

Proposition de corrigé

Concours : Concours Centrale-Supélec

Année : 2015

Filière : TSI

Épreuve : Sciences Industrielles pour l'Ingénieur

Ceci est une proposition de corrigé des concours de CPGE, réalisée bénévolement par des enseignants de Sciences Industrielles de l'Ingénieur et d'Informatique, membres de l'[UPSTI](http://www.upsti.fr) (Union des Professeurs de Sciences et Techniques Industrielles), et publiée sur le site de l'association :

<https://www.upsti.fr/espace-etudiants/annales-de-concours>

A l'attention des étudiants

Ce document vous apportera des éléments de corrections pour le sujet traité, mais n'est ni un corrigé officiel du concours, ni un corrigé détaillé ou exhaustif de l'épreuve en question.

L'UPSTI ne répondra pas directement aux questions que peuvent soulever ces corrigés : nous vous invitons à vous rapprocher de vos enseignants si vous souhaitez des compléments d'information, et à vous adresser à eux pour nous faire remonter vos éventuelles remarques.

Licence et Copyright

Toute représentation ou reproduction (même partielle) de ce document faite sans l'accord de l'UPSTI est **interdite**. Seuls le téléchargement et la copie privée à usage personnel sont autorisés (protection au titre des [droits d'auteur](#)).

En cas de doute, n'hésitez pas à nous contacter à : corrigesconcours@upsti.fr.

Informez-vous !

Retrouvez plus d'information sur les [Sciences de l'Ingénieur](#), l'[orientation](#), les [Grandes Ecoles](#) ainsi que sur les [Olympiades de Sciences de l'Ingénieur](#) et sur les [Sciences de l'Ingénieur au Féminin](#) sur notre site : www.upsti.fr

L'équipe UPSTI

Corrigé centrale TSI 2015

Fauteuil dynamique de cinéma

Exigence fonctionnelle « amplifier la sensation d'accélération »

Comportement cinématique du mécanisme de transformation de mouvement du dossieret

Q 1. Détermination de la loi entrée-sortie

La fermeture géométrique de la boucle OABC conduit à :

$$\vec{OA} + \vec{AB} + \vec{BC} + \vec{CO} = \vec{0}$$

$$e \cdot \vec{x}_2 + l \cdot \vec{y}_3 + d \cdot \vec{x}_4 - a \cdot \vec{x}_1 - b \cdot \vec{y}_1 = \vec{0}$$

En posant $\theta_3 = (\vec{y}_1, \vec{y}_3)$, on obtient en projection dans la base 1 :

$$e \cdot \begin{vmatrix} \cos\theta_r \\ \sin\theta_r \end{vmatrix} + l \cdot \begin{vmatrix} -\sin\theta_3 \\ \cos\theta_3 \end{vmatrix} + d \cdot \begin{vmatrix} \cos\theta_d \\ \sin\theta_d \end{vmatrix} - \begin{vmatrix} a \\ b \end{vmatrix} = \vec{0}$$

D'où on tire les deux équations scalaires :

$$1- l \cdot \sin\theta_3 = e \cdot \cos\theta_r + d \cdot \cos\theta_d - a$$

$$2- -l \cdot \cos\theta_3 = e \cdot \sin\theta_r + d \cdot \sin\theta_d - b$$

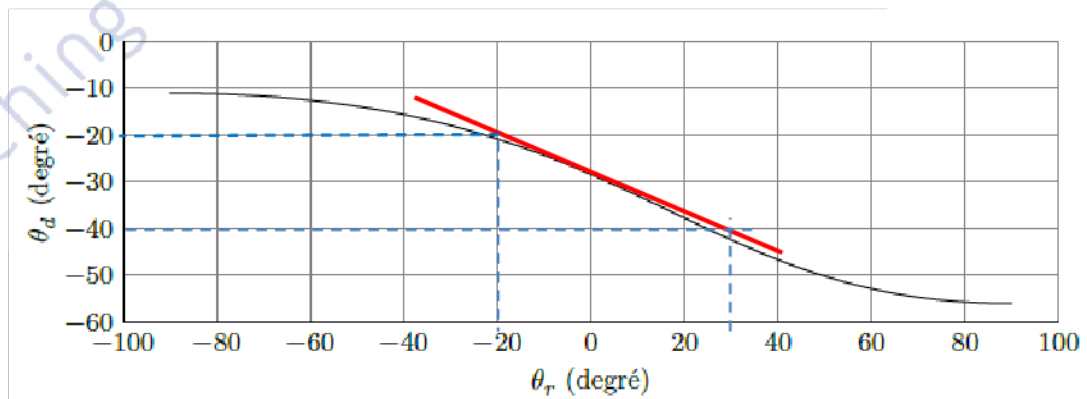
En effectuant $1^2 + 2^2$ pour éliminer θ_3 on obtient :

$$l^2 = (e \cdot \cos\theta_r + d \cdot \cos\theta_d - a)^2 + (e \cdot \sin\theta_r + d \cdot \sin\theta_d - b)^2$$

Après développement et regroupement des termes, on obtient :

$$\begin{aligned} \cos\theta_d(2a \cdot d + 2e \cdot d \cdot \cos\theta_r) + \sin\theta_d(2b \cdot d - 2e \cdot d \cdot \sin\theta_r) \\ = a^2 + b^2 + e^2 + d^2 - l^2 - 2a \cdot e \cdot \cos\theta_r - 2e \cdot b \cdot \sin\theta_r \end{aligned}$$

Q 2. Linéarisation de la loi entrée-sortie



Le coefficient directeur donne la valeur de $K_c = \frac{-20}{50} = -\frac{2}{5}$

Comportement du codeur et de la génératrice tachymétrique

Q 3.

$$\text{Codeur : 250 points par tour} \Rightarrow c = \frac{N_{\text{codeur}}}{\theta} = \frac{250}{2\pi} = 39,8 \text{ rad}^{-1}$$

$$\text{Tachy : 5V pour 3000tr/min} \Rightarrow K_{\Omega} = \frac{U_{\Omega}}{\Omega} = \frac{5}{\frac{3000 \cdot 2\pi}{60}} = \frac{1}{20\pi} = 1,6 \cdot 10^{-2} \text{ V/rad.s}^{-1}$$

Modélisation de l'asservissement du courant

Q 4. Détermination de la valeur finale de la vitesse de rotation pour les modèles initial et simplifié.

$$\text{Modèle initial : } H_I(p) = \frac{\Omega(p)}{I_C(p)} \text{ avec } I_C(p) = \frac{1}{p}$$

Théorème de la valeur finale :

$$\Omega(\infty) = \lim_{p \rightarrow 0} p \cdot \Omega(p) = \frac{K \cdot k_2 \cdot h}{k_2 \cdot h \cdot k_{ri} \cdot f} = \frac{K}{k_{ri} \cdot f}$$

$$\text{Modèle simplifié : } H_I(p) = \frac{\Omega(p)}{I_C(p)} = \frac{K}{k_{ri}} \cdot \frac{1}{J \cdot p + f} \text{ avec } I_C(p) = \frac{1}{p}$$

Théorème de la valeur finale :

$$\Omega(\infty) = \lim_{p \rightarrow 0} p \cdot \Omega(p) = \frac{K}{k_{ri} \cdot f}$$

Modélisation de l'asservissement en vitesse

Q 5. Fonction de transfert de la boucle de vitesse $H_{\Omega}(p)$

$$H_{\Omega}(p) = \frac{FT_{\text{Chaine directe}}}{1 + FT_{BO}} = \frac{C_{\Omega}(p) \cdot \frac{K}{k_{ri}} \cdot \frac{1}{Jp + f}}{1 + K_{\Omega} \cdot C_{\Omega}(p) \cdot \frac{K}{k_{ri}} \cdot \frac{1}{Jp + f}}$$

En remplaçant $C_{\Omega}(p)$ par son expression, il vient après calculs :

$$H_{\Omega}(p) = \frac{\frac{1}{K_{\Omega}}}{1 + \frac{K_{ri} \cdot f}{k_1 \cdot K \cdot K_{\Omega}} \cdot T_1 \cdot p \cdot \frac{J}{f} \frac{p + 1}{T_1 \cdot p + 1}} = \frac{\frac{1}{K_{\Omega}} (1 + T_1 \cdot p)}{1 + \left(1 + \frac{K_{ri} \cdot f}{k_1 \cdot K \cdot K_{\Omega}}\right) \cdot T_1 \cdot p + \frac{K_{ri} \cdot J \cdot T_1}{k_1 \cdot K \cdot K_{\Omega}} \cdot p^2}$$

Q 6. Simplification de la fonction de transfert $H_{\Omega}(p)$

On donne $T_1 = \frac{J}{f}$ en remplaçant dans l'expression trouvée précédemment on obtient :

$$H_{\Omega}(p) = \frac{\frac{1}{K_{\Omega}}}{1 + \frac{K_{ri}}{k_1 \cdot K \cdot K_{\Omega}} \cdot J \cdot p}$$

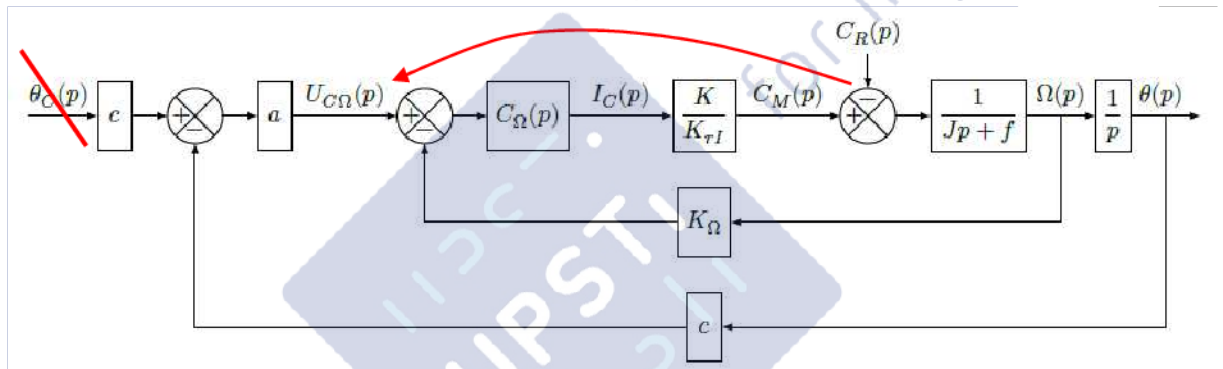
Donc par identification on trouve :

$$b = \frac{1}{K_{\Omega}} = 20 \cdot \pi = 62,8 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1} / \text{V}$$

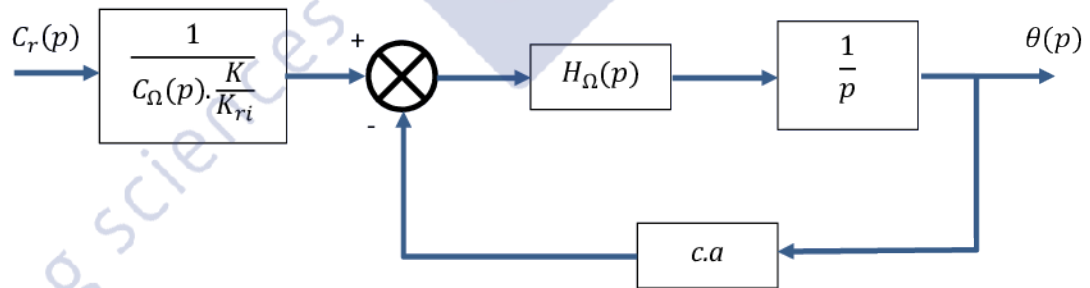
$$\tau = \frac{K_{ri}}{k_1 \cdot K \cdot K_{\Omega}} \cdot J = 2,17 \cdot 10^{-3} \text{ s}$$

Q 7. Calcul de la fonction de transfert $\frac{\theta(p)}{C_r(p)}$

On effectue une transformation de schéma en déplaçant le comparateur de $C_r(p)$



D'où la nouvelle structure de schéma bloc :



$$\frac{\theta(p)}{C_r(p)} = \frac{1}{C_{\Omega}(p) \cdot \frac{K}{K_{ri}}} \cdot \frac{H_{\Omega}(p) \cdot \frac{1}{p}}{1 + c \cdot a \cdot H_{\Omega}(p) \cdot \frac{1}{p}} = \frac{K_{ri} \cdot T_1 \cdot p}{K \cdot k_1 \cdot (1 + T_1 \cdot p)} \cdot \frac{\frac{b}{1 + \tau p} \cdot \frac{1}{p}}{1 + \frac{b}{1 + \tau p} \cdot \frac{1}{p}}$$

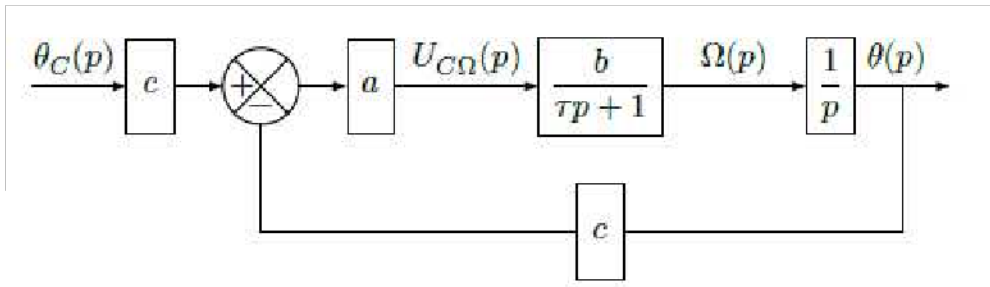
L'application du théorème de la valeur finale pour une entrée de type échelon donne :

$$\theta(\infty) = \lim_{p \rightarrow 0} p \cdot \theta(p) = 0$$

Ce résultat était prévisible car le correcteur PI est placé avant la perturbation.

Modélisation de la boucle d'asservissement en position

Q 8. Modèle simplifié :



Calcul de la fonction de transfert $\frac{\theta(p)}{\theta_c(p)}$

$$\frac{\theta(p)}{\theta_c(p)} = c \cdot \frac{\frac{a \cdot b}{1 + \tau p} \cdot \frac{1}{p}}{1 + \frac{a \cdot b \cdot c}{1 + \tau p} \cdot \frac{1}{p}} = \frac{a \cdot b \cdot c}{(1 + \tau p)p + a \cdot b \cdot c} = \frac{1}{1 + \frac{1}{a \cdot b \cdot c} p + \frac{\tau}{a \cdot b \cdot c} p^2}$$

On peut exprimer le coefficient d'amortissement ζ à partir des paramètres a, b, c et τ .

$$\zeta = \frac{1}{2\sqrt{\tau \cdot a \cdot b \cdot c}} = 0,7$$

Compte tenu des valeurs numériques fournies, on obtient $a = 9,2 \cdot 10^{-2} V$

Cette valeur du coefficient d'amortissement permet d'avoir le meilleur temps de réponse à 5% si on accepte le dépassement transitoire.

Analyse de la précision du système

Q 9. Expression de l'écart de position

$$\mu(p) = \theta_c(p) - \theta(p) = (1 - H_\theta(p)) \cdot \theta_c(p)$$

En posant $H_\theta(p) = \frac{H_{BO}(p)}{1 + H_{BO}(p)}$ avec $H_{BO}(p) = \frac{abc}{p(1 + \tau p)}$

Ecart pour une consigne de type échelon :

$$\mu_p(\infty) = \lim_{p \rightarrow 0} p \cdot \mu(p) = 0$$

Ecart pour une consigne de type rampe :

$$\mu_v(\infty) = \lim_{p \rightarrow 0} p \cdot \mu(p) = \frac{1}{abc} = 4,31 \cdot 10^{-3} \text{ rad}$$

Ecart pour une consigne de type accélération :

$$\mu_a(\infty) = \lim_{p \rightarrow 0} p \cdot \mu(p) = \infty$$

Validation de la performance simulée en accélération du dossieret

Q 10. Détermination de l'accélération du dossieret

On suppose que le solide 4 est le dossieret

Calcul de $\vec{V}_{D \in 4/1}$:

$$\vec{V}_{D \in 4/1} = -q \cdot \dot{\theta}'_d \cdot \vec{x}'_4 = -q \cdot \dot{\theta}_d \cdot \vec{x}'_4$$

En posant $\theta'_d = \theta_d + \alpha$, avec $\alpha = \frac{\pi}{2} - \widehat{BCD} = \frac{\pi}{2} - \text{Arcos}\left(\frac{q}{d}\right)$

Calcul de $\vec{\Gamma}_{D \in 4/1}$:

$$\vec{\Gamma}_{D \in E_4/1} = -q \cdot \ddot{\theta}_d \cdot \vec{x}'_4 - q \cdot \dot{\theta}_d^2 \cdot \vec{y}'_4$$

En utilisant les graphiques figure 15, on peut déterminer la norme du vecteur accélération

$$\|\vec{\Gamma}_{D \in E_4/1}\| = \sqrt{(q \cdot \ddot{\theta}_d)^2 + (q \cdot \dot{\theta}_d^2)^2} = 6,73 \text{ m/s}^2$$

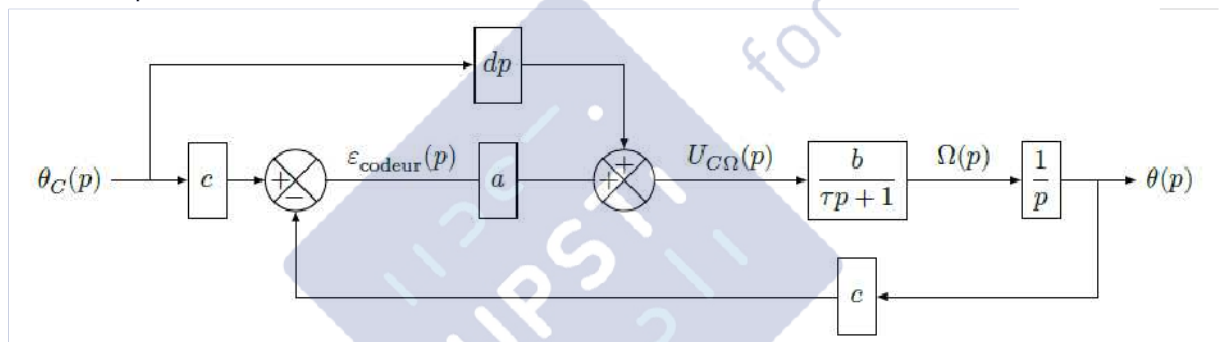
Q 11. Le cahier des charges impose une exigence maximale en accélération

$$0,6g < a_{max} < 0,7g$$

L'accélération maximale déterminée à la question 10 respecte donc l'exigence du cahier des charges.

Optimisation des performances du dossieret

Q 12. Expression de l'erreur



On note l'erreur en position $(t) = \theta_c(t) - \theta(t)$.

D'où en intégrant le bloc c dans la chaîne directe :

$$\mu(p) = \theta_c(p) - \theta(p) = \theta_c(p) - \left(c \cdot a \cdot \frac{b}{\tau p + 1} \cdot \frac{1}{p} \cdot \mu(p) + dp \cdot \frac{b}{\tau p + 1} \cdot \frac{1}{p} \cdot \theta_c(p) \right)$$

$$\mu(p) \cdot \left(1 + \frac{abc}{(\tau p + 1)p} \right) = \theta_c(p) \cdot \left(1 - \frac{db}{\tau p + 1} \right)$$

$$\mu(p) = \frac{(\tau p + 1 - db) \cdot p}{(\tau p + 1)p + abc} \cdot \theta_c(p)$$

On en déduit les erreurs de position et de vitesse :

Erreur pour une consigne de type échelon : $\theta_c(p) = \frac{1}{p}$

$$\mu_p(\infty) = \lim_{p \rightarrow 0} p \cdot \mu(p) = 0$$

Erreur pour une consigne de type rampe : $\theta_c(p) = \frac{1}{p^2}$

$$\mu_v(\infty) = \lim_{p \rightarrow 0} p \cdot \mu(p) = \frac{1 - db}{abc}$$

L'erreur de position est donc compatible avec le cahier des charge car inférieure à 1%

Q 13. Calcul de la valeur de d pour obtenir une erreur de trainage nulle :

On veut

$$\mu_v(\infty) = \lim_{p \rightarrow 0} p \cdot \mu(p) = \frac{1 - db}{abc} = 0$$

D'où : $d = \frac{1}{b} = 0.016$

Calcul de l'erreur en accélération

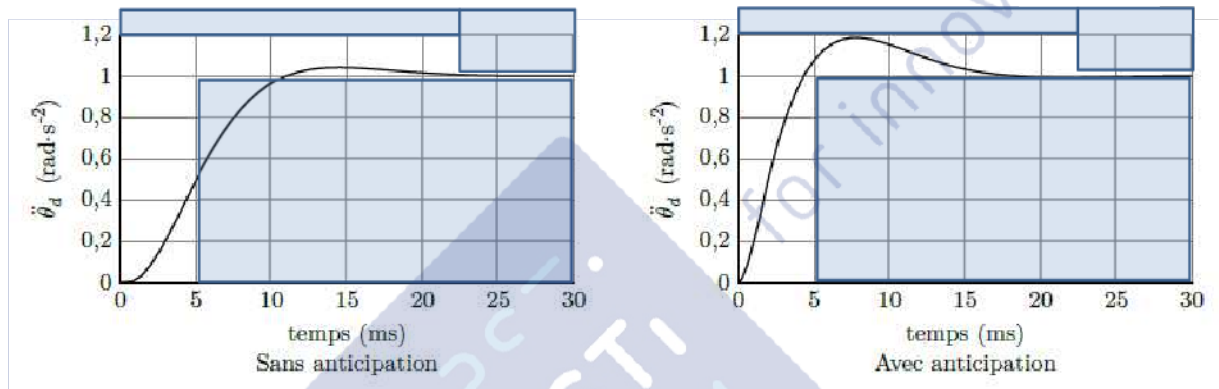
Erreur pour une consigne de type accélération : $\theta_c(p) = \frac{1}{p^3}$

$$\mu_a(\infty) = \lim_{p \rightarrow 0} p \cdot \mu(p) = \lim_{p \rightarrow 0} p \cdot \frac{(\tau p + 1 - db) \cdot p}{(\tau p + 1)p + abc} \cdot \frac{1}{p^3}$$

En prenant le résultat issu de la question précédente, on a $1 - db = 0$, donc :

$$\mu_a(\infty) = \lim_{p \rightarrow 0} p \cdot \frac{\tau p \cdot p}{(\tau p + 1)p + abc} \cdot \frac{1}{p^3} = \frac{\tau}{abc} = 9,5 \cdot 10^{-6} \text{ rad}$$

Q 14. Respect du cahier des charges



Si on place les gabarits de la réponse attendue à partir des données du cahier des charges, on remarque que seule la réponse avec anticipation est conforme aux exigences.

Validation du dimensionnement du moteur du dossieret

Q 15. Détermination de l'énergie cinétique de l'ensemble E

$EC_{(E/Rg)} = EC_{(Dossieret/Rg)} + EC_{(Bielle/Rg)} + EC_{(Maneton/Rg)} = EC_{(Dossieret/Rg)}$ car les masses du maneton et de la bielle sont négligées.

Le dossieret est assimilé à une plaque en rotation autour de l'axe fixe (C, \vec{z}_4) à la vitesse angulaire $\vec{\Omega}_{4/1} = \dot{\theta}_d \cdot \vec{z}_4$.

$$\text{Donc } EC_{(E/Rg)} = \frac{1}{2} J(C, \vec{z}_4) \cdot \dot{\theta}_d^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{M_d \cdot a^2}{3} \cdot \dot{\theta}_d^2$$

Q 16. Application du théorème de l'énergie cinétique dans le but de déterminer le couple appliqué par le réducteur

$$\frac{d}{dt} EC_{(E/Rg)} = P_g(Ext \rightarrow E) + P(inter)$$

Les liaisons étant supposées parfaites, la puissance des inter-efforts est nulle.

Puissances galiléennes développées par les actions extérieures à E :

- Action du motoréducteur : $P_{red} = C_{red} \cdot \dot{\theta}_r$
- Action de la tête : $P_{tête} = \vec{F}_{tête \rightarrow 4} \cdot \vec{V}_{D \in 4/1} = -F \cdot q \cdot \dot{\theta}_d$ avec $F = -40N$
- Action de la pesanteur : $P_{pes} = \vec{P} \cdot \vec{V}_{G \in 4/1} = M_d \cdot g \cdot CG \cdot \sin \theta'_d \cdot \dot{\theta}_d$

On obtient alors :

$$\frac{M_d \alpha^2}{3} \ddot{\theta}_d = C_{red} \cdot \frac{\dot{\theta}_r}{\dot{\theta}_d} - F \cdot q + M_d \cdot g \cdot CG \cdot \sin \theta'_d$$

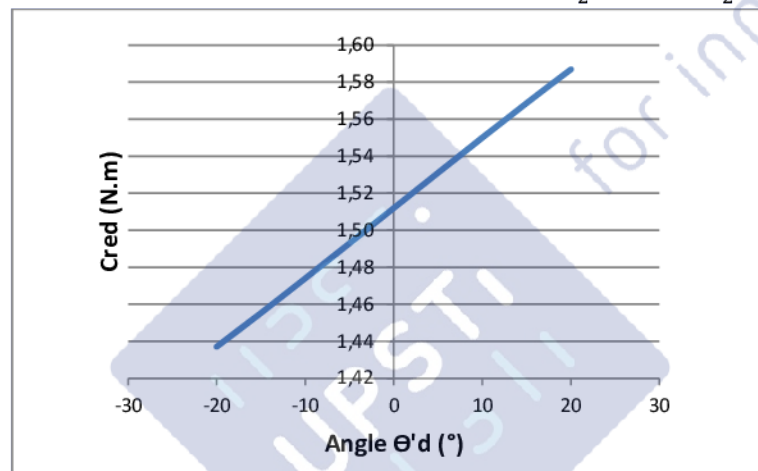
En posant $K_c = \frac{\dot{\theta}_d}{\dot{\theta}_r}$, on obtient pour C_{red} :

$$C_{red} = K_c \cdot \left(\frac{M_d \alpha^2}{3} \ddot{\theta}_d + F \cdot q - M_d \cdot g \cdot CG \cdot \sin \theta'_d \right)$$

Q 17. Application numérique

Si on néglige l'action de la pesanteur sur le dossier, on obtient $C_{red} = 1,51 \text{ N.m}$

Sinon le couple C_{red} dépend de l'angle $\theta'_d = \theta_d + \alpha$, avec $\alpha = \frac{\pi}{2} - \widehat{BCD} = \frac{\pi}{2} - \text{Arccos}\left(\frac{d}{a}\right)$



Q 18. Calcul du couple moteur

On applique le théorème du moment dynamique à l'arbre moteur en projection sur l'axe de rotation.

$$J_M \cdot \ddot{\theta}_M = C_M - \frac{C_{red}}{\eta} \cdot r$$

$$C_M = J_M \cdot \frac{\ddot{\theta}_d}{r} + \frac{C_{red}}{\eta} \cdot r = 6,5 \cdot 10^{-1} \text{ N.m}$$

Q 19. Calcul du couple thermique équivalent du moteur

$$C_{th}^2 = \frac{1}{T} \cdot \int C_M^2 \cdot dt = \frac{1}{T} \cdot C_M^2 \cdot t \text{ avec } T=0,2 \text{ s}, C_M=0,65 \text{ N.m et } t=30 \text{ ms.}$$

$$C_{th} = 2,52 \cdot 10^{-1} \text{ N.m}$$

On sait que le courant nominal est égal à 7,7A et le couple nominal est de 0,77 N.m.

$$\text{Donc } K = \frac{C_n}{I_n} = \frac{0,77}{7,7} = 0,1 \text{ Nm/A}$$

$$\text{Donc } I_M = \frac{C_M}{K} = \frac{0,65}{0,1} = 6,5 \text{ A}$$

$$\text{Et ainsi } I_{eff}^2 = \frac{1}{T} \cdot \int I_M^2 \cdot dt = \frac{5}{T} \cdot I_M^2 \cdot t \text{ avec } T=1 \text{ s}, I_M=6,5 \text{ A et } t=30 \text{ ms.}$$

$$\text{Soit } I_{eff}^2 = \frac{5}{1} \cdot 6,5^2 \cdot 0,03 = 6,34 \text{ d'où } I_{eff} = 2,5 \text{ A.}$$

En conclusion, le moteur comme son variateur ont été choisis de façon à conserver une marge de sécurité (0,77 Nm pour le moteur et 10A pour le variateur en régime permanent).

Exigence fonctionnelle « incliner le spectateur suivant l'axe de tangage et de roulis »

Commande en simultanée des deux moteurs de l'assise du siège

Q 20. D'après les résultats de la Q12, on a pour un axe :

$$\mu(p) = \frac{(\tau p + 1 - db) \cdot p}{(\tau p + 1)p + abc} \cdot \theta_c(p)$$

- Pour une entrée de type échelon, l'erreur en position est nulle donc :

$$\theta_1 = \theta_2 = \theta_c \text{ d'où } \theta_1(\infty) - \theta_2(\infty) = 0 \text{ rad}$$

- Pour une entrée de type rampe, l'erreur est donnée par :

$$\mu_v(\infty) = \lim_{p \rightarrow 0} p \cdot \mu(p) = \frac{1 - db}{abc} = \theta_c(\infty) - \theta(\infty)$$

$$\mu_{v1}(\infty) = \theta_c(\infty) - \theta_1(\infty)$$

$$\mu_{v2}(\infty) = \theta_c(\infty) - \theta_2(\infty)$$

On en déduit donc que :

$$\theta_1(\infty) - \theta_2(\infty) = \mu_{v2}(\infty) - \mu_{v1}(\infty) = \frac{1 - db_2}{ab_2c} - \frac{1 - db_1}{ab_1c} = \frac{b_1 - b_2}{ab_1b_2c} = 4,4 \cdot 10^{-4} \text{ rad}$$

- Pour une entrée de type accélération

$$\frac{\theta_i(p)}{\theta_c(p)} = (d \cdot p + a \cdot c) \cdot \frac{b_i}{(T_i p + 1) \cdot p + a \cdot b_i \cdot c}$$

$$\text{D'où : } \theta_1(p) - \theta_2(p) = (d \cdot p + a \cdot c) \cdot \left(\frac{b_1}{(T_1 p + 1) \cdot p + a \cdot b_1 \cdot c} - \frac{b_2}{(T_2 p + 1) \cdot p + a \cdot b_2 \cdot c} \right) \cdot \theta_c(p)$$

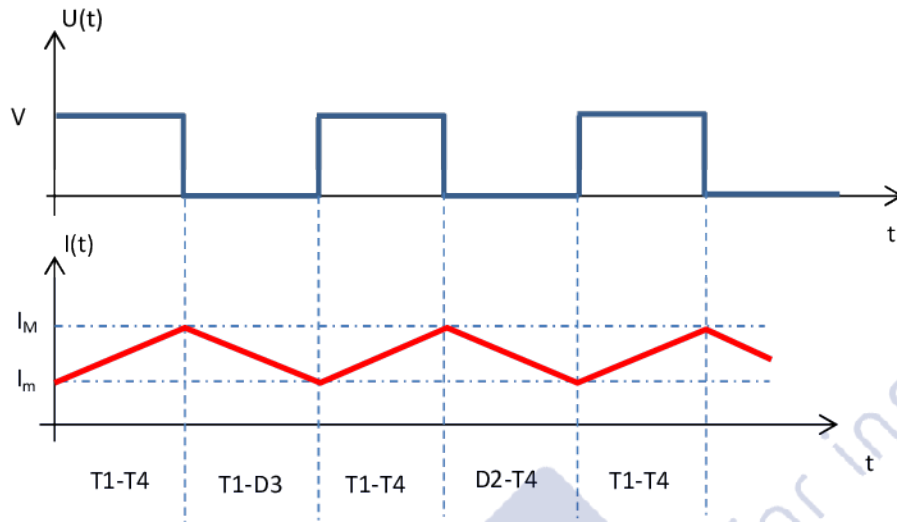
L'application du théorème de la valeur finale donne :

$$\theta_1(\infty) - \theta_2(\infty) = \lim_{p \rightarrow 0} p \cdot (d \cdot p + a \cdot c) \cdot \left(\frac{b_1}{(T_1 p + 1) \cdot p + a \cdot b_1 \cdot c} - \frac{b_2}{(T_2 p + 1) \cdot p + a \cdot b_2 \cdot c} \right) \cdot \frac{1}{p^3} = +\infty$$

Q 21. L'écart statique en accélération vaut au plus 10^{-5} rad pour une consigne de 1 rad donc <1% de l'exigence du cahier des charges sur la plage de temps d'utilisation (0-30ms)

Association variateur de vitesse - moteur

Q 22. Tracé des chronogrammes de $u(t)$ et $i(t)$



Q 23. Expression de l'ondulation de courant Δi

$$\text{De } 0 \text{ à } \alpha T; V = E + L \cdot \frac{di(t)}{dt} \rightarrow i(t) = \frac{V-E}{L} \cdot t + I_m$$

$$\text{De } \alpha T \text{ à } T; 0 = E + L \cdot \frac{di(t)}{dt} \rightarrow i(t) = -\frac{E}{L} \cdot (t - \alpha T) + I_M$$

$$\text{Pour } t = \alpha T, \text{ on tire } I_M = i(\alpha T) = \frac{V-E}{L} \cdot \alpha T + I_m \text{ donc } \Delta i = \frac{V-E}{2L} \cdot \alpha T$$

Expression de la Fem :

$$\langle u \rangle = \langle L \cdot \frac{di(t)}{dt} \rangle + E \text{ or } \langle L \cdot \frac{di(t)}{dt} \rangle = 0 \text{ car } i(t) \text{ est périodique}$$

$$\text{Donc } \langle u \rangle = E = \alpha \cdot V$$

Expression de Δi_{max} :

$$\Delta i = \frac{V-E}{2L} \cdot \alpha T = \frac{V(1-\alpha)\alpha}{2L \cdot f} \text{ or } (1-\alpha) \cdot \alpha \text{ est maxi pour } \alpha = 0,5$$

$$\text{Donc } \Delta i_{max} = \frac{V}{8 \cdot L \cdot f}$$

Q 24. Calcul de la valeur efficace du courant et du facteur de forme

Pour $\alpha = 0,5$, la pente est la même au signe près de 0 à αT et de αT à T :

$$I_{eff}^2 = \frac{1}{T} \int_0^T i^2(t) \cdot dt = \frac{2}{T} \int_0^{T/2} i^2(t) \cdot dt \text{ or de } 0 \text{ à } \alpha T, i(t) = I_m + \frac{I_M - I_m}{T/2} t$$

$$\text{Donc } I_{eff}^2 = \frac{2}{T} \left[I_m^2 \cdot t + 2I_m \cdot \frac{I_M - I_m}{T/2} \cdot \frac{t^2}{2} + \left(\frac{I_M - I_m}{T/2} \right)^2 \cdot \frac{t^3}{3} \right]_0^{T/2} = I_m^2 + I_m(I_M - I_m) + \frac{(I_M - I_m)^2}{3}$$

Or $I_m = I - \Delta i_{max}$ et $I_M = I + \Delta i_{max}$

Après simplification, il reste :

$$I_{eff} = \sqrt{I^2 + \frac{\Delta i_{max}^2}{3}}$$

Le facteur de forme vaut :

$$F = \frac{I_{eff}}{I} = \frac{\sqrt{7,7^2 + \frac{0,4^2}{3}}}{7,7} = 1,00045 < 1,02$$

Le moteur ne sera donc pas déclassé.

Commande des variateurs de vitesse de l'assise du siège

Q 25. Calcul de V_{offset} et du coefficient d'amplification A

Pour $N_{C\Omega} = 2^{11}$, $V_{out} = \frac{3 \cdot 2^{11}}{4096} = 1,5V$. Il faut donc un $V_{offset} = 1,5V$

On veut que lorsque $N_{C\Omega} = 2^{12} - 1 = 4095$ alors $U_{C\Omega} = 10V$ soit $\left(\frac{4095 \cdot 3}{4096} - 1,5\right) \cdot A = 10$

On en déduit $A = 6,67$

Q 26. On a $N_{C\Omega \text{réel}} = \left(\frac{U_{C\Omega}}{A} + 1,5\right) \cdot \frac{4096}{3}$

Q 27.

Algorithme COMMANDE_VARIATEUR

Déclarations des variables

$N_{C\Omega}, N_{codeur}$: entier

$\tau_0, \Omega_c, \theta_c, N_{codeur \text{ réel}}, U_{C\Omega}, N_{C\Omega \text{ réel}}, T_e \text{ réel}$: réel

temps_courant + 0 : entier long

temps_précédent + 0 : entier long

a + 0,09 : réel

c + 40 : réel

d + 0,016 : réel

e + 1667 : réel

Ic + 100 : entier long

Début programme principal

$\Omega_c \leftarrow 0$

$\theta_c \leftarrow 0$

$\tau_c \leftarrow \text{Acquérir_consigne}()$

Répéter à l'infini

temps_courant + Acquérir_temps_courant()

Tant que $(\text{temps_courant} - \text{temps_précédent}) < T_e$ faire

temps_courant \leftarrow Acquérir_temps_courant()

Fin tant que

temps_précédent \leftarrow temps_courant

$N_{codeur} \leftarrow \text{Acquérir_codeur}()$

$T_e \text{ réel} \leftarrow \text{convertir_en_réel}(T_e)$

$N_{codeur \text{ réel}} \leftarrow \text{convertir_en_réel}(N_{codeur})$

$\Omega_c \leftarrow \Omega_c + (\tau_c \cdot e \cdot T_e \text{ réel} \cdot 10^{-6})$

$\theta_c \leftarrow \theta_c + (\Omega_c \cdot T_e \text{ réel} \cdot 10^{-6})$

$U_{C\Omega} \leftarrow a \cdot ((c \cdot \theta_c) - N_{codeur \text{ réel}} + \Omega_c \cdot d)$

$N_{C\Omega \text{ réel}} \leftarrow \left(\frac{4096}{3}\right) \cdot (1,5 + U_{C\Omega} / 6,67)$

$N_{C\Omega} \leftarrow \text{convertir_en_entier}(N_{C\Omega \text{ réel}})$

Si $(N_{C\Omega} > 4095)$ alors

$N_{C\Omega} = 4095$

\rightarrow enem $2^{12} - 1 = 4095$

Fin si

Si $(N_{C\Omega} < 0)$ alors

$N_{C\Omega} = 0$

Fin si

$CNA \leftarrow N_{C\Omega}$

Fin répéter à l'infini

Fin programme principal

Q 28.

Algorithme pour remédier au débordement de la variable temps_courant

```
temps_courant ← Acquérir_temps_courant()
durée ← (temps_courant - temps_précédent)
Tant que (durée < Te) faire
    temps_courant ← Acquérir_temps_courant()
    durée ← (temps_courant - temps_précédent)
    Si (durée < 0) alors
        durée ← max_tc - temps_précédent + temps_courant.
    Fin si
Fin tant que
temps_précédent ← temps_courant
```

Synthèse globale de l'étude

- Q 29. L'accélération dépend du couple que le moteur peut fournir et de l'inertie à entraîner. Or le couple d'une MCC est proportionnel au courant tel que $C_{em} = K \cdot I$. Il faut donc pouvoir asservir le courant. Le bloc concerné est « le correcteur boucle de courant » Pour l'inertie, elle pourra être fixée dans les propriétés de l'inertie du moteur.
- Q 30. Un moteur synchrone auto-piloté (brushless) permet une bonne régulation du couple et de la vitesse.
Son inertie est notablement réduite ce qui permet des performances dynamiques plus élevées.