Ecole d'Ingénieurs en Informatique pour l'Industrie 1999/2000
2ème année

T.P. d'asservissement

T.P. N° 1 - Prise en main du logiciel SIMULINK

T.P. N° 2 - Réponses des systèmes du 1er et 2ème ordre

T.P. N° 3 - Correction de systèmes du 1er ordre

T.P. N° 4 - Correction de systèmes du 2ème ordre

T.P. N° 5 - Asservissement d'un système

T.P. N° 6 - Systèmes en temps discret

T.P. N° 1 - Prise en main du logiciel SIMULINK

Durée : 30 minutes

Avant d'effectuer le travail demandé, il est conseillé de prendre connaissance du fonctionnement du logiciel SIREG (Manuel *Description du programme*).

1.1 Le compte rendu

Fichier informatique sous Word'97.

1.2 Le logiciel MATLAB

Gestionnaire de fichiers

Calculatrice

Diagramme de Bode

1.3 Le logiciel SIMULINK

Lancement du logiciel

Opérateur de Laplace $p = j \cdot \omega \Leftrightarrow s$

Générateur d'échelon + affichage

Générateur d'impulsion

Générateur de rampe

T.P. N° 2 - Réponses des systèmes du 1er et 2ème ordre

Durée : 1h30

Jusqu'à la question 4, le paramètre intervalle du menu « temps de simulation » sera fixé à 0,01.

2.1 Système du 1er ordre

Soit la fonction de transfert $H_1(p) = \frac{1}{1+2p}$

a) Simuler la réponse impulsionnelle, la réponse indicielle et la réponse à un échelon de vitesse du système caractérisé par $H_1(p)$.

b) Où la constante de temps du système intervient-elle sur les courbes ?

2.2 Système du 2ème ordre

Soit la fonction de transfert $H_2(p) = \frac{1}{1+kp+p^2}$

a) Simuler la réponse indicielle du système caractérisé par $H_2(p)$ pour $k = 0,2$, $k = 1$ et $k = 3$. Préciser à chaque fois la valeur de la pulsation propre non amortie ω_0 et du facteur d'amortissement z. Conclure.

b) Simuler la réponse du système en régime sinusoïdal (détailler les paramètres du bloc SINUS) pour $k = 0,2$ et des fréquences inférieures, supérieures et à la résonance. Vérifier le diagramme de Bode.

2.3 Influence de l'intervalle de calcul

Les questions précédentes supposaient une étude en temps continu. Pour ce faire l'intervalle d'échantillonnage du calcul était fixé à 0,01.

a) Simuler la réponse indicielle du système caractérisé par $H_1(p)$ en augmentant progressivement l'intervalle de temps jusqu'à la valeur 2,0.

b) Conclure.

T.P. N° 3 - Correction de systèmes du 1er ordre

Durée : 2 heures

Pour chaque correcteur, simuler la réponse indicielle du système corrigé en boucle fermée et commenter. Représenter sur le même graphique l'entrée, la commande et la sortie.

3.1 Système du 1er ordre

Soit le système caractérisé par la fonction de transfert $H_1(p) = \dfrac{1}{1+2p}$.

Correction Proportionnelle	$C = 1$	$C = 3$
Correction P.I.	$C_1(p) = 1 + \dfrac{1}{2p}$	$C_2(p) = 2\left(1 + \dfrac{1}{2p}\right)$
	$C_3(p) = 2\left(1 + \dfrac{1}{8p}\right)$	$C_4(p) = 2\left(1 + \dfrac{1}{3p}\right)$
	$C_5(p) = 2\left(1 + \dfrac{1}{p}\right)$	$C_6(p) = 2\left(1 + \dfrac{1}{0{,}2p}\right)$

Evaluer le temps de réponse à 5% près dans chaque cas.
Quel correcteur vous paraît le plus adapté? Justifier.

3.2 Système du 1er ordre avec retard

Soit le système caractérisé par la fonction de transfert $H_2(p) = \dfrac{e^{-\tau p}}{1+2p}$.

a) Pour $\tau = 1$ et $\tau = 1{,}8$ le système est corrigé par $C_2(p)$. Calculer la limite de stabilité de l'asservissement.

b) Pour $\tau = 1{,}8$ déterminer les paramètres A et B des correcteurs pour répondre aux critères précisés :

Marge de gain $\Delta G = 6dB$	$C_7(p) = A\left(1 + \dfrac{1}{2p}\right)$
Marge de gain ΔG=6dB et avance de phase $\pi/4$ à $w_{critique}$	$C_8(p) = A\left(1 + \dfrac{1}{2p}\right)(1 + Bp)$
Marge de gain ΔG=6dB et avance de phase $\pi/6$ à $w_{critique}$	$C_9(p) = A\left(1 + \dfrac{1}{2p}\right)(1 + Bp)$

T.P. N° 4 - Correction de systèmes du 2ème ordre

Durée : 2 heures

Pour chaque correcteur, représenter la réponse indicielle du système corrigé en boucle fermée et commenter. Faire figurer sur le même graphique l'entrée, la commande et la sortie.

4.1 Système du 2ème ordre

Soit le système caractérisé par la fonction de transfert $H_1(p) = \dfrac{1}{1 + 2{,}5p + p^2}$.

Correction Proportionnelle $C = 1$ $C = 3$ $C = 20$

Correction P.I.

$$C_1(p) = 2\left(1 + \frac{1}{6p}\right) \qquad C_2(p) = 2\left(1 + \frac{1}{2p}\right)$$

$$C_3(p) = 2\left(1 + \frac{1}{0{,}2p}\right) \qquad C_4(p) = 3\left(1 + \frac{1}{2p}\right)$$

$$C_5(p) = 2\left(1 + \frac{1}{p}\right) \qquad C_6(p) = 2\left(1 + \frac{1}{0{,}5p}\right)$$

Pour les correcteurs $C_2(p)$ et $C_6(p)$, quel est le facteur d'amortissement du système corrigé ? Quel correcteur vous paraît le plus adapté? Justifier.

Soit le correcteur $C_7(p) = 2\left(1 + \dfrac{1}{T_i p}\right)$. Quelle est la limite de stabilité du système corrigé ?

Correction P.I.D.

$$C_8(p) = 2\left(1 + \frac{1}{2p}\right)(1 + 0{,}1p) \qquad C_9(p) = 2\left(1 + \frac{1}{2p}\right)(1 + 0{,}5p)$$

$$C_{10}(p) = 2\left(1 + \frac{1}{2p}\right)(1 + p) \qquad C_{11}(p) = 2\left(1 + \frac{1}{2p}\right)(1 + 2p)$$

4.2 Système du 2ème ordre avec retard

Soit le système caractérisé par la fonction de transfert $H_2(p) = \dfrac{e^{-\tau p}}{1 + 2{,}5p + p^2}$.

Pour $\tau = 0{,}5$, $\tau = 1$ et $\tau = 1{,}8$ le système est corrigé par $C_9(p)$.

Pour $\tau = 1{,}8$ déterminer le paramètre A du correcteur $C_{12}(p)$ pour obtenir une marge de gain $\Delta G = 6\text{dB}$.

$$C_{12}(p) = A\left(1 + \frac{1}{2p}\right)(1 + 0{,}5p)$$

En gardant les mêmes valeurs de τ et A que précédemment, le système est corrigé par:

$$C_{13}(p) = A\left(1 + \frac{1}{2p}\right)(1 + 0{,}2p)$$

$$C_{14}(p) = A\left(1 + \frac{1}{2p}\right)(1 + p)$$

T.P. N° 5 - Asservissement d'un système

Durée : 2h30

5.1 Description du système

On veut asservir en position un moteur à aimant permanent qui entraîne une charge caractérisée par couple de frottement fonction de la vitesse $\Gamma_{charge} = A + B \cdot \Omega + C \cdot \Omega^2$.

Une dynamo tachymétrique fournit une tension proportionnelle à la vitesse de rotation Ω du moteur : $V_T = k_T \cdot \Omega$.

L'induit de la machine est alimenté par une tension U et est caractérisé par une résistance R et une inductance L.

L'alimentation électrique du moteur est réalisé avec un hacheur dont la tension de sortie U est donnée par $U(p) = H \cdot Ue(p) \cdot e^{-\tau \cdot p}$, avec Ue la tension de commande du hacheur.

Les équations de fonctionnements de la machine sont : $\begin{cases} J \cdot \dfrac{d\Omega}{dt} = \Gamma_{moteur} - \Gamma_{charge} \\ \Gamma_{moteur} = K \cdot I \\ E = K \cdot \Omega \\ U = R \cdot I + L \cdot \dfrac{dI}{dt} + E \end{cases}$

a) Construire le schéma bloc du système à partir des équations. On donne : A = 1, B = 0.019, $C = 2.34 \cdot 10^{-4}$, k_T = 0.05 V/rd/s, J = 0.002 Kg m^2, K = 1.9, R = 0.1 Ω et L = 1 mH.

b) Tracer la réponse à un échelon de la tension de commande du hacheur de 0 à 10V, avec H = 30 et τ = 400 µs. Relever la réponse en courant I, en tension U et en vitesse Ω.

5.2 Asservissement de vitesse

a) Proposer une structure pour l'asservissement en vitesse.

b) Vérifier que le courant dans l'induit ne dépasse pas 20A lors d'un échelon de la tension de commande du hacheur.

5.3 Asservissement de position

a) Identifier le comportement de l'asservissement de vitesse précédemment calculé.

b) Proposer une structure pour l'asservissement de position.

T.P. N° 6 - Systèmes en temps discret

Durée : 2h30

Ce T.P. se propose d'étudier les problèmes liés aux asservissements numériques de processus analogiques.

6.1 Système sans retard et sans correcteur

Soit le système caractérisé par la fonction de transfert $F(p) = \frac{2}{1+7p}$

Pour réaliser un correcteur numérique, il est nécessaire d'utiliser un bloqueur, c'est à dire un Convertisseur Analogique Numérique (CAN), qui sera simulé avec SIREG par un bloc Sample & Hold.

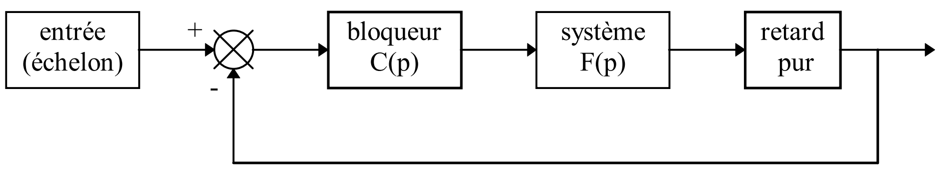
a) Rappeler la fonction de transfert $C(p)$ d'un bloqueur (avec T période d'échantillonnage).
b) Le bloqueur est relié au système. Donner la fonction de transfert en boucle ouverte $B(z)$ puis en boucle fermée $H(z)$ du nouveau système ainsi constitué.

Erreur ! Des objets ne peuvent pas être créés à partir des codes de champs de mise en forme.

c) Etablir la condition de stabilité sur T. Quelles sont les valeurs de T pour lesquelles il n'y a pas d'oscillations à chaque période autour d'une valeur limite ?
d) Tracer la réponse indicielle du système pour T=2s, T=5s, T=8s et pour les deux limites précédemment calculées. Dans chaque cas quels sont l'erreur de position et le temps de réponse ? Commenter.
e) Pour T=2s, faire varier le gain du système. Commenter.

6.2 Système avec retard

On ajoute un retard pur de constante de temps τ. Faire varier τ et étudier la réponse indicielle. Commenter.

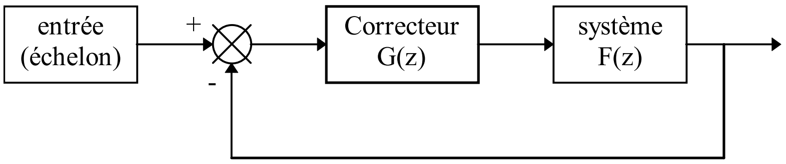


6.3 Système avec correcteur P.I.

Quel est l'intérêt du correcteur P.I. ?

Le système est corrigé par $G(z) = A + \frac{B}{z-1}$.

Pour simuler ce correcteur, utiliser le bloc $G(z)$ de SIREG. Ce bloc comprend par défaut un CAN et un CNA.



Le coefficient A est celui qui vous parait le plus adapté à la question 1e).
Faire varier B et étudier la réponse indicielle. Commenter