

Etude dynamique du dégrilleur :

Dimensionnement du vérin 8

Question 2-1 : Déterminer l'expression de la projection sur \vec{z}_{10} du moment dynamique en O_1 de l'ensemble $S = \{4, 5\}$ par rapport au châssis (10).

$$\vec{z}_{10} \cdot \vec{\delta}(O_1, S/10) = \vec{z}_{10} \cdot \vec{\delta}(O_1, 4/10) + \vec{z}_{10} \cdot \vec{\delta}(O_1, 5/10)$$

$$\vec{z}_{10} \cdot \vec{\delta}(O_1, S/10) = (I_4 + I_5 + m_5 \cdot (x_5^2 + y_5^2)) \cdot \ddot{\psi}$$

Question 2-2 : Par application du théorème du moment dynamique, déterminer l'expression littérale de l'effort F que devra fournir le vérin (8) sur l'ensemble $S = \{4, 5\}$ en fonction de F_p , des caractéristiques d'inertie, des paramètres géométriques, de l'angle (ψ) et de ses dérivées.

On isole $\Sigma = 4, 5$ on applique le TMD en O_1 en projection sur \vec{z}_{10} :

$$\vec{z}_{10} \cdot \vec{M}(O_1, \bar{S} \rightarrow S) = \vec{z}_{10} \cdot \vec{\delta}(O_1, S/10)$$

$$\begin{aligned} \vec{z}_{10} \cdot \vec{M}(O_1, \bar{S} \rightarrow S) \\ = \vec{z}_{10} \cdot \vec{M}(O_1, 10 \rightarrow 4) + \vec{z}_{10} \cdot \vec{M}(O_1, 8 \rightarrow 4) + \vec{z}_{10} \cdot \vec{M}(O_1, pes \rightarrow 4) + \vec{z}_{10} \cdot \vec{M}(O_1, pes \rightarrow 5) + \vec{z}_{10} \cdot \vec{M}(O_1, eau \rightarrow 4) \end{aligned}$$

$$\mu \cdot F \cdot \sin(\psi - \delta) - y_p \cdot F_p - (m_4 \cdot y_4 + m_5 \cdot y_5) \cdot g \cdot \sin \psi + m_5 \cdot g \cdot x_5 \cdot \cos \psi = (I_4 + I_5 + m_5 \cdot (x_5^2 + y_5^2)) \cdot \ddot{\psi}$$

$$F = \frac{1}{\mu \cdot \sin(\psi - \delta)} \cdot \left[y_p \cdot F_p + (m_4 \cdot y_4 + m_5 \cdot y_5) \cdot g \cdot \sin \psi - m_5 \cdot g \cdot x_5 \cdot \cos \psi - (I_4 + I_5 + m_5 \cdot (x_5^2 + y_5^2)) \cdot \ddot{\psi} \right]$$

Question 2-3 : En exprimant la condition de non glissement en J, déterminer la relation entre ω_{12} , r et y , en déduire la relation entre ω_{12} et ω_m .

$$\vec{V}(J, 12/0) = \vec{0} \Rightarrow \vec{V}(O_{12}, 12/0) + \vec{\Omega}(12/0) \wedge \overrightarrow{O_{12}J} = \vec{0} \Rightarrow \dot{y} \cdot \vec{y}_4 + \omega_{12} \cdot \vec{z}_{10} \wedge -r \cdot \vec{x}_4 = \vec{0} \Rightarrow \dot{y} = r \cdot \omega_{12}$$

$$\text{Non glissement entre 9 et 3} \quad \dot{y} = r \cdot \omega_{12} = R \cdot \omega_m \Rightarrow \frac{\omega_{12}}{\omega_m} = \frac{R}{r}$$

Question 2-4 : Déterminer l'énergie cinétique de l'ensemble $\Sigma = \{9, 3, 5, d, 11, 12\}$ dans son mouvement par rapport au bras (4), en déduire J_{eq} , le moment d'inertie équivalent ramené à l'axe moteur.

$$T(\Sigma/4) = T(9/4) + T(5/4) + T(3/4) + T(11/4) + T(12/4) + T(d/4)$$

$$T(9/4) = \frac{1}{2} \cdot I_9 \cdot \omega_m^2 = T(11/4) ; T(d/4) = \frac{1}{2} \cdot m_d \cdot \dot{y}^2 = \frac{1}{2} \cdot m_d \cdot R^2 \cdot \omega_m^2 ; T(5/4) = \frac{1}{2} \cdot m_5 \cdot \dot{y}^2 = \frac{1}{2} \cdot m_5 \cdot R^2 \cdot \omega_m^2$$

$$T(12/4) = \frac{1}{2} \cdot \left(m_{12} + \frac{I_{12}}{r^2} \right) \cdot R^2 \cdot \omega_m^2$$

$$T(\Sigma/4) = \frac{1}{2} \cdot \left(\left(m_{12} + \frac{I_{12}}{r^2} + m_5 + m_d \right) \cdot R^2 + 2 \cdot I \right) \cdot \omega_m^2$$

$$J_{eq} = \left(m_E + \frac{I_{12}}{r^2} \right) \cdot R^2 + 2 \cdot I$$

Question 2-5 : Par application du théorème de l'énergie cinétique à l'ensemble Σ dans son mouvement par rapport au bras (4) déterminer l'expression du couple moteur C_m en fonction de ω_m , J_{eq} , T_{6d} , m_E , g , R et ψ .

$$\text{On isole } \Sigma = \{9, 3, 5, 11, 12, d\} . \text{ On applique le T.E.C. } \frac{dT(\Sigma/0)}{dt} = P_{ext} + P_{int}$$

$$P_{int} = 0$$

$$P_{ext} = P(\bar{\Sigma} \rightarrow \Sigma / 4)$$

$$= P(0 \rightarrow 9 / 4) + P(0 \rightarrow 11 / 4) + P(0 \rightarrow 12 / 4) + P(mot \rightarrow 9 / 4) + P(6 \rightarrow d / 4) + P(pes \rightarrow \Sigma / 4)$$

$$P(mot \rightarrow 9 / 4) = C_m \cdot \omega_m ; \quad P(6 \rightarrow d / 4) = T_{6d} \cdot \dot{\gamma}$$

$$P(pes \rightarrow \Sigma / 4) = -m_E \cdot g \cdot \vec{y}_{10} \cdot \dot{\gamma} \cdot \vec{y}_4 = -m_E \cdot g \cdot \dot{\gamma} \cdot \cos \psi \quad \text{Équilibrage dynamique des solides en rotation est parfaitement réalisé}$$

$$P_{ext} = [C_m + (T_{6d} - m_E \cdot g \cdot \cos \psi) \cdot R] \cdot \omega_m$$

$$C_m = J_{eq} \cdot \frac{d\omega_m}{dt} - (T_{6d} - m_E \cdot g \cdot \cos \psi) \cdot R$$

Question 2-6 : Par application du théorème de la résultante dynamique à l'ensemble $E = \{5, d, 12\}$ en projection sur \vec{y}_4 , déterminer l'expression de N_{6d} l'action normale du contact des déchets avec la grille.

On isole $E = \{5, 12, d\}$. On applique le T.R.D. en projection sur \vec{y}_4

$$\vec{y}_4 \cdot \vec{R}(\bar{E} \rightarrow E) = \vec{y}_4 \cdot m_E \vec{\Gamma}(G_E / 4)$$

$$\vec{y}_4 \cdot \vec{R}(\bar{E} \rightarrow E) = \vec{y}_4 \cdot \vec{R}(4 \rightarrow 5) + \vec{y}_4 \cdot \vec{R}(3 \rightarrow 5) + \vec{y}_4 \cdot \vec{R}(6 \rightarrow d) + \vec{y}_4 \cdot \vec{R}(0 \rightarrow 12) + \vec{y}_4 \cdot \vec{R}(pes \rightarrow E)$$

$$T - f \cdot N_{6d} - m_E \cdot g \cdot \cos \psi = m_E \cdot \ddot{\gamma}$$

$$N_{6d} = \frac{1}{f} \cdot (T - m_E \cdot (\ddot{\gamma} + g \cdot \cos \psi))$$

Partie III* - Etude du moteur hydraulique 15 :

Etude cinématique :

Question 3-3 : Etablir la relation entre α et θ puis montrer que

$$\rho = L \cdot \left(\cos(\theta_f - \theta) - \left(\frac{a^2}{L^2} - \sin^2(\theta_f - \theta) \right)^{1/2} \right)$$

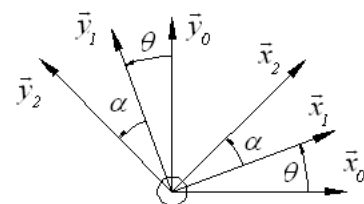
Fermeture géométrique

$$\vec{O_0 B} = \vec{O_0 G_2} + \vec{G_2 B} \quad L \cdot \vec{x}_f = \rho \cdot \vec{x}_1 + a \cdot \vec{x}_2$$

$$L \cdot \sin(\theta_f - \theta) = a \cdot \sin \alpha ; \quad L \cdot \cos(\theta_f - \theta) = \rho + a \cdot \cos \alpha$$

$$L \cdot \cos(\theta_f - \theta) = \rho + a \cdot \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}$$

$$\rho = L \cdot \left(\cos(\theta_f - \theta) - \left(\frac{a^2}{L^2} - \sin^2(\theta_f - \theta) \right)^{1/2} \right)$$



Question 3-4 : Par fermeture cinématique au point G_2 , déterminer la vitesse angulaire $\dot{\theta}$ en fonction de $\dot{\rho}$, ρ , θ , θ_f , L et a

$$\vec{V}(G_2, 2/0) = \vec{V}(G_2, 2/3) + \vec{V}(G_2, 3/1) + \vec{V}(G_2, 1/0) \quad -R \cdot (\dot{\theta} + \dot{\alpha}) \cdot \vec{y}_2 = \dot{\rho} \cdot \vec{x}_1 + \rho \cdot \dot{\theta} \cdot \vec{y}_1$$

$$R \cdot (\dot{\theta} + \dot{\alpha}) \cdot \sin \alpha = \dot{\rho}$$

$$-R \cdot (\dot{\theta} + \dot{\alpha}) \cdot \cos \alpha = \rho \cdot \dot{\theta}$$

$$- \tan \alpha = \frac{\dot{\rho}}{\rho \cdot \dot{\theta}} ; \quad \frac{\dot{\rho}}{\rho \cdot \dot{\theta}} = - \frac{L \cdot \sin(\theta_f - \theta)}{L \cdot \cos(\theta_f - \theta) - \rho}$$

$$\dot{\theta} = -\dot{\rho} \cdot \frac{L \cdot \cos(\theta_f - \theta) - \rho}{\rho \cdot L \cdot \sin(\theta_f - \theta)}$$

Question 3-6 :

Ecrire les équations traduisant l'équilibre de 2 au point G_2 dans la base $(\vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$.

$$\{T(0 \rightarrow 2)\} = \begin{Bmatrix} X_{02} \cdot \cos \alpha & 0 \\ X_{02} \cdot \sin \alpha & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{G_2; \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1} \quad \{T(3 \rightarrow 2)\} = \begin{Bmatrix} X_{32} & 0 \\ Y_{32} & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{G_2; \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1}$$

$$X_{02} \cdot \cos \alpha + X_{32} = 0$$

$$X_{02} \cdot \sin \alpha + Y_{32} = 0$$

Ecrire les équations traduisant l'équilibre de 3 au point G_2 dans la base $(\vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$.

$$\{T(2 \rightarrow 3)\} = \begin{Bmatrix} -X_{32} & 0 \\ -Y_{32} & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{G_2; \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1} \quad \{T(1 \rightarrow 3)\} = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ Y_{13} & 0 \\ 0 & N_{31} \end{Bmatrix}_{G_2; \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1}$$

$$\{T(3 \rightarrow 2)\} = \begin{Bmatrix} F & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{G_2; \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1} \quad \begin{aligned} -X_{32} + F &= 0 \\ -Y_{32} + Y_{13} &= 0 \\ N_{31} &= 0 \end{aligned}$$

En déduire la relation entre l'action du fluide et l'action de la came sur le galet.

$$F = X_{32} ; X_{32} = -X_{02} \cdot \cos \alpha = F$$

Question 3-7 : Justifier la forme des matrices d'inertie $I(G_2, 3)$ et $I(G_2, 2)$.

$$I(G_2, 2) = \begin{pmatrix} A_2 & 0 & 0 \\ 0 & A_2 & 0 \\ 0 & 0 & C_2 \end{pmatrix}_{\vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_0} \quad I(G_2, 3) = \begin{pmatrix} A_3 & 0 & 0 \\ 0 & B_3 & 0 \\ 0 & 0 & C_3 \end{pmatrix}_{\vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_0}$$

2 : solide de révolution d'axe G_2, \vec{z}_0

3 : présente deux plans de symétrie perpendiculaires

Question 3-8 : Déterminer l'énergie cinétique de l'ensemble $S = \{1, 2, 3\}$.

On considère l'ensemble $\Sigma = \{1, 2, 3\}$.

$$T(S/0) = T(1/0) + T(2/0) + T(3/0)$$

$$T(1/0) = \frac{1}{2} I_1 \cdot \dot{\theta}^2 \quad (\dot{\theta} + \dot{\alpha})^2 = \frac{1}{R^2} \cdot (\dot{\rho}^2 + \rho^2 \cdot \dot{\theta}^2)$$

$$T(2/0) = \frac{1}{2} m_2 \cdot \vec{V}^2(G_2/0) + \frac{1}{2} \cdot \vec{\Omega}(2/0) \cdot \vec{\sigma}(G_2, 2/0) = \frac{1}{2} \cdot (C_2 + m_2 \cdot R^2) \cdot (\dot{\theta} + \dot{\alpha})^2$$

$$T(3/0) = \frac{1}{2} m_3 \cdot \vec{V}^2(G_3/0) + \frac{1}{2} \cdot \vec{\Omega}(3/0) \cdot \vec{\sigma}(G_2, 3/0)$$

$$\begin{aligned} \vec{\Omega}(3/0) &= \dot{\theta} \cdot \vec{z}_0 & \vec{\sigma}(G_2, 3/0) &= m_3 \cdot \overrightarrow{G_2 G_3} \wedge \vec{V}(G_2, 3/0) + I_{G_2}(3) \vec{\Omega}(3/0) \\ & & &= -m_3 \cdot l \cdot \vec{x}_1 \wedge (\dot{\rho} \cdot \vec{x}_1 + \rho \cdot \dot{\theta} \cdot \vec{y}_1) + C_3 \cdot \dot{\theta} \cdot \vec{z}_0 = (C_3 - m_3 \cdot l \cdot \rho) \cdot \dot{\theta} \cdot \vec{z}_0 \end{aligned}$$

$$\vec{V}(G_3/0) = \dot{\rho} \cdot \vec{x}_1 + (\rho - l) \cdot \dot{\theta} \cdot \vec{y}_1 \quad \vec{V}(G_2/0) = \dot{\rho} \cdot \vec{x}_1 + \rho \cdot \dot{\theta} \cdot \vec{y}_1 \quad \vec{V}(G_3/0) \cdot \vec{V}(G_2/0) = \dot{\rho}^2 + \rho \cdot (\rho - l) \cdot \dot{\theta}^2$$

$$T(3/0) = \frac{1}{2} \left[m_3 \cdot \dot{\rho}^2 + (m_3 \cdot (\rho^2 - 2 \cdot \rho \cdot l) + C_3) \cdot \dot{\theta}^2 \right]$$

$$T(S/0) = \frac{1}{2} I_1 \cdot \dot{\theta}^2 + \frac{1}{2} \cdot (C_2 + m_2 \cdot R^2) \cdot (\dot{\theta} + \dot{\alpha})^2 + \frac{1}{2} \left[m_3 \cdot \dot{\rho}^2 + (m_3 \cdot (\rho^2 - 2 \cdot \rho \cdot l) + C_3) \cdot \dot{\theta}^2 \right]$$

Question 3-9 : Par application du théorème de l'énergie cinétique à l'ensemble S dans son mouvement par rapport à (0) , déterminer la relation entre F , C , les paramètres cinématiques du moteur hydraulique et $T(S/0)$ l'énergie cinétique de l'ensemble $S = \{1, 2, 3\}$.

$$p_{\text{int}} = F \cdot \dot{\rho} ; \quad p_{\text{ext}} = C \cdot \dot{\theta} \quad \frac{d}{dt} T(S/0) = F \cdot \dot{\rho} + C \cdot \dot{\theta}$$

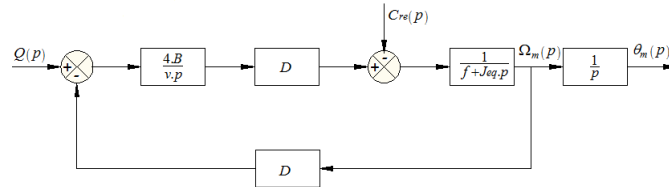
IV-1°- Modélisation du moteur hydraulique :

Question 4 -1 : En considérant les conditions initiales nulles, écrire les deux équations (1) et (2) dans le domaine de Laplace.

Equation hydraulique $Q(p) = D \cdot \Omega_m(p) + \frac{v}{4 \cdot B} \cdot p \cdot \Delta p(p) \quad (1)$

Equation mécanique $J_{\text{eq}} \cdot p \cdot \Omega_m(p) = D \cdot \Delta p(p) - f \cdot \Omega_m(p) - C_{\text{re}}(p) \quad (2)$

Question 4-2 : A partir de la question précédente et de la figure 6 ci-contre **tracer** le schéma bloc du moteur hydraulique.



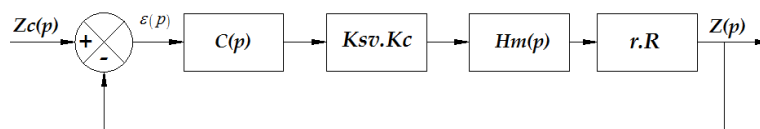
Question 4-3 : Déterminer la fonction de transfert du moteur hydraulique $H_m(p) = \left[\frac{\theta_m(p)}{Q(p)} \right]_{C_{re}=0}$.

$$\frac{\Omega_m(p)}{Q(p)} = \frac{1/D}{1 + \frac{f \cdot v}{4 \cdot B \cdot D^2} \cdot p + \frac{J_{\text{eq}} \cdot v}{4 \cdot B \cdot D^2} \cdot p^2}$$

Identifier les paramètres canoniques K_m , z et ω_n .

$$K_m = \frac{1}{D}, \quad z = \frac{f}{4 \cdot D} \cdot \sqrt{\frac{v}{J_{\text{eq}} \cdot B}} ; \quad \omega_n = \sqrt{\frac{4 \cdot B \cdot D^2}{J_{\text{eq}} \cdot v}}$$

IV-3°- Etude de la boucle d'asservissement en position du dégrilleur :



Question 4-9 : Déterminer la fonction de transfert en boucle ouverte $H_{BO}(p) = \frac{Z(p)}{\varepsilon(p)}$ et en déduire l'expression du gain de boucle K_{BO} , de sa classe et de son ordre.

$$H_{BO}(p) = \frac{Z(p)}{\varepsilon(p)} = \frac{K_p \cdot K_{sv} \cdot K_c \cdot K_m \cdot r \cdot R}{p \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot z}{\omega_n} \cdot p + \frac{1}{\omega_n^2} \cdot p^2 \right)}, \quad K_{BO} = K_p \cdot K_{sv} \cdot K_c \cdot K_m \cdot r \cdot R, \text{ ordre 3 classe 1}$$

Question 4-10 : Déterminer la fonction de transfert en boucle fermée $H_{BF}(p) = \frac{Z(p)}{Z_c(p)}$ en fonction de K_{BO} , z et ω_n .

$$H_{BF}(p) = \frac{Z(p)}{Z_c(p)} = \frac{H_{BO}(p)}{1 + H_{BO}(p)} = \frac{K_{BO}}{K_{BO} + p + \frac{2 \cdot z}{\omega_n} \cdot p^2 + \frac{1}{\omega_n^2} \cdot p^3}$$

$$H_{BF}(p) = \frac{1}{1 + \frac{1}{K_{BO}} \cdot p + \frac{1}{K_{BO}} \cdot \frac{2 \cdot z}{\omega_n} \cdot p^2 + \frac{1}{K_{BO}} \cdot \frac{1}{\omega_n^2} \cdot p^3}$$

Question 4-11 : Donner l'expression de l'erreur statique \mathcal{E}_s ($zc(t) = Z_0 \cdot u(t)$) et l'erreur de traînage \mathcal{E}_{tr} ($zc(t) = a \cdot t \cdot u(t)$). Les résultats peuvent être donnés sans calcul.

$$\Rightarrow \mathcal{E}_s = 0$$

La fonction $H_{BO}(p)$ est de classe 1

$$\Rightarrow \mathcal{E}_{tr} = \frac{a}{K_{BO}}$$

Question 4-12 : Déterminer, par application du critère de Routh, la condition que doit satisfaire Kp pour que le système soit stable. Soit Kp_{limite} la valeur de Kp correspondante à la limite de stabilité.

Soit $D(p) = K_{BO} + p + \frac{2 \cdot z}{\omega_n} \cdot p^2 + \frac{1}{\omega_n^2} \cdot p^3$ le dénominateur de $H_{BF}(p)$

p^3	$1/\omega_n^2$	1
p^2	$2 \cdot z / \omega_n$	K_{BO}
p^1	$\frac{2 \cdot z}{\omega_n} - \frac{K_{BO}}{\omega_n^2}$	0
	$\frac{2 \cdot z}{\omega_n}$	
p^0	K_{BO}	0

Première condition $K_{BO} > 0$

Deuxième condition $2 \cdot z \cdot \omega_n - K_{BO} > 0$

$$K_{BO} < 2 \cdot z \cdot \omega_n ; \quad K_{BO} = K_p \cdot K_{sv} \cdot K_c \cdot K_m \cdot r \cdot R$$

$$0 < K_p < \frac{2 \cdot z \cdot \omega_n}{K_{sv} \cdot K_c \cdot K_m \cdot r \cdot R}$$

$$Kp_{limite} = \frac{2 \cdot z \cdot \omega_n}{K_{sv} \cdot K_c \cdot K_m \cdot r \cdot R}$$

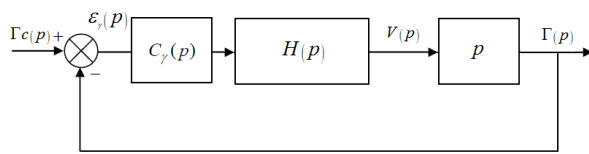
Question 4-13 : Déterminer la nouvelle valeur de Kp en fonction de Kp_{limite} pour avoir une marge de gain de 12dB.

Pour $Kp = Kp_{limite}$ le système est à la limite de stabilité, la marge de gain est nulle.

$$MG = -\|H_{BO}(j\omega)\|_{dB} \text{ avec } \varphi(\omega_c) = -180^\circ$$

Pour avoir une marge de gain de 12dB alors $20 \log Kp = 20 \log Kp_{limite} - 12$, $Kp = (10^{3/4}) \cdot Kp_{limite}$

IV-4°- Etude de la boucle d'asservissement en accélération du dégrilleur :



Question 4-14 : Déterminer la fonction écart $\varepsilon_\gamma(p)$.

$$H_{\gamma-BO}(p) = \frac{K_{acc} \cdot p}{1 + \frac{2\xi}{\omega_0} \cdot p + \frac{1}{\omega_0^2} \cdot p^2}$$

$$\varepsilon_\gamma(p) = \frac{\Gamma_c(p)}{1 + H_{\gamma-BO}(p)}$$

$$\varepsilon_\gamma(p) = \Gamma_c(p) \cdot \frac{1 + \frac{2\xi}{\omega_0} \cdot p + \frac{1}{\omega_0^2} \cdot p^2}{1 + \left(\frac{2\xi}{\omega_0} + K_{acc} \right) \cdot p + \frac{1}{\omega_0^2} \cdot p^2}$$

Question 4-15 : Calculer l'erreur en régime permanent ε_γ pour une entrée échelon $\gamma_C(t) = \gamma_C \cdot u(t)$, en déduire γ_0 la valeur en régime permanent de $\gamma(t)$. Conclure.

$$\text{Pour } \Gamma_C(p) = \frac{\gamma_C}{p}$$

$$\varepsilon_\gamma = \lim_{t \rightarrow +\infty} \varepsilon_\gamma(t) = \lim_{p \rightarrow 0} p \cdot \varepsilon_\gamma(p) = \gamma_C$$

$\varepsilon_\gamma = \gamma_C - \gamma_0 \Rightarrow \gamma_0 = 0$. Au bout d'un temps fini le système se déplacera avec une accélération $\gamma_0 = 0$ même en présence d'une consigne d'accélération $\gamma_C \neq 0$.

Correction proportionnelle intégrale :

Question 4-16 : La fonction de transfert en boucle ouverte $H_{\gamma_BO}(p)$

$$H_{\gamma_BO}(p) = \frac{K \cdot K_{acc} \cdot (1 + T_i \cdot p)}{1 + \frac{2\xi}{\omega_0} \cdot p + \frac{1}{\omega_0^2} \cdot p^2} ; K_O = K \cdot K_{acc} \text{ Classe 0 ; ordre 2}$$

En déduire l'erreur en régime permanent ε_γ pour une entrée échelon $\gamma_C(t) = \gamma_C \cdot \mathcal{U}(t)$. En déduire γ_0 la valeur en régime permanent de $\gamma(t)$. Déterminer la valeur de K pour que l'accélération en régime permanent soit réglée à 75% de γ_{\max} .

$$H_{\gamma_BO}(p) \text{ est de classe 0 alors } \varepsilon_\gamma = \frac{\gamma_C}{1 + K_O} ;$$

$$\varepsilon_\gamma = \gamma_C - \gamma_0 \Rightarrow \gamma_0 = \gamma_C - \varepsilon_\gamma = \gamma_C - \frac{\gamma_C}{1 + K_O} = \gamma_C \cdot \frac{1}{1 + K_O} = 0,75 \cdot \gamma_{\max}$$

$$\gamma_C \cdot \frac{1}{1 + K_O} = 0,75 \gamma_{\max}$$

$$K_O = K \cdot K_{acc} = \frac{\gamma_C}{0,75 \cdot \gamma_{\max}} - 1 \quad \boxed{K = \frac{1}{K_{acc}} \cdot \left(\frac{\gamma_C}{0,75 \cdot \gamma_{\max}} - 1 \right)}$$

Question 4-17 : Déterminer la fonction de transfert en boucle fermée en fonction de $K \cdot K_{acc}$, ξ et ω_0 .

$$\begin{aligned} H_{\gamma_BF}(p) &= \frac{\frac{K_O \cdot (1 + T_i \cdot p)}{1 + \frac{2\xi}{\omega_0} \cdot p + \frac{1}{\omega_0^2} \cdot p^2}}{1 + \frac{K_O \cdot (1 + T_i \cdot p)}{1 + \frac{2\xi}{\omega_0} \cdot p + \frac{1}{\omega_0^2} \cdot p^2}} = \frac{K_O \cdot (1 + T_i \cdot p)}{1 + \frac{2\xi}{\omega_0} \cdot p + \frac{1}{\omega_0^2} \cdot p^2 + K_O \cdot (1 + T_i \cdot p)} \\ &= \frac{K_O \cdot (1 + T_i \cdot p)}{1 + K_O + \frac{2\xi}{\omega_0} \cdot p + \frac{1}{\omega_0^2} \cdot p^2 + K_O \cdot T_i \cdot p} = \frac{K_O}{1 + K_O} \cdot \frac{(1 + T_i \cdot p)}{1 + \frac{1}{1 + K_O} \cdot \left(\frac{2\xi}{\omega_0} + K_O \cdot T_i \right) \cdot p + \frac{1}{1 + K_O} \cdot \frac{1}{\omega_0^2} \cdot p^2} \end{aligned}$$

Document réponse DR2**Question 1-3 :**

Compléter la table de vérité

secteur	e_1	e_2	e_3	e_4	s_1	s_2	s_3	s_4
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0	1
2	1	0	0	1	0	0	1	1
3	1	0	1	1	0	0	1	0
4	1	0	1	0	0	1	1	0
5	1	1	1	0	0	1	1	1
6	0	1	1	0	0	1	0	1
7	0	0	1	0	0	1	0	0
8	0	0	1	1	1	1	0	0
9	0	0	0	1	1	1	0	1

Compléter les tableaux de Karnaugh ci-contre des sorties s_3 et s_4 .Donner les équations simplifiées des sorties s_3 et s_4 .

$$s_3 = e_1.e_4 + e_1.e_3$$

$$s_4 = e_2 + e_1.\bar{e}_3 + \bar{e}_3.e_4$$

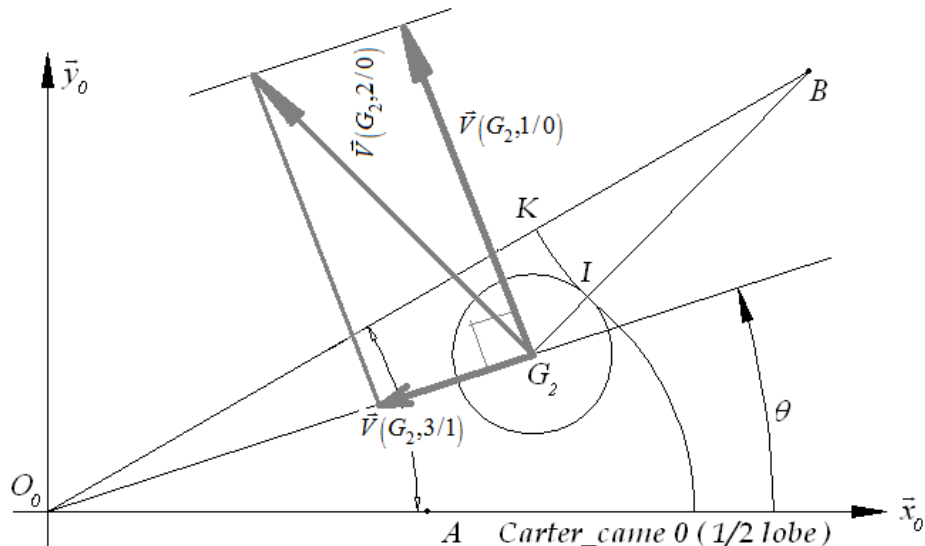
Tableau de Karnaugh de s_3

$e_3 \backslash e_1 e_2$	00	01	11	10
00	0	ϕ	ϕ	0
01	0	ϕ	ϕ	1
11	0	ϕ	ϕ	1
10	0	0	1	1

Tableau de Karnaugh de s_4

$e_3 \backslash e_1 e_2$	00	01	11	10
00	0	ϕ	ϕ	1
01	1	ϕ	ϕ	1
11	0	ϕ	ϕ	0
10	0	1	1	0

Question 3-1 et Question 3-2 : Déterminer graphiquement la vitesse de translation du piston (3) par rapport bloc-cylindres (1) correspondante à cette vitesse.

Justifications des tracés $\vec{V}(G_2, 2/0) = \vec{V}(I, 2/0) + \vec{\Omega}(2/0) \wedge \overrightarrow{IG_2} = \vec{\Omega}(2/0) \wedge \overrightarrow{IG_2}$ $\vec{V}(G_2, 2/0)$ Normale à $\overrightarrow{IG_2}$ **Question 3-2 :** $\vec{V}(G_2, 1/0) = \vec{V}(O_0, 1/0) + \vec{\Omega}(1/0) \wedge \overrightarrow{O_0 G_2} = \rho.\omega_{1/0}.\vec{y}_1 = 6(m/s).\vec{y}_1$ $\vec{V}(G_2, 2/0) = \vec{V}(G_2, 2/3) + \vec{V}(G_2, 3/1) + \vec{V}(G_2, 1/0)$ $\vec{V}(G_2, 3/1)$ Suivant \vec{x}_1 $\vec{V}(G_2, 2/3) = \vec{0}$ 

Identification des fonctions de transfert la chaîne fonctionnelle :Identification de la fonction de transfert du moteur hydraulique :

La fonction de transfert du moteur est notée $M(p) = \frac{\Omega_m(p)}{Q(p)} = \frac{K_m}{1 + \frac{2z}{\omega_n} \cdot p + \frac{1}{\omega_n^2} \cdot p^2}$

On donne ci-contre la réponse indicielle du moteur pour un échelon unitaire de débit en m^3/s .

Question 4-4 : Déterminer, en précisant votre démarche, les paramètres canoniques K_m , z , ω_n ainsi que le temps de réponse à 5% du moteur.

Question 4-5 : Déterminer la valeur de la pente à l'origine.

Question 4-4 :

$$K_m = 80 \text{ (rad/s)} / (m^3/s)$$

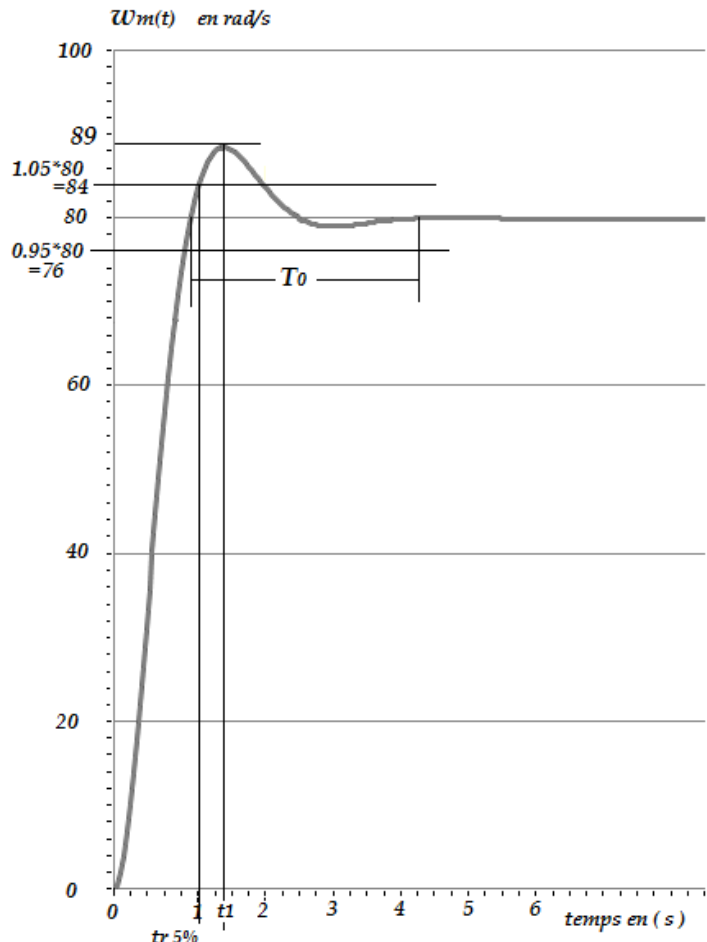
$$D_1 = 9; \quad D = 9/80 = 0.1125$$

$$D = e^{\frac{-\pi \cdot z}{\sqrt{1-z^2}}} = 0.1125 \quad \text{Ce qui permet de déterminer } z.$$

$$t_1 = 1,25(s) \text{ avec } t_1 = \frac{\pi}{\omega_n \cdot \sqrt{1-z^2}}. \text{ Ce qui permet de déterminer } \omega_n.$$

$$\text{Ou à partir de } T_0 = \frac{2 \cdot \pi}{\omega_n \cdot \sqrt{1-z^2}}$$

Question 4-5 : pente nulle à l'origine

Identification de la fonction de transfert de la servovalve :

On donne ci-contre la réponse indicielle de la servovalve pour un échelon de tension d'amplitude $U_0 = 12 \text{ (V)}$.

On note $H_S(p) = \frac{Q(p)}{U(p)}$ la fonction de transfert

de la servovalve.

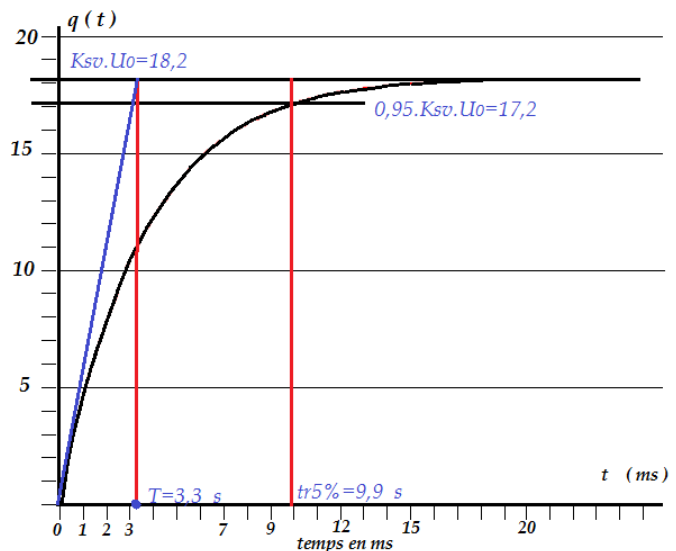
Question 4-6 : Déterminer l'ordre et les paramètres canoniques de cette fonction, en déduire le temps de réponse à 5%.

$$H_S(p) = \frac{K_{sv}}{1 + T_s \cdot p}$$

$$tr_{5\%} = 9,9(s) = 3 \cdot T_s$$

$$T_s = 3,3(s)$$

$$K_{sv} \cdot U_0 = 18,2 \Rightarrow K_{sv} = \frac{18,2}{U_0} \approx 1,51 \left((m^3/s)/V \right)$$



Identification de la fonction de transfert du capteur :

On donne ci-dessous les diagrammes de Bode de la fonction de transfert $H_C(p) = \frac{U_m(p)}{Z(p)}$ du capteur.

Question 4-7 : Déterminer l'ordre et les paramètres canoniques de cette fonction.
Tracer les diagrammes asymptotiques sur la figure ci-dessous.

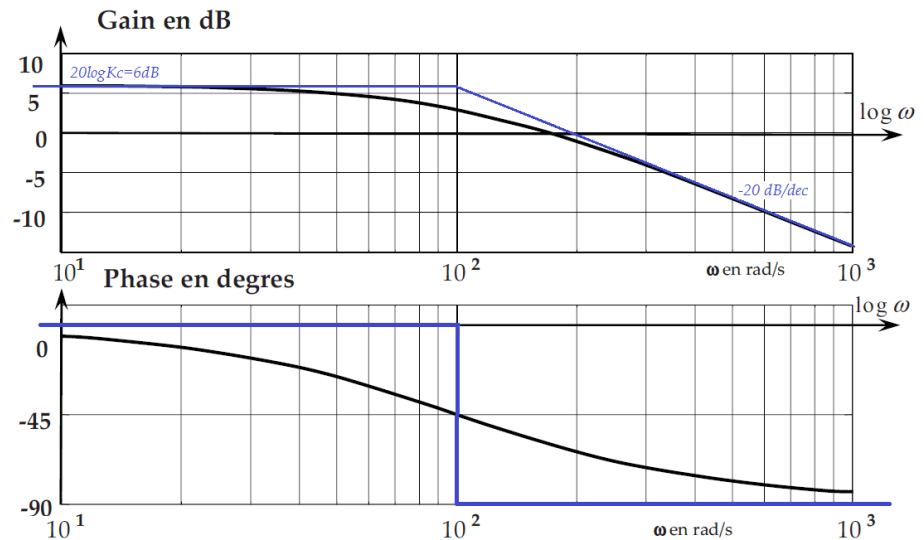
$$H_C(p) = \frac{Kc}{1 + Tc.p}$$

$$20 \log Kc = 6 \text{ dB}$$

$$Kc = 2 \text{ (V / m)}$$

$$\omega_c = \frac{1}{Tc} = 10^2 \text{ (rad / s)}$$

$$Tc = 10^{-2} \text{ (s)}$$

Détermination de la fonction de transfert du réducteur :

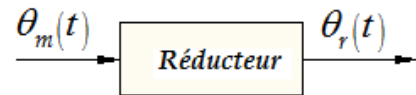
La réduction de la vitesse de rotation du moteur est assurée par un **réducteur épicycloïdal** dont le schéma cinématique est donné ci-dessous :

On donne :

Z_1 : nombre de dents du pignon de l'arbre moteur A_m .

Z_0 : nombre de dents de la couronne fixée au bâti.

Z_{2a}, Z_{2b} : nombre de dents des pignons du satellite.



$$\text{Rapport de réduction } r = \frac{\omega_r(t)}{\omega_m(t)} = \frac{\theta_r(t)}{\theta_m(t)}$$

Question 4-8 : Déterminer en fonction des nombres des dents le rapport de réduction :

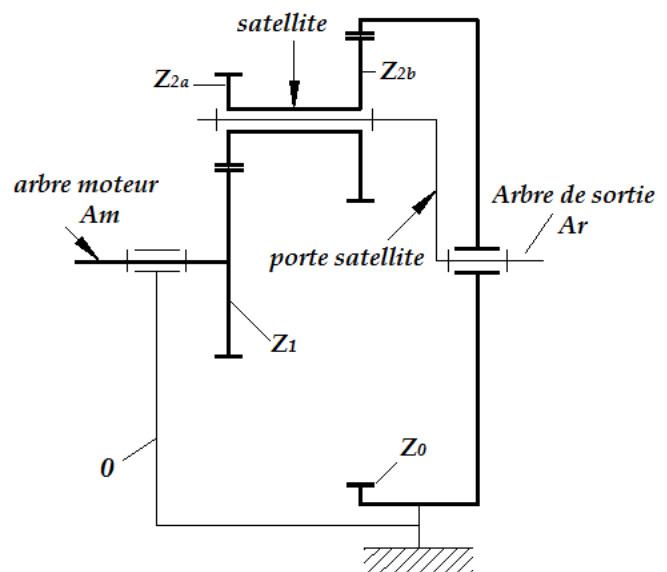
$$r = \frac{\omega_{Ar}(t)}{\omega_{Am}(t)} = \frac{\omega_r(t)}{\omega_m(t)}$$

$$\frac{\omega_{s/ps}}{\omega_{e/ps}} = -\frac{Z_1}{Z_{2a}} \cdot \frac{Z_{2b}}{Z_0}$$

$$\frac{\omega_{0/Ar}}{\omega_{Am/Ar}} = -\frac{Z_1}{Z_{2a}} \cdot \frac{Z_{2b}}{Z_0} = -\frac{\omega_{Ar/0}}{\omega_{Am/0} - \omega_{Ar/0}}$$

$$\frac{\omega_{Am/0}}{\omega_{Ar/0}} = \frac{Z_{2a}}{Z_1} \cdot \frac{Z_0}{Z_{2b}} + 1$$

$$r = \frac{\omega_{Ar}}{\omega_{Am}} = \frac{Z_1 \cdot Z_{2b}}{Z_1 \cdot Z_{2b} + Z_{2a} \cdot Z_0}$$



Question 4-18 : Sur le document réponse DR5, tracer le diagramme asymptotique de Bode de la de transfert en boucle fermée $H_{\gamma_BF}(p)$.
$$H_{\gamma_BF}(p) = 2 \cdot \frac{1+10.p}{(1+0.25.p).(1+2.p)}$$

Question 4-19 : Tracer l'allure de la courbe réelle du diagramme de gain, puis donner, graphiquement, la valeur de la bande passante à -3dB de l'asservissement en accélération.

Document réponse DR5

