Identification et Filtrage (IDFIL)
Travaux Pratiques n° 2

HOUSSEYNE NADOUR

Master ARIA, ASI

Sous direction de l'ensignant
SAÏD MOUSSAOUI

31 décembre 2017

Résumé

L'objective de ce TP est de mettre en pratique, les différents techniques de l'identification, et comparer entre ces méthodes, les modèles á modéliser sont des modèles á temps continue et des modèles á temps discret, ARX, ARMAX, Variable instrumentale..., Ce travaille est composé de trois parties, dans chaque partie on analyse ces différent types de méthodes.

TABLE DES MATIÈRES

I. IDENTIFICATION D'UN PROCESSUS SIMULÉ :

Le systém á identifier est un systeme discret (ou échantillonné), et le modéle est de la forme ARMAX.

i. Fonction Matlab (simulsyst) qui permet de simuler le système

Les polynomes de ce modele ARMAX sont :

$$A = [1 - 2.351.88 - 0.51]$$

$$B = [0 - 0.020.020.02]$$

$$C = [1 - 1.660.83 - 1.32]$$

$F = 1$ et $D = 1$
Le code script pour la fonction simulsyst est le suivant :

Listing 1 – *Le script de la fonction (simulsyst) qui permet de simuler le système*

```
function [data , ModelExact] =
    simulsyst(N,Te,a,b,sigma,
    perturbation)

A= [1 -2.35 1.88 -0.51];
B = [0 -0.02 0.02 0.02];
C = [1 -1.66 0.83 -1.32];
D = 1 ;
F = 1 ;
ModelExact = idpoly(A,B,C,D,F,sigma,Te)
    ;

% sequence binaire pseudo-aleatoire
U = a*idinput(N,'RBS',[0 1/b]);

options = simOptions('AddNoise',
    perturbation);
Y = sim(ModelExact, U, options);
data  = iddata( Y,U,Te) ;

end
```

ii. Simulation du système

Le script Matlab pour la simulation :

Listing 2 – *Le script pour simuler le système en utilisant la fonction (simulsyst)*

```
%% 2) simulation de la process:
N = 1000; Te = 0.02 ; a=5; b=4; sigma =
     0.4;
perturbation = true;
[data, modex] = simulsyst(N,Te,a,b,
    sigma,perturbation);
plot(data);

%le degre de persistance:
Ped = pexcit(data);
```

Le résultat de la simulation :

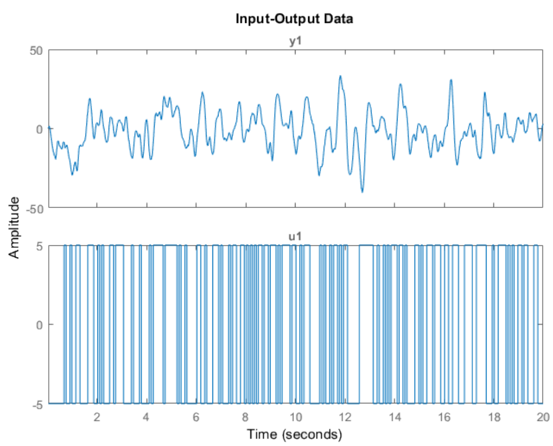


FIGURE 1 – *la simulation du système*

Le script suivant est pour analyser la réponse fréquentielle du système, le SBPA, et la sortie :

Listing 3 – *Le script pour analyser le système et les entrées et les sorties*

```
% La reponse frequentielle du systeme:
figure(2)
margin(d2c(modex,'tustin'));

% Le spectre du SBPA :
figure(3)
fe =1/Te;
ffc = (0:length(data.u)-1)*(fe/length(
    data.u));
fft_u = fft(data.u);
plot(ffc, abs(fft_u/length(data.u)));
% Autocorrelation du SBPA:
[Ruu, Tau] = xcorr(data.u,'unbiased');
plot(Tau,Ruu);
% Le spectre de la sortie:
figure(4)
ffc = fe*(0:length(data.y)-1)/length(
    data.y);
fft_y = fft(data.y);
plot(ffc, abs(fft_y/length(data.y)));
```

ii.1 degré de persistance

Le degré de persistance du signale d'entrée (SBPA) est 50, que signifie que ce signale est riche en fréquences (au moins 50 fréquences distinctes), et ça nous permet d'identifier le système avec une grande précision parce que le signale permet d'obtenir un modèle avec 50 paramètres si on veut augmenter la précision.

ii.2 La réponse fréquentielle du système :

La simulation du script en dessus, nous permet d'obtenir le résultat suivant :

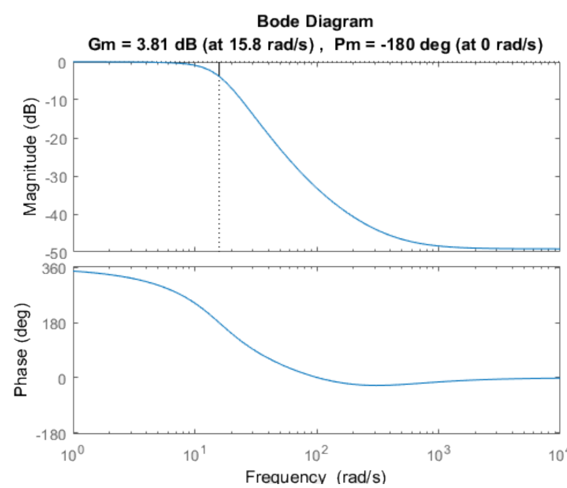


FIGURE 2 – *la réponse fréquentielle du système*

Remarque :
Le système ressemble á un filtre Passe Bas, avec une fréquence de coupure 15.8.

ii.3 Le spectre du signale d'entrée SBPA :

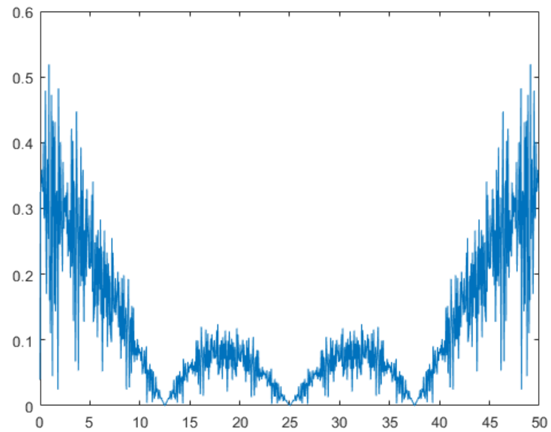


FIGURE 3 – *le spectre du SBPA*

Remarque :
Le signale est riche en fréquences et contient toutes les fréquences du système (la bande passante du système).

ii.4 Le spectre du signale de sortie :

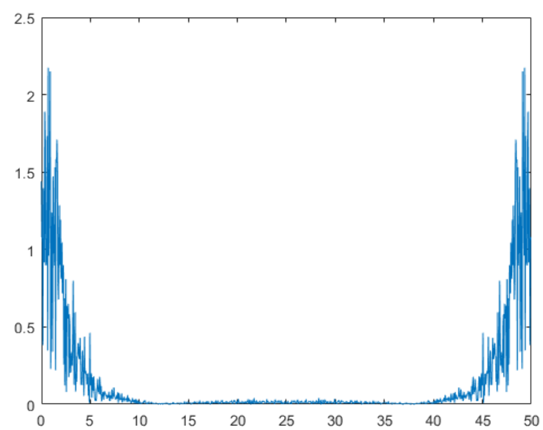


FIGURE 4 – *le spectre du signale de sortie*

Remarque :
La réponse fréquentielle du système explique bien ce résultat, en effet on voie que toutes les fréquence supérieur á 15 Hz sont rejeté, c'est l'effet que le système est un filtre passe bas á 15 Hz de fréquence de coupure.

Le degré de persistance du signale d'entrée (qui est 50), et le graph du spectre nous ont montré que le signale SBPA a été bien choisi pour exciter toutes les fréquences du système afin d'avoir une précision élevée du modèle identifié.

iii. Identification du système

On utilise plusieurs méthodes, et pour chaque méthode on utilise un algorithme qui cherche les ordres de modèle pour lesquels le FPE du système est optimal (le code qui est utilisé dans le TD pour cherché un FPE optimal).

iii.1 Moindres carrés ordinaires

Le système maintenant est considéré comme ARX, et on a supposé qu'il n'y pas de bruit (malgré que le bruit exit sur le système á identifier).

Listing 4 – *Le script Identifier le système par la méthode moindre carré*

```
%% A) Moindre carre:
disp('Moindre carre:');
na=1:5 ; nb=1:5; nk = 1;
order = struc(na,nb,nk);
Modcc = cell(size(order,1),1);
for ct = 1:size(order,1)
Modcc{ct} = arx(data, order(ct,:));
end
V = fpe(Modcc{:});
[Vmin, order_min] = min(V)
orderes= order(order_min,:)
modcc = arx(data, order(order_min,:))
```

La simulation nous donne le résultat suivants :

```
modcc =
Discrete-time ARX model:  A(z)y(t) = B(z)u(t) + e(t)

 A(z) = 1 - 1.666 z^-1 + 0.1619 z^-2 + 0.9241 z^-3 - 0.2878 z^-4 - 0.1015 z^-5

  B(z) = -0.01241 z^-1 + 0.01136 z^-2 + 0.02675 z^-3

Sample time: 0.02 seconds

Parameterization:
   Polynomial orders:   na=5   nb=3   nk=1
   Number of free coefficients: 8
   Use "polydata", "getpvec", "getcov" for parameters and their uncertainties.

Status:
Estimated using ARX on time domain data "data".
Fit to estimation data: 89.19% (prediction focus)
FPE: 1.349, MSE: 1.315
```

FIGURE 5 – *le modèle trouvé par le moindre carré*

Remarque : Le degré pour lequel le FPE est optimale est : $na = 5$, $nb = 3$,et $nk = 1$.

iii.2 Variable instrumentale á quatre étages

Le système maintenant est considéré comme ARX, mais en consédirant que le bruit cette fois ci. La méthode IV ajoute une variable instrumentale pour rejeter l'effet du bruit du système sur l'identification.

Listing 5 – *Le script Identifier le système par la méthode de Variable instrumentale*

```
%% B)Variabale instrumentale:
disp('Variabale instrumentale:');
na=1:5 ; nb=1:5; nk = 1;
order = struc(na,nb,nk);
Modiv4= cell(size(order,1),1);
for ct = 1:size(order,1)
Modiv4{ct} = iv4(data, order(ct,:));
end
V = fpe(Modiv4{:});
[Vmin, order_min] = min(V)
orderes= order(order_min,:)
modiv4= iv4(data, order(order_min,:))
```

La simulation nous donne le résultat suivants :

```
modiv4 =
Discrete-time ARX model:  A(z)y(t) = B(z)u(t) + e(t)
  A(z) = 1 - 1.807 z^-1 + 0.8598 z^-2

  B(z) = -0.02884 z^-1 + 0.02535 z^-2 + 0.006738 z^-3 + 0.02976 z^-4

Sample time: 0.02 seconds

Parameterization:
   Polynomial orders:   na=2   nb=4   nk=1
   Number of free coefficients: 6
   Use "polydata", "getpvec", "getcov" for parameters and their uncer

Status:
Estimated using IV4 on time domain data "data".
Fit to estimation data: 88.57% (prediction focus)
FPE: 1.619, MSE: 1.6
```

FIGURE 6 – *le modèle trouvé par la Variable instrumentale*

Remarque : Le degré pour lequel le FPE est optimale est : $na = 2$, $nb = 4$,et $nk = 1$.

iii.3 Maximum de vraisemblance

Le système maintenant est considéré comme ARMAX, et cette méthode va prendre en condédiraiton l'effet du bruit.

Listing 6 – *Le script Identifier le système par la méthode Maximum de vraisemblance*

```
%% C) Maximum de vraisemnlance

disp('Maximum de vraisemnlance');
na=1:5 ; nb=2:5; nc=2:5; nk = 1;
order = struc(na,nb,nc,nk);
Modmv= cell(size(order,1),1);
for ct = 1:size(order,1)
```

```
Modmv{ct} = armax(data, order(ct,:));
end
V = fpe(Modmv{:});
[Vmin, order_min] = min(V)
orderes= order(order_min,:)
modmv= armax(data, order(order_min,:))
```

La simulation nous donne le résultat suivants :

```
modmv =
Discrete-time ARMAX model:  A(z)y(t) = B(z)u(t) + C(z)e(t)
  A(z) = 1 - 1.149 z^-1 + 0.0105 z^-2 - 0.3846 z^-3 + 1.004 z^-4 - 0.4106 z^-5


  B(z) = -0.02474 z^-1 + 0.001213 z^-2 + 0.02235 z^-3 + 0.04297 z^-4 + 0.0254 z^-5

  C(z) = 1 + 0.6037 z^-1 + 1.081 z^-2 - 0.01634 z^-3 + 0.205 z^-4 - 0.41 z^-5

Sample time: 0.02 seconds

Parameterization:
   Polynomial orders:   na=5   nb=5   nc=5   nk=1
   Number of free coefficients: 15
   Use "polydata", "getpvec", "getcov" for parameters and their uncertainties.

Status:
Estimated using ARMAX on time domain data "data".
Fit to estimation data: 91.14% (prediction focus)
FPE: 0.9904, MSE: 0.9612
```

FIGURE 7 – *le modèle trouvé par Maximum de vraisemblance*

Remarque : Le degré pour lequel le FPE est otimale est : $nb = 5$, $nb = 5$,et $nk = 1$.

Changement de paramètres pour améliorer l'identification :

On utiliser ce scripte :

Listing 7 – *Le script pour le changement de paramètres pour améliorer l'identification*

```
% changer les parametres de ARMAX.
opt = armaxOptions;
opt.Focus = 'simulation';
opt.SearchOption.MaxIter = 100;
opt.Display = 'off';
opt.SearchOption.Tolerance = 1e-10;
disp('gn');
opt.SearchMethod = 'gn';
modmv= armax(data, [3 3 3 1],opt)
disp('lm');
opt.SearchMethod = 'lm';
modmv= armax(data, [3 3 3 1],opt)
disp('gna');
opt.SearchMethod = 'gna';
modmv= armax(data, [3 3 3 1],opt)
disp('grad');
opt.SearchMethod = 'grad';
modmv= armax(data, [3 3 3 1],opt)
disp('lsqnonlin');
opt.SearchMethod = 'lsqnonlin';
modmv= armax(data, [3 3 3 1],opt)
disp('auto');
opt.SearchMethod = 'auto';
modmv= armax(data, [3 3 3 1],opt)
```

Remarque : Les résultats de simulation sont toujours les mêmes sauf pour l'option 'grad', qui donne des résultats non désirés.

iii.4 Méthode d'erreur de sortie

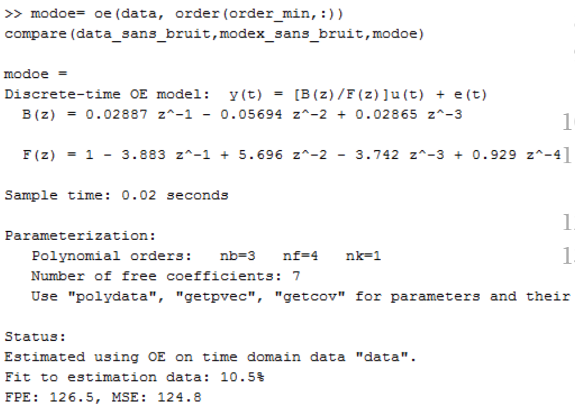
Le script utilisé :

Listing 8 – *Le script Identifier le système par la méthode Méthode d'erreur de sortie*

```
%% D) Erreure de sortie :

disp('Erreure de sortie');
nb=2:5 ; nf=2:5;nk = 1;
order = struc(nb, nf ,nk);
Modoe= cell(size(order,1),1);
% les options de oe:
opt = oeOptions;
opt.SearchOption.MaxIter = 100;
opt.SearchOption.Tolerance = 1e-10;
opt.SearchMethod = 'lm';
% calcul:
for ct = 1:size(order,1)
Modoe{ct} = oe(data, order(ct,:));
end
V = fpe(Modoe{:});
[Vmin, order_min] = min(V);
orderes= order(order_min,:);
modoe= oe(data, order(order_min,:))
compare(data,modex , modoe)
```

La simulation nous donne le résultat suivants :



```
>> modoe= oe(data, order(order_min,:))
compare(data_sans_bruit,modex_sans_bruit,modoe)

modoe =
Discrete-time OE model:  y(t) = [B(z)/F(z)]u(t) + e(t)
  B(z) = 0.02887 z^-1 - 0.05694 z^-2 + 0.02865 z^-3

  F(z) = 1 - 3.883 z^-1 + 5.696 z^-2 - 3.742 z^-3 + 0.929 z^-4

Sample time: 0.02 seconds

Parameterization:
   Polynomial orders:   nb=3   nf=4   nk=1
   Number of free coefficients: 7
   Use "polydata", "getpvec", "getcov" for parameters and their

Status:
Estimated using OE on time domain data "data".
Fit to estimation data: 10.5%
FPE: 126.5, MSE: 124.8
```

FIGURE 8 – *le modèle trouvé par Méthode d'erreur de sortie*

iv. La fonction validation(modex,modid)

Le script de cette fonction :

Listing 9 – *Le script de la fonction validation(modex,modid)*

```
function validation(data, data_no_perturbation,modid, figureNumber)
present(modid);
figure(figureNumber);
subplot(2,1,1);
compare(data_no_perturbation,modid);
subplot(2,1,2);
resid(data,modid);
end
```

Le script suivant est pour comparer le modeles en utilisant la fonction 'validation' :

Listing 10 – *Le script de la fonction validation(modex,modid)*

```
%% 4)validation par la  fonction validation(data,modid):
clc;
perturbation = false;
[data_no_perturbation, modex_no_perturbation] = simulsyst(N,Te,a,b,sigma,perturbation);
validation(data, data_no_perturbation, modex_no_perturbation,5);
disp('Moindre Carre');
validation(data, data_no_perturbation, modcc,6);
disp('Variabale instrumentale');
validation(data,data_no_perturbation, modiv4,7);
disp('Maximum de vraisemnlance');
validation(data,data_no_perturbation, modmv,8);
disp('Erreure de sortie');
validation(data,data_no_perturbation, modoe,9);
```

La simulation donne les résultats suivants :

v. Moindre carré

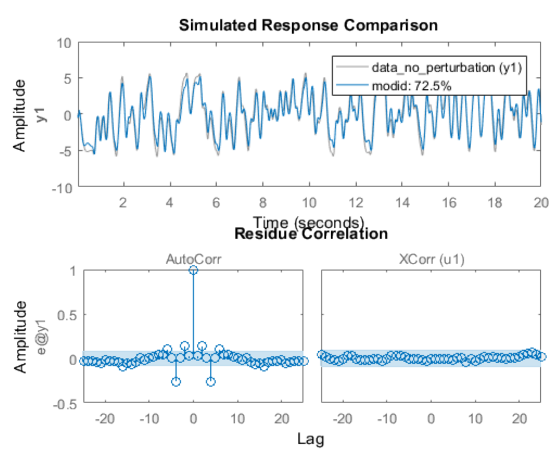


FIGURE 9 – *le modèle trouvé par Méthode d'erreur de sortie*

vi. Méthode de variable instrumentale

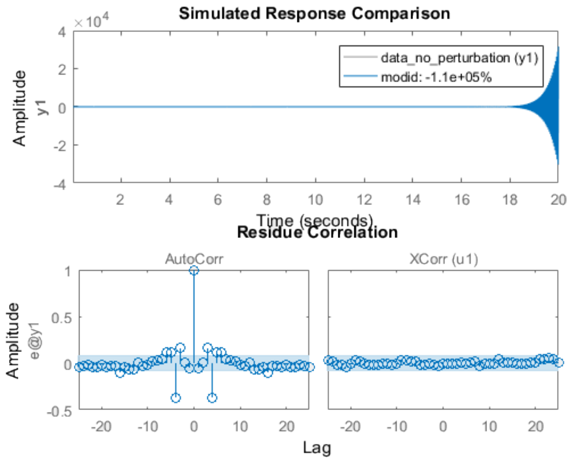


FIGURE 10 – *le modèle trouvé par Méthode d'erreur de sortie*

vii. Méthode de maximum vraisemblance

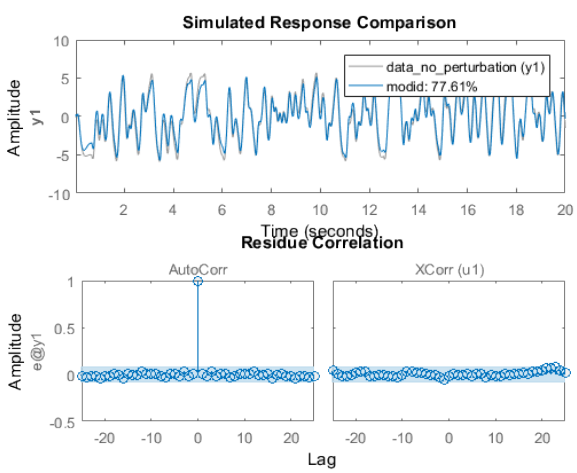


FIGURE 11 – *le modèle trouvé par Méthode d'erreur de sortie*

viii. Méthode de l'erreur de sortie

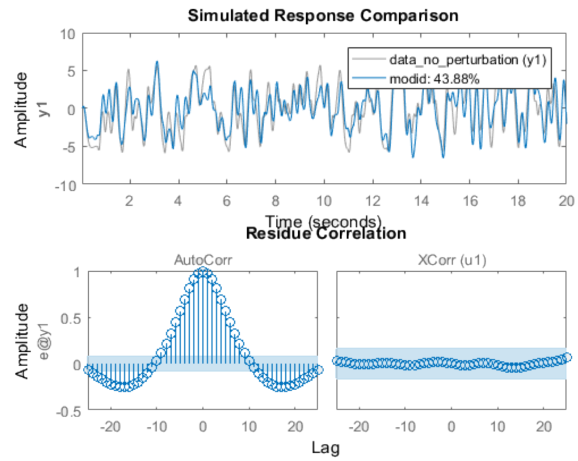


FIGURE 12 – *le modèle trouvé par Méthode d'erreur de sortie*

ix. La fonction analyse(modex,modid)

Le script de cette fonction :

Listing 11 – *Le script de la fonction analyse(modex,modid)*

```
%% Do the experiment:
load('tergane20.mat')

%% Creat an object of data:
Te = 1/1000;
data = iddata(z,yc,Te);
plot(data);
```

II. Identification d'une maquette d'asservissement de position

i. Modélisation du processus

i.1 La fonction de transfert entre Z et la consigne

Pour cela, on calcul la fonction de transfert entre Y et la consigne. La fonction de transfert entre Y et U en boucle ouverte :

$$G_0(s) = \frac{Y(s)}{U(s)}$$

En boucle fermée la fonction de transfert entre Y et la consigne est :

$$\frac{Y}{Y_c} = \frac{G_0.P}{1+G_0.P}$$

Par contre :

$$\frac{Z}{Y} = \frac{\frac{Z}{U}}{\frac{Y}{U}} = \frac{K_z.s}{K_y}$$

En on déduit que :

$$Z = \frac{K_z.s}{K_y}.Y = \frac{K_z.s}{K_y}.\frac{G_0.P}{1+G_0.P}.Y_c$$

Il résulte que :

$$\frac{Z(s)}{Y_c(s)} = \frac{K_z.P.s}{s.(1+T_1.s).(1+T_2.s)+K_y.P}$$

Où bien :

$$\frac{Z(s)}{Y_c(s)} = \frac{K_z.P.s}{T_1.T_2.s^3+(T_1+T_2).s^2+s+K_y.P}$$

$$\frac{Z(s)}{Y_c(s)} = \frac{b_1.s+b_0}{a_3.s^3+a_2.s^2+a_1.s+a_0}$$

telle que :

$$b_0 = 0$$
$$b_1 = K_z.P$$
$$a_0 = K_y.P$$
$$a_1 = 1$$
$$a_2 = T_1+T_2$$
$$a_3 = T_1.T_2$$

i.2 La forme de la fonction de transfert discréte entre Z et la consigne

Si on utilise la transformation bilinéaire :

$$s = \frac{2}{T_e}\frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}}$$

On obtient une fonction dont la forme est

$$F(z) = \frac{b_1.\frac{2}{T_e}\frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}}}{a_3.(\frac{2}{T_e}\frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}})^3+a_2.(\frac{2}{T_e}\frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}})^2+a_1.(\frac{2}{T_e}\frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}})+a_0}$$

En multipliant le numérateur et dénominateur par $(1+z^{-1})^3$ on obtient un fonction dont les degrés de numérateur et dénominateur égalent á 3 :

$$F_z = \frac{\beta_0+\beta_1.z^{-1}+\beta_2.z^{-2}+\beta_3.z^{-3}}{\alpha_0+\alpha_1.z^{-1}+\alpha_2.z^{-2}+\alpha_3.z^{-3}}$$

i.3 Identification du processus

i.4 Les paramètres de la fonction de transfert

On a montré que :

$$\frac{Z(s)}{Y_c(s)} = \frac{b_1.s+b_0}{a_3.s^3+a_2.s^2+a_1.s+a_0}$$

telle que :

$$b_0 = 0$$
$$b_1 = K_z.P$$
$$a_0 = K_y.P$$
$$a_1 = 1$$
$$a_2 = T_1+T_2$$
$$a_3 = T_1.T_2$$

i.5 Identification en utilisant la fonction de transfert discrète

si on suppose qu'on utilise un bloqueur d'ordre 0 alors :

$$F_z = \frac{Z(z)}{Y_c(z)} = ((1-z^{-1})TZ(\frac{Z(s)}{Y_c(s).s})$$

La fréquence d'échantillonnage est de $1kHz$, que signifie que la période est $Te = \frac{1}{1000}$; Le script suivant est pour charger les données de l'expérimentation dans un objet de 'data' :

Listing 12 – *Le script pour charger et simuler les données de l'expérimentation*

```
%% Do the experiment:
load('tergane20.mat')

%% Creat an object of data:
Te = 1/1000;
data = iddata(z,yc,Te);
plot(data);
```

La simulation donne :

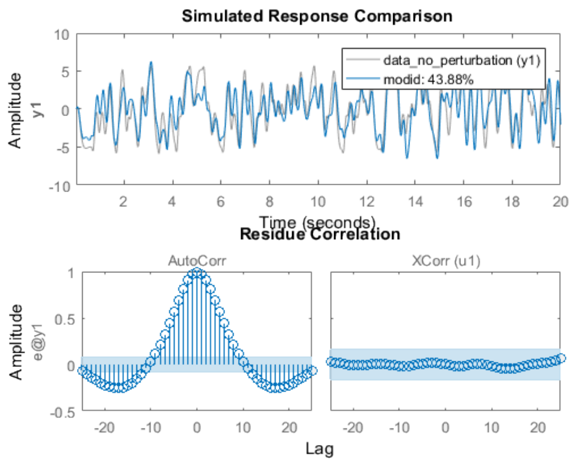


FIGURE 13 – *Simulation les donnée de l'expérience*

L'entrée est un signale carrée périodique.

Le script suivant est pour utiliser la méthode de l'erreur de sortie pour identifier le système :

Listing 13 – *Le script pour identifier le système*

```
%% Identification:
nb=3 ; nf=3; nk = 0;
modoe = tf(oe(data, [nb nf nk]));
Fs = tf(d2c(modoe,'zoh'));
```

Le résultat de compilation donne :

$$F(s) = \frac{-0.01831s^3 - 17.44s^2 + 1.498e04s + 1536}{s^3 + 605.7s^2 + 3.684e04s + 2.818e06}$$

On remarque que dans le numérateur, les termes multipliés par s^3,s^2, et s^0 sont trais négligeable par rapport á celui multiplié par s, donc on peut prendre :

$$F(s) = \frac{1.498e04s}{s^3 + 605.7s^2 + 3.684e04s + 2.818e06}$$

en devisant le numérateur et le dénomératuer par $3.684e04$ on obitient :

$$F(s) = \frac{0.4066s}{2.714e-05s^3 + 0.01644s^2 + s + 76.49}$$

D'où

$$b_1 = K_z.P = 0.4066$$

$$a_0 = K_y.P = 76.49$$

$$a_1 = 1$$

$$a_2 = T_1 + T_2 = 0.01644$$

$$a_3 = T_1.T_2 = 2.714e-05$$

On en déduit que :

$$K_z = b1/P = 0.1402$$

$$K_y = a0/P = 26.3769$$

$$T_1 = (a2 + \sqrt{a2^2 - 4 * a3})/2 = 0.0146$$

$$T_2 = a2 - T1 = 0.0019$$

Le script suivant est pour calculer F(s) et la valider :

Listing 14 – *Le script pour calculer F(s) et la simuler*

```
%% aproximation:
aa =  3.684e04;
b0 = 1536/aa;
b1 = 1.498e04/aa;
a0 = 2.818e06/aa;
a1=1;
a2 = 605.7/aa;
a3 = 1/aa;
F= tf([b1 b0*0],[a3 a2 a1 a0])

%Validation:
figure(2);
compare(data,modoe, F);
% Les parametres:
P= 2.90
Kz = b1 / P
Ky = a0/P
T1 = (a2+sqrt(a2^2-4*a3))/2
T2 = a2-T1
compare(data,modoe,Fs);
```

i.6 Validation

si on compare la la fonction $F(s)$ avec les données de l'expérimentation on trouve un $FIT = 90.21\%$, comme la figure montre :

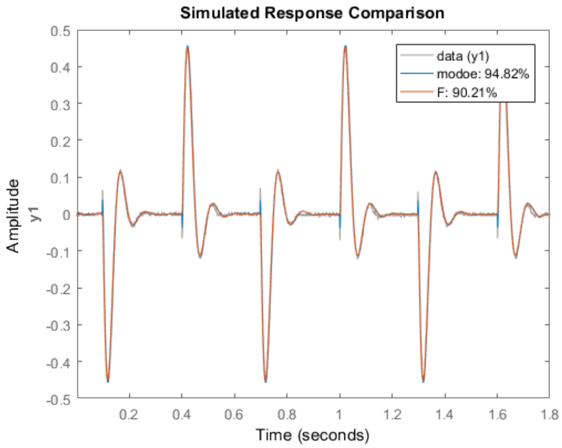


FIGURE 14 – *Comparaison*

Remarque L'identification est assez précise que le $FIT = 90.21\%$

ii. Identification direct en utilisant

Le script pour identifier directement le systeme :

```
%% Using the methode of identc:
F_identc=identc(data,[3 1 0], [3 1 0],'
    gpmfn', 100, 'final');
% B(s) = 7524 s + 228.2
% F(s) = s^3 + 312 s^2 + 2.068e04 s +
    1.383e06
aa_=2.068e04;
b0_ = 228.2/aa_;
b1_ = 7524/aa_;
a3_ = 1/aa_; a2_ = 312 /aa_; a1_ = 1;
    a0_ = 1.383e06/aa_;
F_ = tf([b1_ b0_*0],[a3_ a2_ a1_ a0_])
% Validation:
figure(3);
compare(data,F_identc,F_);
```

De la même façon on trouve que :

$$F(s) = \frac{7524s + 228.2}{s^3 + 312s^2 + 2.068e04s + 1.383e06}$$

$$\simeq \frac{0.3638s}{4.836e-05s^3 + 0.01509s^2 + s + 66.88}$$

Et on en déduit les paramètres physiques :

$$K_z = b1/P = 0.1255$$

$$K_y = a0/P = 23.0608$$

$$T_1 = (a2 + \sqrt{a2^2 - 4 * a3})/2 = 0.0105$$

$$T_2 = a2 - T1 = 0.0046$$

ii.1 Validation

L'identification est assez précise (surtout pour la commande) :

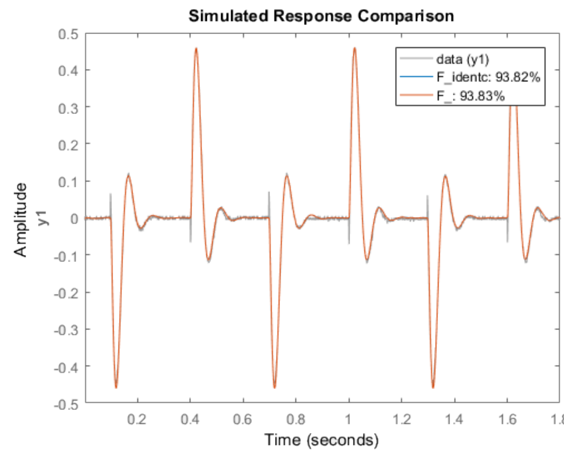


FIGURE 15 – *Comparaison*

iii. Identification direct en utilisant la fonction idgrey et pem

On a la fonction de transfert est de la forme suivante :

$$F(s) = \frac{Z(s)}{Y_c(s)} = \frac{b_1.s}{a_3.s^3 + a_2.s^2 + a_1.s + a_0}$$

$$= \frac{\frac{K_z.P}{T_1.T_2}s}{s^3 + \frac{T_1+T_2}{T_1.T_2}s^2 + \frac{1}{T_1.T_2}s + \frac{K_y.P}{T_1.T_2}}$$

$$= \frac{\beta_1.s}{s^3 + \alpha 1.s^2 + \alpha 2.s + \alpha 3}$$

Si on prend $x_3 = Z$, $x_2 = \dot{Z}$, et $x_1 = \ddot{Z}$ on obtient la forme canonique suivante :

$$\dot{X} = \begin{pmatrix} -\alpha_1 & -\alpha_2 & -\alpha_3 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} X + \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} Y_c \quad (1)$$

$$Z = \begin{pmatrix} 0 \\ b_1 \\ 0 \end{pmatrix} X \quad (2)$$

Le script pour la fonction idgrey :

```
function [A, B ,C ,D] = Maquette(T_1,
    T_2,Ky_,Kz_,Ts)
P = 2.9;

a1 = 1/T_1 + 1/T_2;
a2 = 1/T_2/T_1;
a3 = Ky_*P/T_1/T_2;

b1=0;
b2 = Kz_*P/T_1/T_2;
b3 = 0;

A= [-a1 -a2 -a3
    1 0 0
    0 1 0];

B = [b2;0;0];

C = [0 1 0];

D = 0;

end
```

Le script pour l'identification :

```
% initial values:
T1 = 1;
T2 = 1;
Ky = 1;
Kz= 1;
parameters = {'T1',T_1;'T2',T_2;'Ky',
    Ky_;'Kz',Kz_};
sysI=idgrey('Maquette',parameters,'c');
sys=pem(data,sysI)
compare(data,sysI,sys)
b2 = 8400;
a1 = 350 ; a2 = 2.253e04; a3=  1.549e06
    ;
Kz= b2 / P/a2
Ky = a3/P/a2
T1 = (a1/a2+sqrt((a1/a2)^2-4/a2))/2
T2 = 1/a2/T1
```

Le résultat de simulation :

Fit to estimation data : 94.02%
FPE : $6.008e-05$, MSE : $5.981e-05$

La comparaison avec les données 'data' :

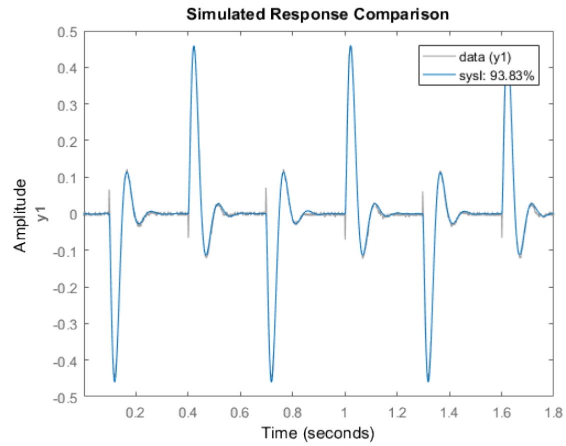


FIGURE 16 – *Comparaison*

La fonction

$$F(s) = \frac{8400s}{s^3 + 350s^2 + 2.253e04s + 1.549e06}$$

Les valeurs estimées des paramètres :

$$K_z = b1/P = 0.1286$$

$$K_y = a0/P = 23.7079$$

$$T_1 = (a2 + \sqrt{a2^2 - 4 * a3})/2 = 0.0118$$

$$T_2 = a2 - T1 = 0.0038$$

III. IDENTIFICATION D'UN SYSTÈME ACOUSTIQUE

i. découplage de données en trois parties

```
%% Load the data:
clc,clear;
load('tube.mat')
plot(data)
%% 1) Decouper les donnees:
data1= data(1:24000/3);
data2= data(24000/3+1:24000*2/3);
data3= data(24000*2/3+1:24000);
plot(data1,data2,data3)
```

présentation des trois morceaux en même plan :

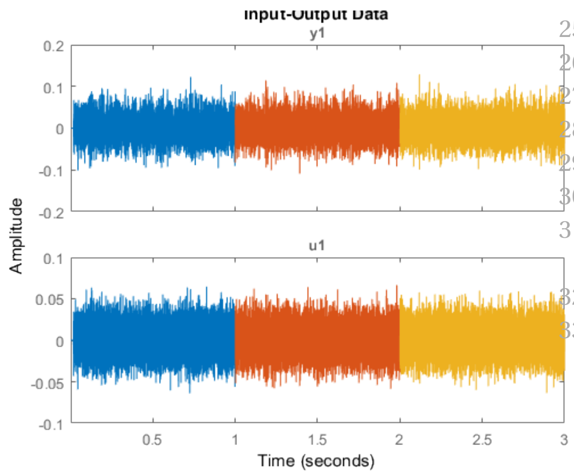


FIGURE 17 – *Comparaison*

ii. identification le modèles á temps discret á partir de chaque jeu de données

On a utilisé un algorithm pour trouvé le meilleur ordre qui optimise le critère FPE, Le script Matlab pour le suivant :

```
%% 2) Identifier
%% a) data 1:
nf=1:10 ; nb=1:10; nk = 0;
order = struc(nb,nf,nk);
modoe1 = cell(size(order,1),1);
for ct = 1:size(order,1)
modoe1{ct} = oe(data1, order(ct,:));
end
V = fpe(modoe1{:}); [Vmin, order_min] =
     min(V);
modoe1 = oe(data1, order(order_min,:))
compare(data1,modoe1);

%% b) data 2 :
nf=1:10 ; nb=1:10; nk = 0;
order = struc(nb,nf,nk);
modoe2 = cell(size(order,1),1);
for ct = 1:size(order,1)
modoe2{ct} = oe(data1, order(ct,:));
end
V = fpe(modoe2{:}); [Vmin, order_min] =
     min(V);
modoe2 = oe(data1, order(order_min,:))
compare(data2,modoe2);

%% c) data 3 :
nf=1:10 ; nb=1:10; nk = 0;
order = struc(nb,nf,nk);
modoe3 = cell(size(order,1),1);
for ct = 1:size(order,1)
modoe3{ct} = oe(data1, order(ct,:));
end
V = fpe(modoe3{:}); [Vmin, order_min] =
     min(V);
modoe3 = oe(data1, order(order_min,:))
compare(data3,modoe3);
```

iii. Validation croisée :

On compare chaque modèle avec les autres domaines restants qu'on a utilisé pour identifier les autres deux modèles :

```
%% 3) Validation coisee:
compare(data,modoe1,modoe2,modoe3)
```

Le résultat de simulation :

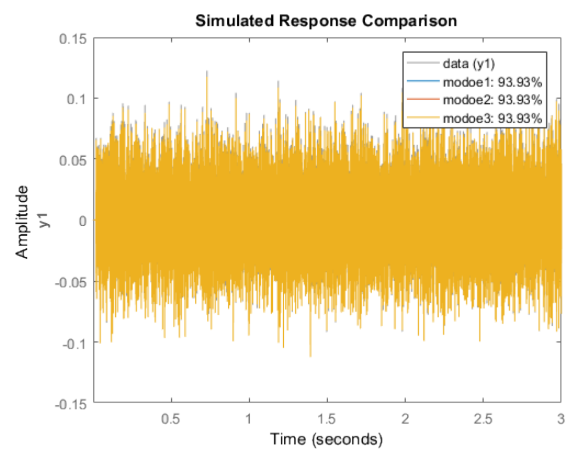


FIGURE 18 – *Comparaison entre les trois modèles et les données de l'expérience*

Les trois modèles sont de même précision et sont tous assez précis.

iv. La réponse impulsionnelle

```
%% 4) Le retard:
cra(data,100); % nk = 3;
```

Le résultat de simulation :

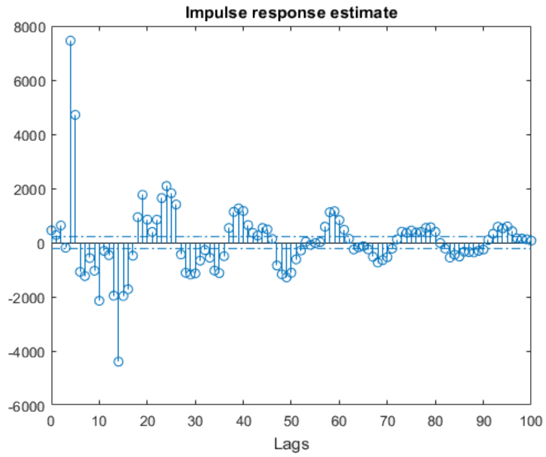


FIGURE 19 – *La réponse impulsionnelle*

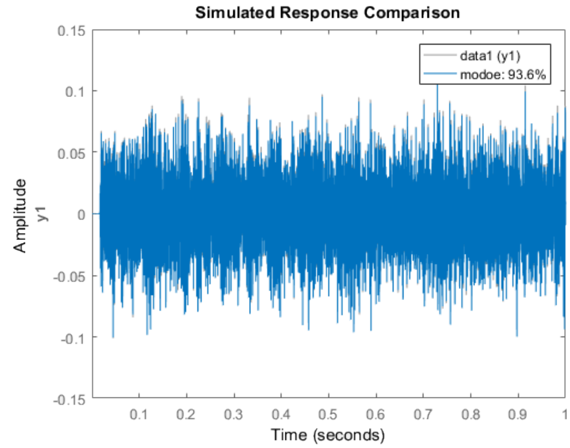


FIGURE 20 – *Comparaison entre le modèle et les données de l'expérience*

Le modèles est assez précis.

Remarque On peut dire que le retard est de 4 ou 3 unités .

v. Identification pour plusieurs ordres de modèles

Le script Matlab :

```
nf=1:4 ; nb=1:4; nk = 4;
order = struc(nb,nf,nk);
modoe = cell(size(order,1),1);
for ct = 1:size(order,1)
modoe{ct} = oe(data, order(ct,:));
end
V = fpe(modoe{:}); [Vmin, order_min] = min(V);
modoe = oe(data, order(order_min,:))
compare(data1,modoe);
```

Le résultat de simulation :