Programme du jour

Dimitrios Karampinos				
6	14.10	Forces internes, contrainte normale en flexion	x	
6	16.10	Composite axe neutre	x	Série 6
7	28.10	Cisaillement et poutre flèche	x	Série 6
7	30.10	Quiz + Session questions & réponses D. Briand		Série 1-5
8	04.11	Examen mi-semestre D. Briand		
8	06.11	Poutre flèche suite	x	Série 7
9	11.11	Guidage flexible	x	Série 7
9	13.11	Systèmes indéterminés et thermiques	x	Série 8
10	18.11	Systèmes indéterminés et Flambage	x	Séries 8-9
10	20.11	Flambage	x	Série 9

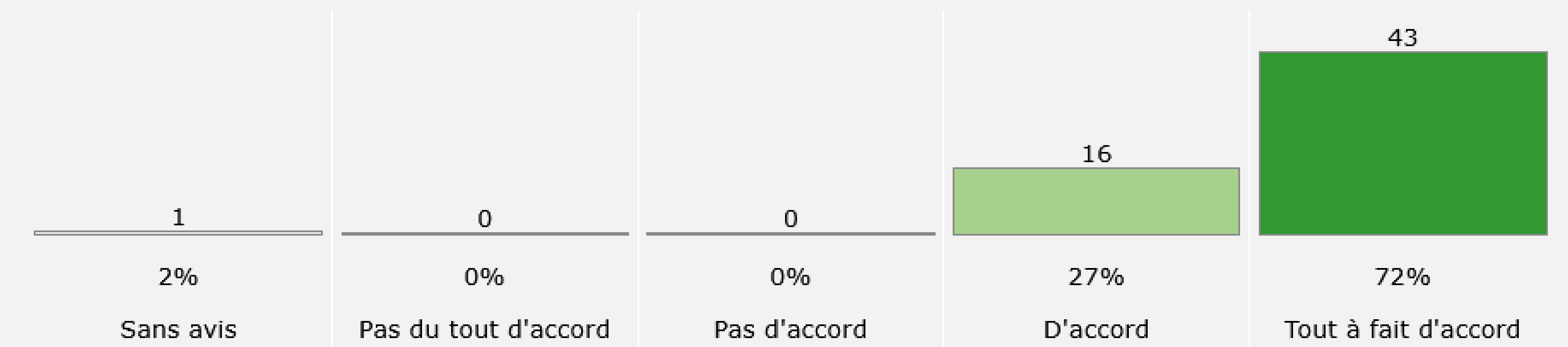
09h15 à 11h: Quiz avec questions données sur grand écran
11h15 à 13h: Session d'exercices avec questions bienvenues sur toutes les séries

Evaluation

Année	2025-2026
Matière	Conception de mécanismes I
Questionnaire	Retour indicatif des enseignements (dès 2022-2023)
Nb Inscrit	170
Nb Répondu	60

MERCI !!!

Le déroulement du cours permet mon apprentissage et un climat de classe approprié



Quiz Semaine 7

Question 1

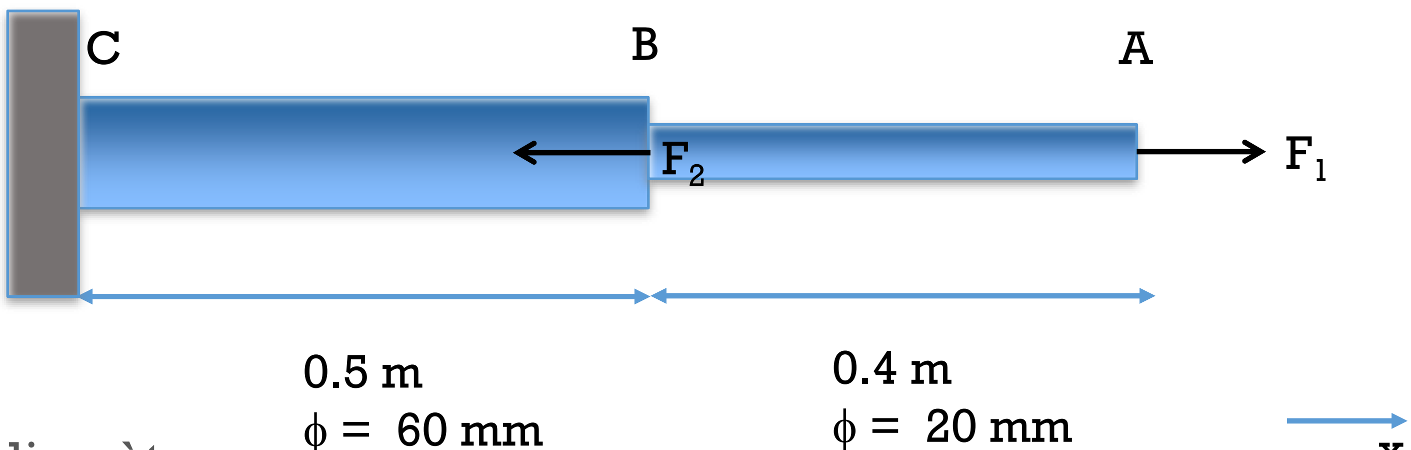
Déformation axiale

- F_1 = 4 kN

a) La valeur de F_2 pour avoir une déformation en A nulle

b) La valeur de la contrainte dans le segment CB

Aluminium E = 70 GPa



Phi : diamètre

Question 1

Déformation axiale

$A_{AB} = \pi/4\ d_{AB}^2 = \pi/4\ (0.020)^2 = 3.14 \times 10^{-4}\ m^2$

$A_{BC} = \pi/4\ d_{BC}^2 = \pi/4\ (0.060)^2 = 2.83 \times 10^{-3}\ m^2$

Force interne *N* dans le segment AB is F_1

Elongation $\delta_{AB} = F_1\ L_{AB} / E\ A_{AB} = 72.76 \times 10^{-6}$ m

Force interne *N* dans le segment BC is $F_1 - F_2$

Elongation $\delta_{BC} = F_1 - F_2\ L_{BC} / E\ A_{BC} = 2.53 \times 10^{-9}\ (F_1 - F_2)$ m

Pour avoir une déformation nulle au point A: $\delta_{AB} + \delta_{BC} = 0$

$72.76 \times 10^{-6} + 2.53 \times 10^{-9}\ (F_1 - F_2) = 0 \quad F_2 - F_1 = 28.8 \times 10^3$ N

$F_2 = F_1 + 28.8 \times 10^3 = \mathbf{32.8\ kN}$

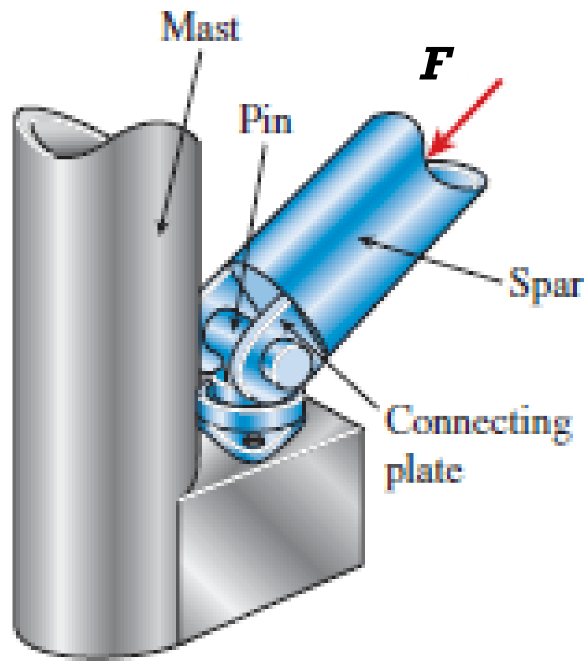
$\sigma = N_{CB} / A_{CB} = F1\text{-}F2 / A_{CB} = \mathbf{-10.2\ MPa}$

Question 2

Contraintes normales et de cisaillement

- Cylindre plein en bleu est fixé de façon rigide à un mât en deux points à l'aide d'un écrou (aucun mouvement possible)
  - Diamètres externe du cylindre: D = 10 cm
  - Diamète du boulon: d = 2 cm
  - Contrainte limite cylindre: $|\tau_{yield}| = 2.4/\pi$ MPa
  - Contrainte limite écrou : $|\tau_{yield}| = 80/\pi$ MPa

En considérant **que le cylindre et l'écrou**, quelle est la force maximale qui peut être appliquée sans qu'il n'y ait défaillance en cisaillement *avec* ***un FS = 2*** ?



Question 2

Contraintes normales et de cisaillement

- Force pour atteindre la contrainte de cisaillement maximale dans le cylindre

$$\tau_{\max} = \frac{\sigma_{max}}{2} = \frac{F}{2A} = \tau_{yield} \quad \mathrm{F}_{\tau\max} = \tau_{yield} \times 2A = \frac{2.4}{\pi} \times 10^6 \times \frac{2\pi D^2}{4} = 12\ kN$$

$$|\tau_{\max}| = \tau_{yield} = \frac{F}{A}\cos(45°)\sin(45°)$$

- Force pour atteindre la contrainte de cisaillement maximale dans l'écrou

$$\tau_{\max} = \frac{F}{2A} = \tau_{yield} \qquad F_{max} = \tau_{yield} \times 2\left(\frac{\pi d^2}{4}\right) = \frac{80}{\pi} \times 10^6 \times 2\left(\frac{\pi 0{,}02^2}{4}\right) = 16\ kN$$

Avec un facteur de sécurité *FS = 2*, la force maximale est de $\boxed{\textbf{6 kN}}$

Question 3

Contraintes et Déformations en 3D

- Considérons un bloc fait d'un matériau isotropique sous charge:

E = 25 GPa

σ_x = - 150 MPa

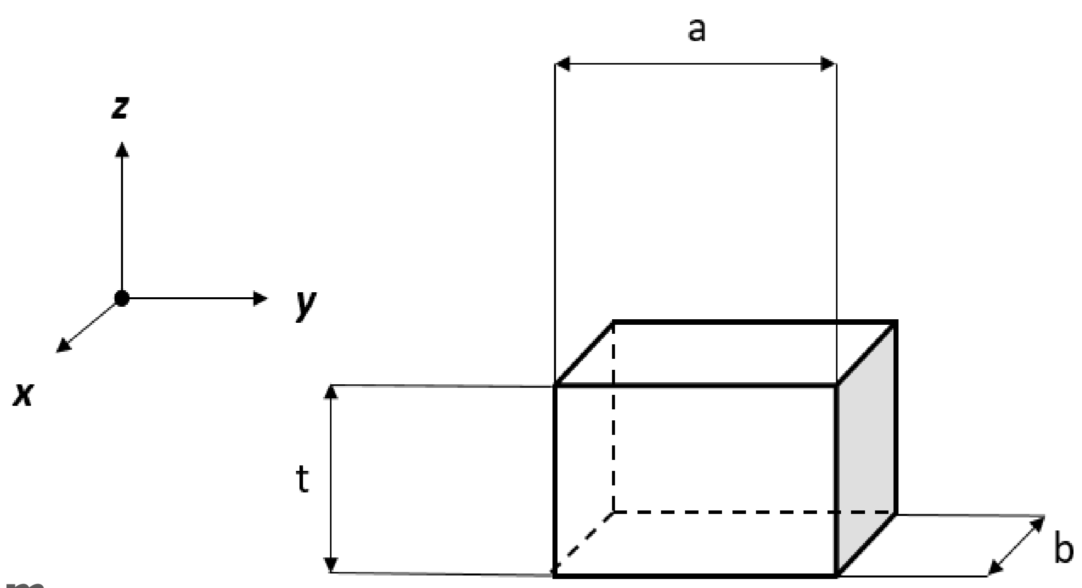
σ_z = - 25 Mpa

et σ_y inconnu

Elongation direction **axe**

des x: Δb = -0.125 mm

a= 25 mm, b = 20 mm, t = 12 mm



Quelle est la valeur de σ_y qui doit être appliquée pour avoir ε_z = 0 ?

Question 3

Contraintes et Déformations en 3D

$$\varepsilon_x = \frac{\Delta L_x}{L} \rightarrow \varepsilon_x = -0.00625$$

$$\varepsilon_z = \frac{\sigma_z}{E} - \frac{\nu}{E}\left(\sigma_x + \sigma_y\right) = 0 \rightarrow \sigma_y = \frac{\sigma_z}{\nu} - \sigma_x \qquad (1)$$

$$\varepsilon_x = \frac{\sigma_x}{E} - \frac{\nu}{E}\left(\sigma_y + \sigma_z\right) \rightarrow \sigma_y = -\frac{E}{\nu}\varepsilon_x + \frac{\sigma_x}{\nu} - \sigma_z \qquad (2)$$

Equa. (1)=(2)

$$\sigma_z - \nu\sigma_x = -E\varepsilon_x + \sigma_x - \nu\sigma_z \rightarrow \sigma_z + E\varepsilon_x - \sigma_x = -\nu(\sigma_z - \sigma_x)$$

$$\nu = -\frac{\sigma_z - \sigma_x + E\varepsilon_x}{\sigma_z - \sigma_x} = -1 - \frac{E\varepsilon_x}{\sigma_z - \sigma_x} = -1 + \frac{156.25\ \text{MPa}}{125\ \text{MPa}} = \frac{1}{4}$$

$$\varepsilon_z = 0 \quad \rightarrow \quad \sigma_y = \frac{\sigma_z}{\nu} - \sigma_x = -4 \cdot 25\ \text{MPa} + 150\ \text{MPa} = 50\ \text{MPa}$$

$$\boxed{\sigma_y = 50\ \text{MPa}}$$

Question 4

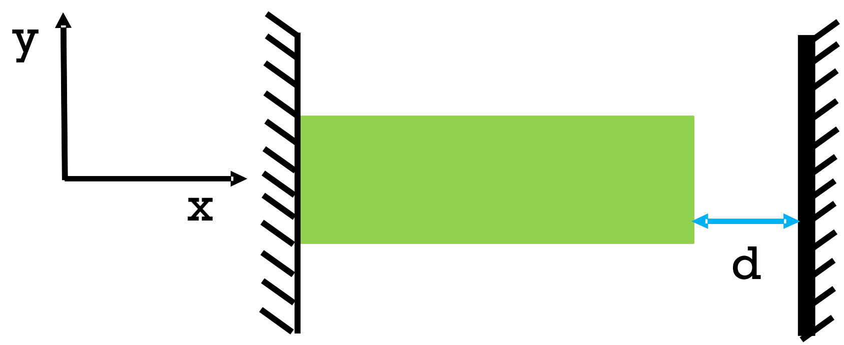
Densité d'énergie de déformation relative

- Considérer une barre circulaire fixée à son extrémité gauche. Un mur est placé à d=0.15 m sur la droite.

Le système est à 25 °C puis la température est augmentée de 90 °C.

$$L= 25\ m,\ A= 2\ m^2,\ E= 10\ MPa,\ \alpha = 40 \times 10^{-5}\ C^{-1}$$

- **Déterminer la densité d'énergie de déformation relative de cette barre.**



Question 4

Densité d'énergie de déformation relative

- Solution (méthode 1 avec $u_o = ½·E·(\varepsilon_{tot} - \varepsilon_T)^2$)

La température augmente de 90°C et induit la dilatation suivante sans mur:

$\varepsilon_{th} = \alpha·\Delta T = 40\times10^{-5}\times90 = 0.036$ **avec** $\Delta L_{th} = \varepsilon\times L = 0.9$ m

$\mathbf{\Delta L_T > d}$**,** donc:

$\Delta L_T + \Delta l_{mech,T} = d$

$\Delta l_{mech,T} = d - \Delta L_T$

$\Delta l_{mech,T} = 0.15 - 0.9 = -0.75$ m

$\varepsilon_{mech,T} = \Delta l_{mech,T} / L_{gap\ fermé} = -0.75/25.15 = -0.02982$

$u_o = ½·E·(\varepsilon_d - \varepsilon_{T,tot})^2 = ½·E·(\varepsilon_{mech,T})^2 = ½·E·(\varepsilon_{mech,T})^2 = ½·10\times10^6·(-0.031)^2 \boxed{= \mathbf{4446\ J/m^3}}$

Question 4

Densité d'énergie de déformation relative

- Solution (méthode 2 avec $u_o = \frac{\sigma_x{}^2}{2E}$)

La température augmente de 90°C et induit la dilatation suivante sans mur:

$\varepsilon_T = \alpha \cdot \Delta T = 40 \cdot 10^{-5} \cdot 90 = 0.036$ **with** $\Delta L_T = \varepsilon \cdot L = 0.9$ m

$\mathbf{\Delta L_T > d}$**,** donc il y a une contrainte compressive (σ_x):

$\Delta L_T + \Delta l_{mech,T} = d$

$\Delta l_{mech,T} = d - \Delta L_T$

$\Delta l_{mech,T} = 0.15 - 0.9 = -0.75$ m

$\Delta l_{mech,T} = \varepsilon_{mech,T} \cdot L = (\sigma_x / E) \cdot L_{gapfermé}$

$\sigma_{x,T} = (\Delta l_{mech,T} \cdot E)/L_{gapfermé} = (-0.75 \times 10 \times 10^6)/25.15 = -298.2$ kPa

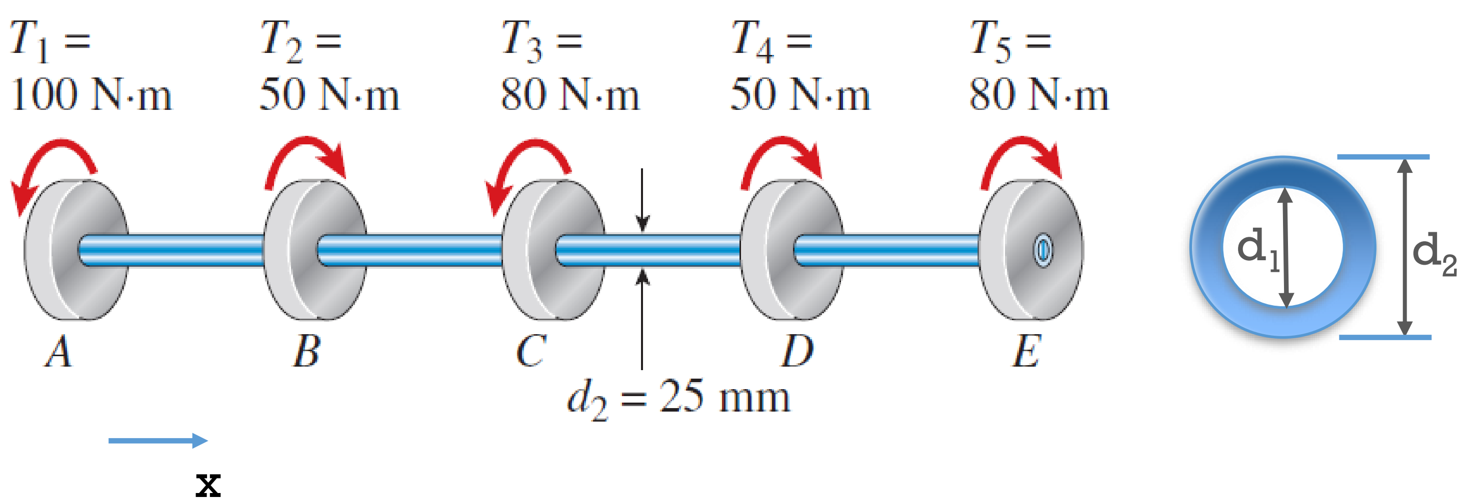
$$u_o = \frac{\sigma_x{}^2}{2E} = \frac{(-298.2 \times 10^3)^2}{2 \times 10 \times 10^6} \boxed{= \mathbf{4446\ J/m^3}}$$

Question 5
Arbre de transmission

- Un tube creux est soumis à 5 couples comme montré ci-dessous.

  La contrainte limite en cisaillement est de 120 MPa (τ_{yield}).
  Le diamètre extérieur d_2 = 25 mm.

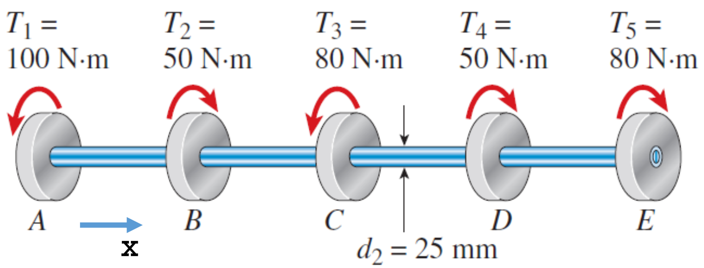
  Quel est le diamètre maximal permis d_1 en considérant un facteur de sécurité $FS = 2$?



Question 5

Arbre de transmission

- Solution



Déterminer T_{int} max

$$T_1 + T_{intAB} = 0 \qquad T_{intAB} = -100 \text{ Nm}$$

$$T_1 - T_2 + T_{intBC} = 0 \qquad T_{intBC} = -50 \text{ Nm}$$

$$T_1 - T_2 + T_3 + T_{intCD} = 0 \qquad T_{intCD} = -130 \text{ Nm}$$

$$-T_{intDE} - T_5 = 0 \qquad T_{intDE} = -80 \text{ Nm}$$

$$\tau_{max} = \frac{\tau_{yield}}{2} = \frac{T_{intmax}\, c}{Ip}$$

$$Ip = \frac{2\, T_{intmax}}{\tau_{yield}}\, {d_2}/{2}$$

$$Ip = \frac{2 \times 130}{120 \times 10^6}\, {0.025}/{2}$$

$$Ip = 2.7083 \times 10^{-8}\, m^4$$

$$Ip = \frac{\pi}{32}\left({d_2}^4 - {d_1}^4\right)$$

$$d_1^{\,4} = d_2^{\,4} - \frac{32}{\pi} Ip$$

$$\boxed{\boldsymbol{d_1 = 18.4\ mm}}$$

Question 6

Torsion

Pour un tuyau mince non prismatique d'épaisseur constante *t* et diamètre variable *d et des couples appliqués aux* joints 2 et 3, déterminer:

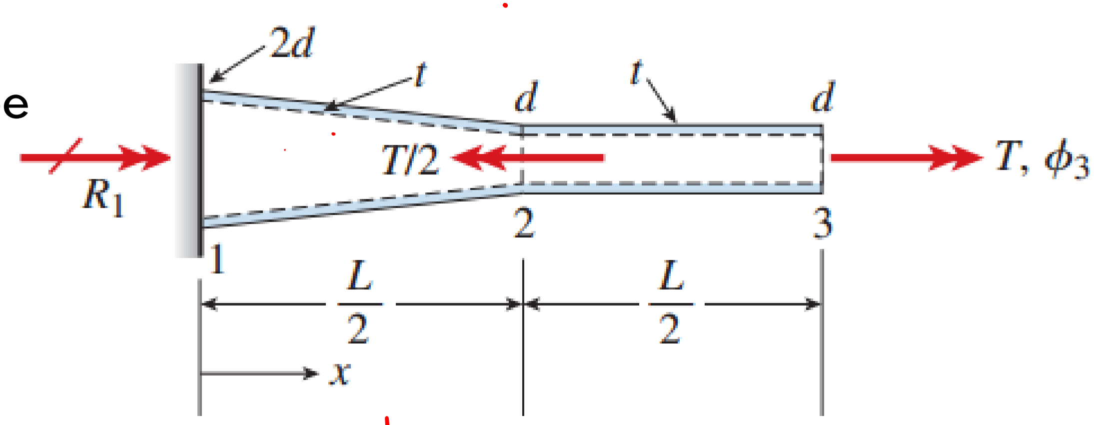
(a) Trouver le moment de réaction R_1

(b) Trouver une expression pour l'angle de rotation φ_3 au joint 3 en fonction du couple externe T.

Considérer G constant.

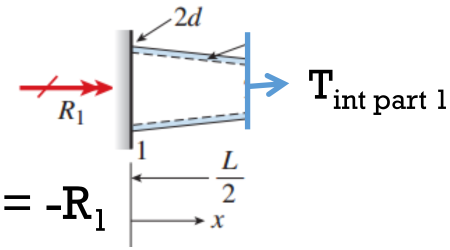
Formule pour un tube à paroi mince:

$I_p = 2\pi r^3 t = \pi d^3 t/4$

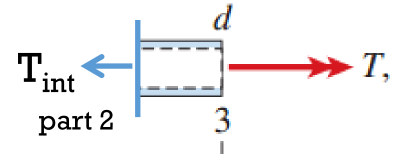


Question 6

Torsion



$\text{Tint}_1 = -R_1$



$\text{Tint}_2 = T$

(a) Reaction torque R_1

statics: $\Sigma T = 0$

$$R_1 - \frac{T}{2} + T = 0 \quad R_1 = \frac{-T}{2} \quad \leftarrow$$

(b) Rotation at joint 3

$$d_{12}(x) = 2d\left(1 - \frac{x}{L}\right) \quad 0 \le x \le \frac{L}{2}$$

$$d_{23}(x) = d \quad \frac{L}{2} \le x \le L$$

$$\phi_3 = \int_0^{\frac{L}{2}} \frac{\frac{T}{2}}{G\left(\frac{\pi}{4} d_{12}(x)^3 t\right)} dx + \int_{\frac{L}{2}}^{L} \frac{T}{G\left(\frac{\pi}{4} d_{23}(x)^3 t\right)} dx$$

use I_P expression for thin walled tubes

$$\phi_3 = \frac{2T}{G\pi t} \int_0^{\frac{L}{2}} \frac{1}{\left[2d\left(1 - \frac{x}{L}\right)\right]^3} dx + \frac{4T}{G\pi d^3 t} \int_{\frac{L}{2}}^{L} dx$$

$$\phi_3 = \frac{2T}{G\pi t} \int_0^{\frac{L}{2}} \frac{1}{\left[2d\left(1 - \frac{x}{L}\right)\right]^3} dx + \frac{2TL}{G\pi d^3 t}$$

$$\phi_3 = \frac{3TL}{8G\pi d^3 t} + \frac{2TL}{G\pi d^3 t}$$

$$\phi_3 = \frac{19TL}{8G\pi d^3 t} \quad \leftarrow$$