

Mécanique des structures

$$\delta_k = \frac{\partial U}{\partial P_k}$$

Chapitre 10 : Energie de déformation élastique

Dr. Alain Prenleloup
SGM BA3

EPFL

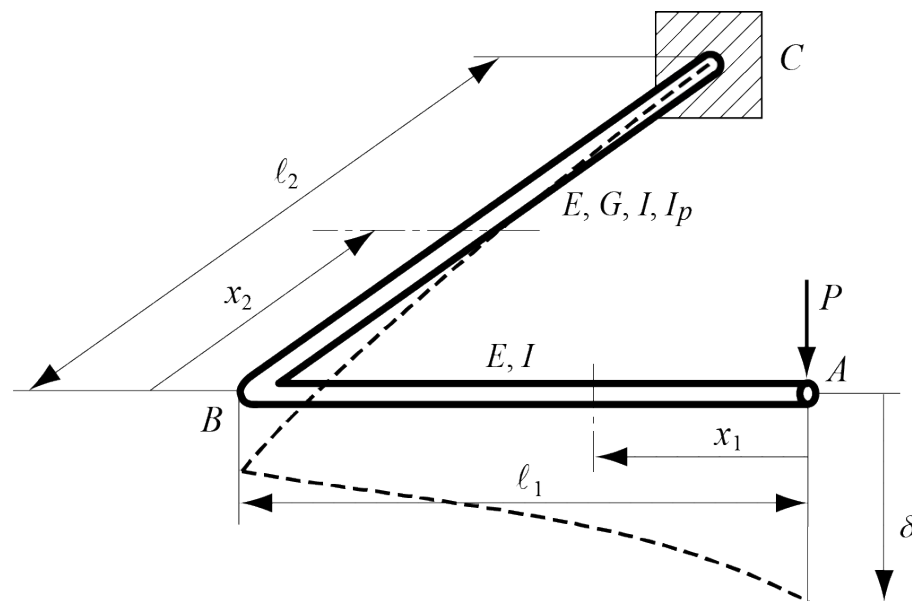


$$\delta_k = \frac{\partial U}{\partial P_k}$$

Chapitre 10 : Énergie de déformation élastique

Problème 10.1

En négligeant l'influence de l'effort tranchant, déterminer par le théorème de Castigliano le déplacement vertical δ du point A d'une poutre encastrée en forme de L de section circulaire, soumise à une force P en son extrémité libre



Problème 10.1

Sur le tronçon AB – soumis uniquement à la flexion –, le moment fléchissant et sa dérivée première par rapport à la force ponctuelle s'écrivent ($0 \leq x_1 \leq \ell_1$)

$$\bullet \quad M_f = -x_1 P \qquad \frac{\partial M_f}{\partial P} = -x_1$$

La partie BC est sollicitée par la flexion et la torsion, les moments respectifs et leurs dérivées ayant pour expression ($0 \leq x_2 \leq \ell_2$)

$$\bullet \quad M_f = -x_2 P \qquad \frac{\partial M_f}{\partial P} = -x_2$$

$$\bullet \quad M_t = \ell_1 P \qquad \frac{\partial M_t}{\partial P} = \ell_1$$

On trouve le déplacement vertical au point A

$$\bullet \quad \delta = \frac{1}{EI} \int_A^C M_f \frac{\partial M_f}{\partial P} dx + \frac{1}{GI_p} \int_B^C M_t \frac{\partial M_t}{\partial P} dx = \frac{P}{EI} \left[\int_0^{\ell_1} x_1^2 dx_1 + \int_0^{\ell_2} x_2^2 dx_2 \right] + \frac{P \ell_1^2}{GI_p} \int_{B0}^{\ell_2} dx_2$$

L'intégration donne finalement, compte tenu de la condition $I_p = 2I$ valable pour une poutre de section circulaire,

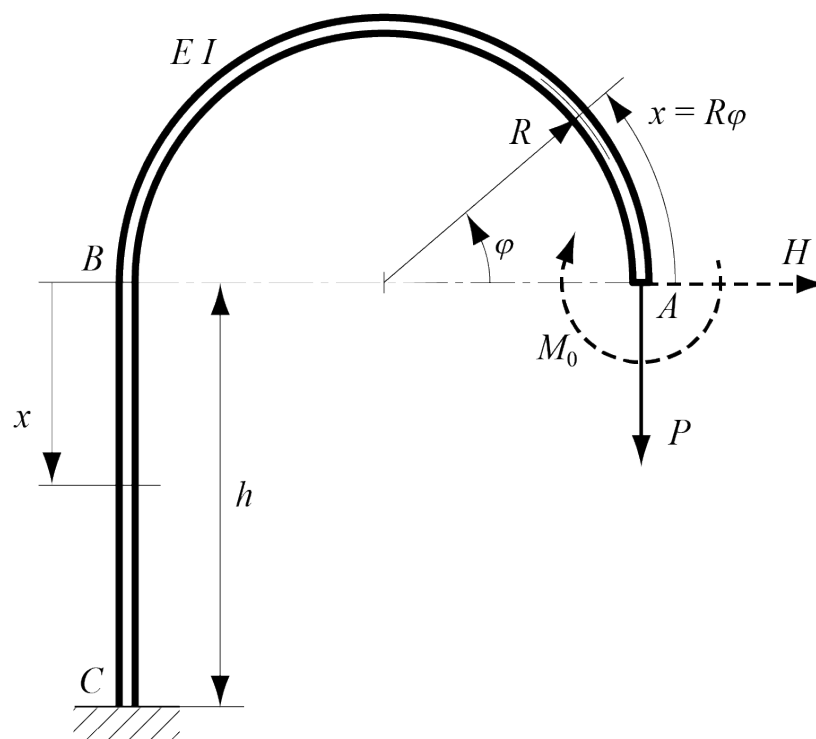
$$\bullet \quad \delta = \frac{P}{3EI} (\ell_1^3 + \ell_2^3) + \frac{P \ell_1^2 \ell_2}{2GI}$$

$$\delta_k = \frac{\partial U}{\partial P_k}$$

Chapitre 10 : Énergie de déformation élastique

Problème 10.2

En ne tenant compte que de la flexion et en recourant au théorème de Castigliano, calculer pour la poutre encastrée représentée le déplacement vertical δ_V , le déplacement horizontal δ_H ainsi que la rotation α au point A où s'applique une force verticale P



$$\delta_k = \frac{\partial U}{\partial P_k}$$

Chapitre 10 : Énergie de déformation élastique

Problème 10.2

Pour calculer le déplacement δ_H et la rotation α , on introduit une force auxiliaire horizontale H et un moment auxiliaire M_0 au point A .

Si l'on choisit comme moment positif celui qui tend les fibres extérieures, le moment de flexion sur l'arc AB et ses dérivées par rapport aux forces généralisées réelle P et auxiliaires H et M_0 s'écrivent

- $M = PR(1 - \cos \varphi) - HR \sin \varphi + M_0$
- $\frac{\partial M}{\partial P} = R(1 - \cos \varphi) \quad \frac{\partial M}{\partial H} = -R \sin \varphi \quad \frac{\partial M}{\partial M_0} = 1$

où R désigne le rayon de l'arc et φ représente l'angle pris comme variable d'intégration. Pour le montant BC , on trouve de même

- $M = 2PR + xH + M_0$
- $\frac{\partial M}{\partial P} = 2R \quad \frac{\partial M}{\partial H} = x \quad \frac{\partial M}{\partial M_0} = 1$

$$\delta_k = \frac{\partial U}{\partial P_k}$$

Chapitre 10 : Énergie de déformation élastique

Problème 10.2

Les dérivées partielles étant maintenant évaluées, on peut annuler les forces généralisées auxiliaires H et M_0 et calculer les déplacements dV et dH ainsi que la rotation α

- $$\delta_V = \frac{1}{EI} \int_A^C M \frac{\partial M}{\partial P} dx = \frac{P R^3}{EI} \int_0^\pi (1 - \cos \varphi)^2 d\varphi + \frac{4P R^2}{EI} \int_0^h dx = \frac{P R^2}{2 EI} (3\pi R + 8h)$$
- $$\delta_H = \frac{1}{EI} \int_A^C M \frac{\partial M}{\partial H} dx = \frac{-P R^3}{EI} \int_0^\pi (1 - \cos \varphi) \sin \varphi d\varphi + \frac{2P R}{EI} \int_0^h x dx = \frac{P R}{EI} (h^2 - 2R^2)$$
- $$\alpha = \frac{1}{EI} \int_A^C M \frac{\partial M}{\partial M_0} dx = \frac{P R^2}{EI} \int_0^\pi (1 - \cos \varphi) d\varphi + \frac{2P R}{EI} \int_0^h dx = \frac{P R}{EI} (\pi R + 2h)$$

Le déplacement vertical δV et la rotation α sont strictement positifs et sont donc orientés selon le sens respectif de la force P et du moment M_0

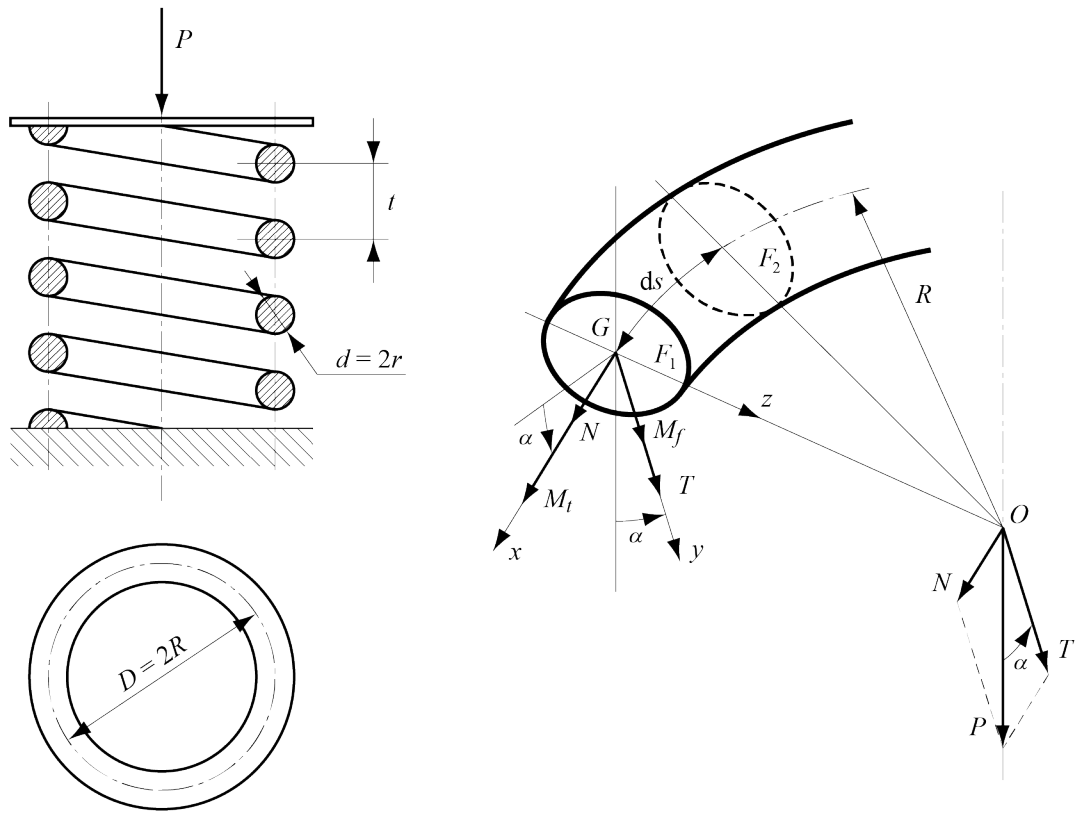
Le déplacement horizontal δH est par contre positif, nul ou négatif selon que la hauteur h du montant est supérieure, égale ou inférieure à $\sqrt{2} R$

$$\delta_k = \frac{\partial U}{\partial P_k}$$

Chapitre 10 : Énergie de déformation élastique

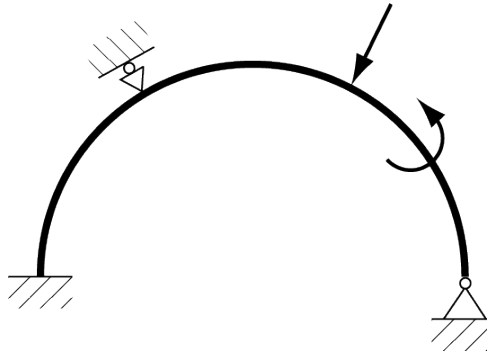
Problème 5.2

Calculer la contrainte de cisaillement maximum dans un ressort hélicoïdal de diamètre D , formé de n spires de diamètre d et soumis à une charge de compression P . Déterminer ensuite la flèche, la constante du ressort et l'énergie emmagasinée.



Merci pour vote attention

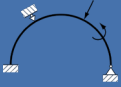
Mécanique des structures



Chapitre 11 : Systèmes hyperstatiques

Dr. Alain Prenleloup
SGM BA3

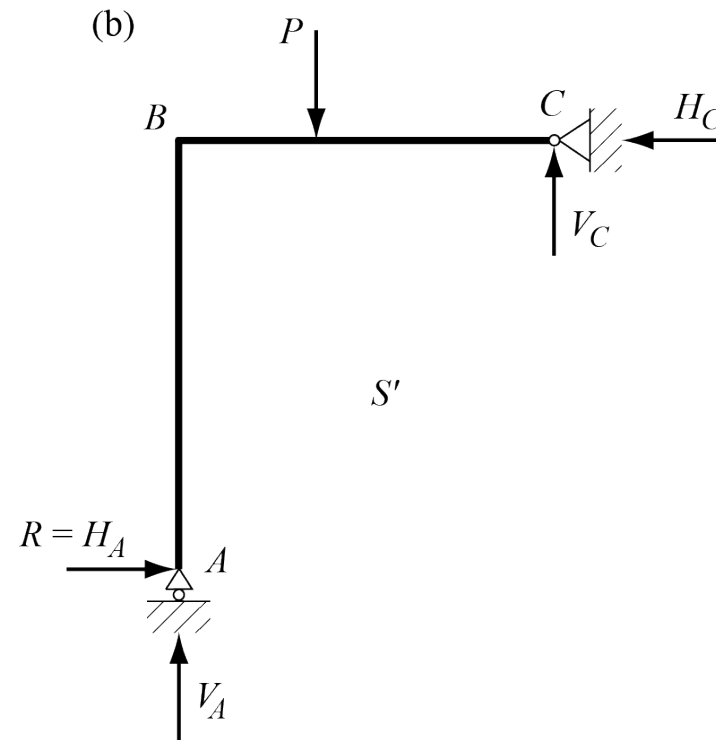
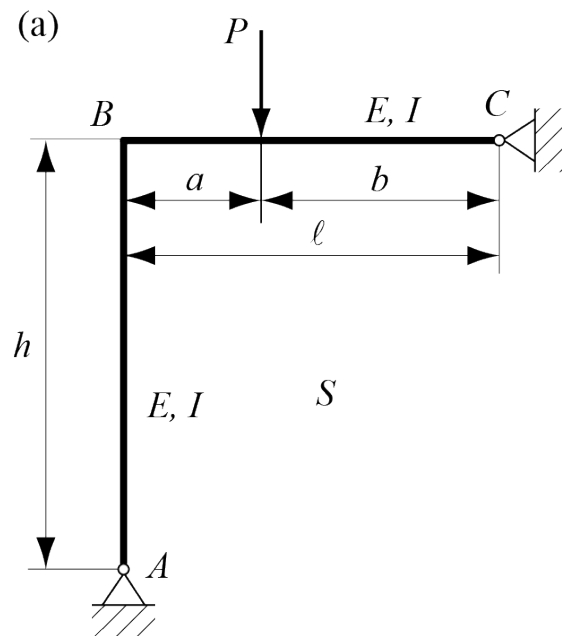
EPFL

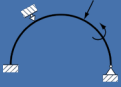


Chapitre 11 : Systèmes hyperstatiques

Problème 11.1

Calculer les réactions aux points A et C du système hyperstatique S





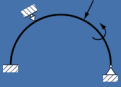
Chapitre 11 : Systèmes hyperstatiques

Problème 11.1

Les réactions inconnues sont au nombre de quatre, le système S étant dès lors hyperstatique extérieurement d'ordre $4 - 3 = 1$. En choisissant comme hyperstatique R la réaction horizontale H_A au point A , on obtient le système isostatique fondamental S'

Les conditions d'équilibre statique fournissent trois équations

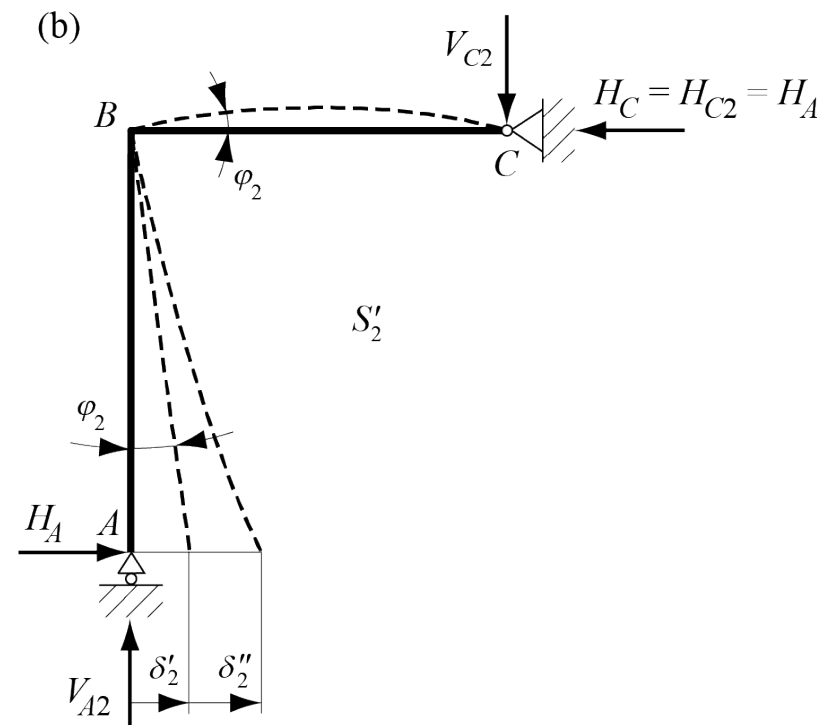
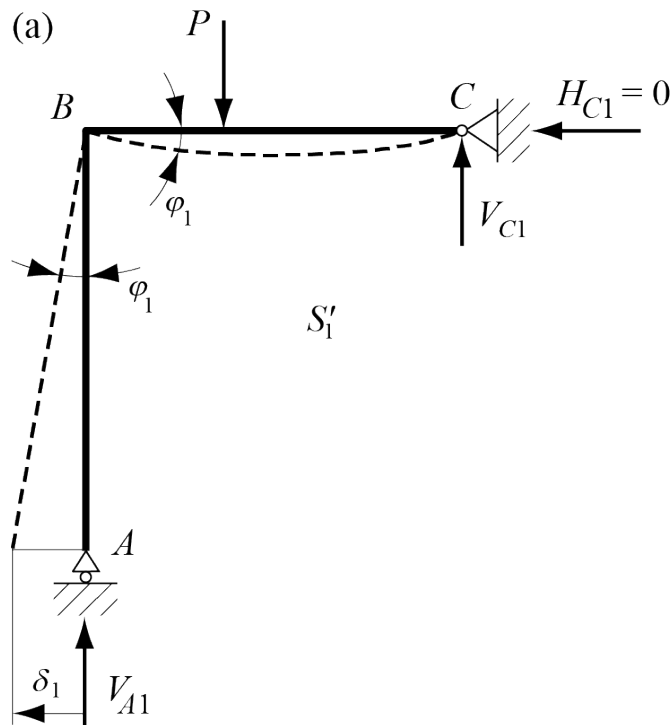
- $H_A = H_C$ (a)
- $V_A + V_C = P$ (b)
- $aP = \ell V_C + H_C$ (c)

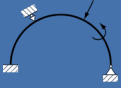


Chapitre 11 : Systèmes hyperstatiques

Problème 11.1

La quatrième équation nécessaire pour déterminer les réactions est donnée par la condition que le déplacement horizontal δ du point A est nul dans le système S' . Il est commode pour calculer δ de décomposer S' en deux systèmes S'_1 et S'_2 .





Chapitre 11 : Systèmes hyperstatiques

Problème 11.1

Les réactions d'appui du système S'_1 valent

- $V_{A1} = P \frac{b}{\ell}$
- $V_{C1} = P \frac{a}{\ell}$
- $H_{C1} = 0$

tandis que le déplacement δ_1 a pour valeur, d'après l'annexe II,

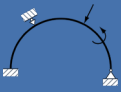
- $\delta_1 = h \varphi_1 = h \frac{ab(\ell+b)}{6\ell EI} P$

Pour le système S'_2 , les réactions s'écrivent

- $V_{A2} = V_{C2} = H_A \frac{h}{\ell}$
- $H_{C1} = H_C = H_A$

alors que le déplacement δ_2 , séparé en deux composantes δ'_2 et δ''_2 , est calculé à nouveau au moyen de l'annexe II

- $\delta_2 = \delta'_2 + \delta''_2 = h \varphi_2 + \delta''_2 = \frac{h^2 \ell}{3 EI} H_A + \frac{h^3}{3 EI} H_A = \frac{H_A h^2}{3 EI} (\ell - h)$



Chapitre 11 : Systèmes hyperstatiques

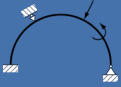
Problème 11.1

La condition $d = d_1 - d_2$ permet de calculer directement l'hyperstatique H_A

- $$H_A = \frac{ab(\ell+b)}{2\ell h(\ell+h)} P = \frac{\alpha\beta(1+\beta)}{2\xi(1+\xi)} P$$

où les grandeurs $a = a/l$, $b = b/l$ et $x = h/l$ sont trois facteurs adimensionnels. En utilisant les équations (a), (c) et (b), on obtient finalement les trois réactions d'appui

- $$H_C = H_A = \frac{\alpha\beta(1+\beta)}{2\xi(1+\xi)} P$$
- $$V_C = P \frac{a}{\ell} - H_C \frac{h}{\ell} = \alpha \left(1 - \frac{\beta(1+\beta)}{2(1+\xi)} \right) P$$
- $$V_A = P - V_C = \left((1 - \alpha) - \frac{\alpha\beta(1+\beta)}{2(1+\xi)} \right) P$$

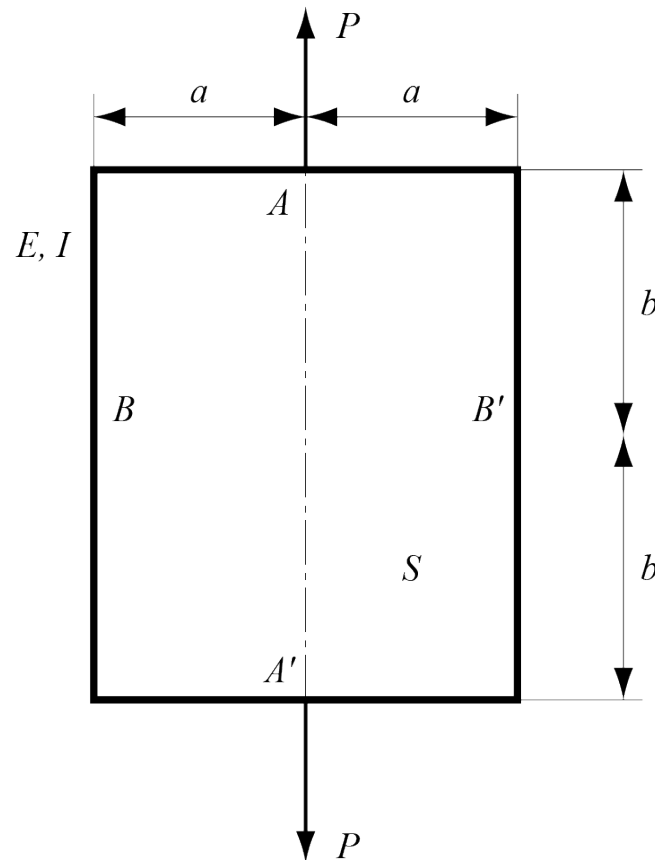


Chapitre 11 : Systèmes hyperstatiques

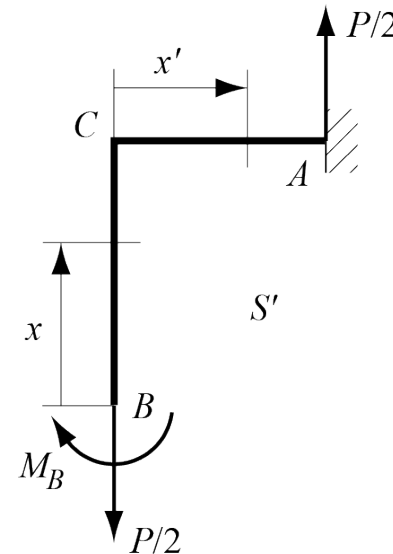
Problème 11.3

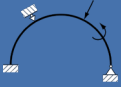
Par le théorème de Menabrea, trouver le moment hyperstatique intérieur au point B du cadre, puis calculer le déplacement relatif des points A et A' . On ne considérera que l'énergie de flexion.

(a)



(b)





Chapitre 11 : Systèmes hyperstatiques

Problème 11.3

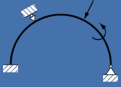
Le système est plan, mais possède deux axes de symétrie, de sorte que son degré d'hyperstaticité intérieure est ramené à $k = 3 - 2 = 1$. La double symétrie permet de ne considérer que le quart du cadre

On choisit comme hyperstatique intérieure le moment M_B en B , déterminé grâce au théorème de Menabrea par la condition $\partial U / \partial M_B = 0$, tandis que le déplacement relatif des points A et A' est calculé au moyen du théorème de Castigliano par la relation $\delta = \partial U / \partial P$. Si seule l'énergie de flexion est prise en compte, les conditions précitées peuvent être explicitées sous la forme

$$\bullet \quad 0 = \frac{4}{EI} \int_B^A M \frac{\partial M}{\partial M_B} dx \quad \text{et} \quad \delta = \frac{4}{EI} \int_B^A M \frac{\partial M}{\partial P} dx$$

Sur la portion verticale BC du quart de cadre, le moment de flexion et ses dérivées partielles par rapport respectivement à l'hyperstatique intérieure M_B et la force P valent

$$\begin{aligned} \bullet \quad M(x) &= M_B & 0 \leq x \leq b \\ \bullet \quad \frac{\partial M}{\partial M_B} &= 1 & \frac{\partial M}{\partial P} &= 0 \end{aligned}$$



Chapitre 11 : Systèmes hyperstatiques

Problème 11.3

Alors que ces mêmes grandeurs sur la partie horizontale CA s'écrivent

- $M(x') = M_B - \frac{P}{2}x' \quad 0 \leq x' \leq a$
- $\frac{\partial M}{\partial M_B} = 1 \quad \frac{\partial M}{\partial P} = -\frac{x'}{2}$

En portant ces égalités dans l'équation (a), on obtient

- $0 = \int_0^b M_B dx + \int_0^a \left(M_B - \frac{P}{2}x' \right) dx' = M_B b + \left(M_B a - \frac{Pa^2}{4} \right)$

d'où l'on tire aisément la valeur de l'hyperstatique intérieure M_B

- $M_B = \frac{Pa^2}{4(a+b)}$

En procédant de même pour l'équation (b), on a

- $\delta = -\frac{4}{EI} \int_0^a \left(M_B - \frac{P}{2}x' \right) \frac{x'}{2} dx' = -\frac{4}{EI} \left(\frac{M_B a^2}{4} - \frac{P a^3}{12} \right)$

De sorte que, compte tenu du résultat (c), le déplacement cherché vaut

- $\delta = \frac{P a^3}{12 EI} \frac{a+4b}{a+b}$

Merci pour vote attention

Mécanique des structures



Chapitre 12 : Flambage des poutres droites

Dr. Alain Preneloup
SGM BA3

EPFL



Chapitre 12 : Flambage des poutres droites

Problème 12.1

Calculer l'écart de température Δt qui provoque le flambage d'un tube de longueur ℓ en acier S 235, articulé à ses extrémités A et B . Déterminer les charge et contrainte critiques correspondantes et évaluer ces mêmes valeurs pour un tube encastré à ses extrémités.

Données numériques

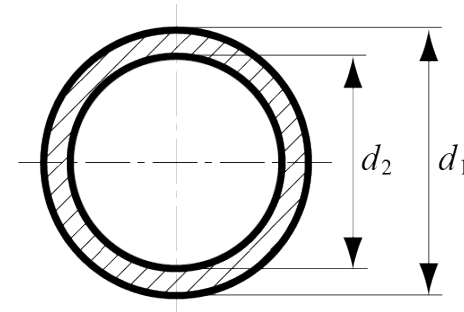
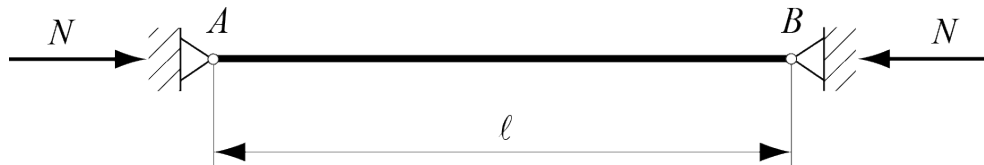
$$\ell = 2,5 \text{ m}$$

$$d_2 = 4 \text{ cm}$$

$$\alpha = 12 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$$

$$d_1 = 5 \text{ cm}$$

$$E = 2,1 \cdot 10^{11} \text{ Pa}$$





Chapitre 12 : Flambage des poutres droites

Problème 12.1

Afin de déterminer si le flambage est élastique, il est nécessaire de calculer d'abord l'élancement du tube. D'après l'aire F de la section, son moment d'inertie I , ainsi que le rayon de gyration résultant i ,

- $F = \frac{\pi}{4} (D_1^2 - D_2^2) = 7,07 \cdot 10^{-4} m^2$
- $I = \frac{\pi}{64} (D_1^4 - D_2^4) = 0,181 \cdot 10^{-6} m^2$
- $i = \sqrt{\frac{I}{F}} = 16 \cdot 10^{-3} m$

Compte tenu du fait que la demi-longueur d'onde ℓ_0 est égale à la longueur ℓ dans le cas d'une poutre biarticulée l'élancement vaut

- $\lambda = \frac{\ell_0}{i} = \frac{\ell}{i} = 156$

Comme cette valeur est supérieure à l'élancement limite $\lambda_p = 104$ d'une poutre en acier S 235 le flambage est élastique, de sorte que la formule d'Euler est applicable.



Chapitre 12 : Flambage des poutres droites

Problème 12.1

Pour calculer $\Delta\theta$, exprimons qu'au moment où le flambage démarre l'allongement thermique est égal au raccourcissement dû à la compression

- $\ell \propto \Delta\theta = \ell \frac{\sigma_c}{E}$

En remplaçant dans cette égalité la contrainte critique σ_c par sa définition, on trouve

- $\ell \propto \Delta\theta = \ell \frac{\pi^2}{\lambda^2}$

D'où l'on tire aisément la variation de température cherchée

- $\Delta\theta = \frac{\pi^2}{\alpha \lambda^2} = 34^\circ\text{C}$

La charge critique, donnée par la formule d'Euler, vaut

- $N_c = \frac{\pi^2 EI}{\ell_0^2} = \frac{\pi^2 EI}{\ell^2} = 60 \text{ kN}$

Alors que la contrainte critique associée a pour valeur

- $\sigma_c = \frac{N_c}{F} = 85 \text{ MPa}$



Chapitre 12 : Flambage des poutres droites

Problème 12.1

Si la poutre est encastree à ses deux extrémités, la longueur de flambage est réduite de moitié ($\ell_0 = \ell/2$) et l'élancement devient

- $\lambda = \frac{\ell_0}{i} = \frac{\ell}{2i} = 78$

Ce nombre étant inférieur à la limite $\ell_p = 104$ valable pour l'acier S 235, le flambage a lieu dans le domaine de Tetmayer.

La contrainte critique est alors donnée par la formule appliquée au matériau considéré

- $\sigma_c = 400 - 2\lambda = 244 \text{ MPa}$

De sorte que la charge critique s'élève cette fois à

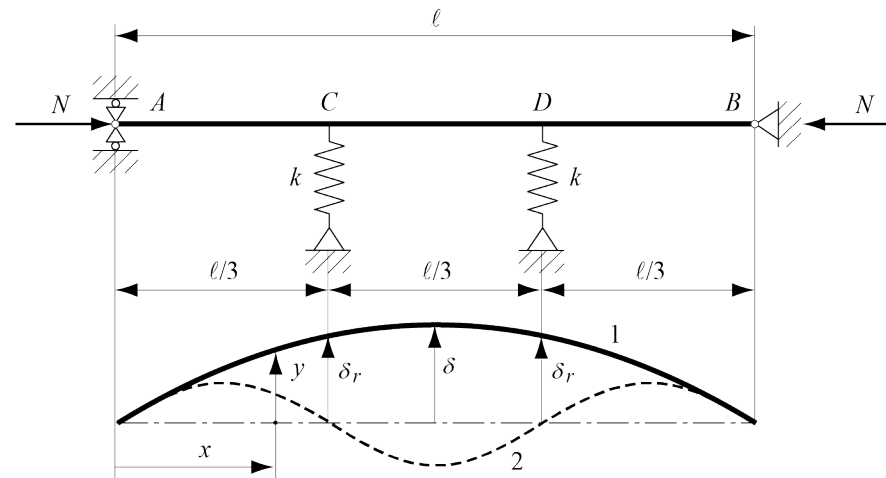
- $N_c = \sigma_c F = 173 \text{ kN}$

Notons qu'un rapide calcul montrerait que la charge critique vaudrait 240 kN si la formule d'Euler restait valable.

Chapitre 12 : Flambage des poutres droites

Problème 12.3

Le système représenté est constitué d'une poutre articulée à ses extrémités et de deux ressorts de constante k . Calculer la charge critique du système en prenant comme déformée celle qui se produit quand les ressorts n'existent pas, c'est à dire une sinusoïde à une demi onde (courbe 1). Trouver ensuite la valeur de la constante k pour laquelle la poutre flambe selon une sinusoïde à trois demi ondes (courbe 2).





Chapitre 12 : Flambage des poutres droites

Problème 12.3

La déformée imposée a pour équation

- $y = \delta \sin \frac{\pi x}{\ell}$

Cette dernière satisfait bien aux conditions aux limites $y(0) = 0$ et $y(\ell) = 0$.

Ses dérivées première et seconde s'écrivent

- $y' = \frac{\pi \delta}{\ell} \cos \frac{\pi x}{\ell}$
- $y'' = -\frac{\pi^2 \delta}{\ell^2} \sin \frac{\pi x}{\ell}$

Le déplacement t est trouvé à partir de la relation

- $t = \frac{1}{2} \int_0^\ell y'^2 dx = \frac{\pi^2 \delta^2}{2 \ell^2} \int_0^\ell \cos^2 \frac{\pi x}{\ell} dx = \frac{\pi^2 \delta^2}{4 \ell^2}$

L'énergie de déformation U du système est la somme de l'énergie de flexion U_p dans la poutre et de l'énergie de compression ou traction U_r dans les deux ressorts.



Chapitre 12 : Flambage des poutres droites

Problème 12.3

L'énergie U_p est donnée par

- $$U_p = \frac{EI}{2} \int_0^\ell y''^2 dx = \frac{EI \pi^4 \delta^2}{2 \ell^4} \int_0^\ell \sin^2 \frac{\pi x}{\ell} dx = \frac{EI \pi^4 \delta^2}{4 \ell^3}$$

Alors que l'énergie U_r emmagasinée par les deux ressorts peut être exprimée sous la forme suivante

- $$U_r = 2 \frac{k \delta_r^2}{2}$$

dans laquelle δ_r est le déplacement des ressorts. Dès lors que cette quantité vaut

- $$\delta_r = y(\ell/3) = \sqrt{3} \delta/2$$

l'énergie U_r a pour expression finale

- $$U_r = \frac{3k \delta^2}{4}$$

Il s'ensuit que l'énergie de déformation totale s'écrit

- $$U = U_p + U_r = \frac{EI \pi^4 \delta^2}{4 \ell^3} + \frac{3k \delta^2}{4}$$

La charge critique N_{c1} selon le mode de flambage 1 a pour valeur

- $$N_{c1} = \frac{U}{t} = \frac{\pi^2 EI}{\ell^2} + \frac{3k\ell}{\pi^2}$$



Chapitre 12 : Flambage des poutres droites

Problème 12.3

Alors que si le système flambe selon le mode 2, la formule d'Euler est applicable avec la demi-longueur d'onde $\ell_0 = \ell/3$ et la charge critique associée N_{c2} prend la forme

- $$N_{c2} = \frac{\pi^2 EI}{\ell_0^2} = \frac{\pi^2 EI}{(\ell/3)^2} = \frac{9\pi^2 EI}{\ell^2}$$

Le deuxième mode de flambage apparaît quand les deux charges N_{c1} et N_{c2} sont égales. Cette condition correspond à une valeur particulière k_0 de la constante des ressorts, trouvée en égalant $N_{c1} = N_{c2}$

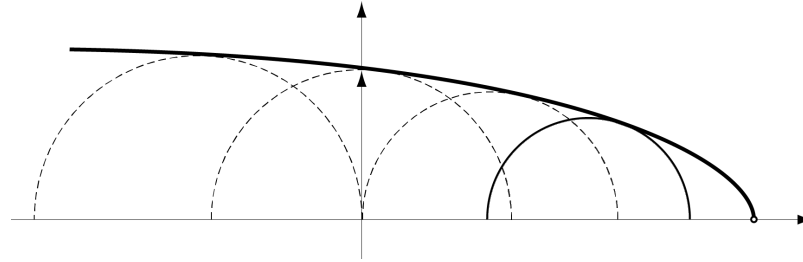
- $$k_0 = \frac{8\pi^4 EI}{3\ell^3} = 259,8 \frac{EI}{\ell^3}$$

Avec cette conception du problème, tout se passe comme si les ressorts étaient remplacés par des guides fixes aux points C et D quand la constante k est supérieure à k_0 et l'on retrouve le quatrième cas de la figure ($\ell_0 = \ell/3$). En réalité, les déformées 1 et 2 ne sont exactes que dans les cas limite $k = 0$ et $k = \infty$. La solution rigoureuse du problème par intégration des équations différentielles donne la courbe en pointillés de la figure 11.17, la charge critique N_{c2} étant alors atteinte pour la constante suivante

- $$k'_0 = \frac{27\pi^2 EI}{\ell^3} = 266,5 \frac{EI}{\ell^3}$$

Merci pour vote attention

Mécanique des structures

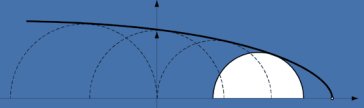


Chapitre 15 : Critères de rupture de l'équilibre élastique

Dr. Alain Preneloup
SGM BA3

EPFL





Ch15 : Critères de rupture de l'équilibre élastique

Problème 15.1 et 15.2

La force de contact d'un engrenage, réduite à l'axe neutre de l'arbre porteur, donne lieu à une force répartie verticale q et un moment de torsion M_t . Pour l'arbre, calculer au moyen du critère de Tresca et von Mises le coefficient de sécurité n aux points A et B de la section C .

Données numériques

$$q = 400 \text{ kN/m}$$

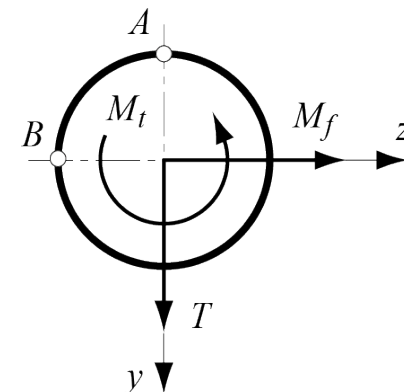
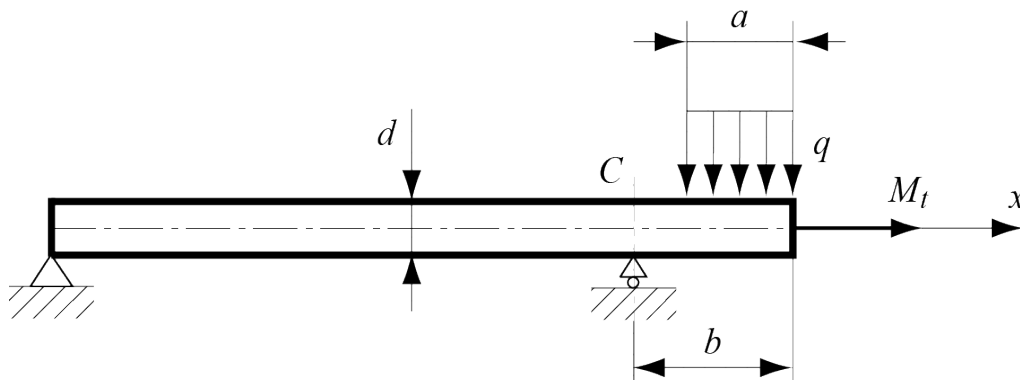
$$M_t = 80 \text{ Nm}$$

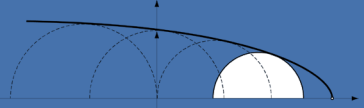
$$d = 20 \text{ mm}$$

$$a = 20 \text{ mm}$$

$$b = 30 \text{ mm}$$

$$\sigma_e = 280 \text{ MPa}$$





Ch15 : Critères de rupture de l'équilibre élastique

Problème 15.1

Le moment de flexion et l'effort tranchant dans la section C au droit de l'appui situé du côté du porte-à-faux valent

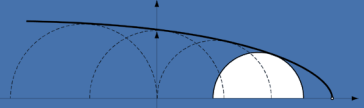
- $M_f = q a \left(b - \frac{a}{2} \right) = 160 \text{ Nm}$
- $T = q a = 8000 \text{ N}$

Tandis que l'aire de la section et les moments de résistance à la flexion et à la torsion ont pour valeur

- $F = 0,314 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$
- $W = \frac{\pi d^3}{32} = 0,785 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$ $W_p = \frac{\pi d^3}{16} = 1,57 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$

Au point A de la section C , les contraintes normale due à la flexion et tangentielle provoquée par la torsion s'écrivent, compte tenu de leur orientation,

- $\sigma_x(A) = M_f / W = 204 \text{ MPa}$
- $\tau_{xz}(A) = -M_t / W_p = -51 \text{ MPa}$



Ch15 : Critères de rupture de l'équilibre élastique

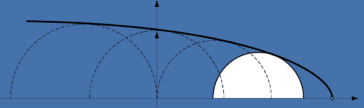
Problème 15.1

De sorte que l'on obtient pour les contraintes principales σ_1 et σ_3 valables pour un état de contrainte bidimensionnel ($\sigma_2 = 0$),

- $$\sigma_1 = \frac{\sigma_x(A)}{2} + \sqrt{\frac{\sigma_x^2(A)}{4} + \tau_{xz}^2(A)} = 216 \text{ MPa}$$
- $$\sigma_3 = \frac{\sigma_x(A)}{2} - \sqrt{\frac{\sigma_x^2(A)}{4} + \tau_{xz}^2(A)} = -12 \text{ MPa}$$

La contrainte de comparaison et le coefficient de sécurité déterminés pour le point A au moyen du critère de Tresca valent finalement

- $$\sigma_g(A) = \sigma_1 - \sigma_3 = 228 \text{ MPa}$$
- $$n(A) = \frac{\sigma_e}{\sigma_g} = 1,23$$



Ch15 : Critères de rupture de l'équilibre élastique

Problème 15.1

Au point B de la section C apparaissent deux contraintes tangentielles provenant respectivement du moment de torsion et de l'effort tranchant.

La contrainte totale de cisaillement a pour expression

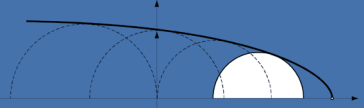
- $$\tau_{xy}(B) = \frac{M_t}{W_p} + \frac{4T}{3F} = 85 \text{ MPa}$$

Le point B étant caractérisé par du cisaillement pur, la contrainte de comparaison relative au critère de Tresca se calcule directement grâce à la relation

- $$\sigma_g(B) = 2\tau_{13} = 2\tau_{xy}(B) = 170 \text{ MPa}$$

et le coefficient de sécurité associé vaut par conséquent

- $$n(B) = \frac{\sigma_e}{\sigma_g} = 1,65$$



Ch15 : Critères de rupture de l'équilibre élastique

Problème 15.2

Puisque la contrainte de comparaison liée au critère de von Mises ne nécessite pas l'évaluation des contraintes principales, on a immédiatement au point A , compte tenu des valeurs numériques trouvées au problème 15.1,

- $\sigma_g(A) = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{\sigma_x^2(A) + \sigma_y^2(A) + 6\tau_{xz}^2(A)} = 222 \text{ MPa}$

Et le coefficient de sécurité correspondant vaut

- $n(A) = \frac{\sigma_e}{\sigma_g} = 1,26$

Pour le point B , on trouve similairement

- $\sigma_g(B) = \sqrt{3\tau_{xy}^2(B)} = 147 \text{ MPa}$

- $n(B) = \frac{\sigma_e}{\sigma_g} = 1,90$

Comme prévu, les coefficients de sécurité sont plus élevés qu'au problème 15.1.

Merci pour vote attention