

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

BADJI-MOKHAR-ANNABA UNIVERCITY
UNIVERCITE BADJI-MOKHAR-ANNABA



جامعة باجي مختار - عنابة

ANNEE 2010-2011

Faculté des Sciences de l'ingénieur

Département de Génie Mécanique

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master II

Intitulé :

Adaptation climatique de la vitesse automobile

Domaine : Sciences et Techniques

Filière : Génie Mécanique

Spécialité : Mécatronique

Par :

Soltani zakaria

Directeur du Mémoire : **m.mansouri**

Grade : C.C UNIVERSITE ANNABA

DEVANT LE JURY

PRESIDENT : **A.BOUCHELAGHEM**

Grade : M.C UNIVERSITE ANNABA

EXAMINATEURS **L.LAOUAR**

Grade : M.C UNIVERSITE ANNABA

O.BOUARICHA

Grade : C.C UNIVERSITE ANNABA

B.BOUZITOUNA

Grade : C.C UNIVERSITE ANNABA

A.ABDERRAHMANE

Grade : C.C UNIVERSITE ANNABA



Remerciements

Nous remercions tout d'abord Dieu de nous avoir donné la foi et le courage pour accomplir ce travail.

Notre profonde gratitude à nos parents pour leur soutien moral indéfectible.

Nous adressons nos sincères remerciements à tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce mémoire.

*Nos sincères remerciements vont à notre directeur de thèse **Mr MANSOURI** d'avoir accepté de nous encadrer pour la réalisation de ce mémoire, nous le remercions pour sa patience et sa disponibilité tout au long de notre travail, ainsi que pour ses conseils pertinents.*

*je remercie vivement **M^{me} CHIBANE**, enseignante département d'Electronique*

Et tous les enseignants de département de Génie Mécanique.





DEDICACES

Ce travail est le labeur de plusieurs années d'effort et c'est avec un immense honneur que je dédie

Je dédie ce modeste mémoire à *mon père* et *ma mère* qui ont fait moi l'homme que je suis, source d'amour et de tendresse qui se mettent toujours à mes cotés jusqu'à me voir réussir.

A toute la famille : soltani .

A me très cher frère : [hamza](#), [m.mostafa](#) , [abed el moumen](#)

A ma très cher sœur : [yousra](#)

A mes très chères amis : ayachi, mohamed,

A tout mes professeurs de département : GENIE Mécanique et électronique

A toute la promotion de : Mécatronique.



zakaria



Table des matières

Introduction générale	1
Introduction sur le sujet	5
Définition sur le sujet	5
La problématique	5
1. généralités sur l'injection essence	
1.1.1 circuit de carburant	7
1.1.2 carburation externe rappel	7
1.1.3 carburation interne	7
1.1.4 classification des systèmes d'injection	8
1.2.1 principes de mesure	10
1.2.2 Débitmètre d'air massique à film chaud	10
1.2.3 Capteur de pression	12
1.2.4 Commande des volets de charge (angle de papillon)	12
1.3. Pompe a essence	14
1.3.1. Fonctionnement	14
1.3.2. les deux types de pompe	14
1.3.3. Différents montages	16
1.3.5. Caractéristiques techniques générales des pompes à carburant	17
1.3.6. Diagnostic électrique	17
1.4 – les injecteurs	17
1.4.1- Injection mono point	17
1.4.2- Injection multipoint	18
1.4.3- Différents types d'injecteurs	19
1.4.4- Différents types de jets	20
1.5. capteur de vitesse vehicule	20
1.5.1 –rôle	20
1.5.2- implantation	21
1.6. capteur de regime et de position moteur	21
1.6.1. Rôle	21
1.7. calculateur	22
1.7.1 . rôle	22
1.7.2. Graphe fonctionnel	23
1.7.3. Principe de l'injection essence	24
1.7.4. Détermination de la masse d'air admise	25

1.8. Les autres capteurs nécessaires pour l'injection essence	26
1.9. La régulation du ralenti	28
2. le multiplexage automobile	
2.1. définition du multiplexage	29
2.2. besoin des constructeur	29
2.3. rappel numérique	30
2.4. principe de multiplexage	33
2.5. Topologie du CAN	36
3. capteur de pluie	
3.1. Détection de l'eau : principes et applications	39
3.2. Capteur capacitif de pluie : étude bibliographique	47
3.3. Positionnement de l'étude	52
4. servomoteur	
4.1.1. Stator du moteur courant continu	55
4.1.2. Description de stator avec image	56
4.1.3. Rotor du moteur courant continu	57
4.1.4. Balais et port balais	59
4.2. Relations électriques	60
4.2.1. Schéma équivalent	60
4.2.2. Réglage de la vitesse	62
la vanne a papion	62
les roue d'engrenage	63
Le positionner	64
5. step 7	
5.1. step 7	66
5.1.1. plsim	67
5.2.1.1 Langage de programmation CONT (schéma à contacts)	67
5.2.1.2 Langage de programmation LOG (logigramme)	67
5.2.1.3 Langage de programmation LIST (liste d'instructions)	68
5.2.1.4 Langage de programmation GRAPH (commande séquentielle)	68
5.2.2 Bloc d'organisation pour le traitement de programme cyclique (OB)	69
5.2.3.1 Blocs de données globaux (PB)	69
5.2.4 Création d'un nouveau projet	71
5.3. Win CC	77

5.3.1 Définition	77
5.3.2 Usage	77
5.3.3 Structure de Win CC	77
5.3.5 Déroulement des travaux	78
5.3.6 Gestion des variables Win CC	79

6. la simulation

6.1. Simulation step 7

6.1.1. étape 1 : l'état initial	82
6.1.2. étape 2	83
6.1.3-étape 3	84
6.1.4. étape 4	85

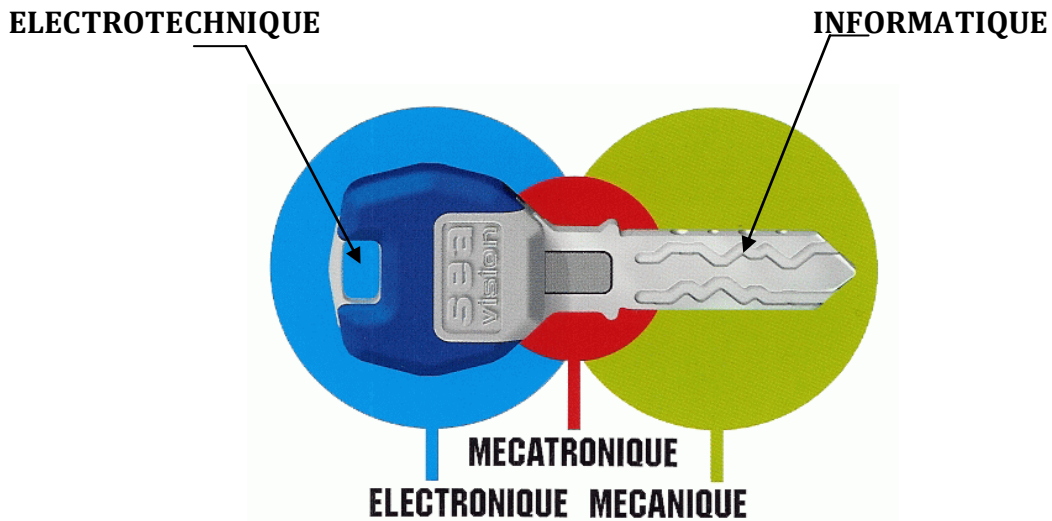
6.2. simulation matlab

6.2. 1- INTRODUCTION	86
6.2.2- MATLAB/Simulink	86
6.2.3- fonction de transfert du moteur a courant continu	87
6.2.4- Fonction de transfert de la Partie mécanique (équations mécaniques)	88
6.2.5- modélisation de convertisseur	92
6.2.6- Schéma bloc de simulink	97
6.2.7-Etude de stabilite du systeme	99

II Mécanismes d'accélération des rayons cosmiques	23
II.1 Introduction	23
II.2 Principe général	24
II.3 Modèle bétatron	27
II.4 Mécanisme cyclotron	30
II.5 Pulsars	33
II.6 Mécanisme de Fermi	34
II.7 Ondes plasma et "centres diffuseurs"	38
II.8 Accélération par onde de choc	40
III Rayons cosmiques d'énergie extrême	43
III.1 Introduction	43
III.2 Résultats expérimentaux	45
III.2.1 Situation expérimentale avant Auger	45
III.2.2 Observatoire Auger Sud jusqu'à 2010	49
a). Spectre en énergie	49
b). Anisotropie du RCEE	50
c). Limite sur le flux de photons d'énergie extrême	53
III.3 Propagation des RCEE	54
III.3.1 Energie seuil	55
III.3.2 Perte d'énergie	56
III.3.3 Section efficace et Libre parcours moyen	56
III.4 Origine des RCEE	58
III.4.1 Les sursauts gamma	61
III.4.2 Les noyaux actifs de galaxies	61
III.4.3 Chocs d'accrétion des grandes structures	62
Conclusion générale	63

INTRODUCTION

1. Qu'est-ce-que la Mécatronique



La **MECATRONIQUE** est un néologisme qui caractérise l'utilisation simultanée et l'étroite symbiose des techniques du Génie **MECA** nique, de l'Elec **TRON** ique, de l'Automatisme et de la Micro-Informat **IQUE**.

Le terme mechatronics a été introduit par un ingénieur de la compagnie japonaise « Yaskawa » en 1969. Le terme mécatronique est apparu officiellement en France dans le Larousse 2005.

La mécatronique est la combinaison synergique et systémique de la mécanique, de l'électronique et de l'informatique temps réel. L'intérêt de ce domaine d'ingénierie interdisciplinaire est de concevoir des systèmes automatiques puissants et de permettre le contrôle des systèmes complexes.

Depuis la fin du XXe siècle, l'électricité et l'électronique ont entré a notre vie quotidienne (robots électriques, ordinateurs, téléphones etc.). Présents dans la plupart de nos objets de tous les jours, ces disciplines investissent en force l'automobile. Si la mutation a été dans ce domaine assez lent au début, elle s'accélère aujourd'hui, poussée par les contraintes réglementaires des lois du marché. L'électricité et l'électronique automobile ont maintenant pris une place importante dans le véhicule et ont ouvert la porte à la mécatronique.

1.1 Description

Système mécatronique

Un système mécatronique a pour finalité une action physique réalisée par un mécanisme. Ces systèmes pour répondre à la complexité croissante des actions, intègrent intimement trois technologies : la mécanique, l'électronique et l'informatique dès la conception.

L'ingénierie de tels systèmes mécatroniques nécessite la conception simultanée et pluridisciplinaire des 3 sous-systèmes :

- ✚ Une partie opérative : (squelette et muscle du système à dominante Mécanique et Electromécanique),
- ✚ Une partie commande : (intelligence embarquée du système à dominante Electronique et Informatique Temps Réel),
- ✚ Une partie interface Homme/Machine : (forme géométrique et dialogue du système à dominante Ergonomique et Esthétique).

Une approche globale permet aussi de réduire les coûts, d'augmenter la fiabilité et la modularité.

Processus d'intégration

L'intégration, bien plus que la mécatronique, l'approche processus d'intégration est une démarche rigoureuse et adaptée pour, augmenter la fonctionnalité et la fiabilité des systèmes exposés à des environnements éprouvants et variables, tout en réduisant les coûts, le poids, le volume et les délais de développement.

Un processus qui ne peut être assimilé qu'en situation d'apprentissage professionnel, car seule cette posture expose l'apprenti ingénieur intégrateur à la réalité draconienne des contraintes industrielles agissant sur un projet mécatronique.

La Fiabilité

Les dispositifs mécatroniques sont utilisés pour piloter des systèmes et rétroagir pour s'adapter aux conditions variables de fonctionnement, pour surveiller leur état (solicitation, fatigue...), réaliser leur maintenance... Ce domaine très vaste reste complexe (accès aux informations, compétences en électronique et mécanique, répartition des fonctions, [fiabilité](#) et sécurité...). Il nécessite des moyens importants et entraîne des coûts élevés.

L'intégration de ces techniques a débuté dans l'[aéronautique](#), suivie par les transports et actuellement l'automobile. Dans le futur, ce thème intéressera des secteurs de la mécanique comme les machines de lavage... etc. Les applications industrielles devront à terme faire partie du savoir-faire spécifique de l'entreprise, l'intégration des [capteurs](#) restant toujours le problème du mécanicien. La tendance est au partenariat technologique ; seuls certains grands ensembliers considèrent cette technologie comme totalement stratégique.

Bien que la fiabilité et la sécurité de l'électronique se soient améliorées, une réflexion globale sur le système ou le processus est nécessaire avant d'intégrer la technologie et les spécificités « métier ». Les appareils et systèmes doivent résister aux interférences électromagnétiques dans des environnements toujours plus perturbés et leur compatibilité électromagnétique doit être étudiée puis validée pour assurer la sécurité et la fiabilité du fonctionnement. Des méthodes de vérification du logiciel système ou utilisateur doivent être développées pour s'assurer que la commande répond bien aux besoins et n'entraîne pas des situations dangereuses.

Les outils de simulation des systèmes et d'automatismes font partie des solutions permettant de définir une stratégie de commande indépendante des défaillances mécaniques, électroniques ou de l'utilisateur.

Les développements futurs se dirigent vers les réseaux neuronaux et les boucles d'asservissement en logique floue.

1.2 Les contraintes de mise en œuvre

Notion de transversalité

La mécatronique exige de penser les produits et les procédés de manière transverse. La mécatronique fait « éclater les murs », avec un [pilotage](#) matriciel. Le pilotage au plus haut niveau de l'entreprise est dans ce cadre essentiel, afin d'avoir les moyens en face des besoins à mettre en œuvre.

La conception ne doit plus se faire de manière séquentielle : la démarche mécatronique nécessite de penser le produit dans son ensemble (toutes les domaines de compétences à la fois) et non pas en séparant la partie mécanique, puis l'électronique, puis les capteurs-actionneurs puis l'informatique, au risque d'atteindre des surcoûts rédhibitoires.

Le chef de projet doit maîtriser les différents domaines, et non être un expert dans l'une des technologies mécatroniques : Il faut absolument éviter de regarder le projet avec un œil de mécanicien ou d'électronicien. Le pilotage est ici, plus qu'ailleurs, le rôle d'un chef d'orchestre et non d'un virtuose.

Les phases d'intégrations sont délicates, par exemple celle d'un montage électronique dans un atelier de mécanique (ou réciproquement). Il y a ainsi télescopage des domaines de maîtrise d'œuvre et de compétence, ce qui implique un travail qui se réalise en commun, pour au final obtenir non pas un élément purement mécanique, ou purement électronique, mais bien un ensemble qui combine les avantages des 2, et ne pouvant plus être séparé.

Finalité

Elle peut être la réduction des coûts, le développement des nouvelles fonctions clients ou des moyens, de se protéger de la contrefaçon. Elle ne doit pas être seulement l'électronisation des fonctions.

Commercialisation

Un produit mécatronique a des potentialités importantes de par son « intelligence embarquée ». La création d'options peut se faire à coût marginal. Autant en profiter pour gagner des nouveaux marchés, sous réserve d'avoir bien informé les commerciaux sur ces produits d'un nouveau genre. Des nouveaux produits et concepts mécatroniques apparaissent tous les jours. Pour bien faire sa veille technique on peut suivre les flux d'information spécialisés.

1.3 Applications

Comme exemple des systèmes mécatroniques, on peut citer :

- Un véhicule automobile moderne.
- Un avion de chasse.
- L'ABS, l'ESP.
- La direction assistée.
- Une machine-outil à commande numérique.
- L'autofocus.
- Les disques durs.
- Les roulements à billes instrumentés.
- Les machines à laver « intelligentes ».
- ... etc.

INTRODUCTION SUR LE SUJET

Le marché de l'électronique automobile est en plein essor. Près du tiers de la valeur d'un véhicule est d'origine électronique ou informatique et 80 % des innovations en Recherche & Développement concerne ces domaines. Les avancées technologiques permettent d'améliorer le confort mais aussi la sécurité des passagers du véhicule. Citons comme exemples le régulateur de vitesse, la détection d'obstacles, la vision IR de nuit, le freinage ABS, le stabilisateur de trajectoire ESP ou encore le kit mains libres perl mettant de transférer automatiquement les appels d'un téléphone mobile vers l'interface vocale du véhicule.

Dans ce contexte, les constructeurs automobiles désirent développer un nouveau type de Capteur de pluie permettant la gestion automatique du fonctionnement des essuie-glaces et l'adaptation climatique de vitesse automobile. A terme, ce capteur est destiné à remplacer les capteurs électro-optiques, largement diffusés sur le marché automobile, mais qui présentent certains inconvénients, parmi lesquels un coût élevé et un certain manque de sensibilité.

Parmi les principes de détection existant, peu sont adaptés à la détection de pluie sur pare-brise automobile. Seuls les capteurs capacitifs, simple d'utilisation et de faible coût de revient, semblent à même de remplir ce rôle. Mais ces derniers présentent eux aussi quelques défauts qui retardent leur éclosion sur le marché automobile. Dans ce travail, nous nous proposons de chercher des solutions permettant le fonctionnement de ce capteur avec un servomoteur a l'aide d'un (automate, microcontrôleur, etc.) dans le but d'adapté la vitesse automobile.

Définition du Sujet

Partant du constat que les conditions climatiques jouent un rôle important dans les causes d'accidents nous avons réfléchi aux moyens d'améliorer la sécurité des passagers en cas d'intempéries. Notre projet consiste donc à réaliser un système qui calcule la vitesse adaptée aux conditions climatiques (pluie) et ralentit automatiquement le véhicule jusqu'à celle-ci. En temps qu'option, il pourrait laisser le choix au conducteur d'intervenir lui-même, le système l'informerait d'un danger et indiquerait une vitesse plus adaptée.

La problématique

Même si ces évolutions vont dans le sens d'une augmentation de la sécurité automobile, cela sans créer des problèmes technique supplémentaires. En effet, dans telles condition de sollicitation, la maitrise de la vitesse des moteurs a courant contenu et leur durée de marche sont importantes.

Introduction

Si la vitesse des moteurs n'est pas adaptée ou synchroniser en constate des problèmes au moteur à combustion. Ce qui provoque un arrêté ou des perturbations conséquentes et considérables de fonctionnement moteur.



annexe



CHAPITRE 1



CHAPITRE 2



CHAPITRE 3



CHAPITRE 4



CHAPITRE 5



CHAPITRE 6



CONCLUSION

CONCLUSION

L'objectif du présent mémoire, concerne la réalisation d'un système d'adaptation climatique de la vitesse automobile.

Nous avons apporté notre contribution en développant un système mécatronique.

Les premières parties de la conception, après avoir passé en revue les différents procédés de commande, ont montré l'intérêt d'utiliser l'automate ou le logiciel matlab en raison de leurs propriétés de propagation et d'interaction avec la cible, ainsi que le faible coût et la relative simplicité de l'électronique associée.

Cet intérêt est traduit par un nombre important de réalisations dans les autres domaines telle qu'en robotique, et nous manifestons ce même intérêt pour la réalisation de ce système, surtout pour le domaine automobile, le système peut être toujours amélioré en reconsidérant techniquement.

L'avantage fondamental que présente ce système se résume en ce qui suit :

- La facilité de sa réalisation.
- La possibilité de modification des divers fonctionnements.
- La précision des tâches.

Et comme perspectives je souhaite que ce travail puisse être poursuivi et amélioré par les promotions futures.



NOTATIONS

C	: Couple
C	: Couple résistant
C_m	: Couple moteur
E	: Force contre électromotrice du moteur (f.c.é.m)
E'	: Force électromotrice de génératrice (f.é.m)
f	: Fréquence
G	: Génératrice
G	: Fonction de transfert
G_C	: Fonction de transfert de capteur
G_{con}	: Fonction de transfert de convertisseur
h	: Coefficient d'amplification de régulateur de courant
h'	: Coefficient d'amplification de régulateur de vitesse
I_d	: Courant continu d'induit
I_{dn}	: Courant continu nominal
J	: Moment d'inertie
j	: Courant d'excitation (courant d'inducteur)
K	: Constante du flux
K'	: Constante de construction
K_{cc}	: Facteur d'amplification de capteur de courant
K_{cm}	: Facteur de transfert pour un convertisseur de courant
K_{cv}	: Facteur d'amplification de capteur de vitesse
K_m	: Coefficient électromécanique du moteur
K_P	: Gain
L_a	: Inductance d'induit
M	: Moteur à courant continu
N	: Vitesse de rotation (tr/mn)
P	: Nombre d'indice de pulsation
P_p	: Nombre de paire de pôle
R_a	: Résistance d'induit du moteur
S	: Opérateur de <i>laplace</i>
T	: Constantes de temps de régulateur de courant
T'	: Constantes de temps de régulateur de vitesse
T_{cc}	: Constante de temps de capteur de courant
T_{cm}	: Constante de temps de convertisseur de courant
T_d	: Constante du temps
T_e	: Constante de temps électrique du moteur
T_i	: Constante du temps d'intégration
T_P	: Période
U_{cm}	: Tension de commande
U_d	: Tension continue d'induit
U_{dn}	: Tension continue nominale
w	: Vitesse de rotation (rad/s)
w_n	: Vitesse de rotation nominale (rad/s)
δ	: Coefficient
ϕ	: Flux magnétique
T_1, T_2, T'_1, T'_2	: Les constantes du temps de fonction de transfert standard

NOTATIONS

Paramètres de la machine à courant continu

Les caractéristiques du moteur à courant continu utilisées dans notre travail sont :

1- Caractéristiques

$P_n=0.3KW$ Puissance nominale.

$f = 50HZ$ Fréquence du réseau industriel.

$U_d = 220 v$ Tension nominale.

$N = 2000 \text{ tr/mn}$ Vitesse de rotation nominale.

$C_n=2.127 \text{ Nm}$ Couple nominal.

$I_{dn}= 2.2 \text{ A}$ Courant nominal.

2- Paramètres

$R_a = 8 \Omega$ Résistance d'induit.

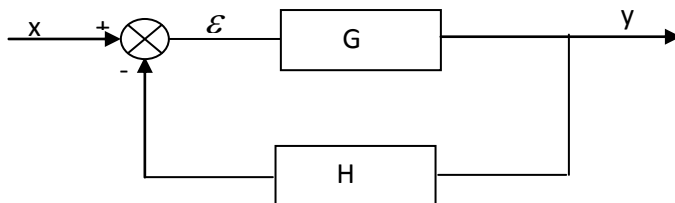
$L_a = 0.0597 \text{ H}$ Inductance d'induit.

$J = 0.005 \text{ Kg.m}^2$ Moment d'inertie.

$P_p = 2$ Paire de pôle.

- Fonction de transfert d'un système.

En pratique, la majorité des systèmes peuvent se ramener à une structure équivalente à celle représentée à la figure (1).



Figure(1) : Structure équivalente d'un système en boucle fermée

$$y = G \varepsilon \tag{1}$$

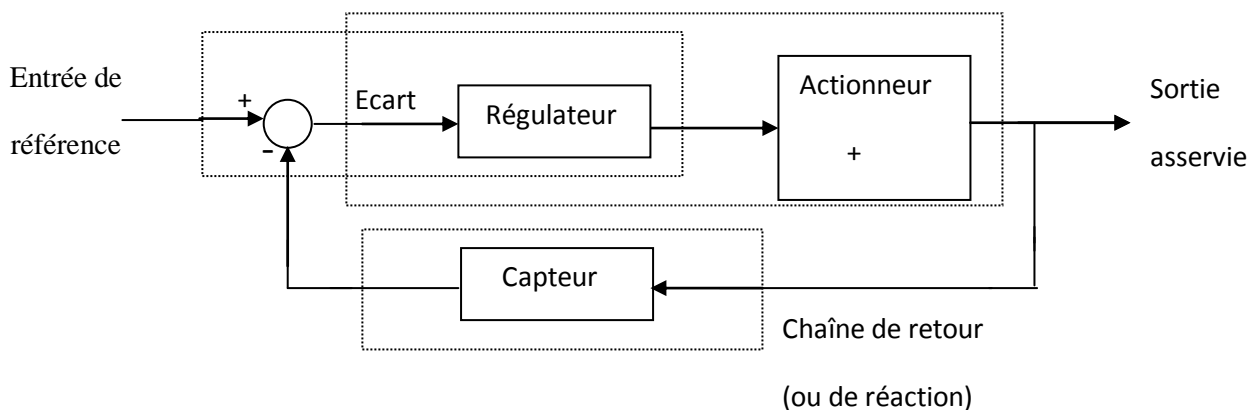
$$\varepsilon = x - Hy \tag{2}$$

ce qui se réduit à :

$$\frac{y}{x} = \frac{G}{1 + GH} \tag{3}$$

ORGANISATION FONCTIONNELLE D'UN SYSTEME ASSERVI QUELCONQUE

On symbolise ce comportement par le schéma de la figure (2) suivante :



Figure(2) : Chaînes et éléments fondamentaux d'un asservissement

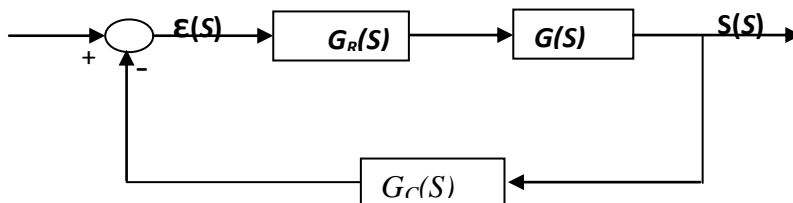
Les systèmes asservis de commande possèdent un certain nombre d'éléments que l'on retrouve dans tous les systèmes bouclés, parmi les quels :

- 1- Capteur :** contrôle la grandeur asservie et en rend compte au régulateur. Il doit en donner une image fidèle. Sa sensibilité impose les limites de la précision de l'asservissement.
- 2- Actionneur :** il maîtrise la puissance à fournir au processus à partir du signal issu du régulateur.

3- Régulateur : il élabore un signal de commande à partir de l'écart entre l'entrée et la mesure et permet d'améliorer les performances du système .

Les régulateurs (correcteurs)

(Figure 3)



Figure(3) : Commande d'un système avec correcteur

Les Différents régulateurs

En pratique, on distingue:

Régulateur Proportionnel .[P]

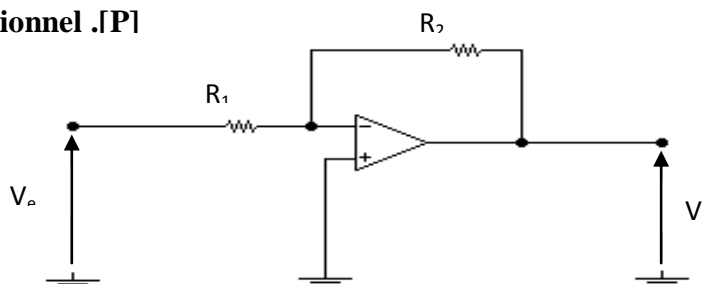


Figure (4)

Sa réponse indicielle est représentée sur la figure suivante:

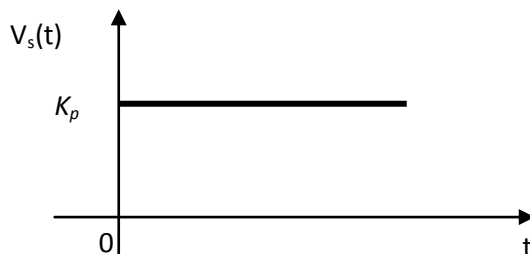


Figure (5)

Régulateur intégrale

Le signal de sortie est proportionnel à l'intégral du signal d'entrée (erreur) .

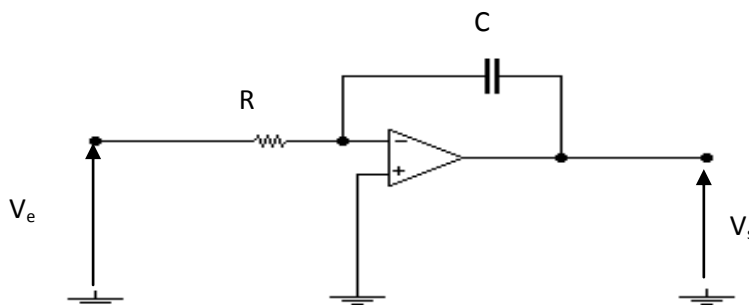


Figure (6)

La réponse indicielle pour intégrateur idéal sera: (Figure (6))

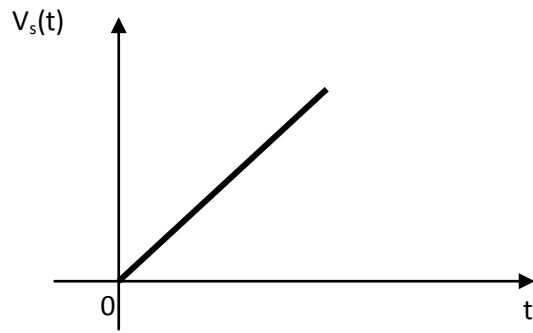


Figure (7)



- [1] A. MESBAH, M. MOKHTARI, Apprendre et maîtriser Matlab, Edition Springer .
- [2] .Mathworks, Simulink, dynamic systems simulation software, The Math Works, inc.
- [3] Sites Internet.
- [4] Handruedi BHULER, " Electronique de réglage et de commande ",Volume XVI 3^{ème}, édition, Lavoisier [1990].
- [5] Pascal COSTA , Vincent BOITIER , " Electronique de puissance et Electrotechnique "
- [6] Technique d'ingénieur. édition [1997].
- [7] G.Grellet , G.clere , " Actionneur électrique " , édition EYROLLES, 2^{ème} tirage [2000]

Chapitre de capteur

- [Bai94] M. Bai, W.R. Seitz, A fiber optic sensor for water in organic solvents based on polymer swelling, Talanta 41, Issue 6 (1994) 993-999
- [Bly96] J. Blyth, R.B. Millington, A. G. Mayes, E. R. Frears, C. R. Lowe, Holographic sensor for water in solvents, Analytical Chemistry 68 (1996) 1089-1094
- [Goo70] P. Goodman et al (Panametrics Inc.), (USA), Device for measurement of absolute humidity, US Patent 3523244, 6 pp, 4 Aug. (1970)
- [Jac00] R. Jachowicz, J. Weremczuk, Sub-cooled water detection in silicon dew point hygrometer, Sensors and Actuators A 85 (2000) 75-83
- [Ike75] T. Ikeda et al. (Central Glass Co, Ltd ; Niles Parts Co, Ltd), (Japon), Temperature compensating vehicle window heating system, US Patent 3902040, 7 pp, 26 Aug. (1975)
- [Ino72] G. Inoue et al. (Nippon Denso Kabushiki Kaisha.), (Japon), Windshield wiper control apparatus, US Patent 3649898, 10 pp, 14 Mar. (1972)
- [Sta99] J. Stam, J. Bechtel (Gentex Corp), (USA), Moisture sensor and windshield fog detector using an image sensor, US Patent 5923027, 14 pp, 13 Jul. (1999)
- [Lu95] M.Y. Lu et al. (Prospects Corp.), (USA), Capacitive moisture sensor, US Patent

Références Bibliographiques

5402075, 10 pp, 28 Mar. (1995)

- [Fen04] T. Fen-Chong, A. Fabbri, J.-P. Guilbaud, O. Coussy, Determination of liquid content and dielectric constant in porous media by the capacitive method, Comptes Rendus de Mécanique

[Bri97] J. Britt, Optical rain sensor, Sensors 14, Issue 10 (1997) 69-70, 72

[Aug04] J. Auge, K. Dierks, S. Prange, B. Henning, Monitoring of droplet growth with nanolitre resolution for liquid flow rate, level or surface tension measurement, Sensors and Actuators

