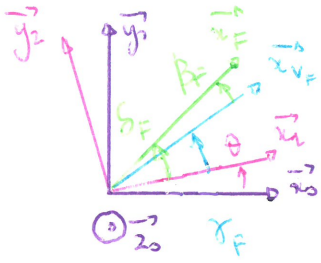


Robotisation du désherbage mécanique des vignes

①. J'écris la fermeture géométrique:

$$\vec{O G_2} + \vec{G_2 F} + \vec{F O} = \vec{0}$$



$$\vec{O G_2} = x_{G_2} \cdot \vec{x_0} + y_{G_2} \cdot \vec{y_0}$$

$$\vec{G_2 F} = L \cdot \vec{n_2}$$

$$\vec{F O} = -x_F \cdot \vec{x_0} - y_F \cdot \vec{y_0}$$

Donc $x_{G_2} \cdot \vec{x_0} + y_{G_2} \cdot \vec{y_0} + L \cdot \vec{n_2} - x_F \cdot \vec{x_0} - y_F \cdot \vec{y_0} = \vec{0}$

En projection sur $\vec{y_0}$, on a directement:

$$y_{G_2} - y_F + L \cdot \sin \theta = 0$$

donc $y_F = y_{G_2} + L \cdot \sin \theta$ (E1)

De la même manière: $y_R = y_{G_2} - L \cdot \sin \theta$ (E2)

on a donc: $y_F - y_R = 2 \cdot L \cdot \sin \theta$

Avec $\sin \theta \geq 0$, on a donc:

$\theta = \frac{y_F - y_R}{2 \cdot L}$ (E3)

Avec l'hypothèse $\theta \ll 1 \text{ rad}$, y_{G_2} et θ s'exprime de manière unique en f° de y_F et y_R . Asservir (y_{G_2}, θ) ou (y_F, y_R) est donc équivalent.

②. $\dot{y}_F = J_{F \in \mathcal{R}/\mathcal{I}_0} \cdot \vec{y_0}$
 $= \sqrt{v_F} \cdot \vec{n}_{v_F} \cdot \vec{y_0}$
 $= \sqrt{v_F} \cdot \cos(\beta_F - \delta_F - \theta + \frac{\pi}{2})$

$\dot{y}_F = -\sqrt{v_F} \cdot \sin(\beta_F - \delta_F - \theta)$

De même: $\dot{y}_R = -\sqrt{v_R} \cdot \sin(\beta_R - \delta_R - \theta)$

$\dot{x}_{G_2} = J_{G_2 \in \mathcal{R}/\mathcal{I}_0} \cdot \vec{x_0} = \sqrt{v_{G_2}} \cdot \vec{n}_{v_{G_2}} \cdot \vec{x_0}$
 $= \sqrt{v_{G_2}} \cdot \cos(-\delta_{G_2} - \theta)$
 $\dot{x}_{G_2} = \sqrt{v_{G_2}} \cdot \cos(\theta + \delta_{G_2})$

$$\begin{aligned}
 \textcircled{3} \text{ On a: } \vec{V}_{G_2 \in \Sigma_{10}} \cdot \vec{n}_2 &= (\vec{J}_{F \in \Sigma_{10}} + \vec{G}_2 \vec{F} \wedge \vec{\Pi}_{210}) \cdot \vec{n}_2 \\
 &= \vec{J}_{F \in \Sigma_{10}} \cdot \vec{n}_2 + [\underbrace{\vec{G}_2 \vec{F} \wedge \vec{\Pi}_{210}}_{= \dots \cdot \vec{n}_2} \cdot \vec{n}_2 \\
 &\quad \underbrace{\quad \quad \quad}_{\perp \vec{n}_2} \\
 &\quad \quad \quad = 0
 \end{aligned}$$

$$\text{donc } \vec{J}_{G_2} \cdot \vec{n}_2 = \vec{J}_F \cdot \vec{n}_2$$

$$\text{De la même manière: } \vec{J}_{G_2} \cdot \vec{n}_2 = \vec{J}_R \cdot \vec{n}_2$$

$$\text{Or } \vec{J}_{G_2} \cdot \vec{n}_2 = \sqrt{G_2} \cdot \vec{n} \cdot \vec{J}_{G_2} \cdot \vec{n}_2 = \sqrt{G_2} \cdot \cos(-\gamma_{G_2}) = \sqrt{G_2} \cdot \cos(\gamma_{G_2})$$

$$\text{et } \vec{J}_F \cdot \vec{n}_2 = \sqrt{F} \cdot \cos(\gamma_F)$$

$$\vec{J}_R \cdot \vec{n}_2 = \sqrt{R} \cdot \cos(\gamma_R)$$

$$\text{D'où } \underline{\sqrt{G_2} \cdot \cos \gamma_{G_2} = \sqrt{F} \cdot \cos \gamma_F = \sqrt{R} \cdot \cos \gamma_R}$$

$$\textcircled{4} \cdot \sqrt{F} = \sqrt{G_2} \cdot \frac{\cos \gamma_{G_2}}{\cos \gamma_F}$$

$$\text{Et } \gamma_{G_2} = \arctan \left[\frac{\tan \gamma_F + \tan \gamma_R}{2} \right]$$

$$\text{Avec } \gamma_F = \delta_F - \beta_F \text{ et } \gamma_R = \delta_R - \beta_R$$

$$\text{D'où } \underline{\sqrt{F} = \sqrt{G_2} \cdot \frac{\cos \left(\arctan \left[\frac{\tan(\delta_F - \beta_F) + \tan(\delta_R - \beta_R)}{2} \right] \right)}{\cos(\delta_F - \beta_F)}}$$

De même:

$$\underline{\sqrt{R} = \sqrt{G_2} \cdot \frac{\cos \left(\arctan \left[\frac{\tan(\delta_F - \beta_F) + \tan(\delta_R - \beta_R)}{2} \right] \right)}{\cos(\delta_R - \beta_R)}}$$

$\textcircled{5}$ Dans le cas prévu, les valeurs absolues présentent l'avantage de ne pas nécessiter d'initialisation. Dès la mise sous tension, le robot est donc opérationnel.

$$\textcircled{6} \text{ On a directement: } \underline{\hat{\beta}_F = \theta + \delta_F - \frac{\dot{y}_F}{\sqrt{G_2}}}$$

$$\underline{\hat{\beta}_R = \theta + \delta_R - \frac{\dot{y}_R}{\sqrt{G_2}}}$$

$$\textcircled{7} \dot{y}_F = \sqrt{G_2} \cdot (\theta + \delta_F - \beta_F) \Rightarrow \frac{dy_F}{dt} = \frac{d\alpha_{G_2}}{dt} \cdot (\theta + \delta_F - \beta_F)$$

On a donc $\frac{dy_F}{dz_{G2}} = \theta + \delta_F - \beta_F$

d'où $y_F' = \theta + \delta_F - \beta_F$

De la même manière $y_R = \sqrt{G_2} \cdot (\theta + \delta_R - \beta_R)$ donne:
 $y_R' = \theta + \delta_R - \beta_R$

On a aussi montré (q.1) que: $\theta = \frac{y_F - y_R}{2.L}$

En dérivant par rapport à z_{G2} , on obtient: $\theta' = \frac{y_F' - y_R'}{2.L}$

⑧ On donne: $y_F'' + K_{dF} \cdot y_F' + K_{pF} \cdot y_F = K_{pF} \cdot y_F^*$

Dans le domaine de Laplace:

$$(p^2 + K_{dF} \cdot p + K_{pF}) \cdot y_F(p) = K_{pF} \cdot y_F^*(p)$$

Donc $\left| \frac{y_F(p)}{y_F^*(p)} = \frac{1}{1 + \frac{K_{dF}}{K_{pF}} \cdot p + \frac{1}{K_{pF}} \cdot p^2} \right.$
 $= \frac{K_F}{1 + \frac{2 \cdot \zeta_F}{\omega_{0F}} \cdot p + \frac{1}{\omega_{0F}^2} \cdot p^2}$

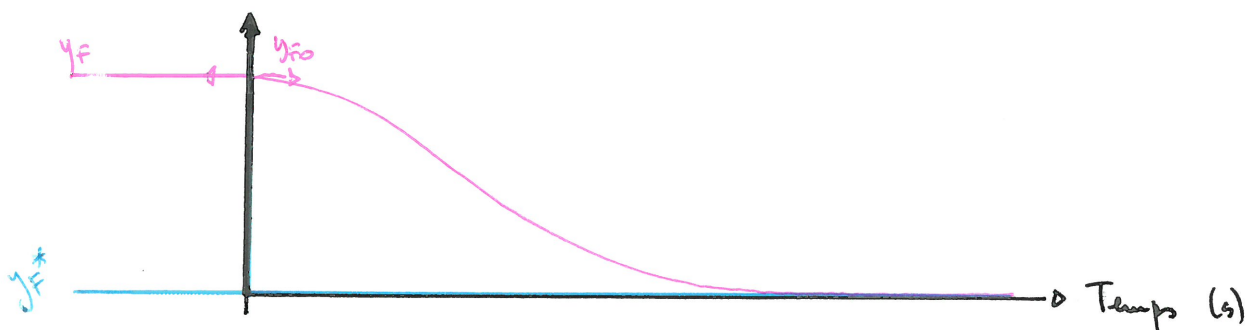
Où $\left| \begin{aligned} K_F &= 1 \\ \omega_{0F} &= \sqrt{K_{pF}} \\ \zeta_F &= \frac{1}{2} \cdot \frac{K_{dF}}{\sqrt{K_{pF}}} \end{aligned} \right.$

Avec $K_{pF} = \frac{K_{dF}^2}{4}$, on a: $\omega_{0F} = \frac{K_{dF}}{2} \approx 2,5 \text{ rad/s}$

et $\zeta_F = 1$. On a choisit cette

valeur pour K_{pF} pour avoir le système le plus rapide ("en espace") et sans dépassement.

Je sais que: $\lim_{t \rightarrow +\infty} y_F(t) = K_F \cdot y_F^* = 0$ et pente à l'origine nulle.



⑨ $x_{F50\%}$ est la distance nécessaire au robot pour atteindre la zone cible avec une précision de 5% de la valeur y_{F0} initiale. $x_{F50\%}$ est en mètres.

Ici $\gamma_F = 1$, donc $\omega_{OF} \cdot x_{F50\%} \approx 5$ donc $x_{F50\%} \approx \frac{5}{\omega_{OF}}$

d'où $x_{F50\%} \approx \frac{10}{K_{dF}} \approx 2 \text{ m}$

Les caps de rigne sont plantés "en ligne" environ tous les mètres. La distance $x_{F50\%}$ doit donc être de l'ordre de grandeur du mètre comme c'est le cas ici.

⑩ a. On a: $y_F' = \theta + \delta_F - \beta_F$

Donc $y_F'' = \theta' + \underbrace{\delta_F' - \beta_F'}_{\approx 0}$

Donc $y_F'' \approx \theta' \approx \frac{y_F' - y_R'}{2.L}$

D'où $y_F'' \approx \frac{1}{2.L} \cdot [\delta_F - \delta_R - \beta_F + \beta_R]$

b. On souhaite que $y_F^* = 0$ donc:

$\frac{1}{2.L} \cdot (\delta_F - \delta_R - \beta_F + \beta_R) + K_{dF} \cdot y_F' + K_{pF} \cdot y_F = 0$
avec $y_F' = \theta + \delta_F - \beta_F$

$\frac{1}{2.L} \cdot (\delta_F - \delta_R - \beta_F + \beta_R) + K_{dF} \cdot \left(\theta + \delta_F - \beta_F \right) + K_{pF} \cdot y_F = 0$

Donc: $\frac{1 + K_{dF} \cdot 2.L}{2.L} \cdot \delta_F - \frac{1 + K_{dF} \cdot 2.L}{2.L} \cdot \beta_F + \frac{1}{2.L} \cdot (\delta_R - \beta_R)$

$+ \left(\frac{K_{dF}}{2.L} + K_{pF} \right) \cdot y_F - \frac{K_{dF}}{2.L} \cdot y_R = 0$

d'où: $\delta_F = \beta_F + \frac{1}{1 + 2.L \cdot K_{dF}} \cdot (\delta_R - \beta_R) - \frac{K_{dF} + 2.L \cdot K_{pF}}{1 + 2.L \cdot K_{dF}} \cdot y_F + \frac{K_{dF}}{1 + 2.L \cdot K_{dF}} \cdot y_R$

c. $\beta_F = \hat{\beta}_F$: estimée

$\beta_R = \hat{\beta}_R$: "

δ_R : mesurée

y_F, y_R : mesurés

d.

$C_1 = 1$

$C_2 = \frac{1}{1 + 2.L \cdot K_{dF}}$

$C_3 = - \frac{K_{dF} + 2.L \cdot K_{pF}}{1 + 2.L \cdot K_{dF}}$

$C_4 = \frac{K_{dF}}{1 + 2.L \cdot K_{dF}}$

$$(11) \quad \vec{O_1 A} + \vec{AB} + \vec{BO_3} + \vec{O_3 O_1} = \vec{0} \Leftrightarrow -l_1 \cdot \vec{u}_1 - l_4 \cdot \vec{y}_4 + l_3 \cdot \vec{u}_3 - a \cdot \vec{u}_{20} + b \cdot \vec{y}_{20} = \vec{0}$$

On a donc en projetant :

$$\begin{cases} -l_1 \cdot \cos \theta_{10} + l_4 \cdot \sin \theta_{40} + l_3 \cdot \cos \theta_{30} - a = 0 \\ -l_1 \cdot \sin \theta_{10} - l_4 \cdot \cos \theta_{40} + l_3 \cdot \sin \theta_{30} + b = 0 \end{cases}$$

$$(12) \quad \begin{cases} l_3 \cdot \cos \theta_{30} = a + l_1 \cdot \cos \theta_{10} - l_4 \cdot \sin \theta_{40} \\ l_3 \cdot \sin \theta_{30} = -b + l_1 \cdot \sin \theta_{10} + l_4 \cdot \cos \theta_{40} \end{cases}$$

Donc :

$$l_3^2 = (a + l_1 \cdot \cos \theta_{10} - l_4 \cdot \sin \theta_{40})^2 + (-b + l_1 \cdot \sin \theta_{10} + l_4 \cdot \cos \theta_{40})^2$$

En développant, on obtient :

$$\begin{aligned} l_3^2 &= (a + l_1 \cdot \cos \theta_{10})^2 + l_4^2 \cdot \sin^2 \theta_{40} \\ &\quad - 2 \cdot (a + l_1 \cdot \cos \theta_{10}) \cdot l_4 \cdot \sin \theta_{40} \\ &\quad + (-b + l_1 \cdot \sin \theta_{10})^2 + l_4^2 \cdot \cos^2 \theta_{40} \\ &\quad + 2 \cdot (-b + l_1 \cdot \sin \theta_{10}) \cdot l_4 \cdot \cos \theta_{40} \end{aligned}$$

Donc :

$$\begin{aligned} l_4^2 - l_3^2 + (a + l_1 \cdot \cos \theta_{10})^2 + (-b + l_1 \cdot \sin \theta_{10})^2 &= f_1(\theta_{10}) \\ &= f_2(\theta_{10}) \\ &= f_3(\theta_{10}) = 0 \end{aligned}$$

$$(13) \quad P_{\text{sol} \rightarrow 40} = \vec{F}_{\text{sol} \rightarrow \text{lame}} \cdot \vec{J}_{B \in \text{lame} / 0} \quad (\text{glisseur})$$

$$= -F_{\text{sol}} \cdot \vec{u}_4 \cdot (V_{\text{amax}} \cdot \vec{u}_0)$$

$$P_{\text{sol} \rightarrow 40} = -F_{\text{sol}} \cdot V_{\text{amax}} \cdot \cos(\alpha_4 + \theta_{40})$$

En position moyenne : $P_{\text{sol} \rightarrow 40}^{\text{moy}} = -F_{\text{sol}} \cdot V_{\text{amax}} \cdot \cos(\alpha_4 + \overset{0,18 \text{ rad}}{\theta_{40}^{\text{moy}}})$

" " déployée : $\theta_{40} = 0 \text{ rad}$

$$\text{On a donc } \underline{\Delta \% P_{\text{sol} \rightarrow 40}} = \left| \frac{\cos(\alpha_4 + \theta_{40}^{\text{moy}}) - \cos \alpha_4}{\cos(\alpha_4 + \theta_{40}^{\text{moy}})} \right| \underline{\geq 18 \%}$$

On obtient : $\Delta \% P_{\text{sol} \rightarrow 40} > \underline{15\%}$ ce qui permet de valider l'exigence étudiée.

14) Calculons :

$$\begin{aligned} \vec{T}_{G_4, 4/2} \cdot \vec{z}_2 &= \left[\vec{I}_{G_4, 4} \cdot \vec{\Omega}_{4/2} \right] \cdot \vec{z}_2 + (M_4 \cdot \cancel{\vec{G}_4 \vec{G}_4} \wedge \vec{J}_{G_4 \in 4/0}) \cdot \vec{z}_2 \\ &= \underline{\underline{I_{zz} \cdot \dot{\theta}_{40}}} \end{aligned}$$

$$T_{4/2} = \frac{1}{2} \cdot \{ V_{4/2} \} \otimes \{ C_{4/2} \}$$

$$= \frac{1}{2} \cdot \left\{ \begin{array}{c} \vec{I}_{4/2} \\ \vec{J}_{G_4 \in 4/2} \end{array} \right\}_{G_4} \otimes \left\{ \begin{array}{c} \vec{P}_{4/2} \\ \vec{J}_{G_4, 4/2} \end{array} \right\}_{G_4} = M_4 \cdot \vec{J}_{G_4 \in 4/2}$$

$$\underline{\underline{T_{4/2} = \frac{1}{2} \cdot I_{zz} \cdot \dot{\theta}_{40}^2 + \frac{1}{2} \cdot M_4 \cdot \sqrt{G}^2}}$$

15) $\vec{J}_{G_4 \in 4/2} = \vec{J}_{G_4 \in 4/1} + \vec{J}_{G_4 \in 1/0}$

$$\begin{aligned} \text{ou } \vec{J}_{G_4 \in 4/1} &= \vec{J}_{A \in 4/1} + \vec{G}_4 \vec{A} \wedge \vec{\Omega}_{4/1} \\ &= - (x_{G_4} \cdot \vec{n}_4 + y_{G_4} \cdot \vec{y}_4) \wedge ((\dot{\theta}_{40} - \dot{\theta}_{10}) \cdot \vec{z}_4) \\ &= + x_{G_4} \cdot (\dot{\theta}_{40} - \dot{\theta}_{10}) \cdot \vec{y}_4 - y_{G_4} \cdot (\dot{\theta}_{40} - \dot{\theta}_{10}) \cdot \vec{x}_4 \\ \vec{J}_{G_4 \in 1/0} &= \cancel{\vec{J}_{G_4 \in 1/0}} + \vec{G}_4 \vec{O}_1 \wedge \vec{\Omega}_{1/0} \\ &= - (x_{G_4} \cdot \vec{n}_4 + y_{G_4} \cdot \vec{y}_4 - l_1 \cdot \vec{n}_1) \wedge (\dot{\theta}_{10} \cdot \vec{z}_{40}) \\ &= + x_{G_4} \cdot \dot{\theta}_{10} \cdot \vec{y}_4 - y_{G_4} \cdot \dot{\theta}_{10} \cdot \vec{x}_4 - l_1 \cdot \dot{\theta}_{10} \cdot \vec{y}_1 \end{aligned}$$

D'ou :

$$\underline{\underline{\vec{J}_{G_4 \in 4/2} = x_{G_4} \cdot \dot{\theta}_{40} \cdot \vec{y}_4 - y_{G_4} \cdot \dot{\theta}_{40} \cdot \vec{x}_4 - l_1 \cdot \dot{\theta}_{10} \cdot \vec{y}_1}}$$

16)

def ktheta(theta40, theta10):

resultat = []

for i in range(1, len(theta10)):

res = (theta10[i] - theta10[i-1])

/(theta40[i] - theta40[i-1])

resultat.append(res)

return resultat

On remarque que :

$$k_{\theta}(\theta_{40}) = \frac{\dot{\theta}_{10}}{\dot{\theta}_{40}} = \frac{d\theta_{10}/dt}{d\theta_{40}/dt}$$

$$= \frac{d\theta_{10}}{d\theta_{40}}$$

(17) On a donc:

$$T_{4/2} = \frac{1}{2} \cdot \left[I_{zz} + M_4 \cdot (d(\theta_{40}))^2 \right] \cdot \dot{\theta}_{40}^2$$

(18) $\cdot P_{5 \leftarrow 6} = P_{6 \rightarrow 5/6}$
 $= - F_{\text{mot}} \cdot \vec{n}_5 \cdot \left(\vec{J}_{P \in 5/6} \right)^{\text{mot}}$

$$= - F_{\text{mot}} \cdot \vec{n}_5 \cdot (- \dot{\lambda} \cdot \vec{n}_5)$$

$$\underline{P_{5 \leftarrow 6} = F_{\text{mot}} \cdot \dot{\lambda}}$$

$\cdot P_{\text{sol} \rightarrow 4/2} = \vec{F}_{\text{sol} \rightarrow 4} \cdot \vec{J}_{B \in 4/2}$

$$= - F_{\text{sol}} \cdot \vec{u}_4 \cdot ?$$

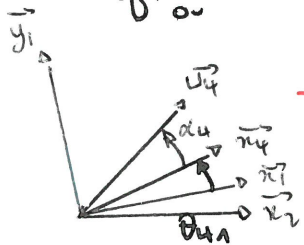
$$\vec{J}_{B \in 4/2} = \vec{J}_{B \in 4/1} + \vec{J}_{B \in 1/2}$$

■ $\vec{J}_{B \in 4/1} = \vec{J}_{A \in 4/1} + \vec{BA} \wedge \vec{L}_{4/1}$
 $= l_4 \cdot \vec{y}_4 \wedge (\dot{\theta}_{40} - \dot{\theta}_{10}) \cdot \vec{z}_4$
 $= l_4 \cdot (\dot{\theta}_{40} - \dot{\theta}_{10}) \cdot \vec{n}_4$

■ $\vec{J}_{B \in 1/2} = \vec{J}_{O_1 \in 1/2} + \vec{BO}_1 \wedge \vec{L}_{1/2}$
 $= (l_4 \cdot \vec{y}_4 + l_1 \cdot \vec{n}_1) \wedge (\dot{\theta}_{10} \cdot \vec{z}_{41})$
 $= l_4 \cdot \dot{\theta}_{10} \cdot \vec{z}_4 - l_1 \cdot \dot{\theta}_{10} \cdot \vec{y}_1$

donc $\vec{J}_{B \in 4/2} = l_4 \cdot \dot{\theta}_{40} \cdot \vec{n}_4 - l_1 \cdot \dot{\theta}_{10} \cdot \vec{y}_1$

$D'01$ $P_{\text{sol} \rightarrow 4/2} = - F_{\text{sol}} \cdot \vec{u}_4 \cdot (l_4 \cdot \dot{\theta}_{40} \cdot \vec{n}_4 - l_1 \cdot \dot{\theta}_{10} \cdot \vec{y}_1)$
 $= - F_{\text{sol}} \cdot l_4 \cdot \dot{\theta}_{40} \cdot \cos \alpha_4$
 $+ F_{\text{sol}} \cdot l_1 \cdot \dot{\theta}_{10} \cdot \sin(\alpha_4 + \theta_{41})$



$$\vec{u}_4 \cdot \vec{y}_1 = \cos(-\alpha_4 - \theta_{41} + \frac{\pi}{2})$$

$$= \sin(\alpha_4 + \theta_{41})$$

(19) Avec $\dot{\theta}_{40} = k_1(\theta_{40}) \cdot \dot{\lambda}$, on obtient:

$$T_{4/2} = \frac{1}{2} \cdot \left[(I_{zz} + M_4 \cdot (d(\theta_{40}))^2) \cdot (k_1(\theta_{40}))^2 \right] \cdot \dot{\lambda}^2$$

$= M_{\text{eq}}$

20. J'isole l'ensemble $\Sigma = \{1, 4, 5, 6\}$ dont le bilan des puissances est le suivant :

Prnt : $P_{S \rightarrow 6} = F_{\text{mot}} \cdot \dot{\lambda}$

Autres puissances nulle si liaisons parfaites

Pext : $P_{\text{pdo} \rightarrow \Sigma, 10} = 0$ car vitesses perpendiculaires à $\vec{g}$.

$P_{\text{sol} \rightarrow 4, 10} = \dots$ ($q^\circ 18$)

Autres puissances nulles.

Le th. de l'énergie cinétique permet d'écrire :

$$F_{\text{mot}} \cdot \dot{\lambda} + P_{\text{sol} \rightarrow 4, 10} = \frac{d}{dt} (T_{4, 10})$$

On fait l'hypothèse que M_{eq} est une constante sinon c'est trop compliqué !

$$F_{\text{mot}} \cdot \dot{\lambda} - F_{\text{sol}} \cdot k_p(\theta_{40}) \cdot \dot{\lambda} = M_{\text{eq}} \cdot \ddot{\lambda}$$

D'où $F_{\text{mot}} = M_{\text{eq}} \cdot \ddot{\lambda} + F_{\text{sol}} \cdot k_p(\theta_{40})$

On a : $F_{\text{sol}} = F_{\text{dmax}} = 5 \cdot 10^3 \text{ N}$

$M_{\text{eq}} \approx 310 \text{ kg}$

$k_p(\theta_{40}) \approx 2,8$

État 1: $\ddot{\lambda} = 12 \text{ m/s}^2$ donc $F_{\text{mot}} \approx 18600 \text{ N}$

État 2: $\ddot{\lambda} = -10 \text{ m/s}^2$ " $F_{\text{mot}} \approx 12000 \text{ N}$

L'état 1 est donc plus critique.

21

Référence

1

2

3

4

Effort maxi $> 18600 \text{ N}$

✓

✓

✓

✓

Vitesse maxi $> 12 \text{ m/s}$

$\ddot{\lambda} \times \Delta t$

"

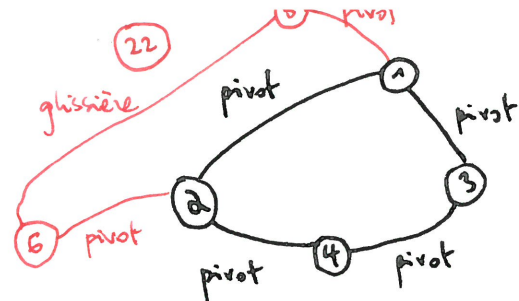
INAPTES

✓

Course

?

Seul le vérin 4 pourrait convenir sous réserve que la course soit suffisante.



m: 24

$$h = E_c - I_c + m$$

$$m = 1$$

$$E_c = 6$$

$$I_c = 4$$

donc $h = 3$: le mécanisme est hyperstatique. On pourra ainsi avoir une bonne rigidité.

23

$$m' = 1$$

$$E_c' = 12$$

$$I_c' = 7$$

donc $h' = 6$: il faudrait avoir $h' = h$ pour que le montage des vérins soit isostatique.

Je modifie les liaisons 1-5 et 2-6 par des liaisons rotules.

On a donc :

$$m'' = 2$$

$$E_c'' = 12$$

$$I_c'' = 11$$

donc $h'' = h = 3$: le montage des vérins est bien isostatique.

24

$$\left. \frac{V(p)}{V_{\text{sans } p}} \right|_{F_{\text{ext}}=0} = H(p) = \frac{K_p \cdot K_{\text{verin}} \cdot \frac{1}{\Pi_{\text{eq}} \cdot p}}{1 + K_p \cdot K_{\text{verin}} \cdot \frac{1}{\Pi_{\text{eq}} \cdot p}}$$

$$= \frac{K_p \cdot K_{\text{verin}}}{K_p \cdot K_{\text{verin}} + \Pi_{\text{eq}} \cdot p}$$

$$H(p) = \frac{1}{1 + \frac{\Pi_{\text{eq}}}{K_p \cdot K_{\text{verin}}} \cdot p}$$

25

et. Je calcule :

$$E_t = \lim_{t \rightarrow +\infty} \dot{\lambda}_{\text{cons}}(t) - \dot{\lambda}(t)$$

$$= \lim_{p \rightarrow 0^+} p \cdot (V_{\text{cons}}(p) - V(p))$$

range de pente a_0

$$V_{\text{cons}}(p) = \frac{a_0}{p^2}$$

et $V(p) = H(p) \cdot V_{\text{cons}}(p)$
en l'absence de perturbation

$$\begin{aligned} \varepsilon_t &= \lim_{p \rightarrow 0^+} p \cdot (1 - H(p)) \cdot \frac{a_0}{p^2} \\ &= \lim_{p \rightarrow 0^+} \frac{a_0}{p} \cdot \frac{\frac{M_{eq}}{K_p \cdot K_{uerin}} \cdot p}{1 + \frac{M_{eq}}{K_p \cdot K_{uerin}} \cdot p} \end{aligned}$$

$$\boxed{\varepsilon_t = a_0 \cdot \frac{M_{eq}}{K_p \cdot K_{uerin}} \quad \text{mais } \varepsilon_t \neq 0 \text{ donc } e_1 \text{ n'est pas respectée.}}$$

e2. On a maintenant : $\text{pert}(p) = -\frac{F_{sol} \cdot K_{p14x}}{p}$ (perturbation).

Je calcule :

$$\begin{aligned} H_{\text{pert}}(p) &= \left. \frac{V(p)}{\text{pert}(p)} \right|_{\dot{V}_{\text{cons}}(p) = 0} \\ &= \frac{\frac{1}{M_{eq} \cdot p}}{1 + \frac{1}{M_{eq} \cdot p} \cdot K_p \cdot K_{uerin}} \\ &= \frac{1}{K_p \cdot K_{uerin} + M_{eq} \cdot p} \\ &= \frac{\frac{1}{K_p \cdot K_{uerin}}}{1 + \frac{M_{eq}}{K_p \cdot K_{uerin}} \cdot p} \end{aligned}$$

L'erreur liée à la perturbation est :

$$\begin{aligned} \varepsilon_p &= \lim_{t \rightarrow +\infty} \dot{V}_{\text{cons}}(t) - \dot{V}(t) \\ &= \lim_{p \rightarrow 0^+} p \cdot (V_{\text{cons}}(p) - V(p)) \quad \text{ici } V_{\text{cons}}(p) = 0 \\ &\quad \text{mais } V(p) = H_{\text{pert}}(p) \cdot \text{pert}(p) \\ &= \lim_{p \rightarrow 0^+} -p \cdot H_{\text{pert}}(p) \cdot \text{pert}(p) \\ &= \lim_{p \rightarrow 0^+} H_{\text{pert}}(p) \cdot F_{sol} \cdot K_{p14x} \end{aligned}$$

$$\boxed{\varepsilon_p = \frac{F_{sol} \cdot K_{p14x}}{K_p \cdot K_{uerin}} \quad \text{mais } \varepsilon_p \neq 0 \text{ donc } e_2 \text{ n'est pas respectée.}}$$

②⑥ • Je mesure $y_{G2}^{\max} \approx 1,1 \text{ cm}$ et $y_{G2}^{\min} \approx -0,7 \text{ cm}$

On a donc bien $|y_{G2}| \leq 2 \text{ cm}$, ce qui permet de valider l'exigence 1.1.3.

• Si la vitesse du robot est constante, on a :

$$v_{\text{robot}} \approx \frac{145}{120} \approx 1,2 \text{ m/s} \\ \approx 4,35 \text{ km/h}$$

On a bien $v_{\text{robot}} \leq 5 \text{ km/h}$, l'exigence 1.1.2 est donc bien respectée également.