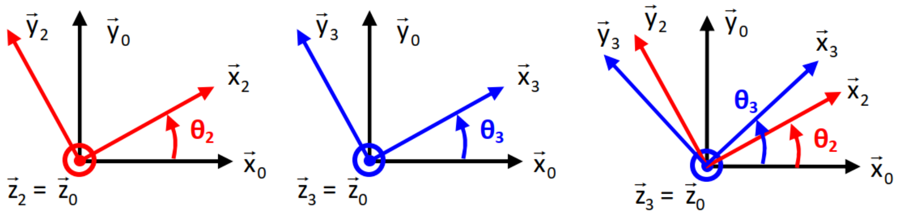
DS2

Statique – Cinématique

Palettiseur pour l'industrie laitière - Corrigé

Q.1.



Q1bis : paramètres variables : θ_2, θ_3, β, λ, μ et y les autres sont constants : R,L,L_1

Q.2. $\overrightarrow{OO} = \overrightarrow{OA} + \overrightarrow{AB} + \overrightarrow{BO} = \vec{0} \rightarrow L_1.\vec{x}_0 + \mu.\vec{x}_3 - R.\vec{x}_2 = \vec{0}$

$\rightarrow L_1.\cos\theta_3.\vec{x}_3 - L_1.\sin\theta_3\vec{y}_3 + \mu.\vec{x}_3 - R.\cos(\theta_3 - \theta_2).\vec{x}_3 + R.\sin(\theta_3 - \theta_2).\vec{y}_3 = \vec{0}$

En projection dans la base 3 $\rightarrow \boxed{\begin{cases} L_1.\cos\theta_3 + \mu - R.\cos(\theta_3 - \theta_2) = 0 \\ -L_1.\sin\theta_3 + R.\sin(\theta_3 - \theta_2) = 0 \end{cases}}$

Q.3. $\overrightarrow{HH} = \overrightarrow{HA} + \overrightarrow{AC} + \overrightarrow{CH} = \vec{0} \rightarrow L.\vec{x}_0 + \lambda.\vec{x}_3 + y.\vec{y}_0 = \vec{0}$

$\rightarrow L.\cos\theta_3.\vec{x}_3 - L.\sin\theta_3\vec{y}_3 + \lambda.\vec{x}_3 + y.\sin\theta_3.\vec{x}_3 + y.\cos\theta_3.\vec{y}_3 = \vec{0}$

En projection dans la base 3 $\rightarrow \boxed{\begin{cases} L.\cos\theta_3 + \lambda + y.\sin\theta_3 = 0 \\ -L.\sin\theta_3 + y.\cos\theta_3 = 0 \end{cases}}$

Q.4. On réécrit les équations des fermetures géométriques précédentes mais cette fois ci en projection sur la base 0.

En projection dans la base 0 $\rightarrow \begin{cases} L_1 + \mu.\cos\theta_3 - R.\cos\theta_2 = 0 \\ \mu.\sin\theta_3 - R.\sin\theta_2 = 0 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \cos\theta_3 = \dfrac{R.\cos\theta_2 - L_1}{\mu} \\ \sin\theta_3 = \dfrac{R.\sin\theta_2}{\mu} \end{cases} \rightarrow \tan\theta_3 = \dfrac{R.\sin\theta_2}{R.\cos\theta_2 - L_1}$

En projection dans la base 0 $\rightarrow \begin{cases} L + \lambda.\cos\theta_3 = 0 \\ \lambda.\sin\theta_3 + y = 0 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \cos\theta_3 = -\dfrac{L}{\lambda} \\ \sin\theta_3 = -\dfrac{y}{\lambda} \end{cases} \rightarrow \tan\theta_3 = \dfrac{y}{L}$

Soit $\dfrac{y}{L} = \dfrac{R.\sin\theta_2}{R.\cos\theta_2 - L_1} \rightarrow \boxed{y = L.\dfrac{R.\sin\theta_2}{R.\cos\theta_2 - L_1}}$

Q.5. Graphiquement on voit que les positions extrêmes haute et basse sont obtenues lorsque $\vec{x}_3$ est perpendiculaire à $\vec{x}_2$. On peut retrouver ce résultat en recherchant l'extremum de la fonction y ce qui revient chercher $\theta_{2,max}$ tel que $\dfrac{dy}{d\theta_2} = 0$

$\rightarrow \dfrac{dy}{d\theta_2} = L.\dfrac{R.\cos\theta_2.(R.\cos\theta_2 - L_1) - R.\sin\theta_2.(-R.\sin\theta_2)}{(R.\cos\theta_2 - L_1)^2} \rightarrow R.\cos^2\theta_2. - L_1.\cos\theta_2 + R.\sin^2\theta_2 = 0$ soit $L_1.\cos\theta_2 = R$

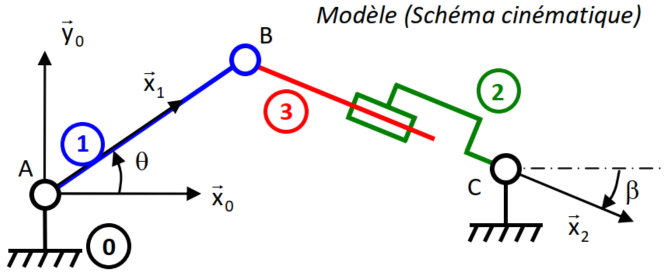
$\rightarrow \theta_{2,max} = \arccos\dfrac{R}{L_1} \rightarrow \theta_{2,max} \approx \pm 53{,}1°$. Le débattement est $\boxed{\Delta y = 2.L.\dfrac{R.\sin\theta_{2,max}}{R.\cos\theta_{2,max} - L_1}}$

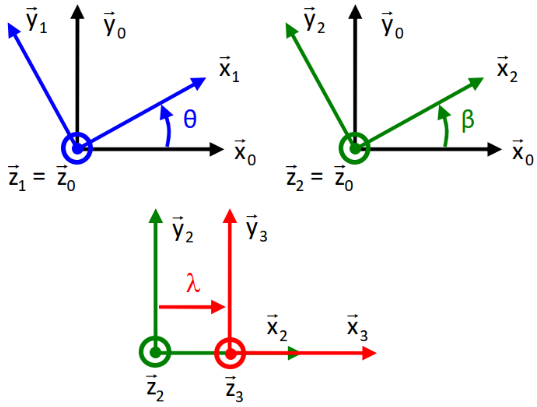
Q.6. $\Delta y = 2.L.\dfrac{R.\sin\theta_{2,max}}{R.\cos\theta_{2,max} - L_1} = 2 \times 0{,}5 \times \dfrac{0{,}15.\sin 53{,}1}{0{,}15.\cos 53{,}1 - 0{,}25} = 0{,}75$ m soit 75 cm $\rightarrow$ CdCF ok.

Benne de camion - Corrigé

Q.1.

Modèle (Schéma cinématique)





Q.2. $\boxed{Q = V.S}$ avec S surface du piston telle que $S=\pi.\dfrac{d^2}{4}$ (d : diamètre du piston)

Q2bis : paramètres variables : θ,β,λ , les autres sont constants

Q.3. $\overrightarrow{AA} = \overrightarrow{AB} + \overrightarrow{BC} + \overrightarrow{CA} = \vec{0} \rightarrow L.\vec{x}_1 + \lambda.\vec{x}_2 - x_C.\vec{x}_0 - y_C.\vec{y}_0 = \vec{0}$

En projection dans la base 0 $\rightarrow \boxed{\begin{cases} L.\cos\theta + \lambda.\cos\beta - x_C = 0 \\ L.\sin\theta + \lambda.\sin\beta - y_C = 0 \end{cases}}$

Q.4. $\begin{cases} L.\cos\theta + \lambda.\cos\beta - x_C = 0 \\ L.\sin\theta + \lambda.\sin\beta - y_C = 0 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \cos\beta = \dfrac{x_C - L.\cos\theta}{\lambda} \\ \sin\beta = \dfrac{y_C - L.\sin\theta}{\lambda} \end{cases}$

$\rightarrow \left(\dfrac{x_C - L.\cos\theta}{\lambda}\right)^2 + \left(\dfrac{y_C - L.\sin\theta}{\lambda}\right)^2 = 1 \rightarrow \boxed{\lambda = \sqrt{(x_C - L.\cos\theta)^2 + (y_C - L.\sin\theta)^2}}$

Q.5. $\lambda = \sqrt{{x_C}^2 + {y_C}^2 + L^2 - 2.L.(x_C.\cos\theta + y_C.\sin\theta)} \rightarrow \dot{\lambda} = \dfrac{-\frac{1}{2}2.L.(-x_C.\dot{\theta}.\sin\theta + y_C.\dot{\theta}.\cos\theta)}{\sqrt{{x_C}^2 + {y_C}^2 + L^2 - 2.L.(x_C.\cos\theta + y_C.\sin\theta)}}$

On a $\dot{\lambda} = V \rightarrow \boxed{Q = S.\dfrac{-L.(-x_C.\dot{\theta}.\sin\theta + y_C.\dot{\theta}.\cos\theta)}{\sqrt{{x_C}^2 + {y_C}^2 + L^2 - 2.L.(x_C.\cos\theta + y_C.\sin\theta)}}}$

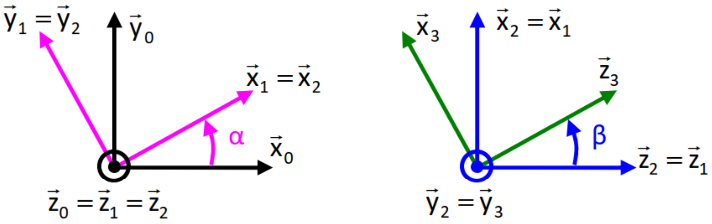
Q.6. $\dot{\theta}_{max} = 70.Q$ et $Q = 0{,}4$ L/s $\rightarrow Q = 0{,}4.10^{-3}\ m^3/s$

$\rightarrow \dot{\theta}_{max} = 70 \times 0{,}4.10^{-3} = 0{,}028$ rad/s $\rightarrow \boxed{\dot{\theta}_{max} = 0{,}27 \text{ tr/min} < 0{,}5 \text{ tr/min} \rightarrow \text{C.d.C.F. ok.}}$

Manège de fête foraine : « La chenille » améliorée - Corrigé

Q.1. (S2)/(S1) = translation d'axe $\vec{z}_0$: les bases b_1 et b_2 sont les mêmes.

Q.2.



Q.3. $\overrightarrow{V_{G,S3/S0}} = \overrightarrow{V_{G,3/0}} = \frac{d}{dt}\overrightarrow{OG}\Big|_0 = \frac{d}{dt}\lambda(t).\vec{z}_0 + a.\vec{x}_1 + b.\vec{x}_1 + l.\vec{x}_3\Big|_0 = \dot{\lambda}(t).\vec{z}_0 + (a+b).\dot{\alpha}.\vec{y}_1 + l.\frac{d}{dt}\vec{x}_3\Big|_0$

Avec $\frac{d}{dt}\vec{x}_3\Big|_0 = \frac{d}{dt}\vec{x}_3\Big|_3 + \overrightarrow{\Omega_{3/0}} \wedge \vec{x}_3 = (\dot{\alpha}.\vec{z}_2 + \dot{\beta}.\vec{y}_3) \wedge \vec{x}_3 = \dot{\alpha}.\cos\beta.\vec{y}_2 - \dot{\beta}.\vec{z}_3 = \dot{\alpha}.\cos\beta.\vec{y}_1 - \dot{\beta}.\vec{z}_3$

$\rightarrow \boxed{\overrightarrow{V_{G,3/0}} = \dot{\lambda}(t).\vec{z}_0 + (a+b+l.\cos\beta).\dot{\alpha}.\vec{y}_1 - l.\dot{\beta}.\vec{z}_3}$

Q.4. $\overrightarrow{F_{passager \to nacelle}}.\vec{x}_3 = -m.(\overrightarrow{\Gamma_{G,S3/S0}} + g.\vec{z}_0).\vec{x}_3 = -m.\overrightarrow{\Gamma_{G,S3/S0}}.\vec{x}_3 + m.g.\vec{z}_0.\vec{x}_3$

$\overrightarrow{\Gamma_{G,S3/S0}} = \overrightarrow{\Gamma_{G,3/0}} = \frac{d}{dt}\dot{\lambda}(t).\vec{z}_0 + (a+b+l.\cos\beta).\dot{\alpha}.\vec{y}_1 - l.\dot{\beta}.\vec{z}_3\Big|_0$

$\overrightarrow{\Gamma_{G,3/0}} = \ddot{\lambda}(t).\vec{z}_0 + (a+b+l.\cos\beta).\ddot{\alpha}.\vec{y}_1 - (a+b+l.\cos\beta).\dot{\alpha}^2.\vec{x}_1 - l.\dot{\alpha}.\dot{\beta}.\sin\beta.\vec{y}_1 - l.\ddot{\beta}.\vec{z}_3 - l.\dot{\beta}.\frac{d\vec{z}_3}{dt}\Big|_0$

Avec $\frac{d}{dt}\vec{z}_3\Big|_0 = \frac{d}{dt}\vec{z}_3\Big|_3 + \overrightarrow{\Omega_{3/0}} \wedge \vec{z}_3 = (\dot{\alpha}.\vec{z}_2 + \dot{\beta}.\vec{y}_3) \wedge \vec{z}_3 = \dot{\alpha}.\sin\beta.\vec{y}_2 + \dot{\beta}.\vec{x}_3$

$\overrightarrow{\Gamma_{G,3/0}} = \ddot{\lambda}(t).\vec{z}_0 + (a+b+l.\cos\beta).\ddot{\alpha}.\vec{y}_1 - (a+b+l.\cos\beta).\dot{\alpha}^2.\vec{x}_1 - l.\dot{\alpha}.\dot{\beta}.\sin\beta.\vec{y}_3 - l.\ddot{\beta}.\vec{z}_3 - l.\dot{\beta}^2.\vec{x}_3 - l.\dot{\beta}.\dot{\alpha}.\sin\beta.\vec{y}_2$

$\overrightarrow{\Gamma_{G,3/0}} = \ddot{\lambda}(t).\vec{z}_0 + (a+b+l.\cos\beta).\ddot{\alpha}.\vec{y}_1 - (a+b+l.\cos\beta).\dot{\alpha}^2.\vec{x}_1 - 2.l.\dot{\alpha}.\dot{\beta}.\sin\beta.\vec{y}_3 - l.\ddot{\beta}.\vec{z}_3 - l.\dot{\beta}^2.\vec{x}_3$

On a ici $\vec{y}_1 = \vec{y}_2 = \vec{y}_3$ avec $\vec{y}_3.\vec{x}_3 = 0$ $\rightarrow \overrightarrow{\Gamma_{G,3/0}}.\vec{x}_3 = \ddot{\lambda}(t).\vec{z}_0.\vec{x}_3 - (a+b+l.\cos\beta).\dot{\alpha}^2.\vec{x}_1.\vec{x}_3 - l.\dot{\beta}^2.\vec{x}_3.\vec{x}_3$

$\overrightarrow{\Gamma_{G,3/0}}.\vec{x}_3 = -\ddot{\lambda}(t).\sin\beta - (a+b+l.\cos\beta).\dot{\alpha}^2.\cos\beta - l.\dot{\beta}^2$

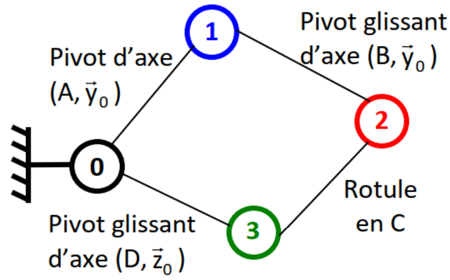
$\boxed{\overrightarrow{F_{passager \to nacelle}}.\vec{x}_3 = m.(\ddot{\lambda}(t).\sin\beta + (a+b+l.\cos\beta).\dot{\alpha}^2.\cos\beta + l.\dot{\beta}^2) + m.g.\sin\beta}$

Q.5. $\beta = cte = \pi/2 \rightarrow \dot{\beta} = 0$ et $\ddot{\lambda} = 1{,}6 m/s^2 \rightarrow \overrightarrow{F_{passager \to nacelle}}.\vec{x}_3 = m.\ddot{\lambda} + m.g$.

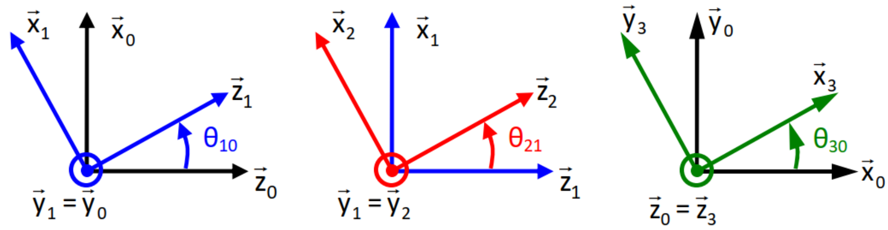
L'accélération ressentie est donc $\ddot{\lambda} + g = 1{,}6 + 9{,}8 = 10{,}4$ m/s² <2.g

Broyeur - Corrigé

Q.1. Graphe des liaisons du système :



Q.2. Figures géométrales :



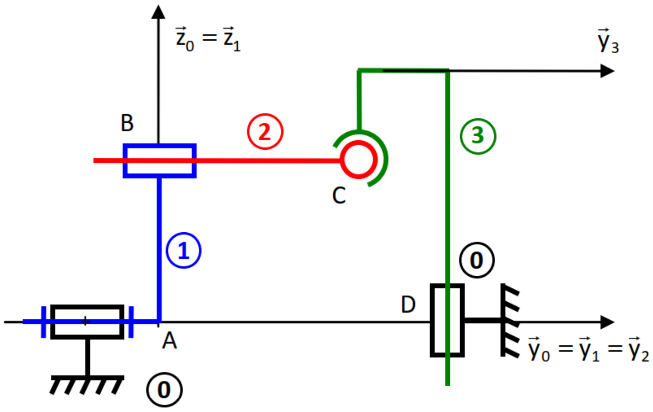
Q0. m=mu+mi

1 mobilités utiles, fonction principale du système, rotation de 1impliquant rotation alternative et translation alternative de 3 .
1 mobilités internes, rotation de 2 autour de l'axe défini par la droite (BC)

h=m+6γ-Ic = 2+6-8=0

Q0bis : paramètres variables : $\theta_{21}, \theta_{30}, \theta_{10}$,h,λ , les autres sont constants (R, d et L)

Q.3. Pour la position particulière $\theta_{10} = 0°$ et $\theta_{30} = 0°$:



Q.4. Fermeture géométrique : $\overrightarrow{AA} = \vec{0} \rightarrow \overrightarrow{AB} + \overrightarrow{BC} + \overrightarrow{CE} + \overrightarrow{ED} + \overrightarrow{DA} = R.\vec{z}_1 + \lambda(t).\vec{y}_1 - h(t).\vec{z}_0 + L.\vec{y}_3 - d.\vec{y}_1$

En projection dans R_0 : $\begin{cases} R.\sin\theta_{10} - L.\sin\theta_{30} = 0 \\ \lambda(t) + L.\cos\theta_{30} - d = 0 \\ R.\cos\theta_{10} - h(t) = 0 \end{cases} \rightarrow \boxed{h(t) = R.\cos\theta_{10}}$

$\rightarrow \begin{cases} L.\cos\theta_{30} = d - \lambda(t) \\ L.\sin\theta_{30} = R.\sin\theta_{10} \end{cases} \rightarrow L^2 = (d - \lambda(t))^2 + R^2.\sin^2\theta_{10} \rightarrow \boxed{\lambda(t) = d - \sqrt{L^2 - R^2.\sin^2\theta_{10}}}$

$\rightarrow \begin{cases} L.\sin\theta_{30} = R.\sin\theta_{10} \\ L.\cos\theta_{30} = d - \lambda(t) \end{cases} \rightarrow \tan\theta_{30} = \dfrac{R.\sin\theta_{10}}{d - \lambda(t)} \rightarrow \boxed{\tan\theta_{30} = \dfrac{R.\sin\theta_{10}}{d - \lambda(t) = \sqrt{L^2 - R^2.\sin^2\theta_{10}}}}$

Q.5. Liaison 0-1 : Pivot d'axe $(A, \vec{y}_0)$

$\rightarrow \{F_{0\rightarrow 1}\} = {}_A\begin{Bmatrix} X_{01} & L_{01} \\ Y_{01} & 0 \\ Z_{01} & N_{01} \end{Bmatrix}_{B_0}$

Q.6. Liaison 2-1 : Pivot glissant d'axe $(B, \vec{y}_0)$ $\rightarrow$

$\{F_{2\rightarrow 1}\} = {}_B\begin{Bmatrix} X_{21} & L_{21} \\ 0 & 0 \\ Z_{21} & N_{21} \end{Bmatrix}_{B_0}$

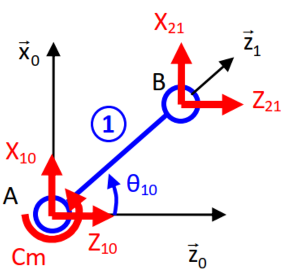
Q.7. Liaison 3-2 : Rotule en C $\rightarrow \{F_{3\rightarrow 2}\} = {}_C\begin{Bmatrix} X_{32} & 0 \\ Y_{32} & 0 \\ Z_{32} & 0 \end{Bmatrix}_{B_0}$

Q.8. Liaison 0-3 : Pivot glissant d'axe $(D, \vec{z}_0)$

$\rightarrow \{F_{0\rightarrow 3}\} = {}_D\begin{Bmatrix} X_{03} & L_{03} \\ Y_{03} & M_{03} \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{B_0}$

Q.9. On isole le solide 1 + BAME :

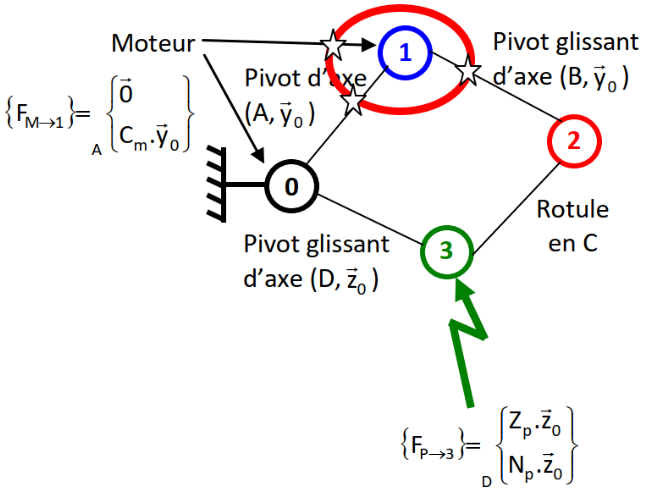
On applique le PFS sur le solide 1 :
→ Théorème du moment statique au point A et en projection sur l'axe $\vec{y}_0$:



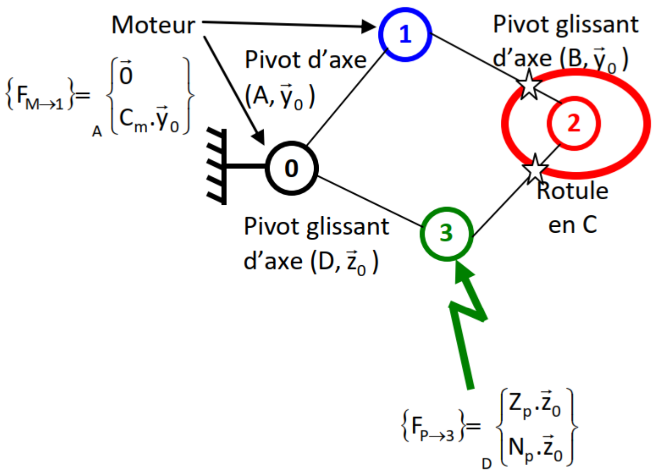
$(\overrightarrow{AB} \wedge \overrightarrow{R_{2\rightarrow 1}}).\vec{y}_0 + C_m = 0$

$(R.\vec{z}_1 \wedge (X_{21}.\vec{x}_0 + Z_{21}.\vec{z}_0)).\vec{y}_0 + C_m = 0$

$\boxed{R.X_{21}.\cos\theta_{10} - R.Z_{21}.\sin\theta_{10} + C_m = 0}$



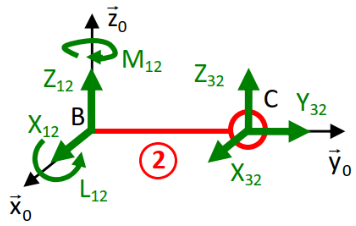
Q.10. On isole le solide 2 + BAME :



Attention le système est soumis à 2 actions mécaniques mais l'action mécanique du solide 2 sur le solide 2 n'est pas un glisseur !

On applique le PFS sur le solide 2 :

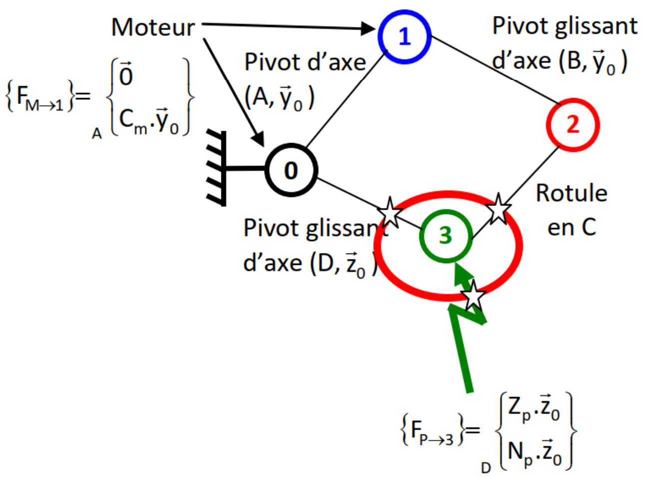
→ Théorème de la résultante statique :



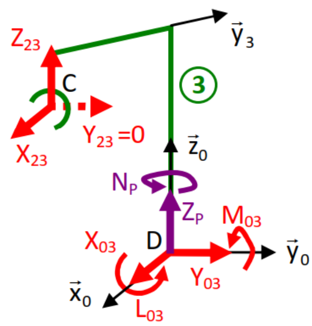
En projection dans R_0 : $\begin{cases} X_{32} + X_{12} = 0 \\ Y_{32} = 0 \\ Z_{32} + Z_{12} = 0 \end{cases}$

→ $\boxed{Y_{32} = 0}$

Q.11. On isole le solide 3 + BAME :



On applique le PFS sur le solide 3 :



→ Théorème de la résultante statique :

$$X_{03}.\vec{x}_0 + Y_{03}.\vec{y}_0 + Z_P.\vec{z}_0 + X_{23}.\vec{x}_0 + Z_{23}.\vec{z}_0 = \vec{0}$$

→ Théorème du moment statique au point D :

$$\overrightarrow{DC} \wedge \overrightarrow{R_{2\to3}} + L_{03}.\vec{x}_0 + M_{03}.\vec{y}_0 + N_P.\vec{z}_0 = \vec{0}$$

→ Théorème de la résultante statique en projection dans R_0 : $\begin{cases} X_{03} + X_{23} = 0 \\ Y_{03} = 0 \\ Z_p + Z_{23} = 0 \end{cases}$

→ Théorème du moment statique au point D :

$$\overrightarrow{DC} \wedge \overrightarrow{R_{2\to3}} = (-L.\vec{y}_3 + h(t).\vec{z}_0) \wedge (X_{23}.\vec{x}_0 + Z_{23}.\vec{z}_0) = -L.\vec{y}_3 \wedge X_{23}.\vec{x}_0 - L(t).\vec{y}_3 \wedge Z_{23}.\vec{z}_0 + h(t).\vec{z}_0 \wedge X_{23}.\vec{x}_0$$
$$= L.X_{23}.\cos\theta_{30}.\vec{z}_0 - L.Z_{23}.\vec{x}_3 + h(t).X_{23}\vec{y}_0$$

En projection dans R_0 : $\begin{cases} L_{03} - L.Z_{23}.\cos\theta_{30} = 0 \\ M_{03} - L.Z_{23}.\sin\theta_{30} + h(t).X_{23} = 0 \\ N_p + L.X_{23}.\cos\theta_{30} = 0 \end{cases}$

$\boxed{Z_p + Z_{23} = 0}$ $\boxed{L_{30} - L.Z_{23}.\cos\theta_{30} = 0}$ $\boxed{N_p + L.X_{23}.\cos\theta_{30} = 0}$

Q.12. De la question 9, on a : $R.X_{21}.\cos\theta_{10} - R.Z_{21}.\sin\theta_{10} + C_m = 0$.

De la question 10, on a : $\begin{cases} X_{32} = -X_{12} = X_{21} \\ Z_{32} = -Z_{12} = Z_{21} \end{cases}$.

De la question 11 on a : $-Z_p = Z_{23}$ → $Z_p = Z_{32}$ et $X_{23} = -\dfrac{N_p}{L.\cos\theta_{30}}$ → $X_{32} = \dfrac{N_p}{L.\cos\theta_{30}}$

$$R.\frac{N_p}{L.\cos\theta_{30}}.\cos\theta_{10} - R.Z_p.\sin\theta_{10} + C_m = 0 \rightarrow \boxed{C_m = -R.\frac{N_p}{L.\cos\theta_{30}}.\cos\theta_{10} + R.Z_p.\sin\theta_{10}}$$

Q.13. En considérant que le couple de broyage nul, on a : $C_m = R.Z_p.\sin\theta_{10}$ → $\boxed{Z_{P,mini} = \dfrac{C_m}{R}}$

A.N. : $Z_{P,max} = \dfrac{0,16}{3.10^{-2}} = 5,33$ N > 5 N → Le critère effort minimal du cahier des charges est respecté.

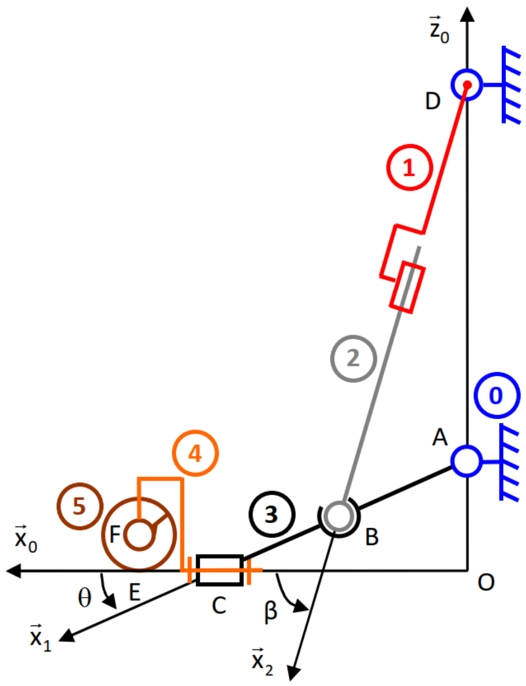
Etude du dispositif de mise en contact du rouleau de pression d'une machine à draper - Corrigé

Q.1.

Q0. m=mu+mi

3 mobilités utiles : rotation rouleau 5, pivotement bras 4 et inclinaison bras 3 (loi E/S)
1 mobilité interne, rotation de 2 autour de l'axe défini par la droite (BD)

h=m+6γ-Ic = 4+6-10=0

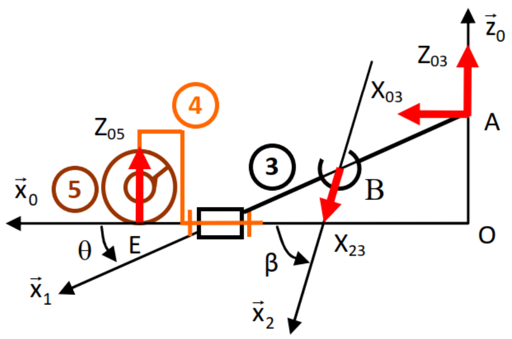


Q.2. On est dans le cas d'un problème plan :

$$\{F_{0\to1}\} = {}_{D}\begin{Bmatrix} X_{01} & 0 \\ 0 & 0 \\ Z_{01} & 0 \end{Bmatrix}_{(B2)} \quad \{F_{0\to3}\} = {}_{A}\begin{Bmatrix} X_{03} & 0 \\ 0 & 0 \\ Z_{03} & 0 \end{Bmatrix}_{(B0)} \quad \{F_{0\to5}\} = {}_{E}\begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ Z_{05} & 0 \end{Bmatrix}_{(B0)} \quad \{F_{2\to3}\} = {}_{B}\begin{Bmatrix} X_{23} & 0 \\ 0 & 0 \\ Z_{23} & 0 \end{Bmatrix}_{(B2)}$$

Q.3. On isole {1+2}, on effectue le Bilan des Actions Mécaniques Extérieures (B.A.M.E.) et on applique le Principe Fondamental de la Statique (P.F.S.) au point B.
Le système est soumis à 2 actions mécaniques modélisées par des glisseurs, les résultantes de ces 2 glisseurs sont directement opposées et de norme égale → $\boxed{Z_{01} = Z_{32} = 0}$

Q.4. On isole {3+4+5}, on effectue le B.A.M.E. et on applique le P.F.S. au point A.



$$X_{03} + X_{23}.\cos\beta = 0 \qquad (4)$$

$$Z_{03} + Z_{05} - X_{23}.\sin\beta = 0 \qquad (5)$$

$$-Z_{05}.(L.\cos\theta + a) + (\frac{L}{2}.\vec{x}_1 \wedge X_{23}.\vec{x}_2).\vec{y}_0 = 0 \qquad (6)$$

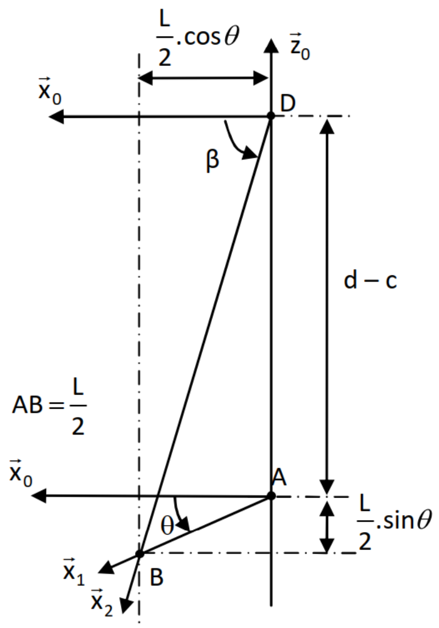
Q.5. (6) → $-Z_{05}.(L.\cos\theta + a) + \frac{L}{2}.X_{23}.\sin(\beta - \theta) = 0$

$$\boxed{Z_{05}.(L.\cos\theta + a) = X_{23}.\frac{L}{2}.\sin(\beta - \theta)} \qquad (7)$$

Z_{05} correspond à l'effort presseur → $Z_{05} = F$ et X_{23} correspond à l'action de l'air sur 2

(7) → $$\boxed{\left\|\overrightarrow{F_{air\to 2}}\right\| = \frac{(a + L.\cos\theta).F}{\frac{L}{2}.\sin(\beta - \theta)}} \qquad (8)$$

Q.6.



Graphiquement on obtient :

$$\boxed{\tan\beta = \frac{d - c + \frac{L}{2}.\sin\theta}{\frac{L}{2}.\cos\theta}} \qquad (9)$$

Remarque : On peut aussi utiliser la technique de la fermeture géométrique.

Q.7. A.N. :

(9) → $\beta = \arctan\left(\frac{675 - 150 + \frac{400}{2}.\sin 22}{\frac{400}{2}.\cos 22}\right) = 73°$

(8) → $\left\|\overrightarrow{F_{air\to 2}}\right\| = \frac{(35 + 400.\cos 22).100}{\frac{400}{2}.\sin(73 - 22)} = 260\text{ N}$

Q.8. $p = \frac{F}{S} = \frac{260}{300} = 0{,}86\text{MPa}$ → p = 8,6 Bars < 10 Bars → C.d.C.F. ok.

Q.9. $p_0 = \frac{Z_{54}}{d_0.L_0}$

Q.10. A.N. : $p_0 = \frac{Z_{54}}{d_0.L_0} = \frac{100}{16 \times 20} = 0{,}31\text{MPa} \ll 50\text{ N/mm}^2$ → La liaison est correctement dimensionnée.