Corrigé Ds de Si PCSI

Exercice 1 :

Soit la fonction H(p)= $\dfrac{5(1+5p)}{p(1+p+p^2)} = 5 \times \dfrac{1}{p} \times (1+5p) \times \dfrac{1}{1+p+p^2}$

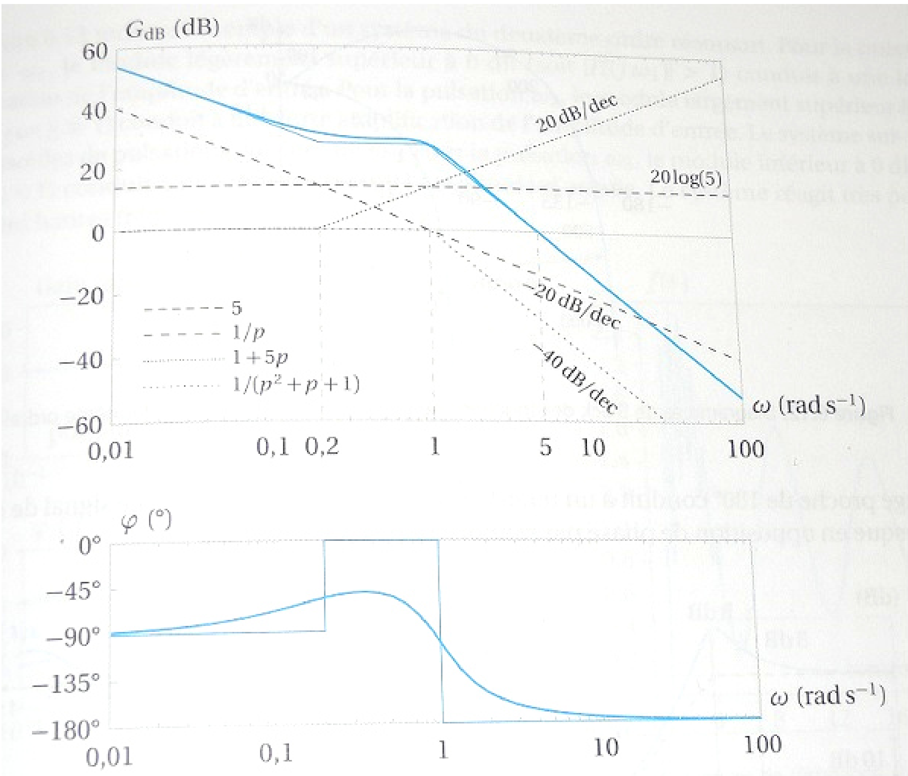
Chaque facteur constitue une fonction élémentaire. La figure ci-dessous précise le tracé de chacune de ces fonctions élémentaires.

A basse fréquence, les facteurs du premier et du deuxième ordre sont assimilables à 1 soit (soit 0dB et une phase nulle) et l'asymptote à basse fréquence à pour équation $\dfrac{5}{p}$,

c'est-à-dire en module à une droite de pente -20 dB /dec passant par 20 log5 en ω =1rad/s et une phase de -90°.

Lorsque la fréquence augmente, la première cassure apparaît en ω =0.2rad/s pour le facteur (1+5p) apportant une pente de 20dB/dec (la pente devient donc nulle) et une phase de +90° (la phase de vient nulle elle aussi)

Ensuite la seconde cassure apparaît en ω =1rad/s pour le facteur $(1+p+p^2)$ apportant un pente de -40dB/de et une phase de -180°.



Exercice 2 : **Indentification fréquentielle à partir du Diagramme de Bode.**

H(p) est composé d'un intégrateur car l'asymptote de la phase commence à -90°

D'un inverse de premier ordre de pulsation remarquable 1/0.02 rad/s

Puis d'un premier ordre de pulsation 1/0.1 rad/s

Puis d'un second ordre de pulsation 0.8 rad/s

Et enfin d'un inverse de premier ordre de pulsation 1/3 rad/s

Après identification du gain et du coefficient d'amortissement avec la même méthode utilisée en td on obtient :

Détermination du gain K:

Aux basses fréquences en ω=0.01 rad/s G = 23.5 dB.

Aussi le gain de $H(p)\ vaut\ Gb = 20\log\frac{K}{\omega}$ soit $20\log\frac{K}{\omega}$=23.5 dB avec ω=0.01 rad/s on en déduit aisément K≈ 0.15.

Détermination du coefficient d'amortissement ξ :

On se place en $\omega=\omega_0$=0.8 rad/s avec ω_0 la pulsation remarquable du système du deuxième ordre. On remplace p par jω sachant que l'inverse premier ordre ayant la pulsation de 3rad/s n'interviendra pas car 3> ω_0=0,8 rad/s

Ainsi le gain littéral en ω_0=0.8 rad/s vaut

$$\left|H(j\omega_0)\right| \approx 20\log\frac{K}{\omega_0} + 20\log\left(\frac{\omega_0}{0.02}\right) - 20\log\left(\frac{\omega_0}{0.1}\right) - 20\log\left(\frac{1}{2\xi}\right) = 20\log\left(\frac{K}{0.004\times\xi\times\omega_0}\right)$$

Or en ω_0=0.8 rad/s on relève graphiquement la valeur du gain égal à 2 dB

D'où $20\log\left(\frac{K}{0.004\times\xi\times\omega_0}\right)$=2 avec K = 0.15 valeur trouvée précédemment on en déduit ξ≈0.4

Au final on obtient : $\boxed{H(p) = \frac{0.15}{p}\times\frac{\left(1+\frac{p}{0.02}\right)\times\left(1+\frac{p}{3}\right)}{\left(1+\frac{p}{0.1}\right)\times\left(1+\frac{2\times0.4p}{0.8}+\frac{p^2}{0.8^2}\right)}}$

Exercice 2 : **Indentification fréquentielle à partir du Diagramme de Bode.**

H(p) est composé d'un intégrateur car l'asymptote de la phase commence à -90°

D'un inverse de premier ordre de pulsation remarquable 1/0.02 rad/s

Puis d'un premier ordre de pulsation 1/0.1 rad/s

Puis d'un second ordre de pulsation 0.8 rad/s

Et enfin d'un inverse de premier ordre de pulsation 1/3 rad/s

Après identification du gain et du coefficient d'amortissement avec la même méthode utilisée en td on obtient :

Détermination du gain K:

Aux basses fréquences en ω=0.01 rad/s G = 23.5 dB.

Aussi le gain de $H(p)\ vaut\ Gb = 20\log\frac{K}{\omega}$ soit $20\log\frac{K}{\omega}$ =23.5 dB avec ω=0.01 rad/s on en déduit aisément K≈ 0.15.

Détermination du coefficient d'amortissement ξ :

On se place en $\omega=\omega_0$=0.8 rad/s avec ω_0 la pulsation remarquable du système du deuxième ordre. On remplace p par jω sachant que l'inverse premier ordre ayant la pulsation de 3rad/s n'interviendra pas car 3> ω_0=0,8 rad/s

Ainsi le gain littéral en ω_0=0.8 rad/s vaut

$$|H(j\omega_0)| \approx 20\log\frac{K}{\omega_0} + 20\log\left(\frac{\omega_0}{0.02}\right) - 20\log\left(\frac{\omega_0}{0.1}\right) - 20\log\left(\frac{1}{2\xi}\right) = 20\log\left(\frac{K}{0.004\times\xi\times\omega_0}\right)$$

Or en ω_0=0.8 rad/s on relève graphiquement la valeur du gain égal à 2 dB

D'où $20\log\left(\frac{K}{0.004\times\xi\times\omega_0}\right)$ =2 avec K = 0.15 valeur trouvée précédemment on en déduit ξ≈0.4

Au final on obtient : $\boxed{H(p) = \frac{0.15}{p}\times\frac{\left(1+\frac{p}{0.02}\right)\times\left(1+\frac{p}{3}\right)}{\left(1+\frac{p}{0.1}\right)\times\left(1+\frac{2\times0.4p}{0.8}+\frac{p^2}{0.8^2}\right)}}$

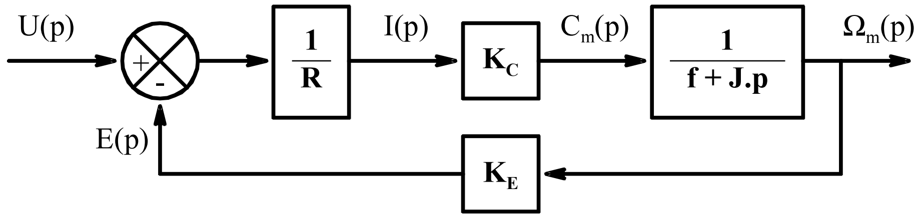
PCSI Exercice N°4
CABLECAM (D'après concours E3A MP 2008)

1ière partie : Modélisation du motoréducteur

1.1- Les conditions initiales étant nulles, donner la transformée de Laplace des équations sont:

$\mathbf{U(p) = E(p) + R.I(p)}$ $\quad$ $\mathbf{E(p) = K_E.\Omega_P(p)}$ $\quad$ $\mathbf{C_P(p) = (f + J.p).\Omega_P(p)}$ $\quad$ $\mathbf{C_P(p) = K_C.I(p)}$

On en déduit le schéma bloc modélisant le motoréducteur :



1.2- On en déduit l'expression de la fonction de transfert du motoréducteur : $H_m(p) = \dfrac{\Omega_P(p)}{U(p)}$:

$$H_m(p) = \frac{\dfrac{K_C}{R.f + R.J.p}}{1 + \dfrac{K_C.K_E}{R.f + R.J.p}} \qquad \text{Soit après calcul :} \qquad \mathbf{H_m(p) = \frac{\dfrac{K_C}{K_C.K_E + R.f}}{1 + \dfrac{R.J}{K_C.K_E + R.f}.p}}$$

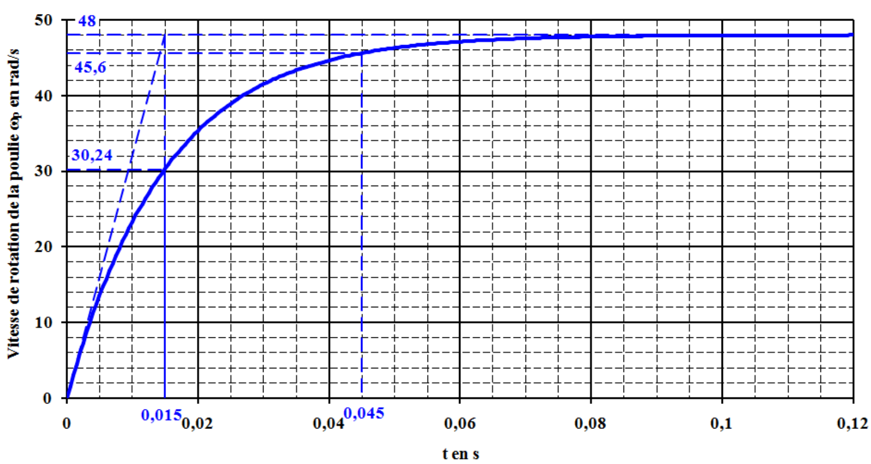
1.3- D'où des éléments caractéristiques de cette fonction de transfert :

Le gain statique : $\mathbf{K_m = \dfrac{K_C}{K_C.K_E + R.f}}$ $\quad$ et la constante de temps : $\mathbf{\tau = \dfrac{RJ}{K_C.K_E + R.f}}$

1.4- La tangente à l'origine de la courbe expérimentale n'étant pas horizontale, la fonction de transfert du moteur est une fonction de transfert du premier ordre. de la forme : $H_m(p) = \dfrac{K_m}{1 + \tau.p}$

On relève sur cette courbe l'expérimentale :

- ☞ Une valeur finale de 48 $rad.s^{-1}$.
- ☞ La date à laquelle la courbe atteint 63% de la valeur finale (30,24 $rad.s^{-1}$) : $t = \tau = 0{,}015$ s
- ☞ La date à laquelle la courbe atteint 95% de la valeur finale (45,6 $rad.s^{-1}$) : $t_{5\%} = 3.\tau = 0{,}045$ s
- ☞ L'abscisse à laquelle la tangente à l'origine coupe l'horizontale correspondant à la valeur finale : $t = \tau = 0{,}015$ s



Le premier relevé permet de déterminer le gain statique : $K_m = \dfrac{48}{24} = 2\ rad.s^{-1}.V^{-1}$

Les trois autres relevé la même constante de temps : $\tau = 0{,}015$ s

D'où l'expression de la fonction de transfert du moteur : $\mathbf{H_m(p) = \dfrac{2}{1 + 0{,}015.p}}$

1.5- Ayant $K_m = \dfrac{K_C}{K_C.K_E + R.f}$ On en déduit : $\mathbf{f = \dfrac{K_C - K_m.K_C.K_E}{R.K_m}}$

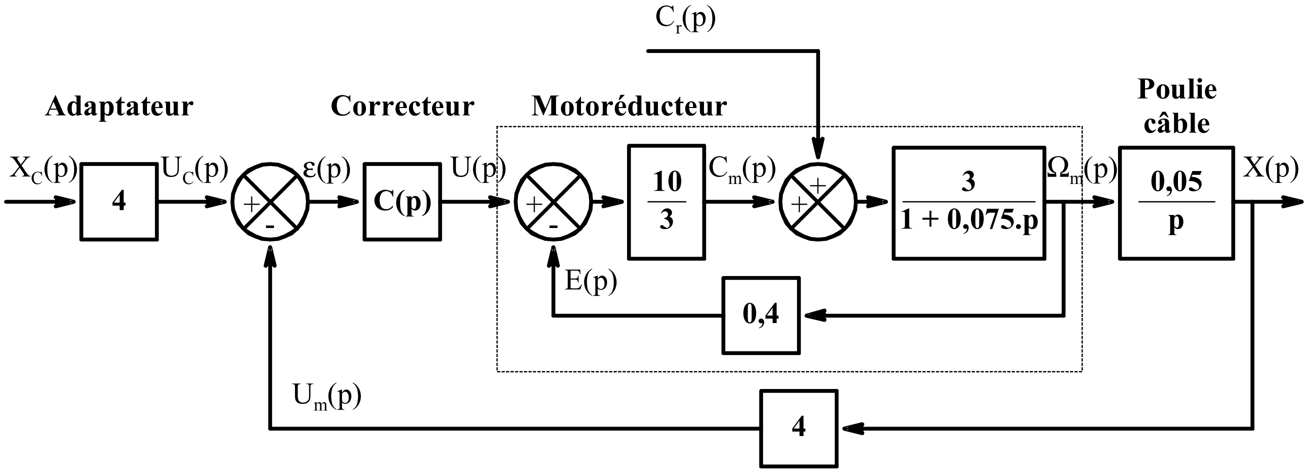
D'où le coefficient de frottement visqueux : $\mathbf{f = \dfrac{0{,}4 - 0{,}4\times0{,}4\times2}{0{,}12 \times 2} = 0{,}333\ N.m.s.rad^{-1}}$

D'autre part ayant $\tau = \dfrac{RJ}{K_C.K_E + R.f}$ On en déduit : $\mathbf{J = \dfrac{\tau.(K_C.K_E + R.f)}{R}}$

D'où l'inertie des pièces en mouvement : $\mathbf{J = \dfrac{0{,}015.(0{,}4\times0{,}4 + 0{,}12\times0{,}333)}{0{,}12} = 2{,}5.10^{-2}\ kg.m^2}$

2ième partie : Condition sur le gain du correcteur en fonction de la consigne.

Schéma bloc de l'asservissement :



2.1- Du schéma bloc on calcule la fonction de transfert du moteur pour une perturbation nulle :

$$H_m(p) = \frac{\Omega_P(p)}{U(p)} = \frac{\dfrac{10}{1 + 0{,}075.p}}{1 + \dfrac{4}{1 + 0{,}075.p}} = \frac{10}{5 + 0{,}075.p}$$

On en déduit la fonction de transfert de l'asservissement pour une perturbation nulle :

$$H_1(p) = \frac{X(p)}{X_C(p)} = 4 . \frac{\dfrac{10.K_P.0{,}05}{5.p + 0{,}075.p^2}}{1 + \dfrac{10.K_P.0{,}05\times4}{5.p + 0{,}075.p^2}} = \frac{2.K_P}{2.K_P + 5.p + 0{,}075.p^2}$$

Soit sous sa forme canonique : $\mathbf{H_1(p) = \dfrac{1}{1 + \dfrac{2{,}5}{K_P}.p + \dfrac{0{,}0375}{K_P}.p^2}}$

2.2- Cette fonction de transfert est donc une fonction de transfert du second ordre avec :

- ☞ Un gain statique de : $\mathbf{K_1 = 1}$
- ☞ Une pulsation propre non amortie de : $\mathbf{\omega_0 = \sqrt{\dfrac{K_P}{0{,}0375}}}$
- ☞ Un facteur d'amortissement de : $\mathbf{m = \dfrac{1}{2} . \sqrt{\dfrac{K_P}{0{,}0375}} . \dfrac{2{,}5}{K_P} = \dfrac{1{,}25}{\sqrt{0{,}0375.K_P}}}$

2.3- Le gain de cette fonction de transfert étant de 1, l'erreur statique en réponse à un échelon de consigne est nulle. **Le critère de précision du cahier des charges est donc vérifié.**

2.4- Cette fonction de étant du second ordre il n'y aura pas de dépassement de la valeur finale en réponse à un échelon de consigne si le facteur d'amortissement est supérieur à 1. Soit $\frac{1{,}25}{\sqrt{0{,}0375.K_P}} > 1$

D'où la condition sur le gain du correcteur : $K_P \leq \frac{1{,}25^2}{0{,}0375}$ soit: $\mathbf{K_P \leq 41{,}6}$

$3^{ième}$ partie : Condition sur le gain du correcteur en fonction de la perturbation.

3.1- Etant donné l'équivalence des schémas blocs on en déduit :

$$\mathbf{F_1(p) = \frac{10}{3}} \qquad \mathbf{F_2(p) = 0{,}4 . \frac{p}{0{,}05} = 8.p} \qquad \text{et :} \qquad \mathbf{F_3(p) = 4.K_P}$$

On en déduit également: $\mathbf{F_4(p) = F_1(p) \times [\, F_2(p) + F_3(p)\,] = \frac{10}{3}.(\, 8.p + 4.K_P\,)}$

3.2- Du $2^{ième}$ schéma bloc équivalent on en déduit la fonction de transfert pour une consigne nulle :

$$H_2(p) = \frac{X(p)}{C_r(p)} = \frac{\dfrac{0{,}15}{p + 0{,}075.p^2}}{1 + \dfrac{0{,}15}{p + 0{,}075.p^2} . \dfrac{10}{3} .(\, 8.p + 4.K_P\,)} = \frac{0{,}15}{p + 0{,}075.p^2 + 4.p + 2.K_P}$$

Soit sous sa forme canonique : $$\mathbf{H_2(p) = \frac{\dfrac{0{,}075}{K_P}}{1 + \dfrac{2{,}5}{K_P}.p + \dfrac{0{,}0375}{K_P}.p^2}}$$

3.3- Cette fonction de transfert est donc une fonction de transfert du second ordre avec :

- ☞ Un gain statique de : $\mathbf{K_2 = \frac{0{,}075}{K_P}}$
- ☞ Une pulsation propre non amortie de : $\mathbf{\omega_0 = \sqrt{\frac{K_P}{0{,}0375}}}$
- ☞ Un facteur d'amortissement de : $\mathbf{m = \frac{1}{2} . \sqrt{\frac{K_P}{0{,}0375}} . \frac{2{,}5}{K_P} = \frac{1{,}25}{\sqrt{0{,}0375.K_P}}}$

3.4- L'erreur de position induite par le couple résistant ΔX sera la valeur finale de x(t) soit x(∞) pour une consigne nulle et un couple résistant constant de Cr0.

Or dans ce cas : $X(p) = C_{r0}(p).H_2(p)$ avec: $C_{r0}(p) = \frac{C_{r0}}{p}$

On en déduit donc que : $\Delta X = K_2.C_{r0}$ D'où: $\mathbf{\Delta X = \frac{0{,}075}{K_P} . C_{r0}}$

3.5- Le cahier des charges sur la précision sera respecté pour : $\Delta X \leq 2 \text{ mm} = 2.10^{-3} \text{ m}$

Pour un couple résistant de 0,4 N.m on a donc : $\frac{0{,}075}{K_P} \times 0{,}4 \leq 2.10^{-3}$ soit: $\mathbf{K_P \geq 15}$

4ième partie : Rapidité du système

4.1- On a vu dans les 2ième et 3ième parties que pour respecter le cahier des charges il faut un gain du correcteur tel que : $15 \leq K_P \leq 41$.

Or comme le facteur d'amortissement m de la fonction de transfert est supérieure à 1 (pour ne pas avoir de dépassement), plus le gain du correcteur est important plus le système est rapide.

D'où le choix d'un gain du correcteur K_P de 41, correspondant à $m \approx 1$.

4.2- La valeur du facteur d'amortissement étant de 1, l'abaque donne : $t_{5\%}.\omega_0 \approx 4,5$

Or : $\omega_0 = \sqrt{\dfrac{K_P}{0,0375}}$ Soit : $\omega_0 = \sqrt{\dfrac{41}{0,0375}} = 33,1$ rad/s

D'où le temps de réponse à 5% du système : $\boldsymbol{t_{5\%} = \dfrac{4,5}{\omega_0} = \dfrac{4,5}{33,1} = 0,14\ s}$

4.3- Au temps de réponse à 5% le chariot sera à 5% de sa valeur finale.

Or les tubes sont espacés de 12 cm = 120 mm, donc au temps de réponse à 5%, on est a :

$120 \times 0,05 = 6$ mm de la positon désirée ce qui est supérieur à la précision attendue de 2 mm.

On ne peut donc pas effectuer un cliché des tubes avec un intervalle de temps correspondant au temps de réponse à 5% soit 0,14 s.

4.4- Si les tubes sont espacés de 24 cm = 0,24 m, comme le gain de l'adaptateur est de 4 $V.m^{-1}$, la tension de consigne sera de : $u_C = 0,24 \times 4 = 0,96$ V.

D'autre part au début du déplacement la position étant nulle, la tension mesurée u_m est nulle. Donc au début du déplacement l'écart entre ces deux tensions est de $\varepsilon = 0,96$ V.

Le gain du correcteur étant de $K_P = 41$ cela induit qu'il faut alimenter le moteur à courant continu avec une tension de : $u = 41 \times 0,96 = 39,4$ V. Ce qui est impossible car la tension d'alimentation du moteur est limitée à 24 V. Il y aura donc une saturation au niveau de l'alimentation du moteur.

Cette saturation induit donc que le système n'est plus linéaire, et donc que le temps de réponse à 5% ne peut plus se calculer avec un système linéaire (SLCI) comme fait ci-dessus.

Donc avec des tubes espacés de 24 cm le temps de réponse à 5% sera donc plus long.

Corrigé du DM de SII

Exercice 1 : Régulation d'un réacteur chimique

CI = 0

Q1)
$$V_1 p\, C_1(p) = \phi_0 [C_0(p) - C_1(p)] - k_1 V_1 C_1(p)$$
$$V_2 p\, C_2(p) = \phi_0 [C_1(p) - C_2(p)] - k_2 C_2(p) \times V_2$$

Q2)
$$H_1(p) = \frac{C_1(p)}{C_0(p)}$$

$$[V_1 p + \phi_0 + k_1 V_1]\, C_1(p) = \phi_0 C_0(p)$$

$$H_1(p) = \frac{C_1(p)}{C_0(p)} = \frac{\phi_0}{\phi_0 + k_1 V_1 + V_1 p}$$

De m̂
$$H_2(p) = \frac{\phi_0}{\phi_0 + k_2 V_2 + V_2 p}$$

Q3)
$$H_3(p) = \frac{C_2(p)}{C_0(p)} = \frac{C_1(p)}{C_0(p)} \times \frac{C_2(p)}{C_1(p)}$$
$$= \frac{\phi_0^2}{(\phi_0 + k_1 V_1 + V_1 p)(\phi_0 + k_2 V_2 + V_2 p)}$$

AN:
$$H_3(p) = \frac{100^2}{(100+100+100p)(100+100+50p)}$$
$$= \frac{100^2}{(200+100p)(200+50p)}$$

Q4)
$$C_2(p) = \frac{C_0}{p} \times \frac{100^2}{(200+100p)(200+50p)}$$

Q5)
$$\lim_{t \to +\infty} c_2(t) = \lim p \frac{C_0}{p} \times \frac{100^2}{(200+100p)(200+50p)}$$
$$= \frac{0{,}5 \times 100^2}{200^2} = \frac{1}{8}$$

$$\lim_{t \to 0} c_2'(t) = \lim_{p \to +\infty} p\, C_2'(p) = \lim_{p \to +\infty} p^2 C_2(p)$$

$$= \lim_{p \to \infty} p^2 \times \frac{C_0}{p} \times \frac{100^2}{(200+100p)(200+50p)}$$

$$= \lim_{p \to \infty} \cancel{p^2} \times \frac{C_0}{\cancel{p^3}} \times \frac{100^2}{\left(100+\frac{200}{p}\right)\left(50+\frac{200}{p}\right)} = 0$$

Q6)

$$\frac{C_1(p)}{C_0(p)} = \frac{100}{200+100p} = \frac{1}{p+2}$$

$$\frac{C_2(p)}{C_1(p)} = \frac{100}{200+50p} = \frac{2}{p+4}$$

$$C_2(p) = \frac{C_0}{p} \times \frac{2}{(p+2)(p+4)} = \frac{A}{p} + \frac{B}{p+2} + \frac{C}{p+4}$$

* Trouvons A:

$$\lim_{p \to 0} p\, C_2(p) = A = \lim_{p \to 0} \frac{p \times 1}{p(p+2)(p+4)} = 1/8$$

* Trouvons B:

$$\lim_{p \to -2} (p+2)\, C_2(p) = B = \lim_{p \to -2} (p+2) \frac{1}{p(p+2)(p+4)} = -1$$

* Trouvons C:

$$\lim_{p \to -4} (p+4)\, C_2(p) = C = \lim_{p \to -4} (p+4) \times \frac{1}{p(p+2)(p+4)} = \frac{1}{8}$$

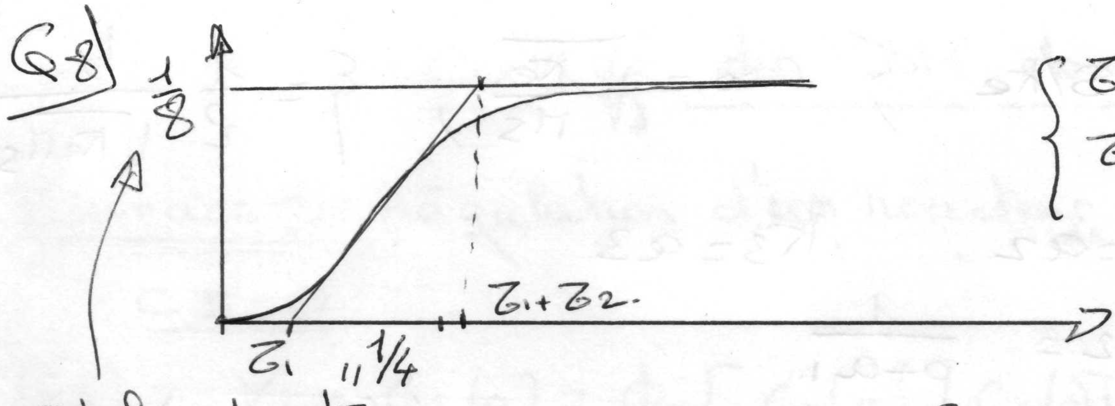
D'où

$$C_2(p) = \frac{0{,}125}{p} - \frac{0{,}25}{p+2} + \frac{0{,}125}{p+4} \quad \text{CGFD}$$

Q7) $\mathcal{L}^{-1}$

$$\to c_2(t) = 0{,}125\left(1 - 2e^{-2t} + e^{-4t}\right) u(t).$$

Q8)



$$\begin{cases} \tau_1 = 0{,}25\,s \\ \tau_2 = 0{,}5\,s \end{cases}$$

échelon $\frac{1}{2} \times K$

$$H_3(p) = \frac{2}{(p+2)(p+4)} = \frac{2}{8+6p+p^2}$$

$$H_3(p) = \frac{K}{1 + \frac{2\xi}{\omega_0} p + \frac{p^2}{\omega_0^2}} = \frac{1/4}{1 + \frac{6p}{8} + \frac{p^2}{8}}$$

Identification des grandeurs caractéristique du 2ème ordre

$\frac{2\xi}{\omega_0} = \frac{3}{4} \Rightarrow \xi = 1$ $\quad$ $\omega_0^2 = 8 \Rightarrow \omega_0 = 2\sqrt{2}$

et $K = 1/4$.

or $\xi = 1 \Rightarrow tr_{5\%} \times \omega_0 = 5$

D'où $tr_{5\%} = \frac{5}{2\sqrt{2}} = \underline{\underline{1{,}77\,s}}$

Exercice 2 : Etude d'une servovalve.

$$M_s\,\ddot{x}(t) + b\,\dot{x}(t) + K_e\,x(t) + (p_a - p_0)\,S = p_e(t)\,S$$

Q1) $\underline{\underline{CI = 0}}$ conditions d'Heaviside

$$M_s p^2 X(p) + bp\,X(p) + K_e X(p) = P_e(p)\,S$$

Q2) $H_1(p) = \frac{X(p)}{P_e(p)} = \frac{S}{K_e + bp + M_s p^2}$

Q3) $H_1(p) = \frac{K_1/p(M_s p + a)}{1 + K_2/p(M_s p + a)} = \frac{K_1}{K_2 + ap + M_s p^2}$

Q4) $K_1 = S$; $K_2 = K_e$; $a = b$.

Q5) $H_1(p) = \frac{S/K_e}{1 + \frac{b}{K_e} p + \frac{M_s}{K_e} p^2}$

Q6) $H_{10} = S/K_e$; $\omega_0 = \sqrt{\frac{K_e}{M_s}}$; $\xi = \frac{1}{2}\frac{b}{\sqrt{K_e M_s}}$

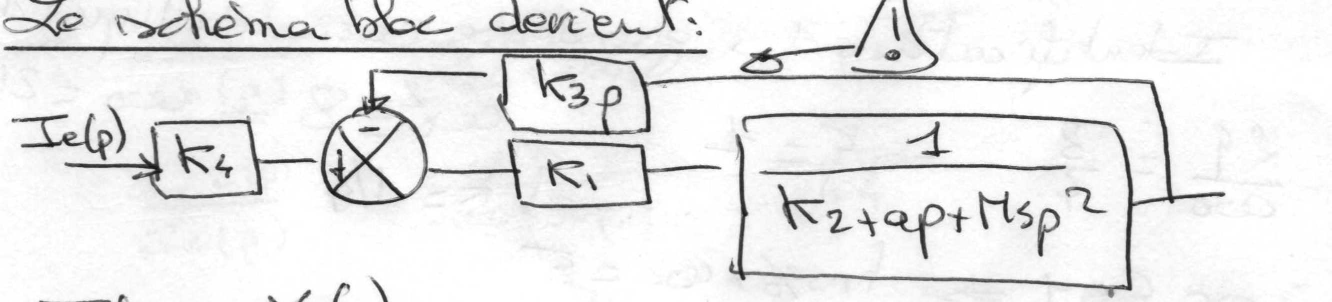
Q7) $K_4 = a_2$ $\quad K_3 = a_3$

$$H_2 = \frac{1}{p+a_1}$$

Q8) Boucle 1 : $Hb_1(p) = \dfrac{1/p(M_s p + a)}{1 + K_2/p(a+M_s p)}$

$$Hb_1(p) = \frac{1}{K_2 + ap + M_s p^2}$$

Le schéma bloc devient:



$$T(p) = \frac{X(p)}{I(p)}$$

$$= \frac{K_1K_4/(K_2+ap+M_sp^2)}{1 + K_1K_3p/(K_2+a_2p+M_sp^2)}$$

$$= \frac{K_1K_4}{K_1K_3p + K_2 + a_2p + M_sp^2}$$

$$= \frac{K_1K_4}{K_2 + (K_1K_3+a_2)p + M_sp^2}$$

$$T(p) = \frac{K_1K_4/K_2}{1 + \left(\frac{K_1K_3+a_2}{K_2}\right)p + \frac{M_s}{K_2}p^2}$$

Rq: Le Gain du bloc de la chaine de retour supérieure a été modifié avant de calculer la boucle 1 de telle sorte que la même grandeur rentre au niveau du signe ⊖.

Exercice : 3 — Asservisst d'altitude d'un ballon

CI = 0

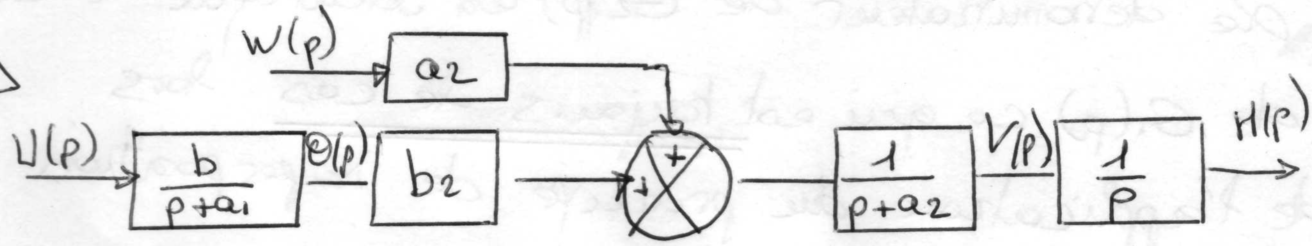
Q1)

(1) $p\,\Theta(p) = -a_1\,\Theta(p) + b\,U(p)$

(2) $p\,V(p) = -a_2\,V(p) + b_2\,\Theta(p) + a_2\,W(p)$

(3) $p\,H(p) = V(p)$

Q2)



Q3) A doit être égal à C car E doit être proportionnel à $H_c(p) - H(p)$ afin de faire tendre la sortie $H(p)$ vers la consigne $H_c(p)$.

Q4) $w(t) = 0$

$$G_1(p) = \frac{H(p)}{H_c(p)} = \frac{0{,}1K_p / p(p+0{,}1)(p+10)}{1 + 0{,}1K_p / p(p+0{,}1)(p+10)}$$

$$= \frac{0{,}1K_p}{0{,}1K_p + p(p+0{,}1)(p+10)}$$

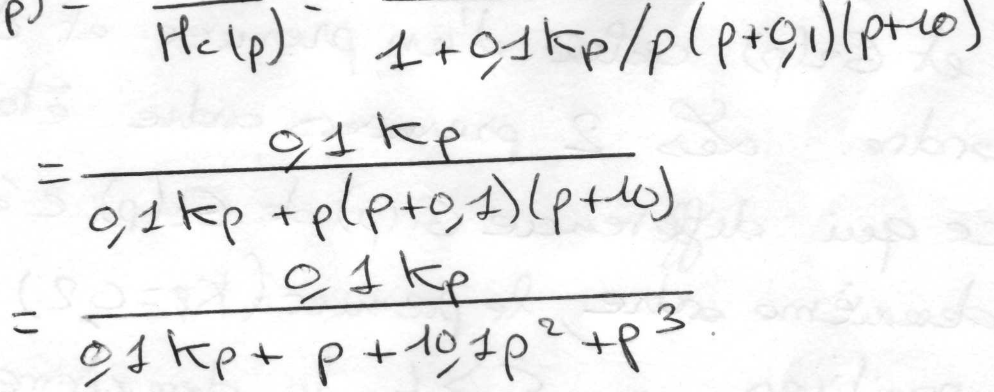
$$= \frac{0{,}1K_p}{0{,}1K_p + p + 10{,}1p^2 + p^3}$$

Q5)

$$G_1(p) = \frac{1}{1 + \frac{p}{0{,}1K_p} + \frac{10{,}1}{0{,}1K_p}p^2 + \frac{p^3}{0{,}1K_p}}$$

$\alpha = 0$
$K = 1$
ordre 3

Q6) $h_c(t) = 0$



Le schéma bloc devient donc.

$$G_2(p) = \frac{10/p(p+10)}{1 + 0{,}1\,K_p/p(p+10)(p+0{,}1)}$$

$$= \frac{10(p+0{,}1)}{0{,}1\,K_p + p + 10{,}1\,p^2 + p^3}$$

Le dénominateur de $G_2(p)$ est identique à celui de $G_1(p)$ ce qui est toujours le cas lors de l'application du principe de superposition

Q7) Courbe 1 $tr_{5\%} = 130\,s$ $D\% = 0\%$

Courbe 2 $tr_{5\%} = 60\,s$ $D\% = 50\%$

Q8) $G_1(p)$ est le produit de 3 premiers ordre et $G_2(p)$ celui d'un premier et d'un deuxième ordre. Les 2 premiers ordre étant identiques ce qui différencie $G_1(p)$ de $G_2(p)$ c'est le deuxième ordre, le premier ($K_p = 0{,}2$) à 2 racines positives $\Rightarrow \xi > 1$, le deuxième ($K_p = 5$) possède quand à lui 2 racines négatives $\Rightarrow \xi < 1$ ce qui explique le régime pseudo périodique du tracé.