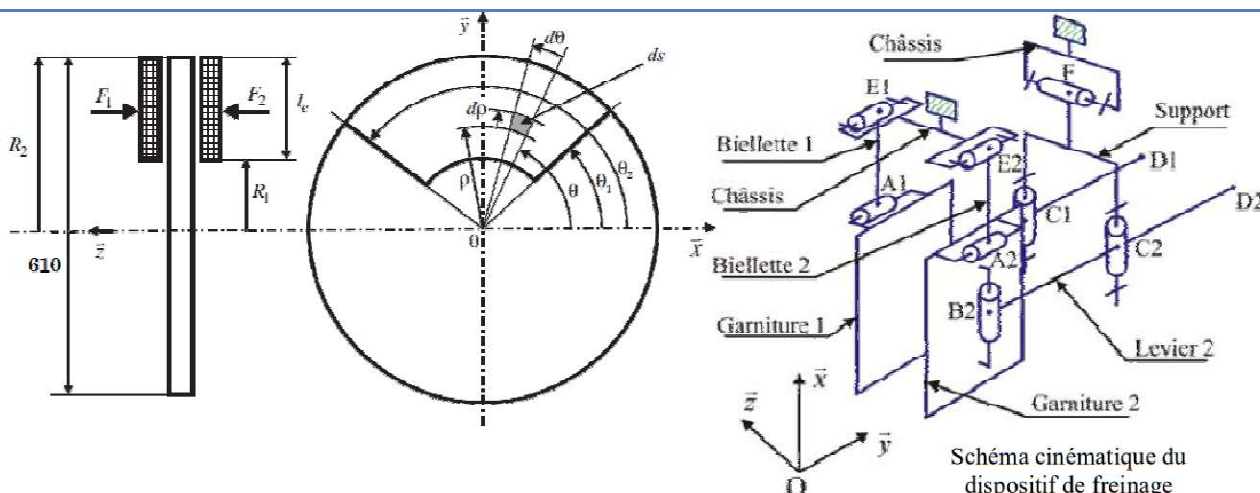


Système de freinage d'un TGV DUPLEX



Q.1. Donner l'expression du couple de freinage C_f sur chaque disque en fonction de : f, p, ρ, α, R_1 et R_2 .

Le couple de freinage n'est dû qu'à l'action des forces de frottement.

Et $d\vec{T} = dT\vec{e}_\theta$. De plus $dT = f \cdot dN$ où dN est la force normale.

On a $dN = p \cdot dS$ soit $dT = p \cdot f \cdot dS$ avec $dS = \rho d\rho d\theta$

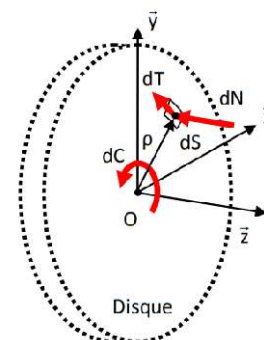
Enfin : $d\vec{T} = p \cdot f \cdot \rho d\rho d\theta \vec{e}_\theta$

En notant dC le couple de freinage élémentaire en O , on a $d\vec{C} = \vec{OM} \wedge d\vec{T}$

$$d\vec{C} = \rho \vec{e}_\rho \wedge p \cdot f \cdot \rho d\rho d\theta \vec{e}_\theta = \rho p \cdot f \cdot \rho d\rho d\theta \vec{z}$$

$$C_f = \int_{\theta_1}^{\theta_2} \int_{R_1}^{R_2} \rho p \cdot f \cdot \rho d\rho d\theta = \rho p \cdot f \int_{R_1}^{R_2} \rho d\rho \int_{\theta_1}^{\theta_2} d\theta = \rho p \cdot f (\theta_2 - \theta_1) \left(\frac{R_2^2 - R_1^2}{2} \right)$$

Enfin $\alpha = \theta_2 - \theta_1$ d'où $C_f = \rho p \cdot f \alpha \left(\frac{R_2^2 - R_1^2}{2} \right)$.



Q.2. En déduire l'expression de la force F qui devra être appliquée sur la garniture pour obtenir C_f en fonction de p, ρ, α, R_1 et R_2 .

La force F correspond à l'effort normal. On a vu que $dN = p \cdot \rho d\rho d\theta$ et

$$F = \int_{\theta_1}^{\theta_2} \int_{R_1}^{R_2} p \cdot \rho d\rho d\theta = \rho p \alpha (R_2 - R_1)$$

Q.3. Calculer la valeur de F_1 et F_2 que doit produire chaque garniture sur le disque de frein ($p \cdot \rho = 1,163 \cdot 10^5 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$, $\alpha = 50^\circ$).

$$F_1 = F_2 = 1,163 \cdot 10^5 \times 50 \times \frac{\pi}{180} \times \left(\frac{610 - 310}{2} \right) \cdot 10^{-3} = 15,23 \text{ kN}$$

Q.4. L'action de contact en B_2 de la garniture 2 sur le levier 2 est égale à $-F_2$. Calculer la force que doit fournir le vérin et vérifier si la prestation du cahier des charges est respectée. On donne $\|\vec{B_2 C_2}\| = \|\vec{C_2 D_2}\| = c = 120 \text{ mm}$.

On isole le levier 2. BAME :

$$\{\mathcal{T}_{verin \rightarrow 2}\} = \begin{Bmatrix} \vec{F}_v = -F_v \vec{z} \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_{D_2} ; \{\mathcal{T}_{garniture \rightarrow 2}\} = \begin{Bmatrix} Y_g \vec{y} - F_2 \vec{z} \\ M_g \vec{y} + N_g \vec{z} \end{Bmatrix}_{B_2} ;$$

$$\{\mathcal{T}_{support \rightarrow 2}\} = \begin{Bmatrix} X \vec{x} + Y \vec{y} + Z \vec{z} \\ M \vec{y} + N \vec{z} \end{Bmatrix}_{C_2}$$

Le TMS en C_2 suivant $\vec{x}$ donne :

$$\begin{aligned} (\overrightarrow{C_2 D_2} \wedge (-F_v \vec{z})) \cdot \vec{x} + (\overrightarrow{C_2 B_2} \wedge (Y_g \vec{y} - F_2 \vec{z})) \cdot \vec{x} &= 0 \\ (c \vec{y} \wedge (-F_v \vec{z})) \cdot \vec{x} + (-c \vec{y} \wedge (Y_g \vec{y} - F_2 \vec{z})) \cdot \vec{x} &= 0 \\ -c F_v + c F_2 &= 0 \\ F_v = F_2 = 15,23 kN < 29 kN \end{aligned}$$

Le cahier des charges est respecté.

Q.5. Sans effectuer de calculs, indiquer l'utilité des biellettes 1 et 2.

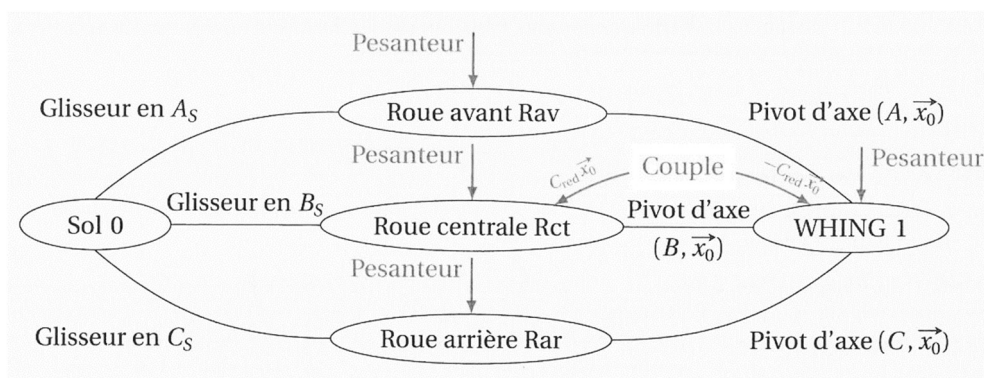
Les biellettes, associées aux liaisons pivots glissants en A_1 et A_2 , servent à encaisser le poids des garnitures et éviter les mouvements selon $\vec{x}$.

Q.6. Il existe sur le TGV d'autres dispositifs de freinage. Indiquer au moins deux autres principes de dissipation de l'énergie pouvant être utilisés, en précisant le principe physique en jeu.

- Frein rhéostatique : utiliser les machines électriques en générateur plutôt qu'en moteur. L'énergie ainsi générée est réintroduite dans le réseau (du train ou général).
- Frein à courants de Foucault : un champ magnétique est généré, la rotation des roues (des disques plus exactement) induit des courants de Foucault (loi de Faraday). Ces courants génèrent des forces de Lorentz qui s'opposent au mouvement.

WHING : Wheelchair Initiative New Generation

Q.1. Recopier et compléter le graphe de liaisons en faisant apparaître les actions mécaniques manquantes.



Q.2. Appliquer le principe fondamental de la statique à l'ensemble {fauteuil + roues}. Isoler et écrire les 3 équations scalaires en supposant le problème plan dans la base $(\vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$ en fonction des données littérales. L'équation de moment sera exprimée au point B_s .

BAME :

$$\{\tau_{g \rightarrow 1}\} = \begin{Bmatrix} -\frac{m}{2} g \vec{z}_0 \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_G$$

$$\{\tau_{0 \rightarrow R_c}\} = \begin{Bmatrix} N_{BS} \vec{z}_1 + T_{BS} \vec{y}_1 \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_{B_s}$$

$$\{\tau_{0 \rightarrow R_{av}}\} = \left\{ \begin{matrix} N_{AS} \vec{z}_1 + T_{AS} \vec{y}_1 \\ \vec{0} \end{matrix} \right\}_{A_s} \quad \{\tau_{0 \rightarrow R_{ar}}\} = \left\{ \begin{matrix} N_{CS} \vec{z}_1 + T_{CS} \vec{y}_1 \\ \vec{0} \end{matrix} \right\}_{C_s}$$

On déplace tous les moments au point B_s :

$$\begin{aligned} \overrightarrow{M_{B_s, 0 \rightarrow R_{av}}} &= (\delta_2 + b - a - \delta_3) N_{AS} \vec{x}_1 \\ \overrightarrow{M_{B_s, 0 \rightarrow R_{ar}}} &= (\delta_2 + b - \delta_1) N_{CS} \vec{x}_1 \\ \overrightarrow{M_{B_s, g \rightarrow 1}} &= -\frac{m}{2} g ((\delta_2 + b - d) \cos \alpha - c \sin \alpha) \vec{x}_1 \end{aligned}$$

Le PFS appliqué à l'ensemble de la chaise donne le système à 3 équations suivantes :

$$\begin{cases} N_{AS} + N_{BS} + N_{CS} - \frac{m}{2} g \cos \alpha = 0 \\ T_{AS} + T_{BS} + T_{CS} - \frac{m}{2} g \sin \alpha = 0 \\ -\frac{m}{2} g ((\delta_2 + b - d) \cos \alpha - c \sin \alpha) + (\delta_2 + b - a - \delta_3) N_{AS} + (\delta_2 + b - \delta_1) N_{CS} = 0 \end{cases}$$

Q.3. Isoler la roue arrière, puis la roue avant et déterminer une équation issue du principe fondamental de la statique donnant la composante normale de l'action du sol sur la roue, en fonction des paramètres géométriques et de la composante tangentielle.

On isole la roue arrière et on choisit d'utiliser l'équation des moments au point C pour ne pas faire intervenir les inconnues de la liaison pivot.

$$\overrightarrow{M_{C, 0 \rightarrow R_{ar}}} = (N_{CS} \vec{z}_1 + T_{CS} \vec{y}_1) \wedge \vec{C_s C} = \left(-\delta_1 N_{CS} + \frac{D_1}{2} T_{CS} \right) \vec{x}_1$$

C'est le seul moment non nul de l'isolement, on en déduit donc :

$$\delta_1 N_{CS} = \frac{D_1}{2} T_{CS}$$

De la même manière en isolant la roue avant : $\delta_3 N_{AS} = \frac{D_3}{2} T_{AS}$

Q.4. Isoler la roue motrice et déterminer une équation issue du PFS donnant C_{red} en fonction des données géométriques, de N_{BS} et de T_{BS} .

Cette fois en plus du moment créé par la ponctuelle avec frottement, le couple du réducteur C_{red} intervient.

$$C_{red} = \delta_2 N_{BS} - \frac{D_2}{2} T_{BS}$$

Q.5. Justifier que la composante $\overrightarrow{T_{BS}} \cdot \vec{y}_1$ est négative.

Il est normal que le frottement augmente le couple que doit fournir le moteur. Au vu de l'équation déterminé à la question précédente, T_{BS} doit donc être négatif.

Q.6. À partir des valeurs de $\|\vec{N_{BS}}\|$ et $\|\vec{T_{BS}}\|$, déterminer la valeur de $|C_{red}|$. En déduire la valeur de $|C_m|$ et conclure vis-à-vis des exigences du cahier des charges (voir caractéristiques du moteur dans le tableau des valeurs).

$$\text{AN: } C_{red} = 0,004 \times 1140 + \frac{0,336}{2} \times 350 = 63,36 \text{ Nm}$$

$$\text{D'où } C_m = \frac{C_{red}}{\eta \times i} = \frac{63,36}{0,9 \times 8,78} = 8 \text{ Nm}$$

Le moteur peut développer un couple moteur de 24 Nm, le WHING peut donc démarrer sur une pente de 15°.