

ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC

SESSION DE MAI 2018

Toute documentation permise
Calculatrices : modèles autorisés seulement
Durée de l'examen : 3 heures

16-MK-A1 Analyse des systèmes et régulation

Question 1 (20 pts)

La figure 1 montre le schéma d'un circuit fluide à deux réservoirs (tank). Le système est décrit par les 4 équations:

$$\frac{h_1 - h_2}{R_1} = q_1$$

$$C_1 \frac{dh_1}{dt} = q - q_1$$

$$\frac{h_2}{R_2} = q_2$$

$$C_2 \frac{dh_2}{dt} = q_1 - q_2$$

avec q la variation de débit entrant par le haut du « Tank 1 », q_1 la variation de débit du « Tank 1 » vers le « Tank 2 », q_2 la variation de débit sortant du « Tank 2 », h_1 la variation de hauteur du « Tank 1 », h_2 la variation de hauteur du « Tank 2 », C_1 la capacité du « Tank 1 », C_2 la capacité du « Tank 2 », R_1 la résistance hydraulique linéarisée entre le « Tank 1 » et le « Tank 2 », R_2 la résistance hydraulique linéarisée en sortie du « Tank 2 ».

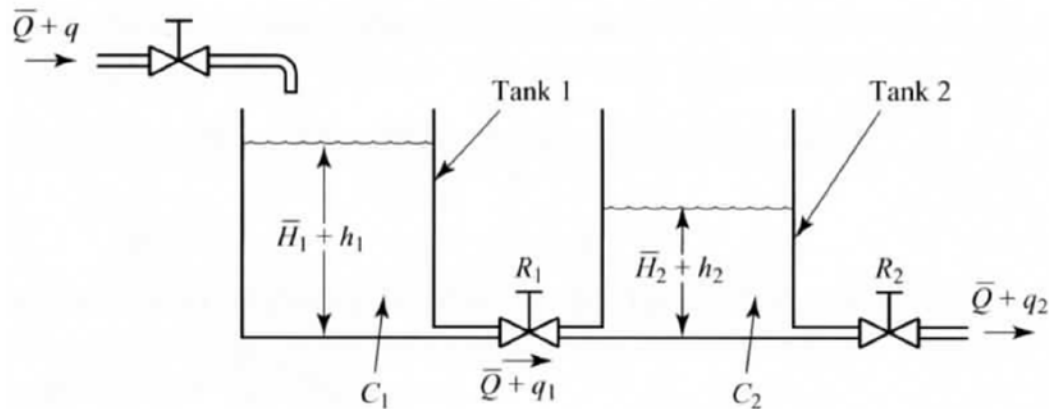


Figure 1.

Questions :

- 1 – Déterminer les expressions des transformées de Laplace des 4 équations. (5 points).
- 2 – Dessiner le schéma blocs en indiquant clairement, tous les signaux ($Q(s)$, $Q_1(s)$, $Q_2(s)$, $H_1(s)$ et $H_2(s)$, tous les paramètres (C_1 , R_1 , C_2 , R_2) et la variable de Laplace (s) ? (10 points).
- 3 – Dédire la fonction de transfert $Q_2(s)/Q(s)$? (5 points).

QUESTION 2 (20 pts)

On considère la commande d'un moteur asservi en position (Figure 2) avec un retour en vitesse de gain K_h , l'inertie en rotation J , le coefficient de frottement visqueux B , le gain du moteur K , la perturbation $D(s)$, la consigne $R(s)$ et l'angle $C(s)$. La consigne est une rampe unitaire $r(t)=t$ pour $t>0$. La perturbation est constante de valeur $d(t)=d$ pour $t>0$.

Question :

- 1 – Exprimer $E(s)$ en fonction de $D(s)$, $R(s)$, J , B , K , K_h et s (10 points)
- 2 – Calculer l'erreur finale de positionnement en fonction de B , K , K_h et d . (10 points)

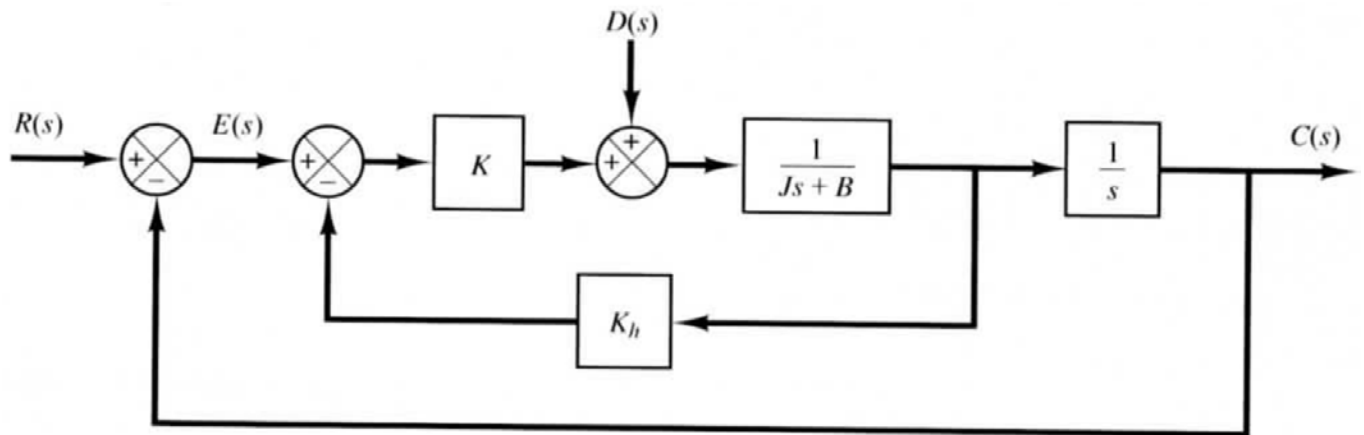


Figure 2.

QUESTION 3 (20 pts)

La figure 3 présente le schéma bloc d'un système asservi de référence $R(s)$ et de sortie $C(s)$.

Le compensateur de type PID a pour fonction de transfert l'équation suivante :

$$G_c(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right)$$

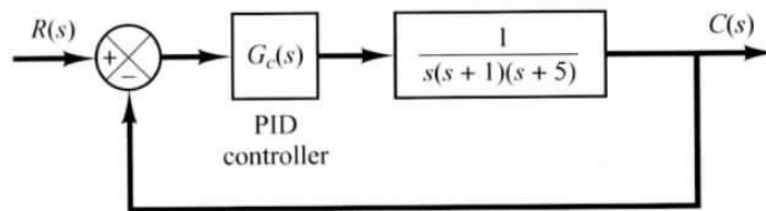


Figure 3.

Questions :

- 1 – Pour $G_c(s)=K_p$, en utilisant le critère de Routh, déterminer le gain $K_p = K_{cr}$ qui place le système bouclé à la limite de la stabilité. (10 points)
- 2- Pour $G_c(s)=K_{cr}$, calculer la période de l'auto-oscillation P_{cr} en secondes. (5 points).
- 3 – En utilisant K_{cr} , P_{cr} et les règles de Ziegler-Nichols, déterminer la fonction de transfert du compensateur $G_c(s)$ (5 points).

QUESTION 4 (20 pts)

La figure 5 présente les branches d'un tracé des lieux d'Evans (root-locus) correspondant au système de la figure 4. Le tracé des lieux d'Evans pointe trois lieux des pôles pour $k= 7, 8$ et 16 .

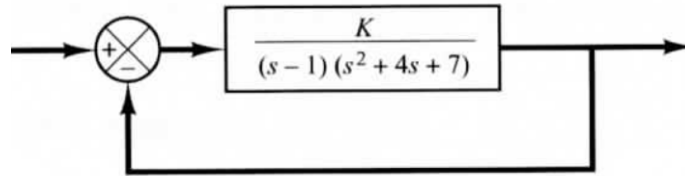


Figure 4.

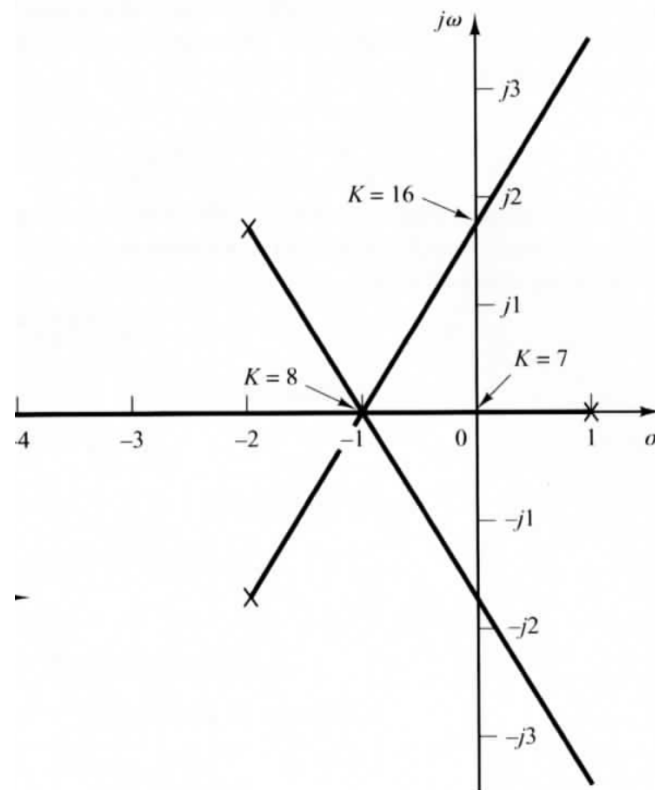


Figure 5.

Questions :

- 1 – En utilisant la figure 5, déterminer si le système est stable pour $K \rightarrow 0$ et pour $K \rightarrow \infty$. (5 points).
- 2 – En utilisant la figure 5, déterminer la plage de valeur de K qui assure la stabilité. (5 points).
- 3 – Pour $K=16$, calculer précisément la fréquence de la pulsation d'oscillation. (10 points).

QUESTION 5 (20 points)

La figure 6 présente le tracé de Bode $KG_c(s)G(s)$ avec $K=1$. La marge de gain est de 12 dB.

Questions:

- 1- Le système compensé $KG_c(s)G(s)$ est-il stable en boucle fermée avec $K=2$? (5 points)
- 2- Le système compensé $KG_c(s)G(s)$ est-il stable en boucle fermée avec $K=5$? (5 points)
- 3- À qu'elle fréquence (en rad/s) faut-il lire la marge de phase ? (5 points)
- 4- Peut-on affirmer que la marge de phase est supérieure à 30 degrés ? (5 points)

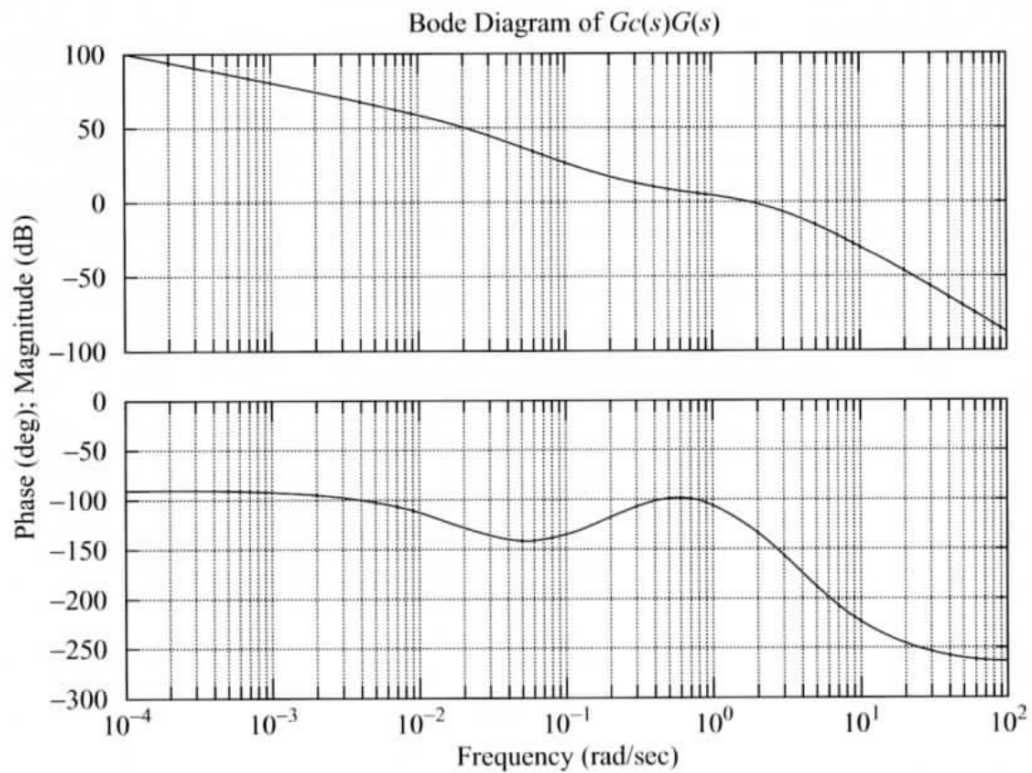


Figure 6.