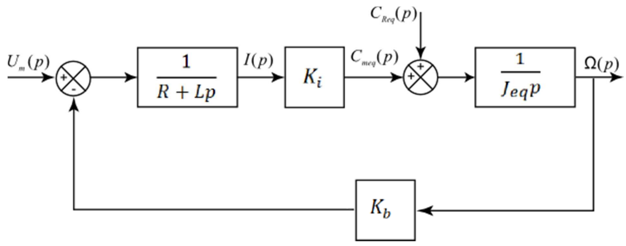
NOM : ………CORRIGE

1

Question 1.

$$U_m(p) = LpI(p) + RI(p) + E_b(p),\ C_{meq}(p) = K_iI(p),$$

$$E_b(p) = K_b\Omega_m(p),\ J_{eq}p\Omega_m(p) = C_{meq}(p)+C_{req}(p)$$



$$\Omega_m(p) = \frac{\frac{K_i}{(R+Lp)J_{eq}p}}{1+\frac{K_iK_b}{(R+Lp)J_{eq}p}}U_m(p) + \frac{\frac{1}{J_{eq}p}}{1+\frac{K_iK_b}{(R+Lp)J_{eq}p}}C_{Req}(p) \text{ et } H_m(p) = \frac{K_i}{K_iK_b+RJ_{eq}p+L\,J_{eq}p^2},\ H_c(p) = \frac{R+Lp}{K_iK_b+RJ_{eq}p+L\,J_{eq}p^2}$$

Question 2.

$$U_{ma}(p) = L_apI_a(p) + R_aI_a(p) + E_{ba}(p)$$

$$C_{ma}(p) = K_{ia}I_a(p)$$

$$E_{ba}(p) = K_{ba}\Omega_m(p)$$

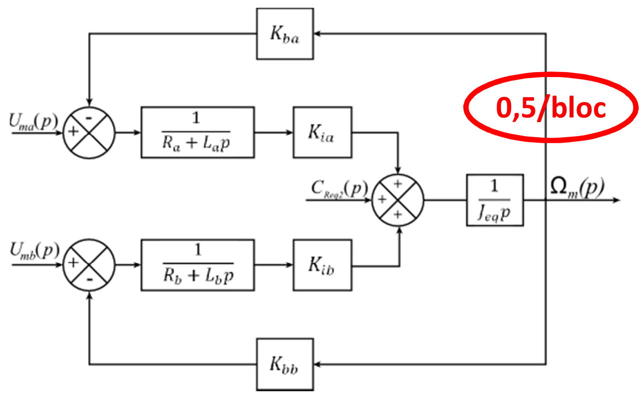
$$U_{mb}(p) = L_bpI_b(p) + R_bI_b(p) + E_{bb}(p)$$

1,5

$$C_{mb}(p) = K_{ib}I_b(p)$$

$$E_{bb}(p) = K_{bb}\Omega_m(p)$$

$$J_{eq2}p\Omega_m(p) = C_{ma}(p) + C_{mb}(p)+C_{Req2}(p)$$



Question 3.

$$\Omega_m(p) = \frac{1}{J_{eq2}p}\left[\left(U_{ma}(p) - K_b\Omega_m(p)\right)\frac{K_i}{R+Lp} + \left(U_{mb}(p) - K_b\Omega_m(p)\right)\frac{K_i}{R+Lp} + C_{Req2}(p)\right]$$

$$\Omega_m(p) = \frac{1}{J_{eq2}p}\left[\left(U_{ma}(p) + U_{mb}(p) - 2K_b\Omega_m(p)\right)\frac{K_i}{R+Lp} + C_{Req2}(p)\right]$$

$$\Omega_m(p)\left[1 + \frac{2K_iK_b}{J_{eq2}p(R+Lp)}\right] = \frac{K_i}{J_{eq2}p(R+Lp)}(U_{ma}(p) + U_{mb}(p)) + \frac{1}{J_{eq2}p}C_{Req2}(p)$$

$$\Omega_m(p) = \frac{K_i}{2K_iK_b+RJ_{eq2}p+LJ_{eq2}p^2}(U_{ma}(p) + U_{mb}(p)) + \frac{(R+Lp)}{2K_iK_b+RJ_{eq2}p+LJ_{eq2}p^2}C_{Req2}(p)$$

3 2

$$\boxed{H_{ma}(p) = H_{mb}(p) = \frac{K_i}{2K_iK_b + RJ_{eq2}p + LJ_{eq2}p^2}} \quad \boxed{H_{C2}(p) = \frac{(R+Lp)}{2K_iK_b + RJ_{eq2}p + LJ_{eq2}p^2}}$$

Question 4.

$\Omega_m(p) = 2H_{ma}(p)U_m(p) + H_{C2}(p)C_{Req2}(p)$ 1,25 1,25

$$\boxed{H_{eq2m}(p) = \frac{2K_i}{2K_iK_b + RJ_{eq2}p + LJ_{eq2}p^2}} \quad \boxed{H_{Ceq2m}(p) = \frac{(R+Lp)}{2K_iK_b + RJ_{eq2}p + LJ_{eq2}p^2}}$$

$$\boxed{K_{i2} = 2K_i} \boxed{K_{b2} = K_b} \boxed{J_{eq2} = 2(J_m + J_R + \frac{J_v}{N^2}) + M\left(\frac{p_v}{2\pi N}\right)^2} \boxed{R_2 = R} \boxed{L_2 = L}$$

0,5 / variable

Question 5.

$\Omega_m(p) = 3H_{ma}(p)U_m(p) + H_{C2}(p)C_{Req3}(p)$ 1,25 1,25

$$\boxed{H_{eq3m}(p) = \frac{3K_i}{3K_iK_b + RJ_{eq2}p + LJ_{eq2}p^2}} \quad \boxed{H_{Ceq3m}(p) = \frac{(R+Lp)}{3K_iK_b + RJ_{eq2}p + LJ_{eq2}p^2}}$$

$$\boxed{K_{i3} = 3K_i} \boxed{K_{b3} = K_b} \boxed{J_{eq3} = 3\left(J_m + J_R + \frac{J_v}{N^2}\right) + M\left(\frac{p_v}{2\pi N}\right)^2} \boxed{R_3 = R} \boxed{L_3 = L}$$

0,5 / variable

Question 6. 2

$H_{eq3m}(p) = \frac{\frac{1}{K_b}}{1+\frac{J_{eq3}R}{3K_bK_i}p+\frac{J_{eq3}L}{3K_bK_i}p^2}$ et $H_{Ceq3m}(p) = \frac{R}{3K_bK_i}\frac{(1+\frac{L}{R}p)}{1+\frac{J_{eq3}R}{3K_bK_i}p+\frac{J_{eq3}L}{3K_bK_i}p^2}$ 1,25

1,25

$$\boxed{a = \frac{J_{eq3}L}{3K_bK_i}} \boxed{b = \frac{J_{eq3}R}{3K_bK_i}} \boxed{K_m = \frac{1}{K_b}} \boxed{K_C = \frac{R}{3K_bK_i}} \boxed{\tau_C = \frac{L}{R}}$$

0,5

Question 7. 5

$K_{b3} = K_b = \frac{12V}{(1000tr/min)} = \frac{12V}{1000*\frac{\pi}{30}rad.s^{-1}} = 0{,}12V.s.rad^{-1}$ 5

Question 8.

$$J_{eq3} = 3(J_m + J_R + \frac{J_v}{N^2}) + M\left(\frac{p_v}{2\pi N}\right)^2$$

$$J_{eq3} = 3\left(800 + 80 + \frac{600}{25}\right).10^{-7} + 400\left(\frac{10.10^{-3}}{2\pi 5}\right)^2 \simeq 3{,}12.10^{-4}kg.m^2$$

Inertie des trois réducteurs : $3(80.10^{-7}) = 2{,}4.10^{-5}kg.m^2$ (-%)

Inertie des trois vis : $3\frac{600}{25}10^{-7} = 7{,}2.10^{-6}kg.m^2(-\%)$

Inertie de la masse du bras : $400\left(\frac{10.10^{-3}}{2\pi 5}\right)^2 = 4{,}05.10^{-5}kg.m^2$ (-%)

Question 9.

$a = \frac{J_{eq3}L}{3K_bK_i} = \frac{3{,}12.10^{-4}*4{,}6.10^{-3}}{3*0{,}12*0{,}12} = 3{,}3.10^{-5}$ et $b = \frac{J_{eq3}R}{3K_bK_i} = \frac{3{,}12.10^{-4}*2}{3*0{,}12*0{,}12} = 1{,}4.10^{-2}$. $b^2 - 4a = 7{,}6.10^{-5} > 0$

Le discriminant est positif donc on peut factoriser le dénominateur de $H_{eq3m}(p)$ sur le corps des réels. $\frac{\tau_2}{\tau_1} = \frac{0{,}012}{0{,}0025} = 4{,}8$ 5

$\tau_2 = 4{,}8\tau_1$ donc on ne peut considérer l'un des modes comme dominant.

Question 10.

$R_e(p) = \frac{1}{N}, H_v(p) = \frac{p_v}{2\pi}$ 2,5 2,5

Question 11.

Lorsque $V(p) = V_c(p)$, il faut que $\varepsilon(p) = 0$. $\varepsilon(p) = V_c(p)A_C - \frac{G_t}{H_{v(p)}}V(p) = 0$ 2

Il faut que $A_C = \frac{G_t}{H_{v(p)}} = G_t * \frac{2\pi}{p_v} = 0{,}1.10^{-3} * \frac{2\pi}{10} = 62{,}8V/(m.s^{-1})$ 1

2

Question 12.

La classe de la FTBO est nulle donc l'erreur statique est non nulle ($e_0/(1+K_{BO})$). Hors le cahier des charges impose un écart statique en régulation nul. il n'est donc pas possible de vérifier toutes les exigences du cahier des charges. 5

Question 13.

$$FTBO(p) = \frac{K_{cor}}{p}\frac{K_m}{(1+\tau_1 p)(1+\tau_2 p)}\frac{G_t}{N}$$

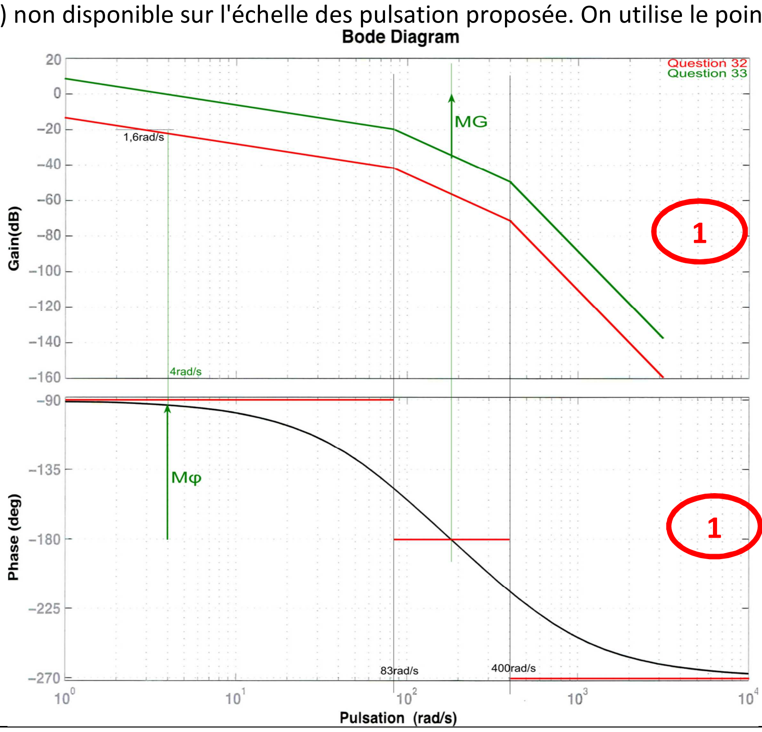
5

Question 14.

Pour tracer le diagramme de Bode, on décompose en trois fonctions de transfert :

$$FTBO(p) = \frac{K_{cor}K_m G_t}{p}\frac{1}{(1+\tau_1 p)}\frac{1}{(1+\tau_2 p)} = \frac{0{,}16}{p}\frac{1}{1+0{,}0025p}\frac{1}{1+0{,}012p}$$

On a donc la somme de deux premiers ordre de pulsation de cassure 80 et 400 rad/s. La fonction de transfert 0,16/p passe par le point (0,16rad/s,0dB) non disponible sur l'échelle des pulsation proposée. On utilise le point (1,6rad/s,-20dB).



3

Question 15.

5

$T_{R5\%} = 3\tau = 0{,}75s$ donc $\tau = 0{,}25s$ donc $\omega = 4rad/s$

Sur le diagramme de Bode asymptotique de la question précédente, pour que la pulsation à 0dB soit égale à 4rad/s, il faut au minimum translater la courbe des gains de 22dB, soit un gain K_{Cor} de $10^{\frac{22}{20}} = 12{,}6$.

À partir du diagramme asymptotique de la question précédente (courbe supérieure), la marge de phase est alors de 88° et la marge de gain de 28dB.

Question 16.

$$C_{Req3} = -\frac{Mgp_v}{2\pi N} = -\frac{400.10.10.10^{-3}}{2\pi.5} \approx -1{,}27N.m$$

Question 17.

Par lecture graphique, le temps de réponse est légèrement supérieur à 0,75s. Le critère de cahier des charges n'est donc pas respecté.

La marge de phase est respectée ($88° > 65°$). 0,5 0,5

La marge de gain est respectée ($22dB > 8dB$). 0,5

L'écart statique en régulation est nul 0,5

$i_{max} = 5{,}5A < 20A$ 0,5

Puissance max=48*4,9=235W<255W

Tous les critères sont donc respectés sauf le temps de réponse à 5%.

Question 18.

Au voisinage de 0s, le bras descend au début pendant 0,1s. La charge due à la pesanteur entraîne le moteur en sens contraire au démarrage (le courant n'est pas assez grand pour la contrer le couple de la charge) puis le couple moteur devient suffisant et la charge monte.

Pour éviter ce comportement, on pourrait utiliser une vis irréversible pour que la charge ne puisse pas être motrice.

5

Question 19.

$$M\cdot p^2\cdot Z(p)=S_h\cdot P_h(p)-S_e\cdot P_e(p)-\frac{M\cdot g}{p}-f\cdot p\cdot Z(p)$$

L'équation recherchée est : $\boxed{\left(f\cdot p+M\cdot p^2\right)\cdot Z(p)=S_h\cdot P_h(p)-S_e\cdot P_e(p)-\frac{M\cdot g}{p}}$ 5

Question 20.

Les deux équations recherchées sont : $\boxed{Q_e(p)=(S_a-S_b)\,p\cdot L(p)+\frac{V_t}{B_e}\cdot p\cdot P_e(p)}$ 2,5 2,5

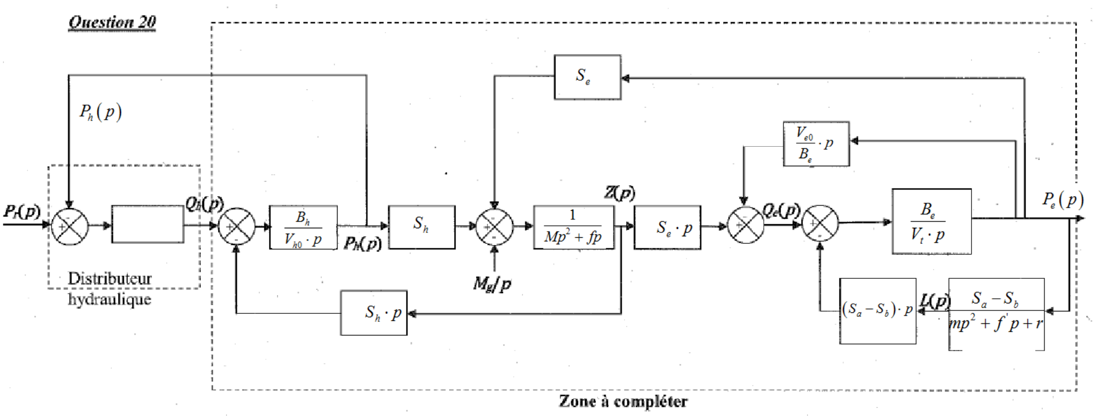
$\boxed{m\cdot p^2\cdot L(p)=-r\cdot L(p)+(S_a-S_b)\cdot P_e(t)-f'\cdot p\cdot L(p)}$

Question 21.

$m\cdot p^2\cdot L(p)=-r\cdot L(p)+(S_a-S_b)\cdot P_e(t)-f'\cdot p\cdot L(p)$ permet d'écrire :

$\left(m\cdot p^2+f'\cdot p+r\right)\cdot L(p)=(S_a-S_b)\cdot P_e(t)$

-0,5/erreur



Question 22.

Ces réponses ne présentent pas de dépassement et une tangente non nulle à l'origine. On les identifie à des 1[ers] ordres de la forme : $H_i(p)=\dfrac{P_i(p)}{P_r(p)}=\dfrac{K_i}{1+\tau_i\cdot p}$

La valeur finale de la réponse à un échelon d'un 1[er] ordre est $s_i(\infty)=K_i\cdot e_{i0}$ soit $K_i=\dfrac{s_i(\infty)}{e_{i0}}$

$K_h=\dfrac{s_h(\infty)}{e_{h0}}$ $\quad K_h=\dfrac{250}{250}$ $\quad K_h=1$

$K_e=\dfrac{s_e(\infty)}{e_{e0}}$ $\quad K_e=\dfrac{800}{250}$ $\quad K_e=3.2$

La constante de temps se déterminer par l'une des 3 méthodes suivantes :
Méthode 1 : la tangente à l'origine atteint la valeur finale à $t=\tau$

$\tau_h=15\ \text{s}$ $\quad \tau_e=17\ \text{s}$

Méthode 2 : pour $t=\tau$, la courbe atteint 63% de la valeur finale.

$63\%\cdot s_h(\infty)=0.63\cdot 250=157.7$ atteint pour $\tau_h=14\ \text{s}$

$63\%\cdot s_e(\infty)=0.63\cdot 800=504$ atteint pour $\tau_e=14\ \text{s}$

Méthode 3 : pour $t=3\cdot\tau$, la courbe atteint 95% de la valeur finale.

$95\%\cdot s_h(\infty)=0.95\cdot 250=237.5$ atteint pour $3\cdot\tau_h=28.2\ \text{s}$ $\quad \tau_h=9.4\ \text{s}$

$95\%\cdot s_e(\infty)=0.95\cdot 800=760$ atteint pour $3\cdot\tau_e=28.2\ \text{s}$ $\quad \tau_e=9.4\ \text{s}$

Les 3 méthodes donnent normalement sensiblement les mêmes valeurs, ce qui n'est pas le cas ici. Les raisons sont :

- La valeur finale prise n'est pas forcément la bonne valeur (la courbe semble évoluer encore).
- La modélisation sous la forme d'un premier ordre n'est sans doute pas pertinente.

On choisira la méthode 3, qui donne les mêmes valeurs avec, à priori, l'erreur de construction la plus faible.

Finalement : $\boxed{\dfrac{P_h(p)}{P_r(p)}=\dfrac{1}{1+9.4\cdot p}}$ 2,5 $\quad \boxed{\dfrac{P_e(p)}{P_r(p)}=\dfrac{3.2.}{1+9.4\cdot p}}$ 2,5

Question 23.

A l'instant $t = 35$ s, un échelon de débit de fuite est appliqué au système.

La réponse ne présente pas de dépassement et une tangente non nulle à l'origine. On l'identifie à un 1er ordre.

$$\frac{P_e(p)}{\Delta Q_e(p)} = \frac{K_f}{1+\tau_f \cdot p}$$

La valeur finale de la réponse à un échelon d'un 1er ordre est $s_i(\infty) = K_i \cdot e_{i0}$ soit $K_i = \dfrac{s_i(\infty)}{e_{i0}}$

La valeur initiale est de 800 bars. La valeur finale est de 480 bars.
On effectue un changement d'origine par une translation de la courbe de -800 bars :
La nouvelle valeur initiale est de 0 bars. La nouvelle valeur finale est de -320 bars.

$$K_f = \frac{s_f(\infty)}{e_{f0}} \qquad K_f = \frac{-320}{2\cdot 10^{-3}} \qquad K_f = 160000 \ \text{bar}/\left(\text{m}^3/s\right)$$

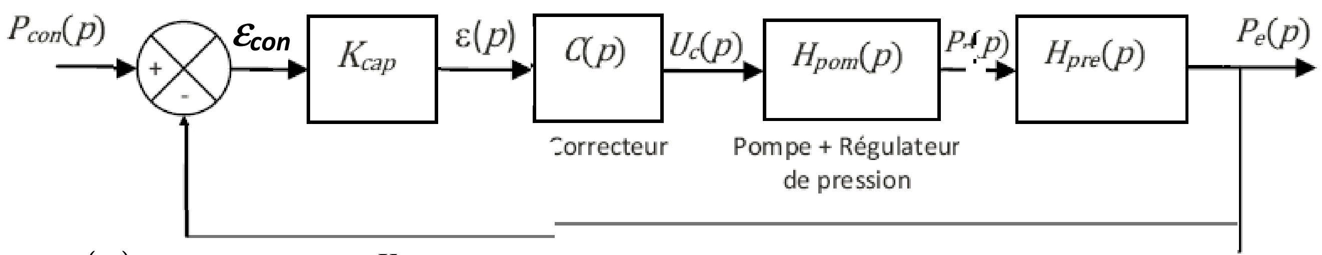
On choisit la méthode 3 :
Méthode 3 : pour $t = 3\cdot\tau$, la courbe atteint 95% de la valeur finale.

$95\% \cdot s_f(\infty) = 0.95 \cdot -320 = -304$ atteint pour $t = 77$ s $\qquad 3\cdot\tau_f = 42$ s $\qquad \tau_f = 14$ s

Finalement : $\boxed{\dfrac{P_e(p)}{\Delta Q_e(p)} = \dfrac{160000}{1+14\cdot p}}$ 5

Question 24.

On transforme le schéma bloc en se ramenant à un retour unitaire, le débit de fuite étant nul :



Soit : $\dfrac{P_e(p)}{\varepsilon_{con}(p)} = K_P \cdot \dfrac{K_m}{1+T_1\cdot p} \cdot \dfrac{K_{pom}}{1+T_2\cdot p} \cdot K_{cap}$ d'où $K_{BO} = K_P \cdot K_m \cdot K_{pom} \cdot K_{cap}$

Le système étant de classe 0, l'erreur statique relative est : $\varepsilon_{con\%} = \dfrac{1}{1+K_{BO}}$ 2,5

L'énoncé parle de l'erreur statique ε_{con} alors que le Cahier de Charges donne une erreur statique ε_{con} < 5 %. On préfèrera parler ici d'erreur statique relative $\varepsilon_{con\%}$.

$$\boxed{\varepsilon_{con\%} = \frac{1}{1+K_P\cdot K_m \cdot K_{pom}\cdot K_{cap}}}$$ 2,5

Question 25.

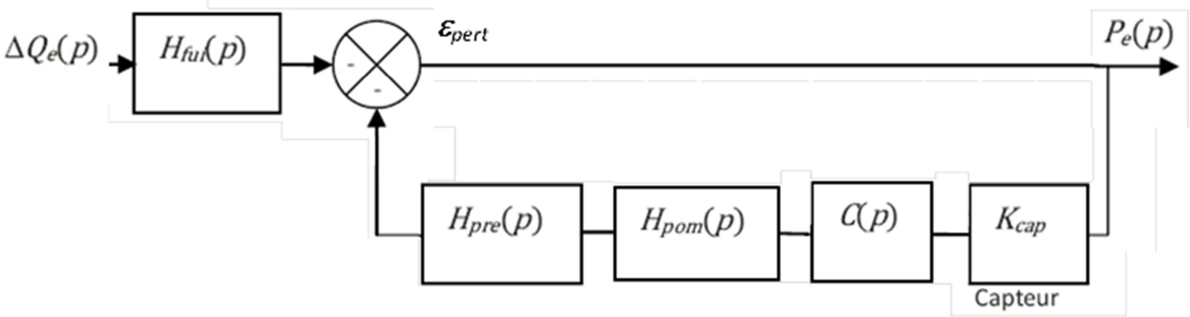
On désire avoir $\varepsilon_{con\%} < 5\%$. Soit : $\dfrac{1}{1+K_P\cdot K_m\cdot K_{pom}\cdot K_{cap}} < 0.05 \Leftrightarrow 1 < 0.05 + 0.05\cdot K_P\cdot K_m\cdot K_{pom}\cdot K_{cap}$

$$\Leftrightarrow 0.95 < 0.05\cdot K_P\cdot K_m\cdot K_{pom}\cdot K_{cap} \Leftrightarrow K_P > \frac{0.95}{0.05\cdot K_m\cdot K_{pom}\cdot K_{cap}} \Leftrightarrow K_P > \frac{0.95}{0.05\cdot 3.24\cdot 1.234\cdot 10^{7}\cdot 2.5\cdot 10^{-8}}$$

$\Leftrightarrow \boxed{K_P > 19}$ 5

Question 26.

Si $P_{con}(p)=0$, le schéma bloc devient :



$$P_e(p)=-\Delta Q_e(p)\cdot H_{fui}(p)-P_e(p)\cdot K_{cap}\cdot C(p)\cdot H_{pom}(p)\cdot H_{pre}(p)$$

$$P_e(p)\left(1+K_{cap}\cdot C(p)\cdot H_{pom}(p)\cdot H_{pre}(p)\right)=-\Delta Q_e(p)\cdot H_{fui}(p)$$

$$P_e(p)=-\Delta Q_e(p)\cdot\frac{H_{fui}(p)}{1+K_{cap}\cdot C(p)\cdot H_{pom}(p)\cdot H_{pre}(p)}$$

$$\frac{P_e(p)}{\Delta Q_e(p)}=-\frac{H_{fui}(p)}{1+K_{cap}\cdot C(p)\cdot H_{pom}(p)\cdot H_{pre}(p)}\qquad \frac{P_e(p)}{\Delta Q_e(p)}=-\frac{\dfrac{K_f}{1+T_1\cdot p}}{1+K_{cap}\cdot K_p\cdot\dfrac{K_m}{1+T_1\cdot p}\cdot\dfrac{K_{pom}}{1+T_1\cdot p}}$$

$$\frac{P_e(p)}{\Delta Q_e(p)}=-\frac{K_f\cdot(1+T_1\cdot p)\cdot(1+T_2\cdot p)}{(1+T_1\cdot p)\cdot\left((1+T_1\cdot p)\cdot(1+T_2\cdot p)+K_{cap}\cdot K_p\cdot K_m\cdot K_{pom}\right)}$$

$\varepsilon_{pert}=\lim\limits_{t\to\infty}\left(p_e(t)\right)$ car $\varepsilon_{pert}(p)=P_e(p)$ et, par le théorème de la valeur finale : $\varepsilon_{pert}=\lim\limits_{p\to 0}p\cdot\left(P_e(p)\right)$

Or $\quad\varepsilon_{pert}(p)=P_e(p)=-\Delta Q_e(p)\cdot\dfrac{K_f\cdot(1+T_1\cdot p)\cdot(1+T_2\cdot p)}{(1+T_1\cdot p)\cdot\left((1+T_1\cdot p)\cdot(1+T_2\cdot p)+K_{cap}\cdot K_p\cdot K_m\cdot K_{pom}\right)}$

$$\varepsilon_{pert}(p)=-\frac{\Delta Q_e}{p}\cdot\frac{K_f\cdot(1+T_1\cdot p)\cdot(1+T_2\cdot p)}{(1+T_1\cdot p)\cdot\left((1+T_1\cdot p)\cdot(1+T_2\cdot p)+K_{cap}\cdot K_p\cdot K_m\cdot K_{pom}\right)}$$

$$\varepsilon_{pert}=\lim_{p\to 0}p\cdot\left(\varepsilon_{pert}(p)\right)=\lim_{p\to 0}p\cdot\left(-\frac{\Delta Q_e}{p}\cdot\frac{K_f\cdot(1+T_1\cdot p)\cdot(1+T_2\cdot p)}{(1+T_1\cdot p)\cdot\left((1+T_1\cdot p)\cdot(1+T_2\cdot p)+K_{cap}\cdot K_p\cdot K_m\cdot K_{pom}\right)}\right)$$

$$\varepsilon_{pert}=-\Delta Q_e\cdot\frac{K_f}{1+K_{cap}\cdot K_p\cdot K_m\cdot K_{pom}}$$

On prendra la valeur absolue : $\boxed{\varepsilon_{pert}=\Delta Q_e\cdot\dfrac{K_f}{1+K_{cap}\cdot K_p\cdot K_m\cdot K_{pom}}}$ 5

Question 27.

On désire avoir $\varepsilon_{pert}<40$ bars. Soit : $\Delta Q_e\cdot\dfrac{K_f}{1+K_{cap}\cdot K_p\cdot K_m\cdot K_{pom}}<40$

$\Leftrightarrow \Delta Q_e\cdot K_f<40+40\cdot K_{cap}\cdot K_p\cdot K_m\cdot K_{pom}\qquad\Leftrightarrow \Delta Q_e\cdot K_f-40<40\cdot K_{cap}\cdot K_p\cdot K_m\cdot K_{pom}$

$\Leftrightarrow K_p>\dfrac{\Delta Q_e\cdot K_f-40}{40\cdot K_{cap}\cdot K_m\cdot K_{pom}}\qquad\Leftrightarrow K_p>\dfrac{5\cdot10^{-4}\cdot 2.55\cdot10^{5}-40\cdot10^{5}}{40\cdot10^{5}\cdot2\cdot10^{-8}\cdot3.24\cdot1.234\cdot10^{7}}\Leftrightarrow\boxed{K_p>2.19}$ 5

Question 28.

Le Cahier des Charges impose qu'il n'y ait pas de dépassement, soit un coefficient d'amortissement ξ de la fonction de transfert $\dfrac{P_e(p)}{P_{con}(p)}$ supérieur à 1 1

$$\frac{P_e(p)}{P_{con}(p)}=\frac{\dfrac{K_P\cdot K_m\cdot K_{pom}\cdot K_{cap}}{(1+T_1\cdot p)\cdot(1+T_2\cdot p)}}{1+\dfrac{K_P\cdot K_m\cdot K_{pom}\cdot K_{cap}}{(1+T_1\cdot p)\cdot(1+T_2\cdot p)}}=\frac{K_P\cdot K_m\cdot K_{pom}\cdot K_{cap}}{(1+T_1\cdot p)\cdot(1+T_2\cdot p)+K_P\cdot K_m\cdot K_{pom}\cdot K_{cap}}$$

$$\frac{P_e(p)}{P_{con}(p)}=\frac{K_P\cdot K_m\cdot K_{pom}\cdot K_{cap}}{1+K_P\cdot K_m\cdot K_{pom}\cdot K_{cap}+(T_1+T_2)\cdot p+T_1\cdot T_2\cdot p^2}$$

$$\frac{P_e(p)}{P_{con}(p)}=\frac{\dfrac{K_P\cdot K_m\cdot K_{pom}\cdot K_{cap}}{1+K_P\cdot K_m\cdot K_{pom}\cdot K_{cap}}}{1+\dfrac{T_1+T_2}{1+K_P\cdot K_m\cdot K_{pom}\cdot K_{cap}}\cdot p+\dfrac{T_1\cdot T_2}{1+K_P\cdot K_m\cdot K_{pom}\cdot K_{cap}}\cdot p^2}=\frac{K_{BF}}{1+\dfrac{2\cdot\xi_{BF}}{\omega_{BF}}\cdot p+\dfrac{p^2}{\omega_{BF}^2}}$$

Ainsi, par identification :

$$\frac{1}{\omega_{BF}^2}=\frac{T_1\cdot T_2}{1+K_P\cdot K_m\cdot K_{pom}\cdot K_{cap}} \qquad \omega_{BF}=\sqrt{\frac{1+K_P\cdot K_m\cdot K_{pom}\cdot K_{cap2}}{T_1\cdot T}}$$

$$\frac{2\cdot\xi_{BF}}{\omega_{BF}}=\frac{T_1+T_2}{1+K_P\cdot K_m\cdot K_{pom}\cdot K_{cap}} \qquad \xi_{BF}=\frac{\omega_{BF}}{2}\cdot\frac{T_1+T_2}{1+K_P\cdot K_m\cdot K_{pom}\cdot K_{cap}}$$

Finalement : $\xi_{BF}=\dfrac{T_1+T_2}{2\cdot\sqrt{T_1\cdot T\cdot(1+K_P\cdot K_m\cdot K_{pom}\cdot K_{cap})}}$

On désire avoir $\xi>1$

Soit : $\dfrac{T_1+T_2}{2\cdot\sqrt{T_1\cdot T\cdot(1+K_P\cdot K_m\cdot K_{pom}\cdot K_{cap})}}>1 \Leftrightarrow (T_1+T_2)^2>4\cdot T_1\cdot T\cdot(1+K_P\cdot K_m\cdot K_{pom}\cdot K_{cap}) \Leftrightarrow$

$$(T_1+T_2)^2>4\cdot T_1\cdot T+4\cdot T_1\cdot T\cdot K_P\cdot K_m\cdot K_{pom}\cdot K_{cap}\Leftrightarrow 4\cdot T_1\cdot T\cdot K_P\cdot K_m\cdot K_{pom}\cdot K_{cap}<(T_1+T_2)^2-4\cdot T_1\cdot T$$

$$\Leftrightarrow K_P<\frac{(T_1+T_2)^2-4\cdot T_1\cdot T}{4\cdot T_1\cdot T\cdot K_m\cdot K_{pom}\cdot K_{cap}}\Leftrightarrow K_P<\frac{(10+5)^2-4\cdot 10\cdot 5}{4\cdot 10\cdot 5\cdot 3.24\cdot 1.234\cdot 10^7\cdot 2.5\cdot 10^{-8}}\Leftrightarrow \boxed{K_P<0.125}$$ 1

Critère n°1 : $\varepsilon_{con\%}<5\%$ implique $K_P>19$

Critère n°2 : $\varepsilon_{pert}<40$ bars implique $K_p>2.19$ 3

Critère n°3 : $\xi>1$ implique $K_P<0.125$

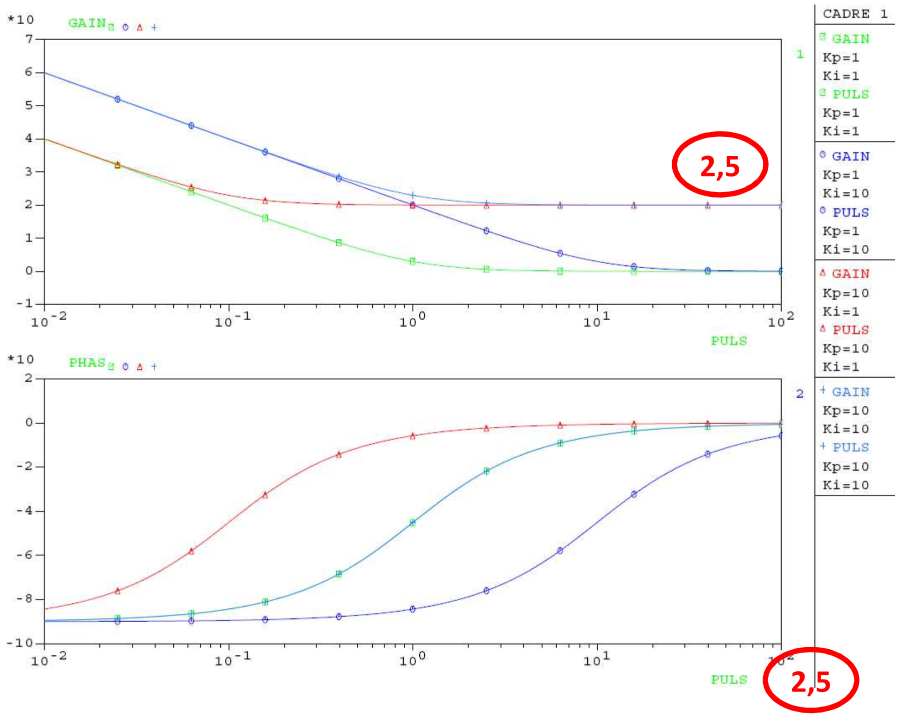
Il est impossible de vérifier les trois conditions avec un correcteur proportionnel

Question 29.

$C(p)=\dfrac{U_c(p)}{\varepsilon(p)}$ or $U_c(p)=\varepsilon(p)\cdot\left(\dfrac{K_i}{p}+K_p\right)$ $U_c(p)=\varepsilon(p)\cdot\left(\dfrac{K_i+K_p\cdot p}{p}\right)$ $\boxed{C(p)=\dfrac{K_i+K_p\cdot p}{p}}$

5

Question 30.



2,5

2,5

Question 31.

La présence d'un intégrateur dans ce correcteur, placé avant la perturbation, permet d'annuler $\varepsilon_{con\%}$ et ε_{pert}.

Par contre, ce correcteur étant à retard de phase, il tend à détériorer la stabilité du système.

5

Question 32.

On désire avoir $t_e < 40 \text{ s}$

5

L'énoncé donne : $t_e \cdot \omega_{0dB} = 3 \qquad t_e = \dfrac{3}{\omega_{0dB}} \qquad \dfrac{3}{\omega_{0dB}} < 40 \qquad \omega_{0dB} > \dfrac{3}{40}$ $\boxed{\omega_{0dB} > 0.075 \text{ rad/s}}$

Question 33.

On se place à la limite $\omega_{0dB} = 0.075 \text{ rad/s}$

La boucle ouverte de l'asservissement en pression sans correction est donné par :

$$\frac{P_e(p)}{\varepsilon_{con}(p)} = \frac{K_m \cdot K_{pom} \cdot K_{cap}}{(1+T_1 \cdot p)\cdot(1+T_2 \cdot p)}$$

$$\varphi(\omega) = -\arctan(T_1 \cdot \omega) - \arctan(T_2 \cdot \omega) \qquad \varphi(0.075) = -\arctan(T_1 \cdot 0.075) - \arctan(T_2 \cdot 0.075)$$

2

Soit $\varphi(0.075) = -57°$ Ce qui donne : $M\varphi = 123°$

Le correcteur doit donc être réglé de manière à ce que sa phase, pour $\omega_{0dB} = 0.075 \text{ rad/s}$, ne soit pas inférieur à -63°.

$$\varphi_C(\omega) = -90 - \arctan\left(\frac{K_P}{K_i}\cdot\omega\right) \qquad \varphi_C(0.075) = -90 - \arctan\left(\frac{K_P}{K_i}\cdot 0.075\right)$$

2

On désire avoir $\varphi_C(0.075) > -27° \quad -90 + \arctan\left(\dfrac{K_P}{K_i}\cdot 0.075\right) > -27 \qquad \arctan\left(\dfrac{K_P}{K_i}\cdot 0.075\right) > 27°$

1

$\dfrac{K_P}{K_i}\cdot 0.075 > \tan(27) \quad T = \dfrac{K_P}{K_i} > \dfrac{\tan(27)}{0.075}$ $\boxed{T = \dfrac{K_P}{K_i} > 6.92}$ La marge de phase est alors supérieure à 60°

Question 34.

On désire que la pulsation de coupure à 0 dB en boucle ouverte ω_{0dB} soit égale à 0.075 rad/s.

5

Sans correction, $G_{dB}(\omega_{0dB}) = 20\cdot\log\left(K_m\cdot K_{pom}\cdot K_{cap}\right) - 10\cdot\log\left(1+\left(T_1\cdot\omega_{0dB}\right)^2\right) - 10\cdot\log\left(1+\left(T_2\cdot\omega_{0dB}\right)^2\right)$

Avec $\omega_{0dB} = 0.075\ \ \text{rad/s}$,

$$G_{dB}(0.075) = 20\cdot\log\left(K_m\cdot K_{pom}\cdot K_{cap}\right) - 10\cdot\log\left(1+\left(T_1\cdot 0.075\right)^2\right) - 10\cdot\log\left(1+\left(T_2\cdot 0.075\right)^2\right)$$

$$G_{dB}(0.075) = 20\cdot\log\left(3.24\cdot 1.234\cdot 10^{7}\cdot 2.5\cdot 10^{-8}\right) - 10\cdot\log\left(1+\left(10\cdot 0.075\right)^2\right) - 10\cdot\log\left(1+\left(5\cdot 0.075\right)^2\right)$$

$$G_{dB}(0.075) = -2.51\ dB$$

Il faut donc choisir le correcteur tel que : $G_{dBcor}(0.075) = +2.51\ dB$

Soit :

$$G_{dBcor}(\omega) = 20\cdot\log\left(\left|\frac{K_i}{j\cdot\omega}+K_p\right|\right) = 20\cdot\log\left(\left|\frac{K_i+K_p\cdot j\cdot\omega}{j\cdot\omega}\right|\right) = -20\cdot\log\left(\omega\right) + 10\cdot\log\left(\left|K_i\cdot\left(1+\frac{K_p}{K_i}\cdot j\cdot\omega\right)\right|\right)$$

$$G_{dBcor}(\omega) = -20\cdot\log\left(\omega\right) + 20\cdot\log\left(K_i\right) + 10\cdot\log\left(1+\left(\frac{K_p}{K_i}\cdot\omega\right)^2\right)$$

soit : $G_{dBcor}(0.075) = +2.51 = -20\cdot\log\left(0.075\right) + 20\cdot\log\left(K_i\right) + 10\cdot\log\left(1+\left(6.92\cdot 0.075\right)^2\right)$

$$20\cdot\log\left(K_i\right) = +2.51 + 20\cdot\log\left(0.075\right) - 10\cdot\log\left(1+\left(6.92\cdot 0.075\right)^2\right)$$

$$20\cdot\log\left(K_i\right) = -21.0$$

$\boxed{K_i = 0.089}$ pour avoir $\omega_{0dB} = 0.075\ \ \text{rad/s}$

$\dfrac{K_P}{K_i} > 6.92$ donc $K_P > K_i\cdot 6.92$ soit $K_p > 0.615$. On choisit : $\boxed{K_p = 0.615}$

Question 35.

Sur la figure 15 :

- $\omega_{0dB} = 0.1\ \ \text{rad/s}$ | $\omega_{0dB} = 0.075\ \ \text{rad/s}$ | Critère de rapidité respecté
- $\varphi\left(\omega_{0dB}\right) = -127°$ | $M\varphi = 63°$ | $M\varphi > 60°$ | Critère de stabilité vis-à-vis de la phase respecté
- $\varphi\left(\omega\right) > -180°$ | $MG = \infty$ | $MG = 12dB$ | Critère de stabilité vis-à-vis du gain respecté

Sur la figure 16 :

- $\varepsilon_{con\%} = 0\%$ | $\varepsilon_{con\%} < 5\%$ | Critère de l'erreur statique due à la consigne respecté
- $\varepsilon_{pert} = 0\ \ \text{bars}$ | $\varepsilon_{pert} < 40\ \ \text{bars}$ | Critère de l'erreur statique due à la perturbation respecté
- Pas de dépassement | Critère d'amortissement respecté

Tous les critères du Cahier des Charges sont respectés

1/critère