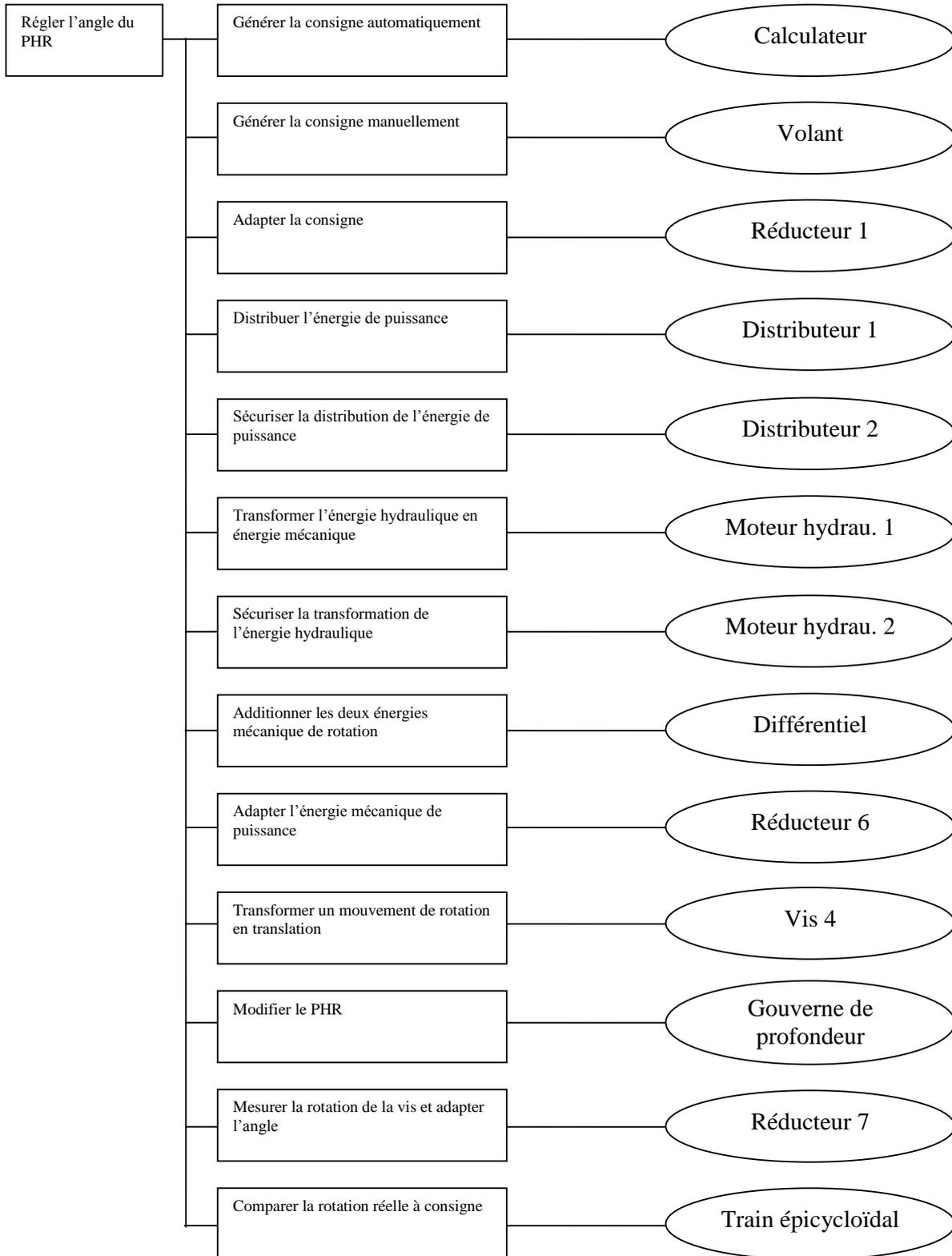
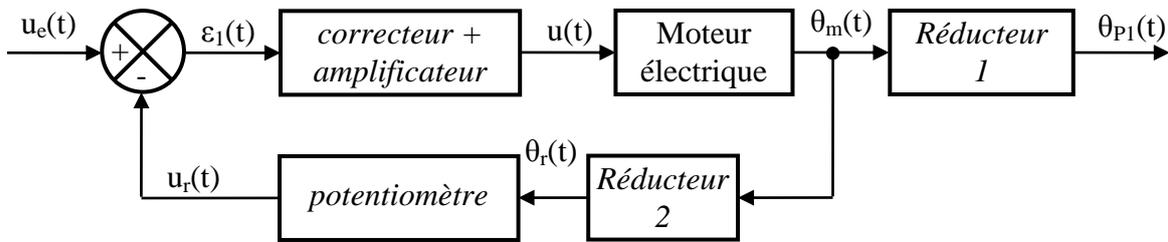


Etude du plan horizontal réglable (PHR) de l’Airbus A340 - Corrigé

Q.1.



Q.2.



Q.3. La réponse indicielle possède une tangente à l'origine de pente non nulle et tend vers une valeur finie, on peut donc modéliser le système par une fonction de transfert du 1^{er} ordre.

On suppose ainsi que la fonction de transfert liant la tension aux bornes du moteur à la vitesse de rotation de son arbre de sortie peut être modélisée par un 1^{er} ordre de gain statique K et de constante de temps T.

Pour déterminer K, on mesure la valeur finale 250 rad/s et on sait que c'est égale à K.U, donc K=50 rad/s/V.

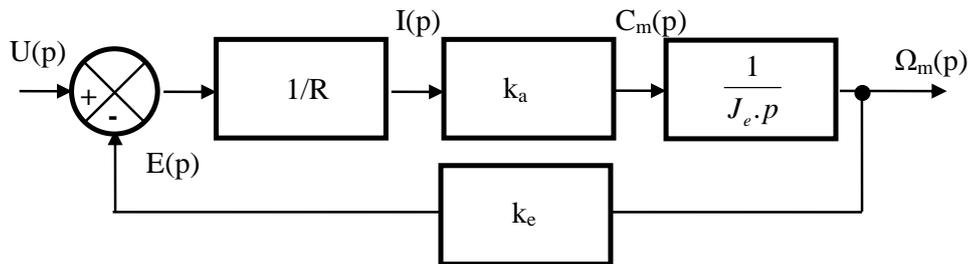
Pour déterminer T, on sait qu'à t=T, s(T)=63%.VF d'où T=0.01s.

Q.4. $u(t) = e(t) + R.i(t) \rightarrow U(p) = E(p) + R.I(p)$

$e(t) = k_e.\omega_m(t) \rightarrow E(p) = k_e.\Omega_m(p)$

$J_e \cdot \frac{d\omega_m(t)}{dt} = C_m(t) \rightarrow J_e \cdot p \Omega_m(p) = C_m(p)$

$C_m(t) = k_a.i(t) \rightarrow C_m(p) = k_a.I(p)$



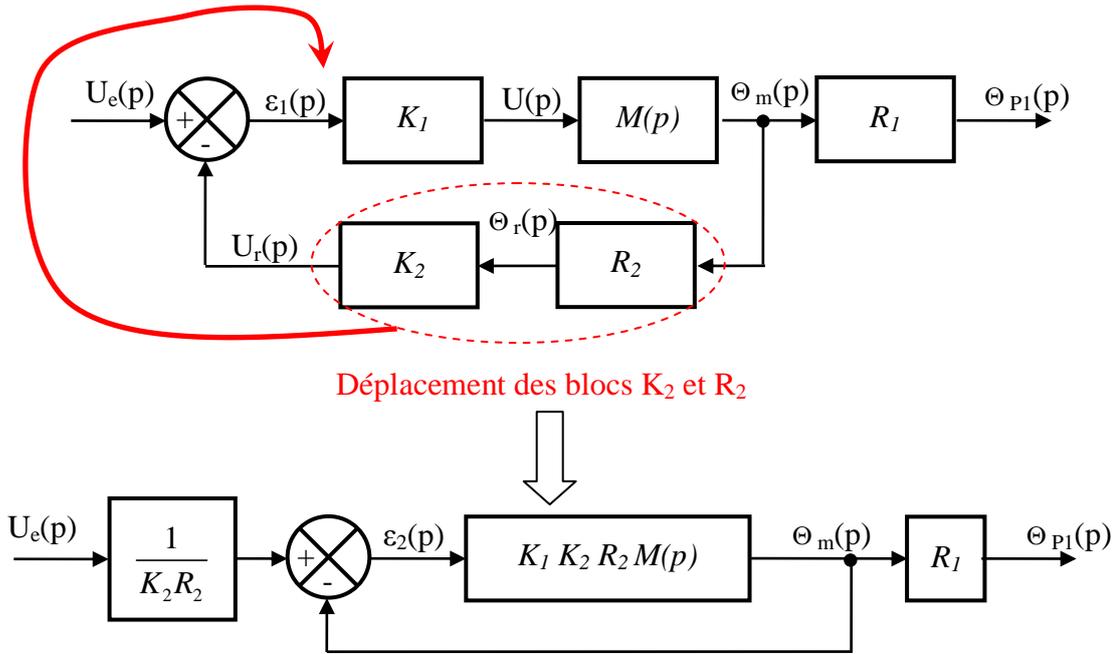
$$\frac{\Omega_m(p)}{U(p)} = \frac{1}{k_e} \cdot \frac{\frac{k_a \cdot k_e}{R \cdot J_e \cdot p}}{1 + \frac{k_a \cdot k_e}{R \cdot J_e \cdot p}} = \frac{1}{k_e} \cdot \frac{k_a \cdot k_e}{R \cdot J_e \cdot p + k_a \cdot k_e} = \frac{1}{k_e} \cdot \frac{1}{1 + \frac{R \cdot J_e \cdot p}{k_a \cdot k_e}} = \frac{K_m}{1 + \tau_m \cdot p}$$

La vitesse est la dérivée de la position : $\Omega_m(p) = p \cdot \Theta_m(p)$ d'où $M(p) = \frac{\Theta_m(p)}{U(p)} = \frac{K_m}{p \cdot (1 + \tau_m \cdot p)}$

Q.5. $K_m = \frac{1}{k_e}$ et $\tau_m = \frac{R \cdot J_e}{k_a \cdot k_e}$

Q.6. Application numérique : $K_m = 50 \text{ rad}/(\text{V} \cdot \text{s})$ et $\tau_m = 0,01\text{s}$.

Q.7.



Q.8. $T(p) = \frac{\Theta_m(p)}{\varepsilon_2(p)} = K_1 \cdot K_2 \cdot R_2 \cdot M(p) = \frac{K_1 \cdot K_2 \cdot R_2 \cdot K_m}{p \cdot (1 + \tau_m \cdot p)} = \frac{K_{BO}}{p \cdot (1 + \tau_m \cdot p)}$

Avec $K_{BO} = K_1 \cdot K_2 \cdot R_2 \cdot K_m$

Q.9. $F(p) = \frac{\Theta_{P1}(p)}{U_e(p)} = \frac{1}{K_2 \cdot R_2} \cdot \frac{\frac{K_{BO}}{p \cdot (1 + \tau_m \cdot p)}}{1 + \frac{K_{BO}}{p \cdot (1 + \tau_m \cdot p)}} \cdot R_1 = \frac{R_1}{K_2 \cdot R_2} \cdot \frac{K_{BO}}{p \cdot (1 + \tau_m \cdot p) + K_{BO}} = \frac{\frac{R_1}{K_2 \cdot R_2}}{1 + \frac{1}{K_{BO}} \cdot p + \frac{\tau_m}{K_{BO}} \cdot p^2}$

Q.10. $K_{BF} = \frac{R_1}{K_2 \cdot R_2}$

$$\frac{1}{\omega_0^2} = \frac{\tau_m}{K_{BO}} \rightarrow \omega_0 = \sqrt{\frac{K_{BO}}{\tau_m}}$$

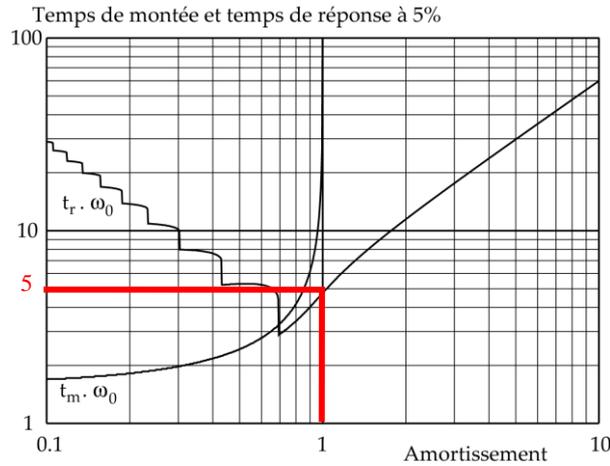
$$\frac{2 \cdot z}{\omega_0} = \frac{1}{K_{BO}} \rightarrow z = \frac{1}{2} \cdot \frac{\omega_0}{K_{BO}} \rightarrow z = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{K_{BO} \cdot \tau_m}}$$

Q.11. Réponse à une entrée de type échelon la plus rapide possible sans toutefois produire de dépassement $\rightarrow z = 1 \rightarrow 4 \cdot K_{BO} \cdot \tau_m = 1 \rightarrow K_{BO} = \frac{1}{4 \cdot \tau_m} = 25 \text{ s}^{-1}$

Q.12. Par définition $e_r(+\infty) = \lim_{p \rightarrow 0} p \cdot E(p) \cdot \frac{1}{1 + FTBO}$ avec FTBO : $T(p) = \frac{K_{BO}}{p \cdot (1 + \tau_m \cdot p)}$

\rightarrow FTBO de classe 1 \rightarrow erreur statique $e_r = 0$. Le système est précis \Rightarrow CDCF OK

Q.13. Graphiquement on lit pour $z = 1$, $t_{5\%} \cdot \omega_0 \approx 5 \rightarrow t_{5\%} \cdot \sqrt{\frac{K_{BO}}{\tau_m}} \approx 5 \rightarrow t_{5\%} \approx 0,1 \text{ s} \Rightarrow$ CDCF OK



Q.14. On a $l = 0,6\text{m}$ et $p_v = 10\text{mm} \rightarrow N_v = \frac{l}{p_v} = \frac{0,6}{0,01} = 60$ tours.

Q.15. $\frac{N_{p1}}{N_v} = \frac{1}{5} \rightarrow N_{p1} = \frac{N_v}{5} = \frac{60}{5} = 12$ tours.

Q.16. $R_1 = \frac{1}{150} \rightarrow N_m = 150 \cdot N_{p1} = 150 \times 12 = 1800$ tours.

Q.17. $N_m = 1800$ tours et $N_r = 10 \rightarrow R_2 = \frac{10}{1800} = \frac{1}{180}$.

Q.18. 10 tours $\rightarrow 20 \cdot \pi$ rad et l'entendue de mesure est de 24V $\rightarrow K_2 = \frac{24}{20 \cdot \pi} = 0,382$ V/rad.

Q.19. $K_{BO} = K_1 \cdot K_2 \cdot R_2 \cdot K_m = 25 \text{ s}^{-1} \rightarrow K_1 = \frac{K_{BO}}{K_2 \cdot R_2 \cdot K_m} \rightarrow K_1 = \frac{25}{0,382 \times \frac{1}{180} \times 50} = 235,6$ (sans unité).

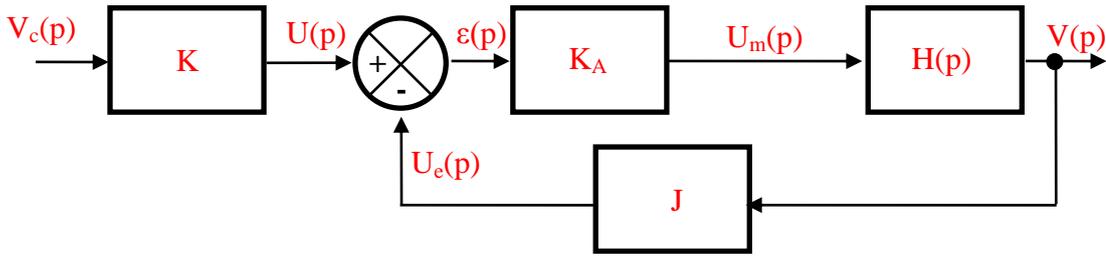
Q.20. Par définition $e_r(+\infty) = \lim_{p \rightarrow 0} p \cdot E(p) \cdot \frac{1}{1+FTBO}$ avec $T(p) = \frac{K_{BO}}{p \cdot (1 + \tau_m \cdot p)}$ et $E(p) = \frac{1}{K_2 \cdot R_2} \cdot \frac{1}{p^2}$

\rightarrow erreur de trainage : $e_r(+\infty) = \lim_{p \rightarrow 0} p \cdot \frac{1}{K_2 \cdot R_2} \cdot \frac{1}{p^2} \cdot \frac{1}{1 + \frac{K_{BO}}{p \cdot (1 + \tau_m \cdot p)}}$ \rightarrow FTBO de classe 1 \rightarrow

$e_r(+\infty) = \frac{1}{K_{BO} \cdot K_2 \cdot R_2} \rightarrow$ erreur non nulle \rightarrow C.d.C.F. non respecté.

Camera de poursuite SPEEDCAM - Corrigé

Q.1.



Q.2. $\varepsilon(t) = u(t) - u_e(t) = K \cdot v_c(t) - J \cdot v(t) = 0 \rightarrow$ si $v_c(t) = v(t)$ alors $K = J$.

Q.3. Système modélisable par un 1^{er} ordre : $H(p) = \frac{V(p)}{U_m(p)} = \frac{K_m}{1 + \tau_m \cdot p}$ dont on donne la réponse à un

échelon $U_m(p) = \frac{u_0}{p}$.

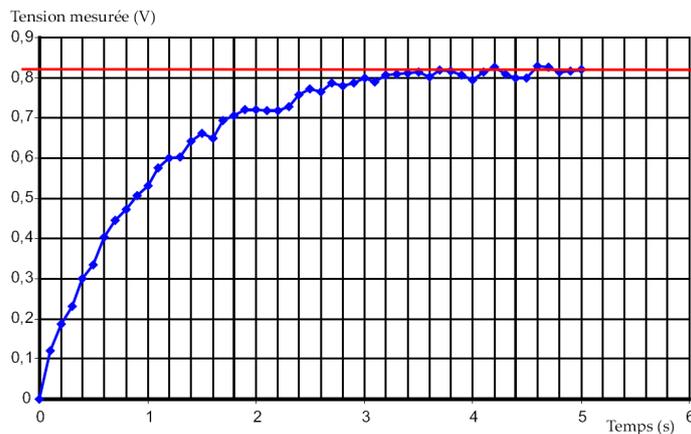
Identification de K_m :

$$s(+\infty) = \lim_{t \rightarrow +\infty} v(t) = \lim_{p \rightarrow 0} p \cdot V(p) = \lim_{p \rightarrow 0} \frac{K_m \cdot u_0}{1 + \tau_m \cdot p} = K_m \cdot u_0$$

Théorème de la valeur finale

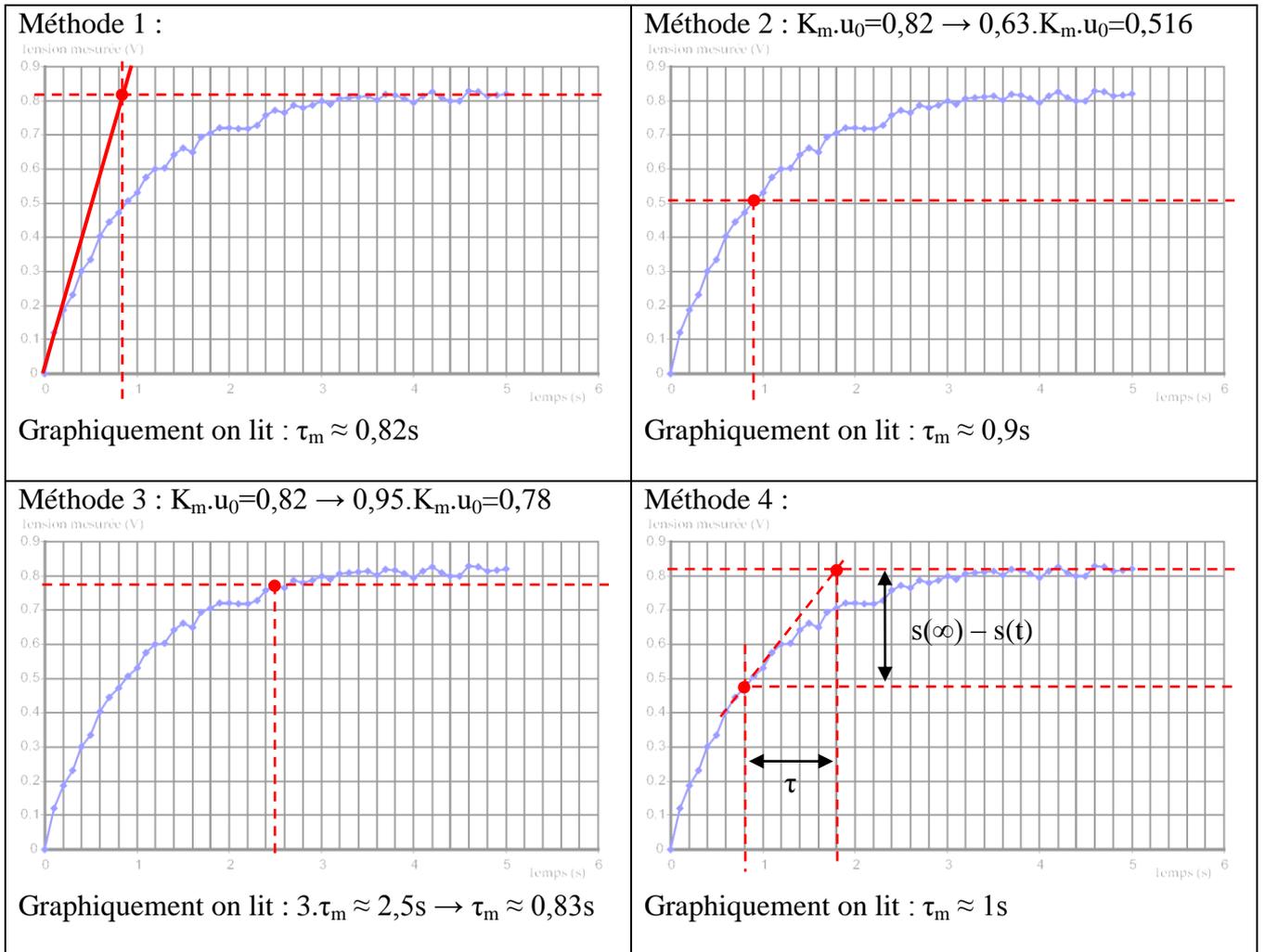
Graphiquement on lit : $K_m \cdot u_0 = 0,82V$

Soit $K_m = \frac{0,82}{70} = 0,0117$



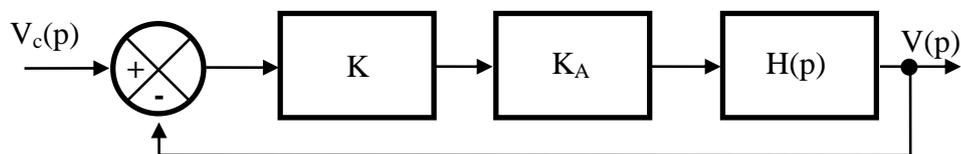
Identification de τ_m (4 méthodes possibles) :

- tracer la pente à l'origine pour déterminer τ_m (méthode 1),
- calculer 63% de la valeur finale pour déterminer τ_m (méthode 2),
- calculer 95% de la valeur finale pour déterminer $3 \tau_m$ (méthode 3),
- utiliser un instant quelconque t (méthode 4).



La méthode 2 est la plus efficace. On retient $\tau_m \approx 0,9s$.

Q.4.



$$F(p) = \frac{V(p)}{V_c(p)} = \frac{K_A \cdot J \cdot \frac{K_m}{1 + \tau_m \cdot p}}{1 + K_A \cdot J \cdot \frac{K_m}{1 + \tau_m \cdot p}} = \frac{K_A \cdot K \cdot K_m}{1 + K_A \cdot K \cdot K_c + \tau_m \cdot p} = \frac{K \cdot K_A \cdot K_m}{1 + \frac{\tau_m}{1 + K \cdot K_A \cdot K_m} \cdot p}$$

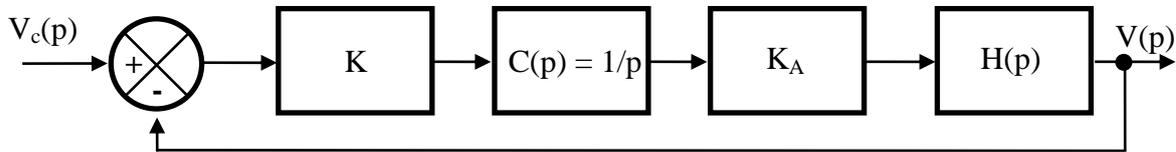
Q.5. FT d'un système du 1^{er} ordre \rightarrow stable.

Q.6. $t_{5\%} = 3 \cdot \frac{\tau_m}{1 + K \cdot K_A \cdot K_m} = 3 \cdot \frac{0,9}{1 + 0,3 \times 200 \times 0,0117} = 1,5 s$

Q.7. FTBO de classe 0 \rightarrow Pour $V_c(p) = \frac{1}{p} \rightarrow e_r(+\infty) = \lim_{p \rightarrow 0} p \cdot \frac{1}{p} \cdot \frac{1}{1 + \frac{K}{p^\alpha} \cdot \frac{N(p)}{D(p)}} \rightarrow e_r(+\infty) = \frac{1}{1 + K \cdot K_A \cdot K_m} \rightarrow$

C.d.C.F. non respecté.

Q.7.



$$F_2(p) = \frac{V(p)}{V_c(p)} = \frac{K_A \cdot K \cdot \frac{1}{p} \cdot \frac{K_m}{1 + \tau_m \cdot p}}{1 + K_A \cdot K \cdot \frac{1}{p} \cdot \frac{K_m}{1 + \tau_m \cdot p}} = \frac{K_A \cdot K \cdot K_m}{p + \tau_m \cdot p^2 + K_A \cdot K \cdot K_m} = \frac{1}{\frac{\tau_m}{K_A \cdot K \cdot K_m} \cdot p^2 + \frac{1}{K_A \cdot K \cdot K_m} \cdot p + 1}$$

Q.9. FT d'un système du 2^{ème} ordre \rightarrow stable.

Q.10. FTBO de classe 1 \rightarrow Pour $V_c(p) = \frac{1}{p} \rightarrow e_r(+\infty) = 0 \rightarrow$ C.d.C.F. ok.

Q.11. $\frac{1}{\omega_0^2} = \frac{\tau_m}{K_A \cdot K \cdot K_m} \rightarrow \omega_0 = \sqrt{\frac{K_A \cdot K \cdot K_m}{\tau_m}}$

$$\frac{2 \cdot z}{\omega_0} = \frac{1}{K_A \cdot K \cdot K_m} \rightarrow z = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{K_A \cdot K \cdot K_m \cdot \tau_m}}$$

A.N. : $K_A = \frac{1}{4 \times 0,7^2 \times 0,3 \times 0,0117 \times 0,85} = 171$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{171 \times 0,3 \times 0,0117}{0,85}} = 0,84 \text{ rad/s}$$

Pour $z = 0,69$ le temps de réponse réduit vaut $t_{5\%} \cdot \omega_0 = 3 \rightarrow t_{5\%} = \frac{3}{\omega_0} = \frac{3}{0,84} = 3,5 \text{ s !!}$

Le temps de réponse n'est pas du tout satisfaisant vis-à-vis du C.d.C.F. Il faut en fait ajouter en plus de la boucle d'asservissement en vitesse une boucle d'asservissement en position.

Q.12. $t_{5\%} < 0,5 \text{ s}$ + erreur statique nulle + système stable \rightarrow C.d.C.F. ok.