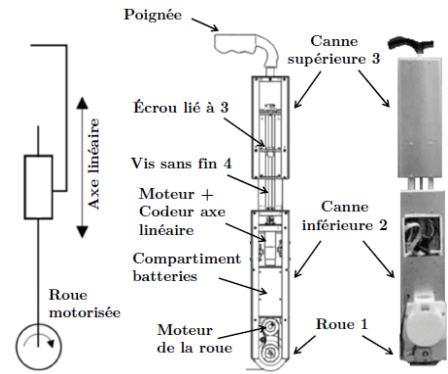


Corrigé CB MPSI, juin 2023, durée 3h



| Q1 | Marche normale | Marche perturbée |
|----|--|--|
| | Symétrie Double appui 2*10% Force de 1,1 à 0,6 | Pas de symétrie. Double appui passage jambe gauche (jambe perturbée) plus long (20%). Effort jambe gauche (jambe perturbée) plus faible (0,9) et plus régulier |

On fait plus attention sur la jambe perturbée (moins d'effort et sur un temps plus court)

Q2 Rôle de la canne : Soulager la jambe gauche (jambe perturbée).
L'effort sur la jambe gauche est plus faible (0,6).
Effort moyen sur la canne : 0,25

Q3 Pas de jeu radial, faible résistance au déplacement. Système réversible.

| | | |
|----|--|--|
| Q4 | Graphe de structure... | |
| Q7 | Liaison équivalente : liaison glissière. | |

Q8 $h = h_0 = l \cdot \cos \theta + R$

Q12 $\vec{V}(H \in 3/2) = \dot{l} \cdot \vec{y}_3$

Q13 $\vec{V}(H \in 2/0) = \vec{V}(A \in 2/0) + \vec{\Omega}(2/0) \wedge \overline{AH}$

$\vec{V}(H \in 2/0) = \vec{V}(A \in 2/1) + \vec{V}(A \in 1/0) + \dot{\theta} \cdot \vec{z}_0 \wedge l \cdot \vec{y}_3$

$\vec{V}(H \in 2/0) = \vec{0} + \vec{V}(I \in 1/0) + \vec{\Omega}(1/0) \wedge \overline{IA} - l \cdot \dot{\theta} \cdot \vec{x}_3$

$\vec{V}(H \in 2/0) = \vec{0} + (\vec{\Omega}(1/2) + \vec{\Omega}(2/0)) \wedge R \cdot \vec{y}_0 - l \cdot \dot{\theta} \cdot \vec{x}_3$

$\vec{V}(H \in 2/0) = \vec{0} + (-\omega + \dot{\theta}) \cdot \vec{z}_0 \wedge R \cdot \vec{y}_0 - l \cdot \dot{\theta} \cdot \vec{x}_3$

$$\vec{V}(H \in 2/0) = R.(\omega - \dot{\theta}).\vec{x}_0 - l.\dot{\theta}.\vec{x}_3$$

$$Q14 \quad \vec{V}(H \in 3/0) = \dot{l}.\vec{y}_3 + R.(\omega - \dot{\theta}).\vec{x}_0 - l.\dot{\theta}.\vec{x}_3$$

$$Q15 \quad \vec{x}_3 = \cos \theta.\vec{x}_0 + \sin \theta.\vec{y}_0 \quad \vec{y}_3 = -\sin \theta.\vec{x}_0 + \cos \theta.\vec{y}_0$$

$$\vec{V}(H \in 3/0) = [-\dot{l}.\sin \theta + R.(\omega - \dot{\theta}) - l.\dot{\theta}.\cos \theta].\vec{x}_0 + [\dot{l}.\cos \theta - l.\dot{\theta}.\sin \theta].\vec{y}_0$$

$$\vec{V}(H \in 3/0) = V.\vec{x}_0$$

$$V = -\dot{l}.\sin \theta + R.(\omega - \dot{\theta}) - l.\dot{\theta}.\cos \theta \quad 0 = \dot{l}.\cos \theta - l.\dot{\theta}.\sin \theta$$

$$\text{Avec ces 2 équations et après calcul...} \quad \omega = \frac{V}{R} + \dot{\theta} + \frac{l.\dot{\theta}}{R.\cos \theta}$$

$$Q16 \quad \text{Moteur roue : } N = 3260 \text{ tr/min} \quad N = 341 \text{ rad/s}$$

$$\text{On veut } N_{\text{roue}} = 11 \text{ rad/s} \quad 341/30 = 11,37$$

Q17 On se place sur PS, entrée P1, sortie P2

$$\frac{\omega_s}{\omega_e} = \frac{\omega_{P2/PS}}{\omega_{P1/PS}} = -\frac{Z_{P1}}{Z_{P2}} = \frac{\omega_{P2/2} - \omega_{PS/2}}{\omega_{P1/2} - \omega_{PS/2}} = \frac{-\omega_{PS/2}}{\omega_{P1/2} - \omega_{PS/2}}$$

$$\frac{\omega_{PS/2}}{\omega_{P1/2}} = \frac{Z_{P1}}{Z_{P1} + Z_{P2}} = \frac{9}{50} = 0,18 \quad \left(\frac{9}{50}\right)^2 = 0,0324$$

$$\frac{1}{30} = 0,0333 \quad \text{Il faut 2 étages de réduction}$$

Q18 On isole (1+2+3), soumis à 2 forces... \vec{F}_{01} en I et \vec{F}_p en H sont sur (IH)

Q19 Il faut $\beta < \varphi$ pour avoir adhérence.

$$Q20 \quad \vec{IA} + \vec{AH} = \vec{IH} \quad R.\vec{y}_0 + l.\vec{y}_3 = \lambda.\vec{v}$$

$$\vec{y}_3 = -\sin \theta.\vec{x}_0 + \cos \theta.\vec{y}_0 \quad \vec{v} = -\sin \beta.\vec{x}_0 + \cos \beta.\vec{y}_0$$

$$l.\sin \theta = \lambda.\sin \beta \quad R + l.\cos \theta = \lambda.\cos \beta$$

$$\tan \beta = \frac{l.\sin \theta}{R + l.\cos \theta}$$

$$Q21 \quad \theta_{\max} = 20^\circ \quad \beta_{\max} = 19^\circ = 0,33 \text{ rad} < 0,4 \quad \text{Il y a adhérence}$$

$$Q22 \quad \text{TMS en A} \quad C_R = F_p.\sin \varphi.\frac{D}{2} = 3,23 \text{ Nm}$$

Q23 On prend $C_R = 5Nm$ $C_m = \frac{5}{30} = 0,16Nm < 0,279Nm$ OK

Q27 Bloc 1 : $\frac{2.\pi}{pas}$ Bloc 2 : $\frac{1}{J_{eq}.p + f}$

Q28 $K_{ve} = \frac{pas}{2.\pi}$ mm/rad $K_{codeur} = \frac{500}{2.\pi}$ inc/rad

Q29 $K_{adapt} = \frac{K_{codeur}}{K_{ve}} = \frac{500}{pas} = 166,7$ inc/mm

Q30 $H_{BO}(p) = \frac{K_{BO}}{p.(1 + T_1.p).(1 + T_2.p)}$ (identification)

Première cassure $\varphi = -135^\circ$: $\frac{1}{T_2} = 120$ $T_2 = 0,0083$

Deuxième cassure $\varphi = -225^\circ$: $\frac{1}{T_1} = 9000$ $T_1 = 0,000111$

Pour $\omega = 0,1$ $G_{db} = -10 = 20.\log\left(\frac{K_{BO}}{\omega}\right)$ $K_{BO} = 0,032$

Q31 113 pas par minutes $\frac{113}{60} = 1,9$ pas par secondes 1,9 Hz

Q32 $F_{max} = 4 \text{ Hz} \ll \text{cassures}$, donc $H_{BO}(p) \approx \frac{K_{BO}}{p}$ $\frac{1}{30} = 0,03333$

Q33 Avec $C(p) = K_{corr} = 1$ $H_{BF}(p) = \frac{1}{1 + \frac{1}{K_{BO}}.p} = \frac{1}{1 + 30.p}$

Performances : Stable, pas de dépassement, précis, rapidité : $t_{5\%} = 90s > 0,06s$

Q34 $H_{BF}(p) = \frac{1}{1 + \frac{1}{K_{corr}.K_{BO}}.p}$ $t_{5\%} = 0,06 = \frac{3}{K_{corr}.K_{BO}}$ $K_{corr} = 1500$

Q35 Modèle retenue : premier ordre, modèle donné : deuxième ordre
Précis et globalement même rapidité dans les 2 cas

Il faudrait tenir compte du $(1 + T_2.p)$ dans $H_{BO}(p)$ $H_{BO}(p) = \frac{K_{BO}}{p.(1 + T_2.p)}$

$$Q36 \quad H_{BF}(p) = \frac{K_{BO} \cdot K_{corr}}{p \cdot (1 + \tau_{BO} \cdot p) + K_{BO} \cdot K_{corr}} = \frac{1}{\frac{\tau_{BO}}{K_{BO} \cdot K_{corr}} \cdot p^2 + \frac{1}{K_{BO} \cdot K_{corr}} \cdot p + 1}$$

$$H_{BF}(p) = \frac{K_{BF}}{\frac{p^2}{\omega_n^2} + \frac{2 \cdot z}{\omega_n} \cdot p + 1} \quad K_{BF} = 1 \quad \text{Asservissement précis}$$

$$\omega_n = \sqrt{\frac{K_{BO} \cdot K_{corr}}{\tau_{BO}}} \quad \frac{2 \cdot z}{\omega_n} = \frac{1}{K_{BO} \cdot K_{corr}} \quad z = \frac{1}{2 \cdot \sqrt{\tau_{BO} \cdot K_{BO} \cdot K_{corr}}} = 0,7 = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

(On veut un dépassement de 5%) donc $K_{corr}^{Max} = \frac{1}{2 \cdot \tau_{BO} \cdot K_{BO}} = 3333$

$$Q37 \quad \omega_n = \sqrt{\frac{K_{BO} \cdot K_{corr}}{\tau_{BO}}} = 111 \quad \text{pour } z = 0,7, t_{5\%} \cdot \omega_n = 3 \quad t_{5\%} = 0,027s$$

Q38 L'asservissement est précis en poursuite mais pas en régulation.
L'erreur en régulation avec les 2 valeurs de correction proportionnelle dépasse 5%.
Cela ne respecte pas le cahier des charges.

Q41 L'asservissement est précis en poursuite et en régulation.
La rapidité respecte le cahier des charges, $t_{5\%} < 0,06s$.
Les performances respectent le cahier des charges.
Par contre, on constate un pique d'intensité important de 35 A, qui dépasse la capacité du contrôleur 20 A.

Q42 On place le bloc saturation après le bloc modélisant l'équation électrique $\frac{1}{R + L \cdot p}$

Q43 L'effet du bloc saturation ralentit un peu l'asservissement mais il continue de respecter le cahier des charges.

Q44 Le cahier des charges autorise une variation de hauteur de 3 cm.
Cela est respecté avec l'asservissement corrigé mais pas avec l'asservissement non corrigé.

Q45 Avec les 2 vitesses, la canne suit le pied.
Le cahier des charges autorise un écart maximal entre l'orientation de la canne et de la jambe de 20°. Avec les 2 vitesses, cela respecte le cahier des charges.