



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des sciences et de la technologie
Génie électrique

MÉMOIRE DE MASTER

Domaine : Sciences et Techniques

Filière : Electromécanique

Spécialité : Electromécanique

Réf. :

Présenté et soutenu par :

MESTOUR Youcef, et MEKLID Mohamed Islam

Le : 17-06-2025

Conception et réalisation d'une machine automatique de remplissage et de bouchage de flacons de parfum

Jury :

Dr	KHENE Mohamed Lotfi	MCA	Université de Biskra	Président
.				
Dr	REZIG Mohamed	MCA	Université de Biskra	Rapporteur
.				
Dr	BECHAR Rahima	MCB	Université de Biskra	Examineur
.				

Année universitaire : 2024 – 2025



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de génie électrique

MÉMOIRE DE MASTER

Sciences et Technologies
Génie Electrique
Electromécanique

Réf. : Entrez la référence du document

Conception et réalisation d'une machine automatique de remplissage et de bouchage de flacons de parfum

Le : mardi 17 juin 2025

Présenté par :

MESTOUR Youcef & MEKLID Mohamed Islam

Avis favorable de l'encadreur :

Dr. REZIG Mohamed

Signature Avis favorable du Président du Jury

Cachet et signature

Remerciements

Nous remercions Dieu de nous avoir accordé des connaissances de la science et de nous avoir aider à réaliser ce travail. Nous adressons nos remerciements à notre encadreur Dr. REZIG Mohamed, nos chers parents, toute la famille, les amis, et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste projet de fin d'étude.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A mes très chers parents qui m'ont aidé et
Encouragé durant toutes mes études.

A mes chers frères et ainsi que mes chers
Oncles et tantes.

A tous mes amis et en particulier :

Khazani mohamed amin, Bouchemla mohamed
amin, Hamoudi ahmed amin, Charif Mohamed
aymen, Toumi wail, Saaidi sami.

A tous mes amis, et collègues de la promotion
2024/2025.

Avec lesquels j'ai partagés mes meilleurs moments.

Youcef

Dédicace

Avant tous, je remercie dieu le tout puissant de
m'avoir donné le courage et la
Patience pour réaliser ce travail malgré toutes les
difficultés rencontrées.

Je dédie ce mémoire :

A mes chers parents ma mère et mon père pour leurs
patiences,

Leurs amours, leurs soutient morale et financier ainsi
leurs

Encouragements et aussi tous les sacrifices qu'ils ont
endurés

Que dieu les gardent et veillent sur eux.

A mes frères et à mes sœurs.

Islam

المخلص :

تقدم هذه المذكرة تصميم وإنتاج آلة تعبئة زجاجات العطور أوتوماتيكيًا، بهدف أتمتة وتحسين عملية تعبئة السوائل العطرية. يعتمد النظام المتطور على نهج ميكاتروني متكامل، يجمع بين العناصر الميكانيكية والإلكترونية والكمبيوترية لضمان التشغيل السلس والدقيق.

RÉSUMÉ :

Ce mémoire présente la conception et la réalisation d'une machine automatique de remplissage de flacons de parfum, destinée à automatiser et optimiser le processus de conditionnement des liquides parfumés. Le système développé repose sur une approche mécatronique intégrée, combinant des éléments mécaniques, électroniques et informatiques pour assurer un fonctionnement fluide et précis.

ABSTRACT:

This thesis presents the design and construction of an automatic perfume bottle filling machine, designed to automate and optimize the packaging process of perfumed liquids. The developed system is based on an integrated mechatronic approach, combining mechanical, electronic and computer elements to ensure smooth and precise operation.

Table des matières

Remerciements	I
Dédicace	II
Dédicace	III
Table des matières	V
Table de figures :	VIII
Introduction générale	1

Chapitre I : Généralité sur la machine de remplissage

I.1 Introduction	3
I.2 Vue d'ensemble des techniques de remplissage.....	3
I.2.1 Définition du processus de remplissage.....	3
I.2.2 Les différents types de remplissage	3
I.2.2.1 Le remplissage à niveau	3
I.2.2.2 Remplissage débitmétrique	6
I.2.2.3 Remplissage volumétrique.....	7
I.2.2.4 Remplissage pondéral	9
I.2.3 Les différentes machines de remplissage	10
I.2.3.1 Machine de remplissage manuelle	10
I.2.3.2 Machine de remplissage semi-automatique	11
I.2.3.3 Machine de remplissage automatique linéaire	13
I.2.3.4 Machine de remplissage automatique rotative	15
I.2.4 Les critères à savoir pour choisir la machine	17
I.2.5 Domaine d'application	18

I.2.6 Avantages et inconvénients de la machine de remplissage automatique	19
I.2.6.1 Avantages de l'utilisation d'une remplisseuse automatique	19
I.2.6.2 Inconvénients de la machine.....	19
I.3 Choix de la solution adaptée.....	20
I.4 Conclusion :	20

Chapitre II : Structure d'un système automatisé

II.1 Introduction :	20
II.2 Définition sur le système automatisé.....	20
II.3 Étude des composants essentiels du système	20
II.3.1 Unité de contrôle (Arduino) :.....	20
II.3.1.1 Arduino Mega 2560	22
II.3.1.2 Le logiciel pour programmer la carte Arduino	22
II.3.2 Les capteurs (Sensors).....	27
II.3.2.1 Le capteur infrarouge.....	27
II.3.3 Les pré-actionneurs	29
II.3.3.1.1 Relais électrique	30
II.3.4 Les actionneurs	32
II.3.4.1 Moteur DC.....	32
II.3.4.2 Moteur pas à pas :.....	33
II.3.4.3 Le servomoteur	34
II.3.4.4 La pompe	35
II.3.4.5 Le vérin pneumatique.....	36
II.3.5 L'alimentation de projet :	38
II.3.5.1 Electrique :	38

II.3.5.2 Pneumatique :	39
II.3.6 Partie pupitre ou partie contrôle.....	40
II.4 Conclusion	42

Chapitre III : Réalisation du Projet

III.1 Introduction	42
III.2 Réalisation et l'assemblage de la structure mécanique :	42
III.2.1 Châssis.....	42
III.2.2 Convoyeur à bande	45
III.2.3 Réservoir de stockage de parfum (cuve en verre)	47
III.2.4 La bouteille de parfum.....	49
III.2.5 Plateau rotatif :.....	52
III.2.6 System de remplissage :	58
III.2.7 System de capsage :.....	59
III.2.8 System de fermeture :	60
III.2.9 Assemblage finale de la machine :	62
III.3 Câblage électrique.....	63
III.4 Programmation	65
III.5 Fonctionnement du système	70
III.5.1 Principe du fonctionnement du système	70
III.5.2 Proposition de diagramme fonctionnel de system.....	71
III.6 Tests de fonctionnement	72
III.7 Difficultés rencontrées	76
III.8 Améliorations possibles	77
III.9 Conclusion.....	78

Conclusion Générale.....	79
Références.....	80

Table de figures :

Figure I.1: Remplissage gravitaire	4
Figure I.2: Remplissage sous vide.....	5
Figure I.3: Remplissage isobarométrique.....	5
Figure I.4: Le remplissage à niveau [3.01].....	6
Figure I.5 : Remplissage débitmétrique [3.02]	7
Figure I.6: Remplissage volumétrique [3.03]	9
Figure I.7 : Remplissage pondéral [3.04]	10
Figure I.8: Machine de remplissage manuelle [3.05]	11
Figure I.9 : Machine de remplissage semi-automatique [3.06]	13
Figure I.10 : Machine de remplissage automatique linéaire [3.07]	14
Figure I.11: Un convoyeur	15
Figure I.12 : Machine de remplissage automatique rotative [3.08].....	17
Figure II.13: Types des cartes Arduino	21
Figure II.14: Arduino Mega 2560.....	22
Figure II.15: Interface du logiciel Arduino IDE	23
Figure II,16: Câbles de connexion.....	25
Figure II.17: Plaque d’essai	27

Figure II.18: Un capteur infrarouge	28
Figure II.19: Relais électrique	31
Figure II.20: Un moteur de lève-vitre	32
Figure II.21: Moteur pas à pas avec driver	33
Figure II.22: Servomoteur.....	34
Figure II.23: Une pompe d'essuie glasses	35
Figure II.24: Fonction de la chaine d'énergie	36
Figure II.25: Caractérisation du vérin.....	37
Figure II.26: Vérin simple effet	37
Figure II.27: Alimentation stabilisée.....	39
Figure II.28: Le compresseur.....	40
Figure II.29: Les boutons de commande	41
Figure III.30: Forex	42
Figure III.31: la base de la machine	43
Figure III.32: L'armoire.....	44
Figure III.33: La plaque de boutons	44
Figure III.34: Différents types et tailles de boulons.....	45
Figure III.35: Le tapis de convoyeur.....	45
Figure III.36: Serrage de tapis.....	46
Figure III.37: Fixation de Moteur DC	46
Figure III.38: Le convoyeur	47
Figure III.39: Le réservoir de stockage de parfum.....	48
Figure III.40: La pompe	48
Figure III.41: Un tube plastique transparent.....	49

Figure III.42: La bouteille de parfum	51
Figure III.43: SOLIDWORKS logo	53
Figure III.44: L’interface de SOLIDWORKS	53
Figure III.45: Les Mesures de la pièce	54
Figure III.46: Fiche de dessin de la pièce.....	54
Figure III.47: L’imprimant 3D	55
Figure III.48: La forme finale de la pièce réellement	55
Figure III.49: moteur pas à pas	56
Figure III.50: Support de moteur pas à pas	56
Figure III.51: Montage de la plateu rotatif	57
Figure III.52: Guide des flacons	57
Figure III.53: La nouvelle pièce de Forex et la machine de découpage	57
Figure III.54: Un pièce de plastique.....	58
Figure III.55: Outil de remplissage	58
Figure III.56: bras de remplissage	58
Figure III.57: Tube des bouchonnes	59
Figure III.58: Le tube et son support.....	59
Figure III.59: Le servomoteur et son place dans le tube	59
Figure III.60: System de réglage de tombassions du bouchonnes	60
Figure III.61: Tube ADARA avec bouchonne.....	61
Figure III.62: La pièce de fermeture.....	61
Figure III.63: System de fermeture.....	61
Figure III.64: Support de system de fermeture.....	62
Figure III.65: La forme initiale de la machine	63

Figure III.66: La forme finale de la machine	63
Figure III.67: Schéma global de la machine	63
Figure III.68: le câblage électrique.....	64
Figure III.69: diagramme fonctionnel.....	72
Figure III.70: un flacon dans le convoyeur.....	73
Figure III.71: détection de flacon	73
Figure III.72: Chute du bouchon.....	74
Figure III.73: Fermeture de flacon.....	75
Figure III.74: Morceau de Forex cassé	76

Introduction général

Introduction générale

Dans un environnement où l'automatisation industrielle est cruciale pour augmenter la productivité et diminuer les coûts, l'industrie de la parfumerie artisanale et industrielle explore des moyens plus performants pour ses procédés d'emballage.

Ce projet repose sur l'utilisation d'une combinaison de technologies mécaniques et électroniques, telles que des systèmes de contrôle de précision, des capteurs de mesure et des vannes électriques, en plus d'un programme de contrôle logiciel qui assure des opérations fluides et cohérentes. Une attention particulière a également été portée à rendre la machine facile à utiliser et à entretenir, avec la possibilité de la développer à l'avenir pour inclure des étapes supplémentaires telles que la fermeture des bouteilles, l'étiquetage et même l'emballage final.

Ce projet représente une opportunité pratique d'appliquer les connaissances théoriques que nous avons acquises au cours de nos années d'études. Cela reflète également notre capacité à innover et à travailler en équipe, en développant un produit qui contribue à propulser l'industrie locale vers davantage de progrès et de développement. La méthode de remplissage manuelle des flacons, couramment pratiquée dans les PME, est caractérisée par sa lenteur, son manque de précision et son exigence en termes de travail manuel. Notre initiative répond à cette question et envisage la création et l'implémentation d'un appareil automatique spécifiquement conçu pour le remplissage exact et efficient des bouteilles de parfum.

Problème identifié

Comment concevoir une machine capable de remplir automatiquement les flacons de parfum tout en assurant un contrôle précis du volume, une cadence constante, et une fermeture sécurisée des flacons, le tout avec un coût maîtrisé ?

Objectifs du projet

- Élaborer une machine automatique pour le remplissage de bouteilles.
- Intégrer un système de convoyage pour automatiser le déplacement des flacons.
- Mettre en place un système de fermeture des flacons à l'aide d'un vérin pneumatique.
- Programmer et synchroniser l'ensemble à l'aide d'une carte Arduino.
- Réaliser un prototype fonctionnel.

Méthodologie

La démarche suivie dans ce projet se compose de plusieurs étapes :

- Étude de l'état de l'art des machines de remplissage.
- Analyse des besoins fonctionnels et techniques.
- Conception mécanique de la structure et des systèmes de dosage.
- Sélection des composants électroniques et pneumatiques.
- Programmation de l'ARDUINO et tests de fonctionnement.
- Tests, ajustements et validation fonctionnelle.

Plan de la mémoire

Cette mémoire est structurée comme suit :

- Chapitre I : Généralité sur la machine de remplissage.
- Chapitre II : Structure d'un système automatisé.
- Chapitre III : Réalisation de projet.

Chapitre I :

Généralité sur la machine de remplissage

I.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous aborderons les aspects théoriques liés aux techniques de remplissage des flacons, en étudiant les principales machines et systèmes utilisés dans ce domaine. Cette étude nous permettra de choisir les solutions les plus adaptées pour concrétiser notre projet de manière efficace et pratique.

I.2 Vue d'ensemble des techniques de remplissage

I.2.1 Définition du processus de remplissage

Le remplissage est le processus consistant à transférer une substance (liquide, solide ou gazeuse) dans un contenant prévu à cet effet, en vue de son stockage ou de sa distribution. Dans notre cas, le remplissage concerne des liquides sensibles tels que les parfums.

I.2.2 Les différents types de remplissage

En fonction de leurs instructions, on identifie quatre (4) catégories de remplissage. [1.01] :

- Remplissage à niveau
- Remplissage débit métrique
- Remplissage volumétrique
- Remplissage pondéral

I.2.2.1 Le remplissage à niveau

I.2.2.1.1 Mode de fonctionnement

L'approche du remplissage à niveau est une technique de mesure qui fait appel à un niveau pour définir la quantité de liquide à injecter en dose. Cette technique est mise en œuvre pour les produits liquides, étant donné qu'ils sont transférés d'un réservoir de stockage vers un emballage final tout en étant dosés. Cette technique consiste de remplir le récipient jusqu'à un niveau déterminé ; lorsque le liquide bloque l'ouverture de décharge d'air, le flux se tarit. La quantité mesurée peut fluctuer en raison des tolérances dimensionnelles de la verrerie. Cette technique

offre la possibilité de mesurer des volumes différents tout en maintenant un niveau de remplissage constant. [1.02]

I.2.2.1.2 Les différents types de remplissage à niveau

On peut avoir un remplissage à niveau par plusieurs techniques :

❖ Remplissage gravitaire

Le remplissage gravitaire utilise la masse du liquide pour le transporter de la cuve vers l'emballage final. Il est donc impératif que la cuve soit installée en hauteur. Cette technique s'applique aux contenants rigides et/ou flexibles, ainsi qu'aux produits fluides ou liquides qui nécessitent une fermeture étanche bec/bouteille. [1.02]

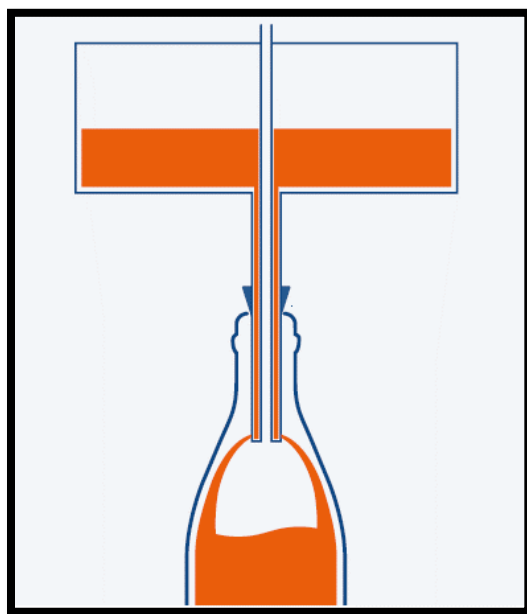


Figure I.1: Remplissage gravitaire

❖ Remplissage sous vide

Quant au remplissage sous vide, il s'agit de générer un vide à la sortie de l'orifice de distribution pour aspirer le liquide dans le flacon. L'excès de liquide est constamment éliminé par le trou de vide (réservoir de récupération. Cette technique s'applique aux contenants solides (sinon, le contenant se déforme) et aux produits. [1.02]

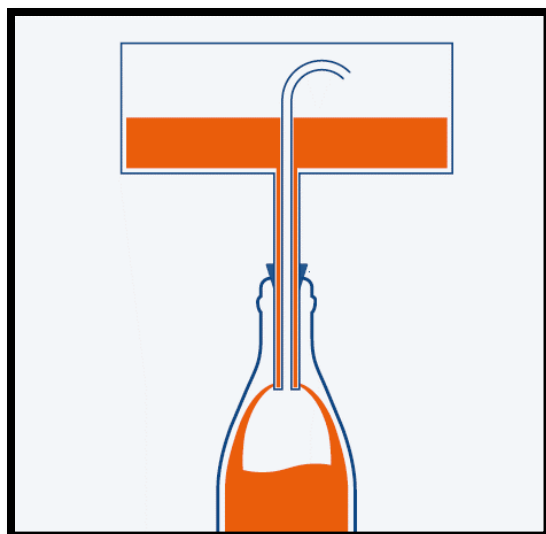


Figure I.2: Remplissage sous vide

❖ Remplissage isobarométrique

L'isobarométrie est une technique de remplissage qui fait usage à l'air comprimé en CO_2 pour équilibrer la pression du récipient de fermentation. L'écoulement sans mousse dans le récipient est rendu possible par la différence de pression. Cette technique est employée pour les contenants rigides et les produits contenant du CO_2 , tels que les gazeuses. [1.02]

❖ Remplissage isobarométrique sous atmosphère contrôlée

Le remplissage isobarométrique en atmosphère contrôlée associe le vide du récipient à l'introduction de gaz inerte (N_2 ou CO_2). On emploie cette méthode pour les emballages rigides et les produits susceptibles de s'oxyder, comme le vin. [1.02]

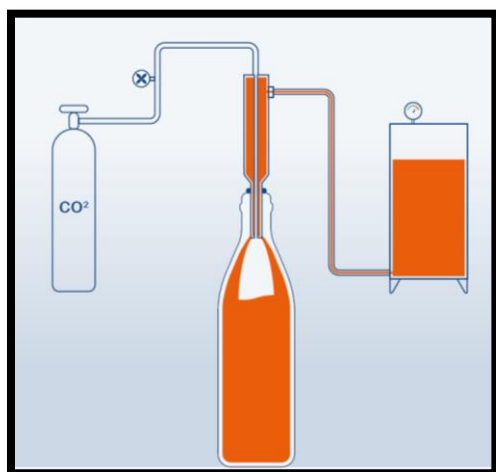


Figure I.3: Remplissage isobarométrique

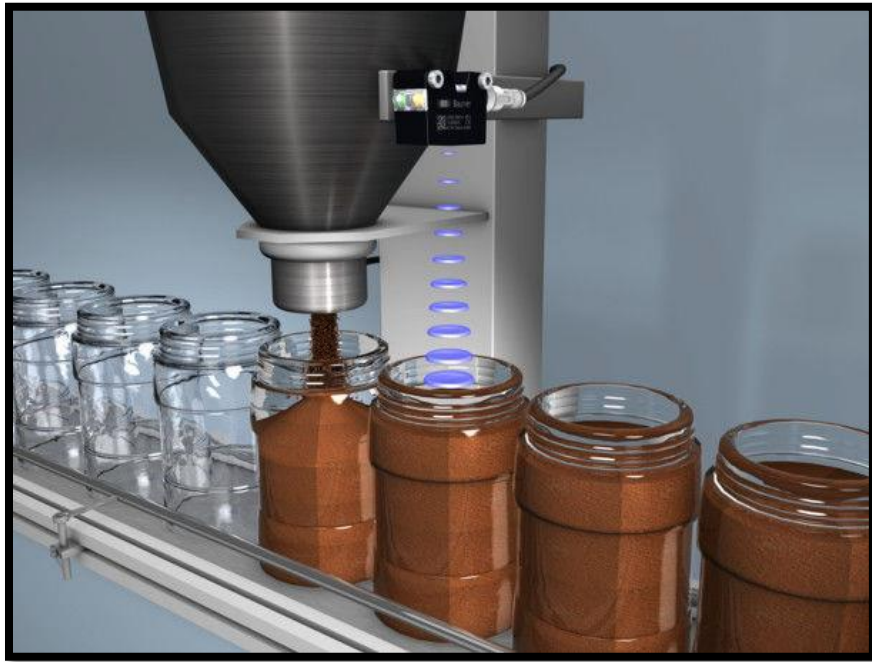


Figure I.4: Le remplissage à niveau [3.01]

La figure suivante nous montre un remplissage à niveau en générale :

1.2.2 Remplissage débitmétrique

1.2.2.1 Mode de fonctionnement du remplissage débitmétrique

Cette technique utilise un capteur en contact direct avec le produit, en d'autres termes, le débitmètre positionné sur le bac de remplissage se sert d'une valve qui bloque le circuit une lorsque la quantité nécessaire atteinte. Cette technique garantit la constante du poids et de la taille du produit mesuré. [1.03]

1.2.2.2 Les différents types de débitmètre

On peut utiliser plusieurs débitmètres pour doser un liquide :

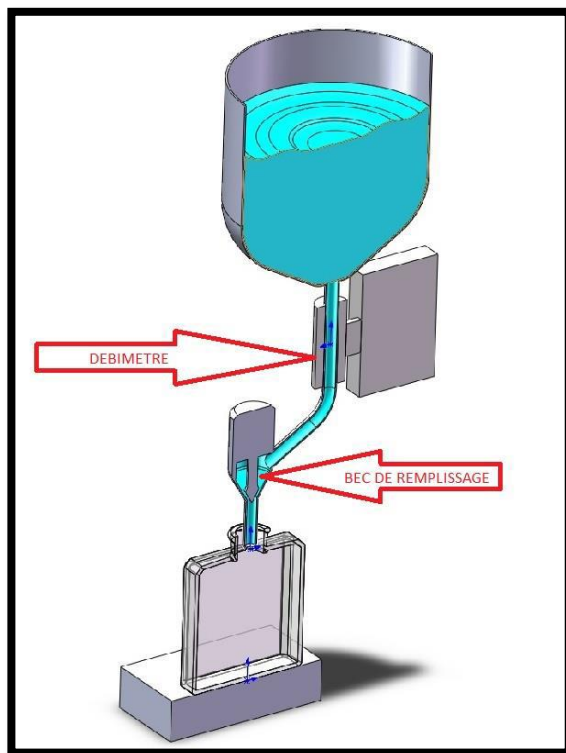
❖ Débitmètre électromagnétique

Ce débitmètre est composé d'un tube équipé de deux (2) électrodes générant un champ magnétique, tandis qu'une troisième électrode mesure la valeur de ce champ. La différence permet d'inférer la valeur et le flux du produit. Il est possible d'utiliser des contenants rigides,

des contenants flexibles et des produits liquides conducteurs à base d'eau pour une conductivité minimale de $10\mu\text{S}/\text{cm}$. [1.03]

❖ Débitmètre massique

Ce dispositif mesure la quantité de produit qui le traverse en termes de masse. Deux (02) tubes sont en contact direct avec le produit. Cette méthode permet le dosage de divers produits, tels



que l'huile. [1.03]

Figure I.5 : Remplissage débitmétrique [3.02]

I.2.2.3 Remplissage volumétrique

I.2.2.3.1 Mode de fonctionnement

Cette technique de remplissage volumétrique met en œuvre une pompe qui joue un double rôle : approvisionner le produit et assurer son dosage. Autrement dit, la pompe prélève un volume de produit d'une cuve pour ensuite l'injecter dans le conteneur. [1.04]

Cette méthode de remplissage est employée pour mesurer des produits liquides, visqueux, pâteux et même ceux contenant des morceaux.

Il existe une grande variété de pompes, et celle-ci offre un remplissage d'une précision élevée.

1.2.2.3.2 Les différents types de pompe

Plusieurs pompes peuvent être utilisées pour effectuer un remplissage volumétrique :

❖ Pompe péristaltique

Cette pompe péristaltique fonctionne grâce à la compression d'un tube flexible causée par la rotation de galets. Cet écrasement détermine la quantité de produit contenue dans le flacon. On peut configurer et programmer la pompe, car il est possible de modifier le diamètre du tuyau et d'ajuster la quantité de produit à administrer. [1.04]

❖ Pompe à piston

Le produit contenu dans la cuve est transféré à la chambre de dosage du piston via un mécanisme d'aspiration jusqu'à obtenir la quantité requise. Ensuite, le piston propulse le produit vers la vanne, puis finalement vers la tête de dosage. Les produits dosés se présentent sous forme de liquides, semi-liquides, pâteux ou avec des morceaux. [1.04]

❖ Pompe à piston rotatif

Le produit est aspiré dans un tube de dosage jusqu'à obtenir la quantité requise, puis le piston pivote pour fermer le premier orifice et ouvrir le second, acheminant ainsi le produit dosé vers l'embout de remplissage à travers ce deuxième orifice. Les liquides sont ceux qui sont dosés. [1.04]

❖ Pompe à engrenages

La pompe à engrenages est composée de deux (02) roues dentées qui effectuent une rotation à l'intérieur d'un boîtier doté d'une ouverture pour l'entrée et une autre pour la sortie du produit dosé. Le produit est entreposé entre le carter et le carter, puis il est orienté vers l'ouverture de sortie. Il est possible d'utiliser tous types de contenants (rigides, souples). Les produits visqueux et filants, tels que la colle et le miel, sont dosés avec précision. [1.04]

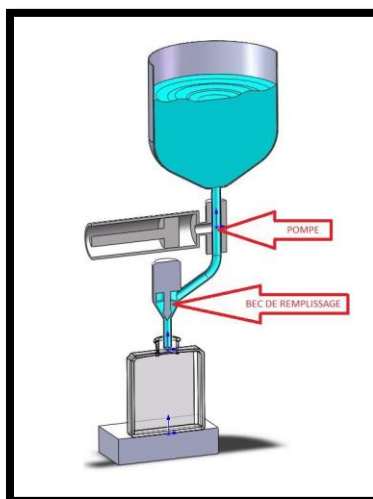
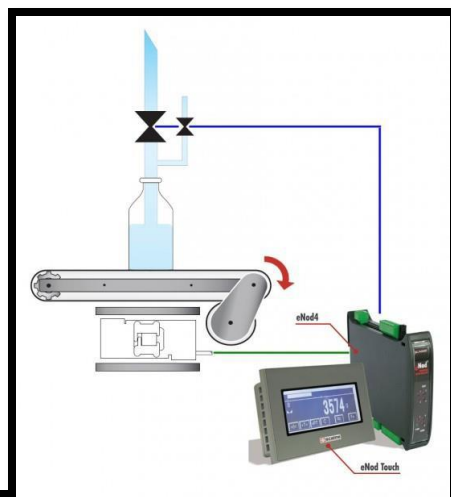


Figure I.6: Remplissage volumétrique [3.03]

Le figure suivant nous montre un remplissage volumétrique :

I.2.2.4 Remplissage pondéral

Le remplissage pondéral est une technique de mesure utilisée pour évaluer la quantité d'un produit en fonction de son poids. On désigne aussi cette technique sous le nom de dosage gravitaire. L'industrie des machines d'emballage et de conditionnement pour les produits liquides utilise la technique du remplissage pondéral. Cela s'applique à tous les produits et est uniquement basé sur la balance de l'appareil. L'usage de la technologie de remplissage basé sur le poids, intrinsèquement propre, entraîne une contamination moindre par rapport à la méthode du remplissage basé sur le volume. [1.05]



La figure ci-dessous nous montre un remplissage pondéral :

Figure I.7 : Remplissage pondéral [3.04]

I.2.3 Les différentes machines de remplissage

Il existe quatre (4) types de machine de remplissage :

- Machine de remplissage manuelle
- Machine de remplissage semi-automatique
- Machine de remplissage automatique linéaire
- Machine de remplissage automatique rotative

I.2.3.1 Machine de remplissage manuelle

• Définition

Une machine de remplissage manuel est un dispositif simple, économique et pratique, conçu pour le dosage manuel de liquides dans divers types de contenants tels que des bouteilles, des pots ou des flacons. Elle est particulièrement adaptée aux petites et moyennes productions nécessitant un dosage précis et contrôlé. Ce type de machine convient aussi bien aux liquides fluides qu'aux produits semi-visqueux comme les huiles, sirops, sauces, crèmes, shampoings ou engrais. Fabriquée généralement en acier inoxydable pour les parties en contact avec le produit, elle garantit une bonne hygiène et une résistance à la corrosion. Facile à entretenir, elle permet un démontage rapide de la trémie et du bec pour un nettoyage efficace. [1.06]

Mode de fonctionnement de machine de remplissage manuelle

Le fonctionnement d'une machine de remplissage manuel repose sur l'action directe de l'opérateur. Voici les étapes principales :

- Le liquide est versé manuellement dans une trémie (réservoir).
- L'opérateur actionne un levier ou une poignée, ce qui active une pompe à piston manuelle.

- Cette pompe aspire une quantité réglée de liquide, généralement comprise entre 5 et 50 ml par cycle, et la délivre via un bec en acier inoxydable dans le récipient.
- La cadence de remplissage dépend directement de la vitesse de l'opérateur, pouvant atteindre entre 20 et 30 dosages par minute, soit environ 0,5 à 1,5 litre par minute.

Certaines machines permettent d'intégrer une balance pour effectuer un dosage au poids plus précis, selon les besoins de production. Ce mode de fonctionnement simple permet une grande flexibilité et une utilisation dans divers secteurs comme l'agroalimentaire, la cosmétique, la pharmacie ou encore la chimie.



La figure ci-dessous nous montre une machine de remplissage manuelle :

Figure I.8: Machine de remplissage manuelle [3.05]

I.2.3.2 Machine de remplissage semi-automatique

• Définition

La machine de remplissage semi-automatique est un équipement industriel qui permet de conditionner des produits semi-liquides ou liquides. Elle est utilisée dans différents secteurs tels que la cosmétique, la pharmacie, la chimie et l'agroalimentaire. La remplisseuse semi-automatique permet remplir les contenants de 20 à 2000 ml : pot, sachet, etc. Cette machine est dotée d'un fonctionnement semi-automatique, ce qui signifie qu'un opérateur doit actionner une pédale pour lancer chaque cycle de remplissage. [1.07]

• **Mode de fonctionnement de la machine de remplissage semi-automatique**

Le processus de remplissage semi-automatique se déroule en plusieurs étapes :

- Configuration du cycle de remplissage sur l'écran de contrôle de la machine par l'opérateur.
- Remplissage de la trémie du produit qu'on souhaite doser et placage du récipient sous le bec de sortie.
- Dosage du produit par un système de plateau vibrant et de clapet.
- Changement de récipient et l'opérateur actionne un nouveau cycle de remplissage à l'aide de sa pédale.

La figure ci-dessous nous montre une machine de remplissage semi-automatique :



Figure I.9 : Machine de remplissage semi-automatique [3.06]

I.2.3.3 Machine de remplissage automatique linéaire

• Définition

La machine de remplissage automatique linéaire est une machine utilisée pour remplir des contenants, tels que des flacons, des bouteilles ou des bidons, avec différents types de liquides, tels que des produits alimentaires, cosmétiques ou chimiques. Les machines de remplissage automatique linéaire ont une structure en Inox304 L, une architecture modulaire, une implantation personnalisée et les technologies de dosage utiles pour le remplissage du produit. Les machines de remplissage automatique linéaire peuvent être équipées de pompes

volumétriques, de pompes péristaltiques ou de compteur débitmétrique. Elles peuvent doser tous types de produits, car elles sont équipées avec des buses de remplissage de dernière génération. [1.07]

- **Mode de fonctionnement de la machine de remplissage automatique linéaire**

Les machines de remplissage automatique linéaire sont équipées de différents types de systèmes, tels que des systèmes d'alimentation en entrée par exemple les tables rotative ou tapis modulaires, des systèmes de convoyages, des systèmes de dosage et remplissage automatique, des systèmes de bouchage, des systèmes d'étiquetage automatique, des systèmes de fin de ligne, des systèmes de marquage. [1.07]



Figure I.10 : Machine de remplissage automatique linéaire [3.07]

- **Le convoyeur**

Le convoyeur est un élément fondamental dans une ligne de remplissage linéaire. Il s'agit d'un système de transport motorisé conçu pour déplacer les contenants, tels que les flacons ou les bouteilles, de manière fluide et contrôlée tout au long du processus de production. Grâce à une bande transporteuse animée par un moteur, les contenants sont acheminés automatiquement vers la station de remplissage, puis vers les étapes suivantes comme le bouchage ou l'étiquetage. Le convoyeur assure non seulement le déplacement, mais aussi le positionnement précis des

contenants sous les buses de remplissage, garantissant ainsi un cycle de travail continu, rapide et synchronisé avec le reste des équipements de la ligne. Sa conception simple, sa fiabilité et sa

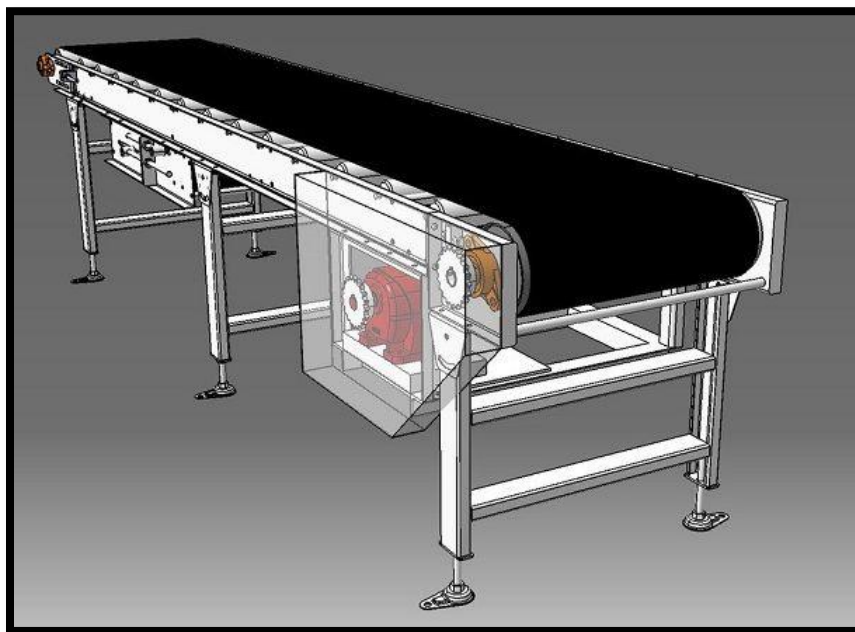


Figure I.11: Un convoyeur

compatibilité avec différents formats de contenants en font un composant essentiel pour améliorer l'efficacité et la productivité d'une machine de remplissage automatique. [1.08]

I.2.3.4 Machine de remplissage automatique rotative

• Définition

La machine de remplissage automatique rotative est une machine qui permet de remplir des contenants avec des produits liquides ou crémeux, de les sceller, de les boucher et de les étiqueter. Elle est adaptée à de nombreux types et tailles de pots et peut être équipée de plusieurs fonctions. Cette machine est très utilisée dans l'industrie agroalimentaire pour remplir des produits alimentaires tels que les yaourts, les sauces, les confitures, etc. [1.07]

• Mode de fonctionnement de la machine de remplissage automatique rotative

Le fonctionnement de la machine de remplissage automatique rotative se base sur un système de roues étoile, une roue en plastique solide avec des poches usinées à intervalles donnés pour contenir le conteneur spécifique. Le conteneur est alors rempli lors du mouvement de rotation de

l'étoile sur la ou les stations de remplissage. Les bouchons des conteneurs sont ensuite appliqués sur le poste de pré-serrage et resserrés sur le poste de resserrage final. Ensuite, les conteneurs remplis et fermés sont déplacés vers le convoyeur de sortie pour un traitement ultérieur. [1.07]

Cette machine de remplissage est équipée d'un carrousel qui transport les produit de l'entrée à la sortie, cette machine aussi facilite la tâche et l'entretien des matériels.

• **Les particularités de la machine de remplissage automatique rotative :**

- Les roues étoiles et les guides sont interchangeables pour les conteneurs de différents formes et tailles. Avec un minimum de changement, ils permettent un transport et un guidage précis des conteneurs pour effectuer le remplissage et le bouchage.
- Le remplissage peut être une seule station sur roue étoile ou, par exemple, de deux sections avec remplissage initial et remplissage, ou même plusieurs stations de remplissage.
- L'alimentation des bouchons de conteneurs peut être organisée avec un alimentateur vibrant, un alimentateur centrifuge, un alimentateur pas à pas ou un système de débrouillage et triage.
- Un bouchon est appliqué sur un conteneur sur le poste de pré-serrage. Les conteurs avec bouchons pré-appliqués sont indexés plus loin par la roue étoilée vers la station de pré-couple de bouchon où ils sont serrés.
- Le remplissage et le bouchage peuvent être effectués soit avec des étoiles séparées, soit avec la même étoile pour les processus de remplissage et de bouchage.

L'image suivante nous montre une machine de remplissage automatique rotative :



Figure I.12 : Machine de remplissage automatique rotative [3.08]

I.2.4 Les critères à savoir pour choisir la machine

Lors du choix d'une machine de remplissage, plusieurs critères doivent être pris en compte. Les critères importants sont les suivants : [1.09]

- Le contenant : il est aussi essentiel de considérer la nature du contenant, son matériau, sa configuration et ses dimensions, car les équipements de remplissage peuvent être spécialisés pour chaque variété de récipient. Ainsi, il est essentiel d'établir si vous avez besoin d'une remplisseuse de bouteilles, de sacs, de pots, etc.
- Le contenu : il est essentiel de prendre en compte la nature du produit, qu'il soit liquide, visqueux, mousseux, pâteux, gazeux ou solide, car les équipements de remplissage peuvent être adaptés à chaque catégorie de produit.

- Le mode de fonctionnement : les remplisseuses peuvent être manuelles, semi-automatiques et automatiques. Les remplisseuses manuelles sont recommandées pour les productions à petite échelle comme par exemple dans les laboratoires. Les remplisseuses semi-automatiques sont équipées d'une source d'alimentation électrique pour le processus de remplissage mais obligent l'opérateur à placer manuellement les récipients et à lancer le remplissage en appuyant sur un bouton ou une pédale. Les remplisseuses automatiques sont entièrement automatisées et fonctionnent sans l'intervention d'un opérateur.
- La cadence de produit : elle dépend de vos besoins de production suivant la taille de votre entreprise. Les petites remplisseuses ont des cadences de production exprimées en nombre de récipients par heure alors que les grandes ont des cadences indiquées en nombre de récipients par minute.
- L'espace disponible dans vos locaux : une remplisseuse peut être relativement encombrante, alors vous devez assurer d'avoir suffisamment de place dans votre espace de travail.
- L'entretien : si vous utiliser votre remplisseuse pour doser des différents liquides, il vous faudra la nettoyer à chaque fois que vous changerez de liquide. Cependant, vous pouvez opter pour une remplisseuse électrique avec un système de nettoyage intégré qui nettoie la machine sans que vous ayez à la démonter.

I.2.5 Domaine d'application

Le domaine d'application des machines de remplissage automatique est très vaste et concerne principalement l'industrie de la production de liquides, de produits alimentaires, cosmétiques, pharmaceutiques ou chimiques. Par exemples :

- Usine de production de parfum
- Usine de production des boissons
- Usine de production d'huile
- Usine de production du lait
- Usine de production de l'eau
- Usine de production des gaz

I.2.6 Avantages et inconvénients de la machine de remplissage automatique

I.2.6.1 Avantages de l'utilisation d'une remplisseuse automatique

La remplisseuse est une machine largement utilisée qui offre un certain nombre d'avantages dans le secteur de production. Ci-dessous les avantages les plus courants dans l'utilisation de la machine de remplissage automatique : [1.10]

- Évolution du taux de production : l'emploi d'un équipement de remplissage autorise les entreprises de conditionnement à intensifier leur cadence de production.
- Une production améliorée grâce à la polyvalence : les machines de remplissage automatiques ne sont pas uniquement destinées à remplir un unique produit ou type de conteneur.
- Garantie de la constance : lors du remplissage manuel des contenants avec les produits, il existe une possibilité que le volume de produit ne soit pas uniforme. Les équipements de remplissage intégrant des systèmes de dosage minimisent le danger d'écarts dans la quantité.
- Adaptation de l'équipement : les équipements de remplissage peuvent être adaptés et évolués selon les exigences spécifiques de l'entreprise.
- Pas besoin d'un opérateur : les équipements de remplissage automatiques suppriment la nécessité d'une intervention manuelle.

I.2.6.2 Inconvénients de la machine

Les machines de remplissage automatique apportent de nombreux avantages, notamment en termes de productivité, de précision et d'efficacité. Cependant, elle présente également certains inconvénients comme :

- Coût initial élevé : le coût initial d'une machine de remplissage automatique peut être assez élevé, surtout par rapport à une machine semi-automatique.
- Complexité d'entretien : les machines de remplissage automatique peuvent être plus complexes à entretenir et à réparer que les machines manuelles.
- Besoins de formation spécifiques : les opérateurs de machine de remplissage automatique peuvent nécessiter une formation spécifique pour utiliser correctement la machine.

- Flexibilité limitée : les machines de remplissage automatique peuvent moins flexibles que les machines manuelles ou semi-automatique.
- Risques associés à l'automatisation : comme pour toutes machines automatisées, il existe des risques d'erreurs ou de dysfonctionnements qui peuvent affecter la production.

I.3 Choix de la solution adaptée

En fonction de la nature du produit (parfum), de la précision requise et du budget du projet, nous optons pour le développement d'une machine de remplissage automatique rotative pour augmenter la production basée sur : une pompe, des capteurs de détection, un microcontrôleur (Arduino), et une conception simple et facile à utiliser.

I.4 Conclusion :

Cette étude théorique nous avons présenté une vue d'ensemble du remplissage automatique, en détaillant les diverses méthodes de remplissage : le remplissage à niveau, le remplissage débitmétrique, le remplissage volumétrique et le remplissage pondéral. Puis vient le choix de la machine à remplir, suivi des divers champs d'application, ainsi que des bénéfices et désavantages de l'emploi d'une remplisseuse automatique.

Chapitre II :

Structure d'un système automatisé

II.1 Introduction :

Ce chapitre présente de manière détaillée les différents éléments matériels utilisés pour la conception, l'automatisation et le fonctionnement de notre système. Chaque composant a été sélectionné en fonction de sa fonctionnalité, sa compatibilité avec les autres éléments, sa fiabilité ainsi que son coût. Nous présenterons également les composants essentiels pour la conception de notre machine de remplissage de parfums

II.2 Définition sur le système automatisé

Un système automatisé est un ensemble d'éléments organisés qui exécutent un ensemble de tâches programmées, de manière autonome, sans intervention humaine directe et continue. L'homme intervient principalement pour la programmation initiale, le démarrage, l'arrêt et la maintenance du système. L'objectif principal de l'automatisation est d'accroître la productivité, la sécurité, la fiabilité et la qualité des processus, tout en réduisant la pénibilité des tâches pour l'homme.

II.3 Étude des composants essentiels du système

II.3.1 Unité de contrôle (Arduino) :

• Définition général

Arduino est une plateforme open-source de développement électronique qui permet de créer des projets interactifs en associant des composants électroniques (capteurs, actionneurs, etc.) à une carte de développement programmable.

La carte Arduino est basée sur un microcontrôleur et est équipée d'un certain nombre de broches d'entrée/sortie qui permettent de connecter différents composants électroniques. Elle est également équipée d'un port USB qui permet de la programmer et de la relier à un ordinateur. Le logiciel Arduino, également open-source, est utilisé pour programmer la carte Arduino et pour contrôler les différents composants électroniques. Il est basé sur le langage de programmation C++ simplifié et fournit une bibliothèque de fonctions pour faciliter la programmation des projets.

La plateforme Arduino est devenue très populaire dans le domaine de l'électronique et de la robotique en raison de sa simplicité, de sa flexibilité et de son accessibilité. Elle est utilisée pour

une grande variété de projets, allant des projets éducatifs aux projets industriels et artistiques. [2.01]

Le rôle de l'Arduino sur notre projet :

L'Arduino (microcontrôleur) reçoit les signaux provenant des capteurs de présence de flacon (Capteur IR), les analyses en temps réel, puis envoie des signaux de commande appropriés pour actionner la pompe de remplissage et les moteurs assurant le déplacement du convoyeur et le positionnement précis des flacons. Cette gestion permet de synchroniser les étapes du processus de remplissage afin d'assurer un fonctionnement automatique, fiable et efficace de la machine.

Les différents types des cartes Arduino

Il existe plusieurs types de cartes Arduino disponibles, chacune ayant ses propres caractéristiques et fonctionnalités. La Figure (II.1) présente la différente carte Arduino que l'on trouve

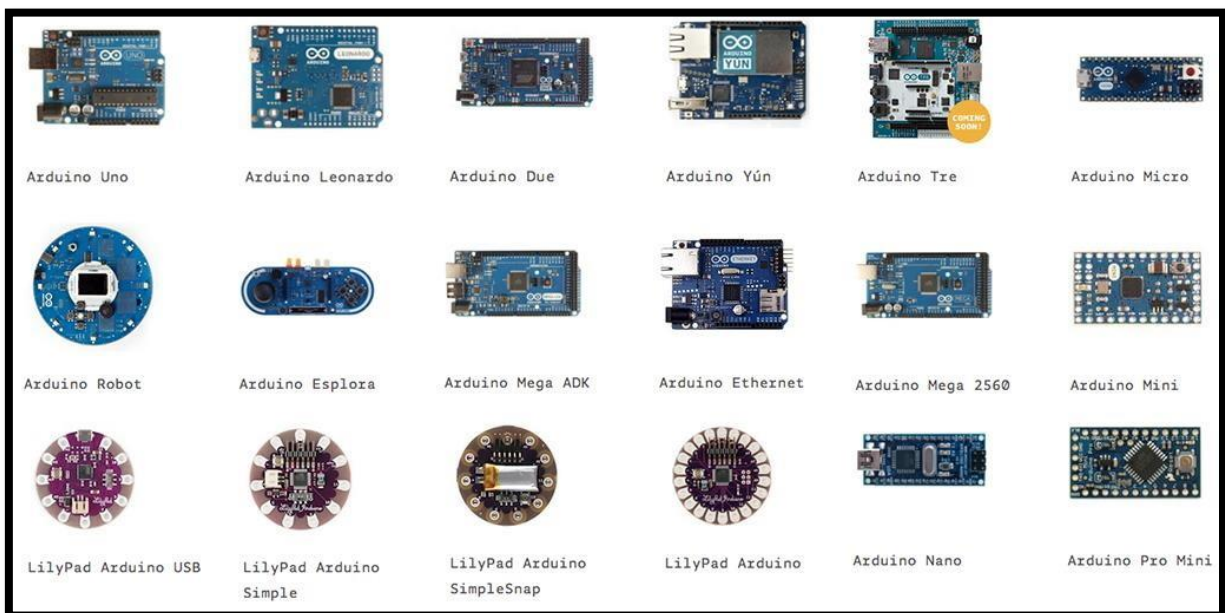


Figure II.13: Types des cartes Arduino

généralement sur le marché :

Notre choix et justification :

Parmi ces différentes cartes, notre choix s'est porté sur la carte Arduino Mega2560 pour notre travail. La sélection de cette carte est déterminée, d'une part, par ses performances, puisqu'elle

propose une grande capacité de mémoire et un nombre significatif d'entrées/sorties. Cela permettra même de répondre à tous les besoins possibles pour un développement complexe. D'une part, elle est largement accessible sur le marché, se classant juste après l'Arduino UNO en termes de diffusion, et d'autre part, son prix reste économique.

II.3.1.1 Arduino Mega 2560

L'Arduino Mega 2560 est une carte microcontrôleur basée sur l'ATmega2560. Elle dispose de 54 broches d'entrée/sortie numériques (dont 15 peuvent être utilisées comme sorties PWM), de 16 entrées analogiques, de 4 UART (ports série matériels), d'un oscillateur à quartz 16 MHz, d'une connexion USB, d'une prise d'alimentation, d'un connecteur ICSP et d'un bouton de réinitialisation. Elle contient tout le nécessaire pour la prise en charge du microcontrôleur : il suffit de la connecter à un ordinateur avec un câble USB ou de l'alimenter avec un adaptateur secteur ou une batterie. La carte Mega 2560 est compatible avec la plupart des shields conçus

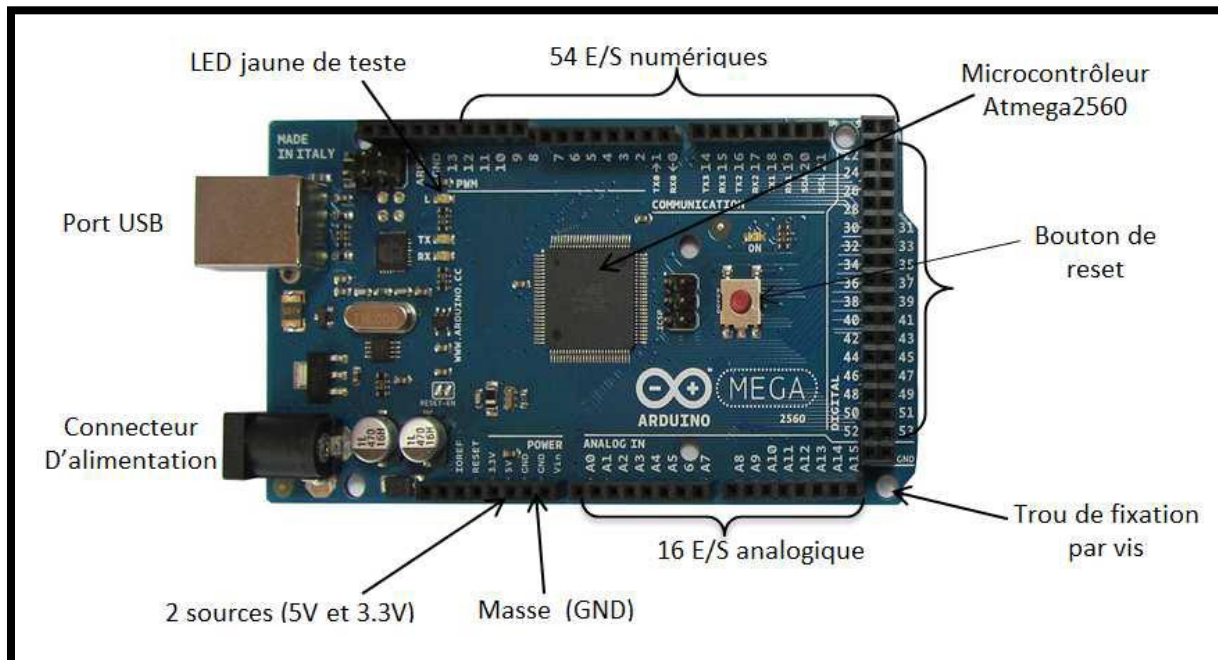


Figure II.14: Arduino Mega 2560

pour l'Uno et les anciennes cartes Duemilanove ou Diecimila. [2.02]

II.3.1.2 Le logiciel pour programmer la carte Arduino

• Définition

Le logiciel Arduino IDE (Integrated Development Environment) est un environnement de développement libre, conçu pour programmer des cartes électroniques de la plateforme Arduino. Il permet aux utilisateurs d'écrire des programmes (appelés sketches) en langage C/C++, de les compiler et de les téléverser sur des cartes telles que Arduino Uno, Mega, Nano, etc.

Conçu pour être accessible aux débutants comme aux experts, l'Arduino IDE intègre tous les outils nécessaires pour le développement embarqué : éditeur de code, compilateur, chargeur, moniteur série, et gestionnaire de bibliothèques.

• Interface du logiciel Arduino IDE

L'interface du logiciel Arduino est simple, épurée et intuitive. Elle se compose de plusieurs éléments clés :

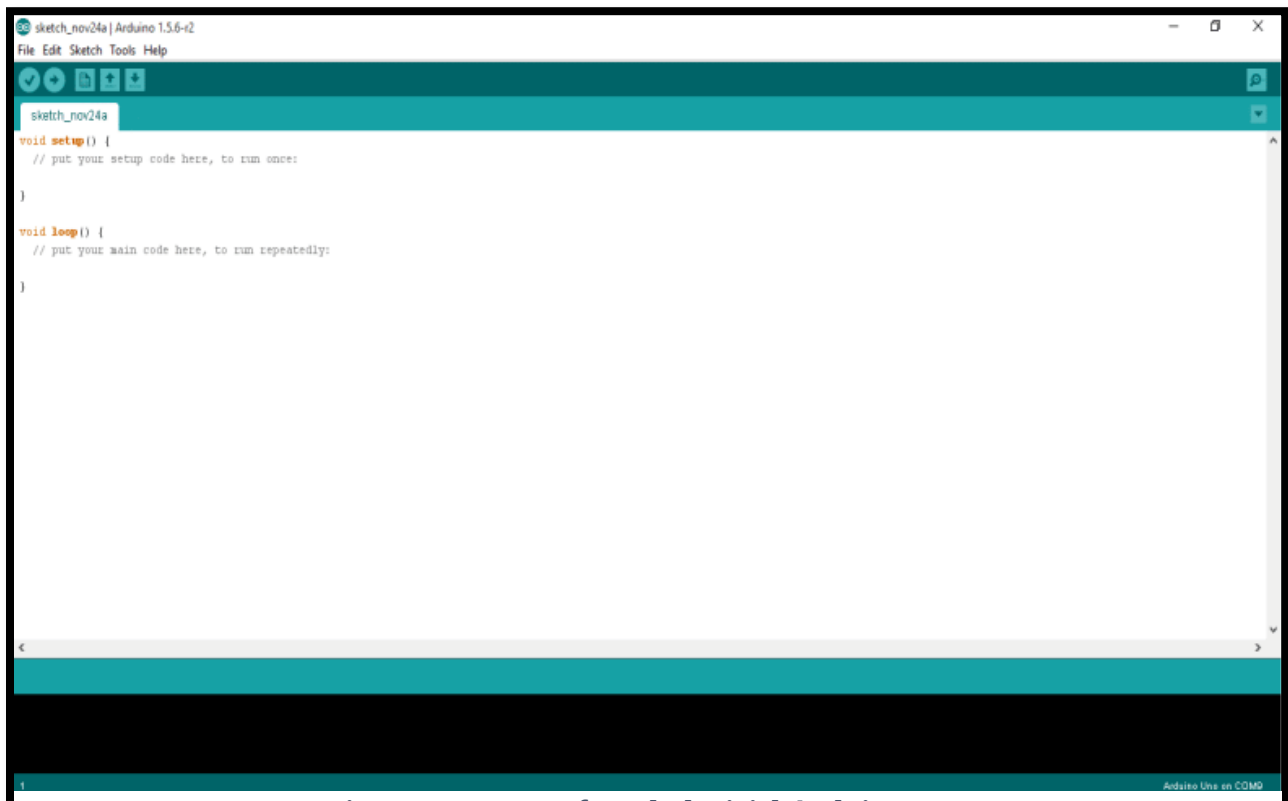


Figure II.15: Interface du logiciel Arduino IDE

Barre d'outils principale

Située en haut de l'écran, elle contient les boutons suivants :

- Vérifier () : Vérifie le code pour détecter les erreurs.
- Televerser () : Compile le code et l'envoie à la carte Arduino.
- Nouveau () : Cree un nouveau sketch.
- Ouvrir () : Charge un sketch existant.
- Enregistrer () : Sauvegarde le sketch.
- Moniteur série () : Affiche les données de la carte via port série.

Zone d'Édition

L'espace central est un éditeur de texte avec coloration syntaxique pour rendre le code plus lisible.

Console de sortie

Affiche les messages lors de la compilation ou du televersement pour aider au débogage.

Barre de menus

Permet un accès aux fonctions :

- Fichier : Nouveau, Ouvrir, Enregistrer, Préférences.
- Edition : Copier, Coller, Rechercher.
- Croquis : Vérifier, Televerser, Inclure bibliothèque.
- Outils : Sélection du port et de la carte.
- Aide : Documentation et mises à jour.

II.3.1.3 Montage de L'arduino

1. Câbles de connexion (Jumpers)

Les câbles de connexion (ou jumpers) sont des fils souples utilisés pour établir des connexions rapides et temporaires entre les composants électroniques et les broches de la carte Arduino ou d'une plaque d'essai.

Types courants :

- **Mâle-mâle** : pour connecter une breadboard à une autre ou à une carte Arduino
- **Mâle-femelle** : pour connecter des broches Arduino à des modules
- **Femelle-femelle** : pour relier des modules ensemble

Rôle dans le projet :

Ils permettent de relier facilement les capteurs, moteurs, relais et autres modules à la carte



Figure II,16: Câbles de connexion

Arduino sans soudure, facilitant ainsi les tests et le câblage rapide.

2. Plaque d'essai (Breadboard)

La plaque d'essai, ou breadboard, est une plaque en plastique dotée de rangées de trous conducteurs permettant d'insérer des composants électroniques et de les connecter entre eux sans soudure.

Caractéristiques :

- Organisation en lignes et colonnes avec une alimentation centrale
- Réutilisable
- Idéale pour les phases de test et de prototypage

Rôle dans le projet :

Elle est utilisée pour assembler et tester temporairement les circuits électroniques du projet Arduino (capteurs, relais, etc.) avant leur intégration définitive.

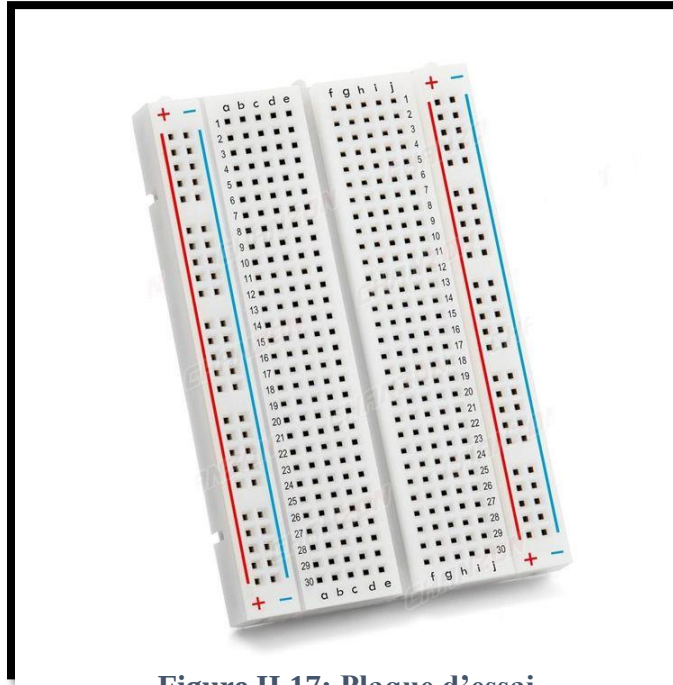


Figure II.17: Plaque d'essai

II.3.2 Les capteurs (Sensors)

Un capteur est un dispositif qui détecte une grandeur physique, chimique ou biologique (comme la température, la pression, la lumière, la position, le niveau, la présence d'un objet, etc.) et la transforme en un signal électrique (analogique ou numérique). Ce signal peut ensuite être interprété par un système de contrôle, tel qu'un microcontrôleur ou un automate, pour prendre des décisions automatiques dans un processus industriel.

Les capteurs jouent un rôle essentiel dans les systèmes automatisés, car ils fournissent les informations nécessaires pour surveiller l'état du système et adapter son comportement en temps réel. [2.03]

II.3.2.1 Le capteur infrarouge

Un capteur infrarouge est un dispositif électronique capable de détecter les variations du rayonnement infrarouge dans son milieu environnant. La diode réceptrice capte ou ne capte pas

la lumière infrarouge émise par la diode émettrice, qui est renvoyée ou non par un obstacle.
[2.04]

La distance de détection de ce module est variée de 2 à 30cm à l'aide d'un potentiomètre, il faut tourner le potentiomètre :

- Dans le sens horaire pour augmenter la distance de détection
- Dans le sens antihoraire pour diminuer la distance de détection

Il y a trois (03) broches sur ce module :

- VCC : connecté sur une broche 3.3V ou 5V
- GND : connecté à la masse
- OUT : connecté sur une entrée numérique

Ci-dessous une photo de ce capteur :

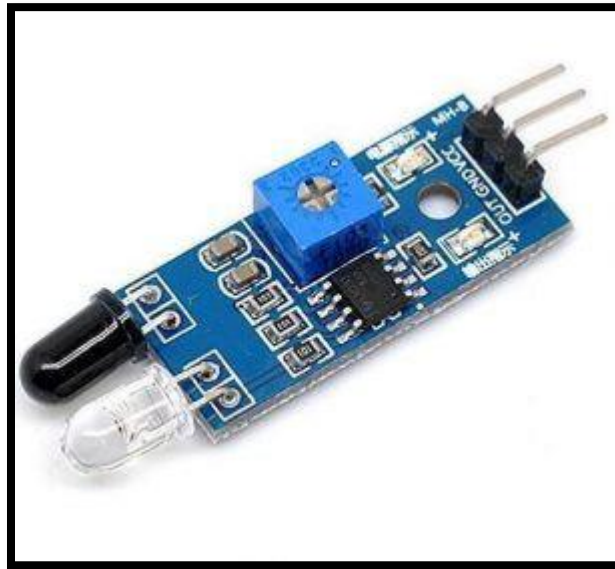


Figure II.18: Un capteur infrarouge

Les avantages :

- Sans contact (pas d'usure mécanique).

- Réactif et rapide.
- Faible consommation d'énergie.
- Facile à intégrer avec des microcontrôleurs (Arduino).

Le rôle du capteur infrarouge sur notre projet :

Le capteur infrarouge joue un rôle essentiel dans l'automatisation du système. Il permet de contrôler le déroulement des opérations avec précision et fiabilité, tout en réduisant les risques de gaspillage et en assurant un fonctionnement efficace.

1. Détection de la présence du flacon :

Le capteur infrarouge est utilisé pour détecter automatiquement la présence du flacon au bon emplacement, que ce soit pour le remplissage ou la fermeture. Lorsque le flacon est détecté (grâce au faisceau infrarouge réfléchi), le capteur envoie un signal au microcontrôleur (Arduino) pour déclencher l'opération suivante.

2. Sécurité et précision :

Grâce à ce capteur, aucune opération ne commence sans flacon en place, ce qui évite :

- Les pertes de parfum,
- Les erreurs de fonctionnement,
- Et améliore la précision du système.

3. Synchronisation des étapes :

Le capteur infrarouge permet aussi de synchroniser les différentes étapes de la machine. Par exemple, la table rotative ne tourne que si l'opération précédente est bien terminée, assurant ainsi une bonne coordination.

II.3.3 Les pré-actionneurs

Un pré-actionneur est un dispositif qui permet de distribuer l'énergie utile aux actionneurs sur ordre de la partie commande. Il est utilisé pour commander des puissances en fonction d'un signal de commande de faible puissance. Le pré-actionneur est donc un constituant dont le rôle est de générer l'énergie de commande de l'actionneur. Il est utilisé pour transmettre un ordre de la partie commande à la partie opérative. [2.05]

II.3.3.1 Les pré-actionneurs utilisés dans le prototype :

II.3.3.1.1 Relais électrique

Un relais électrique est un interrupteur électromécanique qui permet de commander un circuit électrique de puissance (comme un moteur ou une pompe) à l'aide d'un courant de faible intensité, généralement fourni par un microcontrôleur (comme une carte Arduino).

Il fonctionne grâce à un électroaimant qui, lorsqu'il est alimenté, attire un contact mobile permettant d'ouvrir ou de fermer un autre circuit électrique.

Le module possède trois broches pour le contrôle depuis le microcontrôleur et trois broches pour connecter un circuit puissance. [2.06]

Dans la partie commande, il y a trois broches :

- GND : pour la masse avec la commande
- VCC : pour la tension de la commande
- IN : pour la liaison avec le microcontrôleur

Dans la partie puissance, il y a le :

- COM : pour la masse
- NC : si on utilise le relais comme fermer
- NO : si on utilise le relais comme ouvert

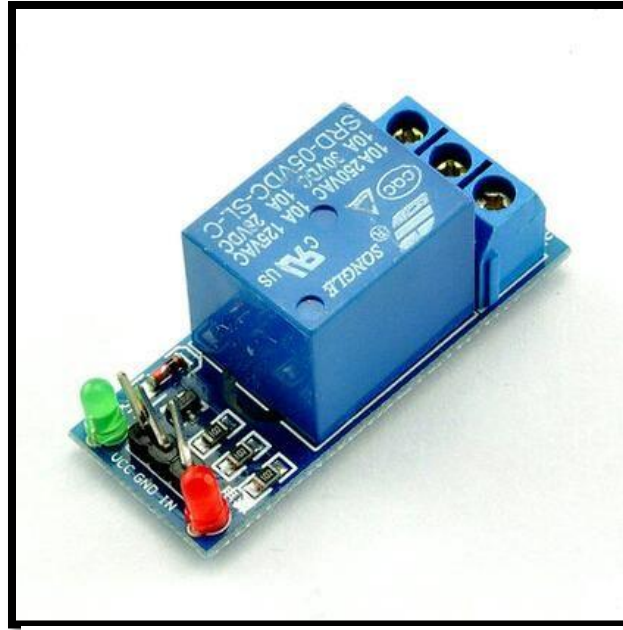


Figure II.19: Relais électrique

Rôle du relais dans notre projet

Dans le cadre de votre machine de remplissage de parfums :

- **Commande de la pompe**

Le relais permet à l'Arduino, qui travaille avec une tension faible (5V), de commander la pompe de remplissage qui nécessite une tension ou un courant plus élevé (12V).

- **Séparation électrique (isolation)**

Le relais agit comme interface de sécurité entre la partie commande (Arduino) et les éléments de puissance (pompe, moteur, vérin), protégeant le microcontrôleur des surtensions ou courants élevés.

- **Automatisation des actions**

En activant le relais par programme, l'Arduino peut démarrer ou arrêter automatiquement les actions comme :

- Le remplissage du flacon (pompe),
- L'activation du vérin pneumatique (via le compresseur),
- Ou l'entraînement de moteurs (convoyeur et plateau rotative).

II.3.4 Les actionneurs

Ce sont des objets qui transforment l'énergie qui lui est fournie en un phénomène physique qui fournit un travail, modifie le comportement ou l'état d'un système. [2.07]

II.3.4.1 Moteur DC

Un moteur de lève-vitre électrique est un moteur à courant continu (DC) conçu pour actionner le mécanisme d'ouverture et de fermeture des vitres dans les véhicules. Il est souvent associé à un réducteur mécanique interne (engrenage) pour fournir un mouvement rotatif lent et puissant, capable de déplacer une vitre ou tout autre composant mécanique.

Caractéristiques principales :

- Alimentation : 12V DC (courant continu)
- Sens de rotation réversible (selon la polarité)
- Puissant et compact
- Utilisation : Lève-vitres, petits systèmes de levage ou translation



Figure II.20: Un moteur de lève-vitre

Rôle dans votre projet :

Dans le cadre de votre machine de remplissage et de bouchonnage rotative, ce moteur est utilisé comme actionneur mécanique pour faire fonctionner le convoyeur car il possède un couple important qui est capable de déplacer le tapis même s'il transporte des bouteilles.

II.3.4.2 Moteur pas à pas :

Un moteur pas à pas est une catégorie de moteur électromécanique employée pour transformer les impulsions électriques en action mécanique. Il est défini par sa faculté à opérer des mouvements angulaires ou linéaires par étapes discrètes, nommées pas. Ils présentent de nombreux bénéfices comme une localisation exacte, une gestion du mouvement dans les deux sens, un couple majeur au début.

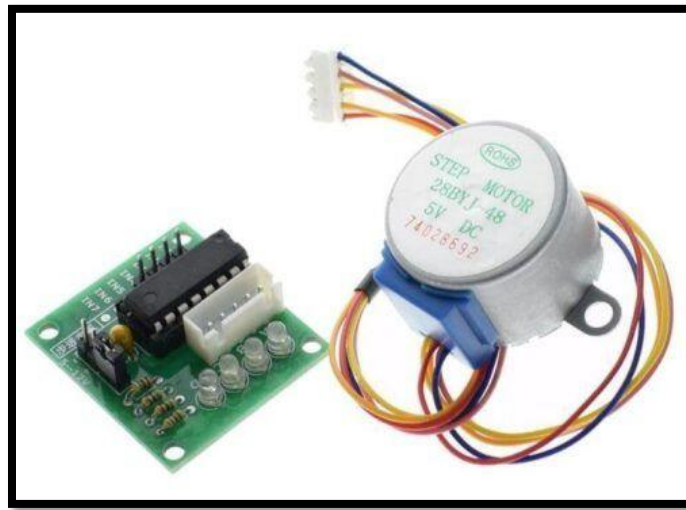


Figure II.21: Moteur pas à pas avec driver

Rôle dans votre projet :

Dans le cadre de votre machine de remplissage automatique et de bouchonnage, le moteur pas à pas est utilisé pour :

- Tourner la plateforme rotative (ou plateau de distribution des flacons)
- Positionner les flacons avec précision pour l'opération de remplissage et de bouchage
- Synchroniser les mouvements avec les autres actionneurs (pompes, vérins...)

Ce moteur est essentiel pour assurer un défilement contrôlé et cadencé des flacons afin de garantir le bon fonctionnement automatique de la machine.

II.3.4.3 Le servomoteur

Un servomoteur est un petit moteur électrique équipé d'un système de rétroaction (généralement un potentiomètre) qui permet de contrôler précisément la position angulaire de son axe. Il peut



Figure II.22: Servomoteur

être commandé par une carte Arduino.

Rôle dans notre projet de remplissage de flacons de parfum

Dans notre système :

- Le servomoteur est utilisé pour libérer les bouchons un par un de manière contrôlée.
- Il actionne une petite barrière ou trappe qui laisse tomber un bouchon à chaque passage de flacon.
- Cela évite l'encombrement ou la chute multiple de bouchons, garantissant un processus de bouchage fluide et automatisé.

Avantages du servomoteur :

- Précision de mouvement,
- Faible consommation,
- Facilité de commande avec Arduino,

- Compact pour les systèmes intégrés.

II.3.4.4 La pompe

Une pompe de lave-glace (d'essuie glasses) est un petit moteur électrique utilisé dans les véhicules pour pomper le liquide lave-glace du réservoir vers les gicleurs qui pulvérisent ce liquide sur le pare-brise.

Caractéristiques principales d'une pompe lave-glace :

- Type de moteur: moteur électrique 12V (parfois 24V pour camions).
- Débit: généralement entre 1 et 3 L/min.
- Pression faible: juste suffisante pour projeter le liquide.
- Petite taille et facile à intégrer dans des systèmes compacts.

Avantages pour un projet comme une machine de remplissage :

- Facile à commander via un relais ou une carte Arduino.
- Peut être utilisée pour des liquides de faible viscosité (comme l'eau, parfum...).
- Faible consommation énergétique.

Les limites :

Pas conçue pour les liquides visqueux ou corrosifs.

Pas très précise pour les petits dosages (moins de 10 ml par cycle).

Rôle dans notre projet :

Nous avons utilisé la pompe pour transférer le parfum depuis le réservoir vers les têtes de remplissage, en la combinant avec un temps de marche contrôlé par Arduino pour gérer le volume.



Figure II.23: Une pompe d'essuie glasses

II.3.4.5 Le vérin pneumatique

Un vérin permet de transformer une énergie pneumatique, hydraulique en énergie mécanique de translation 1comme l'illustre cette figure.



Figure II.24: Fonction de la chaîne d'énergie

Un vérin est constitué d'un cylindre (tube) dans lequel se déplace un piston muni d'une tige. Ainsi, un vérin alimenté par un fluide sous pression engendre un mouvement linéaire, alternatif, d'amplitude limitée et définie par sa taille. Il existe deux types de vérins linéaires :

- Vérin simple effet : on alimente en pression une chambre pour créer le déplacement dans un sens, le retour s'effectuant à l'aide d'un ressort. Le vérin revient à sa position initiale en cas de coupure de l'alimentation. Il est économique, consomme peu de fluide, mais possède une course réduite. On l'utilise souvent dans des fonctions de serrage, d'éjection ou de levage ;
- Vérin à double effet : on alimente en pression l'une ou l'autre des deux chambres afin de créer le déplacement dans un sens. En cas de coupure de l'alimentation, le vérin reste dans sa position. Il est plus coûteux, mais aussi plus facile à régler en vitesse. Il est très utilisé dans l'industrie.

– Les vérins pneumatiques, qui utilisent de l'air comprimé entre 2 et 10 bars. Très simples à mettre en œuvre, ils sont très nombreux dans les systèmes automatisés. [2.08]

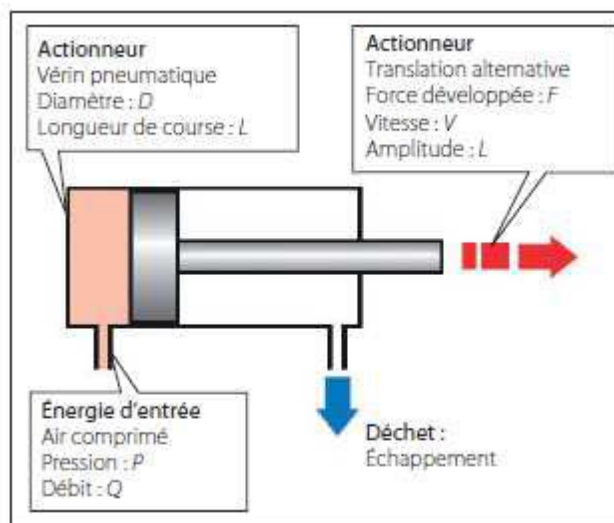


Figure II.25: Caractérisation du vérin

Dans notre recherche, nous avons utilisé Vérin simple effet car il répondait à nos exigences car il permet d'accéder au niveau de la bouteille.

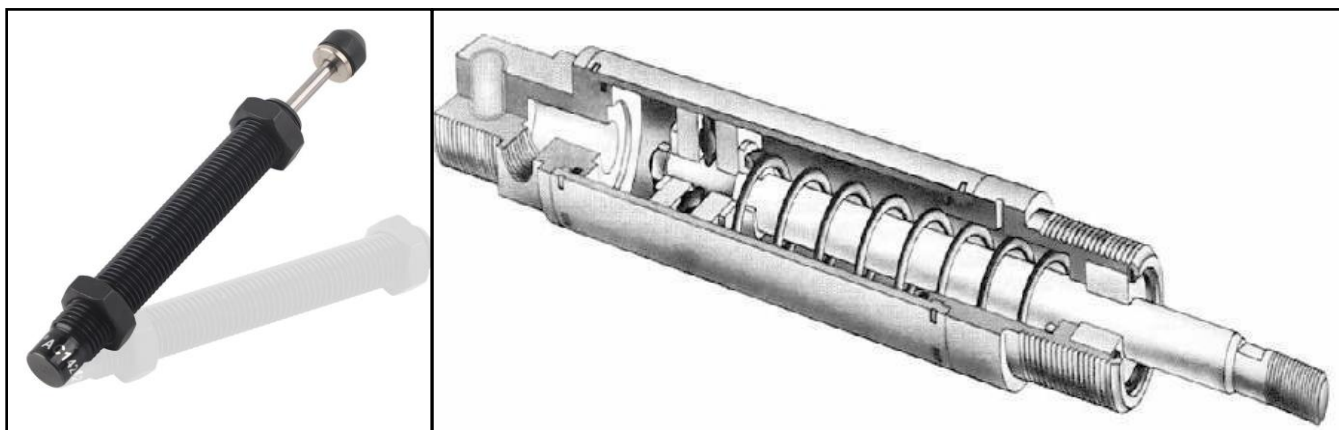


Figure II.26: Vérin simple effet

II.3.5 L'alimentation de projet :

II.3.5.1 Electrique :

Alimentation en courant continu

Un alimentation en courant continu, est un appareil électronique conçu pour fournir une tension et un courant stables et réglables en sortie, afin d'alimenter des circuits ou des dispositifs électroniques. Contrairement à un simple adaptateur secteur, une alimentation CC offre un meilleur contrôle, une précision plus élevée et souvent des protections intégrées contre les surtensions, les surintensités et les courts-circuits.

Caractéristiques générales :

- Entrée : 220V AC (secteur)
- Sortie : tension réglable en CC (ex. : 3V à 12V ou plus)
- Affichage numérique : tension et courant en temps réel
- Stabilité élevée pour les montages sensibles
- Connecteurs de sortie multiples (bananes ou bornes)

Rôle dans votre projet :

Dans notre machine de remplissage automatique, l'alimentation en courant continu remplace l'adaptateur classique pour offrir une alimentation plus fiable et réglable aux composants suivants:

- Carte Arduino (5V via régulateur)
- Moteurs (12V DC)
- Modules électroniques (capteurs, relais, etc.)

Cela permet une meilleure précision de fonctionnement, surtout en phase de test ou de mise en service, où la stabilité de l'alimentation est essentielle.



Figure II.27: Alimentation stabilisée

II.3.5.2 Pneumatique :

Le compresseur :

Définition :

Un compresseur est un dispositif mécanique dont la fonction principale est d'augmenter la pression d'un gaz (le plus souvent de l'air) en réduisant son volume. Il aspire l'air à pression atmosphérique, le comprime, puis le délivre à une pression plus élevée pour alimenter des équipements pneumatiques.

Il existe plusieurs types de compresseurs, dont les plus courants sont :

- Les compresseurs à piston,

- Les compresseurs à vis,
- Les compresseurs à palettes.

Rôle dans notre projet :

Dans notre système de remplissage de parfums, le compresseur est utilisé pour fournir de l'air comprimé au vérin pneumatique, qui assure ensuite la fermeture automatique des flacons.



Figure II.28: Le compresseur

II.3.6 Partie pupitre ou partie contrôle**Les boutons et l'interrupteur:****1. Bouton de mise en marche du moteur du convoyeur**

Ce bouton permet d'activer le moteur qui entraîne le convoyeur, responsable du déplacement des flacons tout au long du processus de remplissage. Une fois enclenché, le moteur assure le mouvement linéaire des flacons vers les différentes stations (remplissage, bouchage, etc.).

2. Bouton d'activation de la pompe

Ce bouton sert à démarrer la pompe de remplissage. Lorsque ce bouton est appuyé, la pompe aspire le liquide à partir du réservoir et le transfert dans le flacon positionné sous la buse de remplissage. Elle fonctionne en synchronisation avec les capteurs de position.

3. Bouton de démarrage du compresseur

Ce bouton déclenche le fonctionnement du compresseur d'air, qui fournit l'énergie pneumatique nécessaire au fonctionnement des actionneurs (vérins, valves) du système, notamment pour le système de bouchage ou le positionnement des flacons.

3. Interrupteur pour le mode de remplissage manuel

Cet interrupteur permet de basculer le système du mode automatique au mode manuel. En mode manuel, l'opérateur peut contrôler directement le déclenchement de la pompe sans attendre les signaux automatiques. Cela est utile pour les tests, les réglages ou lors de petites séries de production.

4. Bouton d'urgence (Arrêt d'urgence)

C'est un bouton de sécurité de type "poussoir à coup de poing". Lorsqu'il est activé, il interrompt immédiatement l'alimentation de l'ensemble du système (moteurs, pompe, compresseur...) pour prévenir tout danger ou incident technique. Ce bouton est généralement rouge et facilement accessible.

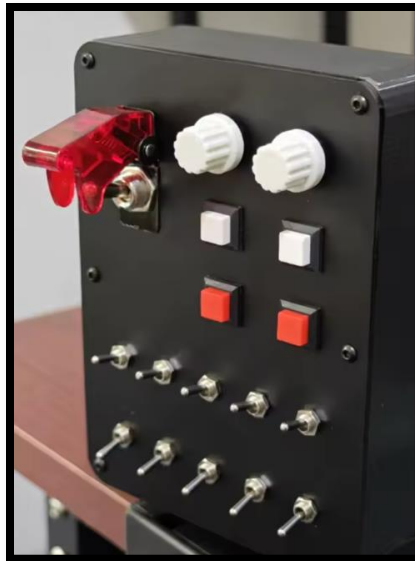


Figure II.29: Les buttons de commande

II.4 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons donné une description sur les différents dispositifs qui constituent notre prototype. Le bon dimensionnement et l'intégration harmonieuse de ces éléments ont été essentiels pour garantir la cohérence du système. Cette base matérielle représente le socle sur lequel repose le fonctionnement global de la machine, facilitant ainsi le passage à l'étape de la réalisation pratique et de la programmation.

Chapitre III :

Réalisation du Projet

III.1 Introduction

Ce chapitre décrit la phase de réalisation de notre machine de remplissage de flacons de parfum. Il comprend l'assemblage physique, le câblage, la programmation, ainsi que les tests de fonctionnement. Cette étape est cruciale pour passer de la conception théorique à un prototype fonctionnel.

III.2 Réalisation et l'assemblage de la structure mécanique :

L'assemblage mécanique comprend l'intégration des différents éléments physiques : structure de support, support de flacon, buse de remplissage, et fixation des composants électroniques. Tous les éléments ont été placés de manière à garantir une stabilité et une accessibilité optimale lors de l'utilisation.

III.2.1 Châssis

Le matériau choisi pour la structure de la machine est le Forex, un PVC expansé connu pour sa légèreté, sa maniabilité et sa surface homogène. Ce choix est motivé par sa facilité d'usinage, son faible coût, et sa résistance suffisante pour supporter les composants de la machine dans un contexte de prototypage. De plus, sa nature isolante renforce la sécurité électrique de l'ensemble du système. Enfin, il est facile de le manipuler en termes de découpe et de conception de la forme que vous souhaitez.

Et nous utilisons le pour crée un supporte le plateau rotatif, le convoyeur, les supports de

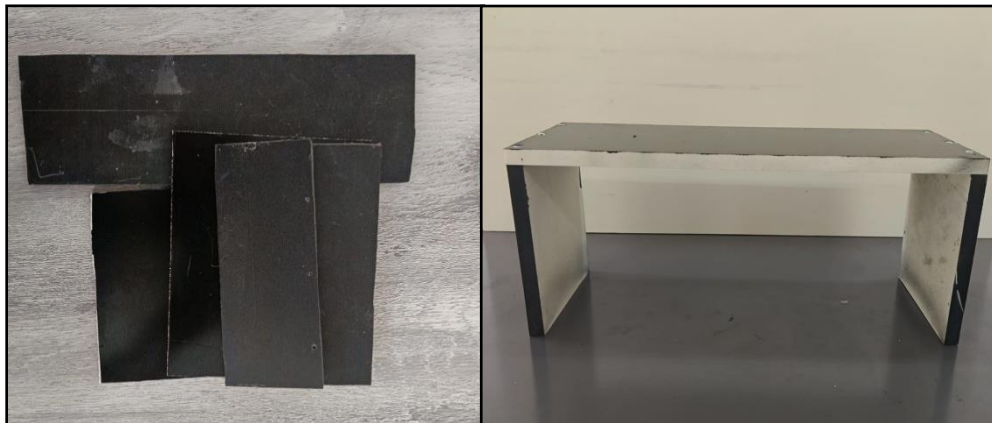


Figure III.30: Forex

capteurs et la buse de remplissage.

III.2.1.1 La base :

La base du projet constitue la plateforme de support sur laquelle sont fixés les différents composants mécaniques et électroniques de la machine (convoyeur, plateau rotatif, vérin, capteurs, etc.). Elle est généralement fabriquée en matériau rigide tel que le Forex afin d'assurer une bonne stabilité. la base a des dimensions de 74 cm de longueur et 23,5 cm de largeur, ce qui offre suffisamment d'espace pour accueillir tous les modules du système automatisé de

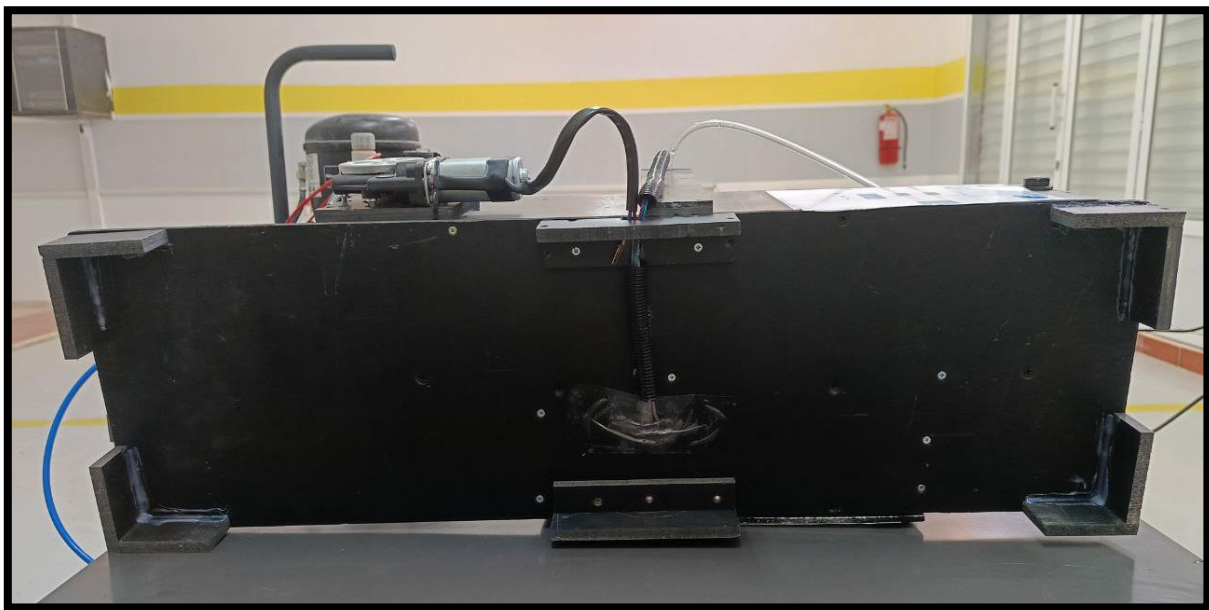


Figure III.31: la base de la machine

remplissage et bouchonnage de flacons.

III.2.1.2 Un petit armoire :

Une petite armoire de protection est utilisée pour loger et sécuriser les composants électroniques sensibles du système, tels que la carte Arduino, les modules de relais, les alimentations, ainsi que les câblages. Elle permet de protéger ces éléments contre la poussière, l'humidité, et les chocs mécaniques. l'armoire a des dimensions de 30 cm de long, 14 cm de haut et 11 cm de large. Elle est placée à proximité de la base de la machine et assure un rangement propre et organisé des éléments de commande, tout en facilitant l'accès pour la maintenance et le câblage.

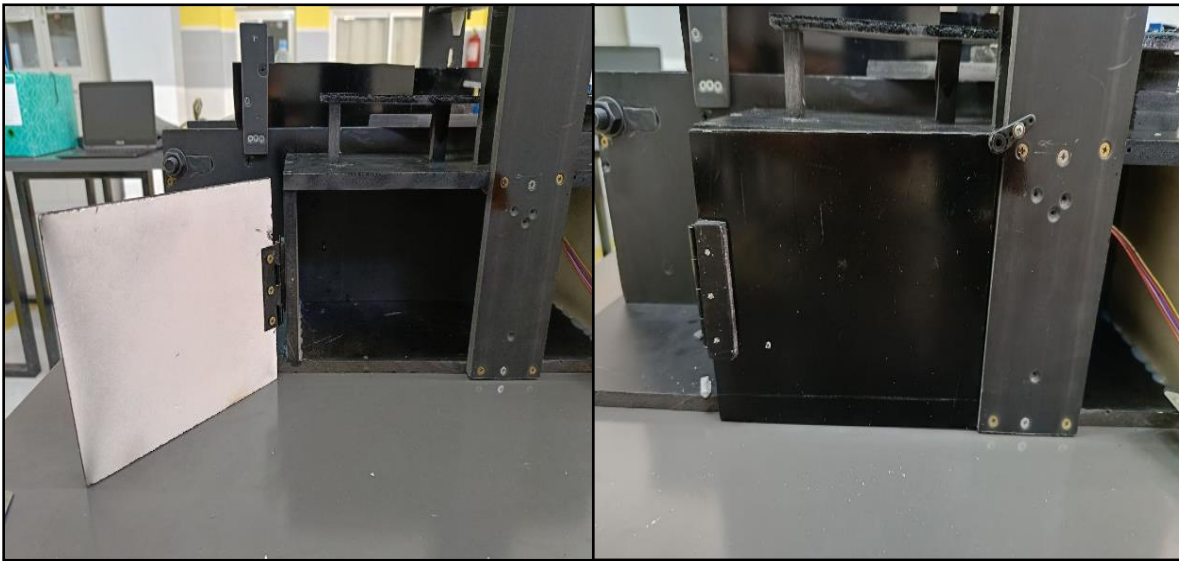


Figure III.32: L'armoire

Et nous dessinons une table pour les différents boutons (Bouton marche/arrêt, bouton de



remplissage manuel, bouton de réinitialisation).

Figure III.33: La plaque de boutons

Et pour fixer et installer le châssis, différents types et tailles de boulons sont utilisés, choisis en fonction des contraintes mécaniques (vibrations, charges, forces de traction ou de cisaillement) et de la facilité de montage. On privilégie des boulons en acier galvanisé ou inoxydable pour garantir la résistance à la corrosion, surtout si la machine est exposée à des liquides (parfum, eau...).

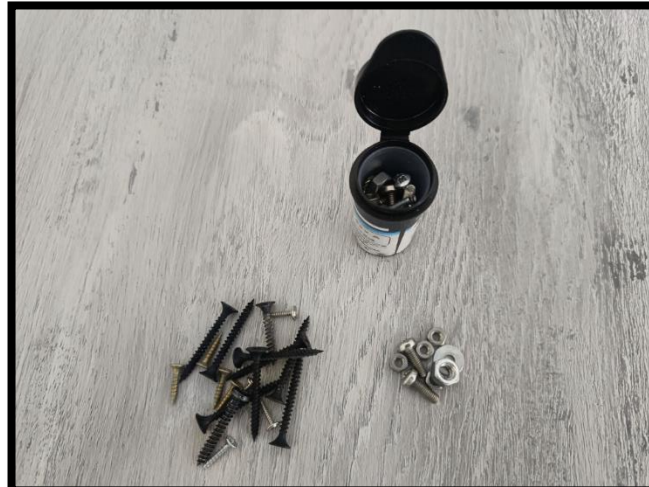


Figure III.34: Différents types et tailles de boulons

III.2.2 Convoyeur à bande

III.2.2.1 le tapis :

Nous avons cousu un tapis pour accueillir les flacons de parfum, 115 cm de long et environ 8.5



Figure III.35: Le tapis de convoyeur

cm de large, il s'adapte aux bouteilles.

III.2.2.2 L'installation

Nous avons installé le tapis sur trois axes de rotation en forme de triangle, avec le moteur en bas

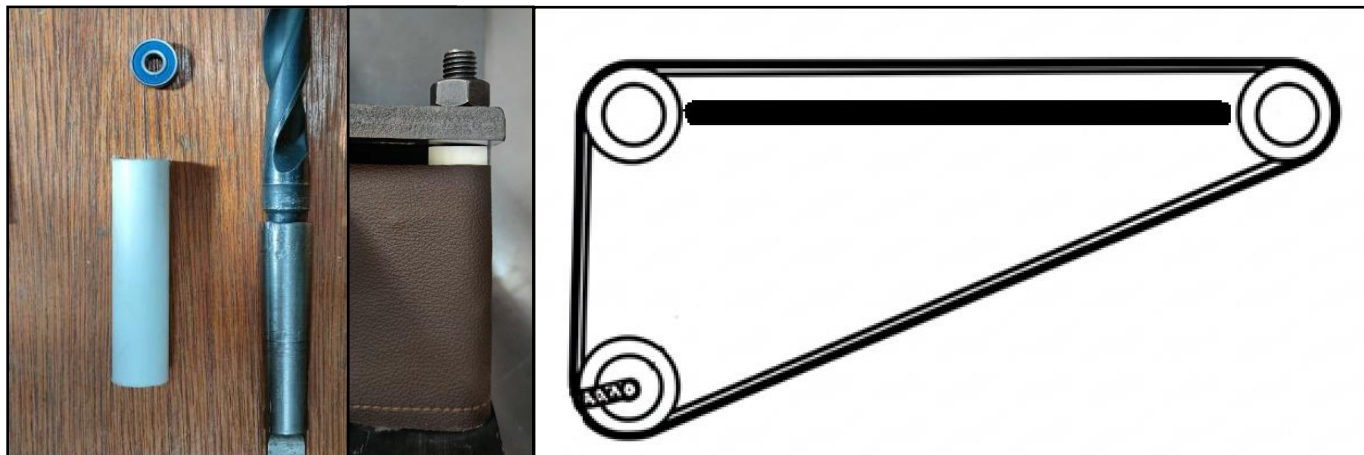


Figure III.36: Serrage de tapis

faisant tourner le reste des roues.

III.2.2.3 Le Moteur

Pour le mouvement du convoyeur, nous utilisons un moteur de fenêtre de voiture avec tension de 12 V ; il est à grand couple, capable de tourner le tapis.

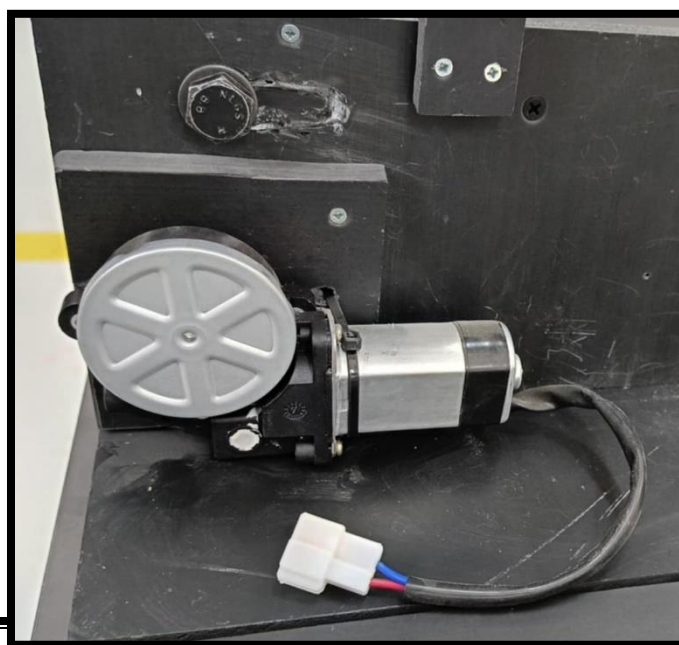


Figure III.37: Fixation de Moteur DC

III.2.2.4 L'assemblage

Après avoir assemblé les pièces précédentes, nous aborderons cette structure : un convoyeur



Figure III.38: Le convoyeur

capable de compléter la fonction de transport des flacons.

III.2.3 Réservoir de stockage de parfum (cuve en verre)

Le système de stockage du parfum est constitué d'un réservoir en verre transparent, un matériau à la fois résistant, hygiénique et non réactif, garantissant ainsi une parfaite inertie chimique avec le liquide stocké. Grâce à sa transparence, il permet une visibilité directe sur le niveau du

parfum, ce qui facilite la surveillance et la gestion du remplissage. Le réservoir, de 50 cm de longueur et 10 cm de largeur, est équipé d'un raccord de sortie permettant de le connecter à la pompe de remplissage via un tuyau. Ce dispositif assure un transfert fluide du parfum vers la

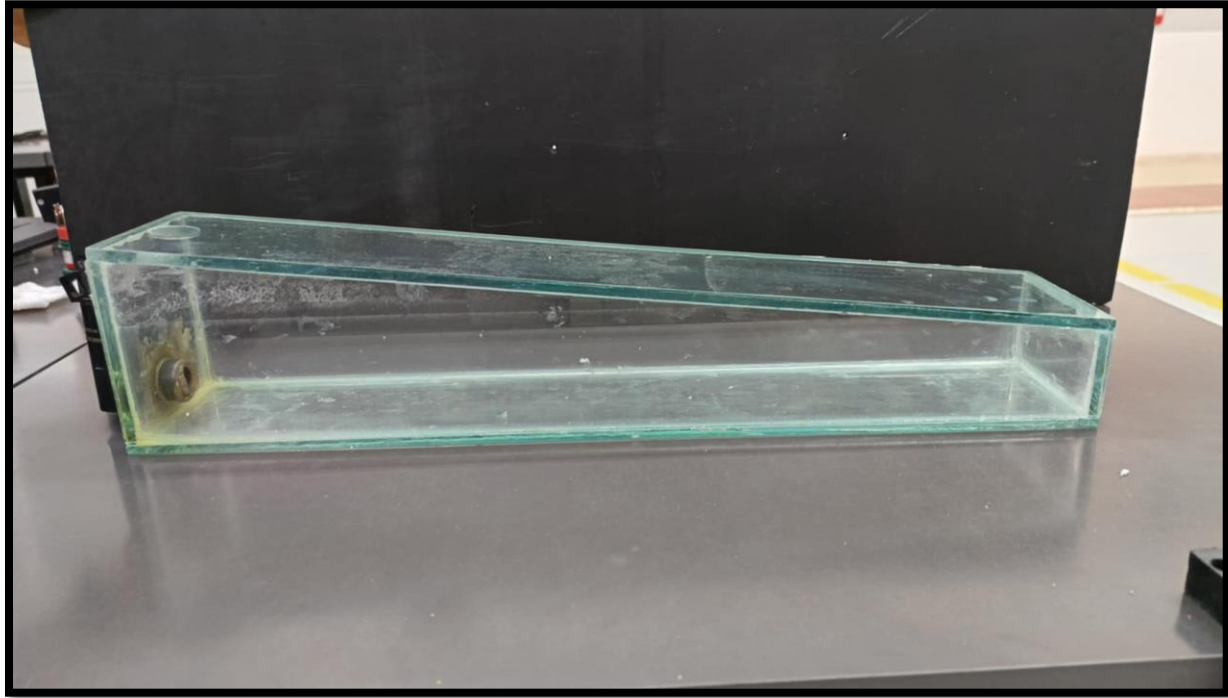


Figure III.39: Le réservoir de stockage de parfum

pompe, qui est elle-même contrôlée par un microcontrôleur afin de garantir un dosage précis, automatisé et répétable. Par ailleurs, le réservoir est facile à nettoyer, ce qui renforce les conditions d'hygiène, tout en préservant l'intégrité chimique du parfum.

III.2.3.1 La pompe

Nous utilisons une pompe d'essuie glasses de voiture de 12V pour le pompage de parfum

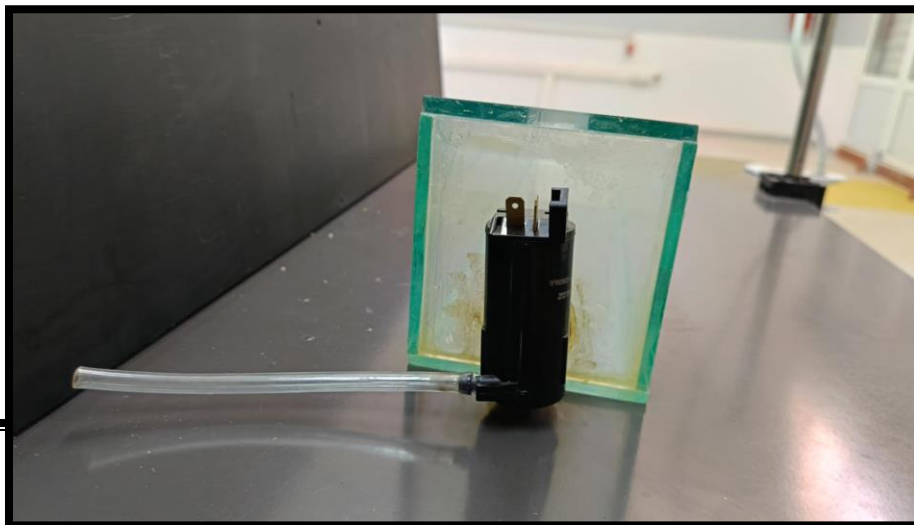


Figure III.40: La pompe

III.2.3.2 Un tube plastique transparent

Un tube en plastique transparent, d'environ 75 cm de long et diamètre intérieur 0.6, qui transfère

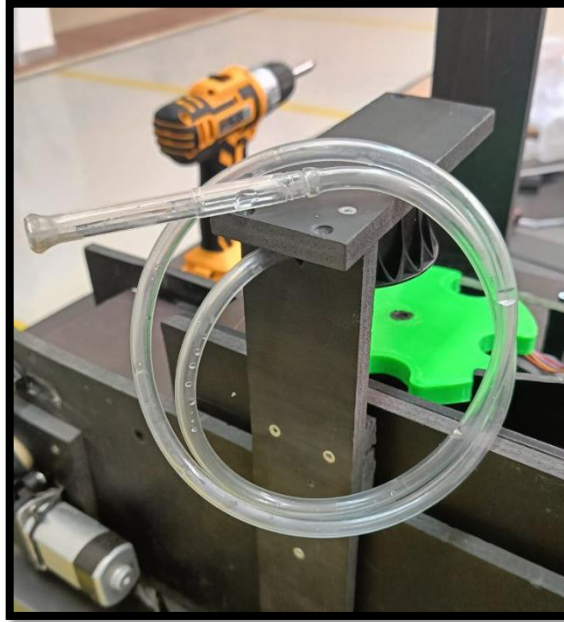


Figure III.41: Un tube plastique transparent

le liquide parfumé du réservoir au flacon de parfum.

III.2.4 La bouteille de parfum

Une bouteille de parfum est un récipient conçu pour contenir et distribuer des substances liquides parfumées. Elle est généralement fabriquée en plastique ou en verre, et dispose d'une ouverture adaptée pour le remplissage ainsi que pour le bouchonnage hermétique.

Dans le cadre de notre projet, la bouteille utilisée possède une forme cylindrique avec les dimensions suivantes :

- Diamètre : 2,7 cm
- Hauteur (ou longueur) : 7,2 cm

Ces dimensions ont été prises en compte pour adapter les mécanismes de remplissage, de bouchonnage, ainsi que pour la prise en charge sur le convoyeur rotatif, garantissant une manipulation stable et précise au cours du processus automatisé.

Et nous avons créé notre logo pour l'étiquette du parfum (M&M) c'est les noms de nous (MESTOUR et MEKLID)



Figure III.42: La bouteille de parfum

III.2.5 Plateau rotatif :

Définition du plateau rotatif réalisé par impression 3D

Un plateau rotatif est un disque circulaire conçu pour tourner autour d'un axe central. Il est utilisé dans les machines automatiques pour acheminer des objets (comme des flacons) d'un poste à un autre, de manière séquentielle et précise. Dans notre projet, il permet le positionnement cyclique des flacons sous les postes de remplissage et de bouchage. Entraîné par moteur pas-à-pas pour précision de rotation. Synchronisé avec le cycle de remplissage

Réalisation par impression 3D :

Dans ce projet, le plateau rotatif a été modélisé en 3D à l'aide du logiciel SolidWorks, puis fabriqué par impression 3D, généralement à partir de filament PLA ou PETG. Ce procédé permet une fabrication rapide, économique, personnalisée et légère.

Les avantages :

- Léger et résistant pour un usage de prototypage
- Fabrication rapide sans besoin d'usinage lourd
- Forme personnalisable avec des découpes adaptées aux flacons
- Intégration facile avec un moteur pas-à-pas pour assurer la rotation

Définition générale de SolidWorks

SolidWorks est un logiciel de Conception Assistée par Ordinateur (CAO) en 3D développé par Dassault Systèmes. Il permet de modéliser des pièces mécaniques, des assemblages, et de générer des dessins techniques pour la fabrication.

Fonctionnalités principales :

- Modélisation paramétrique 3D de pièces et assemblages
- Simulation mécanique (résistance, mouvements, contraintes)
- Création de plans techniques (cotes, tolérances, annotations)
- Exportation pour l'impression 3D (format STL) Interfaces



Figure III.43: SOLIDWORKS logo

- Intuitives pour le prototypage rapide et le design industriel

Interface de SolidWorks

C'est la page principale du programme avec un menu contenant un ensemble d'outils qui vous

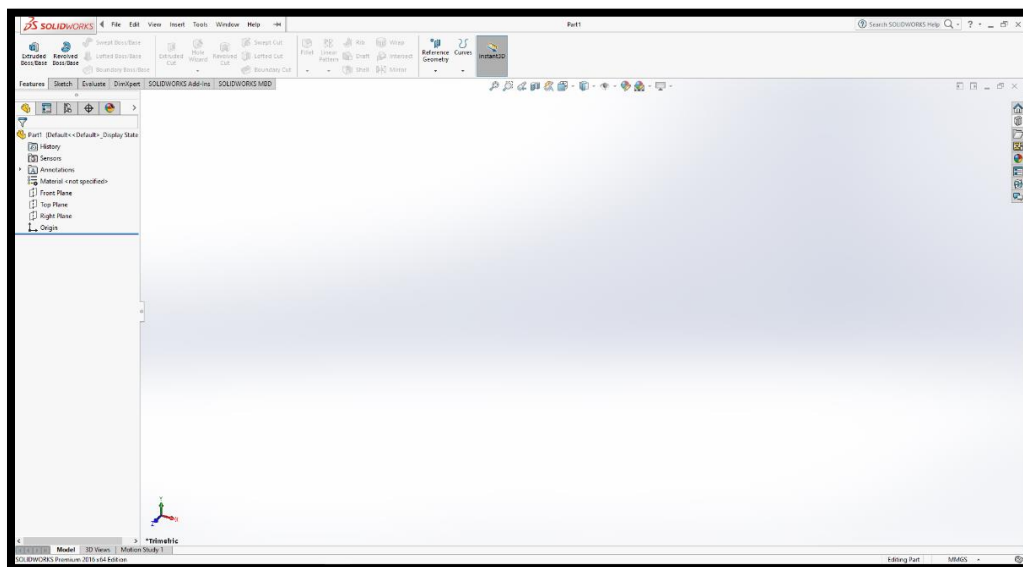


Figure III.44: L'interface de SOLIDWORKS

permettent de créer n'importe quelle forme que vous souhaitez.

Grâce à ce programme, nous avons dessiné la pièce dont nous avons besoin, en utilisant les mesures appropriées pour s'adapter à la largeur du tapis et également aux flacons de parfum.

Voici un dessin schématique de la pièce la montrant sous tous les angles et montrant les

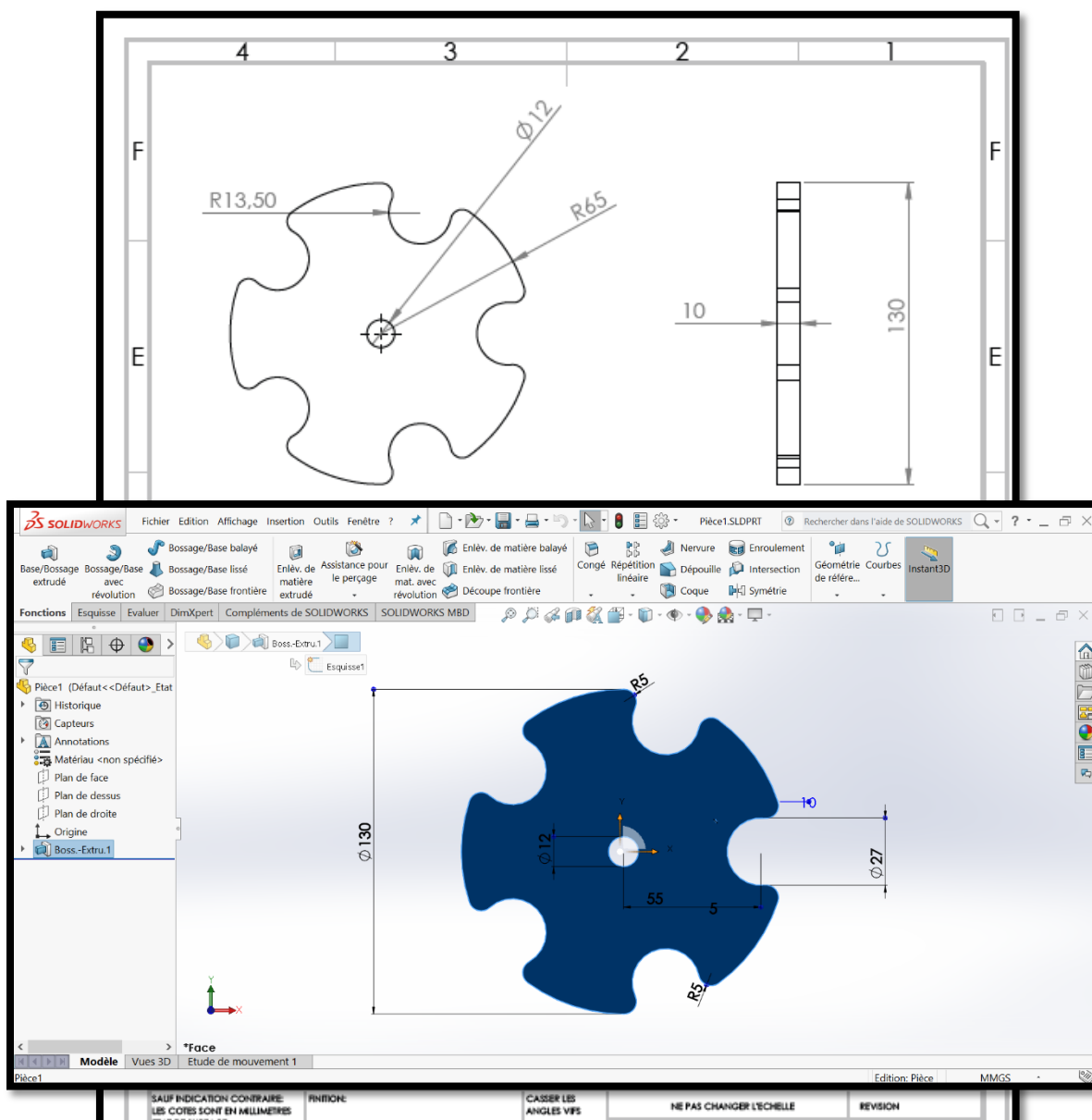


Figure III.45: Les Mesures de la pièce

AUTEUR:				Plateau rotatif			
VERIF.:							
APPR.:							
FAB.:							
QUAL.:							
MATERIAU:				No. DE PLAN			
				Pièce1			
MASSE:				ECHELLE:1:2			
				FEUILLE 1 SUR 1			
4				3			
2				1			

Figure III.46: Fiche de dessin de la pièce

dimensions de chaque côté.

Après avoir dessiné la pièce dans un programme, nous l'avons enregistrée au format (.STL) pour

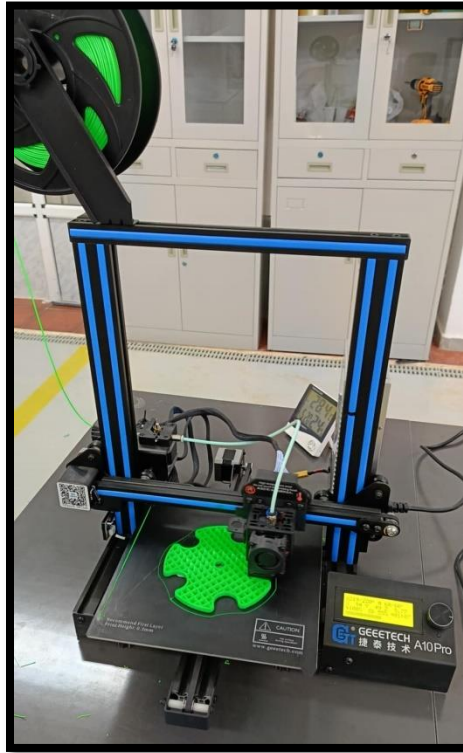


Figure III.47: L'imprimant 3D

être traitée et lue par l'imprimante 3D.

Après l'impression, qui a pris environ 6 hour, nous avons obtenu l'image suivante :

III.2.5.1 Un moteur pas à pas :



Figure III.48: La forme finale de la pièce réellement

Pour tourner le plateau rotatif nous utilisons à moteur pas à pas on va fixer avec plat de forex pour

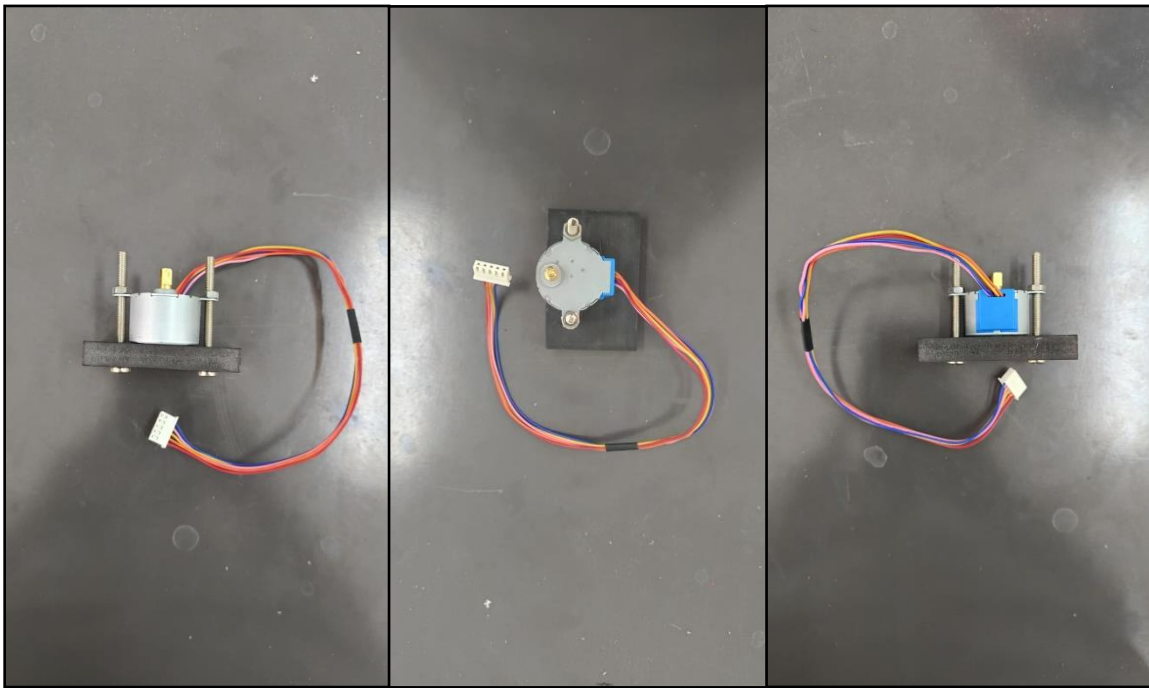


Figure III.49: moteur pas à pas

fixe sur un coute du convoyeur

Après avoir installé le moteur en bout de convoyeur, nous avons ajouté une fourche pour corriger le chemin des bouteilles, de 20 cm de long et 5 cm de large.

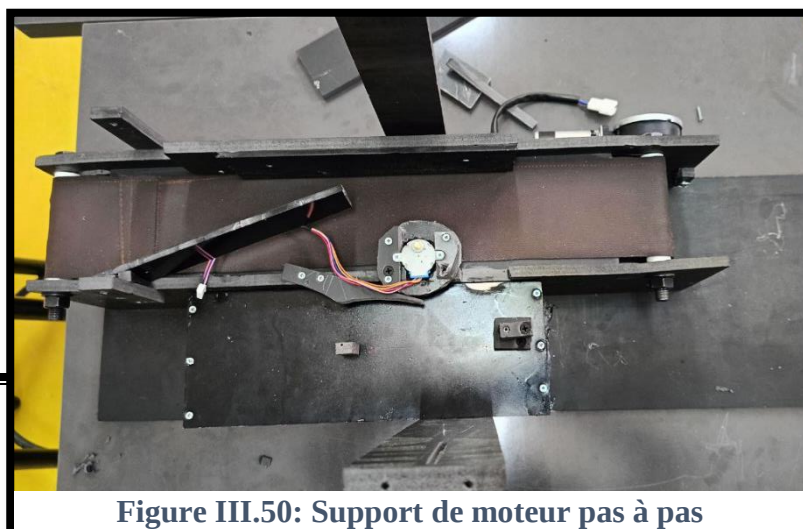


Figure III.50: Support de moteur pas à pas

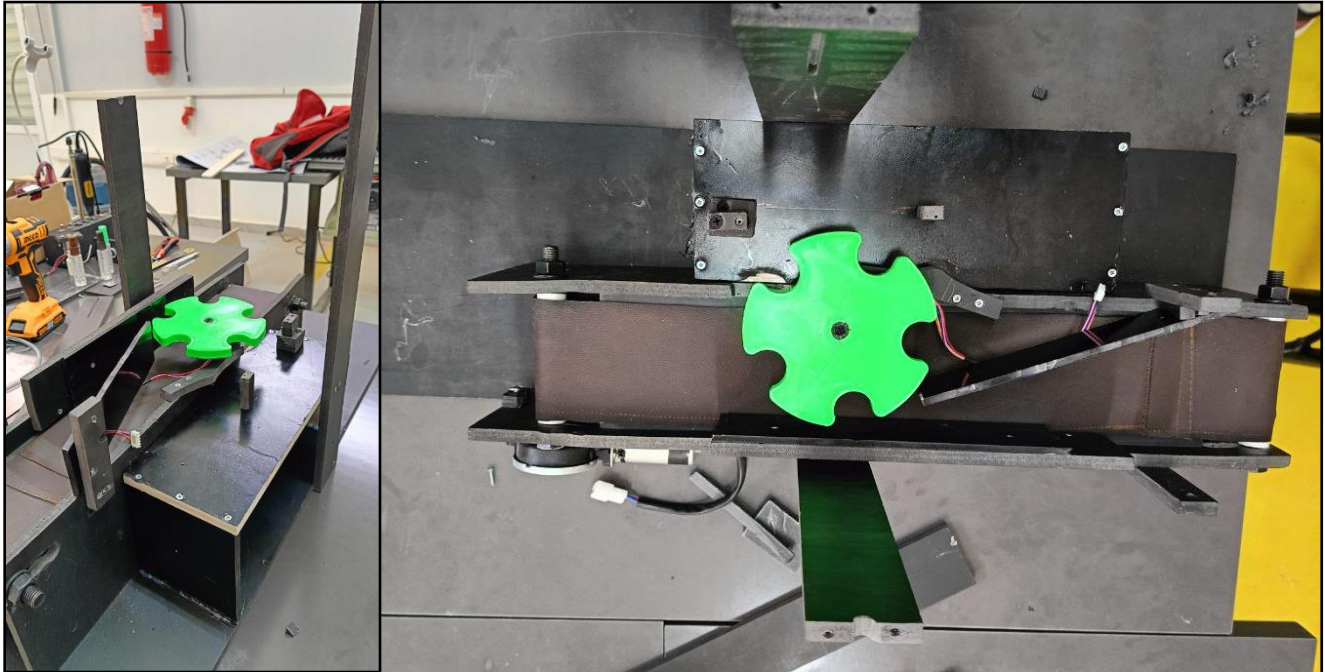


Figure III.51: Montage de la plateu rotatif

Et après monter le plateau rotatif nous avons atteint cette forme :

Comme le disque tourne dans le sens des aiguilles d'une montre, nous avons ajouté un autre morceau de Forex À l'endroit indiqué par la flèche jaune qui permet aux bouteilles de tourner.

Nous avons ensuite pris les mesures appropriées pour la pièce d'une longueur de 26 cm et d'une largeur de 17 cm d'un rayon intérieur de 7 cm. Cette fois-ci, nous sommes passés à la machine de découpe.



Nous avons ajouté une pièce en plastique et l'avons collée sur le diamètre intérieur de la pièce précédente pour assurer un bon passage aux flacons de parfum.

III.2.6 System de remplissage :

Pour réaliser un système de remplissage pour les flacons de parfum, nous avons apporté un bouchon de jus spécial et collé le tube transparent avec une tête pour un système anti-goutte

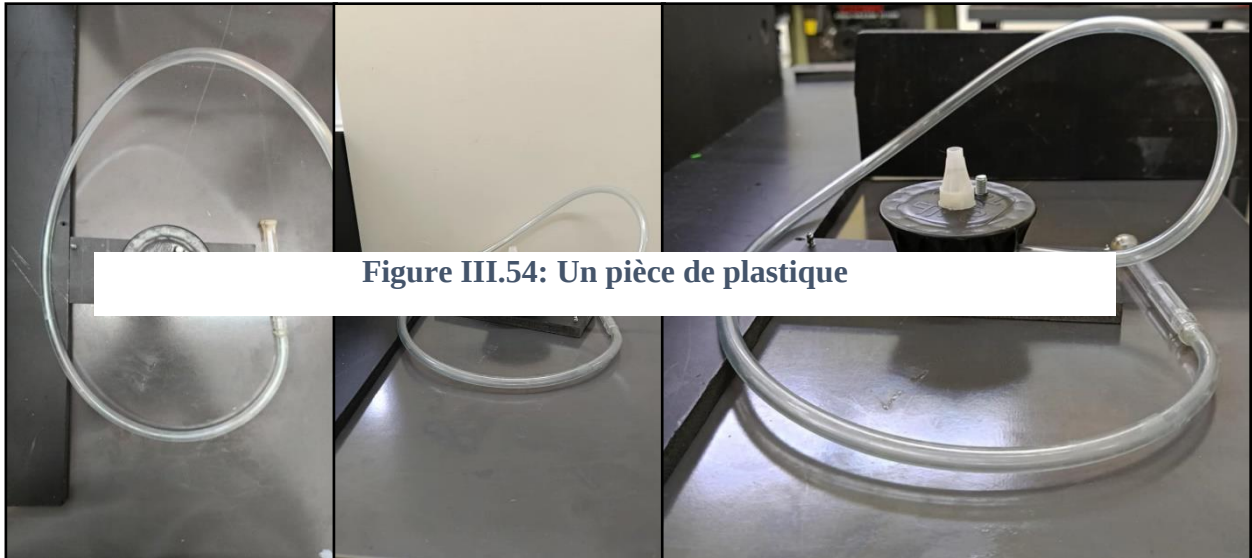


Figure III.54: Un pièce de plastique

Figure III.55: Outil de remplissage

s'adapter à la buse du flacon.

En assemble avec un Bras réglable en hauteur et en distance. Une pièce de carre forme de forex

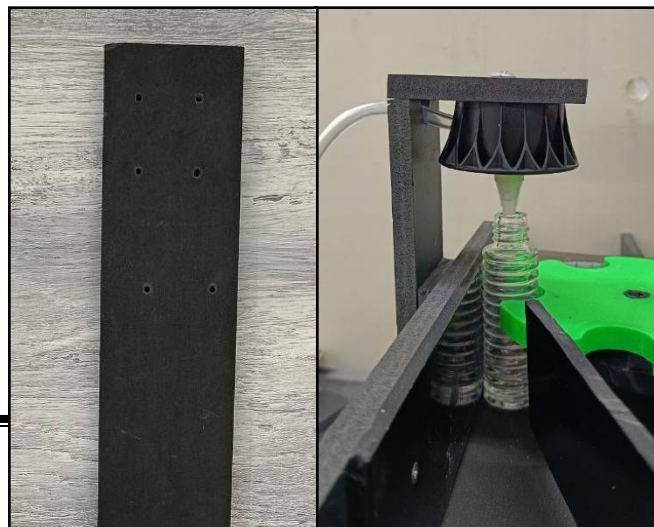


Figure III.56: bras de remplissage

de 26 cm de long et 5 cm de large

III.2.7 System de capsage :

Pour compléter le processus de mise en place du bouchon sur le flacon de parfum, nous avons obtenu un tube d'un diamètre extérieur de 2.7 cm et d'un diamètre intérieur de 2.5 cm pour correspondre à la taille du bouchon, et nous l'avons fixé avec un bras en forex verticalement pour

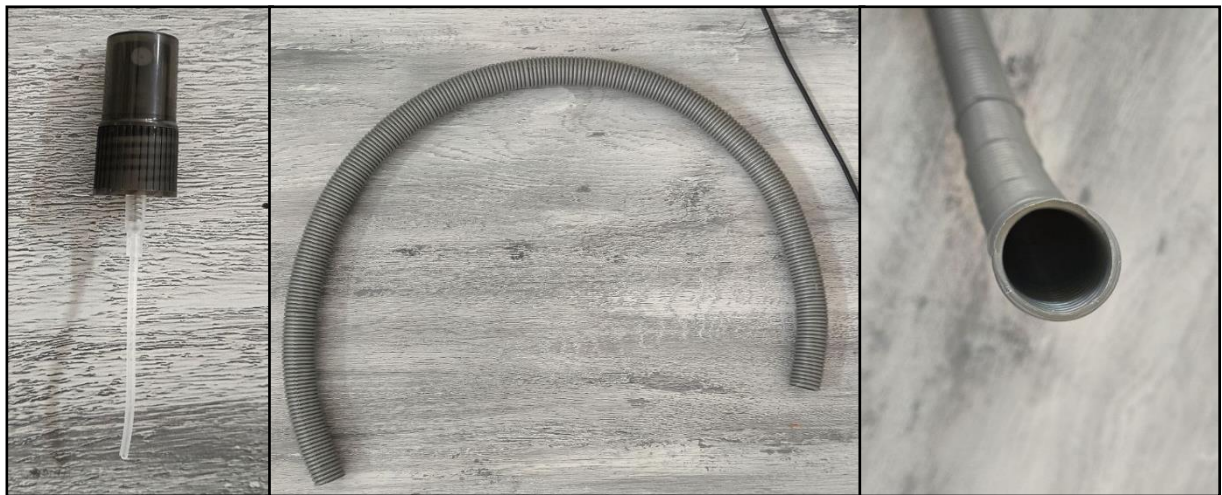


Figure III.57: Tube des bouchonnes

compléter le processus de transfert du stockage au flacon.

Nous avons coupé le tube à une longueur de 23.5 cm et l'avons collé à la pièce de forex et l'avons fixé avec le même bras de system de fermeture et avons coupé le côté dans le tube pour y mettre un servomoteur pour réguler le processus de chute des bouchons.

Un servomoteur permet aux bouchonnes de tomber de manière ordonnée, car lorsqu'il tourne

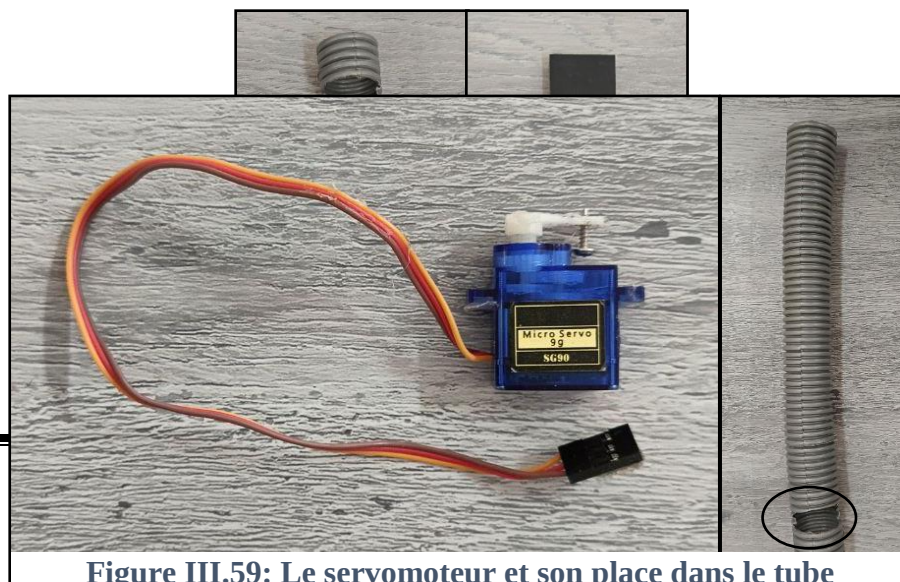


Figure III.59: Le servomoteur et son place dans le tube

vers l'extérieur le bouchonne tombe et lorsqu'il revient, il attrape la bouchonne suivante et l'empêche de tomber.

L'assemblage :

Après avoir installé les pièces précédentes, nous avons obtenu la forme suivante :

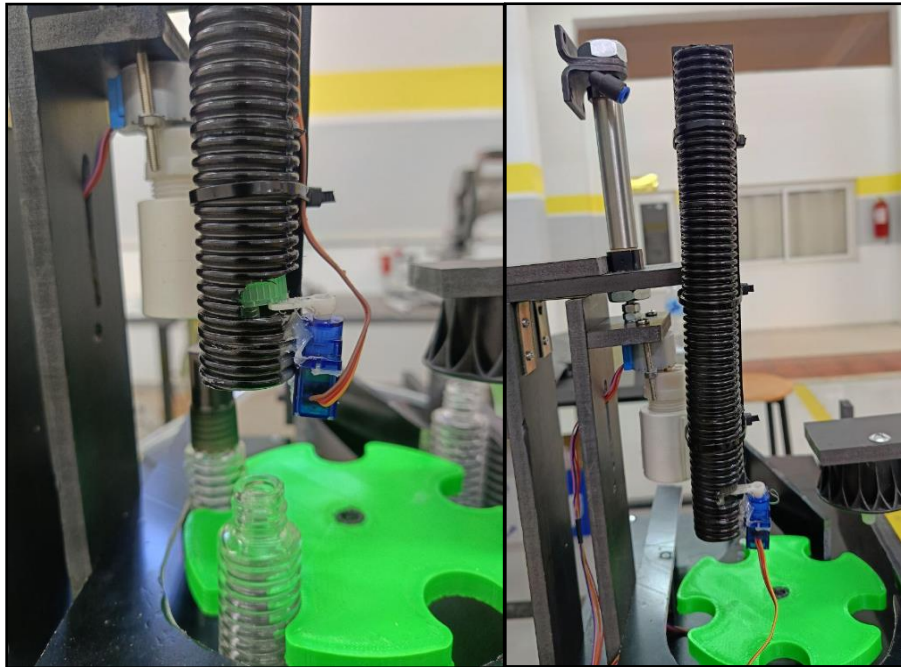


Figure III.60: System de réglage de tombassions du bouchonnes

III.2.8 System de fermeture :

III.2.8.1 Un tube ADARA avec un bouchonne :

Un tube de la marque ADARA, fabriqué en plastique, avec un diamètre extérieur de 3 cm et un diamètre intérieur d'environ 2 cm. Sa fonction est de fermer le flacon de parfum par friction, où



Figure III.61: Tube ADARA avec bouchonne

la rotation se fait dans le sens des aiguilles d'une montre.

Et pour un système de vissage automatique destiné à assurer la fermeture des flacons après leur remplissage, nous avons attaché la pièce précédente à un moteur pas à pas pour le faire tourner, qui fait ensuite tourner le bouchon du flacon de parfum dans le sens des aiguilles d'une montre pour le fermer.

Ensuite nous avons collé le vérin avec la pièce précédente pour atteindre le niveau du bouchon

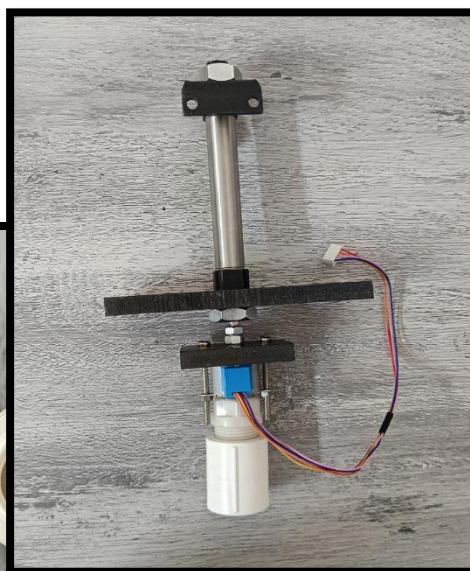


Figure III.63: System de fermeture

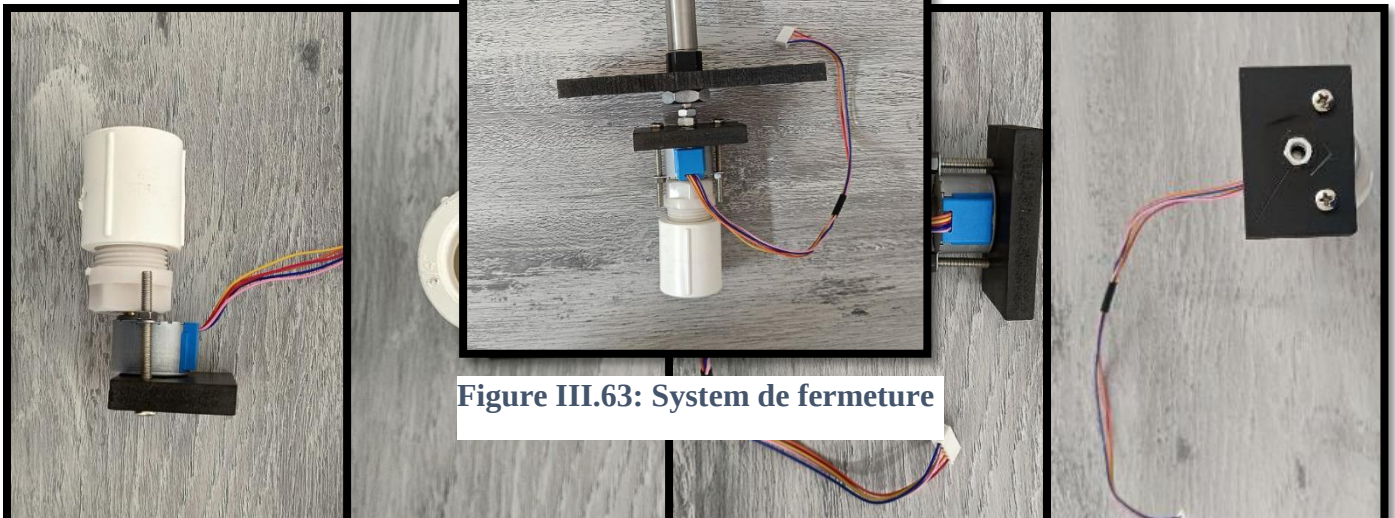


Figure III.62: La pièce de fermeture

de la bouteille. Enfin, le moteur tourne pour fermer complètement le flacon.

En assemble avec 2 Bras réglable en hauteur et en distance un bras de 38.5 cm de long et 6 cm de large et un deuxième de 25 cm de long et 6 cm de large

III.2.9 Assemblage finale de la machine :

Après l'assemblage final, nous mettons les photos suivantes pour clarifier l'état initial de la machine et l'état final.

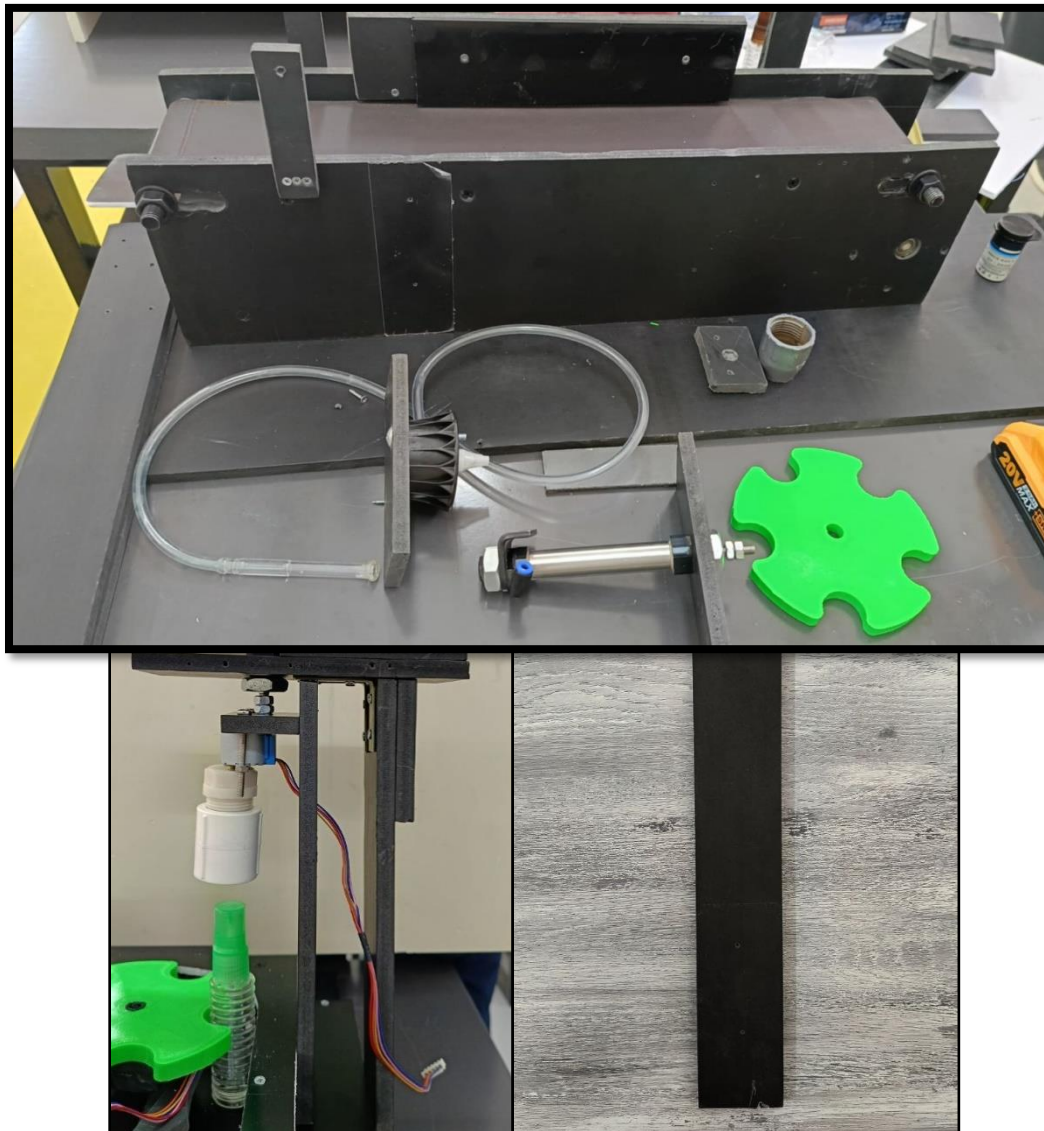


Figure III.64: Support de system de fermeture

III.3 Câblage électrique

Les composants électroniques (Arduino Mega 2560, capteurs, pompe et les moteurs) ont été connectés conformément au schéma électronique. Un soin particulier a été apporté à l'isolation des fils et à l'organisation des connexions pour éviter tout court-circuit ou erreur de branchement.

La figure ci-dessous représente une vue globale du prototype simulé sous PROTEUS-ISIS

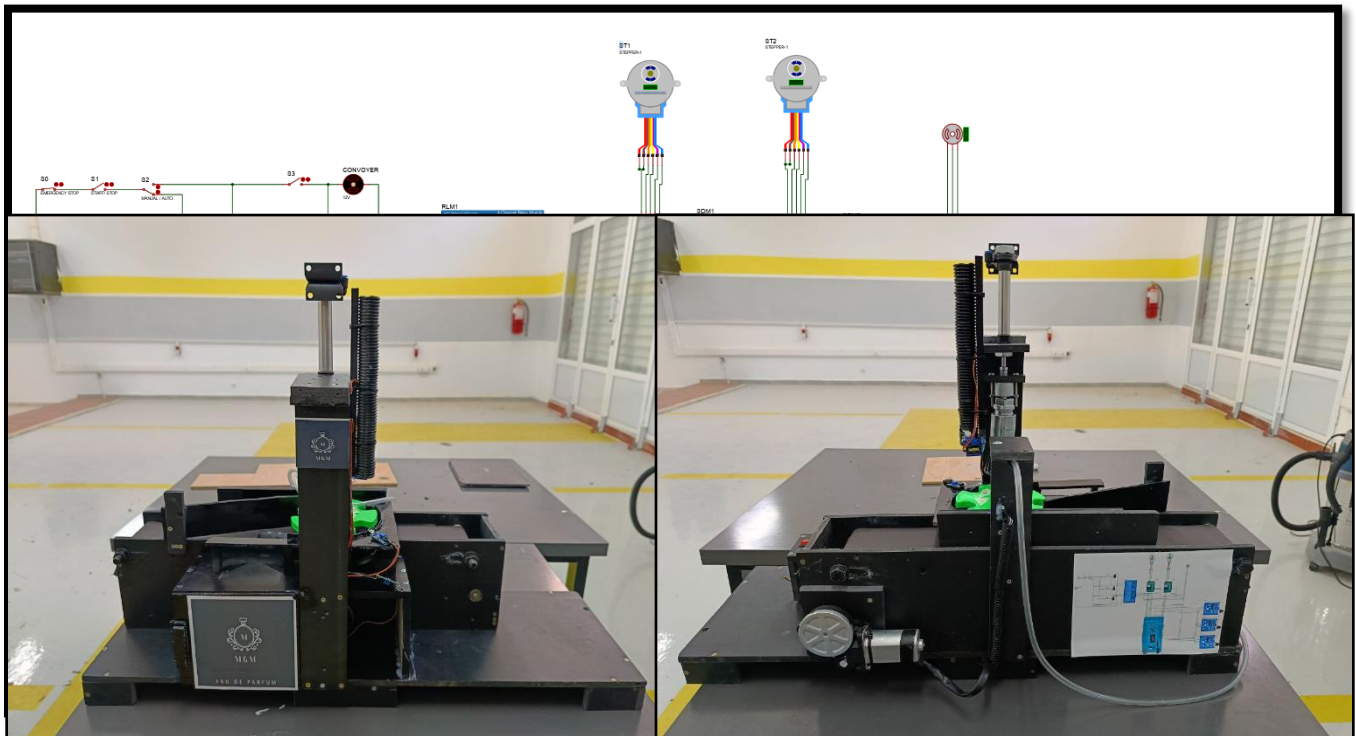


Figure III.67: Schéma global de la machine

Le schéma électrique proposé illustre la manière dont les différents composants du système ont été interconnectés afin d'assurer un fonctionnement automatique et fiable de la machine. Le cœur du système est constitué d'une carte Arduino Mega 2560, utilisée comme unité de contrôle principale. Celle-ci est connectée à plusieurs capteurs infrarouges, à deux moteurs pas-à-pas via

leurs drivers respectifs, à un servomoteur, ainsi qu'à un module de relais à quatre canaux. Ce dernier permet de commander, par des signaux numériques, des dispositifs à puissance plus élevée tels que le convoyeur, la pompe de remplissage et le compresseur. Des boutons poussoirs sont également intégrés pour permettre un fonctionnement manuel en parallèle du mode automatique. Chaque capteur infrarouge détecte la présence d'une bouteille à un point clé du processus et transmet l'information à l'Arduino qui prend ensuite la décision appropriée. L'ensemble du système est alimenté par une source de tension adaptée, assurant la stabilité et la protection de tous les composants. Ce câblage garantit une coordination optimale entre les différents éléments mécaniques et électroniques, contribuant ainsi à la fiabilité et à l'efficacité globale du processus de remplissage.

La figure ci-dessous représente le montage dans le réel :

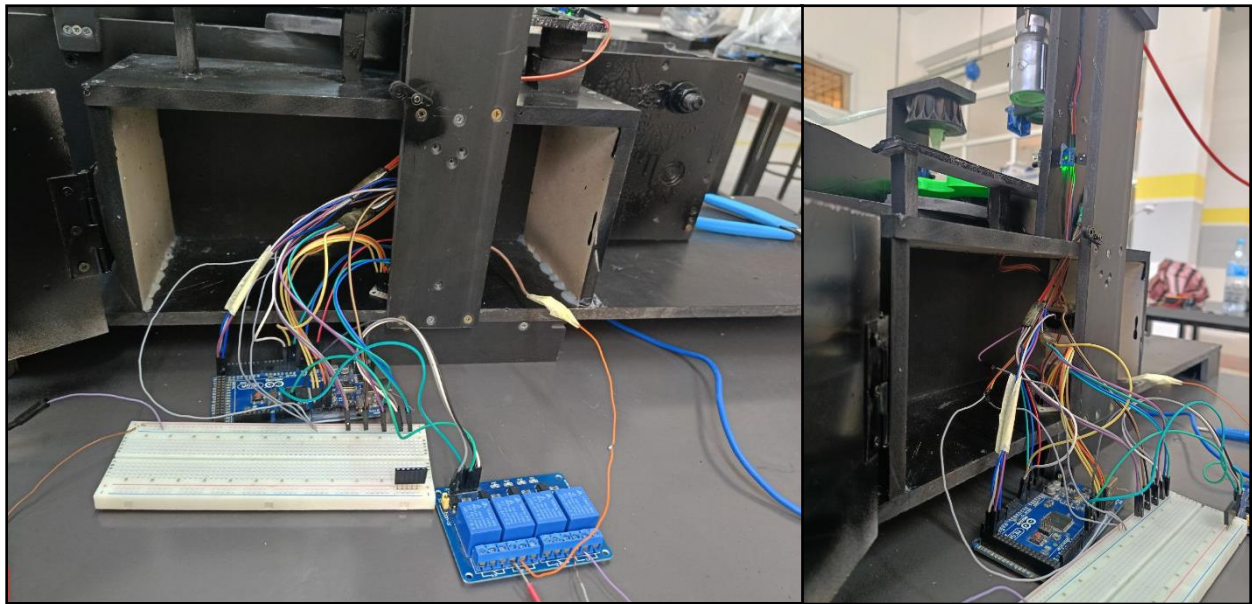


Figure III.68: le câblage électrique

III.4 Programmation

Le microcontrôleur Arduino a été programmé en utilisant le langage C/C++. Le programme gère les entrées des capteurs, contrôle la pompe selon le niveau de liquide détecté, et affiche les informations sur l'écran. Des conditions de sécurité et de redémarrage ont également été intégrées.

Voici le programme qui permet de commander le système de remplissage automatique des bouteilles par la carte Arduino.

```
#include <Stepper.h>

#include <Servo.h>

#define STEPS 2048

// المستشعرات

#define IR_SENSOR_PIN    A0 // المستشعر الأول

#define IR_SENSOR_PIN_2  A2 // المستشعر الثاني

#define IR_SENSOR_PIN_3  A1 // المستشعر الثالث

#define THRESHOLD 500

// مخارج الريليه

#define RELAY_PIN_1 6 // ريليه للمستشعر الأول

#define RELAY_PIN_3 4 // ريليه للمستشعر الثالث

#define RELAY_PIN_4 2 // الريليه الرابع (يعكس عمله عند الاستشعار الأول) ✓

#define SERVO_PIN 3 // السيرفو المرتبط بالمستشعر الثاني
```

```
Stepper stepper(STEPS, 8, 10, 9, 11);

Servo myServo;

// متغيرات منطقية للتحكم

bool waiting = false;

bool counted1 = true;

bool counted2 = true;

bool counted3 = true;

bool triggeredBySensor1 = false;

bool triggeredBySensor3 = false;

bool relay4Deactivated = false; // هل تم إيقاف ريليه 4 نهائيًا

unsigned long waitStart = 0;

void setup() {

    pinMode(IR_SENSOR_PIN, INPUT);

    pinMode(IR_SENSOR_PIN_2, INPUT);

    pinMode(IR_SENSOR_PIN_3, INPUT);

    pinMode(RELAY_PIN_1, OUTPUT);

    pinMode(RELAY_PIN_3, OUTPUT);

    pinMode(RELAY_PIN_4, OUTPUT); // إعداد البين 2 كمخرج ✓

    digitalWrite(RELAY_PIN_1, HIGH);

    digitalWrite(RELAY_PIN_3, HIGH);

    digitalWrite(RELAY_PIN_4, LOW); // تشغيل ريليه 4 عند البداية (عكس السابق) ✓

    stepper.setSpeed(15);
```

```
myServo.attach(SERVO_PIN);

myServo.write(0);

Serial.begin(9600);

}

void loop() {

    int sensorValue1 = analogRead(IR_SENSOR_PIN);

    int sensorValue2 = analogRead(IR_SENSOR_PIN_2);

    int sensorValue3 = analogRead(IR_SENSOR_PIN_3);


    Serial.print("S1: "); Serial.print(sensorValue1);

    Serial.print(" | S2: "); Serial.print(sensorValue2);

    Serial.print(" | S3: "); Serial.println(sensorValue3);

    // المستشعر 1

    if (sensorValue1 < THRESHOLD && counted1) {

        waiting = true;

        waitStart = millis();

        counted1 = false;

        triggeredBySensor1 = true;

        triggeredBySensor3 = false;

        digitalWrite(RELAY_PIN_1, LOW); // تشغيل ريليه 1

        if (!relay4Deactivated) {

            digitalWrite(RELAY_PIN_4, HIGH); // إيقاف ريليه 4 نهائياً (عكس السابق) ✓
```

```
    relay4Deactivated = true;
}
}

// المستشعر 2
if (sensorValue2 < THRESHOLD && counted2) {
    waiting = true;
    waitStart = millis();
    counted2 = false;
    triggeredBySensor1 = false;
    triggeredBySensor3 = false;
    myServo.write(50);
    delay(1000);
    myServo.write(0);
}

// المستشعر 3
if (sensorValue3 < THRESHOLD && counted3) {
    waiting = true;
    waitStart = millis();
    counted3 = false;
    triggeredBySensor1 = false;
    triggeredBySensor3 = true;
    digitalWrite(RELAY_PIN_3, LOW); // تشغيل رليه 3
}
```

```
// التوقف المؤقت
if (waiting) {
    if (millis() - waitStart >= 1000) {
        waiting = false;
        if (triggeredBySensor1) {
            digitalWrite(RELAY_PIN_1, HIGH);
        }
        if (triggeredBySensor3) {
            digitalWrite(RELAY_PIN_3, HIGH);
        }
    } else {
        return; // إيقاف المحرك مؤقتاً
    }
}

stepper.step(-5); // حركة المحرك العادية
if (sensorValue1 > THRESHOLD) counted1 = true;
if (sensorValue2 > THRESHOLD) counted2 = true;
if (sensorValue3 > THRESHOLD) counted3 = true;
delay(10);
}
```

III.5 Fonctionnement du système

Notre système consiste à faire un remplissage automatique en utilisant une carte Arduino pour commander tous les systèmes comme remplissage de la bouteille, la détection de la bouteille et le convoyeur.

III.5.1 Principe du fonctionnement du système

Pour réaliser notre prototype de machine de remplissage automatique, notre système fonctionne comme suit :

Le processus commence par l'appui sur le bouton de démarrage, ce qui active le moteur chargé de faire fonctionner le convoyeur et d'acheminer les flacons vides. Lorsqu'un flacon arrive au poste de remplissage, il est détecté par le premier capteur, qui envoie un signal à la carte Arduino Mega 2560 pour arrêter temporairement le convoyeur. Ensuite, la pompe se met automatiquement en marche pour remplir le flacon avec la quantité définie de liquide. Une fois le remplissage terminé, un moteur dédié active le plateau rotatif qui fait pivoter le flacon jusqu'à ce qu'il atteigne le deuxième capteur. À ce moment, le plateau s'arrête, permettant la chute automatique du bouchon sur le flacon. Le plateau effectue ensuite une dernière rotation jusqu'au troisième capteur, où un vérin pneumatique descend pour stabiliser le bouchon, tandis qu'un autre moteur se met en marche pour visser le bouchon correctement. Ainsi, le cycle de

remplissage et de bouchage est complété, prêt pour recommencer avec un nouveau flacon. Le système intègre également un interrupteur de sélection qui permet de passer en mode manuel, offrant à l'opérateur la possibilité de déclencher manuellement la pompe ou d'autres éléments pour les tests ou les petites séries. Pour garantir la sécurité de l'utilisateur et protéger le matériel, un bouton d'arrêt d'urgence est installé pour interrompre immédiatement le fonctionnement de l'ensemble du système en cas de danger.

III.5.2 Proposition de diagramme fonctionnel de system

Voici la proposition de diagramme fonctionnel qui illustre les principales fonctions de notre système et leurs interactions

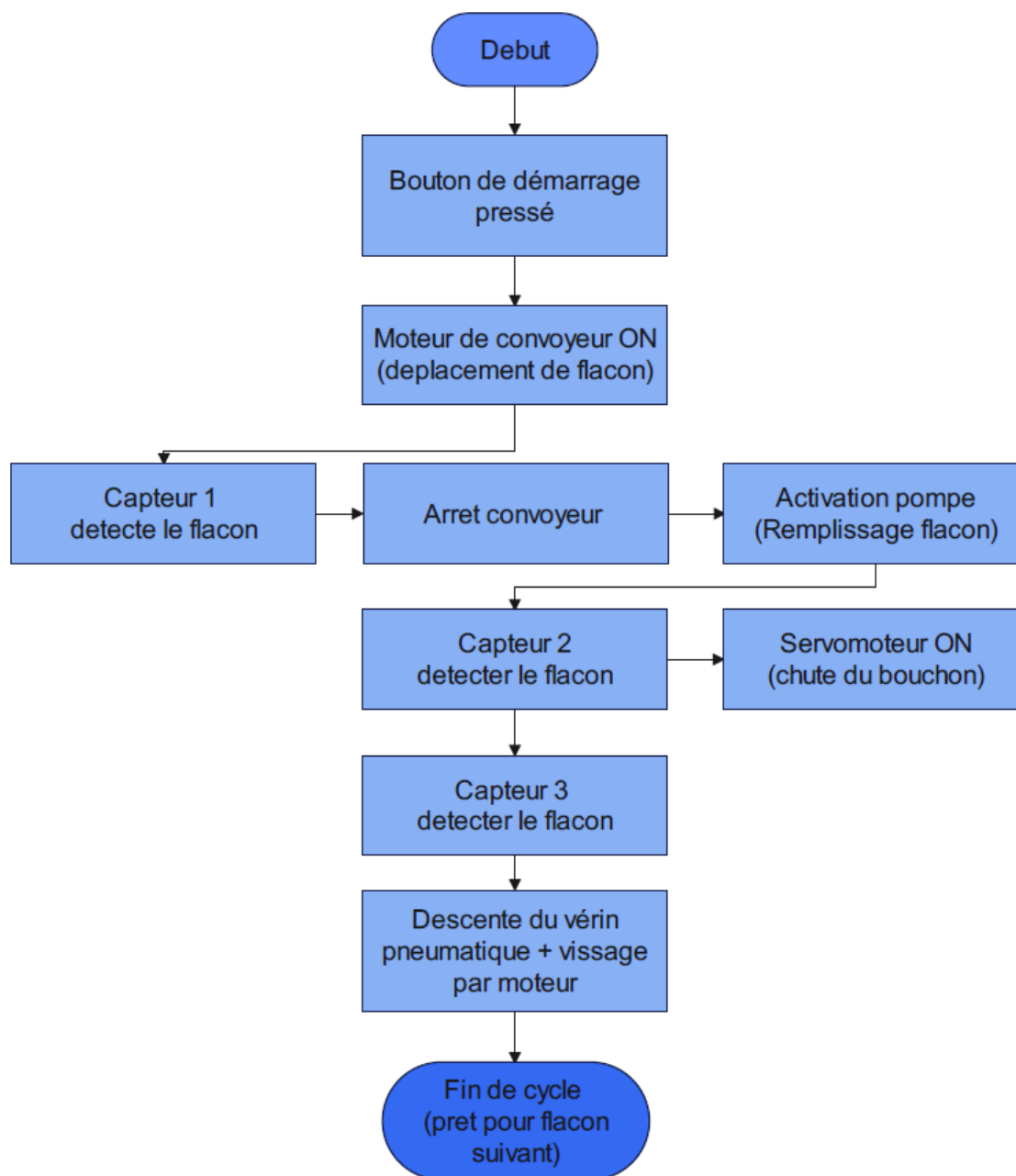


Figure III.69: diagramme fonctionnel

III.6 Tests de fonctionnement

Plusieurs tests ont été effectués pour vérifier le bon fonctionnement de la machine :

✓ **Test de convoyeur :**

Ce test vérifie le bon déplacement des flacons sur le tapis roulant entre les différentes stations de



Figure III.70: un flacon dans le convoyeur

la machine.

✓ **Test de détection de flacon :**

Il a ensuite testé le fonctionnement des capteurs et celui-ci a reconnu le flacon à les trois les trois différentes stations.

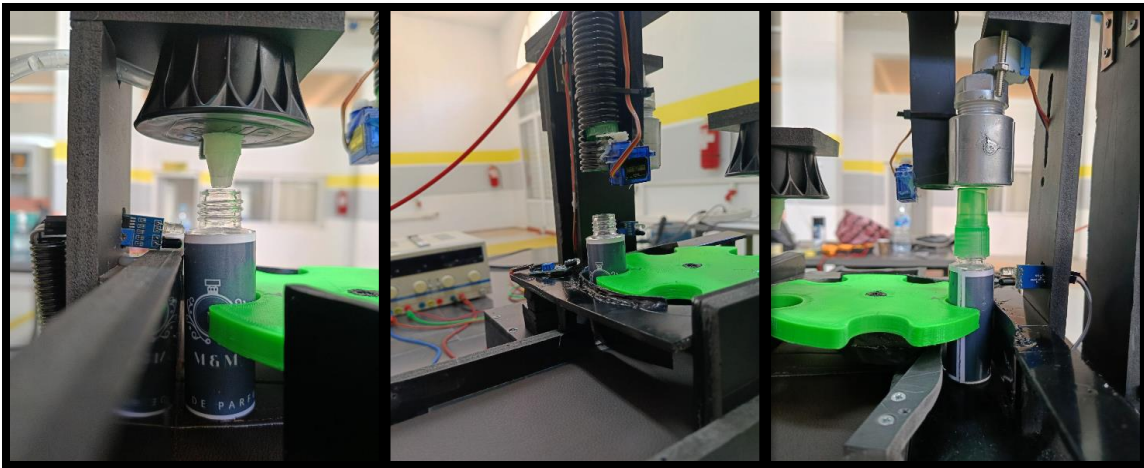


Figure III.71: détection de flacon

- ✓ Test de démarrage et d'arrêt de la pompe
- ✓ Test de niveau de remplissage :

D'après notre test de remplissage de flacon, le temps nécessaire pour remplir le flacon est environ de 1 s.

- ✓ Test de servomoteur :

Après avoir testé le servomoteur, il a parfaitement fonctionné. À l'arrivée de la bouteille, il a tourné et le bouchon est tombé.

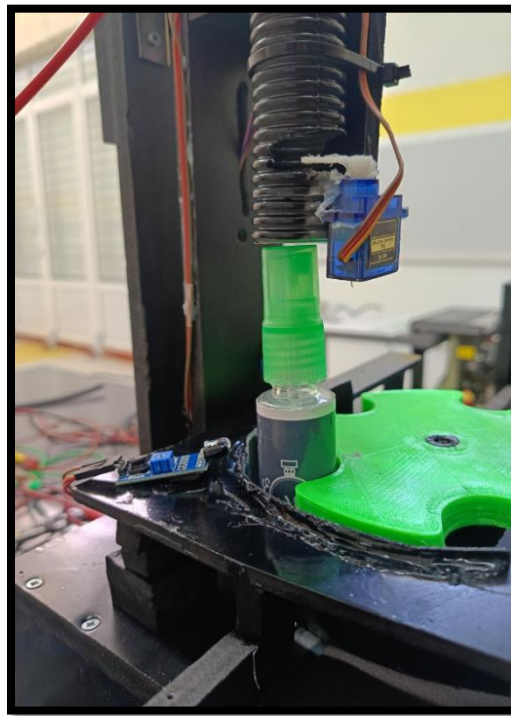


Figure III.72: Chute du bouchon

- ✓ Test de system de fermeture :

Après le test, le système de fermeture fonctionne bien, le vérin descente et le moteur démarre pour terminer le processus.

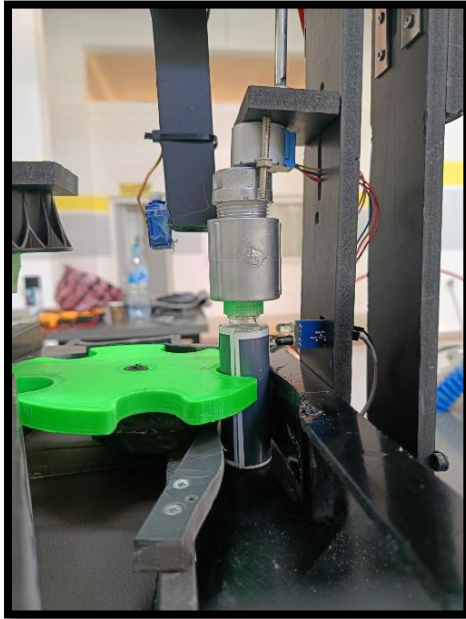


Figure III.73: Fermeture de flacon

En plus d'autres tests pour assurer le bon fonctionnement de l'appareil et sa sécurité:

✓ **Test d'étanchéité**

Il permet de s'assurer qu'il n'y a aucune fuite après le remplissage, garantissant ainsi la fiabilité du système et la qualité de l'emballage.

✓ **Test de synchronisation**

Il permet de s'assurer que tous les composants de la machine (remplissage, convoyeur, capsage) fonctionnent de manière parfaitement synchronisée.

✓ **Test du programme Arduino**

Ce test consiste à vérifier que le code installé sur la carte Arduino exécute correctement les instructions de contrôle des capteurs et actionneurs.

✓ **Test de répétabilité**

Il s'agit de faire fonctionner la machine pendant plusieurs cycles pour observer la stabilité du système et la constance des résultats.

✓ Test de sécurité

Ce test vise à garantir la sécurité de l'utilisateur, en vérifiant l'isolation électrique, la stabilité mécanique et l'absence de risques pendant le fonctionnement.

Ces tests ont permis de corriger certains bugs et d'optimiser le système pour une utilisation fluide.

III.7 Difficultés rencontrées

Pendant la phase de réalisation, plusieurs difficultés techniques et pratiques ont été rencontrées :

- Erreur de programmation : Une erreur dans le code Arduino a provoqué une inversion du sens de rotation du plateau rotatif, ce qui a perturbé l'orientation des flacons et nécessité une correction logicielle.
- Contrainte d'espace : Le manque d'espace dans le châssis a compliqué le passage et l'organisation des câbles électriques, rendant le câblage fastidieux et nécessitant une attention particulière à la sécurité et à l'accessibilité.
- Détection des flacons transparents : Le capteur IR n'a pas réussi à détecter correctement les flacons en verre transparent, ce qui a nécessité d'ajouter une étiquette pour la détection.
- Fragilité du matériau Forex : Certaines pièces fabriquées en Forex (PVC expansé) se sont cassées facilement lors de l'assemblage ou de l'utilisation, ce qui nous a contraints à les reproduire et à repenser partiellement la conception mécanique.



Figure III.74: Morceau de Forex cassé

Ces obstacles nous ont permis de mieux comprendre les limites techniques de certains composants et l'importance d'une conception à la fois fonctionnelle et robuste. Ils ont également renforcé notre capacité à résoudre des problèmes en conditions réelles

III.8 Améliorations possibles

Parmi les améliorations envisageables :

- 1. Intégration d'un système d'étiquetage et d'emballage**

L'ajout d'un module automatique pour apposer des étiquettes sur les flacons, ainsi qu'un système d'emballage final, permettrait de rendre la ligne plus autonome et conforme aux exigences du marché.

- 2. Ajout d'un système de stockage post-remplissage**

Intégrer un convoyeur ou une table tournante de stockage permettrait de récupérer les flacons remplis et bouchés de manière ordonnée, facilitant ainsi la collecte ou l'emballage ultérieur.

- 3. Mise en place d'un magasin de bouchons**

L'ajout d'un chargeur automatique de bouchons permettrait une alimentation continue du système de capsage, réduisant ainsi l'intervention humaine et augmentant la cadence.

- 4. Remplacement des vérins pneumatiques par des vérins électriques**

Les vérins électriques offrent plus de précision, de contrôle et éliminent le besoin d'un compresseur, réduisant ainsi le bruit, la consommation énergétique et les contraintes de maintenance.

- 5. Utilisation de capteurs plus performants**

Remplacer les capteurs optiques classiques par des capteurs adaptés aux matériaux transparents (comme les capteurs à ultrasons ou à détection de contraste) pour une meilleure détection des flacons en verre.

- 6. Migration vers un automate programmable (API)**

Le remplacement de l'Arduino par un API industriel permettrait une meilleure évolutivité, une fiabilité accrue et une compatibilité avec des systèmes industriels standard.

7. Ajout d'une interface homme-machine (HMI)

Un écran tactile interactif permettrait de suivre l'état du système, de modifier les paramètres facilement et de visualiser les alertes ou erreurs en temps réel.

8. Renforcement de la structure mécanique

L'utilisation de matériaux plus résistants (aluminium, plexiglas renforcé) à la place du Forex permettrait de limiter les casses et d'augmenter la durabilité du châssis.

III.9 Conclusion

Cette phase de réalisation nous a permis de concrétiser notre idée en un prototype opérationnel. Elle a mis en évidence l'importance de l'intégration cohérente entre la partie matérielle et logicielle du projet. Nous avons également acquis une expérience précieuse en résolution de problèmes et en travail d'équipe.

Conclusion général

Conclusion Générale

À travers ce projet, nous avons pu concevoir et réaliser une machine de remplissage automatique destinée aux flacons de parfum. Notre démarche a suivi une méthodologie structurée, depuis l'analyse du besoin, en passant par l'étude théorique et technique, jusqu'à la mise en œuvre pratique du système. Cette expérience nous a permis de mettre en application nos connaissances théoriques acquises durant notre formation, tout en développant des compétences en électronique, en programmation, en mécanique, ainsi qu'en gestion de projet. Le prototype final est fonctionnel et répond aux objectifs fixés en termes de précision, d'efficacité et de simplicité d'utilisation. Nous considérons ce travail comme une base solide pour des développements futurs plus avancés.

Références

- [1.01] Système de remplissage. CDA, « Guide Pratique Remplissage et dosage de liquides remplisseuses semi-automatique et automatique », PDF, p5.
- [1.02] Remplissage à niveau. CDA, « Guide Pratique Remplissage et dosage de liquides remplisseuses semi-automatique et automatique », PDF, p7-p9.
- [1.03] Remplissage débitmétrique. CDA, « Guide Pratique Remplissage et dosage de liquides remplisseuses semi-automatique et automatique », PDF, p11-p13.
- [1.04] Remplissage volumétrique. CDA, « Guide Pratique Remplissage et dosage de liquides remplisseuses semi-automatique et automatique », PDF, p15-p19.
- [1.05] Remplissage pondéral. CDA, « Guide Pratique Remplissage et dosage de liquides remplisseuses semi-automatique et automatique », PDF, p21.
- [1.06] Remplissage Pro, 2022. *Fonctionnement d'une remplisseuse manuelle*. [en ligne] Disponible sur : <https://remplissage-pro.fr/conditionnement-liquide/fonctionnement-remplisseuse-manuelle-liquide/> [Consulté le 10 mai 2025].
- [1.07] Machine de remplissage. CDA, « Guide Pratique Remplissage et dosage de liquides remplisseuses semi-automatique et automatique », PDF, p30-p32.
- [1.08] R. K. Rajput, "A Textbook of Manufacturing Technology: Manufacturing Processes", Laxmi Publications, 2007.
- [1.09] Choix de la machine. CDA, « Guide Pratique Remplissage et dosage de liquides remplisseuses semi-automatique et automatique », PDF, p34-p35.
- [1.10] Avantages de l'utilisation d'une remplisseuse automatique, MA CHRONIQUE, Disponible sur < machronique.com >, Consultée le 10/05/2025
- [2.01] Arduino, 2024. What is Arduino?. [en ligne] Disponible sur : <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction> [Consulté le 18 mai 2025].
- [2.02] Arduino, n.d. Arduino Mega 2560 Rev3. [en ligne] Arduino. Disponible sur : <https://store.arduino.cc/products/arduino-mega-2560-rev3> [Consulté le 18 mai 2025].

[2.03] Futura Sciences, 2024. Senseur : définition et fonctionnement. [en ligne] Disponible sur : <https://www.futura-sciences.com/tech/definitions/technologie-senseur-8460/> [Consulté le 20 mai 2025].

[2.04] Infrared Sensor. Danny Jost, What is an IR sensor? Disponible sur < www.fierceelectronics.com >, Consultée le 20/05/2025

[2.05] Préactionneur. JDoTec, Etude des Systèmes, Disponible sur < www.jdotec.net >, Consultée le 21/05/2025

[2.06] Modules relais. Gotronic, « Guide d'utilisation des module relais avec un microcontrôleur Arduino », PDF, p1-p3.

[2.07] Electronics Tutorials, s.d. DC Motors. [en ligne] Disponible sur : https://www.electronicstutorials.ws/io/io_7.html [Consulté le 22 mai 2025].

[2.08] Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 2020. Chapitre 4 : Les vérins pneumatiques et hydrauliques. [pdf] Disponible sur : <https://www.ummto.dz/fgei/wp-content/uploads/2020/04/Chapitre-4-V%C3%A9rins.pdf> [Consulté le 22 mai 2025].

References de photos:

[3.01] Source: revue-ein.com/actualité/mesure-avec-précision-le-niveau-de-remplissage

[3.02] Source: acesolutions.fr/technique-de-dosage

[3.03] Source: acesolutions.fr/technique-de-dosage

[3.04] Source: fr.scaime.com/remplissage-conditionnement

[3.05] Source: directindustry.fr/prod/griso-tec-gmbh/product-175704-1899841.html

[3.06] Source: vkpak.eu/semi-automatic-filling-machine/semi-automatic-0-5-10l-net-weight-liquid-filling-machine.html

[3.07] Source: stoppil-industrie.fr/fr/component/flexicontent/item/265-remplisseuse-lineaire-automatique-standard

[3.08] Source: directindustry.fr/prod/telm-srl/product-61289-2261373.html