

METOD : Travaux Pratiques n°2

Mercredi 11 Octobre 2018

Compte rendu :

En binôme, exceptionnellement en trinôme.

Fournir une version papier de préférence.

Si version informatique fournir un fichier PDF de nom : "TP2_metod_nom1EI_nom2EI.pdf" .

Date de fourniture du compte rendu : mercredi 18 octobre (jour de l'examen).

On considère un système pour lequel on applique la méthode de synthèse d'un régulateur de type observateur retour d'état en utilisant la technique de restauration du transfert de boucle (LTR) sur les entrées.

$$G(s) = \frac{k(s+c)}{(s+a)(s+b)^2}$$

Initialement on prendra $k = 35$, $c = 5$, $a = 2$ et $b = 3$. Mais dans l'ensemble de vos script matlab, vous garderez la possibilité de modifier les valeurs numériques de ces trois paramètres.

La seule contrainte que l'on imposera à cette synthèse de loi de commande sera d'avoir une commande inférieure à 10 en valeur absolue dans les réponses indicielles (réponses à des échelons d'amplitude 1) dans l'étude du paragraphe 4.

1 Étude de la boucle ouverte

- a. Utiliser un script matlab pour définir le système sous forme transfert et sous forme d'état. Par exemple de la façon suivante :

```
clc,clear all,close all
format compact
k=35;a=2;b=3;c=5;
% définition de G
s=tf('s');
disp('---G-----');
G=35*(s+c)/(s+a)/(s+b)/(s+b)
% calcul d'une représentation d'état
disp('---A B C D pour G ---');
[A,B,C,D]=ssdata(G)
```

- b. Ce système est-il stable ?
c. Ce système est-il à minimum de phase ?

2 Étude de la boucle cible de la technique LTR sur les entrées

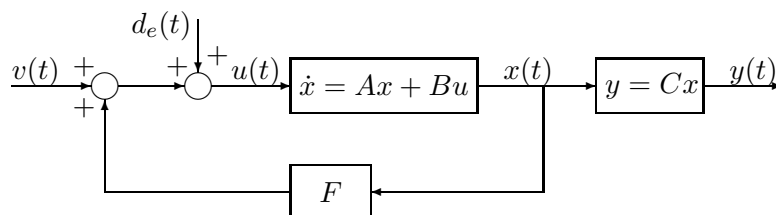


FIGURE 1 – Boucle fermée par une commande de type retour d'état statique.

- a. On choisit ici $T_{c1} = 0.1$.
- Calculer les valeurs propre de $A + BF_1$ si l'on utilise la proposition faite dans le cours pour la technique LTR sur les entrées. Faites en sorte que ce calcul soit le plus général possible : pour des pôles de boucle ouverte quelconques possiblement complexes et dont la partie réelle pourrait être positive, et pour une valeur de T_c quelconque strictement positive.
 - Calculer F_1 (utilisation de la fonction `acker`).
 - Calculer L_{c1} , S_{c1} , $K_{c1} = \frac{L_{c1}}{G}$ et T_{ubc1} (transfert entre un bruit additif en sortie et la commande). Utilisez la fonction `ss` pour définir L_{c1} .
 - Calculer les marges de stabilité (utilisation de la fonction `allmargin`).
- b. On choisit maintenant $T_{c2} = 0.05$.
- Calculer les valeurs propre de $A + BF_2$.
 - Calculer F_2 (utilisation de la fonction `acker`).
 - Calculer L_{c2} , S_{c2} , $K_{c2} = \frac{L_{c2}}{G}$ et T_{ubc2} .
 - Calculer les marges de stabilité (utilisation de la fonction `allmargin` ou de `margin`).
- c. Tracer de réponses fréquentielles et temporelles.
- Tracer le lieu de Nyquist de L_{c1} et L_{c2} (Fonction `Nyquist` et zoom autour du point -1).
L'annexe 1 (voir section 6.1) donne deux transferts qui ont pour particularité d'avoir un lieu de nyquist qui permet de visualiser le cercle de centre -1 et de rayon 1 d'une part, et le cercle de centre 0 et de rayon 1 d'autre part.
 - Tracer le diagramme de Bode-Gain de S_{c1} et S_{c2} (Fonction `bodemag`).
 - Tracer les réponses temporelles en régulation pour les deux cas (réponse indicielle : `step`).
 - Tracer le diagramme de Bode-Gain de T_{ubc1} et T_{ubc2} puis de K_{c1} et K_{c2} (`subplot`).
- Vous pourrez utiliser la fonction matlab "`screen_split`" de l'annexe 1 (voir section 6.2) pour optimiser la position des quatre figures sur votre écran.
- d. Conclusion : résumer les effets majeurs du choix de T_c .

3 Étude de la boucle complète (avec le retour d'état et l'observateur)

- a. Calcul des valeurs propres désirées de $A - K_i C$
- Calculer les valeurs propres désirées de $A - K_i C$ en fonction de T_{oi} si l'on utilise la proposition faite dans le cours pour l'étape de restauration de la technique LTR sur les entrées. Faites en sorte que ce calcul soit le plus général possible : pour des zéros de boucle ouverte quelconques, possiblement complexes et dont la partie réelle pourrait être positive, et pour une valeur de T_{oi} quelconque strictement positive.
- b. Pour les quatre valeurs de T_{oi} suivantes $\frac{T_{c1}}{3}$, $\frac{T_{c1}}{5}$, $\frac{T_{c1}}{30}$, $\frac{T_{c1}}{50}$, calculer
- K_i le gain d'observateur,
 - $Reg_i(s) = -F_1(sI - A - BF_1 + K_i C)^{-1} K_i$ le régulateur de la boucle fermée (fonction `ss`),
 - les transferts L_i , S_i et T_{ubi} ,
 - les marges de stabilité.
- c. Tracés de réponses fréquentielles et temporelles.
- Tracer sur une même figure les lieux de Nyquist de L_{c1} , L_1 , L_2 , L_3 et L_4 .
 - Tracer sur une même figure les diagrammes de Bode-Gain de S_{c1} , S_1 , S_2 , S_3 et S_4 .
 - Tracer les réponses indicielles en régulation de la boucle cible et des quatre boucles complètes.
 - Sur une même figure, tracer sur un premier système d'axe (`subplot`) le diagramme de Bode-Gain de T_{ubc1} , T_{ub1} , T_{ub2} , T_{ub3} et T_{ub4} , puis sur un deuxième système d'axe tracer ceux de $K_c(s)$, $Reg_1(s)$, $Reg_2(s)$, $Reg_3(s)$ et $Reg_4(s)$.
- d. Conclusion : résumer les effets majeurs du choix de T_o .

4 Étude de la précompensation

Dans cette partie on fixe les gains du retour d'état F et d'observateur K en prenant $T_c = 0.1$ et $T_o = T_c/3$.

a. Précompensation statique.

- Calculer le précompensateur statique qui assure le suivi nominal idéal de consigne constante (chapitre 7 du cours).
- Faites une simulation temporelle à l'aide du fichier simulink "precom_stat.mdl" (figure 3). Ce fichier est fourni sur le serveur pédagogique. Par ailleurs, le fichier "tracer.m" permettra de visualiser les résultats de cette simulation.
Le maximum de la valeur de la commande en asservissement est-il inférieur à 10? Que faut-il faire si il ne l'est pas?

b. Précompensation dynamique.

- Calculer le précompensateur dynamique ayant la structure proposée dans le chapitre 7 du cours en fixant le paramètre T_r pour que la commande initiale en asservissement soit, en valeur absolue, juste égal au maximum autorisé : 10.
- Faites des simulations temporelles à l'aide des schémas simulink "precom_dyn_1.mdl" (figure 4) et "precom_dyn_2.mdl" (figure 5). Commentez les réponses obtenues avec ces deux schémas.

5 Recherches d'exemples plus spécifiques

Proposer deux configurations (choix de paramètres a , b et c) qui permettent de tester la méthode de synthèse pour un système instable et pour un système à non minimum de phase. Illustrer par des courbes et des indicateurs le bien fondé de vos choix.

... Pour aller plus loin essayer de mettre en évidence les limites possibles dans le cas d'un système à non minimum de phase...

6 Annexe 1

6.1 Tracés de deux cercles particuliers à l'aide de lieu de Nyquist

Vous pourrez vérifier que

- le lieu de Nyquist du transfert $\frac{1}{s-1/2}$ permet de visualiser le cercle de centre -1 et de rayon 1 .
- le lieu de Nyquist du transfert $\frac{s+1/2}{s-1/2}$ permet de visualiser le cercle de centre 0 et de rayon 1 .

6.2 Le code *screen_split* fourni.

Le code "screen_split" fourni, permet de visualiser à l'écran quatre figures en optimisant la place disponible. En utilisant les cinq lignes de code suivantes,

```
[f1x f1y f3x f3y window_x window_y]=screen_split;  
figure(1),set(1,'position',[f1x f1y window_x window_y])  
figure(2),set(2,'position',[f3x f1y window_x window_y])  
figure(3),set(3,'position',[f3x f3y window_x window_y])  
figure(4),set(4,'position',[f1x f3y window_x window_y])
```

vous obtiendrez la disposition suivante à l'écran

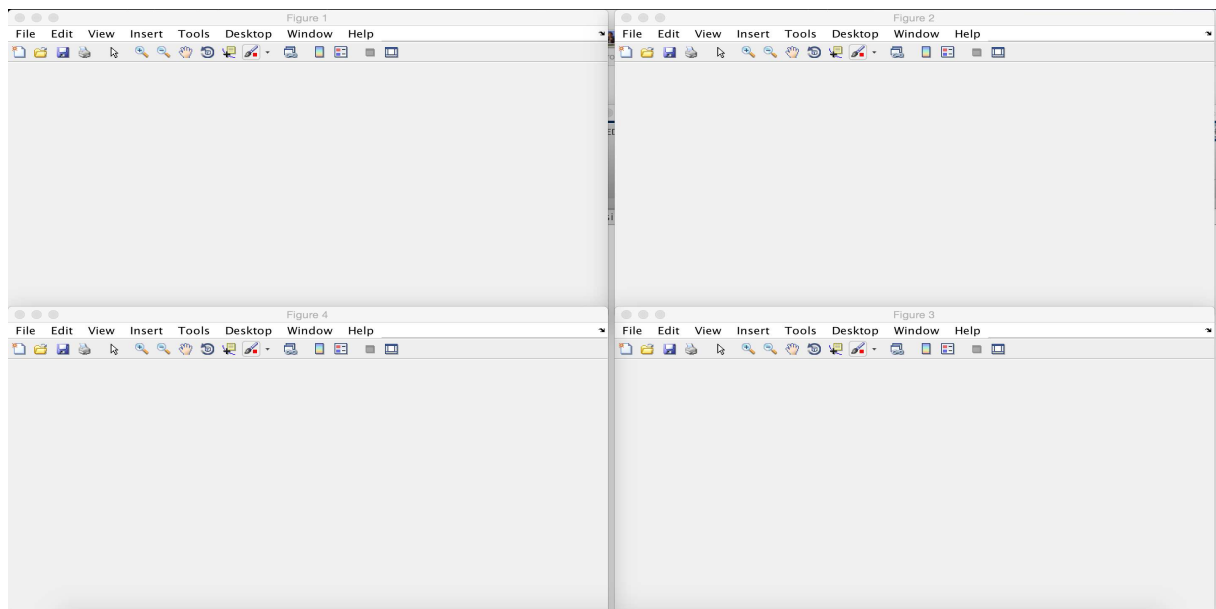


FIGURE 2 – Résultat de l'utilisation du code *screen_split*

7 Annexe 2

Schéma simulink de précompensation statique : "precom_stat.mdl"

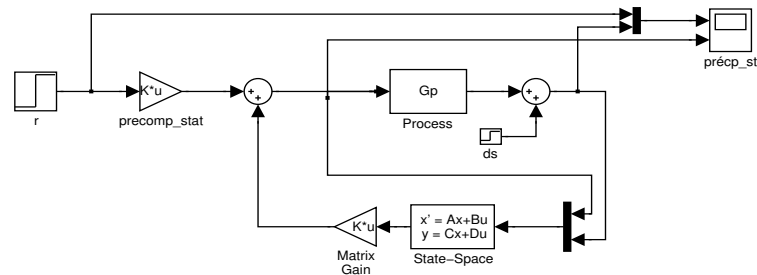


FIGURE 3 – Schéma simulink de précompensation statique

Schéma simulink de précompensation dynamique (schéma direct) : "precom_dyn_1.mdl"

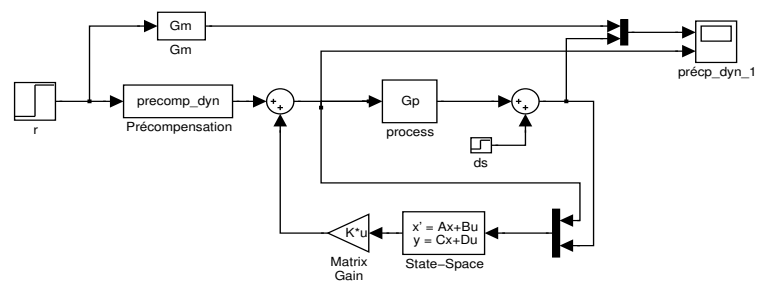


FIGURE 4 – Schéma simulink de précompensation dynamique directe

Schéma simulink de précompensation dynamique (schéma pratique) : "precom_dyn_2.mdl"

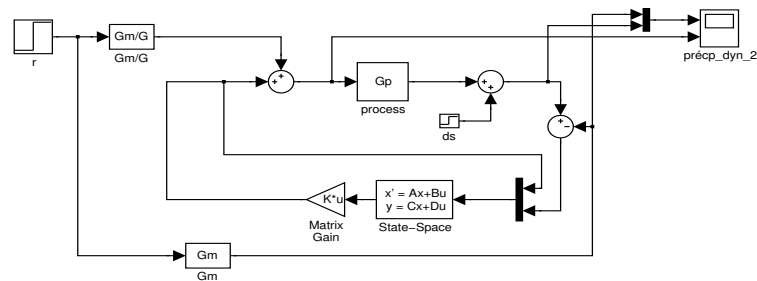


FIGURE 5 – Schéma simulink de précompensation dynamique pratique