frac{P_{\max}}{F_{\text{tref}}}$$

- *soit, avec les données numériques, $P = 100\,kW$ et $F_{\text{tref}} \simeq 73.6\,kN$:*

$$v_f^{\max} \simeq \frac{100}{73.6} \simeq 1.36\,m/s = 1360\,mm/s.$$

- *Il en résulte le taux de matière tréfilée maximal :*

$$\dot{V}^{\max} = A_f v_f^{\max} = r\frac{\pi D_0^2}{4} v_f^{\max}$$

- *soit, avec les données numériques :*

$$\dot{V}^{\max} \simeq 0.75 \times \frac{3.14 \times 50^2}{4} \times 1360 = 2'001'750\,mm^3/s \simeq 2\,l/s.$$

Enoncé exercice 1 a5)

Dépenses énergétiques

- *On applique le procédé de tréfilage à froid pour réduire la section de barres de diamètre initial* $D_0 = 50.0\,mm$.
- *La machine utilisée fournit au plus une puissance de* $P = 100\,kW$. *Le demi-angle d'ouverture de la filière esr* $\alpha = \arctan\frac{1}{10}$ *et le coefficient de frottement dynamique filière-flan est* $\mu = 0.1$.
- *Les propriétés mécaniques de l'alliage d'aluminium sont :*

limite élastique	$R_e \simeq 100\,MPa$
tx. de déf. nominal en lim. élastique	$\varepsilon_e \simeq 0$
coefficient de Poisson	$\simeq$ *incompressibilité*
comportement plastique	$\simeq$ *parfait*

a) *Le rapport de réduction de section,* $r = \frac{A_f}{A_0}$, *nécessaire est* $r = 0.75$.

   5) *Calculer la proportion de la puissance dépensée sous forme de déformation plastique et la proportion de la puissance dissipée en frottement.*

Corrigé exercice 1 a5)

Dépenses énergétiques

- *Calculons l'énergie e_{tref} qu'on dépense pour tréfiler une unité de volume de matière.*
- *L'énergie qu'on dépense **par unité de temps** est la puissance :*

$$P_{\text{tref}} = F_{\text{tref}} V_f = q_f A_f V_f$$

- *Comme $\dot{V}$ est le volume tréfilé **par unité de temps** q_f représente exactement l'énergie que coûte le tréfilage d'une unité de volume.*
- *Avec les données numériques on a donc que*

$$e_{\text{tref}} = q_f = 50\ MPa = 0.05\ GPa$$

Corrigé exercice 1 a5)

Dépenses énergétiques

- *Calculons l'énergie e_{tref} qu'on dépense pour tréfiler une unité de volume de matière.*
- *L'énergie qu'on dépense* ***par unité de temps*** *est la puissance :*

$$P_{\text{tref}} = F_{\text{tref}} v_f = q_f A v_f = q_f \dot{V}$$

- *Comme $\dot{V}$ est le volume tréfilé* ***par unité de temps*** *q_f représente exactement l'énergie que coûte le tréfilage d'une unité de volume.*
- *Avec les données numériques on a donc que*

$$e_{\text{tref}} = q_f = 50\,MPa = 0.05\,GPa$$

Dépenses énergétiques

- *Calculons l'énergie* e_{tref} *qu'on dépense pour tréfiler une unité de volume de matière.*
- *L'énergie qu'on dépense **par unité de temps** est la puissance :*

$$P_{\mathrm{tref}} = F_{\mathrm{tref}} v_f = q_f A_f v_f = q_f \dot{V}$$

- *Comme* $\dot{V}$ *est le volume tréfilé **par unité de temps**,* q_f *représente exactement l'énergie que coûte le tréfilage d'une unité de volume.*
- *Avec les données numériques on a donc que*

$$e_{\mathrm{tref}} = q_f = 50\,MPa = 0.05\,GPa$$

Corrigé exercice 1 a5)

Dépenses énergétiques

- *Calculons l'énergie e_{tref} qu'on dépense pour tréfiler une unité de volume de matière.*
- *L'énergie qu'on dépense **par unité de temps** est la puissance :*

$$P_{\text{tref}} = F_{\text{tref}} v_f = q_f A_f v_f = q_f \dot{V}.$$

- *Comme $\dot{V}$ est le volume tréfilé **par unité de temps** q_f représente exactement l'énergie que coûte le tréfilage d'une unité de volume.*
- *Avec les données numériques on a donc que*

$$e_{\text{tref}} = q_f = 50\,MPa = 0.05\,GPa$$

Corrigé exercice 1 a5)

Dépenses énergétiques

- *Calculons l'énergie e_{tref} qu'on dépense pour tréfiler une unité de volume de matière.*
- *L'énergie qu'on dépense **par unité de temps** est la puissance :*

$$P_{\text{tref}} = F_{\text{tref}} v_f = q_f A_f v_f$$

Corrigé exercice 1 a5)

Dépenses énergétiques

- *Calculons l'énergie e_{tref} qu'on dépense pour tréfiler une unité de volume de matière.*
- *L'énergie qu'on dépense **par unité de temps** est la puissance :*

$$P_{\mathrm{tref}} = F_{\mathrm{tref}} v_f = q_f A_f v_f = q_f \dot{V}.$$

- *Comme $\dot{V}$ est le volume tréfilé **par unité de temps** q_f représente exactement l'énergie que coûte le tréfilage d'une unité de volume.*
- *Avec les données numériques on a donc que*

$$e_{\mathrm{tref}} = q_f = 50\,MPa = 0.05\,GPa$$

Corrigé exercice 1 a5)

Dépenses énergétiques

- *Calculons l'énergie e_{tref} qu'on dépense pour tréfiler une unité de volume de matière.*
- *L'énergie qu'on dépense **par unité de temps** est la puissance :*

$$P_{\text{tref}} = F_{\text{tref}} v_f = q_f A_f v_f = q_f \dot{V}.$$

- *Comme $\dot{V}$ est le volume tréfilé **par unité de temps** q_f représente exactement l'énergie que coûte le tréfilage d'une unité de volume*
- *Avec les données numériques on a donc que*

$$e_{\text{tref}} = q_f \quad 50\,\text{MPa} \quad 0.05\,\text{GPa}$$

Corrigé exercice 1 a5)

Dépenses énergétiques

- *Calculons l'énergie e_{tref} qu'on dépense pour tréfiler une unité de volume de matière.*
- *L'énergie qu'on dépense* ***par unité de temps*** *est la puissance :*

$$P_{\text{tref}} = F_{\text{tref}} v_f = q_f A_f v_f = q_f \dot{V}.$$

- *Comme $\dot{V}$ est le volume tréfilé* ***par unité de temps*** *q_f représente exactement l'énergie que coûte le tréfilage d'une unité de volume*
- *Avec les données numériques on a donc que*

$$e_{\text{tref}} = q_f = 50\,\text{MPa} = 0.05\,\text{GPa}$$

Corrigé exercice 1 a5)

Dépenses énergétiques

- *Calculons l'énergie e_{tref} qu'on dépense pour tréfiler une unité de volume de matière.*
- *L'énergie qu'on dépense **par unité de temps** est la puissance :*

$$P_{\mathrm{tref}} = F_{\mathrm{tref}} v_f = q_f A_f v_f = q_f \dot{V}.$$

- *Comme $\dot{V}$ est le volume tréfilé **par unité de temps** q_f représente exactement l'énergie que coûte le tréfilage d'une unité de volume*
- *Avec les données numériques on a donc que*

$$e_{\mathrm{tref}} = q_f = 50\,MPa = 0.05\,GPa$$

Corrigé exercice 1 a5)

Dépenses énergétiques

- *Calculons l'énergie e_{tref} qu'on dépense pour tréfiler une unité de volume de matière.*
- *L'énergie qu'on dépense **par unité de temps** est la puissance :*

$$P_{\mathrm{tref}} = F_{\mathrm{tref}} v_f = q_f A_f v_f = q_f \dot{V}.$$

- *Comme $\dot{V}$ est le volume tréfilé **par unité de temps** q_f représente exactement l'énergie que coûte le tréfilage d'une unité de volume*
- *Avec les données numériques on a donc que*

$$e_{\mathrm{tref}} = q_f = 50\,MPa = 0.05\,GPa$$

Corrigé exercice 1 a5)

Dépenses énergétiques

- *Calculons l'énergie e_{tref} qu'on dépense pour tréfiler une unité de volume de matière.*
- *L'énergie qu'on dépense **par unité de temps** est la puissance :*

$$P_{\mathrm{tref}} = F_{\mathrm{tref}} v_f = q_f A_f v_f = q_f \dot{V}.$$

- *Comme $\dot{V}$ est le volume tréfilé **par unité de temps** q_f représente exactement l'énergie que coûte le tréfilage d'une unité de volume*
- *Avec les données numériques on a donc que*

$$e_{\mathrm{tref}} = q_f = 50\,MPa = 0.05\,GPa = 0.05\,J/mm^3$$

Corrigé exercice 1 a5)

Dépenses énergétiques

- *Calculons l'énergie e_{tref} qu'on dépense pour tréfiler une unité de volume de matière.*
- *L'énergie qu'on dépense **par unité de temps** est la puissance :*

$$P_{\text{tref}} = F_{\text{tref}} v_f = q_f A_f v_f = q_f \dot{V}.$$

- *Comme $\dot{V}$ est le volume tréfilé **par unité de temps** q_f représente exactement l'énergie que coûte le tréfilage d'une unité de volume*
- *Avec les données numériques on a donc que*

$$e_{\text{tref}} = q_f = 50\,MPa = 0.05\,GPa = 0.05\,J/mm^3$$

Corrigé exercice 1 a5)

Dépenses énergétiques

- *Calculons l'énergie* e_{tref} *qu'on dépense pour tréfiler une unité de volume de matière.*
- *L'énergie qu'on dépense* ***par unité de temps*** *est la puissance :*

$$P_{\text{tref}} = F_{\text{tref}} v_f = q_f A_f v_f = q_f \dot{V}.$$

- *Comme* $\dot{V}$ *est le volume tréfilé* ***par unité de temps*** q_f *représente exactement l'énergie que coûte le tréfilage d'une unité de volume*
- *Avec les données numériques on a donc que*

$$e_{\text{tref}} = q_f = 50\ MPa = 0.05\ GPa = 0.05\ J/mm^3$$

Dépenses énergétiques

- *Calculons l'énergie e_{tref} qu'on dépense pour tréfiler une unité de volume de matière.*
- *L'énergie qu'on dépense **par unité de temps** est la puissance :*

$$P_{\mathrm{tref}} = F_{\mathrm{tref}} v_f = q_f A_f v_f = q_f \dot{V}.$$

- *Comme $\dot{V}$ est le volume tréfilé **par unité de temps** q_f représente exactement l'énergie que coûte le tréfilage d'une unité de volume*
- *Avec les données numériques on a donc que*

$$e_{\mathrm{tref}} = q_f = 50\,MPa = 0.05\,GPa = 0.05\,J/mm^3$$

Corrigé exercice 1 a5)

Dépenses énergétiques

- *Calculons l'énergie e_{tref} qu'on dépense pour tréfiler une unité de volume de matière.*
- *L'énergie qu'on dépense **par unité de temps** est la puissance :*

$$P_{\text{tref}} = F_{\text{tref}} v_f = q_f A_f v_f = q_f \dot{V}.$$

- *Comme $\dot{V}$ est le volume tréfilé **par unité de temps** q_f représente exactement l'énergie que coûte le tréfilage d'une unité de volume*
- *Avec les données numériques on a donc que*

$$e_{\text{tref}} = q_f = 50\,MPa = 0.05\,GPa = 0.05\,J/mm^3$$

Corrigé exercice 1 a5)

Dépenses énergétiques

- *Calculons l'énergie* e_{tref} *qu'on dépense pour tréfiler une unité de volume de matière.*
- *L'énergie qu'on dépense* ***par unité de temps*** *est la puissance :*

$$P_{\mathrm{tref}} = F_{\mathrm{tref}} v_f = q_f A_f v_f = q_f \dot{V}.$$

- *Comme* $\dot{V}$ *est le volume tréfilé* ***par unité de temps*** q_f *représente exactement l'énergie que coûte le tréfilage d'une unité de volume*
- *Avec les données numériques on a donc que*

$$e_{\mathrm{tref}} = q_f = 50\,MPa = 0.05\,GPa = 0.05\,J/mm^3$$

Corrigé exercice 1 a5) (suite)

Dépenses énergétiques

- *L'énergie dépensée en tréfilage se dissipe dans les déformations et les frottements.*
  L'énergie de déformation d'une unité de volume de matériau tréfilé (comp. plast. idéal, tx de déf. en lim. élas. négligeable) est donnée par :

$$e_{spec} = -R_e \ln r \quad \text{où} \quad r = \frac{A}{A_0}$$

- *Avec les données numériques, en tenant compte que $R_e = 0.1\ J/mm^3$:*

$$e_{spec} = 0.1 \times \ln\frac{1}{0.75} = 0.029\ J/mm^3$$

- *Les proportions de puissance dissipées en déformation et en frottement sont :*

$$\eta_{def} = \frac{e_{spec}}{e_{tref}} = \frac{0.029}{0.05} \qquad \text{et} \quad \eta_{frot} = \frac{e_{tref} - e_{spec}}{e_{tref}}$$

Corrigé exercice 1 a5) (suite)

Dépenses énergétiques

- *L'énergie dépensée en tréfilage se dissipe dans les déformations et les frottements. L'énergie de déformation d'une unité de volume de matériau tréfilé (comp. plast. idéal, tx. de déf. en lim. élas. négligeable) est donnée par :*

$$e_{\text{spec}} = -R_e \ln r \quad \text{où} \quad r = \frac{A_f}{A_0}.$$

- *Avec les données numériques, en tenant compte que $R_e = 0.1$ J/mm^3 :*

$$e_{spec} = 0.1 \times \ln \frac{1}{0.75} \simeq 0.029 \, J/mm^3.$$

- *Les proportions de puissance dissipées en déformation et en frottement sont :*

$$\eta_{plast} = \frac{e_{spec}}{e_{tot}} \simeq \frac{0.029}{0.05} \qquad \text{et} \qquad \eta_{frott} = \frac{e_{tot} - e_{spec}}{e_{tot}}$$

Corrigé exercice 1 a5) (suite)

Dépenses énergétiques

- *L'énergie dépensée en tréfilage se dissipe dans les déformations et les frottements. L'énergie de déformation d'une unité de volume de matériau tréfilé (comp. plast. idéal, tx. de déf. en lim. élas. négligeable) est donnée par :*

$$e_{\text{spec}} = -R_e \ln r \quad \text{où} \quad r = \frac{A_f}{A_0}.$$

- *Avec les données numériques, en tenant compte que $R_e = 0.1\ J/mm^3$:*

$$e_{spec} = 0.1 \times \ln \frac{1}{0.75} \simeq 0.029\ J/mm^3.$$

- *Les proportions de puissance dissipées en déformation et en frottement sont :*

$$\eta_{plast} = \frac{e_{spec}}{e_{tot}} \simeq \frac{0.029}{0.05} \quad \text{et} \quad \eta_{frott} = \frac{e_{tot} - e_{spec}}{e_{tot}}$$

Corrigé exercice 1 a5) (suite)

Dépenses énergétiques

- *L'énergie dépensée en tréfilage se dissipe dans les déformations et les frottements. L'énergie de déformation d'une unité de volume de matériau tréfilé (comp. plast. idéal, tx. de déf. en lim. élas. négligeable) est donnée par :*

$$e_{\text{spec}} = -R_e \ln r \quad \textit{où} \quad r = \frac{A_f}{A_0}.$$

- *Avec les données numériques, en tenant compte que $R_e = 0.1$ J/mm^3 :*

$$e_{\text{spec}} = 0.1 \times \ln \frac{1}{0.75} \simeq 0.029 \text{ J/mm}^3$$

- *Les proportions de puissance dissipées en déformation et en frottement sont :*

$$\eta_{\text{plast}} = \frac{e_{\text{spec}}}{e_{\text{tot}}} \simeq \frac{0.029}{0.05} \qquad \text{et} \qquad \eta_{\text{frott}} = \frac{e_{\text{tot}} - e_{\text{spec}}}{e_{\text{tot}}}$$

Corrigé exercice 1 a5) (suite)

Dépenses énergétiques

- *L'énergie dépensée en tréfilage se dissipe dans les déformations et les frottements. L'énergie de déformation d'une unité de volume de matériau tréfilé (comp. plast. idéal, tx. de déf. en lim. élas. négligeable) est donnée par :*

$$e_{\text{spec}} = -R_e \ln r \quad \text{où} \quad r = \frac{A_f}{A_0}.$$

- *Avec les données numériques, en tenant compte que $R_e = 0.1$ J/mm^3 :*

$$e_{\text{spec}} = 0.1 \times \ln \frac{1}{0.75} \simeq 0.029 \ J/mm^3.$$

- *Les proportions de puissance dissipées en déformation et en frottement sont :*

$$\eta_{plast} = \frac{e_{spec}}{e_{tot}} \simeq \frac{0.029}{0.05} \quad \text{et} \quad \eta_{frott} = \frac{e_{tot} - e_{spec}}{e_{tot}}$$

Corrigé exercice 1 a5) (suite)

Dépenses énergétiques

- *L'énergie dépensée en tréfilage se dissipe dans les déformations et les frottements. L'énergie de déformation d'une unité de volume de matériau tréfilé (comp. plast. idéal, tx. de déf. en lim. élas. négligeable) est donnée par :*

$$e_{\mathrm{spec}} = -R_e \ln r \quad \textit{où} \quad r = \frac{A_f}{A_0}.$$

- *Avec les données numériques, en tenant compte que $R_e = 0.1$ J/mm^3 :*

$$e_{\mathrm{spec}} = 0.1 \times \ln \frac{1}{0.75} \simeq 0.029 \text{ J/mm}^3.$$

- *Les proportions de puissance dissipées en déformation et en frottement sont :*

$$\eta_{plast} = \frac{e_{spec}}{e_{tot}} \simeq \frac{0.029}{0.05} \qquad \text{et} \qquad \eta_{frott} = \frac{e_{tot} - e_{spec}}{e_{tot}}$$

Corrigé exercice 1 a5) (suite)

Dépenses énergétiques

- *L'énergie dépensée en tréfilage se dissipe dans les déformations et les frottements. L'énergie de déformation d'une unité de volume de matériau tréfilé (comp. plast. idéal, tx. de déf. en lim. élas. négligeable) est donnée par :*

$$e_{\text{spec}} = -R_e \ln r \quad \textit{où} \quad r = \frac{A_f}{A_0}.$$

- *Avec les données numériques, en tenant compte que $R_e = 0.1$ J/mm^3 :*

$$e_{\text{spec}} = 0.1 \times \ln \frac{1}{0.75} \simeq 0.029 \ \textit{J/mm}^3.$$

- *Les proportions de puissance dissipées en déformation et en frottement sont :*

$$\eta_{\text{plast}} = \frac{e_{\text{spec}}}{e_{\text{tref}}} \simeq \frac{0.029}{0.05} \simeq 58\% \quad \text{et} \quad \eta_{\text{frott}} = \frac{e_{\text{tref}} - e_{\text{spec}}}{e_{\text{tref}}} \simeq 1 - 0.58$$

Corrigé exercice 1 a5) (suite)

Dépenses énergétiques

- *L'énergie dépensée en tréfilage se dissipe dans les déformations et les frottements. L'énergie de déformation d'une unité de volume de matériau tréfilé (comp. plast. idéal, tx. de déf. en lim. élas. négligeable) est donnée par :*

$$e_{\text{spec}} = -R_e \ln r \quad où \quad r = \frac{A_f}{A_0}.$$

- *Avec les données numériques, en tenant compte que $R_e = 0.1$ J/mm^3 :*

$$e_{\text{spec}} = 0.1 \times \ln \frac{1}{0.75} \simeq 0.029 \, J/mm^3.$$

- *Les proportions de puissance dissipées en déformation et en frottement sont :*

$$\eta_{\text{plast}} = \frac{e_{\text{spec}}}{e_{\text{tref}}} \simeq \frac{0.029}{0.05} \simeq 58\% \quad et \quad \eta_{\text{frott}} = \frac{e_{\text{tref}} - e_{\text{spec}}}{e_{\text{tref}}} \simeq 1 - 0.58$$

Corrigé exercice 1 a5) (suite)

Dépenses énergétiques

- *L'énergie dépensée en tréfilage se dissipe dans les déformations et les frottements. L'énergie de déformation d'une unité de volume de matériau tréfilé (comp. plast. idéal, tx. de déf. en lim. élas. négligeable) est donnée par :*

$$e_{\text{spec}} = -R_e \ln r \quad \textit{où} \quad r = \frac{A_f}{A_0}.$$

- *Avec les données numériques, en tenant compte que $R_e = 0.1\, J/mm^3$:*

$$e_{\text{spec}} = 0.1 \times \ln \frac{1}{0.75} \simeq 0.029\, J/mm^3.$$

- *Les proportions de puissance dissipées en déformation et en frottement sont :*

$$\eta_{\text{plast}} = \frac{e_{\text{spec}}}{e_{\text{tref}}} \simeq \frac{0.029}{0.05} \simeq 58\% \quad \textit{et} \quad \eta_{\text{frott}} = \frac{e_{\text{tref}} - e_{\text{spec}}}{e_{\text{tref}}} \simeq 1 - 0.58 \simeq 42\%.$$

Corrigé exercice 1 a5) (suite)

Dépenses énergétiques

- *L'énergie dépensée en tréfilage se dissipe dans les déformations et les frottements. L'énergie de déformation d'une unité de volume de matériau tréfilé (comp. plast. idéal, tx. de déf. en lim. élas. négligeable) est donnée par :*

$$e_{\text{spec}} = -R_e \ln r \quad \textit{où} \quad r = \frac{A_f}{A_0}.$$

- *Avec les données numériques, en tenant compte que* $R_e = 0.1\, J/mm^3$ *:*

$$e_{\text{spec}} = 0.1 \times \ln \frac{1}{0.75} \simeq 0.029\, J/mm^3.$$

- *Les proportions de puissance dissipées en déformation et en frottement sont :*

$$\eta_{\text{plast}} = \frac{e_{\text{spec}}}{e_{\text{tref}}} \simeq \frac{0.029}{0.05} \simeq 58\% \quad \textit{et} \quad \eta_{\text{frott}} = \frac{e_{\text{tref}} - e_{\text{spec}}}{e_{\text{tref}}} \simeq 1 - 0.58 = 42\%.$$

Corrigé exercice 1 a5) (suite)

Dépenses énergétiques

- *L'énergie dépensée en tréfilage se dissipe dans les déformations et les frottements. L'énergie de déformation d'une unité de volume de matériau tréfilé (comp. plast. idéal, tx. de déf. en lim. élas. négligeable) est donnée par :*

$$e_{\mathrm{spec}} = -R_e \ln r \quad \textit{où} \quad r = \frac{A_f}{A_0}.$$

- *Avec les données numériques, en tenant compte que $R_e = 0.1$ J/mm^3 :*

$$e_{\mathrm{spec}} = 0.1 \times \ln \frac{1}{0.75} \simeq 0.029\, J/mm^3.$$

- *Les proportions de puissance dissipées en déformation et en frottement sont :*

$$\eta_{\mathrm{plast}} = \frac{e_{\mathrm{spec}}}{e_{\mathrm{tref}}} \simeq \frac{0.029}{0.05} \simeq 58\% \quad \textit{et} \quad \eta_{\mathrm{frott}} = \frac{e_{\mathrm{tref}} - e_{\mathrm{spec}}}{e_{\mathrm{tref}}} \simeq 1 - 0.58 \simeq 42\%.$$

Corrigé exercice 1 a5) (suite)

Dépenses énergétiques

- *L'énergie dépensée en tréfilage se dissipe dans les déformations et les frottements. L'énergie de déformation d'une unité de volume de matériau tréfilé (comp. plast. idéal, tx. de déf. en lim. élas. négligeable) est donnée par :*

$$e_{\text{spec}} = -R_e \ln r \quad \textit{où} \quad r = \frac{A_f}{A_0}.$$

- *Avec les données numériques, en tenant compte que* $R_e = 0.1$ *J/mm*^{3} *:*

$$e_{\text{spec}} = 0.1 \times \ln \frac{1}{0.75} \simeq 0.029\, J/mm^3.$$

- *Les proportions de puissance dissipées en déformation et en frottement sont :*

$$\eta_{\text{plast}} = \frac{e_{\text{spec}}}{e_{\text{tref}}} \simeq \frac{0.029}{0.05} \simeq 58\% \quad \textit{et} \quad \eta_{\text{frott}} = \frac{e_{\text{tref}} - e_{\text{spec}}}{e_{\text{tref}}} \simeq 1 - 0.58 \simeq 42\%.$$

Corrigé exercice 1 a5) (suite)

Dépenses énergétiques

- *L'énergie dépensée en tréfilage se dissipe dans les déformations et les frottements. L'énergie de déformation d'une unité de volume de matériau tréfilé (comp. plast. idéal, tx. de déf. en lim. élas. négligeable) est donnée par :*

$$e_{\mathrm{spec}} = -R_e \ln r \quad \textit{où} \quad r = \frac{A_f}{A_0}.$$

- *Avec les données numériques, en tenant compte que $R_e = 0.1$ J/mm^3 :*

$$e_{\mathrm{spec}} = 0.1 \times \ln \frac{1}{0.75} \simeq 0.029 \, J/mm^3.$$

- *Les proportions de puissance dissipées en déformation et en frottement sont :*

$$\eta_{\mathrm{plast}} = \frac{e_{\mathrm{spec}}}{e_{\mathrm{tref}}} \simeq \frac{0.029}{0.05} \simeq 58\% \quad \textit{et} \quad \eta_{\mathrm{frott}} = \frac{e_{\mathrm{tref}} - e_{\mathrm{spec}}}{e_{\mathrm{tref}}} \simeq 1 - 0.58 \simeq 42\%.$$

Corrigé exercice 1 a5) (suite)

Dépenses énergétiques

- *L'énergie dépensée en tréfilage se dissipe dans les déformations et les frottements. L'énergie de déformation d'une unité de volume de matériau tréfilé (comp. plast. idéal, tx. de déf. en lim. élas. négligeable) est donnée par :*

$$e_{\text{spec}} = -R_e \ln r \quad \textit{où} \quad r = \frac{A_f}{A_0}.$$

- *Avec les données numériques, en tenant compte que $R_e = 0.1\,J/mm^3$:*

$$e_{\text{spec}} = 0.1 \times \ln \frac{1}{0.75} \simeq 0.029\,J/mm^3.$$

- *Les proportions de puissance dissipées en déformation et en frottement sont :*

$$\eta_{\text{plast}} = \frac{e_{\text{spec}}}{e_{\text{tref}}} \simeq \frac{0.029}{0.05} \simeq 58\% \quad \textit{et} \quad \eta_{\text{frott}} = \frac{e_{\text{tref}} - e_{\text{spec}}}{e_{\text{tref}}} \simeq 1 - 0.58 \simeq 42\%.$$

Corrigé exercice 1 a5) (suite)

Dépenses énergétiques

- *L'énergie dépensée en tréfilage se dissipe dans les déformations et les frottements. L'énergie de déformation d'une unité de volume de matériau tréfilé (comp. plast. idéal, tx. de déf. en lim. élas. négligeable) est donnée par :*

$$e_{\text{spec}} = -R_e \ln r \quad \textit{où} \quad r = \frac{A_f}{A_0}.$$

- *Avec les données numériques, en tenant compte que $R_e = 0.1$ J/mm^3 :*

$$e_{\text{spec}} = 0.1 \times \ln \frac{1}{0.75} \simeq 0.029\,\text{J/mm}^3.$$

- *Les proportions de puissance dissipées en déformation et en frottement sont :*

$$\eta_{\text{plast}} = \frac{e_{\text{spec}}}{e_{\text{tref}}} \simeq \frac{0.029}{0.05} \simeq 58\% \quad \textit{et} \quad \eta_{\text{frott}} = \frac{e_{\text{tref}} - e_{\text{spec}}}{e_{\text{tref}}} \simeq 1 - 0.58 \simeq 42\%.$$

Enoncé exercice 1 b1)

Force de tréfilage fixe : rapports atteignables

- *On applique le procédé de tréfilage à froid pour réduire la section de barres de diamètre initial* $D_0 = 50.0\,mm$.
- *La machine utilisée fournit au plus une puissance de* $P = 100\,kW$. *Le demi-angle d'ouverture de la filière esr* $\alpha = \operatorname{arctan}\frac{1}{10}$ *et le coefficient de frottement dynamique filière-flan est* $\mu = 0.1$.
- *Les propriétés mécaniques de l'alliage d'aluminium sont :*

limite élastique	$R_e \simeq 100\,MPa$
tx. de déf. nominal en lim. élastique	$\varepsilon_e \simeq 0$
coefficient de Poisson	$\simeq$ *incompressibilité*
comportement plastique	$\simeq$ *parfait*

b) *La seule force utilisable qui reste est de* $50\,kN$.

1) *Montrez que votre machine vous permet d'atteindre a priori deux rapports de réduction de section* $r_- < r_+$. *Calculez leurs valeurs respectives.*

Corrigé exercice 1 b1)

Force de tréfilage plus fixe : rapports atteignables

- *Pour une valeur de r indéterminé, la force de tréfilage F_{tref} vaut :*

$$F_{\mathrm{tref}} = r\frac{\pi D_0^2}{4} R_e \left(1 + \frac{1}{\mu \cot \alpha}\right)\left(1 - r^{\mu \cot \alpha}\right),$$

- *avec les valeurs numériques et en tenant compte que $R_e = 0.1\ kN/mm^2$:*

$$F_{\mathrm{tref}} \simeq r\frac{3.14 \times 50^2}{4} \times 0.1 \times \left(1 + \frac{1}{0.1 \times 10}\right)\left(1 - r^{0.1\times 10}\right) \simeq 392.5r(1-r)\ kN.$$

- *Pour que $F_{\mathrm{tref}} = 50\ kN$, le rapport de réduction r doit être choisi tel que*

$$392.5r(1-r) = 50 \Longrightarrow r(1-r) = \frac{50}{392.5}$$

Corrigé exercice 1 b1)

Force de tréfilage plus fixe : rapports atteignables

- *Pour une valeur de r indéterminé, la force de tréfilage F_{tref} vaut :*

$$F_{\mathrm{tref}} = r\frac{\pi D_0^2}{4} R_e \left(1 + \frac{1}{\mu \cot \alpha}\right)\left(1 - r^{\mu \cot \alpha}\right),$$

- *avec les valeurs numériques et en tenant compte que $R_e = 0.1$ kN/mm^2 :*

$$F_{\mathrm{tref}} \simeq r\frac{3.14 \times 50^2}{4} \times 0.1 \times \left(1 + \frac{1}{0.1 \times 10}\right)\left(1 - r^{0.1 \times 10}\right) \simeq 392.5r(1-r)\ kN.$$

- *Pour que $F_{\mathrm{tref}} = 50$ kN, le rapport de réduction r doit être choisi tel que*

$$392.5r(1-r) = 50 \Longrightarrow r(1-r) = \frac{50}{392.5}$$

Corrigé exercice 1 b1)

Force de tréfilage plus fixe : rapports atteignables

- *Pour une valeur de r indéterminé, la force de tréfilage F_{tref} vaut :*

$$F_{\mathrm{tref}} = r\frac{\pi D_0^2}{4} R_e \left(1 + \frac{1}{\mu \cot \alpha}\right)\left(1 - r^{\mu \cot \alpha}\right),$$

- *avec les valeurs numériques et en tenant compte que $R_e = 0.1\ kN/mm^2$:*

$$F_{\mathrm{tref}} \simeq r\frac{3.14 \times 50^2}{4} \times 0.1 \times \left(1 + \frac{1}{0.1 \times 10}\right)\left(1 - r^{0.1 \times 10}\right) \simeq 392.5r(1 - r)\ kN.$$

- *Pour que $F_{\mathrm{tref}} = 50\ kN$, le rapport de réduction r doit être choisi tel que*

$$392.5r(1 - r) = 50 \Longrightarrow r(1 - r) = \frac{50}{392.5}$$

Corrigé exercice 1 b1)

Force de tréfilage plus fixe : rapports atteignables

- *Pour une valeur de r indéterminé, la force de tréfilage F_{tref} vaut :*

$$F_{\text{tref}} = r\frac{\pi D_0^2}{4} R_e \left(1 + \frac{1}{\mu \cot \alpha}\right)\left(1 - r^{\mu \cot \alpha}\right),$$

- *avec les valeurs numériques et en tenant compte que $R_e = 0.1$ kN/mm^2 :*

$$F_{\text{tref}} \simeq r\frac{3.14 \times 50^2}{4} \times 0.1 \times \left(1 + \frac{1}{0.1 \times 10}\right)\left(1 - r^{0.1 \times 10}\right) \simeq 392.5r(1 - r)\ kN.$$

- *Pour que $F_{\text{tref}} = 50$ kN, le rapport de réduction r doit être choisi tel que*

$$392.5r(1-r) = 50 \Longrightarrow r(1-r) = \frac{50}{392.5} \simeq 0.1274$$

Corrigé exercice 1 b1)

Force de tréfilage plus fixe : rapports atteignables

- *Pour une valeur de r indéterminé, la force de tréfilage F_{tref} vaut :*

$$F_{\mathrm{tref}} = r\frac{\pi D_0^2}{4} R_e \left(1 + \frac{1}{\mu \cot \alpha}\right)\left(1 - r^{\mu \cot \alpha}\right),$$

- *avec les valeurs numériques et en tenant compte que $R_e = 0.1\ kN/mm^2$:*

$$F_{\mathrm{tref}} \simeq r\frac{3.14 \times 50^2}{4} \times 0.1 \times \left(1 + \frac{1}{0.1 \times 10}\right)\left(1 - r^{0.1 \times 10}\right) \simeq 392.5r(1-r)\ kN.$$

- *Pour que $F_{\mathrm{tref}} = 50\ kN$, le rapport de réduction r doit être choisi tel que*

$$392.5r(1-r) = 50 \Longrightarrow r(1-r) = \frac{50}{392.5} \simeq 0.1274$$

Corrigé exercice 1 b1)

Force de tréfilage plus fixe : rapports atteignables

- *Pour une valeur de r indéterminé, la force de tréfilage F_{tref} vaut :*

$$F_{\mathrm{tref}} = r\frac{\pi D_0^2}{4} R_e \left(1 + \frac{1}{\mu \cot \alpha}\right)\left(1 - r^{\mu \cot \alpha}\right),$$

- *avec les valeurs numériques et en tenant compte que $R_e = 0.1\ kN/mm^2$:*

$$F_{\mathrm{tref}} \simeq r\frac{3.14 \times 50^2}{4} \times 0.1 \times \left(1 + \frac{1}{0.1 \times 10}\right)\left(1 - r^{0.1 \times 10}\right) \simeq 392.5r(1-r)\, kN.$$

- *Pour que $F_{\mathrm{tref}} = 50\ kN$, le rapport de réduction r doit être choisi tel que*

$$392.5r(1-r) = 50 \Longrightarrow r(1-r) = \frac{50}{392.5} \simeq 0.1274$$

Corrigé exercice 1 b1)

Force de tréfilage plus fixe : rapports atteignables

- *Pour une valeur de r indéterminé, la force de tréfilage F_{tref} vaut :*

$$F_{\text{tref}} = r\frac{\pi D_0^2}{4} R_e \left(1 + \frac{1}{\mu \cot \alpha}\right)\left(1 - r^{\mu \cot \alpha}\right),$$

- *avec les valeurs numériques et en tenant compte que $R_e = 0.1\ kN/mm^2$:*

$$F_{\text{tref}} \simeq r\frac{3.14 \times 50^2}{4} \times 0.1 \times \left(1 + \frac{1}{0.1 \times 10}\right)\left(1 - r^{0.1 \times 10}\right) \simeq 392.5r(1-r)\ kN.$$

- *Pour que $F_{\text{tref}} = 50\ kN$, le rapport de réduction r doit être choisi tel que*

$$392.5r(1-r) = 50 \Longrightarrow r(1-r) = \frac{50}{392.5} \simeq 0.1274$$

Corrigé exercice 1 b1)

Force de tréfilage plus fixe : rapports atteignables

- *Pour une valeur de r indéterminé, la force de tréfilage F_{tref} vaut :*

$$F_{\text{tref}} = r\frac{\pi D_0^2}{4} R_e \left(1 + \frac{1}{\mu \cot \alpha}\right)\left(1 - r^{\mu \cot \alpha}\right),$$

- *avec les valeurs numériques et en tenant compte que $R_e = 0.1\ kN/mm^2$:*

$$F_{\text{tref}} \simeq r\frac{3.14 \times 50^2}{4} \times 0.1 \times \left(1 + \frac{1}{0.1 \times 10}\right)\left(1 - r^{0.1 \times 10}\right) \simeq 392.5r(1-r)\ kN.$$

- *Pour que $F_{\text{tref}} = 50\ kN$, le rapport de réduction r doit être choisi tel que*

$$392.5r(1-r) = 50 \Longrightarrow r(1-r) = \frac{50}{392.5} \simeq 0.1274$$

Corrigé exercice 1 b1)

Force de tréfilage plus fixe : rapports atteignables

- *Pour une valeur de r indéterminé, la force de tréfilage F_{tref} vaut :*

$$F_{\mathrm{tref}} = r\frac{\pi D_0^2}{4} R_e \left(1 + \frac{1}{\mu \cot \alpha}\right)\left(1 - r^{\mu \cot \alpha}\right),$$

- *avec les valeurs numériques et en tenant compte que $R_e = 0.1\ kN/mm^2$:*

$$F_{\mathrm{tref}} \simeq r\frac{3.14 \times 50^2}{4} \times 0.1 \times \left(1 + \frac{1}{0.1 \times 10}\right)\left(1 - r^{0.1 \times 10}\right) \simeq 392.5r(1-r)\ kN.$$

- *Pour que $F_{\mathrm{tref}} = 50\ kN$, le rapport de réduction r doit être choisi tel que*

$$392.5r(1-r) = 50 \Longrightarrow r(1-r) = \frac{50}{392.5} \simeq 0.1274$$

Corrigé exercice 1 b1)

Force de tréfilage plus fixe : rapports atteignables

- *Pour que* $F_{\mathrm{tref}} = 50$ *kN, le rapport de réduction* r *doit être choisi tel que*

$$r(1-r) = \eta \quad \textit{où} \quad \eta \simeq 0.1274 \qquad (1)$$

- *Le polynôme de degré* 2 *:* $r(1-r)$ *s'anulle en* $r = 0$ *et en* $r = 1$*, et atteint son maximum* 0.25 *en* $r = 0.5$*. Pour tout* $\eta \in (0, 0.25)$*, l'équation (1) admet deux solutions dans l'intervalle* $(0, 1)$ *:*

- *Dans notre cas,* $\eta = 0.1274 < 0.25$ *et les deux solutions sont :*

$$r_- = 0.5 - \frac{\sqrt{1 - 4 \times 0.1274}}{2} \simeq 0.15 \quad r_+ = 0.5 + \frac{\sqrt{1 - 4 \times 0.1274}}{2} \simeq 0.85$$

Corrigé exercice 1 b1)

Force de tréfilage plus fixe : rapports atteignables

- *Pour que $F_{\text{tref}} = 50$ kN, le rapport de réduction r doit être choisi tel que*

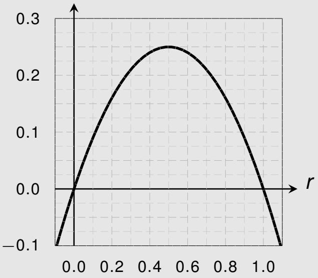
$$r(1-r) = \eta \quad \text{où} \quad \eta \simeq 0.1274 \qquad (1)$$

- *Le polynôme de degré 2 : $r(1-r)$ s'anulle en $r = 0$ et en $r = 1$ et atteint son maximum 0.25 en $r = 0.5$. Pour tout $\eta \in (0, 0.25)$, l'équation (1) admet deux solutions dans l'intervalle $(0, 1)$:*

$$r_{\pm} = 0.5 \pm \frac{\sqrt{1-4\eta}}{2} \quad \text{(Viète).}$$

- *Dans notre cas, $\eta = 0.1274 < 0.25$ et les deux solutions sont :*

$p(r) = r(1-r)$



Corrigé exercice 1 b1)

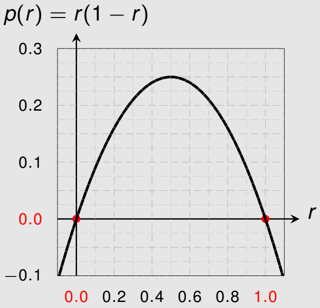
Force de tréfilage plus fixe : rapports atteignables

- *Pour que $F_{\mathrm{tref}} = 50$ kN, le rapport de réduction r doit être choisi tel que*

$$r(1-r) = \eta \quad \text{où} \quad \eta \simeq 0.1274 \qquad (1)$$

- *Le polynôme de degré 2 : $r(1-r)$ s'anulle en $r = 0$ et en $r = 1$ et atteint son maximum 0.25 en $r = 0.5$. Pour tout $\eta \in (0, 0.25)$, l'équation (1) admet deux solutions dans l'intervalle $(0, 1)$:*

$$r_{\pm} = 0.5 \pm \frac{\sqrt{1-4\eta}}{2}$$



- *Dans notre cas, $\eta = 0.1274 < 0.25$ et les deux solutions sont :*

$$r_{-} = 0.5 - \frac{\sqrt{1-4\times 0.1274}}{2} \simeq 0.15, \quad r_{+} = 0.5 + \frac{\sqrt{1-4\times 0.1274}}{2} \simeq 0.85$$

Corrigé exercice 1 b1)

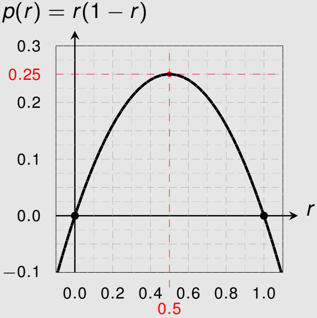
Force de tréfilage plus fixe : rapports atteignables

- *Pour que* $F_{\mathrm{tref}} = 50$ *kN, le rapport de réduction r doit être choisi tel que*

$$r(1-r) = \eta \quad \text{où} \quad \eta \simeq 0.1274 \qquad (1)$$

- *Le polynôme de degré* 2 *:* $r(1-r)$ *s'anulle en* $r = 0$ *et en* $r = 1$ *et atteint son maximum* 0.25 *en* $r = 0.5$*. Pour tout* $\eta \in (0, 0.25)$*, l'équation (1) admet deux solutions dans l'intervalle* $(0, 1)$ *:*

$$r_\pm = 0.5 \pm \frac{\sqrt{1-4\eta}}{2} \qquad (\textit{Viète}).$$



- *Dans notre cas,* $\eta = 0.1274 < 0.25$ *et les deux solutions sont :*

$$r_- = 0.5 - \frac{\sqrt{1-4\times 0.1274}}{2} \simeq 0.15 \qquad r_+ = 0.5 + \frac{\sqrt{1-4\times 0.1274}}{2} \simeq 0.85$$

Corrigé exercice 1 b1)

Force de tréfilage plus fixe : rapports atteignables

- *Pour que* $F_{\mathrm{tref}} = 50$ *kN, le rapport de réduction* r *doit être choisi tel que*

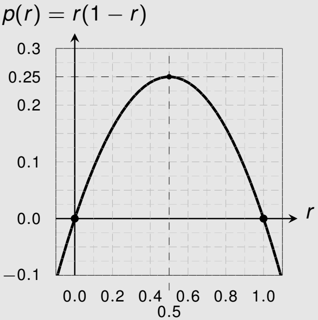
$$r(1-r) = \eta \quad \text{où} \quad \eta \simeq 0.1274 \qquad (1)$$

- *Le polynôme de degré* 2 *:* $r(1-r)$ *s'anulle en* $r = 0$ *et en* $r = 1$ *et atteint son maximum* 0.25 *en* $r = 0.5$. *Pour tout* $\eta \in (0, 0.25)$, *l'équation (1) admet deux solutions dans l'intervalle* $(0, 1)$ *:*

$$r_{\pm} = 0.5 \pm \frac{\sqrt{1-4\eta}}{2} \quad (\textbf{Viète}).$$

- *Dans notre cas,* $\eta = 0.1274 < 0.25$ *et les deux solutions sont :*

$$r_{-} = 0.5 - \frac{\sqrt{1-4\times 0.1274}}{2} \simeq 0.15, \quad r_{+} = 0.5 + \frac{\sqrt{1-4\times 0.1274}}{2} \simeq 0.85$$



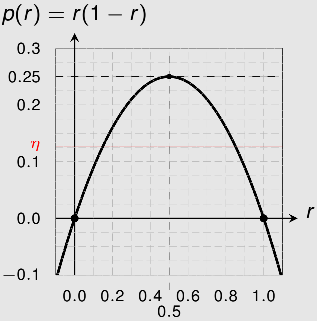
Corrigé exercice 1 b1)

Force de tréfilage plus fixe : rapports atteignables

- *Pour que $F_{\text{tref}} = 50$ kN, le rapport de réduction r doit être choisi tel que*

$$\color{red}{r(1-r) = \eta} \quad \text{où} \quad \eta \simeq 0.1274 \qquad (1)$$

- *Le polynôme de degré* 2 *:* $r(1-r)$ *s'anulle en* $r = 0$ *et en* $r = 1$ *et atteint son maximum* 0.25 *en* $r = 0.5$*. Pour tout* $\eta \in (0, 0.25)$*, l'équation (1) admet deux solutions dans l'intervalle* $(0, 1)$ *:*



$$r_{\pm} = 0.5 \pm \frac{\sqrt{1-4\eta}}{2} \qquad (\textbf{\textit{Viète}}).$$

- *Dans notre cas,* $\eta = 0.1274 < 0.25$ *et les deux solutions sont :*

$$r_- = 0.5 - \frac{\sqrt{1-4\times 0.1274}}{2} \simeq 0.15 \quad r_+ = 0.5 + \frac{\sqrt{1-4\times 0.1274}}{2} \simeq 0.85$$

Corrigé exercice 1 b1)

Force de tréfilage plus fixe : rapports atteignables

- *Pour que* $F_{\text{tref}} = 50$ *kN, le rapport de réduction r doit être choisi tel que*

$$r(1-r) = \eta \quad \text{où} \quad \eta \simeq 0.1274 \qquad (1)$$

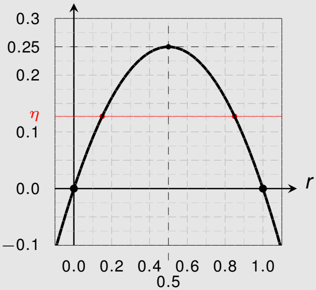
- *Le polynôme de degré* 2 *:* $r(1-r)$ *s'anulle en* $r = 0$ *et en* $r = 1$ *et atteint son maximum* 0.25 *en* $r = 0.5$. *Pour tout* $\eta \in (0, 0.25)$, *l'équation (1) admet deux solutions dans l'intervalle* $(0, 1)$ *:*

$$r_\pm = 0.5 \pm \frac{\sqrt{1-4\eta}}{2} \qquad (\textbf{\textit{Viète}}).$$

- *Dans notre cas,* $\eta = 0.1274 < 0.25$ *et les deux solutions sont :*

$$r_- = 0.5 - \frac{\sqrt{1-4\times 0.1274}}{2} \simeq 0.15 \quad r_+ = 0.5 + \frac{\sqrt{1-4\times 0.1274}}{2} \simeq 0.85$$

$p(r) = r(1-r)$



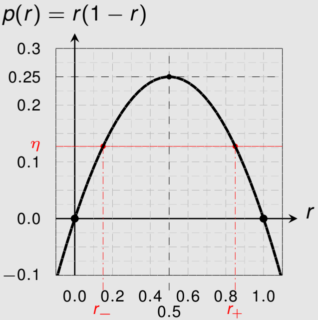
Corrigé exercice 1 b1)

Force de tréfilage plus fixe : rapports atteignables

- *Pour que* $F_{\text{tref}} = 50$ *kN, le rapport de réduction r doit être choisi tel que*

$$r(1-r) = \eta \quad \text{où} \quad \eta \simeq 0.1274 \qquad (1)$$

- *Le polynôme de degré* 2 *:* $r(1-r)$ *s'anulle en* $r = 0$ *et en* $r = 1$ *et atteint son maximum* 0.25 *en* $r = 0.5$. *Pour tout* $\eta \in (0, 0.25)$, *l'équation (1) admet deux solutions dans l'intervalle* $(0, 1)$ *:*



$$r_\pm = 0.5 \pm \frac{\sqrt{1-4\eta}}{2} \quad (\textbf{\textit{Viète}}).$$

- *Dans notre cas,* $\eta = 0.1274 < 0.25$ *et les deux solutions sont :*

$$r_- = 0.5 - \frac{\sqrt{1-4\times 0.1274}}{2} \simeq 0.15 \quad r_+ = 0.5 + \frac{\sqrt{1-4\times 0.1274}}{2} \simeq 0.85$$

Corrigé exercice 1 b1)

Force de tréfilage plus fixe : rapports atteignables

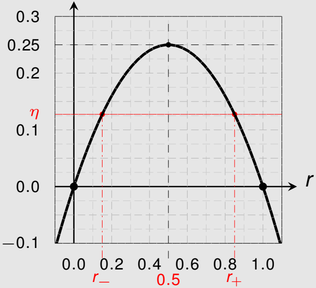
- *Pour que $F_{\mathrm{tref}} = 50$ kN, le rapport de réduction r doit être choisi tel que*

$$r(1-r) = \eta \quad \text{où} \quad \eta \simeq 0.1274 \qquad (1)$$

- *Le polynôme de degré 2 : $r(1-r)$ s'anulle en $r = 0$ et en $r = 1$ et atteint son maximum 0.25 en $r = 0.5$. Pour tout $\eta \in (0, 0.25)$, l'équation (1) admet deux solutions dans l'intervalle $(0, 1)$:*

$$r_{\pm} = 0.5 \pm \frac{\sqrt{1-4\eta}}{2} \quad (\textbf{\textit{Viète}}).$$

$p(r) = r(1-r)$



- *Dans notre cas, $\eta = 0.1274 < 0.25$ et les deux solutions sont :*

$$r_- = 0.5 - \frac{\sqrt{1-4\times 0.1274}}{2} \simeq 0.15 \qquad r_+ = 0.5 + \frac{\sqrt{1-4\times 0.1274}}{2} \simeq 0.85$$

Corrigé exercice 1 b1)

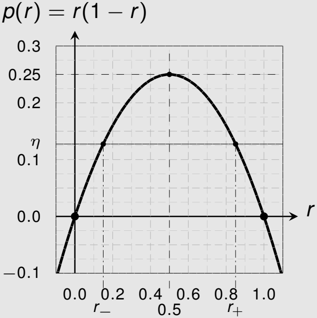
Force de tréfilage plus fixe : rapports atteignables

- *Pour que $F_{\text{tref}} = 50$ kN, le rapport de réduction r doit être choisi tel que*

$$r(1-r) = \eta \quad \textit{où} \quad \eta \simeq 0.1274 \qquad (1)$$

- *Le polynôme de degré 2 : $r(1-r)$ s'anulle en $r = 0$ et en $r = 1$ et atteint son maximum 0.25 en $r = 0.5$. Pour tout $\eta \in (0, 0.25)$, l'équation (1) admet deux solutions dans l'intervalle $(0, 1)$:*

$$r_{\pm} = 0.5 \pm \frac{\sqrt{1-4\eta}}{2} \quad (\textbf{\textit{Viète}}).$$



- *Dans notre cas, $\eta = 0.1274 < 0.25$ et les deux solutions sont :*

$$r_- = 0.5 - \frac{\sqrt{1-4\times 0.1274}}{2} \simeq 0.15 \qquad r_+ = 0.5 + \frac{\sqrt{1-4\times 0.1274}}{2} \simeq 0.85$$

Force de tréfilage plus fixe : rapports atteignables

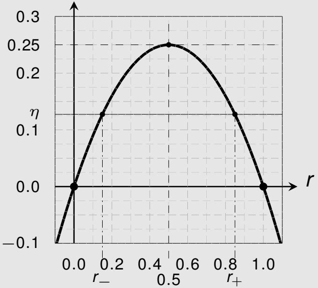
- *Pour que $F_{\mathrm{tref}} = 50$ kN, le rapport de réduction r doit être choisi tel que*

$$r(1-r) = \eta \quad \text{où} \quad \eta \simeq 0.1274 \qquad (1)$$

- *Le polynôme de degré 2 : $r(1-r)$ s'anulle en $r = 0$ et en $r = 1$ et atteint son maximum 0.25 en $r = 0.5$. Pour tout $\eta \in (0, 0.25)$, l'équation (1) admet deux solutions dans l'intervalle $(0, 1)$:*

$$r_{\pm} = 0.5 \pm \frac{\sqrt{1-4\eta}}{2} \quad (\textit{\textbf{Viète}}).$$

$p(r) = r(1-r)$



- *Dans notre cas, $\eta = 0.1274 < 0.25$ et les deux solutions sont :*

$$r_{-} = 0.5 - \frac{\sqrt{1-4\times 0.1274}}{2} \simeq 0.15 \quad r_{+} = 0.5 + \frac{\sqrt{1-4\times 0.1274}}{2} \simeq 0.85$$

Corrigé exercice 1 b1)

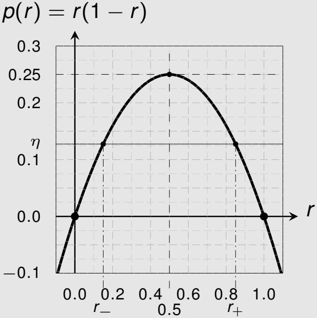
Force de tréfilage plus fixe : rapports atteignables

- *Pour que $F_{\mathrm{tref}} = 50$ kN, le rapport de réduction r doit être choisi tel que*

$$r(1-r) = \eta \quad \textit{où} \quad \eta \simeq 0.1274 \qquad (1)$$

- *Le polynôme de degré 2 : $r(1-r)$ s'anulle en $r = 0$ et en $r = 1$ et atteint son maximum 0.25 en $r = 0.5$. Pour tout $\eta \in (0, 0.25)$, l'équation (1) admet deux solutions dans l'intervalle $(0, 1)$:*

$$r_{\pm} = 0.5 \pm \frac{\sqrt{1-4\eta}}{2} \quad (\textbf{\textit{Viète}}).$$



- *Dans notre cas, $\eta = 0.1274 < 0.25$ et les deux solutions sont :*

$$r_- = 0.5 - \frac{\sqrt{1-4\times 0.1274}}{2} \simeq 0.15 \quad r_+ = 0.5 + \frac{\sqrt{1-4\times 0.1274}}{2} \simeq 0.85$$

Corrigé exercice 1 b1)

Force de tréfilage plus fixe : rapports atteignables

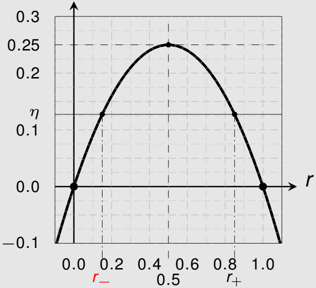
- *Pour que* $F_{\mathrm{tref}} = 50$ *kN, le rapport de réduction r doit être choisi tel que*

$$r(1-r) = \eta \quad \text{où} \quad \eta \simeq 0.1274 \qquad (1)$$

- *Le polynôme de degré* 2 : $r(1-r)$ *s'anulle en* $r = 0$ *et en* $r = 1$ *et atteint son maximum* 0.25 *en* $r = 0.5$. *Pour tout* $\eta \in (0, 0.25)$, *l'équation (1) admet deux solutions dans l'intervalle* $(0, 1)$ *:*

$$r_\pm = 0.5 \pm \frac{\sqrt{1-4\eta}}{2} \quad (\textit{\textbf{Viète}}).$$

$p(r) = r(1-r)$



- *Dans notre cas,* $\eta = 0.1274 < 0.25$ *et les deux solutions sont :*

$$r_- = 0.5 - \frac{\sqrt{1 - 4\times 0.1274}}{2} \simeq 0.15 \quad r_+ = 0.5 + \frac{\sqrt{1 - 4\times 0.1274}}{2} \simeq 0.85$$

Force de tréfilage plus fixe : rapports atteignables

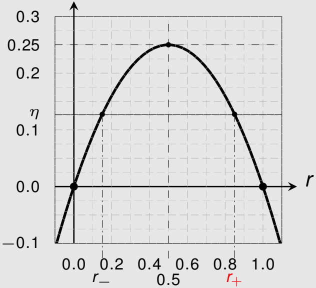
- *Pour que* $F_{\mathrm{tref}} = 50$ *kN, le rapport de réduction* r *doit être choisi tel que*

$$r(1-r) = \eta \quad \text{où} \quad \eta \simeq 0.1274 \qquad (1)$$

- *Le polynôme de degré* 2 *:* $r(1-r)$ *s'anulle en* $r = 0$ *et en* $r = 1$ *et atteint son maximum* 0.25 *en* $r = 0.5$*. Pour tout* $\eta \in (0, 0.25)$*, l'équation (1) admet deux solutions dans l'intervalle* $(0, 1)$ *:*

$$r_{\pm} = 0.5 \pm \frac{\sqrt{1-4\eta}}{2} \quad (\textbf{\textit{Viète}}).$$

$p(r) = r(1-r)$



- *Dans notre cas,* $\eta = 0.1274 < 0.25$ *et les deux solutions sont :*

$$r_{-} = 0.5 - \frac{\sqrt{1-4\times 0.1274}}{2} \simeq 0.15 \quad r_{+} = 0.5 + \frac{\sqrt{1-4\times 0.1274}}{2} \simeq 0.85$$

Enoncé exercice 1 b2)

Force de tréfilage fixe : rapports atteignables

- *On applique le procédé de tréfilage à froid pour réduire la section de barres de diamètre initial* $D_0 = 50.0\,mm$.
- *La machine utilisée fournit au plus une puissance de* $P = 100\,kW$. *Le demi-angle d'ouverture de la filière esr* $\alpha = \arctan\frac{1}{10}$ *et le coefficient de frottement dynamique filière-flan est* $\mu = 0.1$.
- *Les propriétés mécaniques de l'alliage d'aluminium sont :*

limite élastique	$R_e \simeq 100\,MPa$
tx. de déf. nominal en lim. élastique	$\varepsilon_e \simeq 0$
coefficient de Poisson	$\simeq$ *incompressibilité*
comportement plastique	$\simeq$ *parfait*

b) *La seule force utilisable qui reste est de* $50\,kN$.

  2) *Ces deux rapports sont-il atteignables avec votre machine. Si c'est le cas continuez avec le plus petit des deux. Sinon, conservez celui qui vous paraît raisonnable pour répondre aux questions suivantes.*

Corrigé exercice 1 b2)

Force de tréfilage plus fixe : rapports atteignables

- *La condition de tréfilage vue au cours impose une limite inférieure sur les facteurs de réduction qu'on peut atteindre. Cette limite est*

$$r_{\lim} = \left(\frac{t}{1+t}\right)^t \quad \textit{avec} \quad t = \frac{\tan\alpha}{\mu}$$

- *soit, puisque* $\frac{\tan\alpha}{\mu} = \frac{0.1}{0.1} = 1$

$$r_{\lim} = \left(\frac{1}{1+1}\right)^1 = 0.5$$

- *La conclusion est que le rapport de réduction* $r_{-} \simeq 0.15$ *ne peut pas être atteint. Le problème qu'on rencontrera en essayant de réduire la section du fil d'un aussi grand rapport est une perte de contact entre la filière et le fil et, probablement aussi, une rupture de la matière.*

Corrigé exercice 1 b2)

Force de tréfilage plus fixe : rapports atteignables

- *La condition de tréfilage vue au cours impose une limite inférieure sur les facteurs de réduction qu'on peut atteindre. Cette limite est*

$$r_{\lim} = \left(\frac{t}{1+t}\right)^{t} \quad \textit{avec} \quad t = \frac{\tan\alpha}{\mu}$$

- *soit, puisque* $\frac{\tan\alpha}{\mu} = \frac{0.1}{0.1} = 1$

$$r_{\lim} = \left(\frac{1}{1+1}\right)^{1} = 0.5$$

- *La conclusion est que le rapport de réduction* $r_{-} \simeq 0.15$ *ne peut pas être atteint. Le problème qu'on rencontrera en essayant de réduire la section du fil en un aussi grand rapport est une perte de contact entre la filière et le fil et probablement aussi une rupture de la matière.*

Corrigé exercice 1 b2)

Force de tréfilage plus fixe : rapports atteignables

- *La condition de tréfilage vue au cours impose une limite inférieure sur les facteurs de réduction qu'on peut atteindre. Cette limite est*

$$r_{\lim} = \left(\frac{t}{1+t}\right)^{t} \quad \textit{avec} \quad t = \frac{\tan\alpha}{\mu}$$

- *soit, puisque* $\frac{\tan\alpha}{\mu} = \frac{0.1}{0.1} = 1$

$$r_{\lim} = \left(\frac{1}{1+1}\right)^{1} = 0.5.$$

- *La conclusion est que le rapport de réduction* $r_{-} \simeq 0.15$ *ne peut pas être atteint.*

Corrigé exercice 1 b2)

Force de tréfilage plus fixe : rapports atteignables

- *La condition de tréfilage vue au cours impose une limite inférieure sur les facteurs de réduction qu'on peut atteindre. Cette limite est*

$$r_{\lim} = \left(\frac{t}{1+t}\right)^{t} \quad \textit{avec} \quad t = \frac{\tan\alpha}{\mu}$$

- *soit, puisque* $\frac{\tan\alpha}{\mu} = \frac{0.1}{0.1} = 1$

$$r_{\lim} = \left(\frac{1}{1+1}\right)^{1} = 0.5.$$

- *La conclusion est que le rapport de réduction* $r_{-} \simeq 0.15$ *ne peut pas être atteint. Le problème qu'on rencontrera en essayant de réduire la section du flan d'un aussi grand rapport est une perte de contact entre la filière et le flan et, probablement aussi, une rupture de la matière.*

Corrigé exercice 1 b2)

Force de tréfilage plus fixe : rapports atteignables

- *La condition de tréfilage vue au cours impose une limite inférieure sur les facteurs de réduction qu'on peut atteindre. Cette limite est*

$$r_{\lim} = \left(\frac{t}{1+t}\right)^t \quad \textit{avec} \quad t = \frac{\tan\alpha}{\mu}$$

- *soit, puisque* $\frac{\tan\alpha}{\mu} = \frac{0.1}{0.1} = 1$

$$r_{\lim} = \left(\frac{1}{1+1}\right)^1 = 0.5.$$

- *La conclusion est que le rapport de réduction* $r_{-} \simeq 0.15$ *ne peut pas être atteint. Le problème qu'on rencontrera en essayant de réduire la section du flan d'un aussi grand rapport est* ***une perte de contact entre la filière et le flan*** *et, probablement aussi, une* ***rupture de la matière****.*

Corrigé exercice 1 b2)

Force de tréfilage plus fixe : rapports atteignables

- *La condition de tréfilage vue au cours impose une limite inférieure sur les facteurs de réduction qu'on peut atteindre. Cette limite est*

$$r_{\mathrm{lim}} = \left(\frac{t}{1+t}\right)^t \quad \textit{avec} \quad t = \frac{\tan\alpha}{\mu}$$

- *soit, puisque* $\frac{\tan\alpha}{\mu} = \frac{0.1}{0.1} = 1$

$$r_{\mathrm{lim}} = \left(\frac{1}{1+1}\right)^1 = 0.5.$$

- *La conclusion est que le rapport de réduction* $r_{-} \simeq 0.15$ *ne peut pas être atteint. Le problème qu'on rencontrera en essayant de réduire la section du flan d'un aussi grand rapport est* ***une perte de contact entre la filière et le flan*** *et, probablement aussi, une* ***rupture de la matière****.*

Corrigé exercice 1 b2)

Force de tréfilage plus fixe : rapports atteignables

- *La condition de tréfilage vue au cours impose une limite inférieure sur les facteurs de réduction qu'on peut atteindre. Cette limite est*

$$r_{\lim} = \left(\frac{t}{1+t}\right)^t \quad \textit{avec} \quad t = \frac{\tan\alpha}{\mu}$$

- *soit, puisque* $\frac{\tan\alpha}{\mu} = \frac{0.1}{0.1} = 1$

$$r_{\lim} = \left(\frac{1}{1+1}\right)^1 = 0.5.$$

- *La conclusion est que le rapport de réduction* $r_- \simeq 0.15$ *ne peut pas être atteint. Le problème qu'on rencontrera en essayant de réduire la section du flan d'un aussi grand rapport est* ***une perte de contact entre la filière et le flan*** *et, probablement aussi, une* ***rupture de la matière****.*

Enoncé exercice 1 b3)

Force de tréfilage fixe : usinage de la filière

- *On applique le procédé de tréfilage à froid pour réduire la section de barres de diamètre initial* $D_0 = 50.0\,mm$.
- *La machine utilisée fournit au plus une puissance de* $P = 100\,kW$. *Le demi-angle d'ouverture de la filière esr* $\alpha = \arctan\frac{1}{10}$ *et le coefficient de frottement dynamique filière-flan est* $\mu = 0.1$.
- *Les propriétés mécaniques de l'alliage d'aluminium sont :*

limite élastique	$R_e \simeq 100\,MPa$
tx. de déf. nominal en lim. élastique	$\varepsilon_e \simeq 0$
coefficient de Poisson	$\simeq$ *incompressibilité*
comportement plastique	$\simeq$ *parfait*

b) *La seule force utilisable qui reste est de* $50\,kN$.

  3) *Calculez le diamètre de sortie et la longueur de contact de la nouvelle filière que vous aurez à usiner de façon à atteindre le rapport de réduction sélectionné sans modifier le demi-angle d'ouverture.*

Corrigé exercice 1 b3)

Force de tréfilage plus fixe : usinage de la filière

- *Le diamètre de sortie D_f correspondant au rapport de réduction des sections r_+ est*

$$D_f = \sqrt{r_+} D_0$$

- *Avec les valeurs numériques,*

$$D_f \simeq \sqrt{0.85} \times 50 \simeq 46.10\, mm.$$

- *Pour finir, la nouvelle longueur de contact vaudra :*

$$L = \frac{D_0 - D_f}{2 \tan \alpha} \sqrt{1 + \tan^2 \alpha}$$

soit

$$L \simeq \frac{50 - 46.10}{2 \times 0.1} \sqrt{1 + 0.1^2} \simeq 19.61\, mm.$$

Corrigé exercice 1 b3)

Force de tréfilage plus fixe : usinage de la filière

- *Le diamètre de sortie D_f correspondant au rapport de réduction des sections r_+ est*

$$D_f = \sqrt{r_+} D_0$$

- *Avec les valeurs numériques,*

$$D_f \simeq \sqrt{0.85} \times 50 \simeq 46.10\ mm.$$

- *Pour finir, la nouvelle longueur de contact vaudra :*

$$L = \frac{D_0 - D_f}{2 \tan \alpha} \sqrt{1 + \tan^2 \alpha}$$

Soit

$$L \simeq \frac{50 - 46.10}{2 \times 0.1} \sqrt{1 + 0.1^2} \simeq 19.61\ mm.$$

Corrigé exercice 1 b3)

Force de tréfilage plus fixe : usinage de la filière

- *Le diamètre de sortie D_f correspondant au rapport de réduction des sections r_+ est*

$$D_f = \sqrt{r_+} D_0$$

- *Avec les valeurs numériques,*

$$D_f \simeq \sqrt{0.85} \times 50 \simeq 46.10 \; mm.$$

- *Pour finir, la nouvelle longueur de contact vaudra :*

$$L = \frac{D_0 - D_f}{2 \tan \alpha} \sqrt{1 + \tan^2 \alpha}$$

soit

$$L \simeq \frac{50 - 46.10}{2 \times 0.1} \sqrt{1 + 0.1^2} \simeq 19.61 \; mm.$$

Corrigé exercice 1 b3)

Force de tréfilage plus fixe : usinage de la filière

- *Le diamètre de sortie D_f correspondant au rapport de réduction des sections r_+ est*

$$D_f = \sqrt{r_+} D_0$$

- *Avec les valeurs numériques,*

$$D_f \simeq \sqrt{0.85} \times 50 \simeq 46.10 \, mm.$$

- *Pour finir, la nouvelle longueur de contact vaudra :*

$$L = \frac{D_0 - D_f}{2 \tan \alpha} \sqrt{1 + \tan^2 \alpha}$$

soit

$$L \simeq \frac{50 - 46.10}{2 \times 0.1} \sqrt{1 + 0.1^2} \simeq 19.51 \, mm.$$

Corrigé exercice 1 b3)

Force de tréfilage plus fixe : usinage de la filière

- *Le diamètre de sortie D_f correspondant au rapport de réduction des sections r_+ est*

$$D_f = \sqrt{r_+} D_0$$

- *Avec les valeurs numériques,*

$$D_f \simeq \sqrt{0.85} \times 50 \simeq 46.10\, mm.$$

- *Pour finir, la nouvelle longueur de contact vaudra :*

$$L = \frac{D_0 - D_f}{2 \tan \alpha} \sqrt{1 + \tan^2 \alpha}$$

soit

$$L \simeq \frac{50 - 46.10}{2 \times 0.1} \sqrt{1 + 0.1^2} \simeq 19.61\, mm.$$

Corrigé exercice 1 b3)

Force de tréfilage plus fixe : usinage de la filière

- *Le diamètre de sortie D_f correspondant au rapport de réduction des sections r_+ est*

$$D_f = \sqrt{r_+} D_0$$

- *Avec les valeurs numériques,*

$$D_f \simeq \sqrt{0.85} \times 50 \simeq 46.10 \, mm.$$

- *Pour finir, la nouvelle longueur de contact vaudra :*

$$L = \frac{D_0 - D_f}{2 \tan \alpha} \sqrt{1 + \tan^2 \alpha}$$

soit

$$L \simeq \frac{50 - 46.10}{2 \times 0.1} \sqrt{1 + 0.1^2} \simeq 19.61 \, mm.$$

Corrigé exercice 1 b3)

Force de tréfilage plus fixe : usinage de la filière

- *Le diamètre de sortie D_f correspondant au rapport de réduction des sections r_+ est*

$$D_f = \sqrt{r_+} D_0$$

- *Avec les valeurs numériques,*

$$D_f \simeq \sqrt{0.85} \times 50 \simeq 46.10 \, mm.$$

- *Pour finir, la nouvelle longueur de contact vaudra :*

$$L = \frac{D_0 - D_f}{2 \tan \alpha} \sqrt{1 + \tan^2 \alpha}$$

soit

$$L \simeq \frac{50 - 46.10}{2 \times 0.1} \sqrt{1 + 0.1^2} \simeq 19.61 \, mm.$$

Enoncé exercice 1 b4)

Force de tréfilage fixe : vitesses d'entrée/sortie

- *On applique le procédé de tréfilage à froid pour réduire la section de barres de diamètre initial $D_0 = 50.0\,mm$.*
- *La machine utilisée fournit au plus une puissance de $P = 100\,kW$. Le demi-angle d'ouverture de la filière esr $\alpha = \arctan \frac{1}{10}$ et le coefficient de frottement dynamique filière-flan est $\mu = 0.1$.*
- *Les propriétés mécaniques de l'alliage d'aluminium sont :*

limite élastique	$R_e \simeq 100\,MPa$
tx. de déf. nominal en lim. élastique	$\varepsilon_e \simeq 0$
coefficient de Poisson	$\simeq$ *incompressibilité*
comportement plastique	$\simeq$ *parfait*

b) *La seule force utilisable qui reste est de $50\,kN$.*

4) *Quelles vitesses maximales le flan peut-il atteindre en entrée et en sortie dans les nouvelles conditions de fonctionnement ?*

Corrigé exercice 1 b4)

Force de tréfilage plus fixe : vitesses d'entrée/sortie

- *La vitesse de sortie est liée à la force de tréf. et à la puissance de la machine :*

$$v_f^{\max} = \frac{P_{\max}}{F_{\text{tref}}} = \frac{100\ kW}{50\ kN} = 2.0\ m/s = 2000\ mm/s$$

- *La vitesse d'entrée du flan doit assurer la conservation de la matière, Comme il est impossible de modifier plastiquement la densité de la matière, on conserve aussi les volumes entre l'entrée et la sortie de la filière.*

$$v_0 A_0 = v_f A_f$$

- *soit, avec les valeurs numériques,*

$$v_0 \simeq 0.85 \times 2000 \simeq 1700\ mm/s.$$

Corrigé exercice 1 b4)

Force de tréfilage plus fixe : vitesses d'entrée/sortie

- *La vitesse de sortie est liée à la force de tréf. et à la puissance de la machine :*

$$v_f^{\max} = \frac{P_{\max}}{F_{\mathrm{tref}}} = \frac{100\ kW}{50\ kN} = 2.0\ m/s = 2000\ mm/s.$$

- *La vitesse d'entrée du flan doit assurer la conservation de la matière, Comme il est impossible de modifier plastiquement la densité de la matière, on conserve aussi les volumes entre l'entrée et la sortie de la filière.*

$$v_0 A_0 = v_f A_f$$

- *soit, avec les valeurs numériques,*

$$v_0 \simeq 0.85 \times 2000 \simeq 1700\ mm/s.$$

Corrigé exercice 1 b4)

Force de tréfilage plus fixe : vitesses d'entrée/sortie

- *La vitesse de sortie est liée à la force de tréf. et à la puissance de la machine :*

$$v_f^{\max} = \frac{P_{\max}}{F_{\text{tref}}} = \frac{100\ kW}{50\ kN} = 2.0\ m/s = 2000\ mm/s.$$

- *La vitesse d'entrée du flan doit assurer la conservation de la matière, Comme il est impossible de modifier plastiquement la densité de la matière, on conserve aussi les volumes entre l'entrée et la sortie de la filière :*

$$v_0 A_0 = v_f A_f \Longrightarrow v_0 = \frac{A_f}{A_0} v_f$$

- *soit, avec les valeurs numériques,*

$$v_0 \simeq 0.85 \times 2000 \simeq 1700\ mm/s$$

Corrigé exercice 1 b4)

Force de tréfilage plus fixe : vitesses d'entrée/sortie

- *La vitesse de sortie est liée à la force de tréf. et à la puissance de la machine :*

$$v_f^{\max} = \frac{P_{\max}}{F_{\text{tref}}} = \frac{100\ kW}{50\ kN} = 2.0\ m/s = 2000\ mm/s.$$

- *La vitesse d'entrée du flan doit assurer la conservation de la matière, Comme il est impossible de modifier* ***plastiquement*** *la densité de la matière, on conserve aussi les volumes entre l'éntrée et la sortie de la filière :*

$$v_0 A_0 = v_f A_f \Longrightarrow v_0 = \frac{A_f}{A_0} v_f$$

- *soit, avec les valeurs numériques,*

$$v_0 \simeq 0.85 \times 2000 \simeq 1700 mm/s$$

Corrigé exercice 1 b4)

Force de tréfilage plus fixe : vitesses d'entrée/sortie

- *La vitesse de sortie est liée à la force de tréf. et à la puissance de la machine :*

$$v_f^{\max} = \frac{P_{\max}}{F_{\text{tref}}} = \frac{100\, kW}{50\, kN} = 2.0\, m/s = 2000\, mm/s.$$

- *La vitesse d'entrée du flan doit assurer la conservation de la matière, Comme il est impossible de modifier **plastiquement** la densité de la matière, on conserve aussi les volumes entre l'éntrée et la sortie de la filière :*

$$v_0 A_0 = v_f A_f \Longrightarrow v_0 = \frac{A_f}{A_0} v_f = r_A v_f$$

- *soit, avec les valeurs numériques,*

$$v_0 \simeq 0.85 \times 2000 \simeq 1700\, mm/s.$$

Corrigé exercice 1 b4)

Force de tréfilage plus fixe : vitesses d'entrée/sortie

- *La vitesse de sortie est liée à la force de tréf. et à la puissance de la machine :*

$$v_f^{\max} = \frac{P_{\max}}{F_{\text{tref}}} = \frac{100\,kW}{50\,kN} = 2.0\,m/s = 2000\,mm/s.$$

- *La vitesse d'entrée du flan doit assurer la conservation de la matière, Comme il est impossible de modifier **plastiquement** la densité de la matière, on conserve aussi les volumes entre l'éntrée et la sortie de la filière :*

$$v_0 A_0 = v_f A_f \Longrightarrow v_0 = \frac{A_f}{A_0} v_f$$

- *soit, avec les valeurs numériques,*

$$v_0 \simeq 0.85 \times 2000 \simeq 1700\,mm/s$$

Corrigé exercice 1 b4)

Force de tréfilage plus fixe : vitesses d'entrée/sortie

- *La vitesse de sortie est liée à la force de tréf. et à la puissance de la machine :*

$$v_f^{\max} = \frac{P_{\max}}{F_{\text{tref}}} = \frac{100\, kW}{50\, kN} = 2.0\, m/s = 2000\, mm/s.$$

- *La vitesse d'entrée du flan doit assurer la conservation de la matière, Comme il est impossible de modifier **plastiquement** la densité de la matière, on conserve aussi les volumes entre l'éntrée et la sortie de la filière :*

$$v_0 A_0 = v_f A_f \Longrightarrow v_0 = \frac{A_f}{A_0} v_f = r_A v_f$$

- *soit, avec les valeurs numériques,*

$$v_0 \simeq 0.85 \times 2000 \simeq 1700\, mm/s.$$

Corrigé exercice 1 b4)

Force de tréfilage plus fixe : vitesses d'entrée/sortie

- *La vitesse de sortie est liée à la force de tréf. et à la puissance de la machine :*

$$v_f^{\max} = \frac{P_{\max}}{F_{\text{tref}}} = \frac{100\ kW}{50\ kN} = 2.0\ m/s = 2000\ mm/s.$$

- *La vitesse d'entrée du flan doit assurer la conservation de la matière, Comme il est impossible de modifier **plastiquement** la densité de la matière, on conserve aussi les volumes entre l'éntrée et la sortie de la filière :*

$$v_0 A_0 = v_f A_f \Longrightarrow v_0 = \frac{A_f}{A_0} v_f$$

- *soit, avec les valeurs numériques,*

$$v_0 \simeq 0.85 \times 2000 \simeq 1700\ mm/s.$$

Corrigé exercice 1 b4)

Force de tréfilage plus fixe : vitesses d'entrée/sortie

- *La vitesse de sortie est liée à la force de tréf. et à la puissance de la machine :*

$$v_f^{\max} = \frac{P_{\max}}{F_{\text{tref}}} = \frac{100\ kW}{50\ kN} = 2.0\ m/s = 2000\ mm/s.$$

- *La vitesse d'entrée du flan doit assurer la conservation de la matière, Comme il est impossible de modifier **plastiquement** la densité de la matière, on conserve aussi les volumes entre l'éntrée et la sortie de la filière :*

$$v_0 A_0 = v_f A_f \Longrightarrow v_0 = \frac{A_f}{A_0} v_f = r_+ v_f$$

- *soit, avec les valeurs numériques,*

$$v_0 \simeq 0.85 \times 2000 \simeq 1700\ mm/s.$$

Corrigé exercice 1 b4)

Force de tréfilage plus fixe : vitesses d'entrée/sortie

- *La vitesse de sortie est liée à la force de tréf. et à la puissance de la machine :*

$$v_f^{\max} = \frac{P_{\max}}{F_{\text{tref}}} = \frac{100\ kW}{50\ kN} = 2.0\ m/s = 2000\ mm/s.$$

- *La vitesse d'entrée du flan doit assurer la conservation de la matière, Comme il est impossible de modifier **plastiquement** la densité de la matière, on conserve aussi les volumes entre l'éntrée et la sortie de la filière :*

$$v_0 A_0 = v_f A_f \Longrightarrow v_0 = \frac{A_f}{A_0} v_f = r_+ v_f$$

- *soit, avec les valeurs numériques,*

$$v_0 \simeq 0.85 \times 2000 \simeq 1700\ mm/s$$

Corrigé exercice 1 b4)

Force de tréfilage plus fixe : vitesses d'entrée/sortie

- *La vitesse de sortie est liée à la force de tréf. et à la puissance de la machine :*

$$v_f^{\max} = \frac{P_{\max}}{F_{\text{tref}}} = \frac{100\ kW}{50\ kN} = 2.0\ m/s = 2000\ mm/s.$$

- *La vitesse d'entrée du flan doit assurer la conservation de la matière, Comme il est impossible de modifier* ***plastiquement*** *la densité de la matière, on conserve aussi les volumes entre l'éntrée et la sortie de la filière :*

$$v_0 A_0 = v_f A_f \Longrightarrow v_0 = \frac{A_f}{A_0} v_f = r_+ v_f$$

- *soit, avec les valeurs numériques,*

$$v_0 \simeq 0.85 \times 2000 \simeq 1700\ mm/s.$$

Corrigé exercice 1 b4)

Force de tréfilage plus fixe : vitesses d'entrée/sortie

- *La vitesse de sortie est liée à la force de tréf. et à la puissance de la machine :*

$$v_f^{\max} = \frac{P_{\max}}{F_{\text{tref}}} = \frac{100\ kW}{50\ kN} = 2.0\ m/s = 2000\ mm/s.$$

- *La vitesse d'entrée du flan doit assurer la conservation de la matière, Comme il est impossible de modifier **plastiquement** la densité de la matière, on conserve aussi les volumes entre l'éntrée et la sortie de la filière :*

$$v_0 A_0 = v_f A_f \Longrightarrow v_0 = \frac{A_f}{A_0} v_f = r_+ v_f$$

- *soit, avec les valeurs numériques,*

$$v_0 \simeq 0.85 \times 2000 \simeq 1700\ mm/s.$$

Corrigé exercice 1 b4)

Force de tréfilage plus fixe : vitesses d'entrée/sortie

- *La vitesse de sortie est liée à la force de tréf. et à la puissance de la machine :*

$$v_f^{\max} = \frac{P_{\max}}{F_{\text{tref}}} = \frac{100\,kW}{50\,kN} = 2.0\,m/s = 2000\,mm/s.$$

- *La vitesse d'entrée du flan doit assurer la conservation de la matière, Comme il est impossible de modifier* ***plastiquement*** *la densité de la matière, on conserve aussi les volumes entre l'éntrée et la sortie de la filière :*

$$v_0 A_0 = v_f A_f \Longrightarrow v_0 = \frac{A_f}{A_0} v_f = r_+ v_f$$

- *soit, avec les valeurs numériques,*

$$v_0 \simeq 0.85 \times 2000 \simeq 1700\,mm/s.$$

Enoncé exercice 2 a)

Laminage progressif

- *Un bloc d'acier de* 100 *mm d'épaisseur et de* 1000 *mm de largeur (supposée constante tout au long du laminage) doit être réduit à la dimension d'une feuille de* 10 *mm d'épaisseur par laminage à chaud.*
- *Les rouleaux de laminage ont un rayon de* 400 *mm.*
- *A la température de laminage, la limite élastique du matériau est de $R_e = 150$ MPa. Ce matériau est supposé incompressible avec un comportement plastique idéal.*

a) *Votre laminoir n'est pas conçu pour supporter une force d'écartement des rouleaux valant plus que* $25'000$ *kN. Vérifier que, dans ce cas, l'opération de laminage ne peut pas être réalisée en une seul passe.*

Enoncé exercice 2 a)

Laminage progressif

- *Un bloc d'acier de 100 mm d'épaisseur et de* 1000 *mm de largeur (supposée constante tout au long du laminage) doit être réduit à la dimension d'une feuille de 10 mm d'épaisseur par laminage à chaud.*
- *Les rouleaux de laminage ont un rayon de* 400 *mm.*
- *A la température de laminage, la limite élastique du matériau est de* $R_e = 150$ *MPa. Ce matériau est supposé incompressible avec un comportement plastique idéal.*

a) *Votre laminoir n'est pas conçu pour supporter une force d'écartement des rouleaux valant plus que 25′000 kN. Vérifier que, dans ce cas, l'opération de laminage ne peut pas être réalisée en une seul passe.*

Enoncé exercice 2 a)

Laminage progressif

- *Un bloc d'acier de* 100 *mm d'épaisseur et de* 1000 *mm de largeur (supposée constante tout au long du laminage) doit être réduit à la dimension d'une feuille de* 10 *mm d'épaisseur par laminage à chaud.*
- *Les rouleaux de laminage ont un rayon de* 400 *mm.*
- *A la température de laminage, la limite élastique du matériau est de* $R_e = 150$ *MPa. Ce matériau est supposé incompressible avec un comportement plastique idéal.*

a) *Votre laminoir n'est pas conçu pour supporter une force d'écartement des rouleaux valant plus que* $25'000$ *kN. Vérifier que, dans ce cas, l'opération de laminage ne peut pas être réalisée en une seul passe.*

Enoncé exercice 2 a)

Laminage progressif

- *Un bloc d'acier de* 100 *mm d'épaisseur et de* 1000 *mm de largeur (supposée constante tout au long du laminage) doit être réduit à la dimension d'une feuille de* 10 *mm d'épaisseur par laminage à chaud.*
- *Les rouleaux de laminage ont un rayon de* 400 *mm.*
- *A la température de laminage, la limite élastique du matériau est de* $R_e = 150$ *MPa. Ce matériau est supposé incompressible avec un comportement plastique idéal.*

a) *Votre laminoir n'est pas conçu pour supporter une force d'écartement des rouleaux valant plus que* $25'000$ *kN. Vérifier que, dans ce cas, l'opération de laminage ne peut pas être réalisée en une seul passe.*

Enoncé exercice 2 a)

Laminage progressif

- *Un bloc d'acier de* 100 *mm d'épaisseur et de* 1000 *mm de largeur (supposée constante tout au long du laminage) doit être réduit à la dimension d'une feuille de* 10 *mm d'épaisseur par laminage à chaud.*
- *Les rouleaux de laminage ont un rayon de* 400 *mm.*
- *A la température de laminage, la limite élastique du matériau est de* $R_e = 150$ *MPa. Ce matériau est supposé incompressible avec un comportement plastique idéal.*

a) *Votre laminoir n'est pas conçu pour supporter une force d'écartement des rouleaux valant plus que* $25'000$ *kN. Vérifier que, dans ce cas, l'opération de laminage ne peut pas être réalisée en une seul passe.*

Enoncé exercice 2 a)

Laminage progressif

- *Un bloc d'acier de* 100 *mm d'épaisseur et de* 1000 *mm de largeur (supposée constante tout au long du laminage) doit être réduit à la dimension d'une feuille de* 10 *mm d'épaisseur par laminage à chaud.*
- *Les rouleaux de laminage ont un rayon de* 400 *mm.*
- *A la température de laminage, la limite élastique du matériau est de* $R_e = 150$ *MPa. Ce matériau est supposé incompressible avec un comportement plastique idéal.*

a) *Votre laminoir n'est pas conçu pour supporter une force d'écartement des rouleaux valant plus que* 25′000 *kN. Vérifier que, dans ce cas, l'opération de laminage ne peut pas être réalisée en une seul passe.*

Enoncé exercice 2 a)

Laminage progressif

- *Un bloc d'acier de* 100 *mm d'épaisseur et de* 1000 *mm de largeur (supposée constante tout au long du laminage) doit être réduit à la dimension d'une feuille de* 10 *mm d'épaisseur par laminage à chaud.*
- *Les rouleaux de laminage ont un rayon de* 400 *mm.*
- *A la température de laminage, la limite élastique du matériau est de* $R_e = 150$ *MPa. Ce matériau est supposé incompressible avec un comportement plastique idéal.*

a) *Votre laminoir n'est pas conçu pour supporter une force d'écartement des rouleaux valant plus que* $25'000$ *kN. Vérifier que, dans ce cas, l'opération de laminage ne peut pas être réalisée en une seul passe.*

Enoncé exercice 2 a)

Laminage progressif

- *Un bloc d'acier de* 100 *mm d'épaisseur et de* 1000 *mm de largeur (supposée constante tout au long du laminage) doit être réduit à la dimension d'une feuille de* 10 *mm d'épaisseur par laminage à chaud.*
- *Les rouleaux de laminage ont un rayon de* 400 *mm.*
- *A la température de laminage, la limite élastique du matériau est de* $R_e = 150$ *MPa. Ce matériau est supposé incompressible avec un comportement plastique idéal.*

a) *Votre laminoir n'est pas conçu pour supporter une force d'écartement des rouleaux valant plus que* $25'000$ *kN. Vérifier que, dans ce cas, l'opération de laminage ne peut pas être réalisée en une seul passe.*

Corrigé exercice 2 a)

Laminage progressif

- *La force de laminage correspondant à un rétrecessissement $\delta = t_0 - t_r$ vaut*

$$F_{\mathrm{lam}} \simeq w R_e \sqrt{R(t_0 - t_f)}$$

avec :

  - *R le rayon des rouleaux,*
  - *w la largeur (supposé constante) de la pièce,*
  - *R_e la limite élastique du matériau.*

- *Dans notre cas et en exprimant R_e en kN/mm^2 : $R_e = 0.15\,kN/mm^2$, on trouve :*

$$F_{\mathrm{lam}} \simeq 1000 \times 0.15 \times \sqrt{400 \times (100 - 10)} \simeq 28'460.5\,kN$$

- *Cette valeur **excède** maleureusement la limite de $25'000\,kN$ tolérée.*

Corrigé exercice 2 a)

Laminage progressif

- *La force de laminage correspondant à un rétrecessissement* $\delta = t_0 - t_r$ *vaut*

$$F_{\mathrm{lam}} \simeq w R_e \sqrt{R(t_0 - t_f)}$$

avec :

- R *le rayon des rouleaux,*
- w *la largeur (supposé constante) de la pièce,*
- R_e *la limite élastique du matériau.*

- *Dans notre cas et en exprimant* R_e *en kN/mm*^{2} *:* $R_e = 0.15\,kN/mm^2$*, on trouve :*

$$F_{\mathrm{lam}} \simeq 1000 \times 0.15 \times \sqrt{400 \times (100 - 10)} \simeq 28'460.5\,kN$$

- *Cette valeur **excède** maleureusement la limite de* $25'000$ *kN tolérée.*

Corrigé exercice 2 a)

Laminage progressif

- *La force de laminage correspondant à un rétrecessissement* $\delta = t_0 - t_r$ *vaut*

$$F_{\text{lam}} \simeq w R_e \sqrt{R(t_0 - t_f)}$$

avec :

- *R le rayon des rouleaux,*
- *w la largeur (supposé constante) de la pièce,*
- *R_e la limite élastique du matériau.*

- *Dans notre cas et en exprimant R_e en kN/mm^2 : $R_e = 0.15$ kN/mm^2, on trouve :*

$$F_{\text{lam}} \simeq 1000 \times 0.15 \times \sqrt{400 \times (100 - 10)} \simeq 28'460.5 \text{ kN}$$

- *Cette valeur **excède** maleureusement la limite de 25'000 kN tolérée.*

Corrigé exercice 2 a)

Laminage progressif

- *La force de laminage correspondant à un rétrecessissement $\delta = t_0 - t_r$ vaut*

$$F_{\mathrm{lam}} \simeq w R_e \sqrt{R(t_0 - t_f)}$$

avec :

- *R le rayon des rouleaux,*
- *w la largeur (supposé constante) de la pièce,*
- *R_e la limite élastique du matériau.*

- *Dans notre cas et en exprimant R_e en kN/mm^2 : $R_e = 0.15\,kN/mm^2$, on trouve :*

$$F_{\mathrm{lam}} \simeq 1000 \times 0.15 \times \sqrt{400 \times (100 - 10)} \simeq 28'460.5\,kN$$

- *Cette valeur **excède** maleureusement la limite de $25'000\,kN$ tolérée.*

Corrigé exercice 2 a)

Laminage progressif

- *La force de laminage correspondant à un rétrecessissement $\delta = t_0 - t_r$ vaut*

$$F_{\text{lam}} \simeq wR_e\sqrt{R(t_0 - t_f)}$$

avec :

- *R le rayon des rouleaux,*
- *w la largeur (supposé constante) de la pièce,*
- *R_e la limite élastique du matériau.*

- *Dans notre cas et en exprimant R_e en kN/mm^2 : $R_e = 0.15\,kN/mm^2$, on trouve :*

$$F_{\text{lam}} \simeq 1000 \times 0.15 \times \sqrt{400 \times (100 - 10)} \simeq 28'460.5\ kN$$

- *Cette valeur* ***excède*** *maleureusement la limite de $25'000$ kN tolérée.*

Corrigé exercice 2 a)

Laminage progressif

- *La force de laminage correspondant à un rétrecessissement $\delta = t_0 - t_r$ vaut*

$$F_{\text{lam}} \simeq w R_e \sqrt{R(t_0 - t_f)}$$

avec :

- *R le rayon des rouleaux,*
- *w la largeur (supposé constante) de la pièce,*
- *R_e la limite élastique du matériau.*

- *Dans notre cas et en exprimant R_e en kN/mm^2 : $R_e = 0.15\,kN/mm^2$, on trouve :*

$$F_{\text{lam}} \simeq 1000 \times 0.15 \times \sqrt{400 \times (100 - 10)} \simeq 28'460.5\;kN$$

- *Cette valeur **excède** maleureusement la limite de $25'000\;kN$ tolérée.*

Corrigé exercice 2 a)

Laminage progressif

- *La force de laminage correspondant à un rétrecessissement $\delta = t_0 - t_r$ vaut*

$$F_{\text{lam}} \simeq wR_e\sqrt{R(t_0 - t_f)}$$

avec :

- *R le rayon des rouleaux,*
- *w la largeur (supposé constante) de la pièce,*
- *R_e la limite élastique du matériau.*

- *Dans notre cas et en exprimant R_e en kN/mm^2 : $R_e = 0.15\,kN/mm^2$, on trouve :*

$$F_{\text{lam}} \simeq 1000 \times 0.15 \times \sqrt{400 \times (100 - 10)} \simeq 28'460.5\,kN$$

- *Cette valeur **excède** maleureusement la limite de $25'000\,kN$ tolérée.*

Corrigé exercice 2 a)

Laminage progressif

- *La force de laminage correspondant à un rétrecessissement* $\delta = t_0 - t_r$ *vaut*

$$F_{\text{lam}} \simeq w R_e \sqrt{R(t_0 - t_f)}$$

avec :

  - *R le rayon des rouleaux,*
  - *w la largeur (supposé constante) de la pièce,*
  - *R_e la limite élastique du matériau.*

- *Dans notre cas et en exprimant R_e en kN/mm^2 : $R_e = 0.15\,kN/mm^2$, on trouve :*

$$F_{\text{lam}} \simeq 1000 \times 0.15 \times \sqrt{400 \times (100 - 10)} \simeq 28'460.5\,kN$$

- *Cette valeur **excède** maleureusement la limite de 25′000 kN tolérée.*

Enoncé exercice 2 b)

Laminage progressif : planification des passes

- *Un bloc d'acier de* 100 *mm d'épaisseur et de* 1000 *mm de largeur (supposée constante tout au long du laminage) doit être réduit à la dimension d'une feuille de* 10 *mm d'épaisseur par laminage à chaud.*
- *Les rouleaux de laminage ont un rayon de* 400 *mm.*
- *A la température de laminage, la limite élastique du matériau est de* $R_e = 150$ *MPa. Ce matériau est supposé incompressible avec un comportement plastique idéal.*

b) *Planifier l'opération en deux passes et déterminer les facteurs de laminage successifs* $r^{(1)}$ *et* $r^{(2)}$*. Y a-t-il un choix de* $r^{(1)}$ *et* $r^{(2)}$ *qui minimise le travail de laminage total (frottements négligés) ? Si non, choisir* $r^{(1)}$ *et* $r^{(2)}$ *de telle façon que le travail de laminage soit le même lors de chaque passe.*

Enoncé exercice 2 b)

Laminage progressif : planification des passes

- *Un bloc d'acier de* 100 *mm d'épaisseur et de* 1000 *mm de largeur (supposée constante tout au long du laminage) doit être réduit à la dimension d'une feuille de* 10 *mm d'épaisseur par laminage à chaud.*
- *Les rouleaux de laminage ont un rayon de* 400 *mm.*
- *A la température de laminage, la limite élastique du matériau est de* $R_e = 150$ *MPa. Ce matériau est supposé incompressible avec un comportement plastique idéal.*

b) *Planifier l'opération en deux passes et déterminer les facteurs de laminage successifs* $r^{(1)}$ *et* $r^{(2)}$*. Y a-t-il un choix de* $r^{(1)}$ *et* $r^{(2)}$ *qui minimise le travail de laminage total (frottements négligés) ? Si non, choisir* $r^{(1)}$ *et* $r^{(2)}$ *de telle façon que* ***le travail de laminage soit le même lors de chaque passe.***

Enoncé exercice 2 b)

Laminage progressif : planification des passes

- *Un bloc d'acier de* 100 *mm d'épaisseur et de* 1000 *mm de largeur (supposée constante tout au long du laminage) doit être réduit à la dimension d'une feuille de* 10 *mm d'épaisseur par laminage à chaud.*
- *Les rouleaux de laminage ont un rayon de* 400 *mm.*
- *A la température de laminage, la limite élastique du matériau est de* $R_e = 150$ *MPa. Ce matériau est supposé incompressible avec un comportement plastique idéal.*

b) *Planifier l'opération en deux passes et déterminer les facteurs de laminage successifs* $r^{(1)}$ *et* $r^{(2)}$*. Y a-t-il un choix de* $r^{(1)}$ *et* $r^{(2)}$ *qui minimise le travail de laminage total (frottements négligés) ? Si non, choisir* $r^{(1)}$ *et* $r^{(2)}$ *de telle façon que* ***le travail de laminage soit le même lors de chaque passe****.*

Corrigé exercice 2 b)

Laminage progressif : planification des passes

- *Le travail lors du laminage amenant de l'épaisseur t_0 à l'ép. interm. t_i est*

$$A^{(1)} = R_e V_0 \ln \frac{t_0}{t_i}.$$

- *Le travail lors du second (amenant de l'épaisseur t_i à l'épaisseur t_f) sera*

$$A^{(2)} = R_e V_0 \ln \frac{t_i}{t_f}.$$

- *Au total, le travail vaut*

$$A = A^{(1)} + A^{(2)} = R_e V_0 \left(\ln \frac{t_0}{t_i} + \ln \frac{t_i}{t_f} \right) = R_e V_0 \ln \frac{t_0 \, t_i}{t_i \, t_f}$$

- *En conclusion, le travail total est* ***indépendant*** *du choix de t_i .*

Corrigé exercice 2 b)

Laminage progressif : planification des passes

- *Le travail lors du laminage amenant de l'épaisseur t_0 à l'ép. interm. t_i est*

$$A^{(1)} = R_e V_0 \ln \frac{t_0}{t_i}.$$

- *Le travail lors du second (amenant de l'épaisseur t_i à l'épaisseur t_f) sera*

$$A^{(2)} = R_e V_0 \ln \frac{t_i}{t_f}.$$

- *Au total, le travail vaut*

$$A = A^{(1)} + A^{(2)} = R_e V_0 \left(\ln \frac{t_0}{t_i} + \ln \frac{t_i}{t_f} \right) = R_e V_0 \ln \frac{t_0 \, t_i}{t_i \, t_f}$$

- *En conclusion, le travail total est **indépendant** du choix de t_i .*

Corrigé exercice 2 b)

Laminage progressif : planification des passes

- *Le travail lors du laminage amenant de l'épaisseur t_0 à l'ép. interm. t_i est*

$$A^{(1)} = R_e V_0 \ln \frac{t_0}{t_i}.$$

- *Le travail lors du second (amenant de l'épaisseur t_i à l'épaisseur t_f) sera*

$$A^{(2)} = R_e V_0 \ln \frac{t_i}{t_f}.$$

- *Au total, le travail vaut*

$$A = A^{(1)} + A^{(2)} = R_e V_0 \left(\ln \frac{t_0}{t_i} + \ln \frac{t_i}{t_f} \right) = R_e V_0 \ln \frac{t_0}{t_i} \frac{t_i}{t_f}$$

- *En conclusion, le travail total est **indépendant** du choix de t_i .*

Corrigé exercice 2 b)

Laminage progressif : planification des passes

- *Le travail lors du laminage amenant de l'épaisseur t_0 à l'ép. interm. t_i est*

$$A^{(1)} = R_e V_0 \ln \frac{t_0}{t_i}.$$

- *Le travail lors du second (amenant de l'épaisseur t_i à l'épaisseur t_f) sera*

$$A^{(2)} = R_e V_0 \ln \frac{t_i}{t_f}.$$

- *Au total, le travail vaut*

$$A = A^{(1)} + A^{(2)} = R_e V_0 \left(\ln \frac{t_0}{t_i} + \ln \frac{t_i}{t_f} \right) = R_e V_0 \ln \frac{t_0}{t_i} \frac{t_i}{t_f}$$

- *En conclusion, le travail total est **indépendant** du choix de t_i .*

Corrigé exercice 2 b)

Laminage progressif : planification des passes

- *Le travail lors du laminage amenant de l'épaisseur t_0 à l'ép. interm. t_i est*

$$A^{(1)} = R_e V_0 \ln \frac{t_0}{t_i}.$$

- *Le travail lors du second (amenant de l'épaisseur t_i à l'épaisseur t_f) sera*

$$A^{(2)} = R_e V_0 \ln \frac{t_i}{t_f}.$$

- *Au total, le travail vaut*

$$A = A^{(1)} + A^{(2)} = R_e V_0 \left(\ln \frac{t_0}{t_i} + \ln \frac{t_i}{t_f} \right) = R_e V_0 \ln \frac{t_0\, t_i}{t_i\, t_f} = R_e V_0 \ln \frac{t_0}{t_f}$$

- *En conclusion, le travail total est **indépendant** du choix de t_i .*

Corrigé exercice 2 b)

Laminage progressif : planification des passes

- *Le travail lors du laminage amenant de l'épaisseur t_0 à l'ép. interm. t_i est*

$$A^{(1)} = R_e V_0 \ln \frac{t_0}{t_i}.$$

- *Le travail lors du second (amenant de l'épaisseur t_i à l'épaisseur t_f) sera*

$$A^{(2)} = R_e V_0 \ln \frac{t_i}{t_f}.$$

- *Au total, le travail vaut*

$$A = A^{(1)} + A^{(2)} = R_e V_0 \left(\ln \frac{t_0}{t_i} + \ln \frac{t_i}{t_f} \right) = R_e V_0 \ln \frac{t_0 \cdot t_i}{t_i \cdot t_f} = R_e V_0 \ln \frac{t_0}{t_f}$$

- *En conclusion, le travail total est* ***indépendant*** *du choix de t_i .*

Corrigé exercice 2 b)

Laminage progressif : planification des passes

- *Le travail lors du laminage amenant de l'épaisseur t_0 à l'ép. interm. t_i est*

$$A^{(1)} = R_e V_0 \ln \frac{t_0}{t_i}.$$

- *Le travail lors du second (amenant de l'épaisseur t_i à l'épaisseur t_f) sera*

$$A^{(2)} = R_e V_0 \ln \frac{t_i}{t_f}.$$

- *Au total, le travail vaut*

$$A = A^{(1)} + A^{(2)} = R_e V_0 \left(\ln \frac{t_0}{t_i} + \ln \frac{t_i}{t_f} \right) = R_e V_0 \ln \frac{t_0}{t_i} \frac{t_i}{t_f} = R_e V_0 \ln \frac{t_0}{t_f}$$

- *En conclusion, le travail total est **indépendant** du choix de t_i .*

Corrigé exercice 2 b)

Laminage progressif : planification des passes

- *Le travail lors du laminage amenant de l'épaisseur t_0 à l'ép. interm. t_i est*

$$A^{(1)} = R_e V_0 \ln \frac{t_0}{t_i}.$$

- *Le travail lors du second (amenant de l'épaisseur t_i à l'épaisseur t_f) sera*

$$A^{(2)} = R_e V_0 \ln \frac{t_i}{t_f}.$$

- *Au total, le travail vaut*

$$A = A^{(1)} + A^{(2)} = R_e V_0 \left(\ln \frac{t_0}{t_i} + \ln \frac{t_i}{t_f} \right) = R_e V_0 \ln \frac{t_0}{t_i} \frac{t_i}{t_f} = R_e V_0 \ln \frac{t_0}{t_f}$$

- *En conclusion, le travail total est **indépendant** du choix de t_i .*

Corrigé exercice 2 b)

Laminage progressif : planification des passes

- *Le travail lors du laminage amenant de l'épaisseur t_0 à l'ép. interm. t_i est*

$$A^{(1)} = R_e V_0 \ln \frac{t_0}{t_i}.$$

- *Le travail lors du second (amenant de l'épaisseur t_i à l'épaisseur t_f) sera*

$$A^{(2)} = R_e V_0 \ln \frac{t_i}{t_f}.$$

- *Au total, le travail vaut*

$$A = A^{(1)} + A^{(2)} = R_e V_0 \left(\ln \frac{t_0}{t_i} + \ln \frac{t_i}{t_f} \right) = R_e V_0 \ln \frac{t_0}{t_i}\frac{t_i}{t_f} = R_e V_0 \ln \frac{t_0}{t_f}$$

- *En conclusion, le travail total est **indépendant** du choix de t_i.*

Corrigé exercice 2 b)

Laminage progressif : planification des passes

- *Le travail lors du laminage amenant de l'épaisseur t_0 à l'ép. interm. t_i est*

$$A^{(1)} = R_e V_0 \ln \frac{t_0}{t_i}.$$

- *Le travail lors du second (amenant de l'épaisseur t_i à l'épaisseur t_f) sera*

$$A^{(2)} = R_e V_0 \ln \frac{t_i}{t_f}.$$

- *Au total, le travail vaut*

$$A = A^{(1)} + A^{(2)} = R_e V_0 \left(\ln \frac{t_0}{t_i} + \ln \frac{t_i}{t_f} \right) = R_e V_0 \ln \frac{t_0}{t_i} \frac{t_i}{t_f} = R_e V_0 \ln \frac{t_0}{t_f}$$

- *En conclusion, le travail total est **indépendant** du choix de t_i .*

Corrigé exercice 2 b)

Laminage progressif : planification des passes

- *Le travail lors du laminage amenant de l'épaisseur t_0 à l'ép. interm. t_i est*

$$A^{(1)} = R_e V_0 \ln \frac{t_0}{t_i}.$$

- *Le travail lors du second (amenant de l'épaisseur t_i à l'épaisseur t_f) sera*

$$A^{(2)} = R_e V_0 \ln \frac{t_i}{t_f}.$$

- *Au total, le travail vaut*

$$A = A^{(1)} + A^{(2)} = R_e V_0 \left(\ln \frac{t_0}{t_i} + \ln \frac{t_i}{t_f} \right) = R_e V_0 \ln \frac{t_0}{t_i} \frac{t_i}{t_f} = R_e V_0 \ln \frac{t_0}{t_f}$$

- *En conclusion, le travail total est **indépendant** du choix de t_i .*

Corrigé exercice 2 b)

Laminage progressif : planification des passes

- *Le travail lors du laminage amenant de l'épaisseur t_0 à l'ép. interm. t_i est*

$$A^{(1)} = R_e V_0 \ln \frac{t_0}{t_i}.$$

- *Le travail lors du second (amenant de l'épaisseur t_i à l'épaisseur t_f) sera*

$$A^{(2)} = R_e V_0 \ln \frac{t_i}{t_f}.$$

- *Au total, le travail vaut*

$$A = A^{(1)} + A^{(2)} = R_e V_0 \left(\ln \frac{t_0}{t_i} + \ln \frac{t_i}{t_f} \right) = R_e V_0 \ln \frac{t_0}{t_i} \frac{t_i}{t_f} = R_e V_0 \ln \frac{t_0}{t_f}$$

- *En conclusion, le travail total est **indépendant** du choix de t_i .*

Corrigé exercice 2 b)

Laminage progressif : planification des passes

- *Le travail lors du laminage amenant de l'épaisseur t_0 à l'ép. interm. t_i est*

$$A^{(1)} = R_e V_0 \ln \frac{t_0}{t_i}.$$

- *Le travail lors du second (amenant de l'épaisseur t_i à l'épaisseur t_f) sera*

$$A^{(2)} = R_e V_0 \ln \frac{t_i}{t_f}.$$

- *Au total, le travail vaut*

$$A = A^{(1)} + A^{(2)} = R_e V_0 \left(\ln \frac{t_0}{t_i} + \ln \frac{t_i}{t_f} \right) = R_e V_0 \ln \frac{t_0}{t_i} \frac{t_i}{t_f} = R_e V_0 \ln \frac{t_0}{t_f}$$

- *En conclusion, le travail total est **indépendant** du choix de t_i .*

Corrigé exercice 2 b)

Laminage progressif : planification des passes

- *On choisit donc l'épaisseur intermédiaire t_i de telle sorte que les travaux spécifiques*

$$e^{(1)}_{\text{spec}} = R_e \ln \frac{t_0}{t_i} \quad et \quad e^{(2)}_{\text{spec}} = R_e \ln \frac{t_i}{t_f}$$

  soient les mêmes.

- *Cela donne l'équation :*

$$\ln \frac{t_0}{t_i} = \ln \frac{t_i}{t_f}$$

- *On conclut que*

$$t_i = \sqrt{t_0 t_f}$$

Laminage progressif : planification des passes

- *On choisit donc l'épaisseur intermédiaire t_i de telle sorte que les travaux spécifiques*

$$e_{\mathrm{spec}}^{(1)} = R_e \ln \frac{t_0}{t_i} \quad \textit{et} \quad e_{\mathrm{spec}}^{(2)} = R_e \ln \frac{t_i}{t_f}$$

soient les mêmes.

- *Cela donne l'équation :*

$$\ln \frac{t_0}{t_i} = \ln \frac{t_i}{t_f}$$

- *On conclut que*

$$t_i = \sqrt{t_0 t_f}$$

Corrigé exercice 2 b)

Laminage progressif : planification des passes

- *On choisit donc l'épaisseur intermédiaire t_i de telle sorte que les travaux spécifiques*

$$e_{\text{spec}}^{(1)} = R_e \ln \frac{t_0}{t_i} \quad \textit{et} \quad e_{\text{spec}}^{(2)} = R_e \ln \frac{t_i}{t_f}$$

  soient les mêmes.
- *Cela donne l'équation :*

$$\ln \frac{t_0}{t_i} = \ln \frac{t_i}{t_f} \iff \frac{t_0}{t_i} = \frac{t_i}{t_f} \iff t_i^2 = t_0 t_f$$

- *On conclut que*

$$t_i = \sqrt{t_0 t_f} = \sqrt{10 \times 100} \simeq 31.63\ mm$$

Corrigé exercice 2 b)

Laminage progressif : planification des passes

- *On choisit donc l'épaisseur intermédiaire t_i de telle sorte que les travaux spécifiques*

$$e_{\text{spec}}^{(1)} = R_e \ln \frac{t_0}{t_i} \quad et \quad e_{\text{spec}}^{(2)} = R_e \ln \frac{t_i}{t_f}$$

  soient les mêmes.
- *Cela donne l'équation :*

$$\ln \frac{t_0}{t_i} = \ln \frac{t_i}{t_f} \Longleftrightarrow \frac{t_0}{t_i} = \frac{t_i}{t_f} \Longleftrightarrow t_i^2 = t_0 t_f$$

- *On conclut que*

$$t_i = \sqrt{t_0 t_f} = \sqrt{10 \times 100} \simeq 31.63\ mm$$

Corrigé exercice 2 b)

Laminage progressif : planification des passes

- *On choisit donc l'épaisseur intermédiaire t_i de telle sorte que les travaux spécifiques*

$$e_{\text{spec}}^{(1)} = R_e \ln \frac{t_0}{t_i} \quad et \quad e_{\text{spec}}^{(2)} = R_e \ln \frac{t_i}{t_f}$$

  soient les mêmes.
- *Cela donne l'équation :*

$$\ln \frac{t_0}{t_i} = \ln \frac{t_i}{t_f} \Longleftrightarrow \frac{t_0}{t_i} = \frac{t_i}{t_f} \Longleftrightarrow t_i^2 = t_0 t_f$$

- *On conclut que*

$$t_i = \sqrt{t_0 t_f} = \sqrt{10 \times 100} \simeq 31.63\ mm.$$

Corrigé exercice 2 b)

Laminage progressif : planification des passes

- *On choisit donc l'épaisseur intermédiaire t_i de telle sorte que les travaux spécifiques*

$$e_{\text{spec}}^{(1)} = R_e \ln \frac{t_0}{t_i} \quad \textit{et} \quad e_{\text{spec}}^{(2)} = R_e \ln \frac{t_i}{t_f}$$

  soient les mêmes.
- *Cela donne l'équation :*

$$\ln \frac{t_0}{t_i} = \ln \frac{t_i}{t_f} \iff \frac{t_0}{t_i} = \frac{t_i}{t_f} \iff t_i^2 = t_0 t_f$$

- *On conclut que*

$$t_i = \sqrt{t_0 t_f} = \sqrt{10 \times 100} \simeq 31.63 \text{ mm}$$

Corrigé exercice 2 b)

Laminage progressif : planification des passes

- *On choisit donc l'épaisseur intermédiaire t_i de telle sorte que les travaux spécifiques*

$$e^{(1)}_{\text{spec}} = R_e \ln \frac{t_0}{t_i} \quad et \quad e^{(2)}_{\text{spec}} = R_e \ln \frac{t_i}{t_f}$$

  soient les mêmes.
- *Cela donne l'équation :*

$$\ln \frac{t_0}{t_i} = \ln \frac{t_i}{t_f} \Longleftrightarrow \frac{t_0}{t_i} = \frac{t_i}{t_f} \Longleftrightarrow t_i^2 = t_0\, t_f$$

- *On conclut que*

$$t_i = \sqrt{t_0\, t_f} = \sqrt{10 \times 100} \simeq 31.63\ mm.$$

Corrigé exercice 2 b)

Laminage progressif : planification des passes

- *On choisit donc l'épaisseur intermédiaire t_i de telle sorte que les travaux spécifiques*

$$e^{(1)}_{\text{spec}} = R_e \ln \frac{t_0}{t_i} \quad et \quad e^{(2)}_{\text{spec}} = R_e \ln \frac{t_i}{t_f}$$

  soient les mêmes.
- *Cela donne l'équation :*

$$\ln \frac{t_0}{t_i} = \ln \frac{t_i}{t_f} \iff \frac{t_0}{t_i} = \frac{t_i}{t_f} \iff t_i^2 = t_0 \, t_f$$

- *On conclut que*

$$t_i = \sqrt{t_0 \, t_f} = \sqrt{10 \times 100} \simeq 31.63 \, mm.$$

Corrigé exercice 2 b)

Laminage progressif : planification des passes

- *On choisit donc l'épaisseur intermédiaire t_i de telle sorte que les travaux spécifiques*

$$e^{(1)}_{\text{spec}} = R_e \ln \frac{t_0}{t_i} \quad et \quad e^{(2)}_{\text{spec}} = R_e \ln \frac{t_i}{t_f}$$

  soient les mêmes.
- *Cela donne l'équation :*

$$\ln \frac{t_0}{t_i} = \ln \frac{t_i}{t_f} \iff \frac{t_0}{t_i} = \frac{t_i}{t_f} \iff t_i^2 = t_0 t_f$$

- *On conclut que*

$$t_i = \sqrt{t_0 t_f} = \sqrt{10 \times 100} \simeq 31.63\ mm.$$

Corrigé exercice 2 b)

Laminage progressif : planification des passes

- *On choisit donc l'épaisseur intermédiaire t_i de telle sorte que les travaux spécifiques*

$$e^{(1)}_{\text{spec}} = R_e \ln \frac{t_0}{t_i} \quad et \quad e^{(2)}_{\text{spec}} = R_e \ln \frac{t_i}{t_f}$$

  soient les mêmes.
- *Cela donne l'équation :*

$$\ln \frac{t_0}{t_i} = \ln \frac{t_i}{t_f} \iff \frac{t_0}{t_i} = \frac{t_i}{t_f} \iff t_i^2 = t_0 t_f$$

- *On conclut que*

$$t_i = \sqrt{t_0 t_f} = \sqrt{10 \times 100} \simeq 31.63 \ mm.$$

Corrigé exercice 2 b)

Laminage progressif : planification des passes

- *On choisit donc l'épaisseur intermédiaire t_i de telle sorte que les travaux spécifiques*

$$e^{(1)}_{\text{spec}} = R_e \ln \frac{t_0}{t_i} \quad et \quad e^{(2)}_{\text{spec}} = R_e \ln \frac{t_i}{t_f}$$

  soient les mêmes.

- *Cela donne l'équation :*

$$\ln \frac{t_0}{t_i} = \ln \frac{t_i}{t_f} \iff \frac{t_0}{t_i} = \frac{t_i}{t_f} \iff t_i^2 = t_0 t_f$$

- *On conclut que*

$$t_i = \sqrt{t_0 t_f} = \sqrt{10 \times 100} \simeq 31.63\, mm.$$

Enoncé exercice 2 c)-1)

Laminage progressif : réalisation des passes

- *Un bloc d'acier de* 100 *mm d'épaisseur et de* 1000 *mm de largeur (supposée constante tout au long du laminage) doit être réduit à la dimension d'une feuille de* 10 *mm d'épaisseur par laminage à chaud.*
- *Les rouleaux de laminage ont un rayon de* 400 *mm.*
- *A la température de laminage, la limite élastique du matériau est de* $R_e = 150$ *MPa. Ce matériau est supposé incompressible avec un comportement plastique idéal.*

c) *Vérifier que le laminoir est capable d'effectuer les deux passes.*

Corrigé exercice 2 c)-1)

Laminage progressif : réalisation des passes

- *L'épaisseur passe de $t_0 = 100$ mm à $t_i = 31.63$ mm puis de $t_i = 31.63$ mm à $t_f = 10$ mm.*
- *Le rétrecissement maximal a lieu lors de la première passe. C'est donc celle-ci qui nécessite la force de laminage maximale et la plus grande friction.*
- *La force de laminage nécessaire sera*

$$F_{\mathrm{lam}}^{(1)} = wR_e\sqrt{R(t_0 - t_i)} = 1000 \times 0.15 \times \sqrt{400 \times (100 - 31.63)} \simeq 24'807.2\, kN$$

- *Elle est **inférieure** à la limite de la machine (25'000 kN).*

Corrigé exercice 2 c)-1)

Laminage progressif : réalisation des passes

- *L'épaisseur passe de* $t_0 = 100\ mm$ *à* $t_i = 31.63\ mm$ *puis de* $t_i = 31.63\ mm$ *à* $t_f = 10\ mm$*.*
- *Le rétrecissement maximal a lieu lors de la première passe. C'est donc celle-ci qui nécessite la force de laminage maximale et la plus grande friction.*
- *La force de laminage nécessaire sera*

$$F_{\text{lam}}^{(1)} = wR_e\sqrt{R(t_0 - t_i)} = 1000 \times 0.15 \times \sqrt{400 \times (100 - 31.63)} \simeq 24'807.2\ kN$$

- *Elle est* ***inférieure*** *à la limite de la machine (25'000 kN).*

Corrigé exercice 2 c)-1)

Laminage progressif : réalisation des passes

- *L'épaisseur passe de $t_0 = 100$ mm à $t_i = 31.63$ mm puis de $t_i = 31.63$ mm à $t_f = 10$ mm.*
- *Le rétrecissement maximal a lieu lors de la première passe. C'est donc celle-ci qui nécessite la force de laminage maximale et la plus grande friction.*
- *La force de laminage nécessaire sera*

$$F_{\text{lam}}^{(1)} = wR_e\sqrt{R(t_0 - t_i)} = 1000 \times 0.15 \times \sqrt{400 \times (100 - 31.63)} = 24'307.2\ kN$$

- *Elle est **inférieure** à la limite de la machine (25'000 kN).*

Corrigé exercice 2 c)-1)

Laminage progressif : réalisation des passes

- *L'épaisseur passe de* $t_0 = 100$ *mm à* $t_i = 31.63$ *mm puis de* $t_i = 31.63$ *mm à* $t_f = 10$ *mm.*
- *Le rétrecissement maximal a lieu lors de la première passe. C'est donc celle-ci qui nécessite la force de laminage maximale et la plus grande friction.*
- *La force de laminage nécessaire sera*

$$F_{\mathrm{lam}}^{(1)} = wR_e\sqrt{R(t_0 - t_i)} = 1000 \times 0.15 \times \sqrt{400 \times (100 - 31.63)} \simeq 24'807.2\ kN$$

- *Elle est **inférieure** à la limite de la machine (25'000 kN).*

Corrigé exercice 2 c)-1)

Laminage progressif : réalisation des passes

- *L'épaisseur passe de* $t_0 = 100\ mm$ *à* $t_i = 31.63\ mm$ *puis de* $t_i = 31.63\ mm$ *à* $t_f = 10\ mm$.
- *Le rétrecissement maximal a lieu lors de la première passe. C'est donc celle-ci qui nécessite la force de laminage maximale et la plus grande friction.*
- *La force de laminage nécessaire sera*

$$F^{(1)}_{\mathrm{lam}} = wR_e\sqrt{R(t_0 - t_i)} = 1000 \times 0.15 \times \sqrt{400 \times (100 - 31.63)} \simeq 24'807.2\ kN$$

- *Elle est **inférieure** à la limite de la machine* ($25'000\ kN$).

Corrigé exercice 2 c)-1)

Laminage progressif : réalisation des passes

- *L'épaisseur passe de* $t_0 = 100\,mm$ *à* $t_i = 31.63\,mm$ *puis de* $t_i = 31.63\,mm$ *à* $t_f = 10\,mm$.
- *Le rétrecissement maximal a lieu lors de la première passe. C'est donc celle-ci qui nécessite la force de laminage maximale et la plus grande friction.*
- *La force de laminage nécessaire sera*

$$F_{\mathrm{lam}}^{(1)} = wR_e\sqrt{R(t_0 - t_i)} = 1000 \times 0.15 \times \sqrt{400 \times (100 - 31.63)} \simeq 24'807.2\,kN$$

- *Elle est **inférieure** à la limite de la machine (25'000 kN).*

Corrigé exercice 2 c)-1)

Laminage progressif : réalisation des passes

- *L'épaisseur passe de $t_0 = 100\,mm$ à $t_i = 31.63\,mm$ puis de $t_i = 31.63\,mm$ à $t_f = 10\,mm$.*
- *Le rétrecissement maximal a lieu lors de la première passe. C'est donc celle-ci qui nécessite la force de laminage maximale et la plus grande friction.*
- *La force de laminage nécessaire sera*

$$F^{(1)}_{\mathrm{lam}} = wR_e\sqrt{R(t_0 - t_i)} = 1000 \times 0.15 \times \sqrt{400 \times (100 - 31.63)} \simeq 24'807.2\,kN$$

- *Elle est **inférieure** à la limite de la machine (25'000 kN).*

Corrigé exercice 2 c)-1)

Laminage progressif : réalisation des passes

- *L'épaisseur passe de* $t_0 = 100$ *mm à* $t_i = 31.63$ *mm puis de* $t_i = 31.63$ *mm à* $t_f = 10$ *mm.*
- *Le rétrecissement maximal a lieu lors de la première passe. C'est donc celle-ci qui nécessite la force de laminage maximale et la plus grande friction.*
- *La force de laminage nécessaire sera*

$$F_{\text{lam}}^{(1)} = wR_e\sqrt{R(t_0 - t_i)} = 1000 \times 0.15 \times \sqrt{400 \times (100 - 31.63)} \simeq 24'807.2\ kN$$

- *Elle est* ***inférieure*** *à la limite de la machine (25′000 kN).*

Corrigé exercice 2 c)-1)

Laminage progressif : réalisation des passes

- *L'épaisseur passe de $t_0 = 100\ mm$ à $t_i = 31.63\ mm$ puis de $t_i = 31.63\ mm$ à $t_f = 10\ mm$.*
- *Le rétrecissement maximal a lieu lors de la première passe. C'est donc celle-ci qui nécessite la force de laminage maximale et la plus grande friction.*
- *La force de laminage nécessaire sera*

$$F_{\mathrm{lam}}^{(1)} = wR_e\sqrt{R(t_0 - t_i)} = 1000 \times 0.15 \times \sqrt{400 \times (100 - 31.63)} \simeq 24'807.2\ kN$$

- *Elle est **inférieure** à la limite de la machine ($25'000\ kN$).*

Enoncé exercice 2 c)-2)

Laminage progressif : réalisation des passes

- *Un bloc d'acier de* 100 *mm d'épaisseur et de* 1000 *mm de largeur (supposée constante tout au long du laminage) doit être réduit à la dimension d'une feuille de* 10 *mm d'épaisseur par laminage à chaud.*
- *Les rouleaux de laminage ont un rayon de* 400 *mm.*
- *A la température de laminage, la limite élastique du matériau est de* $R_e = 150$ *MPa. Ce matériau est supposé incompressible avec un comportement plastique idéal.*

c) *Après avoir vérifié que le laminoir est capable d'effectuer les deux passes, **calculez le coefficient de frottement** μ **nécessaire**.*

Corrigé exercice 2 c)-2)

Laminage progressif : réalisation des passes

- *La limite pour le coefficient de friction vient de la formule du cours*

$$\mu^2 R \geq \frac{1}{4}(t_0 - t_i)$$

- *soit :*

$$\mu \geq \frac{1}{2}\sqrt{\frac{t_0 - t_i}{R}} \simeq \frac{1}{2}\sqrt{\frac{100 - 31.63}{400}} \simeq 0.207.$$

Corrigé exercice 2 c)-2)

Laminage progressif : réalisation des passes

- *La limite pour le coefficient de friction vient de la formule du cours*

$$\mu^2 R \geq \frac{1}{4}(t_0 - t_i)$$

- *soit :*

$$\mu \geq \frac{1}{2}\sqrt{\frac{t_0 - t_i}{R}} \simeq \frac{1}{2}\sqrt{\frac{100 - 31.63}{400}} \simeq 0.207$$

Corrigé exercice 2 c)-2)

Laminage progressif : réalisation des passes

- *La limite pour le coefficient de friction vient de la formule du cours*

$$\mu^2 R \geq \frac{1}{4}(t_0 - t_i)$$

- *soit :*

$$\mu \geq \frac{1}{2}\sqrt{\frac{t_0 - t_i}{R}} \simeq \frac{1}{2}\sqrt{\frac{100 - 31.63}{400}} \simeq 0.207.$$

Corrigé exercice 2 c)-2)

Laminage progressif : réalisation des passes

- *La limite pour le coefficient de friction vient de la formule du cours*

$$\mu^2 R \geq \frac{1}{4}(t_0 - t_i)$$

- *soit :*

$$\mu \geq \frac{1}{2}\sqrt{\frac{t_0 - t_i}{R}} \simeq \frac{1}{2}\sqrt{\frac{100 - 31.63}{400}} \simeq 0.207.$$

Corrigé exercice 2 c)-2)

Laminage progressif : réalisation des passes

- *La limite pour le coefficient de friction vient de la formule du cours*

$$\mu^2 R \geq \frac{1}{4}(t_0 - t_i)$$

- *soit :*

$$\mu \geq \frac{1}{2}\sqrt{\frac{t_0 - t_i}{R}} \simeq \frac{1}{2}\sqrt{\frac{100 - 31.63}{400}} \simeq 0.207.$$

Corrigé exercice 2 c)-2)

Laminage progressif : réalisation des passes

- *La limite pour le coefficient de friction vient de la formule du cours*

$$\mu^2 R \geq \frac{1}{4}(t_0 - t_i)$$

- *soit :*

$$\mu \geq \frac{1}{2}\sqrt{\frac{t_0 - t_i}{R}} \simeq \frac{1}{2}\sqrt{\frac{100 - 31.63}{400}} \simeq 0.207.$$

Enoncé exercice 2 d)

Laminage progressif : rotation des rouleaux

- *Un bloc d'acier de* 100 *mm d'épaisseur et de* 1000 *mm de largeur (supposée constante tout au long du laminage) doit être réduit à la dimension d'une feuille de* 10 *mm d'épaisseur par laminage à chaud.*
- *Les rouleaux de laminage ont un rayon de* 400 *mm.*
- *A la température de laminage, la limite élastique du matériau est de* $R_e = 150$ *MPa. Ce matériau est supposé incompressible avec un comportement plastique idéal.*

d) *Calculer les vitesses de rotation* $\omega^{(1)}$ *et* $\omega^{(2)}$ *des rouleaux de façon à ne pas dépasser la limite de puissance de votre laminoir (*$P_{\max} = 1$ *MW).*

Corrigé exercice 2 d)

Laminage progressif : rotation des rouleaux

- *Les moments de laminage $M_{\text{lam}}^{(1)}$ et $M_{\text{lam}}^{(2)}$ lors des deux passes sont*

$$M_{\text{lam}}^{(1)} = \frac{1}{2} w R_e R (t_0 - t_i) \quad et \quad M_{\text{lam}}^{(2)} = \frac{1}{2} w R_e R (t_i - t_f)$$

- *On exprime les distances en mm et on utilise que la limite élastique est*

$$R_e = 0.15\,GPa = 0.15\,J/mm^3 = 0.15\,N\,m/mm^3$$

- *On trouve que*

$$M_{\text{lam}}^{(1)} = 0.5 \times 1000 \times 0.15 \times 400 \times (100 - 31.63) \simeq 2.051 \times 10^6\,N\,m$$

$$M_{\text{lam}}^{(2)} = 0.5 \times 1000 \times 0.15 \times 400 \times (31.63 - 10) \simeq 0.6489 \times 10^6\,N\,m$$

Corrigé exercice 2 d)

Laminage progressif : rotation des rouleaux

- *Les moments de laminage $M_{\text{lam}}^{(1)}$ et $M_{\text{lam}}^{(2)}$ lors des deux passes sont*

$$M_{\text{lam}}^{(1)} = \frac{1}{2} w R_e R(t_0 - t_i) \quad \textit{et} \quad M_{\text{lam}}^{(2)} = \frac{1}{2} w R_e R(t_i - t_f)$$

- *On exprime les distances en mm et on utilise que la limite élastique est*

$$R_e = 0.15\,GPa = 0.15\,J/mm^3 = 0.15\,N/mm^2$$

- *On trouve que*

$$M_{\text{lam}}^{(1)} = 0.5 \times 1000 \times 0.15 \times 400 \times (100 - 31.63)$$

$$M_{\text{lam}}^{(2)} = 0.5 \times 1000 \times 0.15 \times 400 \times (31.63 - 10)$$

Corrigé exercice 2 d)

Laminage progressif : rotation des rouleaux

- *Les moments de laminage $M_{\text{lam}}^{(1)}$ et $M_{\text{lam}}^{(2)}$ lors des deux passes sont*

$$M_{\text{lam}}^{(1)} = \frac{1}{2} w R_e R(t_0 - t_i) \quad \textit{et} \quad M_{\text{lam}}^{(2)} = \frac{1}{2} w R_e R(t_i - t_f)$$

- *On exprime les distances en mm et on utilise que la limite élastique est*

$$R_e = 0.15\, GPa = 0.15\, J/mm^3 = 0.15\, N{\cdot}m/mm^3$$

- *On trouve que*

$$M_{\text{lam}}^{(1)} = 0.5 \times 1000 \times 0.15 \times 400 \times (100 - 31.63) \simeq 2.051 \times 10^6\, N{\cdot}m$$

$$M_{\text{lam}}^{(2)} = 0.5 \times 1000 \times 0.15 \times 400 \times (31.63 - 10) \simeq 0.6489 \times 10^6\, N{\cdot}m$$

Corrigé exercice 2 d)

Laminage progressif : rotation des rouleaux

- *Les moments de laminage $M_{\text{lam}}^{(1)}$ et $M_{\text{lam}}^{(2)}$ lors des deux passes sont*

$$M_{\text{lam}}^{(1)} = \frac{1}{2} w R_e R (t_0 - t_i) \quad \textit{et} \quad M_{\text{lam}}^{(2)} = \frac{1}{2} w R_e R (t_i - t_f)$$

- *On exprime les distances en mm et on utilise que la limite élastique est*

$$R_e = 0.15\ GPa = 0.15\ J/mm^3$$

- *On trouve que*

$$M_{\text{lam}}^{(1)} = 0.5 \times 1000 \times 0.15 \times 400 \times (100 - 31.63)$$

Corrigé exercice 2 d)

Laminage progressif : rotation des rouleaux

- *Les moments de laminage $M_{\text{lam}}^{(1)}$ et $M_{\text{lam}}^{(2)}$ lors des deux passes sont*

$$M_{\text{lam}}^{(1)} = \frac{1}{2} w R_e R(t_0 - t_i) \quad \textit{et} \quad M_{\text{lam}}^{(2)} = \frac{1}{2} w R_e R(t_i - t_f)$$

- *On exprime les distances en mm et on utilise que la limite élastique est*

$$R_e = 0.15\, GPa = 0.15\, J/mm^3 = 0.15\, N{\cdot}m/mm^3$$

- *On trouve que*

$$M_{\text{lam}}^{(1)} = 0.5 \times 1000 \times 0.15 \times 400 \times (100 - 31.63) \simeq 2.051 \times 10^6\, N{\cdot}m$$

$$M_{\text{lam}}^{(2)} = 0.5 \times 1000 \times 0.15 \times 400 \times (31.63 - 10) \simeq 0.6489 \times 10^6\, N{\cdot}m$$

Laminage progressif : rotation des rouleaux

- *Les moments de laminage $M_{\text{lam}}^{(1)}$ et $M_{\text{lam}}^{(2)}$ lors des deux passes sont*

$$M_{\text{lam}}^{(1)} = \frac{1}{2} w R_e R (t_0 - t_i) \quad \textit{et} \quad M_{\text{lam}}^{(2)} = \frac{1}{2} w R_e R (t_i - t_f)$$

- *On exprime les distances en mm et on utilise que la limite élastique est*

$$R_e = 0.15\,GPa = 0.15\,J/mm^3 = 0.15\,N{\cdot}m/mm^3$$

- *On trouve que*

$$M_{\text{lam}}^{(1)} = 0.5 \times 1000 \times 0.15 \times 400 \times (100 - 31.63) \simeq 2.051 \times 10^6\,N{\cdot}m.$$

$$M_{\text{lam}}^{(2)} = 0.5 \times 1000 \times 0.15 \times 400 \times (31.63 - 10) \simeq 0.6489 \times 10^6\,N{\cdot}m.$$

Corrigé exercice 2 d)

Laminage progressif : rotation des rouleaux

- *Les moments de laminage $M^{(1)}_{\mathrm{lam}}$ et $M^{(2)}_{\mathrm{lam}}$ lors des deux passes sont*

$$M^{(1)}_{\mathrm{lam}} = \frac{1}{2} w R_e R (t_0 - t_i) \quad \textit{et} \quad M^{(2)}_{\mathrm{lam}} = \frac{1}{2} w R_e R (t_i - t_f)$$

- *On exprime les distances en mm et on utilise que la limite élastique est*

$$R_e = 0.15\, GPa = 0.15\, J/mm^3 = 0.15\, N{\cdot}m/mm^3$$

- *On trouve que*

$$M^{(1)}_{\mathrm{lam}} = 0.5 \times 1000 \times 0.15 \times 400 \times (100 - 31.63) \simeq 2.051 \times 10^6\, N{\cdot}m.$$

$$M^{(2)}_{\mathrm{lam}} = 0.5 \times 1000 \times 0.15 \times 400 \times (31.63 - 10) \simeq 0.6489 \times 10^6\, N{\cdot}m.$$

Corrigé exercice 2 d)

Laminage progressif : rotation des rouleaux

- *Les moments de laminage $M^{(1)}_{\mathrm{lam}}$ et $M^{(2)}_{\mathrm{lam}}$ lors des deux passes sont*

$$M^{(1)}_{\mathrm{lam}} = \frac{1}{2} w R_e R (t_0 - t_i) \quad \textit{et} \quad M^{(2)}_{\mathrm{lam}} = \frac{1}{2} w R_e R (t_i - t_f)$$

- *On exprime les distances en mm et on utilise que la limite élastique est*

$$R_e = 0.15\, GPa = 0.15\, J/mm^3 = 0.15\, N{\cdot}m/mm^3$$

- *On trouve que*

$$M^{(1)}_{\mathrm{lam}} = 0.5 \times 1000 \times 0.15 \times 400 \times (100 - 31.63) \simeq 2.051 \times 10^6\, N{\cdot}\, m.$$

$$M^{(2)}_{\mathrm{lam}} = 0.5 \times 1000 \times 0.15 \times 400 \times (31.63 - 10) \simeq 0.6489 \times 10^6\, N{\cdot}\, m.$$

Corrigé exercice 2 d)

Laminage progressif : rotation des rouleaux

- *Les moments de laminage $M_{\text{lam}}^{(1)}$ et $M_{\text{lam}}^{(2)}$ lors des deux passes sont*

$$M_{\text{lam}}^{(1)} = \frac{1}{2} w R_e R (t_0 - t_i) \quad \textit{et} \quad M_{\text{lam}}^{(2)} = \frac{1}{2} w R_e R (t_i - t_f)$$

- *On exprime les distances en mm et on utilise que la limite élastique est*

$$R_e = 0.15\, GPa = 0.15\, J/mm^3 = 0.15\, N{\cdot}m/mm^3$$

- *On trouve que*

$$M_{\text{lam}}^{(1)} = 0.5 \times 1000 \times 0.15 \times 400 \times (100 - 31.63) \simeq 2.051 \times 10^6\, N{\cdot}\, m.$$

$$M_{\text{lam}}^{(2)} = 0.5 \times 1000 \times 0.15 \times 400 \times (31.63 - 10) \simeq 0.6489 \times 10^6\, N{\cdot}\, m.$$

Corrigé exercice 2 d)

Laminage progressif : rotation des rouleaux

- *Les moments de laminage $M^{(1)}_{\text{lam}}$ et $M^{(2)}_{\text{lam}}$ lors des deux passes sont*

$$M^{(1)}_{\text{lam}} = \frac{1}{2} w R_e R (t_0 - t_i) \quad \textit{et} \quad M^{(2)}_{\text{lam}} = \frac{1}{2} w R_e R (t_i - t_f)$$

- *On exprime les distances en mm et on utilise que la limite élastique est*

$$R_e = 0.15\, GPa = 0.15\, J/mm^3 = 0.15\, N{\cdot}m/mm^3$$

- *On trouve que*

$$M^{(1)}_{\text{lam}} = 0.5 \times 1000 \times 0.15 \times 400 \times (100 - 31.63) \simeq 2.051 \times 10^6\, N{\cdot}\, m.$$

$$M^{(2)}_{\text{lam}} = 0.5 \times 1000 \times 0.15 \times 400 \times (31.63 - 10) \simeq 0.6489 \times 10^6\, N{\cdot}\, m.$$

Corrigé exercice 2 d)

Laminage progressif : rotation des rouleaux

- *Les moments de laminage $M_{\mathrm{lam}}^{(1)}$ et $M_{\mathrm{lam}}^{(2)}$ lors des deux passes sont*

$$M_{\mathrm{lam}}^{(1)} = \frac{1}{2} w R_e R (t_0 - t_i) \quad \textit{et} \quad M_{\mathrm{lam}}^{(2)} = \frac{1}{2} w R_e R (t_i - t_f)$$

- *On exprime les distances en mm et on utilise que la limite élastique est*

$$R_e = 0.15\, GPa = 0.15\, J/mm^3 = 0.15\, N{\cdot}m/mm^3$$

- *On trouve que*

$$M_{\mathrm{lam}}^{(1)} = 0.5 \times 1000 \times 0.15 \times 400 \times (100 - 31.63) \simeq 2.051 \times 10^6\, N{\cdot}\, m.$$

$$M_{\mathrm{lam}}^{(2)} = 0.5 \times 1000 \times 0.15 \times 400 \times (31.63 - 10) \simeq 0.6489 \times 10^6\, N{\cdot}\, m.$$

Corrigé exercice 2 d)

Laminage progressif : rotation des rouleaux

- *Les moments de laminage* $M^{(1)}_{\text{lam}}$ *et* $M^{(2)}_{\text{lam}}$ *lors des deux passes sont*

$$M^{(1)}_{\text{lam}} = \frac{1}{2} w R_e R (t_0 - t_i) \quad et \quad M^{(2)}_{\text{lam}} = \frac{1}{2} w R_e R (t_i - t_f)$$

- *On exprime les distances en mm et on utilise que la limite élastique est*

$$R_e = 0.15\, GPa = 0.15\, J/mm^3 = 0.15\, N{\cdot}m/mm^3$$

- *On trouve que*

$$M^{(1)}_{\text{lam}} = 0.5 \times 1000 \times 0.15 \times 400 \times (100 - 31.63) \simeq 2.051 \times 10^6\, N{\cdot}\, m.$$

$$M^{(2)}_{\text{lam}} = 0.5 \times 1000 \times 0.15 \times 400 \times (31.63 - 10) \simeq 0.6489 \times 10^6\, N{\cdot}\, m.$$

Corrigé exercice 2 d)

Laminage progressif : rotation des rouleaux

- *On trouve que*

$$M_{\text{lam}}^{(1)} = 0.5 \times 1000 \times 0.15 \times 400 \times (100 - 31.63) \simeq 2.051 \times 10^6 \, N\cdot \, m.$$

$$M_{\text{lam}}^{(2)} = 0.5 \times 1000 \times 0.15 \times 400 \times (31.63 - 10) \simeq 0.6489 \times 10^6 \, N\cdot \, m.$$

- *Pour assurer l'utilisation d'une puissance de $P_{\max} = 1$ MW, on doit donc ajuster les vitesses de rotation des rouleaux à*

$$\omega^{(1)} = \frac{P_{\max}}{2M_{\text{lam}}^{(1)}} = \frac{10^6}{2 \times 2.051 \times 10^6} \simeq 0.24375 \, rad/s$$

et

$$\omega^{(2)} = \frac{P_{\max}}{2M_{\text{lam}}^{(2)}} = \frac{10^6}{2 \times 0.6489 \times 10^6} \simeq 0.7705 \, rad/s$$

Corrigé exercice 2 d)

Laminage progressif : rotation des rouleaux

- *On trouve que*

$$M^{(1)}_{\text{lam}} = 0.5 \times 1000 \times 0.15 \times 400 \times (100 - 31.63) \simeq 2.051 \times 10^6 \, N\cdot \, m.$$

$$M^{(2)}_{\text{lam}} = 0.5 \times 1000 \times 0.15 \times 400 \times (31.63 - 10) \simeq 0.6489 \times 10^6 \, N\cdot \, m.$$

- *Pour assurer l'utilisation d'une puissance de $P_{\max} = 1$ MW, on doit donc ajuster les vitesses de rotation des rouleaux à*

$$\omega^{(1)} = \frac{P_{\max}}{2M^{(1)}_{\text{lam}}} = \frac{10^6}{2 \times 2.051 \times 10^6} \simeq 0.24375 \, rad/s \simeq 2.32 \, tr/min$$

et

$$\omega^{(2)} = \frac{P_{\max}}{2M^{(2)}_{\text{lam}}} = \frac{10^6}{2 \times 0.6489 \times 10^6} \simeq 0.7705 \, rad/s$$

Corrigé exercice 2 d)

Laminage progressif : rotation des rouleaux

- *On trouve que*

$$M_{\mathrm{lam}}^{(1)} = 0.5 \times 1000 \times 0.15 \times 400 \times (100 - 31.63) \simeq 2.051 \times 10^6 \; N \cdot m.$$

$$M_{\mathrm{lam}}^{(2)} = 0.5 \times 1000 \times 0.15 \times 400 \times (31.63 - 10) \simeq 0.6489 \times 10^6 \; N \cdot m.$$

- *Pour assurer l'utilisation d'une puissance de $P_{\mathrm{max}} = 1$ MW, on doit donc ajuster les vitesses de rotation des rouleaux à*

$$\omega^{(1)} = \frac{P_{\mathrm{max}}}{2M_{\mathrm{lam}}^{(1)}} = \frac{10^6}{2 \times 2.051 \times 10^6} \simeq 0.24375 \; rad/s \simeq 2.32 \; tr/min$$

et

$$\omega^{(2)} = \frac{P_{\mathrm{max}}}{2M_{\mathrm{lam}}^{(2)}} = \frac{10^6}{2 \times 0.6489 \times 10^6} \simeq 0.7705 \; rad/s$$

Corrigé exercice 2 d)

Laminage progressif : rotation des rouleaux

- *On trouve que*

$$M_{\text{lam}}^{(1)} = 0.5 \times 1000 \times 0.15 \times 400 \times (100 - 31.63) \simeq 2.051 \times 10^6 \; N \cdot m.$$

$$M_{\text{lam}}^{(2)} = 0.5 \times 1000 \times 0.15 \times 400 \times (31.63 - 10) \simeq 0.6489 \times 10^6 \; N \cdot m.$$

- *Pour assurer l'utilisation d'une puissance de* $P_{\text{max}} = 1$ *MW, on doit donc ajuster les vitesses de rotation des rouleaux à*

$$\omega^{(1)} = \frac{P_{\text{max}}}{2M_{\text{lam}}^{(1)}} = \frac{10^6}{2 \times 2.051 \times 10^6} \simeq 0.24375 \; rad/s \simeq 2.32 \; tr/min$$

et

$$\omega^{(2)} = \frac{P_{\text{max}}}{2M_{\text{lam}}^{(2)}} = \frac{10^6}{2 \times 0.6489 \times 10^6} \simeq 0.7705 \; rad/s$$

Corrigé exercice 2 d)

Laminage progressif : rotation des rouleaux

- *On trouve que*

$$M_{\text{lam}}^{(1)} = 0.5 \times 1000 \times 0.15 \times 400 \times (100 - 31.63) \simeq 2.051 \times 10^6 \, N\cdot\, m.$$

$$M_{\text{lam}}^{(2)} = 0.5 \times 1000 \times 0.15 \times 400 \times (31.63 - 10) \simeq 0.6489 \times 10^6 \, N\cdot\, m.$$

- *Pour assurer l'utilisation d'une puissance de $P_{\max} = 1$ MW, on doit donc ajuster les vitesses de rotation des rouleaux à*

$$\omega^{(1)} = \frac{P_{\max}}{2M_{\text{lam}}^{(1)}} = \frac{10^6}{2 \times 2.051 \times 10^6} \simeq 0.24375 \, rad/s \simeq 2.32 \, tr/min$$

et

$$\omega^{(2)} = \frac{P_{\max}}{2M_{\text{lam}}^{(2)}} = \frac{10^6}{2 \times 0.6489 \times 10^6} \simeq 0.7705 \, rad/s \simeq 7.36 \, tr/min$$

Laminage progressif : rotation des rouleaux

- *On trouve que*

$$M_{\mathrm{lam}}^{(1)} = 0.5 \times 1000 \times 0.15 \times 400 \times (100 - 31.63) \simeq 2.051 \times 10^6 \; N \cdot m.$$

$$M_{\mathrm{lam}}^{(2)} = 0.5 \times 1000 \times 0.15 \times 400 \times (31.63 - 10) \simeq 0.6489 \times 10^6 \; N \cdot m.$$

- *Pour assurer l'utilisation d'une puissance de $P_{\max} = 1$ MW, on doit donc ajuster les vitesses de rotation des rouleaux à*

$$\omega^{(1)} = \frac{P_{\max}}{2M_{\mathrm{lam}}^{(1)}} = \frac{10^6}{2 \times 2.051 \times 10^6} \simeq 0.24375 \; rad/s \simeq 2.32 \; tr/min$$

et

$$\omega^{(2)} = \frac{P_{\max}}{2M_{\mathrm{lam}}^{(2)}} = \frac{10^6}{2 \times 0.6489 \times 10^6} \simeq 0.7705 \; rad/s \simeq 7.36 \; tr/min$$

Corrigé exercice 2 d)

Laminage progressif : rotation des rouleaux

- *On trouve que*

$$M_{\text{lam}}^{(1)} = 0.5 \times 1000 \times 0.15 \times 400 \times (100 - 31.63) \simeq 2.051 \times 10^6 \; N \cdot m.$$

$$M_{\text{lam}}^{(2)} = 0.5 \times 1000 \times 0.15 \times 400 \times (31.63 - 10) \simeq 0.6489 \times 10^6 \; N \cdot m.$$

- *Pour assurer l'utilisation d'une puissance de $P_{\max} = 1$ MW, on doit donc ajuster les vitesses de rotation des rouleaux à*

$$\omega^{(1)} = \frac{P_{\max}}{2M_{\text{lam}}^{(1)}} = \frac{10^6}{2 \times 2.051 \times 10^6} \simeq 0.24375 \; rad/s \simeq 2.32 \; tr/min$$

et

$$\omega^{(2)} = \frac{P_{\max}}{2M_{\text{lam}}^{(2)}} = \frac{10^6}{2 \times 0.6489 \times 10^6} \simeq 0.7705 \; rad/s \simeq 7.36 \; tr/min$$

Corrigé exercice 2 d)

Laminage progressif : rotation des rouleaux

- *On trouve que*

$$M_{\mathrm{lam}}^{(1)} = 0.5 \times 1000 \times 0.15 \times 400 \times (100 - 31.63) \simeq 2.051 \times 10^6 \, N \cdot m.$$

$$M_{\mathrm{lam}}^{(2)} = 0.5 \times 1000 \times 0.15 \times 400 \times (31.63 - 10) \simeq 0.6489 \times 10^6 \, N \cdot m.$$

- *Pour assurer l'utilisation d'une puissance de $P_{\max} = 1$ MW, on doit donc ajuster les vitesses de rotation des rouleaux à*

$$\omega^{(1)} = \frac{P_{\max}}{2M_{\mathrm{lam}}^{(1)}} = \frac{10^6}{2 \times 2.051 \times 10^6} \simeq 0.24375 \, rad/s \simeq 2.32 \, tr/min$$

et

$$\omega^{(2)} = \frac{P_{\max}}{2M_{\mathrm{lam}}^{(2)}} = \frac{10^6}{2 \times 0.6489 \times 10^6} \simeq 0.7705 \, rad/s \simeq 7.36 \, tr/min$$

Corrigé exercice 2 d)

Laminage progressif : rotation des rouleaux

- *On trouve que*

$$M_{\text{lam}}^{(1)} = 0.5 \times 1000 \times 0.15 \times 400 \times (100 - 31.63) \simeq 2.051 \times 10^6 \, N\cdot\, m.$$

$$M_{\text{lam}}^{(2)} = 0.5 \times 1000 \times 0.15 \times 400 \times (31.63 - 10) \simeq 0.6489 \times 10^6 \, N\cdot\, m.$$

- *Pour assurer l'utilisation d'une puissance de $P_{\max} = 1$ MW, on doit donc ajuster les vitesses de rotation des rouleaux à*

$$\omega^{(1)} = \frac{P_{\max}}{2M_{\text{lam}}^{(1)}} = \frac{10^6}{2 \times 2.051 \times 10^6} \simeq 0.24375 \, rad/s \simeq 2.32 \, tr/min$$

et

$$\omega^{(2)} = \frac{P_{\max}}{2M_{\text{lam}}^{(2)}} = \frac{10^6}{2 \times 0.6489 \times 10^6} \simeq 0.7705 \, rad/s \simeq 7.36 \, tr/min$$

Corrigé exercice 2 d)

Laminage progressif : rotation des rouleaux

- *On trouve que*

$$M_{\text{lam}}^{(1)} = 0.5 \times 1000 \times 0.15 \times 400 \times (100 - 31.63) \simeq 2.051 \times 10^6 \, N \cdot m.$$

$$M_{\text{lam}}^{(2)} = 0.5 \times 1000 \times 0.15 \times 400 \times (31.63 - 10) \simeq 0.6489 \times 10^6 \, N \cdot m.$$

- *Pour assurer l'utilisation d'une puissance de* $P_{\max} = 1$ *MW, on doit donc ajuster les vitesses de rotation des rouleaux à*

$$\omega^{(1)} = \frac{P_{\max}}{2M_{\text{lam}}^{(1)}} = \frac{10^6}{2 \times 2.051 \times 10^6} \simeq 0.24375 \, rad/s \simeq 2.32 \, tr/min$$

et

$$\omega^{(2)} = \frac{P_{\max}}{2M_{\text{lam}}^{(2)}} = \frac{10^6}{2 \times 0.6489 \times 10^6} \simeq 0.7705 \, rad/s \simeq 7.36 \, tr/min$$

Enoncé exercice 2 e)

Laminage progressif : vitesse d'entrée des passes

- *Un bloc d'acier de* 100 *mm d'épaisseur et de* 1000 *mm de largeur (supposée constante tout au long du laminage) doit être réduit à la dimension d'une feuille de* 10 *mm d'épaisseur par laminage à chaud.*
- *Les rouleaux de laminage ont un rayon de* 400 *mm.*
- *A la température de laminage, la limite élastique du matériau est de* $R_e = 150$ *MPa. Ce matériau est supposé incompressible avec un comportement plastique idéal.*

e) *Calculer les vitesses d'entrée et de sortie de la matière pour chaque passe.*

Corrigé exercice 2 e)

Laminage progressif : vitesse d'entrée des passes

- *Les vitesses d'entrée et de sortie du flan sont en proportion de la **vitesse circonférentielle** ωR des rouleaux.*
- *les facteurs de proportionalité dépendent du facteur de laminage r :*

$$v_0 = -\frac{r}{\ln(1-r)}\omega R \quad \text{et} \quad v_f = -\frac{r}{(1-r)\ln(1-r)}\omega R$$

- *Pour la première passe, le facteur de laminage vaut*

$$r^{(1)} = 1 - \frac{t_i}{t_0} = 1 - \frac{31.63}{100} \simeq 0.6837$$

- *Puisque $\frac{t_f}{t_i} = \frac{t_i}{t_0}$ (équilibrage des énergie spécifiques), le facteur de laminage de la deuxième passe est le même :*

$$r^{(2)} = 1 - \frac{t_f}{t_i} = r^{(1)}$$

Corrigé exercice 2 e)

Laminage progressif : vitesse d'entrée des passes

- *Les vitesses d'entrée et de sortie du flan sont en proportion de la* ***vitesse circonférentielle*** *ωR des rouleaux.*
- *les facteurs de proportionalité dépendent du facteur de laminage r :*

$$v_0 = -\frac{r}{\ln(1-r)}\omega R \quad et \quad v_f = -\frac{r}{(1-r)\ln(1-r)}\omega R$$

- *Pour la première passe, le facteur de laminage vaut*

$$r^{(1)} = 1 - \frac{t_i}{t_0} = 1 - \frac{31.63}{100} \simeq 0.6837$$

- *Puisque $\frac{t_f}{t_i} = \frac{t_i}{t_0}$ (équilibrage des énergie spécifiques), le facteur de laminage de la deuxième passe est le même :*

$$r^{(2)} = 1 - \frac{t_f}{t_i} = r^{(1)}$$

Corrigé exercice 2 e)

Laminage progressif : vitesse d'entrée des passes

- *Les vitesses d'entrée et de sortie du flan sont en proportion de la **vitesse circonférentielle** ωR des rouleaux.*
- *les facteurs de proportionalité dépendent du facteur de laminage r :*

$$v_0 = -\frac{r}{\ln(1-r)}\omega R \quad et \quad v_f = -\frac{r}{(1-r)\ln(1-r)}\omega R$$

- *Pour la première passe, le facteur de laminage vaut*

$$r^{(1)} = 1 - \frac{t_i}{t_0}$$

- *Puisque $\frac{t_f}{t_i} = \frac{t_i}{t_0}$ (équilibrage des énergie spécifiques),*

Corrigé exercice 2 e)

Laminage progressif : vitesse d'entrée des passes

- *Les vitesses d'entrée et de sortie du flan sont en proportion de la* ***vitesse circonférentielle*** ωR *des rouleaux.*
- *les facteurs de proportionalité dépendent du facteur de laminage r :*

$$v_0 = -\frac{r}{\ln(1-r)}\omega R \quad \text{et} \quad v_f = -\frac{r}{(1-r)\ln(1-r)}\omega R$$

- *Pour la première passe, le facteur de laminage vaut*

$$r^{(1)} = 1 - \frac{t_i}{t_0} = 1 - \text{[illegible]}$$

- *Puisque* $\frac{t_f}{t_i} = \frac{t_i}{t_0}$ *(équilibrage des énergie spécifiques),* [illegible]

Corrigé exercice 2 e)

Laminage progressif : vitesse d'entrée des passes

- *Les vitesses d'entrée et de sortie du flan sont en proportion de la **vitesse circonférentielle** ωR des rouleaux.*
- *les facteurs de proportionalité dépendent du facteur de laminage r :*

$$v_0 = -\frac{r}{\ln(1-r)}\omega R \quad \textit{et} \quad v_f = -\frac{r}{(1-r)\ln(1-r)}\omega R$$

- *Pour la première passe, le facteur de laminage vaut*

$$r^{(1)} = 1 - \frac{t_i}{t_0}$$

- *Puisque $\frac{t_f}{t_i} = \frac{t_i}{t_0}$ (équilibrage des énergie spécifiques),*

Corrigé exercice 2 e)

Laminage progressif : vitesse d'entrée des passes

- *Les vitesses d'entrée et de sortie du flan sont en proportion de la **vitesse circonférentielle** ωR des rouleaux.*
- *les facteurs de proportionalité dépendent du facteur de laminage r :*

$$v_0 = -\frac{r}{\ln(1-r)}\omega R \quad et \quad v_f = -\frac{r}{(1-r)\ln(1-r)}\omega R$$

- *Pour la première passe, le facteur de laminage vaut*

$$r^{(1)} = 1 - \frac{t_i}{t_0}$$

- *Puisque $\frac{t_f}{t_i} = \frac{t_i}{t_0}$ (équilibrage des énergie spécifiques),*

Corrigé exercice 2 e)

Laminage progressif : vitesse d'entrée des passes

- *Les vitesses d'entrée et de sortie du flan sont en proportion de la* ***vitesse circonférentielle*** ωR *des rouleaux.*
- *les facteurs de proportionalité dépendent du facteur de laminage* r *:*

$$v_0 = -\frac{r}{\ln(1-r)}\omega R \quad \text{et} \quad v_f = -\frac{r}{(1-r)\ln(1-r)}\omega R$$

- *Pour la première passe, le facteur de laminage vaut*

$$r^{(1)} = 1 - \frac{t_i}{t_0} = 1 - \frac{31.63}{100}$$

- *Puisque* $\frac{t_f}{t_i} = \frac{t_i}{t_0}$ *(équilibrage des énergie spécifiques),*

Corrigé exercice 2 e)

Laminage progressif : vitesse d'entrée des passes

- *Les vitesses d'entrée et de sortie du flan sont en proportion de la* ***vitesse circonférentielle*** ωR *des rouleaux.*
- *les facteurs de proportionalité dépendent du facteur de laminage r :*

$$v_0 = -\frac{r}{\ln(1-r)}\omega R \quad et \quad v_f = -\frac{r}{(1-r)\ln(1-r)}\omega R$$

- *Pour la première passe, le facteur de laminage vaut*

$$r^{(1)} = 1 - \frac{t_i}{t_0} = 1 - \frac{91.63}{100} = 0.0837.$$

- *Puisque* $\frac{t_f}{t_i} = \frac{t_i}{t_0}$ *(équilibrage des énergie spécifiques), le facteur de laminage de la deuxième passe est le même :*

$$r^{(2)} = 1 - \frac{t_f}{t_i} = r^{(1)}$$

Corrigé exercice 2 e)

Laminage progressif : vitesse d'entrée des passes

- *Les vitesses d'entrée et de sortie du flan sont en proportion de la **vitesse circonférentielle** ωR des rouleaux.*
- *les facteurs de proportionalité dépendent du facteur de laminage r :*

$$v_0 = -\frac{r}{\ln(1-r)}\omega R \quad et \quad v_f = -\frac{r}{(1-r)\ln(1-r)}\omega R$$

- *Pour la première passe, le facteur de laminage vaut*

$$r^{(1)} = 1 - \frac{t_i}{t_0} = 1 - \frac{31.63}{100} \simeq 0.6837.$$

- *Puisque $\frac{t_f}{t_i} = \frac{t_i}{t_0}$ (équilibrage des énergie spécifiques), le facteur de laminage de la deuxième passe est le même :*

$$r^{(2)} = 1 - \frac{t_f}{t_i} = r^{(1)}$$

Corrigé exercice 2 e)

Laminage progressif : vitesse d'entrée des passes

- *Les vitesses d'entrée et de sortie du flan sont en proportion de la **vitesse circonférentielle** ωR des rouleaux.*
- *les facteurs de proportionalité dépendent du facteur de laminage r :*

$$v_0 = -\frac{r}{\ln(1-r)}\omega R \quad et \quad v_f = -\frac{r}{(1-r)\ln(1-r)}\omega R$$

- *Pour la première passe, le facteur de laminage vaut*

$$r^{(1)} = 1 - \frac{t_i}{t_0} = 1 - \frac{31.63}{100} \simeq 0.6837.$$

- *Puisque $\frac{t_f}{t_i} = \frac{t_i}{t_0}$ (équilibrage des énergie spécifiques), le facteur de laminage de la deuxième passe est le même :*

$$r^{(2)} = 1 - \frac{t_f}{t_i} = r^{(1)}$$

Corrigé exercice 2 e)

Laminage progressif : vitesse d'entrée des passes

- *Les vitesses d'entrée et de sortie du flan sont en proportion de la* ***vitesse circonférentielle*** ωR *des rouleaux.*
- *les facteurs de proportionalité dépendent du facteur de laminage r :*

$$v_0 = -\frac{r}{\ln(1-r)}\omega R \quad et \quad v_f = -\frac{r}{(1-r)\ln(1-r)}\omega R$$

- *Pour la première passe, le facteur de laminage vaut*

$$r^{(1)} = 1 - \frac{t_i}{t_0} = 1 - \frac{31.63}{100} \simeq 0.6837.$$

- *Puisque $\frac{t_f}{t_i} = \frac{t_i}{t_0}$ (équilibrage des énergie spécifiques), le facteur de laminage de la deuxième passe est le même :*

$$r^{(2)} = 1 - \frac{t_f}{t_i} = r^{(1)} \simeq 0.6837.$$

Corrigé exercice 2 e)

Laminage progressif : vitesse d'entrée des passes

- *Les vitesses d'entrée et de sortie du flan sont en proportion de la **vitesse circonférentielle** ωR des rouleaux.*
- *les facteurs de proportionalité dépendent du facteur de laminage r :*

$$v_0 = -\frac{r}{\ln(1-r)}\omega R \quad et \quad v_f = -\frac{r}{(1-r)\ln(1-r)}\omega R$$

- *Pour la première passe, le facteur de laminage vaut*

$$r^{(1)} = 1 - \frac{t_i}{t_0} = 1 - \frac{31.63}{100} \simeq 0.6837.$$

- *Puisque $\frac{t_f}{t_i} = \frac{t_i}{t_0}$ (équilibrage des énergie spécifiques), le facteur de laminage de la deuxième passe est le même :*

$$r^{(2)} = 1 - \frac{t_f}{t_i} = r^{(1)} \simeq 0.6837.$$

Corrigé exercice 2 e)

Laminage progressif : vitesse d'entrée des passes

- *Les vitesses d'entrée et de sortie du flan sont en proportion de la **vitesse circonférentielle** ωR des rouleaux.*
- *les facteurs de proportionalité dépendent du facteur de laminage r :*

$$v_0 = -\frac{r}{\ln(1-r)}\omega R \quad \textit{et} \quad v_f = -\frac{r}{(1-r)\ln(1-r)}\omega R$$

- *Pour la première passe, le facteur de laminage vaut*

$$r^{(1)} = 1 - \frac{t_i}{t_0} = 1 - \frac{31.63}{100} \simeq 0.6837.$$

- *Puisque $\frac{t_f}{t_i} = \frac{t_i}{t_0}$ (équilibrage des énergie spécifiques), le facteur de laminage de la deuxième passe est le **même** :*

$$r^{(2)} = 1 - \frac{t_f}{t_i} = r^{(1)} = 0.6837.$$

Corrigé exercice 2 e)

Laminage progressif : vitesse d'entrée des passes

- *Les vitesses d'entrée et de sortie du flan sont en proportion de la* ***vitesse circonférentielle*** ωR *des rouleaux.*
- *les facteurs de proportionalité dépendent du facteur de laminage r :*

$$v_0 = -\frac{r}{\ln(1-r)}\omega R \quad et \quad v_f = -\frac{r}{(1-r)\ln(1-r)}\omega R$$

- *Pour la première passe, le facteur de laminage vaut*

$$r^{(1)} = 1 - \frac{t_i}{t_0} = 1 - \frac{31.63}{100} \simeq 0.6837.$$

- *Puisque* $\frac{t_f}{t_i} = \frac{t_i}{t_0}$ *(équilibrage des énergie spécifiques), le facteur de laminage de la deuxième passe est le* ***même*** *:*

$$r^{(2)} = 1 - \frac{t_f}{t_i} = r^{(1)} = 0.6837.$$

Corrigé exercice 2 e)

Laminage progressif : vitesse d'entrée des passes

- *Les vitesses d'entrée et de sortie du flan sont en proportion de la **vitesse circonférentielle** ωR des rouleaux.*
- *les facteurs de proportionalité dépendent du facteur de laminage r :*

$$v_0 = -\frac{r}{\ln(1-r)}\omega R \quad et \quad v_f = -\frac{r}{(1-r)\ln(1-r)}\omega R$$

- *Pour la première passe, le facteur de laminage vaut*

$$r^{(1)} = 1 - \frac{t_i}{t_0} = 1 - \frac{31.63}{100} \simeq 0.6837.$$

- *Puisque* $\frac{t_f}{t_i} = \frac{t_i}{t_0}$ *(équilibrage des énergie spécifiques), le facteur de laminage de la deuxième passe est le **même** :*

$$r^{(2)} = 1 - \frac{t_f}{t_i} = r^{(1)} = 0.6837.$$

Corrigé exercice 2 e)

Laminage progressif : vitesse d'entrée des passes

- *Les vitesses d'entrée et de sortie du flan sont en proportion de la* ***vitesse circonférentielle*** ωR *des rouleaux.*
- *les facteurs de proportionalité dépendent du facteur de laminage r :*

$$v_0 = -\frac{r}{\ln(1-r)}\omega R \quad et \quad v_f = -\frac{r}{(1-r)\ln(1-r)}\omega R$$

- *Pour la première passe, le facteur de laminage vaut*

$$r^{(1)} = 1 - \frac{t_i}{t_0} = 1 - \frac{31.63}{100} \simeq 0.6837.$$

- *Puisque* $\frac{t_f}{t_i} = \frac{t_i}{t_0}$ *(équilibrage des énergie spécifiques), le facteur de laminage de la deuxième passe est le* ***même*** *:*

$$r^{(2)} = 1 - \frac{t_f}{t_i} = r^{(1)} = 0.6837.$$

Corrigé exercice 2 e)

Laminage progressif : vitesse d'entrée des passes

- *Les vitesses d'entrée et de sortie du flan sont en proportion de la* ***vitesse circonférentielle*** ωR *des rouleaux.*
- *les facteurs de proportionalité dépendent du facteur de laminage r :*

$$v_0 = -\frac{r}{\ln(1-r)}\omega R \quad et \quad v_f = -\frac{r}{(1-r)\ln(1-r)}\omega R$$

- *Pour la première passe, le facteur de laminage vaut*

$$r^{(1)} = 1 - \frac{t_i}{t_0} = 1 - \frac{31.63}{100} \simeq 0.6837.$$

- *Puisque* $\frac{t_f}{t_i} = \frac{t_i}{t_0}$ *(équilibrage des énergie spécifiques), le facteur de laminage de la deuxième passe est le* ***même*** *:*

$$r^{(2)} = 1 - \frac{t_f}{t_i} = r^{(1)} = 0.6837.$$

Corrigé exercice 2 e)

Laminage progressif : vitesse d'entrée des passes

- *Comme*
$$r^{(1)} = r^{(2)} = 0.6837$$
et que
$$\omega^{(1)} = 0.24375\, rad/s \quad \textit{et que} \quad \omega^{(2)} = 0.7705\, rad/s,$$
on trouve les vitesses d'entrée :
- *Pour la première passe :*
$$v_0^{(1)} = -\frac{r}{\ln(1-r)}\omega^{(1)} R = -\frac{0.6837}{\ln(0.3163)} \times 0.24375 \times 400 \simeq 57.9\, mm/s$$
- *Pour la seconde passe :*
$$v_0^{(2)} = -\frac{r}{\ln(1-r)}\omega^{(2)} R = -\frac{0.6837}{\ln(0.3163)} \times 0.7705 \times 400 \simeq 183.06\, mm/s$$

Corrigé exercice 2 e)

Laminage progressif : vitesse d'entrée des passes

- *Comme*

$$r^{(1)} = r^{(2)} = 0.6837$$

  et que

$$\omega^{(1)} = 0.24375\, rad/s \quad \textit{et que} \quad \omega^{(2)} = 0.7705\, rad/s,$$

  on trouve les vitesses d'entrée :

- *Pour la première passe :*

$$v_0^{(1)} = -\frac{r}{\ln(1-r)}\omega^{(1)}R = -\frac{0.6837}{\ln(0.3163)} \times 0.24375 \times 400 \simeq 57.9\, mm/s$$

- *Pour la seconde passe :*

$$v_0^{(2)} = -\frac{r}{\ln(1-r)}\omega^{(2)}R = -\frac{0.6837}{\ln(0.3163)} \times 0.7705 \times 400 \simeq 183.06\, mm/s$$

Corrigé exercice 2 e)

Laminage progressif : vitesse d'entrée des passes

- *Comme*
$$r^{(1)} = r^{(2)} = 0.6837$$
et que
$$\omega^{(1)} = 0.24375\, rad/s \quad \textit{et que} \quad \omega^{(2)} = 0.7705\, rad/s,$$
on trouve les vitesses d'entrée :
- *Pour la première passe :*
$$v_0^{(1)} = -\frac{r}{\ln(1-r)}\omega^{(1)}R = -\frac{0.6837}{\ln(0.3163)} \times 0.24375 \times 400 \simeq 57.9\ mm/s$$
- *Pour la seconde passe :*
$$v_0^{(2)} = -\frac{r}{\ln(1-r)}\omega^{(2)}R = -\frac{0.6837}{\ln(0.3163)} \times 0.7705 \times 400 \simeq 183.06\ mm/s$$

Corrigé exercice 2 e)

Laminage progressif : vitesse d'entrée des passes

- *Comme*

$$r^{(1)} = r^{(2)} = 0.6837$$

et que

$$\omega^{(1)} = 0.24375\, rad/s \quad \textit{et que} \quad \omega^{(2)} = 0.7705\, rad/s,$$

on trouve les vitesses d'entrée :

- *Pour la première passe :*

$$v_0^{(1)} = -\frac{r}{\ln(1-r)}\omega^{(1)} R = -\frac{0.6837}{\ln(0.3163)} \times 0.24375 \times 400 \simeq 57.9\, mm/s$$

- *Pour la seconde passe :*

$$v_0^{(2)} = -\frac{r}{\ln(1-r)}\omega^{(2)} R = -\frac{0.6837}{\ln(0.3163)} \times 0.7705 \times 400 \simeq 183.06\, mm/s.$$

Corrigé exercice 2 e)

Laminage progressif : vitesse d'entrée des passes

- *Comme*

  $$r^{(1)} = r^{(2)} = 0.6837$$

  et que

  $$\omega^{(1)} = 0.24375\, rad/s \quad et\ que \quad \omega^{(2)} = 0.7705\, rad/s,$$

  on trouve les vitesses d'entrée :

- *Pour la première passe :*

  $$v_0^{(1)} = -\frac{r}{\ln(1-r)}\omega^{(1)} R = -\frac{0.6837}{\ln(0.3163)} \times 0.24375 \times 400 \simeq 57.9\, mm/s$$

- *Pour la seconde passe :*

  $$v_0^{(2)} = -\frac{r}{\ln(1-r)}\omega^{(2)} R = -\frac{0.6837}{\ln(0.3163)} \times 0.7705 \times 400 \simeq 183.06\, mm/s.$$

Corrigé exercice 2 e)

Laminage progressif : vitesse d'entrée des passes

- *Comme*

$$r^{(1)} = r^{(2)} = 0.6837$$

  et que

$$\omega^{(1)} = 0.24375\, rad/s \quad \textit{et que} \quad \omega^{(2)} = 0.7705\, rad/s,$$

  on trouve les vitesses d'entrée :

- *Pour la première passe :*

$$v_0^{(1)} = -\frac{r}{\ln(1-r)}\omega^{(1)}R = -\frac{0.6837}{\ln(0.3163)} \times 0.24375 \times 400 \simeq 57.9\, mm/s$$

- *Pour la seconde passe :*

$$v_0^{(2)} = -\frac{r}{\ln(1-r)}\omega^{(2)}R = -\frac{0.6837}{\ln(0.3163)} \times 0.7705 \times 400 \simeq 183.06\, mm/s.$$

Corrigé exercice 2 e)

Laminage progressif : vitesse d'entrée des passes

- *Comme*
$$r^{(1)} = r^{(2)} = 0.6837$$
et que
$$\omega^{(1)} = 0.24375\, rad/s \quad \textit{et que} \quad \omega^{(2)} = 0.7705\, rad/s,$$
on trouve les vitesses d'entrée :
- *Pour la première passe :*
$$v_0^{(1)} = -\frac{r}{\ln(1-r)}\omega^{(1)} R = -\frac{0.6837}{\ln(0.3163)} \times 0.24375 \times 400 \simeq 57.9\, mm/s$$
- *Pour la seconde passe :*
$$v_0^{(2)} = -\frac{r}{\ln(1-r)}\omega^{(2)} R = -\frac{0.6837}{\ln(0.3163)} \times 0.7705 \times 400 \simeq 183.06\, mm/s.$$

Corrigé exercice 2 e)

Laminage progressif : vitesse d'entrée des passes

- *Comme*

$$r^{(1)} = r^{(2)} = 0.6837$$

et que

$$\omega^{(1)} = 0.24375\, rad/s \quad \textit{et que} \quad \omega^{(2)} = 0.7705\, rad/s,$$

on trouve les vitesses d'entrée :

- *Pour la première passe :*

$$v_0^{(1)} = -\frac{r}{\ln(1-r)}\omega^{(1)}R = -\frac{0.6837}{\ln(0.3163)} \times 0.24375 \times 400 \simeq 57.9\, mm/s$$

- *Pour la seconde passe :*

$$v_0^{(2)} = -\frac{r}{\ln(1-r)}\omega^{(2)}R = -\frac{0.6837}{\ln(0.3163)} \times 0.7705 \times 400 \simeq 183.06\, mm/s.$$

Corrigé exercice 2 e)

Laminage progressif : vitesse d'entrée des passes

- *Comme*

$$r^{(1)} = r^{(2)} = 0.6837$$

et que

$$\omega^{(1)} = 0.24375 \, rad/s \quad et\ que \quad \omega^{(2)} = 0.7705 \, rad/s,$$

on trouve les vitesses d'entrée :

- *Pour la première passe :*

$$v_0^{(1)} = -\frac{r}{\ln(1-r)} \omega^{(1)} R = -\frac{0.6837}{\ln(0.3163)} \times 0.24375 \times 400 \simeq 57.9 \, mm/s$$

- *Pour la seconde passe :*

$$v_0^{(2)} = -\frac{r}{\ln(1-r)} \omega^{(2)} R = -\frac{0.6837}{\ln(0.3163)} \times 0.7705 \times 400 \simeq 183.06 \, mm/s.$$

Corrigé exercice 2 e)

Laminage progressif : vitesse d'entrée des passes

- *Comme*

$$r^{(1)} = r^{(2)} = 0.6837$$

et que

$$\omega^{(1)} = 0.24375\, rad/s \quad \textit{et que} \quad \omega^{(2)} = 0.7705\, rad/s,$$

on trouve les vitesses d'entrée :

- *Pour la première passe :*

$$v_0^{(1)} = -\frac{r}{\ln(1-r)}\omega^{(1)}R = -\frac{0.6837}{\ln(0.3163)} \times 0.24375 \times 400 \simeq 57.9\, mm/s$$

- *Pour la seconde passe :*

$$v_0^{(2)} = -\frac{r}{\ln(1-r)}\omega^{(2)}R = -\frac{0.6837}{\ln(0.3163)} \times 0.7705 \times 400 \simeq 183.06\, mm/s.$$

Corrigé exercice 2 e)

Laminage progressif : vitesse de sortie des passes

- *Comme*

$$r^{(1)} = r^{(2)} = 0.6837$$

et que

$$\omega^{(1)} = 0.24375\, rad/s \quad \textit{et que} \quad \omega^{(2)} = 0.7705\, rad/s,$$

on trouve les vitesses de sortie :

- *Pour la première passe :*

$$v_f^{(1)} = -\frac{r\omega^{(1)} R}{(1-r)\ln(1-r)} = -\frac{0.6837 \times 0.24375 \times 400}{0.3163 \times \ln(0.3163)} \simeq 183.06\, mm/s$$

- *Pour la seconde passe :*

$$v_f^{(2)} = -\frac{r\omega^{(2)} R}{(1-r)\ln(1-r)} = -\frac{0.6837 \times 0.7705 \times 400}{0.3163 \times \ln(0.3163)} \simeq 579.0\, mm/s.$$

Corrigé exercice 2 e)

Laminage progressif : vitesse de sortie des passes

- *Comme*

$$r^{(1)} = r^{(2)} = 0.6837$$

et que

$$\omega^{(1)} = 0.24375\, rad/s \quad \textit{et que} \quad \omega^{(2)} = 0.7705\, rad/s,$$

on trouve les vitesses de sortie :

- *Pour la première passe :*

$$v_f^{(1)} = -\frac{r\omega^{(1)}R}{(1-r)\ln(1-r)} = -\frac{0.6837 \times 0.24375 \times 400}{0.3163 \times \ln(0.3163)} \simeq 183.06\, mm/s$$

- *Pour la seconde passe :*

$$v_f^{(2)} = -\frac{r\omega^{(2)}R}{(1-r)\ln(1-r)} = -\frac{0.6837 \times 0.7705 \times 400}{0.3163 \times \ln(0.3163)} \simeq 579.0\, mm/s.$$

Corrigé exercice 2 e)

Laminage progressif : vitesse de sortie des passes

- *Comme*
$$r^{(1)} = r^{(2)} = 0.6837$$
et que
$$\omega^{(1)} = 0.24375\, rad/s \quad \text{et que} \quad \omega^{(2)} = 0.7705\, rad/s,$$
on trouve les vitesses de sortie :
- *Pour la première passe :*
$$v_f^{(1)} = -\frac{r\omega^{(1)} R}{(1-r)\ln(1-r)} = -\frac{0.6837 \times 0.24375 \times 400}{0.3163 \times \ln(0.3163)} \simeq 183.06\, mm/s$$
- *Pour la seconde passe :*
$$v_f^{(2)} = -\frac{r\omega^{(2)} R}{(1-r)\ln(1-r)} = -\frac{0.6837 \times 0.7705 \times 400}{0.3163 \times \ln(0.3163)} \simeq 579.0\, mm/s.$$

Corrigé exercice 2 e)

Laminage progressif : vitesse de sortie des passes

- *Comme*

$$r^{(1)} = r^{(2)} = 0.6837$$

  et que

$$\omega^{(1)} = 0.24375\, rad/s \quad \textit{et que} \quad \omega^{(2)} = 0.7705\, rad/s,$$

  on trouve les vitesses de sortie :

- *Pour la première passe :*

$$v_f^{(1)} = -\frac{r\omega^{(1)} R}{(1-r)\ln(1-r)} = -\frac{0.6837 \times 0.24375 \times 400}{0.3163 \times \ln(0.3163)} \simeq 183.06\, mm/s$$

- *Pour la seconde passe :*

$$v_f^{(2)} = -\frac{r\omega^{(2)} R}{(1-r)\ln(1-r)} = -\frac{0.6837 \times 0.7705 \times 400}{0.3163 \times \ln(0.3163)} \simeq 579.0\, mm/s.$$

Corrigé exercice 2 e)

Laminage progressif : vitesse de sortie des passes

- *Comme*

$$r^{(1)} = r^{(2)} = 0.6837$$

et que

$$\omega^{(1)} = 0.24375 \, rad/s \quad \textit{et que} \quad \omega^{(2)} = 0.7705 \, rad/s,$$

on trouve les vitesses de sortie :

- *Pour la première passe :*

$$v_f^{(1)} = -\frac{r\omega^{(1)} R}{(1-r)\ln(1-r)} = -\frac{0.6837 \times 0.24375 \times 400}{0.3163 \times \ln(0.3163)} \simeq 183.06 \, mm/s$$

- *Pour la seconde passe :*

$$v_f^{(2)} = -\frac{r\omega^{(2)} R}{(1-r)\ln(1-r)} = -\frac{0.6837 \times 0.7705 \times 400}{0.3163 \times \ln(0.3163)}$$

▸ *Vitesse d'entrée seconde passe*

Corrigé exercice 2 e)

Laminage progressif : vitesse de sortie des passes

- *Comme*

$$r^{(1)} = r^{(2)} = 0.6837$$

et que

$$\omega^{(1)} = 0.24375\, rad/s \quad \textit{et que} \quad \omega^{(2)} = 0.7705\, rad/s,$$

on trouve les vitesses de sortie :

- *Pour la première passe :*

$$v_f^{(1)} = -\frac{r\omega^{(1)} R}{(1-r)\ln(1-r)} = -\frac{0.6837 \times 0.24375 \times 400}{0.3163 \times \ln(0.3163)} \simeq 183.06\, mm/s$$

- *Pour la seconde passe :*

$$v_f^{(2)} = -\frac{r\omega^{(2)} R}{(1-r)\ln(1-r)} = -\frac{0.6837 \times 0.7705 \times 400}{0.3163 \times \ln(0.3163)} \simeq 579.0\, mm/s$$

Corrigé exercice 2 e)

Laminage progressif : vitesse de sortie des passes

- *Comme*

$$r^{(1)} = r^{(2)} = 0.6837$$

et que

$$\omega^{(1)} = 0.24375\, rad/s \quad et\ que \quad \omega^{(2)} = 0.7705\, rad/s,$$

on trouve les vitesses de sortie :

- *Pour la première passe :*

$$v_f^{(1)} = -\frac{r\omega^{(1)}R}{(1-r)\ln(1-r)} = -\frac{0.6837 \times 0.24375 \times 400}{0.3163 \times \ln(0.3163)} \simeq 183.06\, mm/s$$

- *Pour la seconde passe :*

$$v_f^{(2)} = -\frac{r\omega^{(2)}R}{(1-r)\ln(1-r)} = -\frac{0.6837 \times 0.7705 \times 400}{0.3163 \times \ln(0.3163)} \simeq 579.0\, mm/s.$$

Corrigé exercice 2 e)

Laminage progressif : vitesse de sortie des passes

- *Comme*
$$r^{(1)} = r^{(2)} = 0.6837$$
et que
$$\omega^{(1)} = 0.24375\, rad/s \quad \textit{et que} \quad \omega^{(2)} = 0.7705\, rad/s,$$
on trouve les vitesses de sortie :
- *Pour la première passe :*
$$v_f^{(1)} = -\frac{r\omega^{(1)} R}{(1-r)\ln(1-r)} = -\frac{0.6837 \times 0.24375 \times 400}{0.3163 \times \ln(0.3163)} \simeq 183.06\, mm/s$$
- *Pour la seconde passe :*
$$v_f^{(2)} = -\frac{r\omega^{(2)} R}{(1-r)\ln(1-r)} = -\frac{0.6837 \times 0.7705 \times 400}{0.3163 \times \ln(0.3163)} \simeq 579.0\, mm/s.$$

Corrigé exercice 2 e)

Laminage progressif : vitesse de sortie des passes

- *Comme*

$$r^{(1)} = r^{(2)} = 0.6837$$

et que

$$\omega^{(1)} = 0.24375\, rad/s \quad \textit{et que} \quad \omega^{(2)} = 0.7705\, rad/s,$$

on trouve les vitesses de sortie :

- *Pour la première passe :*

$$v_f^{(1)} = -\frac{r\omega^{(1)}R}{(1-r)\ln(1-r)} = -\frac{0.6837 \times 0.24375 \times 400}{0.3163 \times \ln(0.3163)} \simeq 183.06\, mm/s$$

- *Pour la seconde passe :*

$$v_f^{(2)} = -\frac{r\omega^{(2)}R}{(1-r)\ln(1-r)} = -\frac{0.6837 \times 0.7705 \times 400}{0.3163 \times \ln(0.3163)} \simeq 579.0\, mm/s.$$

▸ *Vitesse d'entrée première passe*

Enoncé exercice 2 f)

Laminage progressif : égalité des vitesses de transition

- *Un bloc d'acier de* 100 *mm d'épaisseur et de* 1000 *mm de largeur (supposée constante tout au long du laminage) doit être réduit à la dimension d'une feuille de* 10 *mm d'épaisseur par laminage à chaud.*
- *Les rouleaux de laminage ont un rayon de* 400 *mm.*
- *A la température de laminage, la limite élastique du matériau est de* $R_e = 150$ *MPa. Ce matériau est supposé incompressible avec un comportement plastique idéal.*

f) *Comparer la vitesse de sortie de la première passe et la vitesse d'entrée de la seconde. Pourquoi ces deux quantités sont-elles égales ?*

Corrigé exercice 2 f)

Laminage progressif : égalité des vitesses de transition

- *L'aire transversale du lopin est la même à la sortie de la première passe et à l'entrée de la seconde :*

$$A_f^{(1)} = A_0^{(2)} = t_i w$$

- *Si **maintenant** la vitesse de sortie de la première passe est différente de la vitesse d'entrée de la seconde : $v_f^{(1)} \neq v_0^{(2)}$, alors le taux de matière laminée n'est pas le même d'une passe à l'autre :*

$$\dot{V}^{(1)} = A_f^{(1)} v_f^{(1)} \neq A_0^{(2)} v_0^{(2)} = \dot{V}^{(2)}$$

- *Or la puissance du laminoire est la même pour chaque passe : $P^{(1)} = P^{(2)}$. La différence entre les taux de matière laminée implique donc une différence entre les travaux spécifiques de laminage :*

$$e_{spé}^{(1)} = \frac{P^{(1)}}{\dot{V}^{(1)}} \neq e_{spé}^{(2)} = \frac{P^{(2)}}{\dot{V}^{(2)}}$$

- *Or cela est **contraire** à la façon avec laquelle les deux passes ont été planifiées.*

Corrigé exercice 2 f)

Laminage progressif : égalité des vitesses de transition

- *L'aire transversale du lopin est la même à la sortie de la première passe et à l'entrée de la seconde :*

$$A_f^{(1)} = A_0^{(2)} = t_i w$$

- *Si **maintenant** la vitesse de sortie de la première passe est différente de la vitesse d'entrée de la seconde : $v_f^{(1)} \neq v_0^{(2)}$, alors le taux de matière laminée n'est pas le même d'une passe à l'autre :*

$$\dot{V}^{(1)} = A_f^{(1)} v_f^{(1)} \neq A_0^{(2)} v_0^{(2)} = \dot{V}^{(2)}$$

- *Or la puissance du laminoire est la même pour chaque passe : $P^{(1)} = P^{(2)}$.*

- *Or cela est **contraire** à la façon avec laquelle les deux passes ont été planifiées.*

Corrigé exercice 2 f)

Laminage progressif : égalité des vitesses de transition

- *L'aire transversale du lopin est la même à la sortie de la première passe et à l'entrée de la seconde :*

$$A_f^{(1)} = A_0^{(2)} = t_i w$$

- *Si* ***maintenant*** *la vitesse de sortie de la première passe est différente de la vitesse d'entrée de la seconde :* $v_f^{(1)} \neq v_0^{(2)}$*, alors le taux de matière laminée n'est pas le même d'une passe à l'autre :*

$$\dot{V}^{(1)} = A_f^{(1)} v_f^{(1)} \neq A_0^{(2)} v_0^{(2)} = \dot{V}^{(2)}$$

- *Or la puissance du laminoire est la même pour chaque passe :* $P^{(1)} = P^{(2)}$*. La différence entre les taux de matière laminée implique donc une différence entre les travaux spécifiques de laminage :*

$$e_{spec}^{(1)} = \frac{P^{(1)}}{\dot{V}^{(1)}} \quad e_{spec}^{(2)} = \frac{P^{(2)}}{\dot{V}^{(2)}}$$

- *Or cela est* ***contraire*** *à la façon avec laquelle les deux passes ont été planifiées.*

Corrigé exercice 2 f)

Laminage progressif : égalité des vitesses de transition

- *L'aire transversale du lopin est la même à la sortie de la première passe et à l'entrée de la seconde :*

$$A_f^{(1)} = A_0^{(2)} = t_i w$$

- *Si **maintenant** la vitesse de sortie de la première passe est différente de la vitesse d'entrée de la seconde : $v_f^{(1)} \neq v_0^{(2)}$, alors le taux de matière laminée n'est pas le même d'une passe à l'autre :*

$$\dot{V}^{(1)} = A_f^{(1)} v_f^{(1)} \neq A_0^{(2)} v_0^{(2)} = \dot{V}^{(2)}$$

- *Or la puissance du laminoire est la même pour chaque passe : $P^{(1)} = P^{(2)}$. La différence entre les taux de matière laminée implique donc une différence entre les travaux spécifiques de laminage :*

$$w^{(1)} = \frac{P^{(1)}}{\dot{V}^{(1)}} \neq w^{(2)} = \frac{P^{(2)}}{\dot{V}^{(2)}}$$

- *Or cela est **contraire** à la façon avec laquelle les deux passes ont été planifiées.*

Corrigé exercice 2 f)

Laminage progressif : égalité des vitesses de transition

- *L'aire transversale du lopin est la même à la sortie de la première passe et à l'entrée de la seconde :*

$$A_f^{(1)} = A_0^{(2)} = t_i w$$

- *Si **maintenant** la vitesse de sortie de la première passe est différente de la vitesse d'entrée de la seconde : $v_f^{(1)} \neq v_0^{(2)}$, alors le taux de matière laminée n'est pas le même d'une passe à l'autre :*

$$\dot{V}^{(1)} = A_f^{(1)} v_f^{(1)} \neq A_0^{(2)} v_0^{(2)} = \dot{V}^{(2)}$$

- *Or la puissance du laminoire est la même pour chaque passe : $P^{(1)} = P^{(2)}$. La différence entre les taux de matière laminée implique donc une différence entre les forces spécifiques de laminage :*

[illegible]

- *Or cela est **contraire** à la façon avec laquelle les deux passes ont été planifiées.*

Corrigé exercice 2 f)

Laminage progressif : égalité des vitesses de transition

- *L'aire transversale du lopin est la même à la sortie de la première passe et à l'entrée de la seconde :*

$$A_f^{(1)} = A_0^{(2)} = t_i w$$

- *Si **maintenant** la vitesse de sortie de la première passe est différente de la vitesse d'entrée de la seconde :* $v_f^{(1)} \neq v_0^{(2)}$*, alors le taux de matière laminée n'est pas le même d'une passe à l'autre :*

$$\dot{V}^{(1)} = A_f^{(1)} v_f^{(1)} \neq A_0^{(2)} v_0^{(2)} = \dot{V}^{(2)}$$

- *Or la puissance du laminoire est la même pour chaque passe :* $P^{(1)} = P^{(2)}$.

- *Or cela est **contraire** à la façon avec laquelle les deux passes ont été planifiées.*

Corrigé exercice 2 f)

Laminage progressif : égalité des vitesses de transition

- *L'aire transversale du lopin est la même à la sortie de la première passe et à l'entrée de la seconde :*

$$A_f^{(1)} = A_0^{(2)} = t_i w$$

- *Si **maintenant** la vitesse de sortie de la première passe est différente de la vitesse d'entrée de la seconde : $v_f^{(1)} \neq v_0^{(2)}$, alors le taux de matière laminée n'est pas le même d'une passe à l'autre :*

$$\dot{V}^{(1)} = A_f^{(1)} v_f^{(1)} \neq A_0^{(2)} v_0^{(2)} = \dot{V}^{(2)}$$

- *Or la puissance du laminoire est la même pour chaque passe : $P^{(1)} = P^{(2)}$. La différence entre les taux de matière laminée implique donc une différence entre les travaux spécifiques de laminage :*

$$e_{spec}^{(1)} = \frac{P^{(1)}}{\dot{V}^{(1)}} \neq e_{spec}^{(2)} = \frac{P^{(2)}}{\dot{V}^{(2)}}$$

- *Or cela est **contraire** à la façon avec laquelle les deux passes ont été planifiées.*

Corrigé exercice 2 f)

Laminage progressif : égalité des vitesses de transition

- *L'aire transversale du lopin est la même à la sortie de la première passe et à l'entrée de la seconde :*

$$A_f^{(1)} = A_0^{(2)} = t_i w$$

- *Si* ***maintenant*** *la vitesse de sortie de la première passe est différente de la vitesse d'entrée de la seconde :* $v_f^{(1)} \neq v_0^{(2)}$*, alors le taux de matière laminée n'est pas le même d'une passe à l'autre :*

$$\dot{V}^{(1)} = A_f^{(1)} v_f^{(1)} \neq A_0^{(2)} v_0^{(2)} = \dot{V}^{(2)}$$

- *Or la puissance du laminoire est la même pour chaque passe :* $P^{(1)} = P^{(2)}$.

- *Or cela est* ***contraire*** *à la façon avec laquelle les deux passes ont été planifiées.*

Corrigé exercice 2 f)

Laminage progressif : égalité des vitesses de transition

- *L'aire transversale du lopin est la même à la sortie de la première passe et à l'entrée de la seconde :*

$$A_f^{(1)} = A_0^{(2)} = t_i w$$

- *Si **maintenant** la vitesse de sortie de la première passe est différente de la vitesse d'entrée de la seconde :* $v_f^{(1)} \neq v_0^{(2)}$*, alors le taux de matière laminée n'est pas le même d'une passe à l'autre :*

$$\dot{V}^{(1)} = A_f^{(1)} v_f^{(1)} \neq A_0^{(2)} v_0^{(2)} = \dot{V}^{(2)}$$

- *Or la puissance du laminoire est la même pour chaque passe :* $P^{(1)} = P^{(2)}$*. La différence entre les taux de matière laminée implique donc une différence entre les travaux spécifiques de laminage :*

$$e_{spec}^{(1)} = \frac{P^{(1)}}{\dot{V}^{(1)}} \neq e_{spec}^{(2)} = \frac{P^{(2)}}{\dot{V}^{(2)}}$$

- *Or cela est **contraire** à la façon avec laquelle les deux passes ont été planifiées.*

Corrigé exercice 2 f)

Laminage progressif : égalité des vitesses de transition

- *L'aire transversale du lopin est la même à la sortie de la première passe et à l'entrée de la seconde :*

$$A_f^{(1)} = A_0^{(2)} = t_i w$$

- *Si **maintenant** la vitesse de sortie de la première passe est différente de la vitesse d'entrée de la seconde :* $v_f^{(1)} \neq v_0^{(2)}$*, alors le taux de matière laminée n'est pas le même d'une passe à l'autre :*

$$\dot{V}^{(1)} = A_f^{(1)} v_f^{(1)} \neq A_0^{(2)} v_0^{(2)} = \dot{V}^{(2)}$$

- *Or la puissance du laminoire est la même pour chaque passe :* $P^{(1)} = P^{(2)}$*. La différence entre les taux de matière laminée implique donc une différence entre les travaux spécifiques de laminage :*

$$e_{spec}^{(1)} = \frac{P^{(1)}}{\dot{V}^{(1)}} \neq e_{spec}^{(2)} = \frac{P^{(2)}}{\dot{V}^{(2)}}$$

- *Or cela est **contraire** à la façon avec laquelle les deux passes ont été planifiées.*

Corrigé exercice 2 f)

Laminage progressif : égalité des vitesses de transition

- *L'aire transversale du lopin est la même à la sortie de la première passe et à l'entrée de la seconde :*

$$A_f^{(1)} = A_0^{(2)} = t_i w$$

- *Si **maintenant** la vitesse de sortie de la première passe est différente de la vitesse d'entrée de la seconde : $v_f^{(1)} \neq v_0^{(2)}$, alors le taux de matière laminée n'est pas le même d'une passe à l'autre :*

$$\dot{V}^{(1)} = A_f^{(1)} v_f^{(1)} \neq A_0^{(2)} v_0^{(2)} = \dot{V}^{(2)}$$

- *Or la puissance du laminoire est la même pour chaque passe : $P^{(1)} = P^{(2)}$. La différence entre les taux de matière laminée implique donc une différence entre les travaux spécifiques de laminage :*

$$e_{\text{spec}}^{(1)} = \frac{P^{(1)}}{\dot{V}^{(1)}} \neq e_{\text{spec}}^{(2)} = \frac{P^{(2)}}{\dot{V}^{(2)}}$$

- *Or cela est **contraire** à la façon avec laquelle les deux passes ont été planifiées.*

Corrigé exercice 2 f)

Laminage progressif : égalité des vitesses de transition

- *L'aire transversale du lopin est la même à la sortie de la première passe et à l'entrée de la seconde :*

$$A_f^{(1)} = A_0^{(2)} = t_i w$$

- *Si **maintenant** la vitesse de sortie de la première passe est différente de la vitesse d'entrée de la seconde : $v_f^{(1)} \neq v_0^{(2)}$, alors le taux de matière laminée n'est pas le même d'une passe à l'autre :*

$$\dot{V}^{(1)} = A_f^{(1)} v_f^{(1)} \neq A_0^{(2)} v_0^{(2)} = \dot{V}^{(2)}$$

- *Or la puissance du laminoire est la même pour chaque passe : $P^{(1)} = P^{(2)}$. La différence entre les taux de matière laminée implique donc une différence entre les travaux spécifiques de laminage :*

$$e_{\text{spec}}^{(1)} = \frac{P^{(1)}}{\dot{V}^{(1)}} \neq e_{\text{spec}}^{(2)} = \frac{P^{(2)}}{\dot{V}^{(2)}}$$

- *Or cela est **contraire** à la façon avec laquelle les deux passes ont été planifiées.*

Corrigé exercice 2 f)

Laminage progressif : égalité des vitesses de transition

- *L'aire transversale du lopin est la même à la sortie de la première passe et à l'entrée de la seconde :*

$$A_f^{(1)} = A_0^{(2)} = t_i w$$

- *Si **maintenant** la vitesse de sortie de la première passe est différente de la vitesse d'entrée de la seconde :* $v_f^{(1)} \neq v_0^{(2)}$*, alors le taux de matière laminée n'est pas le même d'une passe à l'autre :*

$$\dot{V}^{(1)} = A_f^{(1)} v_f^{(1)} \neq A_0^{(2)} v_0^{(2)} = \dot{V}^{(2)}$$

- *Or la puissance du laminoire est la même pour chaque passe :* $P^{(1)} = P^{(2)}$*. La différence entre les taux de matière laminée implique donc une différence entre les travaux spécifiques de laminage :*

$$e_{\mathrm{spec}}^{(1)} = \frac{P^{(1)}}{\dot{V}^{(1)}} \neq e_{\mathrm{spec}}^{(2)} = \frac{P^{(2)}}{\dot{V}^{(2)}}$$

- *Or cela est **contraire** à la façon avec laquelle les deux passes ont été planifiées.*

Corrigé exercice 2 f)

Laminage progressif : égalité des vitesses de transition

- *L'aire transversale du lopin est la même à la sortie de la première passe et à l'entrée de la seconde :*

$$A_f^{(1)} = A_0^{(2)} = t_i w$$

- *Si **maintenant** la vitesse de sortie de la première passe est différente de la vitesse d'entrée de la seconde :* $v_f^{(1)} \neq v_0^{(2)}$*, alors le taux de matière laminée n'est pas le même d'une passe à l'autre :*

$$\dot{V}^{(1)} = A_f^{(1)} v_f^{(1)} \neq A_0^{(2)} v_0^{(2)} = \dot{V}^{(2)}$$

- *Or la puissance du laminoire est la même pour chaque passe :* $P^{(1)} = P^{(2)}$*. La différence entre les taux de matière laminée implique donc une différence entre les travaux spécifiques de laminage :*

$$e_{\text{spec}}^{(1)} = \frac{P^{(1)}}{\dot{V}^{(1)}} \neq e_{\text{spec}}^{(2)} = \frac{P^{(2)}}{\dot{V}^{(2)}}$$

- *Or cela est **contraire** à la façon avec laquelle les deux passes ont été planifiées.*

Corrigé exercice 2 f)

Laminage progressif : égalité des vitesses de transition

- *L'aire transversale du lopin est la même à la sortie de la première passe et à l'entrée de la seconde :*

$$A_f^{(1)} = A_0^{(2)} = t_i w$$

- *Si **maintenant** la vitesse de sortie de la première passe est différente de la vitesse d'entrée de la seconde :* $v_f^{(1)} \neq v_0^{(2)}$*, alors le taux de matière laminée n'est pas le même d'une passe à l'autre :*

$$\dot{V}^{(1)} = A_f^{(1)} v_f^{(1)} \neq A_0^{(2)} v_0^{(2)} = \dot{V}^{(2)}$$

- *Or la puissance du laminoire est la même pour chaque passe :* $P^{(1)} = P^{(2)}$*. La différence entre les taux de matière laminée implique donc une différence entre les travaux spécifiques de laminage :*

$$e_{\text{spec}}^{(1)} = \frac{P^{(1)}}{\dot{V}^{(1)}} \neq e_{\text{spec}}^{(2)} = \frac{P^{(2)}}{\dot{V}^{(2)}}$$

- *Or cela est **contraire** à la façon avec laquelle les deux passes ont été planifiées.*

Corrigé exercice 2 f)

Laminage progressif : égalité des vitesses de transition

- *L'aire transversale du lopin est la même à la sortie de la première passe et à l'entrée de la seconde :*

$$A_f^{(1)} = A_0^{(2)} = t_i w$$

- *Si* ***maintenant*** *la vitesse de sortie de la première passe est différente de la vitesse d'entrée de la seconde :* $v_f^{(1)} \neq v_0^{(2)}$*, alors le taux de matière laminée n'est pas le même d'une passe à l'autre :*

$$\dot{V}^{(1)} = A_f^{(1)} v_f^{(1)} \neq A_0^{(2)} v_0^{(2)} = \dot{V}^{(2)}$$

- *Or la puissance du laminoire est la même pour chaque passe :* $P^{(1)} = P^{(2)}$*. La différence entre les taux de matière laminée implique donc une différence entre les travaux spécifiques de laminage :*

$$e_{\text{spec}}^{(1)} = \frac{P^{(1)}}{\dot{V}^{(1)}} \neq e_{\text{spec}}^{(2)} = \frac{P^{(2)}}{\dot{V}^{(2)}}$$

- *Or cela est* ***contraire*** *à la façon avec laquelle les deux passes ont été planifiées.*

Corrigé exercice 2 f)

Laminage progressif : égalité des vitesses de transition

- *L'aire transversale du lopin est la même à la sortie de la première passe et à l'entrée de la seconde :*

$$A_f^{(1)} = A_0^{(2)} = t_i w$$

- *Si **maintenant** la vitesse de sortie de la première passe est différente de la vitesse d'entrée de la seconde :* $v_f^{(1)} \neq v_0^{(2)}$*, alors le taux de matière laminée n'est pas le même d'une passe à l'autre :*

$$\dot{V}^{(1)} = A_f^{(1)} v_f^{(1)} \neq A_0^{(2)} v_0^{(2)} = \dot{V}^{(2)}$$

- *Or la puissance du laminoire est la même pour chaque passe :* $P^{(1)} = P^{(2)}$*. La différence entre les taux de matière laminée implique donc une différence entre les travaux spécifiques de laminage :*

$$e_{\mathrm{spec}}^{(1)} = \frac{P^{(1)}}{\dot{V}^{(1)}} \neq e_{\mathrm{spec}}^{(2)} = \frac{P^{(2)}}{\dot{V}^{(2)}}$$

- *Or cela est **contraire** à la façon avec laquelle les deux passes ont été planifiées.*

Corrigé exercice 2 f)

Laminage progressif : égalité des vitesses de transition

- *L'aire transversale du lopin est la même à la sortie de la première passe et à l'entrée de la seconde :*

$$A_f^{(1)} = A_0^{(2)} = t_i w$$

- *Si **maintenant** la vitesse de sortie de la première passe est différente de la vitesse d'entrée de la seconde :* $v_f^{(1)} \neq v_0^{(2)}$*, alors le taux de matière laminée n'est pas le même d'une passe à l'autre :*

$$\dot{V}^{(1)} = A_f^{(1)} v_f^{(1)} \neq A_0^{(2)} v_0^{(2)} = \dot{V}^{(2)}$$

- *Or la puissance du laminoire est la même pour chaque passe :* $P^{(1)} = P^{(2)}$*. La différence entre les taux de matière laminée implique donc une différence entre les travaux spécifiques de laminage :*

$$e_{\text{spec}}^{(1)} = \frac{P^{(1)}}{\dot{V}^{(1)}} \neq e_{\text{spec}}^{(2)} = \frac{P^{(2)}}{\dot{V}^{(2)}}$$

- *Or cela est **contraire** à la façon avec laquelle les deux passes ont été planifiées.*

Corrigé exercice 2 f)

Laminage progressif : égalité des vitesses de transition

- *L'aire transversale du lopin est la même à la sortie de la première passe et à l'entrée de la seconde :*

$$A_f^{(1)} = A_0^{(2)} = t_i w$$

- *Si **maintenant** la vitesse de sortie de la première passe est différente de la vitesse d'entrée de la seconde :* $v_f^{(1)} \neq v_0^{(2)}$*, alors le taux de matière laminée n'est pas le même d'une passe à l'autre :*

$$\dot{V}^{(1)} = A_f^{(1)} v_f^{(1)} \neq A_0^{(2)} v_0^{(2)} = \dot{V}^{(2)}$$

- *Or la puissance du laminoire est la même pour chaque passe :* $P^{(1)} = P^{(2)}$*. La différence entre les taux de matière laminée implique donc une différence entre les travaux spécifiques de laminage :*

$$e_{\text{spec}}^{(1)} = \frac{P^{(1)}}{\dot{V}^{(1)}} \neq e_{\text{spec}}^{(2)} = \frac{P^{(2)}}{\dot{V}^{(2)}}$$

- *Or cela est **contraire** à la façon avec laquelle les deux passes ont été planifiées.*

Corrigé exercice 2 f)

Laminage progressif : égalité des vitesses de transition

- *L'aire transversale du lopin est la même à la sortie de la première passe et à l'entrée de la seconde :*

$$A_f^{(1)} = A_0^{(2)} = t_i w$$

- *Si **maintenant** la vitesse de sortie de la première passe est différente de la vitesse d'entrée de la seconde :* $v_f^{(1)} \neq v_0^{(2)}$*, alors le taux de matière laminée n'est pas le même d'une passe à l'autre :*

$$\dot{V}^{(1)} = A_f^{(1)} v_f^{(1)} \neq A_0^{(2)} v_0^{(2)} = \dot{V}^{(2)}$$

- *Or la puissance du laminoire est la même pour chaque passe :* $P^{(1)} = P^{(2)}$*. La différence entre les taux de matière laminée implique donc une différence entre les travaux spécifiques de laminage :*

$$e_{\text{spec}}^{(1)} = \frac{P^{(1)}}{\dot{V}^{(1)}} \neq e_{\text{spec}}^{(2)} = \frac{P^{(2)}}{\dot{V}^{(2)}}$$

- *Or cela est **contraire** à la façon avec laquelle les deux passes ont été planifiées.*

Corrigé exercice 2 f)

Laminage progressif : égalité des vitesses de transition

- *L'aire transversale du lopin est la même à la sortie de la première passe et à l'entrée de la seconde :*

$$A_f^{(1)} = A_0^{(2)} = t_i w$$

- *Si **maintenant** la vitesse de sortie de la première passe est différente de la vitesse d'entrée de la seconde :* $v_f^{(1)} \neq v_0^{(2)}$*, alors le taux de matière laminée n'est pas le même d'une passe à l'autre :*

$$\dot{V}^{(1)} = A_f^{(1)} v_f^{(1)} \neq A_0^{(2)} v_0^{(2)} = \dot{V}^{(2)}$$

- *Or la puissance du laminoire est la même pour chaque passe :* $P^{(1)} = P^{(2)}$*. La différence entre les taux de matière laminée implique donc une différence entre les travaux spécifiques de laminage :*

$$e_{\text{spec}}^{(1)} = \frac{P^{(1)}}{\dot{V}^{(1)}} \neq e_{\text{spec}}^{(2)} = \frac{P^{(2)}}{\dot{V}^{(2)}}$$

- *Or cela est **contraire** à la façon avec laquelle les deux passes ont été planifiées.*

Corrigé exercice 2 f)

Laminage progressif : égalité des vitesses de transition

- *L'aire transversale du lopin est la même à la sortie de la première passe et à l'entrée de la seconde :*

$$A_f^{(1)} = A_0^{(2)} = t_i w$$

- *Si* ***maintenant*** *la vitesse de sortie de la première passe est différente de la vitesse d'entrée de la seconde :* $v_f^{(1)} \neq v_0^{(2)}$*, alors le taux de matière laminée n'est pas le même d'une passe à l'autre :*

$$\dot{V}^{(1)} = A_f^{(1)} v_f^{(1)} \neq A_0^{(2)} v_0^{(2)} = \dot{V}^{(2)}$$

- *Or la puissance du laminoire est la même pour chaque passe :* $P^{(1)} = P^{(2)}$*. La différence entre les taux de matière laminée implique donc une différence entre les travaux spécifiques de laminage :*

$$e_{\text{spec}}^{(1)} = \frac{P^{(1)}}{\dot{V}^{(1)}} \neq e_{\text{spec}}^{(2)} = \frac{P^{(2)}}{\dot{V}^{(2)}}$$

- *Or cela est* ***contraire*** *à la façon avec laquelle les deux passes ont été planifiées.*