

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

UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA BOUMERDES
(UMBB)
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT D'INGENIERIE DES SYSTEMES ELECTRIQUES



DOMAINE : SCIENCES ET TECHNOLOGIES

FILIERE : AUTOMATIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER ACADEMIQUE

SPECIALITE : AUTOMATIQUE ET INFORMATIQUE INDUSTRIELS

THEME :

Conception et réalisation d'un système de tri automatique

Présenté par : **M. ADOUAMA Anes** et **KENAOUI tarek**
Soutenu publiquement, le 04/07/2024, devant le Jury composé de :

M. HAMADACHE	Moussa	Pr	UMBB	PRESIDENT
M^{elle}. MOUSSAOUI	Siham	Doctorante	UMBB	EXAMINATEUR
M. CHEBI	Hocine	M.C.A	UMBB	ENCADREUR

Promotion 2023/2024

Remerciements

Avant toute chose

Nous remercions DIEU

Le tout puissant, l'omniscient et le miséricordieux

De nous avoir donné la force et la patience pour achever ce travail.

C'est un grand honneur d'être sous sa supervision Dr. h chebi et nous ne le remercierons jamais assez pour ses grandes qualités humanitaires, ses sages conseils et ses précieux avis. Nous tenons à lui exprimer notre gratitude pour l'aide et le réconfort qu'il nous a apportés dans l'accomplissement de ce travail. Nous profitons de cette occasion pour exprimer notre profond respect et nos remerciements à tous les professeurs de l'Université M'hamedBougara Boumerdes.

Nos sincères remerciements à toutes les personnes qui nous ont aidé, conseillé, guidé et encouragé tout au long de l'élaboration de ce manuscrit. Nous tenons à remercier chaleureusement le jury qui a accepté d'examiner ce travail, Nous espérons qu'ils trouveront notre profondeur gratitude ici.

Dédicaces

Le voyage n'a pas été court, et n'aurait pas dû l'être, le rêve n'était pas à portée de main, et la route n'était pas facile, mais je l'ai fait, loué soit Dieu qui a facilité les débuts et atteint la fin.

À celui dont la sueur couvrait le front et qui m'a appris que le succès ne vient qu'avec la patience et la persévérance, à la lumière qui a éclairé mon chemin et à la lampe dont la lumière ne s'éteint jamais dans mon cœur, à celui qui a tout donné et dans lequel j'ai puisé ma force et mon estime de soi, mon cher père. À celle qui a mis le ciel sous ses pieds et qui a facilité mon adversité par ses prières, à la grande personne qui a toujours souhaité me voir un jour comme celui-ci, ma chère mère.

À ma côte solide et à la sécurité de mes jours, à ceux qui ont renforcé ma force et ont été les sources avec lesquelles j'ai été arrosé, au meilleur et au meilleur de mes jours, à la prunelle de mes yeux, à mes précieux frères et sœurs, « Abd Rahman Wafa Sara Abd Slam », à ceux qui m'ont prodigué ses sentiments et ses conseils sincères, « Anes ».

À tous ceux qui nous ont soutenus et épaulés sur ce chemin, aux amis et compagnons fidèles des années durant, aux amis dans les moments d'adversité et de crise « Mohamed Zaim Hasan Omar Youcef Tarek ».

C'est à vous que je dédie cette réussite et le fruit de mon succès que j'ai toujours souhaité, me voici aujourd'hui, j'en ai achevé et complété les premiers fruits, grâce à sa grâce, loué soit Dieu pour ce qu'il m'a donné et fait de moi une bénédiction et aidez-moi où que je sois, quiconque dit que je suis pour, je suis pour, et je suis pour et je suis venu malgré tout.

La dernière chose à laquelle ils appellent est la louange à Allah, le Seigneur des mondes

Dédicace

Celui qui dit : "Je l'ai"

Et je suis à elle si elle refuse d'aller contre sa volonté.

Le voyage n'a pas été court, il n'aurait pas dû l'être, le rêve n'a pas été proche, la route n'a pas été semée d'embûches, mais je l'ai fait et je l'ai eu.

À celle qui a orné mon nom des plus beaux titres, qui m'a soutenu sans limites et m'a donné sans compter

A celui qui m'a appris que le monde est un combat et que son arme est le savoir et la connaissance A celui qui a inculqué à mon âme la morale honorable, mon premier soutien dans mon parcours et mon soutien.

Ma force et mon refuge après Dieu...

A ma fierté et mon honneur (mon père)

A celle qui a mis le paradis sous ses pieds et m'a embrassé avec son cœur avant ses mains et m'a facilité la tâche pour surmonter l'adversité avec ses prières au cœur tendre

Et la bougie qui a été pour moi dans les nuits sombres

Le secret de ma force et de mon succès et la lampe de mon chemin vers la lueur de ma vie (ma mère)

A ma côte stable et à la sécurité de mes jours, aux inspirations de mon succès, à ceux qui m'ont fortifié et ont été les sources auxquelles j'ai pu m'abreuver.

Au meilleur de mes jours, à la prunelle de mes yeux (mon frère et ma sœur)

A tous ceux qui m'ont aidé et soutenu tout au long de mon parcours. Compagnons des années et compagnons de l'adversité et des crises

Je dédie cette réalisation et le fruit de ma réussite que j'ai toujours souhaitée et dont je réalise aujourd'hui les premiers fruits.

J'espère qu'Allah Tout-Puissant me fera profiter de ce qu'Il m'a enseigné et m'enseignera ce que je ne sais pas et en fera un argument pour moi et non contre moi.

Liste des abréviations

<i>N°</i>	<i>Abréviations</i>	<i>Significations</i>
1	ST	Systemes de tris
2	MCC	Moteur à courant continu
3	API	Automate programmable industriel
4	CAN	Convertisseur analogique-numérique
5	CPU	Central Processing Unit
6	GRAFCET	GRAphe Fonctionnel de Commande Étape/Transition

Sommaire

Remerciement

Dédicaces

Liste des abréviations

Introduction générale1

CHAPITRE I : Généralités sur les systèmes de tris

I.1 Introduction.....2

I.2 Définition.....2

I.3 Objectif du système de tri2

I.4 Classes des systèmes de tris3

I.4.1 Système à tri manuel3

I.4.2 Système à tri semi-automatisé.....4

I.4.3Système à tri automatisé4

I.5 Domaine d'application.....5

I.5.1 Domaine de l'agriculture.....5

I.5.2 Gestionner des déchets.....6

I.5.3 Centres postaux.....7

I.5.4 Systèmes de tri dans l'industrie.....8

I.5.4.1 Séparation des matériaux.....8

I.5.4.2 Contrôle de la qualité.....8

I.5.4.3 Tri et recyclage des plastiques dans l'industrie.....9

I.5.4.4 Tri des médicaments fabriquées.....10

I.5.5 Logistiques et des entrepôts.....11

I.6 Conclusion.....11

CHAPITRE II : Instrumentations et conception du système de tri

II.1 Introduction.....14

II.2 Schéma synoptique global du système de tri.....14

II.2.1 Partie de commande.....15

II.2.2 Partie opérative16

II.3 Structure mécanique.....17

II.3.1 Structure des pièces avant réassemblage.....17

A) Structure externe17

B) Support de la caméra.....18

C) La base de la structure19

D) Support du moteur20

E) Le tapis	21
F) La poulie	22
G) La première porte.....	23
H) Porte double.....	24
I) Table de pesée.....	25
J) Cylindre de support de la balance.....	26
II.3.2 Le schéma après réassemblage.....	28
II.4 Structure électronique schéma	28
II.4.1 Les capteurs.....	28
A) Capteur de position infrarouge.....	28
B) Capteur de poids : (load cell et HX711)	29
II.4.2 Les actionneurs.....	30
A) Servomoteur	30
B) Moteur a courant continue (MCC).....	31
II.4.3 Automate s7-1200 (CPU S7-1211 AC\DC\RELY)	32
II.4 Conclusion.....	32
Chapitre III : Contrôle du système de tri par automate programmable S7-1200	
III.1 Introduction.....	35
III.2 le cahier de charge	36
A) Tableau de sélection des technologies.....	37
III.3 Problématique.....	37
III.4 la solution apportée.....	38
III.5 La modalisation par grafset.....	40
III.6 Model graphique utilise pour notre projet.....	41
III.7 Le programme.....	43
III.7.1 Matériel de configuration.....	43
III.7.2 Variables api.....	44
III.7.3 Blocs de programme.....	45
III.7.4Création du programme avec simulation.....	45
III.8 Les Revendications.....	52
III.9 Etude Technico-économique.....	54
III.9.2 Coûts d'Exploitation.....	54
III.10 Conclusion.....	54
Conclusion générale.....	56

REFERENCE

Résumé

Liste des figures

Figure I.1 : Image illustratives de centre de tri et de recyclage des déchets.....	3
Figure I.2 : Système de tri spécifique pour les opérations d'entrepôt.....	4
Figure I.3 : Système de tri des produits agricoles par la machine CALIBREUSE	6
Figure I.4 : Image illustratives de système de tri magnétique des déchets.....	7
Figure I.5 : Installation industriel automatisée pour le tri des colis.....	7
Figure I.6 : Exemples d'application de la vision artificielle en industrie	8
Figure I.7 : Principe du séparateur électrostatique HAIBAO.....	9
Figure I.8 : Machine de tri des produits médicaux (machine de type COMPRIMEUSE KORSCH XL400 COPC04)	10
Figure I.9 : Image illustrative d'un système de tri des colis.....	11
FigureII.1 : Schéma illustratif d'un système de tri automatisé.....	15
Figure II.4 : Schéma illustratif de la partie de commande.....	16
Figure II.3 : Schéma illustratif de la partie opérative.....	17
Figure II.4 : la structure externe du système.....	17
Figure II.5 : les dimensions de la structure externe du système.....	18
Figure II.6 : Conception du support de caméra avec SolidWorks.....	18
Figure II.7 : les dimensions du support de caméra avec SolidWorks.....	19
FigureII.8 : Conception du la base de la structure avec SolidWorks.....	19
Figure II.9 : les dimensions du la base de la structure avec SolidWorks.....	20
FigureII.10 : Conception du support du moteur avec SolidWorks.....	20
Figure II.11 : les dimensions du support de moteur avec SolidWorks.....	21
FigureII.12 : Conception du tapis avec SolidWorks.....	21
Figure II.13 : les dimensions du tapis avec SolidWorks.....	22
FigureII.14 : Conception du la poulie avec SolidWorks.....	22
Figure II.15 : les dimensions de la poulie avec SolidWorks.....	23
FigureII.16 : Conception du la première porte avec SolidWorks.....	23
Figure II.17 : les dimensions de la première porte avec SolidWorks.....	24
FigureII.18 : Conception du porte double avec SolidWorks.....	25
Figure II.19 : les dimensions de la première porte avec SolidWorks.....	25

Figure II.20 : Conception du la table de pesée avec SolidWorks.....	26
Figure II.21 : les dimensions de la table de pesée avec SolidWorks.....	26
Figure II.22 : Conception du la cylindre de support de la balance avec SolidWorks.....	27
Figure II.23 : les dimensions du cylindre de support de la balance avec SolidWorks.....	27
Figure II.24 : Le schéma après réassemblage.....	28
Figure II.25 : Capteur de position infrarouge.....	29
Figure II.26 : load cell.....	30
Figure II.27 : HX711.....	30
Figure II.28 : servomoteur (mecro servo 9 g).....	31
Figure II.29 : Moteur a courant continue (XD-3420).....	31
Figure II.30 : Automate s7 1200.....	32
Figure III.1 : schéma de fonctionnement de système de tri.....	37
Figure III.2 : grafcet du system de tri.....	41
Figure III.3 : Image illustratif du system de tri.....	42
Figure III.4 : plant de fonctionnement du system de tri.....	43
Figure III.4 : Configuration des appareils.....	44
Figure III.5 : Tableau des variables.....	45
Figure III.6 : Bloc de programme.....	45
Figure III.7 : le réseau 1.....	46
Figure III.8 : le réseau 2.....	46
Figure III.9 : le réseau 10.....	47
Figure III.10 : le réseau 3.....	47
Figure III.11 : le réseau 11.....	48
Figure III.12 : le réseau 4.....	48
Figure III.13 : le réseau 12.....	48
Figure III.14 : le réseau 5.....	49
Figure III.15 : le réseau 6.....	49
Figure III.16 : le réseau 15.....	50
Figure III.17 : le réseau 17.....	50
Figure III.18 : le réseau 16.....	51
Figure III.19 : le réseau 8.....	51
Figure III.20 : le réseau 13.....	51
Figure III.21 : le réseau 9.....	52

Figure III.22 : le réseau 14.....52

Liste des Tableaux

<i>Tableau III.1 : Tableau de sélection des technologies.....</i>	<i>37</i>
<i>Tableau III.2 : Equations de fonctionnement et de passivation.....</i>	<i>41</i>
<i>Tableau III.3 : Tableau des clés de la figureIII.2 et explication.....</i>	<i>42</i>
<i>Tableau III.3 : Tableau des prix du matériel utilisé dans notre projet.....</i>	<i>54</i>

Introduction générale

Introduction générale

Depuis quelques années, les chaînes de production industrielle et celles liées à la distribution sont de plus en plus automatisées. Ces systèmes sont principalement déployés dans le domaine manufacturier pour exécuter des tâches complexes, épuisantes et/ou répétitives telles que l'assemblage, le soudage, la peinture, le tri sélectif, le chargement et le déchargement, et la manipulation de produits dangereux, afin de permettre le travail dans des environnements inaccessibles pour les humains. Certaines tâches de la chaîne de production sont encore effectuées manuellement ou semi-automatiquement, ce qui pose des difficultés et des problèmes de sécurité dans certains cas pour les humains. Cela entraîne inévitablement une réduction de la productivité et de la qualité des produits. Par conséquent, cela constitue un facteur négatif pour le développement économique de l'entreprise, en particulier dans l'augmentation de sa part de marché ou de sa rentabilité. De plus, le développement du commerce électronique exige une distribution plus efficace répondant à un plus grand nombre de clients réalisant des transactions par milliers sur des plateformes web. Cela nécessite un traitement automatisé optimal dépassant les capacités humaines.

Dans ce contexte, notre projet consiste à concevoir et à mettre en œuvre un système de tri automatique. Les critères de tri sont basés sur le poids du produit. Pour mettre en œuvre le système, celui-ci est contrôlé par l'automate S7-1200 de Siemens.

Pour bien présenter notre travail, notre document de recherche se compose de trois chapitres. Le premier chapitre présente les systèmes de tri de manière générale. Étant donné que le problème du tri dans la chaîne de distribution n'est pas très différent, nous nous concentrons dans cette étude principalement sur le travail dans les chaînes de production. Le deuxième chapitre est consacré à la conception matérielle de notre système et aux différentes étapes qui le rendent possible, et le troisième chapitre est exclusivement consacré à la réalisation de notre système.

CHAPITRE I :

Généralités sur les systèmes de tris (ST)

CHAPITRE I : Généralités sur les systèmes de tris

I.1 Introduction :

Dans divers domaines, les entreprises cherchent des moyens efficaces pour accélérer et développer la production de différentes manières, cela a poussé les développeurs à rechercher des solutions innovantes et efficaces pour les problèmes de tris des pièces, et des produits...etc. ce qui a conduit dans ce projet l'intérêt à la conception et création d'un système de tri.

Dans ce chapitre, nous discuterons de l'étude du système de tri de manière générale, en suite les différents types selon leur utilisation, et puis les domaines d'application.

I.2 Définition :

Un système de tri peut être conceptualisé comme un ensemble organisé de pièces, d'outils conçus pour catégoriser, ranger ou distinguer des éléments en diverses catégories ou classes, en se basant sur les caractéristiques prédéterminées.

Ces critères peuvent englober une gamme variée de caractéristiques telles que la dimension, la configuration, la teinte, la composition chimique, ou d'autres propriétés spécifiques inhérentes aux éléments en question [1].

I.3 Objectif du système de tri :

L'objectif fondamental d'un tel système est de faciliter une ségrégation précise et efficiente des éléments, favorisant ainsi leur traitement, leur utilisation ou leur élimination appropriée, en accord avec les exigences et les contextes d'application

pertinents. En d'autres termes, il vise à simplifier la gestion et la manipulation des éléments en les organisant de manière stratégique selon des critères définis, ce qui optimise leur utilisation ou leur élimination en fonction des besoins spécifiques de chaque domaine d'application [1].

I.4 Classes des systèmes de tris :

Dans la classification des systèmes de tri, on peut distinguer plusieurs types en fonction de la méthode utilisée pour effectuer le tri. Voici une exploration des principaux types de systèmes de tri [1] :

I.4.1 Système à tri manuel :

Le tri manuel est une méthode de classification où les opérateurs humains effectuent le processus de séparation des éléments en fonction de critères prédéfinis. Voici quelques points clés concernant le tri manuel :

Le tri manuel trouve souvent son application dans divers domaines tels que la gestion des déchets, le recyclage (voir la figure I.1), la production industrielle, ou encore la récupération de matériaux.

Par exemple, dans le secteur du recyclage, les travailleurs peuvent effectuer le tri des déchets selon leur composition en différents types de matériaux (verre, plastique, papier, métal), facilitant ainsi leur traitement et leur recyclage ultérieur [1].

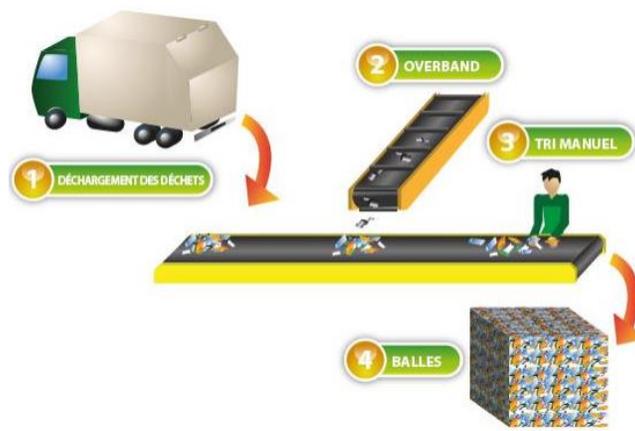


Figure I.1 : Image illustratives de centre de tri et de recyclage des déchets [2].

I.4.2 Système à tri semi-automatisé :

Le tri semi-automatique fait référence à un processus de tri qui implique l'utilisation de technologies automatiques à un certain degré, mais avec une intervention humaine essentielle. Une partie du processus est réalisée par des machines ou des équipements technologiques, tels que des lecteurs de codes-barres ou des systèmes de transport automatique, mais nécessite l'intervention humaine pour compléter l'opération, telle que la vérification des données ou la correction des erreurs pouvant survenir pendant le processus. Ce type de tri combine les avantages des machines pour accélérer le processus et réduire les erreurs, avec la nécessité d'une interaction humaine pour garantir la précision des résultats [3].

I.4.2 Système à tri automatisé :

Les systèmes automatisés de tri font appel à une gamme de technologies comprenant des convoyeurs, des capteurs, des détecteurs de couleur, des caméras, des bras robotiques et d'autres dispositifs pour identifier et séparer les éléments en fonction de leurs caractéristiques voir la figure I.2.



Figure I.2 : Système de tri spécifique pour les opérations d'entrepôt [4].

Nous reconnaissons également les avantages en termes de précision, de capacité et de vitesse que peuvent offrir ces systèmes pour les lignes de production ou les opérations.

Les systèmes de tri automatique offrent de nombreux avantages pour le processus de stockage :

- ✓ L'augmentation de l'efficacité, de la précision et de la vitesse dans le traitement de gros volumes de marchandises.
- ✓ Réduction des risques d'erreur et augmentation de la précision de l'exécution des commandes.
- ✓ Amélioration de l'efficacité opérationnelle en influençant l'exécution des commandes et la satisfaction client.
- ✓ Réduction des erreurs dans l'exécution des commandes.

Le système de tri automatisé ne contribue pas seulement à réduire les coûts opérationnels, mais aussi à améliorer les flux de travail et à répondre plus rapidement à la demande du marché. Les entreprises peuvent augmenter leur productivité tout en réduisant les erreurs humaines. Cet équilibre entre les facteurs conduit à une amélioration de l'efficacité opérationnelle et de la satisfaction client en réduisant les délais de livraison et en gérant plus précisément les stocks [4].

I.5 Domaine d'application :

Le système de tri occupe une grande importance dans de nombreux domaines en raison de son efficacité dans l'amélioration de la production et la satisfaction des entreprises, d'après note étude les domaines les plus exploités sont :

I.5.1 Domaine de l'agriculture :

Ce domaine a vu l'introduction de multiples technologies modernes pour améliorer la qualité de la production. De plus, de nombreuses petites et moyennes entreprises ont émergé, opérant dans la collecte, le tri, le stockage et l'exportation de

pommes de terre. Parmi ces machines, la machine de tri des pommes de terre, comme indiqué dans la figure I.3 suivante [5].



Figure I.3 : Système de tri des produits agricoles par la machine CALIBREUSE [5].

I.5.2 Gestionner des déchets :

Le tri de déchet est une étape cruciale pour gestion plus efficace des déchets. Pour séparer les déchets en différentes fractions, certaines peuvent être dirigées vers des filières de recyclage où elles seront transformées en nouvelles matières premières, contribuant ainsi à la préservation des ressources naturelles.

Les techniques de tri des déchets représentent des méthodes modernes et efficaces dans la gestion des déchets et la préservation de l'environnement.

Elles englobent un ensemble varié d'opérations mécaniques, physiques et optiques visant à séparer, classer et transformer les différents types de déchets en matériaux réutilisables ou recyclables.

Parmi ces techniques, on trouve le tri aéraulique qui utilise le flux d'air pour séparer les déchets en fonction de leurs propriétés physiques, le tri magnétique qui repose sur l'utilisation des champs magnétiques pour séparer les matériaux magnétiques des autres déchets, ainsi que le tri optique qui utilise des techniques de vision artificielle pour séparer les déchets en fonction de leurs propriétés visuelles telles que la couleur ou la forme [6]. La figure I.4 explique la technique du tri magnétique :

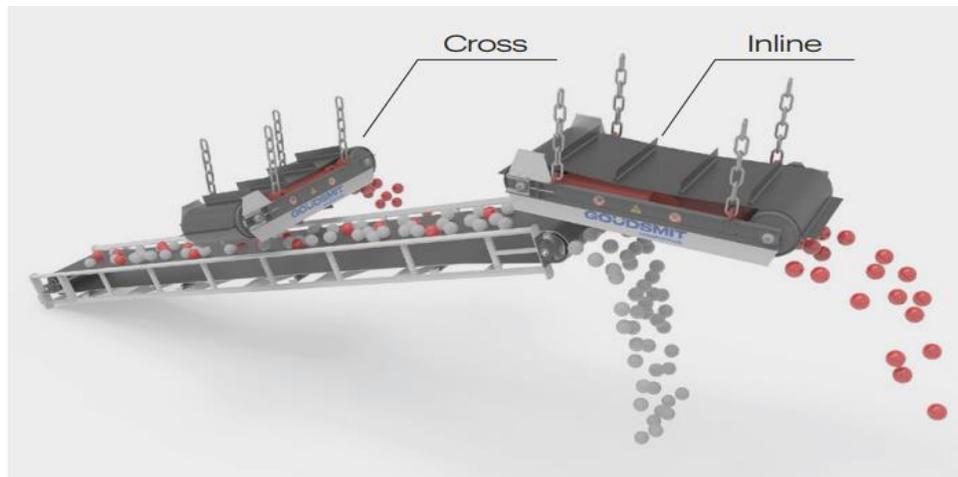


Figure I.4 : Image illustratives de système de tri magnétique des déchets [7].

Ces techniques sont essentielles dans les efforts de préservation de l'environnement et de réduction de la pollution grâce à leur capacité à augmenter le taux de recyclage et à réduire les quantités de déchets dirigées vers les décharges [6].

I.5.3 Centres postaux :

Dans les bureaux de poste, les opérations de tri des lettres nécessitent un système de tri. Autrefois, le tri était manuel avant de devenir semi-automatisé grâce à l'utilisation d'une machine spécifique capable de trier 18 000 lettres par heure [8]. Avec le temps, les opérations de tri dans ce domaine ont évolué pour devenir entièrement automatisées, sans intervention humaine voir figure I.5.



Figure I.5 : Installation industriel automatisée pour le tri des colis [9].

I.5.4 Systèmes de tri dans l'industrie :

Dans le secteur industriel, les systèmes de tri sont utilisés à plusieurs fins, notamment :

I.5.4.1 Séparation des matériaux :

Les systèmes de tri peuvent être utilisés pour séparer différents matériaux tels que le plastique, le verre, les métaux, le papier et les matières organiques, ce qui facilite leur recyclage et leur réutilisation dans les processus de production [10].

I.5.4.2 Contrôle de la qualité :

Les systèmes de tri peuvent être utilisés pour inspecter les produits fabriqués et les trier selon des normes de qualité, garantissant ainsi la fourniture de produits de haute qualité aux clients et réduisant les déchets.

Nous avons besoin des technologies avancées pour trier les produits selon leur qualité. Par exemple : comme le travail [11], l'auteur parle de l'application de la vision artificielle dans les usines voire l'image ci-dessous (figure I.6), cette technologie est utilisée pour déterminer la qualité des produits, puis les trier automatiquement en fonction de leur qualité.



Figure I.6 : Exemples d'application de la vision artificielle en industrie [11].

I.5.4.3 Tri et recyclage des plastiques dans l'industrie :

L'application de technologies de tri des plastiques a permis de résoudre les problèmes d'efficacité faible et de pollution élevée associés au tri manuel et chimique traditionnel. Ces technologies comprennent le tri électrostatique, le tri par densité à haute pression, le tri optique par infrarouge proche, ainsi que des techniques plus récentes telles que le tri électrostatique. Ces méthodes sont particulièrement efficaces pour trier les plastiques provenant des déchets électroniques, voici quelques méthodes les plus utilisés pour trier le plastique [12] :

- ✓ Le tri électrostatique est une méthode qui exploite les différences de charges électriques statiques générées par différents plastiques suite au chauffage et au frottement. Cette technique permet de séparer efficacement les plastiques mélangés en exploitant leurs différences de charges électriques (voire la figure I.7).
- ✓ Le tri optique, les matériaux sont soumis à un processus de tri basé sur des caractéristiques visuelles détectées par des capteurs optiques.
- ✓ Détecter et d'éliminer les particules métalliques d'un flux de matériau en utilisant différentes technologies basées sur les propriétés physiques et chimiques des métaux.

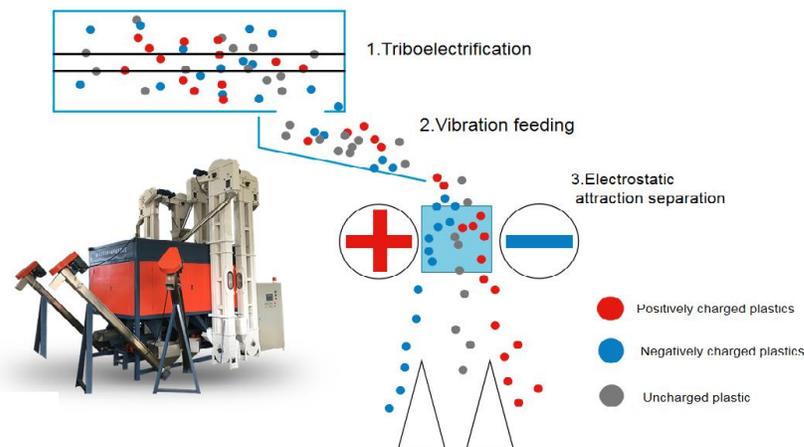


Figure I.7 : Principe du séparateur électrostatique HAIBAO [12].

I.5.4.3 Tri des médicaments fabriqués :

Dans l'industrie pharmaceutique, un système de tri et de classification des produits en fonction de critères de qualité, de volume et de type est vital. Ce système aide à garantir que les produits finaux répondent aux normes strictes de qualité et de sécurité exigées par les autorités sanitaires et les consommateurs.

Par exemple, la machine (COMPRIMEUSE KORSCH XL400 COPC04) chez la société (BIOPHARM en Algérie, voir la figure I.8) est utilisée dans le processus de fabrication des comprimés. Les matières premières sont placées dans une trémie, puis elles sont façonnées en comprimés au cours de plusieurs étapes. Ensuite, les comprimés sont triés selon leur qualité et des critères spécifiques, tels que leur dureté et leur forme, ce qui contribue à obtenir une classification précise et efficace.



Figure I.8 : Machine de tri des produits médicaux (machine de type *COMPRIMEUSE KORSCH XL400 COPC04*) [13].

I.5.5 Logistiques et des entrepôts :

Nous rappelons que le système de tri est largement utilisé dans le domaine de la logistique et des entrepôts pour organiser et faciliter le tri des colis et des produits. Le tri peut être disponible sous différentes formes, qu'il s'agisse d'un système automatisé utilisant des robots et de l'automatisation, ou manuel en utilisant la main-d'œuvre humaine, en fonction des besoins et des exigences spécifiques de chaque entrepôt ou système logistique (la figure I.9).



Figure I.9 : Image illustrative d'un système de tri des colis [14].

I.6 Conclusion :

Le système de tri est un élément essentiel dans de nombreux domaines, de l'agriculture à l'industrie en passant par la gestion des déchets et les services logistiques. En permettant une organisation efficace des produits, des matériaux et des déchets selon des critères prédéfinis, le tri contribue à améliorer la productivité, à réduire les coûts et à promouvoir le développement durable en favorisant le recyclage et la préservation des ressources naturelles.

Que ce soit par le biais de méthodes manuelles ou automatisées, le système de tri offre des avantages significatifs, notamment en termes d'efficacité opérationnelle, de précision et de satisfaction client. De plus, il joue un rôle crucial dans la préservation de l'environnement en contribuant à la réduction des déchets et à leur recyclage.

Dans le chapitre suivant, on s'intéresse à la conception de notre projet et à l'instrumentation électronique pour réaliser un prototype automatisé et contrôlé.

CHAPITRE II :

Instrumentations et conception du système de tri

CHAPITRE II : Instrumentations et conception du système de tri

II.1 Introduction :

Le besoin de trier efficacement et précisément des objets est crucial dans de nombreuses industries et applications, allant de la fabrication à la logistique en passant par le recyclage. Pour répondre à cette demande croissante, la conception d'un système de tri mécanique et électronique robuste et efficace est essentielle. Ce projet vise à développer une solution innovante capable de trier une variété d'objets selon des critères spécifiques, tels que la taille, la forme, la couleur ou le poids.

Dans ce chapitre, en décrivant les objectifs, les exigences et les étapes clés de conception et de développement du système de tri. Nous explorerons les aspects mécaniques et électroniques de la conception, en mettant l'accent sur l'intégration harmonieuse de ces deux composantes pour obtenir un système de tri performant et fiable.

II.2 Schéma synoptique global du système de tri :

Afin de créer un projet de tri automatique des matières pharmaceutiques, ce système se compose de deux parties principales, à savoir la partie contrôle et la partie opérations, comme le montre la figure II.1

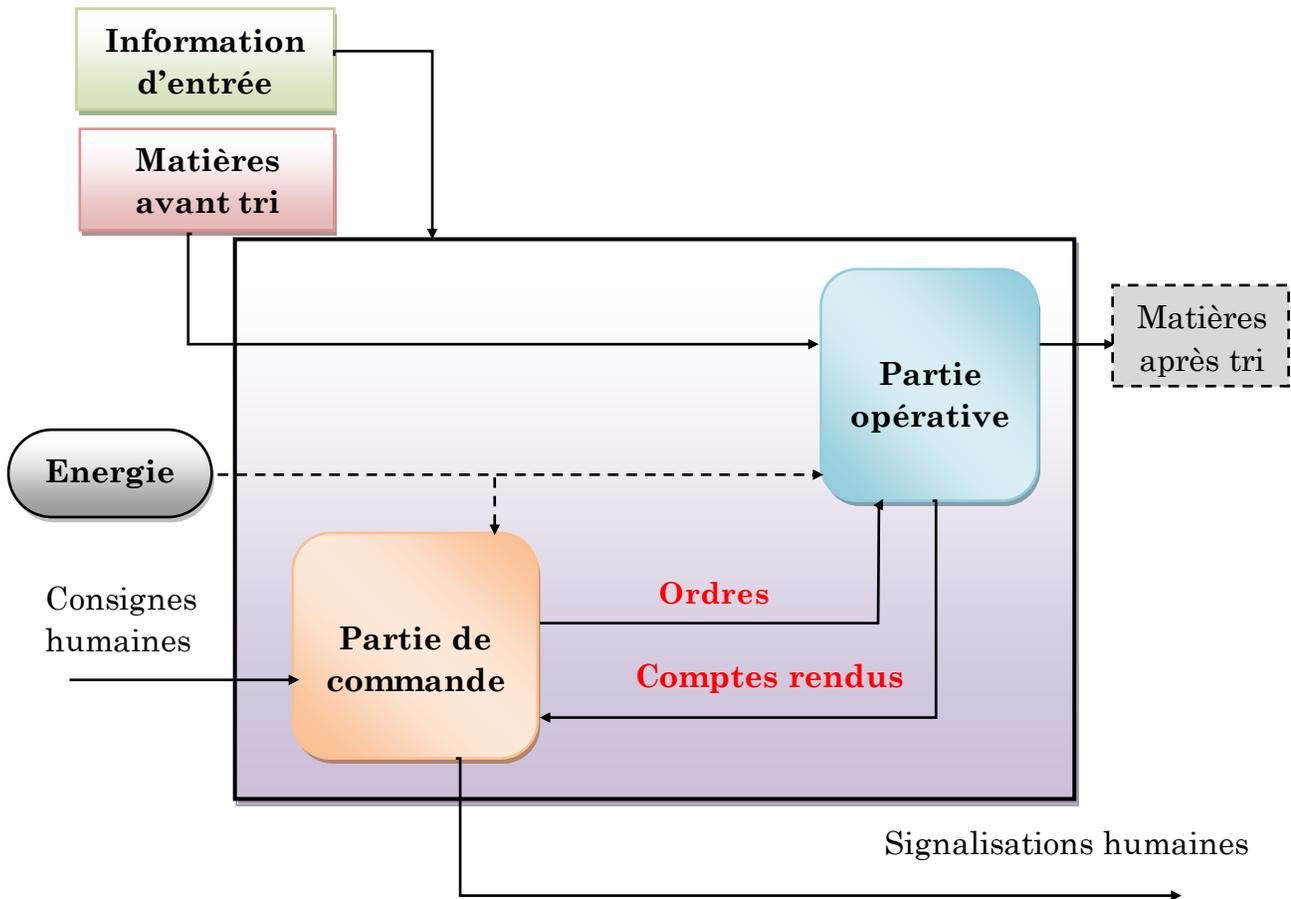


Figure II.1 : Schéma illustratif d'un système de tri automatisé.

II.2.1 Partie de commande :

La partie de contrôle est responsable de surveiller et de gérer le processus de tri. Il reçoit des informations sur les besoins de tri et génère les instructions nécessaires pour que la partie opérationnelle effectue le tri correctement. Cela implique souvent l'utilisation de la programmation humaine pour définir les critères de tri, les priorités et les instructions spécifiques pour le processus de tri (voir la figure II.2).

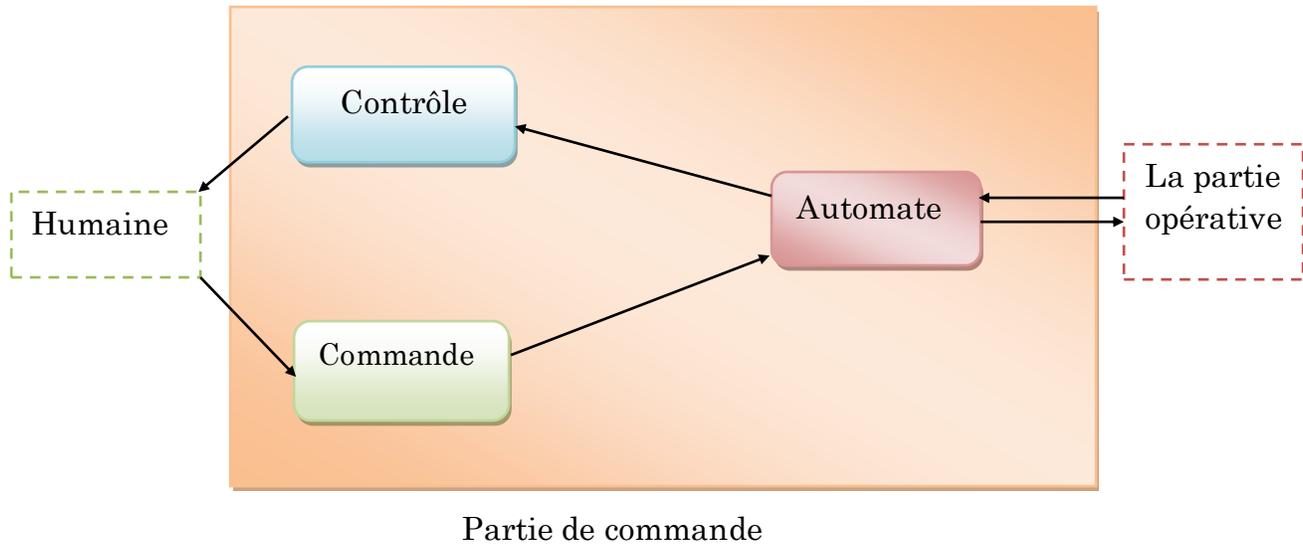


Figure II.4 : Schéma illustratif de la partie de commande.

II.2.1 Partie opérative :

La partie opérationnelle est responsable de l'exécution des instructions fournies par la partie de contrôle. Cela peut inclure l'utilisation de machines, de robots ou d'autres équipements mécanisés pour trier les matériaux selon les normes spécifiées. Une fois le tri terminé, la partie opérationnelle peut également fournir des rapports à la partie de contrôle sur les résultats du tri, tels que les quantités de matériaux triés et tout défaut ou problème rencontré pendant le processus (voir la figure II.3).

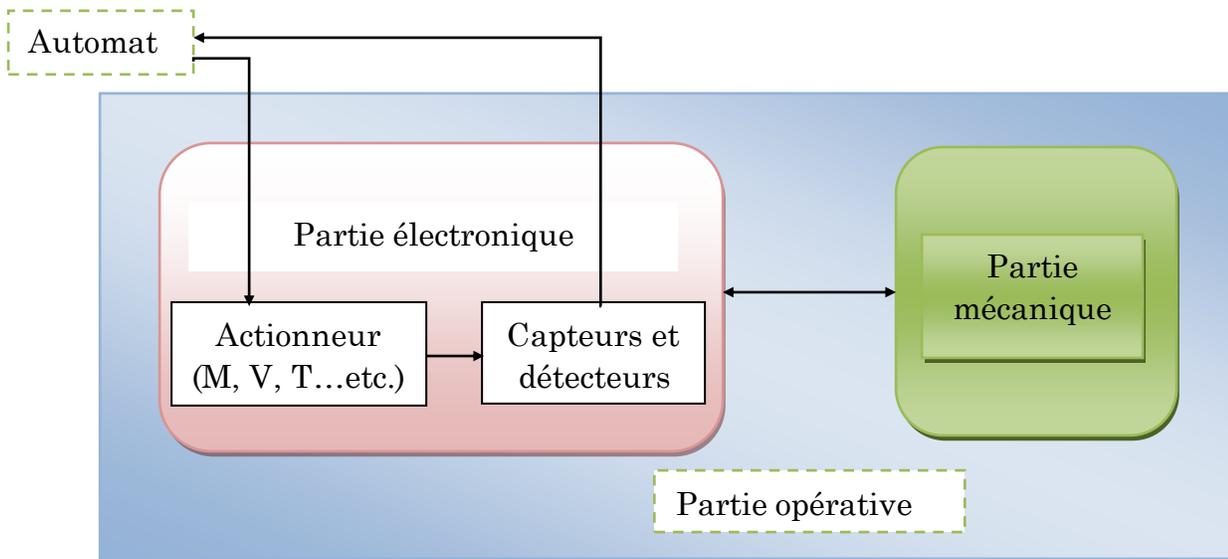


Figure II.3 : Schéma illustratif de la partie opérative.

II.3 Structure mécanique :

Pour mener à bien ce projet, la partie mécanique ou la conception doit être prise en compte.

II.3.1 Structure des pièces avant réassemblage :

A) Structure externe :

Rôle : Déterminer le système et porter chaque composant du système, ce qui constitue la base.

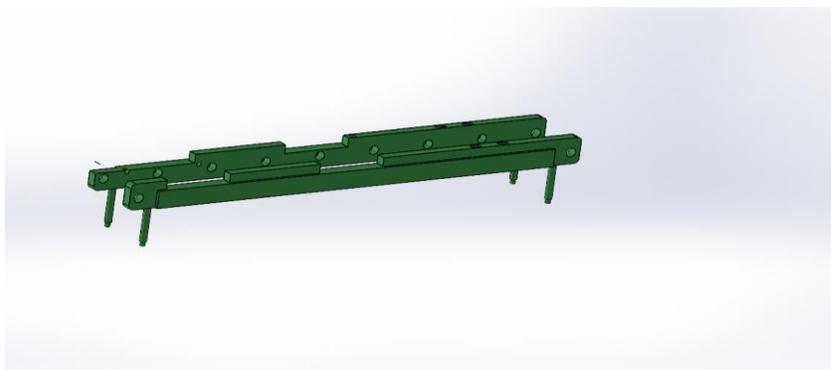


Figure II.4 : la structure externe du système.

La figure II .5 montre les dimensions de cette pièce

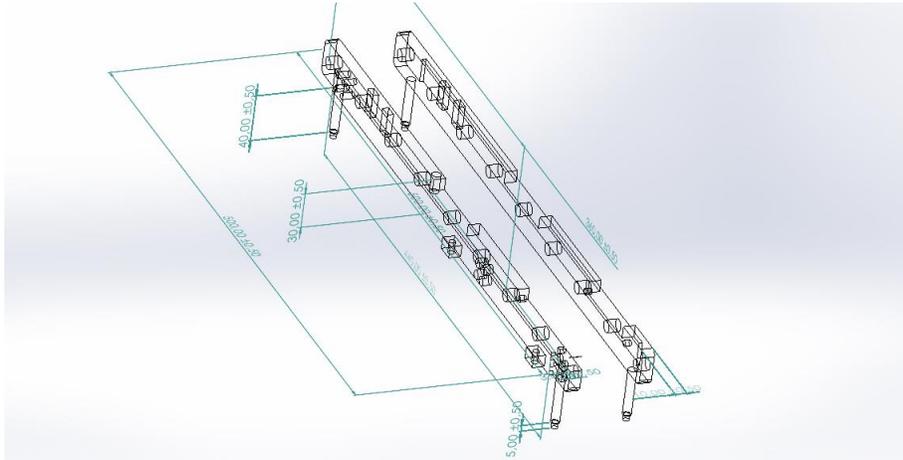


Figure II.5 : les dimensions de la structure externe du système.

B) Support de la caméra :

Deux piliers verticaux sur la structure externe qui supportent la caméra.

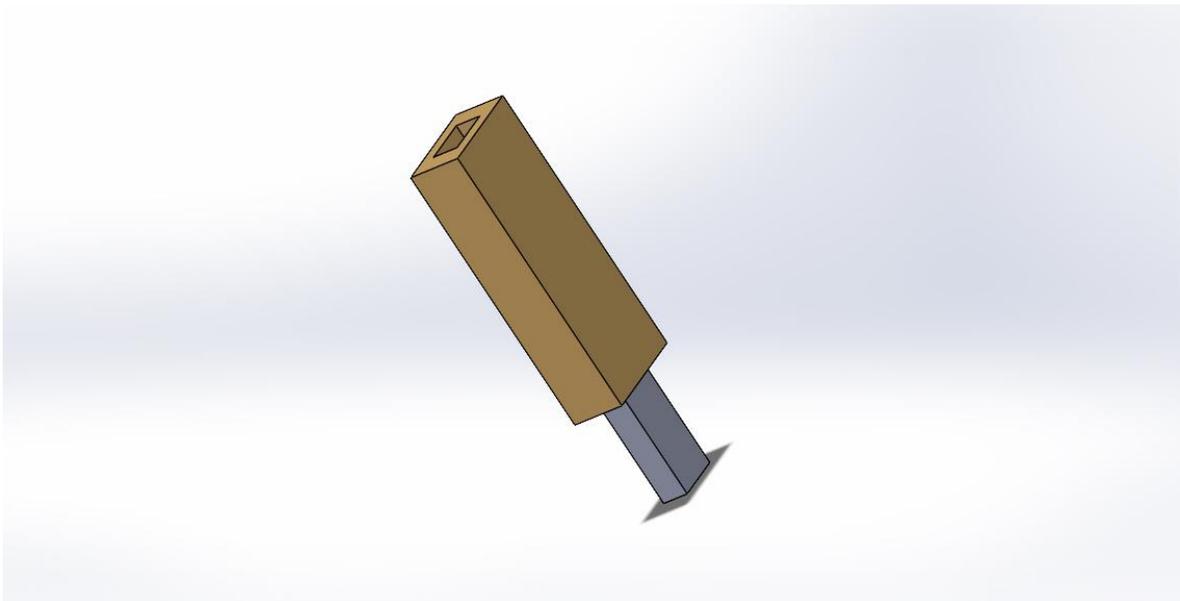


Figure II.6 : Conception du support de caméra avec SolidWorks.

La figure II .7 montre les dimensions de cette pièce

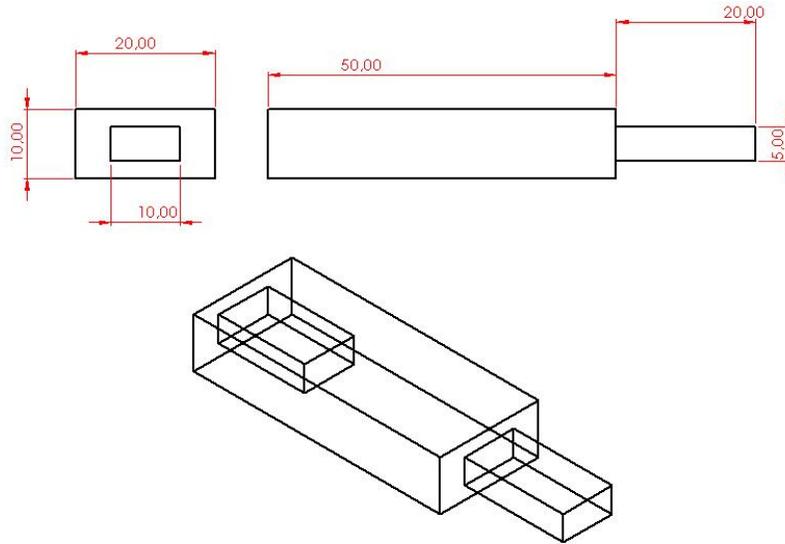


Figure II.7 : Dimensions du support de caméra avec SolidWorks.

C) Base de la structure :

La structure du système de tri est constituée de quatre bases qui stabilisent la structure contre les vibrations et les mouvements aléatoires.

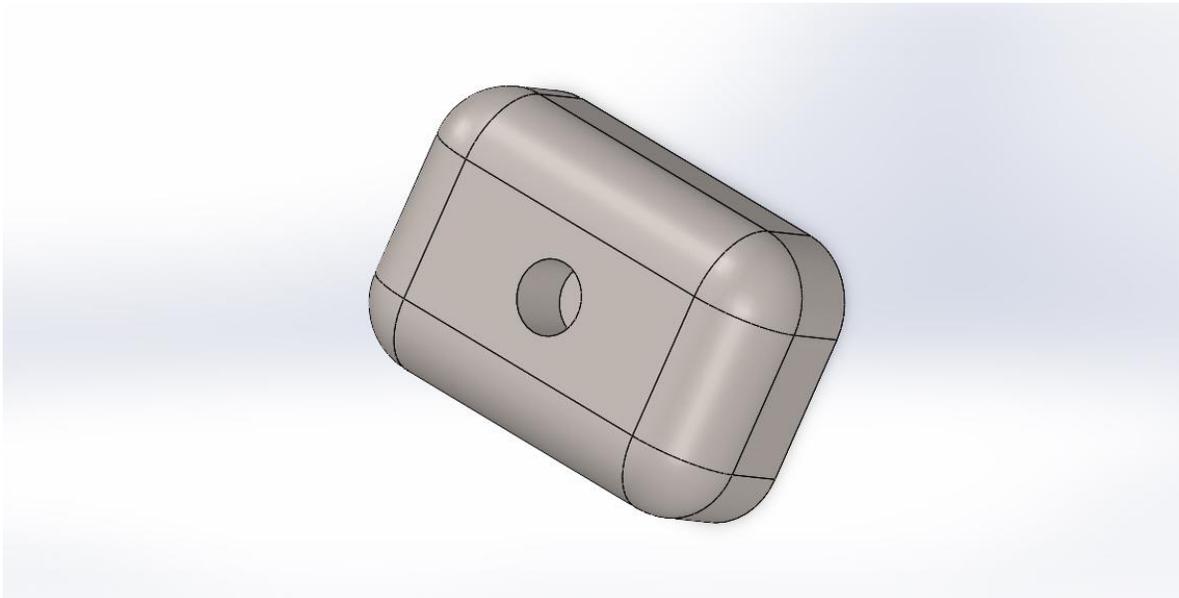


Figure II.8 : Conception de la base de la structure avec SolidWorks.

La figure II .9 montre les dimensions de cette pièce

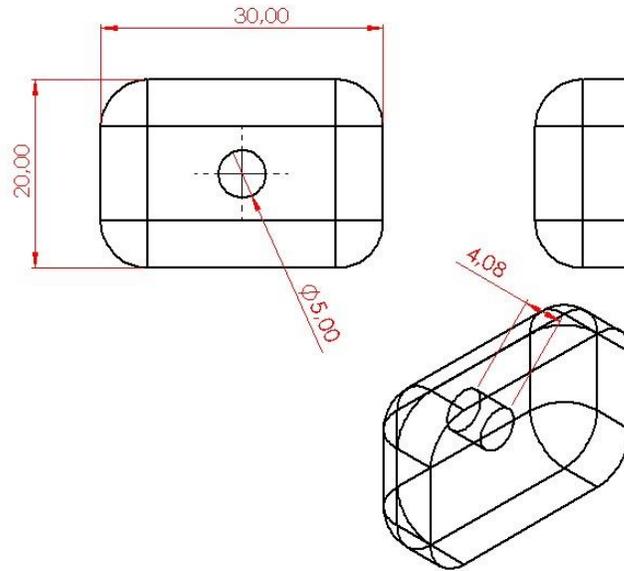


Figure II.9 : les dimensions du la base de la structure avec SolidWorks.

D)Support du moteur :

Il stabilise le moteur, le protège contre les vibrations et le relie à la structure.

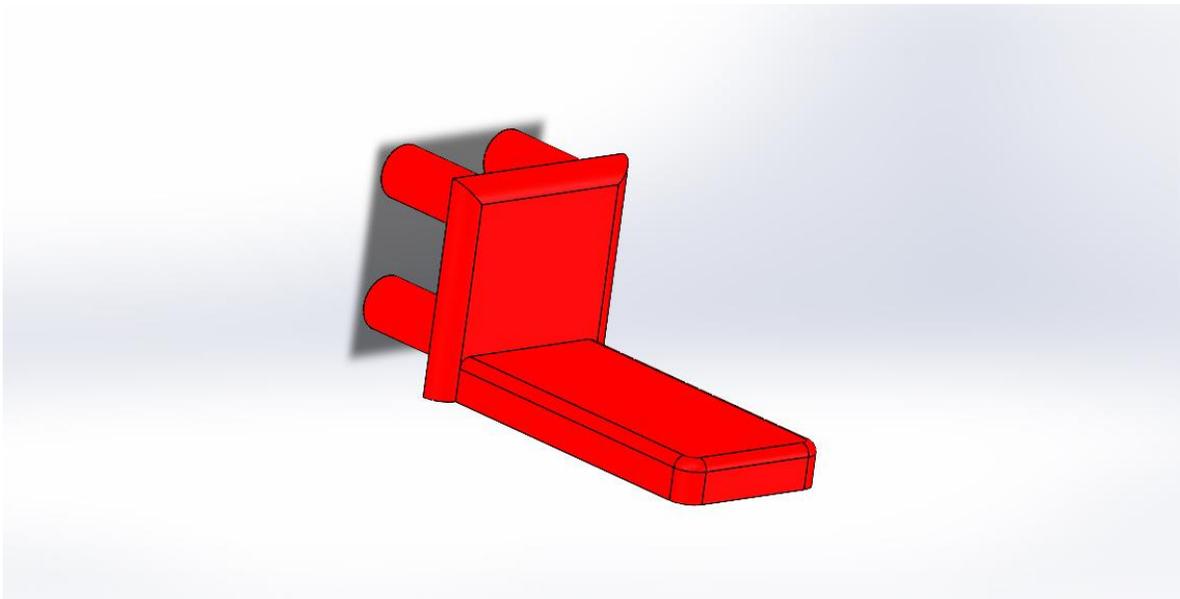


Figure II.10 : Conception du support du moteur avec SolidWorks.

La figure II .11 montre les dimensions de cette pièce

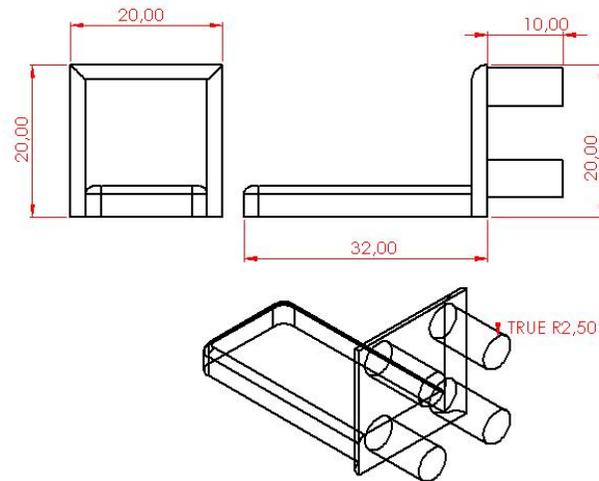


Figure II.11 : les dimensions du support de moteur avec SolidWorks.

E) Le tapis :

Il s'agit d'une pièce longue dont la largeur permet de transporter des boîtes et qui fonctionne avec le mécanisme du tapis roulant. Il sert à transporter les boîtes.

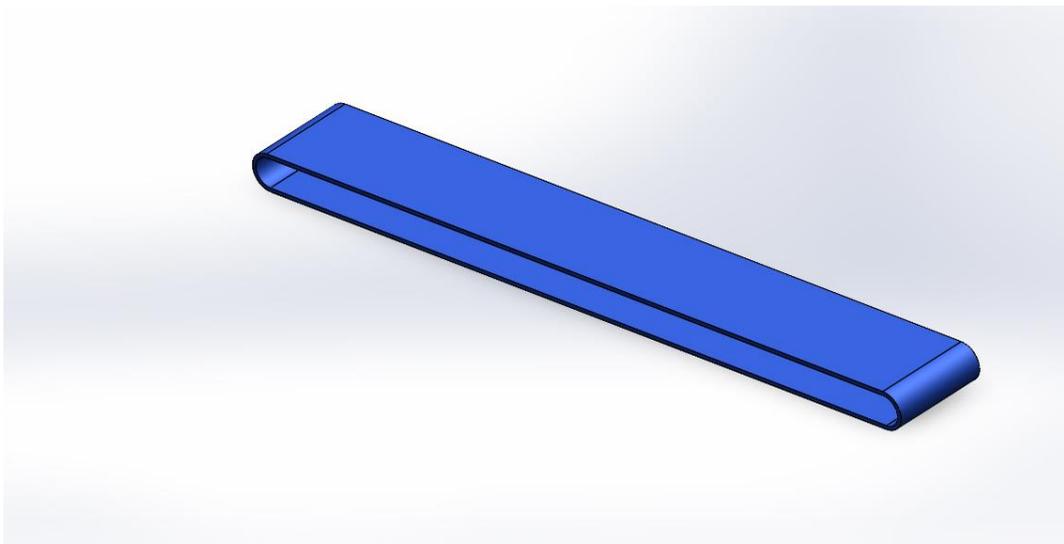


Figure II.12 : Conception du tapis avec SolidWorks.

La figure II .13 montre les dimensions de ce tapis.

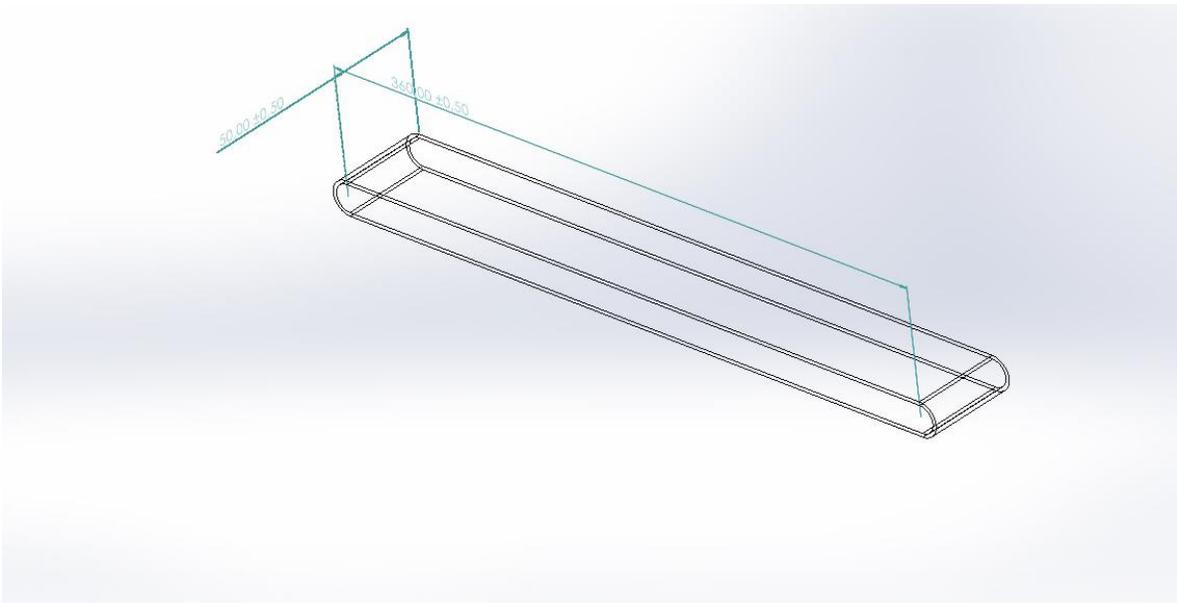


Figure II.13 : les dimensions du tapis avec SolidWorks.

F) Poulie :

Il déplace le tapis pour transporter les boîtes.

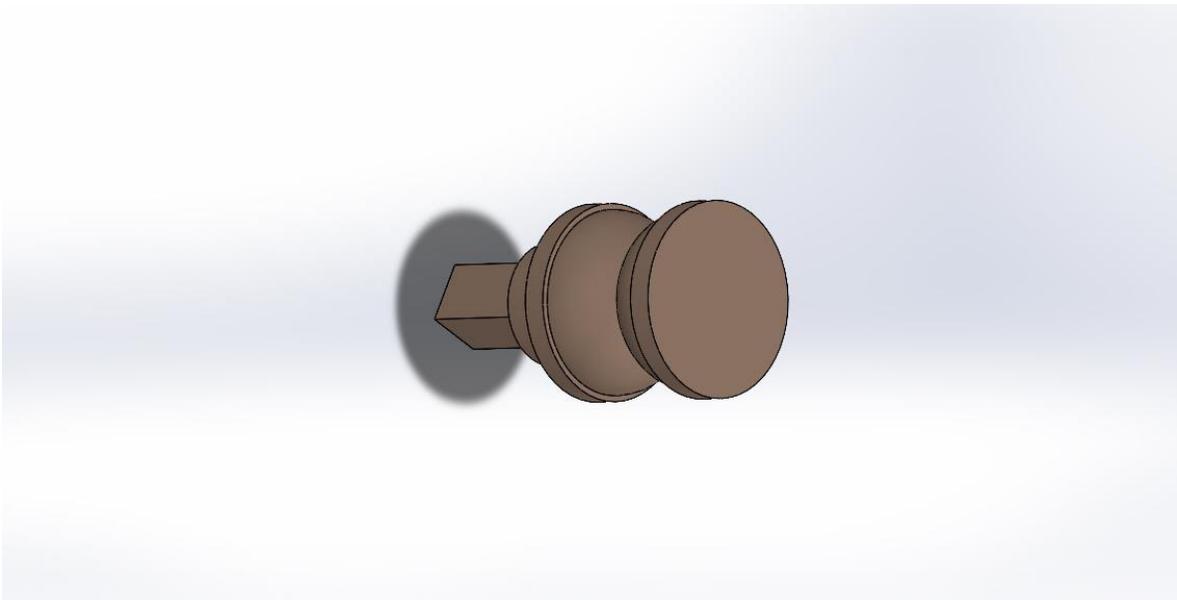


Figure II.14 : Conception de la poulie avec SolidWorks.

La figure II .15 montre les dimensions de cette pièce

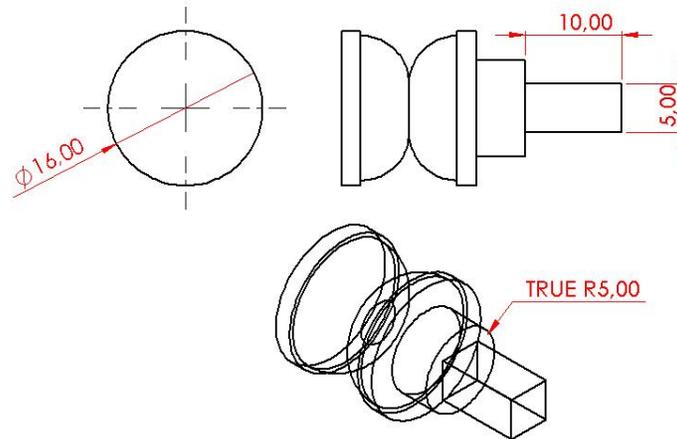


Figure II.15 : les dimensions de la poulie avec SolidWorks.

G) Première porte :

Elle sert à trier les boîtes qui portent une étiquette de celles qui n'en portent pas.

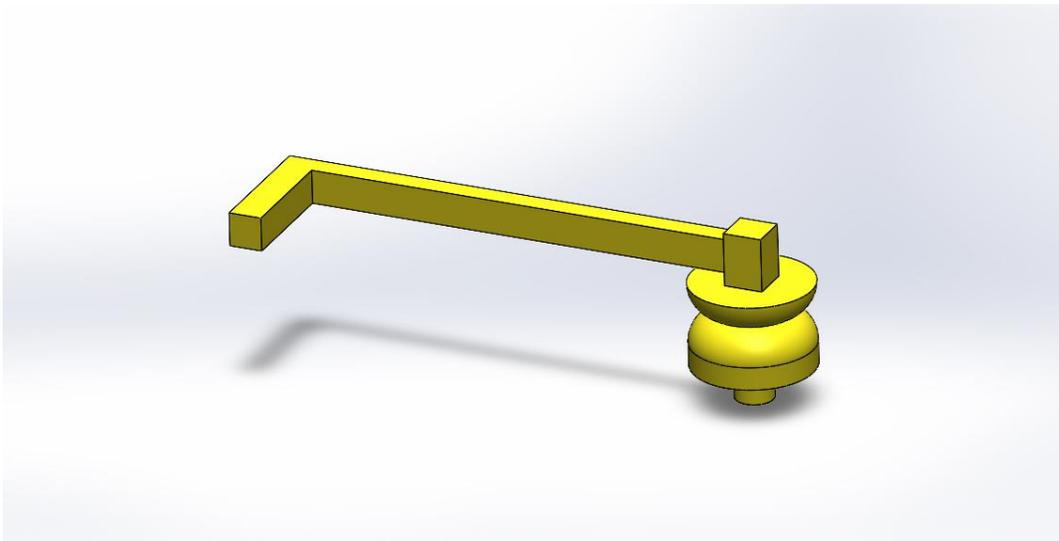


Figure II.16 : Conception du la première porte avec SolidWorks.

La figure II .17 montre les dimensions de cette pièce

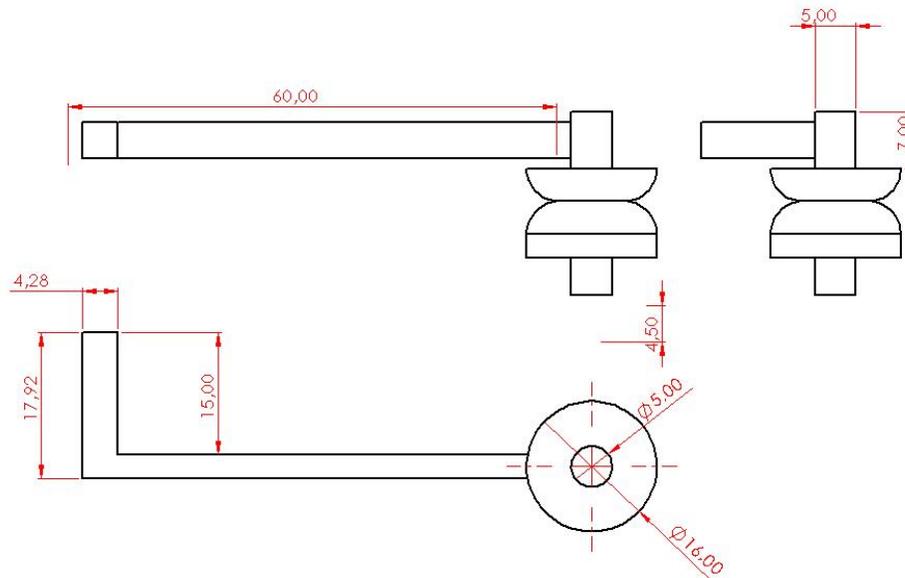


Figure II.17 : les dimensions de la première porte avec SolidWorks.

H)Porte double :

La porte double est utilisée pour trier les boîtes en fonction de leur poids. Elle est conçue pour fonctionner en coordination avec la table de pesée, permettant un tri précis et efficace des boîtes selon des critères de poids prédéfinis.

La conception de la porte double a été réalisée en utilisant SolidWorks, permettant de visualiser et de dimensionner précisément chaque composant du mécanisme de tri.



Figure II.18 : Conception du porte double avec SolidWorks.

La figure II .19 montre les dimensions de cette pièce

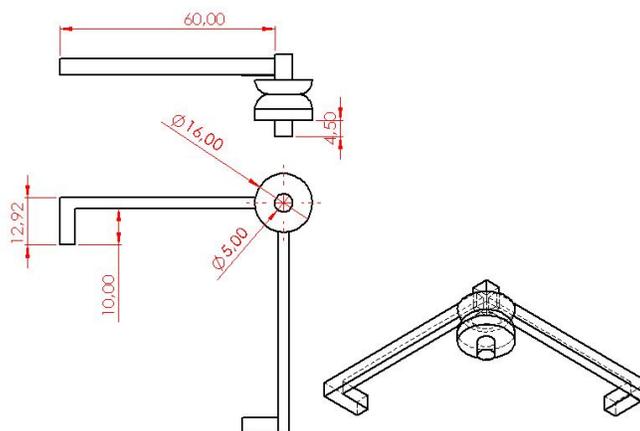


Figure II.19 : les dimensions de la première porte avec SolidWorks.

I) Table de pesée :

La table de pesée est utilisée pour déterminer le poids des boîtes. Les boîtes sont placées sur la table où le capteur mesure le poids. Si le poids correspond à la norme prédéfinie, la boîte est dirigée vers la droite. Si le poids est différent, la boîte est dirigée vers la gauche.

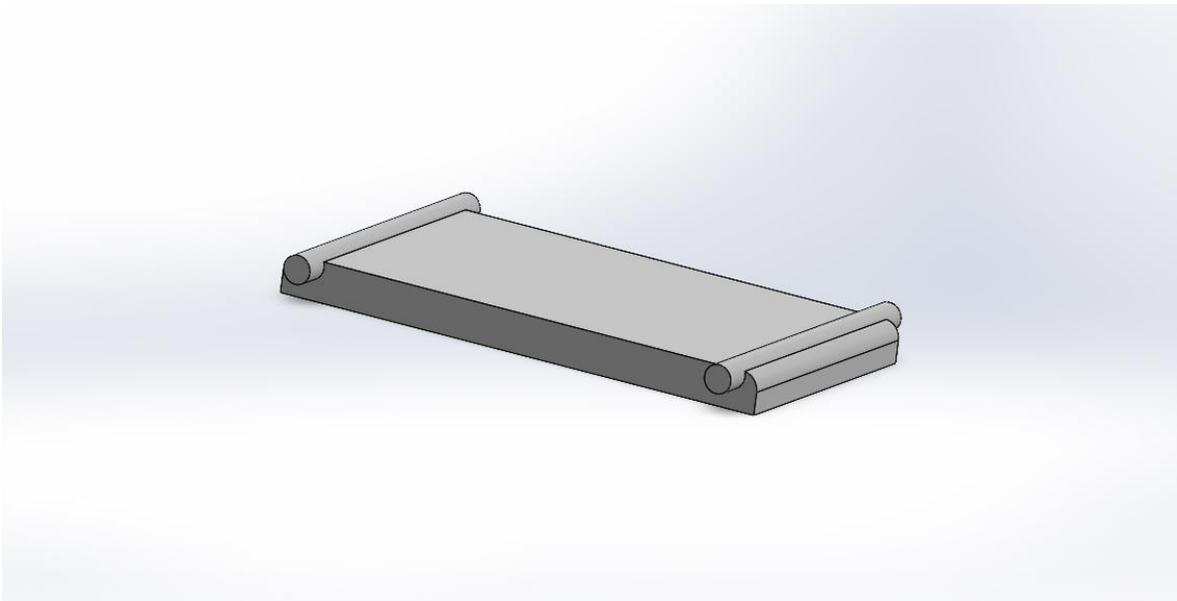


Figure II.20 : Conception du la table de pesée avec SolidWorks.

La figure II .21 montre les dimensions de cette pièce

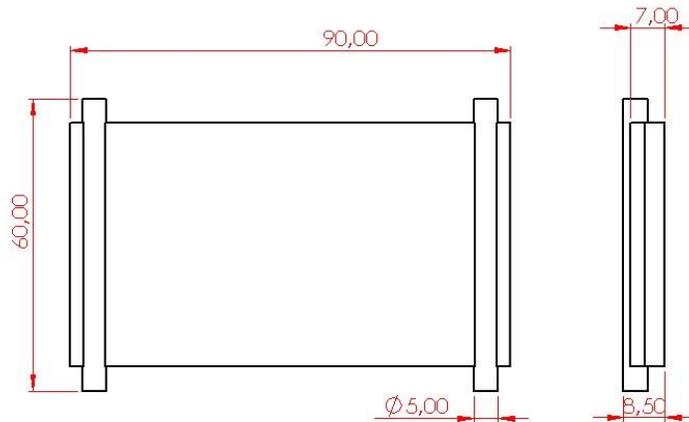


Figure II.21 : les dimensions de la table de pesée avec SolidWorks.

J) Cylindre de support de la balance :

Un cylindre qui maintient la balance en place.

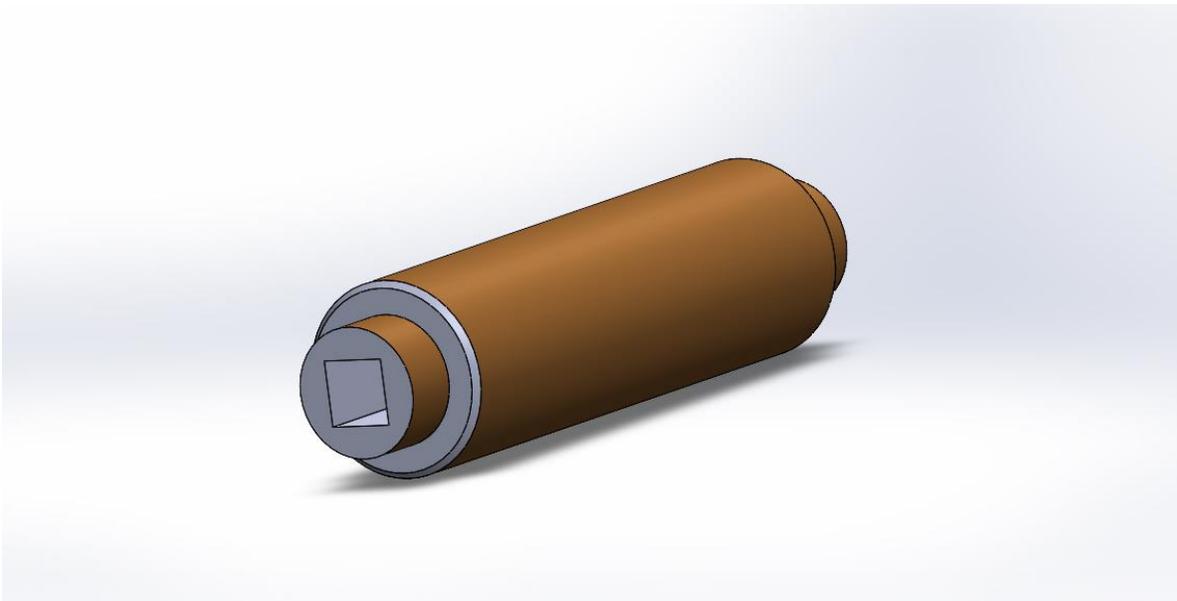


Figure II.22 : Conception du la cylindre de support de la balance avec SolidWorks.

La figure II .23 montre les dimensions de cette pièce

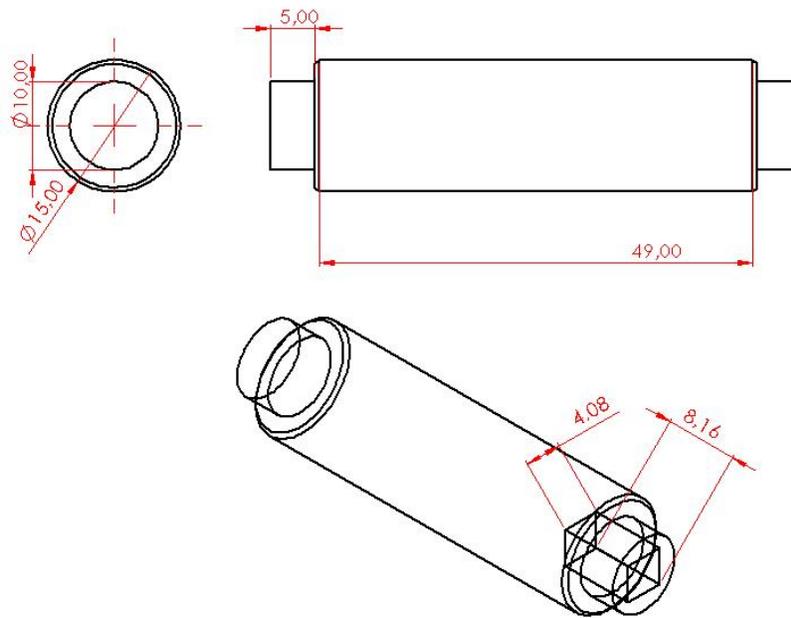


Figure II.23 : les dimensions du cylindre de support de la balance avec SolidWorks.

II.3.2 Schéma après réassemblage :

Une fois que nous avons conçu les composants de notre projet, nous entrons dans le processus de réassemblage, où plus la conception est précise, plus le projet a de chances de réussir. Nous assemblons les pièces à l'aide de SolidWorks, comme le montre la figure suivante.

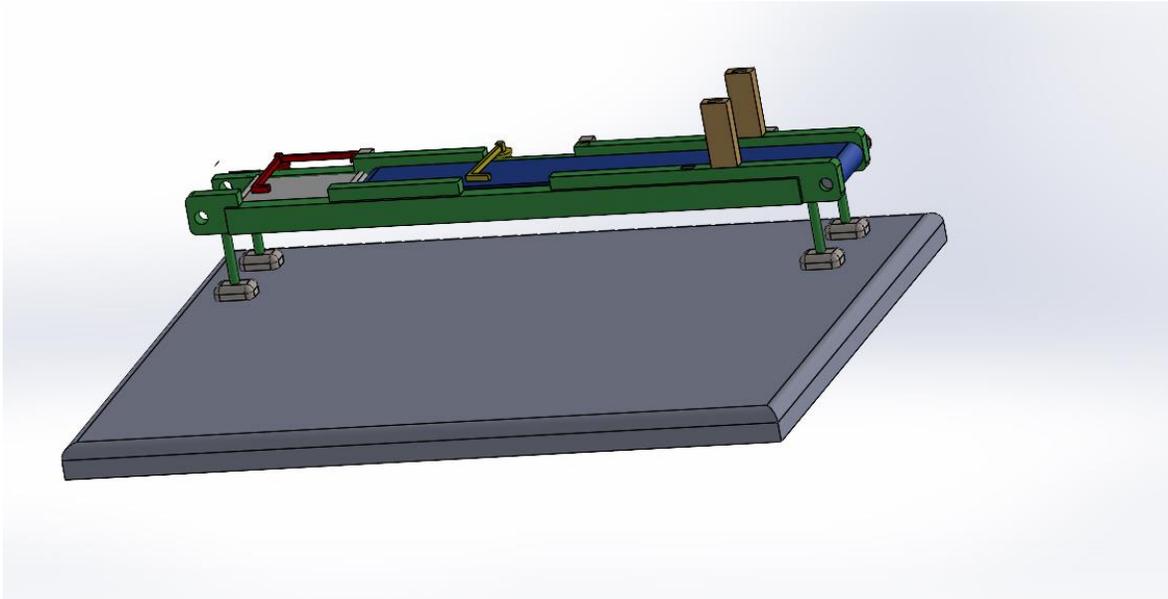


Figure II.24 : Le schéma après réassemblage.

II.4 Structure électronique schéma :

II.4.1 Capteurs

Un capteur convertit la grandeur physique à mesurer en une grandeur électrique et traite cette dernière de telle manière à ce que les signaux électriques puissent être facilement transmis et traités en aval.

Dans ce travail, nous avons trois types de capture, à savoir :

A) Capteur de position infrarouge :

Le capteur d'obstacle infrarouge FC-51 utilise une paire d'émetteur-récepteur infrarouge pour détecter les obstacles. L'émetteur envoie un faisceau infrarouge, et si cet infrarouge est réfléchi par un obstacle, le récepteur détecte le signal réfléchi.

Nous utilisons trois capteurs, le premier est le type qui capture la boîte et qui est connecté au support du scanner chargé de scanner la boîte contenant le code-barres.

Le deuxième capteur est installé sur son propre support et récupère la boîte avant la première porte. Si la boîte à un code-barres, la porte ne s'ouvrira pas. S'il n'en contient pas, la porte s'ouvrira et la boîte tombera, Le troisième capteur est utilisé pour détecter les pièces à la deuxième porte.

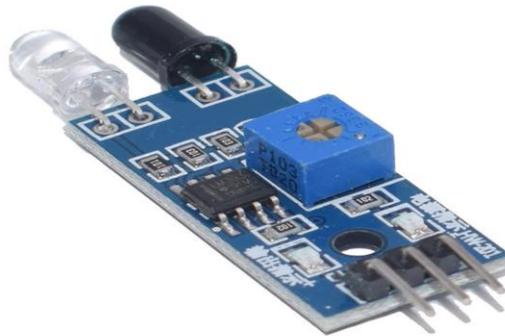


Figure II.25 : Capteur de position infrarouge.

B) Capteur de poids : (load cell et HX711)

Le HX711 est un convertisseur analogique-numérique (CAN) de précision 24 bits conçu pour les balances et les applications de contrôle industriel pour s'interfacer directement avec un capteur de pont. Il est spécialement conçu pour amplifier les signaux des cellules et les signaler à un autre microcontrôleur.

Ce capteur fonctionne en pesant son contenu. Si le poids correspond à la norme prédéfinie, la boîte est dirigée vers la droite. Si, au contraire, le poids est différent, la boîte est dirigée vers la gauche. Sa capacité totale est d'un kilogramme.

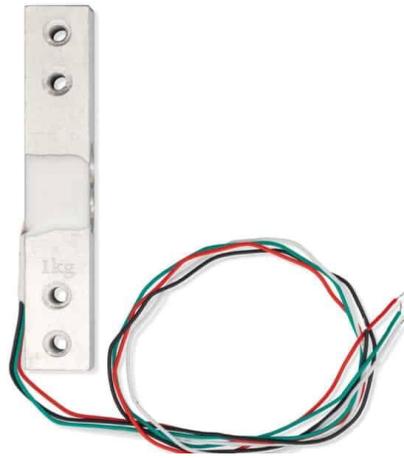


Figure II.26 : Capteur de poids load cell.

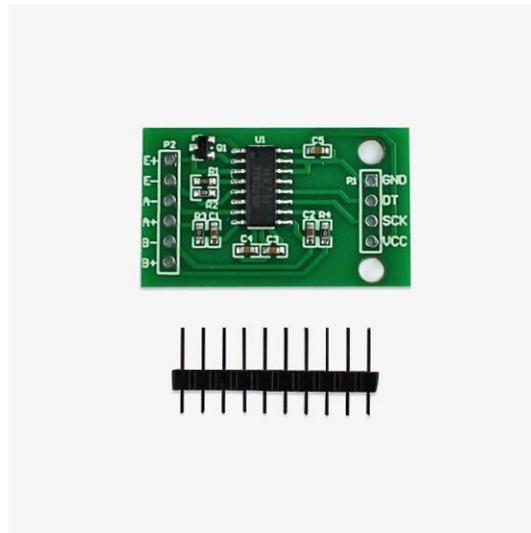


Figure II.27 : HX711.

II.4.2 Actionneurs :

Les actionneurs utilisés sont les suivants :

A) Servomoteur :

Un servomoteur est un moteur qui contient un codeur à l'intérieur, appelé décodeur, qui convertit le mouvement mécanique (tours d'arbre) en impulsions numériques interprétées par un contrôleur de mouvement.

On utilise deux servomoteurs, les deux sont responsables a permettant d'arrêter la bande transporteuse de façon à ce que les objets à trier se trouve exactement.

Ces deux doivent être attachés à côté des deux portes respectivement.

Le premier portail trie les boîtes qui ne contiennent pas de code-barres et les sort hors du tapis roulant.



Figure II.28 : Servomoteur (micro servo 9 g).

B) Moteur a courant continue (MCC) :

Est un convertisseur de puissance qui transforme l'énergie électrique en énergie mécanique pour entraîner une charge en mouvement.



Figure II.29 : Moteur a courant continue (XD-3420).

II.4.3 Automate s7-1200 (CPU S7-1211 AC\DC\RELY):

Le programme S7 permet à l'automate programmable industriel (API) de contrôler et commander une machine ou un processus.

Le contrôleur S7-1200 offre la souplesse et la puissance nécessaires pour commander une large gamme d'appareils afin de répondre à vos besoins en matière d'automatisation. Sa forme compacte, sa configuration souple et son important jeu d'instructions en font une solution idéale pour la commande d'applications très variées.



Figure II.30 : Automate s7 1200.

II.4 Conclusion :

En conclusion, la conception et la mise en œuvre d'un système de tri automatique reposent sur une intégration harmonieuse entre les composantes mécaniques et électroniques. Le projet décrit a pour objectif de développer un système de tri capable de trier diverses boîtes en fonction de critères spécifiques tels que la présence d'un code-barres et le poids.

Les différents capteurs utilisés, notamment le capteur infrarouge pour la détection des obstacles et le capteur de poids (load cell avec HX711), jouent un rôle crucial dans la précision du tri. Les actionneurs comme les servomoteurs et les moteurs à courant continu assurent le déplacement et le positionnement précis des boîtes sur le tapis roulant.

L'utilisation du programme S7-1200 permet un contrôle efficace du processus de tri, garantissant ainsi que chaque étape soit exécutée conformément aux spécifications établies. La conception mécanique, réalisée à l'aide de SolidWorks, offre une base stable et robuste pour le système, permettant de minimiser les vibrations et d'assurer un fonctionnement fiable.

En somme, ce système de tri automatique représente une solution innovante et efficace pour répondre aux besoins croissants de tri dans diverses industries, améliorant ainsi la productivité et réduisant les erreurs humaines.

Chapitre III :

Contrôle du système de tri par automate programmable

Chapitre III : Contrôle du système de tri par automate programmable

III.1 Introduction

Le contrôle automatisé des systèmes industriels est une composante essentielle de l'optimisation des processus de production. Dans ce chapitre, nous nous concentrons sur la mise en œuvre d'un système de tri automatisé pour des boîtes de médicaments, en utilisant un automate programmable S7-1200. L'objectif principal est de trier les boîtes en fonction de leur poids et de la présence d'un code-barres, ce qui permet d'améliorer l'efficacité et la précision du tri.

Nous détaillerons dans ce chapitre les différentes étapes de conception et de réalisation du système de tri. Nous commencerons par présenter le cahier des charges et les spécifications techniques requises. Ensuite, nous décrirons le fonctionnement opérationnel du système, incluant les interactions entre les divers composants tels que les servomoteurs, les capteurs infrarouges, et le moteur à courant continu. Les problématiques rencontrées lors du développement du système seront également abordées, suivies des solutions apportées pour les surmonter.

La modélisation par GRAFCET (GRAphe Fonctionnel de Commande Étape/Transition) sera utilisée pour représenter les séquences d'opérations du processus de tri. Enfin, une étude technico-économique sera réalisée pour évaluer la viabilité et les avantages économiques du système proposé. Le chapitre se conclura par une synthèse des résultats obtenus et des perspectives d'amélioration pour le futur.

Ce chapitre est destiné à fournir une vue d'ensemble complète du contrôle du système de tri, mettant en évidence les aspects techniques et méthodologiques essentiels pour une mise en œuvre réussie.

III.2 Cahier de charge

Trier les boîtes de médicaments en fonction de leur poids et de la présence ou non d'un code-barres.

A) Description de l'opération

DCY : Départ de Cycle et AU : arrêt d'urgence.

Après avoir appuyé sur le bouton DCY, le processus de tri commence par la rotation du moteur M et le tapis déplace et transporte les boîtes à trier. Lorsque la boîte atteint la salle des caméras, la caméra vérifie la présence du code-barres détecte par l'infrarouge 1.

En l'absence de code-barres, la première porte est ouverte par le servomoteur SM1, qui effectue une rotation de $a1=90$ degrés, et lorsque la caisse arrive, l'infrarouge 2 la détecte et le servomoteur revient à son état normal $a2=-90$ degrés.

S'il y a un code-barres, la caisse continue jusqu'à la salle de pesée et est détectée par l'infrarouge 3

Si le poids est favorable, la double porte est fermée par le servomoteur 2 qui effectue une rotation de $b1=90^\circ$ et la caisse tombe dans le panier des caisses acceptées. Une fois ce processus terminé, la double porte revient à son état initial $b2=-90^\circ$.

Si le poids n'est pas favorable, la boîte est projetée vers la gauche par le double portillon avec le servomoteur tournant à un angle de $b2=-90^\circ$. Une fois cette opération terminée, le portillon revient à son état initial $b1=90^\circ$.

Dès que l'on appuie sur le bouton AU, le système revient à son état initial et le travail est terminé.

- W :Énergie électrique.
- E :Paramètres d'exploitation.
- C :Paramètres d'ajustement
- R :Ajustements

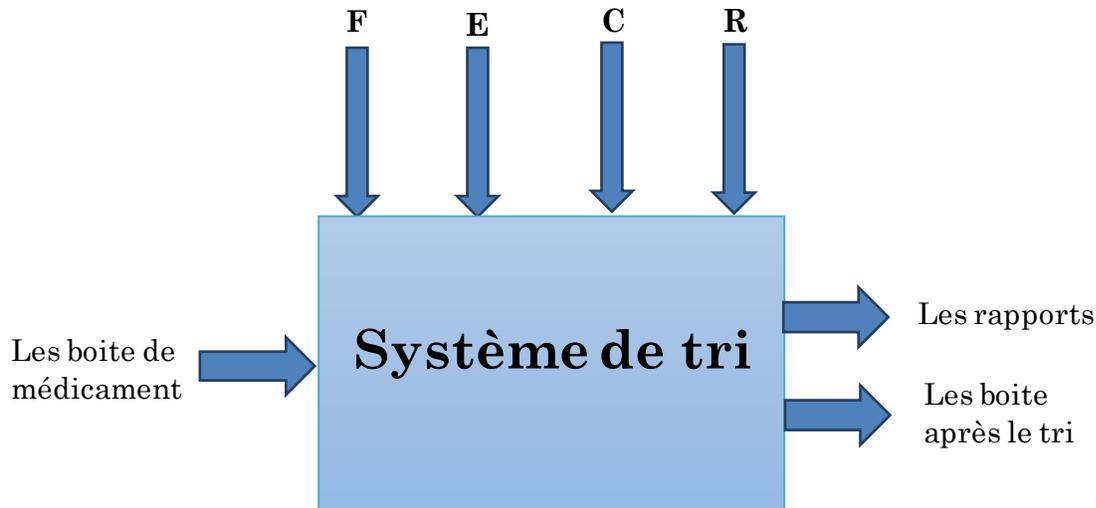


Figure III.1 : schéma de fonctionnement de système de tri

B) Tableau de sélection des technologies :

Les actionneurs	Les capteurs
Servomoteur 1 : S1	Infrarouge 1 : I1
Servomoteur 2 : S2	Infrarouge 2 : I1 Capteur de présences à la porte 1
Servomoteur 3 : S3	Infrarouge 3 : I1 Capteur de présences à la porte 2
Moteur a courant continue M : KM	(loadcell) et (HX711) Camera CB pour détecter le Cod barré

Tableau III.1 : Tableau de sélection des technologies.

III.3 Problématique

Dans le cadre de l'automatisation industrielle, l'efficacité et la précision des systèmes de tri sont cruciales pour maintenir la qualité et la vitesse de production. Notre projet porte sur la conception et l'implémentation d'un système de tri automatisé pour des boîtes de médicaments, utilisant un automate programmable S7-1200. La

problématique principale de ce projet se décline en plusieurs sous-problèmes spécifiques :

A) Fiabilité et Précision du Tri :

Comment assurer que chaque boîte de médicament est correctement triée en fonction de son poids et de la présence d'un code-barres, sans erreurs de classification ?

B) Intégration des Composants :

Comment intégrer de manière optimale les différents composants du système pour garantir une coordination efficace et sans faille ?

C) Gestion des Erreurs et des Pannes :

Comment concevoir le système pour qu'il puisse détecter et gérer les erreurs ou pannes (comme la défaillance d'un capteur ou d'un moteur) sans interrompre complètement le processus de tri ?

D) Optimisation des Temps de Cycle :

Comment minimiser le temps nécessaire pour trier chaque boîte afin d'augmenter la capacité de production tout en maintenant la précision du tri ?

E) Sécurité et Conformité :

Comment assurer que le système de tri respecte toutes les normes de sécurité et de conformité pertinentes pour l'industrie pharmaceutique ?

F) Coût et Efficacité Énergétique :

Comment concevoir un système qui soit à la fois économiquement viable et éco-énergétique, réduisant les coûts opérationnels sans compromettre les performances ?

III.4 Solution apportée :

Pour répondre aux différentes problématiques identifiées dans notre système de tri automatisé des boîtes de médicaments, nous avons élaboré une solution intégrée et optimisée, utilisant l'automate programmable S7-1200. Cette solution repose sur plusieurs aspects clés détaillés ci-dessous :

A) Fiabilité et Précision du Tri

Capteurs de Haute Précision : Utilisation de capteurs infrarouges (I1, I2, I3) et de caméras de haute précision pour détecter la présence de code-barres et mesurer le poids des boîtes avec exactitude.

Calibration et Test Régulier : Mise en place d'un programme de calibration régulière des capteurs et des balances pour maintenir leur précision. Tests périodiques pour vérifier le bon fonctionnement du système.

B) Intégration des Composants

Automate Programmable S7-1200 : Utilisation du S7-1200 pour contrôler et coordonner les différents composants du système. Le programme de l'automate est conçu pour gérer les entrées et sorties des capteurs et actionneurs de manière synchrone.

Communication Profibus/Profinet : Adoption des protocoles de communication industriels Profibus ou Profinet pour assurer une communication rapide et fiable entre les différents composants du système.

C) Gestion des Erreurs et des Pannes

Détection et Notification des Pannes : Implémentation de routines de diagnostic pour détecter les pannes des capteurs, des moteurs, ou des servomoteurs. Le système envoie des alertes automatiques en cas de dysfonctionnement.

Redondance et Sécurité : Introduction de composants redondants et de mécanismes de sécurité pour assurer que le système continue de fonctionner en mode dégradé en cas de panne partielle.

D) Optimisation des Temps de Cycle

Séquençage et Parallélisme : Optimisation du séquençage des opérations pour minimiser les temps morts. Utilisation de processus parallèles lorsque possible pour accélérer le tri.

Algorithmique Efficace : Conception d'algorithmes de tri efficaces pour réduire le temps de traitement de chaque boîte, tout en maintenant la précision et la fiabilité.

E) Sécurité et Conformité

Normes de Sécurité : Respect rigoureux des normes de sécurité en vigueur dans l'industrie pharmaceutique. Le système inclut des protections mécaniques et logicielles pour prévenir les accidents.

Contrôle Qualité : Mise en place de procédures de contrôle qualité à chaque étape du tri pour garantir que toutes les boîtes respectent les normes requises avant d'être expédiées.

F) Coût et Efficacité Énergétique

Optimisation Énergétique : Utilisation de composants énergétiquement efficaces et de techniques de gestion de l'énergie pour réduire la consommation globale. Par exemple, les moteurs à courant continu (M) et les servomoteurs sont choisis pour leur faible consommation énergétique.

Analyse Coût-Bénéfice : Réalisation d'une analyse technico-économique pour garantir que les coûts d'installation et d'exploitation du système sont équilibrés par les gains en efficacité et en productivité.

III.5 Modalisation par grafcet :

Un diagramme GRAFCET (Graphe Fonctionnel de Commande Étape/Transition) est un outil graphique utilisé pour modéliser le comportement séquentiel d'un système automatisé. Il est couramment utilisé dans les domaines de l'automatisation industrielle et de la programmation des automates programmables industriels (API).

Pour réaliser le diagramme GRAFCET de notre projet, conformément aux spécifications du cahier des charges, nous avons utilisé l'application AUTOMOGEN, comme illustré dans la figure III.2.

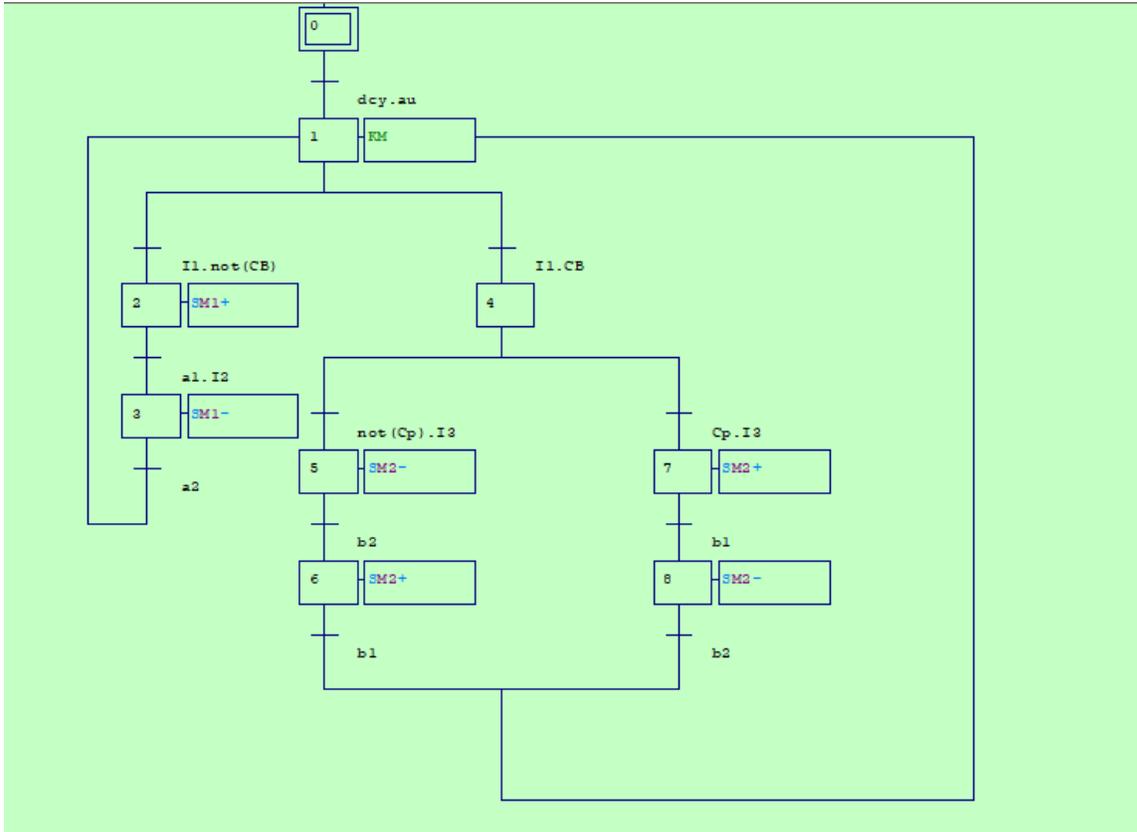


Figure III.2 : Grafcet du system de tri

L'étape	Activation	Désactivation
e_1	$e_0.DCY.\overline{AU} + e_3.a2 + e_6.b1 + e_8.b2 + e_1$	$e_2 + e_4$
e_2	$e_1.I1.\overline{CB} + e_2$	e_3
e_3	$e_2.a1.I2 + e_3$	e_1
e_4	$e_1.I1.CB + e_4$	$e_5 + e_7$
e_5	$e_4.\overline{CP}.I3 + e_5$	e_6
e_6	$e_5.b2 + e_6$	e_1
e_7	$e_4.CP.I3 + e_7$	e_8
e_8	$e_7.b1 + e_8$	e_1

Tableau III.2 : Equations de fonctionnement et de passivation.

III.6 Model graphique utilise pour notre projet

La figure III.3 montre le système de tri automatisé utilisé pour les boîtes de médicaments les différents composants du système et leurs rôles sont indiqués.

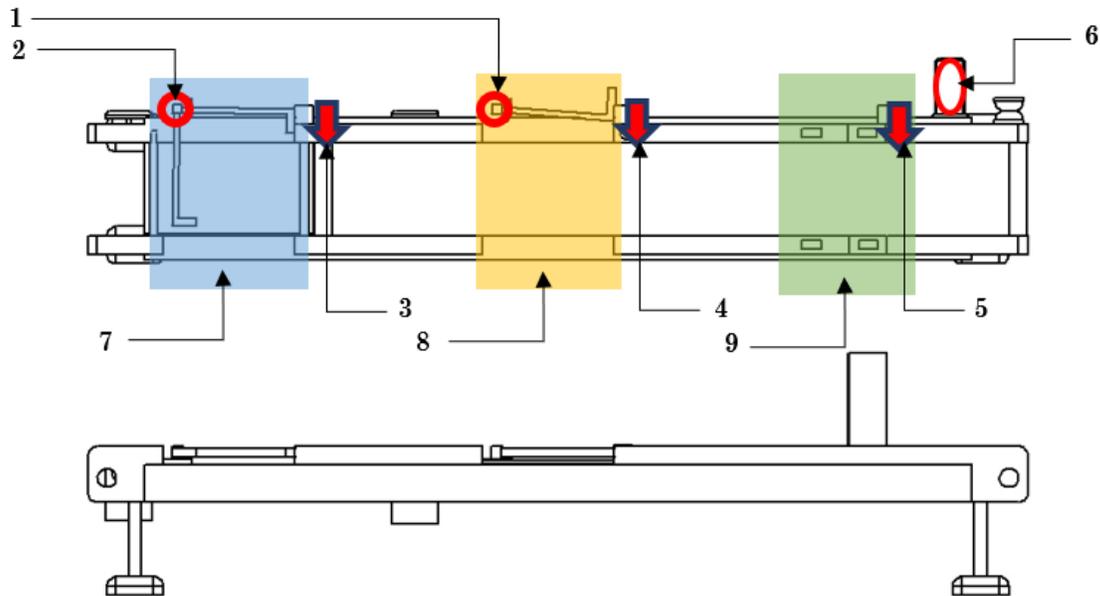


Figure III.3 : Image illustratif du system de tri.

Le tableau annexé à la figure (tableau III-3) décrit les composants du système et leurs fonctions respectives dans le processus de tri.

1	Servomoteur 1	SM1	Utilisé pour actionner la première porte qui s'ouvre pour diriger les boîtes détectées avec un code-barres vers une certaine direction.
2	Servomoteur 2	SM2	Actionne la porte doublée qui gère le tri des boîtes selon leur poids.
3	Infrarouge 3	I3	Capteur utilisé pour détecter la présence des boîtes à l'entrée du système de pesée.
4	Infrarouge 2	I2	Capteur placé avant la première porte pour vérifier si une boîte
5	Infrarouge 1	I1	Capteur à l'entrée de la salle de caméras pour détecter la boîte entrant pour la vérification du code-barres.
6	Moteur a courant continue	M	Responsable de la rotation du tapis transporteur qui déplace les boîtes à trier.
7	Chambre de camera	CB	Salle où la caméra vérifie la présence du code-barres sur les boîtes.
8	PORTE 1		La première porte qui s'ouvre pour les boîtes détectées avec un code-barres.
9	Porte doublée et (loadcell)	CP	Gère le tri final des boîtes selon leur poids, en fermant ou en ouvrant pour diriger les boîtes acceptées ou refusées.

Tableau III.3 : Tableau des clés de la figure III.2 et explication.

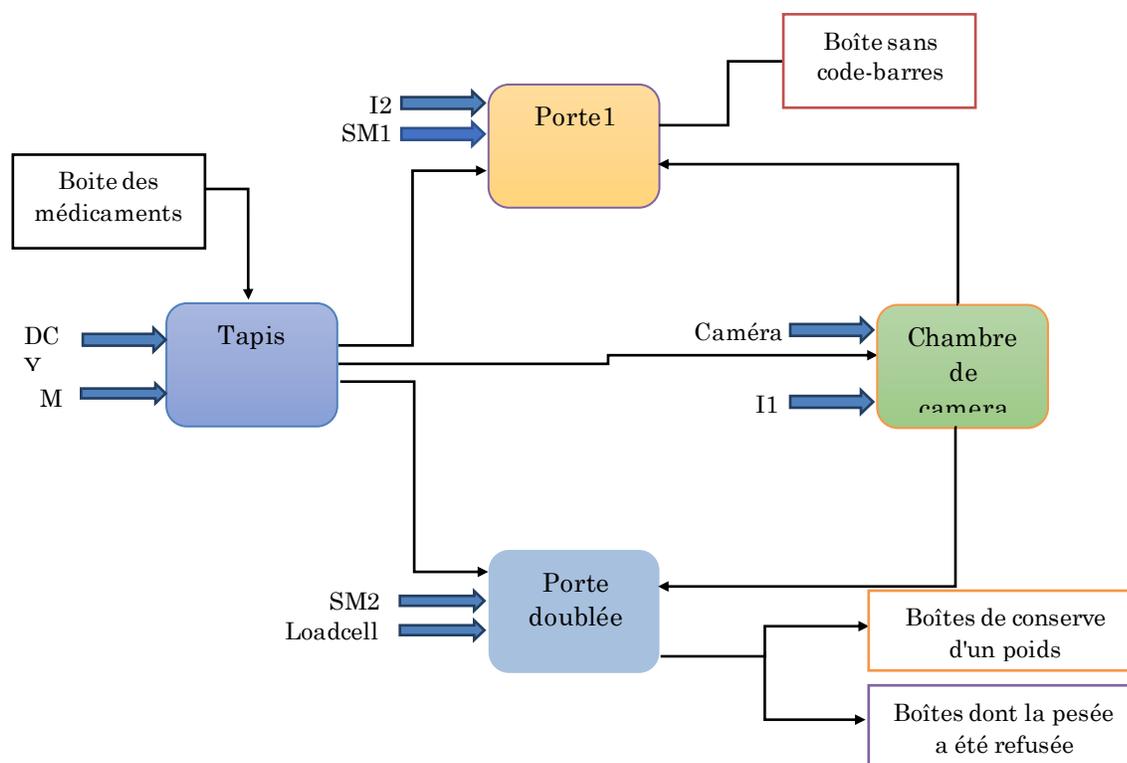


Figure III.4 : plant de fonctionnement du system de tri.

III.7 Programme

III.7.1 Matériel de configuration

Cette configuration matérielle est nécessaire pour :

- Prérégler les paramètres ou les adresses d'un module.
- Configurer les liaisons de communication. Notre choix de matériel :
- Emplacement 1 : CPU 1211C AC/DC/RLY + Un module d'entrée digitale « DI 4x24VDC_1 »

La figure III.5 représente les modules de l'automate utilisé :

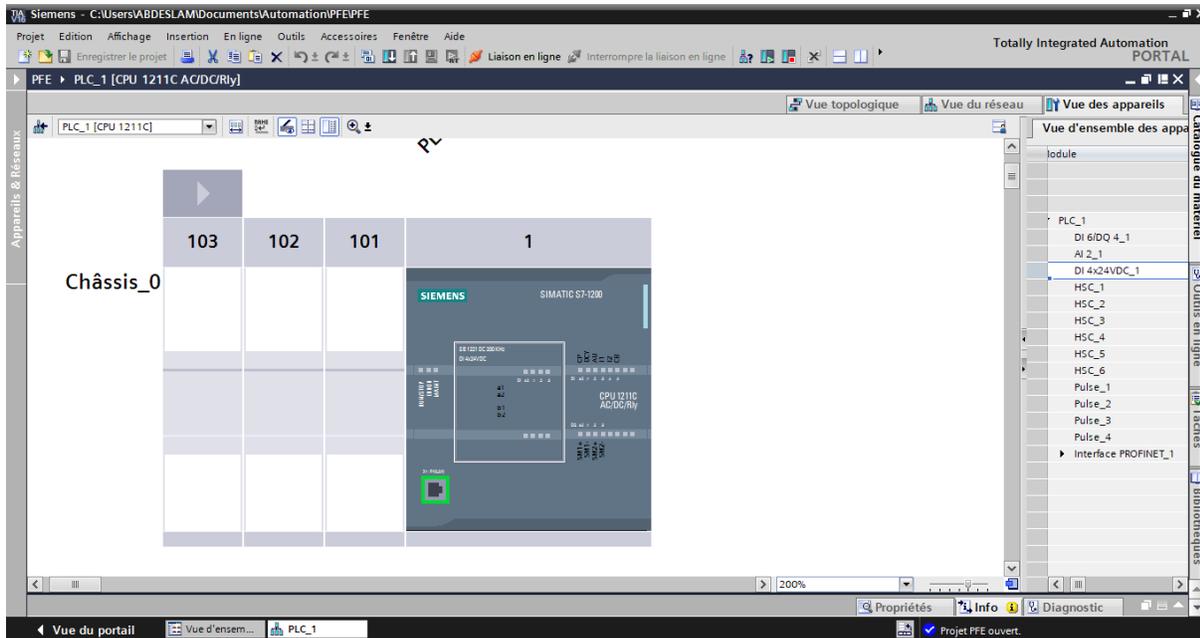


Figure III.4 : Configuration des appareils.

III.7.2 Variables api

Pour tout programme, il est essentiel de déclarer une liste de variables qui seront utilisées tout au long du développement, en les intégrant dans une table des variables pour une gestion systématique.

L'utilisation de noms appropriés facilite la compréhension et la manipulation du programme.

La figure II.5 illustre la table des variables utilisée dans notre programme :

Nom	Type de données	Adresse	Réma...	Acces...	Écritu...	Visibl...	Commentaire
e1	Bool	%M0.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
e2	Bool	%M0.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
e3	Bool	%M0.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
e4	Bool	%M0.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
e5	Bool	%M0.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
e6	Bool	%M0.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
e7	Bool	%M0.7		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
e8	Bool	%M1.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
DCY	Bool	%I0.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Départ de Cycle
AU	Bool	%I0.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	arrêt d'urgence
I1	Bool	%I0.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Arrivée de la boîte dans la salle des caméras
I2	Bool	%I0.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Arrivée de la boîte à la première porte
CB	Bool	%I0.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Avoir un code-barres
CP	Bool	%I0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Le poids est acceptable
a1	Bool	%I4.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	rotation de servomoteur SM1 90 degrés
a2	Bool	%I4.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	rotation de servomoteur SM1 -90 degrés
b1	Bool	%I4.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	rotation de servomoteur SM2 90 degrés
b2	Bool	%I4.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	rotation de servomoteur SM2 -90 degrés
I3	Bool	%I4.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Arrivée de la boîte à la double porte
SM1+	Bool	%Q0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Ouverture de la première porte
SM1-	Bool	%Q0.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Fermeture de la première porte
SM2+	Bool	%Q0.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Rotation du servomoteur dans le sens posi
SM2-	Bool	%Q0.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Rotation du servomoteur dans le sens nég.

Figure III.5 : Tableau des variables.

III.7.3 Blocs de programme

Les OB peuvent être structurés de différentes manières : soit en un seul bloc linéaire (OB1) appelé cycliquement par le système d'exploitation, soit en plusieurs blocs structurés pour des programmes plus complexes. Cela permet de moduler et de gérer efficacement le fonctionnement de l'automate programmable en fonction des besoins spécifiques de l'application industrielle.

La figure III.6 représente le bloc de programme utilisée dans notre programme :

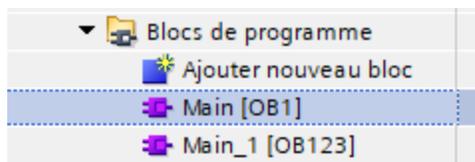


Figure III.6: Bloc de programme.

III.7.4Création du programme avec simulation

La figureIII.7 représenté le réseau 1 de notre programme :

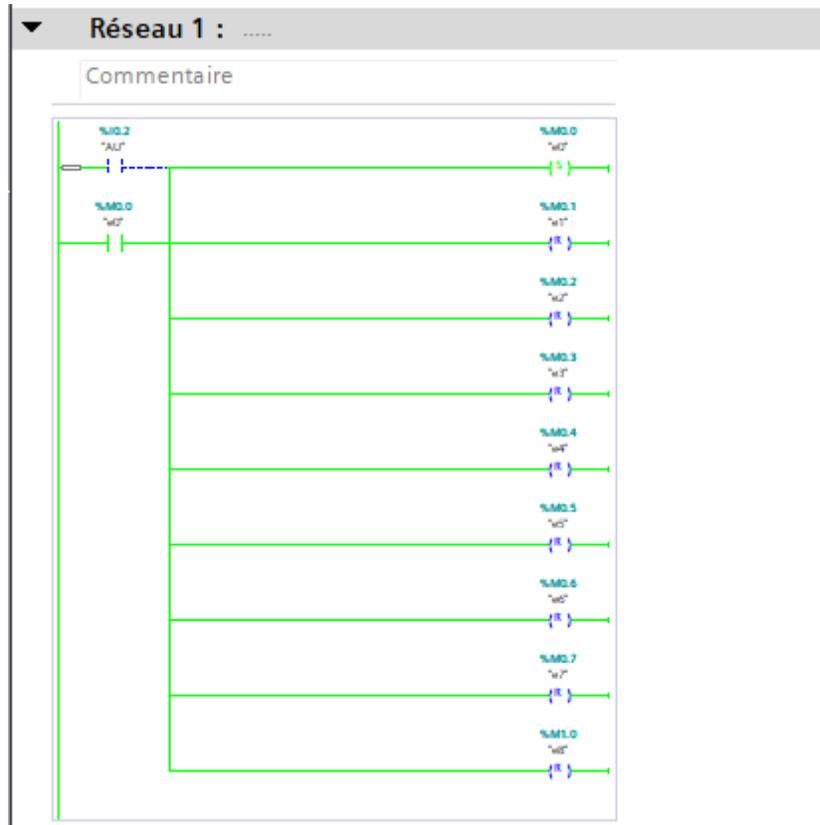


Figure III.7 :le réseau 1.

Le premier réseau montre que, conformément aux conditions générales, une fois que le bouton «AU» est enfoncé, l'étape 0 est activée et les autres étapes sont désactivées.

La figure III.8 représenté le réseau 2 de notre programme :

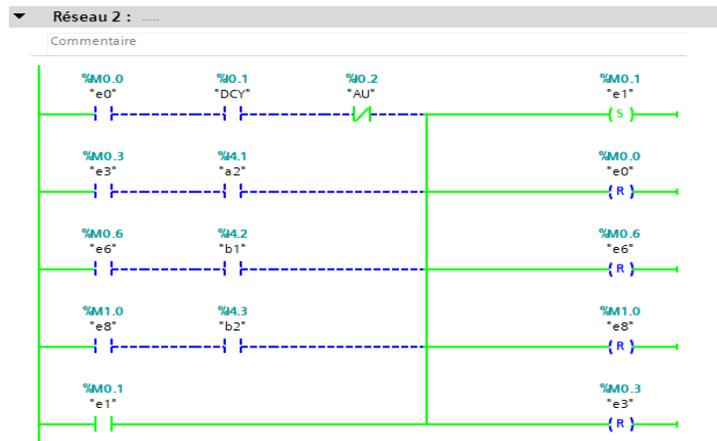


Figure III.8 :le réseau 2.

La deuxième portée est montrée selon le cahier des charges Une fois que le bouton est enfoncé, l'étape 1 est activée, et le moteur KM activée.

La figure III.9 représenté le réseau 10 (le démarrage de moteur après l'activation de l'étape 1)

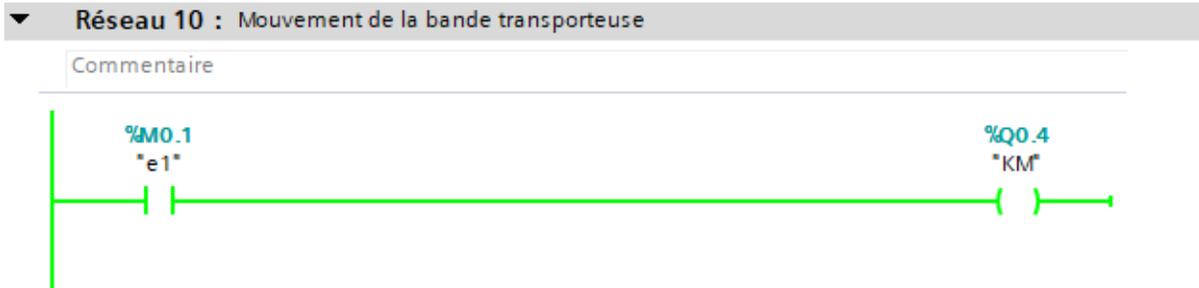


Figure III.9 :le réseau 10.

La figure III.10 représenté le réseau 3 de notre programme :

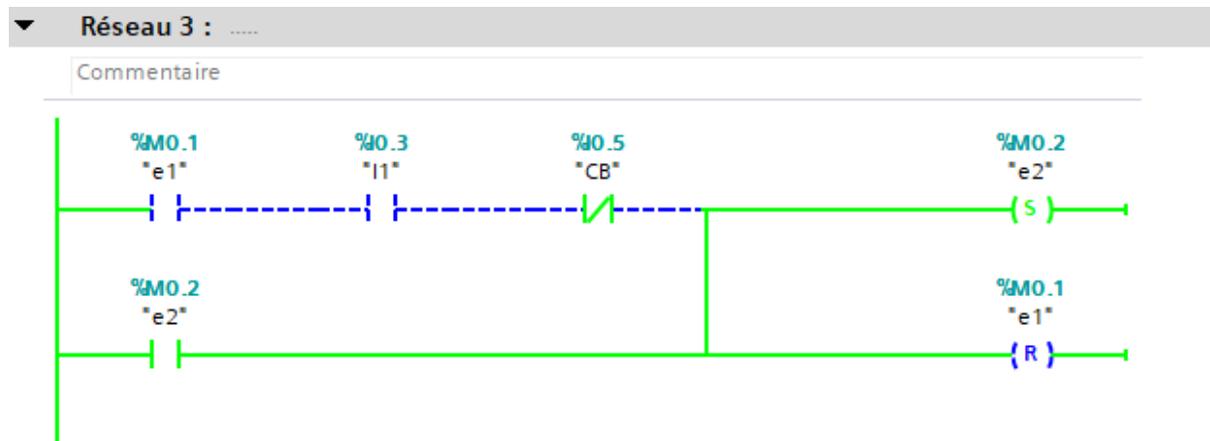


Figure III.10 :le réseau 3.

S'il n'y a pas de code à barres et que le boîtier atteint I1, l'étape 2 est activée, l'étape 1 est désactivée et le servomoteur tourne dans le sens positif.

La figure III.11 représenté le réseau 10 (le servomoteur 1 tourne dans le sens positif après l'activation de l'étape 2).



Figure III.11 :le réseau 11.

La figureIII.12 représenté le réseau 4 de notre programme :

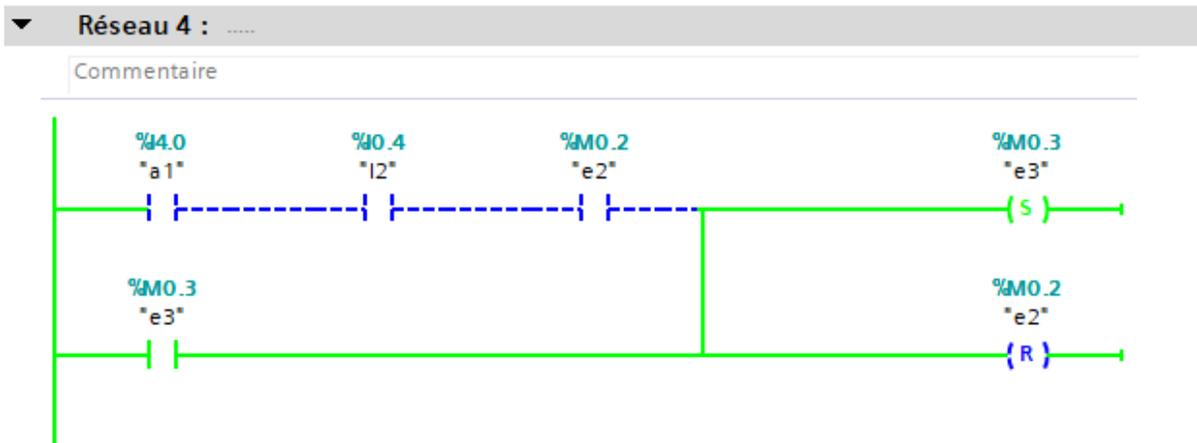


Figure III.12 :le réseau 4.

Après que le servomoteur a tourné d'un angle de a1 et atteint la position i1, l'étape 2 est activée, l'étape 1 est désactivée et le servomoteur 1 tourne dans le sens inverse.

La figureIII.13 représenté le réseau 12 de notre programme (le servomoteur 1 tourne dans le sens inverse).

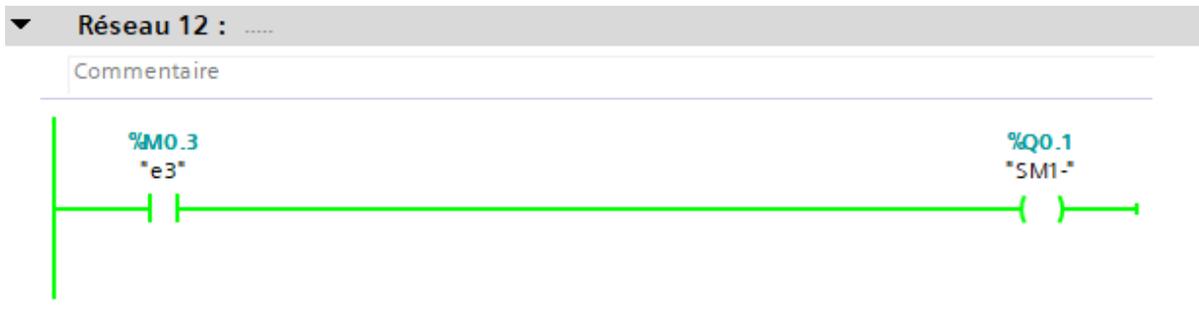


Figure III.13 :le réseau 12.

Après que le servomoteur a tourné d'un angle a2, notre système revient à la phase 1, comme le montre la figure III.8 précédente.

La figure III.14 représenté le réseau 5 de notre programme :

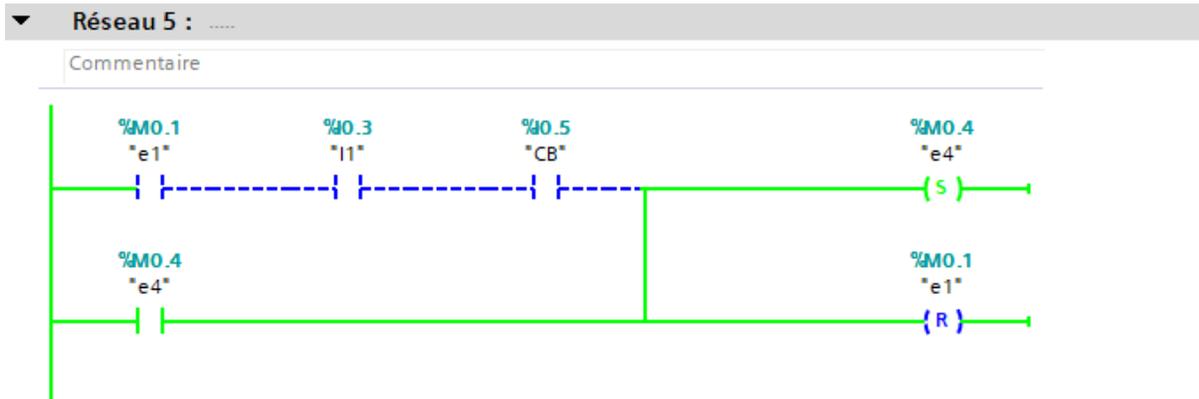


Figure III.14 : le réseau 5.

Maintenant, s'il y a un code-barres et que le cas atteint la position I1, il active l'étape 4 et désactive l'étape 1.

La figure III.15 représenté le réseau 6 de notre programme :

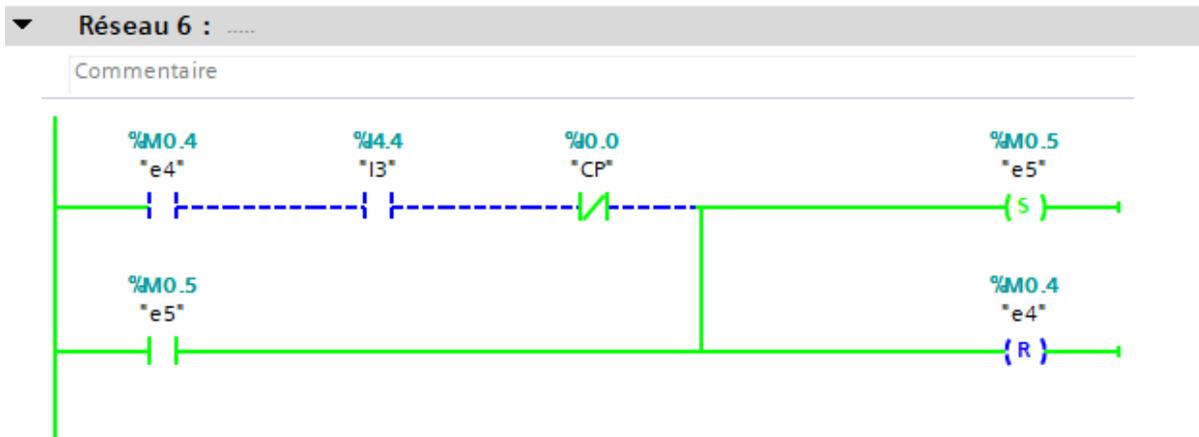


Figure III.15 : le réseau 6.

Si le poids est inadapté et que le boîtier atteint la position I1, le servomoteur 2 tourne dans le sens inverse.

La figure III.16 représenté le réseau 15de notre programme :



Figure III.16 :le réseau 15.

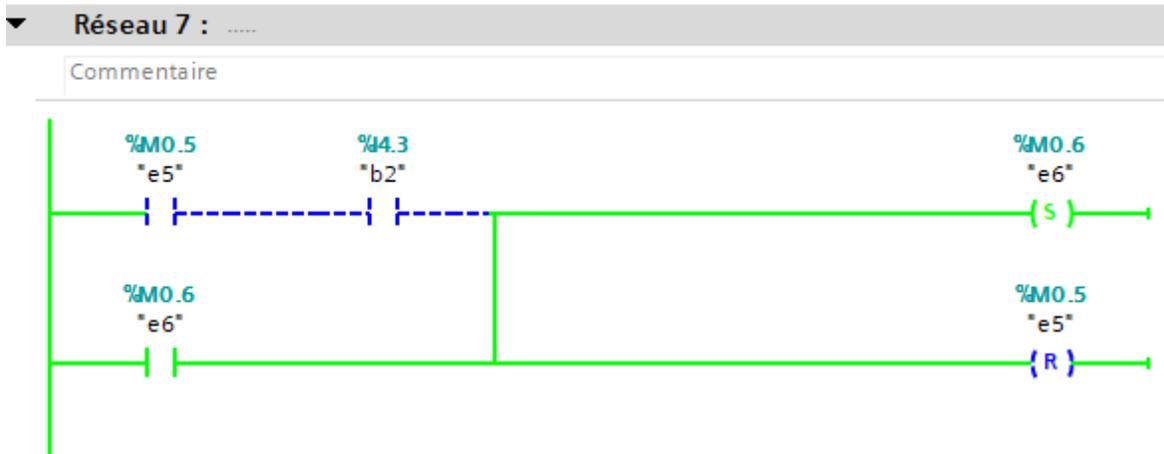


Figure III.17 :le réseau 17.

Après avoir tourné le servomoteur2 d'un angle de b2,il active létape6 et désactive l étape 5. Il revient à son état initial en tournant dans le sens positif.

La figure III.17 représenté le réseau 16de notre programme (le servomoteur 2 tourne dans le sens positive).

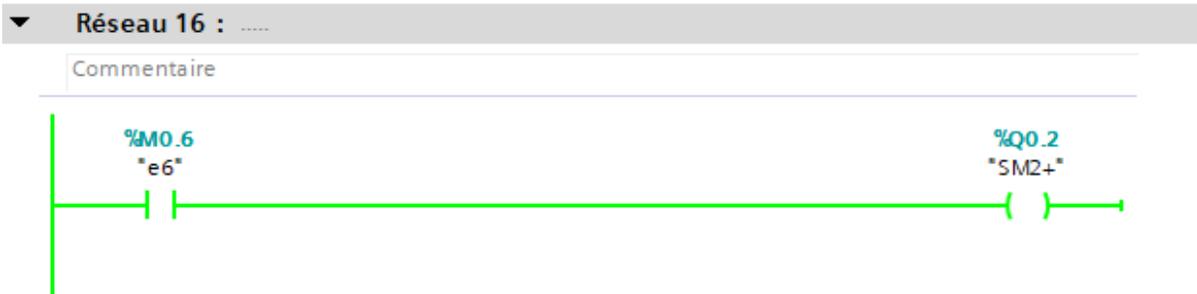


Figure III.18 :le réseau 16.

Dès que le servomoteur tourne à b1, notre système revient à l'étape 1. Comme le montre la figure III.8 précédente.

Maintenant, si le poids est correct et que le boîtier atteint la position i3, il active l'étape 7 et désactive l'étape 4.

La figure III.19 représente le réseau 8 de notre programme

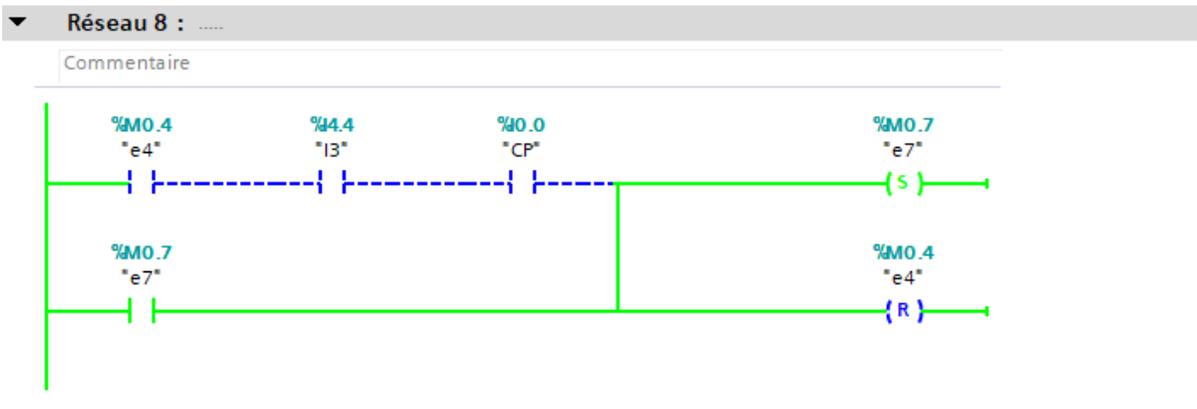


Figure III.19 :le réseau 8.

La figure III.20 représente le réseau 16 de notre programme (le servomoteur 2 tourne dans le sens positive).

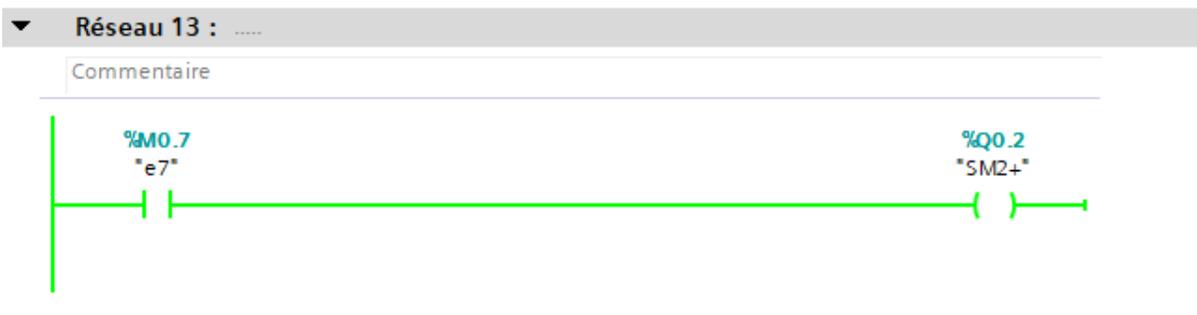


Figure III.20 :le réseau 13.

La figureIII.21 représenté le réseau 9 de notre programme

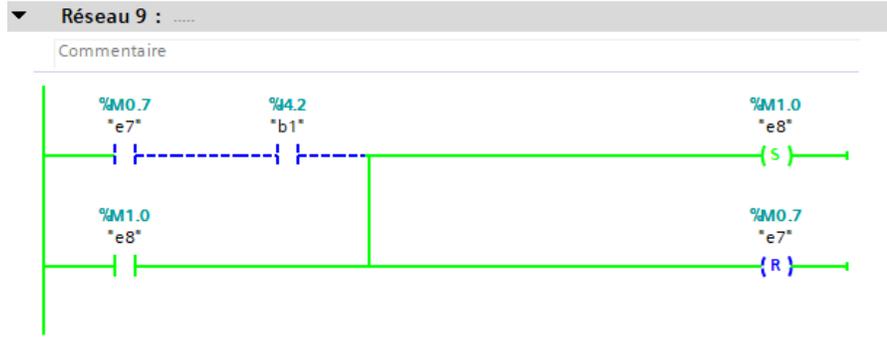


Figure III.21 :le réseau 9.

Après que le servomoteur a tourné d'un angle de a1 et atteint la position i1, l'étape 8 est activée, l'étape7 est désactivée et le servomoteur2 tourne dans le sens inverse.

La figureIII.22 représenté le réseau 14de notre programme



Figure III.22 :le réseau 14.

.Dès que le servomoteur tourne à b2, notre système revient à l'étape 1.Comme le montre la figureIII.8précédente.

III.8 Revendications :

Dans cette section, nous présentons les revendications relatives au système de tri automatisé pour les boîtes de médicaments, mis en œuvre avec un automate

programmable S7-1200. Ces revendications couvrent divers aspects techniques et fonctionnels du système, visant à garantir une performance optimale, une intégration fluide des composants, et une conformité aux normes de sécurité et d'efficacité énergétique.

- Utilisation de capteurs infrarouges et de caméras pour détecter la présence de codes-barres et mesurer le poids des boîtes avec une précision élevée.
- Mise en place d'un programme de calibration des capteurs et des balances pour maintenir leur précision au fil du temps.
- Contrôle et coordination des différents composants du système à l'aide de l'automate S7-1200, qui gère les entrées et sorties des capteurs et actionneurs de manière synchrone.
- Adoption des protocoles de communication Profibus ou Profinet pour assurer une communication rapide et fiable entre les composants.
- Implémentation de routines de diagnostic pour détecter les pannes des capteurs et moteurs, avec envoi d'alertes automatiques en cas de dysfonctionnement.
- Introduction de composants redondants et de mécanismes de sécurité pour maintenir le fonctionnement du système en mode dégradé en cas de panne partielle.
- Optimisation du séquençage des opérations pour minimiser les temps morts et utilisation de processus parallèles pour accélérer le tri.
- Conception d'algorithmes de tri efficaces pour réduire le temps de traitement de chaque boîte tout en maintenant la précision.
- Procédures de contrôle qualité à chaque étape du tri pour garantir la conformité des boîtes avant expédition.
- Utilisation de composants énergétiquement efficaces et techniques de gestion de l'énergie pour réduire la consommation globale.

III.9 Etude Technico-économique

Pour le Coûts d'Installation est donné par le tableau suivant :

Matériel	Coût
Fer utilisé pour fabriquer des pièces	4500 DA
Automate	50000 DA
Cable profinet	300 DA
Servomoteur	400 *2 =800 DA
Infrarouge	350*3=1050 DA
(loadcell) et (HX711)	1200 DA
Tapis	300 DA
Câbles électriques	590 DA
Équipement supplémentaire	1350 DA
Totale	59240DA

Tableau III.4 : Tableau des prix du matériel utilisé dans notre projet.

➤ Logiciel :

Le logiciel Tia Portal est gratuit à l'adresse <https://plc4me.com>

➤ Main d'œuvre :

Nous avons installé le système et cela nous a pris une journée entière.

III.9.2 Coûts d'Exploitation

➤ Énergie :

Consommation électrique des composants (moteurs, automate, etc....).

III.10 Conclusion :

Ce chapitre a fourni une vue détaillée de la conception et de la mise en œuvre d'un système de tri automatisé pour des boîtes de médicaments en utilisant un automate programmable S7-1200.

Nous avons débuté par la présentation du cahier des charges et des spécifications techniques nécessaires pour réaliser un tri efficace des boîtes selon leur

poids et la présence d'un code-barres. Le fonctionnement opérationnel du système a été décrit en détail, incluant les interactions entre les divers composants comme les servomoteurs, les capteurs infrarouges et le moteur à courant continu.

Les problématiques rencontrées pendant le développement ont été identifiées et des solutions spécifiques ont été proposées pour assurer la fiabilité et la précision du tri, une intégration optimale des composants, une gestion efficace des erreurs et des pannes, ainsi qu'une optimisation des temps de cycle et de la consommation énergétique. L'utilisation du GRAFCET pour modéliser les séquences d'opérations a permis de représenter de manière claire et structurée le processus de tri.

Une étude technico-économique a démontré la viabilité et les avantages économiques du système proposé, mettant en avant les gains en efficacité et en productivité tout en respectant les normes de sécurité et de conformité de l'industrie pharmaceutique.

En conclusion, ce chapitre a démontré comment l'automate programmable S7-1200 peut être utilisé pour créer un système de tri automatisé précis, fiable et économiquement viable. Les résultats obtenus confirment la pertinence de notre approche et ouvrent des perspectives pour des améliorations futures, telles que l'intégration de nouvelles technologies de capteurs ou l'optimisation continue des algorithmes de tri.

Conclusion générale

Conclusion générale

Le développement et la mise en œuvre d'un système de tri automatisé constituent un défi technique et logistique majeur, particulièrement dans le contexte industriel et pharmaceutique. À travers les chapitres précédents, nous avons exploré les différentes étapes et composantes nécessaires pour concevoir un système de tri efficace, en mettant en avant l'intégration harmonieuse des éléments mécaniques et électroniques, et en soulignant l'importance de la précision et de la fiabilité du tri.

L'utilisation d'un automate programmable, tel que le S7-1200, a démontré sa pertinence dans le contrôle et la gestion des processus complexes de tri. Grâce à une programmation robuste et à des composants bien sélectionnés, le système de tri développé a prouvé sa capacité à trier des boîtes de médicaments en fonction de critères spécifiques comme le poids et la présence de codes-barres. L'adoption de capteurs de poids et infrarouges, ainsi que l'utilisation de servomoteurs et de moteurs à courant continu, ont été déterminantes pour garantir la précision et l'efficacité du tri.

En termes de conception, l'approche méthodique utilisant des outils comme SolidWorks pour la modélisation mécanique et le GRAFCET pour la représentation des séquences d'opérations a permis de créer une base solide pour le système. Les solutions proposées aux problèmes rencontrés, telles que la gestion des erreurs et des pannes, ont contribué à renforcer la fiabilité et la robustesse du système.

L'étude technico-économique a également mis en lumière les avantages économiques et opérationnels d'un tel système, notamment en termes de gains de productivité, de réduction des coûts et de conformité aux normes de l'industrie pharmaceutique. L'optimisation continue des algorithmes de tri et l'intégration de nouvelles technologies de capteurs offrent des perspectives d'amélioration future, renforçant encore la pertinence de cette approche.

En conclusion, le système de tri automatisé présenté représente une solution innovante et efficace pour répondre aux besoins croissants de tri dans diverses industries. Il améliore non seulement la productivité et réduit les erreurs humaines,

mais il contribue également à la préservation de l'environnement en favorisant le recyclage et la réduction des déchets. Ce projet ouvre la voie à de nombreuses possibilités d'optimisation et d'extension, promettant un avenir où l'automatisation et la précision joueront un rôle de plus en plus crucial dans la gestion des processus industriels.

Références bibliographiques

- [1] : Site DATALOGIC, *Leaders mondiaux dans l'acquisition automatique de données et l'automatisation d'usine*, 2024, Date de consultation 24/02/2024, www.datalogic.com.
- [2] : S. SAADALLAH, D. KORTI, A. BOUHELAL, & A. LAMMARI, *Conception et réalisation d'un système automatisée de tri de Déchet*, Mémoire master académique en commande électrique. Université ECHAHID HAMMA LAKHDAR, El oued, 2022, pp 11.
- [3] : I. BENRAHMOUNE, *Mesure de similarité et extraction de l'empreinte de la structure physique des enveloppes postales, application au tri automatique de courrier*, Mémoire master en Génie électrique. Université M'HAMED BOUGARA, Boumerdes, 2016, pp 3.
- [4] : Site AUTOSTORE, *entreprise technologique qui développe des solutions d'exécution des commandes pour aider les entreprises à réaliser des gains d'efficacité dans le stockage et la récupération des marchandises*, 2024, Date de consultation 02/03/2024, fr.autostoresystem.com.
- [5] : I. AZZOUZ, W. MEDELLEL, *Tri automatique des pommes de terre par techniques d'apprentissage automatique*, Mémoire master académique en mathématique et informatique, Université ECHAHID HAMMA LAKHDAR, El oued, 2019, pp 5-6.
- [6] : N. BOUZIDI. *Techniques de tri des déchets*, Cours pour 3^{ième} année licence gestion de l'environnement minier, Université Abderrahmane mira Béjaia, 2019, pp 5-6.
- [7] : Guide GOUDSMIT MAGNETS, *Recyclage et Tri Récupération de métaux avec des séparateurs magnétiques*, Date de consultation 27/02/2024, www.goudsmitmagnets.com.
- [8] : Site WIKIPEDIA, *Tri du courrier*, 11/08/2023, Date de consultation 27/02/2024. www.wikipedia.org.
- [9] : Site LESOIR, *Journal électronique*, 20/10/2017, Date de consultation 04/03/2024. www.lesoir.be.
-

[10] : Site B2BPLAST, *Agence commerciale spécialisée dans le négoce industriel*, 1996, Date de consultation 27/02/2024. www.b2bplast.fr.

[11] : Z. NICHE, *Implémentation d'un détecteur de contours sur carte FPGA pour le contrôle qualité des cordons de soudure*, Mémoire master, Université M'Hamed Bougara Boumerdes, 2018, pp 30-31.

[12] : L. CHEN, *Types of sorting technologies for purifying electronic devices*, 2023, Date de consultation 04/03/2024, www.linkedin.com.

[13] : Datasheet de la machine KORSCH, *Machine de trie des applications et compression de comprimés*, 1994, Date de consultation 09/03/2024. www.korsch.com.

[14] : Site VITRONIC, *THÉ MACHINE VISION PEOPLE Nous Repoussons les Limites du Possible*, 1996, Date de consultation 07/03/2024. www.vitronic.com.

Résume :

Le système de tri pour les boîtes pharmaceutiques utilise SolidWorks pour la conception et la simulation 3D afin de réduire les coûts et le temps de développement avant la production. Le contrôle est assuré par un PLC S7-1200 via TIA Portal, avec un schéma Grafcet initial suivi de la programmation en Ladder. Une simulation avec PLC Sim de Siemens a validé l'efficacité et la précision du système avant sa mise en œuvre réelle.

Les mots clé : modélisation par grafcet, système de tri automatique, automate programmable.

Abstract

The system for sorting pharmaceutical boxes uses SolidWorks for 3D design and simulation to reduce costs and development time before actual production. Control is managed by a PLC S7-1200 through TIA Portal, starting with a Grafcet diagram followed by Ladder programming. The system's efficiency and accuracy were validated through simulation using Siemens PLC Sim before actual implementation. Keywords : grafcet modalization, automatic sorting system, programmable logic controller.

Keywords : grafcet modeling, automatic sorting system, PLC.

ملخص

النظام لفصل صناديق الأدوية يستخدم SolidWorks لتصميم ومحاكاة ثلاثية الأبعاد لتقليل التكاليف والوقت قبل الإنتاج الفعلي. يتم التحكم فيه بواسطة PLC S7-1200 عبر TIA Portal ، مع رسم Grafcet في البداية يتبعه برمجة بلغة Ladder تمت الموافقة على كفاءة النظام ودقته من خلال محاكاة باستخدام PLC Sim من Siemens قبل التنفيذ الفعلي. الكلمات الرئيسية: نمذجة الجرافسيت، نظام الفرز الأوتوماتيكي، وحدة تحكم منطقية قابلة للبرمجة.
