Frein à disque - Corrigé

Q.1. On isole le disque 2 et on effectue le Bilan de Actions Mécaniques Extérieures (B.A.M.E.)
On utilise le théorème de la résultante statique que l'on projette sur l'axe $\vec{z}$:

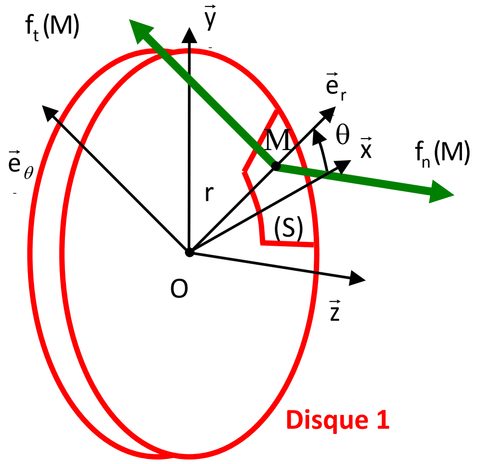
$$-\mathrm{N}+\mathrm{p.S}=0 \text{ avec } S=\int_{(S)} r.dr.d\theta=\int_{-\alpha}^{\alpha} d\theta.\int_{R_1}^{R_2} r.dr=\alpha.(r_2{}^2-r_1{}^2) \text{ soit } \mathrm{p}=\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{S}}=\frac{\mathrm{N}}{\alpha.(\mathrm{r}_2{}^2-\mathrm{r}_1{}^2)}$$

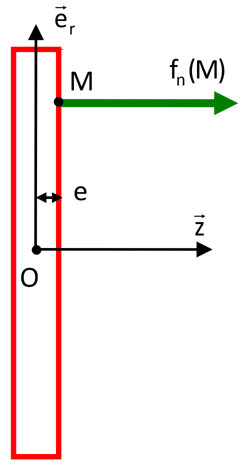
Q.2. Définition de l'action mécanique élémentaire et du modèle local.

Par définition on a :

$$\{\mathrm{F}_{2\to1}\}=\begin{Bmatrix}\overrightarrow{\mathrm{R}_{2\to1}}=\int_{(S)}\mathrm{d}\vec{\mathrm{F}}_{2\to1}\\ \overrightarrow{\mathrm{M}_{\mathrm{O}(2\to1)}}=\int_{(S)}\overrightarrow{\mathrm{OM}}\wedge\mathrm{d}\vec{\mathrm{F}}_{2\to1}\end{Bmatrix}_{\mathrm{O}}$$

avec $\mathrm{d}\vec{\mathrm{F}}_{2\to1}=\left[\mathrm{f_n(M)}.\vec{\mathrm{n}}(\mathrm{M})+\mathrm{f_t(M)}.\vec{\mathrm{t}}(\mathrm{M})\right]\mathrm{dS}$





- On suppose que la pression de contact de 2 sur 1 est uniforme soit $\mathrm{f_n(M)}=-\mathrm{p(M)}=-\mathrm{p}$.
- Le vecteur normal au plan tangent commun à 2 et 1 sortant de la matière de 1 est $\vec{z}$ soit $\vec{\mathrm{n}}(\mathrm{M})=\vec{\mathrm{z}}_0$
- Il y a du glissement en M entre 2 et 1 et puisque l'on calcule les efforts de 2 sur 1, on a donc $\vec{\mathrm{t}}(\mathrm{M})=\dfrac{\overrightarrow{\mathrm{V}_{\mathrm{M},1/2}}}{\left\|\overrightarrow{\mathrm{V}_{\mathrm{M},1/2}}\right\|}$ avec $\overrightarrow{\mathrm{V}_{\mathrm{M},1/2}}=\overrightarrow{\mathrm{V}_{\mathrm{M},1/0}}$ car 2 est solidaire de 0 lors du freinage.

  $\overrightarrow{\mathrm{V}_{\mathrm{M},1/2}}=\overrightarrow{\mathrm{V}_{\mathrm{M},1/0}}=\overrightarrow{\mathrm{V}_{\mathrm{O},1/0}}+\overrightarrow{\mathrm{MO}}\wedge\overrightarrow{\Omega_{1/0}}=-\mathrm{r}.\vec{\mathrm{e}}_\mathrm{r}\wedge\dot{\theta}_{10}.\vec{\mathrm{z}}_0=\mathrm{r}.\dot{\theta}_{10}.\vec{\mathrm{e}}_\theta$ soit $\vec{\mathrm{t}}(\mathrm{M})=-\vec{\mathrm{e}}_\theta$ si $\dot{\theta}_{10}>0$
- L'existence du glissement induit que $\mathrm{f_t(M)}$ est sur le cône de frottement soit $\mathrm{f_t(M)}=\mathrm{f.f_n(M)}$

Au final l'action mécanique élémentaire s'écrit : $\mathrm{d}\vec{\mathrm{F}}_{2\to1}=(-\mathrm{p}.\vec{\mathrm{z}}+\mathrm{f.p}.\vec{\mathrm{e}}_\theta).\mathrm{dS}$

Et le modèle local : $\{\mathrm{F}_{2\to1}\}=\begin{Bmatrix}\overrightarrow{\mathrm{R}_{2\to1}}=\int_{(S)}(-\mathrm{p}.\vec{\mathrm{z}}+\mathrm{f.p}.\vec{\mathrm{e}}_\theta).\mathrm{dS}\\ \overrightarrow{\mathrm{M}_{\mathrm{O}(2\to1)}}=\int_{(S)}\overrightarrow{\mathrm{OM}}\wedge(-\mathrm{p}.\vec{\mathrm{z}}+\mathrm{f.p}.\vec{\mathrm{e}}_\theta).\mathrm{dS}\end{Bmatrix}_{\mathrm{O}}$

Q.3. Définition du modèle global.

On intègre le modèle local sur la surface (S)

$\overrightarrow{\mathrm{R}_{2\to1}}=\int_{(S)}(-\mathrm{p}.\vec{\mathrm{z}}+\mathrm{f.p}.\vec{\mathrm{e}}_\theta).\mathrm{dS}$ avec $\mathrm{dS}=\mathrm{r.dr.d}\theta$ et $\vec{\mathrm{e}}_\theta=-\sin\theta.\vec{\mathrm{x}}+\cos\theta.\vec{\mathrm{y}}$

$$\overrightarrow{R_{2\to1}} = -p.\int_{(S)} r.dr.d\theta.\vec{z} + p.f.\int_{(S)} r.dr.d\theta.(-\sin\theta.\vec{x} + \cos\theta.\vec{y}) = -p.\vec{z}.\int_{-\alpha}^{\alpha} d\theta.\int_{r_1}^{r_2} r.dr + \vec{0} + p.f.\int_{(S)} r.\cos\theta.dr.d\theta.\vec{y}$$

$$\overrightarrow{R_{2\to1}} = -p.2.\alpha.\frac{r_2^{\,2} - r_1^{\,2}}{2}.\vec{z} + p.f.\frac{r_2^{\,2} - r_1^{\,2}}{2}.2.\sin\alpha.\vec{y} = p.(r_2^{\,2} - r_1^{\,2}).(-\alpha.\vec{z} + f.\sin\alpha.\vec{y})$$

Soit : $\boxed{\overrightarrow{R_{2\to1}} = p.(r_2^{\,2} - r_1^{\,2}).(-\alpha.\vec{z} + f.\sin\alpha.\vec{y})}$

$$\overrightarrow{M_{O(2\to1)}} = \int_{(S)} \overrightarrow{OM} \wedge (-p.\vec{z} + f.p.\vec{e}_\theta).dS = \int_{(S)} (r.\vec{e}_r + e.\vec{z}) \wedge (-p.\vec{z} + f.p.\vec{e}_\theta).dS = \int_{(S)} (r.p.\vec{e}_\theta + f.r.p.\vec{z} - f.e.p.\vec{e}_r).dS$$

$$\overrightarrow{M_{O(2\to1)}} = p.\int_{-\alpha}^{\alpha} (-\sin\theta.\vec{x} + \cos\theta.\vec{y}).d\theta.\int_{r_1}^{r_2} r^2.dr + f.p.\vec{z}.\int_{-\alpha}^{\alpha} d\theta.\int_{r_1}^{r_2} r^2.dr - f.e.p.\int_{-\alpha}^{\alpha} (\cos\theta.\vec{x} + \sin\theta.\vec{y})d\theta.\int_{r_1}^{r_2} r.dr$$

$$\overrightarrow{M_{O(2\to1)}} = p.2\sin\alpha.\frac{r_2^{\,3} - r_1^{\,3}}{3}.\vec{y} + f.p.2\alpha.\frac{r_2^{\,3} - r_1^{\,3}}{3}.\vec{z} - f.e.p.2\sin\alpha.\frac{r_2^{\,2} - r_1^{\,2}}{2}.\vec{x}$$

$$\boxed{\overrightarrow{M_{O(2\to1)}} = -f.e.p.\sin\alpha.(r_2^{\,2} - r_1^{\,2}).\vec{x} + \frac{2}{3}.p.(r_2^{\,3} - r_1^{\,3}).(\sin\alpha.\vec{y} + f.\alpha.\vec{z})}$$

Seule la composante suivant $\vec{z}$ participe au couple de freinage soit : $\boxed{\overrightarrow{M_{O(2\to1)}}.\vec{z} = \frac{2}{3}.f.p.\alpha.(r_2^{\,3} - r_1^{\,3})}$

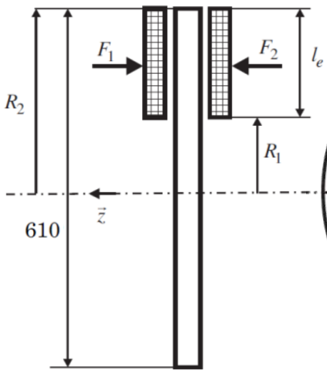
Sachant que $p = \dfrac{N}{\alpha.(r_2^{\,2} - r_1^{\,2})}$ et $\boxed{\overrightarrow{M_{O(2\to1)}}.\vec{z} = C_0 = \frac{2}{3}.f.p.\alpha.(r_2^{\,3} - r_1^{\,3})}$

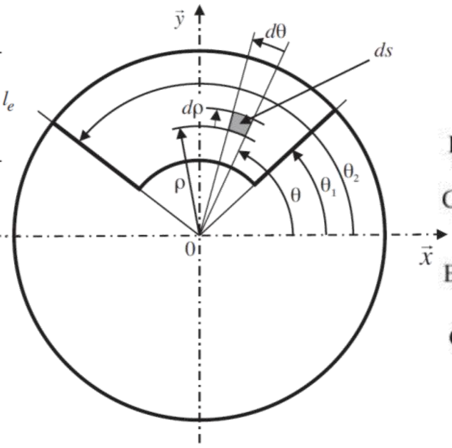
Le couple de freinage global C_F exercé par le bloc de freinage sur la jante de la roue correspond au couple C_0 multiplié par le nombre de surfaces en contact (ici 2).

$C_F = 2.C_0$ soit : $\boxed{M_{global} = \frac{4}{3}.f.N.\frac{(r_2^{\,3} - r_1^{\,3})}{(r_2^{\,2} - r_1^{\,2})}}$

Q.4. Le frottement entre les éléments en contact génère une perte énergétique sous forme de chaleur qui entraine l'échauffement des éléments en contact → ces solutions constructives permettent d'améliorer l'échange de chaleur avec l'air ambiant pour baisser la température des éléments de friction.

Système de freinage d'un TGV DUPLEX - Corrigé





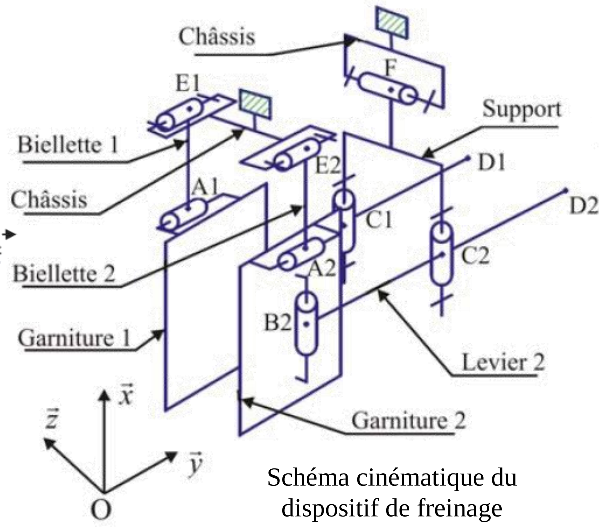
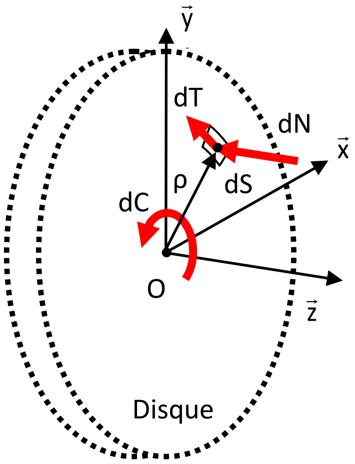


Schéma cinématique du dispositif de freinage

Q.1. On définit le modèle local.



Définition de l'effort normal élémentaire :
$dN = pds = p \cdot \rho \cdot d\theta \cdot d\rho$ avec $p \cdot \rho = cte$

Définition de l'effort tangentiel élémentaire en phase de glissement :
$dT = f \cdot dN = f \cdot p \cdot \rho \cdot d\theta \cdot d\rho$ avec $p \cdot \rho = cte$

Définition du couple élémentaire :
$dC = \rho \cdot dT = \rho \cdot f \cdot p \cdot \rho \cdot d\theta \cdot d\rho$ avec $p \cdot \rho = cte$

Intégration : $C = \int_{(S)} dC = f.p.\rho. \int_{R_1}^{R_2}\int_{\theta_1}^{\theta_2} \rho \cdot d\theta \cdot d\rho$

Soit : $C = f \cdot p \cdot \rho \cdot \alpha \cdot \dfrac{R_2^2 - R_1^2}{2}$ par face de disque. ($\alpha = \theta_2 - \theta_1$).

Q.2. On a $F = \int_{(S)} dN = \int_{R_1}^{R_2}\int_{\theta_1}^{\theta_2} p \cdot \rho \cdot d\theta \cdot d\rho = p \cdot \rho \cdot \alpha \cdot (R_2 - R_1)$

Q.3. $F_1 = F_2 = 1{,}163 \times 10^5 \times 50 \times \dfrac{\pi}{180} \times \left(\dfrac{610 - 310}{2}\right) \times 10^{-3} = 15223{,}6N$

Q.4. Le théorème du moment statique écrit en C_2 projeté sur $\vec{x}$ donne directement :

$$\left\|\overrightarrow{B_2C_2}\right\| . \left\|\vec{F_2}\right\| + \left\|\overrightarrow{C_2D_2}\right\| . \left\|\vec{F_v}\right\| = 0 \rightarrow c.\left\|\vec{F_2}\right\| = c.\left\|\vec{F_v}\right\| \rightarrow \left\|\vec{F_v}\right\| = \left\|\vec{F_2}\right\| = 15223{,}6N < 29 \text{ kN} \rightarrow \text{C.d.C.F. ok.}$$

Q.5. Les biellettes 1 et 2 servent à s'opposer à l'effort disque / garniture suivant $\vec{x}$ et soulagent ainsi les liaisons pivot en C_1 et C_2. Elles servent aussi à encaisser le poids de la garniture.

Q.6. Frein rhéostatique qui consiste à faire fonctionner les moteurs en générateurs et à charger le générateur en lui faisant fournir de l'énergie à un récepteur (réseau ou résistances). Frein à courants de Foucault, en utilisant les courants induit sur un disque ou sur le rail.