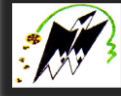


REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE



SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE MOULOU D MAMMERI DE TIZI-OUZOU
FACULTE GENIE ELECTRIQUE ET INFORMATIQUE

Mémoire de Master

En vue de l'obtention du diplôme de Master en électronique.

Option : électronique Industriel.

Thème

Asservissement de vitesse d'un moteur à courant continu

Réalisé par :

M^{elle} MAMERI Sabrina

M^r LEGHIMA Massinissa

Sous la direction de :

M^r BENNAMANE.K

Mémoire soutenu publiquement devant le jury :

Président : M^r ZIRMI Rachid

Enseignant

UMMTO

Promoteur : M^r BENNAMANE.K

Enseignant

UMMTO

Examinatrice : M^m SADOON

Enseignante

UMMTO

Année Universitaire : 2017/2018



Remerciements

Nous tenons à remercier tout d'abord le dieu tout puissant de nous avoir donné la force et le courage pour accomplir ce travail.

Nous tenons à exprimé notre reconnaissance et profonde gratitude.

BENNAMANE.K, pour avoir encadrée et dirigée ce travail, la confiance qu'il nous a accordée et le temps qu'il nous a consacré pour nous guider et à accomplir ce travail.

Nous remercions Mme SADOUN et M' ZIRMI de l'honneur qu'ils nous on fait d'être membre de jury.

Nous tenons à remercier vivement M' NAHI et M^{lle} KACHE Noura. Pour leurs disponibilités et leurs efforts pour nous guider et aider dans notre mémoire de fin d'étude.

Veillez trouver dans ce mémoire, l'expression de notre respect et notre admiration pour vos compétences.



Dédicaces

DIEU merci,

*Je dédie ce modeste travail à mon cher Père AREZKI
et ma chère maman FARIDA .ma tante TARKIA et
toute la famille pour leurs aides et leurs soutiens tout
au long de mes études.*

*A mes frères NADIR JUGURTHA, HACHIMI et
ma soeur SEMHANE
et notre petite soeur SARAH.*

*A tous mes amis (es) avec lesquelles j'ai partagé mes
meilleurs moments a la famille de BOUSSAID
Hocine et sa femme Sonia et sa petite fille Nélia ainsi
ABBASS Nadia, LAMIA, CHALLI RYAD,
HOCINI Oulhadj, ABASSIN Ghiles.*

*A toute personne qui m'a soutenue
de prés et de loin*

MASSINISSA



Dédicaces

DIEU merci,

*Je dédie ce modeste travail à ma maman chérie
NOUARA. Pour son aide et son soutien tout au long
de mes études.*

*A mes frères YACINE et LOUNIS
A ma soeur MESSAD, son mari TARIK ainsi sa belle
famille.*

*A ma grand-mère OUIZA à qui je souhaite longue
vie.*

*A mon meilleur BRAHIM, et toutes mes amies
DIHIA, LINDA, OUIZA avec lesquelles j'ai
partagé mes meilleurs moments, qui m'ont soutenues et
aidé.*

*A toute personne qui m'a soutenue
de près ou de loin.*

sabrina



Sommaire

Sommaire

- ❖ **Introduction générale**
- ❖ **Sommaire**
- ❖ **Liste de figure**
- ❖ **Liste de tableau**
- ❖ **Liste d'abréviation**
- ❖ **Annexes**
- ❖ **Bibliographie**

Chapitre I : généralité sur la machine a courant continu	1
I.1 Introduction	1
I.2 Construction et principe de fonctionnement	2
I.2.1 le stator	2
I.2.2 Le rotor	3
I.2.3 Collecteur /Balais	3
I.2.4 Principe de fonctionnement	4
I.3 Les déférant modes d'excitation	6
I.3.1 Moteur a excitation séparé (indépendant)	6
I.3.2 Moteur à excitation shunt (dérivée) PARALEL.....	7
I.3.3 Moteur à excitation série	7
I.3.4 Moteur a excitation composé (compound)	8
I.4 Avantage et inconvénient.....	8
I.5 Modélisation d'un Moteur à Courant Continu	9
I.6 Fonction de transfert de moteur	9
I.7 Conclusion	10
Chapitre II: Identification des paramètres du moteur à courant continu	11
II.1 Introduction	11
II.2 Méthode d'identification	11
II.2.1 Les modèle de connaissance.....	11
II.2.2 Les modèles dynamiques de commande	12
II.2.3 Méthodes systématiques	12
II.2.4 Modèles dynamiques (conduite)	12
II.2.5 la méthode des moindres carrées.....	13
II.3 la méthode utilisée	13

Sommaire

II.4 Partie pratique	14
II.4.1 Identification de R	15
II.4.2 Identification de L	18
II.4.3 Identification k	23
II.5 Conclusion	24
Chapitre III: Généralité sue l’asservissement et la régulation.....	25
III.1 Introduction	25
III.2 L’asservissement	25
III.2.1 Introduction	25
III.2.2 Principe d’un asservissement.....	26
III.3 La régulation	27
III.3.1 introduction	27
III.3.2 Principe générale de la régulation	27
III.4 Objectif	28
III.5 Formes fondamentaux du système.....	28
III.5.1 Système en boucle ouverte.....	28
III.5.2 Système en boucle fermée	29
III.6 Avantages et Inconvénients des boucles de régulations.....	29
III.7 Régulation PID.....	30
III.7.1 Introduction	30
III.7.2 Principe général.....	30
III.7.3 Objectifs d’un PID	31
III.7.4 Paramètres du PID	31
III.8 Les correcteurs P/PI/D/PID.....	36
III.8.1Le correcteur proportionnel (P)	36
III.8.2 Le correcteur proportionnel intégral (PI).....	37
III.8.3 Correcteur proportionnel dérivé (PD)	38
III.8.4 Correcteur proportionnel intégral dérivée (PID)	39
III.9 Conclusion	40
Chapitre IV : Asservissement et simulation du système réel.....	41
IV.1 Introduction	41
IV.2 Modélisation du moteur à courant continu en schéma bloc	41

Sommaire

IV.3 Fonction de transfert globale	42
IV.5 Schéma de simulation sur Matlab	45
IV.5.1 Repense du système	45
IV.6 Conclusion	60

Liste des figures

Liste des figures des figures :

Figure I.1 : Schéma de constitution d'un moteur à courant continu	1
Figure I.2 : constitution du moteur à courant continu	2
Figure I.3 : stator	2
Figure I.4 : rotor	3
Figure I.5 : collecteur balais du MCC	3
Figure I.6 : la loi des trois doigts de la main droite de sens de rotation	5
Figure I.7 : représentation de sens de la force, courant et champs magnétique	5
Figure I.8: les schémas des différents types d'excitations	6
Figure I.9 : schéma équivalent d'un moteur à courant continu	9
Figure II.1:méthodes d'identification par approximation	11
Figure II.2 : les deux parties constituant le moteur	12
Figure II.3: visualisation sur l'oscilloscope de la réponse du moteur soumis à un échelon de Tension	14
Figure II.4: réponse du moteur soumis à un échelon de tension au démarrage.....	16
Figure II.5 : réponse du moteur soumis à un échelon de tension après qu'il soit chauffé	17
Figure II.6 : réponse du moteur soumis à un échelon de tension après qu'il soit surchauffé	18
Figure II.7 : Courant traversant le moteur bloqué soumis à un échelon de tension	19
Figure II.8 : allure de la réponse du moteur à $T=1m$	s20
Figure II.9 : Allure de la réponse du moteur au régime transitoire avec $T=50ms$	20
Figure II.10 : la constitution d'un hacheur série	21
Figure II.11 : le fonctionnement de l'interrupteur	22
Figure II.12 : schéma interne du hacheur série	22
Figure II.13 : l'allure de la tension de la tension	23
Figure II.14 : l'allure du courant	23
Figure II.15: la fem en fonction de la vitesse	24
Figure III.1 : les étapes de l'asservissement en boucle fermé	25
Figure III.2 : schéma de régulation en boucle ouverte	28
Figure III.3: système de régulation en boucle fermé.....	29
Figure III.4: schéma d'un correcteur PID	30
Figure III.5 : réponse du système avec l'action proportionnel.....	32
Figure III.6: réponse du système avec l'action intégral	34
Figure III.7 : réponse du système avec l'action dérivé.....	35
Figure III.8 : Montage d'un amplificateur non inverseur.....	36
Figure III.9 : montage d'un correcteur PI.....	37
Figure III.10: Montage d'un correcteur proportionnel dérivé	38
Figure III.11: montage d'un correcteur PID.....	39
Figure IV .1 : schéma bloc d'un MCC.....	41
Figure IV.2: schéma bloc lorsque la perturbation $Cr=0$	42
Figure IV.3 : schéma bloc lorsque l'entrée $e(t) = 0$	43

Figure IV.4 : bloc de simulation sur matlab en BO.....	45
Figure IV.5: réponse du système en BO.....	45
Figure IV.6 : Système en BF	46
Figure IV.7: repense du système à vide	46
Figure IV.8 : bloc du système sans bruit	47
Figure IV.9 : réponse du système en BF avec $K=1$	47
Figure IV.10: réponse du système avec gain $K=4.17$	48
Figure IV.11 : réponse du système en BF avec $K=8.35$	48
Figure IV.12 : schéma bloc du système avec perturbation	49
Figure IV.13: réponse du système avec perturbation=0.1 à T [4-5]	49
Figure IV.14: Réponse du système avec perturbation =0.3 à T [4 -5]	50
Figure IV.15 : réponse du système avec perturbation =0.1 à T [6-9]	50
Figure IV.16: réponse du système avec perturbation =0.3 T [6-9]	51
Figure IV.17: réponse du système avec perturbation de 0.1 à T [8-9]	51
Figure IV.18: réponse du système avec perturbation =0.3 à T [8-9]	52
Figure IV .19: réponse du système avec perturbation =0.1 à T [4-5]	52
Figure IV.20: réponse du système avec perturbation =0.1 à T [6-9]	53
Figure IV.21: réponse du système avec perturbation =0.3 à T [6-9]	53
Figure IV.22: réponse du système avec perturbation =0.1 à T [8-9]	54
Figure IV.23: Réponse du système avec perturbation =0.3 à T [8-9]	54
Figure IV.24: réponse du système avec perturbation =0.1 à T [4-5].....	55
Figure IV.25: réponse du système avec perturbation = 0.3 à T [4-5]	55
Figure IV.26: réponse du système avec perturbation =0.1 à T [6-9]	56
Figure IV.27: réponse du système avec perturbation = 0.3 à T [6-9].....	56
Figure IV 28: réponse du système avec perturbation = 0.1 à T [8-9]	57
Figure IV.29: réponse du système avec perturbation à T [8-9]	57
Figure IV 30 : réponse du système avec 2 perturbations	58
Figure IV.31 : réponse du système avec 2 perturbations avec correcteur PI	58
Figure IV.32 : réponse du système avec 2 perturbations avec correcteur PI	59

Liste des tableaux

Liste des tableaux

Tableau II.1 : tableau de valeur des paramètres Fem, Ω et K.....	23
Tableau III.1 : tableau récapitulatif sur les avantage et inconvénients	29
Tableau III.2 : tableau récapitulatif sur les avantages et les inconvénients.....	40
Tableau IV.1 : tableau récapitulatif des valeurs des paramètres du moteur	42

Liste d'abréviation

Liste d'abréviation

MCC : moteur a courant continu
 L_m : la self de moteur
 R_m : la résistance du moteur
 R_T : la résistance du moteur plus la résistance de shunt
 E : fem : la force électromotrice
 C_r : couple résistance
 K : interrupteur
 F : force de Laplace.
 I : le courant qui parcourt les conducteurs.
 dl : élément de longueur du conducteur.
 B : le champ magnétique
 $u(t)$: Tension appliquée au moteur
 $i(t)$: Intensité du courant traversant le moteur
 f : coefficient de frottement visqueux
 $e(t)$: force contre électromotrice
 $\Omega(t)$: Vitesse de rotation du moteur
 T_r : couple résistant
 J : moment d'inertie de l'axe du moteur
 C : couple moteur
 α : rapport cyclique
 G : gain
 D : diode
DC : courant continu (Direct Courant)
 P : correcteur proportionnelle
PI : correcteur Proportionnelle Intégrateur
PID : correcteur Proportionnelle Intégrateur Dérivé
 K_p : gain du correcteur proportionnel
 T_i : le temps d'intégration
 T_d : le temps de dérivation
BP : Bande Proportionnelle
 $F(p)$: Fonction de transfert
 $\varepsilon(t)$: L'erreur statique
BO : Boucle Ouverte
BF : Boucle Fermé

introduction
général

Introduction générale

Introduction générale

Un moteur est une machine qui est appelée à transformé de l'énergie quelconque sous forme d'une énergie mécanique de rotation, suivant les différents types d'énergie que les moteurs transforment, nous distinguons les moteurs thermiques, les moteurs électriques, les moteurs hydrauliques...

Les moteurs électriques ont une très grande importance dans l'industrie. Et souvent leur vitesse de rotation intervient dans beaucoup d'application dans l'industrie telle-que la robotique, L'entraînement des pompes... et ses applications exigent souvent que cette vitesse soit constante dans le temps, mais ce qui n'est pas le cas des moteurs électriques. Il est impossible de fabriqué un moteur électrique parfait, Mais il est possible de commander sa vitesse facilement et d'avoir de meilleurs résultats, cette technique est appelée « *Asservissement de vitesse* », son bute est d'être capable de contrôler avec précision la vitesse du moteur.

Parmi les moteurs électriques, le moteur à courant continu sur le quel on a fait notre étude. Notre projet s'intitule alors « *Asservissement de vitesse d'un moteur à courant continu* »cette étude consiste à rendre le moteur plus rapide, stable et précis.

L'identification et la modélisation sont des disciplines fondamentales et indispensables qui procèdent toute opération de simulation. Elle permet d'étudier le comportement d'un afin d'effectuer ensuite lune commande système. Une identification des paramètres du moteur s'impose vu que notre moteur ne possède pas de plaque signalétique.

Notre travail est subdivisé en 4 chapitres hormis l'introduction et la conclusion

Dans le premier chapitre, on va parler des généralités sur le moteur à courant continu.

Dans le deuxième chapitre, on va parler de l'identification des paramètres du moteur à courant continu.

Dans le troisième chapitre, on va présenter les généralités de l'asservissement, la régulation et le correcteur PID.

Le quatrième chapitre on va élaborer une simulation sur matlab avec les paramètres de notre moteur.

Puis vient la conclusion générale, pour clore notre travail .

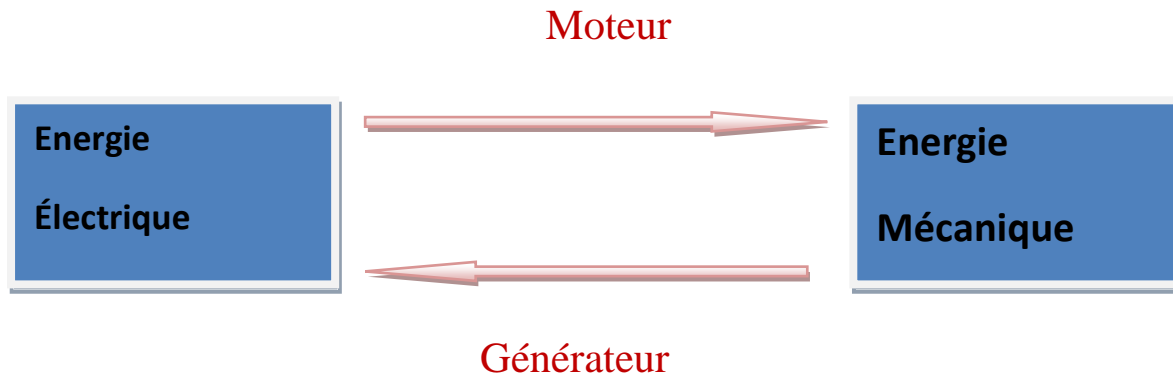
Chapitre I : généralités
sur la machine à courant
continu

Chapitre I : généralités sur la machine à courant continu

I.1 Introduction

Un moteur à courant continu est une machine électrique tournante, occupant une place très importante dans le domaine industriel.

Il s'agit d'un convertisseur électromécanique, permettant la conversion bidirectionnelle d'énergie entre une installation électrique parcourue par un courant continu et un dispositif mécanique d'où l'énergie électronique est transformée en énergie mécanique de rotation qui est l'énergie utile.



La construction des moteurs est identique à celle des génératrices, de sorte qu'une machine à courant continu peut se servir indifféremment comme moteur ou comme génératrice. Le moteur à courant continu est l'une des machines les plus utilisées dans beaucoup de secteurs industriels. En principe, cette machine est à vitesse variable. Nous pouvons distinguer, le domaine le plus large est celui de la traction électrique (tramways, véhicules électriques en général).

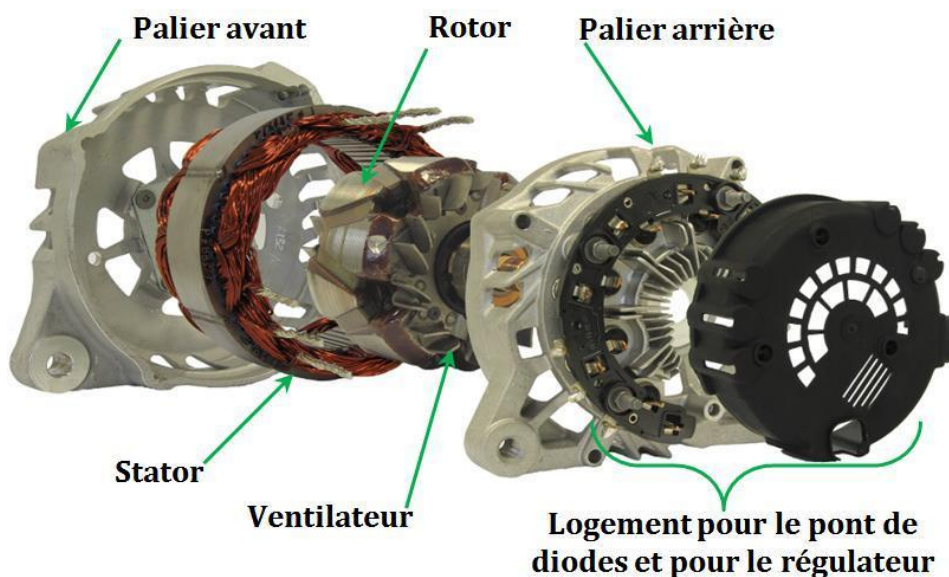


Figure I.1 : Schéma de constitution d'un moteur à courant continu

Chapitre I : généralités sur la machine à courant continu

I.2 Constitution et principe de fonctionnement

Le moteur à courant continu est réversible constitué de trois parties principales :

- l'induit
- l'inducteur
- le dispositif collecteur

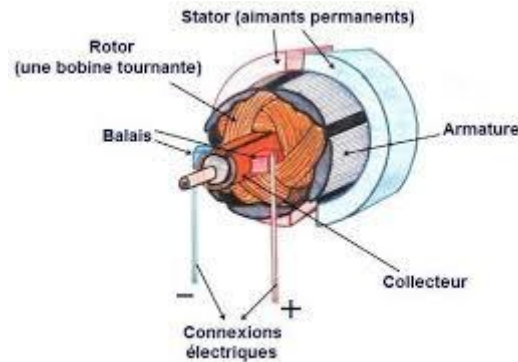


Figure I.2 : constitution du moteur à courant continu

I.2.1 Le stator (L'inducteur)



Figure I.3 : stator

C'est la partie fixe du moteur, formé soit d'aimants permanents soit de bobines placées autour des noyaux polaires (noyaux polaires constituées de tôles feuilletées pour réduire les pertes par courants Foucault). Lorsque les bobines sont parcourues par un courant continu, elles créent un champ magnétique dans le circuit magnétique de la machine notamment dans l'entrefer, espace séparant la partie fixe et la partie mobile.

I.2.2 Le rotor (L'induit)



Figure I.4. : Rotor

C'est la partie tournante (mobile) du moteur. Il porte des conducteurs parcourus par un courant continu (alimentation du moteur) ; ces spires, soumises à des forces dite force de la place), entraîne la rotation du rotor. Appelé induit en référence au fonctionnement généralice de la machine.

I .2.3 Collecteur/ balais

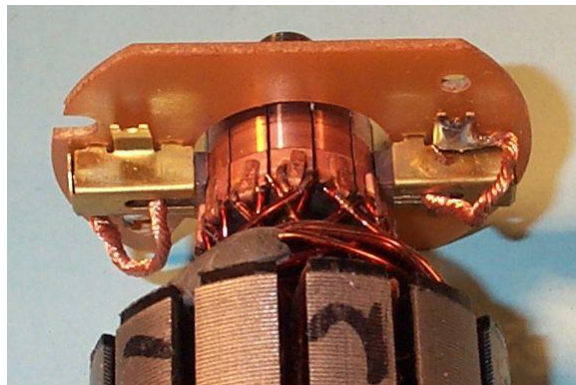


Figure I.5: collecteur balais du MCC

Le dispositif collecteur /balais permet de faire circuler un courant dans l'induit.

➤ Le collecteur : est un ensemble cylindriques de lames de cuivre, isolés latéralement les unes des autres. Ces lames sont reliées électriquement au bobinage de l'induit et transforment le courant alternatif dans le bobinage en courant continu.

C'est un commutateur mécanique qui inverse le sens du courant d'alimentation dans les conducteurs de l'induit qui franchissent la ligne neutre.

➤ Les balais : fait en carbone en raison de sa bonne conductivité électrique est de son faible coefficient de frottement assure la liaison électrique (contacte glissant) entre la

Chapitre I : généralités sur la machine à courant continu

partie fixe et la partie (Pour des machines de forte puissance, la mise en parallèle des balais est alors nécessaire.

I.2.4 Principe de fonctionnement

Comme toutes les autres machines électrique la machine à courant continu ; peut fonctionner en moteur ou générateur.

a) Fonctionnement générateur

Dans le cadre d'une génératrice à excitation indépendante. Le rôle d'un générateur est de fournir de l'électricité sous tension continue variable. Pour cela, il faut lui fournir de l'énergie mécanique sous forme d'un couple qui entraîne la rotation de la machine et également de l'électricité pour alimenter l'excitation, qui crée le champ magnétique. Comme l'enroulement d'excitation est fixe (situé au stator) et est parcouru par un courant continu, le champ qu'il crée est de direction constante.

De plus le couple d'extérieur fait tourner le rotor.

L'interaction d'un champ fixe et d'un conducteur mobile provoque l'apparition d'une tension induite (E) aux bornes de l'enroulement d'induit. Cette force électromotrice (f.e.m.) est recueillie et redressée par les balais qui frottent sur le collecteur.

Selon l'amplitude du champ créé par l'excitation (et donc selon la valeur du courant d'excitation). la tension induite sera d'amplitude variable.

b) Fonctionnement moteur

Pour comprendre son principe de fonctionnement, nous allons supposer que l'inducteur et l'induit sont électriquement séparés. Nous sommes alors dans le cas d'un moteur à excitation indépendante.

On alimente l'excitation du moteur .celui-ci crée un champ d'induction de direction constante. de plus, on fait circuler un courant dans le rotor en alimentant l'enroulement.

En vertu du principe de Laplace, l'interaction d'un courant avec un champ qui lui est perpendiculaire crée un couple sur les enroulements du rotor. Ce couple entraîne la rotation du moteur comme l'indique la formule suivante :

$$\vec{F} = I \cdot d\vec{l} \wedge \vec{B}$$

Avec :

F : force de Laplace.

I : le courant qui parcourt les conducteurs.

dl : élément de longueur du conducteur.

B : le champ magnétique

Le sens de rotation est par la loi des trois doigts de la main droite

Chapitre I : généralités sur la machine à courant continu

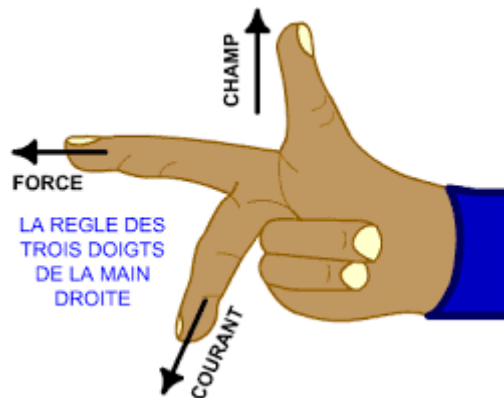


Figure I.6 : la loi des trois doigts de la main droite de sens de rotation

- ✓ Le Pouce indique le sens du champ magnétique B
- ✓ L'Index indique le sens de la force électromagnétique F
- ✓ Le Majeur indique le sens du courant I

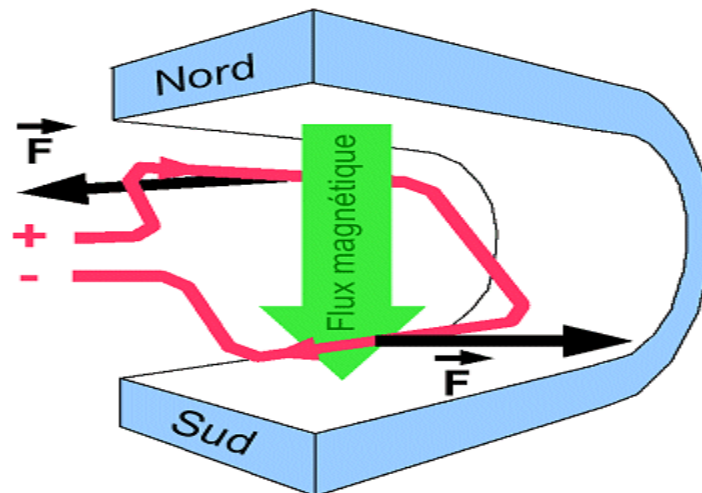
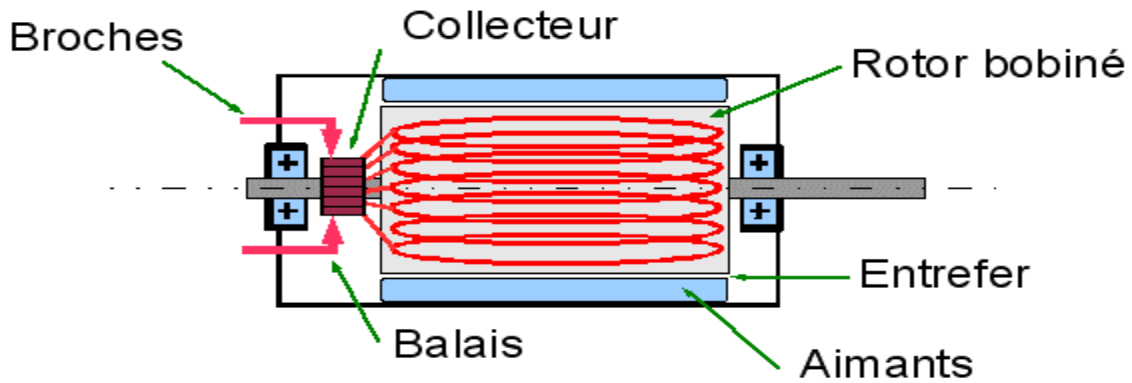


Figure I.7 : représentation de sens de la force, courant et champs magnétique

Si un conducteur en forme de spire, parcouru par un courant I , est placé dans un champ magnétique, il est soumis à des forces de Laplace. Ces forces créent un couple de rotation qui fait tourner la spire sur son axe. Quand la spire a fait un demi-tour, il faut inverser la polarité pour inverser le sens des forces et continuer le mouvement. Ce sera le rôle du collecteur.

Le rotor, (partie tournante), est constitué d'un noyau métallique avec un bobinage de cuivre, le Stator comporte des aimants permanents qui engendrent un champ magnétique dont le flux traverse le rotor. L'espace étroit entre le rotor et le stator est nommé entrefer.

Chapitre I : généralités sur la machine à courant continu



Le rotor est l'induit et le stator l'inducteur, dans d'autres moteurs, l'inducteur peut également être bobiné. Un collecteur avec des balais (charbons) permet de transmettre l'énergie électrique au rotor.

Le rotor est donc constitué de fils électriques parcourus par un courant qui forment des spires, ces même fils sont dans le flux magnétique des aimants. Ces conducteurs sont donc soumis à des forces de Laplace, un couple moteur est ainsi créé. Pour entretenir la rotation du moteur, le collecteur inverse le sens du courant dans les spires à chaque demi-tour.

I.3 Les différents modes d'excitations

Les moteurs à courant continu se différencient par la manière dont on fournit le courant d'excitation. Les différents cas possibles sont :

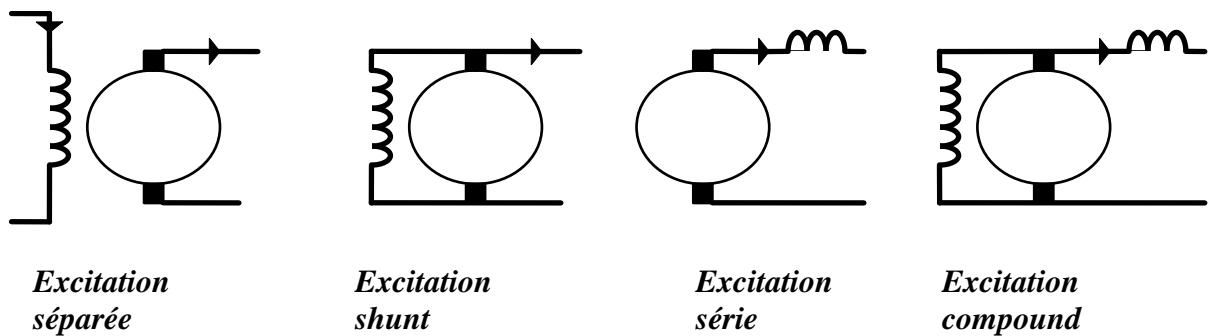


Figure I.8: les schémas des différents types d'excitations

I.3.1 Moteur à excitation séparée (indépendante)

a) définition

Ce mode d'excitation nécessite deux sources d'alimentations distinctes. L'alimentation de l'enroulement inducteur est prise sur une source indépendante de la source principale. On change le sens de rotation en permutant les bornes de l'induit ou de l'inducteur

Chapitre I : généralités sur la machine à courant continu

b) Domaine d'application

Particularités	Emplois
Moteur autorégulateur de vitesse. La vitesse est relativement constante quelque soit la charge	Moteur très utilisée avec des dispositifs à vitesse variable Entraînements de machines-outils (remplacé par le moteur à synchrone triphasé)

I.3.2 Moteur à excitation shunt (dérivée) PARALEL :

a) définition

L'enroulement d'excitation est connecté en parallèle sur l'alimentation du moteur, il possède les mêmes propriétés que le moteur à excitation séparée du fait que, dans les deux cas, l'inducteur constitue un circuit extérieur à celui de

b) Domaine d'application

Particularité	Emplois
Moteur autorégulateur de vitesse .la vitesse est relativement constante quelque soit la charge.	Appareils de lavage et de manutention Utilisé aussi en excitation indépendante.

I.3.3 Moteur à excitation série

a) définition

Le circuit d'excitation est placé avec l'induit du moteur .sa particularité est d'avoir un inducteur qui est traversé par le même courant, L'inducteur possède donc une résistance plus faible que celle d'autre type de machines. L'inducteur est en série avec l'induit : une seule source d'alimentation suffit. On change le sens de rotation en permutant les connexions de l'induit et de l'inducteur.

Chapitre I : généralités sur la machine à courant continu

b) Domaine d'application

Particularités	Emplois
Moteur autorégulateur de puissance. possède un très grand couple de démarrage mais risque l'emballement à vide. La vitesse décroît quand la charge augmente.	Moteur très utilisée en traction électrique Il a tendance à s'emballais rapidement

I.3.4 Moteur à excitation composée (compound)

a) définition

C'est une combinaison des deux cas précédents (shunt et série). Un premier inducteur est en série avec l'induit et un second inducteur est en parallèle.

b) Domaine d'application

Particularités	Emplois
risque d'emballement du fait de l'annulation du flux résultant des enroulements	Pratiquement cz moteur n'est plus utilisé

I.4 Avantage et inconvénient :

L'avantage principal, qui a fait le succès du moteur à courant continu, est la facilité de la commande de sa vitesse. L'inconvénient majeur est liée a la nécessité du système collecteur/ballais .Sa présence est source de problèmes de communication, d'étincelles, est limite la vitesse de rotation et elle entraine la nécessite d'une maintenance contraignante .la présence de l'induit au rotor, à l'intérieur du stator, ne facilite pas les échanges thermiques .En fin, le prix des moteurs à courant continu est plus élevé que celui de ses concurrents.

Chapitre I : généralités sur la machine à courant continu

I.5 Modélisation d'un moteur à courant continu :

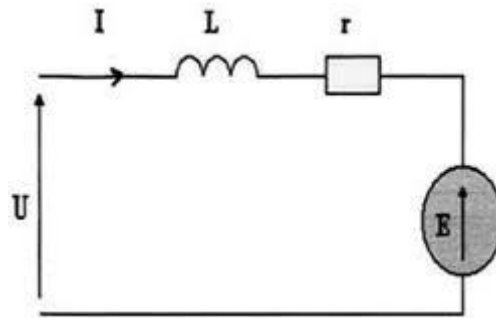


Figure I.9: schéma équivalent d'un moteur à courant continu

Un moteur électrique à courant continu est régi par les équations physiques découlant de ses caractéristiques électriques, mécaniques et magnétiques.

D'après la loi de Newton, combiné à la loi de Kirchhoff, on peut écrire les équations différentielles de premiers ordres suivantes :

$$u(t) = Ri(t) + Li \frac{di(t)}{dt} + e(t) \quad \dots(1)$$

$$e(t) = Ke\Omega(t) \quad \dots(2)$$

D'après le principe de la dynamique on a :

$$T_i - T_r - f\Omega(p) = Jp\Omega \quad \dots(3)$$

$$T_i = K_{ci} - Tp$$

$$T_r = f(t)$$

$u(t)$: Tension appliquée au moteur

$e(t)$: force contre électromotrice

$i(t)$: Intensité du courant traversant le moteur

$\Omega(t)$: Vitesse de rotation du moteur

T_i : couple moteur généré

T_r : couple résistant

f : coefficient de frottement visqueux

J : moment d'inertie de l'axe du moteur

I.6 Fonction de transfert du moteur

On passe à Laplace :

$$U(p) = R \cdot I(p) + L \cdot p \cdot I(p) + E(p) \quad (4)$$

$$E(p) = Ke \cdot \Omega(p) \quad (5)$$

$$T_i - T_r = J \cdot p \cdot \Omega(p) \quad (6)$$

Chapitre I : généralités sur la machine à courant continu

En combinant (4) et (5) on obtient :

$$U(p) = R \cdot I(p) + L \cdot p \cdot I(p) + K \cdot \Omega(p)$$

On modifiant (6) on a :

$$K \cdot I(p) - T p - f \Omega(p) = J \cdot p \Omega(p)$$

On en déduit l'expression de $\Omega(p)$:

$$\Omega(p) = \frac{K \cdot I(p) - T p}{f + J \cdot p} \quad (4)$$

On l'injecte à présent dans (4) :

$$U(p) = \Omega(p) \left(\frac{(R+L \cdot p) \cdot (f+J \cdot p)}{K} + K e \right) + \frac{R+L \cdot p}{f+J p} T p$$

On suppose que le moment du couple de pertes (qui est vu comme une perturbation) est négligeable devant le moment du couple électromagnétique ($K c i(t)$) on peut alors prendre C_p nul pour simplifier le système.

On a donc :

$$U(p) = \Omega(p) \frac{(R+L \cdot p) \cdot (f+J \cdot p)}{K} + K$$

La tension cherchée $H(p)$ est entre la tension entrant dans le moteur $U(p)$ et la vitesse de sortie $\Omega(p)$:

$$H(p) = \frac{\Omega(p)}{U(p)} = \frac{K}{(R+L \cdot p) \cdot (f+J \cdot p) K c^2} \quad (7)$$

I.7 Conclusion :

Dans ce chapitre nous nous sommes familiarisés avec la machine à courant continu. A l'heure actuel les machines à courant continu ne sont plus guère utilisées comme génératrices de puissance, leurs larges possibilités de réglage de vitesse et de position ont favorisé leur utilisation en moteur (à excitation séparée) dans les applications où cette caractéristique est implorante, surtout depuis le développement des semi conducteur de puissance (transistors et thyristors).

La supériorité de ces moteurs réside dans le fait qu'il se prête facilement à un contrôle souple continu et presque instantané de leur vitesse.

*Chapitre II : Identification des
paramètres du moteur à courant
continu*

Chapitre II : Identification des paramètres du moteur à courant continu

II.1 Introduction

Pour commander un moteur à courant continu on doit avoir son modèle mathématique pour pouvoir élaborer une loi de commande qui va assurer le fonctionnement désiré. Pour cela, une modélisation est nécessaire pour obtenir une relation mathématique liant la tension de commande à la vitesse de rotation du moteur.

Mais dans notre cas la modélisation est une tâche très compliquée à réaliser à cause de l'absence d'information sur les paramètres du moteur (R, L, K,...etc.) pour cela une identification s'impose.

II.2 Méthode d'identification

L'identification consiste à chercher les paramètres du modèle mathématique du système à partir de données expérimentales et de connaissances disponibles a priori. Ces paramètres peuvent avoir une signification physique comme dans les modèles de connaissance (issues des lois de la mécanique, de l'électricité, etc) ou ne peuvent pas en avoir. Dans les deux cas, ils doivent fournir une approximation fidèle des comportements du système physique, dans la mesure où leurs paramètres sont ajustés à partir de données expérimentales. L'objectif recherché est de rendre identiques les réponses du processus et du modèle, pour des séquences d'entrée données.

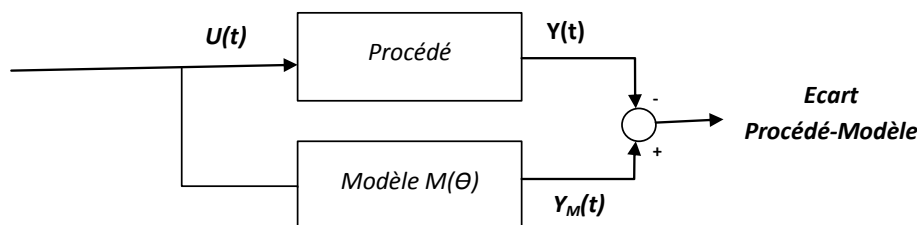


Figure II.1: méthodes d'identification par approximation

Pour aboutir aux paramètres du système il existe plusieurs méthodes d'identification :

II.2.1 Les modèles de connaissance

(Basés sur les lois de la physique, de la chimie...) donnent une description complète des systèmes et sont utilisés pour la simulation et la conception des procédés. Ce sont souvent des modèles complexes. . Lorsque le système est peu complexe il est possible d'écrire les relations entre les différentes grandeurs physiques décrivant les différents sous-systèmes.

Chapitre II : Identification des paramètres du moteur à courant continu

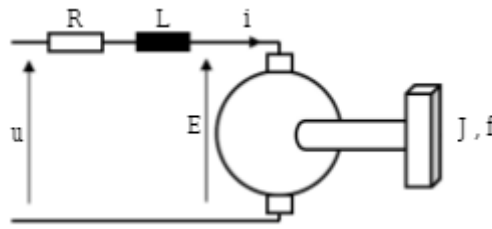


Figure II.2 : les deux parties constituant le moteur

D'après nos connaissances, on peut déduire facilement les équations mathématiques du moteur à courant continu

$$u = E + R i + L di/dt$$

$$C = k i$$

$$E = k \Omega$$

$$J d\Omega/dt = C - J f$$

II.2.2 Les modèles dynamiques de commande

Qui donnent la relation entre les variations des entrées d'un système et les variations de la sortie, sont utilisés en automatique.

Les modèles dynamiques sont de deux sortes :

- Modèles non paramétriques (réponse fréquentielle, réponse à un échelon).
- Modèles paramétriques (fonction de transfert, équations différentielles).

II.2.3 Méthodes systématiques

Lorsque le système s'avère plus complexe, il est souvent utile de mettre en œuvre une méthode systématique. Les équations de Lagrange sont l'une de ces méthodes, particulièrement adaptée dans le cadre de la robotique mais presque tous les systèmes sont modélisables par cette méthode.

II.2.4 Modèles dynamiques (conduite)

Les modèles dynamiques peuvent être utilisés pour la conception et l'ajustement des systèmes de commande et de régulation. Bien que des indications sur la structure de ces modèles de commande puissent s'obtenir à partir de la structure du modèle de connaissance, il est en général très difficile de déterminer les valeurs des paramètres significatifs à partir de ces modèles.

Chapitre II : Identification des paramètres du moteur à courant continu

C'est la raison pour laquelle, dans la majorité des situations pratiques, on est amené à mettre en œuvre une méthodologie d'identification directe de ces modèles dynamiques (de commande). Nous nous intéresserons par la suite à l'identification des modèles dynamiques paramétriques et non paramétriques.

L'identification est une approche expérimentale pour la détermination du modèle dynamique d'un système qui s'appuie sur un certain nombre de techniques algorithmiques pour traiter les données expérimentales. Elle comporte quatre étapes :

- ✓ Acquisition des entrées/sorties sous un protocole d'expérimentation.
- ✓ Estimation (choix) de la structure du "modèle" (complexité).
- ✓ Estimation des paramètres du modèle.
- ✓ Validation du modèle identifié (structure et valeur des paramètres).

La première étape fournit les données entrées/sorties permet l'extraction d'un modèle de procédé significatif

L'estimation (ou le choix) permet de déterminer quels sont les paramètres à estimer et quel est leur nombre. L'estimation paramétrique utilise des algorithmes qui, à partir des mesures entrées/sorties disponibles, fournissent les paramètres du modèle. Enfin, la dernière étape doit permettre de mettre en évidence si le modèle identifié est représentatif des comportements entrées/sorties du procédé.

Une opération d'identification complète doit nécessairement comporter les quatre phases. Les méthodes spécifiques utilisées dans chaque phase dépendent du type de modèle recherché (paramétrique ou non paramétrique, continu ou échantillonné).

II.2.5 la méthode des moindres carrées

Le principe générale de cette méthode est de choisir le jeu de paramètres d'un modèle que l'on définira, de telle sorte qu'il minimise la somme des carrées de la différence entre les valeurs prédites par le modèle et les valeurs observées.

II.3 la méthode utilisée

Dans notre travail on a utilisée la méthode d'identification "classique" à fin d'obtenir des modèles paramétriques à partir des modèles non paramétriques type "réponse à un échelon ". Cette méthode, initialement utilisée pour obtenir des modèles paramétriques continus, a été étendue pour l'identification des modèles échantillonnés.

A partir de la forme de la réponse du procédé à un échelon, on choisit un type de modèle et on détermine graphiquement les paramètres de ce modèle. Dans notre cas on veut voir la réponse indicielle du système de premier ordre (régime permanent et dynamique ou bien transitoire).

Chapitre II : Identification des paramètres du moteur à courant continu

Les inconvénients de cette méthode sont multiples :

- signaux test d'amplitude importante (rarement tolérés par les installations industrielles)
- précision réduite
- influence néfaste des perturbations
- pas de possibilité de modélisation des perturbations
- procédure longue

II.4 Partie pratique

Pour identification des paramètres de moteur, on met ce dernier en série avec une résistance de shunt dont sa valeur connue ($R_{sh} = 0.16 \Omega$), pour capter la figure de la linéarisation du courant et la résistance, on alimente le moteur, on bloquant le rotor et en visualiser la différence de potentielle aux borne de la résistance de shunt on obtient la figure suivant :

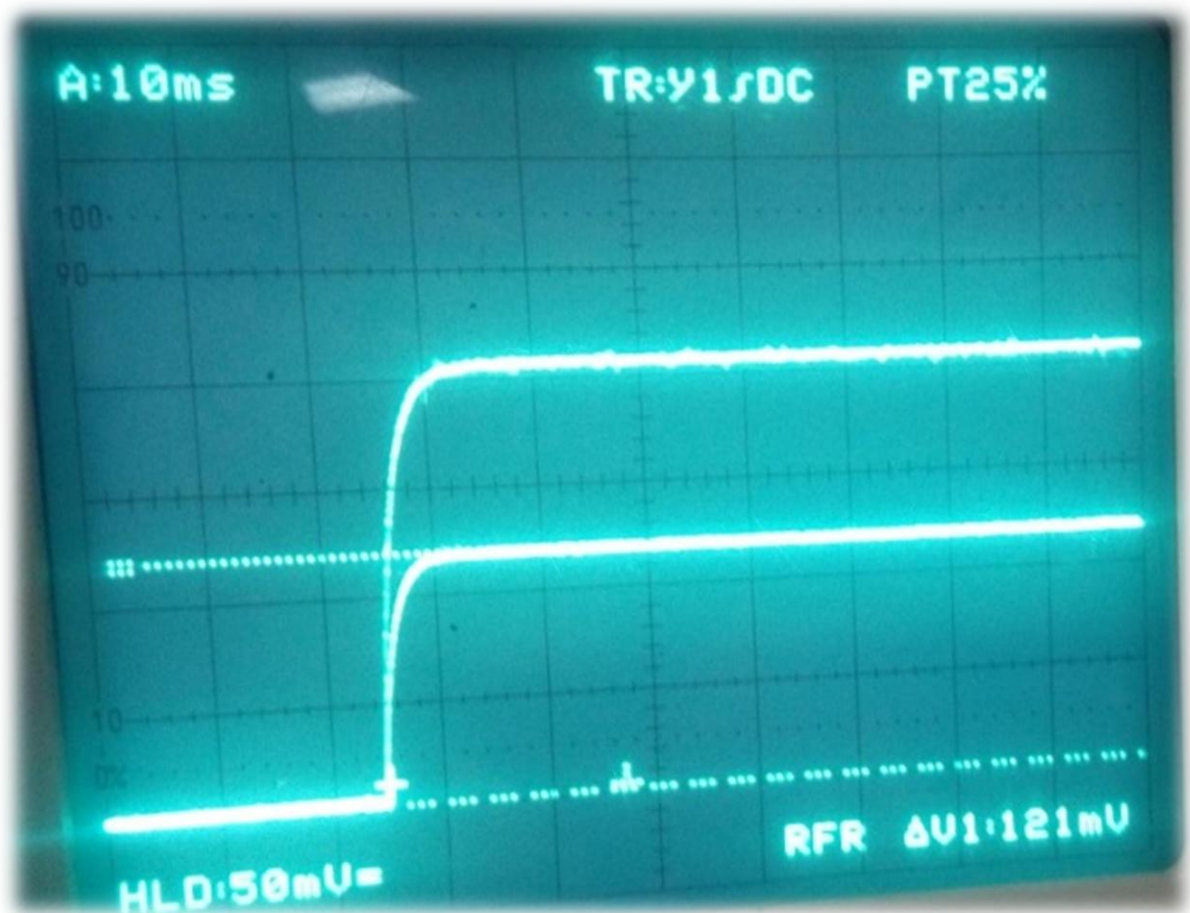


Figure II.3: visualisation sur l'oscilloscope de la réponse du moteur soumis à un échelon de tension.

Chapitre II : Identification des paramètres du moteur à courant continu

On lit la valeur du courant dans la source de courant $I = 1,9 \text{ A}$

II.4.1 Identification de R

a) 1^{er} méthode

Pour déterminer R il faut effectuer un essai à rotor bloqué ($\Omega = 0$). En effet on a alors $E = 0$ et lorsque le système atteint le régime continu, $di/dt = 0$. On a alors une relation de proportionnalité entre le courant I et la tension aux bornes de la machine U :

$$U = R.I + L \frac{di}{dt} + E \quad \Longrightarrow \quad U = R.I$$

(Note: In the original image, the terms $L \frac{di}{dt}$ and E in the first equation have red '0' above them and diagonal slashes through them, indicating they are zero.)

Donc la résistance s'obtient comme suite : $R = \frac{U}{I}$

$$\text{Tel-que : } U = 8.5 \text{ et } I = 1.99 \quad \Longrightarrow \quad R_T = 4.27 \Omega$$

$$R_m = R_T - R_{sh} \quad R_m = 4.11$$

b) 2^{eme} méthode

R s'obtient simplement par mesure de la résistance

via un ohmmètre à l'état d'arrêt on obtient :

$$R_m = 4,86 \Omega$$

c) 3^{eme} méthode

Dans cette méthode on a limité le courant

Chapitre II : Identification des paramètres du moteur à courant continu

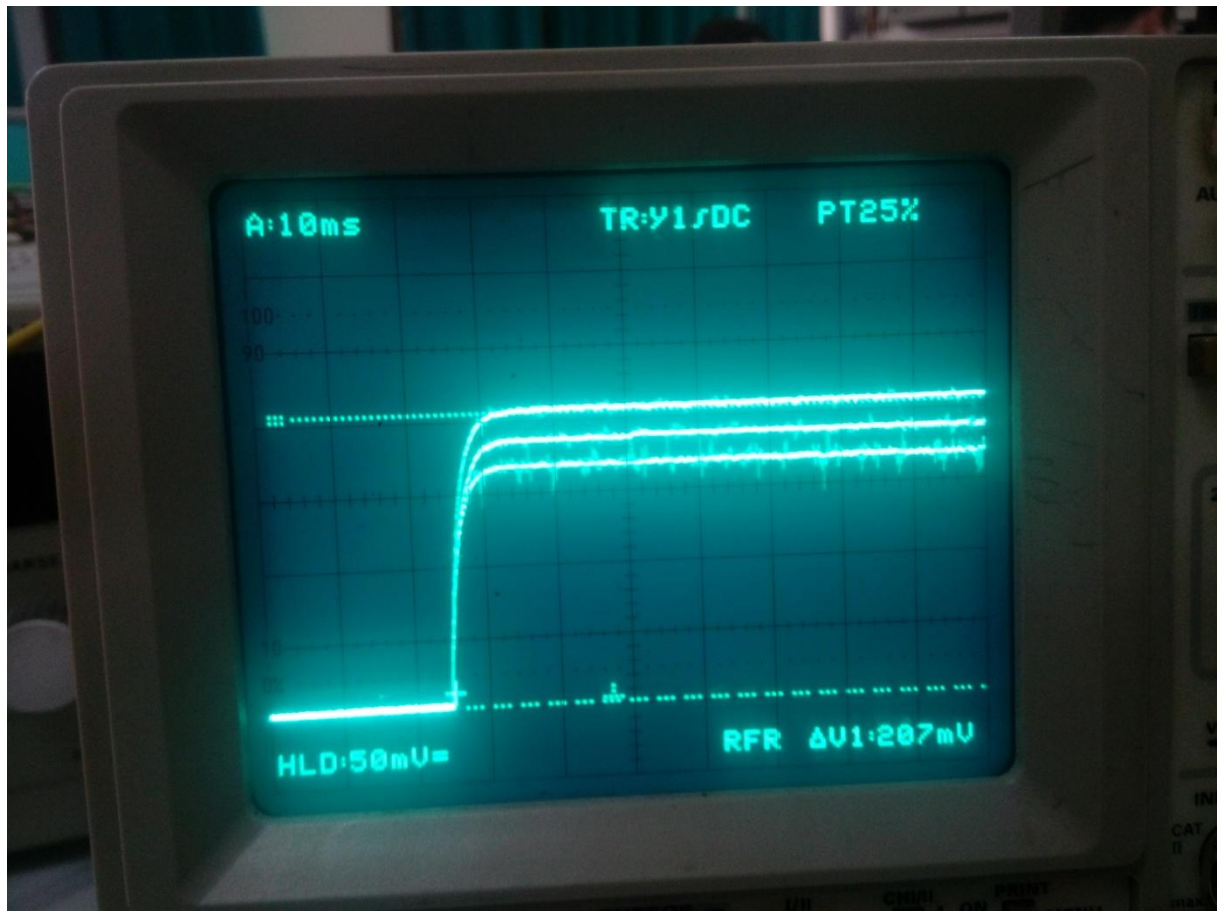


Figure II .4 : réponse du moteur soumis à un échelon de tension au démarrage.

Avec : $I=0.04$

$$R_T = \frac{\Delta V}{I}$$

$$R_T = 5.17\Omega$$

$$R_m = 5.01\Omega$$

Chapitre II : Identification des paramètres du moteur à courant continu

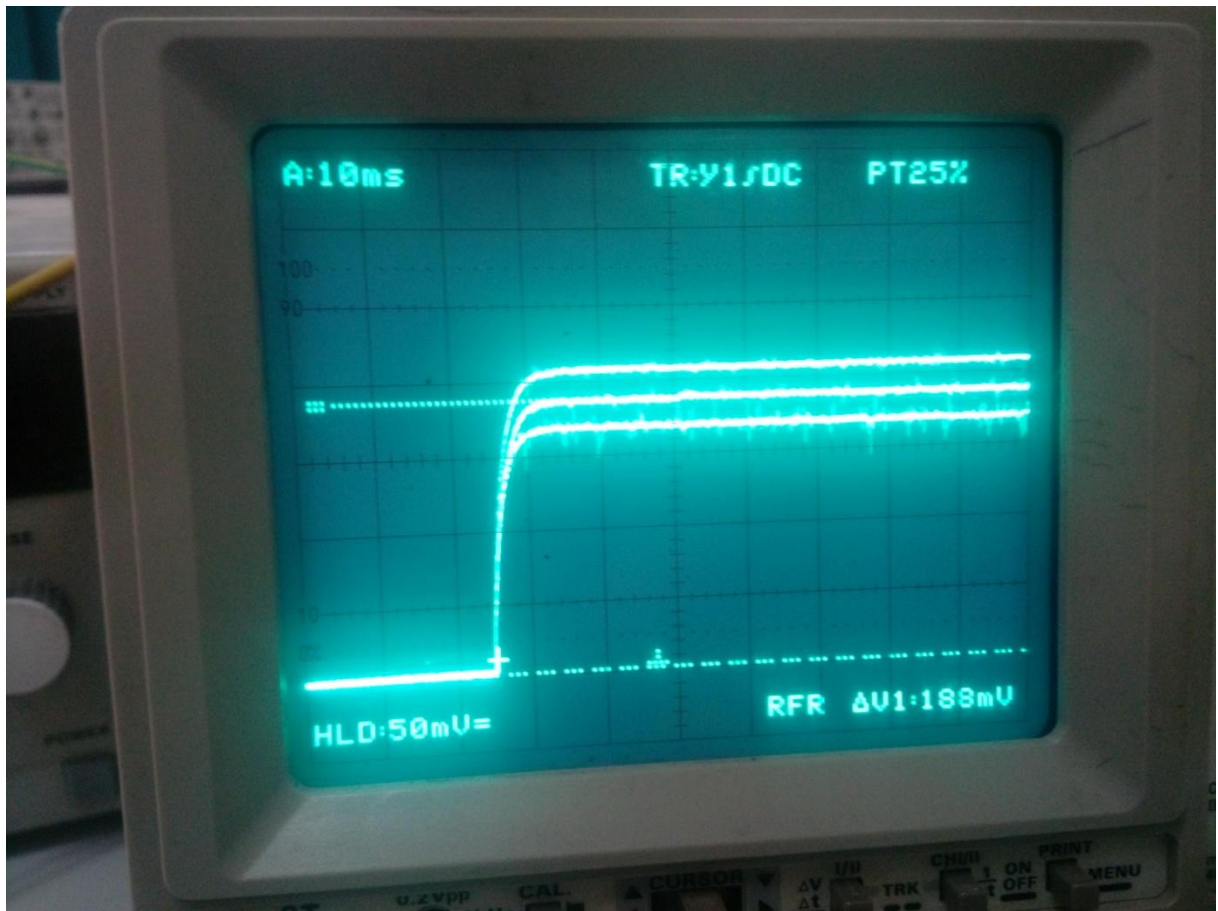


Figure II. 5 : réponse du moteur soumis à un échelon de tension après qu'il soit chauffé.

$$R = \frac{\Delta V}{I} \quad \longrightarrow \quad R_m = 4.7\Omega$$

Chapitre II : Identification des paramètres du moteur à courant continu

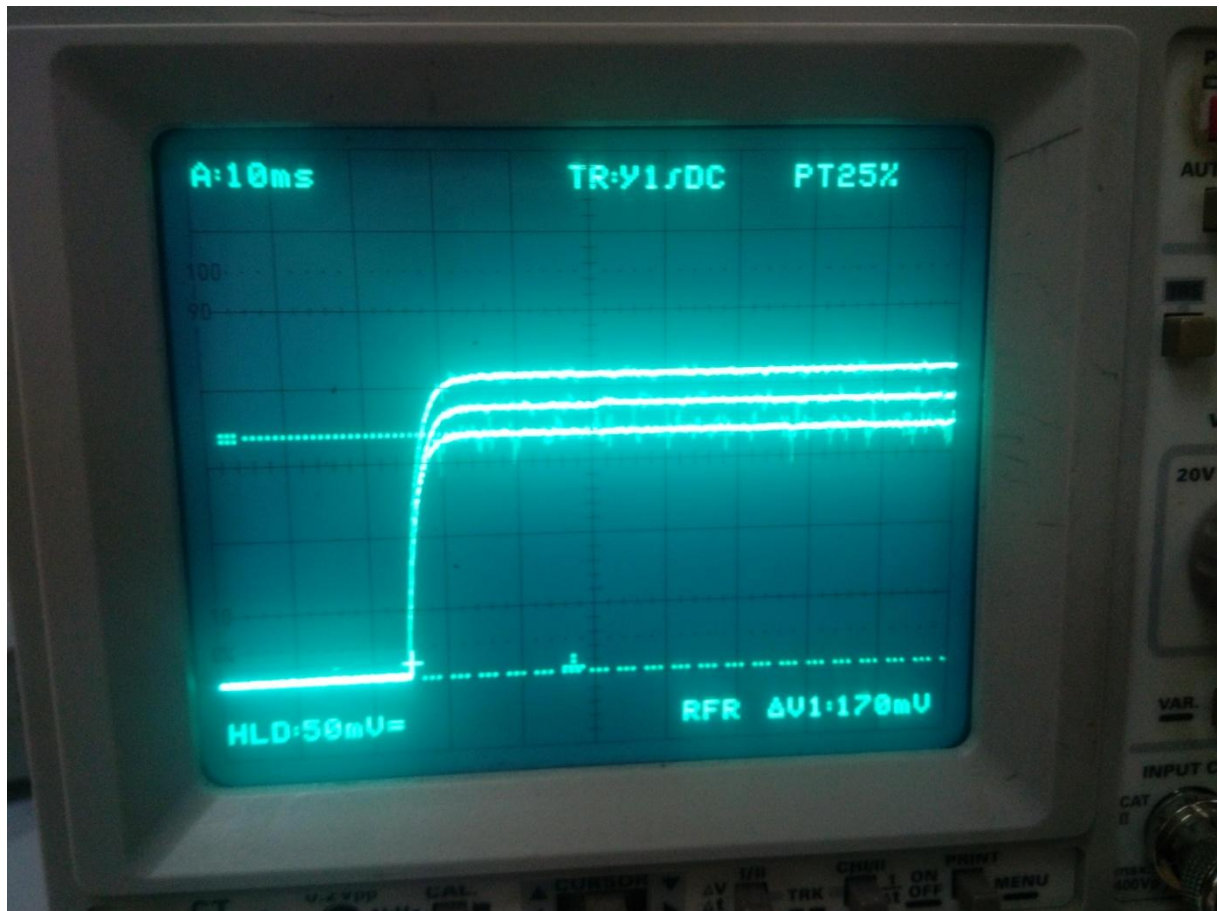


Figure II .6 : réponse du moteur soumis à un échelon de tension après qu'il soit surchauffé.

$$R_m = 4.25\Omega$$

R moyenne du moteur est : $R_m = 4.65\Omega$

II.4.2 Identification de L

Pour déterminer l'inductance L de la machine, il existe plusieurs méthodes.

La loi d'Ohm nous permet de déduire l'équation différentielle suivante :

$$U = R_m \cdot I + L_m \frac{di}{dt} + E \quad \Rightarrow \quad U(t) = L \frac{di}{dt} + RI(t)$$

Chapitre II : Identification des paramètres du moteur à courant continu

Prenons le cas où l'on bloque le moteur ($\Omega(t) = 0\text{rad/s}$). On en déduit : $E(t) = 0\text{V}$. Appliquons un échelon de tension à l'entrée : $U(t) = U_0 = \text{Cte}$ pour $t > 0$. La solution de cette équation est alors :

$$I = \frac{U}{R} (1 - e^{-\frac{R}{L}t})$$

On va calculer la constante de temps $\tau = \frac{L}{R}$:

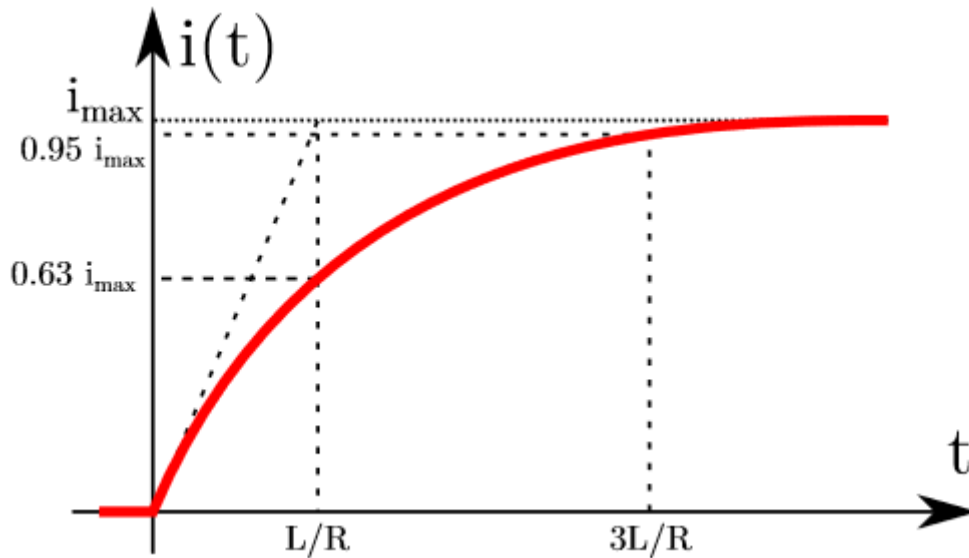


Figure II.7: Courant traversant le moteur bloqué soumis à un échelon de tension.

Chapitre II : Identification des paramètres du moteur à courant continu

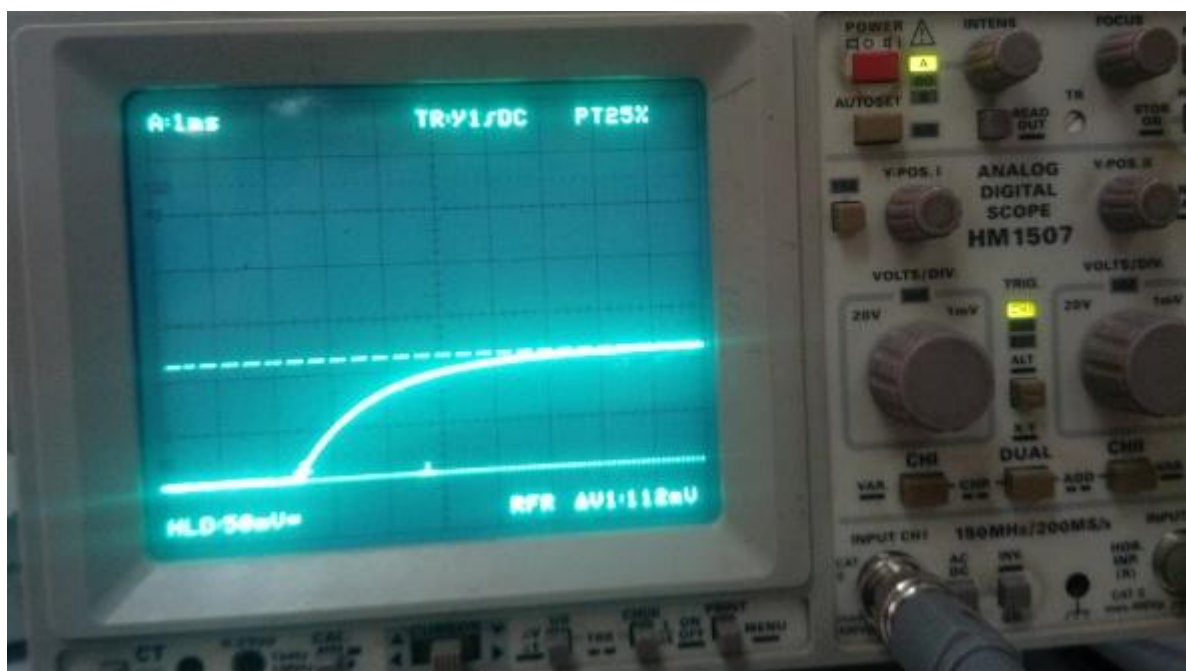


Figure II .8: allure de la réponse du moteur à $T=1\text{ms}$.

On cherche 63% du régime permanent

On trouve $\tau = 1\text{ ms}$ tel que $R = 6.06\ \Omega$ $L = 6.06\text{ mHz}$

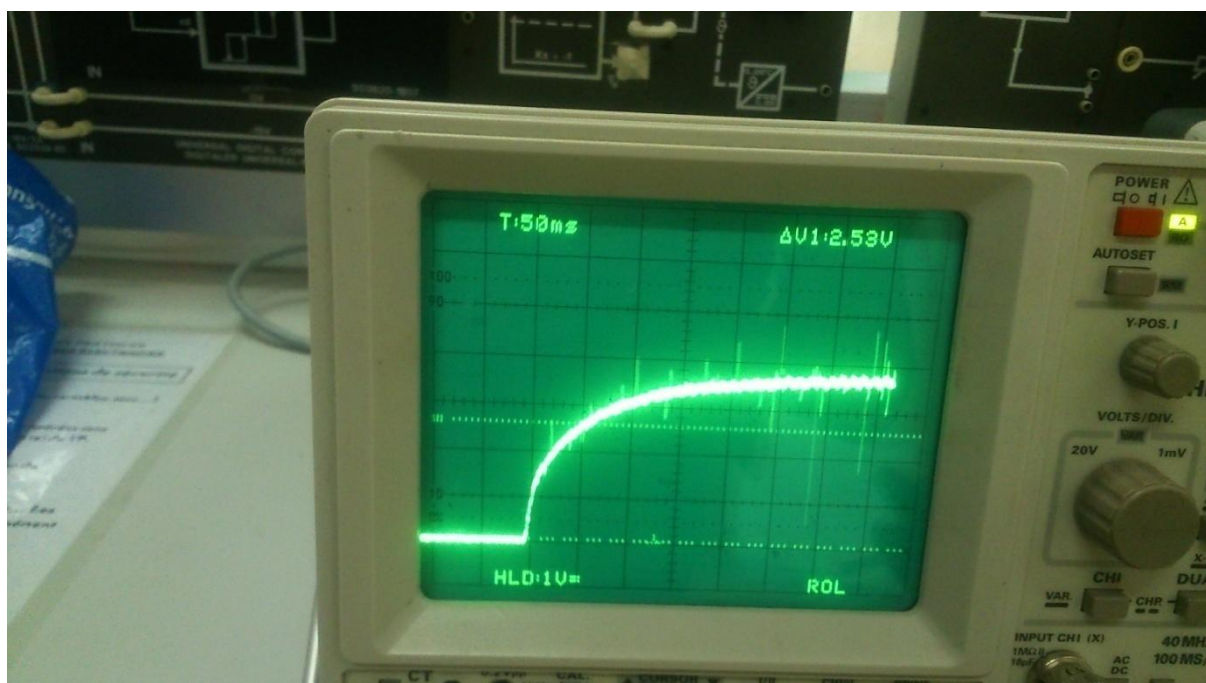


Figure II .9 : Allure de la réponse du moteur au régime transitoire avec $T=50\text{ms}$.

$\tau = 50\text{ ms}$

$L = 6.96\text{mHz}$

Chapitre II : Identification des paramètres du moteur à courant continu

2^{ème} méthode

On utilise le hacheur série. On augmente la fréquence jusqu'à atteindre le régime linéaire comme présenté sur la figure ci-dessous :

On a :

$$\Delta I = \frac{E \cdot \alpha (1 - \alpha)}{L \cdot f} \quad \Longrightarrow \quad L = \frac{E \cdot \alpha (1 - \alpha)}{\Delta I \cdot f}$$

On a : $\Delta I = 148 \text{ mA}$ et $f = 2 \text{ KHz}$ / $E = 10$

- A $\alpha = 0.25$

On obtient : $L = 6.33 \text{ mHz}$

- A $\alpha = 0.5$

On obtient : $L = 8.44 \text{ mHz}$

L moyenne du moteur est égale à : $L = 7 \text{ mHz}$

➤ Hacheur série

L'interrupteur H s'ouvre et se ferme périodiquement.

On appelle T cette période et $f = \frac{1}{T}$ la fréquence de hachage.

La durée pendant laquelle l'interrupteur H est fermé s'appelle t_f . On définit le rapport cyclique

α par : $\alpha = \frac{t_f}{T}$

Avec : $0 < \alpha < 1$.

On peut ainsi écrire que $t_f = \alpha \cdot T$

Pour $0 \leq t < t_f$, l'interrupteur H est fermé

pour $\alpha \cdot T < t < T$

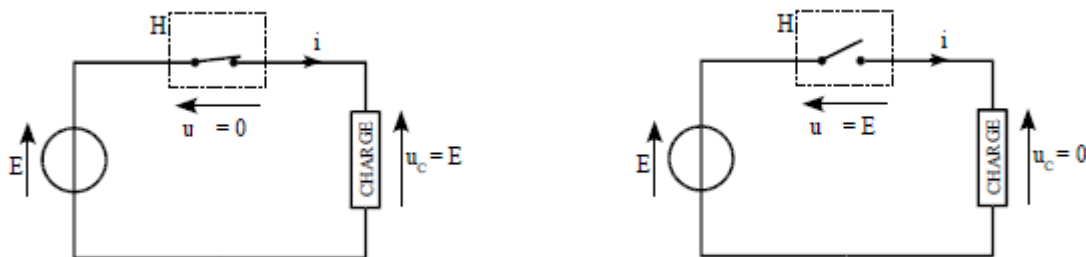


Figure II.10: la constitution d'un hacheur série

Chapitre II : Identification des paramètres du moteur à courant continu

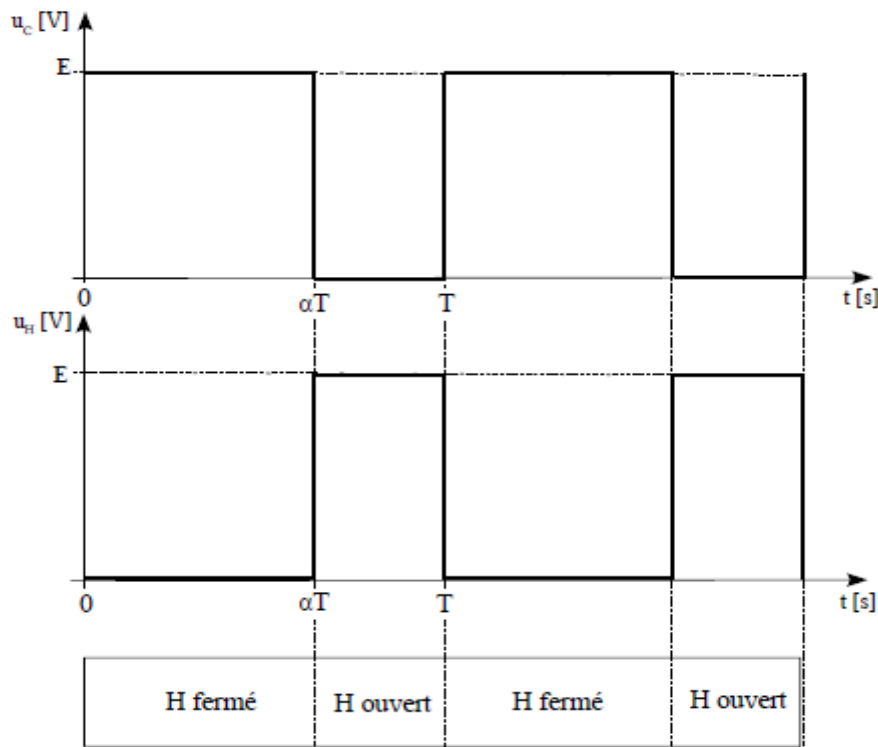


Figure II.11 : le fonctionnement de l'interrupteur

Hypothèses :

- K est parfait ($v_k = 0$ en conduction, les temps de commutation sont négligés).
- D est idéale.
- Le régime est établi.

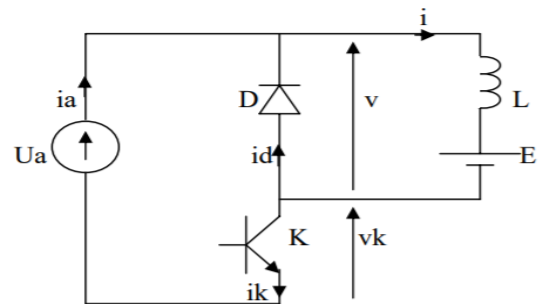


Figure II.12 : schéma interne du hacheur série

K est commandé en commutation à la période T avec un rapport cyclique α . En alimente le hacheur avec DC et en Joux sur le rapport cyclique et la fréquence jusqu'à avoir le régime discontinu ou le courant de la bobine s'annule avant d'attendre la période. Quand le courant s'annule le moteur ne s'arrête pas il prend le rôle d'une génératrice, on visualise la sortie sur l'oscilloscope en obtiens la figure suivante :

Chapitre II : Identification des paramètres du moteur à courant continu

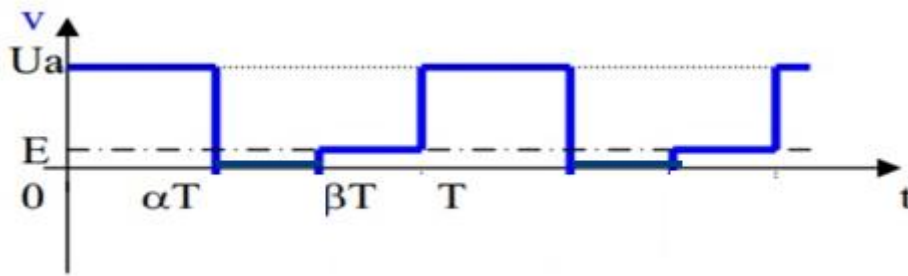


Figure II.13 : l'allure de la tension de la tension

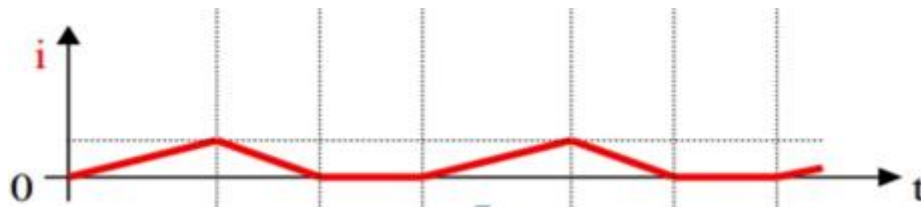


Figure II.14 : l'allure du courant

II.4.3 Identification de k

D'après l'équation (4) on a fait plusieurs essais d'après les quels on a eu les résultats présenter dans le tableau suivant :

$$k = \frac{f_{em}}{\Omega}$$

Fem	9,8	7,2	6,4	4,4
Ω	2,36	1,62	1,48	1,09
K	4,15	4,26	4,32	4,03

Tableau II.1 : tableau de valeur des paramètres Fem, Ω et K

Chapitre II : Identification des paramètres du moteur à courant continu

On a la figure suivant avec la tangente de la droite pour avoir la valeur de k :

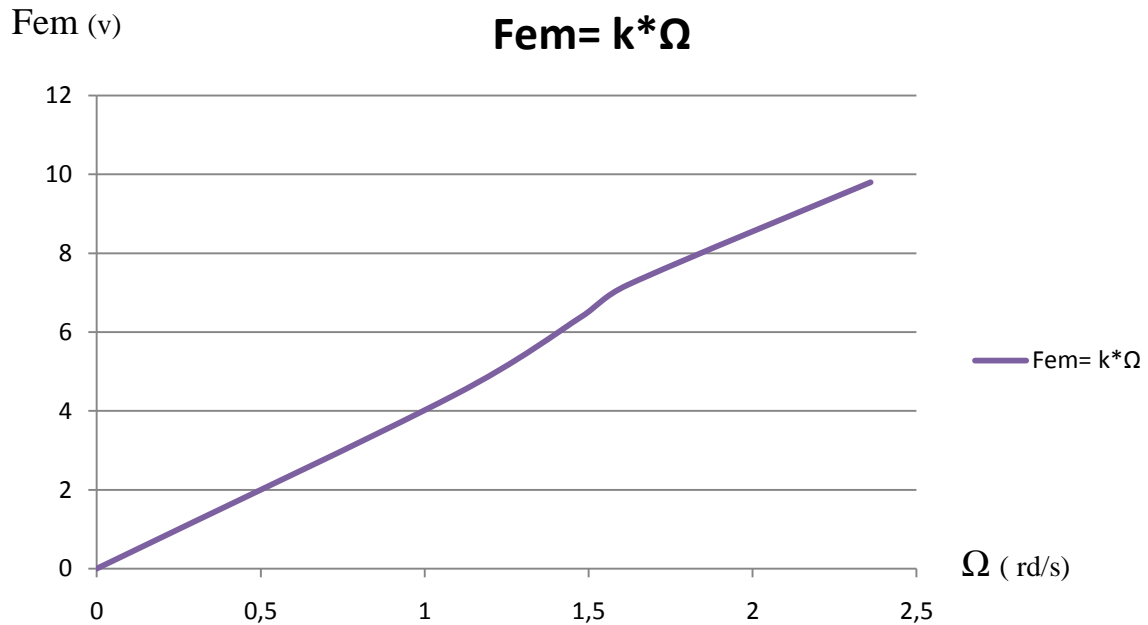


Figure II.15: la fem en fonction de la vitesse

Le k = 4,17

II.5 Conclusion

Pour la suite de notre travaille il nous a fallu faire l'identification des paramètres du moteur à l'aide de la méthode classique.

Pour cela on a fait plusieurs tests pour approcher aux mieux les valeurs réelles des paramètres du moteur.

Chapitre III : Généralité
sue l'asservissement et
la régulation

Chapitre III : Généralité sur l'asservissement et la régulation

III.1 Introduction

Lorsqu'on souhaite atteindre une certaine consigne soit : (vitesse, température, pression, position,....etc.). Il est nécessaire d'avoir recours à un asservissement, c'est-à-dire un système capable d'atteindre et de maintenir une consigne désirée quelque soit les conditions externe qui sont des perturbations pour les systèmes asservies

Il existe plusieurs méthodes de régulation à fin d'atteindre les performances désirées tel-que la stabilité et la précision. Parmi ces méthodes, il ya la régulation avec les correcteurs PID (Proportionnel Dirivator Integrator).

Dans ce chapitre, nous allons présenter les généralités sur l'asservissement, la régulation et les correcteurs.

III.2 L'asservissement

III.2.1 Introduction

En automatique, un asservissement est un système dont l'objet principal est d'atteindre le plus rapidement possible la valeur de consigne et de la maintenir, quelque soit les perturbations externes. Le principe général est de comparer la consigne et l'état du système de manière à le corriger efficacement. On parle également de système en boucle fermée. Un système asservi est un système bouclé c'est-à-dire possédant une rétroaction de la sortie sur l'entrée.

Il copie le comportement de l'homme dans les trois phases essentielles de son travail :

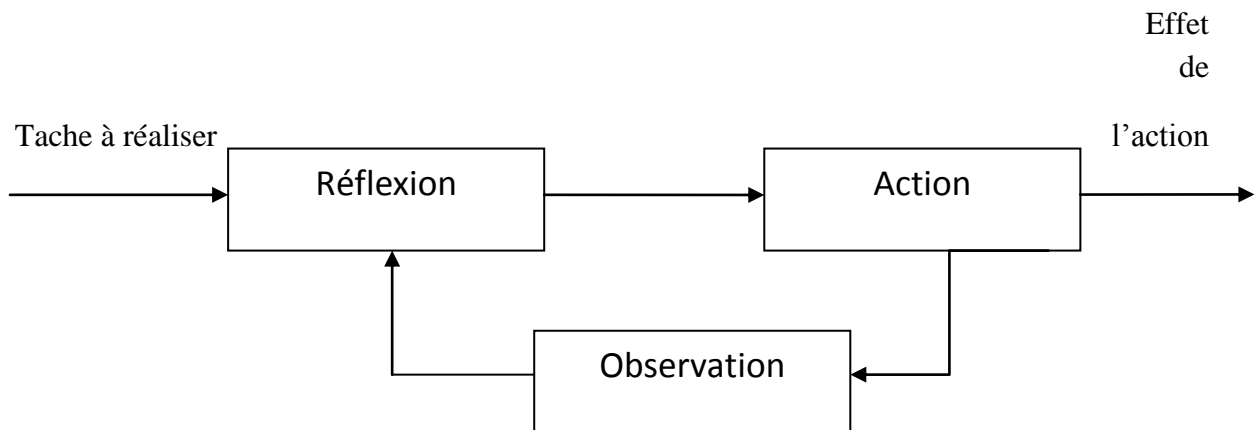


Figure III.1 : les étapes de l'asservissement en boucle fermée

Chapitre III : Généralité sur l'asservissement et la régulation

III.2.2 Principe d'un asservissement

Le principe de base d'un asservissement est de mesurer, en permanence, l'écart entre la valeur réelle de la grandeur à asservir et la valeur de consigne que l'on désire atteindre, et de calculer la commande appropriée à appliquer à un (ou des) actionneur(s) de façon à réduire cet écart le plus rapidement possible.

Ce principe pratiquement universel a cependant un inconvénient (généralement négligeable et souvent négligé, sauf pour les systèmes très rapides ou nécessitant des suivis précis de trajectoire) : les actionneurs étant pilotés en fonction de l'écart entre valeur réelle et consigne, le système ne peut réagir que lorsque cet écart est effectif, c'est-à-dire avec un certain retard qui dépend de la précision des capteurs.

On peut, dans certains cas, compenser cet effet en complétant l'asservissement en pilotant les actionneurs pour obtenir directement la valeur cible, ou du moins en donnant l'ordre qui permet de s'en approcher le plus.

Plusieurs paramètres caractérisent les performances d'un asservissement :

- La rapidité définit par la vitesse à laquelle une valeur stable en sortie est atteinte. C'est le temps de réponse.
- La stabilité pour une entrée constante, un système est stable si la sortie tend vers une valeur finie. Si elle oscille ou diverge, l'asservissement est instable.
- Le dépassement de la consigne : souvent exprimé en % d'erreur. Même lorsqu'un système est stable, il arrive que la sortie dépasse la consigne avant de se stabiliser, ce qui n'est pas nécessairement une anomalie.
- La précision : un système est précis si la sortie suit l'entrée en toutes circonstances.

Un asservissement agit sur une ou plusieurs caractéristiques de la grandeur asservie telles que :

- la position
- la vitesse
- l'accélération

La stabilité et la précision étant souvent antagonistes de la rapidité, pour améliorer ces caractéristiques, il faut modifier les caractéristiques internes du système ou ajouter un correcteur dans la boucle d'asservissement. Il existe différents types de correcteurs, leur action peut être intégrale, dérivée et/ou proportionnelle.

Néanmoins, le compromis fondamental de l'automatique est l'antagonisme entre performance et robustesse. La robustesse d'un système bouclé est la capacité de celui-ci de rester stable (voire de conserver des performances suffisantes) en présence d'erreurs de modèle et de perturbations agissant sur le système. On peut augmenter la robustesse en diminuant les performances. Ceci se traduit en diminuant le gain du régulateur. En effet, un gain trop élevé entraîne des oscillations pouvant amener le système en instabilité.

Chapitre III : Généralité sur l'asservissement et la régulation

Certains systèmes complexes optimisent plusieurs de ces caractéristiques pour obtenir des réponses à la fois rapides et précises. Pour des systèmes non mécaniques, on peut également asservir d'autres types de grandeur : tension, phase, etc. La contrainte principale étant de pouvoir les mesurer et d'agir sur elles par une commande efficace.

III.3 La régulation

III.3.1 introduction

La régulation permet de contrôler plusieurs actions nécessaires au fonctionnement du système. Régularisé un système c'est de compenser un certain mauvais fonctionnement lié à la conception ou à la mise en œuvre de ces circuits.

Le régulateur élabore un signal de commande à partir de l'écart entre l'entrée et la mesure, C'est l'organe intelligent.

Une régulation a une entrée de référence constante, cette entrée est appelée "consigne" qui traduit l'objectif désiré du procédé.

III.3.2 Principe générale de la régulation

Dans la plupart des installations industrielles et domestiques, il est nécessaire de maintenir des grandeurs physiques à des valeurs déterminées, on dépit des variations externes ou internes influant sur ces grandeurs. Par exemple, le niveau d'eau dans un réservoir, la vitesse et la position d'un moteur, étant par nature variables, doivent donc être réglés par des actions convenables sur le processus considéré. Si les perturbations influant sur la grandeur à contrôler sont lentes ou négligeables, un simple réglage dit en boucle ouverte, permet d'obtenir et de maintenir la valeur demandée (par exemple : action sur un robinet d'eau). Dans la majorité des cas, cependant ce type de réglage n'est pas suffisant, parce que il est instable. Il faut alors comparer, en permanence, la valeur mesurée de la grandeur réglée à celle que l'on souhaite obtenir et agir en conséquence sur la grandeur d'action.

On a, dans ce cas, constitué une boucle de régulation et plus généralement une boucle d'asservissement. Cette boucle nécessite la mise en œuvre d'un ensemble de moyens de mesure, de traitement de signal ou de calcul, d'amplification et de commande d'actionneur, constituant une chaîne de régulation ou d'asservissement. La consigne est maintenue constante se produit sur le procédé une modification d'une des entrées perturbatrices. L'aspect régulation est considéré comme le plus important dans le milieu industriel, car les valeurs des consignes sont souvent fixes.

Néanmoins, pour tester les performances et la qualité d'une boucle de régulation, on s'intéresse à l'aspect asservissement.

III.4 Objectif

L'objectif d'une régulation ou d'un asservissement est d'assurer :

- Le bon fonctionnement d'un procédé
- Stabilité du système
- Une meilleure précision
- Améliorer la qualité du produit

III.5 Formes fondamentales du système

Il existe deux systèmes de régulation :

III.5.1 Système en boucle ouverte

Un système est dit en boucle ouverte lorsque la commande est élaborée sans l'aide de connaissance de grandeurs de sortie. Au niveau des inconvénients, il n'y a aucun moyen de contrôler, à plus forte raison de compenser les erreurs, les dérivés, mais on retrouve des inconvénients dans la boucle ouverte, y'a pas de précision ni surtout de fidélité qui dépend de la qualité intrinsèque des composants. En fin le système en boucle ouverte ne compense pas les signaux de perturbation, le schéma bloc de système en boucle ouverte est donné par la figure ci-dessous :

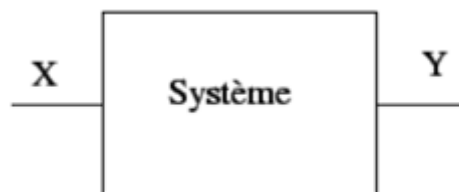


Figure III.2 : schéma de régulation en boucle ouverte

X : Grandeur entrée

Y : Grandeur sortie

Chapitre III : Généralité sur l'asservissement et la régulation

III.5.2 Système en boucle fermée

La boucle fermée (contre réaction) est capable de stabiliser un système instable en boucle ouverte. Dans une régulation en boucle fermée, une bonne partie des facteurs perturbateurs externes sont automatiquement compensés par la contre-réaction à travers le procédé.

L'utilisation du retour de l'information est le principe fondamental en automatique. La commande appliquée au système est élaborée en fonction de la consigne et de la sortie. La figure ci-dessous représente le principe de retour unitaire.

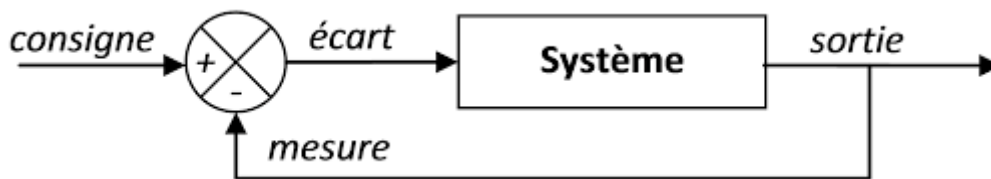


Figure III.3: système de régulation en boucle fermée

III.6 Avantages et Inconvénients des boucles de régulations

Boucles de régulations	Boucle ouverte	Boucle fermée
Avantages	<ul style="list-style-type: none">➤ pas de problème de stabilité➤ simple et rapide	<ul style="list-style-type: none">➤ pas de problème de précision et de temps de réponse.➤ l'effet des perturbations est pris en compte➤ la linéarité de procédé améliorée
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none">➤ impossible de régler un procédé intégrateur.➤ l'objectif n'est pas toujours atteint.➤ précision et temps de réponse.	<ul style="list-style-type: none">➤ la stabilité doit être étudiée➤ études et mise au point peuvent être complexes

Tableau III.1 : tableau récapitulatif sur les avantages et inconvénients

III.7 Régulation PID

III.7.1 Introduction

Le régulateur PID, appelé aussi correcteur PID (proportionnel, integrator, derivator) est sans doute le plus connue et plus répandu en industrie. Il s'agit d'un système de contrôle permettant d'améliorer les performances d'un asservissement, c'est-à-dire un système ou procédé en boucle fermée. C'est le régulateur le plus utilisé dans l'industrie où ses qualités de correction s'appliquent à de multiples grandeurs physiques.

III.7.2 Principe général

Un correcteur est un algorithme de calcul qui délivre un signal de commande à partir de la différence entre la consigne et la mesure.

Le correcteur PID agit de trois manières :

- action proportionnelle : l'erreur est multipliée par un gain G ;
- action intégrale : l'erreur est intégrée et divisée par un gain T_i ;
- action dérivée : l'erreur est dérivée et multipliée par un gain T_d .

Il existe plusieurs architectures possibles pour combiner les trois effets (série, parallèle ou mixte), on présente ici la plus classique : une structure PID parallèle qui agit sur l'erreur.

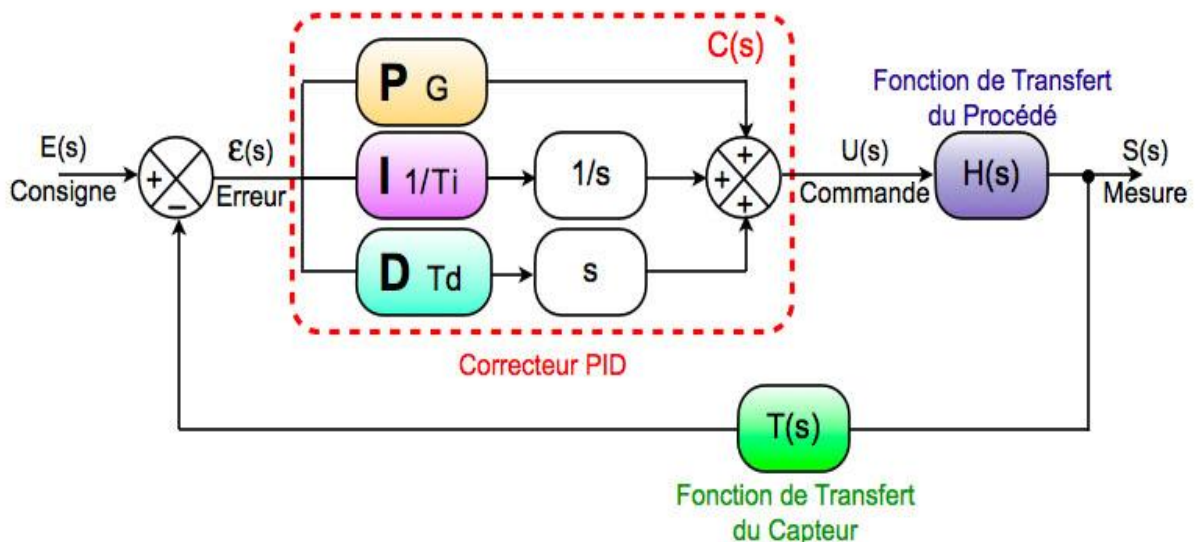


Figure III.4 : schéma d'un correcteur PID

Chapitre III : Généralité sur l'asservissement et la régulation

III.7.3 Objectifs d'un PID

Les objectifs d'un PID est d'avoir des systèmes robuste, rapide et précis. Pour cela il faut :

- dans le cas d'un fonctionnement en mode de régulation (consigne fixe) choisir des réglages permettant à la grandeur réglée de retourner dans un temps raisonnable à sa valeur de consigne.
- dans le cas de fonctionnement de la boucle en mode d'asservissement (consigne variable), choisir des réglages permettant de limiter le ou les éventuels dépassements de la grandeur réglée.
- la robustesse est sans doute le paramètre le plus important et délicat. On dit qu'un système est robuste si la régulation fonctionne toujours même si le modèle change un peu. Par exemple, les fonctions de transfert de certains procédés peuvent varier en fonction de la température ambiante
- la rapidité du régulateur dépend du temps de montée et du temps d'établissement du régime stationnaire.
- le critère de précision est basé sur l'erreur statique (ou l'écart de statisme).

III.7.4 Paramètres du PID :

La commande $u(t)$ donnée par un régulateur PID est de la forme :

$$u(t) = K_p \cdot \left[e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(\tau) d\tau + T_d \cdot \frac{de(t)}{dt} \right]$$

Cette expression se met sous la somme de trois termes :

Le terme proportionnel à l'erreur : $P = K_p \cdot e(t)$

Le terme proportionnel à l'intégrale de l'erreur : $I = K_p \frac{1}{T_i} \int_0^t e(\tau) d\tau$

Le terme proportionnel à la dérivée de l'erreur $D = K_p \cdot T_d \frac{de(t)}{dt}$

On constate que le régulateur PID se règle à l'aide des trois paramètres K_p (le gain proportionnel), T_i (temps intégral) et T_d (temps dérivatif). Dans les régulateurs industriels, l'action proportionnelle est donnée : soit par le gain K_p ou par la bande proportionnelle BP qui est le taux de la variation de l'entrée du régulateur (e) nécessaire pour faire varier la commande de 100% et elle est donnée par la formule suivante :

$$BP\% = \frac{100}{K_p}$$

Chapitre III : Généralité sur l'asservissement et la régulation

Ti : représentant le temps nécessaire pour que la variation de la commande(**u**) corresponde à celle de l'erreur(**e**) ou par l'inverse du temps(**n**) qui représente le nombre de fois que la commande (**u**) répète l'erreur ; selon la formule suivante:

$$Ti = \frac{1}{n}$$

a) Action proportionnelle (P)

Cette action est la plus classique. Corrige de manière instantanée tout écart de la grandeur à régler et rend le système plus rapide, On augmentant le gain (le rapport erreur/commande appelé aussi bande proportionnelle), mais on est limité par la stabilité du système. la limite de cette commande arrive à partir du moment où l'erreur devient petite ou si la consigne n'est pas constante.

Le régulateur P est utilisé lorsqu'on désire régler un paramètre dont la précision n'est pas importante, exemple : régler le niveau dans un bac de stockage.

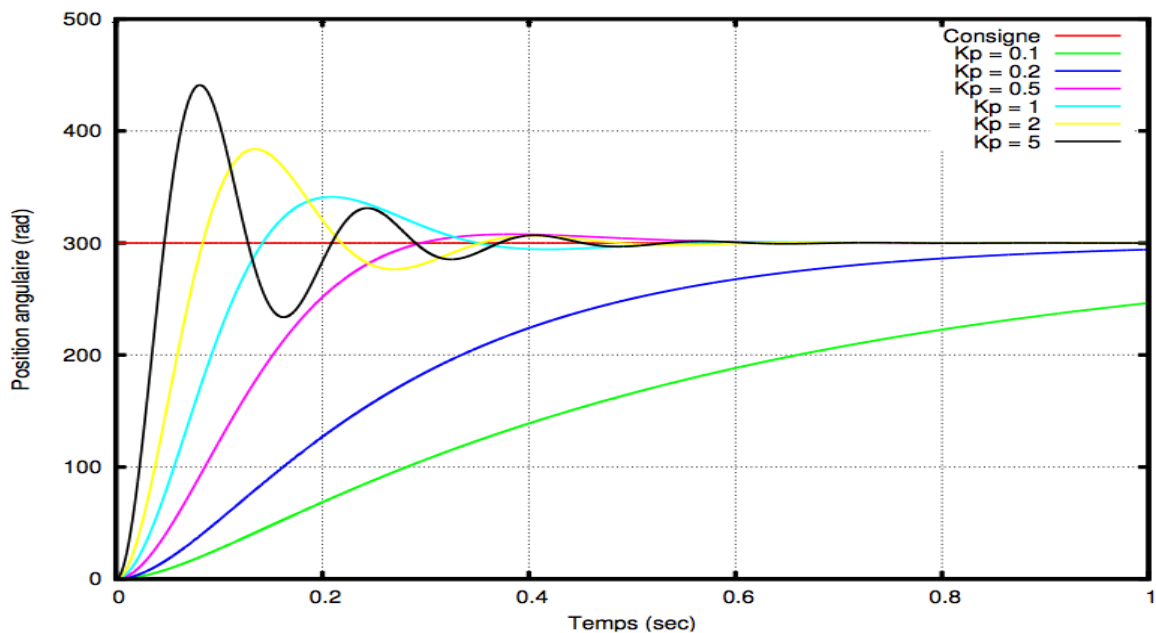


Figure III.5: réponse du système avec l'action proportionnel

Rôle :

- Réduire les écarts statiques par augmentation du gain K_c sans les annuler (amélioration de la stabilité).
- améliorer la rapidité en diminuant la marge de phase
- l'augmentation excessive du gain K_c risque de produire une marge de phase trop faible avec l'apparition d'oscillation de fortes amplitudes et à un cas extrême conduire à l'instabilité du système (déstabilisation de l'asservissement).

Chapitre III : Généralité sur l'asservissement et la régulation

Principe:

La relation entre la sortie $U(t)$ et le signal d'erreur $\varepsilon(t)$ est :

$$U(t) = K_c \cdot \varepsilon(t) \dots\dots\dots(1)$$

$$K_c = \frac{U(t)}{\varepsilon(t)} \dots\dots\dots(2)$$

Tel-que : $K_c = c(s)$

K_c : Gain du correcteur

b) Action Intégral :

L'action intégrale complète l'action proportionnelle. Elle est utilisée lorsqu'on désire avoir en régime permanent, une précision parfaite. Elle permet d'éliminer l'erreur résiduelle en régime permanent. Afin de rendre le système plus dynamique (diminuer le temps de réponse), on diminue l'action intégrale mais, ceci provoque l'augmentation du déphasage ce qui provoque l'instabilité en état fermé.

Cette action permet d'éliminer à la fois les erreurs statiques trop petites pour que l'action proportionnelle et les erreurs suivent la consigne. La limite de cette commande intervient à partir de moment où le système ne réagit plus à la commande passée (blocage d'organe limitation de sécurité ...). dans ce cas précis, le régulateur va amplifier à l'infini sa contribution intégrale.

Nous avons la relation $T_i = 1/n$ (tel-que n : le nombre de fois où l'on somme l'entrée durant l'unité de temps soit 1 minute ou 1 secondes).

Chapitre III : Généralité sur l'asservissement et la régulation

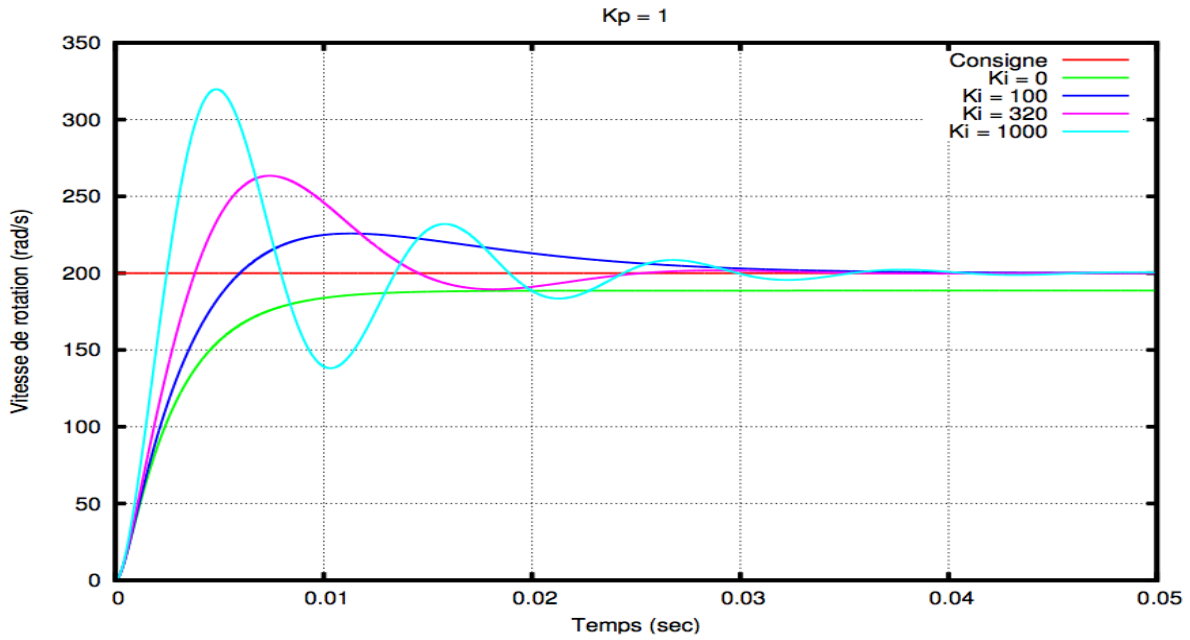


Figure III.6: réponse du système avec l'action intégral

Rôles :

- Permet d'augmenter la classe du système en introduit un pôle à l'origine et un zéro.
- Permet de filtré les variable bruitées (exemple : pression par-ce-que c'est un filtre passe bas).
- Annule les écarts statiques par l'introduction de l'action intégrale.
- Amélioré la précision.
- Diminuer la marge de phase.

Principe:

La relation entre la sortie $U(t)$ et le signal d'erreur $\varepsilon(t)$ est :

$$\text{Avec } \frac{dU(t)}{dt} = Ki\varepsilon(t) \dots \dots \dots (3)$$

$$\text{Donc } \frac{U(t)}{\varepsilon(t)} = \frac{Ki}{p} = \frac{1}{T_i p} \dots \dots \dots (4)$$

Chapitre III : Généralité sur l'asservissement et la régulation

c) Action dérivée (D)

L'action Dérivée, en compensant les inerties dues au temps mort, accélère la réponse du système et améliore la stabilité de la boucle, en permettant notamment un amortissement rapide des oscillations dues à l'apparition d'une perturbation ou à une variation subite de la consigne.

L'action D est utilisée dans l'industrie pour le réglage des variables lentes telles que la température, elle n'est pas recommandée pour le réglage d'une variable bruitée ou trop dynamique (la pression). En dérivant un bruit, son amplitude risque de devenir plus importante que celle du signal utile.

L'action dérivé n'est jamais utilisé seule

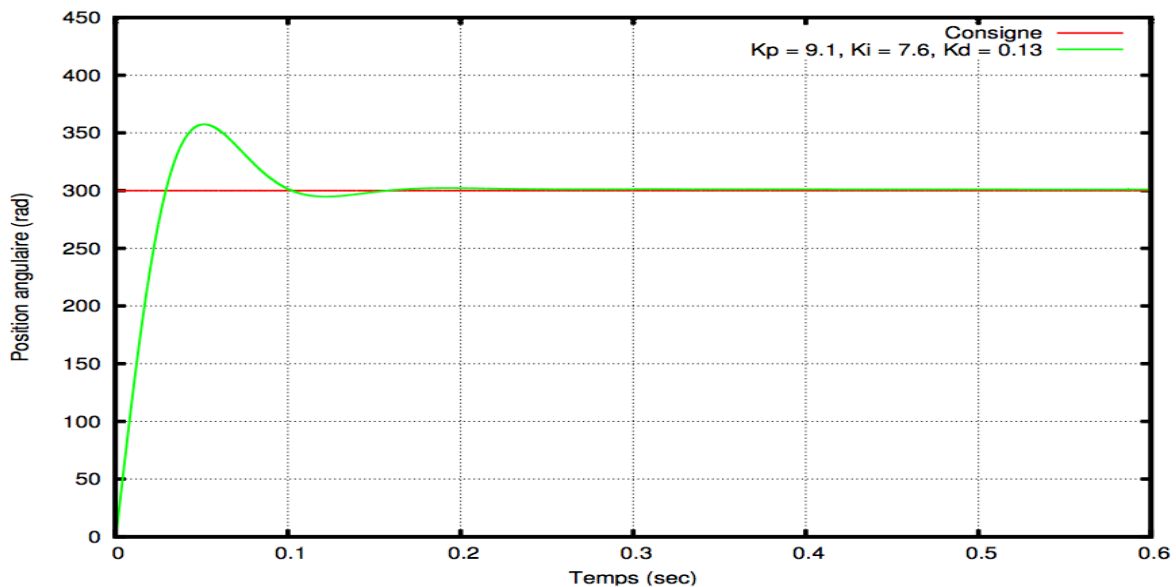


Figure III.7: réponse du système avec l'action dérivé

Rôles :

- Augmenter la marge de phase. Pour des fréquences élevées, la partie dérivée pose un problème majeur de stabilité. Pour cela on ajoute un pôle à fin de limiter l'effet dérivateur à des fréquences inférieures à la fréquence de pulsation.
- Compenser les effets du temps mort (retard) du procédé.
- Améliore la rapidité et la stabilité du système.

Principe :

La relation entre la sortie $U(t)$ et le signal d'erreur $\varepsilon(t)$ est :

$$U(t) = \frac{K_d(p)}{d} \quad (6)$$

Chapitre III : Généralité sur l'asservissement et la régulation

C'est-à-dire :

$$\frac{U(p)}{\varepsilon(p)} = K_d * P = K * T_d \quad (7)$$

Avec :

K_d : Appelé gain dérivé T_d : Constante de temps de dérivation

III.8 Les correcteurs P/PI/D/PID

III.8.1 Le correcteur proportionnel (P)

Introduction

Le correcteur proportionnel est le plus simple des correcteurs. Il ne permet pas toujours d'obtenir des performances très élevées, mais il peut suffire dans certains cas si le cahier de charge n'est pas trop contraignant ou si le système a un comportement assez simple. Son réglage peut se faire directement en partant d'un gain faible et en augmentant peut à peut jusqu'à atteindre un comportement satisfaisant. Pour un gain trop élevé, le système deviendra instable ce qui se manifestera d'abord par des oscillations de plus en plus importantes.

Forme :

$$C(p) = K \quad / K > 0.$$

Réalisation :

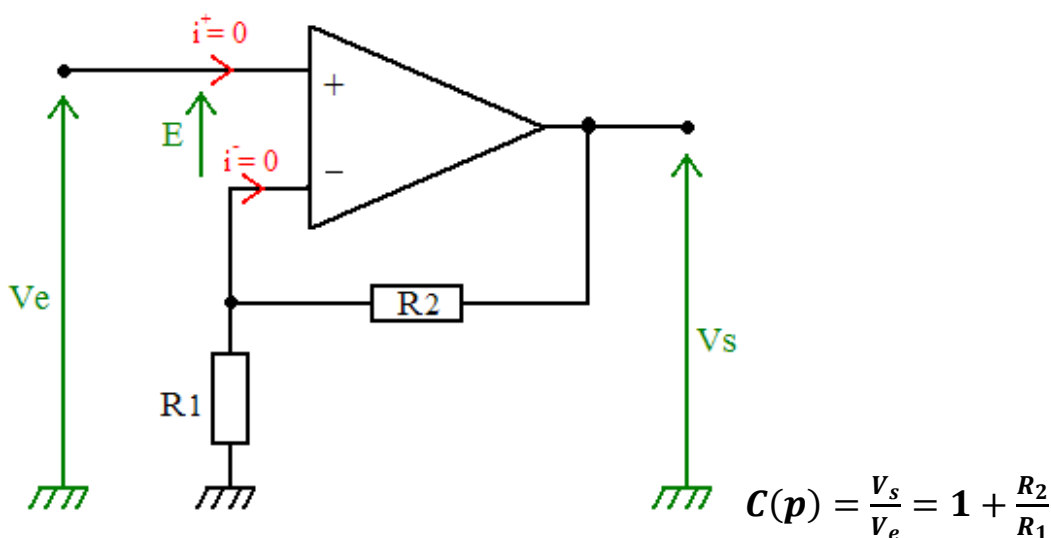


Figure III.8: Montage d'un amplificateur non inverseur

Chapitre III : Généralité sur l'asservissement et la régulation

III.8.2 Le correcteur proportionnel intégral (PI) :

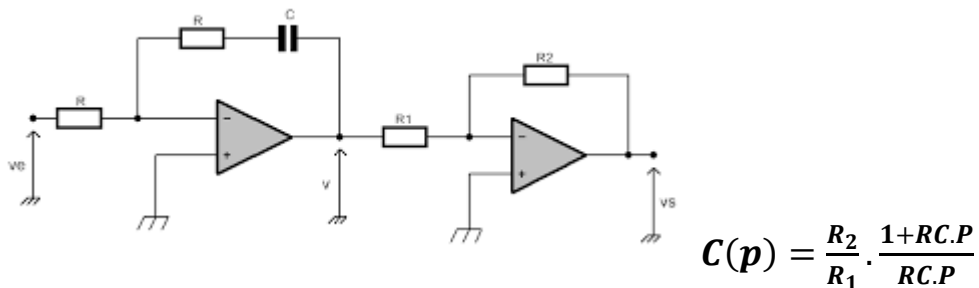
Introduction :

L'intérêt de la correction de type intégrale est de permettre une erreur statique nulle. En effet, si le système comporte un intégrateur et se stabilise à un point d'équilibre, tous les signaux sont constants. Or, pour que la sortie d'un intégrateur soit constante, il est nécessaire que son entrée soit nulle. Si l'entrée de l'intégrateur est reliée à l'erreur de régulation, l'effet du terme intégral sera bien d'annuler cette erreur. Notons que l'erreur est annulée même en présence d'une perturbation. Annuler l'erreur en régime permanent est une chose, mais le faire rapidement en est une autre. Il convient donc d'être capable de régler le correcteur de manière adéquate.

Forme :

$$C(p) = K \cdot \frac{1+\tau.p}{\tau.p} \quad \text{Tel-que : } K>0, \tau>0$$

Réalisation :



$$C(p) = \frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{1+RC.P}{RC.P}$$

Figure III.9: montage d'un correcteur PI

Chapitre III : Généralité sur l'asservissement et la régulation

Remarque :

- Ce correcteur introduit un pôle à l'origine.
- L'action de ce correcteur se fait sur les basses fréquences.
- Un correcteur PI possède une intégration, mais il ralentit le système et le déstabilise s'il est mal placé, on veillera donc à respecter une marge de phase suffisante mais pas trop grande non plus (plus la marge de phase est grande, plus la réponse est lente et les risques de saturation augmentent).

III.8.3 Correcteur proportionnel dérivé (PD)

Introduction

L'instabilité d'un système asservi est liée au fait que la phase de la fonction de transfert en boucle ouverte soit inférieure à -180° ; lorsque le gain passe par 0 dB. Une des possibilités pour augmenter la phase de la boucle ouverte est d'utiliser un effet dérivé (ou aussi une avance de phase).

Forme :

$$C(p) = K \cdot (1 + \tau \cdot p) \quad K > 0, \tau > 0$$

Réalisation :

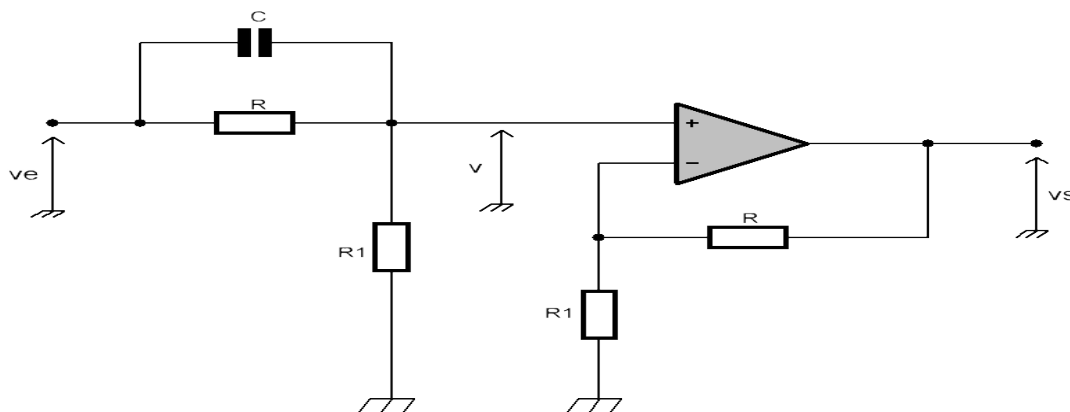


Figure III.10: Montage d'un correcteur proportionnel dérivé

Chapitre III : Généralité sur l'asservissement et la régulation

Remarque :

- L'action de ce correcteur se fait sur les hautes fréquences.
- Le gain de ce correcteur est infini pour les hautes fréquences. Ceci est donc irréalisable physiquement.

III.8.4 Correcteur proportionnel intégral dérivée (PID) :

Ce correcteur combine trois actions :

- La présence de l'action intégrale permet d'augmenter la classe du système.
- La présence de l'action dérivée permet d'améliorer la stabilité et la rapidité du système

Forme :

$$C(p) = A + \tau_d \cdot P + \frac{\tau_i}{P} = \frac{K}{\tau \cdot P} (1 + \tau_1 \cdot P)(1 + \tau_2 \cdot P)$$

Réalisation :

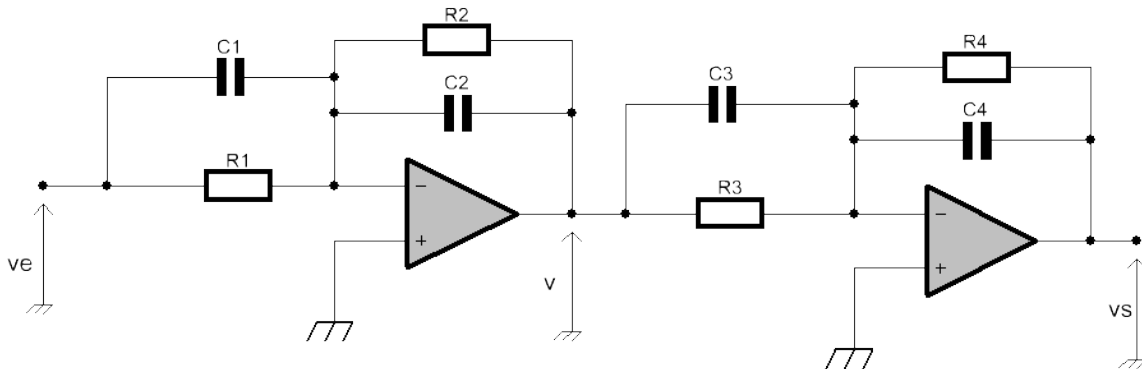


Figure III.11: montage d'un correcteur PID

Remarque :

- L'action de ce correcteur se fait sur toutes les fréquences.
- Il annule l'erreur statique, il contribue à augmenter la rapidité.

Chapitre III : Généralité sur l'asservissement et la régulation

Tableau récapitulatif :

Correcteurs	Avantages	Inconvénients
P	Simplicité Meilleure précision	Risque d'instabilité si $K \gg 1$
PI	Simplicité erreur statique nulle	Système parfois lent en BF
PD	Améliore stabilité et rapidité	Sensibilité du système aux bruits
PID	Très utilisé en industrie Action PI+PD	Réglage des paramètres plus difficile

Tableau III.2 : tableau récapitulatif sur les avantages et les inconvénients

III.9 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté les différentes actions (P, PI, PD, PID) qui interviennent dans la régulation.

*Chapitre IV : Asservissement et
simulation du système réel*

IV.1 Introduction

Dans ce chapitre nous allons faire la modélisation et simulation du moteur à courant continu. Pour se faire nous utiliserons le logiciel MATLAB au quel est intégré l'outil Simulink.

MATLAB est un logiciel de calcul matriciel à syntaxe avec des fonctions spatialisée, ou peu être aussi considéré comme un langage de programmation adapté pour les problèmes scientifiques il interprète et exécute les instructions ligne par ligne.

Simulink est une extension graphique de MATLAB, c'est un environnement pour la simulation multi domaine .il permet de présenter les fonctions mathématiques et les systèmes sous formes de diagramme en blocs, concevoir mètre en application, d'examiner une variété de système et simuler le fonctionnement de ces systèmes. tel-que les systèmes de communication, de commande, de traitement des signaux, traitement visuel, et traitement d'image.

Dans ce chapitre nous allons simuler notre système sur MATLAB Simulink âpres l'avoir modélisé en bloc et voir la réponse du système à chaque état (avec ou sans perturbation) et l'effet du correcteur sur sortie.

IV.2 Modélisation du moteur à courant continu en schéma bloc

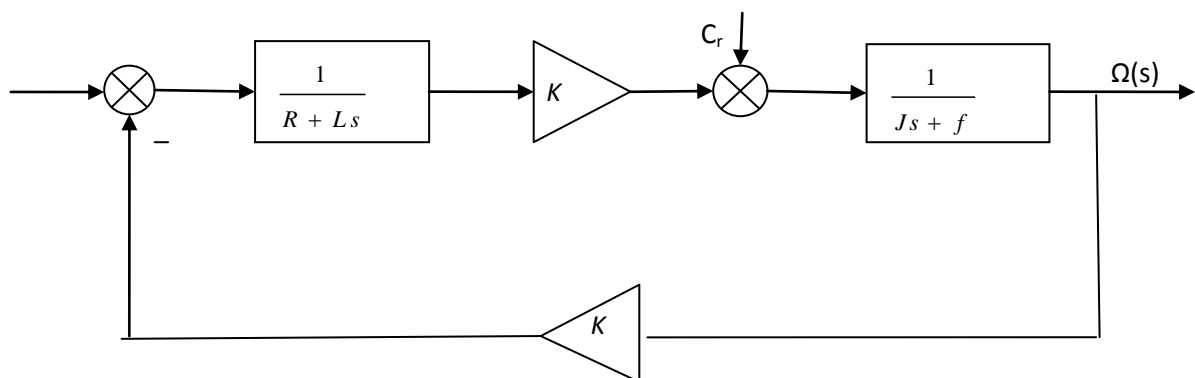


Figure IV .1 : schéma bloc d'un MCC

Chapitre IV : Asservissement et simulation du système réel

Les différents paramètres électriques et mécaniques, de la machine utilisée, sont résumés dans le tableau suivant :

Resistance	$R=4.65 \ \Omega$
Inductance	$L=7 \text{ mHz}$
L'inertie	$J=10^{-5} \text{ Kg.m}^2$
Couple résistant	$C_r = 1.63. 10^{-5} \text{ N.m}$
Gain du moteur	$K=4.17$
Frottement	$f =10^{-5} \text{ N.m/s}$

Tableau IV.1 : tableau récapitulatif des valeurs des paramètres du moteur

IV.3 Fonction de transfert globale

Le système étant linéaire pour obtenir la fonction de transfert globale, on applique le théorème de superposition :

1^{er} cas :

On suppose que $C_r = 0$; on obtient le schéma bloc et la fonction suivantes :

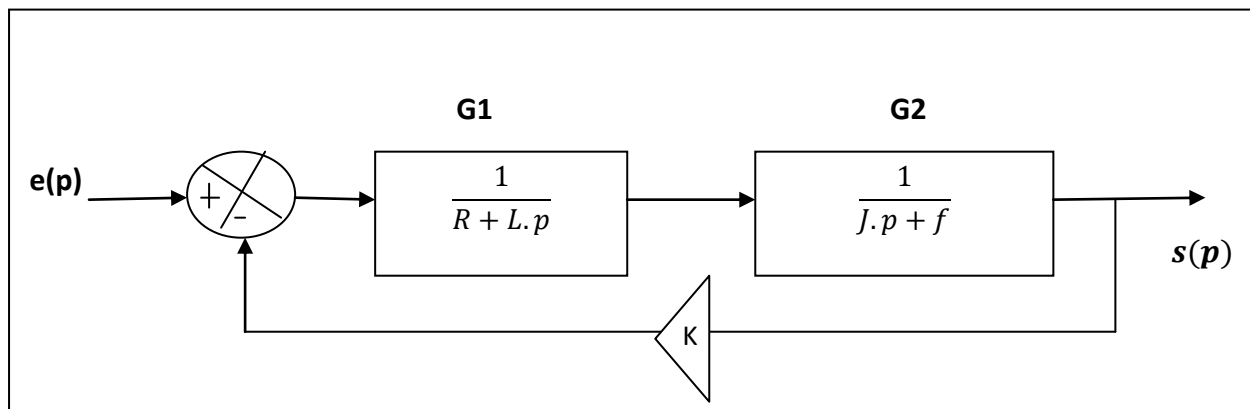


Figure IV.2: schéma bloc lorsque la perturbation $C_r=0$

Chapitre IV : Asservissement et simulation du système réel

La fonction du système est donc comme suite :

$$F1 = \frac{s(p)}{e(p)} = \frac{G1 \cdot G2}{1 + K \cdot G1 \cdot G2}$$

Tel-que $G1 = G1 = \frac{1}{R+L.p}$ et $G2 = \frac{1}{J.p+f}$

On remplace dans l'équation on obtient la fonction suivante : avec $K=1$

$$F1 = \frac{K}{K+(R+L.p)(J.p+f)} \quad (1)$$

2^{ème} cas :

On suppose que l'entrée $e(t)=0$; on obtient le schéma bloc suivant :

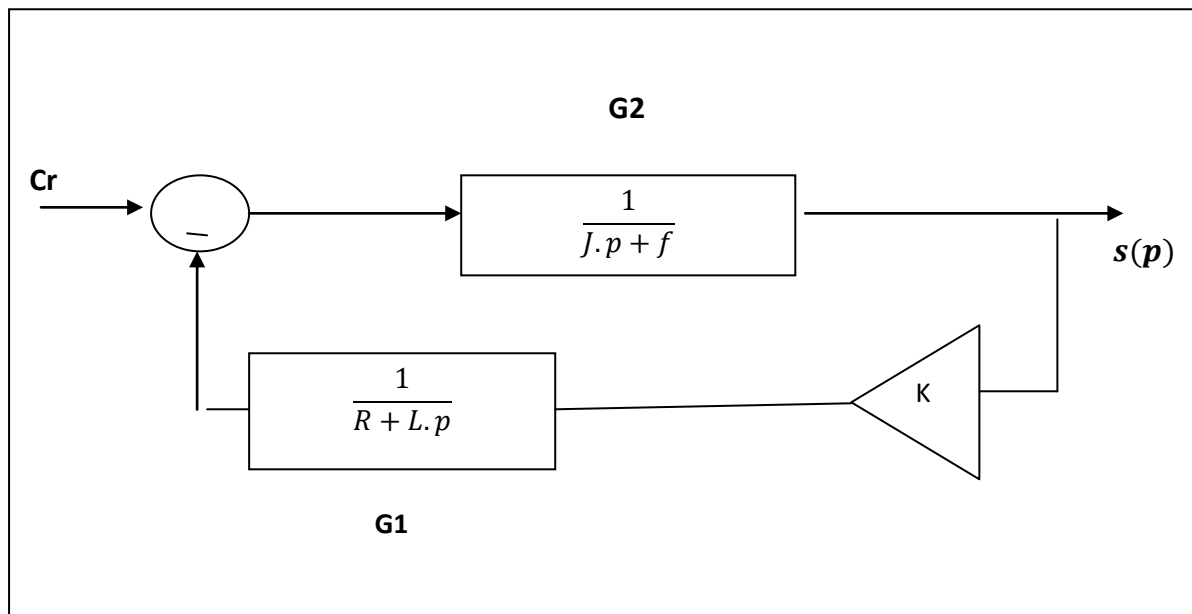


Figure IV.3 : schéma bloc lorsque l'entrée $e(t) = 0$

La fonction du système est donc comme suite :

$$F2 = \frac{s(p)}{-Cr(p)} = \frac{G2}{1 + G1 \cdot G2 \cdot K}$$

On remplace $G1$ et $G2$ par leurs valeurs on obtient la fonction suivante :

$$F2 = \frac{(J.p+f)}{(R+L.p)(J.p+f)+K} \quad (2)$$

La fonction globale est comme suite (1) + (2) :

$$F(p) = F1 + F2$$

$$F(p) = \frac{K + (J \cdot p + f)}{K + (R + L \cdot p)(J \cdot p + f)}$$

AN :

$$F(P) = \frac{4.17+10^{-2} \cdot P}{4.17+4.65 \cdot 10^{-2} \cdot P+7 \cdot 10^{-5} \cdot P^2} \implies F(p) = \frac{4.17+10^{-2} \cdot P}{P^2+664.3 \cdot P+59571.4}$$

On calcule le Δ tel que $\Delta = b^2 - 4 \cdot a \cdot c$

On obtient la fonction suivante :
$$F(P) = \frac{4.17+10^{-2} \cdot P}{(P+557.45)(P+213.7)}$$

IV.4 Calcule des paramètres du correcteur

1^{er} cas :

Notre système est de classe 0 (pas de pole à l'origine) $\implies K = \lim_{P \rightarrow 0} F(p)$

$$K = \lim_{P \rightarrow 0} \frac{1}{(4.67 \cdot 10^{-3} \cdot P + 1)(1.810^{-3} \cdot P + 1)} \implies K = 1$$

On va utilisée la méthode par compensation de pole dominant on obtient la fonction comme suite :
$$F(P) = \frac{1}{(4.67 \cdot 10^{-3} \cdot P + 1)}$$

2^{eme} cas :

On calcule le système en boucle fermé avec un correcteur proportionnel intégral dont la fonction est $C(P) = K_1 + \frac{K_2}{P}$ on aboutit au résultat suivant :
$$F(P) = \frac{4.17 \cdot K_1}{4.64 \cdot 10^{-3} \cdot P + 1}$$

Tel que : $K_1 = K_2$

$$K = \lim_{P \rightarrow 0} \frac{4.17 \cdot K_2}{4.64 \cdot 10^{-3} \cdot P + 1} \quad K_2 = 4.17 \implies K_1 = 4.17$$

3^{eme} cas :

On utilise la méthode d'identification par rapport à
$$F(P) = \frac{1}{1 + \frac{2h}{w_n} P + \frac{P^2}{w_n}}$$

$$F(P) = \frac{4.17 \cdot K_2}{4.17 \cdot K_2 + P + 4.67 \cdot 10^{-3} \cdot P^2} \implies F(P) = \frac{1}{1 + \frac{1}{4.17 \cdot K_2} P + \frac{4.67 \cdot 10^{-3}}{4.17 \cdot K_2} P^2}$$

$$\frac{2 \cdot h}{w_n} = \frac{1}{4.17 \cdot K_2} \implies h = \frac{w_n}{2 \cdot 4.17 \cdot K_2}$$

$$w_n^2 = \frac{4.17 \cdot K_2}{4.67 \cdot 10^{-3}} \implies w_n = 29.88 \sqrt{K_2}$$

Chapitre IV : Asservissement et simulation du système réel

Pour une meilleur marge de stabilité $h=0.43$

On extrait k_2

$$h = \frac{29.88\sqrt{K_2}}{2*4.17*K_2} = 0.43 \quad \Longrightarrow \quad k_2 = \frac{29.88}{3.58} = 8.35$$

$$K_1=K_2 \quad \Longrightarrow \quad K_1=8.35$$

IV.5 Schéma de simulation sur Matlab

IV.5.1 Repense du système

1^{er} cas : On boucle ouverte :

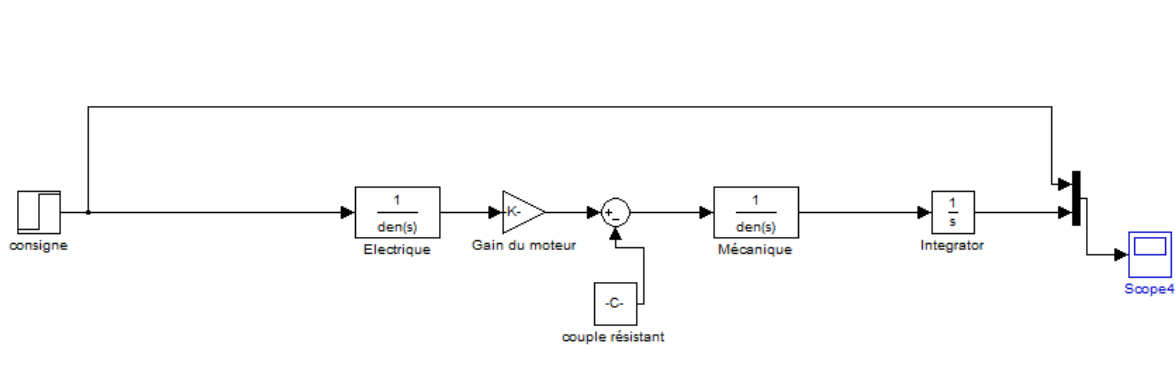


Figure IV.4 : bloc de simulation sur matlab en BO

Après avoir modélisé notre système à vide sous Matlab on à visualisé la courbe si dessous :

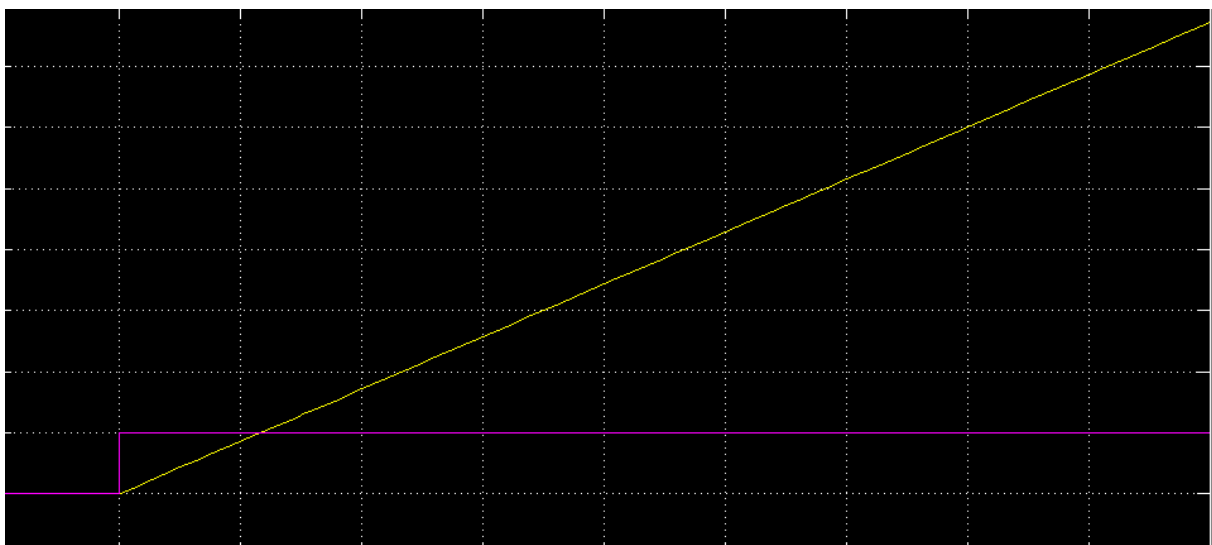


Figure IV.5: réponse du système en BO

2eme cas : système en boucle fermé :

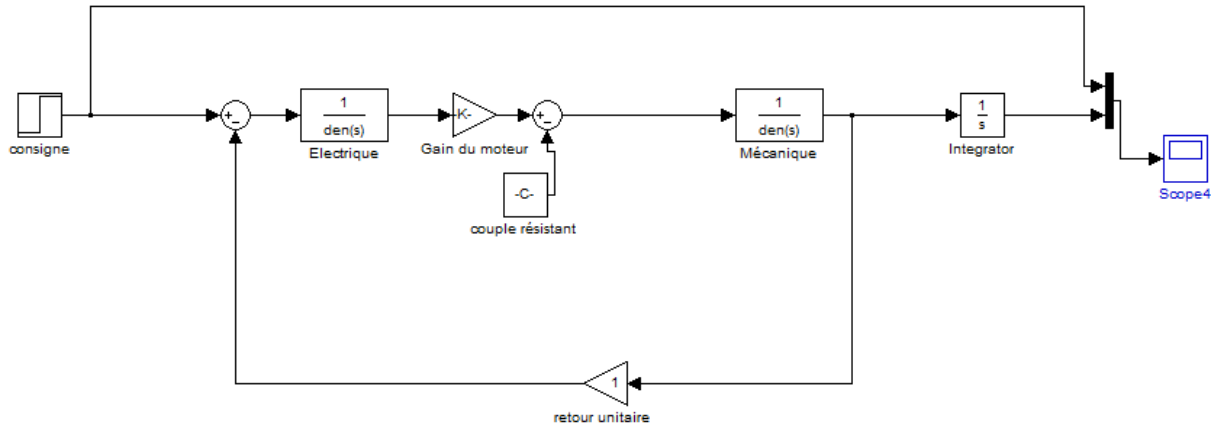


Figure IV.6 : Système en BF

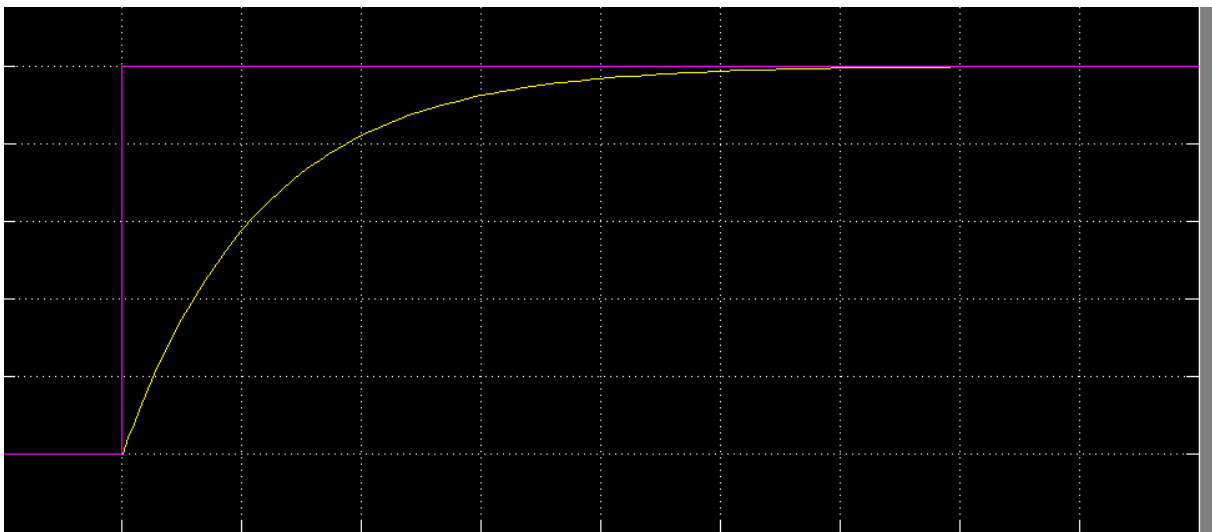


Figure IV.7: repense du système à vide

On remarque la réponse du moteur est de 1^{er} ordre.

1- Système Sans bruit :

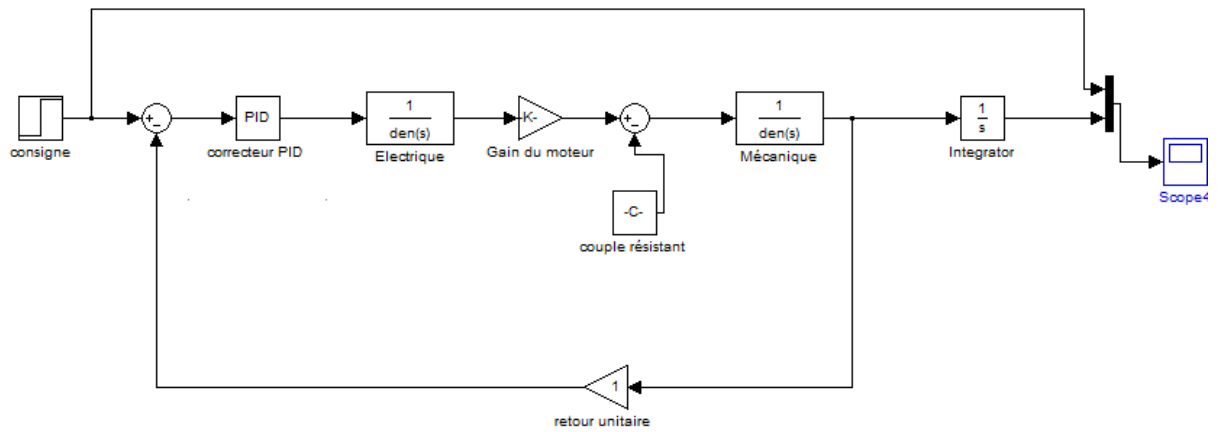


Figure IV.8 : bloc du système sans bruit

➤ Gain $K=1$

Après avoir modélisé notre système sans bruit sous matlab avec un gain $K=1$, on a visualisé la Courbe suivante :

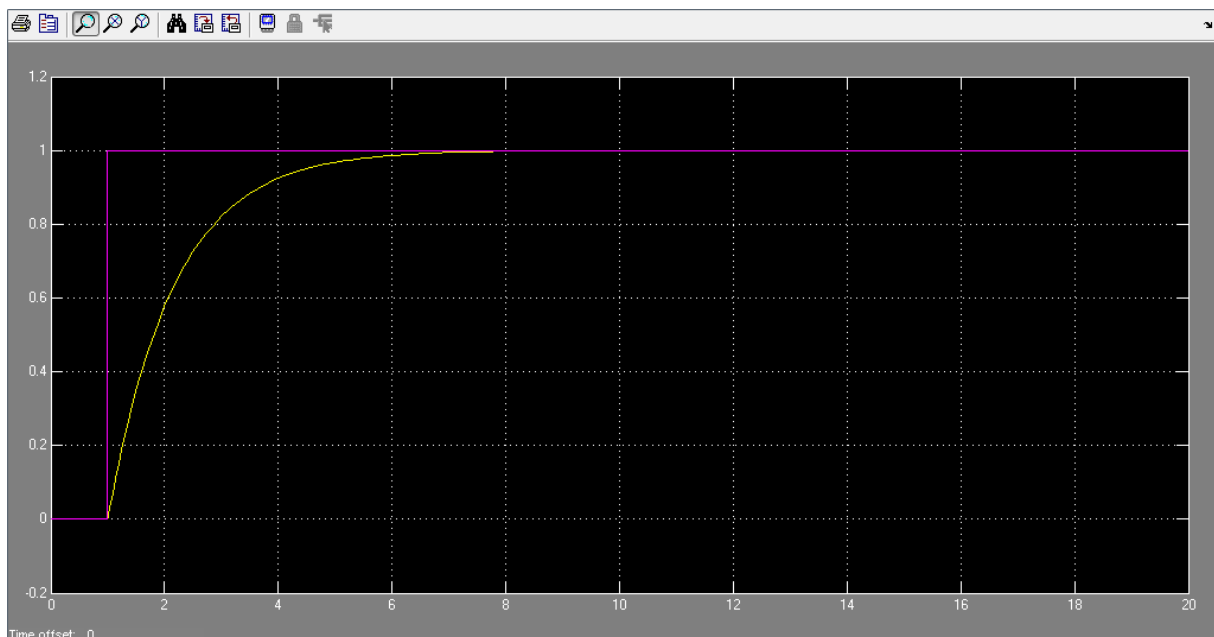


Figure IV.9 : réponse du système en BF avec $K=1$

➤ Gain $K=4.17$

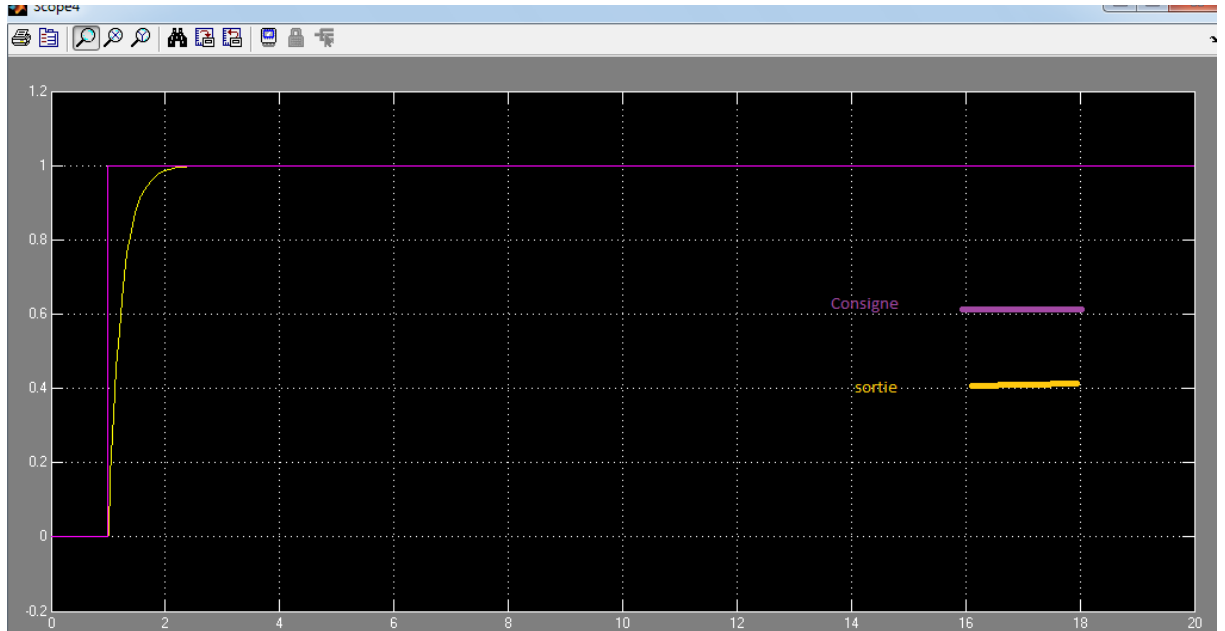


Figure IV.10: réponse du système avec gain $K=4.17$

➤ Gain $K=8.35$

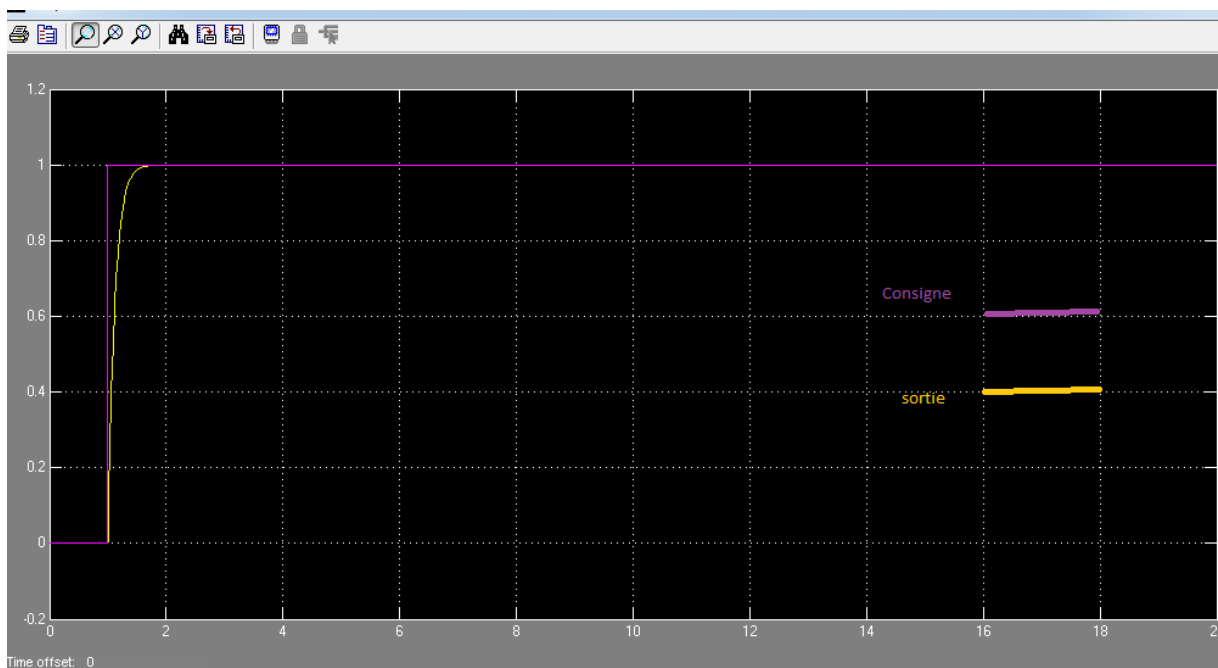


Figure IV.11 : réponse du système en BF avec $K=8.35$

Chapitre IV : Asservissement et simulation du système réel

Remarque :

On remarque plus en augmente le gain K plus la le système est plus rapide.

2-Système avec bruit :

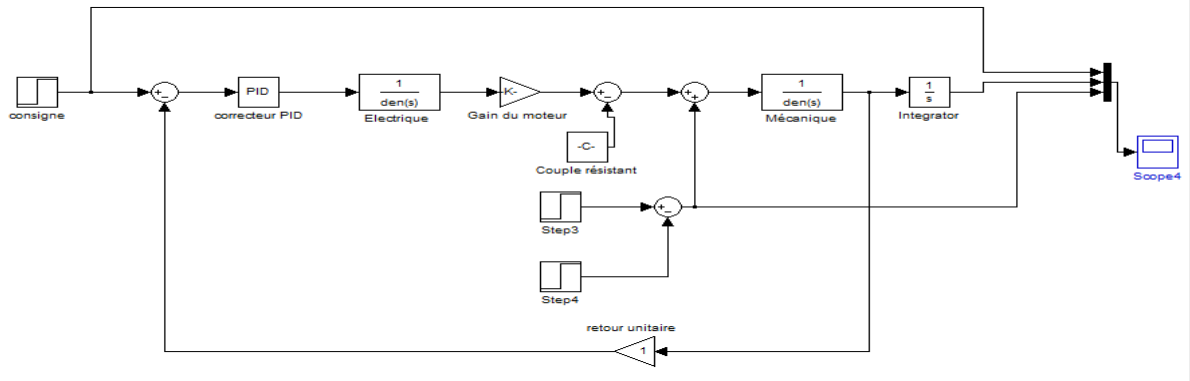


Figure IV.12 : schéma bloc du système avec perturbation

Après avoir modélisé notre système avec bruit sous matlab avec l'action proportionnel, on a visualisé les Courbes suivantes :

Cas 1 :

Pour : $K=1$

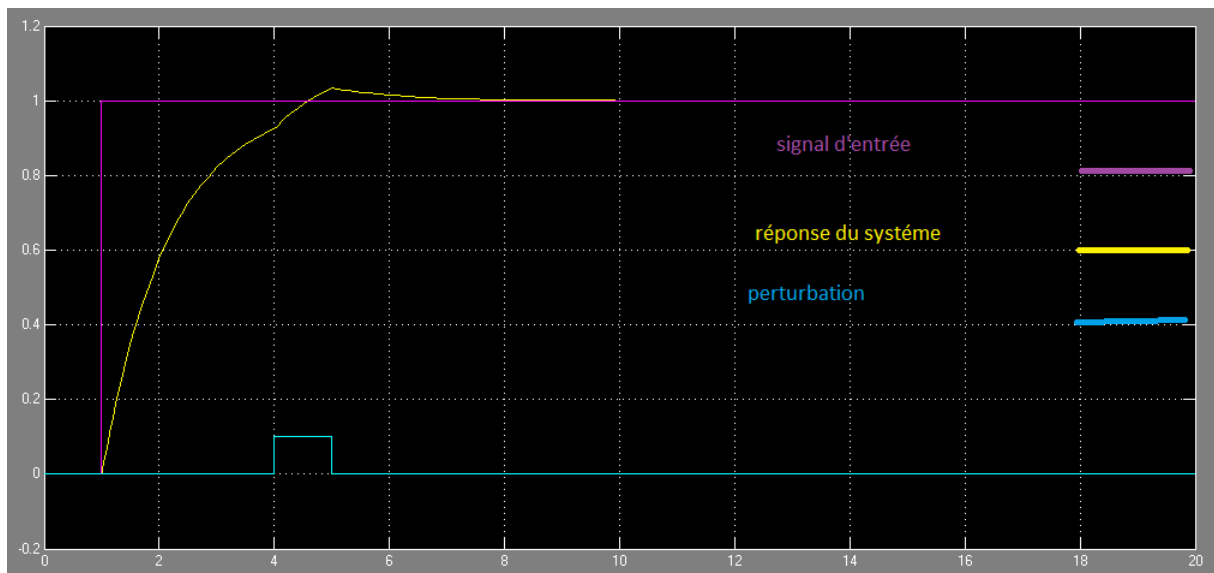


Figure IV.13: réponse du système avec perturbation=0.1 à T [4-5]

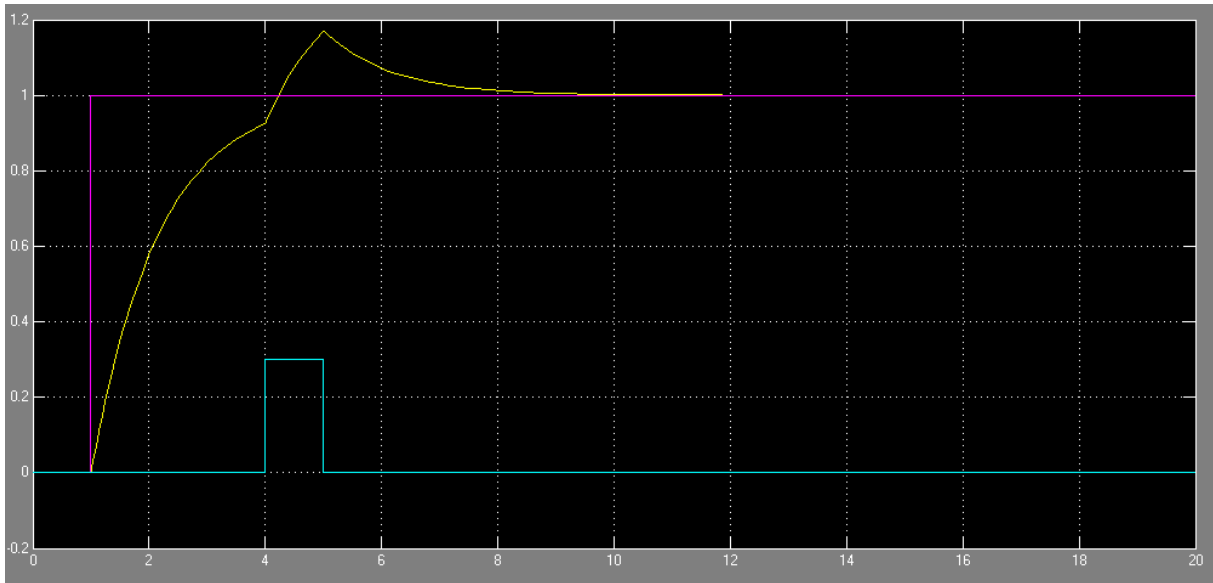


Figure IV.14: Réponse du système avec perturbation $=0.3$ à T [4 -5]

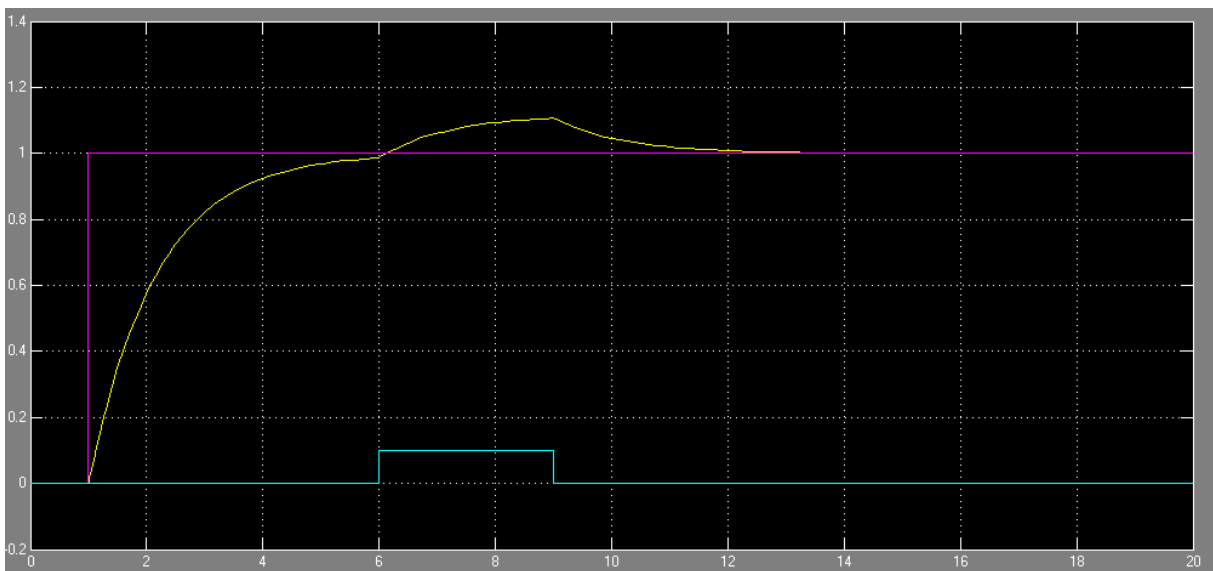


Figure IV.15 : réponse du système avec perturbation $=0.1$ à T [6-9]

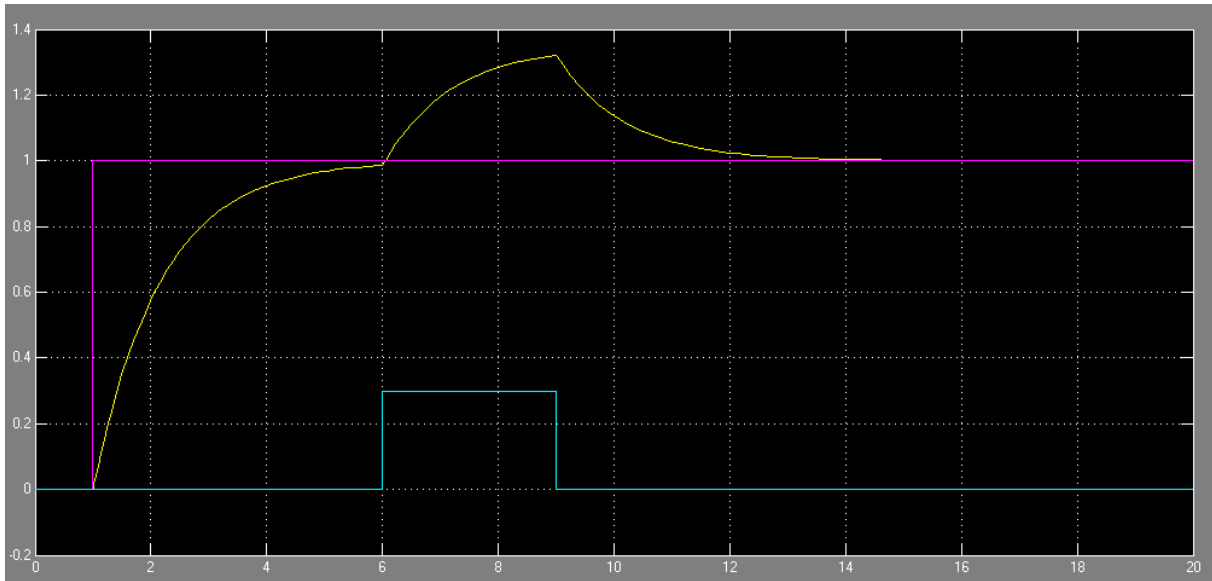


Figure IV.16: réponse du système avec perturbation =0.3 T [6-9]

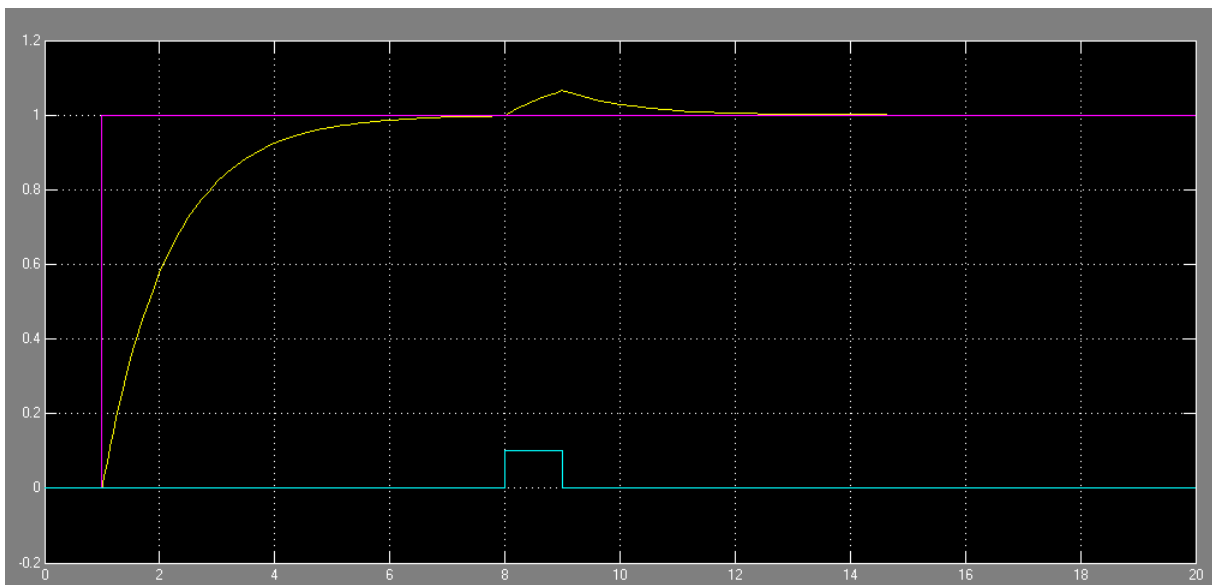


Figure IV.17: réponse du système avec perturbation de 0.1 à T [8-9]

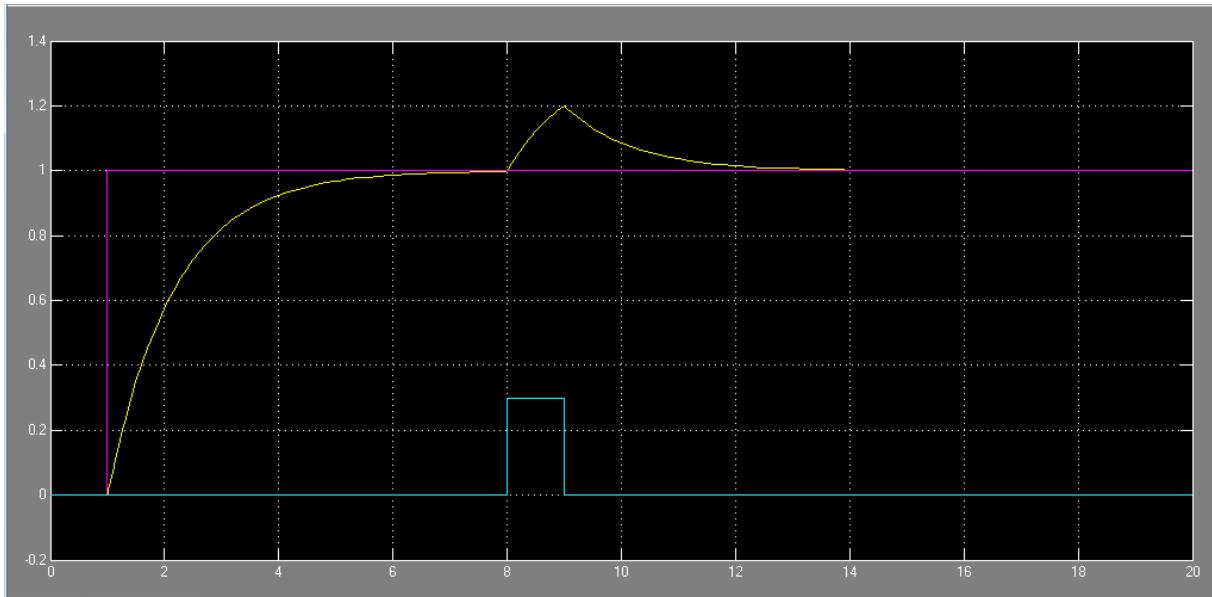


Figure IV.18: réponse du système avec perturbation =0.3 à T [8-9]

Cas 2 :

Pour : $K=4.17$

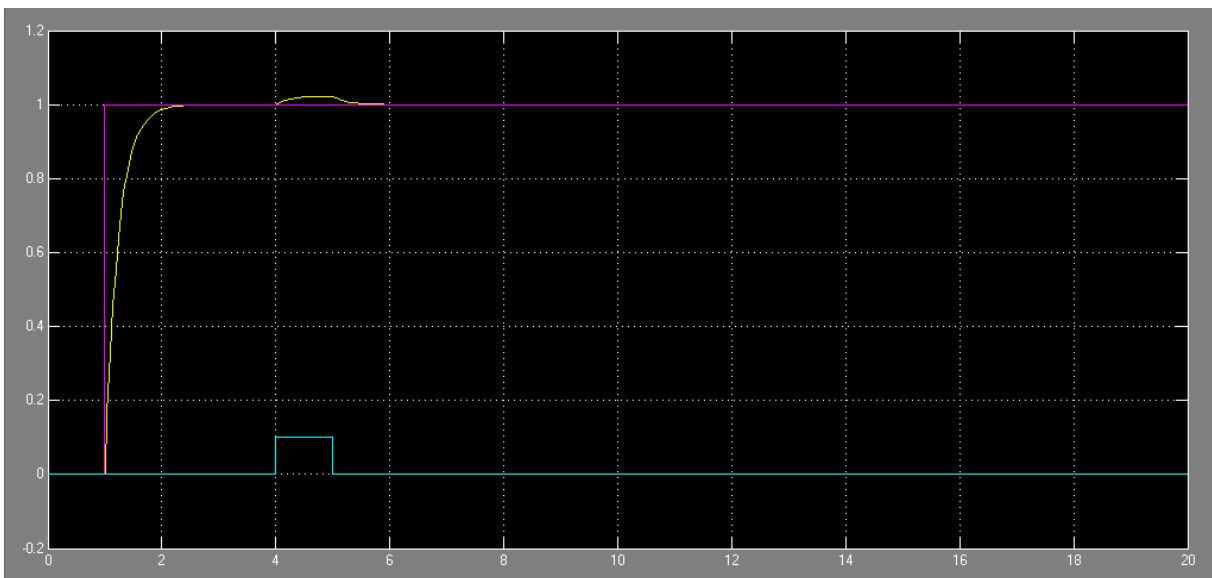


Figure IV .19: réponse du système avec perturbation =0.1 à T [4-5]

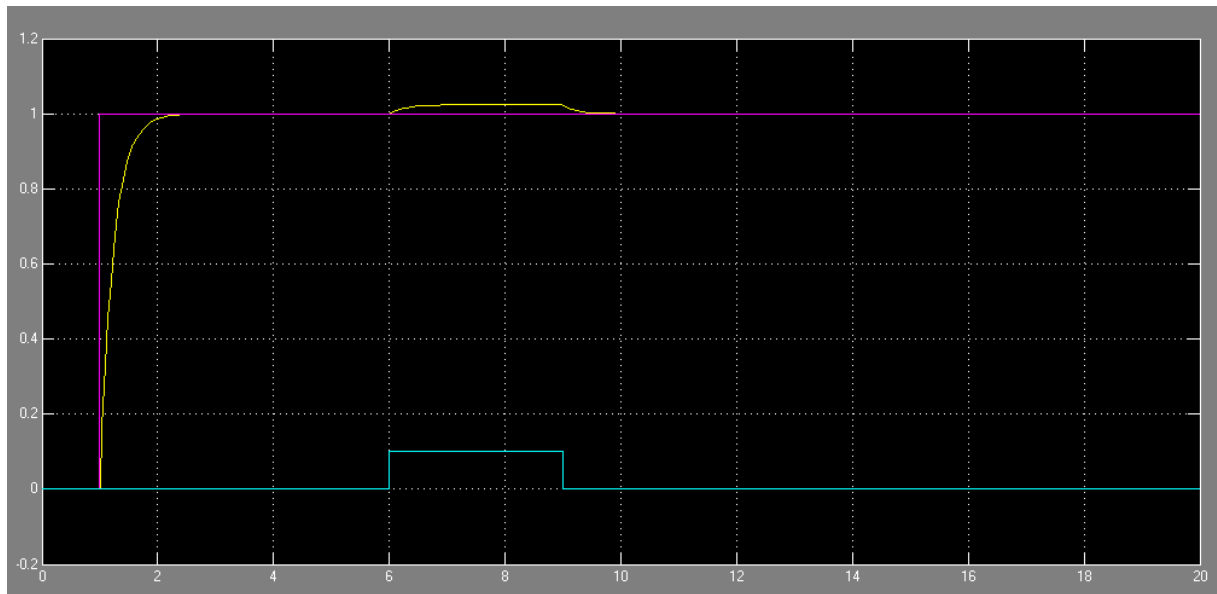


Figure IV.20: réponse du système avec perturbation $=0.1$ à T [6-9]

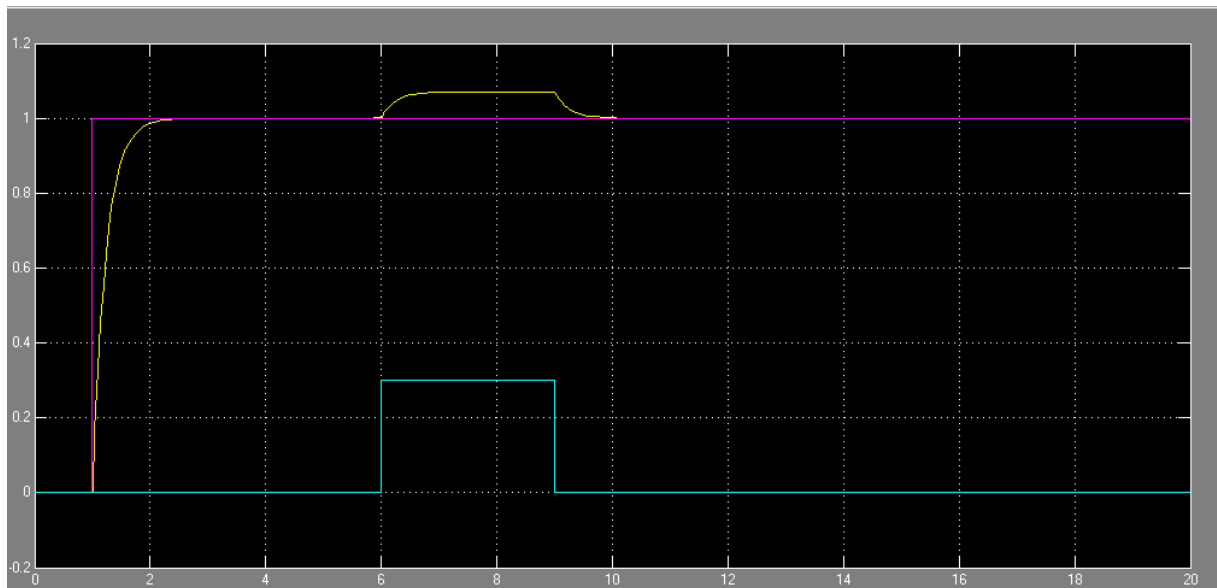


Figure IV.21: réponse du système avec perturbation $=0.3$ à T [6-9]

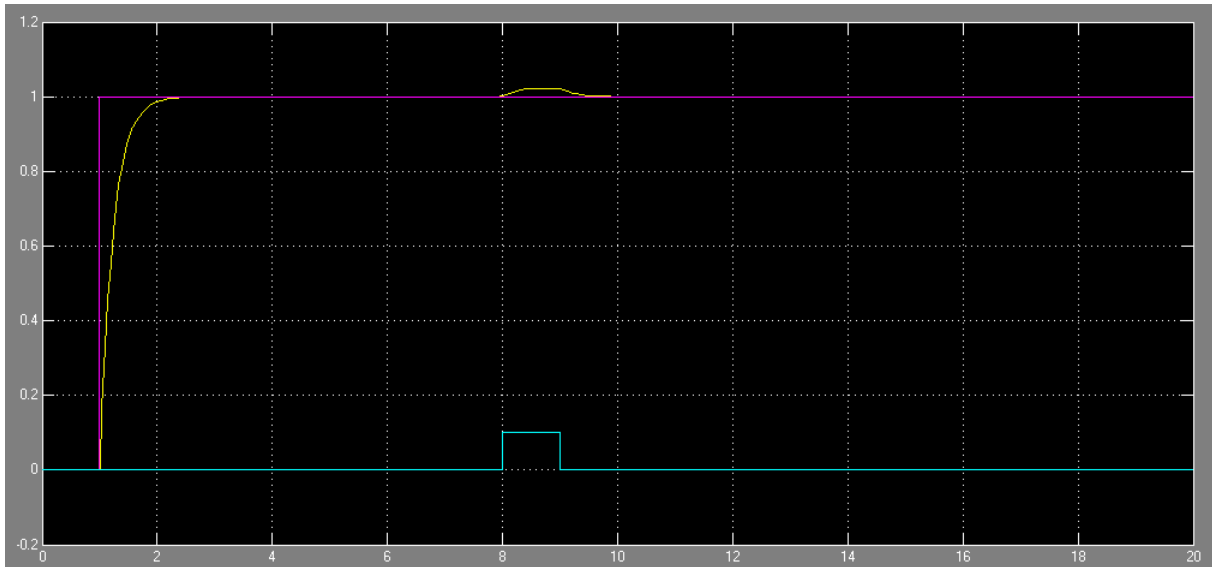


Figure IV.22: réponse du système avec perturbation =0.1 à T [8-9]

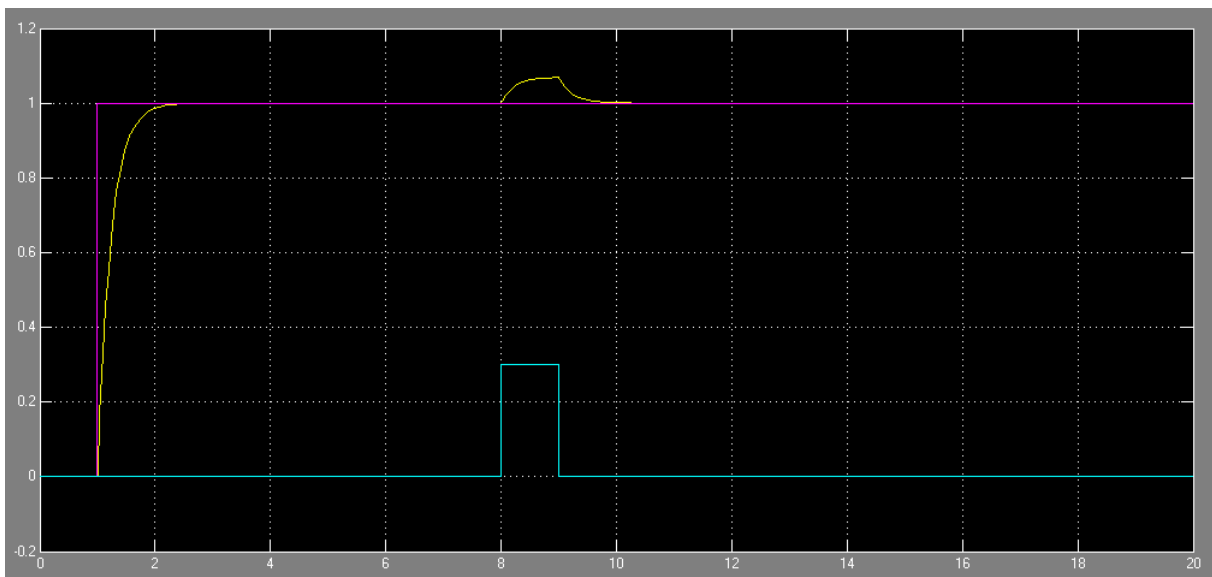


Figure IV.23: Réponse du système avec perturbation =0.3 à T [8-9]

Remarque :

Plus en augmente le gain K , le système devient plus rapide et corrige plus rapidement la perturbation.

Après avoir modélisé notre système avec bruit sous matlab avec l'action proportionnel intégral on fixe le proportionnel à 1 on a visualisé les Courbes suivantes :

Cas 1 :

Pour : $k=1/ I=1$

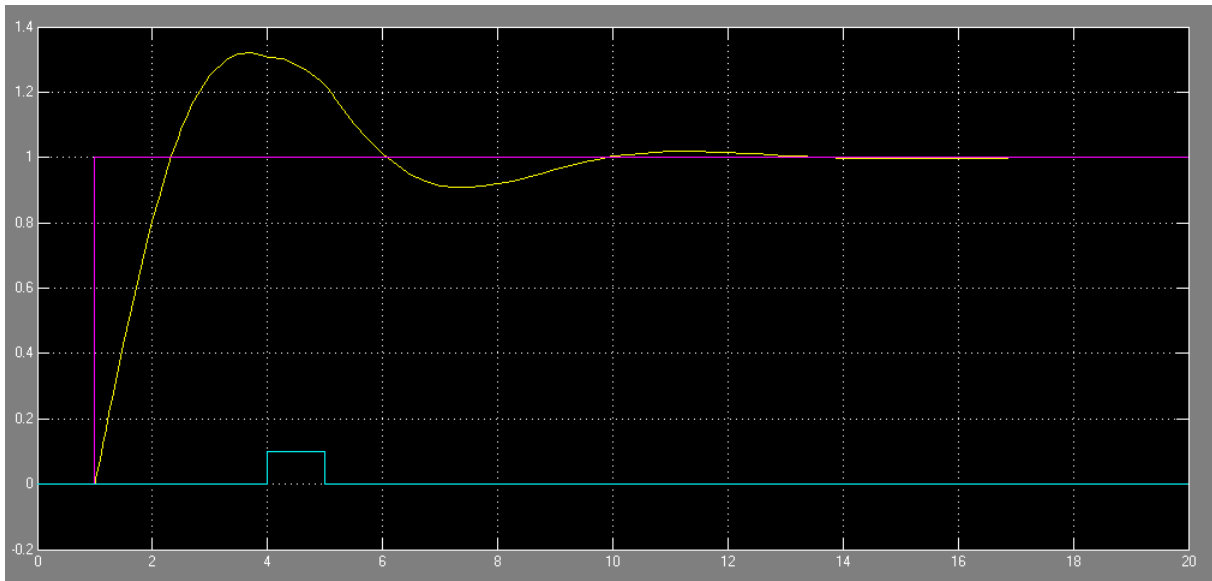


Figure IV.24: réponse du système avec perturbation =0.1 à T [4-5]

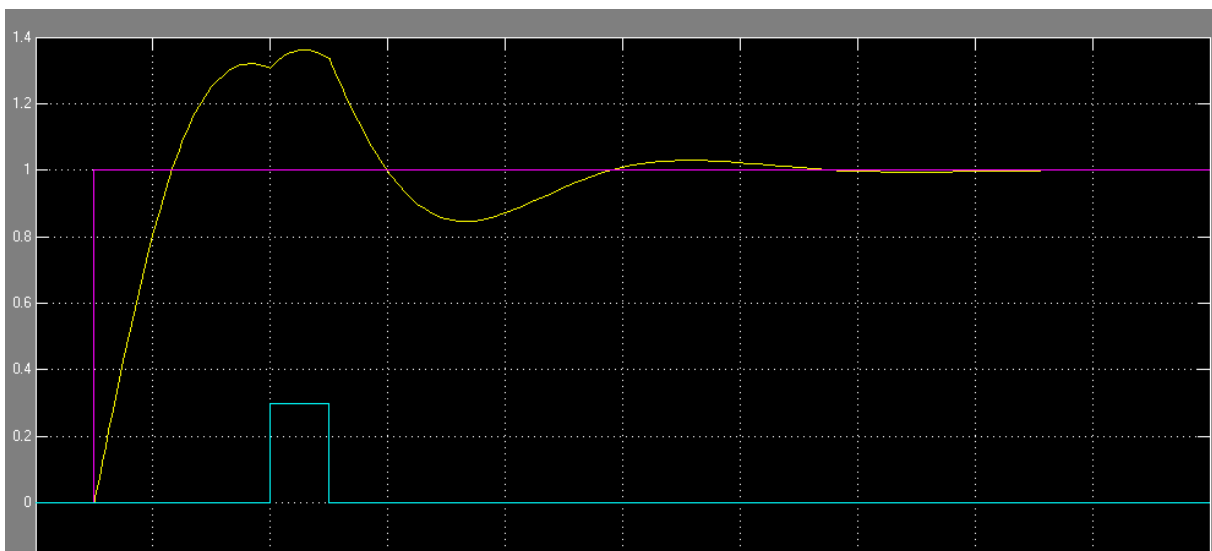


Figure IV.25: réponse du système avec perturbation = 0.3 à T [4-5]

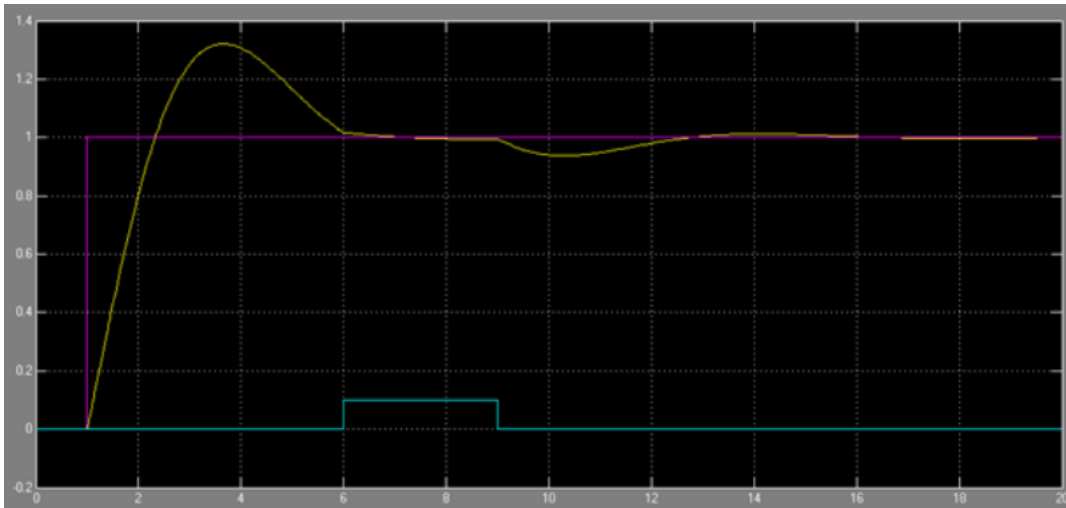


Figure IV.26: réponse du système avec perturbation =0.1 à T [6-9]

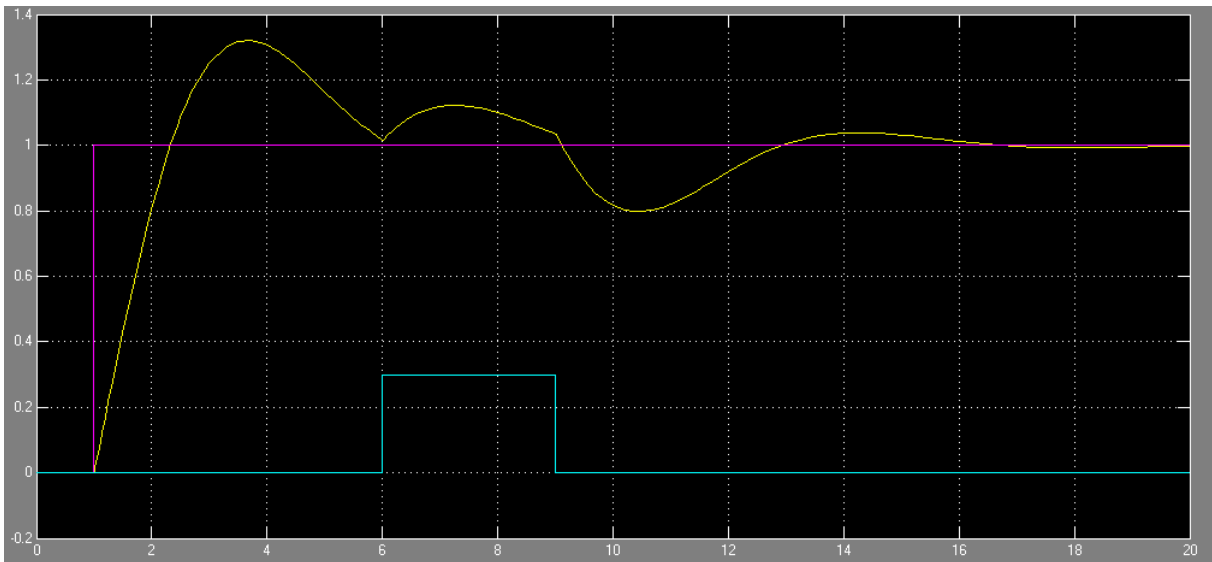


Figure IV.27: réponse du système avec perturbation = 0.3 à T [6-9]

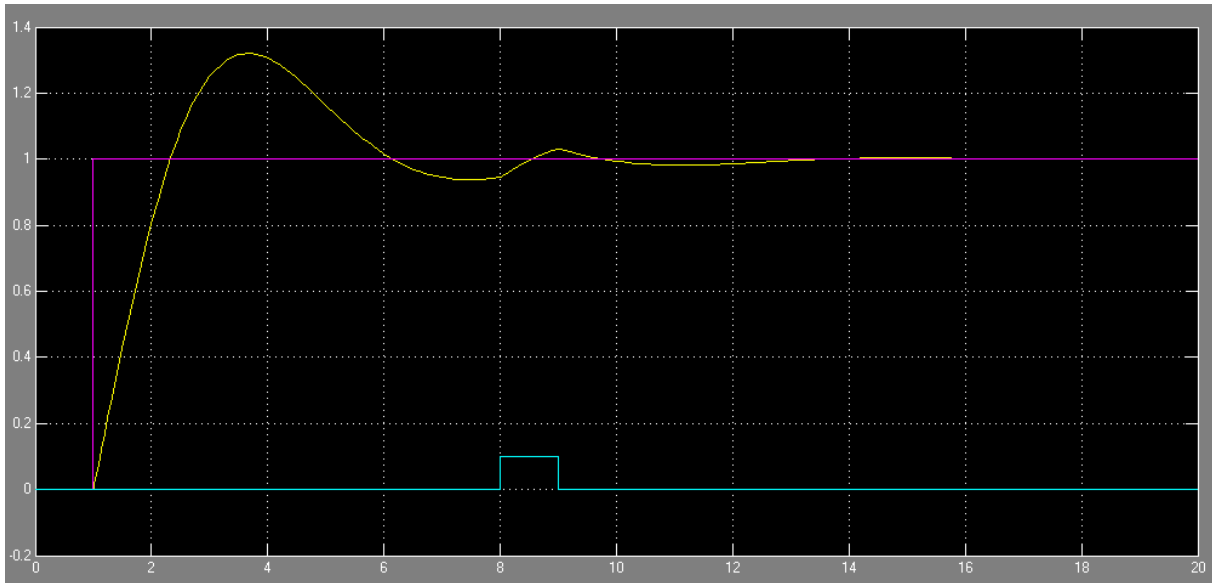


Figure IV 28: réponse du système avec perturbation = 0.1 à T [8-9]

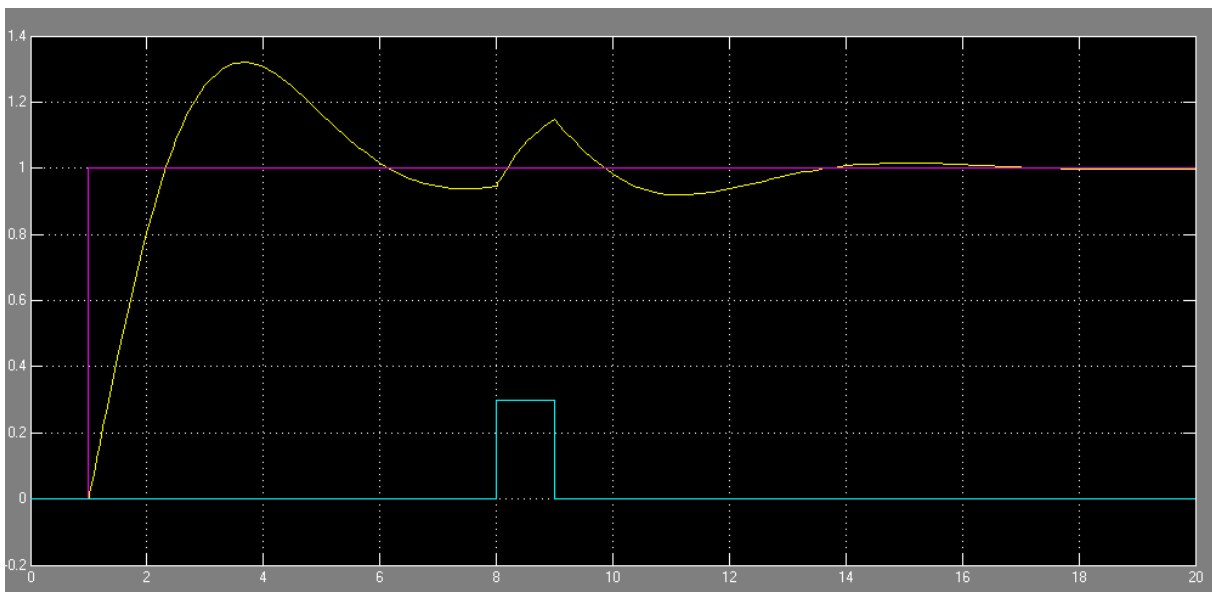


Figure IV.29: réponse du système avec perturbation à T [8-9]

Remarque :

Avec le correcteur PID on oublie un système de second ordre et l'erreur est rectifiée plus rapidement.

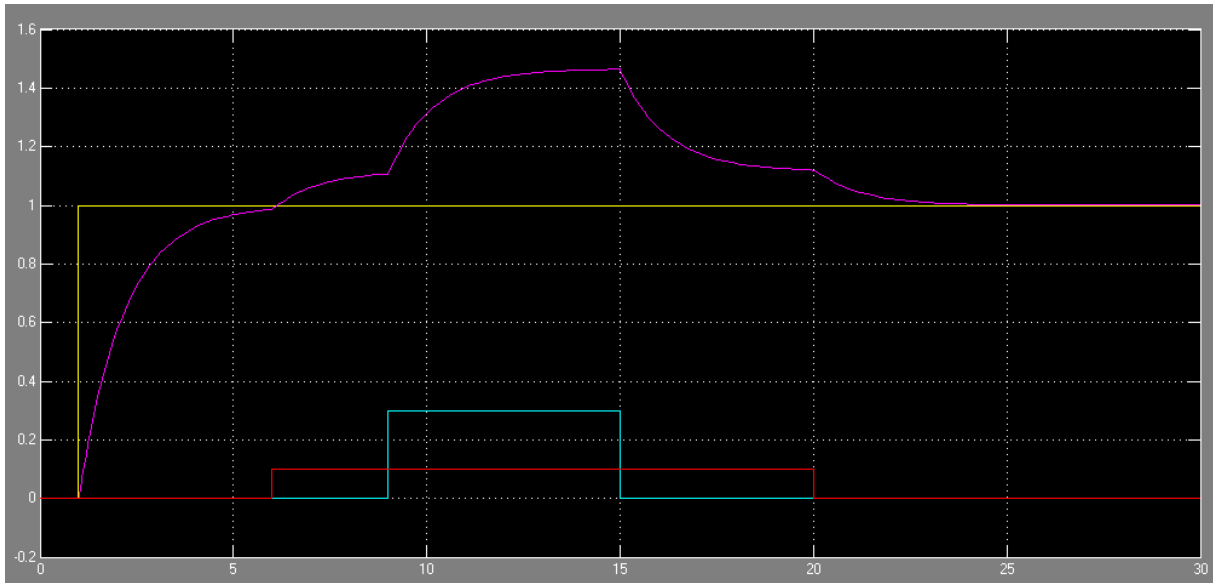


Figure IV 30 : réponse du système avec 2 perturbations

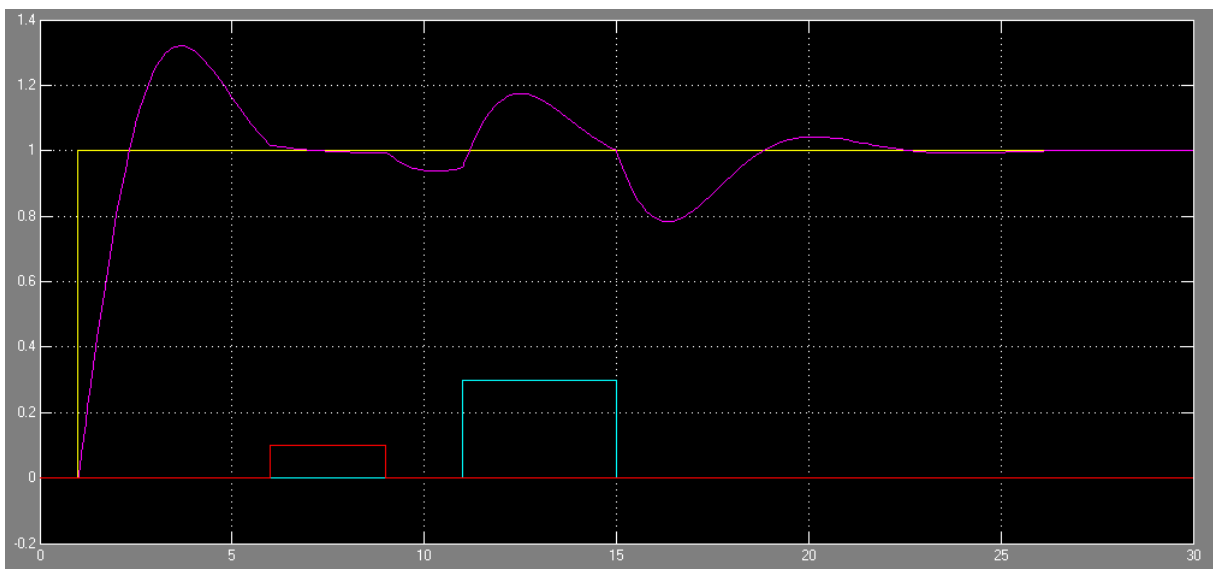


Figure IV.31 : réponse du système avec 2 perturbations avec correcteur PI

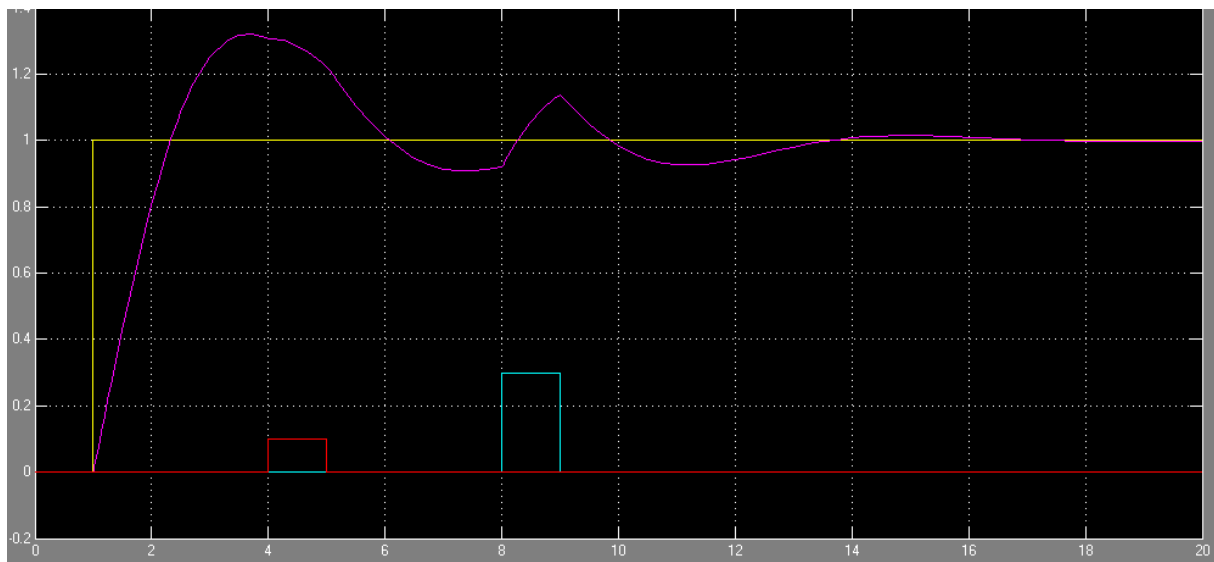


Figure IV.32 : réponse du système avec 2 perturbations avec correcteur PI

Remarque :

On remarque que lorsque le système travaille en boucle ouverte on ne peut pas commander la sortie. Alors que pour le système bouclé le système suit toujours l'entrée (la consigne), et même si y'a des perturbations il les récupère.

IV.6 Conclusion

Après avoir ajouté des éléments au système on a pu conclure que le correcteur PI a un rôle important et bien défini sur l'ensemble du processus étudié, en premier lieu le correcteur agit pour rectifier l'erreur statique en suite, on a vu l'impact de la variation du gain sur le système sans ajouter une perturbation, et après l'avoir ajouté.

En fin le correcteur proportionnel intégral (PI) ajouté au système a pu corriger la perturbation et assurer une meilleure réponse et rapidité pour le système.

conclusion

générale

Conclusion générale

Conclusion générale

Notre travail consistait à étudier sur le plan théorique et pratique, l'identification des paramètres d'un moteur à courant continu et de commander sa vitesse en boucle fermée.

Durant notre projet, on a vu que la régulation de vitesse d'un moteur électrique à courant continu était une solution qui offre une bonne performance, que ce soit au niveau de la précision, de temps de réponses du dépassement et de la stabilité.

Ce travail nous a permis d'acquérir une expérience enrichissante dans le domaine de la régulation des moteurs électriques et mettre en pratique les connaissances requises.

Sur un plan plus personnel, nous avons pu s'intégrer dans un climat d'étude professionnelle d'où on a vécu tous l'avancement du projet, à savoir l'identification, la simulation, et la procédure à planifier un plan de travail.

Annexe

I : Description

« Le quadruple », « le pont H » est un assemblage de 4 transistors (2 PNP et 2 NPN) monté de telle façon que le courant puisse passer soit dans un sens, soit dans l'autre sens. En inversant le sens du courant dans le moteur, ce dernier changera de sens de rotation. Alors pourquoi ce nom de quadruple ? Tout simplement parce qu'avec ce circuit, vous pouvez piloter soit 4 moteurs en sens unique, ou 2 moteurs dans les deux sens.



Figure 1 : Circuit intégré L293D

II : Schéma de connexion des pins de circuit

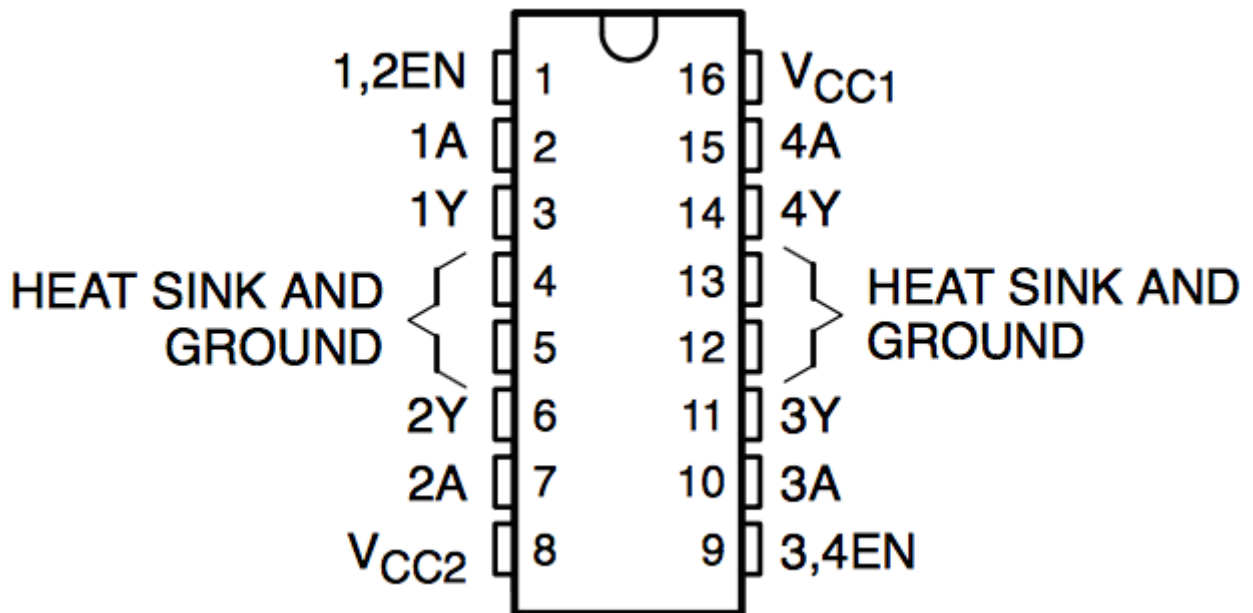


Figure 2 : datasheet de circuit L293D

On remarque qu'un circuit comporte toujours une marque pour son orientation. Les pins de connexion étant numérotés, c'est toujours bon de savoir par où commencer.

On va voir que c'est finalement assez simple car chaque partie est regroupée.

Annexe

La partie gauche commande le premier pont (demi-pont 1 et demi-pont 2) :

- pin 1 : active la partie gauche si l'on y envoie un état haut (+5V dans notre cas) et la désactive à l'état bas. On peut donc l'utiliser pour envoyer un signal PWM.
- pin 2 : c'est le pin de commande du demi-pont 1 (là où on envoie le courant au transistor pour qu'il laisse ou non passer le courant).
- pin 3 : on branche une patte du moteur ici.
- pin 4 : c'est le gnd (et le radiateur, ou dissipateur de chaleur). on y branche l'autre patte d'un moteur si on l'utilise que dans un sens. Il faut le relier au gnd de l'Arduino.
- pin 5 : gnd pour le demi-pont 2 (il est d'ailleurs conseillé de relier tous les gnd utilisés ensemble).
- pin 6 : on connecte l'autre patte du moteur (si utilisation dans les deux sens).
- pin 7 : commande du demi-pont 2.
- pin 8 : c'est ici que l'on connecte la source d'alimentation des moteurs (circuit de puissance).

La partie droite commande le second pont (demi-pont 3 et 4) :

- pin 16 : c'est ici qu'on connecte le +5V de référence (circuit de commande).
- pin 15 : commande du demi-pont 4.
- pin 14 : connexion d'une patte du second moteur.
- pin 13 et 12 : gnd.
- pin 11 : connexion de l'autre patte.
- pin 10 : commande du demi-pont 3.
- pin 9 : active la partie droite (donc demi-pont 3 et 4). Possible en PWM.

Annexe

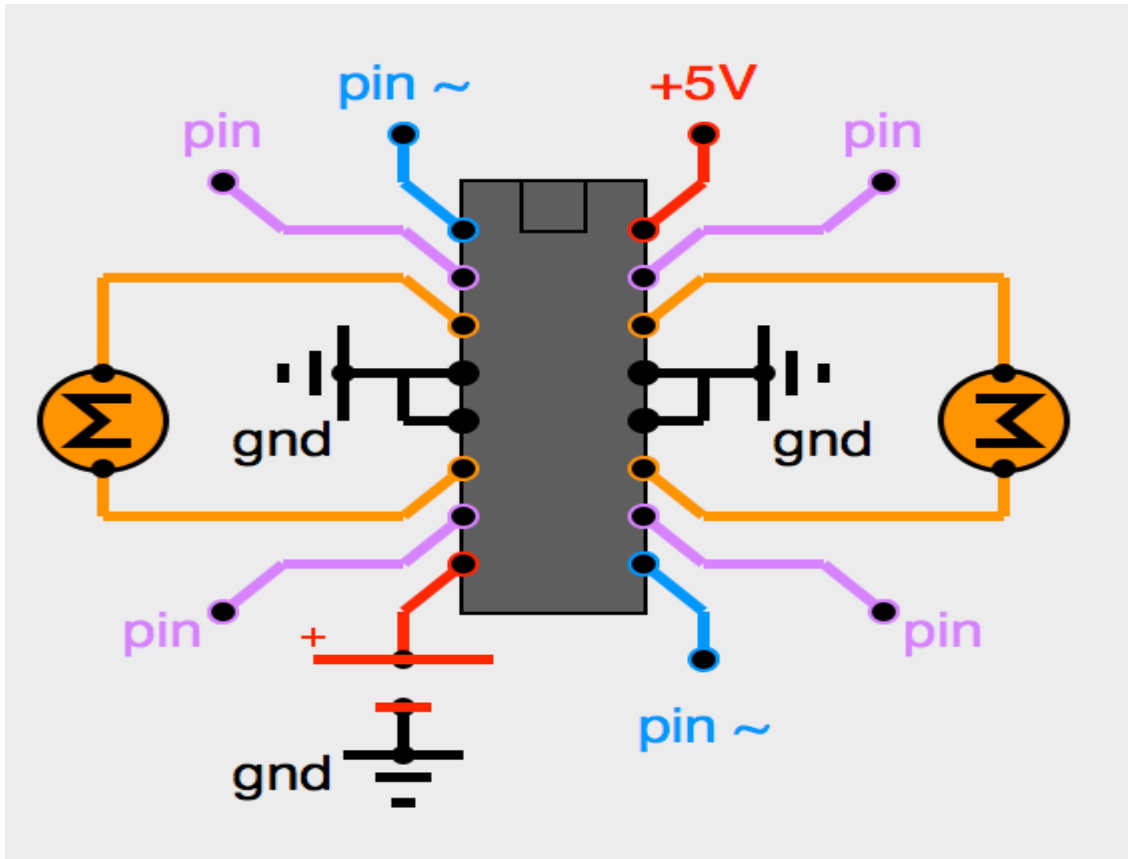


Figure 3 : Schéma en couleur qui permet de mieux visualiser

block diagram

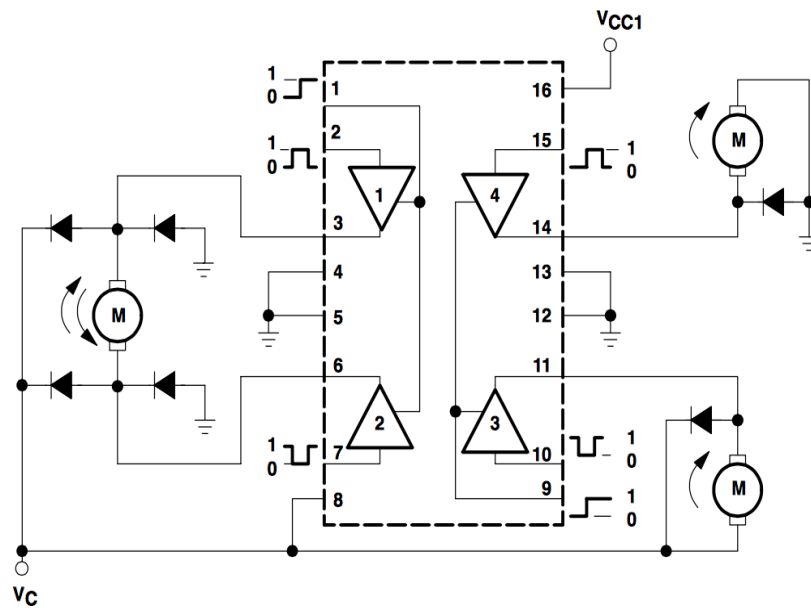


Figure 4 : Diagramme de branchement de circuit L293D

Les diodes placées autour des moteurs ne sont pas indispensables.

Bibliographie

Bibliographie

- ❖ *BELHADJ Akli .MAHOUCHE Ali (2005) <<Détermination des paramètres d'une machine à courant continu >> (M^r H.SEDIKI)*
- ❖ *M^{lle} FEKID Hayat (2011) <<Identification des paramètres d'une machine à courant continu >> (M^r BECHOUCHE.A)*
- ❖ *AUTO 136 (DANIEL Lequense – lavoisier) << réglages PID >> [FGEI 6124 / 2A BOOKS 2014_N° 125]*
- ❖ *AUTO 053 (PIERRE GUYENOT THERRY HANS) << Régulation et Asservissement >>*
- ❖ *MALEK Abdenour .MERABET Ghiles (2017) << Régulation de la température de l'huile de turbine de la centrale thermique>> CAP-DJENET (M^r BENNAMANE.K)*
- ❖ *HAMOUANI Ahmed (2017) <<Eude et réalisation d'une commande d'un système composé d'un robot, d'un plateau tournant et d'une caméra>> (M^r moussa.DIAF)*
- ❖ *KARA Fatma.TALEB Tahah (2015) <<Modélisation et commande en vitesse d'un moteur à courant continu alimenté par un hacheur MLI >> (M^r HAMACHE Amar)*
- ❖ *Lequensne DANNIEL << Réglage PID>> hermés (2009)*
- ❖ *HAMICHE Hamide << commande des procédés>> cours masterélectronique industriel*
- ❖ *M^r ZEGRARI et A.BADRI << Identification des systèmes par la methode du modele >> (2014)*
- ❖ *Arnaud BAYESSE (2010) <<Contribution à l'identification parametrique de model a temps continu >> (M^{me} Alina VODA) univercité de telouse*
- ❖ *Professeur HOANG LE-HUY <<Introduction à MATLAB et la SIMULINK>> université LAVAL [Québec, CANADA] (1998)*
- ❖ http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php
- ❖ <http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>