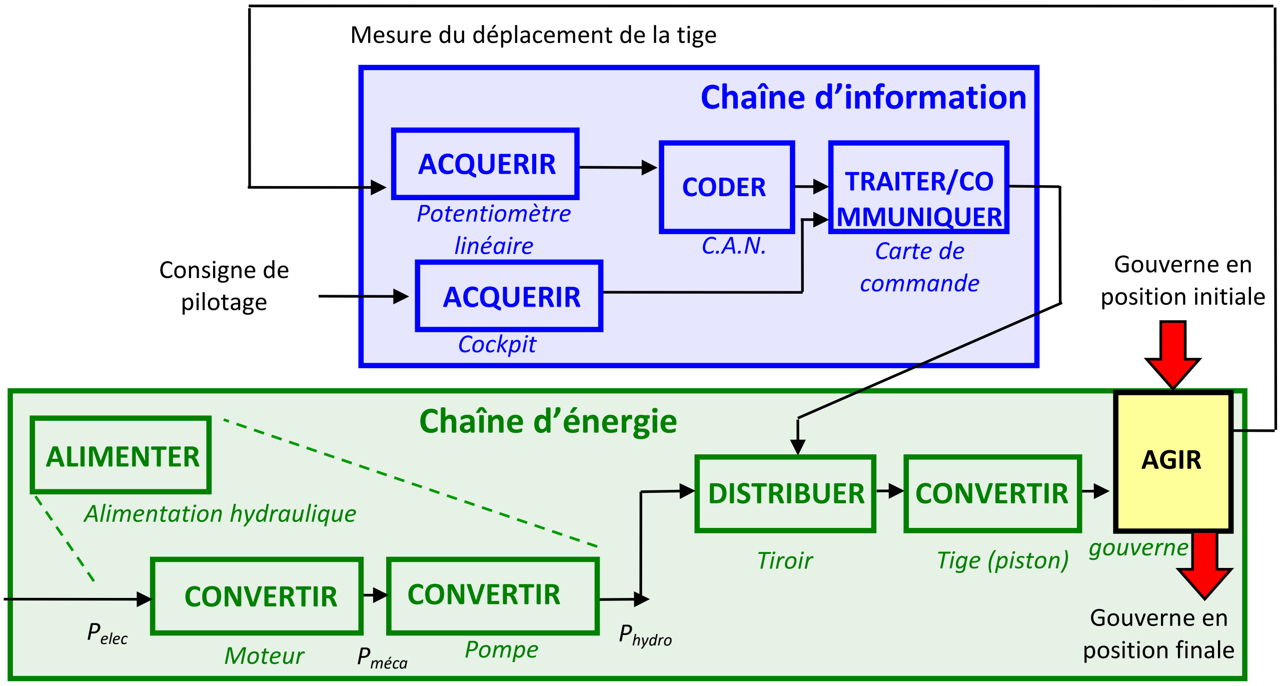
EHA d'une gouverne de vol du Rafale



Q1.

$$Mp^2Y_1(p)=\frac{KQ_1(p)}{S_1p}-KY_1(p)-fpY_1(p)$$

d'où on en déduit $H_1(p)=\dfrac{1/S_1}{p\left(\dfrac{M}{K}p^2+\dfrac{f}{K}p+1\right)}$.

$Mp^2Y_2(p)=-KY_2(p)-fpY_2(p)+F(p)$ d'où on en déduit $H_2(p)=\dfrac{1/K}{\left(\dfrac{M}{K}p^2+\dfrac{f}{K}p+1\right)}$.

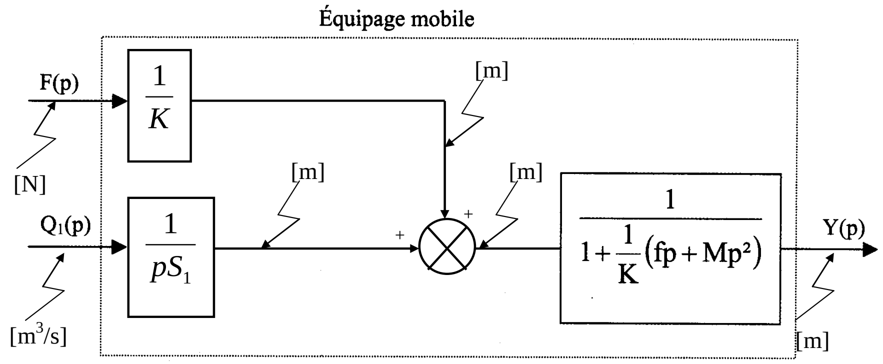
AN : $H_1(p)=\dfrac{200}{p\left(4.10^{-4}p^2+0{,}12p+1\right)}$ $\quad H_2(p)=\dfrac{4.10^{-7}}{\left(4.10^{-4}p^2+0{,}12p+1\right)}$

Q2.

$Y(p)=Y_1(p)+Y_2(p)=H_1(p)\times Q_1(p)+H_2(p)\times F(p)$.

$$Y(p)=\frac{1/S_1}{p\left(\frac{M}{K}p^2+\frac{f}{K}p+1\right)}Q_1(p)+\frac{1/K}{\left(\frac{M}{K}p^2+\frac{f}{K}p+1\right)}F(p).$$

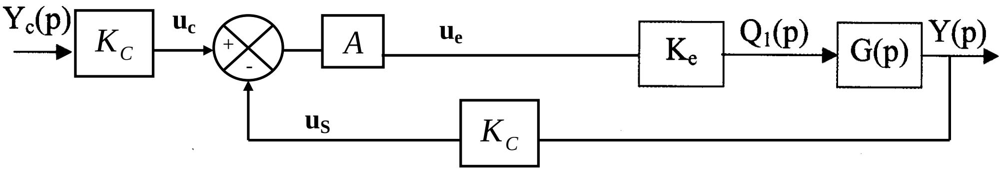
Q3.



Q4.

$$\frac{U_S(p)}{U_e(p)} = K_C K_e G(p) = \frac{K_C K_e / S_1}{p\left(\frac{M}{K}p^2 + \frac{f}{K}p + 1\right)}. \text{ AN : } \frac{U_S(p)}{U_e(p)} = \frac{40}{p\left(4.10^{-4}p^2 + 0{,}12p + 1\right)}$$

Q5.



Q6.

$$\frac{Y(p)}{Y_C(p)} = \frac{AK_C K_e G(p)}{1 + AK_C K_e G(p)} = \frac{\dfrac{AK_C K_e / S_1}{p\left(\frac{M}{K}p^2 + \frac{f}{K}p + 1\right)}}{1 + \dfrac{AK_C K_e / S_1}{p\left(\frac{M}{K}p^2 + \frac{f}{K}p + 1\right)}} = \frac{AK_C K_e / S_1}{p\left(\frac{M}{K}p^2 + \frac{f}{K}p + 1\right) + AK_C K_e / S_1}$$

$$\frac{Y(p)}{Y_C(p)} = \frac{1}{1 + \frac{S_1}{AK_C K_e}p + \frac{fS_1}{AK_C K_e K}p^2 + \frac{MS_1}{AK_C K_e K}p^3}$$

AN : $\frac{Y(p)}{Y_c(p)} = \frac{1}{1+0{,}025p+0{,}003p^2+10^{-5}p^3}$.

Q7.

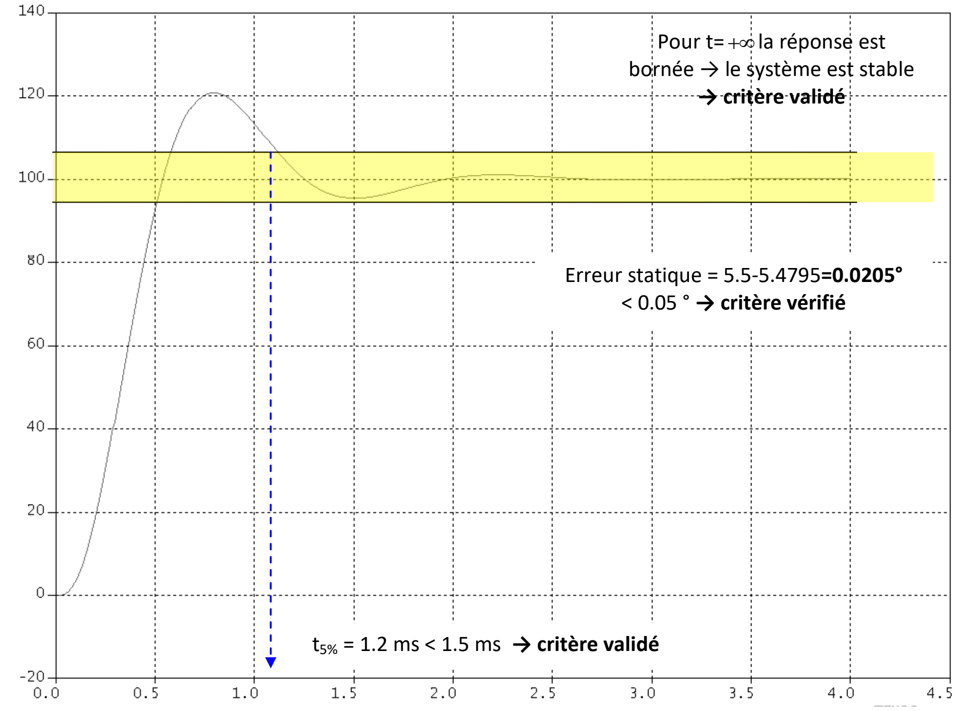
$$\frac{Q_1(p)}{U_e(p)} = \frac{K_e}{1+\tau p} = \frac{2\times10^{-4}}{1+0{,}1p}.$$

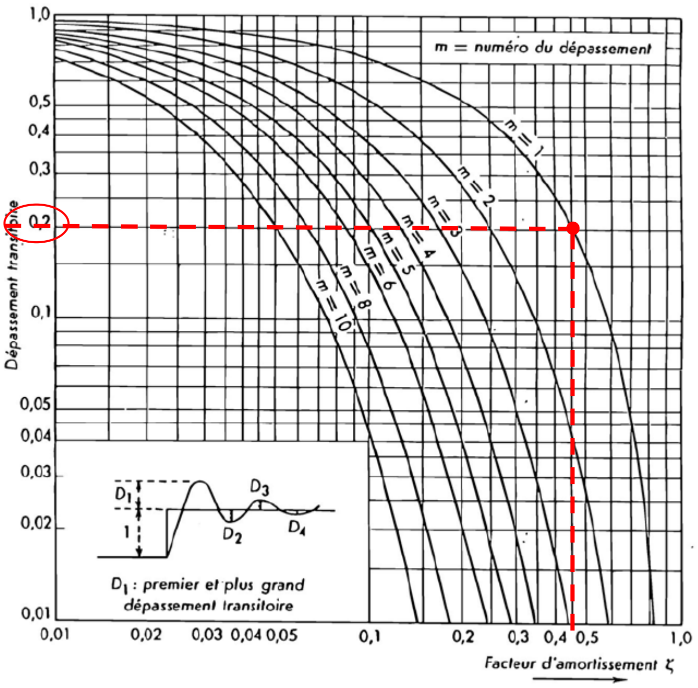
$$\frac{Y(p)}{Y_C(p)} = \frac{AK_C \frac{K_e}{1+\tau p} G(p)}{1 + AK_C \frac{K_e}{1+\tau p} G(p)} = \frac{\dfrac{AK_C K_e / S_1}{p(1+\tau p)\left(\frac{M}{K}p^2 + \frac{f}{K}p + 1\right)}}{1 + \dfrac{AK_C K_e / S_1}{p(1+\tau p)\left(\frac{M}{K}p^2 + \frac{f}{K}p + 1\right)}} = \frac{AK_C K_e / S_1}{p(1+\tau p)\left(\frac{M}{K}p^2 + \frac{f}{K}p + 1\right) + AK_C K_e / S_1}$$

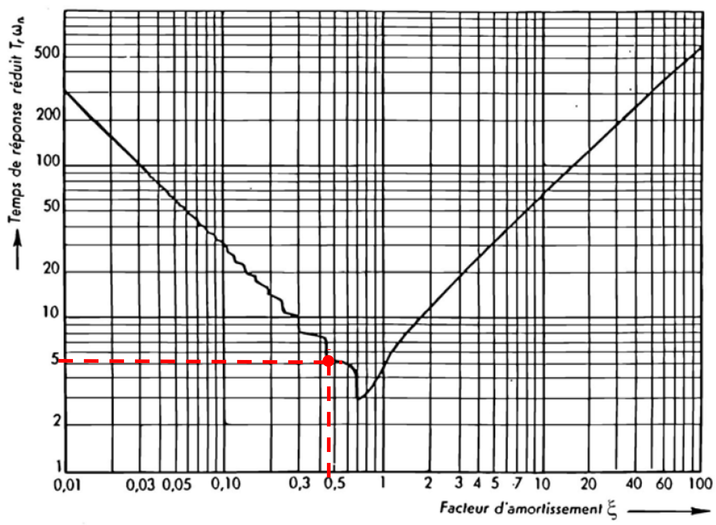
$$\frac{Y(p)}{Y_C(p)} = \frac{1}{1 + \frac{S_1}{AK_C K_e}p + \left(\frac{f}{K} + \tau\right)\frac{S_1}{AK_C K_e}p^2 + \left(\frac{M + \tau f}{K}\right)\frac{S_1}{AK_C K_e}p^3 + \frac{M\tau}{K}\frac{S_1}{AK_C K_e}p^4}$$

AN : $\frac{Y(p)}{Y_c(p)} = \frac{1}{1+0{,}025p+0{,}0055p^2+3{,}1.10^{-4}p^3+10^{-6}p^4}$.

Q9 et Q8.







Tout d'abord, Y (+∞) = 100 mm pour une entrée échelon de 100 mm donc le gain $K_0 = 1$

Graphiquement on obtient D_1 = 20% et ce dépassement est obtenu pour un coefficient d'amortissement $z_0 = 0{,}45$.

Pour cette valeur de z_0 on obtient un temps de réponse réduit de $t_{5\%}\ \omega_0 = 5$ soit $\omega_0 = 5/0.0012 = 4166$ rad/s

Q10.

Pour z fixé, on constate que les variations de ω_0 n'entraîne pas de variation des dépassements, l'amortissement ne varie pas. La pseudo-période est modifiée et la rapidité également.

Pour ω_0, l'augmentation de z entraine une diminution du dépassement , ce qui va également affecter la rapidité.

Q11.

Les courbes font apparaître une pseudo-période $T_p = \frac{2\pi}{\omega_p} = \frac{2\pi}{\omega_0\sqrt{1-z^2}}$. Comme la pseudo période est liée au temps de réponse, il est logique que pour ω_0 qui diminue la pseudo période augmente et donc la rapidité diminue.
L'influence de z est moins importante mais on observe que la diminution de z implique une légère augmentation de la pseudo période et donc une diminution de la rapidité.
$D_1 = e^{-\frac{z.\pi}{\sqrt{1-z^2}}}$ donc le dépassement dépend uniquement de z et on voit bien que la variation de ω_0 n'a pas d'effet, par contre, la diminution de z entraine l'augmentation du dépassement.

Q13 et Q12.

Pour z = 1 on a $H_{acc} = \frac{K_0}{1+\frac{2}{\omega_0}.p+\frac{1}{\omega_0{}^2}.p^2} = \frac{K_0}{(1+\frac{1}{\omega_0}.p)^2} = \frac{K_0}{(1+T_0.p)^2}$ avec $T_0 = \frac{1}{\omega_0}$ =0.24 ms

Q14.

$Y_c(p) = \frac{Y_0}{p}$.

$$Y(p) = \frac{Y0}{p}.\frac{K}{(1+T_0 p)^2}$$

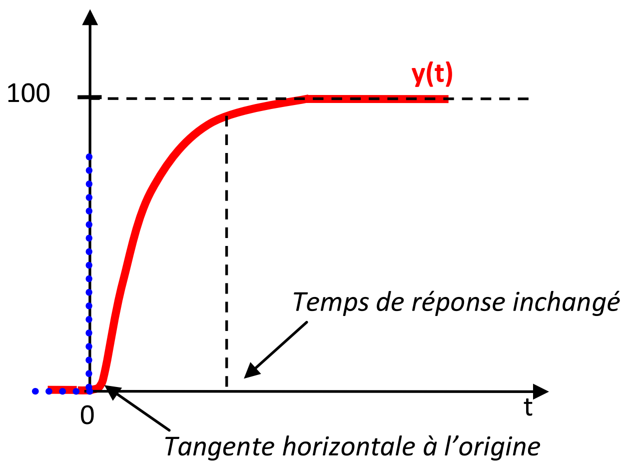
La décomposition en éléments simples donne :

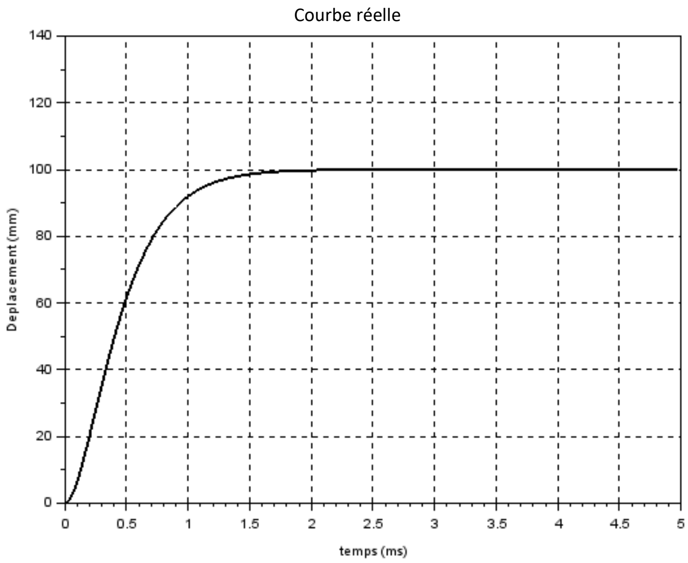
$Y(p) = \frac{Y0}{p}.\frac{K./T_0{}^2}{(p-p_1)^2} = \frac{\alpha}{p}+\frac{\beta}{p-p_1}+\frac{\delta}{(p-p_1)^2}$ avec : deux poles confondus $p_1 = p_2 = -\omega_0$ et

$\alpha = K.Y0$; $\beta = -K.Y0$; $\delta = -K.Y0\omega_0$

Donc $y(t) = K.Y0.\left(1-e^{-\omega_0.t}-\omega_0.t.e^{-\omega_0.t}\right)u(t)$

Q15





Q16.

Le temps de réponse est inchangé donc le cdc est vérifié 1,2 ms < 1,5 ms
Il n'y a plus de dépassement donc le CdC est validé