

## MASTER 1 EEA ISTR/RODECO

### COMPTE RENDU SYSTÈME LINÉAIRE À TEMPS CONTINU 1

---

## TP 3 BACS D'EAU

---



*Réalisés par :*  
REBOUT MEHENNA  
BOUYOUCHE FARID  
Promotion 2018-2019

*Tuteur :* M DUROLA  
*Responsable de la*  
*Formation :* M  
GOUAISBAUT

Octobre 2018

# Sommaire

<b>Introduction</b>	<b>5</b>
<b>1 L'objet du TP</b>	<b>6</b>
<b>L'objet du TP</b>	<b>6</b>
1.1 Objet Du TP . . . . .	6
<b>2 Présentation Du Système</b>	<b>7</b>
<b>Présentation Du Système</b>	<b>7</b>
2.1 Le Procède . . . . .	7
2.2 Le Modèle Linéarisé . . . . .	8
<b>3 Analyse Et Calcul D'une Loi De Commande Par Retour D'état</b>	<b>9</b>
<b>Analyse Et Calcul D'une Loi De Commande Par Retour D'état</b>	<b>9</b>
3.1 Le modèle linéarisé est-il commandable ? . . . . .	9
3.2 Calcule Des Valeurs Des Gains K et N Permettant De Remplir L'ensemble Des Conditions. . . . .	9
<b>4 Implantation De Le Loi De Commande</b>	<b>10</b>
<b>Implantation De Le Loi De Commande</b>	<b>10</b>
4.1 Calcul D'un Observateur Minimal Identité . . . . .	10
4.1.1 Le modèle linéarisé est-il observable ? . . . . .	10
4.1.2 Calcul Du Nouveau Observateur identité . . . . .	10
4.1.3 Insertion Dans Notre Schéma Simulink l'observateur sous la forme d'un bloc State-Space. . . . .	10
4.1.4 Étude en boucle fermer . . . . .	10
4.1.5 Réalisation Du Bouclage Déterminé Précédemment En Utilisant les états estimés (cf. figure 4.1). . . . .	10
4.1.6 Évaluation De L'influence des Conditions Initiales . . . . .	11
4.1.7 Tracer Des 3 courbes . . . . .	11
4.2 Bruit Sur La Sortie Mesurée . . . . .	11
4.2.1 Que constate-t-on sur la sortie du système et sur les états estimés pour le schéma pour le schéma de commande précédent ? . . . . .	11

4.2.2	Que constate-t-on sur la sortie du système et sur les états estimés pour le schéma pour le schéma de commande précédent ? . . . . .	11
4.3	Expliquez le phénomène observé lors des deux dernières questions en vous basant sur une analyse fréquentielle des observateurs. . .	11
	<b>Conclusion</b>	<b>12</b>
	<b>Annexes</b>	<b>13</b>

# Table des figures

2.1	<i>Procédé trois bacs.</i>	7
3.1	<i>Retour d'état.</i>	9
4.1	<i>Observateur.</i>	10

# Liste des tableaux

# Introduction

Dans ce TP on va réaliser un asservissement de position ,on va utiliser pour cette manipulation la platine voir la Figure 1.1.

Les valeurs numériques des coefficients connus sont :

$$K_e = 10(V.tr^{-1})$$

$$K_s = 10(V.tr^{-1})$$

$$Kg = 0.105(V.s.tr^{-1})$$

# Chapitre 1

## L'objet du TP

### 1.1 Objet Du TP

Le but de cette manipulation est de réaliser un asservissement de niveau par retour de sortie. En effet, le vecteur d'état du procédé hydraulique n'est pas entièrement accessible par la mesure. On se propose ainsi de mettre en œuvre l'estimation de l'état par un observateur.

# Chapitre 2

## Présentation Du Système

### 2.1 Le Procède

Le procédé est le même que celui qui a été utilisé dans le TP du module I4 intitulé "Modélisation, analyse et commande d'une distribution hydraulique à trois bacs d'eau". Nous redonnons ici les caractéristiques essentielles de la manipulation.

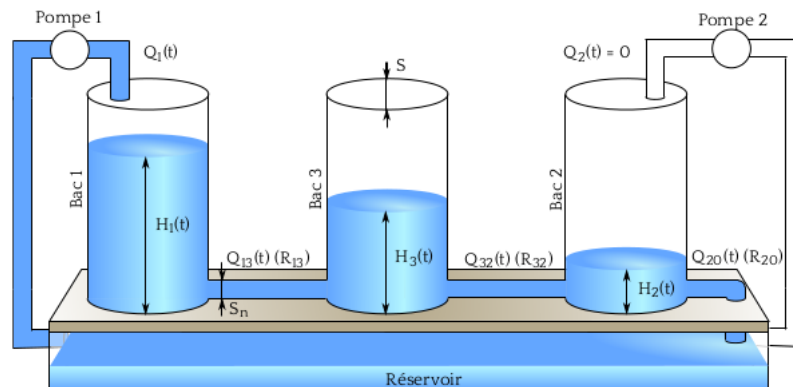


FIGURE 2.1 – *Procédé trois bacs.*

Le système représenté sur la Figure 2.1 est composé de trois bacs cylindriques en plexiglas de section  $S$ . Ces trois bacs sont disposés en série (de gauche à droite, on trouve les bacs 1, 3 et 2) et sont reliés par des tuyaux d'écoulement de section  $S_n$ .

Le dernier bac 2 se vide par un cylindre, également de section  $S_n$ , dans le réservoir situé sous les bacs. Deux pompes de débit  $Q_1(t)$  et  $Q_2(t)$  permettent de remplir respectivement les bacs 1 et 2 avec l'eau récupérée dans le réservoir, le système fonctionnant en circuit fermé.

Les valeurs données par le constructeur sont  $S = 0,0154 \text{ m}^2$  et  $S_n = 5.10^{-5} \text{ m}^2$ . Les pompes obéissent à la relation  $V_{qi}(t) = k \cdot Q_i(t) + b$ ,  $i = 1, 2$ , avec  $k = 1,6.10^{-5}$  et  $b = -9,2592$ ; où  $V_{qi}$  et  $Q_i(t)$  représentent respectivement la tension appliquée à la pompe  $i$  et le débit correspondant. Les pompes sont alimentées par une tension comprise entre  $[-10\text{V}, 10\text{V}]$ . Ainsi le débit maximal,  $Q_{\max}$  délivrée par une pompe est  $12.10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$  lorsque la tension appliquée est de  $+10\text{V}$ . Les capteurs de niveau d'eau sont supposés linéaires autour du point



de fonctionnement. Leur caractéristique est modélisé par l'équation  $H_i(t) = k_i \cdot V_{h_i}(t) + b_i$ , où  $H_i$  est exprimé en mètres.

## 2.2 Le Modèle Linéarisé

Nous considérons le procédé actionné par la seule pompe numéro 1. Son débit  $Q_1$  est compris entre  $[0, Q_{\max}]$  suivant sa tension d'alimentation ; le débit  $Q_2(t)$  délivré par la pompe 2 sera nul tout au long de la manipulation. Ainsi, les différentes hauteurs  $H_1(t)$ ,  $H_3(t)$  et  $H_2(t)$  respectent par conséquent la condition  $H_1(t) \geq H_3(t) \geq H_2(t)$ .

La seule mesure disponible lors de cette manipulation est la mesure de la hauteur d'eau  $H_1$ .

Le travail sera réalisé sur un modèle aux faibles variations autour d'un point d'équilibre  $H_0$  et d'un débit  $Q_{10}$  à ce point d'équilibre de telle sorte que :

$$\begin{cases} Q_1(t) = q_1(t) + Q_{10} \\ H_1(t) = h_1(t) + H_{10} \\ H_3(t) = h_3(t) + H_{30} \\ H_2(t) = h_2(t) + H_{20} \end{cases} \quad (2.1)$$

$$H_0 = \begin{bmatrix} H_{10} \\ H_{20} \\ H_{30} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.27474 \\ 0.0299 \\ 0.1368 \end{bmatrix}$$

## Chapitre 3

# Analyse Et Calcul D'une Loi De Commande Par Retour D'état

3.1 Le modèle linéarisé est-il commandable ?

3.2 Calcule Des Valeurs Des Gains K et N Permettant De Remplir L'ensemble Des Conditions.

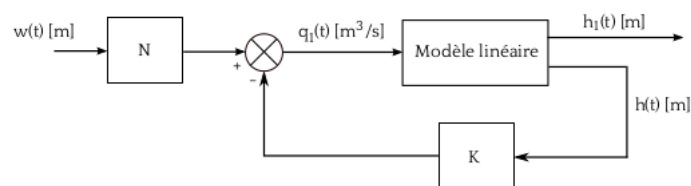


FIGURE 3.1 – *Retour d'état.*

# Chapitre 4

## Implantation De Le Loi De Commande

### 4.1 Calcul D'un Observateur Minimal Identité

#### 4.1.1 Le modèle linéarisé est-il observable ?

#### 4.1.2 Calcul Du Nouveau Observateur identité

#### 4.1.3 Insertion Dans Notre Schéma Simulink l'observateur sous la forme d'un bloc State-Space.

#### 4.1.4 Étude en boucle fermer

Vérification que les états estimés convergent vers les états réels du système linéarisé lorsque les hauteurs initiales sont non nulles.

Évaluation la vitesse de convergence.

#### 4.1.5 Réalisation Du Bouclage Déterminé Précédemment En Utilisant les états estimés (cf. figure 4.1).

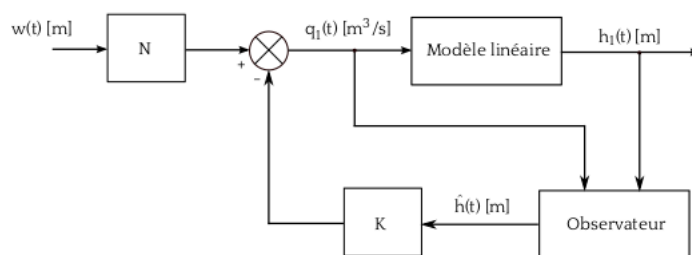


FIGURE 4.1 – *Observateur.*

#### 4.1.6 Évaluation De L'influence des Conditions Initiales

#### 4.1.7 Tracer Des 3 courbes

Schéma Simulink de l'asservissement par retour de sortie

Évolution de l'erreur d'estimation ;

Évolution de la consigne et de la sortie mesurée

### 4.2 Bruit Sur La Sortie Mesurée

4.2.1 Que constate-t-on sur la sortie du système et sur les états estimés pour le schéma pour le schéma de commande précédent ?

4.2.2 Que constate-t-on sur la sortie du système et sur les états estimés pour le schéma pour le schéma de commande précédent ?

Quel est sont effet

4.3 Expliquez le phénomène observé lors des deux dernières questions en vous basant sur une analyse fréquen-tielle des observateurs.

# Conclusion

Ce TP nous a permis de prendre connaissance de la commande d'un système asservi par retour d'état et du gain de pré-compensation, on a aussi amélioré la précision en régime établi, on a aussi déterminé le lieu des pôles du système pour assurer la stabilité.

# Annexes

# Annexe 1

(Retour)

---

```
1 % Script TP MOTEUR
2
3 clear all
4 close all
5
6 % Periode d'échantillonnage
7 Te = 0.01;
8
9 % Modele du moteur :
10 Ke = 3.6/1000*60/(2*pi);
11
12 Km=7;
13 Tm=0.3;
14 Kc=3.5/100;
15 Kg = 0.105;
16 Ks=10;
17
18 A=[0 Ks/(9*Kg);0 (-1/Tm)];
19 B=[0; (Km*Kg)/Tm];
20 C=[1 0];
21 D=[0];
22
23 sys=ss(A,B,C,D);
24 Vp=eig(A);
25
26 Co=ctrb(sys);
27 rang_co=rank(Co);
28
29 Obs=obsv(sys);
30 rang_obs=rank(Obs);
31
32 %*****partie 3.1*****
33 K=acker(A,B,[-2.4+5.5*i -2.4-5.5*i])
34
35 %*** d'ou: K =[1.3890 0.5986]***
36 K1=1.3890;
37 K2=0.5986;
38 Abf=[0 Ks/(9*Kg); -((Kg*Km)/Tm)*K1 -((Kg*Km)/Tm)*K2-(1/Tm)];
39 Bbf=[0; (Km*Kg)/Tm];
```

```
40     Cbf=[1 0];
41     Dbf=[0];
42
43     sys=ss(Abf,Bbf,Cbf,Dbf)
44     Vp1=eig(Abf)
45 % on calcule les valeur propre de la nouvelle matrice, et si ils sont
    egaux aux poles desires donc on a la stabilite du susteme.
46 %Vp1 = -2.4000 + 5.5001i
47 %    -2.4000 - 5.5001i
```

---