



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université 8Mai 1945 – Guelma
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Electrotechnique et Automatique



TRAVAUX PRATIQUES
Théorie du réglage automatique
"Systèmes Asservis"
Deuxième année LP (Licence professionnelle)

Par: Mr. BENLALOU Idriss

Département d'électrotechnique et d'automatique

Dr. BENLALOU Idriss:

- University of Guelma 08 May 1945,
- Department of Electrical Engineering and Automation. BP 401 Guelma 24000 , Algeria
- Member of the Energy Saving and Renewable Energy team univ Batna 2.
- Research Laboratory of Electromagnetic Induction and Propulsion Systems univ batna 2.
- Emails: idriss.benlaloui@univ-guelma.dz ; idrissb88@yahoo.fr

Guelma 2019/2020

Objectifs :

- ✿ Maitrise des principes de fonctionnement des systèmes automatiques
- ✿ Connaissance des méthodes d'étude des systèmes asservis

Compétences visées : Etre capable de :

- ✿ Connaître le fonctionnement des systèmes
- ✿ Savoir modéliser et représenter un système en vue de l'étudier.

Contenus

- ◆ *Etude temporelle et fréquentielle d'un système linéaire sous MATLAB/SIMULINK.*
- ◆ *Etude et régulation d'un système du premier ordre par un correcteur de type (P, PI ou PID).*
- ◆ *Etude et régulation d'un système du deuxième ordre par un correcteur de type (P, PI ou PID).*
- ◆ *Réglage de la vitesse d'un moteur à courant continu.*

TP N°1

Etude de la réponse fréquentielle d'un système premier et deuxième ordre par Matlab-Simulink

But du TP

Le but de ce TP est de simuler le comportement d'un système premier et deuxième ordre lorsque la fréquence ω varie, pour ce faire, nous utiliserons le logiciel MATLAB auquel est intégré l'outil SIMULINK.

L'analyse fréquentielle représentée par l'évolution du module et de l'argument de la fonction de transfert du système en fonction de la fréquence va nous permettre de déterminer les grandeurs tel que la marge de phase, la marge de phase, la marge de gain, la pulsation de résonance, le facteur de résonance (coefficient de surtension).

Travail demandé

a)- Système du 1^{er} ordre

On modélise le système du premier ordre : $G(p) = \frac{4}{p+3}$ en boucle ouverte (fig.1) et en boucle fermée (fig.2) de la façon suivante :

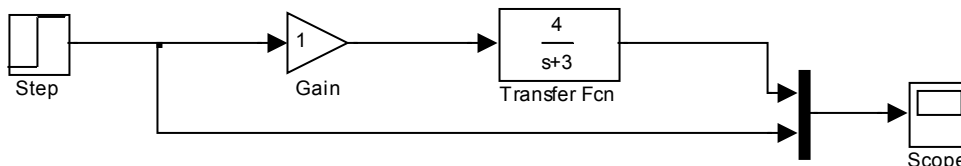


Figure 1 : système premier ordre en boucle ouverte

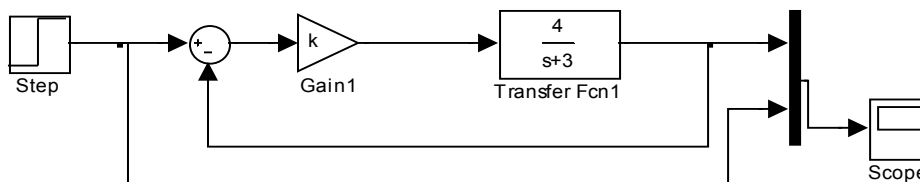


Figure 2 : système premier ordre en boucle fermée

1. Tracer le lieu de **Bode** en B.O et en B.F de ce système en utilisons l'instruction **bode(G)**.
2. Pour chaque valeur du gain k (k=0.1, 1, 10, 100) déterminer les pulsation de ω_{co} du système graphiquement.
3. Interpréter et conclure.

b)- Système du 2^{ème} ordre

Soit le système linéaire continu représenté par la fonction de transfert du second ordre :

$$G(p) = \frac{K}{\frac{1}{\omega_0^2} p^2 + \frac{2\zeta}{\omega_0} p + 1}$$

On choisira les paramètres suivants : $\omega_0 = 3 \text{rd / s}$ et $K = 5$.

4. Visualiser et tracer l'évolution des lieux de bode pour $\zeta = 0.1, 0.5, \text{ et } 1$.
5. Déterminer les marge de gain MG et la marge de phase MP et leurs fréquences graphiquement et à l'aide des instructions : **margin(G), [Gm,Pm,Wcg,Wcp]=margin(G)**.
6. Relever graphiquement le facteur de résonance (Mr), la pulsation de résonance ω_r et la pulsation de coupure à 0dB (ω_{co}).
7. Etudier la stabilité des trois systèmes, donner vos conclusions sur l'influence de ζ .

Réponse:

```
clc
clear
k=100;
num=[k]
den=[1 3]
G=tf(num,den)
bode(G)
grid on;
```

```
clc
clear
%fonction de transfert BO 2 ordre G(s)=3k/(s+2+K)
K=5;
zeta=0.1;
wo=3;

num=[K]
den=[1/wo^2 2*zeta/wo 1]
G=tf(num,den)
bode(G)
grid on;
```

```
clc
clear
%fonction de transfert BO 2 ordre
t=0:0.005:5;
K=1;
zeta=0.7;
wo=2*pi*50;
num=[K]
den=[1/wo^2 2*zeta/wo 0]
G=tf(num,den)
bode(G)
margin(G)
[Gm,Pm,Wcg,Wcp]=margin(G)
grid on;
```

Etude de comportement de Système du premier ordre par Matlab-Simulink

2- But du TP :

L'Objectif de ce TP est :

- De simuler le comportement d'un système premier et deuxième ordre.
- De déterminer les paramètres qui caractérisent les différentes réponses : temps de montée, temps de réponse, la constante de temps.

Rappel:

- la forme canonique de système du premier ordre est: $G(P) = \frac{k}{1 + \tau P}$ tel que:

k: Gain statique , τ : Constante de temps tau , P: Operateur de Laplace.

Travail de préparation :

I)- Système du 1^{er} ordre

Soit la fonction de transfert suivante : $G(P) = \frac{a}{p + a}$

Dresser deux tableaux pour déterminer la constante de temps (τ), le temps de réponse (**tr**), le temps de montée (**tm**) pour différentes valeurs de a (**a=1 ; a=2 ; a=10**) pour la fonction de transfert en **BO** (boucle ouverte) et en **BF** (boucle fermée)

Partie de simulation :

- 1) Implanter le schéma de simulation de la FIG (1) sous Simulink MATLAB
- 2) Compléter le schéma pour déterminer la constante de temps, le temps de réponse et le temps de montée ;
- 3) Dresser deux tableaux pour déterminer la constante de temps (τ), le temps de réponse (**tr**), le temps de montée (**tm**) pour différentes valeurs de a (**a=1 ; a=2 ; a=10**) pour la fonction de transfert en **BO** (boucle ouverte) et en **BF** (boucle fermée) ;
- 4) Tracer les réponses de G(P) pour une entrée échelon et pour les différentes valeurs de (a) en BO et BF
- 5) **Interpréter et conclure.**
- 6) **Remarque** :le compte rendu sera évalué principalement sur les remarques personnelles soulignant le lien entre les résultats théorique et expérimentales.
- 7) **Le compte rendu sur place**

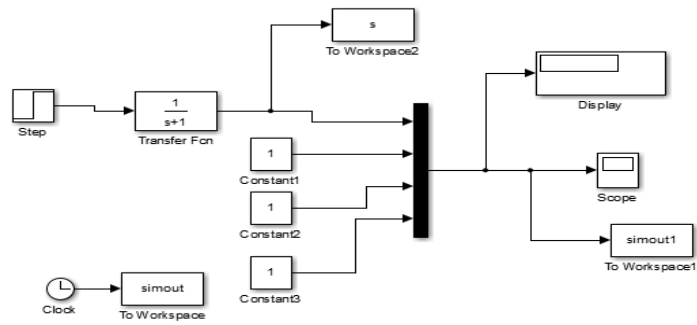


FIG (1)

2/ Résultats théoriques et de simulation en BO:

a	Th	Simu	Th	Sim	Th	Sim
tr						
tm						
tau						
vf						

3/ Résultats théoriques et de simulation en BF:

a	Th	Simu	Th	Sim	Th	Sim
tr						
tm						
tau						
vf						

4/ Tracé des courbes en BO:

5/ Tracé des courbes en BF:

--	--

Interprétations et conclusions :

TP 3:

Etude et régulation d'un système du deuxième ordre par un correcteur de type: (P, PI ou PID).

1. But du TP

Le but de ce TP est d'étudier les caractéristique des régulateurs, pour ce faire, nous utiliserons le logiciel MATLAB auquel est intégré l'outil SIMULINK.

2. Travail demandé

2.1. 1^{ère} Partie :

Lors de cette première partie, vous allez étudier la régulation d'un système du 2^{ème} ordre la fonction

$$\text{de transfert est : } H(s) = \frac{10}{s^2 + 2s + 10}$$

Configurez l'échelon en mettant l'instant de départ à 0, la valeur initiale à 0 et la valeur finale à 1. Enfin, pour le bloc « graph », réglez les paramètres de temps de simulation à 10, l'amplitude minimale à 0 et l'amplitude maximale à 1. Le schéma apparaît de la manière suivante :

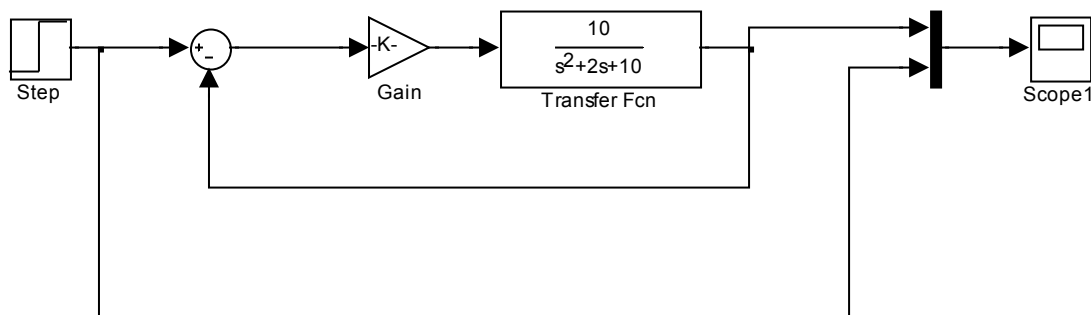


Figure 1 : Système deuxième ordre en boucle fermée

Relever la courbe et déterminer le gain statique ainsi que l'erreur de position pour ce système. Comparer les résultats aux valeurs théoriques.

Pour chaque valeur du gain K (K=0.1, 1, 5, 10, 20, 50) :

1. Relever la courbe et déterminer : erreur statique, le dépassement et le temps de monté.
2. Interpréter et conclure.

2.2. 2^{ème} Partie :

2.2.1 . Rappel

1. Principe général : Le PID est une correction dite "série", c'est-à-dire qu'elle agit à la sortie du comparateur, sur l'erreur. L'erreur est la différence entre la consigne et la mesure. Le correcteur PID agit de 3 manières :

1. **Action Proportionnelle (P) :** Elle assure la rapidité. L'erreur est multipliée par un gain K_p .
2. **Action Intégrale (I) :** Elle annule l'erreur statique. L'erreur est intégrée et divisée par un gain T_i .
3. **Action Dérivée (D) :** Elle améliore la stabilité. L'erreur est dérivée et multipliée par un gain T_d .

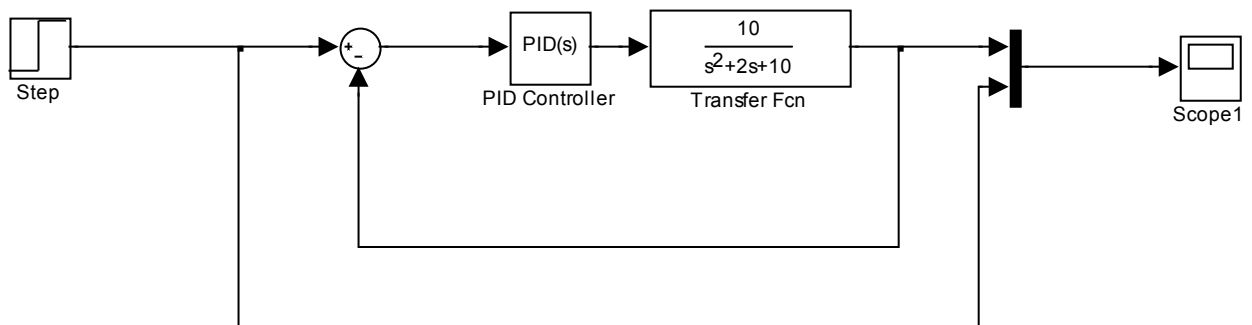
$$C(p) = \frac{Y(p)}{\varepsilon(p)} = K_p + \frac{1}{pT_i} + pT_d$$

2. Réglage d'un PID :

- Le réglage d'un PID consiste à déterminer les coefficients K_p , T_d et T_i afin d'obtenir une réponse adéquate du procédé et de la régulation. L'objectif est d'être robuste, rapide et précise. Il faut pour cela limiter les éventuels dépassements

2.2.2 Travail demandé

Afin d'étudier l'influences des coefficients T_d et T_i sur les performances du régulateur PID on va réaliser le schéma bloc suivant :



Essai 1 : on fixe $K_i = \frac{1}{T_i} = 0.2$ et $T_d = 0$ et on fait varier $K_p = 5, 10, 20$ et 30 .

Essai 2 : on fixe $K_p = 15$ et $T_d = 0$ et on fait varier $K_i = \frac{1}{T_i}$

K_i	1	5	10	20
T_i	1	0.2	0.1	0.05

1. Relever la courbe et déterminer : erreur statique, le dépassement et le temps de monté. Interpréter et conclure.

TP 4:

Réglage de la vitesse d'un moteur à courant continu.

But du TP

Le but de ce TP est d'étudier la régulation de la vitesse d'une machine à courant continue à excitation séparée à flux constant, pour ce faire, ce TP est réalisé avec le logiciel Matlab – Simulink.

Travail demandé

1^{ère} Partie : Modélisation de la MCC à flux constant

$$U_a = R_a I_a + L_a \frac{dI_a}{dt} + E \Rightarrow U_a - E = R_a I_a + L_a \frac{dI_a}{dt}$$

$$C_e = J \frac{d\Omega}{dt} + f\Omega + C_r \Rightarrow C_e - C_r = J \frac{d\Omega}{dt} + f\Omega$$

$$E_a = K_\phi \Omega$$

$$C_e = K_\phi I_a$$

En utilisant la transformation de Laplace, on a :

$$U_a(s) - E_a(s) = R_a I_a(s) + L_a s I_a(s) = [R_a + L_a s] I_a(s)$$

$$\frac{I_a(s)}{U_a(s) - E_a(s)} = \frac{1}{[R_a + L_a s]} \text{ avec } E_a(s) = K_\phi \Omega(s)$$

$$C_e(s) - C_r(s) = J s \Omega + f \Omega = [J s + f] \Omega$$

$$\frac{\Omega(s)}{C_e(s) - C_r(s)} = \frac{1}{[J s + f]} \text{ avec } C_e(s) = K_\phi I_a(s)$$

2.2 Les paramètres de la MCC à utiliser en simulation sont les suivants :

$$R_a = 10\Omega ; L_a = 0.05H ; J = 0.05Kg.m^2; f = 0 ; K_\phi = 1Wb \text{ et}$$

$$\frac{I_a(s)}{U_a(s) - E_a(s)} = \frac{I_a(s)}{U_a(s) - K_\phi \Omega(s)} = \frac{1}{10 + 0.05s}$$

$$\frac{\Omega(s)}{C_e(s) - C_r(s)} = \frac{1}{[J s + f]} = \frac{1}{0.05s}$$

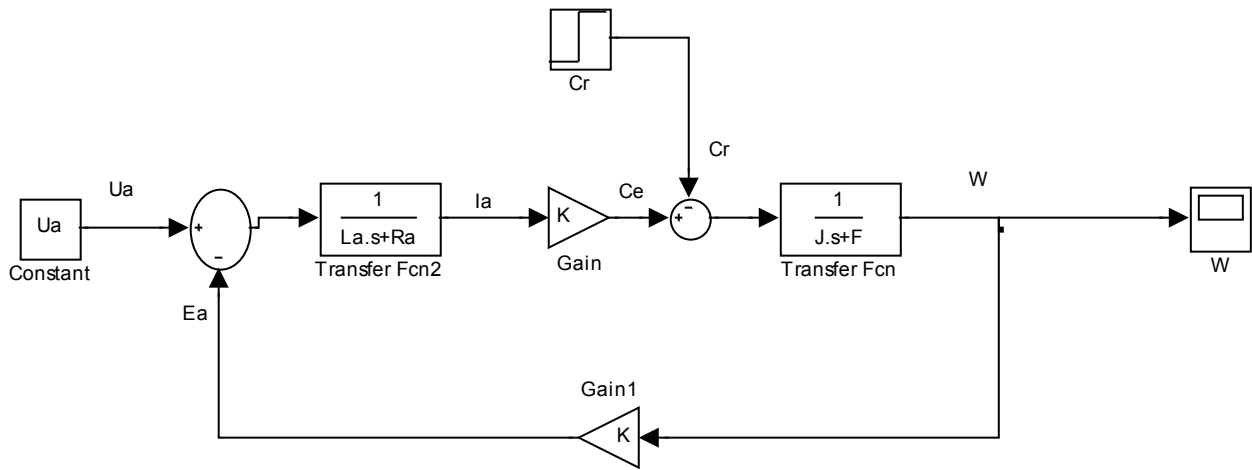


Fig.1. Le schéma fonctionnel de la MCC à flux constant

3. 2^{ème} Partie : Réalisation d'une commande par un PI de la vitesse du MCC :

Dans cette partie on associe à la machine à courant continu un régulateur PI pour la commande de la vitesse.

Les paramètres du régulateur sont calculés à l'aide d'un programme sous Matlab par la méthode placement des pôles.

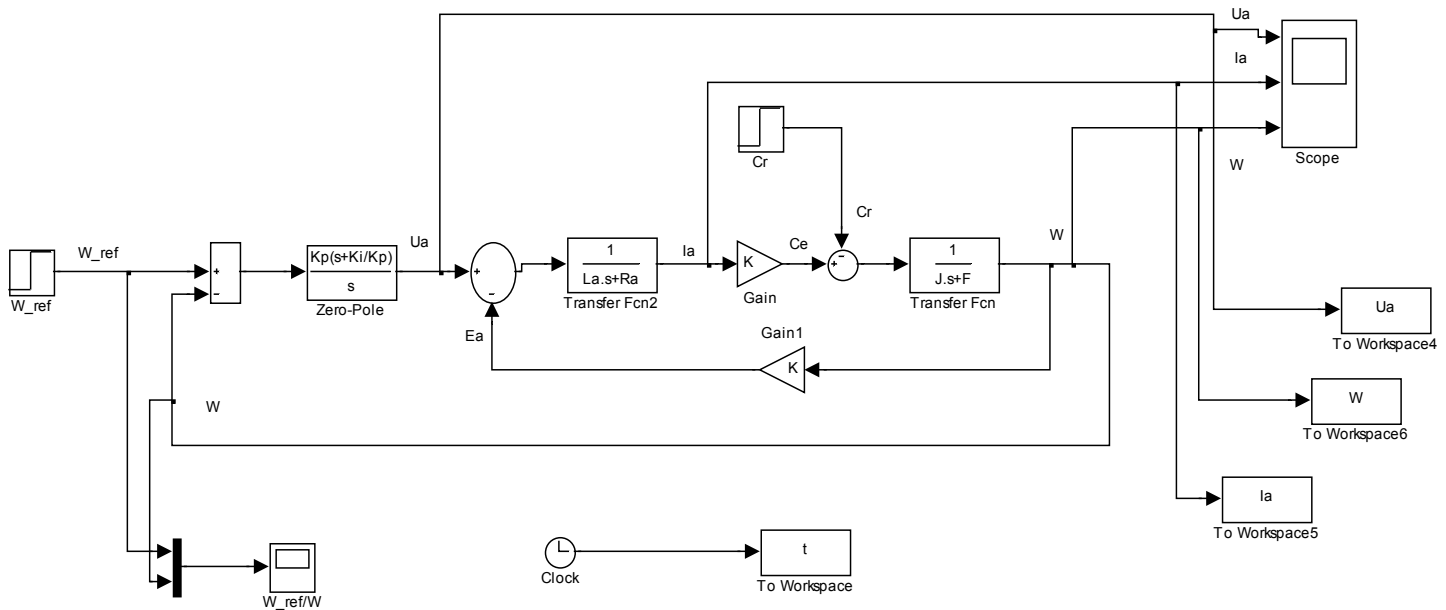


Fig.2. Le schéma fonctionnel de la MCC à flux constant avec le PI: $\Omega_{ref}=100\text{rd/s}$

Programme sous matlab pour le calcul des paramètres du régulateur PI

%Paramètres de la machine à courant continue

```
Ra= 10;  
La=0.05;  
J=0.05;  
F= 0;
```

% Calcul des gains du régulateur PI

```
K=1 ;
```

```
s1=-Ra/(3*La);  
s2=-Ra/(3*La);  
s3=-Ra/(3*La);
```

```
Ki=-(s1*s2*s3*La*J)/K;  
Kp=((s1*s2+s1*s3+s3*s2)*J*La-K)/K;
```

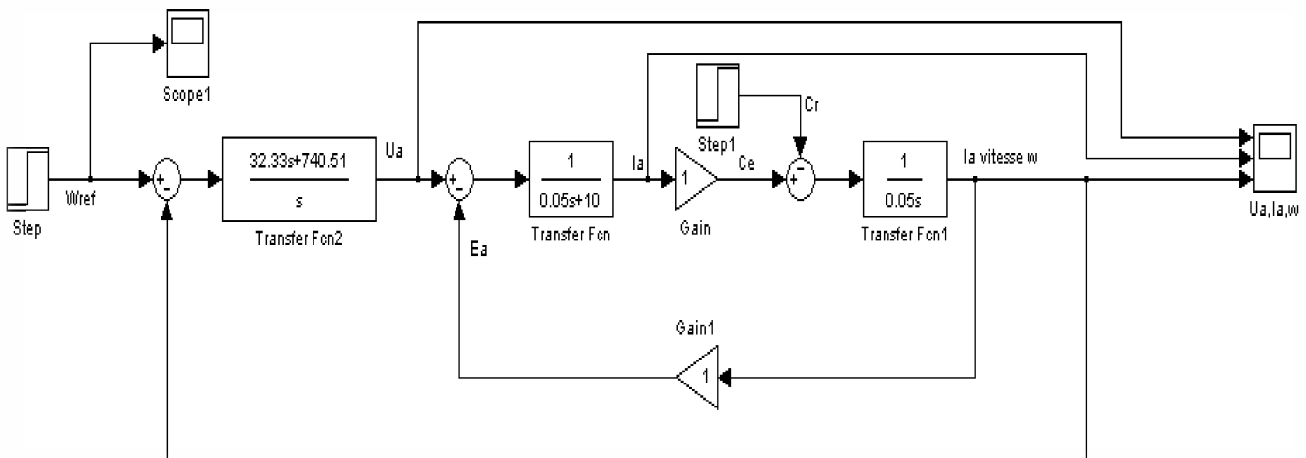


Fig.3. Le schéma fonctionnel de la MCC à flux constant avec le PI: $\Omega_{ref}=100\text{rd/s}$ après calcul des paramètres du régulateur PI

Exécuter la simulation du schéma bloc de la MCC à flux constant avec le PI (pendant 3 secondes) pour une vitesse de référence : $\Omega_{ref}=100\text{rd/s}$

2. **Essai avide** : ($C_r=0\text{ N.m}$)

3. **Essai en charge** : application d'une charge à $t=2$ seconde ($C_r=10\text{ N.m}$)

4. **Compte rendu**

1. Relever les courbes des différents signaux de sorties (U_a , I_a , W) .

2. Interpréter et conclure.