Numéro d'inscription		Nom :	
Numéro de table		Prénom :	
Né(e) le			

Emplacement QR Code

Filière : PSI

Session : 2022

Épreuve de : Sciences Industrielles de l'Ingénieur

Consignes

- Remplir soigneusement l'en-tête de chaque feuille avant de commencer à composer
- Rédiger avec un stylo non effaçable bleu ou noir
- Ne rien écrire dans les marges (gauche et droite)
- Numéroter chaque page (cadre en bas à droite)
- Placer les feuilles A3 ouvertes, dans le même sens et dans l'ordre

PSI7SI

DOCUMENT RÉPONSE

Ce Document Réponse doit être rendu dans son intégralité.

Q1 - Expression de la largeur ℓ en fonction de γ_1 et de la géométrie

$\ell = 2.(\overrightarrow{I_1A_1}.\overrightarrow{y_0} + r_h)$ et $\overrightarrow{I_1A_1}.\overrightarrow{y_0} = \frac{L_1}{2}.\overrightarrow{x_1}.\overrightarrow{y_0} = \frac{L_1}{2}.\sin\gamma_1$

Donc $\ell = 2.\left(\frac{L_1}{2}.\sin\gamma_1 + r_h\right)$

Q2 - Valeur de la réduction d'envergure A. Conclusion

Pour $\gamma_1 = 90°$, on a $\ell = \ell_{max} = L_1 + 2.r_h \simeq 0{,}26$ m

" $\gamma_1 = 0°$, " " $\ell = \ell_{min} = 2.r_h \simeq 0{,}13$ m

On a donc : $A = 1 - \frac{2.r_h}{L_1 + 2.r_h} \simeq 52\%$

On a bien $A > 50\%$ donc la performance énoncée sera atteinte.

valeur de l'exigence 1.1

Q3 - Mesure des valeurs extrêmes de ℓ_{proj}. Explication des écarts s'ils existent. Conclusion

Je relève : $\ell_{proj}^{max} \simeq 0{,}26$ m. Et donc $\ell_{proj}^{max} \simeq \ell_{max}$

$\ell_{proj}^{min} \simeq 0{,}12$ m. " " $\ell_{proj}^{min} \simeq \ell_{min}$

(espace libre page suivante)

les écarts sont minimes et peuvent être associés à une mauvaise lecture sur la figure 5.

Le drône n'entre pas en collision avec l'obstacle donc l'exigence 1 est respectée.

Q4 - Expression littérale de la vitesse $\vec{V}(P, H1/\mathcal{R}_G)$

$$\vec{V}(P,H_1/R_G) = \vec{V}(P,H_1/1) + \vec{V}(P,1/0) + \underbrace{\vec{V}(P,0/R_G)}_{= V_x \cdot \vec{x_0}}$$

- $\vec{V}(P,H_1/1) = \cancel{\vec{V}(I_1,H_1/1)} + \underbrace{\vec{PI_1}}_{-r_h \cdot \vec{x_{H_1}}} \wedge (\omega_1 \cdot \vec{z_0})$

$$= r_h \cdot \omega_1 \cdot \vec{y_{H_1}}$$

- $\vec{V}(P,1/0) = \cancel{\vec{V}(A_1,1/0)} + \underbrace{\vec{PA_1}}_{-r_h \cdot \vec{x_{H_1}} + \frac{L_1}{2} \cdot \vec{x_1} - \frac{h}{4} \cdot \vec{z_0}} \wedge (\dot{\gamma}_1 \cdot \vec{z_0})$

$$= r_h \cdot \dot{\gamma}_1 \cdot \vec{y_{H_1}} - \frac{L_1}{2} \cdot \dot{\gamma}_1 \cdot \vec{y_1}$$

Donc : $\vec{V}(P,H_1/R_G) = V_x \cdot \vec{x_0} + r_h \cdot (\omega_1 + \dot{\gamma}_1) \cdot \vec{y_{H_1}} - \frac{L_1}{2} \cdot \dot{\gamma}_1 \cdot \vec{y_1}$

Q5 - Configuration où la vitesse est maximale. Valeur V_{max}. Influence de $\dot{\gamma}_1$ sur V_{max}

- La vitesse est maximale lorsque $\vec{y_{H_1}} = \vec{x_0}$ et $\vec{y_1} = -\vec{x_0}$
- Dans ce cas, on a directement :

$$V_{max} = \underbrace{V_x}_{2,5 \text{ m/s}} + \underbrace{r_h \cdot \omega_1}_{89,8 \text{ m/s}} + \underbrace{\left(r_h + \frac{L_1}{2}\right) \cdot \dot{\gamma}_1}_{0,7 \text{ m/s}}$$

$\dot{\gamma}_1 \rightarrow 5,24$ rad/s

$$\simeq 93 \text{ m/s}$$

- On remarque que $V_{max} \simeq \|\vec{V}(P,H_1/1)\|$ et que $V_{max} < 200$ m/s donc l'exigence 4 est respectée.

Q6 - Expression littérale de $\overrightarrow{\delta}(O,1/\mathcal{R}_0)\cdot\overrightarrow{z_0}$. Déduction de $\overrightarrow{\delta}(O,2/\mathcal{R}_0)\cdot\overrightarrow{z_0}$

$\overrightarrow{\delta}(O,1/R_0).\overrightarrow{z_0} = \overrightarrow{\delta}(A_1,1/R_0).\overrightarrow{z_0} + \left[\overrightarrow{OA_1} \wedge \overrightarrow{Rd}_{1/R_0}\right].\overrightarrow{z_0}$

$\hat{m}$ vitesse

et $\overrightarrow{\delta}(A_1,1/R_0).\overrightarrow{z_0} = \frac{d}{dt}\left(\overrightarrow{\sigma}_{A_1,1/R_0}\right)_{R_0}.\overrightarrow{z_0} + \left(m_b.\cancel{\overrightarrow{V}_{A_1/R_0} \wedge \overrightarrow{V}_{A_1\in 1/R_0}}\right).\overrightarrow{z_0}$

$= I_{b2}.\ddot{\gamma}_1$

$\overrightarrow{V}(A_1,1/R_0) = \overrightarrow{0}$ car A_1 sur l'axe de la pivot entre 1 et 0.

$\overrightarrow{Rd}_{1/R_0} = m_b.\frac{d}{dt}\left(\overrightarrow{V}(A_1,1/R_0)\right)_{R_0} = \overrightarrow{0}$

On a donc $\overrightarrow{\delta}(O,1/R_0).\overrightarrow{z_0} = I_{b2}.\ddot{\gamma}_1$ et de même :

$\overrightarrow{\delta}(O,2/R_0).\overrightarrow{z_0} = I_{b2}.\ddot{\gamma}_2$

Q7 - Expression littérale de $\overrightarrow{\delta}(O,H1/\mathcal{R}_0)\cdot\overrightarrow{z_0}$

$\frac{L_0}{2}.\overrightarrow{x_0} + \frac{h}{4}.\overrightarrow{z_0} - \frac{L_1}{2}.\overrightarrow{x_1} + \frac{h}{4}.\overrightarrow{z_0}$ s'annule

$\overrightarrow{\delta}(O,H_1/R_0).\overrightarrow{z_0} = \overrightarrow{\delta}(I_1,H_1/R_0).\overrightarrow{z_0} + \left(\overrightarrow{OI_1} \wedge \overrightarrow{Rd}_{H_1/R_0}\right).\overrightarrow{z_0}$

- $\overrightarrow{\delta}(I_1,H_1/R_0).\overrightarrow{z_0} = \frac{d}{dt}\left(\overrightarrow{\sigma}_{I_1,H_1/R_0}\right)_{R_0}.\overrightarrow{z_0} + \dots$ terme nul

et $\overrightarrow{\sigma}_{I_1,H_1/R_0}.\overrightarrow{z_0} = \left(I_{I_1}(H_1).\overrightarrow{\Omega}_{H_1/R_0}\right).\overrightarrow{z_0}$ + terme nul

$\overrightarrow{\Omega}_{H_1/R_0} = \omega.\overrightarrow{z_0} + \dot{\gamma}_1.\overrightarrow{z_0}$

$= I_{h2}.(\omega + \dot{\gamma}_1)$

cte

donc $\overrightarrow{\delta}(I_1,H_1/R_0).\overrightarrow{z_0} = I_{h2}.(\underbrace{\cancel{\dot{\omega}}}_{=0} + \ddot{\gamma}_1)$

- $\overrightarrow{Rd}_{H_1/R_0} = m_h.\frac{d}{dt}\left(\overrightarrow{V}(I_1,H_1/R_0)\right)_{R_0}$

avec $\overrightarrow{V}(I_1,H_1/R_0) = \cancel{\overrightarrow{V}(I_1,H_1/1)} + \overrightarrow{V}(I_1,1/R_0)$

$= \cancel{\overrightarrow{V}(A_1,1/R_0)} + \overrightarrow{I_1A_1} \wedge (\dot{\gamma}_1.\overrightarrow{z_0})$

$= \left(\frac{L_1}{2}.\overrightarrow{x_1} - \frac{h}{4}.\overrightarrow{z_0}\right) \wedge (\dot{\gamma}_1.\overrightarrow{z_0})$

$= -\frac{L_1}{2}.\dot{\gamma}_1.\overrightarrow{y_1}$ donc $\overrightarrow{Rd}_{H_1/R_0} = -m_h.\frac{L_1}{2}.\ddot{\gamma}_1.\overrightarrow{y_1} + m_h.\frac{L_1}{2}.\dot{\gamma}_1^2.\overrightarrow{x_1}$

$\left[\frac{d\overrightarrow{y_1}}{dt}\right]_{R_0} = -\dot{\gamma}_1.\overrightarrow{x_1}$

et $(\overrightarrow{x_0} \wedge \overrightarrow{y_1}).\overrightarrow{z_0} = \cos\gamma_1$ || $(\overrightarrow{x_0} \wedge \overrightarrow{x_1}).\overrightarrow{z_0} = \sin\gamma_1$

D'où : $\overrightarrow{\delta}(O,H_1/R_0).\overrightarrow{z_0} = \cancel{I_{h2}.\dot{\omega}} + \left(I_{h2} + m_h.\frac{L_1^2}{4} - m_h.\frac{L_0.L_1}{4}.\cos\gamma_1\right).\ddot{\gamma}_1 + m_h.\frac{L_0.L_1}{4}.\dot{\gamma}_1^2.\sin\gamma_1$

Q8 - Déduction de l'expression littérale $\overrightarrow{\delta}(O,H2/\mathcal{R}_0)\cdot\overrightarrow{z_0}$

Il faut substituer L_1 par $\ominus L_1$ donc :

$\overrightarrow{\delta}(O,H_2/R_0).\overrightarrow{z_0} = \cancel{I_{h2}.\dot{\omega}} + \left(I_{h2} + m_h.\frac{L_1^2}{4} + m_h.\frac{L_0.L_1}{4}.\cos\gamma_1\right).\ddot{\gamma}_1 - m_h.\frac{L_0.L_1}{4}.\dot{\gamma}_1^2.\sin\gamma_1$

Q9 - Expression de $\vec{\delta}(O,\Sigma/\mathcal{R}_0)\cdot\vec{z_0}$. Expression de la constante I_{eq}

En additionnant les moments dynamiques :

$$\vec{\delta}(O,\Sigma/R_0)\cdot\vec{z_0} = 2.I_{hz}.\ddot{\gamma}_2 + 2.m_h.\left(\frac{L_1}{2}\right)^2.\ddot{\gamma}_2 + I_{bz}.\ddot{\gamma}_2$$
$$+ 2.I_{hz}.\ddot{\gamma}_1 + 2.m_h.\left(\frac{L_1}{2}\right)^2.\ddot{\gamma}_1 + I_{bz}.\ddot{\gamma}_1$$
$$= 2.I_{eq}.(\ddot{\gamma}_1 + \ddot{\gamma}_2)$$

où $I_{eq} = I_{hz} + m_h.\left(\frac{L_1}{2}\right)^2 + \frac{1}{2}.I_{bz}$

Q10 - Justification du choix de conception : $\gamma_2 = \pi - \gamma_1$

Si $\gamma_2 = \pi - \gamma_1$ on a alors $\ddot{\gamma}_2 = -\ddot{\gamma}_1$ et donc

$\vec{\delta}(O,\Sigma/R_0)\cdot\vec{z_0} = 0$ ce qui correspond à l'exigence 1.1.1.

Q11 - Simplification de $\mathbb{I}_\Sigma(O)$. Justification

Σ présente une symétrie matérielle par rapport au plan $(O,\vec{y_0},\vec{z_0})$,

on aura donc $\int_{M\in\Sigma} x.y.dm = \int_{M\in\Sigma} x.z.dm$.

Donc $\underline{\underline{I_\Sigma}}(O) = \begin{pmatrix} I_{\Sigma x} & 0 & 0 \\ 0 & I_{\Sigma y} & I_{\Sigma yz} \\ 0 & I_{\Sigma yz} & I_{\Sigma z} \end{pmatrix}_{(O,B_0)}$

Q12 - Variation maximale des moments d'inertie. Conclusion

Je mesure : $\Delta I_{\Sigma x}^{max} \simeq 84.10^{-6}\ kg.m^2$

et $I_{\Sigma x}(90°) = 5,3.10^{-4}\ kg.m^2$

Donc $\left.\frac{\Delta I_{\Sigma x}}{I_{\Sigma x}(90°)}\right|_{max} \simeq 16\ \%$

De même : $\Delta I_{\Sigma y}^{max} \simeq 84.10^{-6}\ kg.m^2$ donc $\left.\frac{\Delta I_{\Sigma y}}{I_{\Sigma y}(90°)}\right|_{max} \simeq 4,3\%$

$I_{\Sigma y}(90°) \simeq 1,96.10^{-3}\ kg$

L'inertie sera peu modifiée. Déplier les hélices augmente surtout l'inertie autour de l'axe $(O,\vec{x_0})$.

Numéro d'inscription		Nom :
Numéro de table		Prénom :
Né(e) le		

Emplacement QR Code

Filière : PSI

Session : 2022

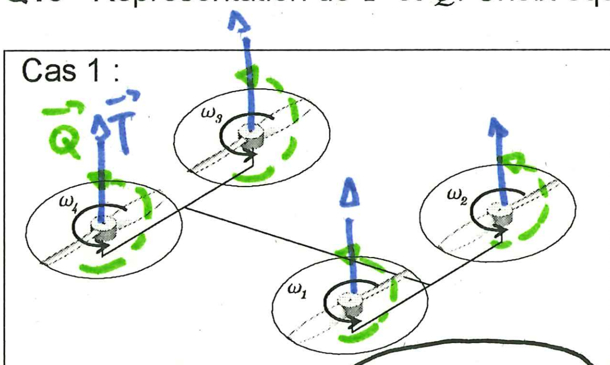
Épreuve de : Sciences Industrielles de l'Ingénieur

Consignes

- Remplir soigneusement l'en-tête de chaque feuille avant de commencer à composer
- Rédiger avec un stylo non effaçable bleu ou noir
- Ne rien écrire dans les marges (gauche et droite)
- Numéroter chaque page (cadre en bas à droite)
- Placer les feuilles A3 ouvertes, dans le même sens et dans l'ordre

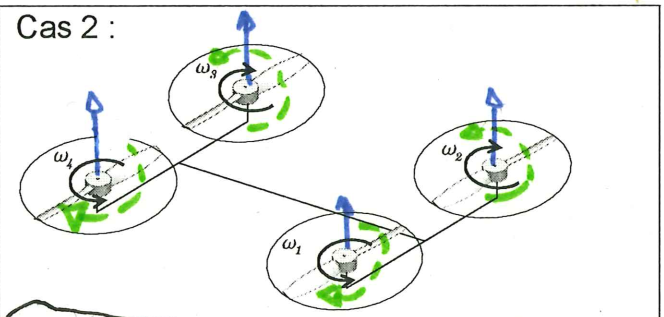
Q13 - Représentation de $\vec{T}$ et $\vec{Q}$. Choix équilibre ou non

Cas 1 :



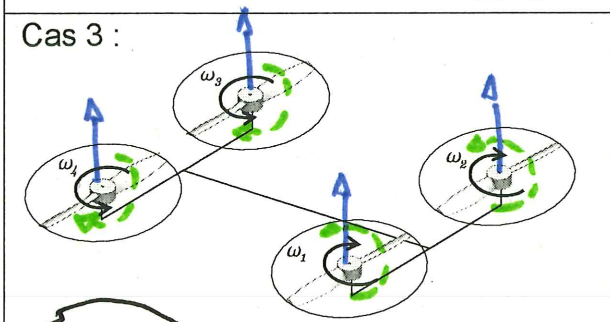
À l'équilibre — Non à l'équilibre

Cas 2 :



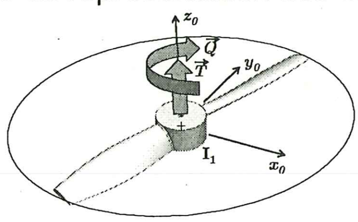
À l'équilibre — Non à l'équilibre

Cas 3 :



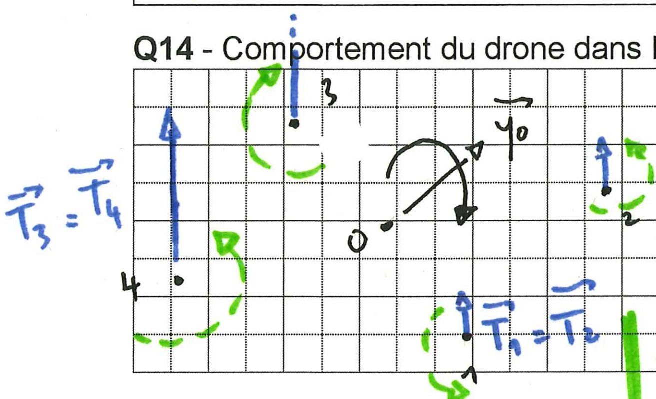
À l'équilibre — Non à l'équilibre

Compléter chacun des cas en représentant les actions mécaniques $\vec{T}$ et $\vec{Q}$.
Exemple de représentation des efforts :



Pour l'équilibre, entourer la bonne réponse.

Q14 - Comportement du drone dans le cas proposé. Justification



On a : $\vec{T_3} = \vec{T_4}$ et $\vec{T_1} = \vec{T_2}$

et $\|\vec{T_3}\| > \|\vec{T_1}\|$

Les moments $\vec{Q_i}$ se compensent.

Donc le drone va s'incliner en tournant autour de $(O, \vec{y_0})$ dans le sens positif.

Q15 - Expression du torseur de l'action de l'air sur $H1$ au point O dans la base $\mathcal{B}_0$

On a : $\{T_{Air \to H_1}\} = {}_{I_1}\left\{ \begin{array}{l} \vec{T} = T.\vec{z_0} \\ \vec{Q} = -Q.\vec{z_0} \end{array} \right.$

$\frac{L_0}{2}.\vec{x_0} + \frac{h}{4}.\vec{z_0} - \frac{L_1}{2}.\vec{x_1} + \frac{h}{4}.\vec{z_0}$

Calculons : $\vec{M}_{O, Air \to H_1} = \vec{M}_{I_1, Air \to H_1} + \overrightarrow{OI_1} \wedge (T.\vec{z_0})$

$= -Q.\vec{z_0} - \frac{L_0}{2}.T.\vec{y_0} + \frac{L_1}{2}.T.\vec{y_1}$

Où $\vec{y_1} = \cos\gamma_1.\vec{y_0} - \sin\gamma_1.\vec{x_0}$

$C_Q.\omega_1^2$ $\quad$ $C_T.\omega_1^2$

$\vec{M}_{O, Air \to H_1} = -Q.\vec{z_0} - \frac{L_1}{2}.T.\sin\gamma_1.\vec{x_0} + \left(\frac{L_1}{2}.\cos\gamma_1 - \frac{L_0}{2}\right).T.\vec{y_0}$

Donc : $\vec{M}_{O, Air \to H_1} = -\frac{L_1}{2}.C_T.\omega_1^2.\sin\gamma_1.\vec{x_0} + (L_1.\cos\gamma_1 - L_0).\frac{C_T}{2}.\omega_1^2.\vec{y_0} - C_Q.\omega_1^2.\vec{z_0}$

Q16 - Valeur du moment quand γ_1 est nul. Conclusion

Pour $\gamma_1 = 0°$, on a : $\sum \vec{M}_{O, air \to H_i} . \vec{x_0} = 0$ on a également $\left\{ \begin{array}{l} \sum \vec{M}_{O, air \to H_i} . \vec{y_0} = 0 \\ \sum \vec{M}_{O, air \to H_i} . \vec{z_0} = 0 \end{array} \right.$

Il y a équilibre sur les moments donc l'attitude du drone ne sera pas modifiée.

ORIENTATION

~~**Q17** - Degré d'hyperstatisme du modèle proposé. Justification~~

⚠ ATTITUDE ≠ ALTITUDE

Q18 - Contrainte(s) géométrique(s) à respecter

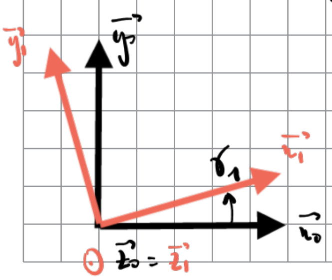
Q19 - Modification et schéma du modèle pour le rendre isostatique. Justification

Q20 - Fermeture vectorielle sous la forme $L_{c1}(\theta)\overrightarrow{x_{c1}} = ...$

$\overrightarrow{OC_1} + \overrightarrow{C_1B_1} + \overrightarrow{B_1A_1} + \overrightarrow{A_1O} = \vec{0} \Leftrightarrow R_1.\vec{y_0} + L_{c1}(\theta).\vec{x_{c1}} + a_1.\vec{x_1} - \frac{L_0}{2}.\vec{x_0} = \vec{0}$

Et donc : $L_{c1}(\theta).\vec{x_{c1}} = \frac{L_0}{2}.\vec{x_0} - a_1.\vec{x_1} - R_1.\vec{y_0}$

Q21 - Expression de $L_{c1}^2(\theta)$ sous la forme proposée. Expression des constantes A, B et C



Donc : $L_{c1}^2(\theta) = \left[\frac{L_0}{2}.\vec{x_0} - a_1.\vec{x_1} - R_1.\vec{y_0}\right]^2$

$L_{c1}^2(\theta) = \underbrace{\frac{L_0^2}{4} + a_1^2 + R_1^2}_{C} \overbrace{- a_1.L_0}^{A}.\cos\gamma_1 + \underbrace{2.a_1.R_1}_{B}.\sin\gamma_1$

$A = -a_1.L_0$ et $C = \frac{L_0^2}{4} + a_1^2 + R_1^2$

$B = 2.a_1.R_1$

Q22 - Valeurs approchées de L_{c1}^{init} et L_{c1}^{final}. Valeur approchée de $\Delta\theta$

$L_{c1}^{init} = L_{c1}(\theta = 0°) = L_{c1}(\gamma_1 = 90°) = \sqrt{C+B} \simeq \sqrt{26\ 500}$ mm $\simeq \overbrace{\sqrt{25}}^{\sim 5}.\overbrace{\sqrt{1000}}^{\sim 30}$ mm

$\simeq 150$ mm

$L_{c1}^{final} = L_{c1}(\theta = \Delta\theta) = L_{c1}(\gamma_1 = 0°) = \sqrt{C+A} \simeq \sqrt{10\ 900}$ mm $\simeq 100$ mm

Donc : $\Delta L_{c1} \simeq 50$ mm or $L_{c1} = R_1.\Delta\theta$ (enroulement)

Et donc : $\Delta\theta \simeq \frac{50 \text{ mm}}{30 \text{ mm}} \simeq 1{,}8 \text{ rad} \times \underbrace{\frac{180°}{\pi \text{ rad}}}_{\sim 60°/\text{rad}} \simeq 108°$

$1{,}8 \times 6 = 4{,}8 + 6 = 10{,}8$

$5 \,|\, 3$; -3 ; 20 ; -18 ; 2 ; $1{,}6$

Q23 - Valeur approchée de R_2

Je relève $R_2 \simeq 23$ mm pour $f(R_2) = 0$.

Q24 - Critères de performance en dépliement et repliement. Conclusion

Temps de dépliement / repliement $\simeq 0,25$ s (repliement) < 300 ms
$\simeq 0,32$ s (dépliement) > 300 ms

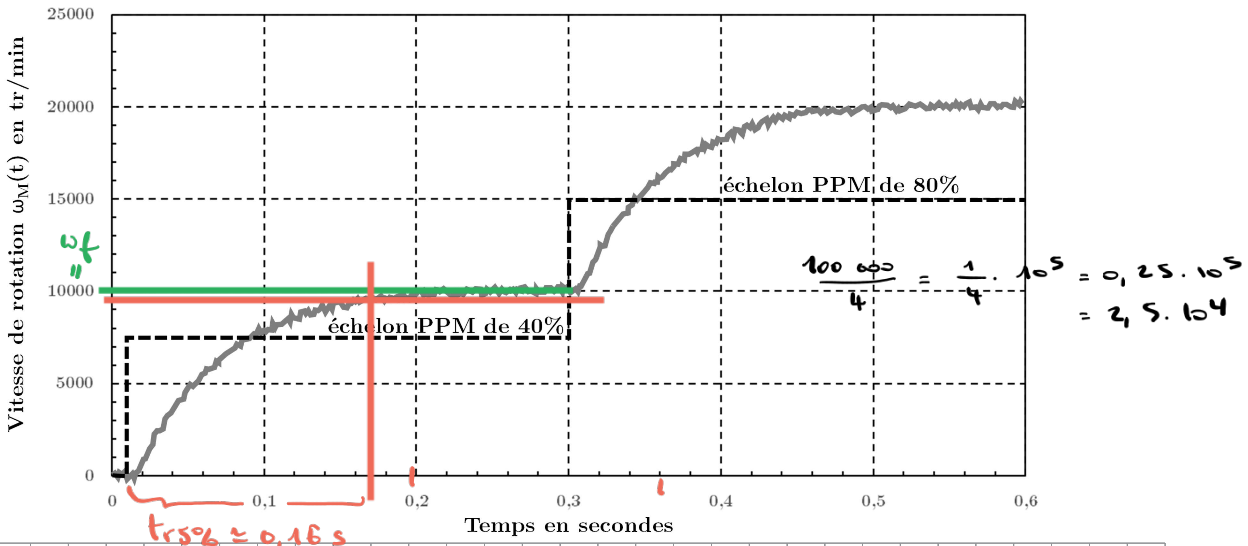
Donc : le dépliement est légèrement trop lent (OK pour le repliement)

La précision à $+/- 2°$ semble être respectée.

Difficile de conclure quantitativement sur les autres critères...

Q25 - Explication sources des oscillations

Q26 - Justification du modèle. Tracé et identification



La réponse à un échelon (ici de tension) : • a une pente à l'origine non-nulle,
• ne présente pas de dépassements,
• tend vers une valeur finie.

Les raisons justifient bien une fonction de transfert de la forme :

$H_{mot}(p) = \dfrac{K_m}{1 + T_m \cdot p}$ où $\omega_f = K_m \cdot \upsilon_0$ ($\omega_f \simeq 10 \cdot 10^3$ tr/min et $\upsilon_0 = 0,4$)

donc $K_m \simeq 2,5 \cdot 10^4$ (tr/min)/1

et $T_m = t_{r5\%}/3$ où $t_{r5\%} \simeq 0,16$ s $\simeq 0,15$ s

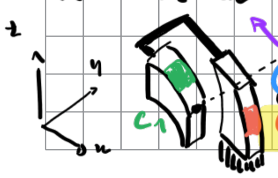
donc $T_m \simeq 50$ ms

Consignes
- Remplir soigneusement l'en-tête de chaque feuille avant de commencer à composer
- Rédiger avec un stylo non effaçable bleu ou noir
- Ne rien écrire dans les marges (gauche et droite)
- Numéroter chaque page (cadre en bas à droite)
- Placer les feuilles A3 ouvertes, dans le même sens et dans l'ordre

Q27 - Justification du décalage d_y. Identification des capteurs C_1, C_2 permettant de mesurer T ou Q

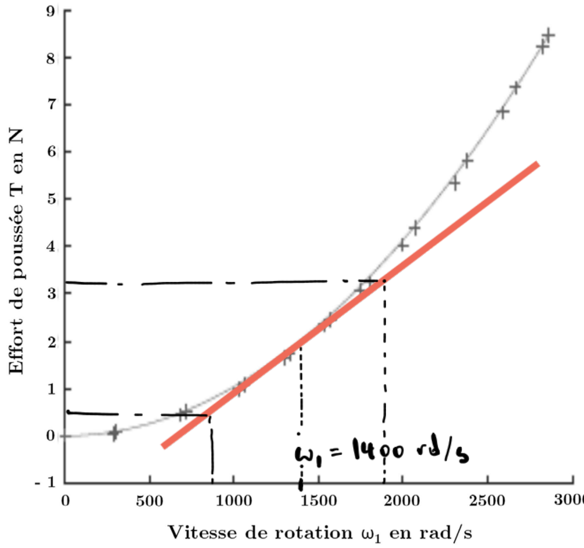
Un tel capteur mesure la déformat° en flexion du corps d'épreuve :

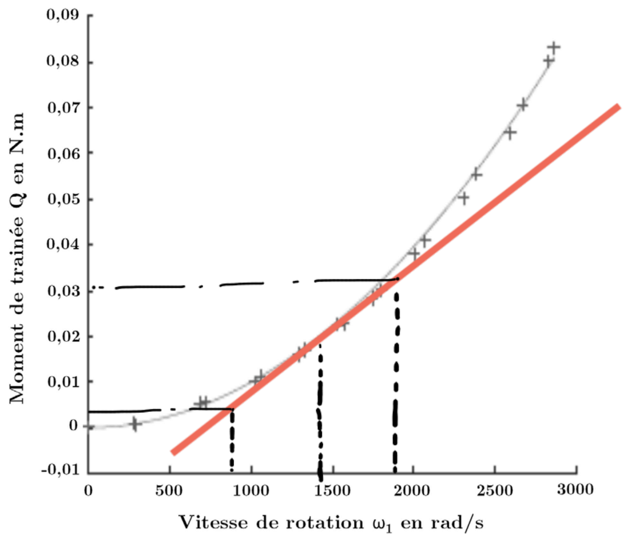
Donc lors de l'essai : C_1 : mesure le moment de traînée et ce capteur ne se déformera que s'il existe une distance $d_y \neq 0$.



C_2 : mesure la force de poussée

Q28 - Linéarisation autour du point de fonctionnement : ΔT et ΔQ en fonction de $\Delta\omega$



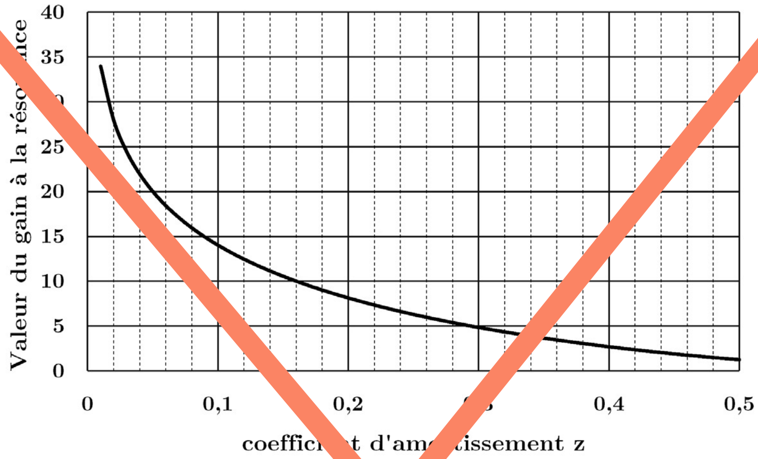


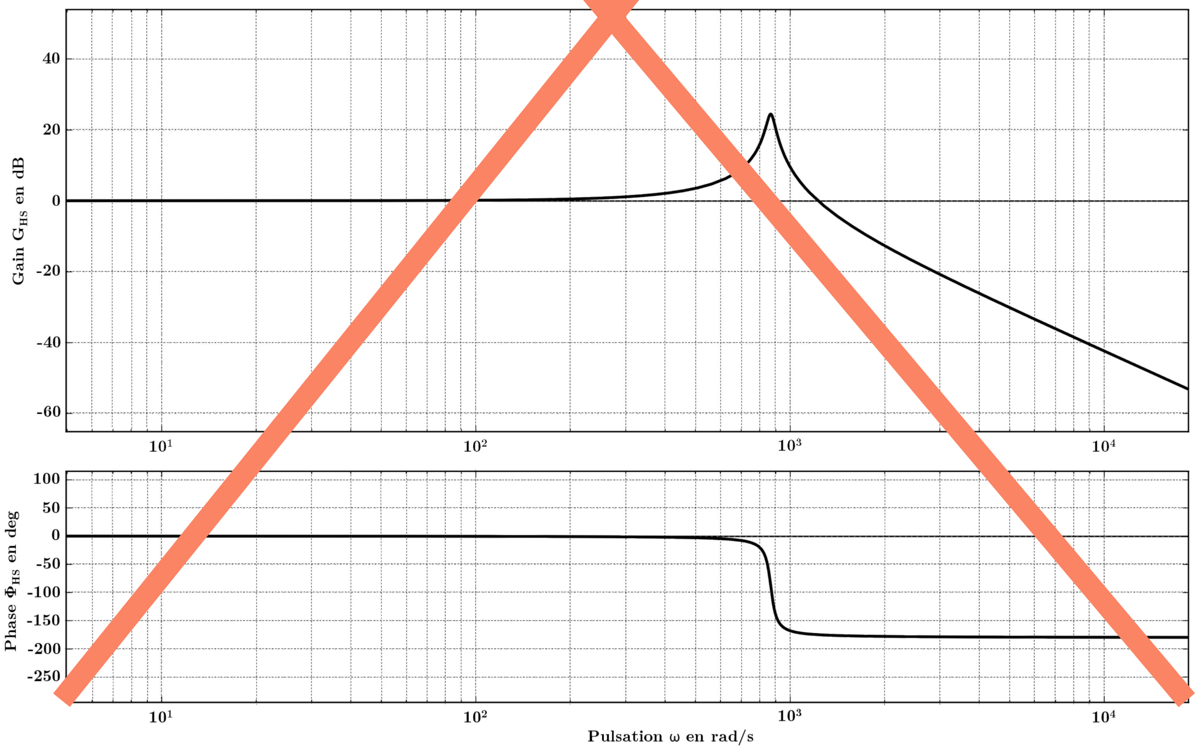
Je propose : $\Delta T = k_T \cdot \Delta\omega_1$ où $k_T \simeq \dfrac{3{,}2 - 0{,}5\ (N)}{1000\ rd/s} \simeq 2{,}7 \cdot 10^{-3}\ N/(rd/s)$

et $\Delta Q = k_Q \cdot \Delta\omega_1$ où $k_Q \simeq \dfrac{0{,}03 - 0{,}003\ (N.m)}{1000\ rd/s} \simeq 2{,}7 \cdot 10^{-5}\ N.m/(rd/s)$

NE RIEN ÉCRIRE DANS CE CADRE

Q29 - Justification du modèle. Identification des valeurs en laissant les tracés sur la figure





Diagrammes de Bode

Q30 - Tracé de H_{BO} sur la figure précédente. Justification

Q31 - Justification de la stabilité à l'aide de la figure précédente. Conclusion

Q32 - Détermination de la valeur de K_P pour respecter le critère de stabilité

Q33 - Expression de la relation de transfert $\theta_R(p)$ en fonction de $\theta_R^C(p)$ et $P(p)$

$$\theta_R(p) = H_R(p)\cdot\theta_R^C(p) + H_p(p)\cdot P(p)$$

où

$$H_R(p) = \frac{K_p\cdot K_E\cdot\dfrac{K_s}{1+\dfrac{2\cdot z_s}{\omega_{0s}}\cdot p+\dfrac{1}{\omega_{0s}^2}\cdot p^2}\cdot\dfrac{1}{p}}{1+K_p\cdot K_E\cdot\dfrac{K_s}{1+\dfrac{2\cdot z_s}{\omega_{0s}}\cdot p+\dfrac{1}{\omega_{0s}^2}\cdot p^2}\cdot\dfrac{1}{p}} = \frac{K_p\cdot K_E\cdot K_s}{K_p\cdot K_C\cdot K_S + p + \dfrac{2\cdot z_s}{\omega_{0s}}\cdot p^2 + \dfrac{1}{\omega_{0s}^2}\cdot p^2}$$

Donc :

$$H_R(p) = \frac{1}{1+\dfrac{1}{K_p\cdot K_E\cdot K_S}\cdot p+\dfrac{2\cdot z_s}{\omega_{0s}\cdot K_p\cdot K_E\cdot K_S}\cdot p^2+\dfrac{1}{\omega_{0s}^2\cdot K_p\cdot K_E\cdot K_S}\cdot p^3}$$

Et

$$H_p(p) = -\frac{1}{K_p\cdot K_E\cdot K_S}\cdot\left[1+\frac{2\cdot z_s}{\omega_{0s}}\cdot p+\frac{1}{\omega_{0s}^2}\cdot p^2\right]\cdot H_R(p)$$

Q34 - Contribution de la perturbation sur la valeur de $\theta_R(t)$ en régime établi

La contribution recherchée vaut :

$$\theta_p = -\frac{1}{K_p\cdot K_E\cdot K_S}\cdot P_0$$

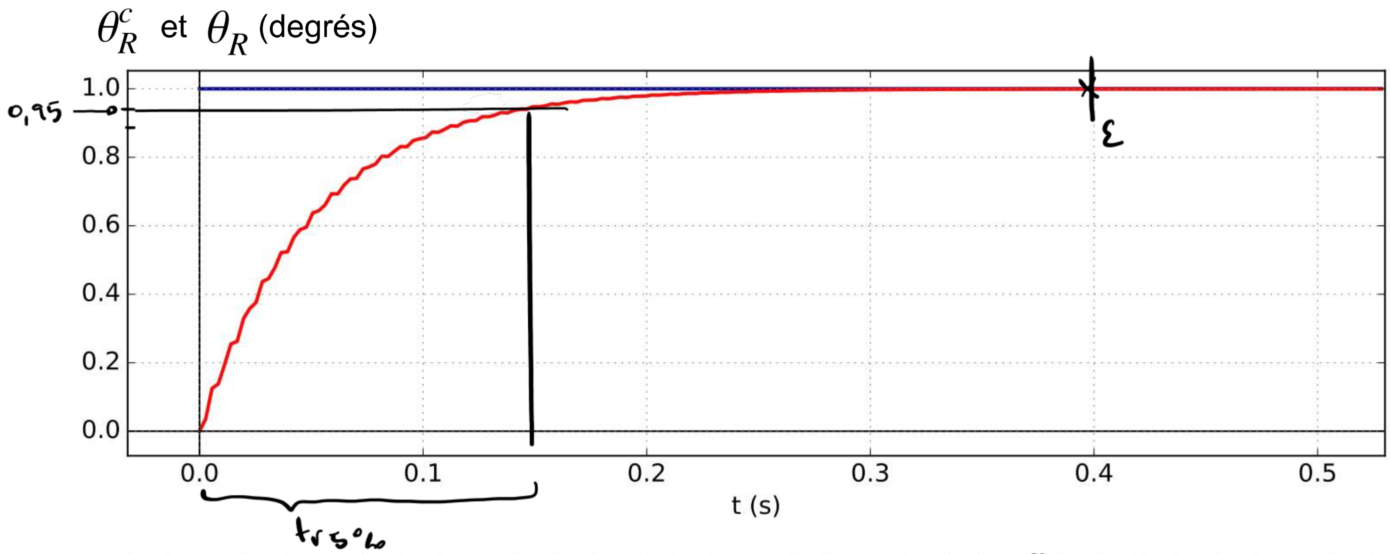
Q35 - Valeur de K_P pour respecter le critère de précision vis-à-vis de la perturbation.

On souhaite : $-\theta_p < \underbrace{0,5°}_{\theta_{lim}}$ donc $\dfrac{1}{K_p . K_E . K_S} . P_0 < \theta_{lim}$

Et donc : $K_p > \dfrac{P_0}{\theta_{lim} . K_E . K_S}$ donc $K_p > \dfrac{\overbrace{10\ °/s}^{\simeq 2 . \frac{2}{3} . \frac{1}{10} \simeq 1,3/10}}{0,5° . 1 (°/s)/inc . 150\ inc/°}$

donc $K_p > 0,13$

Q36 -



Précision : je relève $\varepsilon = 0$ ⟼ validé

Stabilité : il n'y a pas de dépassement ⟼ validé

Rapidité : je relève $tr_{5\%} \simeq 0,15\ s < 600\ ms$ ⟼ validé

Q37. Expression de ε_i.

$\varepsilon_i = u_i - (a . P_i + b)$

Q38. Instructions pour calcul de SPP et SPu.

```
SPP = np.dot(P,P)
SPu = np.dot(P,u)
```

Q39. Instructions pour calcul de SP et Su.

```
SP = np.sum(P)
Su = np.sum(u)
```

Q40. Instructions pour calcul de a et b.

```
N= len(P)
a = (N*SPu - SP*Su)/(N*SPP - SP**2)
b = (SP*SPu - Su*SPP)/(SP**2 - N*SPP)
```

Q41. Instructions pour faire le tracé.

```
plt.plot(P, u, 'o')
plt.plot(P, a*P + b)
```

Q42. Calcul des premiers termes. (n = 3)

i	0	1	2	3	4
u_i	-2	0	-1	2,5	3
u_i^f	-2	-1	-1	0,5	1,5
		$\frac{-2+0}{2}$	$\frac{-2+0-1}{3}$	$\frac{0-1+2,5}{3}$	$\frac{-1+2,5+3}{3}$

Q43. Compléter la fonction filtre_mg(u,n).

```
def filtre_mg(u,n):
    uf=np.ones(len(u))
    for i in range(len(u)):
        s=0
        if i<n-1:
            for j in range(i+1):
                s+=u[j]
            uf[i]= s/(i+1)
        else:
            for j in range(i-n+1,i+1):
                s+=u[j]
            uf[i]=(s/n)
    return uf
```

← ligne à compléter

Q44. Influence de *n* sur la qualité du filtrage.

- Plus n st grand, plus le signal st filtré.
- Si n et trop grand, le signal devient "trop" filtré et le caractéristiques de la courbe sont moyennés.

Q45.

- On a : $\tau \cdot \frac{v_{i+1}^f - v_i^f}{t_{i+1} - t_i} + v_i^f = v_i$ et donc :

$$v_{i+1}^f = v_i^f + (v_i - v_i^f) \cdot \frac{t_{i+1} - t_i}{\tau}$$

- On peut imposer $v_0^f = v_0$.

Q46. Compléter la fonction filtre_pb(u,temps,f).

$$\tau = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f}$$

```
def filtre_pb(u,temps,f):
    uf=np.ones(len(u))
    uf[0]=u[0]
    for i in range(0,len(u)-1):
        uf[i+1]= uf[i] + (u[i]-uf[i])*(temps[i+1]-temps[i])*2*np.pi*f
    return uf
```

lignes à compléter

Q47. Influence de *f* sur la qualité du filtrage.

- Plus f et grand, moins le signal est filtré.
- Si f st trop petit, le filtrage devient trop important.

Q48. Comparaison des deux complexités.

Complexité moyenne glissante $\simeq n \times N$

" filtre passe-bas $\simeq N$