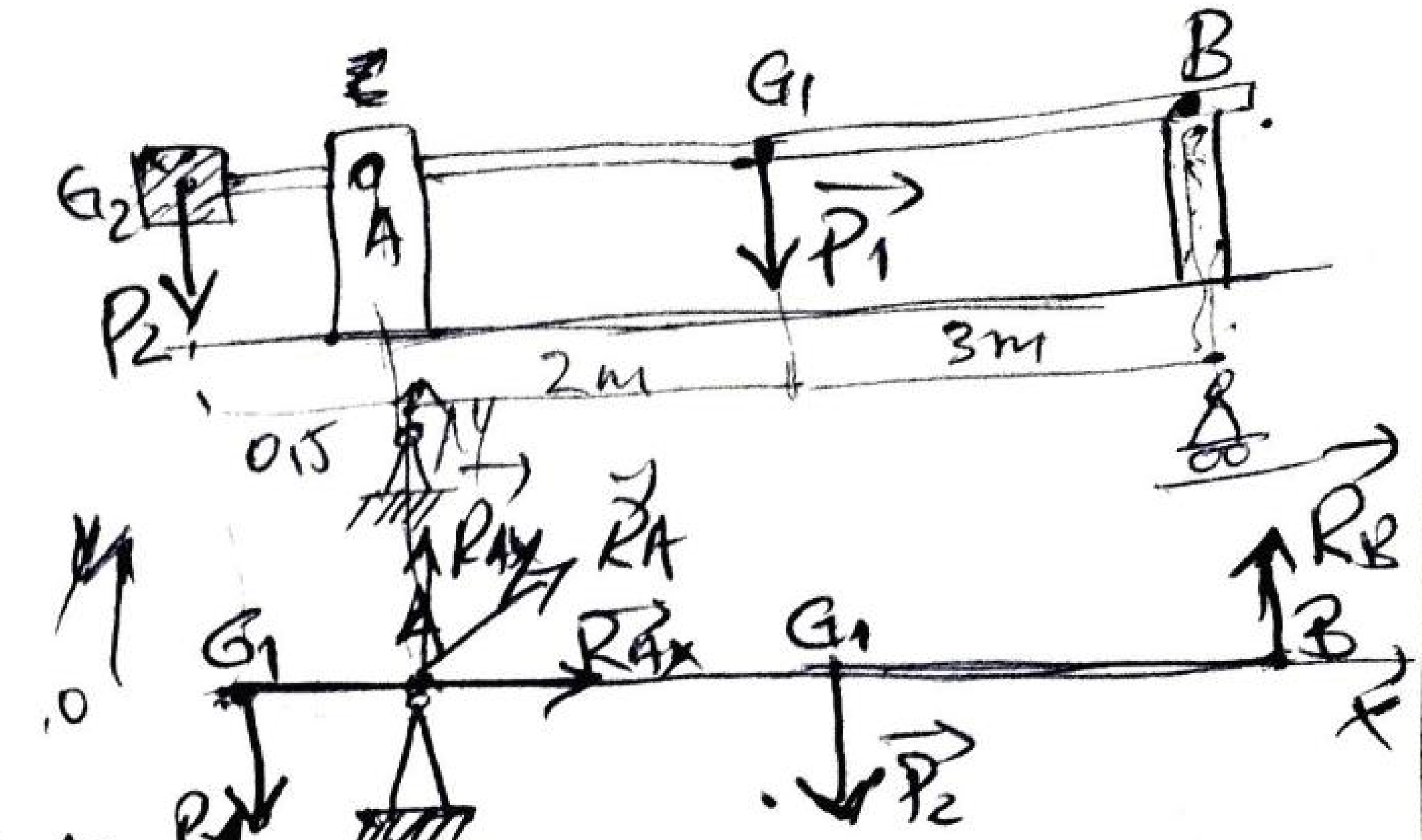
Exo 01

Déterminer la réaction dans l'articulation A et l'appui B

Le poids de la barre :

$P_1 = 10\,daN$

$P_2 = 20\,daN$ (Contre poids)



le système est en équilibre statique

les actions (force) agissantes sur le système (barre) :

$\vec{P_2}\begin{pmatrix}0\\-P_2\end{pmatrix}$; $\vec{R_A}\begin{pmatrix}R_{Ax}\\R_{Ay}\end{pmatrix}$ Articulation ; $\vec{P_1}\begin{pmatrix}0\\-P_1\end{pmatrix}$ et $\vec{R_B}\begin{pmatrix}0\\R_B\end{pmatrix}$ Appui simple ou plan

Détermination des réactions aux appuis :

$\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}$ (Équilibre statique)

$\Rightarrow \vec{P_2}\begin{pmatrix}0\\-P_2\end{pmatrix} + \vec{R_A}\begin{pmatrix}R_{Ax}\\R_{Ay}\end{pmatrix} + \vec{P_1}\begin{pmatrix}0\\-P_1\end{pmatrix} + \vec{R_B}\begin{pmatrix}0\\R_B\end{pmatrix} = \vec{0}$

% Ox : $\vec{R_{Ax}} = \vec{0} \rightarrow R_{Ax} = 0$ — (1)

% Oy = $\vec{P_1} + \vec{R_{Ay}} + \vec{P_2} + \vec{R_B} = \vec{0} \rightarrow -P_1 + R_{Ay} - P_2 + R_B = 0$ — (2)

$R_{Ay} = P_1 + P_2 - R_B$

Équilibre statique —

$\sum \vec{M}_{/A} = \vec{0} \rightarrow \underbrace{\vec{M}_{R_A/A}}_{=0} + \vec{M}_{\vec{R_B}/A} + \vec{M}_{P_1/A} + \vec{M}_{P_2/A} = 0$

$\underbrace{\begin{pmatrix}AB\\0\end{pmatrix} \wedge \begin{pmatrix}0\\R_B\end{pmatrix}}_{\vec{AB}\wedge\vec{R_B}} + \underbrace{\begin{pmatrix}AG_1\\0\end{pmatrix} \wedge \begin{pmatrix}0\\-P_1\end{pmatrix}}_{\vec{AG_1}\wedge\vec{P_1}} + \underbrace{\begin{pmatrix}-AG_2\\0\end{pmatrix} \wedge \begin{pmatrix}0\\-P_2\end{pmatrix}}_{\vec{AG_2}\wedge\vec{P_2}} = 0$

$AB \cdot R_B - AG_1 \cdot P_1 + AG_2 \cdot P_2 = 0$ — (3)

d'après (3) : on tire $R_B = \dfrac{AG_1 \cdot P_1 - AG_2 \cdot P_2}{AB} = \dfrac{\overbrace{2 \times 10}^{20} - (\overbrace{0,5 \times 20}^{10})}{5} = 2$

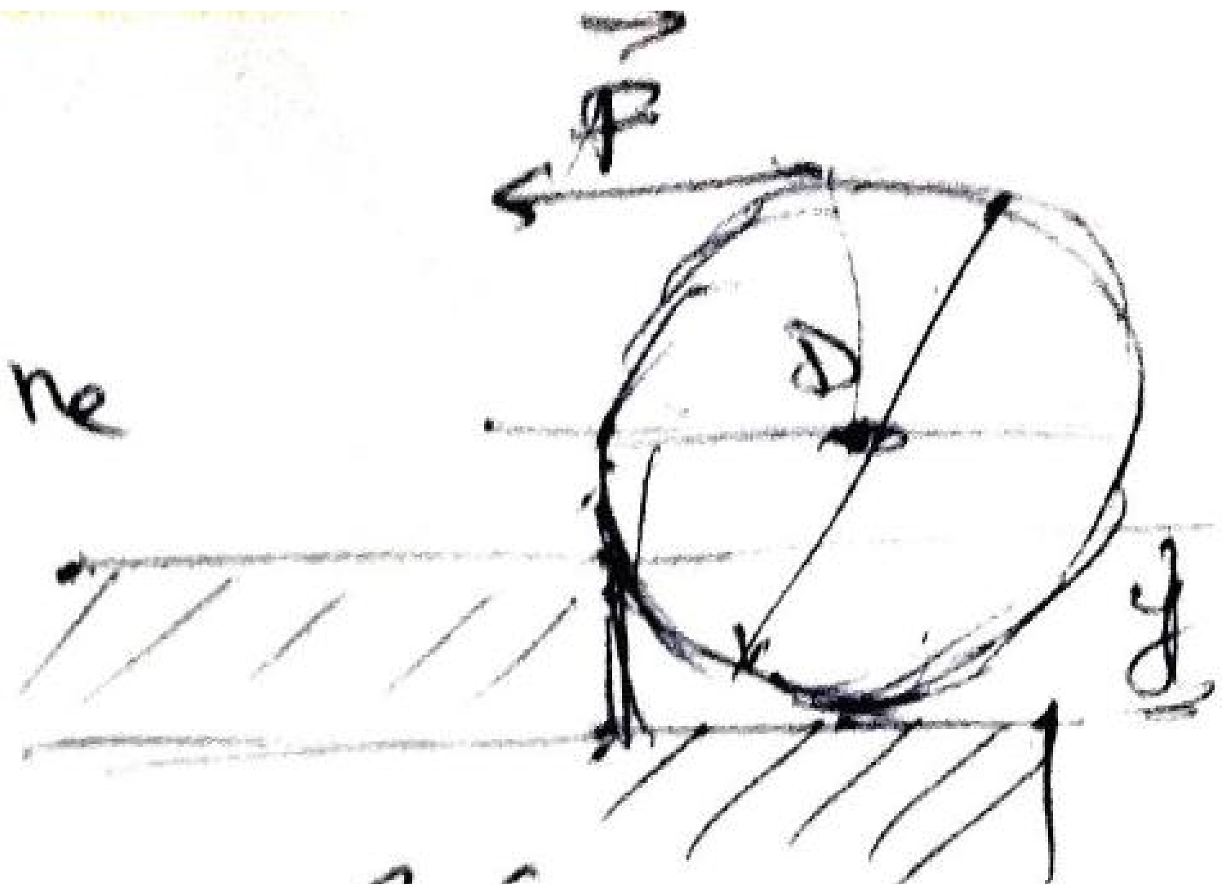
$\boxed{R_B = 2\,daN}$

d'après l'éq (2) : $R_{Ay} = P_1 + P_2 - R_B \Rightarrow R_{Ay} = 10 + 20 - 2 = 28$

$\boxed{R_{Ay} = 28\,daN}$ $\vec{R_A}\begin{pmatrix}0\\28\end{pmatrix}$ et $\vec{R_B}\begin{pmatrix}0\\2\end{pmatrix}$

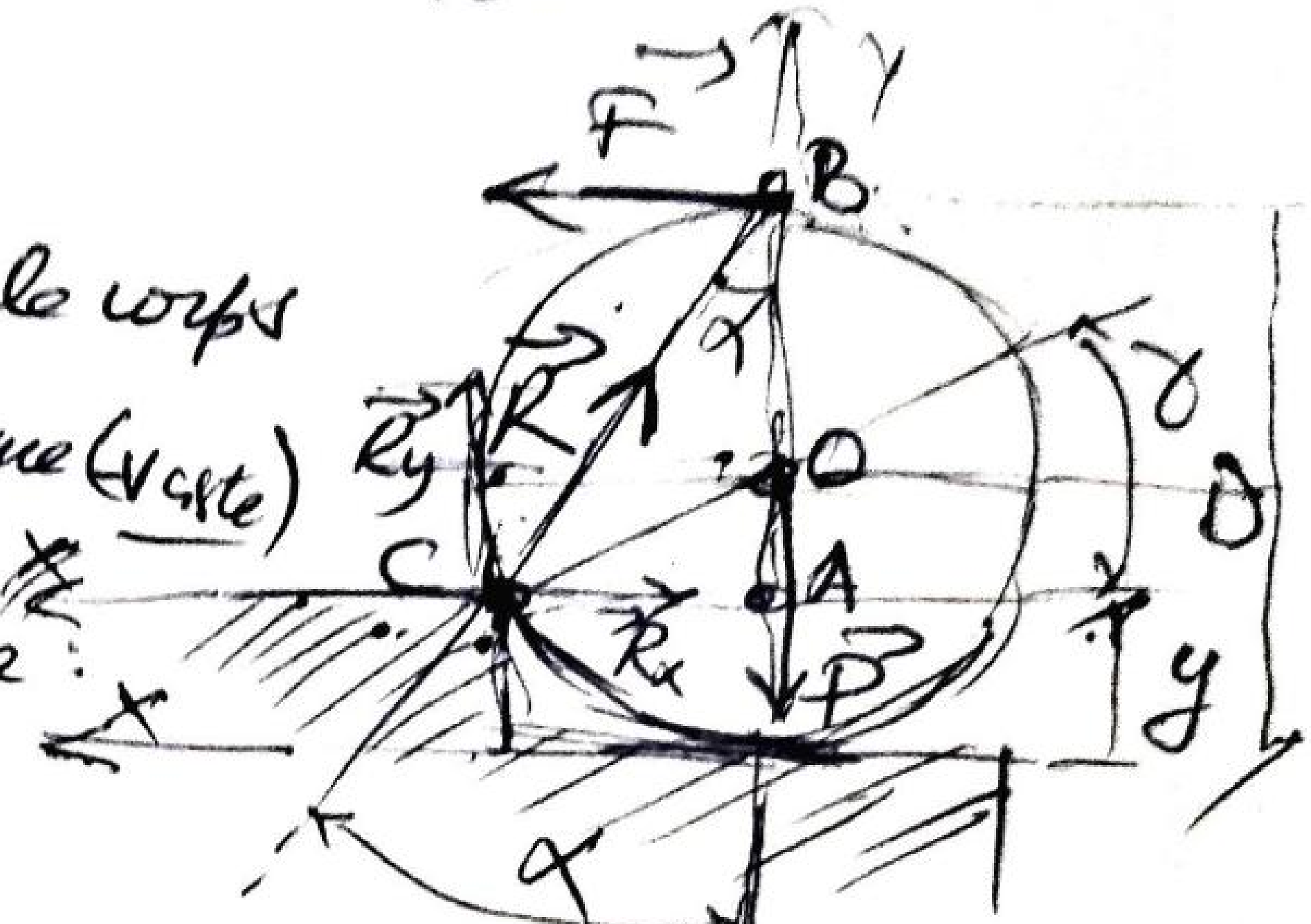
Exo n° 02 :

Trouver la force minimale F nécessaire pour élever un cylindre de poids 150 daN avec un diamètre de 2m au dessus d'une marche de 40cm de hauteur au moyen d'un cable enroulé autour du cylindre sur lequel on tire horizontalement.



Solution

La force minimale sera atteinte si le corps est à l'état de repos ou en mvt uniforme (V cste)



Système est en équilibre statique :

$$\sum \vec{F} = \vec{0} \Rightarrow \vec{F} + \vec{P} + \vec{R} = \vec{0}$$

/Ox : $\sum \vec{F_x} = \vec{0} \Rightarrow \vec{R_x} + \vec{F} = \vec{0} \Rightarrow -R_x + F = 0 \Rightarrow -R\sin\alpha + F = 0$ --- (1)

/Oy : $\sum \vec{F_y} = \vec{0} \Rightarrow \vec{R_y} + \vec{P} = \vec{0} \Rightarrow +R_y - P = 0 \Rightarrow R\cos\alpha - P = 0$ --- (2)

Analyse Géométrique : $\cos\alpha = ?$ $\sin\alpha = ?$

$\cos\alpha = \frac{AB}{BC}$ $\quad AB = OB + OA \quad OB = D/2 = 1m$ et $AB = D - y = 2 - 0{,}4$ $\quad \boxed{AB = 1{,}6\,m}$

$BC = \sqrt{(AB)^2 + (AC)^2}$

$OA = \frac{D}{2} - y = \frac{2}{2} - 0{,}4 = 0{,}6 \quad \boxed{OA = 0{,}6\,m}$

$OC^2 = OA^2 + AC^2 \Rightarrow AC = \sqrt{(OC)^2 - (OA)^2} \Rightarrow AC = \sqrt{(1)^2 - (0{,}6)^2} = \sqrt{0{,}64} = 0{,}8$

$\boxed{AC = 0{,}8\,m} \quad BC = \sqrt{(1{,}6)^2 + (0{,}8)^2} = \sqrt{2{,}56 + 0{,}64} = \sqrt{3{,}2} = 1{,}789\,m$

$\cos\alpha = \frac{AB}{BC} \Rightarrow \cos\alpha = \frac{1{,}6}{1{,}79} = 0{,}89 \Rightarrow$ d'après l'éq(2) $\Rightarrow R = \frac{P}{\cos\alpha}$

$R = \frac{150}{0{,}89} = 168{,}5 \quad \boxed{R = 168{,}5\ daN}$

$\sin\alpha = \frac{AC}{BC} = \frac{0{,}8}{1{,}789} = 0{,}45$; d'après l'éq(1) $\Rightarrow F = R\sin\alpha$

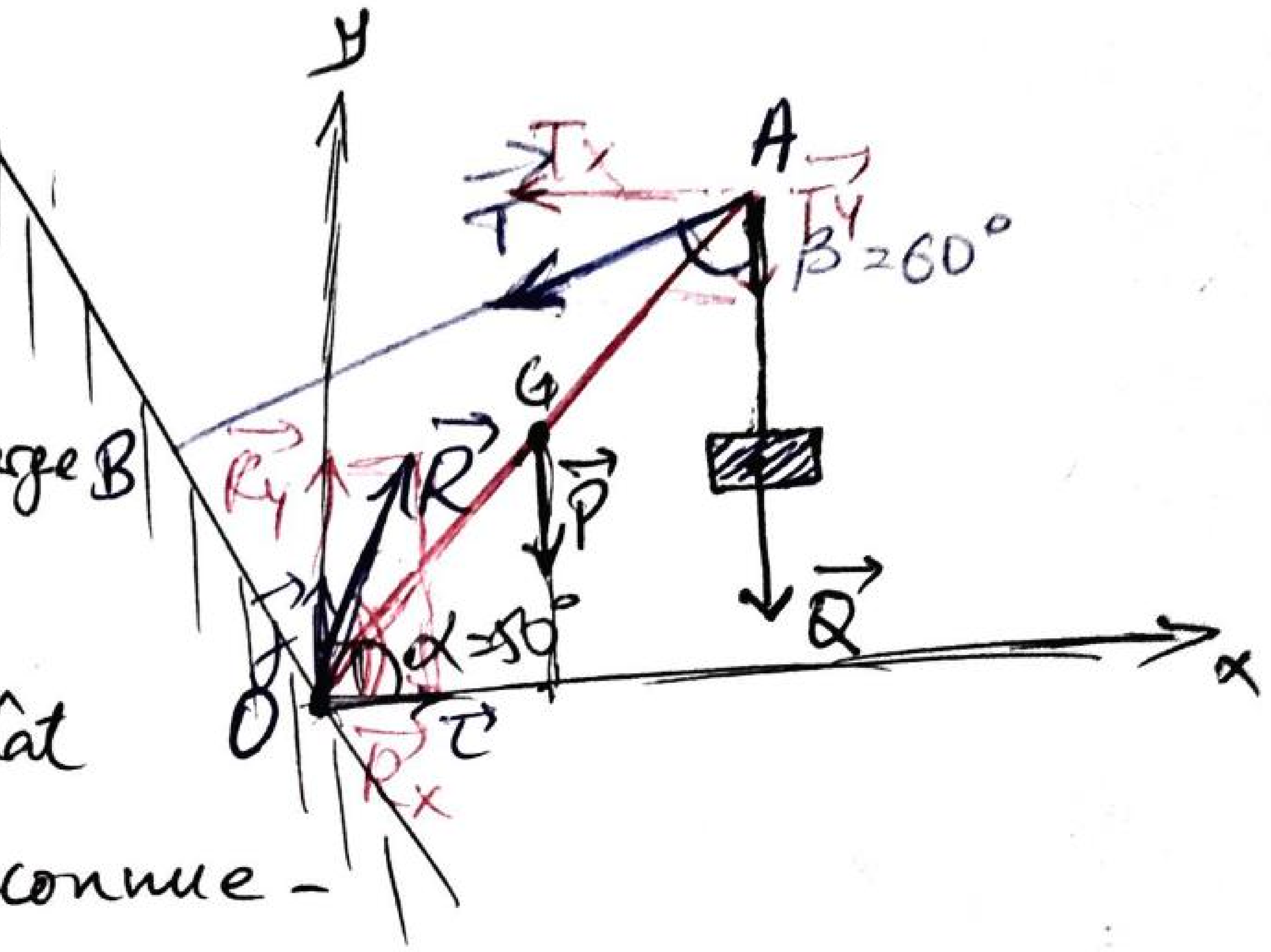
$F \simeq 75{,}80\,daN \Rightarrow \boxed{F \simeq 76\,daN} \quad \boxed{R = 168{,}5\,daN}$

Statique

Exercice N° 03

mât : longue pièce de bois ou métal (barre cylindrique)

Le système étudié est le mât sur lequel s'exercent quatre forces :



$\vec{P}$: Poids du mât :
force exercée par la terre sur le mât

$\vec{Q}$: Poids de la charge
force exercé par la terre sur la charge B

$\vec{T}$: tension du cable
force exercée par le cable sur le mât
la valeur T de cette force est inconnue -

$\vec{R}$: réaction de l'axe :
force exercée par l'axe en O sur le mât. Toute les caractéristique de cette force sont inconnues sauf son point d'application -

Solution :

le système est en équilibre statique :

$$\begin{cases} \sum \vec{F}_{ext} = \vec{0} \\ \sum \vec{\mathcal{M}}_{/O} = \vec{0} \end{cases}$$

Pour l'angle α :
$\boxed{\vec{OG} = OG\cos\alpha\,\vec{i} + OG\sin\alpha\,\vec{j}}$

Pour l'angle β :
$T_x = T\sin\beta$
$T_y = T\cos\beta$

Pour l'angle θ :
$R_x = R\cos\theta$
$R_y = R\sin\theta$
$\Rightarrow \operatorname{tg}\theta = \frac{R_x}{R_y}$

$\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}$ $\quad \vec{P} + \vec{Q} + \vec{R} + \vec{T} = 0$

$\%\, Ox : \sum \vec{F}_{x\,ext} = \vec{0} \Rightarrow \vec{T}_x + \vec{R}_x = 0$

$-T\sin\beta + R_x = 0 \Rightarrow$

$\boxed{R_x = T\sin\beta}$

$\%\, Oy : \sum \vec{F}_{y\,ext} = \vec{0} \Rightarrow \vec{P} + \vec{Q} + \vec{R}_y + \vec{T}_y = \vec{0}$

$-P - Q + R_y - T_y = 0 \Rightarrow \boxed{R_y = P + Q + T\cos\beta}$

La réaction de l'axe (mât) R : $R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$ Cette force est inclinée de θ par rapport à Ox telle que $\boxed{\tan\theta = R_y / R_x}$

Pour l'equilibre des Moments :

$$\sum \vec{M}/_O = \vec{0} \Rightarrow \vec{M}(\vec{P})/_O + \vec{M}(\vec{T})/_O + \cancel{\vec{M}(\vec{R})/_O} + \vec{M}(\vec{Q})/_O = \vec{0}$$

$+ \ \vec{M}(\vec{P})/_O = \vec{OG} \wedge \vec{P}$

$$= \left(\frac{L}{2}\cos\alpha\,\vec{i} + \frac{L}{2}\sin\alpha\,\vec{j}\right) \wedge (-mg\,\vec{j})$$

$$= -\frac{mgL}{2}\cos\alpha \cdot \vec{k} + 0$$

$$\boxed{\vec{M}(\vec{P})/_O = -\frac{mgL}{2}\cos\alpha \cdot \vec{k}}$$

$$\begin{cases} \vec{i} \wedge \vec{j} = \vec{k} \\ \vec{j} \wedge \vec{i} = -\vec{k} \end{cases}$$

$$\vec{M}(\vec{T})/_O = \vec{OA} \wedge \vec{T} = (L\cos\alpha\,\vec{i} + L\sin\alpha\,\vec{j}) \wedge (-T\sin\beta\,\vec{i} - T\cos\beta\,\vec{j})$$

$$= L\cos\alpha\,\vec{i} \wedge (-T\cos\beta\,\vec{j}) + (L\sin\alpha\,\vec{j}) \wedge (-T\sin\beta\,\vec{i})$$

$$= -T.L\cos\alpha\cdot\cos\beta\,.\vec{k} + T.L\sin\alpha.\sin\beta.\vec{k}$$

$$\boxed{\vec{M}(\vec{T})/_O = -T.L\cos(\alpha+\beta)\,\vec{k}}$$

$$\begin{pmatrix} L\cos\alpha \\ L\sin\alpha \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -T\sin\beta \\ -T.\cos\beta \end{pmatrix}$$

$-TL\cos\alpha.\cos\beta +$

$$\boxed{\vec{M}(\vec{R})/_O = \vec{0}} \qquad \vec{OO} = \vec{0}$$

$$\vec{M}(\vec{Q})/_O = \vec{OA} \wedge \vec{Q} = (L\cos\alpha\,\vec{i} + L\sin\alpha\,\vec{j}) \wedge (-Q\,\vec{j}) = -Q.L.\cos\alpha.\vec{k}$$

$$\boxed{\vec{M}(\vec{Q})/_O = -Q.L.\cos\alpha.\vec{k}}$$

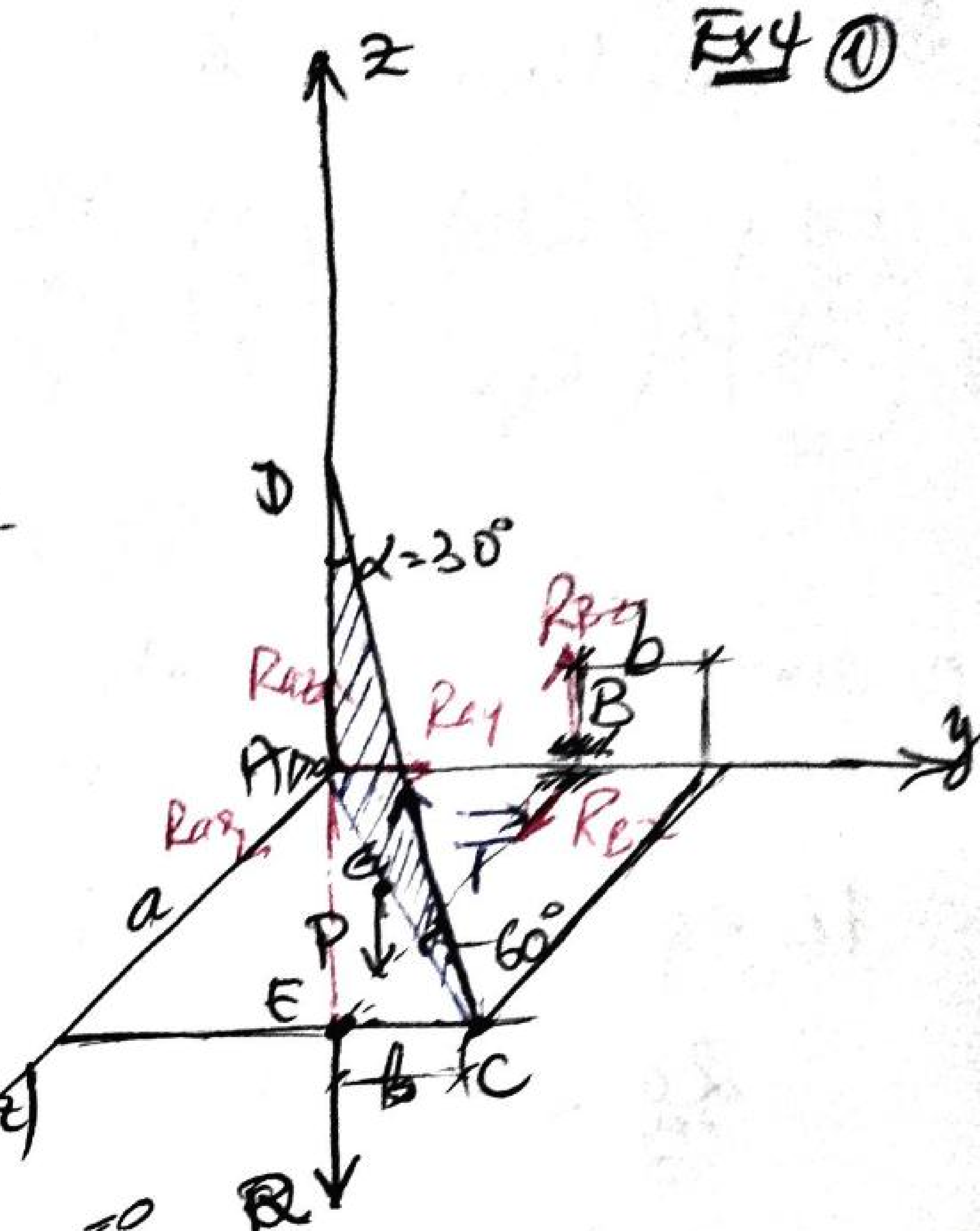
On aura : $-mg\cos\alpha\cdot\frac{L}{2} - T.L\cos(\alpha+\beta) - LQ\cos\alpha = 0$

$$-\left(\frac{mg\cancel{L}}{2} + \cancel{L}Q\right).\cos\alpha - T.\cancel{L}\cos(\alpha+\beta) = 0$$

$$\Rightarrow T\cos(\alpha+\beta) = -\left(\frac{mg}{2} + Q\right).\cos\alpha$$

$$\Rightarrow \boxed{T = \frac{\left(\frac{mg}{2} + Q\right).\cos\alpha}{\cos(\alpha+\beta)}}$$

Exercice N° 04 Ex4 ①



$Q = 2P \quad b = \frac{a}{3} \quad \alpha = 30°$

L'angle $(\widehat{AD, DC}) = \alpha = 30°$

le triangle rectangle ADC en $\hat{A} = 90°$ -

Donc L'angle $(\widehat{AC, CD}) = 60°$

le système de cette plaque carrée est en équilibre statique -

Articulation sphérique en A : $\vec{R}_A(R_{Ax}, R_{Ay}, R_{Az})$

Articulation cylindrique en B ; $\vec{R}_B(R_{Bx}, \underset{0}{\cancel{R_{By}}}, R_{Bz})$

Le système est en équilibre :

$$\begin{cases} \sum \vec{F_i} = \vec{0} \Rightarrow \vec{R_A} + \vec{R_B} + \vec{T} + \vec{P} + \vec{Q} = \vec{0} & (1) \\ \sum \vec{M_{i/A}} = \vec{0} \Rightarrow \cancel{\vec{AA} \wedge \vec{R_A}} + \vec{AB} \wedge \vec{R_B} + \vec{AC} \wedge \vec{T} + \vec{AG} \wedge \vec{P} + \vec{AE} \wedge \vec{Q} = \vec{0} & (2) \end{cases}$$

Les composantes des forces $\vec{T}, \vec{P}, \vec{Q}$ sont comme suit :

$$\vec{T} = \begin{pmatrix} -T\cos 60°.\cos 45° \\ -T\cos 60°.\sin 45° \\ T \sin 60° \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -T.\frac{1}{2}.\frac{\sqrt{2}}{2} \\ -T.\frac{1}{2}\frac{\sqrt{2}}{2} \\ T.\frac{\sqrt{3}}{2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\frac{\sqrt{2}}{4}T \\ -\sqrt{2}/4\,T \\ \sqrt{3}/2\,T \end{pmatrix}$$ T : la tension T

$$\vec{P} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -P \end{pmatrix} \quad \vec{Q} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -2P \end{pmatrix} \quad R_A \begin{pmatrix} R_{Ax} \\ R_{Ay} \\ R_{Az} \end{pmatrix} \quad R_B = \begin{pmatrix} R_{Bx} \\ 0 \\ R_{Bz} \end{pmatrix}$$

les distances AB, AC, AG, AE auront les composants suivants

$$\vec{AB} = \begin{pmatrix} 0 \\ \frac{2a}{3} \\ 0 \end{pmatrix} \quad \vec{AC} = \begin{pmatrix} a \\ a \\ 0 \end{pmatrix} \quad AG = \begin{pmatrix} a/2 \\ a/2 \\ 0 \end{pmatrix} \quad AE = \begin{pmatrix} a \\ 2a/3 \\ 0 \end{pmatrix}$$

La projection des forces sur les axes donnera :

$/Ox$: $\vec{R}_{Ax} + \vec{R}_{Bx} + \frac{\sqrt{2}}{4}\vec{T} = \vec{0} \Rightarrow R_{Ax} + R_{Bx} - \frac{\sqrt{2}}{4}T = 0$ —— (3)

$/Oy$: $\vec{R}_{Ay} + \vec{0} + \frac{\sqrt{2}}{4}\vec{T} = \vec{0} \Rightarrow R_{Ay} - \frac{\sqrt{2}}{4}T = 0$ —— (4)

$/Oz$: $\vec{R}_{Az} + \vec{R}_{Bz} + \frac{\sqrt{2}}{4}\vec{T} + \vec{P} + \vec{Q} = \vec{0} \Rightarrow R_{Az} + R_{Bz} + \frac{\sqrt{3}}{2}T - P - \overset{2P}{Q} = 0$ —— (5)

L'equation (2) se formulera comme suit :

$$\begin{pmatrix}0\\ \frac{2a}{3}\\ 0\end{pmatrix}\wedge\begin{pmatrix}R_{Bx}\\ 0\\ R_{Bz}\end{pmatrix}+\begin{pmatrix}a\\ a\\ 0\end{pmatrix}\wedge\begin{pmatrix}+\frac{\sqrt{2}}{4}T\\ -\frac{\sqrt{2}}{4}T\\ \frac{\sqrt{3}}{2}T\end{pmatrix}+\begin{pmatrix}a/2\\ a/2\\ 0\end{pmatrix}\wedge\begin{pmatrix}0\\ 0\\ -P\end{pmatrix}+\begin{pmatrix}a\\ \frac{2a}{3}\\ 0\end{pmatrix}\wedge\begin{pmatrix}0\\ 0\\ -2P\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}0\\ 0\\ 0\end{pmatrix}$$

on aura :

$$\begin{pmatrix}\frac{2a}{3}R_{Bz}\\ 0\\ -\frac{2a}{3}R_{Bx}\end{pmatrix}+\begin{pmatrix}\frac{\sqrt{3}}{2}aT\\ -\frac{\sqrt{3}}{2}aT\\ 0\end{pmatrix}+\begin{pmatrix}-\frac{a}{2}P\\ a/2\,P\\ 0\end{pmatrix}+\begin{pmatrix}-\frac{4a}{3}P\\ 2aP\\ 0\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}0\\ 0\\ 0\end{pmatrix}$$

les equations s'écriront comme suit :

$$\frac{2a}{3}R_{Bz}+\frac{\sqrt{3}}{2}aT-\frac{a}{2}P-\frac{4a}{3}P=0 \quad\text{——— (6)}$$

$$0-\frac{\sqrt{3}}{2}aT+\frac{a}{2}P+2aP=0 \quad\text{——— (7)}$$

$$-\frac{2a}{3}R_{Bx}+0+0+0=0 \quad\text{——— (8)}$$

D'aprè l'éq (8) $\Rightarrow \boxed{R_{Bx}=0}$ $T=2{,}887P$

D'aprè l'éq (7) $\Rightarrow \frac{\sqrt{3}}{\cancel{2}}\cancel{a}T=\frac{4aP+aP}{2}=\frac{5\cancel{a}P}{\cancel{2}}\Rightarrow\boxed{T=\frac{5\sqrt{3}}{3}P}$

D'aprè l'éq (6) $\rightarrow \frac{2a}{3}R_{Bz}=\frac{+3aP+8aP}{6}-\left(\frac{\cancel{3}\sqrt{3}}{\cancel{2}}\times\frac{5\sqrt{3}}{3}P\right)$

$\frac{2\cancel{a}}{3}R_{Bz}=\frac{11\cancel{a}P-15\cancel{a}P}{6}=\frac{-4P}{6}\Rightarrow R_{Bz}=\frac{-12P}{12}\Rightarrow\boxed{R_{Bz}=-P}$

D'aprè l'éq (5) $\Rightarrow R_{Az}=-R_{Bz}-\frac{\sqrt{3}}{2}.T+P+2P$

$R_{Az}=+(P)-\frac{\sqrt{3}}{2}.\frac{5\sqrt{3}}{3}.P+3P=P-\frac{5}{2}P+3P=\frac{3P}{2}$

$\boxed{R_{Az}=\frac{3P}{2}}$

D'aprè (4) $\Rightarrow R_{Ay}=\frac{\sqrt{2}}{4}T=\frac{\sqrt{2}}{4}.\frac{5\sqrt{3}}{3}P\Rightarrow\boxed{R_{Ay}=\frac{5\sqrt{6}}{12}P}=1{,}02P$

D'aprè (3) $\Rightarrow R_{Ax}=-\cancel{R_{Bx}}+\frac{\sqrt{2}}{4}T \Rightarrow\boxed{R_{Ax}=\frac{5\sqrt{6}}{12}P}$ $1{,}02P$

$R_A=\sqrt{R_{Ax}^2+R_{Ay}^2+R_{Az}^2}\rightarrow R_A=\cancel{1{,}725}\,2{,}081P\rightarrow\boxed{R_A=2{,}081P}$

$R_B=\sqrt{\cancel{R_{Bx}^2}+\cancel{R_{By}^2}+R_{Bz}^2}\rightarrow R_B=\sqrt{(-P)^2}=P\Rightarrow\boxed{R_B=P}$

L'equation (2) deviendra

$$\begin{pmatrix}0\\2a/3\\0\end{pmatrix}\wedge\begin{pmatrix}R_{Bx}\\0\\R_{Bz}\end{pmatrix}+\begin{pmatrix}a\\a\\0\end{pmatrix}\wedge\begin{pmatrix}-\frac{\sqrt2}{4}T\\-\frac{\sqrt2}{4}T\\\frac{\sqrt3}{2}T\end{pmatrix}+\begin{pmatrix}a\\\frac{2a}{3}\\0\end{pmatrix}\wedge\begin{pmatrix}0\\0\\-2P\end{pmatrix}+\begin{pmatrix}a/2\\a/2\\0\end{pmatrix}\wedge\begin{pmatrix}0\\0\\-P\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}0\\0\\0\end{pmatrix}$$

Exemple :

$$\vec a\wedge\vec b=\begin{pmatrix}a_x\\a_y\\a_z\end{pmatrix}\wedge\begin{pmatrix}b_x\\b_y\\b_z\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}a_yb_z-a_z.b_y\\a_zb_x-a_xb_z\\a_xb_y-a_yb_x\end{pmatrix}\quad a_zb_x-a_xb_z=-(a_xb_z-a_z.b_x)$$

On aura

$$\begin{pmatrix}0\\2a/3\\0\end{pmatrix}\wedge\begin{pmatrix}R_{Bx}\\0\\R_{Bz}\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}2a/3\,R_{Bz}-0\\0-0\\0-2a/3\,R_{Bx}\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}\frac{2a}{3}R_{Bz}\\0\\-\frac{2a}{3}R_{Bx}\end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix}a\\a\\0\end{pmatrix}\wedge\begin{pmatrix}-\frac{\sqrt2}{4}T\\-\frac{\sqrt2}{4}T\\\frac{\sqrt3}{2}T\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}\frac{\sqrt3}{2}aT-0\\0-(+\frac{\sqrt3}{2}aT)\\0\ \cancel{-\frac{\sqrt2}{4}aT-(-\frac{\sqrt2}{4}aT)}\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}\frac{\sqrt3}{2}aT\\-\frac{\sqrt3}{2}aT\\0\end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix}a\\\frac{2a}{3}\\0\end{pmatrix}\wedge\begin{pmatrix}0\\0\\-2P\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}-\frac43aP-0\\0-(-2aP)\\0\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}-\frac{4a}{3}P\\2aP\\0\end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix}a/2\\a/2\\0\end{pmatrix}\wedge\begin{pmatrix}0\\0\\-P\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}-\frac a2P-0\\0-(-\frac a2P)\\0\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}-\frac a2P\\a/2\,P\\0\end{pmatrix}$$

L'equation (2) se résumera à 3 equations :

$$\frac{2a}{3}R_{Bz}+\frac{\sqrt3}{2}aT-\frac{4a}{3}P-\frac a2P=0\quad\text{—— (6)}$$

$$-\frac{\sqrt3}{2}aT+2aP+\frac a2P=0\quad\text{—— (7)}$$

$$-\frac{2a}{3}R_{Bx}+0+0+0=0\quad\text{—— (8)}\rightarrow\boxed{R_{Bx}=0}$$

La résolution de ce système donne :

D'après (8) $\Rightarrow R_{Bx}=0$;

D'après (7) $\Rightarrow \frac{\sqrt3}{2}T=2P+\frac P2=\frac{5P}{2}\Rightarrow T=\frac{5P}{\sqrt3}\Rightarrow\boxed{T=\frac{5\sqrt3}{3}P}$

D'après (6) $\Rightarrow \frac{2\cancel{a}}{3}R_{Bz}+\frac{\sqrt3}{2}\cancel{a}.\frac{5\sqrt3}{3}P-\frac{4\cancel{a}P}{3}-\frac{\cancel{a}P}{2}=0$ $\quad\boxed{R_{Bz}=-P}$

$\Rightarrow R_{Bz}=\frac32\left(-\frac{5P}{2}+\frac{11P}{6}\right)\Rightarrow R_{Bz}=\frac32\left(\frac{-15P}{6}+\frac{11P}{6}\right)=\frac32\left(\frac{-4P}{6}\right)=-P$

D'après (5) : $R_{Az} + R_{Bz} + \frac{\sqrt{3}}{2} T - Q - P = 0$

$$\Rightarrow R_{Az} = -R_{Bz} - \frac{\cancel{\sqrt{3}}}{2} \cdot \frac{5\sqrt{3}}{\cancel{3}} P + 2P + P$$

$$R_{Az} = P + 3P - \frac{5}{2} P = \frac{8-5}{2} P = \frac{3}{2} P \Rightarrow \boxed{R_{Az} = \frac{3P}{2}}$$

D'après (4) $\Rightarrow$ $R_{Ay} = + \frac{\sqrt{2}}{4} T = + \frac{\sqrt{2}}{4} \cdot \frac{5\sqrt{3}}{3} P = \frac{5\sqrt{6}}{12} P$

$$\boxed{R_{Ay} = \frac{5\sqrt{6}}{12} P}$$

D'après (3) $\Rightarrow$ $R_{Ax} + \cancel{R_{Bx}}^{0} - \frac{\sqrt{2}}{4} T = 0 \Rightarrow R_{Ax} = \frac{\sqrt{2}}{4} T$

$$\boxed{R_{Ax} = \frac{5\sqrt{6}}{12} P}$$

$$R_A = \sqrt{\left(\frac{5\sqrt{6}}{12}P\right)^2 + \left(\frac{5\sqrt{6}}{12}P\right)^2 + \left(\frac{3P}{2}\right)^2}$$

$$R_A = \sqrt{R_{Ax}^2 + R_{Ay}^2 + R_{Az}^2} \qquad \boxed{R_A = 2{,}081P}$$

$$R_B = \sqrt{R_{Bx}^2 + \cancel{R_{By}^2}^{0} + R_{Bz}^2} \qquad \boxed{R_B = P}$$

$$R_B = \sqrt{(-P)^2} \qquad R_{Bx} = 0 \quad R_{By} = 0$$