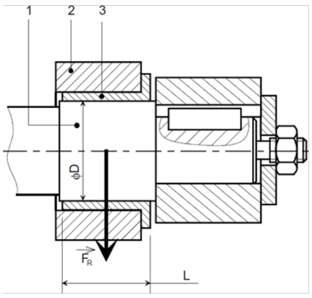
Application 1
Modélisation des actions mécaniques – Corrigé

Torseur des actions mécaniques transmissibles dans un coussinet

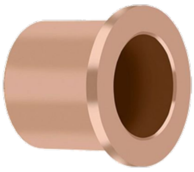
B2-14

C1-05

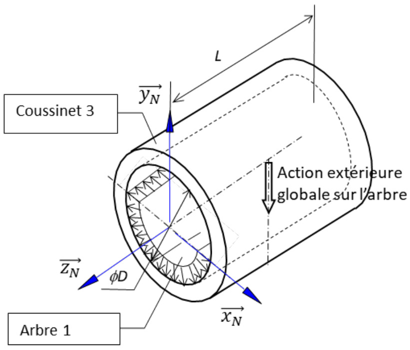
C2-07



Montage d'un coussinet



Coussinet seul



Champs de pression uniforme sur un coussinet (sans collerette)

On donne le modèle suivant où le champ de pression de l'arbre sur le coussinet est uniforme pour $\theta \in [\pi, 2\pi]$ On note $R = \dfrac{D}{2}$ le rayon du coussinet.

Question 1 Déterminer la résultante des actions mécaniques de 1 sur 3. On la note $\overrightarrow{R(1 \rightarrow 3)}$.

Correction

1. On commence par exprimer le modèle local d'une action mécanique en M : $\overrightarrow{\mathrm{d}R(1 \rightarrow 3)} = p(M)\mathrm{d}S\overrightarrow{e_r}$.
2. La pression étant uniforme, on a $p(M) = p$.
3. La géométrie du coussinet étant cylindrique, on se place en coordonnées cylindriques et $\mathrm{d}S = R\mathrm{d}\theta\mathrm{d}z$.
4. θ varie sur $[\pi, 2\pi]$ et z sur $[0, L]$.
5. $\overrightarrow{e_r} = \cos\theta\overrightarrow{x} + \sin\theta\overrightarrow{y}$.

Au final, $\overrightarrow{R(1 \rightarrow 3)} = \int p\left(\cos\theta\overrightarrow{x} + \sin\theta\overrightarrow{y}\right)R\mathrm{d}\theta\mathrm{d}z = pR\int\left(\cos\theta\overrightarrow{x} + \sin\theta\overrightarrow{y}\right)\mathrm{d}\theta\mathrm{d}z$

$= pR\left(\int\cos\theta\mathrm{d}\theta\mathrm{d}z\overrightarrow{x} + \int\sin\theta\mathrm{d}\theta\mathrm{d}z\overrightarrow{y}\right) = LpR\left(\int\cos\theta\mathrm{d}\theta\overrightarrow{x} + \int\sin\theta\mathrm{d}\theta\overrightarrow{y}\right)$

$= LpR\left([\sin\theta]_{\pi}^{2\pi}\overrightarrow{x} - [\cos\theta]_{\pi}^{2\pi}\overrightarrow{y}\right)$

$= LpR\left(-(1-(-1))\overrightarrow{y}\right)$

$= LpR\left(-(1-(-1))\overrightarrow{y}\right) = -2LpR\overrightarrow{y} = -LDp\overrightarrow{y}$.

Question 2 Déterminer $\overrightarrow{\mathcal{M}(O, 1 \rightarrow 3)}\overrightarrow{z_N}$.

Correction

1. On commence par exprimer le modèle local d'une action mécanique en M : $\overrightarrow{\mathrm{d}R(1 \rightarrow 3)} = p(M)\mathrm{d}S\overrightarrow{e_r}$.

2. Au point O, on a $\mathrm{d}\overrightarrow{\mathcal{M}(O,1\rightarrow 3)} = \overrightarrow{OM} \wedge \mathrm{d}\overrightarrow{R(1\rightarrow 3)} = \overrightarrow{OM} \wedge \mathrm{d}\overrightarrow{R(1\rightarrow 3)}$
3. $\overrightarrow{OM} = R\overrightarrow{e_r} + z\overrightarrow{z}$.

On a alors, $\overrightarrow{\mathcal{M}(0,1\rightarrow 3)}\overrightarrow{z} = \left(\overrightarrow{OM} \wedge \mathrm{d}\overrightarrow{R(1\rightarrow 3)}\right)\overrightarrow{z}$
$= \left(\left(R\overrightarrow{e_r} + z\overrightarrow{z}\right) \wedge p(M)\mathrm{d}S\overrightarrow{e_r}\right)\overrightarrow{z}$
$= \left(z\overrightarrow{z} \wedge p(M)\mathrm{d}S\overrightarrow{e_r}\right)\overrightarrow{z} = 0$

Rappel : le produit mixte est invariant par permutation circulaire : $\left(\overrightarrow{a} \wedge \overrightarrow{b}\right)\cdot\overrightarrow{c} = \left(\overrightarrow{c} \wedge \overrightarrow{a}\right)\cdot\overrightarrow{b} = \left(\overrightarrow{b} \wedge \overrightarrow{c}\right)\cdot\overrightarrow{a}$.

On considère maintenant que la pression n'est pas uniforme et vaut au point M $p(M) = p_0 \sin\theta$.

Question 3 Justifier que $\overrightarrow{R(1\rightarrow 3)}$ n'a une composante que sur $\overrightarrow{y}$.

Correction

Pour des raisons de symétrie du champ de pression, la seule composante sera sur $\overrightarrow{y_N}$.

Question 4 Déterminer la résultante des actions mécaniques de 1 sur 3. On la note $\overrightarrow{R(1\rightarrow 3)}$. On rappelle que $\sin^2\theta = \dfrac{1-\cos 2\theta}{2}$.

Correction

On cherche donc $\overrightarrow{R(1\rightarrow 3)}\cdot\overrightarrow{y_N}$.

1. On commence par exprimer le modèle local d'une action mécanique en M : $\mathrm{d}\overrightarrow{R(1\rightarrow 3)} = p(M)\mathrm{d}S\overrightarrow{e_r}$.
2. La pression étant uniforme, on a $p(M) = p_0\sin\theta$.
3. La géométrie du coussinet étant cylindrique, on se place en coordonnées cylindriques et $\mathrm{d}S = R\mathrm{d}\theta\mathrm{d}z$.
4. θ varie sur $[\pi, 2\pi]$ et z sur $[0, L]$.

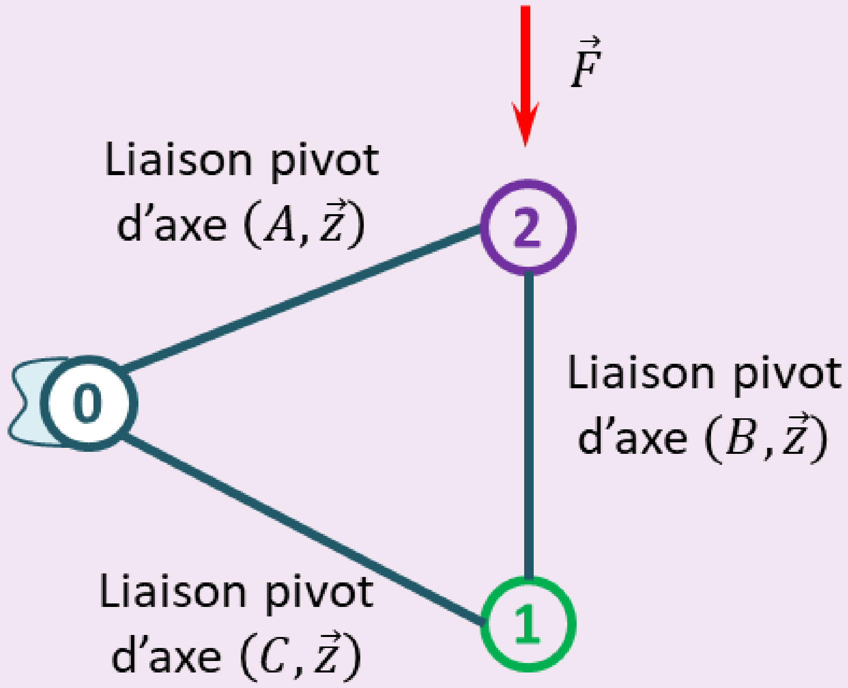
On a $\mathrm{d}\overrightarrow{R(1\rightarrow 3)}\cdot\overrightarrow{y_N} = p(M)\mathrm{d}S\overrightarrow{e_r}\cdot\overrightarrow{y_N} = p_0\mathrm{d}S\sin^2\theta$.

On a donc $\overrightarrow{R(1\rightarrow 3)}\cdot\overrightarrow{y_N} = \int p_0\sin^2\theta R\mathrm{d}\theta\mathrm{d}z = p_0RL\int\dfrac{1-\cos 2\theta}{2}\mathrm{d}\theta = \dfrac{1}{2}p_0RL\left[\theta - \dfrac{1}{2}\sin 2\theta\right]_{\pi}^{2\pi} = \dfrac{1}{2}p_0RL\pi = \dfrac{1}{4}p_0DL\pi$.

Détermination des efforts dans une structure étayée

Question 5 Tracer le graphe d'analyse du système (graphe des liaisons et actions extérieures).

Correction



Question 6 Proposer une stratégie permettant de déterminer les actions mécaniques dans les liaisons.

Correction

Ici, il s'agit de déterminer les actions mécaniques dans toutes les liaisons. Il faudra donc isoler successivement toutes les pièces et réaliser un PFS pour chacune d'entre elles. Cependant, il y a quand même une stratégie d'isolement à avoir : **il faut commencer par isoler les solides soumis à deux glisseurs**. En effet, d'après le PFS, lorsqu'un solide est soumis à deux glisseurs, les deux forces sont de même norme, de même direction (droite passant par le point d'application des deux glisseurs) et de sens opposé.
La stratégie est donc la suivante :

- on isole 1 et on réalise le PFS.
- on isole 2 et on réalise le PFS en B.

Question 7 Déterminer les actions mécaniques dans les liaisons en fonction de F.

Correction

On isole 1. On réalise le BAME :

- $\{\mathcal{T}(0 \rightarrow 1)\}$;
- $\{\mathcal{T}(2 \rightarrow 1)\}$.

D'après le PFS pour un solide soumis à 2 glisseurs, on a : $\{\mathcal{T}(0 \rightarrow 1)\} + \{\mathcal{T}(2 \rightarrow 1)\} = 0$.

Résolution : $\{\mathcal{T}(0 \rightarrow 1)\} = -\{\mathcal{T}(2 \rightarrow 1)\} = \left\{ \begin{array}{c} F_{01}\vec{x_1} \\ \vec{0} \end{array} \right\}_A$.

Correction

On isole 2. On réalise le BAME :

- $\{\mathcal{T}(0 \rightarrow 2)\} = \left\{ \begin{array}{l} X_{02}\overrightarrow{x} + Y_{02}\overrightarrow{y} \\ \overrightarrow{0} \end{array} \right\}_A = \left\{ \begin{array}{l} X_{02}\overrightarrow{x} + Y_{02}\overrightarrow{y} \\ -aY_{02}\overrightarrow{z} \end{array} \right\}_A$;
- $\{\mathcal{T}(1 \rightarrow 2)\} = \left\{ \begin{array}{l} F_{01}\overrightarrow{x_1} \\ \overrightarrow{0} \end{array} \right\}_B$;
- $\{\mathcal{T}(\text{ext} \rightarrow 2)\} = \left\{ \begin{array}{l} -F\overrightarrow{y} \\ \overrightarrow{0} \end{array} \right\}_C = \left\{ \begin{array}{l} -F\overrightarrow{y} \\ -Fb\overrightarrow{z} \end{array} \right\}_C$.

D'après le PFS pour un solide soumis à 2 glisseurs, on a :
$\{\mathcal{T}(0 \rightarrow 2)\} + \{\mathcal{T}(1 \rightarrow 2)\} + \{\mathcal{T}(\text{ext} \rightarrow 2)\} = 0$.
Résolution :

$$\left\{ \begin{array}{l} X_{02} + F_{01}\cos\alpha = 0 \\ Y_{02} + F_{01}\sin\alpha - F = 0 \\ -aY_{02} - Fb = 0 \end{array} \right.$$

$$\Leftrightarrow \left\{ \begin{array}{l} X_{02} = -F_{01}\cos\alpha = -F\dfrac{a+b}{a\tan\alpha} \\ F_{01} = \dfrac{F - Y_{02}}{\sin\alpha} = F\dfrac{a+b}{a\sin\alpha} \\ Y_{02} = -\dfrac{b}{a}F \end{array} \right.$$