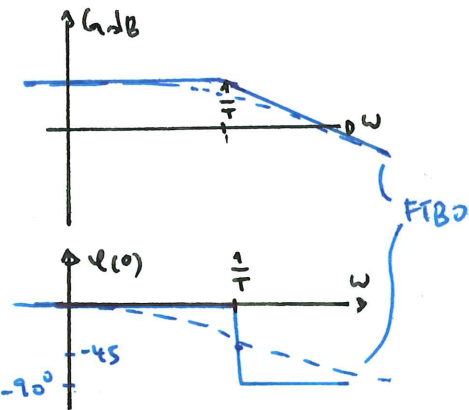


# Téléphonique

① Lorsque  $C(p) = C_0$ , on a :  $FTBO(p) = C_0 \cdot A' \cdot B \cdot \frac{G}{1 + T \cdot p}$



On a :  $\lim_{\omega \rightarrow +\infty} G_{dB, FTBO}(\omega) = -\infty$

$\arg(FTBO(j, \omega)) > -90^\circ$

On a donc  $\begin{cases} \pi_G = +\infty \\ \pi_{phase} > 90^\circ \end{cases}$  donc le système sera stable.

② La FTBO est de classe 0 donc l'erreur, pour une entrée en échelon d'amplitude  $v_0$ , sera :

$$\epsilon_{s'} = \frac{v_0}{1 + C_0 \cdot A' \cdot B \cdot G} \approx 4,29 \text{ m/s}$$

③ Je calcule l'erreur :

$$\epsilon_s = \lim_{t \rightarrow +\infty} v_c(t) - v(t)$$

$$= \lim_{p \rightarrow 0^+} p \cdot [V_c(p) - V(p)]$$

$$= \underbrace{\lim_{p \rightarrow 0^+} p \cdot (1 - FTBF(p)) \cdot V_c(p)}_{\epsilon_{s'}} - \underbrace{\lim_{p \rightarrow 0^+} p \cdot H_r(p) \cdot C_r(p)}_{\epsilon_{s''}}$$

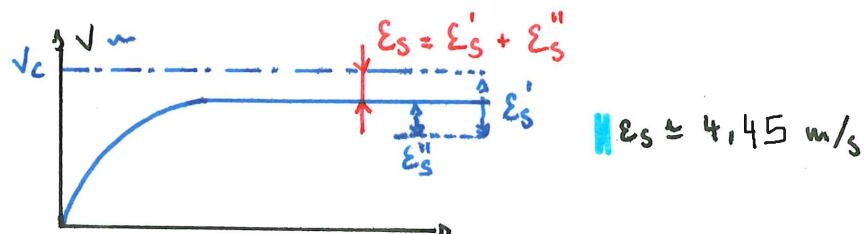
Avec  $H_r(p) = - \frac{\frac{G}{1 + T \cdot p}}{1 + C_0 \cdot A' \cdot B \cdot \frac{G}{1 + T \cdot p}} = - \frac{G}{1 + C_0 \cdot A' \cdot B \cdot G + T \cdot p}$

Avec  $C_r(p) = \frac{C_{r0}}{p}$ , on obtient :  $\epsilon_{s''} = \frac{G}{1 + C_0 \cdot A' \cdot B \cdot G} \cdot C_{r0}$

1. Pour  $C_{r0} = -7270 \text{ N.m}$  :  $\epsilon_{s''} \approx -0,16 \text{ m/s}$

2. " " =  $7460 \text{ N.m}$  :  $\epsilon_{s''} \approx +0,16 \text{ m/s}$

④ En descente :



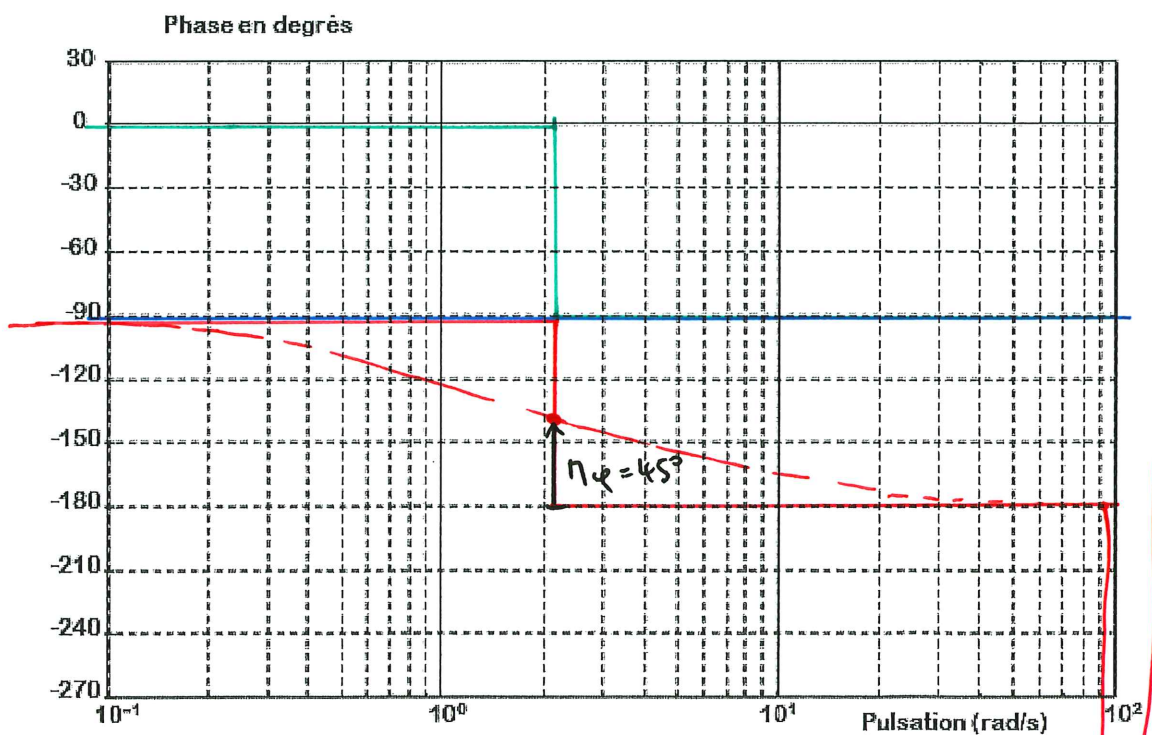
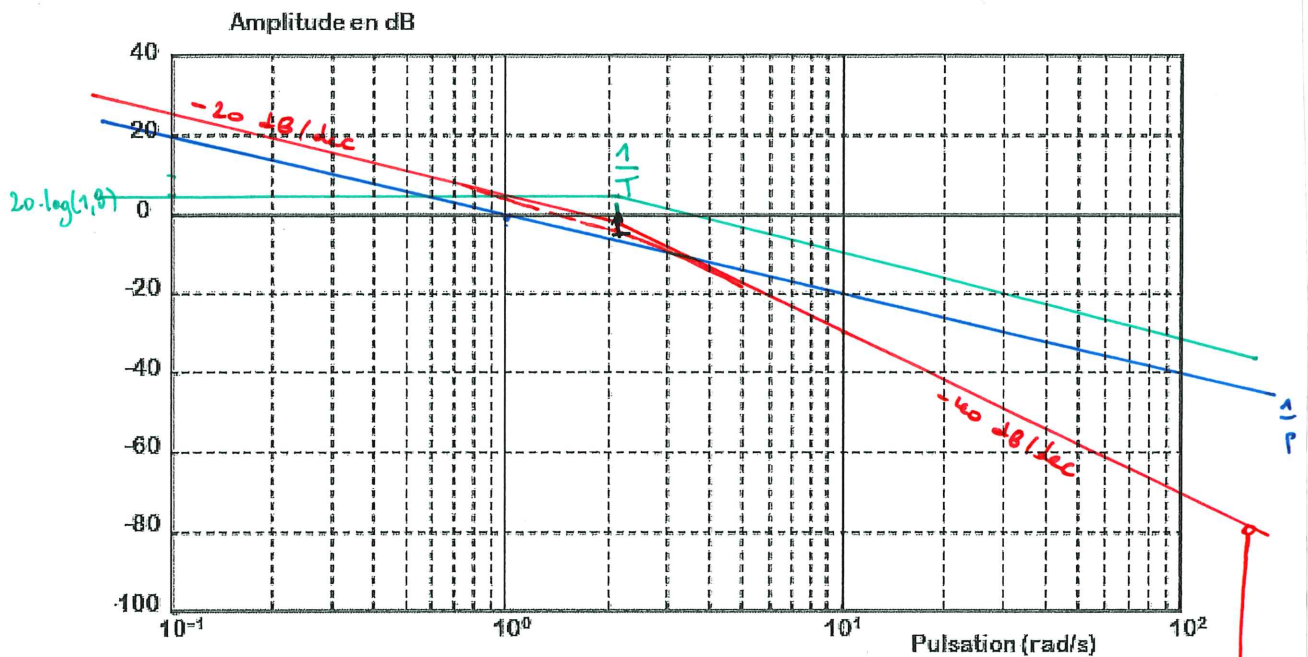
En montée :  $\epsilon_s \approx 4,13 \text{ m/s}$

Pour vérifier le critère de précision, il faudrait  $C_0 = +\infty$ , ce qui n'est pas une valeur réaliste.

5) On a maintenant : 
$$FTBO(p) = \frac{C_i}{p} \cdot A' \cdot B \cdot \frac{G}{1 + T \cdot p}$$

$$\approx \frac{C_i}{p} \cdot \frac{1,8}{1 + 0,47 \cdot p}$$

6)



FTBO avec  $C_i = 1$

7. Pour avoir  $\eta_e \gg 45^\circ$ , il faut :  $20 \cdot \log(C_i) \leq 4 \text{ dB}$   
 donc  $C_i \leq 1,5 \text{ rad/s}$

2. Pour avoir  $\omega_{dB} \gg 1 \text{ rad/s}$ , il faut :  $20 \cdot \log(C_i) \gg -5 \text{ dB}$   
 donc  $C_i \gg 0,56 \text{ rad/s}$

8. 1. La FTBO est de classe 1 donc le système sera précis pour une entrée en échelon donc  $\varepsilon_s' = 0$ .  
 2. Il y a une intégration en amont de la perturbation donc le système sera insensible à une perturbation en échelon donc  $\varepsilon_s'' = 0$ .  
 3. On aura donc  $\varepsilon_s = 0$ . Pour des entrées en échelon, le cahier des charges sera respecté.

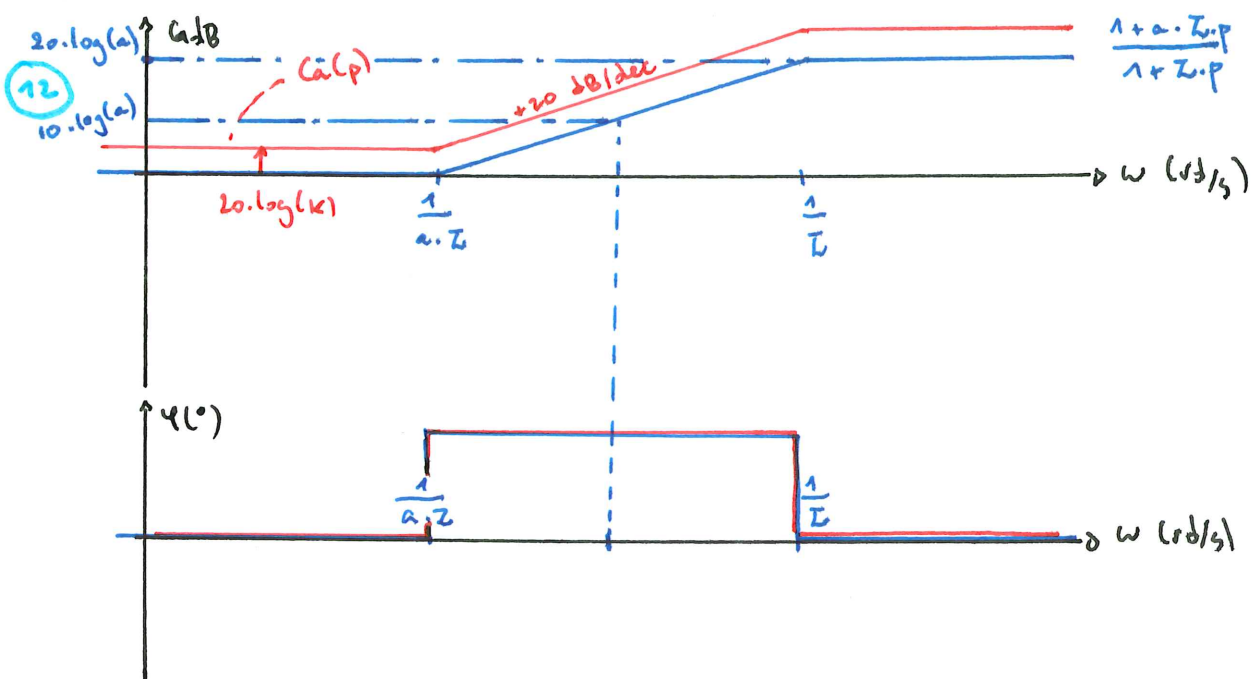
9. Pour une entrée en rampe, toujours avec une FTBO de classe 1, l'erreur de traînage sera :

$$E_v = \frac{1}{C_i \cdot A' \cdot B \cdot G}$$

Pour respecter l'exigence, il faudrait  $E_v = 0$  et donc une valeur infinie de  $C_i$  ce qui n'est pas réaliste.

10. On a toujours  $\arg(H(j\omega)) < -180^\circ$  ce qui implique une marge de phase négative et donc un système instable.

11. Il faut rajouter  $205 - 135 = 70^\circ$  de phase.



13) On veut  $\varphi_{\max} = 70^\circ$  avec  $a \cdot \sin \varphi_{\max} + \sin \varphi_{\max} = a - 1$

donc  $a = \frac{1 + \sin \varphi_{\max}}{1 - \sin \varphi_{\max}} \approx 32$

14) 1) La phase atteint son max en  $\omega_m$  qui est situé "au milieu" de  $\frac{1}{a \cdot Z}$  et  $\frac{1}{Z}$  sur l'échelle log donc :

$$\begin{aligned} \log(\omega_m) &= \frac{1}{2} \left[ \log\left(\frac{1}{a \cdot Z}\right) + \log\left(\frac{1}{Z}\right) \right] \\ &= \frac{1}{2} \cdot \log\left(\frac{1}{a \cdot Z^2}\right) \end{aligned}$$

donc  $\omega_m = \frac{1}{Z \cdot \sqrt{a}}$

2) On veut  $\omega_m = 1 \text{ rad/s}$  donc  $Z = \frac{1}{\omega_m \cdot \sqrt{a}} \approx 0,18 \text{ s}$

15) Pour respecter les exigences, il faut que :

$$G_{dB, FTBO}(1 \text{ rad/s}) = 0 \text{ dB}$$

Avec  $FTBO(p) = Ca(p) \cdot H(p)$ , il faut donc :

$$20 \cdot \log(K) + 10 \cdot \log(a) + 4,2 \text{ dB} = 0 \text{ dB}$$

Donc :  $K = 10^{-\frac{4,2 + 10 \cdot \log(a)}{20}} \approx 0,11 (\text{rad/s})^2$

16) 1) • La FTBO est de classe 2 donc le système sera précis vis-à-vis d'une entrée en échelon et en rampe.

• Il y a deux intégrations en amont de la perturbation donc le système sera insensible à une perturbation en échelon.

2) • PRÉCISION : valide (voir 1)).

• STABILITÉ - RAPIDITÉ : valide (voir 15)).