Examen d'Automatique

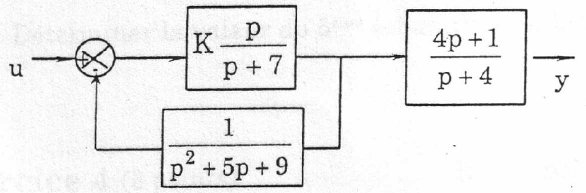
E. Mesnard

2002 - 2003

Documents et calculatrices **autorisés.**
Durée : **2 heures**

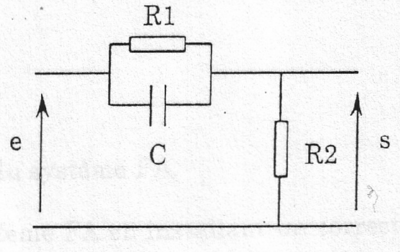
Exercice 1 (3 points) **Modélisation**

Quelle est la fonction de transfert du système suivant :



Exercice 2 (4 points) **Etude d'un filtre électrique**

Soit le filtre électronique donc le schéma est donné ci-dessous :



1) Déterminer la fonction de transfert équivalente (sous une forme normalisée). En déduire le nom du filtre.

2) Discuter de la stabilité de ce filtre.

3) Déterminer ensuite la sortie S(p) lorsqu'un signal sinusoïdal $e(t) = E.\sin \omega t$ est appliqué à l'entrée du filtre.

Exercice 3 (5 points) — Pilotage numérique

On désire piloter un système continu (dont la fonction de transfert est donnée ci-dessous) à l'aide d'un ordinateur équipé d'une carte d'acquisition dont les caractéristiques sont :

- CAN : échantillonnage avec pas de $T = 0{,}1$ s
- CNA : par Bloqueur d'Ordre Zéro (BOZ, "Zero Order Hold" ZOH)

$$F(p) = \frac{Y(p)}{U(p)} = \frac{5{,}1}{p + 5{,}1}$$

1) Donnez la transformée en Z équivalente F(z) du processus échantillonné (vu de l'ordinateur) sachant qu'en remplaçant le bloqueur d'ordre 0, cette dernière vaut :

$$F(z) = (1 - z^{-1}).Z\left[\mathrm{ERI}\frac{F(p)}{p}\right]$$

On rappelle également que :

$$Z[\Gamma_n] = \frac{1}{1 - z^{-1}} \quad \text{et} \quad Z\left[e^{-anT}\Gamma_n\right] = \frac{1}{1 - \varphi z^{-1}} \quad \text{avec } \varphi = e^{-aT}$$

2) En déduire l'équation récurrente du système.

3) Déterminer la valeur du $5^{ème}$ échantillon de la réponse indicielle du système.

Exercice 4 (8 points) — Régulations P, PI et PID

On dispose de 3 processus dont les fonctions de transfert en Boucle Ouverte sont :

$$FA(p) = \frac{K}{p(1 + T_1 p)(1 + T_2 p)}$$

On prend : $K=0.1$, $T_1 = 1$ et $T_2 = 10$.

$$FB(p) = \frac{1}{(2 + p)}$$

$$FC(p) = \frac{1}{p^3 + 3p^2 + 4p + 7}$$

1) Déterminer la stabilité du système FA.

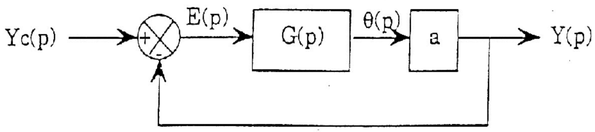
2) On désire réguler le système FA en installant un correcteur proportionnel. Analyser alors la stabilité du système ainsi régulé.

3) On désire ensuite réguler le second système FB en installant un correcteur PI. Déterminer les paramètres d'un PI de façon à ce que le transitoire de la réponse indicielle de la boucle fermée décroisse au moins aussi vite que e^{-5t}, avec un facteur d'amortissement de 0.7.

4) On souhaite maintenant réguler le système FC en installant un correcteur PID. Etablir un PID qui assure une régulation correcte de ce système.

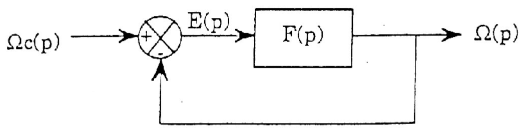
On désire maintenant améliorer les résultats obtenus précédemment en position et en vitesse en installant des asservissements.

5) On réalise pour cela une boucle d'asservissement avec un capteur de position angulaire de gain a (valant 0,1V/rd) et de constante de temps négligeable devant T.



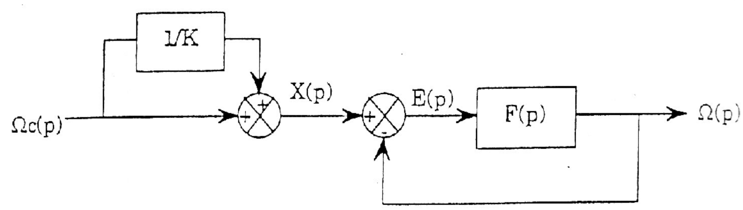
Calculez la nouvelle fonction de transfert $H_p(p)$ correspondant à la boucle fermée. La mettre sous forme normalisée.
En déduire les valeurs de K_p, ω_0 et η. Commentez.
De même qu'à la question 3), on souhaite faire tourner le moteur de 2 radians. Quel signal $y_c(t)$ faut-il appliquer ? Commentez la facilité de réalisation, et comparez avec 3).

6) On souhaite maintenant réguler la vitesse du moteur. On réalise pour cela l'asservissement suivant :



Calculez la nouvelle fonction de transfert $H_v(p)$ correspondant à la boucle fermée. Montrez qu'elle peut se mettre sous la forme d'un premier ordre normalisé. Donnez K_v et T_v.
De même qu'à la question 4), on souhaite faire tourner le moteur à une vitesse constante. On applique pour cela un échelon indiquant la valeur de la vitesse : $\Omega_c(t) = \Omega_0.\Gamma(t)$.
Calculez la précision (erreur statique) afin d'en déduire $\Omega(\infty)$.
Afin d'étudier le comportement du robot lors des phases d'accélération, on applique maintenant une consigne en rampe, de pente b : $\Omega_c(t) = b.t$. Calculez la précision obtenue pour b = 10. Commentez.

Afin d'améliorer le comportement du robot (dans le but d'obtenir un suivi de trajectoire plus précis), nous allons maintenant installer une commande de type PV (Position et Vitesse) :



7) En déduire la nouvelle fonction de transfert $H_{pv}(p)$ correspondant à la boucle fermée. Montrez qu'elle est équivalente à celle d'un asservissement classique à retour unitaire, dont la fonction de transfert de la chaîne directe serait $1/T_i p$. Calculez T_i. Commentez.
On souhaite maintenant comparer les comportements en vitesse et en accélération avec ceux obtenus aux questions 4) et 6).
On fait donc tourner le moteur à une vitesse constante. On applique pour cela un échelon indiquant la valeur de la vitesse : $\Omega_c(t) = \Omega_0.\Gamma(t)$.
Calculez la précision (erreur statique) afin d'en déduire $\Omega(\infty)$.
Afin d'étudier le comportement du robot lors des phases d'accélération, on applique de nouveau la consigne en rampe de 6), avec la pente b. Commentez la précision obtenue.