ESISAR 5ème ANNEE D'ETUDES
Département : AUTOMATIQUE
Auteur: Damien KOENIG
Module AC 560, Synthèse H∞
http://koenig-damien.jimdo.com

TP 3 ESTIMATION DE DEFAUT(S) ET RECONFIGURATION : AC 560

L'objectif du TP est d'illustrer :

- L'estimation de défaut par synthèse d'un filtre H∞
- Suivi de consigne avec rejet des perturbations et défauts

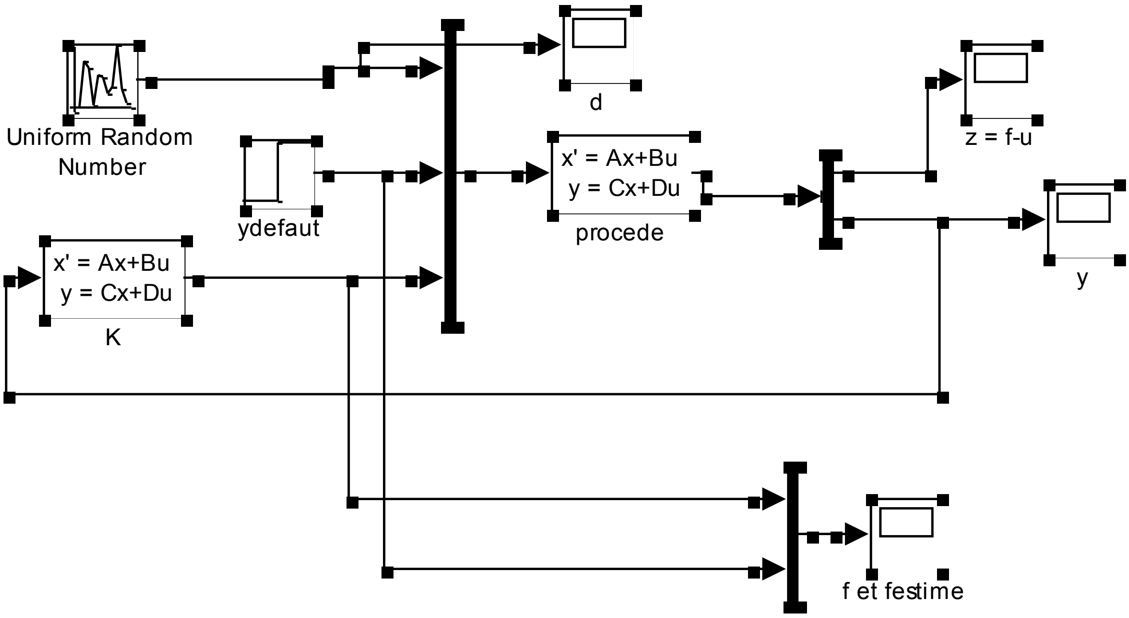
1 CAS1 (ESTIMATION DE DEFAUT)

On considère le procédé linéaire perturbé suivant :

$$\dot{x} = Ax + W_x d$$
$$y = Cx + W_y d + f$$

où $A = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -1 & -1 \end{pmatrix}$, $W_x = \begin{pmatrix} 0.1 \\ 0.2 \end{pmatrix}$, $C = \begin{pmatrix} 1 & 0 \end{pmatrix}$ et $W_y = (0.01)$.

Lequel peut présenter un défaut capteur f. Montrer par une synthèse H infini standard qu'il est possible d'estimer ce défaut et compléter le schéma de simulation suivant



Résoudre le problème selon un problème H∞ standard et tracer les fonctions de Sensibilité :

```
set(figure(1),'name','Sensibilité de f sur fest')
bode([A zeros(2,2); Bk*Cy Ak],[zeros(2,1); Bk], [Dk*Cy Ck], Dk)
title('Sensibilité de f sur fest')

set(figure(2),'name','Sensibilité de w sur fest')
bode([A zeros(2,2); Bk*Cy Ak],[Wx; Bk*Wy], [Dk*Cy Ck], Dk*Wy)
title('Sensibilité de w sur fest')
```

Cas2 : estimation de défaut et suivi de consigne

On considère le procédé linéaire perturbé suivant :

$$\dot{x} = Ax + W_x d + Bu_2$$
$$y = Cx + W_y d + f$$

où u_2 est la commande.

Montrer par une synthèse H∞ standard qu'il est possible d'estimer le défaut f et d'assurer une poursuite de la référence (laquelle sera considérée constante).

Aide pour la résolution du CAS 1

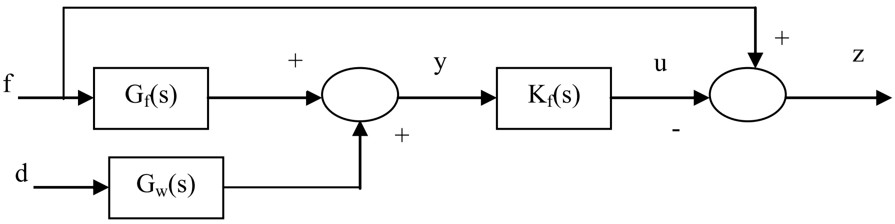
Modèle du procédé

$$\dot{x} = Ax + W_x d$$
$$y = Cx + W_y d + f$$

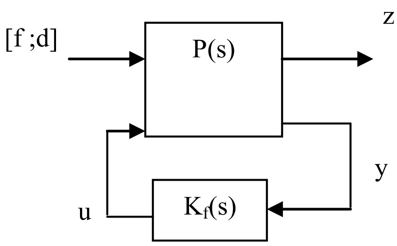
Résidu

$$z = f - \hat{f}_s = f - u$$

La synthèse peut être résumée par le schéma bloc suivant



Laquelle peut être représenté sous sa forme standard par



où P est représenté par la réalisation.

Il reste alors à appliquer une synthèse H∞ standard en établissant la réalisation P

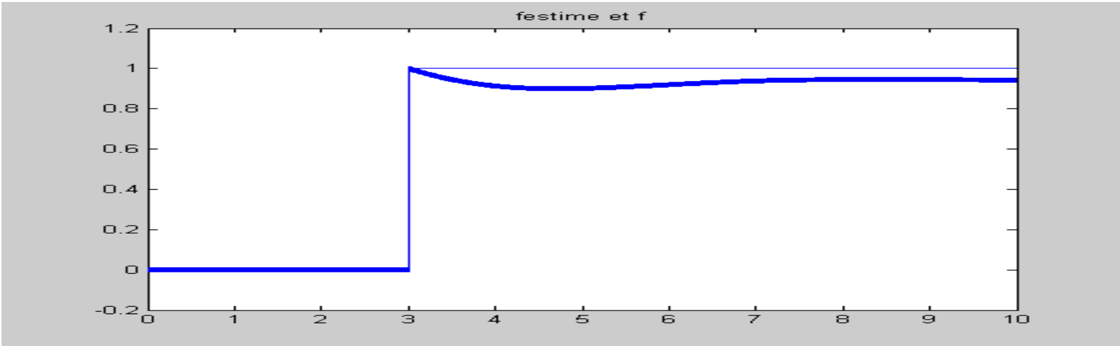
P=ltisys(A, [Bw Bu], [Cz; Cy], [Dzw Dzu; Dyw Dyu]);

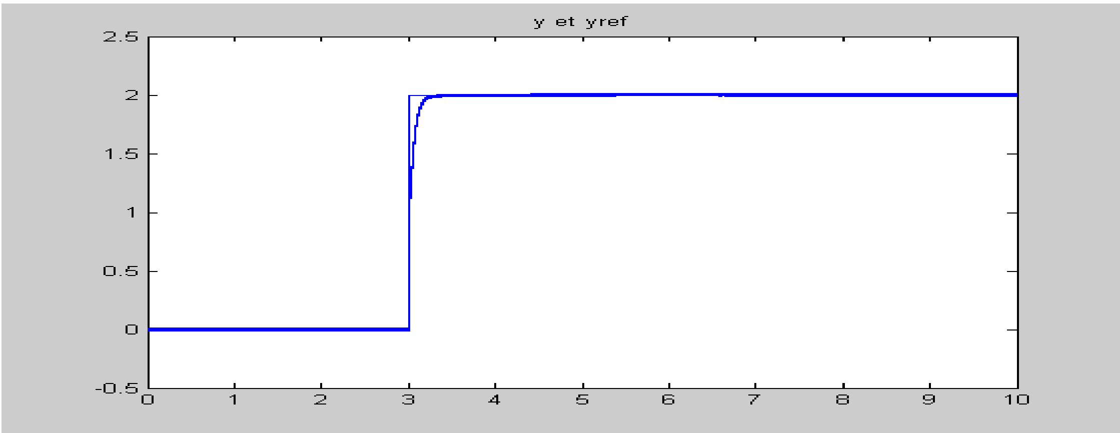
La solution du problème est donnée par résolution des 3 inégalités associées à un problème H∞ standard :

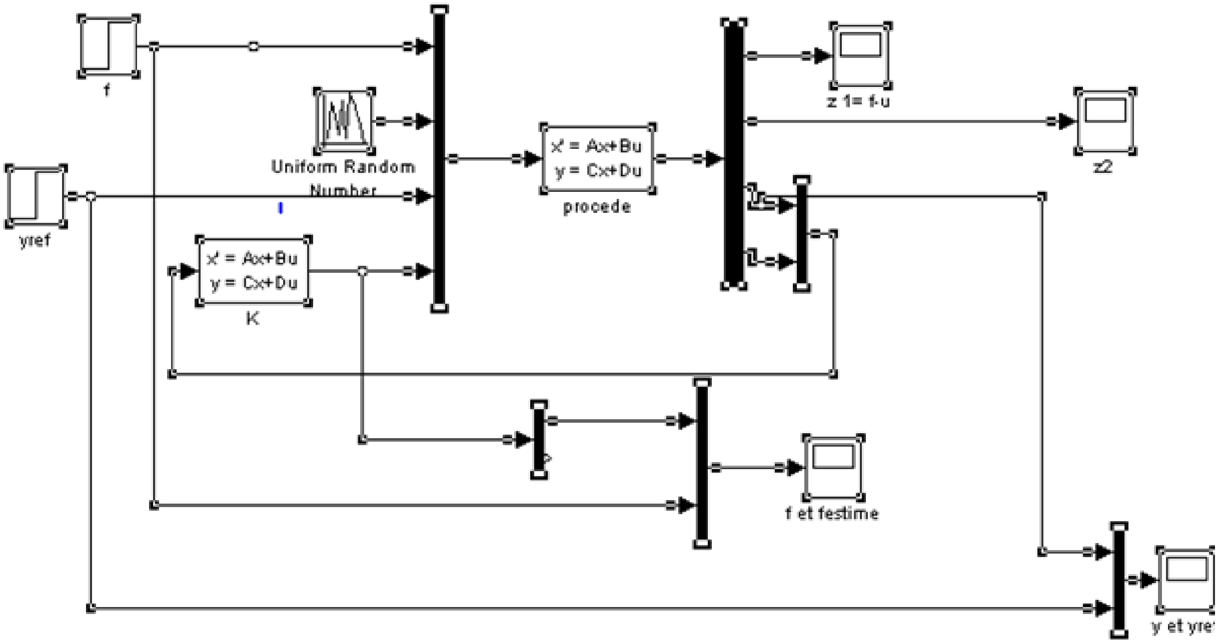
[gopt,K,X1,X2,Y1,Y2] = hinflmi(P,[? ?])

Pour le cas 2 : voir slide du cours.

Ci dessous le modèle sous simulink et les courbes d'estimation et de suivi de consigne (avec rejet)







Eléments de réponses

On pose la réalisation P :

$$P(s):\begin{cases}\dot{x} = Ax + \begin{pmatrix} W_x & 0\end{pmatrix}\begin{pmatrix} d \\ f\end{pmatrix} + 0*u \\ z = 0*x + \begin{pmatrix} 0 & 1\end{pmatrix}\begin{pmatrix} d \\ f\end{pmatrix} - u \\ y = Cx + \begin{pmatrix} W_y & 1\end{pmatrix}\begin{pmatrix} d \\ f\end{pmatrix} + 0*u\end{cases} \Longleftrightarrow \begin{cases}\dot{x} = Ax + B_w w + B_u u \\ z = C_z x + D_{zw} w + D_{zu} u \\ y = C_y x + D_{yw} w + D_{yu} u\end{cases}$$

où $w = \begin{bmatrix} f \\ d\end{bmatrix}$, $B_w = \begin{pmatrix} W_x & 0\end{pmatrix}$, B_u=0, C_z=0, D_{zw}=[0 1], D_{zu}=-1, C_y=C, D_{yw}=[Wy 1], D_{yu}=0

Sous matlab, la résolution se réduit à la rédaction des 2 relations suivantes

```
P=ltisys(A, [Bw Bu], [Cz; Cy], [Dzw Dzu; Dyw Dyu]);
[gopt,K,X1,X2,Y1,Y2] = hinflmi(P,[2 2])
```

Laquelle donne le correcteur dynamique $K_f(s)$ solution du problème, où sa réalisation est

$$\dot{x}_c = A_c x_c + B_c y$$
$$u = C_c x_c + D_c y$$

⇔

$$\dot{x}_c = A_c x_c + B_c y = A_c x_k + B_c C_y x + B_c \begin{pmatrix} W_y & 1\end{pmatrix}\begin{pmatrix} w \\ f_s\end{pmatrix}$$

$$u = C_c x_c + D_c C_y x + D_k \begin{pmatrix} W_y & 1\end{pmatrix}\begin{pmatrix} w \\ f_s\end{pmatrix}$$

Soit le système augmenté

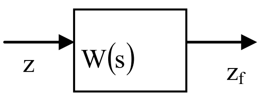
$$\begin{pmatrix} \dot{x} \\ \dot{x}_k\end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A & 0 \\ B_c C_y & A_c\end{pmatrix}\begin{pmatrix} x \\ x_k\end{pmatrix} + \begin{pmatrix} W_x \\ B_c W_y\end{pmatrix} w + \begin{pmatrix} 0 \\ B_c\end{pmatrix} f_s$$
$$\hat{f} = u = \begin{pmatrix} D_c C_y & C_c\end{pmatrix} x + D_c W_y w + D_c f_s$$

et les fonctions de sensibilité

```
set(figure(1),'name','Sensibilité de f sur fest')
bode([A zeros(2,2); Bk*Cy Ak],[zeros(2,1); Bk], [Dk*Cy Ck], Dk)
title('Sensibilité de f sur fest')

set(figure(2),'name','Sensibilité de w sur fest')
bode([A zeros(2,2); Bk*Cy Ak],[Wx; Bk*Wy], [Dk*Cy Ck], Dk*Wy)
title('Sensibilité de w sur fest')
```

Extension de l'approche : on désire filtrer la sortie z par un filtre passe bas W^{-1}où la nouvelle sortie de régulation est zf avec pour transfert $\frac{z_f}{z} = W(s) = \left[\frac{(p+50)}{10(p+5)}\right]^{-1}$



Soit un transfert Hinfini $\left\|\frac{z_f}{w}\right\|_\infty = \|PW\|_\infty =< \gamma \Leftrightarrow \left\|\frac{z}{w}\right\|_\infty = \|P\|_\infty < \frac{|\gamma| = 1}{|W|}$

Résolution CAS 2;

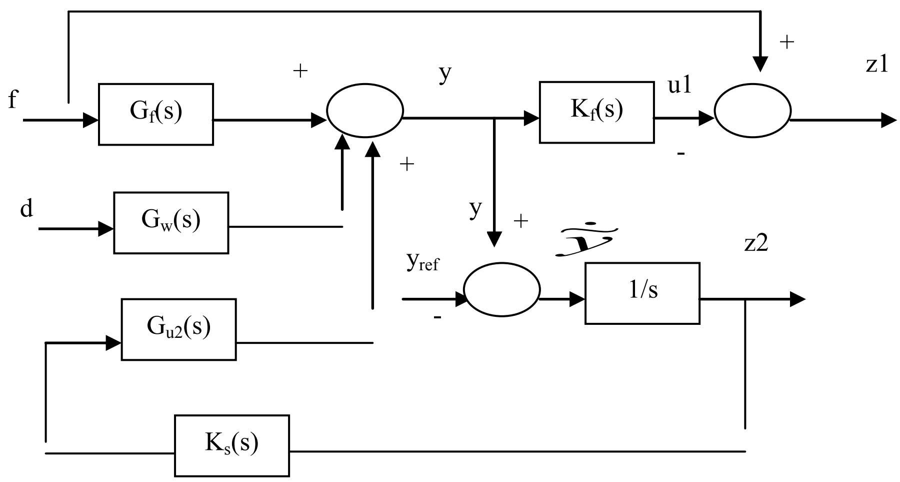
Modèle du procédé

$$\dot{x} = Ax + W_x d + Bu_2$$
$$y = Cx + W_y d + f$$

résidu

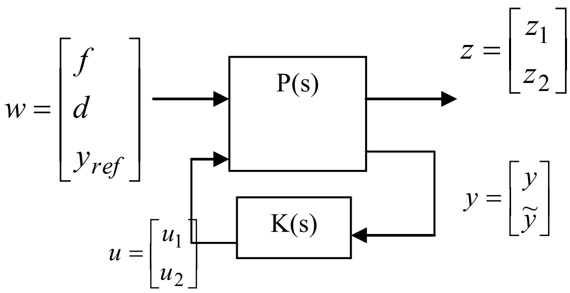
$$z = \begin{bmatrix} z_1 \\ z_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f - u_1 \\ \tilde{y}(t) = \int_0^t (y(v) - y_{ref})dv \end{bmatrix}$$

La synthèse peut être résumé par le schéma bloc suivant



u2

Laquelle peut être représenté sous sa forme standard par



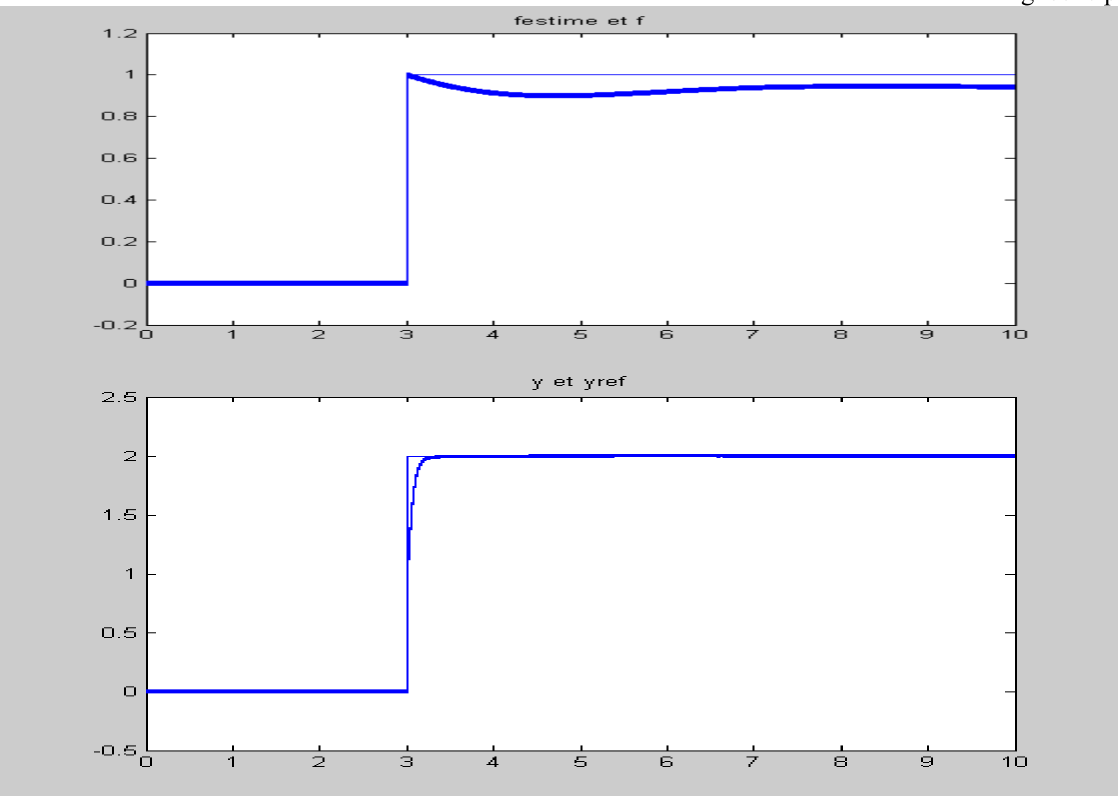
où P est représenté par la réalisation

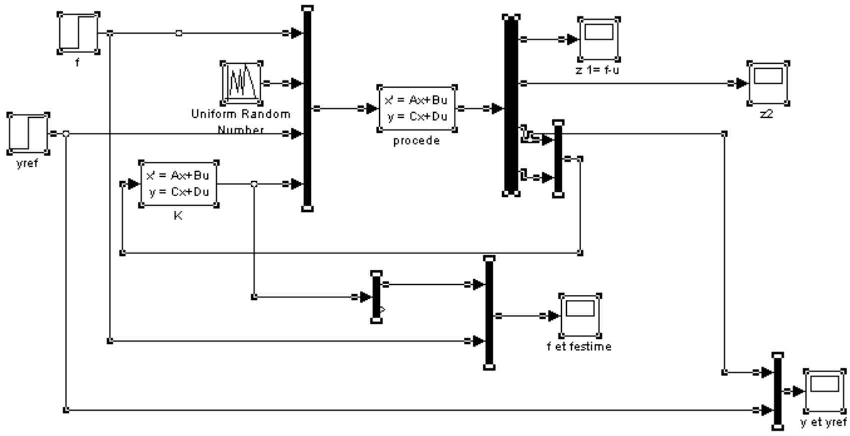
$$P(s)\begin{cases} \dot{x}_a = A_a x_a + B_w w + B_u u \\ z = C_z x + D_{zw} w + D_{zu} u \\ y = C_y x + D_{yw} w + D_{yu} u \end{cases}$$

où

```
Aa=[A zeros(2,1); C 0];
Bu=[zeros(n,1) B; 0 0];
Bw=[zeros(n,1) Wx zeros(n,1); 1 Wy -1]
Cz=[0 0 0; 0 0 1];
Dzw=[1 0 0; 0 0 0];
Dzu=[-1 0; 0 0];
Cy=[C 0;0 0 1];
Dyw=[1 Wy 0; 0 0 0];
Dyu=zeros(2,2);
P=ltisys(Aa, [Bw Bu], [Cz; Cy], [Dzw Dzu; Dyw Dyu]);
[gopt,K] = hinflmi(P,[2 2]);
%deux sorties de regulation z1=f-fest et z2=integrale(y-yref)dt, deux commandes
%u1=festime et u2
%le gama obtenu avec l'integrateur est égal à 0.34 donc l'estimer et le
[Ak,Bk,Ck,Dk]=ltiss(K);
```

Ci dessous le modèle sous simulink et les courbes d'estimation et de suivi de consigne (avec rejet)


festime et f
y et yref


f
Uniform Random Number
yref
x' = Ax+Bu
y = Cx+Du
procede
K
z 1= f-u
z2
f et festime
y et yref