



UFR EEA

RAPPORT ANALYSE ET PERFORMANCES DES  
SYSTÈMES LINÉAIRES

---

# ASSERVISSEMENT D'UN SYSTÈME À TROIS BACS D'EAU

---



KHERBICHE ALI  
HALIMI AMINE  
*Promotion :*  
2018-2019

*Encadreur et Responsable de  
la Formation M1  
ISTR-RODECO : M.  
FRÉDÉRIC  
GOUAISBAUT*

*Novembre 2018*

# Remerciements

Nous tenons à remercier notre encadreur et professeur de cours, M.Frédéric GOUAIS-BAUT pour nous avoir guidé tout au long des deux séances de TP, nous tenons aussi à lui reconnaître le temps qu'il nous a consacré afin de nous orienter et de nous conseiller.

Nous remercions notre professeur de TD M.Sylvain DUROLA.....

# Table des matières

<b>Remerciements</b>	<b>1</b>
<b>Introduction</b>	<b>5</b>
<b>Problématique</b>	<b>6</b>
<b>1 Analyse d'une commande proportionnelle intégrale</b>	<b>7</b>
1.1 Le schéma bloc du système bouclé . . . . .	7
1.2 La validité de L'hypothèse . . . . .	7
1.3 Le diagramme asymptotique de $K(p) = \frac{1+\tau_i p}{\tau_i p}$ . . . . .	7
1.4 Les spécifications satisfaites . . . . .	7
1.5 Détermination de la contrainte sur le gabarit de $\xi_p$ et $\xi_v$ pour $S(p)$ . . .	8
1.5.1 Construction du gabarit de l'erreur de position . . . . .	8
1.5.2 Contruction du gabarit de l'erreur de vitesse . . . . .	8
1.6 La bande passante de $S(p)$ . . . . .	9
1.7 Construction du gabarit de la vitesse de convergence pour $S(p)$ . . . .	9
1.8 Construction du gabarit de la convergence sans oscillations pour $S(p)$	9
1.9 Section une . . . . .	10
1.9.1 jamal . . . . .	10
<b>Conclusion</b>	<b>11</b>

# Table des figures

1	<i>Procédé trois bacs [Gou16]</i> . . . . .	6
1.1	<i>Schéma bloc de l'asservissement</i> . . . . .	7
1.2	<i>Diagramme de Bode (gain et phase) de <math>K(j\omega)</math></i> . . . . .	7
1.3	<i>Diagramme illustrant le gabarit de l'erreur de position</i> . . . . .	8
1.4	<i>Diagramme illustrant le gabarit de l'erreur de vitesse</i> . . . . .	8
1.5	<i>Diagramme illustrant le gabarit de la vitesse de convergence pour <math>S(p)</math></i> .	9

## Liste des tableaux

# Introduction

Le but de cette manipulation est d'illustrer la commande robuste d'un système non linéaire linéarisé autour d'un point de fonctionnement et de mettre en oeuvre les techniques d'analyse et de synthèse de lois de commande robuste comme le loop-shapping.

# Problématique

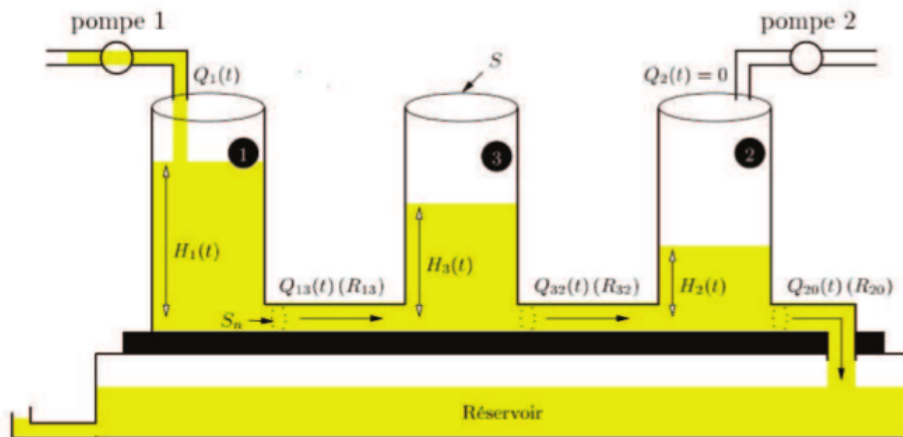


FIGURE 1 – *Procédé trois bacs* [Gou16]

Depuis l'apparition de la nécessité de.

Notre système est soumis à des perturbations exogènes suivantes :

1. Un débit de fuite constante au niveau du bac numéro 1.
2. Un bruit de mesure sur le capteur permettant la mesure de  $h_1(t)$ .

# Chapitre 1

## Analyse d'une commande proportionnelle intégrale

### 1.1 Le schéma bloc du système bouclé

Après l'ajout du correcteur PI  $K(p) = \frac{1+\tau_i p}{\tau_i p}$  à notre système, voici à quoi ressemble le schéma bloc de l'asservissement :

FIGURE 1.1 – *Schéma bloc de l'asservissement*

On voit clairement que le signal du débit de fuite  $W_u(p)$  du bac numéro 1 est relié au signal de commande  $U(p)$  et le signal du bruit de mesure  $b(p)$  et relié au signal de sortie  $h_1(p)$ .

### 1.2 La validité de L'hypothèse

Vu que l'eau est un liquide incompressible, notre supposition du débit de fuite constant tient la route.

### 1.3 Le diagramme asymptotique de $K(p) = \frac{1+\tau_i p}{\tau_i p}$

FIGURE 1.2 – *Diagramme de Bode (gain et phase) de  $K(j\omega)$*

**Nota :** Le correcteur a une allure d'un filtre passe bas.

### 1.4 Les spécifications satisfaites

- ♦ Sans connaître les valeurs numériques du gain  $k$  ou celle de la constante de temps  $\tau_i$  utilisées dans le correcteur  $K(p)$ , on pourra déjà satisfaire la spécification ( $b$ ) car un integrateur  $\frac{1}{p}$  ce que contient notre correcteur élimine l'erreur de position.



♦ à toi de jouer...

## 1.5 Détermination de la contrainte sur le gabarit de $\xi_p$ et $\xi_v$ pour $S(p)$

### 1.5.1 Construction du gabarit de l'erreur de position

On dispose de la loi suivante :  $\xi_p = \lim_{p \rightarrow 0} p \xi(p)$

On sait que :  $\xi(p) = S(p)R(p)$

Avec la consigne qui est égale à :  $R(p) = \frac{1}{p}$

Donc :  $\xi_p = \lim_{p \rightarrow 0} S(p) = S(0)$

Si on choisit la fonction de pondération  $W_1(p) = \frac{\alpha}{p}$  tel que  $|W_1(p)S(p)| < 1$ , alors  $|S(p)| < \alpha p, \alpha \in \mathbb{R}^*$

On obtient au final :  $\|S(jw)\|_{H\infty} < \alpha jw, \alpha \in \mathbb{R}^*$ . Pour valider le choix il suffit de calculer  $S(p)$  quand  $p \rightarrow 0$  qui est égale à 0, donc  $\forall w \in \mathbb{R} \quad \xi_p = 0$

FIGURE 1.3 – Diagramme illustrant le gabarit de l'erreur de position

### 1.5.2 Construction du gabarit de l'erreur de vitesse

Cette fois pour calculer l'erreur de vitesse  $\xi_v$  le signal de consigne équivaut à  $R(p) = \frac{1}{p^2}$

Donc :  $\xi_v = \lim_{p \rightarrow 0} \frac{S(p)}{p}$

Si on choisit la fonction de pondération  $W_2(p) = \frac{\beta}{p}$  tel que  $|W_2(p)S(p)| < 1$ , alors  $|S(p)| < \beta p, \beta \in ]0, 1]$

On obtient au final :  $\|S(jw)\|_{H\infty} < \beta, \beta \in ]0, 1]$ . Pour valider le choix il suffit de calculer  $S(p)$  quand  $p \rightarrow 0$  qui est égale à  $\beta$ , donc  $\forall w \in \mathbb{R} \quad \xi_v = \beta$

FIGURE 1.4 – Diagramme illustrant le gabarit de l'erreur de vitesse

**Nota :** Les deux gabarits vu précédemment sont soit colinéaires soit l'un est comporté ou et inclut dans l'autre.

## 1.6 La bande passante de $S(p)$

On dispose de la relation de la bande passante sur  $T(jw)$  :  $|T(jw)|_{dB} - |T(0)|_{dB} > 3dB, \forall w \in [0, w_c], w_c$  : pulsation de coupure.

Après développement on obtient :  $\frac{|T(jw)|}{|T(0)|} > \frac{1}{\sqrt{2}} \Rightarrow |T(jw)| > \frac{1}{\sqrt{2}}, w \in [0, w_c]$  qui est la condition nécessaire qu'il faut satisfaire afin de créer le gabarit équivalent à la spécification sur la vitesse de convergence.

Si on choisit la suivante condition sur  $S(jw)$  :  $|S(jw)| < 1 - \frac{1}{\sqrt{2}}$  c'est à dire  $\|S(jw)\|_{H\infty} < 1 - \frac{1}{\sqrt{2}}$  où  $w \in [0, w_c]$   
 $\Rightarrow \frac{1}{\sqrt{2}} < 1 - |S(jw)| \dots \dots \dots (1)$

Or on sait que :  $|T(jw)| + |S(jw)| \geq 1$   
 Ainsi :  $1 - |S(jw)| \leq |T(jw)| \dots \dots \dots (2)$

De (1) et (2) on obtient :  $\frac{1}{\sqrt{2}} < 1 - |S(jw)| \leq |T(jw)|$   
 Il ne reste qu'à dire que pour  $\forall w \in [0, w_c], \frac{1}{\sqrt{2}} < |T(jw)|$

Au final la fonction de pondération  $W_3(jw) = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}-1}$  s'obtient en validant la condition  $|W_3(jw)S(jw)| < 1$ . De cette manière la condition sur  $T(jw)$  est respectée, maintenant voyons ce que va donner l'interprétation graphique du gabarit.

## 1.7 Construction du gabarit de la vitesse de convergence pour $S(p)$

FIGURE 1.5 – Diagramme illustrant le gabarit de la vitesse de convergence pour  $S(p)$

## 1.8 Construction du gabarit de la convergance sans oscillations pour $S(p)$

Afin de satisfaire cette spécification du cahier des charges nous choisissons de démarrer par la définition de la marge de module  $M_m$  qui est inversement propor-

tionnelle à la norme H infinie de la fonction de sensibilité  $S(p)$ , on trouve  $M_m = \frac{1}{\|S(jw)\|_{H\infty}}$ .

On sait que si  $M_m > 1$  alors l'asservissement n'aura ni oscillations ni dépassements. Essayons de développer cette idée :

**Définition :** Bla bla Mahmoud jamal qassi ssaid mehenna rebout ih rebout ihhhzf-sdsdfksdfjdjf sdfj klrzoeri lsldfj ereroejr reljer

fkdfkdfjjfkdkfjksfjlqlqlslflslfdqsdldksjdoofdjezfjfkjnkxcjqk,qsjcfqlsd qflqkjskf-jqd ;fjkdfjkdfikdfikdfjkdjkdjfk

La figure au-dessus a ... bla bla ....

Les bla bla ....

Néanmoins, cette structure n'est jamais stable au fil du temps, ... bla bla.

En court, il y a une différence entre ... bla bla ..., est fort envisageable qu'elle subira des changements dans le temps.

**Définition :** Bla bla ....

## 1.9 Section une

gggggggggggggggggg

### 1.9.1 jamal

# Conclusion

# Bibliographie

- [Gou16] Gouaisbaut.F     Analyse et performances des systèmes linéaires.  
<http://master-eea.univ-tlse3.fr/wp-content/uploads/2016/11/TP1.pdf>, 2016. [Internet].