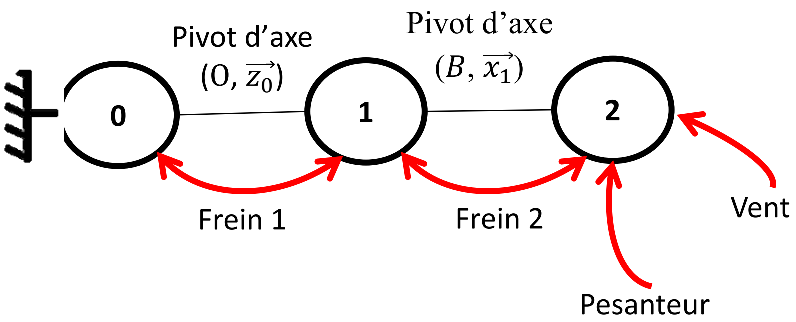
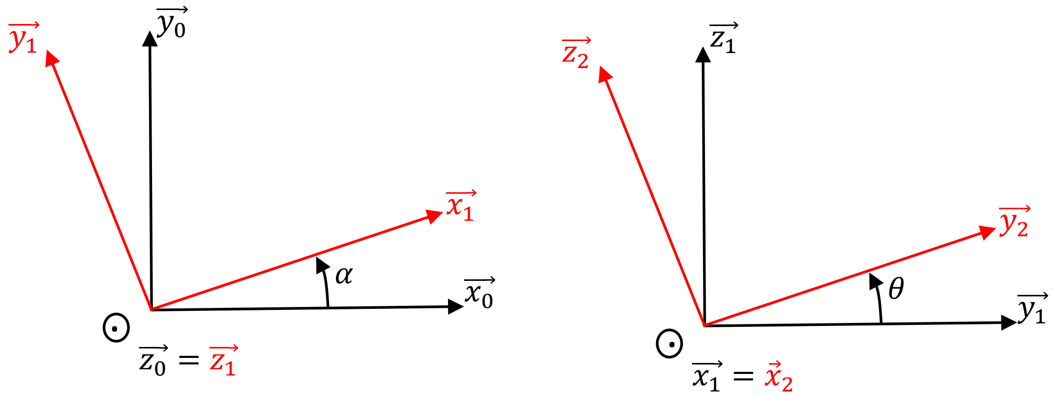
Ex. 1 : Freinage d'une éolienne

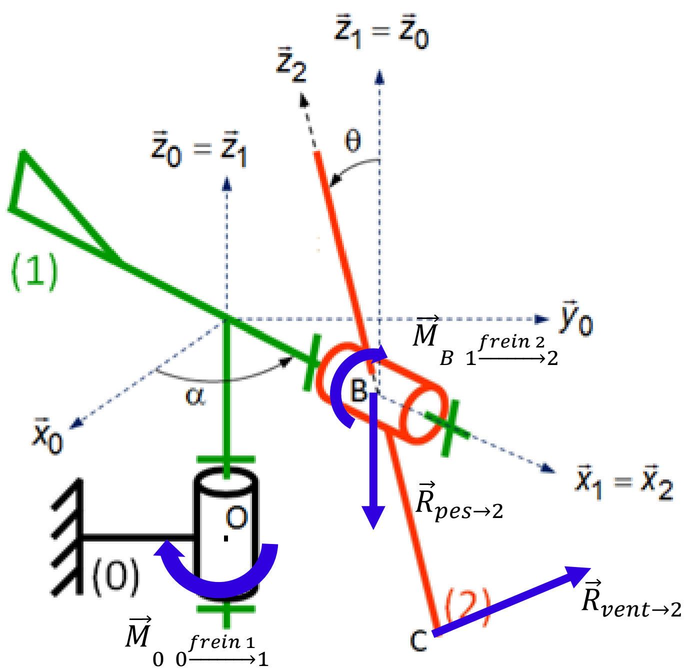
Question 1.



Question 2.



Question 3.



Question 4.

$$\left\{T_{0\xrightarrow{frein\,1}1}\right\} = \begin{Bmatrix} \vec{0} \\ C_{01}.\overrightarrow{z_0} \end{Bmatrix}_O \qquad \left\{T_{1\xrightarrow{frein\,2}2}\right\} = \begin{Bmatrix} \vec{0} \\ C_{12}.\overrightarrow{x_1} \end{Bmatrix}_B$$

Question 5.

$$\left\{T_{0\xrightarrow{liaison}1}\right\} = \begin{Bmatrix} X_{0\to1}.\overrightarrow{x_1} + Y_{0\to1}.\overrightarrow{y_1} + Z_{0\to1}.\overrightarrow{z_1} \\ L_{0,\ 0\to1}.\overrightarrow{x_1} + M_{0,\ 0\to1}.\overrightarrow{y_1} \end{Bmatrix}_0$$

$$\left\{T_{1\xrightarrow{liaison}2}\right\} = \begin{Bmatrix} X_{1\to2}.\overrightarrow{x_1} + Y_{1\to2}.\overrightarrow{y_1} + Z_{1\to2}.\overrightarrow{z_1} \\ M_{B,\ 1\to2}.\overrightarrow{y_1} + N_{B,\ 1\to2}.\overrightarrow{z_1} \end{Bmatrix}_B$$

Question 6. On isole {2}. {2} soumit à 4 actions mécaniques :

- action de la pesanteur : $\left\{T_{pes\to4}\right\} = \begin{Bmatrix} -m.g.\vec{z}_0 \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_B$
- action du vent : $\{T_{vent\to2}\} = \begin{Bmatrix} F_v.\overrightarrow{y_1} \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_C$
- action de la liaison pivot : $\left\{T_{1\xrightarrow{liaison}2}\right\} = \begin{Bmatrix} X_{1\to2}.\overrightarrow{x_1} + Y_{1\to2}.\overrightarrow{y_1} + Z_{1\to2}.\overrightarrow{z_1} \\ M_{B,\ 1\to2}.\overrightarrow{y_1} + N_{B,\ 1\to2}.\overrightarrow{z_1} \end{Bmatrix}_B$
- action du frein 2 : $\left\{T_{1\xrightarrow{frein\,2}2}\right\} = \begin{Bmatrix} \vec{0} \\ C_{12}.\overrightarrow{x_1} \end{Bmatrix}_B$

Afin de réaliser le PFS en moment au point B suivant $\overrightarrow{x_1}$ (ce qui permet de ne pas avoir dans l'équation d'inconnues de liaisons), déplaçons le torseur du vent :

$$\begin{aligned}\vec{M}_{B,\ vent\to2} &= \vec{M}_{C,\ vent\to2} + \overrightarrow{BC} \wedge F_v.\overrightarrow{y_1} = \vec{0} - c.\overrightarrow{z_2} \wedge F_v.\overrightarrow{y_1} \\ &= -c(\cos(\theta)\,\overrightarrow{z_1} - \sin(\theta)\,\overrightarrow{y_1}) \wedge F_v.\overrightarrow{y_1} = c.F_v.\cos(\theta)\,\overrightarrow{x_1}\end{aligned}$$

Appliquons le PFS en moment en B suivant l'axe $\overrightarrow{x_1}$:

$$C_{12} + c.F_v.\cos(\theta) = 0$$

Donc : $C_{12} = -c.F_v.\cos(\theta)$

Question 7. On isole {1,2}. {1,2} soumit à 4 actions mécaniques :

- action de la pesanteur : $\{T_{pes\to 4}\} = {}_B\begin{Bmatrix} -m.g.\vec{z}_0 \\ \vec{0} \end{Bmatrix}$

- action du vent : $\{T_{vent\to 2}\} = {}_C\begin{Bmatrix} F_v.\overrightarrow{y_1} \\ \vec{0} \end{Bmatrix}$

- action de la liaison pivot : $\left\{T_{0\xrightarrow{liaison}1}\right\} = {}_0\begin{Bmatrix} X_{0\to 1}.\overrightarrow{x_1} + Y_{0\to 1}.\overrightarrow{y_1} + Z_{0\to 1}.\overrightarrow{z_1} \\ L_{0,\ 0\to 1}.\overrightarrow{x_1} + M_{0,\ 0\to 1}.\overrightarrow{y_1} \end{Bmatrix}$

- action du frein 1 : $\left\{T_{0\xrightarrow{frein\ 1}1}\right\} = {}_O\begin{Bmatrix} \vec{0} \\ C_{01}.\overrightarrow{z_0} \end{Bmatrix}$

Afin de réaliser le PFS en moment au point O suivant $\overrightarrow{z_1}$ (ce qui permet de ne pas avoir dans l'équation d'inconnues de liaisons), déplaçons le torseur du vent et de la pesanteur :

$$\begin{aligned}\vec{M}_{O,\ vent\to 2} = \vec{M}_{C,\ vent\to 2} + \overrightarrow{OC} \wedge F_v.\overrightarrow{y_1} &= \vec{0} + (a\,\overrightarrow{x_1} + b\,\overrightarrow{z_1} - c.\overrightarrow{z_2}) \wedge F_v.\overrightarrow{y_1} \\ &= [a\,\overrightarrow{x_1} + (b - c\cos(\theta))\overrightarrow{z_1} + c\sin(\theta)\,\overrightarrow{y_1}] \wedge F_v.\overrightarrow{y_1} \\ &= a.F_v\overrightarrow{z_1} - (b - c\cos(\theta))F_v.\overrightarrow{x_1}\end{aligned}$$

$$\vec{M}_{O,\ pes\to 2} = \vec{M}_{B,\ pes\to 2} + \overrightarrow{OB} \wedge -m.g.\vec{z}_0 = \vec{0} + (a\,\overrightarrow{x_1} + b\,\overrightarrow{z_1}) \wedge -m.g.\vec{z}_1 = a.m.g.\vec{y}_1$$

Appliquons le PFS en moment en O suivant l'axe $\overrightarrow{z_1}$:

$$C_{01} + a.F_v = 0$$

Donc : $C_{01} = -a.F_v$

Question 8. La position qui maximise les moments est $\theta = 0°$. On a alors :

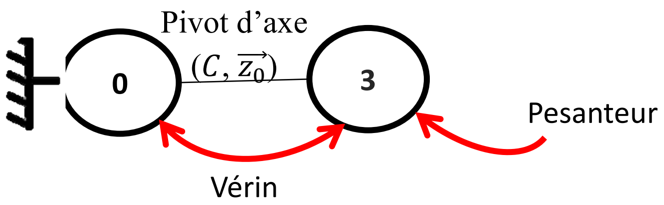
$$C_{01\,max} = |-a.F_v| = 0{,}2 * 45 = 9\ Nm$$

$$C_{12\,max} = |-c.F_v.\cos(\theta)| = 1 * 45 * 1 = 45\ Nm$$

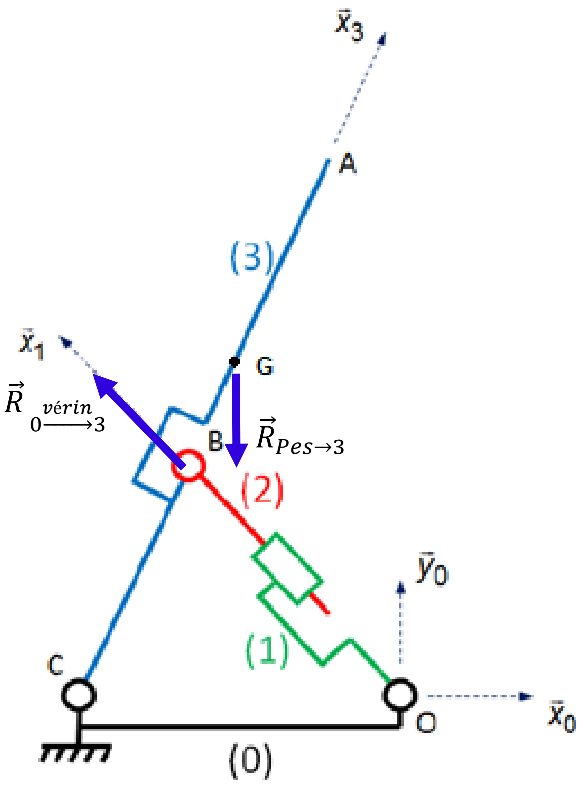
Ces deux valeurs de couple sont inférieures au couple maximal que les freins peuvent fournir (10 Nm pour le frein 1 et 50 Nm pour le frein 2). Les deux freins sont donc adaptés.

Ex. 2 : Maintient inclinée d'une benne de camion

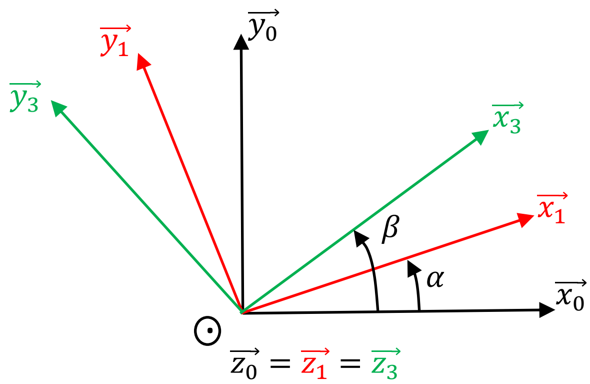
Question 1.



Question 2.



Question 3.



Question 4.

$$\{T_{pes\to 3}\} = {}_G\begin{Bmatrix} -m.g.\vec{y}_0 \\ \vec{0} \end{Bmatrix} \qquad \{T_{0 \xrightarrow{vérin} 3}\} = {}_B\begin{Bmatrix} F_{03}.\overrightarrow{x_1} \\ \vec{0} \end{Bmatrix}$$

Question 5.

$$\{T_{0 \xrightarrow{liaison} 3}\} = {}_C\begin{Bmatrix} X_{0\to 3}.\overrightarrow{x_0} + Y_{0\to 3}.\overrightarrow{y_0} + Z_{0\to 3}.\overrightarrow{z_0} \\ L_{0,\ 0\to 3}.\overrightarrow{x_0} + M_{0,\ 0\to 3}.\overrightarrow{y_0} \end{Bmatrix}$$

Question 6. On isole {1}. {1} soumit à 3 actions mécaniques :

- action de la pesanteur : $\{T_{pes\to 3}\} = \begin{Bmatrix} -m.g.\vec{y}_0 \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_G$

- action du vérin : $\left\{T_{0\xrightarrow{vérin}3}\right\} = \begin{Bmatrix} F_{03}.\overrightarrow{x_1} \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_B = \begin{Bmatrix} F_{03}.\cos(\alpha).\overrightarrow{x_0} + F_{03}.\sin(\alpha).\overrightarrow{y_0} \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_B$

- action de la liaison pivot : $\left\{T_{0\xrightarrow{liaison}3}\right\} = \begin{Bmatrix} X_{0\to 3}.\overrightarrow{x_0} + Y_{0\to 3}.\overrightarrow{y_0} + Z_{0\to 3}.\overrightarrow{z_0} \\ L_{0,\ 0\to 3}.\overrightarrow{x_0} + M_{0,\ 0\to 3}.\overrightarrow{y_0} \end{Bmatrix}_C$

Afin de réaliser le PFS en résultante et en moment, il est nécessaire d'écrire tous les torseurs au même point. Nous choisissons de les écrire au point C (au niveau de la liaison) :

$$\begin{aligned}\overrightarrow{M}_{C,\ pes\to 3} = \overrightarrow{M}_{G,\ pes\to 2} + \overrightarrow{CG} \wedge -m.g.\vec{y}_0 = \vec{0} + (L+e)\vec{x}_3 \wedge -m.g.\vec{y}_0 \\ = -m.g(L+e)\cos(\beta)\,\vec{z}_0\end{aligned}$$

$$\overrightarrow{M}_{C,\ 0\xrightarrow{vérin}3} = \overrightarrow{M}_{B,\ 0\xrightarrow{vérin}3} + \overrightarrow{CB} \wedge F_{03}.\overrightarrow{x_1} = \vec{0} + L\,\overrightarrow{x_3} \wedge F_{03}.\overrightarrow{x_1} = L.F_{03}.\sin(\alpha-\beta)\,\vec{z}_0$$

Appliquons le PFS en résultante et moment au point C afin d'obtenir les 6 équations du PFS :

$$\begin{cases} X_{0\to 3} + F_{03}.\cos(\alpha) = 0 \\ Y_{0\to 3} + F_{03}.\sin(\alpha) - m.g = 0 \\ Z_{0\to 3} = 0 \\ L_{0,\ 0\to 3} = 0 \\ M_{0,\ 0\to 3} = 0 \\ L.F_{03}.\sin(\alpha-\beta) - m.g(L+e)\cos(\beta) = 0 \end{cases}$$

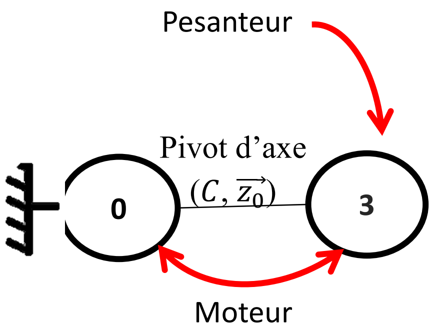
On obtient alors le torseur des actions mécaniques effectivement transmises dans la liaison entre 1 et 0 suivant :

$$\left\{T_{0\xrightarrow{liaison}3}\right\} = \begin{Bmatrix} -F_{03}.\cos(\alpha).\overrightarrow{x_0} + (m.g - F_{03}.\sin(\alpha)).\overrightarrow{y_0} \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_C$$

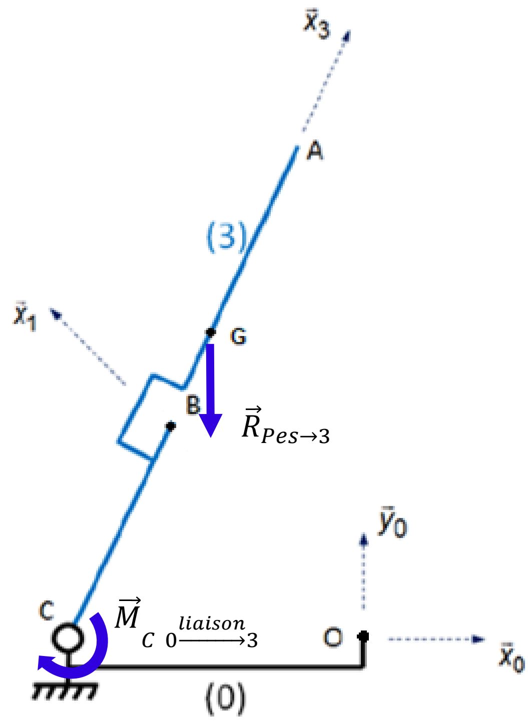
Question 7. Il s'agit de l'équation en moment du PFS au point C projeté suivant $\vec{z}_0$. On en déduit alors l'effort à fournir par le vérin :

$$F_{03} = \frac{m.g(L+e)\cos(\beta)}{L.\sin(\alpha-\beta)}$$

Question 8.



Question 9



Question 10. On isole {3}, soumit à 3 actions mécaniques :

- action de la pesanteur : $\{T_{pes\to 3}\} = {}_G\begin{Bmatrix} -m.g.\vec{y}_0 \\ \vec{0} \end{Bmatrix}$

- action du motoréducteur : $\{T_{0\xrightarrow{motoréducteur}3}\} = {}_C\begin{Bmatrix} \vec{0} \\ C_{03}.\overrightarrow{z_0} \end{Bmatrix} =$

- action de la liaison pivot : $\{T_{0\xrightarrow{liaison}3}\} = {}_C\begin{Bmatrix} X_{0\to 3}.\overrightarrow{x_0} + Y_{0\to 3}.\overrightarrow{y_0} + Z_{0\to 3}.\overrightarrow{z_0} \\ L_{0,\ 0\to 3}.\overrightarrow{x_0} + M_{0,\ 0\to 3}.\overrightarrow{y_0} \end{Bmatrix}$

Afin de réaliser le PFS en résultante et en moment, il est nécessaire d'écrire tous les torseurs au même point. Nous choisissons de les écrire au point C (au niveau de la liaison) :

$$\begin{aligned}\vec{M}_{C,\ pes\to 3} &= \vec{M}_{G,\ pes\to 2} + \overrightarrow{CG} \wedge -m.g.\vec{y}_0 = \vec{0} + (L+e)\vec{x}_3 \wedge -m.g.\vec{y}_0 \\ &= -m.g(L+e)\cos(\beta)\,\vec{z}_0\end{aligned}$$

Appliquons le PFS en résultante et moment au point C afin d'obtenir les 6 équations du PFS :

$$\begin{cases} X_{0\to3} = 0 \\ Y_{0\to3} - m.g = 0 \\ Z_{0\to3} = 0 \\ L_{0,\ 0\to3} = 0 \\ M_{0,\ 0\to3} = 0 \\ C_{03} - m.g(L+e)\cos(\beta) = 0 \end{cases}$$

On obtient alors le torseur des actions mécaniques effectivement transmises dans la liaison entre 1 et 0 suivant :

$$\left\{T_{0 \xrightarrow{liaison} 3}\right\} = {}_C\begin{Bmatrix} m.g.\overrightarrow{y_0} \\ \vec{0} \end{Bmatrix}$$

Question 11. Il s'agit de l'équation en moment du PFS au point C projeté suivant $\vec{z}_0$. On en déduit alors le couple à fournir par le motoréducteur :

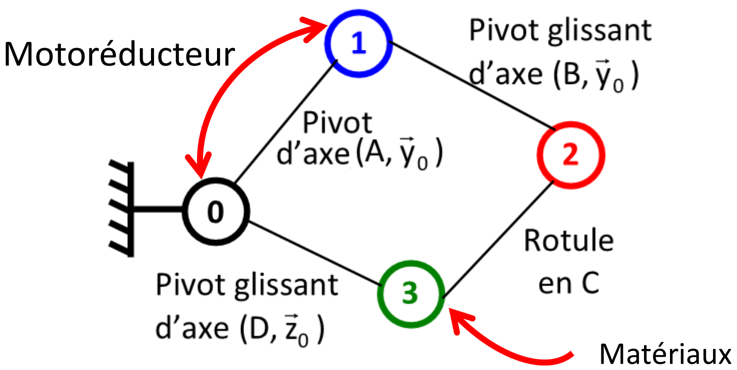
$$C_{03} = m.g(L+e)\cos(\beta)$$

Question 12. La vitesse en amont du réducteur est supérieure à celle de sortie donc le couple doit être inférieure en amont du réducteur par rapport au couple de sortie. Avec $0 < r < 1$, on en déduit :

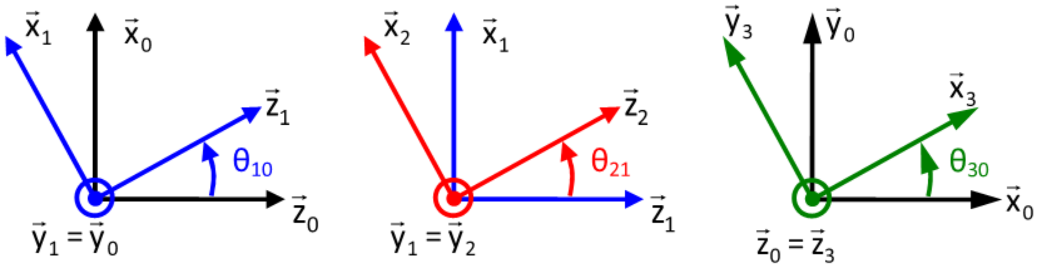
$$C_m = r.m.g(L+e)\cos(\beta)$$

Ex. 3 : Broyeur

Question 1.



Question 2.



Question 3.

$$\left\{T_{0\xrightarrow{liaison}1}\right\} = {}_A\begin{Bmatrix} X_{0\to1}.\overrightarrow{x_0} + Y_{0\to1}.\overrightarrow{y_0} + Z_{0\to1}.\overrightarrow{z_0} \\ L_{A,\ 0\to1}.\overrightarrow{x_0} + N_{A,\ 0\to1}.\overrightarrow{z_0} \end{Bmatrix}$$

$$\left\{T_{2\xrightarrow{liaison}3}\right\} = {}_C\begin{Bmatrix} X_{2\to3}.\overrightarrow{x_0} + Y_{2\to3}.\overrightarrow{y_0} + Z_{2\to3}.\overrightarrow{z_0} \\ \vec{0} \end{Bmatrix}$$

Question 4. On isole {1}, la pièce est soumise à 3 actions mécaniques :

- action du motoréducteur : $\left\{T_{0\xrightarrow{motoréducteur}1}\right\} = {}_A\begin{Bmatrix} \vec{0} \\ C_{01}.\overrightarrow{y_0} \end{Bmatrix}$

- action de la liaison pivot : $\left\{T_{0\xrightarrow{liaison}1}\right\} = {}_A\begin{Bmatrix} X_{0\to1}.\overrightarrow{x_0} + Y_{0\to1}.\overrightarrow{y_0} + Z_{0\to1}.\overrightarrow{z_0} \\ L_{A,\ 0\to1}.\overrightarrow{x_0} + N_{A,\ 0\to1}.\overrightarrow{z_0} \end{Bmatrix}$

- action de la liaison pivot glissant : $\left\{T_{2\xrightarrow{liaison}1}\right\} = -{}_B\begin{Bmatrix} X_{1\to2}.\overrightarrow{x_0} + Z_{1\to2}.\overrightarrow{z_0} \\ L_{B,\ 1\to2}.\overrightarrow{x_0} + N_{B,\ 1\to2}.\overrightarrow{z_0} \end{Bmatrix}$

Afin de réaliser le PFS en moment, il est nécessaire d'écrire tous les torseurs au même point. Nous choisissons de les écrire au point A (au niveau de la liaison pivot) :

$$\vec{M}_{A,\ 2\xrightarrow{liaison}1} = \vec{M}_{A,\ 2\xrightarrow{liaison}1} + \overrightarrow{BA} \wedge -(X_{1\to2}.\overrightarrow{x_0} + Z_{1\to2}.\overrightarrow{z_0})$$
$$= -L_{B,\ 1\to2}.\overrightarrow{x_0} - N_{B,\ 1\to2}.\overrightarrow{z_0} + R.\overrightarrow{z_1}\ \wedge -(X_{1\to2}.\overrightarrow{x_0} + Z_{1\to2}.\overrightarrow{z_0})$$
$$= -L_{B,\ 1\to2}.\overrightarrow{x_0} - N_{B,\ 1\to2}.\overrightarrow{z_0} + R.(\cos(\theta_{10})\ \overrightarrow{z_0} + \sin(\theta_{10})\overrightarrow{x_0})\ \wedge -(X_{1\to2}.\overrightarrow{x_0} + Z_{1\to2}.\overrightarrow{z_0})$$
$$= -L_{B,\ 1\to2}.\overrightarrow{x_0} - N_{B,\ 1\to2}.\overrightarrow{z_0} - R.X_{1\to2}.\cos(\theta_{10})\,\overrightarrow{y_0} + R.Z_{1\to2}.\sin(\theta_{10})\overrightarrow{y_0}$$

Appliquons le PFS en moment au point A suivant $\overrightarrow{y_1}$:

$$C_{01} - R.X_{1\to2}.\cos(\theta_{10}) + R.Z_{1\to2}.\sin(\theta_{10}) = 0$$

Question 5. On isole {2}, la pièce est soumise à 2 actions mécaniques :

- action de la liaison pivot glissante : $\left\{T_{1\xrightarrow{liaison}2}\right\} = {}_B\begin{Bmatrix} X_{1\to2}.\overrightarrow{x_0} + Z_{1\to2}.\overrightarrow{z_0} \\ L_{B,\ 1\to2}.\overrightarrow{x_0} + N_{B,\ 1\to2}.\overrightarrow{z_0} \end{Bmatrix}$

- action de la liaison sphérique : $\left\{T_{3\xrightarrow{liaison}2}\right\} = -{}_C\begin{Bmatrix} X_{2\to3}.\overrightarrow{x_0} + Y_{2\to3}.\overrightarrow{y_0} + Z_{2\to3}.\overrightarrow{z_0} \\ \vec{0} \end{Bmatrix}$

Appliquons le PFS en résultante suivant les trois axes de la base 0 :

$$\begin{cases} X_{1\to 2} - X_{2\to 3} = 0 \\ Y_{2\to 3} = 0 \\ Z_{1\to 2} - Z_{2\to 3} = 0 \end{cases}$$

L'équation du PFS en résultante suivant $\overrightarrow{y_0}$ nous permet d'en déduire $Y_{2\to 3} = 0$.

Question 6. On isole {3}, la pièce est soumise à 3 actions mécaniques :

- action du matériau : $\{T_{P\to 3}\} = {}_D\begin{cases} Z_P.\overrightarrow{z_0} \\ N_P.\overrightarrow{z_0} \end{cases}$

- action de la liaison sphérique : $\left\{T_{2\xrightarrow{liaison}3}\right\} = {}_C\begin{cases} X_{2\to 3}.\overrightarrow{x_0} + Y_{2\to 3}.\overrightarrow{y_0} + Z_{2\to 3}.\overrightarrow{z_0} \\ \vec{0} \end{cases}$

- action de la liaison pivot glissant : $\left\{T_{0\xrightarrow{liaison}3}\right\} = {}_D\begin{cases} X_{0\to 3}.\overrightarrow{x_0} + Y_{0\to 3}.\overrightarrow{y_0} \\ L_{D,\ 0\to 3}.\overrightarrow{x_0} + M_{D,\ 0\to 3}.\overrightarrow{y_0} \end{cases}$

Afin de relier tous les paramètres demandés dans la question, il est nécessaire d'appliquer le PFS au point D en résultante et en moment suivant $\overrightarrow{z_0}$ (pour ne pas avoir d'inconnues de la liaison entre 0 et 3). L'équation en résultante suivant $\overrightarrow{z_0}$ nous donne :

$$Z_P + Z_{2\to 3} = 0$$

Afin de réaliser le PFS en moment, il est nécessaire d'écrire tous les torseurs au même point D :

$$\begin{aligned} \vec{M}_{D,\ 2\xrightarrow{liaison}3} &= \vec{M}_{C,\ 2\xrightarrow{liaison}3} + \overrightarrow{DC} \wedge (X_{2\to 3}.\overrightarrow{x_0} + Y_{2\to 3}.\overrightarrow{y_0} + Z_{2\to 3}.\overrightarrow{z_0}) \\ &= (-L.\overrightarrow{y_3} + h(t).\overrightarrow{z_0}) \ \wedge (X_{2\to 3}.\overrightarrow{x_0} + Y_{2\to 3}.\overrightarrow{y_0} + Z_{2\to 3}.\overrightarrow{z_0}) \end{aligned}$$

$$= (L.\sin(\theta_{30})\,\overrightarrow{x_0} - L.\cos(\theta_{30})\,\overrightarrow{y_0} + h(t).\overrightarrow{z_0}) \ \wedge (X_{2\to 3}.\overrightarrow{x_0} + Y_{2\to 3}.\overrightarrow{y_0} + Z_{2\to 3}.\overrightarrow{z_0})$$

Vu que nous souhaitons applique le PFS au point D en moment uniquement suivant $\overrightarrow{z_0}$, nous recherchons seulement $\vec{M}_{D,\ 2\xrightarrow{liaison}3}.\overrightarrow{z_0}$. On a alors :

$$\vec{M}_{D,\ 2\xrightarrow{liaison}3}.\overrightarrow{z_0} = Y_{2\to 3}.L.\sin(\theta_{30}) + X_{2\to 3}.L.\cos(\theta_{30})$$

Appliquons le PFS en moment au point D suivant $\overrightarrow{z_0}$:

$$N_P + Y_{2\to 3}.L.\sin(\theta_{30}) + X_{2\to 3}.L.\cos(\theta_{30}) = 0$$

Question 7. Les questions précédentes nous permettent d'obtenir le système de 6 équations à 6 inconnues suivant (les inconnues sont C_{01} , $X_{1\to2}$, $Z_{1\to2}$, $X_{2\to3}$, $Y_{2\to3}$ et $Z_{2\to3}$) :

$$\begin{cases} C_{01} - R.X_{1\to2}.\cos(\theta_{10}) + R.Z_{1\to2}.\sin(\theta_{10}) = 0 \\ X_{1\to2} - X_{2\to3} = 0 \\ Y_{2\to3} = 0 \\ Z_{1\to2} - Z_{2\to3} = 0 \\ Z_P + Z_{2\to3} = 0 \\ N_P + Y_{2\to3}.L.\sin(\theta_{30}) + X_{2\to3}.L.\cos(\theta_{30}) = 0 \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} C_{01} - R.X_{2\to3}.\cos(\theta_{10}) + R.Z_{2\to3}.\sin(\theta_{10}) = 0 \\ X_{1\to2} = X_{2\to3} \\ Y_{2\to3} = 0 \\ Z_{1\to2} = Z_{2\to3} \\ Z_{2\to3} = -Z_P \\ X_{2\to3} = -\dfrac{N_P}{L.\cos(\theta_{30})} \end{cases}$$

On en déduit alors :

$$C_{01} = -\frac{R.N_P.\cos(\theta_{10})}{L.\cos(\theta_{30})} + R.Z_P.\sin(\theta_{10})$$

Question 8. La vitesse en amont du réducteur est supérieure à celle de sortie donc le couple doit être inférieure en amont du réducteur par rapport au couple de sortie. Avec *i=4*, on en déduit :

$$C_{m01} = \frac{1}{i}\left(-\frac{R.N_P.\cos(\theta_{10})}{L.\cos(\theta_{30})} + R.Z_P.\sin(\theta_{10})\right)$$

Question 9. Avec un couple de broyage nul, l'expression de C_{01} devient :

$$C_{m01} = \frac{R.Z_P.\sin(\theta_{10})}{i}$$

L'effort d'écrasement vaut alors :

$$Z_P = \frac{i.C_{m01}}{R.\sin(\theta_{10})} \to Z_{P\,min} = \frac{i.C_{m01}}{R} = \frac{4 * 0,04}{0,03} = 5,33\ N$$

Le critère effort minimal du cahier des charges est respecté puisque le système permet de fournir un effort minimal de 5,33 N qui est supérieur aux 5 N du cahier des charges.