

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
جامعة سعد دحلب بليدة
Université SAAD DAHLAB de BLIDA
كلية التكنولوجيا
Faculté de Technologie
قسم الآلية والالكترونقني
Département d'automatique et
d'Électrotechnique.



Mémoire de Master

Filière : Automatique

Spécialité : Automatique et système

Présenté par :

BENAIMECHE Sara

Réalisation d'une machine de banderolage semi-automatique

Conception mécanique

Encadré par : Mr. KAZED Boualem

Année Universitaire 2023-2024

Nous saisissons cette opportunité pour exprimer notre profonde reconnaissance envers toutes les personnes qui ont joué un rôle déterminant dans la concrétisation de ce projet. Leur expertise, leur dévouement et leur soutien ont été des éléments essentiels qui ont façonné chaque étape de notre parcours.

Tout d'abord, nous remercions Allah de nous avoir aidé et nous avoir donnés patience, la force et le courage durant ces longues années d'études.

Nous tenons également à remercier notre cher promoteur de soutenance, Monsieur Kazed nous sommes profondément reconnaissants pour votre dévouement sans faille et votre soutien indéfectible. Votre patience infinie, vos conseils éclairés et votre encouragement constant ont été les piliers de notre réussite académique. Chaque mot de sagesse que vous nous avez offert a été une étincelle de lumière dans notre parcours.

A nos chers parents, Nous vous adressons ces mots empreints de sincérité et de reconnaissance, pour vous témoigner toute notre gratitude pour votre amour inconditionnel et votre soutien indéfectible. Votre présence bienveillante et vos sacrifices silencieux ont été les fondations solides sur lesquelles nous avons construit nos rêves et nos réussites.

Nous souhaitons remercier les membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre étude en acceptant d'examiner notre travail.

Enfin, nous voudrions remercier tous nos collègues d'étude, surtout ceux de notre promotion.

Je dédie ce modeste travail :

A moi-même

Pour ces 17 années de travail acharné, de sacrifices personnels et de larmes versées. Chaque moment de doute, chaque obstacle surmonté et chaque effort consenti ont forgé la personne que je suis aujourd'hui. Ce mémoire est le reflet de ma détermination, de ma persévérance et de ma capacité à relever les défis.

A ma chère Grand-mère,

Aujourd'hui, mes mots pleins d'émotion tentent de traduire la profonde gratitude que je ressens envers toi. Tu as été bien plus qu'une grand-mère pour moi ; tu as été mon pilier, ma source d'inspiration, et celle qui a toujours cru en moi, même lorsque je doutais de moi-même.

Tu as rêvé de me voir réussir dans mes études, et je veux que tu saches que chaque diplôme que je décroche, chaque succès que j'atteins, est dédié à ta mémoire et à ton amour infini. Tu as planté les graines de l'ambition et de la détermination en moi, et je m'efforcerai toujours de faire honneur à ton héritage.

Ton absence laisse un vide immense dans nos vies, mais ton amour et ta bienveillance continueront à briller dans nos cœurs pour l'éternité. Je te promets de poursuivre mes rêves avec la même passion et la même détermination que tu as toujours admirées en moi.

Repose en paix, Yema, et sache que ton amour continuera à guider chacun de mes pas.

A mon Cher Papa Mohamed et ma Chère Maman Bouzouidja Nassima,

Il est difficile de mettre en mots toute la gratitude que je ressens envers vous deux. Votre amour inconditionnel, votre soutien indéfectible et votre dévouement sans faille ont façonné chaque aspect de ma vie.

Papa, tu as été mon modèle de force et de courage. Ta sagesse et tes conseils m'ont guidé à travers les hauts et les bas de la vie. Tu as toujours été là pour moi, prêt à m'aider à surmonter les défis et à célébrer mes succès.

Maman, tu es mon rocher, ma source de réconfort et de tendresse. Ta douceur et ton amour infini ont toujours été mon refuge dans les moments difficiles. Ta bienveillance et ton soutien sans faille ont été une source constante d'inspiration pour moi.

À mes chères sœurs Maroua et Asma, vous avez toujours été mes confidentes, mes conseils les plus précieux et mes meilleures amies. Et à mon cher frère Abdesselem qui est mon bras droit.

A mes chères tantes Nassima, Leila et Aicha

Dans le livre de ma vie, vous êtes les chapitres les plus précieux. Votre amour inconditionnel, votre soutien indéfectible et vos encouragements constants ont été les piliers sur lesquels je me suis appuyé tout au long de mon parcours.

A ma famille, mes amis et mes proches.

ملخص:

يشكل مجال الآلية الصناعية ركيزة أساسية للصناعة الحديثة، مما يسمح بتحسين عمليات الإنتاج وتحسين الكفاءة التشغيلية وضمان جودة المنتجات النهائية. وفي الوقت الذي أصبحت فيه القدرة التنافسية للأعمال والربحية من القضايا الكبرى، أصبحت الأتمتة الصناعية ذات أهمية بالغة.

وفي هذا السياق، يتناسب مشروعنا لتصميم آلة تغليف نصف أوتوماتيكية تمامًا مع الاتجاه الحالي نحو زيادة ألية العمليات الصناعية. ومن خلال الجمع بين الكفاءة والموثوقية والمرونة، يقدم هذا المشروع حلاً عملياً ومبتكراً لتلبية احتياجات الصناعات الحريصة على تحسين أدائها وقدرتها التنافسية في السوق العالمية.

Résumé :

Le domaine de l'automatisme industriel constitue un pilier essentiel de l'industrie moderne, permettant l'optimisation des processus de production, l'amélioration de l'efficacité opérationnelle et la garantie de la qualité des produits finis. À l'heure où la compétitivité et la rentabilité des entreprises sont devenues des enjeux majeurs, l'automatisation des industries revêt une importance cruciale.

Dans ce contexte, Notre projet de conception d'une machine d'emballage semi-automatique s'inscrit parfaitement dans la tendance actuelle vers une automatisation croissante des processus industriels. En combinant efficacité, fiabilité et flexibilité, ce projet offre une solution pratique et innovante pour répondre aux besoins des industries soucieuses d'optimiser leur performance et leur compétitivité sur le marché mondial.

Abstract:

Industrial automation is an essential pillar of modern industry, helping to optimize production processes, improve operational efficiency and guarantee the quality of finished products. At a time when competitiveness and profitability have become major issues, industrial automation is of crucial importance.

In this context, our project to design a semi-automatic packaging machine fits perfectly with the current trend towards increasing automation of industrial processes. By combining efficiency, reliability and flexibility, this project offers a practical and innovative solution to meet the needs of industries keen to optimize their performance and competitiveness on the global market.

Liste des abréviations :

PID : Proportionnel, Intégral, Dérivé

V_a = Tension d'induit

I_a = Courant d'induit

V_b = Tension de l'arrière

ω = Vitesse de l'induit

R_a = Résistance de l'induit

T_{em} = Couple électromagnétique du moteur

L_a = Induction du moteur

J = Inertie

K_m = Constante du moteur

K_b = Constante de retour

B = Charge du moteur

Φ = Le flux magnétique

T_r = Couple résistant au couple du charge

$F\Omega$ = couple du frottement

Tables Des Matières

Introduction Générale.....	1
Chapitre 01 : Généralité sur l'automatisme industriel et le système d'emballéments	
1.1 . Introduction	3
1.2 L'automatisme.....	3
1.2.1 Définition	3
1.2.2 Les applications de l'automatisation	5
1.2.3 Les avantages de l'automatisation	6
1.3 . La banderoleuse semi-automatique	7
1.3.1 Définition	7
1.3.2 Les caractéristiques principales d'une banderoleuse	8
1.3.3 Les principes de fonctionnement	9
1.3.4 Les avantages d'une banderoleuse	10
1.3.5 L'utilisation d'une banderoleuse	10
1.3.6 Les différents types des banderoleuses	11
1.4 Conclusion	16
Chapitre 2 : Régulation de machine à courant continu.	
2.1 Introduction.....	17
2.2 Les moteurs à courant continu	17
2.2.1 Définition	17
2.2.2 Composants principaux... ..	18
2.2.3 Principes de fonctionnement.....	19
2.2.4 Application des moteurs à courant continu	20
2.2.5 Avantages et inconvénients	20
2.2.6 Le moteur à courant continu utilisé EMG30... ..	21
2.2.7 Les caractéristiques du moteur EMG30.....	22
2.2.8 Les équations du moteur à cc	23
A) Équation électrique	23
B) Équation mécanique.....	24

2.3 Les encodeur.....	25
2.3.1 Les encodeur incrémental.....	25
2.3.2 Les encodeur et le sens de rotation.....	26
2.4 Le pont en H	27
2.5 Le système de control PID	28
2.5.1 Définition	28
2.5.2 Composantes du régulateur PID.....	29
2.5.3 Fonctionnement du régulateur PID.....	30
2.5.4 Paramètres du régulateur PID... ..	30
2.5.5 Avantages du régulateur PID... ..	30
2.5.5 Le rôle du PID dans la machine d’emballage semi-automatique	32
2.5.6 Equation du régulateur PID.....	33
2.6 La Simulation	33
2.7 Le logiciel utilisé MATLAB	33
2.8 Les étapes d’élaborations et de simulation... ..	34
2.8.1 La modélisation du moteur à courant continu	34
2.9 Conclusion	39

Chapitre 3 : Mécanisme de réalisation

3.1 Introduction... ..	41
3.2 Matériels utilisé pour la réalisation de la machine	41
3.2.1 Le rail	41
A) Description.....	41
B) Mode de fonctionnement	41
C) Le rôle dans le processus de banderolage	41

3.2.2 Le plateau tournant.....	42
A) Description	42
B) Mode de fonctionnement... ..	42
C) Le rôle dans le processus de banderolage	43
3.2.3 Fin de course	44
A) Description.....	44
B)Mode de fonctionnement... ..	44
C)Le rôle dans le processus de banderolage	44
3.3 Visualisation en 3D de la machine	45
3.4 Conclusion	46
Conclusion générale... ..	48
Bibliographie.....	45

Listes des Figures

Figure 1.1 : Schéma d'un système automatisé	4
Figure 1.2 : Automatismes industriels	5
Figure 1.3 : Robot de palettisation	6
Figure 1.4 : Une banderoleuse... ..	8
Figure 1.5 : Banderoleuse a plateau tournant	12
Figure 1.6 : Banderoleuse a bras tournant	13
Figure 1.7 : Banderoleuse verticale	14
Figure 1.8 : Banderoleuse Horizontale	15
Figure 2.1 : Moteur à courant continu... ..	19
Figure 2.2 : Composition du moteur à courant continu	20
Figure 2.3 : Fonctionnement du moteur a cc	21
Figure 2.4 : Le Moteur Emg30.....	23
Figure 2.5 : Schéma d'un moteur EMG30.....	23
Figure 2.6 : Direction du moteur	24
Figure 2.7 : Modèle de Laplace	26
Figure 2.8 : Schéma du fonctionnement du moteur	26
Figure 2.9 : Codeur Incrémental.....	27
Figure 2.10 : Codeur Incrémental a effet hall... ..	28
Figure 2.11 : La rotation dans sens positif.....	28
Figure 2.12 : La rotation dans le sens négatif	29
Figure 2.13 : Le Pont en H.....	29
Figure 2.14 : Schéma du contrôleur PID	30

Figure 2.15 : Diagramme du PID	31
Figure 2.16 : Schéma du moteur a cc	32
Figure 2.17 : Le schéma bloc fonctionnel du moteur a cc	37
Figure 2.18 : La réponse du moteur	38
Figure 3.1 : Le rail... ..	41
Figure 3.2 : Le plateau tournant	42
Figure 3.3 : Le fin de course... ..	43
Figure 3.4 : Image en 3D de la machine (1)... ..	44
Figure 3.5 : Image en 3D de la machine (2)... ..	45
Figure 3.6 : Image en 3Dde la machine (3)... ..	45

Liste des Tableaux

Tableau 2.1 : Paramètre physique de l'actionneur utilisé.....	37
----------------------------------------------------------------------	----

Introduction générale

Introduction générale

L'automatisation dans le domaine industriel a été un moteur majeur de transformation depuis les premières révolutions industrielles jusqu'à nos jours. Cette évolution continue a façonné la façon dont les entreprises produisent, gèrent et optimisent leurs processus de fabrication. De simples machines mécaniques aux systèmes intelligents et autonomes, l'automatisation a parcouru un long chemin, s'adaptant aux besoins changeants des industries et exploitant les progrès technologiques pour améliorer l'efficacité, la qualité et la rentabilité.

Au fil du temps, l'automatisation industrielle a évolué pour devenir bien plus qu'une simple optimisation des tâches manuelles. Elle englobe désormais des concepts tels que l'intelligence artificielle, la robotique, l'Internet des objets et l'analyse des données, offrant des solutions complexes et intégrées pour répondre aux défis les plus pressants de l'industrie. De la fabrication automatisée à la logistique intelligente, en passant par la maintenance prédictive et les processus de production flexibles, l'automatisation joue un rôle crucial dans la compétitivité et la durabilité des entreprises à l'ère moderne.(1)

Dans ce contexte dynamique, notre projet de réalisation d'un prototype d'une machine d'emballage semi-automatique avec Arduino représente une étape significative dans cette évolution. En combinant les principes fondamentaux de l'automatisation avec une plateforme électronique open-source telle qu'Arduino, nous avons développé un système moderne et flexible qui offre une alternative innovante aux méthodes d'emballage traditionnelles.

Afin de parvenir à notre objectif, nous avons structuré notre mémoire en trois chapitres :

- ❖ Le premier chapitre comporte la description générale l'automatisme industriel et le système d'emballage.
- ❖ Le deuxième chapitre se concentre sur la modélisation des moteurs a courant continue.
- ❖ Le troisième chapitre se consacre à la mécanique du projet, détaillant les aspects essentiels du mécanisme de la machine d'emballage semi-automatique, de sa conception à sa mise en œuvre.

Introduction générale

Enfin, nous clôturons notre travail avec une conclusion générale, dans laquelle on évalue la synthèse du travail présenté, les solutions adoptées, les problèmes rencontrés et les connaissances acquises jusqu'à cette étape d'avancement.

Chapitre 01

Généralités sur l'automatisme et le système d'emballage

Chapitre 01 : Généralités sur l'automatisme et le système d'emballage

1.1 Introduction :

Ce chapitre se concentre sur les aspects généraux de l'automatisation. Tout d'abord, nous définissons l'automatisation en général, en nous concentrant sur sa contribution à l'industrie et son impact sur la production, tout en expliquant le rôle de l'automatisation industrielle dans les machines semi-automatiques telles que les machines d'emballage.

1.2 L'automatisme :

1.2.1 Définition :

L'automatisme est un domaine d'ingénierie spécialisé dans la conception, le développement, la mise en œuvre et la maintenance de systèmes d'automatisation. Ces systèmes sont conçus pour effectuer de manière autonome des tâches spécifiques à l'aide de technologies telles que des instruments, des capteurs, des actionneurs et des systèmes de contrôle. L'objectif principal de l'automatisation est d'optimiser les processus industriels et autres en augmentant l'efficacité, la fiabilité et la sécurité tout en réduisant la dépendance à l'égard des humains.

Dans l'industrie, l'automatisation est devenue cruciale : elle permet d'effectuer chaque jour les tâches les plus ingrates, répétitives et dangereuses. Parfois, ces automatisations sont si rapides et précises qu'elles effectuent des actions impossibles pour les humains. L'automatisation est donc synonyme de productivité et de sécurité.(2)

Chapitre 01 : Généralités sur l'automatisme et le système d'emballage

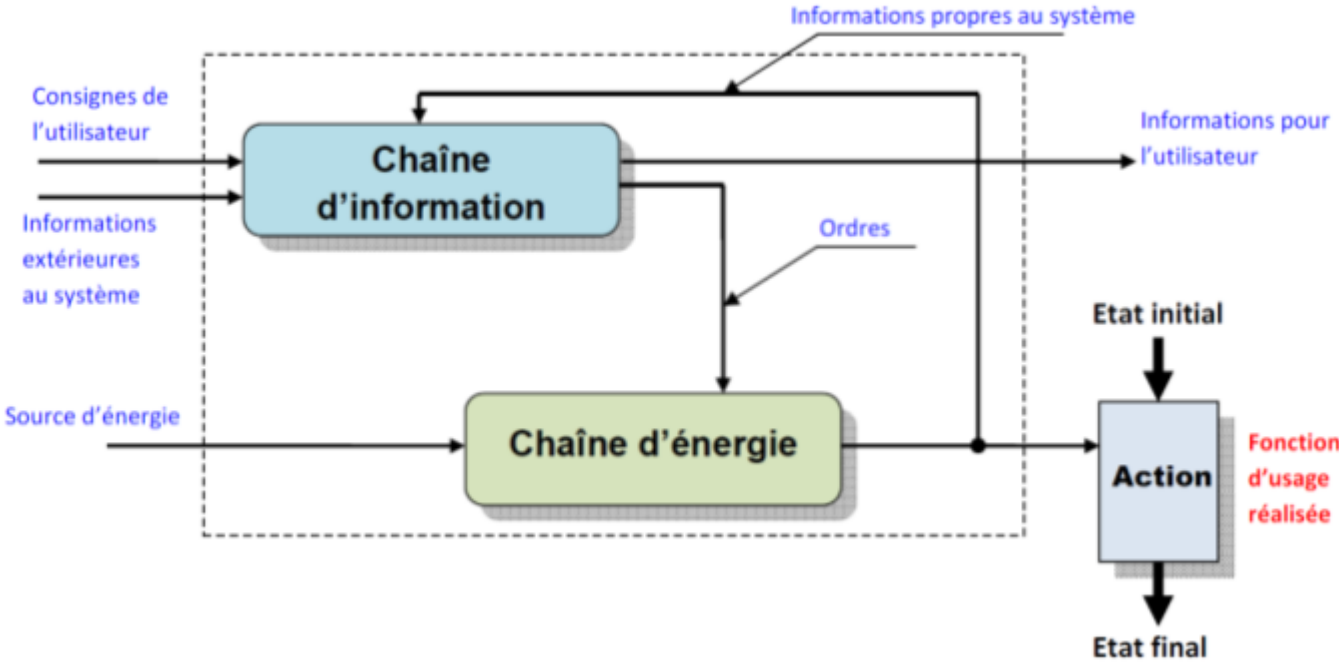


Figure1.1 : Schéma d'un système automatisé (3)

Chapitre 01 : Généralités sur l'automatisme et le système d'emballage

1.2.2 Applications de l'automatisation :

Dans l'industrie, l'automatisation est largement utilisée pour améliorer l'efficacité, la qualité, la sécurité et la rentabilité des opérations. Citons quelques-unes des principales applications de l'automatisation dans ce domaine :

- A. Automatisation de la ligne de production :** les systèmes d'automatisation sont utilisés pour contrôler et optimiser les processus de fabrication, accélérer la production, réduire les erreurs humaines et améliorer la qualité des produits.
- B. Contrôle des procédés chimiques :** Dans l'industrie chimique, l'automatisation est cruciale pour une régulation précise des paramètres tels que la température, la pression, le débit et la composition chimique des réacteurs et des procédés
- C. Automatisation dans l'industrie automobile :** Les robots industriels et les systèmes d'automatisation sont utilisés dans la fabrication automobile pour des tâches telles que le soudage, l'assemblage, la peinture et la manutention des matériaux.
- D. Systèmes de contrôle de machines :** L'automatisation est utilisée pour contrôler et surveiller divers types de machines industrielles telles que des presses, des machines-outils, des extrudeuses, des machines de fabrication, etc.
- E. Systèmes de contrôle des processus de fabrication :** dans les industries de transformation, l'automatisation est utilisée pour contrôler les étapes de transformation, d'emballage et d'emballage des produits.



Figure 1.2 : Automatisme industriel



Figure1.3 : Robot de palettisation

1.2.3 Les avantages de l'automatisation :

L'automatisation présente de nombreux avantages pour l'industrie, dont les principaux sont:

- Amélioration de la productivité :
 - Augmentation de la cadence de production et réduction des temps de cycle.
 - Réduction des temps d'arrêt et des pannes grâce à une maintenance prédictive.
 - Meilleure utilisation des ressources et des matières premières.

- Amélioration de la qualité :
 - Réduction des défauts et des rebuts grâce à une meilleure précision et répétabilité des tâches.
 - Amélioration de la traçabilité des produits.
 - Respect des normes et des exigences de qualité.

Chapitre 01 : Généralités sur l'automatisme et le système d'emballage

- Réduction des coûts :
 - Diminution des coûts de main-d'œuvre, notamment pour les tâches répétitives et dangereuses.
 - Réduction des coûts de maintenance grâce à une meilleure prévisibilité des interventions.
 - Diminution des stocks et des gaspillages.

- Amélioration de la sécurité :
 - Réduction des risques d'accidents du travail pour les opérateurs.
 - Amélioration des conditions de travail grâce à la suppression des tâches pénibles et dangereuses.
 - Meilleure ergonomie des postes de travail.

- Flexibilité et adaptabilité :
 - Capacité à s'adapter aux changements de production et aux nouveaux produits.
 - Réduction des délais de mise sur le marché des nouveaux produits.
 - Amélioration de la réactivité face aux demandes des clients. (4)

1.3 La banderoleuse semi-automatique :

1.3.1 Définition :

Une banderoleuse semi-automatique est un outil d'emballage qui utilise un film étirable pour entourer et stabiliser des produits. Elle se distingue des banderoleuses automatiques par l'intervention nécessaire de l'opérateur pour charger et décharger les produits.

Plus précisément c'est une Banderoleuse verticale à plateau tournant ECOPLAT BASE :

ECOPLAT BASE est une banderoleuse semi-automatique à plateau tournant, conçue pour une cadence élevée (jusqu'à 1000 palettes/jour) et des formats de palettes standards (80 x 120 cm).

Très robuste, le plateau tournant peut aisément supporter une charge de 1200 kg.



Figure 1.4 : Une banderoleuse. (5)

1.3.2 Les caractéristiques principales d'une banderoleuse :

- **Robuste et stable** : Le plateau tournant supporte une charge maximale de 1200 kg, garantissant une utilisation fiable et durable.
- **Polyvalence et adaptabilité** : La banderoleuse est compatible avec différents types de films étirables et s'adapte à une large gamme de produits.
- **Efficacité et performance** : La rotation du plateau facilite le banderolage et permet un gain de temps et d'efforts.
- **Facilité d'utilisation** : Le panneau de commande intuitif rend la machine accessible et permet un paramétrage précis des cycles de banderolage.

Chapitre 01 : Généralités sur l'automatisme et le système d'emballage

1.3.3 Les principes de fonctionnement :

1. Configuration et préparation :

L'opérateur commence par régler les paramètres de banderolage selon les besoins, tels que la hauteur du film, le nombre de tours et la tension souhaitée. Il charge ensuite la palette sur le plateau tournant en s'assurant de sa position centrée et stable.

2. Déroulement et fixation du film :

Le film étirable est déroulé manuellement à partir du chariot porte-bobine. L'opérateur le fixe ensuite au mât de la machine et le positionne correctement sur la palette à l'aide du guide-film.

3. Banderolage automatique :

Le plateau tournant se met en mouvement, entraînant la rotation de la palette. Le film est alors déroulé automatiquement et tendu par un système de freinage. La tension du film garantit une protection optimale de la charge.

4. Déchargement et fin du processus :

L'opérateur coupe manuellement le film et retire la palette de la machine. La banderoleuse est prête pour un nouveau cycle de banderolage.

- La banderoleuse semi-automatique combine des actions manuelles et automatiques pour un banderolage efficace.
- L'opérateur joue un rôle crucial dans la configuration, le chargement et la finalisation du processus.
- La machine assure le déroulement, la tension, le soudage et la coupe du film pour une banderole optimale.

Chapitre 01 : Généralités sur l'automatisme et le système d'emballage

1.3.4 Les avantages d'une banderoleuse :

Simplicité et rapidité :

- Prise en main intuitive et facile, sans nécessité de formation poussée.
- Apprentissage rapide des gestes pour une utilisation fluide et immédiate.

Flexibilité et adaptabilité :

- Capacité à banderoler des palettes de dimensions et formes variées.
- Parfaite pour répondre à des besoins de palettisation diversifiés.

Investissement économique :

- Coût d'acquisition généralement moindre que les banderoleuses automatiques.
- Solution rentable pour les cadences de production modérées à importantes.
- Au lieu d'embaucher un employé pour emballer les marchandises, il est conseillé d'investir dans cette machine pour gagner du temps, de l'argent et améliorer la qualité de l'emballage. Elle coûte autour de 3000 dollars .

Gain de temps et d'efficacité :

- Rapidité d'exécution comparé au banderolage manuel.
- Optimisation du rythme de production pour une meilleure performance.

1.3.5 L'utilisation d'une banderoleuse :

Les banderoleuses sont utilisées par un large éventail d'entreprises et d'organisations pour stabiliser et protéger les produits palettisés pendant le transport et le stockage. Voici quelques exemples d'utilisateurs de banderoleuses :

Industries :

- **Logistique et transport** : Les entreprises de logistique et de transport utilisent des banderoleuses pour sécuriser les palettes de marchandises pendant le transport.

Chapitre 01 : Généralités sur l'automatisme et le système d'emballage

- **Agroalimentaire** : Les fabricants de produits alimentaires et de boissons utilisent des banderoleuses pour emballer leurs produits sur palettes.
- **Industrie pharmaceutique** : Les laboratoires pharmaceutiques utilisent des banderoleuses pour garantir l'intégrité de leurs produits pendant le transport.
- **Industrie automobile** : Les fabricants de pièces automobiles utilisent des banderoleuses pour emballer leurs produits sur palettes.
- **Manutention et distribution** : Les entrepôts et les centres de distribution utilisent des banderoleuses pour stabiliser les palettes de produits avant leur stockage.

Organisations :

- **Grandes surfaces** : Les grandes surfaces utilisent des banderoleuses pour emballer les produits qu'elles reçoivent en palettes.
- **Hôpitaux** : Les hôpitaux utilisent des banderoleuses pour emballer les fournitures médicales et les médicaments.
- **Bibliothèques** : Les bibliothèques utilisent des banderoleuses pour protéger les livres et autres documents pendant le transport.
- **Musées** : Les musées utilisent des banderoleuses pour protéger les œuvres d'art pendant le transport et le stockage.
- **Associations caritatives** : Les associations caritatives utilisent des banderoleuses pour emballer les dons qu'elles collectent.

1.3.6 Les différents types d'une banderoleuse :

Le choix d'une banderoleuse semi-automatique dépend de plusieurs facteurs tels que le volume de production, la taille et la forme des palettes, le budget et l'espace disponible. Il existe quatre types principaux de banderoleuses semi-automatiques :

1-Banderoleuse à plateau tournant : Les banderoleuses à plateau tournant semi-automatique d'emballage de palette sont composées d'un plateau rotatif et d'une colonne fixe. La palette tourne au

Chapitre 01 : Généralités sur l'automatisme et le système d'emballage

moyen du plateau tournant, le transport du film et l'entraînement vertical sont montés sur une colonne fixe.



Figure1.5 : Banderoleuse a plateau tournant (6)

- **Fonctionnement** : La palette est placée sur un plateau rotatif qui filme automatiquement la charge.
- **Avantages** :
 - **Cadence** : Plus productive que les banderoleuses à bras tournant.
 - **Ergonomie** : Réduit l'effort physique pour l'opérateur.
 - **Stabilité** : La palette est maintenue en place pendant le banderolage.
- **Inconvénients** :
 - **Prix** : Plus cher que les banderoleuses à bras tournant.

Chapitre 01 : Généralités sur l'automatisme et le système d'emballage

- **Encombrement** : Nécessite plus d'espace au sol.
- **Moins flexible** : Moins adaptée aux palettes de formes non standard.

2-Banderoleuse à bras tournant : la banderoleuse à bras tournant utilise un bras rotatif pour envelopper le film étirable autour de la charge.



Figure1.6 : Banderoleuse a bras tournant (7)

- **Fonctionnement** : L'opérateur filme la palette manuellement en déplaçant le bras rotatif autour de la charge.
- **Avantages** :
 - Prix : Solution économique et abordable.
 - Flexibilité : Adaptable à une large gamme de formats et de formes de palettes.
 - Encombrement réduit : Parfaite pour les espaces restreints.
- **Inconvénients** :
 - Cadence : Moins productive que les banderoleuses automatiques.
 - Effort physique : Nécessite l'intervention constante de l'opérateur.
 - Stabilité : Risque de chute de la palette si elle n'est pas stable.

Chapitre 01 : Généralités sur l'automatisme et le système d'emballage

3-Banderoleuse verticale : Une banderoleuse verticale est généralement en position debout. Contrairement aux banderoleuses horizontales qui enveloppent les charges de manière horizontale en les faisant tourner sur un plateau tournant, les banderoleuses verticales effectuent l'emballage en déplaçant le film étirable de haut en bas autour de la charge.(8)



Figure1.7 : Banderoleuse verticale

- **Fonctionnement** : Filme les produits verticalement, idéale pour les produits longs et fins.
- **Avantages** :
 - **Gain de place** : Permet d'optimiser l'espace de travail.
 - **Adaptabilité** : Convient aux produits de formes spécifiques.
- **Inconvénients** :
 - **Cadence variable** : Dépend de la longueur des produits à banderoler.
 - **Coût** : Prix généralement plus élevé que les banderoleuses horizontales.

Chapitre 01 : Généralités sur l'automatisme et le système d'emballage

4-Banderoleuse horizontale :

Une banderoleuse horizontale est un équipement utilisé pour envelopper des produits ou des palettes avec du film étirable de manière horizontale en les faisant tourner sur un plateau tournant. Ce type de banderoleuse est couramment utilisé dans les opérations d'emballage pour stabiliser les charges palettisées et les protéger pendant le transport et le stockage.(9)



Figure1.8 : Banderoleuse Horizontale

- **Fonctionnement** : Filme les produits horizontalement, idéale pour les produits de forme cubique.
- **Avantages** :
 - **Rapidité** : Offre une cadence de banderolage élevée.
 - **Polyvalence** : Adaptable à différents types de produits.
- **Inconvénients** :
 - **Encombrement** : Nécessite plus d'espace au sol que les banderoleuses verticales.
 - **Flexibilité** : Moins adaptée aux produits de formes non standard.

Chapitre 01 : Généralités sur l'automatisme et le système d'emballage

1.4 Conclusion :

En conclusion, l'automatisation dans l'industrie, en particulier dans le domaine de l'emballage semi-automatique, représente une évolution essentielle pour répondre aux exigences croissantes de productivité, d'efficacité et de qualité. L'intégration de machines d'emballage semi-automatiques offre une solution pratique pour les entreprises cherchant à optimiser leurs processus de production tout en conservant une certaine flexibilité opérationnelle.

Chapitre 02

Régulation de la machine à courant continu

2.1 Introduction :

Dans le domaine de l'automatisation et de la robotique, les moteurs à courant continu (CC) jouent un rôle crucial en raison de leur simplicité de contrôle, leur efficacité et leur capacité à fournir un couple constant sur une large plage de vitesses. Ce chapitre se focalise sur l'étude et la modélisation des moteurs à courant continu, en mettant particulièrement l'accent sur le moteur EMG 30 qui est réputé pour sa robustesse et sa précision, en mettant en œuvre le régulateur PID et en utilisant les données des encodeurs pour affiner le contrôle.

2.2 Les moteurs à courant continu :

2.2.1 Définition :

Un moteur à courant continu (CC), également connu sous le nom de moteur DC (pour Direct Current), est un type de moteur électrique qui convertit l'énergie électrique en mouvement mécanique.

Le fonctionnement d'un moteur à courant continu est basé sur l'interaction entre un champ magnétique et un courant électrique. Il comprend généralement deux parties principales : le rotor (partie mobile) et le stator (partie fixe).⁽¹⁰⁾

Lorsqu'un courant électrique est appliqué au rotor via des balais et un collecteur, un champ magnétique est créé. Ce champ interagit avec le champ magnétique produit par le stator, générant un couple qui fait tourner le rotor.

Le principe de base du moteur à courant continu est le suivant : si un fil est placé entre deux pôles magnétiques (N-S), une force résultante s'exerce sur lui pour le déplacer.⁽¹¹⁾



Figure 2.1 : Moteur à courant continu

2.2.2 Composants principaux :

Les machines à courant continu sont constituées comme toutes les machines de deux

Parties essentielles :

- Partie fixe appelée stator que l'on appelle aussi inducteur.
- Partie mobile appelée rotor que l'on appelle aussi induit.
- **Rotor** : C'est la partie mobile du moteur, généralement constituée d'un enroulement de fil de cuivre bobiné autour d'un noyau ferromagnétique. Le rotor est généralement monté sur un axe qui lui permet de tourner.
- **Stator** : C'est la partie fixe du moteur, généralement composée d'aimants permanents ou d'enroulements de fil de cuivre. Le stator crée un champ magnétique stationnaire qui interagit avec le champ magnétique du rotor pour produire un mouvement.
- **Balais et collecteur** : Les balais sont des contacts en carbone ou en graphite qui fournissent une connexion électrique entre l'alimentation et le rotor. Le collecteur est une structure rotative solidaire de l'arbre du rotor, qui permet de transmettre le courant électrique aux enroulements du rotor. (12)

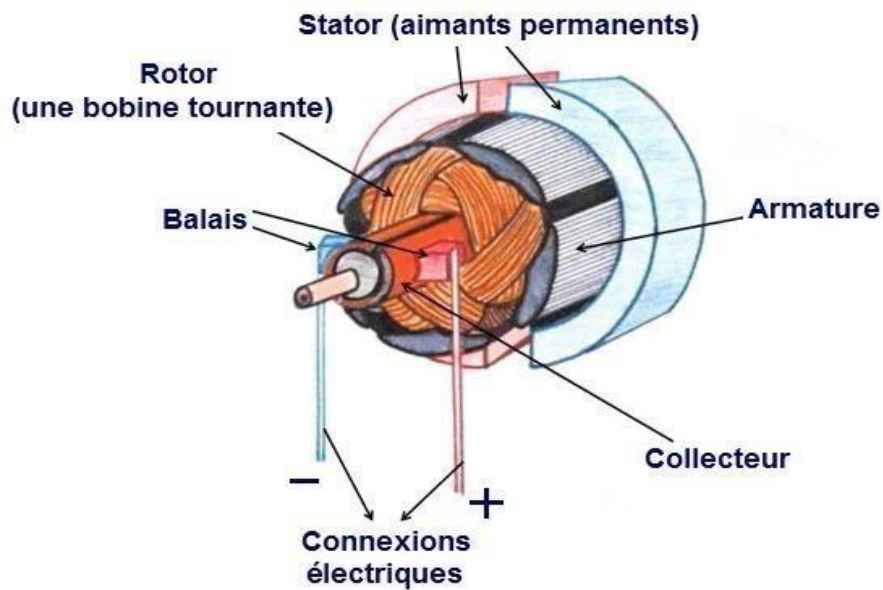


Figure2.2 : Composition du moteur a cc

2.2.3 Principes de fonctionnement :

Le moteur à courant continu fonctionne grâce à l'écoulement d'un courant continu I à travers un enroulement d'excitation, générant un champ magnétique d'induction B dans l'entrefer. Lorsqu'une différence de potentiel continue est appliquée entre les balais, les conducteurs de l'induit situés sous un même pôle (du même côté des balais) sont parcourus par un courant de même sens, tandis qu'ils sont immergés dans le champ d'induction de l'inducteur.

La direction de rotation du moteur à courant continu peut être inversée en inversant la polarité de l'alimentation électrique.

La vitesse du moteur peut être contrôlée en ajustant la tension d'alimentation ou en modifiant la configuration des enroulements du rotor. (11)

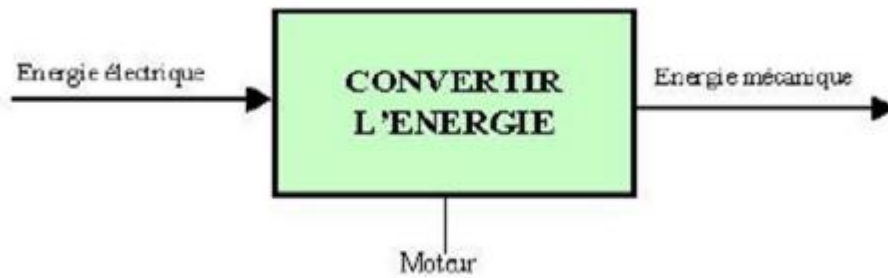


Figure2.3 : Fonctionnement d'un moteur

2.2.4 Applications des moteurs a cc :

Les moteurs à courant continu sont utilisés dans une grande variété d'applications, notamment :

- Automatisation industrielle : Ils sont utilisés dans les robots industriels, les convoyeurs et les machines-outils.
- Transport : Ils sont présents dans les véhicules électriques, les trains et les systèmes de propulsion marins.
- Appareils électroménagers : On les trouve dans les aspirateurs, les mixeurs et les perceuses électriques.
- Électronique grand public : Ils sont utilisés dans les ventilateurs, les jouets et les appareils .

2.2.5 Avantages et inconvénients :

Avantages :

- Contrôle précis de la vitesse et du couple.
- Bonne réversibilité.
- Taille compacte et poids léger.
- La variation de fréquence de rotation est simple à réaliser.

Inconvénients :

- Nécessite un système de commutation (balais), qui peut entraîner de l'usure et des étincelles.
- Moins efficace que certains autres types de moteurs à haute vitesse.
- Peut nécessiter un entretien périodique des balais et du collecteur.
- Le contact électrique imparfait cause des arcs électriques, usant rapidement le commutateur et générant des parasites dans le circuit d'alimentation

2.2.6 Le moteur a cc utilisé EMG30 :

Pour notre application, nous avons utilisé deux moteurs EMG30 qui sont à notre disposition, un pour faire tourner le plateau et l'autre pour le déplacement vertical du rail.

L'EMG30 est un motoréducteur 12 Vcc avec un rapport de réduction de 30 (30 rotations donnent une rotation sur l'axe de sortie du réducteur). Ce moteur est équipé d'un encodeur et un réducteur.

C'est un moteur couramment utilisé dans les applications de robotique et d'automatisation en raison de sa taille compacte, de sa robustesse et de ses performances fiables. (13)



Figure 2.4 : Moteur EMG30

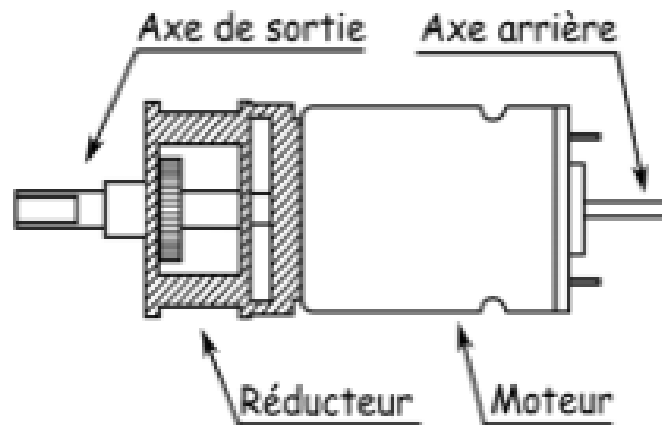


Figure2.5 : Schéma d'un moteur EMG30

2.2.7 Les caractéristiques du moteur EMG30 :

- Alimentation : 12 Vcc
- Consommation : 530 mA (150 mA à vide)
- Courant de blocage : 2,5 A
- Vitesse de rotation : 170 t/min (216 t/min à vide)
- Couple : 1,5 kg.cm
- Encodeur : 90 impulsions/tour – maximum 360
- Dimensions : $\varnothing 28,5 \times 86,6$ mm (axe de 10 mm inclus) .(14)

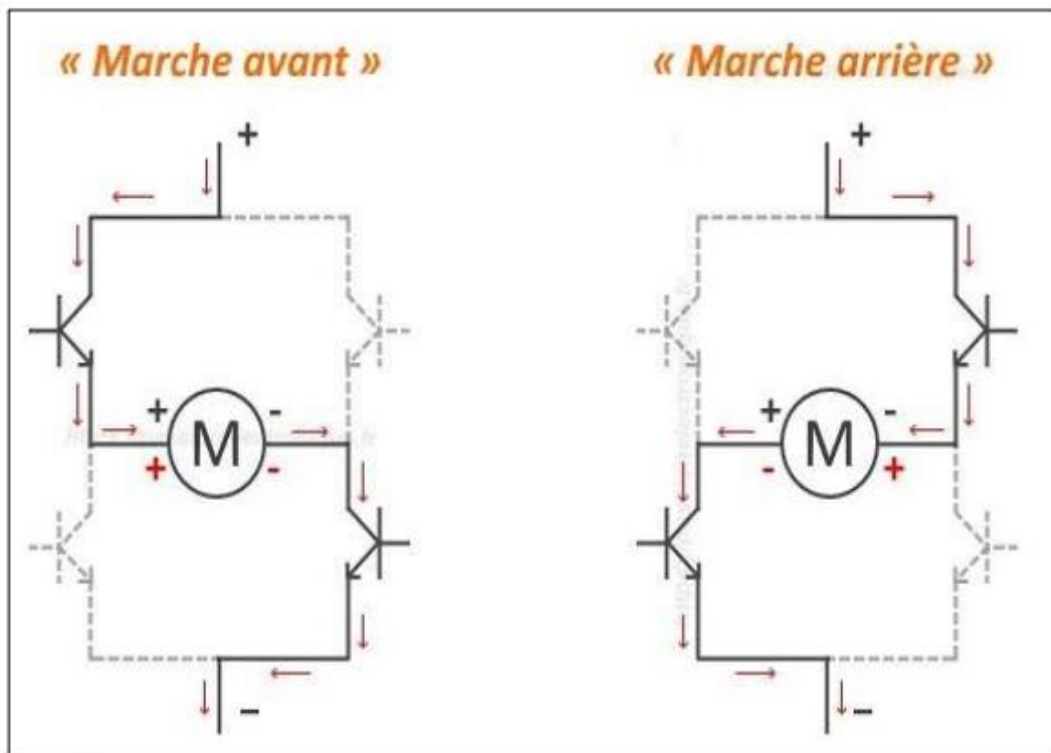


Figure2.6 : Direction du moteur

2.2.8 Les équations du moteur à cc :

A) Équation électrique :

$$U(t) = e(t) + R \cdot i(t) + L \frac{di}{dt}$$

Transformé de LAPLACE :

$$U(S) = R \cdot I(S) + E(S) + L \cdot S \cdot I(S)$$

$$U(S) - E(S) = (R + LS) \cdot I(S)$$

$$\varepsilon_1(S) = (R + LS) \cdot I(S)$$

$$\frac{I(S)}{\varepsilon 1(S)} = \frac{1}{R} + LS = H1(S)$$

$$E = K\Phi\Omega$$

D) Équation mécanique :

$$J \frac{d\Omega}{dt} = Tem - f\Omega - Tr$$

La transformé de la place :

$$Js\Omega(s) = Tem - f\Omega(s) - Tr$$

$$J(s)\Omega(s) + f\Omega(s) = Tem - Tr$$

$$(Js + f)\Omega(s) = Tem - Tr$$

Tem: Le couple électromagnétique du moteur

fΩ: Couple du frottement

Tr: Couple résistant au couple du charge

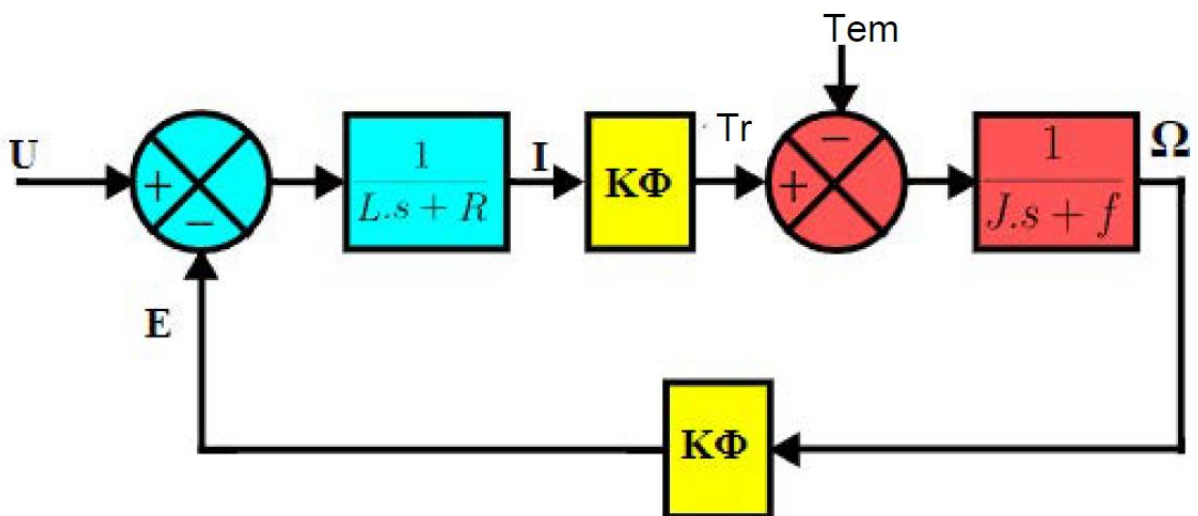


Figure2.7: Modèle de Laplace

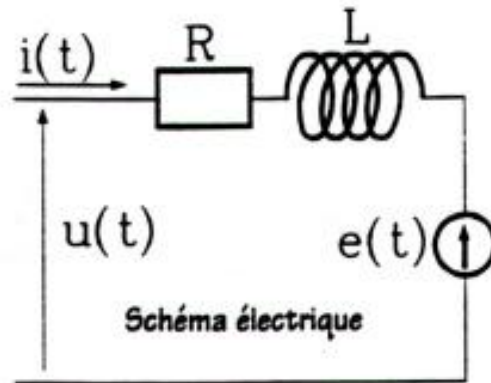


Figure 2.8 : Schéma du fonctionnement du moteur

2.3 Les encodeurs :

Un encodeur est un dispositif électromécanique qui convertit la position ou le mouvement d'un axe ou d'un arbre en un signal électrique pouvant être lu par un système de contrôle, comme un microcontrôleur ou un automate programmable.

Les encodeurs sont utilisés dans divers systèmes mécaniques pour fournir des informations précises sur la position, la vitesse ou la direction de rotation.

2.3.1 Encodeur incrémental :

Dans le cas de notre moteur EMG30, il est typiquement équipé d'un encodeur incrémental, souvent avec une résolution de 360 impulsions par tour, ce qui offre un bon compromis entre précision et simplicité de mise en œuvre.

On trouve à l'intérieur la partie qui tourne dans le moteur il dispose d'un certain nombre de pôles Nord /Sud qu'ils ont une alternance, et les deux capteurs à effet hall qu'ils sont montés à 90° qui détectent le champ magnétique Nord /Sud, ces capteurs sont numériques (1 ou 0).

- Pour chaque signal de sortie, l'encodeur utilise un champ magnétique pour détecter les impulsions, en utilisant un aimant permanent sur l'arbre de moteur et un capteur.

- Lors de mouvement de moteur, l'aimant crée un champ magnétique qui est détecté par le capteur.

- Le signal généré par le capteur représente des variations de tension, qui seront ensuite traduites en signal numérique. (15)

(Tension \neq 0 impulsion, tension = 0 absence d'impulsion)



Figure 2.9 : Codeur incrémental

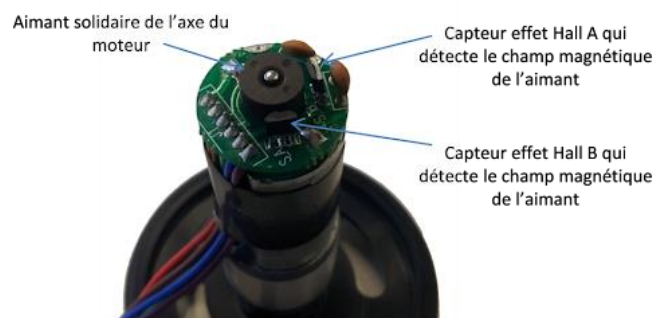


Figure 2.10 : Codeur incrémental à effet hall.

2.3.2 Les encodeurs et le sens de rotation :

L'encodeur génère 2 signaux de sortie appelés A et B :

Si A est à l'état haut (H) et B est à l'état bas (L), alors cela signifie que l'arbre ou le moteur tourne dans le sens horaire.

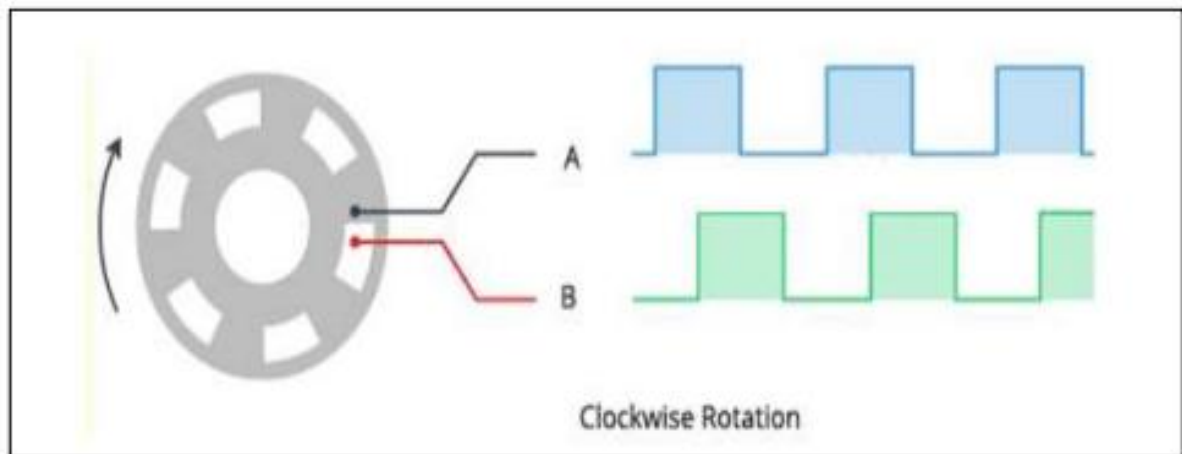


Figure2.11 : La rotation dans le sens positif (B est retardé)

Si A est à l'état bas (L) et B est à l'état haut (H), alors cela signifie que l'arbre ou le moteur tourne dans le sens anti-horaire

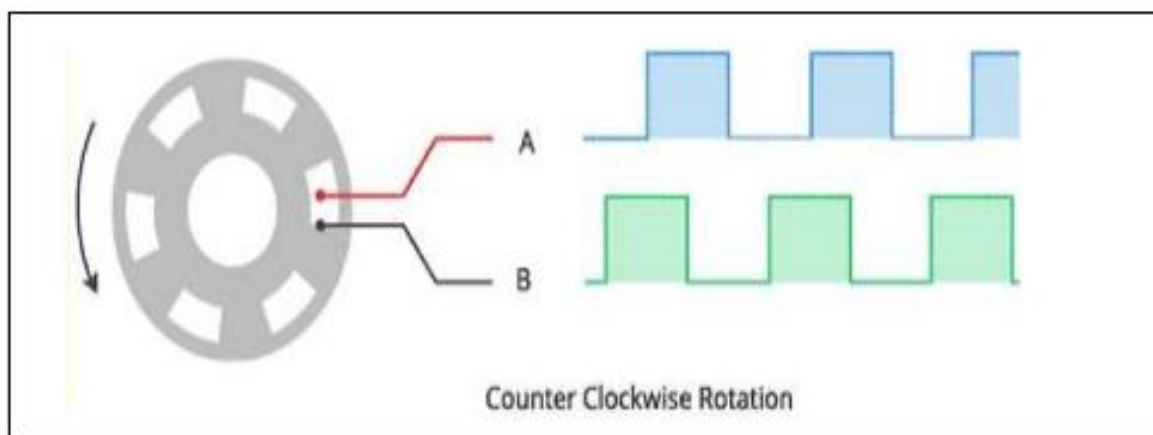


Figure2.12 : La rotation dans le sens négatif (A est retardé)

2.4 Pont en H:

Le pont en H est un circuit électronique couramment on l'utilise pour contrôler les moteurs à courant continu (CC). Il permet de commander la direction de rotation du moteur ainsi que sa vitesse.

Il tient son nom de la forme en H du circuit autour du moteur. (16)

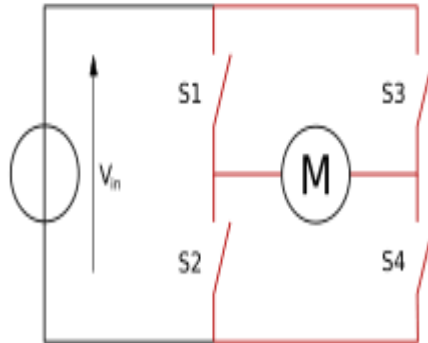


Figure2.13 : Le Pont en H.

- Pour faire tourner le moteur dans une direction, S1 et S4 sont fermés tandis que S2 et S3 sont ouverts.
- Pour faire tourner le moteur dans l'autre direction, S2 et S3 sont fermés tandis que S1 et S4 sont ouverts.

En utilisant un pont en H, on peut ainsi obtenir un contrôle bidirectionnel et précis du moteur CC.

2.5 Le système de control PID :

2.5.1 Définition :

Le régulateur PID, ou correcteur PID (Proportionnel, Intégral, Dérivé), est un système de contrôle conçu pour améliorer les performances d'un asservissement, c'est-à-dire d'un système ou d'un processus en boucle fermée. Il s'agit du régulateur le plus couramment utilisé dans l'industrie, en raison de ses capacités de correction qui s'appliquent à diverses grandeurs physiques.

- Un système de contrôle est composé d'un modèle du contrôleur et d'un modèle du système à contrôler
- Un système de contrôle peut être en boucle ouverte ou fermée

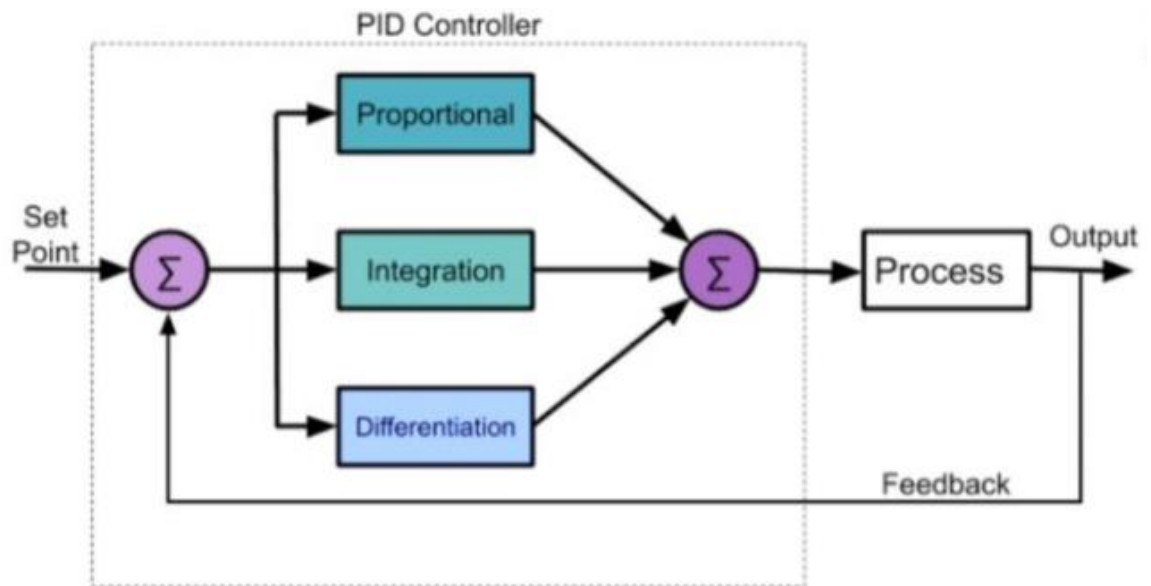


Figure2.14 : Schéma du contrôleur PID

2.5.2 Composantes du régulateur PID :

- **Proportionnel (P)** : La composante proportionnelle réagit proportionnellement à l'erreur actuelle, qui est la différence entre la consigne et la valeur mesurée.

Elle ajuste la commande proportionnellement à l'erreur, ce qui signifie que plus l'erreur est grande, plus la correction appliquée est importante.

- **Intégral (I)** : La composante intégrale agit sur l'accumulation des erreurs au fil du temps.

Elle réduit l'erreur de régulation en ajustant la commande en fonction de l'accumulation historique des erreurs. Cela permet de supprimer les erreurs systématiques à long terme.

- **Dérivée (D)** : La composante dérivée réagit à la vitesse à laquelle l'erreur change.

Elle anticipe les tendances futures de l'erreur en fonction de son taux de changement actuel, ce qui permet de réduire les oscillations et d'améliorer la stabilité du système. (17)

2.5.3 Fonctionnement du régulateur PID :

1. **Étape 1 - Mesure de l'erreur** : Calcul de l'écart entre la consigne et la valeur mesurée.
2. **Étape 2 - Calcul de la commande de sortie** : Utilisation de l'équation PID pour calculer la commande de sortie en fonction de l'erreur actuelle, de l'erreur intégrée et de la dérivée de l'erreur.
3. **Étape 3 - Application de la commande** : Appliquer la commande de sortie au système et mesurer la réponse.
4. **Étape 4 - Répétition** : Répéter le processus en continu pour maintenir la sortie du système à la valeur de consigne.

2.5.4 Paramètres du régulateur PID :

- **Coefficient de Gain Proportionnel (K_p)** : Contrôle la réactivité du régulateur à l'erreur actuelle.
- **Coefficient de Gain Intégral (K_i)** : Contrôle la vitesse à laquelle l'erreur intégrée s'accumule.
- **Coefficient de Gain Dérivé (K_d)** : Contrôle la sensibilité du régulateur aux variations rapides de l'erreur.

2.5.5 Avantages du régulateur PID :

1. Précision de Contrôle

Le régulateur PID permet de maintenir des variables critiques telles que la position, la vitesse et la tension du film d'emballage à des valeurs précises. En ajustant continuellement la commande en fonction de l'erreur actuelle, de l'erreur cumulée et de la vitesse de changement de l'erreur, le PID assure une précision élevée dans le mouvement des composants de la machine.

2. Réponse Dynamique

Les machines d'emballage semi-automatiques nécessitent des ajustements rapides et précis en réponse aux variations de la charge et des conditions opérationnelles. La composante proportionnelle (P) du PID réagit instantanément à l'erreur actuelle, tandis que les composantes intégrale (I) et dérivée (D) contribuent respectivement à corriger les erreurs accumulées et à anticiper les changements futurs. Cela permet une réponse dynamique rapide et stable du système.

3. Stabilité

Les machines d'emballage doivent fonctionner de manière stable pour éviter les fluctuations qui pourraient endommager les produits ou le matériel d'emballage. La composante dérivée (D) du PID aide à amortir les oscillations et à stabiliser la réponse du système, ce qui est crucial pour des opérations d'emballage régulières et fiables.

4. Adaptabilité

Les machines d'emballage semi-automatiques doivent souvent s'adapter à différents types de produits et de matériaux d'emballage. Le régulateur PID peut être ajusté (en modifiant les gains K_p , K_i , et K_d) pour s'adapter à diverses conditions opérationnelles, ce qui en fait une solution flexible et polyvalente.

5. Réduction des Erreurs

Le PID minimise les erreurs systématiques à long terme (biais) grâce à sa composante intégrale (I), et réagit efficacement aux erreurs transitoires grâce aux composantes proportionnelle (P) et dérivée (D). Cela assure une meilleure qualité de l'emballage et réduit le nombre de produits défectueux.

6. Efficacité Énergétique

En optimisant les mouvements et les opérations de la machine, le PID contribue à une utilisation plus efficace de l'énergie. Les ajustements précis réduisent les surcompensations et les gaspillages d'énergie, ce qui est économiquement avantageux et bénéfique pour la durabilité.

2.5.6 Le rôle du PID dans la Machine d'Emballage Semi-Automatique :

- **Contrôle de la Tension du Film :**

Assurer une tension constante du film pour éviter les déchirures ou les plis.

Le PID ajuste la tension en fonction de la vitesse de déroulement du film et des variations de la charge.

- **Positionnement Précis :**

Contrôle précis des moteurs pour positionner les produits et le matériel d'emballage.

Le PID garantit que les produits sont correctement alignés pour l'emballage.

- **Régulation de la Vitesse :**

Maintien d'une vitesse constante des convoyeurs et des mécanismes d'entraînement.

Le PID ajuste la vitesse pour compenser les variations de charge et d'autres perturbations.

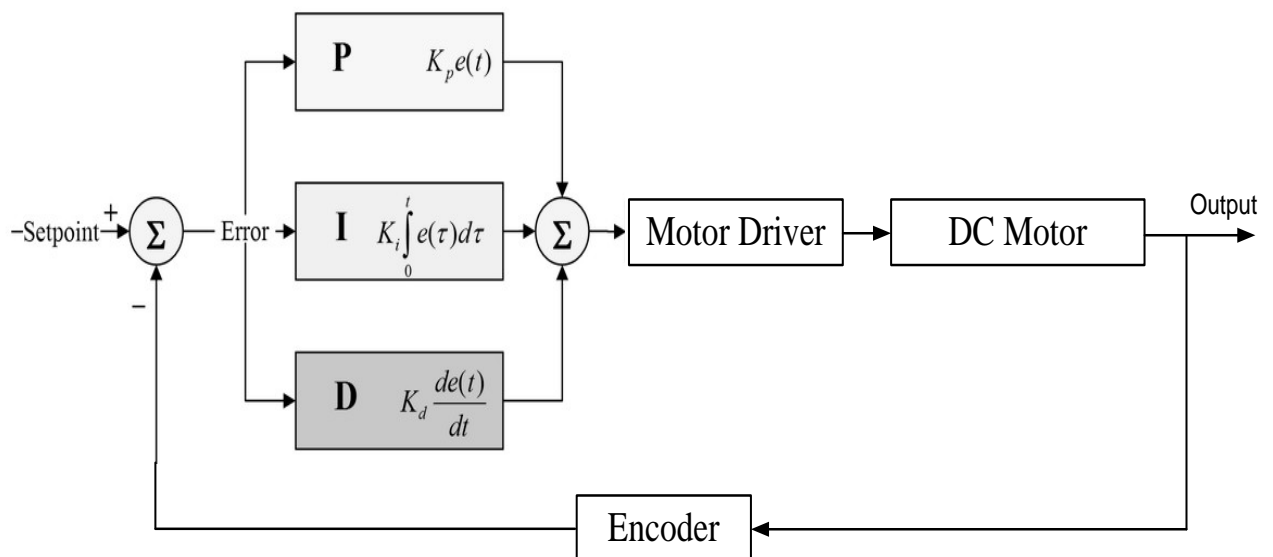


Figure 2.15 : Diagramme du PID

2.5.7 Équation du Régulateur PID :

La sortie du régulateur PID est la somme des trois composantes P, I et D :

$$u(t) = Kp \cdot e(t) + Ki \cdot \int_0^t e(\tau) d\tau + Kd \cdot \frac{de(t)}{dt}$$

où :

$u(t)$ est la commande envoyée au système.

2.6 La simulation :

Le modèle de simulation est proposé pour valider les algorithmes de contrôle. Il permet d'améliorer la compréhension d'un système sans devoir le manipuler réellement afin de minimiser le coût et le temps de la recherche et développement. Différents outils sont utilisés pour l'analyse des systèmes robotiques pour la programmation hors ligne comme le logiciel Matlab et son extension Simulink. (18)

2.7 Logiciel utilisé Matlab :

MATLAB est un logiciel de calcul numérique matriciel à syntaxe simple. C'est devenu un logiciel de programmation largement utilisé en finance et en ingénierie financière. Avec ses nombreuses fonctions spécialisées pré-codées et ses différentes « tool box » disponibles, MATLAB permet une prise en main rapide et efficace, moyennant une certaine rigueur.

MATLAB offre une large gamme de fonctionnalités dans des secteurs tels que les systèmes de contrôle, le traitement du signal, l'automatisation des tests, les systèmes de télécommunication et la robotique. Il est utilisé pour concevoir, simuler et vérifier chaque aspect des systèmes autonomes et de la perception du mouvement. Cependant, il s'agit d'un langage interprété, ce qui peut entraîner des performances lentes, et de mauvaises instructions de programmation peuvent contribuer à ralentir le logiciel. (19)

2.8 Les étapes d'élaboration et de simulation :

2.8.1 La modélisation du moteur à courant continu :

La modélisation d'un moteur à courant continu (DC) consiste à représenter mathématiquement et graphiquement le comportement du moteur en fonction de ses paramètres électriques et mécaniques. Cette modélisation permet de prédire la performance du moteur dans diverses conditions et est essentielle pour le contrôle et l'optimisation des systèmes motorisés.

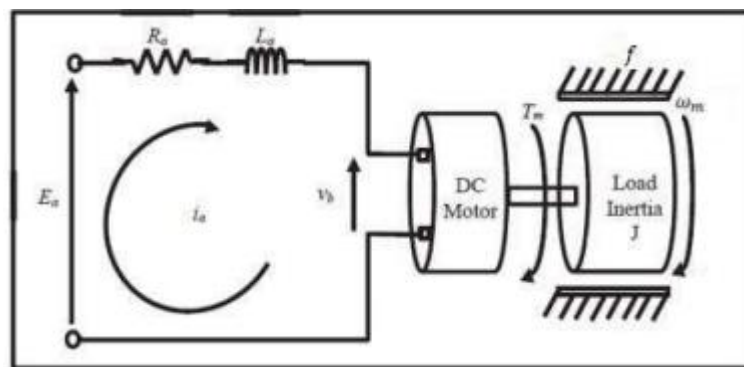


Figure 2.16 : schéma du moteur à cc

E_a : Tension aux bornes de l'induit

v_b : Tension de la force électromotrice (f.e.m.)

i_a : Courant d'armature

R_a : Résistance du bobinage de l'induit

L_a : Inductance dans le bobinage du moteur

J : Moment d'inertie

f : Frottement visqueux

T_m : Couple du moteur

ω_m : Vitesse angulaire du moteur

Le modèle de base d'un moteur à courant continu donné dans les équations différentielles suivantes :

$$Ea = Ra ia + La \frac{dia}{dt} + vb \quad (2.1)$$

$$Tm = J \frac{d\omega m}{dt} + f\omega m$$

Où:

$$vb = K \omega m \quad (2.2)$$

$$Tm = K ia \quad (2.3)$$

En prenant la transformée de Laplace des équations ci-dessus, on obtient les équations suivantes :

$$Ea = Ra Ia(s) + sLa Ia(s) + K \omega m(s) \quad (2.4)$$

$$K Ia(s) = Js \omega m(s) + f \omega m(s) \quad (2.5)$$

A partir de l'équation (3.5), on trouve :

$$Ia = \frac{Js \omega m(s)}{k} + \frac{f \omega m(s)}{k} \quad (2.6)$$

On remplace Ia dans l'équation (3.4) :

$$Ea = Ra \left(\frac{Js \omega m(s)}{k} + \frac{f \omega m(s)}{k} \right) + sLa \left(\frac{Js \omega m(s)}{k} + \frac{f \omega m(s)}{k} \right) + K \omega m(s) \quad (2.7)$$

$$Ea = \omega m(s) \left[Ra \left(\frac{Js}{k} + \frac{f}{k} \right) + sLa \left(\frac{Js}{k} + \frac{f}{k} \right) + k \right] \quad (2.8)$$

$$Ea = \omega m(s) \left[Ra \left(\frac{Js}{k} \right) + Ra \left(\frac{f}{k} \right) + sLa \left(\frac{Js}{k} \right) + sLa \left(\frac{f}{k} \right) + k \right] \quad (2.9)$$

$$Ea = \omega m(s) \left(\frac{k^2 + (Ra + sLa)(f + sJ)}{k} \right) \quad (2.10)$$

La principale fonction de transfert entre la tension appliquée et la vitesse angulaire est donnée dans l'expression suivante :

$$\frac{\omega m(s)}{Ea} = \frac{k}{k^2 + (Ra + sLa)(f + sJ)} \quad (2.11)$$

$$\frac{\omega m(s)}{Ea} = \frac{k}{\frac{(k^2 + Ra f)}{1 + \left(\frac{RaJ + Laf}{k^2 + Ra f}\right)s + \left(\frac{LaJ}{k^2 + Ra f}\right)s^2}} \quad (2.12)$$

$$\frac{\omega m(s)}{Ea} = \frac{H0}{1 + 2m\tau_0 s + s^2\tau_0^2} \quad (2.13)$$

Où :

$$H0 = \frac{k}{(k^2 + Ra f)}, \quad m = \frac{RaJ + Laf}{2\sqrt{JLa}(k^2 + Ra f)}, \quad \tau_0 = \sqrt{\frac{LaJ}{k^2 + Ra f}}$$

En utilisant les paramètres indiqués dans le tableau 2.1 et en les remplaçant dans l'équation correspondante, nous obtenons les valeurs suivantes :

$$H_0 = 1.5732, \quad m = 0.0081, \quad \tau_0 = 7.8567$$

Ce qui nous donne :

$$\frac{\omega m(s)}{Ea} = \frac{1.5732}{1 + (0.1272)s + (6.5526 \cdot 10^{-5})s^2} \quad (2.14)$$

L'instruction « c2d » de Matlab permet de convertir cette fonction de transfert continue en une fonction de transfert discrète avec un temps d'échantillonnage de 0.001 seconde.

L'équation obtenue après la conversion est :

$$G(z) = \frac{0.006904z^2 + 0.0036771}{z^2 - 1.137z + 0.1435} \quad (2.15)$$

L'équation (2.15) est utilisée pour implémenter les deux moteurs à courant continu dans Matlab Simulink.

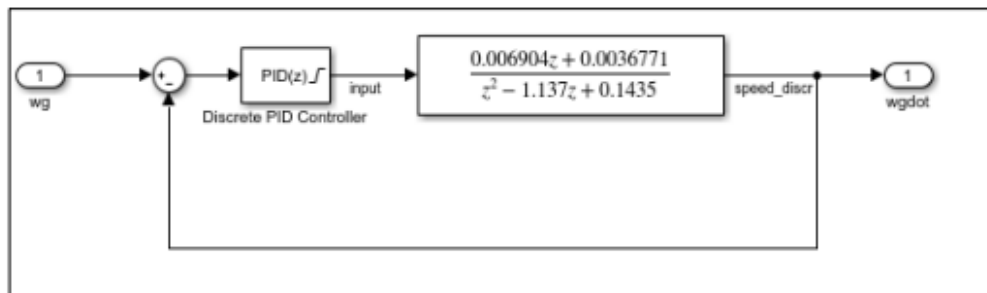


Figure2.17 : Le Schéma bloc fonctionnel du moteur a cc.

Les paramètres physiques de l'actionneur sont indiqués dans le tableau 2.1 ci-dessous :

Paramètre	Description	Valeur	Unité
R_a	Résistance du bobinage de l'induit	41	Ω
L_a	Inductance dans le bobinage du moteur	0.021159	H
J	Moment d'inertie	0.0006998	kg. m ²
k	Constante de couple	0.3555	N.m /A
f	Frottement visqueux	0.0024291	N.m.s /rad

Tableau 2.1 : Paramètres physiques de l'actionneurs utilisé.

2.8.2 La commande du moteur :

Etant donné que notre machine utilise deux moteurs à cc, un pour tourner le plateau, et l'autre pour le mouvement vertical du rail. Cela revient à commander les deux moteurs, nous avons donc utiliser le contrôleur PID discret disponible dans la bibliothèque de l'environnement

Simulink. Ce dernier offre la possibilité d'optimiser les gains du contrôleur d'une manière automatique.

Les paramètres du contrôleur obtenus sont donnés par :

$$K_p=0.12$$

$$K_i=0.98$$

$$K_d=0.0054$$

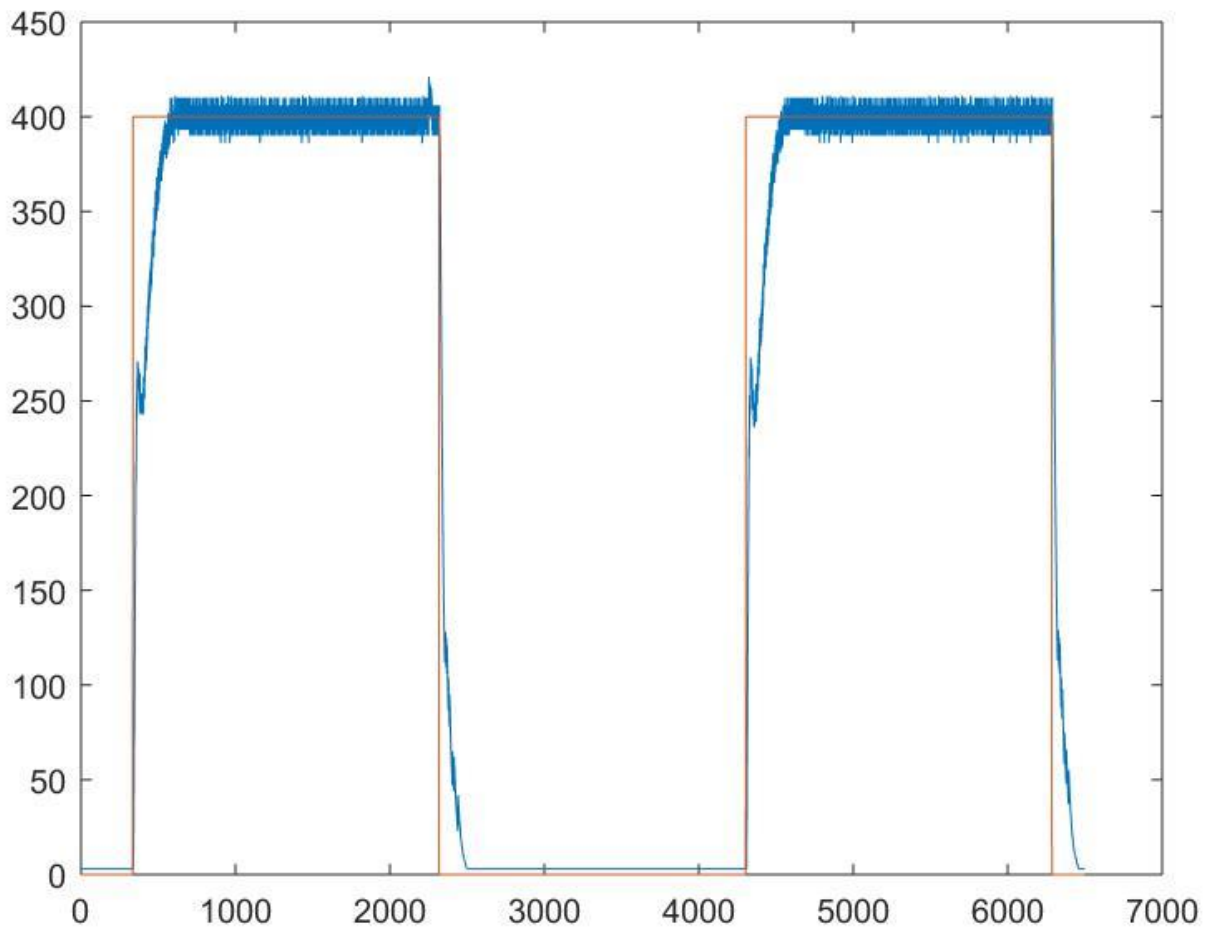


Figure2.18 : Réponse du moteur.

Cette figure représente la vitesse mesurée du moteur.

Sur le graphe la couleur orange représente la consigne qui est la vitesse désirée, et la couleur bleu représente la réponse qui est la vitesse mesurée (réelle).

2.9 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons abordé la régulation des machines à courant continu (CC) ainsi que l'importance des régulateurs PID (Proportionnel-Intégral-Dérivé) dans le maintien des performances désirées. Et enfin on a fait la simulation de la vitesse des moteurs à CC à l'aide de MATLAB en utilisant Simulink.

Chapitre 03 :

Mécanisme de réalisation

3.1 Introduction :

Pour la construction d'une banderoleuse semi-automatique, il est essentiel de prendre en compte les matériaux et les composants mécaniques. L'objectif de ce chapitre est d'expliquer et de mettre en évidence les différents équipements mécaniques employés. Nous examinerons les motivations derrière le choix de chaque composant, en prenant en considération leurs caractéristiques techniques et leur conformité aux exigences du projet. En mentionnant les améliorations potentielles pour la machine de banderolage semi-automatique.

3.2 Matériels utilisés pour la réalisation de la machine :

Le prototype de banderoleuse semi-automatique est composé de plusieurs éléments mécaniques essentiels à son fonctionnement. Les principaux composants sont les suivants :

3.2.1 Le Rail :

A) Description :

Le rail est un élément mécanique linéaire qui se déplace verticalement ou horizontalement le long de la structure de la banderoleuse. Sa fonction principale est d'appliquer le film étirable autour du produit à banderoler.

B) Mode de fonctionnement :

Le rail est équipé d'un moteur cc Emg30 qui assure son mouvement vertical dans. Le mouvement de la raie est contrôlé par l'Arduino en fonction de la position du produit et de la vitesse de banderolage souhaitée.

C) Le rôle dans le processus de banderolage :

Le rail joue un rôle crucial dans le processus de banderolage en appliquant le film étirable autour du produit de manière uniforme et précise. Il permet d'obtenir un banderolage optimal et de protéger le produit efficacement.

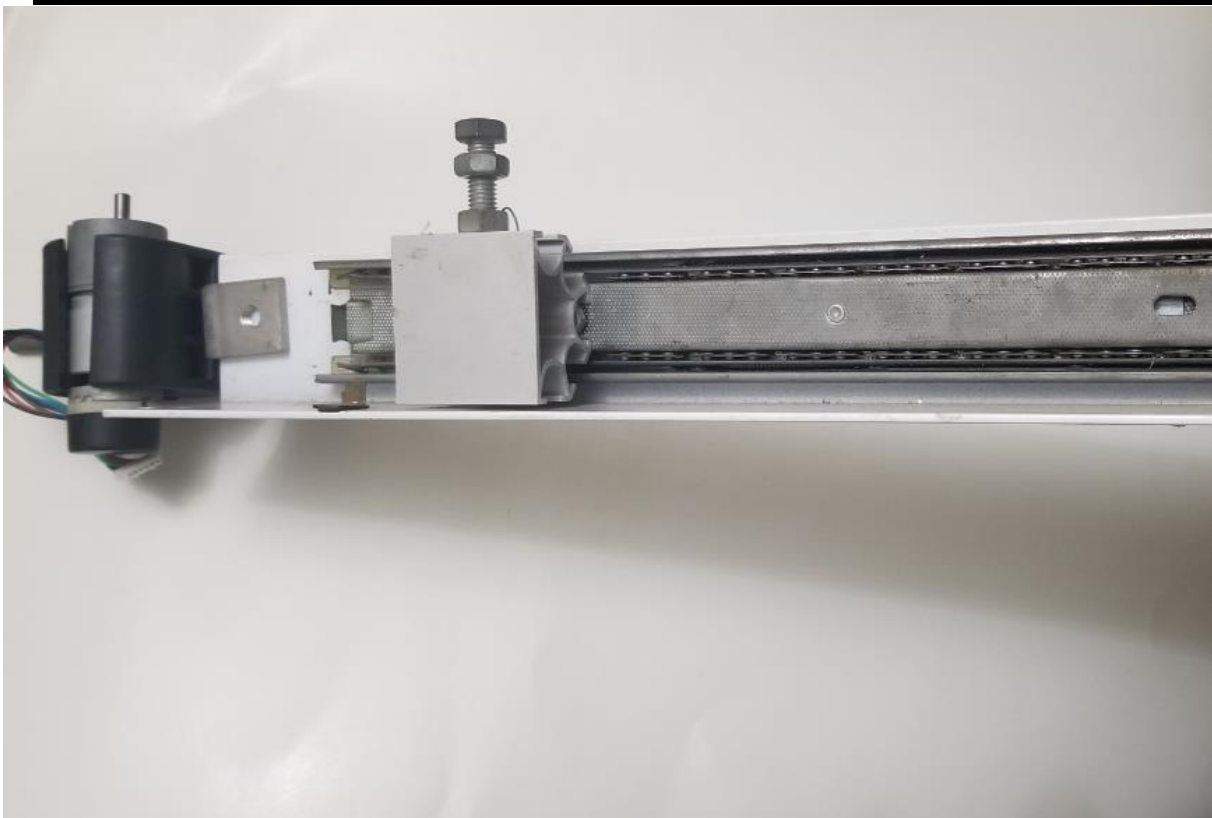


Figure3.1 : Le Rail

3.2.2 Le plateau tournant :

A) Description :

Le plateau tournant est une plateforme rotative qui supporte le produit à banderoler pendant le processus. Sa fonction principale est de faciliter l'application du film étirable sur l'ensemble du produit.

Le plateau tournant circulaire. Sa taille dépend de la dimension des produits à banderoler et matériau du plateau tournant doit être rigide et résistant à l'usure.

B) Mode de fonctionnement :

Le plateau tournant est mis en rotation par un moteur électrique contrôlé par l'Arduino. La vitesse de rotation est définie en fonction du type de produit et de la vitesse de banderolage souhaitée.

C) Le rôle dans le processus de banderolage :

Le plateau tournant facilite l'application du film étirable sur l'ensemble du produit en le présentant à la raie sous différents angles. Cela permet d'obtenir un banderolage uniforme et complet.



Figure3.2 : Le plateau tournant

3.2.3 Fin de course :

A) Description :

Le fin de course est un interrupteur électrique qui permet de détecter la position limite de la raie. Sa fonction principale est de protéger les composants mécaniques et d'assurer un fonctionnement précis de la banderoleuse.

B) Mode de fonctionnement :

Lorsque la raie atteint sa position limite, il actionne la fin de course correspondant. Cela envoie un signal à l'Arduino qui permet d'arrêter le mouvement ou de déclencher une action spécifique.

C) Le rôle dans le processus de banderolage :

Les fins de course garantissent un fonctionnement précis et sécurisé de la banderoleuse en limitant la course de la raie. Ils permettent d'éviter les collisions et les dommages aux composants mécaniques.



Figure3.3 : Fin de course

3.3 Visualisation en 3D de la machine :

J'ai utilisé le logiciel Blender qui est un excellent choix pour la visualisation 3D, car c'est un logiciel open-source et très puissant.



Figure3.4 : Image en 3D de la machine (1)

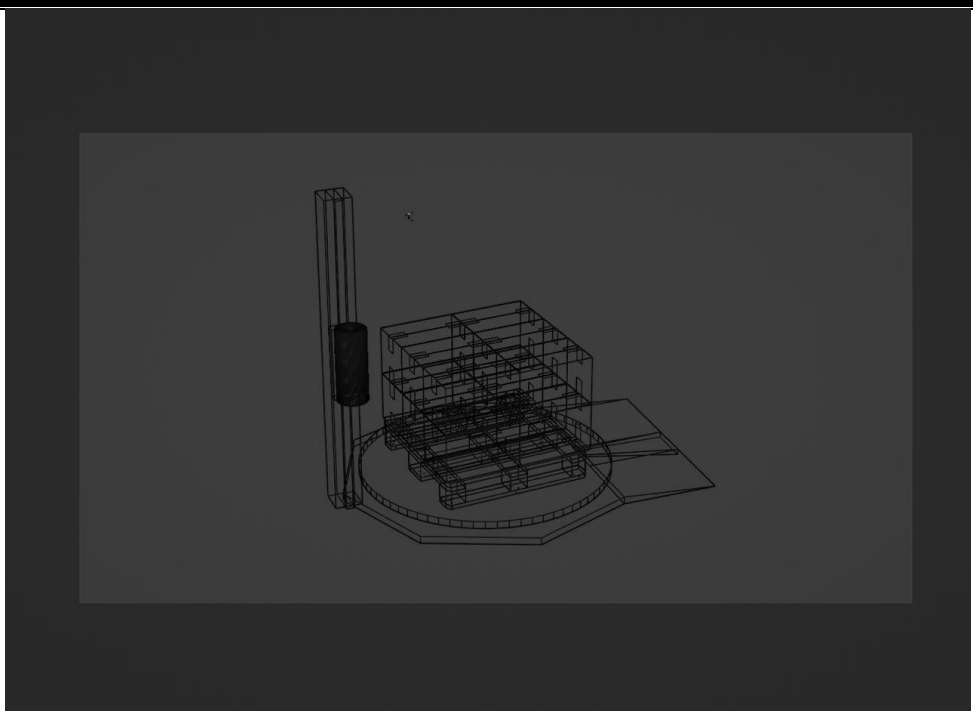


Figure3.5 : Image en 3D de la machine (2)

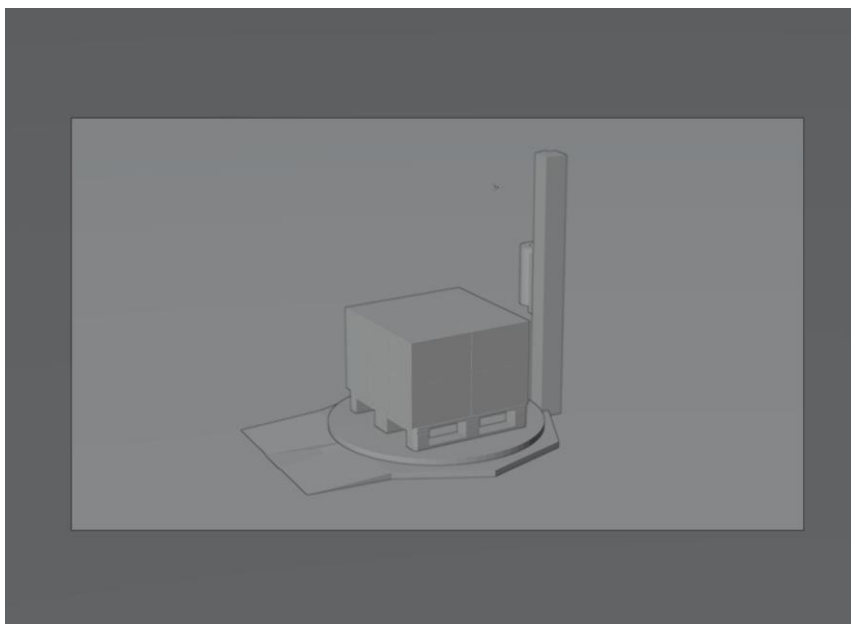


Figure3.6 : Image en 3D de la machine (3)

3.4. Conclusion :

En conclusion, la réalisation du prototype de machine banderoleuse semi-automatique a nécessité une compréhension approfondie des matériaux et des mécanismes impliqués. Le choix des matériaux que j'ai utilisé garantit la durabilité et l'efficacité du prototype.

Le mécanisme de réalisation a intégré des éléments mécaniques et électroniques qui sont mentionnés dans la suite de ce mémoire pour assurer une automatisation partielle du processus de banderolage.

Les étapes clés ont inclus la conception et l'assemblage de la structure de base

Conclusion générale :

L'objectif principal de mon travail était de concevoir une machine de banderolage semi-automatique destinée à être utilisée dans les applications industrielles. Les travaux menés se sont articulés autour de trois axes principaux : les généralités sur l'automatisation, la régulation des machines à courant continu (CC) et de leur vitesse à l'aide de régulateurs PID (Proportionnel-Intégral-Dérivé), et les différents mécanismes de réalisation de la machine.

En premier, j'ai exploré les concepts fondamentaux de l'automatisation, soulignant son rôle crucial dans l'optimisation des processus industriels. L'automatisation permet non seulement d'améliorer l'efficacité et la productivité, mais aussi de garantir une qualité constante et de réduire les coûts opérationnels. J'ai examiné les différentes technologies d'automatisation, leurs applications et les avantages qu'elles procurent aux industries et usines.

Ensuite, j'ai concentré sur la régulation des machines à CC et la gestion de leur vitesse. J'ai expliqué les principes de base de la régulation, en mettant l'accent sur les régulateurs PID et leur importance dans le maintien de la stabilité et de la performance des machines. Les simulations effectuées sur MATLAB ont illustré l'efficacité des régulateurs PID pour garantir une réponse rapide et stable du système face aux variations de charge et aux perturbations.

Enfin, j'ai traité les différents mécanismes de réalisation de la machine de banderolage. J'ai décrit les choix de matériaux et de composants, ainsi que les techniques de fabrication et d'assemblage utilisées. Chaque aspect du processus de réalisation a été minutieusement analysé pour assurer la fiabilité, la sécurité et l'efficacité de la machine semi-automatique.

Ce mémoire démontre la faisabilité et les avantages de la réalisation d'une machine de banderolage semi-automatique pour les industries et usines. La combinaison des concepts théoriques de l'automatisation et de la régulation avec des techniques de réalisation pratiques a permis de développer une machine performante et robuste. Les résultats obtenus valident les choix techniques effectués et montrent que cette solution répond efficacement aux besoins industriels en termes de productivité et de qualité.

Ce projet représente une contribution significative au domaine de l'automatisation industrielle, ouvrant des perspectives pour des améliorations futures et des applications diversifiées.

Bibliographique :

- [1]
« Automatisation du contrôle des procédés de production | COPA-DATA ». Consulté le: 6 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.copadata.com/fr/industries/usineintelligente/smart-factory-insights/automatisation-du-controle-des-procedes-de-production-copa-data/>
- [2]
Techni-Contact.com, « Banderoleuse horizontale : Devis sur Techni-Contact - Filmeuse horizontale ». Consulté le: 6 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.techni-contact.com/produits/4325-80173-banderoleuse-horizontale.html>
- [3]
Techni-Contact.com, « Banderoleuse semi automatique pour menuiserie : Devis sur Techni-Contact - Filmeuse industrielle pour menuiserie ». Consulté le: 6 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.techni-contact.com/produits/6007-15261464-banderoleuse-semi-automatique-pour-menuiserie.html>
- [4]
web agency extra, « Banderoleuse semi-automatique à table tournante | Robopac ». Consulté le: 6 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.robopac.com/fr/rotoplat-std-p1229>
- [5]
« Banderoleuse semi-automatique, Robot à banderoler semi-automatique - Tous les fabricants industriels ». Consulté le: 6 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.directindustry.fr/fabricant-industriel/banderoleuse-semi-automatique-80116.html>
- [6]
« Bras tournant », LANDOIN emballages. Consulté le: 6 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.landoin.fr/machines-semi-automatiques/bras-tournant/>
- [7]
« L'automatisation : histoire et évolution - Blog igus France ». Consulté le: 6 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://blog.igus.fr/lautomatisation-histoire-et-evolution-2/>
- [8]
« Machine a banderoler SW 115 ONE INOX - SFERE BM Emballage », SFERE BM. Consulté le: 6 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://sferebm.fr/semi-automatiques/175-banderoleur-semi-automatique-sw-115-one.html>
- [9]
admin9769, « Système automatisé », LA TECHNOLOGIE. Consulté le: 6 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://technologie-sciarretta.ovh/?p=739>
- [10]
ADDECHE, ZIDANI, 'Réalisation d'un robot autonome suiveur de ligne avec affichage sur PC'. Mémoire Master en électronique option système de vision et robotique . Université Saad Dahleb, Blida, Algérie,2013.
- [11]
GUELLOUMA, HADJADJA, 'Conception d'un robot mobile avec remorque pour des applications en agriculture'. Mémoire master en automatique. Université Saad Dahleb, Blida, Algérie,2023.
- [12]
Composants des moteurs a cc. Le moteur à courant continu : principe - Astuces Pratiques .[Le moteur à](#)

[courant continu : principe - Astuces Pratiques \(astuces-pratiques.fr\)](https://astuces-pratiques.fr)

[13]

G. Tronic. (s. d.). Ducteur moteur + encodeur EMG30. PASSEZ À LA TRONIC. [Motoréducteur + encodeur EMG30 Robot Electronics - Motoréducteurs + encodeurs | GO TRONIC](#)

[14]

Caracteristique du EMG30 [Motoréducteur + encodeur EMG30 Robot Electronics - Motoréducteurs + encodeurs | GO TRONIC](#)

[15]

TAIHI, 'Conception et réalisation d'un robot mobile transporteur de Goblet'. Mémoire Master en automatique et système. Université Saad Dahleb, Blida, Algérie, 2020.

[16]

TAIHI, 'Conception et réalisation d'un robot mobile transporteur de Goblet'. Mémoire Master en automatique et système. Université Saad Dahleb, Blida, Algérie, 2020.

[17]

[Principes de base de la régulation PID pour les variateurs de vitesse \(sourcetric.com\)](#) 2023

[18]

K. AMI, M. DJENANE, "Pilotage automatique d'un robot mobile par l'intelligence artificielle". Mémoire master en électronique des systèmes embarqués. Université Oum El Bouaghi, Algérie, 2020.

[19]

GUELLOUMA, HADJADJA, 'Conception d'un robot mobile avec remorque pour des applications en agriculture'. Mémoire master en automatique. Université Saad Dahleb, Blida, Algérie, 2023

