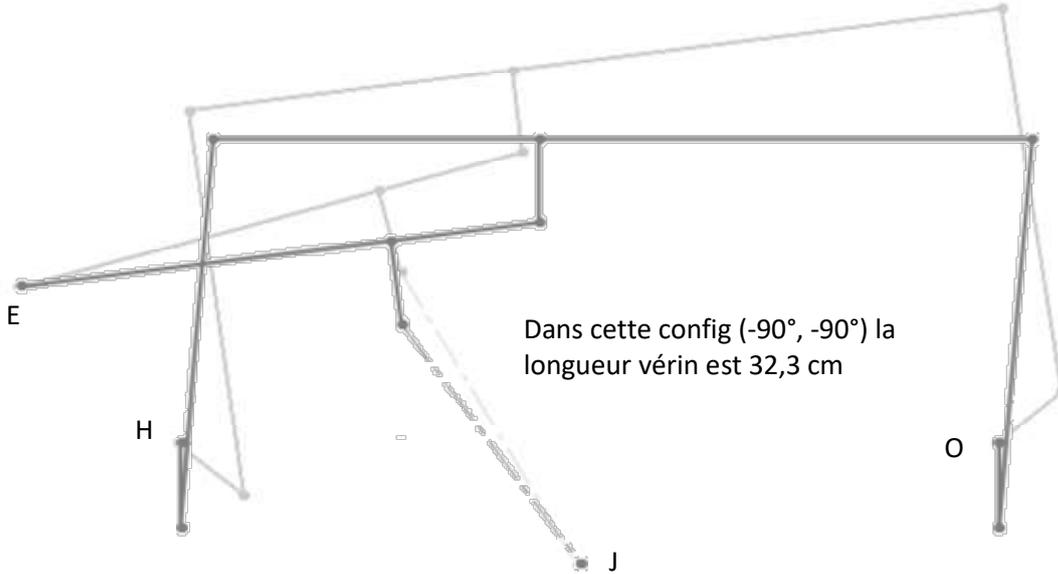


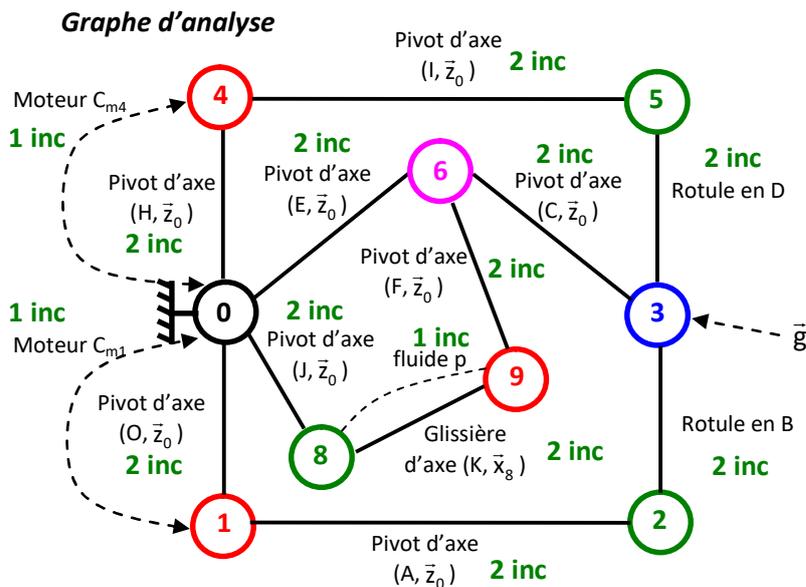
Simulateur de vol - Corrigé

Q.1. Compte tenu des dimensions du système si θ_1 et θ_4 sont égaux alors le solide 3 sera horizontal.



Q.2. Graphiquement on obtient $\lambda_0 = 32,3$ cm.

Q.3. , Q.4. et Q.10.

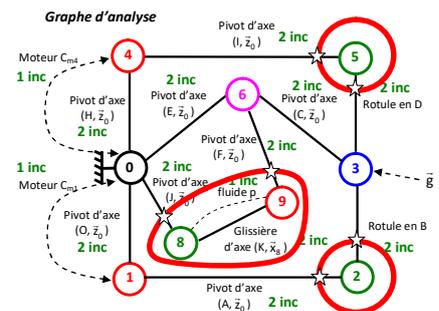


On considère pour tout le problème que l'on est dans le cas d'un problème plan.

Q.5. On isole 5 + BAME : 5 est soumis à 2 glisseurs. Ces glisseurs sont directement opposés et de norme égale (direction = (DI)).

On isole 2 + BAME : 2 est soumis à 2 glisseurs de direction (AB).

On isole 8+9 + BAME : l'ensemble est soumis à 2 glisseurs de direction (JF).



$$\mathbf{Q.6.} \left\{ F_{2 \rightarrow 3} \right\}_B = \begin{Bmatrix} X_{23} & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{b2} ; \quad \left\{ F_{5 \rightarrow 3} \right\}_D = \begin{Bmatrix} X_{53} & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{b5} ; \quad \left\{ F_{9 \rightarrow 36} \right\}_B = \begin{Bmatrix} X_{96} & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{b8}$$

Q.7. On isole le solide 3 + BAME. On applique le PFS sur 3.

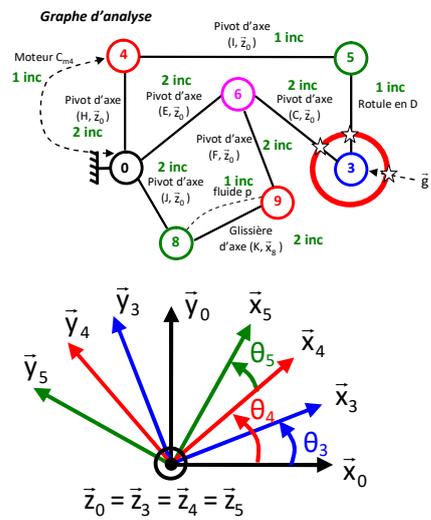
TMS en C/ \vec{z}_0 : $(\vec{CD} \wedge X_{53} \cdot \vec{x}_5 + \vec{CG}_3 \wedge -m_3 \cdot g \cdot \vec{y}_0) \cdot \vec{z}_0 = 0$

$\rightarrow ((-d_3 \cdot \vec{x}_3 + r \cdot \vec{y}_3) \wedge X_{53} \cdot \vec{x}_5 + 2 \cdot r \cdot \vec{y}_3 \wedge -m_3 \cdot g \cdot \vec{y}_0) \cdot \vec{z}_0 = 0$

$\rightarrow -d_3 \cdot X_{53} \cdot \sin(\theta_4 + \theta_5 - \theta_3) - r \cdot X_{53} \cdot \cos(\theta_4 + \theta_5 - \theta_3) + 2 \cdot r \cdot m_3 \cdot g \cdot \sin \theta_3 = 0$

$$\rightarrow X_{53} = \frac{2 \cdot r \cdot m_3 \cdot g \cdot \sin \theta_3}{d_3 \cdot \sin(\theta_4 + \theta_5 - \theta_3) + r \cdot \cos(\theta_4 + \theta_5 - \theta_3)}$$

AN : $X_{53} = \frac{2 \times 9 \times 180 \times 9,81 \cdot \sin 7,2}{35 \cdot \sin(-37,4 + 135,4 - 7,2) + 9 \cdot \cos(-37,4 + 135,4 - 7,2)} = 114\text{N}$



Q.8. On isole le solide 3 + BAME. On applique le PFS sur 3.

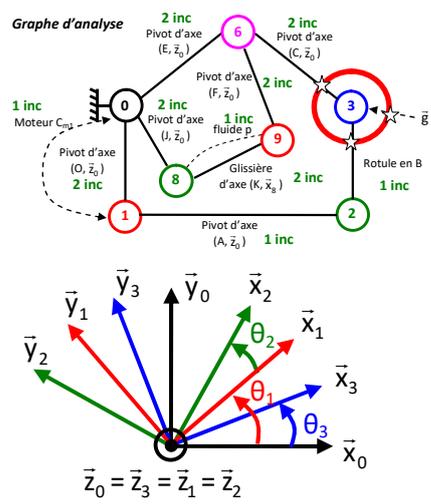
TMS en C/ \vec{z}_0 : $(\vec{CB} \wedge X_{23} \cdot \vec{x}_2 + \vec{CG}_3 \wedge -m_3 \cdot g \cdot \vec{y}_0) \cdot \vec{z}_0 = 0$

$\rightarrow (((d - d_3) \cdot \vec{x}_3 + r \cdot \vec{y}_3) \wedge X_{23} \cdot \vec{x}_2 + 2 \cdot r \cdot \vec{y}_3 \wedge -m_3 \cdot g \cdot \vec{y}_0) \cdot \vec{z}_0 = 0$

$\rightarrow (d - d_3) \cdot X_{23} \cdot \sin(\theta_1 + \theta_2 - \theta_3) - r \cdot X_{23} \cdot \cos(\theta_1 + \theta_2 - \theta_3) + 2 \cdot r \cdot m_3 \cdot g \cdot \sin \theta_3 = 0$

$$\rightarrow X_{23} = \frac{-2 \cdot r \cdot m_3 \cdot g \cdot \sin \theta_3}{(d - d_3) \cdot \sin(\theta_1 + \theta_2 - \theta_3) - r \cdot \cos(\theta_1 + \theta_2 - \theta_3)}$$

AN : $X_{23} = \frac{-2 \times 9 \times 180 \times 9,81 \cdot \sin 7,2}{(88 - 35) \cdot \sin(39 + 59,9 - 7,2) - 9 \cdot \cos(39 + 59,9 - 7,2)} = -75\text{N}$



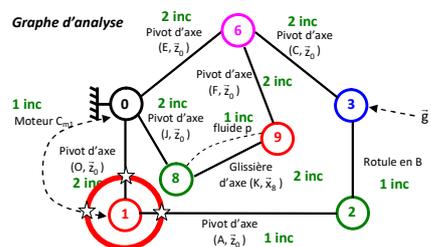
Q.9. On isole 1 + BAME. On applique le PFS sur 1.

TMS en O/ \vec{z}_0 : $(\vec{OA} \wedge X_{21} \cdot \vec{x}_2) \cdot \vec{z}_0 + C_{01} = 0$

$\rightarrow (r \cdot \vec{x}_1 \wedge X_{21} \cdot \vec{x}_2) \cdot \vec{z}_0 + C_{01} = 0$

$\rightarrow r \cdot X_{21} \cdot \sin \theta_2 + C_{01} = 0$ avec $X_{21} = X_{32} = -X_{23}$

$$\rightarrow C_{01} = -r \cdot X_{21} \cdot \sin \theta_2 < 0$$

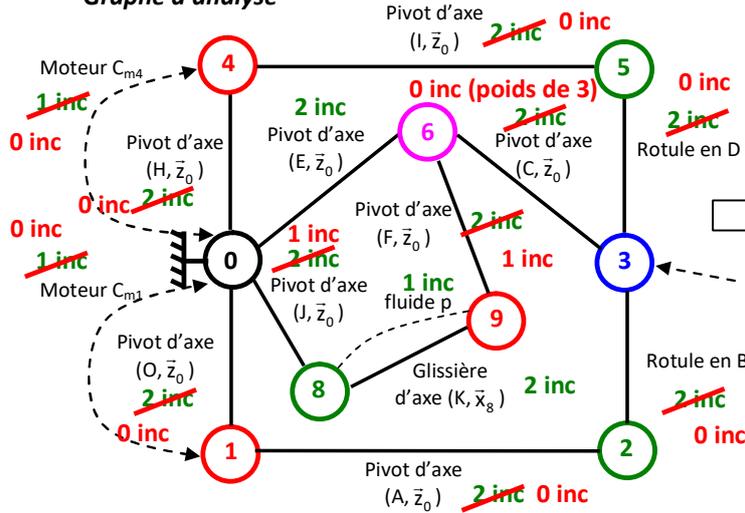


Q.10. Les efforts obtenus dans les biellettes sont très faibles devant le poids de 1800 N. On peut donc les considérer comme nuls pour la suite du problème.

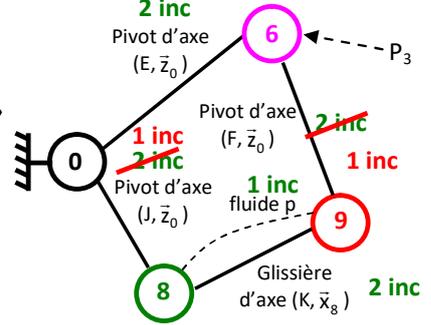
$$\mathbf{Q.11.} \left\{ F_{2 \rightarrow 3} \right\}_B = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{b2} ; \quad \left\{ F_{5 \rightarrow 3} \right\}_D = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{b5} ; \quad \left\{ F_{3 \rightarrow 6} \right\}_C = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ -m_3 \cdot g & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{b0}$$

Q.12.

Graphe d'analyse

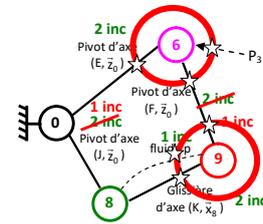


Problème simplifié

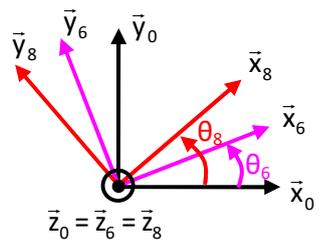


Q.13. Démarche :

- On isole 6 + BAME. On applique le PFS sur 6 → TMS en E/\bar{z}_0
- On isole 9 + BAME. On applique le PFS sur 9 → TRS/ \bar{x}_8



Q.14. Figures géométrales



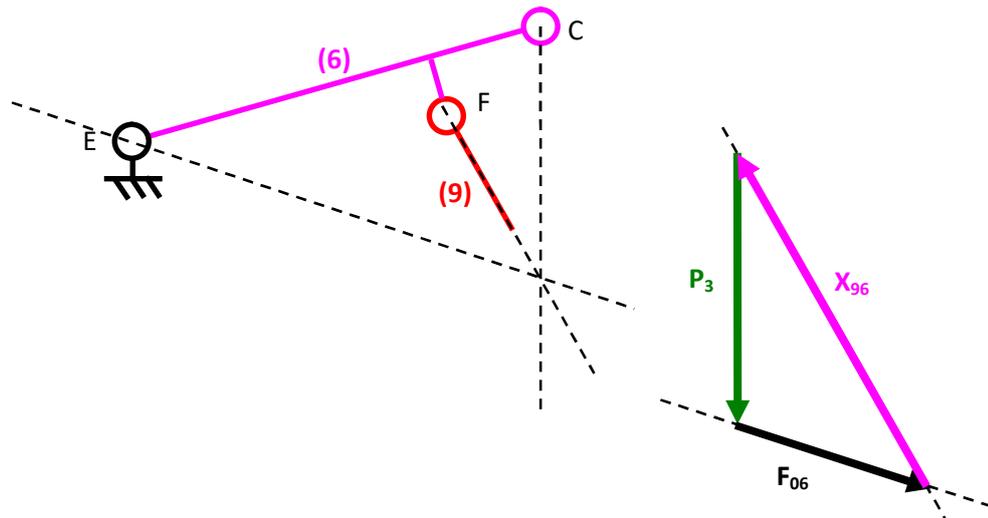
Q.15. On isole 6 + BAME. On applique le PFS sur 6.

$$\begin{aligned} \text{TMS en } E/\bar{z}_0 : (\vec{EF} \wedge X_{96} \cdot \vec{x}_8 + \vec{EC} \wedge -m_3 \cdot g \cdot \vec{y}_0) \cdot \bar{z}_0 &= 0 \\ \rightarrow ((d_6 \cdot \vec{x}_6 - r \cdot \vec{y}_6) \wedge X_{96} \cdot \vec{x}_8 + L_6 \cdot \vec{x}_6 \wedge -m_3 \cdot g \cdot \vec{y}_0) \cdot \bar{z}_0 &= 0 \\ \rightarrow d_6 \cdot X_{96} \cdot \sin(\theta_8 - \theta_6) + r \cdot X_{96} \cdot \cos(\theta_8 - \theta_6) - L_6 \cdot m_3 \cdot g \cdot \cos \theta_6 &= 0 \end{aligned}$$

$$\rightarrow X_{96} = \frac{L_6 \cdot m_3 \cdot g \cdot \cos \theta_6}{d_6 \cdot \sin(\theta_8 - \theta_6) + r \cdot \cos(\theta_8 - \theta_6)}$$

$$\text{AN : } X_{96} = \frac{56 \times 180 \times 9,81 \cdot \cos 15,1}{40 \cdot \sin(121 - 15,1) + 9 \cdot \cos(121 - 15,1)} = 2651,6\text{N}$$

Q.16. Graphiquement on obtient $X_{96} \approx 2500 \text{ N}$



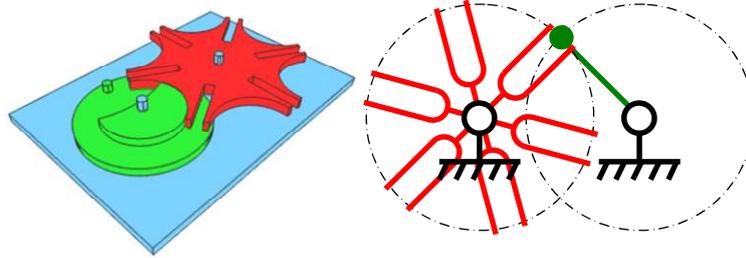
Q.17. On isole la tige de vérin 9 + BAME. On applique le PFS sur 9, TRS/ \vec{x}_8 : $p.S + X_{69} = 0$

$$\rightarrow p = -\frac{X_{69}}{S}$$

Q.18. AN : $p = -\frac{2650}{1600.\pi} = 0,52 \text{ MPa}$ soit 5,2 Bars < 7 Bars \rightarrow exigence validée.

Robot TROOPER - Corrigé

Q.1. On pourrait utiliser un système à croix de malte avec un découpage en 6 secteurs angulaires.



Q.2. On isole le pot et on effectue le BAME. On applique le PFS sur le pot en D.

$$\text{TRS}/\bar{x}_0 : X_{6 \rightarrow \text{pot}} - X_{6' \rightarrow \text{pot}} = 0 \quad (1)$$

$$\text{TRS}/\bar{y}_0 : 0 = 0$$

$$\text{TRS}/\bar{z}_0 : Z_{6 \rightarrow \text{pot}} + Z_{6' \rightarrow \text{pot}} - m_{\text{pot}} \cdot g = 0 \quad (2)$$

Q.3. (1) $\rightarrow X_{6 \rightarrow \text{pot}} = X_{6' \rightarrow \text{pot}}$ et on a $Z_{6 \rightarrow \text{pot}} = f_p X_{6 \rightarrow \text{pot}}$ et $Z_{6' \rightarrow \text{pot}} = f_p X_{6' \rightarrow \text{pot}}$

$$(2) \rightarrow Z_{6 \rightarrow \text{pot}} + Z_{6' \rightarrow \text{pot}} = m_{\text{pot}} \cdot g \rightarrow \boxed{Z_{6 \rightarrow \text{pot}} = Z_{6' \rightarrow \text{pot}} = \frac{m_{\text{pot}} \cdot g}{2}} \text{ et } \boxed{X_{6 \rightarrow \text{pot}} = X_{6' \rightarrow \text{pot}} = \frac{m_{\text{pot}} \cdot g}{2 \cdot f_p}}$$

$$\text{AN} : Z_{6 \rightarrow \text{pot}} = Z_{6' \rightarrow \text{pot}} = \frac{5 \times 10}{2} = 25 \text{ N} \quad X_{6 \rightarrow \text{pot}} = X_{6' \rightarrow \text{pot}} = \frac{25}{0,3} = 83,3 \text{ N}$$

$$\text{Q.4. (SI4)} \text{ On a } \left\{ F_{\text{pot} \rightarrow 6} \right\}_D = \begin{Bmatrix} -X_{6 \rightarrow \text{pot}} & 0 \\ 0 & 0 \\ -Z_{6 \rightarrow \text{pot}} & 0 \end{Bmatrix}_b \text{ et } \left\{ F_{\text{pot} \rightarrow 6'} \right\}_{D'} = \begin{Bmatrix} X_{6' \rightarrow \text{pot}} & 0 \\ 0 & 0 \\ -Z_{6' \rightarrow \text{pot}} & 0 \end{Bmatrix}_b$$

Si on isole l'ensemble 2+4+5+6 et que l'applique le TRS suivant l'axe \bar{x} , on obtient : $-X_{6 \rightarrow \text{pot}} + X_{3 \rightarrow 2} = 0 \rightarrow$

$$X_{3 \rightarrow 2} = X_{6 \rightarrow \text{pot}} \rightarrow X_{2 \rightarrow 3} = -X_{6 \rightarrow \text{pot}} \rightarrow \left\{ F_{2 \rightarrow 3} \right\}_{I_2} = \begin{Bmatrix} -X_{6 \rightarrow \text{pot}} & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_b$$

Si on isole l'ensemble 2'+4'+5'+6' et que l'applique le TRS suivant l'axe \bar{x} , on obtient : $X_{6' \rightarrow \text{pot}} + X_{3 \rightarrow 2'} = 0 \rightarrow$

$$X_{3 \rightarrow 2'} = -X_{6' \rightarrow \text{pot}} \rightarrow X_{2' \rightarrow 3} = X_{6' \rightarrow \text{pot}} \rightarrow \left\{ F_{2' \rightarrow 3} \right\}_{I_2'} = \begin{Bmatrix} X_{6' \rightarrow \text{pot}} & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_b$$

Q.5. (SI4) Sur le pignon on a périmètre = $2 \cdot \pi \cdot R_3 = p \cdot Z_3 \rightarrow \boxed{R_3 = \frac{p \cdot Z_3}{2 \cdot \pi}}$

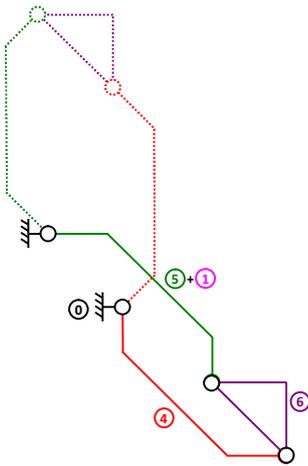
$$\text{AN} : R_3 = \frac{10 \times 20}{2 \cdot \pi} = \frac{100}{\pi} \text{ mm}$$

Q.6. (SI4) On isole le pignon 3 et on applique le PFS :

$$\text{TMS en } O_3/\bar{y}_0 : C_{\text{mot} \rightarrow 3} - R_3 \cdot X_{23} + R_3 \cdot X_{2'3} = 0 \rightarrow C_{\text{mot} \rightarrow 3} + R_3 \cdot X_{6 \rightarrow \text{pot}} + R_3 \cdot X_{6' \rightarrow \text{pot}} = 0 \rightarrow \boxed{C_{\text{mot} \rightarrow 3} = -2 \cdot R_3 \cdot X_{6 \rightarrow \text{pot}}}$$

$$\text{AN} : C_{\text{mot} \rightarrow 3} = \left| -2 \cdot \frac{100}{\pi} \times 83,3 \right| = 5300 \text{ N.mm} < 12 \text{ N.m} \rightarrow \text{moteur validé.}$$

Q.7.



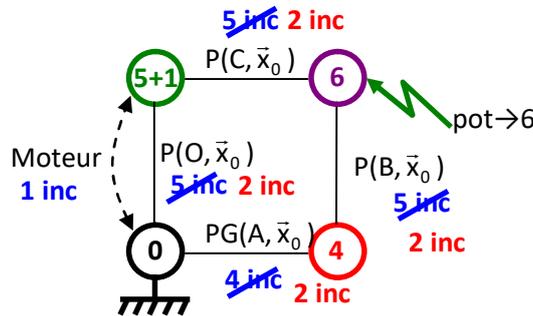
Q.8. On a $\vec{V}_{C,5/0} = \frac{d}{dt} \vec{OC} \Big|_0 = \frac{d}{dt} L \cdot \vec{y}_5 \Big|_0 = L \cdot \dot{\theta}_{50} \cdot \vec{z}_5$ et $\vec{V}_{A,4/0} = L \cdot \dot{\theta}_{50} \cdot \vec{z}_5$

$\vec{V}_{C,5/0} = \vec{V}_{C,5/6} + \vec{V}_{C,6/0} = \vec{V}_{C,6/0}$ (composition de mouvement)

$\vec{V}_{A,4/0} = \vec{V}_{A,4/6} + \vec{V}_{A,6/0} = \vec{V}_{A,6/0}$ (composition de mouvement)

$\rightarrow \vec{V}_{C,6/0} = \vec{V}_{A,6/0} + \vec{CA} \wedge \vec{\Omega}_{6/0} = \vec{V}_{A,6/0}$ avec $\vec{CA} \neq \vec{0}$ donc $\boxed{\vec{\Omega}_{6/0} = \vec{0}}$ \rightarrow 6/0 est donc un mouvement de translation (circulaire ici)

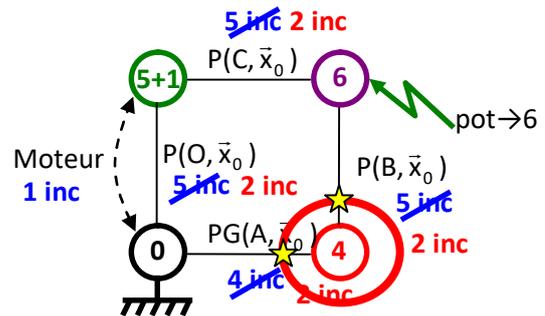
Q.9. et Q.10. On suppose par la suite l'ensemble à l'équilibre dans la position $\theta_{50} = 0^\circ$ et le problème plan.



Q.11. On isole 4 + BAME : le solide est soumis à 2 actions mécaniques.

Avec l'hypothèse problème plan les 2 torseurs d'actions mécaniques transmissibles des 2 liaisons correspondent à des glisseurs. Ces 2 glisseurs sont directement opposés (direction = AB) et de norme égale.

Je choisis de poser l'AM de 4→6 dans la base 4 et toutes les autres AM dans la base 0.

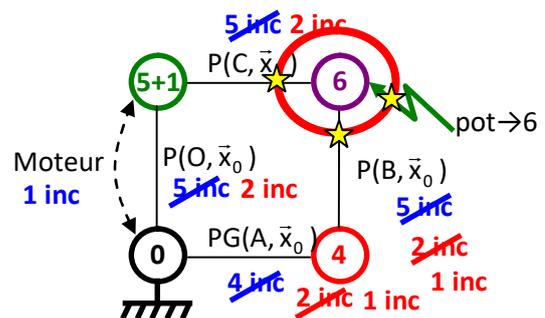


Q.12. On isole 6 + BAME :

TRS/ \vec{y}_0 : $Y_{56} + Y_{46} \cdot \cos \theta_{10} = 0$ (3)

TRS/ \vec{z}_0 : $Z_{56} + Y_{46} \cdot \sin \theta_{10} - Z_{\text{pot} \rightarrow 6} = 0$ (4)

TMS en C/ \vec{x}_0 : $a \cdot Y_{46} \cdot \cos \theta_{10} + a \cdot Y_{46} \cdot \sin \theta_{10} - \frac{a}{2} \cdot Z_{\text{pot} \rightarrow 6} = 0$ (5)



Q.13.

(5) $\rightarrow Y_{46} = \frac{1}{2} \cdot \frac{Z_{\text{pot} \rightarrow 6}}{\cos \theta_{10} + \sin \theta_{10}} \rightarrow Y_{46} = \frac{1}{2} \cdot \frac{25}{\cos 30 + \sin 30} = 9,15 \text{ N}$

(4) $\rightarrow Z_{56} = -Y_{46} \cdot \sin \theta_{10} + Z_{\text{pot} \rightarrow 6} = 0 \rightarrow Z_{56} = -9,15 \cdot \sin 30 + 25 = 20,4 \text{ N}$

(3) $\rightarrow Y_{56} = -Y_{46} \cdot \cos \theta_{10} \rightarrow Y_{56} = -9,15 \cdot \cos 30 = -7,8 \text{ N}$

Le solide 6 est soumis à 3 forces coplanaires. Ces 3 forces sont concourantes en un point (J) et de somme vectorielle nulle.

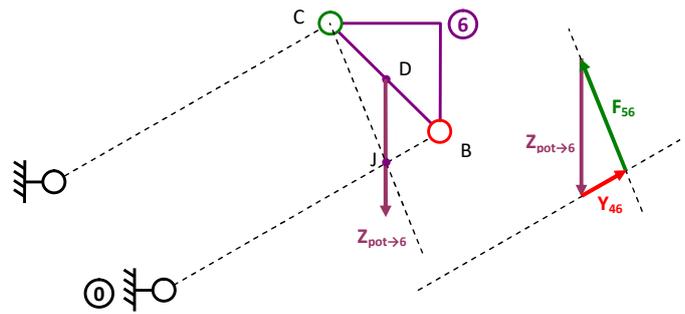
Graphiquement on obtient :

$$Y_{46} = 9,3 \text{ N}$$

$$Z_{56} = -9,15 \cdot \sin 30 + 25 = 21 \text{ N}$$

$$Y_{56} = -8,4 \text{ N}$$

On retrouve bien les ordres de grandeurs de la question précédente. On valide les résultats de la question précédente en tenant compte de la précision de notre construction graphique.



Q.14. On isole 5+1 + BAME :

$$\text{TMS en } O/\bar{x}_0 : C_{\text{mot} \rightarrow 1} + L \cdot Z_{65} \cdot \cos \theta_{10} - L \cdot Y_{65} \cdot \sin \theta_{10} = 0 \quad (7)$$

Q.15. Résolution :

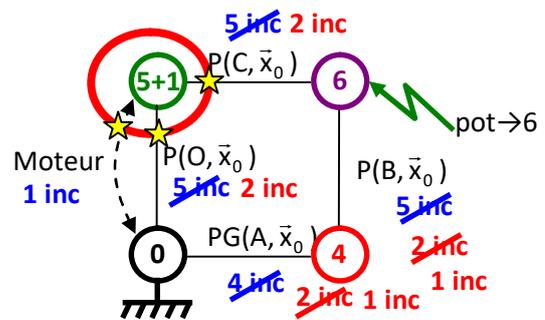
$$(5) \rightarrow Y_{46} = \frac{1}{2} \cdot \frac{Z_{\text{pot} \rightarrow 6}}{\cos \theta_{10} + \sin \theta_{10}}$$

$$(4) \rightarrow Z_{56} = -Y_{46} \cdot \sin \theta_{10} + Z_{\text{pot} \rightarrow 6} = 0$$

$$(3) \rightarrow Y_{56} = -Y_{46} \cdot \cos \theta_{10}$$

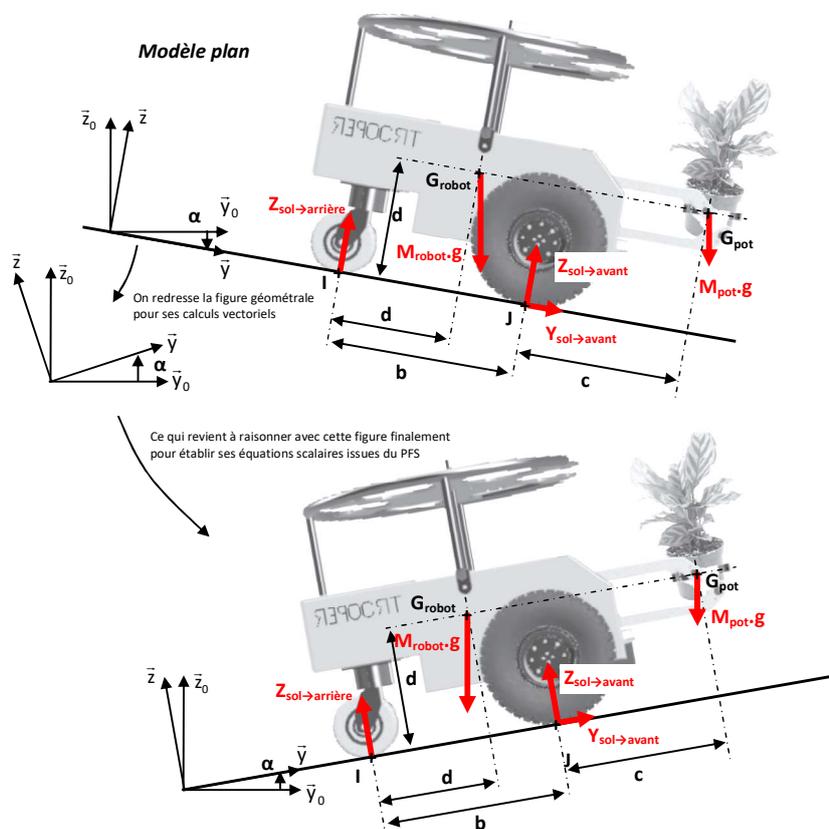
$$(7) \rightarrow C_{\text{mot} \rightarrow 1} = -L \cdot Z_{65} \cdot \cos \theta_{10} + L \cdot Y_{65} \cdot \sin \theta_{10} = -L \cdot (Y_{46} \cdot \sin \theta_{10} - Z_{\text{pot} \rightarrow 6}) \cdot \cos \theta_{10} + L \cdot Y_{46} \cdot \cos \theta_{10} \cdot \sin \theta_{10}$$

$$\rightarrow C_{\text{mot} \rightarrow 1} = L \cdot Z_{\text{pot} \rightarrow 6} \cdot \cos \theta_{10}$$



Configuration la plus défavorable pour $\theta_{10} = 0^\circ$. AN : $C_{\text{mot} \rightarrow 1} = 0,3 \times 25 \times 2 = 15 \text{ N.m} > 12 \text{ N.m} \rightarrow$ moteur un peu juste, il faudrait adapter le réducteur pour soulager le moteur.

Q.16. On isole le robot +BAME. S'il y a basculement on va décharger la roue arrière et à la limite du basculement on aura $Z_{\text{sol} \rightarrow \text{arrière}} = 0$.



Q.17. On applique le PFS au robot au point J avec $Z_{\text{sol} \rightarrow \text{arrière}} = 0$ à la limite du basculement.

$$\text{TMS en } J/\bar{x}_0 : m_{\text{robot}} \cdot g \cdot ((b - d) \cdot \cos \alpha + d \cdot \sin \alpha) + m_{\text{pot_maxi}} \cdot g \cdot (-c \cdot \cos \alpha + d \cdot \sin \alpha) = 0$$

$$\rightarrow m_{\text{pot_maxi}} = m_{\text{robot}} \cdot \frac{(b-d) \cdot \cos \alpha + d \cdot \sin \alpha}{c \cdot \cos \alpha - d \cdot \sin \alpha}$$

$$\text{AN : } m_{\text{pot_maxi}} = 65 \cdot \frac{(45-30) \cdot \cos(-10) + 30 \cdot \sin(-10)}{40 \cdot \cos(-10) - 30 \cdot \sin(-10)} = 14 \text{ kg} > 5 \text{ kg} \rightarrow \text{pas de risque de basculement.}$$

Q.18. On applique le PFS au robot au point J avec $m_{\text{pot}} = 5 \text{ kg}$.

$$\text{TRS} / \vec{y} : Y_{\text{sol} \rightarrow \text{avant}} - (m_{\text{robot}} + m_{\text{pot}}) \cdot g \cdot \sin \alpha = 0 \quad (8)$$

$$\text{TRS} / \vec{z} : Z_{\text{sol} \rightarrow \text{avant}} + Z_{\text{sol} \rightarrow \text{arrière}} - (m_{\text{robot}} + m_{\text{pot}}) \cdot g \cdot \cos \alpha = 0 \quad (9)$$

$$\text{TMS en } J / \vec{x}_0 : m_{\text{robot}} \cdot g \cdot ((b-d) \cdot \cos \alpha + d \cdot \sin \alpha) + m_{\text{pot}} \cdot g \cdot (-c \cdot \cos \alpha + d \cdot \sin \alpha) - b \cdot Z_{\text{sol} \rightarrow \text{arrière}} = 0 \quad (10)$$

$$(8) \rightarrow Y_{\text{sol} \rightarrow \text{avant}} = (m_{\text{robot}} + m_{\text{pot}}) \cdot g \cdot \sin \alpha$$

$$(10) \rightarrow Z_{\text{sol} \rightarrow \text{arrière}} = \frac{M_{\text{robot}} \cdot g \cdot ((b-d) \cdot \cos \alpha + d \cdot \sin \alpha) + m_{\text{pot}} \cdot g \cdot (-c \cdot \cos \alpha + d \cdot \sin \alpha)}{b}$$

$$(9) \rightarrow Z_{\text{sol} \rightarrow \text{avant}} = -Z_{\text{sol} \rightarrow \text{arrière}} + (m_{\text{robot}} + m_{\text{pot}}) \cdot g \cdot \cos \alpha$$

$$\text{AN : } Y_{\text{sol} \rightarrow \text{avant}} = (65 + 5) \cdot 10 \cdot \sin(-10) = -121,5 \text{ N} \rightarrow Y_{\text{sol} \rightarrow \text{avant}} < 0 \text{ cohérent car } \overrightarrow{V_{J, \text{avant} / \text{sol}}} > \vec{0}$$

$$Z_{\text{sol} \rightarrow \text{arrière}} = \frac{65 \times 10 \times ((45-30) \cdot \cos(-10) + 30 \cdot \sin(-10)) + 5 \times 10 \times (-40 \cdot \cos(-10) + 30 \cdot \sin(-10))}{45} = 88,5 \text{ N}$$

$$Z_{\text{sol} \rightarrow \text{avant}} = -88,5 + (65 + 5) \cdot 10 \cdot \cos(-10) = 600,8 \text{ N}$$

Q.19. Pour qu'il y ait glissement il faut que $|Y_{\text{sol} \rightarrow \text{avant}}| = f_s \cdot |Z_{\text{sol} \rightarrow \text{avant}}|$

$$\text{Ici on obtient } \frac{|Y_{\text{sol} \rightarrow \text{avant}}|}{|Z_{\text{sol} \rightarrow \text{avant}}|} = \frac{121,5}{600,8} = 0,2 < f_s = 0,5 \rightarrow \text{pas de glissement !}$$