# Corrigé centrale TSI 2015
# Fauteuil dynamique de cinéma

**Exigence fonctionnelle « amplifier la sensation d'accélération »**

**Comportement cinématique du mécanisme de transformation de mouvement du dosseret**

Q 1. Détermination de la loi entrée-sortie

La fermeture géométrique de la boucle OABC conduit à :

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

$$e.\overrightarrow{x_2} + l.\overrightarrow{y_3} + d.\overrightarrow{x_4} - a.\overrightarrow{x_1} - b.\overrightarrow{y_1} = \vec{0}$$

En posant $\theta_3 = (\overrightarrow{y_1}, \overrightarrow{y_3})$, on obtient en projection dans la base 1 :

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

D'où on tire les deux équations scalaires :

1- $l.sin\theta_3 = e.cos\theta_r + d.cos\theta_d - a$
2- $-l.cos\theta_3 = e.sin\theta_r + d.sin\theta_d - b$

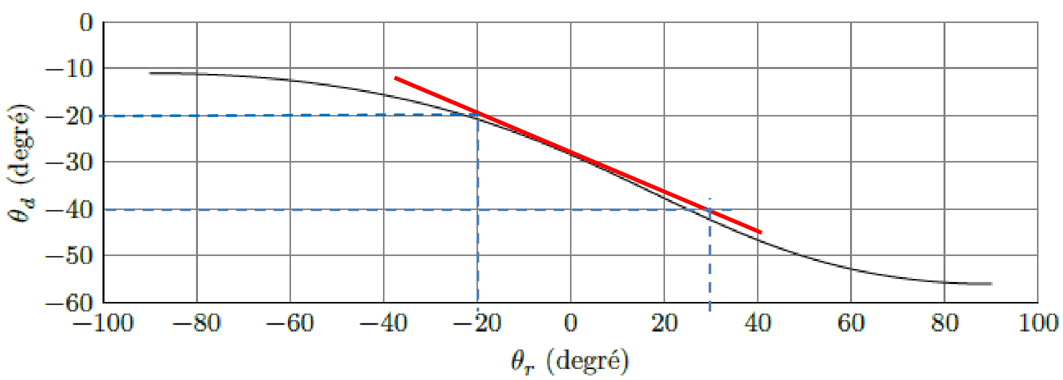
En effectuant $1^2 + 2^2$ pour éliminer $\theta_3$ on obtient :

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

Après développement et regroupement des termes, on obtient :

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

Q 2. Linéarisation de la loi entrée-sortie




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

## Comportement du codeur et de la génératrice tachymétrique

Q 3.

| |
|---|
| Codeur : 250 points par tour => $c = \frac{N_{codeur}}{\theta} = \frac{250}{2.\pi} = 39.8\, rad^{-1}$ |

| |
|---|
| Tachy : 5V pour 3000tr/min => $K_\Omega = \frac{U_\Omega}{\Omega} = \frac{5}{\frac{3000.2.\pi}{60}} = \frac{1}{20.\pi} = 1{,}6.10^{-2}\, V/rad.s^{-1}$ |

## Modélisation de l'asservissement du courant

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

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

Théorème de la valeur finale :

$$\Omega(\infty) = \lim_{p\to 0} p\,.\Omega(p) = \frac{K.k_2.h}{k_2.h.k_{ri}.f} = \frac{K}{k_{ri}.f}$$

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

Théorème de la valeur finale :

$$\Omega(\infty) = \lim_{p\to 0} p\,.\Omega(p) = \frac{K}{k_{ri}.f}$$

## Modélisation de l'asservissement en vitesse

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

$$H_\Omega(p) = \frac{FTChaine\ directe}{1+FTBO} = \frac{C_\Omega(p).\frac{K}{K_{ri}}.\frac{1}{Jp+f}}{1+K_\Omega.C_\Omega(p).\frac{K}{K_{ri}}.\frac{1}{Jp+f}}$$

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

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

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 :

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

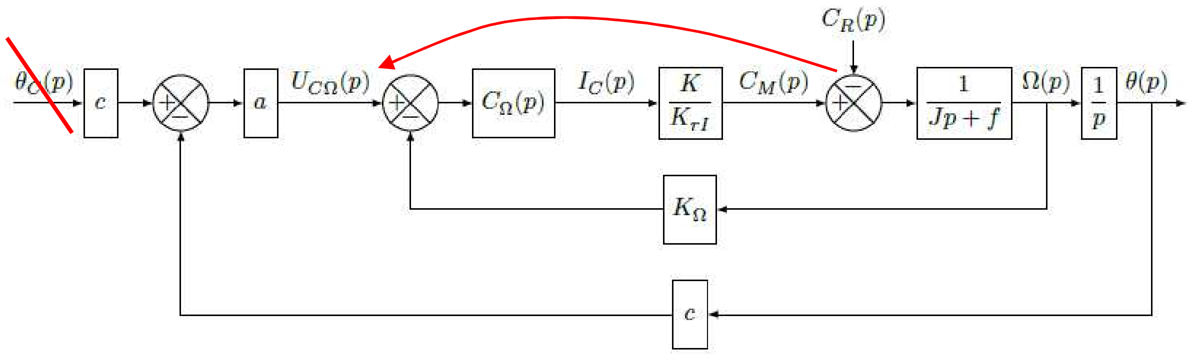
Donc par identification on trouve :

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

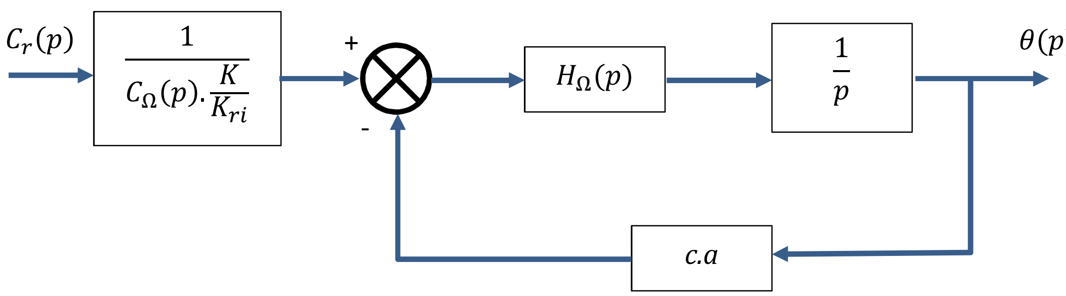
$$\tau = \frac{K_{ri}}{k_1.K.K_\Omega}.J = 2{,}17.10^{-3} s$$

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 :




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

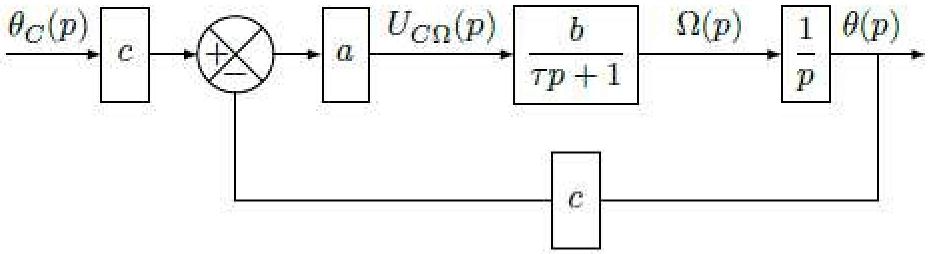
L'application du théorème de la valeur finale pour une entrée de type échelon donne :

$$\theta(\infty) = \lim_{p \to 0} p\,.\,\theta(p) = 0$$

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 $\frac{\theta(p)}{\theta_C(p)}$

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

On peut exprimer le coefficient d'amortissement $\zeta$ à partir des paramètres $a, b, c$ $et$ $\tau$.

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

Compte tenu des valeurs numériques fournies, on obtient $a = 9{,}2.10^{-2}\ V$

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

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

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 :

$$\mu_p(\infty) = \lim_{p\to 0} p.\mu(p) = 0$$

Ecart pour une consigne de type rampe :

$$\mu_v(\infty) = \lim_{p\to 0} p.\mu(p) = \frac{1}{abc} = 4{,}31.10^{-3}rad$$

Ecart pour une consigne de type accélération :

$$\mu_a(\infty) = \lim_{p\to 0} p.\mu(p) = \infty$$

## Validation de la performance simulée en accélération du dosseret

Q 10. Détermination de l'accélération du dosseret

On suppose que le solide 4 est le dosseret

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

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

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

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

$$\vec{\Gamma}_{D\in 4/1} = -q.\ddot{\theta}_d.\vec{x}'_4 - q.\dot{\theta}_d^2.\vec{y}'_4$$

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

$$\left\|\vec{\Gamma}_{D\in 4/1}\right\| = \sqrt{(q.\ddot{\theta}_d)^2 + (q.\dot{\theta}_d^2)^2} = 6{,}73\ m/s^2$$

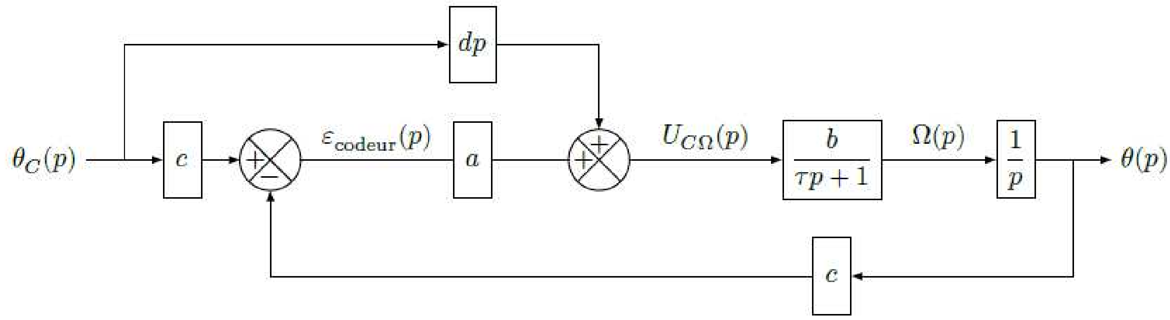
Q 11. Le cahier des charges impose une exigence maximale en accélération

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

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

## Optimisation des performances du dosseret

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 chaine directe :

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

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

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

On en déduit les erreurs de position et de vitesse :

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

$$\mu_p(\infty) = \lim_{p\to 0} p.\mu(p) = 0$$

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

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

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

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

D'où : $d = \frac{1}{b} = 0.016$

Calcul de l'erreur en accélération

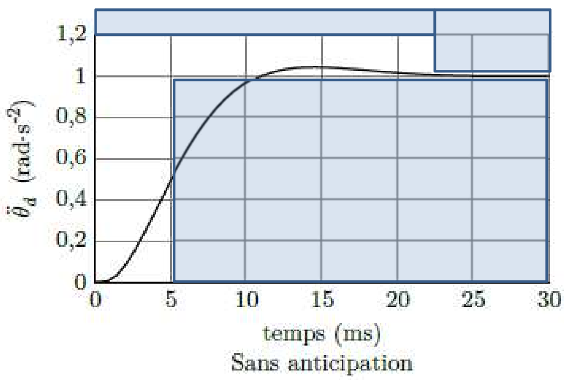
Erreur pour une consigne de type accélération : $\theta_C(p) = \frac{1}{p^3}$

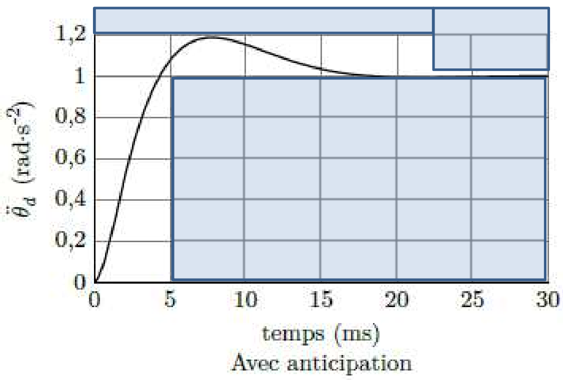
$$\mu_a(\infty) = \lim_{p\to 0} p.\mu(p) = \lim_{p\to 0} p.\frac{(\tau p + 1 - db).p}{(\tau p+1)p + abc}.\frac{1}{p^3}$$

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

$$\mu_a(\infty) = \lim_{p\to 0} p.\frac{\tau p.p}{(\tau p+1)p + abc}.\frac{1}{p^3} = \frac{\tau}{abc} = 9{,}5.10^{-6} rad$$

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 dosseret

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

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

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

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

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

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

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

Puissances galiléennes développées par les actions extérieures à E :

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

On obtient alors :

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

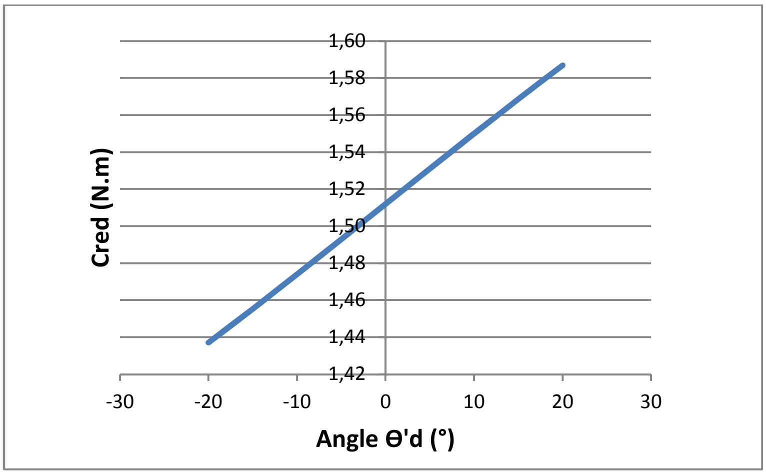
En posant $K_c = \frac{\dot{\theta}_d}{\dot{\theta}_r}$, on obtient pour $C_{red}$ :

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

Q 17. Application numérique

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

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




Q 18. Calcul du couple moteur

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

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

$$\boxed{C_M = J_M\frac{.\ddot{\theta}_d}{r} + \frac{C_{red}}{\eta}.r = 6{,}5.10^{-1}\ N.m}$$

Q 19. Calcul du couple thermique équivalent du moteur

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

$$C_{th} = 2{,}52.10^{-1}\ N.m$$

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

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

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

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

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

En conclusion, le moteur comme son variateur ont été choisi 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 :

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

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

$\theta_1 = \theta_2 = \theta_C$ d'où $\theta_1(\infty) - \theta_2(\infty) = 0\, rad$

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

$$\mu_v(\infty) = \lim_{p\to 0} p.\mu(p) = \frac{1-db}{abc} = \theta_c(\infty) - \theta(\infty)$$
$$\mu_{v1}(\infty) = \theta_c(\infty) - \theta_1(\infty)$$
$$\mu_{v2}(\infty) = \theta_c(\infty) - \theta_2(\infty)$$

On en déduit donc que :

$$\theta_1(\infty) - \theta_2(\infty) = \mu_{v2}(\infty) - \mu_{v1}(\infty) = \frac{1-db_2}{ab_2c} - \frac{1-db_1}{ab_1c} = \frac{b_1-b_2}{ab_1b_2c} = 4{,}4.10^{-4}\, rad$$

- Pour une entrée de type accélération

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

D'où : $\theta_1(p) - \theta_2(p) = (d.p + a.c).\left(\frac{b_1}{(T_1p+1).p+a.b_1.c} - \frac{b_2}{(T_2p+1).p+a.b_2.c}\right).\theta_c(p)$

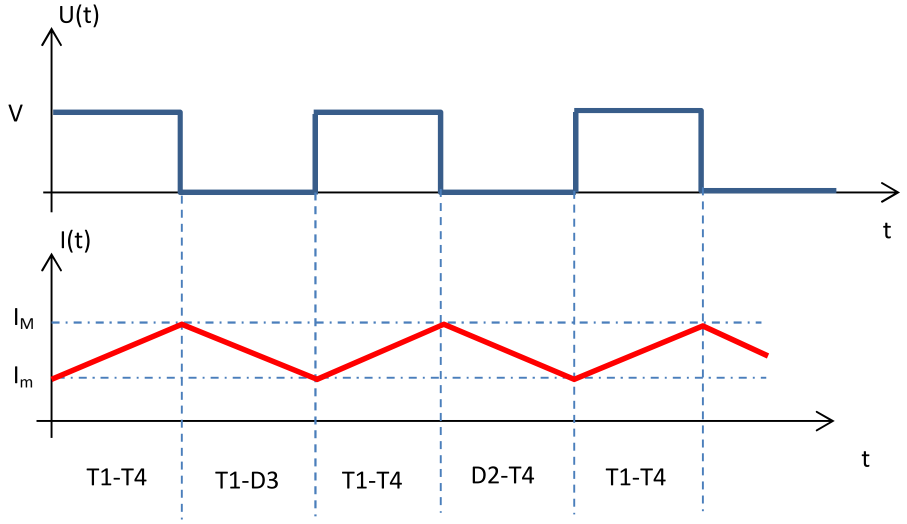
L'application du théorème de la valeur finale donne :

$$\theta_1(\infty) - \theta_2(\infty) = \lim_{p\to 0} p.(d.p + a.c).\left(\frac{b_1}{(T_1p + 1).p + a.b_1.c} - \frac{b_2}{(T_2p + 1).p + a.b_2.c}\right).\frac{1}{p^3} = +\infty$$

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 $\Delta i$

De 0 à αT ; $\boxed{V = E + L.\frac{di(t)}{dt} \rightarrow i(t) = \frac{V-E}{L}.t + I_m}$

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

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

Expression de la Fem :

$< u > = < L.\frac{di(t)}{dt} > + E$ or $< L.\frac{di(t)}{dt} > = 0$ car i(t) est périodique

Donc $< u > = E = \alpha.V$

Expression de $\Delta i_{max}$ :

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

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

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 :

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

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

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

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

On en déduit $A = 6{,}67$

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

Q 27.

Algorithme COMMANDE_VARIATEUR
Déclarations des variables
 $\boxed{N_{C\Omega},\ N_{codeur}}$ : entier
 $\gamma_C$, $\Omega_C$, $\theta_C$, $N_{\text{codeur réel}}$, $U_{C\Omega}$, $N_{C\Omega\text{ réel}}$, $T_{e\text{ réel}}$ : réel
 temps_courant ← 0 : entier long
 temps_précédent ← 0 : entier long
 a ← $\boxed{0{,}09 : \text{réel}}$
 c ← 40 : réel
 d ← $\boxed{0{,}016 : \text{réel}}$
 e ← 1667 : réel
 Te ← 100 : entier long
Début programme principal
 $\Omega_C$ ← 0
 $\theta_C$ ← 0
 $\gamma_C$ ← Acquérir_consigne()
 Répéter à l'infini
  temps_courant ← Acquérir_temps_courant()
  Tant que $\boxed{(\text{temps\_courant} - \text{temps\_précédent}) < Te}$ faire
   $\boxed{\text{temps\_courant} \leftarrow \text{Acquérir\_temps\_courant}()}$
  Fin tant que
  $\boxed{\text{temps\_précédent} \leftarrow \text{temps\_courant}}$
  $N_{codeur}$ ← Acquérir_codeur()
  $T_{e\text{ réel}}$ ← convertir_en_réel(Te)
  $\boxed{N_{\text{codeur réel}} \leftarrow \text{Convertir\_en\_réel}(N_{codeur})}$
  $\Omega_C$ ← $\Omega_C$ + ($\gamma_C$ * e * $T_{e\text{ réel}}$ * $10^{-6}$)
  $\theta_C$ ← $\boxed{\theta_C + (\Omega_C * Te_{\text{réel}} * 10^{-6})}$
  $U_{C\Omega}$ ← a * ( (c * $\theta_C$) − $\boxed{N_{\text{codeur réel}} + \Omega_C * d}$ )
  $N_{C\Omega\text{ réel}}$ ← $\boxed{(4096/3) * (1{,}5 + U_{C\Omega}/6{,}67)}$
  $N_{C\Omega}$ ← $\boxed{\text{Convertir\_en\_entier}(N_{C\Omega\text{ réel}})}$
  Si ($N_{C\Omega}$ > $409\cancel{6}5$) alors → erreur $2^{12}-1 = 4095$
   $\boxed{N_{C\Omega} = 4095}$
  Fin si
  Si ($N_{C\Omega}$ < 0 ) alors
   $\boxed{N_{C\Omega} = 0}$
  Fin si
  CNA ← $N_{C\Omega}$
 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_precedent + 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 entrainer. Or le couple d'une MCC est proportionnel au courant tel que Cem=K.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.