REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA



Faculté de Technologie

Mémoire de fin d'études de Master

Filière : Electromécanique

Spécialité : Mécatronique

Etude et conception d'un système de contrôle du bobineur d'une extrudeuse à fil plastique

Présentés par :

Bouslah sidahmed

Dirigé par :

Dr. Bentouati Smain

Promotion 2019/2020

بسم الله الرحمن الرحيم

Remerciement

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout
Puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la
Patience d'accomplir ce Modeste travail.
En second lieu, nous tenons à remercier notre
Encadreur Dr : Bentouati de ses précieux conseils et son
Aide durant toute la période du travail
Nos vifs remerciements vont également aux membres de jury
Pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en
Acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.
je souhaite remercier ma famille, Celui qui m'a aidé et ce travail ne se serait pas passé sans eux.
Enfin, nous tenons également à remercier MOHRI Ab, hadjameur Ab
Ben Yahia Yo, TAKDENTI Ib
Et les personnes qui ont participé de près ou de loin à la
Réalisation de ce travail

الملخص

يتكون المشروع من إجراء دراسة وتصميم دليل لف الخيوط لماكينة البثق البلاستيكية التي يمكن استغلالها في عملية البثق.

إنها مسألة تزويد الهيكل الميكانيكي للطارد بأدوات التحكم اللازمة لإنجاز المهام الموكلة إليه.

في هذا النظام تعد لوحة أرد وينو ومحركان هي المكونات الرئيسية لبدء هذا النظام.

للقيام بذلك، تم إجراء دراسة حول مراحل ومعايير التحكم في الحركة ومحاكاتها وتحققها.

الكلمات المفتاحية: اللفاف، دليل لف الخيوط، الطارد، لوحة أرد وينو

Résumé

Le projet consiste à faire une étude et une conception d'un guide d'enroulement filamentaire de plastique extrudeuse qui pourra être exploité dans le procèdes des extrusions. Il est question de doter la structure mécanique de l'extrudeuse des outils de commandes nécessaires à l'accomplissement des tâches qui lui sont dévolues.

Dans ce système, une carte Arduino et deux moteurs sont les composants principaux de la mise en marche de ce système.

Pour ce faire, Une étude sur les étapes et les paramètres du contrôle de mouvement ont été réalisé et simulé et concrétisé.

Mot clés : enrouleur, guide d'enroulement filamentaire, extrudeuse, une carte Arduino

.

Abstract

The project is to study and design a threaded roller to control the plastic extrusion machine which can be operated in the extrusion process, and it is related to providing the mechanical structure of the extruder with the necessary control tools. to accomplish the extrusion process. The tasks assigned to it.

In this system, an Arduino board and two motors are the main components of starting this system.

To do this, a study on the steps and parameters of movement control was carried out and simulated and materialized.

Keywords: winder, Filament winding guide, extruder, Arduino board.

Liste des figures

Figure I-1 Calandrage d'une extrudeuse 3
Figure I-2 Pièces obtenues par calandrage 3
Figure I-3 Modèles de pièces obtenues par le thermoformage 3
Figure I-4 Principe de thermoformage 4
Figure I-5 injection plastique. 4
Figure I-6 Exemples des pièces obtenues par injection plastique. 5
Figure I-7 Etapes de l'injection soufflage 5
Figure I-8 Pièces obtenue par l'injection soufflage 6
Figure I-9 procède d'expansion moulage 6
Figure I-10 Emballages en PSE 7
Figure I-11 Schéma de l'extrusion 7
Figure I-12 Modèle de pièces obtenu par extrusion 7
Figure I-13 Schéma l'extrusion gonflage 8
Figure I-14 procèdes Extrusion soufflage 8
Figure I-15 Pièces obtenues par roto moulage. 9
Figure I-16 machine extrudeuse filamentaire 10
Figure I-17 Vue globale d'une vis sans fin d'une extrudeuse 10
Figure I-18 Classification des systèmes bi-vis 11
Figure I-19 Classification des systèmes bi-vis 12
Figure I-20 Vis sans fin à étages de diamètres différents 12
Figure I-21 Organe malaxeur à vis conique 12
Figure I-22 schéma d'une filière 13
Figure II-1 ligne d'extrusion filmentaire 14
Figure II-2 MATIERE OBTENUE APRES EXTRUSION 15
Figure II-3 VIS SANS FIN 15
Figure II-4 Vue en coupe de la vis et du fourreau (profil de température et de pression) 16
Figure II-5 Groupe d'entrainement 17
Figure II-6 Tremie 17
Figure II-7 Fourreau 17
Figure II-8 Buse 18
Figure II-9 RELAIS STATIQUE 18
Figure II-10 Colliers chauffants 19
Figure II-11 Thermocouples type k 19
Figure II-12 bobine inutilisable 20
Figure II-13 L'enroulement filamentaire example 20
Figure II-14 L'enroulement helicoidal 21
Figure II-15 l'enroulement circonférentiel 21
Figure II-16 pièces obtenues par la matière plastique 22
Figure III-1 Schéma technologique 26
Figure III-2 Chaine d'information 26
Figure III-3 carte Arduino UNO 27
Figure III-4 Les composants de la carte Arduino UNO 28
Figure III-5 : Datasheet d'ATMega328e 30
Figure III-7 Interface de l'IDE Arduino 32
Figure III-8 Les différentes parties de l'interface IDE Arduino 33

Figure III-8 les boutons de commande..... 33
Figure III-9 Les différents types des cartes ‘Arduino’ 34
Figure III-10 moteur a courront continue (DC)..... 34
Figure III-11 schéma d’UN moteur DC 35
Figure III-12 Principe de fonctionnement..... 35
Figure III-13 différentes formes des moteurs pas à pas 36
Figure III-15 Représentation schématique d’un moteur bipolaire. 37
Figure III-16 Représentation schématique d’un moteur unipolaire. 37
Figure III-16 moteur à réluctance variable..... 38
Figure III-18 Représentation schématique d’un aimant permanant 39
Figure III-19 Moteur hybrid. 39
Figure III-20 Driver moteur pas à pas A4988. 41
Figure III-21 Schéma diagramme de driver A4988. 42
Figure III-22 Schéma de brochage de driver A4988. 43
Figure III-22 le logo du logiciel SolidWorks 45
Figure III-23 conception complète système de contrôle de bobinage..... 45
Figure III-24 conception complète système de contrôle de bobinage. 45
Figure III-25 Organigramme d’un programme Arduino pour la commande des moteurs..... 46
Annexe 1……...55
Annexe 2……...55
Annexe 3……...56

Liste des tableaux

Tableau I-1Principaux moyens de mise en œuvre avec les matières associées 9
Tableau II-1 : Les principales matières plastiques et leurs abrévié..... 23
Tableau III-1 Caractéristiques de la carte Arduino UNO..... 28
Tableau III-2 Caractéristique d'Un microcontrôleur ATMega328 29
Tableau III-3 Caractéristiques Pont H..... 35
Tableau III-4 le mode monophasé biphasé ou demi-pas. 38
Tableau III-5: Comparaison des performances pour les trois types de moteurs pas à pas. 40
Tableau III-6 La configuration de mode de résolution..... 44

Nomenclature

2D : Deux dimensions.

3D : Trois dimensions.

CF : coupe-feu.

CAO : Conception assistée par ordinateur.

FAO : Fabrication assistée par ordinateur.

FRP : plastiques renforcés de fibres.

PJ : Plan de joint.

PE : Polyéthylène.

PP : Polypropylène.

PS : Polystyrène.

PC : Polycarbonate.

PET : Polyesters et polyéthylène.

PF : pare feu.

PA : Polyamides.

PSE : Polystyrène expansé.

PSE-E : (XPS) : Polystyrène expansé extrudé.

TGV : Voyage à grande vitesse.

Table des matières

Introduction générale 1
I Chapitre 1 Généralités sur Les procédés d'extrusion des matières plastiques 2
I.1 Introduction 2
I.2 Les différents procédés de transformation du plastique 2
I.2.1 Calandrage 3
I.2.2 Thermoformage : 3
I.2.3 Injection 4
I.2.4 Injection soufflage 5
I.2.5 L'expansion moulage 6
I.2.6 Extrusion 7
I.2.7 Extrusion gonflage 8
I.2.8 Extrusion soufflage 8
I.2.9 Le roto-moulage 9
I.2.10 Principaux moyens de mise en œuvre avec les matières associées [2] 9
I.3 Machine associée aux procédés d'extrusion [3] 9
I.3.1 Extrudeuse 9
I.4 Différents types d'extrudeuse 10
I.4.1 Extrudeuse à une vis 10
I.4.2 Les filières 12
Conclusion 13
II Chapitre 2 fonctionnement d'une machine d'extrusion filamentaire pour le prototypage 14
II.1 Introduction : 14
II.2 Machine Extrusion plastique pour le prototypage 14
II.2.1 Définition 14
II.2.2 Composition d'une ligne d'extrusion [5] 14
II.2.3 Principaux éléments des extrudeuses : [1] 15
II.2.4 Définition du besoin 19
II.2.5 La matière plastique 22
III Chapitre 3 matérielles utilisée, conception et programmation 26
III.1 Introduction 26
III.1.1 Schéma technologique 26
III.1.2 Chaine d'information : 26

III.2 Présentation de Matérielles : 27
III.2.1 Carte Arduino : 27
III.2.2 Le Microcontrôleur ATMega328 29
III.2.3 Les sources d'alimentation de la carte Arduino UNO 30
III.2.4 Le programmation Arduino ARDUINO [15] 31
III.3 Moteur DC 34
III.4 LES MOTEURS PAS A PAS 35
III.4.1 Les différents types de moteur pas à pas 36
III.4.2 Les moteurs bipolaires 36
III.4.3 Les moteurs unipolaires 37
III.4.4 Les moteurs à réluctance variable 37
III.4.5 Les moteurs à aimant permanant 38
III.4.6 Les moteurs hybrides 39
III.4.7 Caractéristique principale 40
III.4.8 Comparaison des trois catégories des moteurs pas à pas 40
III.5 Driver moteur pas à pas A4988 40
III.5.1 Le circuit de puissance A4988 41
III.5.2 Caractéristiques et détails techniques de circuit A4988 41
III.5.3 Brochage et description des pins de driver A4988 42
III.5.4 Ajustement de Driver A4988 : [18] 43
III.6 La Conception Assistée par Ordinateur (CAO) : 44
III.6.1 Logiciel SOLIDWORKS: 44
III.6.2 Modélisation 3D de système 45
III.7 Programmation Organigramme d'un programme Arduino pour la commande des moteurs : 46
III.7.1 Programmation Ardouin 46
Conclusion 48
Conclusion générale 49
Annexes 52

Introduction générale

Introduction générale

Depuis toujours l'homme a manipulé plusieurs matériaux, en utilisant différentes méthodes et outils parmi eux le plastique, la manipulation de cette matière se passe par différents procédés, on se concentrer sur une partie dans ces procèdes, les techniques adoptées, ses avantages et sa contribution dans le développement industriel.

L'exigence de la vie moderne a conduit les chercheurs a amélioré continuellement ces procédés, afin de répondre mieux aux exigences du marché industriel, notamment la qualité et le temps nécessaire pour obtenir le produit finis.

Le procédé de l'extrusion a un impact fondamental dans le domaine de la mise en forme des thermoplastiques, spécialement les polymères fondus. Ce procédé, introduit dans le domaine industriel dans la deuxième guerre mondiale, a été évoluée avec l'évolution des besoins quotidiens de l'être humain.

Ce procédé et passe par les étapes suivantes :

• extrudeuses filment

• filière d'extrusion

• Un bac de refroidissement

• Un banc de réception ou enrouleur

Ce mémoire est organisé en trois chapitres :

Le premier chapitre présente une introduction générale au procédé de formation de plastique, les définitions, Les différents procédés de transformation du plastique, les éléments constituants des machines et les domaines d'applications.

Le deuxième chapitre est consacré à l'analyse fonctionnelle du projet, Machine d'Extrusion plastique pour le prototypage, et tous les principaux éléments des extrudeuses, définitions techniques et les types d'enroulement, Les types de plastique a bobiner et leur caractéristique, propriétés mécaniques, chimique, thermique et physique de la matière plastique

Le troisième chapitre présent le système embarqué utilisés pour le control de bobinage de filment plastique la simulation de la structure et le test par la simulation dans SolidWorks. Pour vérifier les résultats de l'étude mécanique, et aussi vérifier le programme de commande proposé.

I Chapitre 1 Généralités sur Les procédés d'extrusion des matières plastiques

I.1 Introduction

Le procédé de l'extrusion a un impact fondamental dans le domaine de la mise en forme des thermoplastiques, spécialement les polymères fondus. Ce procédé, introduit dans le domaine industriel dans la deuxième guerre mondiale, a été évoluée avec l'évolution des besoins quotidiens de l'être humain. L'exigence de la vie moderne a conduit les chercheurs d'améliorés continuellement ces procédés, afin de répondre mieux aux exigences du marché industriel, notamment la qualité des produits finis. Le problème de décollement de la couche limite dans la filière de l'extrudeuse (filière à contraction brusque), est l'un des problèmes majeurs influant de manière directe sur la qualité des produits finis. Les recherches entamées pour la compréhension de ce genre de problème, nous révèlent que ce dernier est d'origine moléculaire. Autrement dit, le comportement physico-chimique des molécules, constituant la matière fondu (polymère), représente la clé principale du déclanchement de ce phénomène. Une fois ce problème est déclenché dans un écoulement confiné, la qualité des produits finis est certainement ça va dégradée (création des zones des recirculations, endroit d'accumulation des imputées et source de perturbation pour l'écoulement). Donc la maitrise des conditions d'apparition de ce problème rendre facile l'élimination de ce dernier durant la production. Les moyens expérimentales et numériques devenues actuellement les moyens préférés des scientifiques pour l'interprétation des phénomènes physiques. Le coût généralement élevé du premier, rend le moyen numérique, malgré la qualité des résultant devant l'expérimentale, le plus utilisé.

Les techniques de transformation des plastiques dépendent de l'utilisation des produits finis et de la nature des matières plastiques. Généralement l'obtention des pièces de formes données est faite par des procédés de mise en forme permettant de réaliser des séries importantes ou de produit en continue. Parmi les principaux procédés de fabrication industrielle, nous citerons :

- L'injection,
- L'extrusion,
- Le thermoformage,
- L'extrusion soufflage,
- L'extrusion gonflage,
- L'expansion moulage,
- L'enroulement filamentaire,
- Prototypage,

I.2 Les différents procédés de transformation du plastique

Les matières plastiques ou polymères destinés à la transformation se présente sous forme de liquides, de poudres ou de granulés. Pour les transformer, il faut les mélanger et les fondre, y ajouter parfois des additifs (colorants, plastifiants…) et les façonner en choisissant parmi les huit principaux procédés, celui qui est le plus adapté à l'objet ou à l'emballage que l'on souhaite obtenir. [1]

I.2.1 Calandrage

Le calandrage permet de fabriquer des produits semi-finis, comme des films. Dans une machine appelée calandre, les matières thermoplastiques, mélangées à des additifs et des stabilisants, sont écrasés entre plusieurs cylindres parallèles. [1]

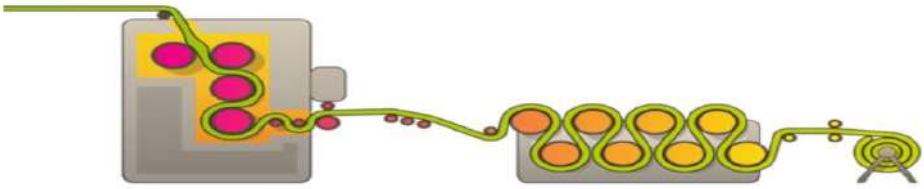


Figure I-1 Calandrage d'une extrudeuse

I.2.1.1 Principe

Elle le passe plusieurs fois entre les rouleaux pour une homogénéisation parfaite, un peu comme une guimauve. Pour permettre la gélification de la matière, celle-ci passe entre 2 calandres chauffées, réglées selon différents paramètres (température calandres, pressions, vitesse rotation…). L'écartement, la pression et le type de rouleaux vont donner les dimensions et les aspects des films (le grainage).

Les films sont mis en bobine ou coupés et empilés pour faire des feuilles, aux dimensions et épaisseurs souhaitées des objets à former. [1]

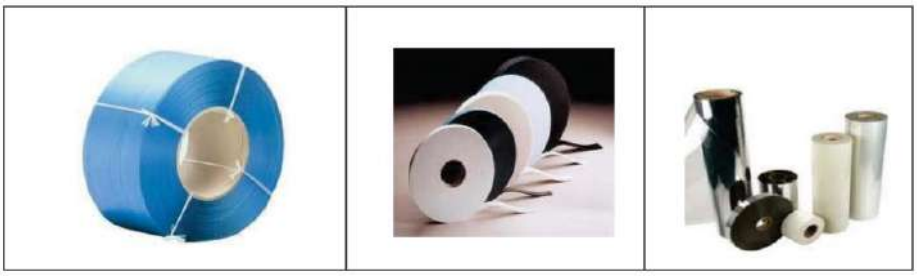


Figure I-2 Pièces obtenues par calandrage

I.2.1.2 Applications :

Le calandrage permet de fabriquer des produits semi-finis : Des feuilles ou des films qui seront transformés par la suite pour devenir des pots, des barquettes ou des gobelets.

I.2.2 Thermoformage :

C'est un procédé de seconde transformation. La matière arrive sous forme de plaques, feuilles, tubes ou profilés, puis est ramollie par chauffage avant d'être mise en forme par application sur un moule de géométrie simple. Cette technique est utilisée pour produire toutes sortes d'objets de formes creuses, comme les pots de yaourts ou le nez. [1]



Figure I-3 Modèles de pièces obtenues par le thermoformage

I.2.2.1 Principe :

Le thermoformage est une technique de moulage :
Mise en place de la feuille et chauffage par un plateau chauffant supérieur et inférieur.
Montée du moule : la feuille est ramollie et le moule monte pour emboutir la feuille.
Formage / Refroidissement : une fois le moule en position haute, le vide est fait entre le moule et la feuille.

La feuille se plaque sur le moule et en prend sa forme. De l'air ou de petites gouttelettes d'eau sont projetées sur la pièce pour la refroidir et lui donner sa forme finale.
De l'air est soufflée à l'intérieur du moule pour décoller la pièce du moule et celui-ci descend pour libérer la pièce.

Une fois le moule descendu, la pièce peut être enlevée puis décortiquée pour enlever les chutes de production (cercle rouge) Jouets (bac à sable, toboggans…) Pots de yaourt Blister Gobelets et barquettes. [1]

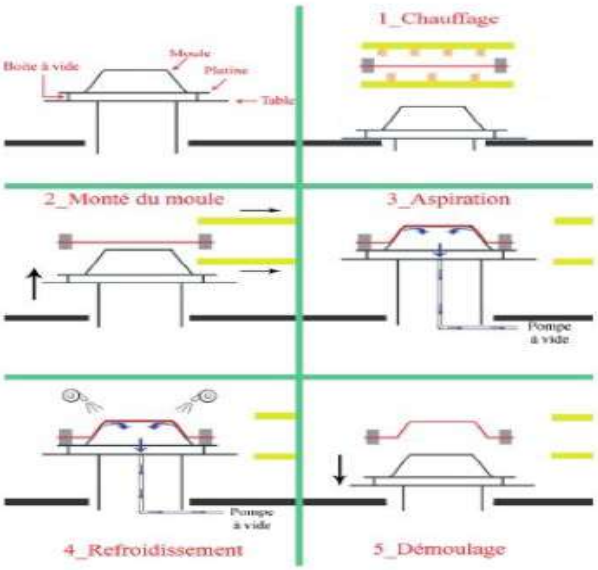


Figure I-4 Principe de thermoformage

I.2.3 Injection

La matière plastique arrive sous forme de granulés. Elle est versée dans la trémie pour alimenter la vis de plastification qui est dans un fourreau (tube) chauffé. Cette matière est ramollie, mélangée et poussée par la vis piston dans un moule refroidi complètement fermer. Une fois que la matière plastique arrive au contact du moule froid, elle prend la forme du moule et se solidifie. Le moule s'ouvre par la suite pour dégager la pièce. [2]

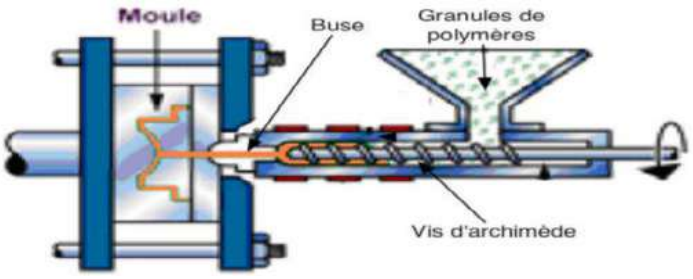


Figure I-5 injection plastique.

I.2.3.1 Principe de l'injection plastique

Avant de ressembler à des jouets sophistiqués, les Playmobil ou les Légos n'étaient que des granulés. La matière plastique est versée dans la trémie de la presse à injecter.
Elle est chauffée et malaxée par une vis sans fin. Les granulés deviennent liquides et se mélangent. La pâte est injectée sous pression vers un moule en acier verrouillé.
Le plastique chaud prend la forme du moule plus froid et se solidifie à mesure que la température baisse. Et voilà, le produit fini. [3] [2]

I.2.3.2 Applications

Médical : Instruments médicaux à usage unique.
Automobile : tableau de bord voiture, pièce sous capot moteur Loisir : télévision, téléphone portable…
Electroménagers : cafetière, robot…
Emballages : préformes de bouteilles, seaux, pots [2]



Figure I-6 Exemples des pièces obtenues par injection plastique.

I.2.4 Injection soufflage

Pour la conception des bouteilles, des flacons ou encore des biberons, Elle fonctionne de manière continue. On utilise l'injection soufflage. [1]

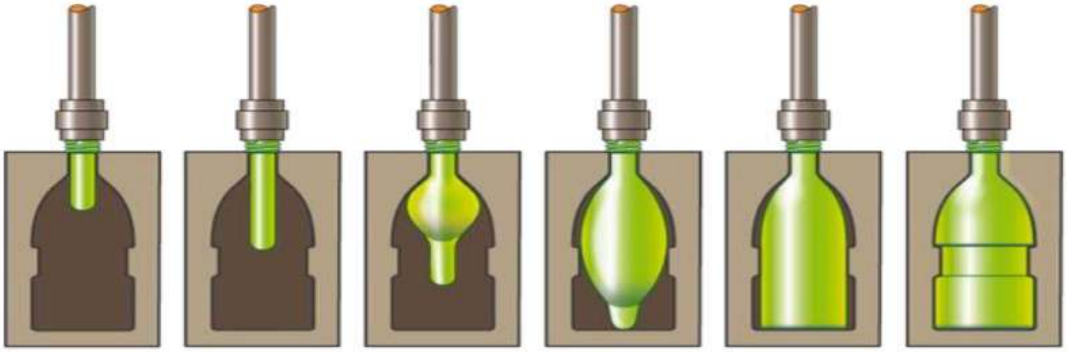


Figure I-7 Etapes de l'injection soufflage

I.2.4.1 Principe

L'injection-soufflage permet d'avoir une cadence très élevée dans le cycle de fabrication qui se déroule en deux grandes phases. Dans l'atelier d'injection, on fabrique d'abord une préforme, pour façonner, une sorte d'éprouvette avec le goulot de la bouteille. Vient ensuite le soufflage, proprement dit Dans l'atelier de soufflage, on chauffe de nouveau le plastique du tube que l'on va étirer dans un moule à l'aide d'une tige. Pour que la matière prenne parfaitement la forme du moule, on lui envoie un jet d'air très puissant (le soufflage). Le moule est ensuite refroidi et s'ouvre, la bouteille apparaît. [1]

I.2.4.2 Applications

L'application la plus connue est la bouteille (eau, soda). [2]



Figure I-8 Pièces obtenue par l'injection soufflage

I.2.5 L'expansion moulage

Le dernier procédé de transformation est appelé expansion moulage. Il sert à fabriquer toutes sortes d'emballages en polystyrène expansé [1]

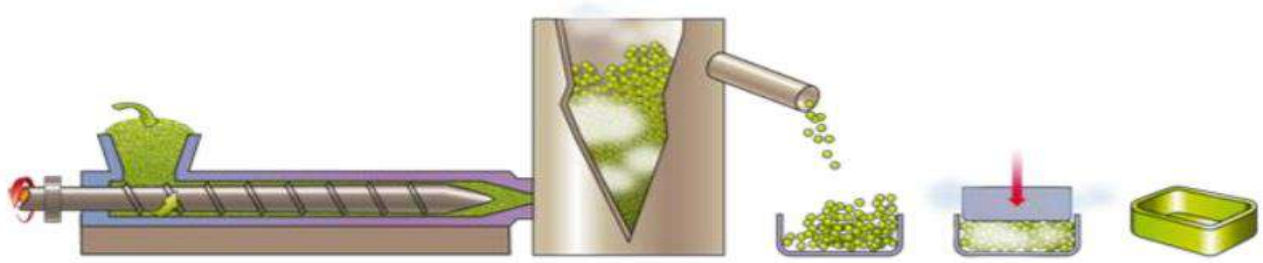


Figure I-9 procède d'expansion moulage

I.2.5.1 Principe

Avant d'être expansé, le polystyrène se présente sous forme de petites billes qui renferment des micro-inclusions de gaz (à l'état liquide) Au contact de la vapeur d'eau, la matière plastique se ramollit et le gaz qu'elle contient se dilate. Les billes gonflent grâce à l'air qu'il contient, comme le pop-corn, mais avec une forme plus régulière. Cette première expansion est réalisée en usine dans de grandes cuves en inox et permet d'obtenir jusqu'à 30 fois le volume initial des petites billes de polystyrène. Ensuite, on sèche les billes pré-expansées dans un silo et on les introduit dans un moule fermé, soumis à une nouvelle injection de vapeur d'eau. Les billes reprennent leur expansion, occupent tout l'espace du moule et se soudent entre elles pour obtenir la forme désirée de l'emballage [1]

I.2.5.2 Applications

Caisses à poissons, barquettes [2]



Figure I-10 Emballages en PSE

I.2.6 Extrusion

L'extrusion est le procédé de transformation qui sert à fabriquer des pièces en longueur comme des tuyaux, des gouttières ou des tubes… De dentifrice par exemple. [3]

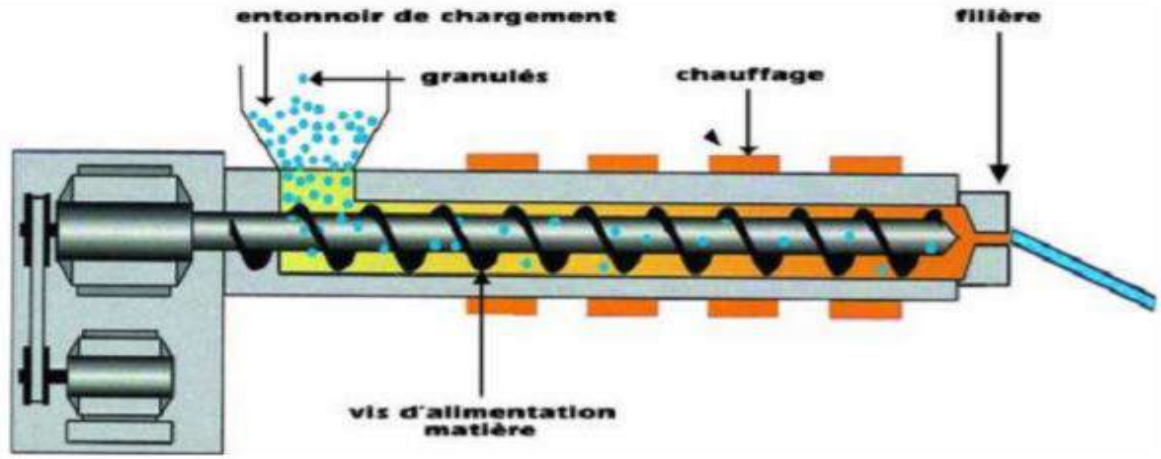


Figure I-11 Schéma de l'extrusion

I.2.6.1 Principe :

On verse le polymère sous forme de granulés ou de poudre solide dans la trémie de l'extrudeuse. La matière est entraînée par la vis sans fin qui tourne dans un cylindre chauffé. Elle se liquéfie sous l'effet de la chaleur et de la friction. La vis entraîne le plastique vers la sortie. La tête de sortie (pièce en acier aux formes variées) donne sa forme au produit au plastique qui est ensuite refroidi. [3]

I.2.6.2 Application

Bâtiment : profilés des fenêtres, gouttières, tubes d'évacuation…
Médical : tubes perfusion…
Emballages : tubes, pailles… [2]

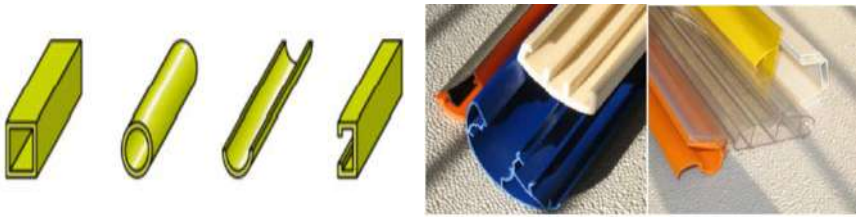


Figure I-12 Modèle de pièces obtenu par extrusion

I.2.7 Extrusion gonflage

Ce procédé est un dérivé de l'extrusion, il consiste à souffler en continu de l'air à l'intérieur d'un tube appelé paraison pour la faire gonfler. Ce procédé ne nécessite pas de moule, c'est l'air soufflé qui donne la forme et le refroidissement. Cette technique permet de fabriquer des sacs plastiques. [1]

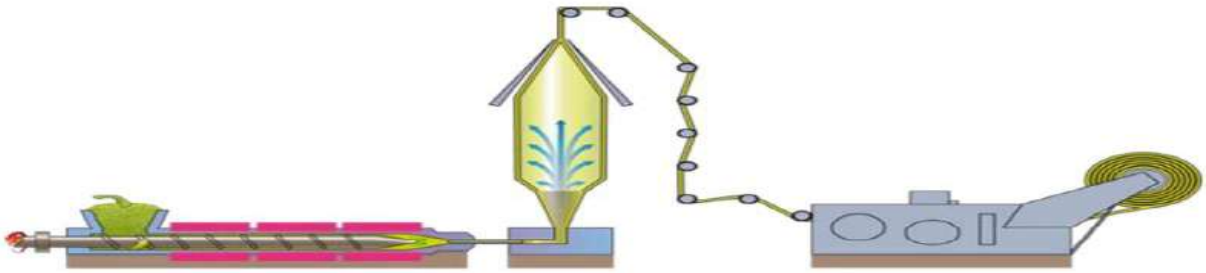


Figure I-13 Schéma l'extrusion gonflage

I.2.7.1 Principe

En phase initiale, le principe est le même que celui de l'extrusion classique mais il n'y a pas de forme à la sortie de l'extrudeuse. On insuffle de l'air comprimé dans le plastique ramolli. Il se gonfle alors et s'élève verticalement comme une bulle de film très fin. On le laisse ensuite refroidir. Avant de l'aplatir entre des rouleaux, on forme des soufflets et on prédécoupe les sacs. On les enroule sur des bobines ou on forme des rouleaux. [1]

I.2.7.2 Applications

Fabrication des sacs plastiques, de sacs poubelles, films étirables. [1]

I.2.8 Extrusion soufflage

Ce procédé consiste à combiner la technique de l'extrusion avec celle du soufflage. Il permet de fabriquer des objets creux comme les bouteilles de lait ou les flacons de lessive par exemple. [3]

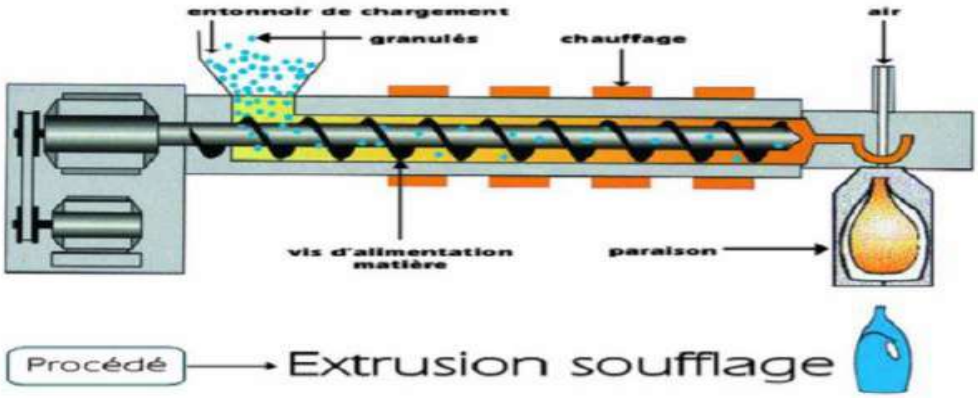


Figure I-14 procèdes Extrusion soufflage

I.2.8.1 Principe

On réalise d'abord un tube par extrusion si :

Le tube extrudé (appelé paraison) est enfermé dans un moule de soufflage (2 demi coquilles ayant la forme désirée). La paraison présente un orifice à son extrémité, qui est pincée (là où sera l'ouverture finale du récipient). Puis de l'air est injecté dans le moule afin que le tube

adopte parfaitement les parois où il est très rapidement refroidi. Il suffit alors de démouler l'objet ainsi fabriqué et le tour est joué.

I.2.8.2 Applications

Flacons, bouteilles, bidons. Pièces pour l'automobile. [3]

I.2.9 Le roto-moulage

Le moulage par rotation est une méthode de transformation des polymères permettant la production d'articles creux avec des contenances très diversifiées (de quelques dixièmes du litre à des milliers de litres). Le moulage par rotation permet de produire des petites et des grandes séries de pièces. [2]



Figure I-15 Pièces obtenues par roto moulage.

I.2.9.1 Le principe du roto-moulage

Le principe de cette méthode de transformation consiste à introduire de la matière (sous forme de poudre) dans un moule qu'on chauffe et qu'on introduit en double rotation. La matière fondue parvient ainsi à couvrir toutes les parois du moule et épouse alors sa forme. Le polymère le plus utilisé en Roto-moulage est le PE (90% des applications) ; PP, PC, PA, PVC sont également utilisés. Pour être roto-moulé le PE doit être sous forme poudre avec une taille des particules entre100 à 500 µm. [2]

I.2.10 Principaux moyens de mise en œuvre avec les matières associées [2]

Tableau I-1Principaux moyens de mise en œuvre avec les matières associées

Procédés	Base	Polymères les plus utilisés	Type
Injection	granulés	PE, PP, PS, technoplastiques	TP
Extrusion	granulés	PVC, PE	TP
Soufflage	granulés	PVC, Pehd	TP
Rotomoulage	poudres fines	PE, PVC (plastisol)	TP
Calandrage	pâtes	PVC	TP
Thermoformage	feuilles, plaques	PS, ABS	TP
Expansion PSE	perles	PSE	TP
Moussage PU	liquides	Polyols+polyisocyanates	TP
Compression	Poudres	PF, UF, MF	TP

I.3 Machine associée aux procédés d'extrusion [3]

I.3.1 Extrudeuse

Une extrudeuse est une machine utilisée principalement dans le domaine de mise en forme des polymères, son rôle important dans ce secteur la rendue une machine indispensable dans la fabrication plastique, cette machine est constituée essentiellement de : [1]



Figure I-16 machine extrudeuse filamentaire

- Vis sans fin ;
- Foureau ;
- Réservoir d'alimentation en matière première (grains de polymère) ;
- Filière ;
- Moteurs électriques assurant la rotation de la vis sans fin.

I.4 Différents types d'extrudeuse

I.4.1 Extrudeuse à une vis

Les extrudeuses monos vis sont caractérisées par le diamètre et la longueur de la vis. Cette longueur est exprimée en multiples du diamètre. Habituellement, les longueurs de vis se situent entre 15 et 30 diamètres.

Les extrudeuses font appel à une source de chaleur extérieure. La chaleur nécessaire à la gélification est fournie par le frottement de la matière plastique sur la vis et le fourreau, ainsi que par la compression et la friction des particules de matières plastiques entre elles sous l'effet de cisaillement et de compression de la vis en rotation. Il faut noter que ces extrudeuses se comportent également dans une certaine mesure en extrudeuses adiabatiques.

En effet, les calories nécessaires à la gélification sont apportées dans une proportion variable par l'énergie thermique extérieure et par les frictions internes [3].

Les vis sont généralement percées dans le sens de leur longueur, ce perçage ne débouchant pas du côté sortie matière. Ce forage permet la thermorégulation de la vis.

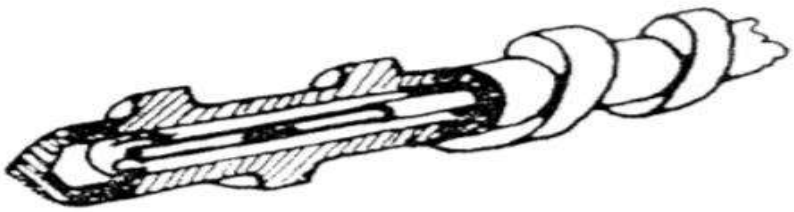


Figure I-17 Vue globale d'une vis sans fin d'une extrudeuse

Les vis dès mono vis sont interchangeables en fonction de la nature et des caractéristiques des matières thermoplastiques.

I.4.1.1 Extrudeuses à deux-vis

Les extrudeuses double-vis sont particulièrement bien adaptées à la transformation de matières thermoplastiques pulvérulentes. La double vis à filets interpénétrant agit alors comme une pompe à vis.

Les double-vis sont d'un usage de plus en plus répandu, en particulier pour la transformation du PVC rigide. À capacité équivalente la puissance-moteur est moins importante sur les double-vis que sur les monos vis, du fait que les frictions internes sur la matière sont moins élevées. Par contre, l'apport thermique du chauffage est supérieur pour assurer une même gélification

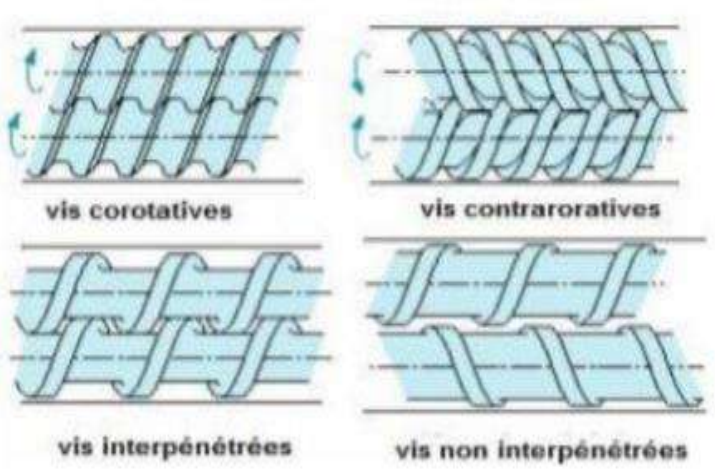


Figure I-18 Classification des systèmes bi-vis

I.4.1.2 Sens de rotation des systèmes bi-vis a

Les deux vis tournent dans le même sens. La matière a tendance à parcourir un chemin en huit, mais sans passer par le point de contact des vis. L'avantage se traduit par une augmentation du chemin parcouru par la matière L'échauffement est plus régulier. b) Les deux vis tournent en sens inverse (contre-rotation). La matière passe entre les deux vis et subit de ce fait un malaxage très important qui facilite la gélification. Dans état actuel des techniques une seule conception est à retenir pour les doubles vis coniques, c'est le principe de la contre-rotation.

I.4.1.3 Obtention du rapport de compression

Chaque constructeur propose sa méthode pour obtenir ce rapport sur la profondeur, et par la forme des filets.

On trouve aussi des vis à étages de diamètres différents et d'autres coniques à axes convergents. Plusieurs constructeurs prévoient maintenant des vis à différentes zones et intercalent parfois entre celles-ci des disques ou cylindres, lisses ou entaillés, qui agissent comme organe malaxeur ou créent des zones de décompression et de dégazage.

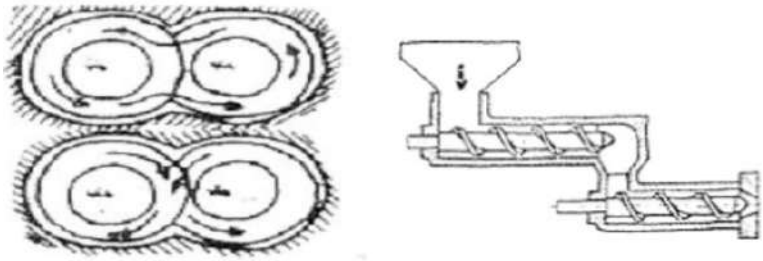


Figure I-19 Classification des systèmes bi-vis

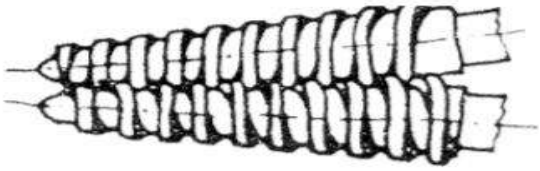


Figure I-20 Vis sans fin à étages de diamètres différents



Figure I-21 Organe malaxeur à vis conique

I.4.2 Les filières

La filière est une pièce placée à la sortie de l'extrudeuse comportant un ou plusieurs orifices par lesquels la matière s'écoule sous l'action de la pression.
La géométrie des filières est définie par des paramètres procédés :
matière première, recette, débit, dimensions produits…
La filière permet de réaliser des produits de différentes formes, tailles et structures.

Elles peuvent être de conceptions différentes selon le type de produit voulu. Elle est amovible et doit se démonter facilement pour être nettoyée ou changée.
On peut classer les filières de la façon suivante :

- Filières sans poinçon pour les profils pleins (joncs, fils, plaques).
- Filières avec poinçon pour les profils creux (tube à section circulaire, rectangulaire, paraisons, gaines.
- Filières avec poinçon monté sur tête d'équerre pour la réalisation de gainage de câbles, de gaines gonflées.

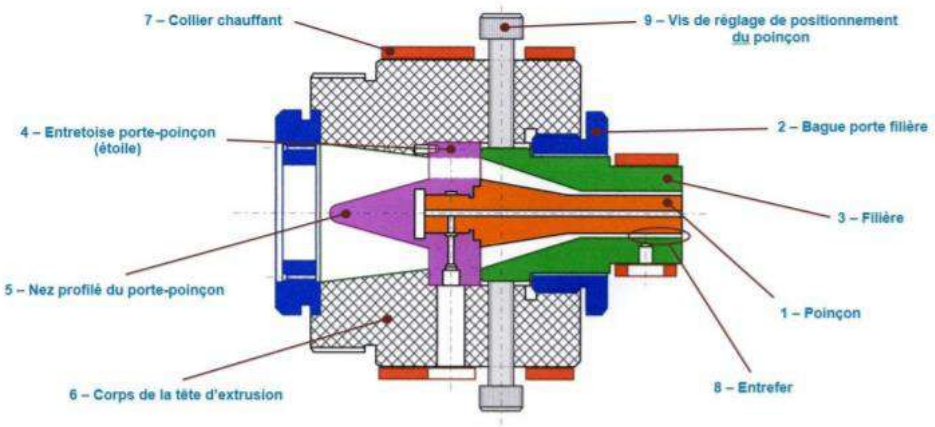


Figure I-22 schéma d'une filière

Conclusion

Nous avons présenté, dans ce chapitre, Le généralités et définitions en relation avec les procédés de mise en forme procéder de l'extrusion a un grand impact dans le domaine de la mise en formées thermoplastiques, dans le domaine industriel, été évoluée avec l'évolution des besoins quotidiens de l'être humain

II Chapitre 2 fonctionnement d'une machine d'extrusion filamentaire pour le prototypage

II.1 Introduction :

L'enroulement filamentaire est un procédé de mise en forme rapide et automatisable. Il est parfaitement adapté pour réaliser des pièces à géométrie de révolution comme les tubes cylindriques, ou de forme complexe.

Dans ce chapitre, nous présenterons la machine d'enroulement filamentaire avec laquelle nous allons élaborer nos échantillons qui sont initialement sous forme de tubes. Notre présentation est basée sur les trois compartiments de la machine. En premier lieu nous allons présenter la chaine cinématique de la machine, puis la partie mécanique, ensuite nous allons détailler la partie électrique de la machine.

II.2 Machine Extrusion plastique pour le prototypage

II.2.1 Définition

Donner une forme à un matériau mis sous pression en le contraignant à traverser une filière qui lui donnera la forme d'un profilé de grande longueur. [4]

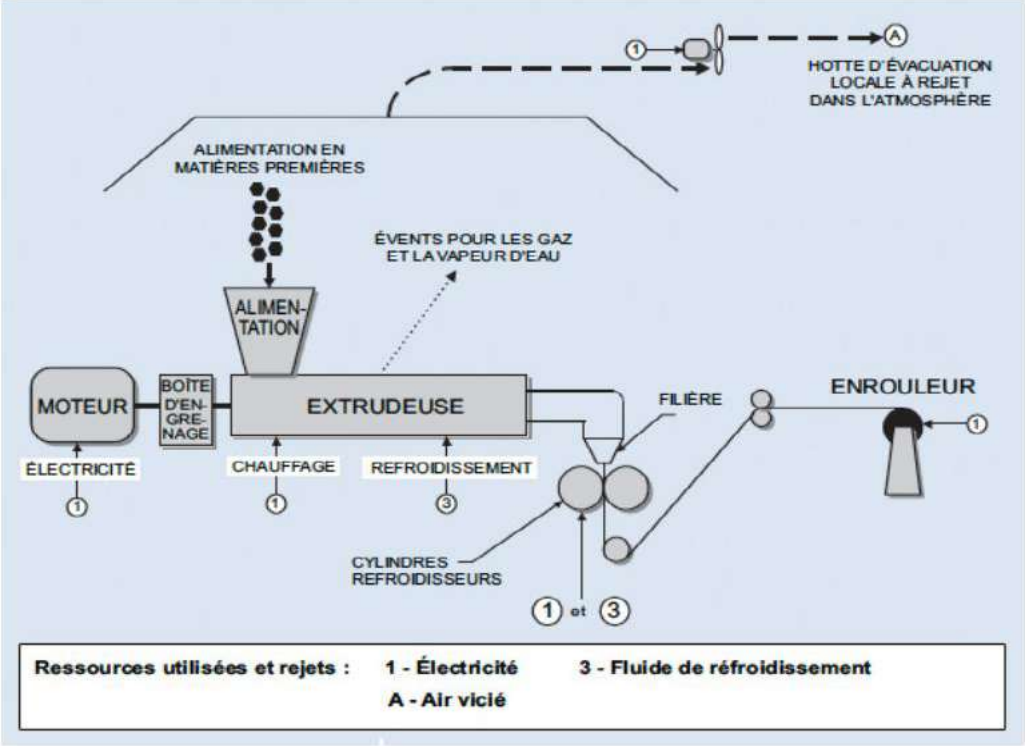


Figure II-1 ligne d'extrusion filmentaire

II.2.2 Composition d'une ligne d'extrusion [5]

Les lignes d'extrusion se composent généralement de la façon suivante :

- Une ou plusieurs extrudeuses, mono-vis ou bi-vis
- Une filière d'extrusion

- Un dispositif de conformation
- Un bac de refroidissement
- Un banc de tirage
- Un banc de réception ou enrouleur



Figure II-2 MATIERE OBTENUE APRES EXTRUSION

II.2.3 Principaux éléments des extrudeuses : [1]

L'extrudeuse se compose de modules :

- La vis-cylindre et son équipement :

La vis représente l'élément principal de l'extrudeuse. Elle est caractéristique à chaque matière, à chaque machine. Elle tourne à l'intérieur d'un cylindre chauffé et elle est entraînée par un moteur électrique. Une vise d'extrusion présente plusieurs caractéristiques :



Figure II-3 VIS SANS FIN

- Longueur active et le diamètre extérieur de la vis.
- Le rapport L/D (Longueur active divisée par le diamètre) est devenu la caractéristique de désignation
- Le jeu entre le sommet des filets de la vis et le cylindre varie de 0,8 à 0,12 mm pour les diamètres de vis inférieurs à 40 mm
- Les vis sont en acier allié à haute résistance à la fatigue.

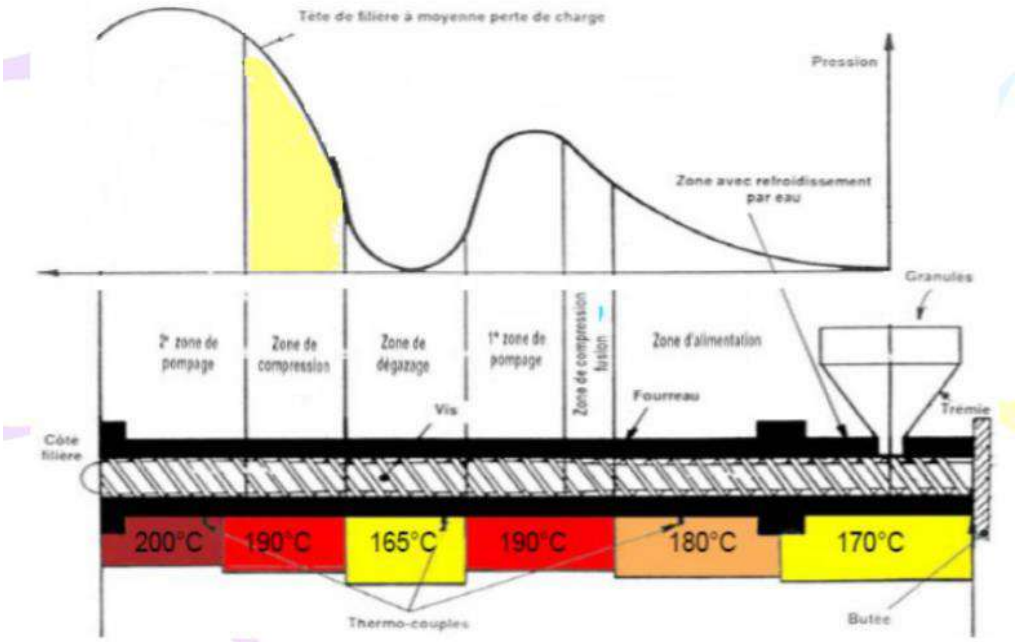


Figure II-4 Vue en coupe de la vis et du fourreau (profil de température et de pression)

- La tête d'extrusion porte filière :

Le rôle de la tête d'extrusion est de laisser passer la matière plastifiée par la filière qui lui donne la forme de la section voulue. Entre le cylindre et la tête est fixé le porte-tamis, appelé aussi la grille de répartition. Il se place à la jonction tête / fourreau. Elle assure le filtrage des impuretés.

On distingue 4 types de têtes d'extrusion :

- La tête d'extrusion droite pour la fabrication des profilés et des tubes.
- La tête d'équerre verticale pour l'extrusion soufflage et l'extrusion gonflage
- La tête d'équerre horizontale ou oblique pour le recouvrement des câbles
- Les têtes spéciales pour l'extrusion de feuilles et de plaques (tête plate), l'enduction de papier et la coextrusion.

- Groupe d'entrainement :

C'est la partie responsable de la rotation de la vis. Le contrôle du débit de matière plastique sortante de la buse se fait par un moteur à vitesse variable contrôlable, donc on a utilisé un système composé d'un moteur réducteur et d'un diviseur de couple, qui fournissent la puissance mécanique nécessaire. D'après les recherches et les tests qu'on a faits, la vitesse de rotation doit être autour de 30 tour/min, mais le problème qu'on a rencontré c'est le prix élevé des moteurs réducteurs, donc on s'est orienté vers le marché de la casse, et d'après notre budget on a pu trouver un moteur de vitesse variable de 20 - 100 tours/min avec une puissance de 0.75 kW.



ee

Figure II-5 Groupe d'entrainement

- Trémie

C'est un endroit où on peut mettre le produit à transformer pour alimenter la vis



Figure II-6 Tremie

- Fourreau

Le tube d'extrusion est un tunnel conçu pour l'assemblage de tous les éléments, l'opération de l'extrusion s'effectue à l'intérieur de ce tube. Ses dimensions dépendent de la mèche à bois trouvé dans le marché, la résistance de la température de chauffage, et le diamètre voulu du fil sortant.



Figure II-7 Fourreau

- Buse

C'est l'extrémité de l'extrudeuse qui contrôle les dimensions de sortie de la matière, et donne la forme finale du produit.



Figure II-8 Buse

- Régulateurs de Températures

Un régulateur de température est un appareil de contrôle de température. Il est relié à son entrée avec un capteur de température, tel qu'un thermocouple ou RTD, un système qui compare la température du milieu existant avec la température de régulation désirée, et comme sortie il est branché à un élément de commande, tel qu'un dispositif de ventilation ou de chauffage. Tout cela pour avoir un contrôle de température précis et sans intervention humaine.

- Relais statique

Un relais statique (SSR) ou contacteur statique (SSC) est un composant électronique qui commute une puissance (CA ou CC) à une charge et assure une isolation électrique entre le circuit d'alimentation et le circuit de charge. C'est une technologie en compétition aux relais électromécaniques et autres technologies de commutation telles que les relais et basculeurs à mercure.



Figure II-9 RELAIS STATIQUE

- Colliers chauffants

Les colliers chauffants sont des éléments, de diamètres et hauteurs variés, destinés au chauffage et au maintien en température de pièces cylindriques. Les transferts de chaleur entre le collier et la pièce à chauffer, se font principalement par conduction, ou par rayonnement pour les colliers les plus puissants. Ils peuvent chauffer aussi bien les solides, que les liquides ou les gaz.

Les applications des colliers sont diverses :
Ils peuvent équiper des buses ou des fourreaux d'extrudeuse, pour transformer des matières plastiques ; travailler des matières actuelles telles que des résines nécessitant de hautes températures ou le chauffage de conduites.



Figure II-10 Colliers chauffants

- Thermocouples

La transformation de l'effet de refroidissement ou l'effet de réchauffement en signal électrique s'effectue par des capteurs de mesure de température tout en basant sur l'effet de Seebeck. Leur grand défaut est la faible précision, c'est difficile d'avoir des mesures avec une incertitude inférieur à 0,1°C.

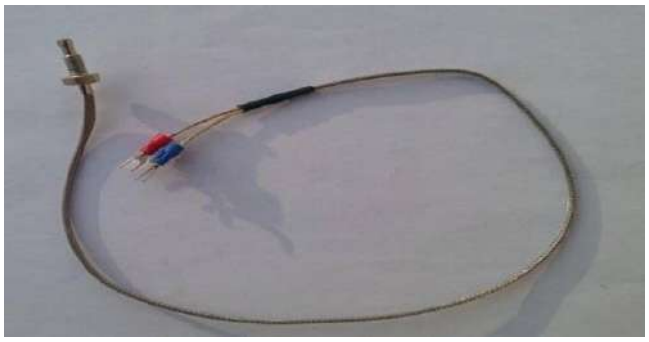


Figure II-11 Thermocouples type k

II.2.4 Définition du besoin

Après avoir extrait le filament plastique et l'avoir tourné sur la bobine, un problème se pose c'est que le fil tourne sur un seule coté ce qui donne un bobinage non équilibré et provoque un chevauchement de fil est cela rendre la bobine inutilisable.




Figure II-12 bobine inutilisable

Pour traiter ce problème on propose une solution qui consiste à utiliser un moteur pour obtenir une bobine équilibrée et bien organisée, la figure présent une proposition du système de notre étude constituer de :

- Enrouleur
- Moteur pas à pas

II.2.4.1 Enroulement :

II.2.4.2 Définition :

L'enroulement filamentaire est une technique de fabrication pour créer des structures utilisant des plastiques renforcés de fibres (FRP ou matériaux composites). Le processus consiste à enrouler des filaments sous tension sur un moule ou un mandrin mâle. Dans la forme la plus simple d'enroulement, le mandrin tourne sur une broche autour d'un axe horizontal, tandis qu'un chariot se déplace vers l'arrière et vers l'avant horizontalement, déposant les fibres selon le motif souhaité. Les filaments les plus courants sont la fibre de carbone, la fibre de verre et la fibre d'aramide (par exemple « Kevlar »). Ces fibres sont enduites (imprégnées) d'une résine synthétique liquide juste avant d'être enroulées dans le procédé connu dans l'industrie des composites sous le nom de « bobinage humide ». Cependant, il est également possible de Filamentaire des fibres de vent qui ont été « pré-imprégnées » avec une résine solide mais flexible qui ne durcit que lorsqu'elle est exposée à la chaleur. [6]

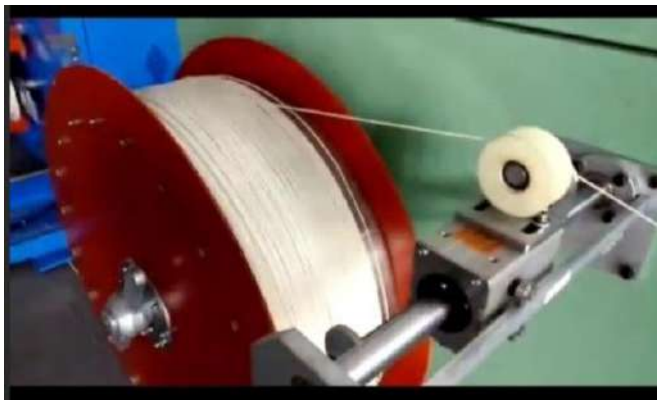


Figure II-13 L'enroulement filamentaire example

II.2.4.3 La technique d'enroulement :

L'enroulement de filament a trois modèles d'enroulement, qui sont :

- L'enroulement circonférentiel
- L'enroulement hélicoïdal
- L'enroulement polaire.

La plupart des produits bobinés de filament sont fabriqués au moyen du motif d'enroulement hélicoïdal. Dans le procédé d'enroulement hélicoïdal, le câble de fibre est enroulé sur le mandrin avec un angle modéré par rapport à l'axe longitudinal. Le processus d'enroulement se concentre sur un spécimen de structure tubulaire, qui peut se résumer comme suit. L'objectif principal est de recouvrir complètement un mandrin cylindrique avec une épaisseur constante du câble de fibre. Au début du processus d'enroulement à sec, le câble de fibre est déposé sur le côté gauche du mandrin et enroulé avec un angle d'enroulement constant vers le côté droit de mandrin. Le premier chemin de mouvement est appelé un passage, qui peut être illustré sur la figure (a). [7]

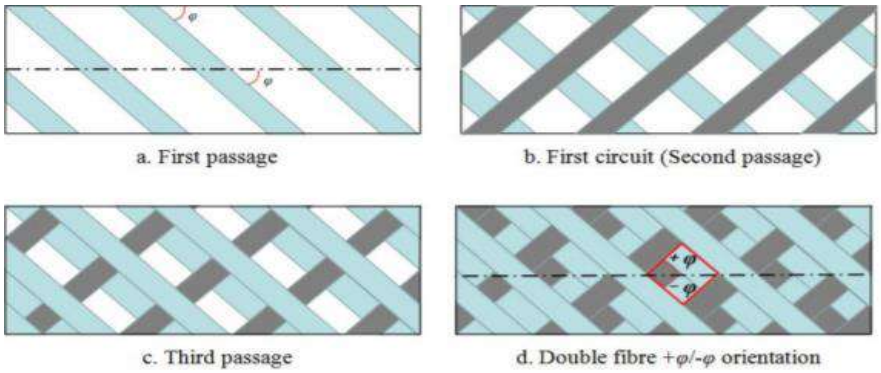


Figure II-14 L'enroulement helicoidal

A la fin de ce passage, le mouvement transversal de l'unité d'œil de paiement est arrêté et prêt à s'inverser avec le câble de fibre pour changer de direction. Lors du mouvement inverse, le mandrin peut encore conserver la rotation, qui peut s'enrouler entre la fin du premier passage et le début du deuxième passage. Le câble de fibre peut être enroulé vers le côté gauche depuis le côté droit du mandrin. Les deux passages sont appelés un circuit. Cela peut être démontré sur la figure (b). A la fin de chaque circuit, il a une valeur constante à ajouter entre les prochains circuits successifs, qui sont tracés sur la figure (c). Le modèle d'enroulement final dépend de la valeur croissante, qui peut contrôler directement l'angle de rotation entre chaque passage. L'angle de rotation de chaque côté du mandrin est un moyen de contrôler la structure d'enroulement de filament sur la base de l'angle d'enroulement de filament. Le motif d'enroulement de filament peut être présenté par une cellule régulière en forme de diamant, qui est représentée sur la figure (d). Dans la cellule en forme de diamant, il est simple de proposer une orientation de fibre stratifiée φ / -φ. [7]

Dans notre étude on a choisi l'enroulement circonférentiel :

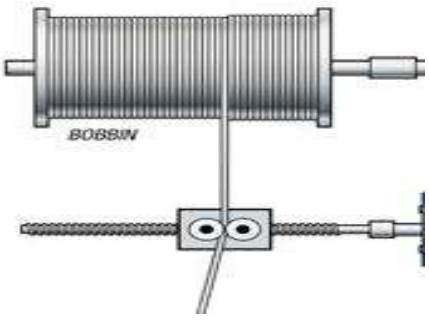


Figure II-15 l'enroulement circonférentiel

Le bobinage est effectué à 90 ° par rapport à l'axe du mandrin et confère une résistance tangentielle élevée. Pour obtenir une résistance longitudinale satisfaisante, il est nécessaire d'intercaler des couches de tissus unidirectionnels dans le sens axial du mandrin.

II.2.4.4 Application

L'enroulement filamentaire est surtout utilisé pour fabriquer des pièces ayant une symétrie de révolution : tube, réservoirs, bouteilles de gaz, enveloppes cylindriques de fusée ou de missile, arabe de transmission automobiles. Pour les réservoirs en enroulement filamentaire, le comportement au choc est excellent puisqu'ils ne se fragmentent pas mais se déchirent, libérant rapidement leur pression et conservant leur intégrité. [7]

II.2.5 La matière plastique

II.2.5.1 Définition de la matière plastique [2]

Le terme plastique décrit une grande variété de composés organiques obtenus par synthèse chimique. Produites essentiellement à partir du pétrole, les matières plastiques sont l'un des symboles du XXe siècle. La bakélite (1909) est le plus ancien plastique entièrement synthétique.

Il existe également des plastiques naturels : poix, latex, bitume, brai, résines, laques, ambre, écaille, corne, et des plastiques d'origine animale généralement extraite du lait et utilisé dans la fabrication des produits médicales. La matière plastique est composée principalement de polymères, qui a la propriété de se mettre en forme facilement par moulage, extrusion, coulage après un chauffage modéré (100- 300 °C).



Figure II-16 pièces obtenues par la matière plastique

II.2.5.2 Les types de plastique a bobiner et leur caractéristique : [2]

Le développement extrêmement rapide de l'industrie des matières plastiques et la prolifération des composés macromoléculaires ne permettent pas une classification nette et précise de ces matériaux. Tout classement est incomplet et aucun n'englobe dans un ensemble de catégories définies, toute la gamme des produits connus sous le nom de matières plastiques. La classification fondée sur la distinction entre polymères ou mélanges polymères thermoplastiques et thermodurcissables, correspond assez bien aux réalités industrielles.

Tableau II-1 : Les principales matières plastiques et leurs abrévié

famille	Principales matières	Abréviations
Acryliques	Polyméthylméthacrylate	PMMA
Cellulosiques	Acétate de cellulose Acétobutyrate de cellulose Propionate de cellulose	CA CAB CP
Polyacétals	Polyoxyméthylène	POM (homopolymère et copolymère)
Polyamides	Polyamides 6, 6-6,6-10, 11,12	PA
Polycarbonates		PC
Polyesters saturés (ou linéaires)	Polybutène téréphtalate Polyéthylène téréphtalate	PBT PET
Polymères divers	Polyéthersulfone Polyphénylène oxyde Polyphénylène sulfure Polyuréthanes Polysulfone	PESU PPO PPS PUR PSU
Polymères fluorés	Polyfluore de vinylidène Poly (éthylène-propylène) perfluoré Polytrifluorchloréthylène Polytetrafluorethylène	PVDF FEP PTFCE PTFE
Polyoléfine	Polyéthylène basse densité linéaire Polyéthylène basse densité radicalaire Polyéthylène haute densité Polypropylène	PEBDl PEBDr PEHD PP
Styréniques	Copolymères styrène-acrylonitrile Polystyrène-choc Polystyrène expansible Polystyrène standard Terpolymère acrylonitrile butadiène-styrène Terpolymère méthacrylate-butadiène-styrène	SAN SB PSE PS ABS MBS
Vinyliques	Copolymère éthylène/acétate de vinyle Polyacétate de vinyle Polychlorure de vinyle Polychlorure de vinyle surchloré Polychlorure de vinylidène	EVA PVAC PVC PVC C PVDC

En effet les propriétés et les méthodes de mise en œuvre qui les concernent respectivement sont différentes.

II.2.5.3 Caractéristiques des matières plastiques [2]

Pour assurer que le filament soit enroulé de façon correcte il faut ajuster les paramètres de l'enrouleur pour qu'elles convient avec le type de plastique à bobiner, donc il est impératif de connaitre ses propriétés mécaniques, chimique, thermique et physique comment suit :

A. Propriétés mécaniques

a) **Résistance à la traction**

La résistance à la traction varie entre 10 à 80 MPa pour un plastique à l'état compact, et entre 200 à 800 MPa pour un plastique renforcé courant.

b) Résistance à la compression

On atteint des valeurs de 50 à 100% plus élevées que la résistance à la traction.

c) Elasticité

La résistance élastique (module) de plastique voisine de 3000Mpa, ce que situe ces matériaux entre les bois et les caoutchoucs. Certaines charges peuvent amener quelques thermoplastiques à 160GPa.

d) Allongement

Voisin de 150% en général, il peut atteindre 400 à 800% avant rupture pour certains produits comme les fils ou les fibres synthétiques.

B. Propriétés chimiques

e) Sensibilité

Aux agents extérieurs Les matières plastiques offrent en général une bonne résistance aux produits chimiques (acides, bases, solvants). L'eau peut les dégrader à la longue. Les plastiques sont insensibles aux bactéries, champignons et parasites.

f) Toxicité

Tous les plastiques n'ont pas le label alimentaire ; il existe une législation assez contraignante à ce sujet. Certains plastiques peuvent provoquer chez des sujets sensibles certains troubles : allergies, inflammations, asthme, etc...

g) Humidité

Certains plastiques absorbent naturellement de l'eau. D'une façon générale, le taux d'humidité fait varier les caractéristiques mécaniques et dimensionnelles des plastiques.

C. Propriétés thermiques et physique

h) Inflammabilité

C'est le plus gros défaut reproché aux plastiques. Certains produits s'enflamment effectivement très vite et dégagent des fumées toxiques ; d'autres ne brûlent que si la flamme est entretenue par une source extérieure et ne dégagent pas de gaz toxiques.

i) Résistance

Au feu Elle est déterminée par le temps pendant lequel un élément continue de jouer son rôle avant de céder sous l'action des flammes.

Les matériaux sont classés en trois catégories :

- ✓ SF stable au feu : seule la tenue mécanique est requise.
- ✓ PF pare flamme : en plus de la résistance mécanique, l'élément doit être étanche aux flammes et ne pas dégager de gaz inflammables.
- ✓ CF coupe-feu : en plus des critères précédents, la face non exposée au feu ne doit pas s'échauffer à plus de 1400°C en moyenne.

D. Résistance thermique

La chaleur fait perdre aux matières plastiques leurs caractéristiques mécaniques jusqu'à les décomposer, par contre, le froid leur fait perdre leur souplesse.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons décrit l'extrudeuse filamentaire de prototypage et leurs principaux composants. Puis nous avons abordé les différentes configurations d'enroulement de filment.

Enfin nous avons touché la constitution d'un matière plastique et assurer que le filament soit enroulé de façon correcte et les caractéristiques de la matière qu'endroit filamenté. Conception du guide de bobinage de filment plastique et la représentation d'état associe feront l'objet du chapitre Suivant.

III Chapitre 3 matérielles utilisée, conception et programmation

III.1 Introduction

Aujourd'hui, l'électronique câblée est de plus en plus remplacée par de l'électronique programmée. On parle aussi de système embarqué, son but est de simplifier les schémas électroniques et par conséquent réduire l'utilisation des composants électroniques, réduisant Ainsi le coût de fabrication d'un produit. Il en résulte des systèmes plus complexes et Performants pour un espace réduit.

Un microcontrôleur est un petit ordinateur confiné dans un unique circuit intégré (une puce). Il constitue un excellent moyen pour programmer et pour contrôler des équipements Électroniques. Il existe une grande variété de cartes à microcontrôleur, certaines des plus utilisées sont la platine Waring, le PIC et bien sûr Arduino, dans notre travail on s'intéresse à l'Arduino pour sa simplicité, ses performances et sa disponibilité.

À partir de cela on va faire dans ce chapitre une étude détaillée sur tous les composants qui constituent l'enrouleur filamentaire et le principe de fonctionnement et les critères de choix et réaliser le mécanisme de contrôle de bobinage.

III.1.1 Schéma technologique

Le coté électrique et électronique est une partie essentielle dans la mise en marche de notre système présente par les actionneurs et le système embarque.

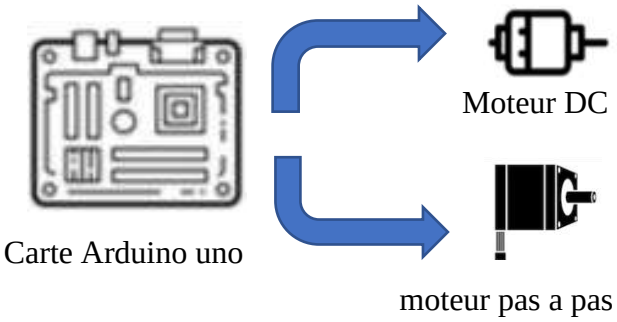


Figure III-1 Schéma technologique

III.1.2 Chaine d'information :

On peut représenter une chaine fonctionnelle de notre robot de supervision de la façon Suivant :

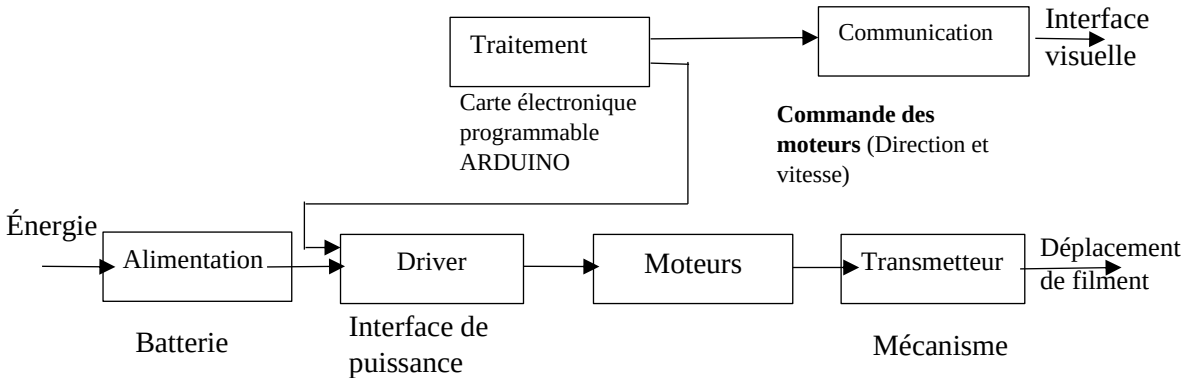


Figure III-2 Chaine d'information

La Figure donne une description sure la chaine d'information de système de traitement et transfert des informations d'un élément a un autre.

Conception mécanique

III.2 Présentation de Matérielles :

III.2.1 Carte Arduino :

Est une plate-forme électronique open source basée sur du matériel et des logiciels faciles à utiliser. Les cartes Arduino sont capables de lire des entrées - la lumière sur un capteur, un doigt sur un bouton ou un message Twitter - et de le transformer en sortie - activer un moteur, allumer une LED, publier quelque chose en ligne.

III.2.1.1 La carte Arduino UNO

III.2.1.2 Présentation de la carte

Arduino est une plate-forme de prototypage d'objets interactifs à usage créatif constituée d'une carte électronique et d'un environnement de programmation. Sans tout ne connaître ni tout comprendre de l'électronique, cet environnement matériel et logiciel permet à l'utilisateur de formuler ses projets par l'expérimentation directe avec l'aide de nombreuses ressources disponibles en ligne. Arduino est utilisé dans beaucoup d'applications comme l'électrotechnique industrielle et embarquée ; le modélisme, la domotique mais aussi dans des domaines différents comme l'art contemporain et le pilotage d'un robot, commande des moteurs et faire des jeux de lumières, communiquer avec l'ordinateur, commander des appareils mobiles (modélisme). [8] [9]

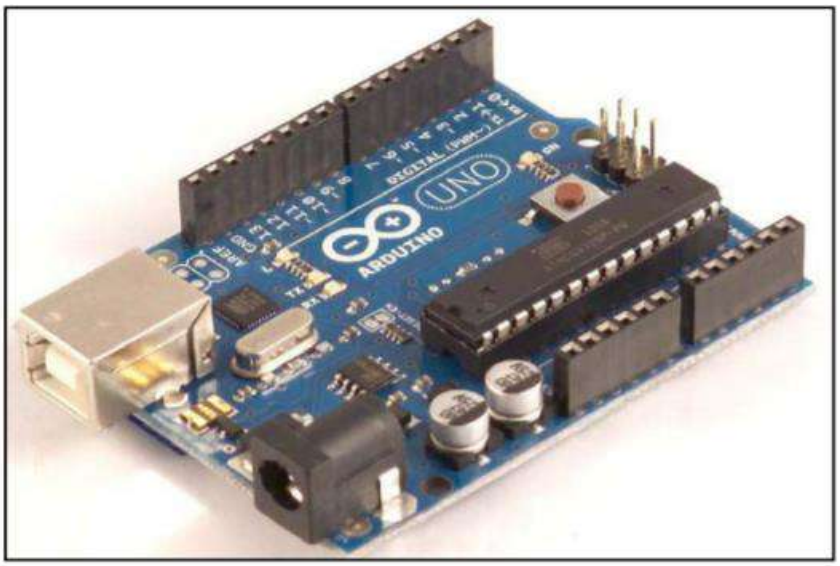


Figure III-3 carte Arduino UNO

III.2.1.3 Caractéristiques de la carte Arduino [8]

Tableau III-1 Caractéristiques de la carte Arduino UNO

Micro contrôleur	ATmega328
Tension d'alimentation interne	5V
Tension d'alimentation (recommandée)	7 à 12V, limites = 6 à 20 V
Entrées/sorties numériques	14 dont 6 sorties PWM
Entrées analogiques	6
Courant max par broches E/S	40 mA
Courant max sur sortie 3,3V	50mA
Mémoire Flash	32 KB dont 0.5 KB utilisée par le bootloader
Mémoire SRAM	2 KB
Mémoire EEPROM	1 KB
Fréquence horloge	16 MHz

III.2.1.4 Les différents composants de la carte Arduino UNO [9]

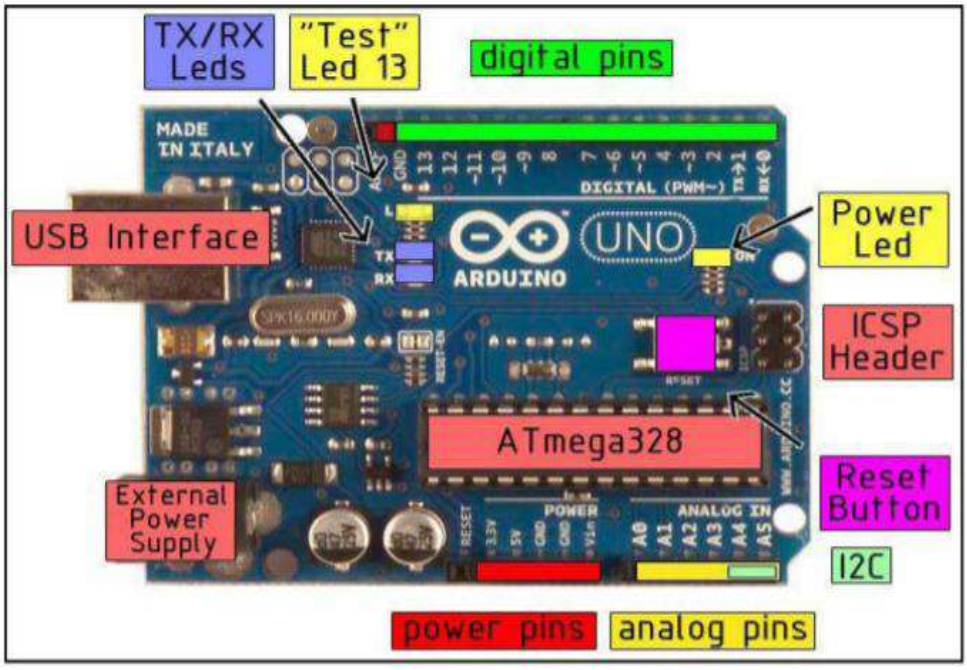


Figure III-4 Les composants de la carte Arduino UNO

III.2.2 Le Microcontrôleur ATMega328

III.2.2.1 Description Un microcontrôleur ATMega328

Est un circuit intégré qui rassemble sur une puce plusieurs éléments complexes dans un espace réduit au temps des pionniers de l'électronique. Aujourd'hui, en soudant un grand nombre de composants encombrants ; tels que les transistors ; les résistances et les condensateurs tout peut être logé dans un petit boîtier en plastique noir muni d'un certain nombre de broches dont la programmation peut être réalisée en langage C. la *Figure* montre un microcontrôleur ATmega 328, qu'on trouve sur la carte Arduino. [10]

Le microcontrôleur ATMega328 est constitué par un ensemble d'éléments qui ont chacun une fonction bien déterminée. Il est en fait constitué des mêmes éléments que sur la carte mère d'un ordinateur. Globalement, l'architecture interne de ce circuit programmable se compose essentiellement de :

La mémoire Flash : C'est Celle qui contiendra le programme à exécuter. Cette mémoire est effaçable et réinscriptible mémoire programme de 32Ko (dont bootloader de 0.5 ko).

RAM : c'est la mémoire dite "vive", elle va contenir les variables du programme. Elle est dite "volatile" car elle s'efface si on coupe l'alimentation du microcontrôleur. Sa capacité est 2 ko.

EEPROM : C'est le disque dur du microcontrôleur. On y enregistre des infos qui ont besoin de survivre dans le temps, même si la carte doit être arrêtée. Cette mémoire ne s'efface pas lorsque l'on éteint le microcontrôleur ou lorsqu'on le reprogramme. [11]

III.2.2.2 Caractéristique d'Un microcontrôleur ATMega328 [11]

Tableau III-2 Caractéristique d'Un microcontrôleur ATMega328

Vitesse de processeur	16MHz
Taille de mémoire de programme	32KB
Taille de mémoire, RAM	2KB
Taille d'EEPROM	1KB
Nombre de broches	28
Type de boitier MCU	DIP
Nombre d'E/S	20
Type d'interface embarquée	I2C, SPI, UART
Tension d'alimentation min	1.8V
Tension d'alimentation max	5.5 V
Type de packaging	Pièce

III.2.2.3 Principe de fonctionnement [12]

L'ATMega328 se compose de 28 pattes qui sont :

Reset : C'est pour le bouton poussoir de réinitialisation.

2 : E/S numérique réservé pour RX (la réception).

3 : E/S numérique réservé pour TX (la transmission).

7-20 : VCC : c'est l'alimentation avec 5 V.

8-22 : GND : c'est la masse.
9-10 : Crystal (quartz)
21 : AREF (Analog référence).
23-24-25-26-27-28 : Des entrées analogiques.
4-5-6-11-14-15-16-17-18-19 : Entrées /sorties numérique.

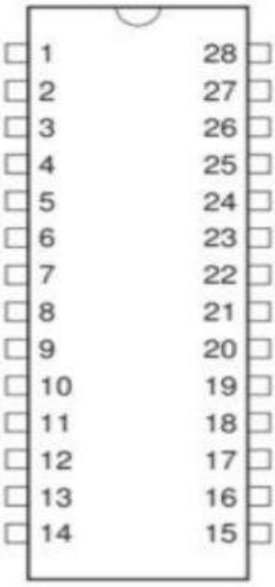


Figure III-5 : Datasheet d'ATMega328e

III.2.3 Les sources d'alimentation de la carte Arduino UNO

On peut distinguer deux genres de sources d'alimentation (Entrée Sortie) et cela comme suit :

 VIN La tension d'entrée positive lorsque la carte Arduino est utilisée avec une source de tension externe (à distinguer du 5V de la connexion USB ou autre source 5V régulée). On peut alimenter la carte à l'aide de cette broche, ou, si l'alimentation est fournie par le jack d'alimentation, accéder à la tension d'alimentation sur cette broche.

 5V La tension régulée utilisée pour faire fonctionner le microcontrôleur et les autres composants de la carte (pour info : les circuits électroniques numériques nécessitent une tension d'alimentation parfaitement stable dite "tension régulée" obtenue à l'aide d'un composant appelé un régulateur et qui est intégré à la carte Arduino). Le 5V régulé fourni par cette broche peut donc provenir soit de la tension d'alimentation VIN via le régulateur de la carte, ou bien de la connexion USB (qui fournit du 5V régulé) ou de tout autre source d'alimentation régulée.

 3.3V Une alimentation de 3.3V fournie par le circuit intégré FTDI (circuit intégré faisant l'adaptation du signal entre le port USB de votre ordinateur et le port série de l'ATmega) de la carte est disponible : ceci est intéressant pour certains circuits externes nécessitant cette tension au lieu du 5V. L'intensité maximale disponible sur cette broche est de 50mA [12].

Les entrées /sorties

Cette carte possède 14 broches numériques (numérotée de 0 à 13) peut être utilisée soit comme une entrée numérique, soit comme une sortie numérique, en utilisant les instructions pin Mode, digital rite et digital Read du langage Arduino. Ces broches fonctionnent en 5V. Chaque broche peut fournir ou recevoir un maximum de 40mA d'intensité et dispose d'une résistance interne

de "rappel au plus" (pull-up) (déconnectée par défaut) de 20-50 KOhms. Cette résistance interne s'active sur une broche en entrée à l'aide de l'instruction digital rite (broche, HIGH). En plus, certaines broches ont des fonctions spécialisées :
Interruptions Externes : Broches 2 et 3. Ces broches peuvent être configurées pour déclencher une interruption sur une valeur basse, sur un front montant ou descendant, ou sur un changement de valeur. -Impulsion PWM (largeur d'impulsion modulée) : Broches 3, 5, 6, 9, 10, et 11. Fournissent une impulsion PWM 8-bits à l'aide de l'instruction analogWrite.

SPI (Interface Série Périphérique) : Broches 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Ces broches supportent la communication SPI (Interface Série Périphérique) disponible avec la librairie pour communication SPI. Les broches SPI sont également connectées sur le connecteur ICSP qui est mécaniquement compatible avec les cartes Méga.

I2C : Broches 4 (SDA) et 5 (SCL). Supportent les communications de protocole I2C (ou interface TWI (Two Wire Interface - Interface "2 fils"), disponible en utilisant la librairie Wire/I2C (ou TWI - Two-Wire interface - interface "2 fils").

LED : Broche 13. Il y a une LED incluse dans la carte connectée à la broche 13. Lorsque la broche est au niveau HAUT, la LED est allumée, lorsque la broche est au niveau BAS, la LED est éteinte. La carte UNO dispose 6 entrées analogiques (numérotées de 0 à 5), chacune pouvant fournir une mesure d'une résolution de 10 bits (c.à.d. sur 1024 niveaux soit de 0 à 1023) à l'aide de la très utile fonction analogRead du langage Arduino. Par défaut, ces broches mesurent entre le 0V (valeur 0) et le 5V (valeur 1023), mais il est possible de modifier la référence supérieure de la plage de mesure en utilisant la broche AREF et l'instruction analog Reference du langage Arduino. La carte Arduino UNO intègre un fusible qui protège le port USB de l'ordinateur contre les surcharges en intensité (le port USB est généralement limité à 500mA en intensité). Bien que la plupart des ordinateurs aient leur propre protection interne, le fusible de la carte fournit une couche supplémentaire de protection. Si plus de 500mA sont appliqués au port USB, le fusible de la carte coupera automatiquement la connexion jusqu'à ce que le court-circuit ou la surcharge soit stoppé.
D- Les ports de communications

La carte Arduino UNO a de nombreuses possibilités de communications avec l'extérieur. L'Atmega328 possède une communication série UART TTL (5V), grâce aux broches numériques 0 (RX) et 1 (TX). On utilise (RX) pour recevoir et (TX) transmettre (les données séries de niveau TTL). Ces broches sont connectées aux broches correspondantes du circuit intégré ATmega328 programmé en convertisseur USB – vers – série de la carte, composant qui assure l'interface entre les niveaux TTL et le port USB de l'ordinateur. [12]
Comme un port de communication virtuel pour le logiciel sur l'ordinateur, La connexion série de l'Arduino est très pratique pour communiquer avec un PC, mais son inconvénient est le câble USB, pour éviter cela, il existe différentes méthodes pour utiliser ce dernier sans fil. [13]

III.2.4 Le programmation Arduino ARDUINO [14]

Fournit un environnement de développement (IDE) avec un éditeur de source, les opérations de compilation et de chargement dans la mémoire du microcontrôleur étant ramenées à des clicks sur des boutons dans l'IDE (très simple). La communication entre le PC et la carte se fait via le port USB, moyennant installation d'un driver adapté (fourni par ARDUINO). [15]

Le logiciel permet de programmer la carte Arduino, Il offre une multitude de Fonctionnalités.

Le langage Arduino est inspiré de plusieurs langages. Le langage impose une structure Particulière typique de l'informatique embarquée. Le programme est lu par le microcontrôleur de haut vers le bas. Une variable doit être déclarée avant d'être utilisée par une fonction. La structure minimale est constituée :

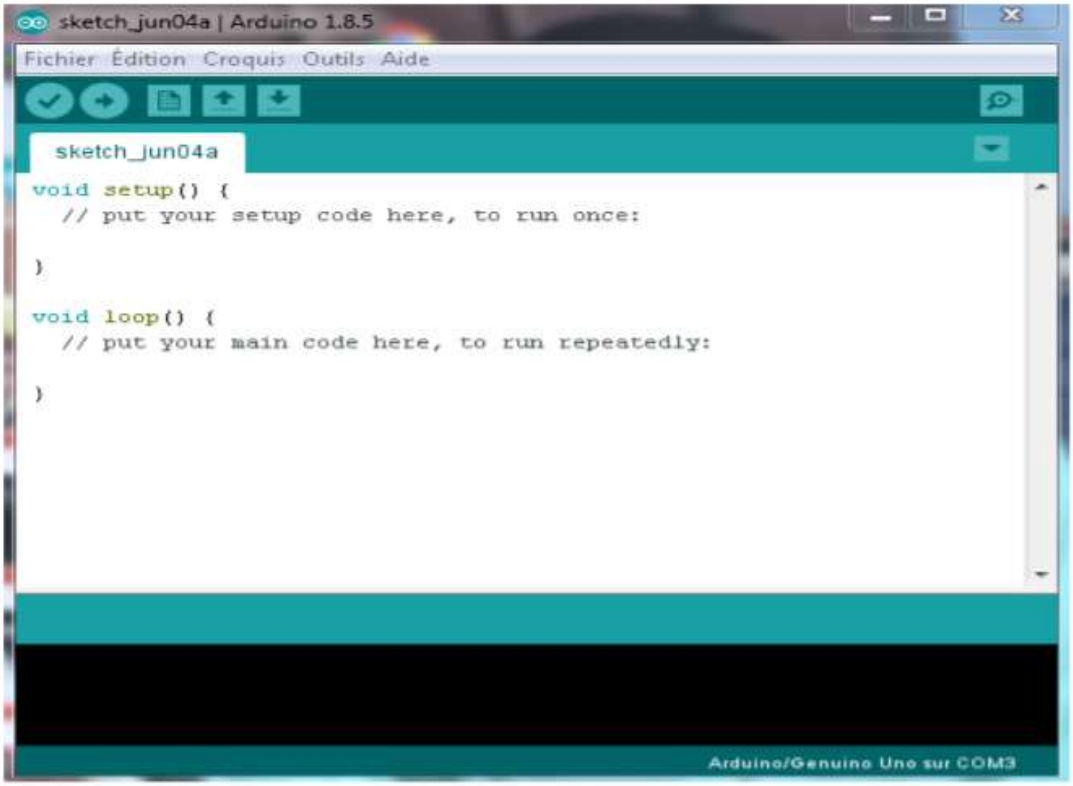


Figure III-6 Interface de l'IDE Arduino

En tête : déclaration des variables, des constantes, indication de l'utilisation de Bibliothèques

Un setup (= initialisation) cette partie n'est lue qu'une seule fois, elle comprend les fonctions devant être réalisées au démarrage (utilisation des broches en entrées ou en sortie, mise en marche du midi, du port série de l'I2C etc.…)

Une Loop (boucle) : cette partie est lue en boucle ! C'est ici que les fonctions sont réalisées. En plus de cette structure minimale, on peut ajouter :

Des « sous-programmes » ou « routines » qui peuvent être appelées à tout moment dans la boucle, très pratiqué pour réaliser des morceaux de codes répétitifs [16]

III.2.4.1 L'interface

L'interface du logiciel Arduino se présente de la façon suivante :

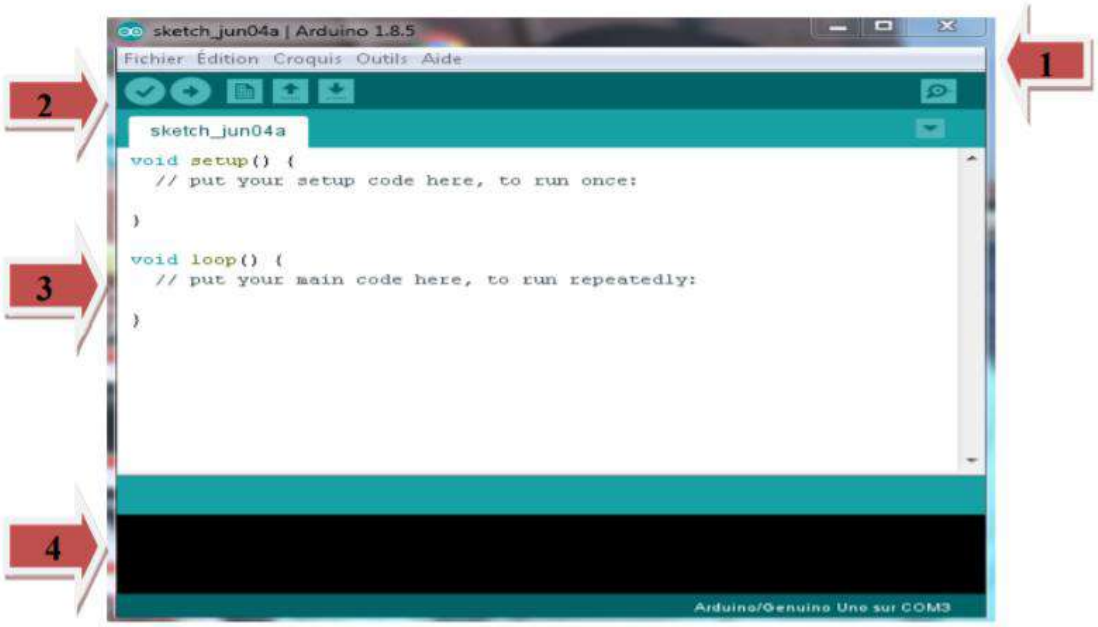


Figure III-7 Les différentes parties de l'interface IDE Arduino

1. Options de configuration du logiciel
2. Boutons pout la programmation des cartes
3. Programme à créer
4. Débogueur (affichage des erreurs de programmation)

Les boutons :

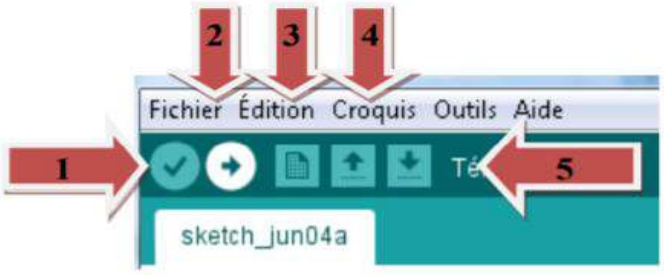


Figure III-8 les boutons de commande

1. Permet de vérifier le programme, il actionne un module qui cherche les erreurs dans le Programme
2. Compiler et envoyer le programme vers la carte
3. Créer un nouveau fichier
4. Charger un programme existant
5. Sauvegarder le programme en cours

III.2.4.2 Types de cartes Arduino

Il existe plusieurs types de cartes Arduino, nous citons : [17]

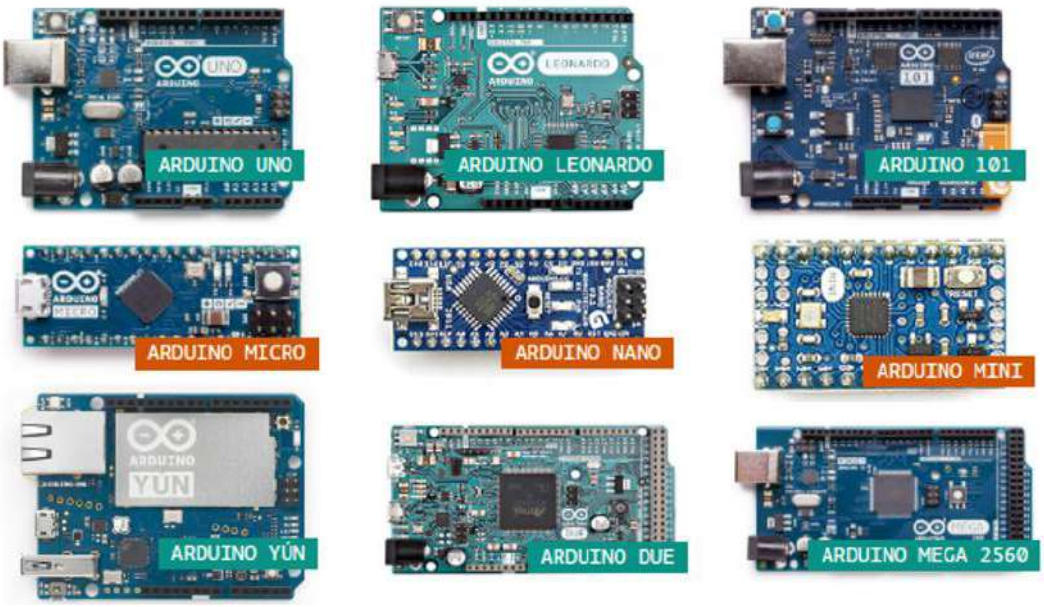


Figure III-9 Les différents types des cartes ‘Arduino’

III.3 Moteur DC

Une machine à courant continu) est un convertisseur électromécanique ou est électrique. Permettant la conversion bidirectionnelle d'énergie entre une installation électrique parcourue par un courant continu et un dispositif mécanique, Pour piloter la tension aux bornes d’un moteur à courant continu, il est possible d’utiliser un relais ou un pont en. [18]



Figure III-10 moteur a courront continue (DC)

III.3.1.1 Pont H

Le pont en H transmet la puissance électrique au moteur et module la tension en fonction des commandes de la carte Arduino. Il peut être représenté par quatre interrupteurs qui vont diriger le courant en fonction des commandes de la carte et moduler la direction et la vitesse de rotation du moteur.

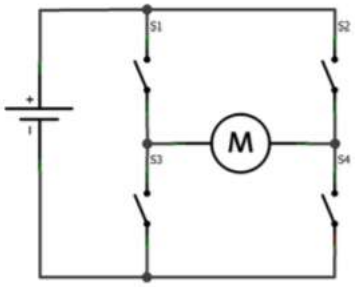


Figure III-11 schéma d'UN moteur DC

III.3.1.2 Le principe de fonctionnement d'un pont H

Le pont en H peut être symbolisé par une structure à quatre interrupteurs ouverts au repos Dans ce cas, la tension aux bornes du moteur est nulle. Pour mettre en rotation le moteur il suffit de fermer un couple d'interrupteurs et de laisser les deux autres au repos. Le moteur est donc alimenté avec la tension UM=VCC. Pour modifier le sens de rotation, il suffit de permuter le couple d'interrupteurs fermés et ouverts. On aura donc UM= - VCC.

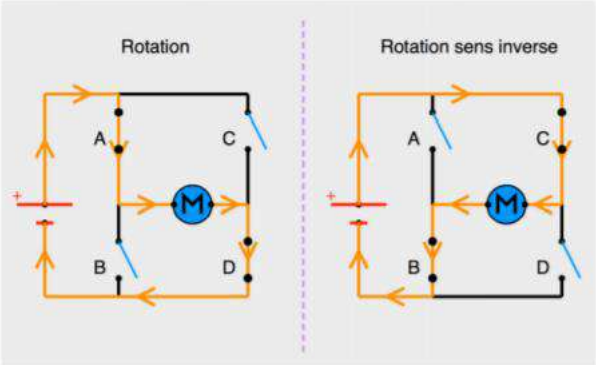


Figure III-12 Principe de fonctionnement

III.3.1.3 Caractéristiques Pont H

Tension	5V, tension maximal 110V
Courant	0-7A
Puissance Maximale	770W
Dimensions	40 x 40 x 20mm

Tableau III-3 Caractéristiques Pont H

III.3.1.4 Brochage du moteur cc avec le module de pont H

Le module de pont H est commandé par deux broches pour les deux sens, voire annexe B

III.4 LES MOTEURS PAS A PAS

Le moteur pas à pas est un convertisseur électromécanique qui assure la transformation d'un signal électrique impulsionnel en un déplacement mécanique (angulaire ou linaire). Sa structure de base se présente sous la forme de deux pièces séparées mécaniquement, le Stator

et le Rotor. L'interaction électromagnétique entre ces deux parties assure la rotation. [18]



Figure III-13 différentes formes des moteurs pas à pas

-Pourquoi des moteurs Pas à Pas ?

Avantages

Rotation constante pour chaque commande.

Existence de couple à l'arrêt.

–Contrôle de la position, de la vitesse et synchronisation de plusieurs moteurs (de besoin de contre-réaction).

Moteur sans balais.

Inconvénients

Plus difficile à faire fonctionner qu'un moteur à courant continu.

Vitesse et couple relativement faible.

Couple décroissant rapidement lorsque la vitesse augmente.

Résonance mécanique.

III.4.1 Les différents types de moteur pas à pas

Les moteurs pas à pas sont très utilisés dans toutes les applications mécaniques ou l'on doit contrôler simplement la position ou la vitesse d'un système en boucle ouverte. Ces moteurs sont par exemple utilisés dans les imprimantes jet d'encre ou laser, pour positionner les têtes d'impression ou pour l'avancée du papier.

Il existe 3 types de moteurs pas à pas, à aimants permanents, à réluctance variable ou hybrides.

On peut les classer aussi en deux types selon l'alimentation de bobinage, les moteurs bipolaires, les moteurs unipolaires.

III.4.2 Les moteurs bipolaires

Ils ont en général quatre (4) fils et se commandent en inversant le sens du courant dans une des deux bobines, tel que c'est représenté dans la figure, qui sont alimentés une fois dans

un sens, une fois dans l'autre sens. Ils créent une fois un pôle nord, une fois un pôle Sudd ‘où le nom de bipolaire. [18]

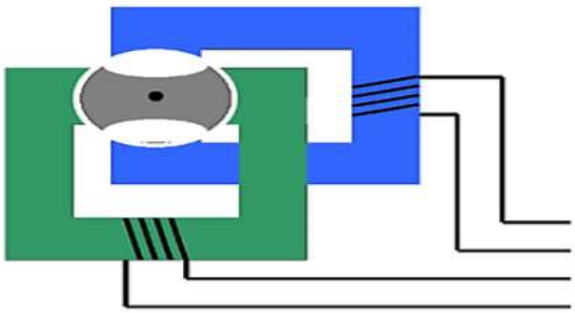


Figure III-14 Représentation schématique d’un moteur bipolaire.

III.4.3 Les moteurs unipolaires

Ils ont en général six (6) fils, dont deux sont reliés au milieu des bobines, tel que c’est représenté dans la figure. Ils se commandent en les alimentant tour à tour, mais les bobinages sont alimentés toujours dans le même sens par une tension unique d'où le nom d'unipolaire.

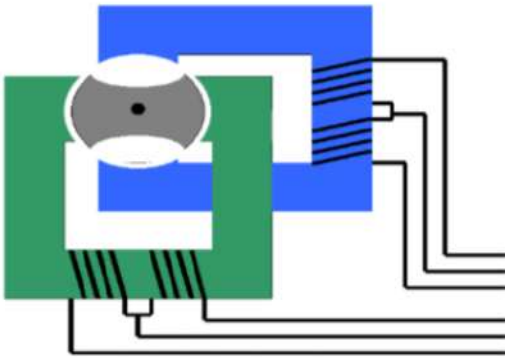


Figure III-15 Représentation schématique d’un moteur unipolaire.

III.4.4 Les moteurs à réluctance variable

Les moteurs à réluctance variable fonctionnent selon un principe différent de celui des moteurs à aiment permanent. Ils possèdent bien évidemment un stator, mais ce dernier est fabriqué en acier doux non magnétique. Il n’est pas lisse et possède plusieurs dents. Le stator est composé de 8plots sur lesquels enroulés les bobinages, ce qui donne 4 phases. Le rotor, quant à lui, ne comporte que 6 dents. [18]

III.4.4.1 Le principe de fonctionnement

Le principe de fonctionnement est très simple l’un des phases alimentant deux des plots opposés du stator est traversée par un courant afin d’aligner deux des dents du rotor avec ces plots Le mode de commande peut dans ce cas, de la même façon que pour les autres moteurs, être monophasé, biphasé ou demi-pas. [18]

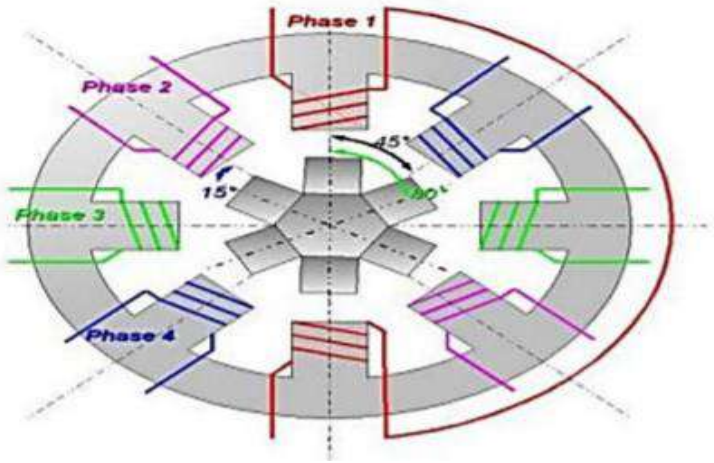


Figure III-16 moteur à réluctance variable

Les séquences décommandes sont présentées dans le tableau suivant :

Mode monophasé	Mode biphasé	Mode demi-pas
A	AC	A
B	CB	AC
C	BD	C
D	DA	BD
		D
		DA

Tableau III-4 le mode monophasé biphasé ou demi-pas.

III.4.5 Les moteurs à aimant permanant

Les moteurs à aimants permanent sont semblables aux moteurs à reluctance variable, sauf que le rotor possède des pôles NORD et SUD. A cause des aimants permanent, le rotor reste freiné à sa dernière position lorsque le bloc d'alimentation cesse de fournir des impulsions. [18]

III.4.5.1 Le principe de fonctionnement

C'est le modèle dont le fonctionnement est le plus simple. Le rotor est constitué d'un aimant permanent, et le stator comporte deux paires de bobines. En agissant sur les bobines alimentées, et le sens des courants, on fait varier le champ créé par le stator. A chaque pas, la direction du champ induit par le stator tourne de 90°. L'aimant permanent suit le déplacement du champ magnétique créé par les bobines et s'oriente selon une de ses quatre positions stables. Comme le rotor est aimanté, lorsque le moteur n'est pas alimenté le flux magnétique dû à l'aimant permanent crée un couple résiduel en se plaçant dans l'axe de l'une des bobines.

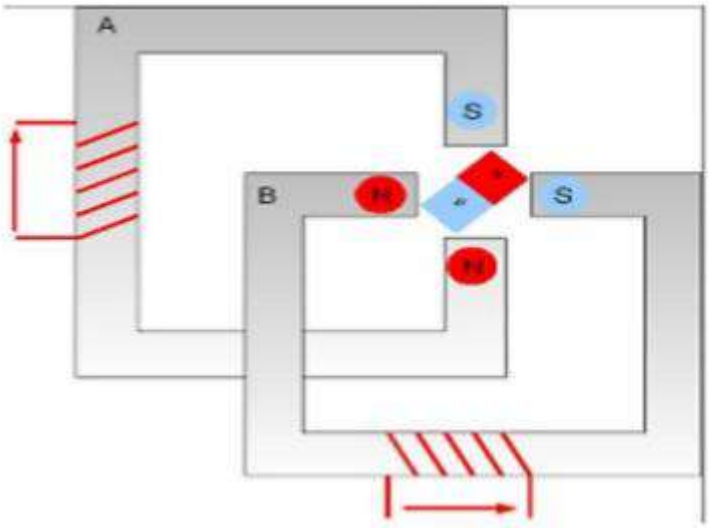


Figure III-17 Représentation schématique d'un aimant permanant

III.4.6 Les moteurs hybrides

Ce sont des moteurs qui superposent le principe de fonctionnement des moteurs a aiment permanant et a reluctance variable et combine leurs avantages. Le rotor est constitué de deux disques dentés décalés mécaniquement. Entre ces deux disques est inséré un aimant permanent. Leur intérêt réside dans un meilleur couple, une vitesse plus élevée, une résolution de 100 à 400 pas/tour, et sont plus chers. [18]

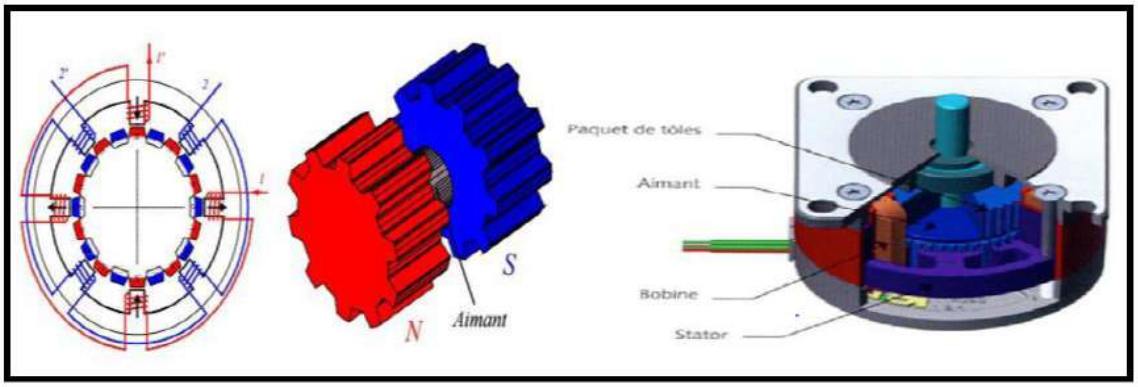


Figure III-18 Moteur hybrid.

III.4.6.1 Technologie des moteurs pas à pas hybride :

Les moteurs pas à pas hybrides réunissent, au moins en partie, les avantages des moteurs pas à pas à réluctance variable et à aimants permanents, à savoir :

Un grand nombre de pas par tour,

Une fréquence propre mécanique importante,

Un couple massique élevé,

Un amortissement interne important,

Une mémoire de position.

Dans sa configuration de base le moteur pas à pas hybride comporte un stator en fer feuilleté à plots saillants et deux couronnes robotiques dentées en matériau ferromagnétique géométriquement identiques et réunies par un aimant permanent cylindrique magnétisé axialement.

Les lignes de champs de l'aimant se ferment à travers les dents du rotor. Vu du stator, le rotor présente autant de pôles magnétiques actifs qu'il possède de dents. Les dents sur une des couronnes sont décalées par rapport aux dents de l'autre d'un demi-pas dentaire 1/2τdr. [18]

III.4.7 Caractéristique principale

- Hors tension, le rotor est maintenu en position
- Bonne précision de la position du rotor
- Grande vitesse de rotation

III.4.8 Comparaison des trois catégories des moteurs pas à pas

Le tableau Représente les différents types de moteurs pas à pas et leurs avantages et inconvénients : [18]

Type de moteur	Moteur à aimant permanent	Moteur hybride	Moteur à reluctance variable
Résolution (Nombre de pas)	Moyenne	Elevée	Bonne
Couple moteur	Elevé	Elevé	Faible
Vitesse	Faible	Elevé	Elevé
Sens de rotation	Dépend : • De l'ordre d'alimentation des phases. • Du sens de courant dans les bobines.	Dépend : • De l'ordre d'alimentation des phases. • Du sens de courant dans les bobines.	Dépend : • De l'ordre d'alimentation des phases.
Fréquence de travail	Faible	Grande	Grande
Coût	Bas	Haut	Moyen/haut

Tableau III-5: Comparaison des performances pour les trois types de moteurs pas à pas.

III.5 Driver moteur pas à pas A4988

L'A4988 est un pilote de microps permettant de contrôler les moteurs pas à pas bipolaires, doté d'un traducteur intégré pour une utilisation facile. Cela signifie que nous pouvons contrôler le moteur pas à pas avec seulement 2 broches de notre contrôleur une broche pour la direction et une pour la vitesse. Elle peut être installée sur une carte mini Shield. [19]



Figure III-19 Driver moteur pas à pas A4988.

III.5.1 Le circuit de puissance A4988

L'A4988 est un circuit intégré dédié à la commande des moteurs pas à pas bipolaires. Ce driver permit de faire fonctionner le moteur dans cinq modes de résolutions différents ainsi, il peut délivrer un courant jusque' à 2A par phase. [19]

III.5.2 Caractéristiques et détails techniques de circuit A4988

Voici quelques caractéristiques essentielles de ce driver de moteur pas à pas :

Tension de fonctionnement minimum : 8 V.

Tension maximale de fonctionnement : 35 V.

Courant par phase (en continu) : 1,2 A.

Courant maximum par phase : 2.3 A.

Logique de commande :

Tension minimale : 3 V.

Tension maximale : 5.5 V.

Interface de contrôle de pas et de direction simple et facile.

05 résolutions différentes de pas :

Full-step : pas complet.

Halfstep : ½ pas.

Quarter-step : ¼ pas.

Eighth-step : 1/8ième de pas.

Sixteenth-step : 1/16 ième de pas.

Contrôle en courant ajustable - un potentiomètre permet de fixer le courant maximum à l'aide d'un potentiomètre. Cela permet d'utiliser une tension supérieure à celle recommandée par le moteur (puisque le courant est limité) et permet ainsi d'atteindre un débit de pas plus élevé (et donc une vitesse plus élevée).

Une commande de hachage intelligente qui sélectionne automatiquement le bon mode de décroissance de courant (fastdecay = baisse/chute rapide du courant OU slow decay = chute lente).

Protection (arrêt) en cas de surchauffe, sous tension, surcharge/sur-courant/court-circuit. Utile en cas de surcharge/blocage moteur (car le courant va monter en flèche, ce qui doit provoquer la mise en protection). [19]

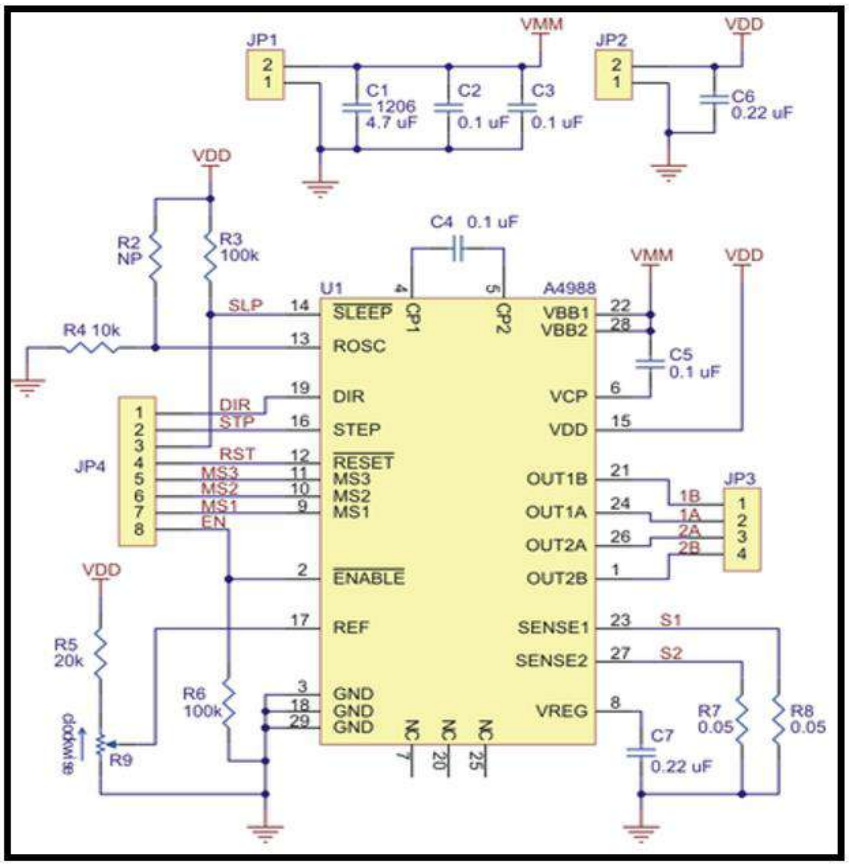


Figure III-20 Schéma diagramme de driver A4988.

III.5.3 Brochage et description des pins de driver A4988

ENABLE : Logique Inversée, ce pin permet d'activer ou désactivé le moteur. Quand il est mis dans un état haut (5V) le moteur est désactivé et quand il est mis en état bas (0V) le moteur est activé.

MS1, MS2, MS3 : Ces pins permettent de sélectionner la configuration de mode de résolution de moteur pas à pas. Ces broches disposent de résistances Pull-Down ramenant le potentiel à 0v lorsque rien n'est connecté sur ces broches (ils sont connectés au GND par défaut).

RESET : Logique inversée. Permet de faire une réinitialisation du module. Généralement connecté sur la broche "SLEEP".
SLEEP : Logique inversée. Généralement connecté sur la broche "Reset" du module.

STEP : En l'envoyant un signal d'horloge (haut puis bas) le moteur avancera d'un pas.
DIR : Il permet de sélectionner la direction de rotation du moteur soit dans le sens horaire (CW) ou le sens antihoraire (CCW) et cela selon l'état de pin.

VMOT : Tension d'alimentation du moteur. Habituellement 12V pour les moteurs pas à pas. Tension entre 8 et 12v.
GND : C'est la masse (GROUND). Habituellement on mit toutes les masses en commun.
1B 1A : Première bobine du moteur pas à pas bipolaire.
2A 2B : Deuxième bobine du moteur pas à pas bipolaire.
VDD : Alimentation de la logique de commande entre 3 et 5.5v. Habituellement 5V. [19]

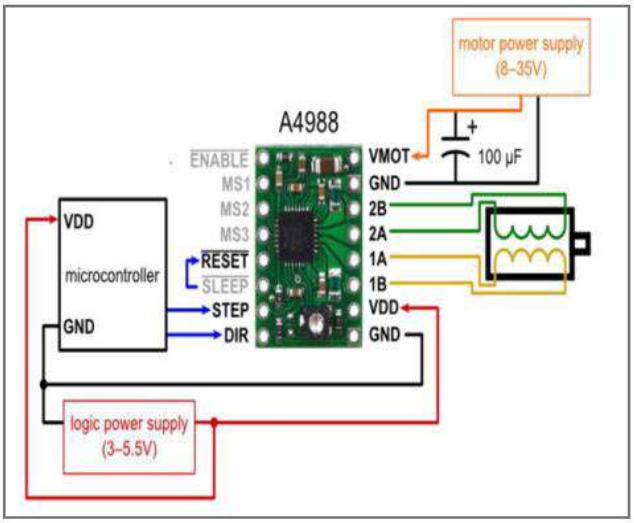


Figure III-21 Schéma de brochage de driver A4988.

III.5.4 Ajustement de Driver A4988 : [18]

Ajustement des entrées du contrôle :

Chaque impulsion sur l'entrée STEP correspond à un pas ou micro pas du moteur pas-à-pas dans la direction sélectionnée sur la broche DIR. Les broches STEP et DIR ne disposent pas de résistances pull-down ou pull-up interne. Donc le contrôle de deux états Haut et Bas de ces entrées est fait directement par le microcontrôleur. La tension sur ces broches ne doit jamais être flottante.

Le circuit dispose de trois entrées différentes pour contrôler son étage de puissance : RST (Reset), SLP (SLEEP) et EN (ENABLE), On peut connecter la broche RST avec la broche SLP pour la ramener à l'état haut et donc activer la carte.

Configuration de mode de résolution :

Les moteurs pas-à-pas disposent de leur propre spécification physique de "pas" connu comme un "pas complet". Un pilot Micro-pas tel que l'A4988 permet d'obtenir une plus grande résolution en autorisant des positions intermédiaires dans un pas. Cela est rendu possible en modulant intelligemment la quantité de courant dans les bobines du moteur pas-à-pas. Par exemple, piloter un moteur en mode "1/4 de pas" permet d'obtenir 800 micro-pas sur un moteur prévu pour 200 pas par révolution et cela en utilisant 4 niveaux de courants différents pour chacun des Microsteps. La configuration de mode de résolution se fait à l'aide des broches MS1, MS2 et MS3.

MS1 et MS3 disposent d'une résistance pull-down interne de 100kΩ. Une résistance pull-down signifie que si on ne place pas ces broches au niveau logique haut : VDD (la tension choisie pour la logique de commande) alors elles seront automatiquement ramenées au niveau logique bas.

MS2 dispose d'une résistance pull-down de 50kΩ.

Si les broches MS1, MS2 et MS3 sont laissées flottantes, l'A4988 fonctionnera en mode "pas complet". Pour que le Microstepping fonctionne correctement, il faut que le courant soit limité

d'une façon à ne pas activer la protection en sur-courant. Sinon, les niveaux des courants intermédiaires ne seront pas correctement maintenus et le moteur pourrait sauter des microsteps. Le tableau II.2 représente le tableau de configuration de mode de résolution.

MS1	MS2	MS3	Mode de résolution
LOW	LOW	LOW	Pas complet.
HIGH	LOW	LOW	½ pas.
LOW	HIGH	LOW	¼ pas.
HIGH	HIGH	LOW	1/8 pas.
HIGH	HIGH	HIGH	1/16 pas.

Tableau III-6 La configuration de mode de résolution.

III.6 La Conception Assistée par Ordinateur (CAO) :

La CAO (Conception Assistée par Ordinateur) est un ensemble d'outils et de programmes Informatiques permettant d'assister l'ingénieur dans la conception et la mise au point d'un produit.

Un système de CAO permet de représenter et d'étudier le fonctionnement d'un objet sans l'avoir fabriqué réellement, c'est-à-dire en virtuel. Il existe un grand nombre de logiciels de CAO, par exemple [20]:

- SolidWorks.
- Free CAD.
- Open CASCADE.
- QCAD...

III.6.1 Logiciel SOLIDWORKS:

Créé en 1993 par l'éditeur américain éponyme, SolidWorks est racheté le 24 juin 1997 par la société Dassault Systèmes.

SolidWorks est un modeleur 3D utilisant la conception paramétrique. Il génère 3 types de fichiers relatifs à trois concepts de base : la pièce, l'assemblage et la mise en plan. Ces fichiers sont en relation.

Toute modification à quelque niveau que ce soit est répercutée vers tous les fichiers Concernés. Un dossier complet contenant l'ensemble des relatifs à un même système constitue une maquette numérique. De nombreux logiciels viennent compléter l'éditeur SolidWorks. Des utilitaires orientés métiers (tôlerie, bois, BTP...), mais aussi des applications de simulation mécanique ou d'image de synthèse travaillent à partir des éléments de la maquette virtuelle. [21]



Figure III-22 le logo du logiciel SolidWorks

III.6.2 Modélisation 3D de système

Après la conception des différentes pièces de ce système, sont assemblé à l'aide de Logiciel SolidWorks.

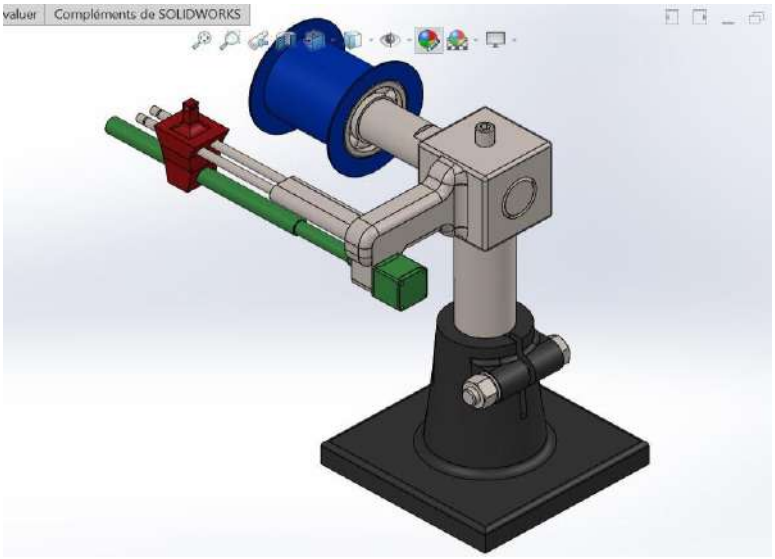


Figure III-23 conception complète système de contrôle de bobinage

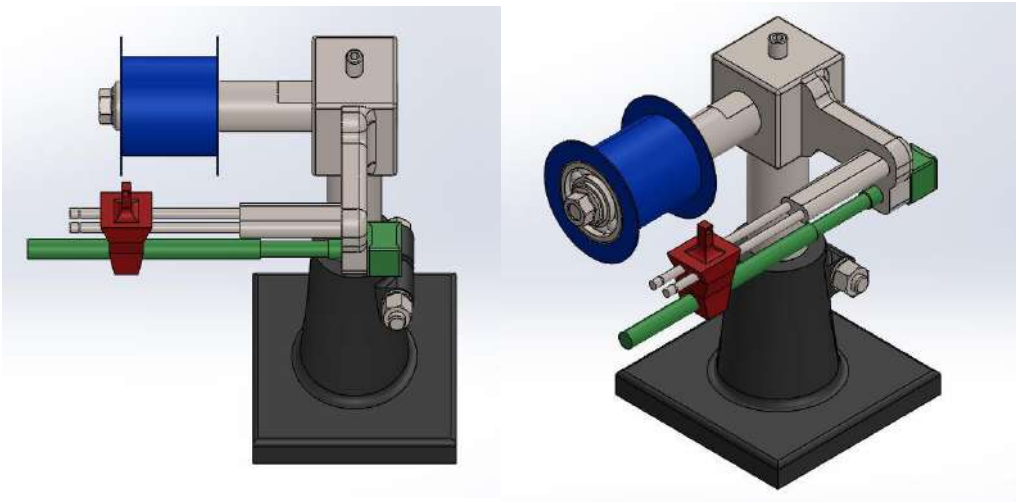


Figure III-24 conception complète système de contrôle de bobinage.

III.7 Programmation Organigramme d'un programme Arduino pour la commande des moteurs :

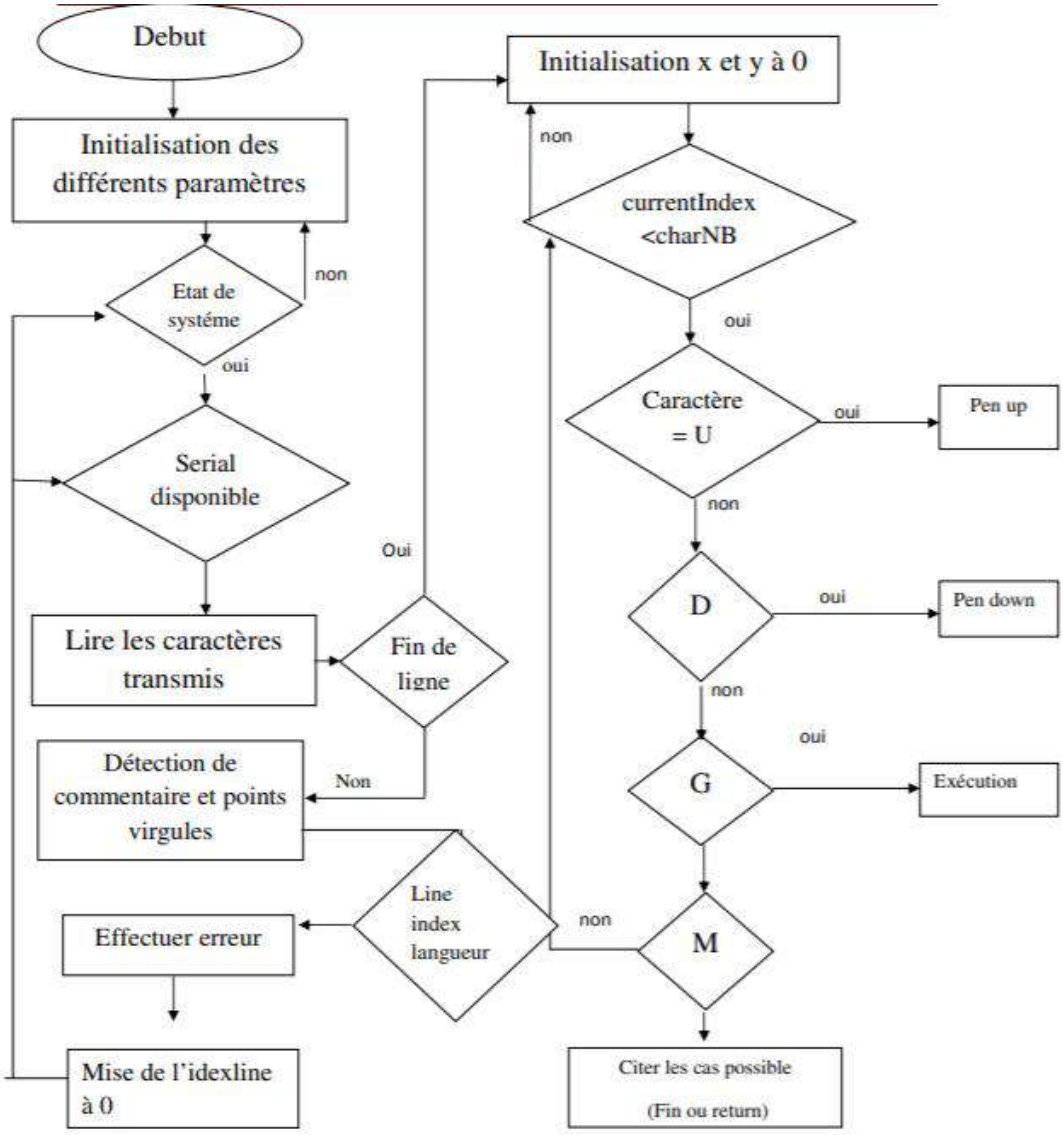


Figure III-25 Organigramme d'un programme Arduino pour la commande des moteurs

III.7.1 Programmation Ardouin

Le projet consiste à la commande d'un moteur pas à pas en utilisant le driver A4988 pour booster le courant dans les phases du moteur. La carte Arduino sert à générer les signaux de commande du moteur pas à pas.

```
#define maxStep 100000
#define diameterStep 200
#define rotationTime 1000
byte dir = 0;
long Step = 0;

void setup () {
  pinMode (dirPin, OUTPUT);
  pinMode (stepPin, OUTPUT);
}

void loop () {
  digital Write (dirPin, dir);
  for (int i = 0; i < diameterStep; i++) {
    digital Write (stepPin, HIGH);
    delay Microseconds (500);
    digital Write (stepPin, LOW);
    delay Microseconds (500);
    Step++;
  }
  delay(rotationTime);
  if (Step == maxStep) {
    Step = 0 ;
    dir ^= 1 ; // toggel direction
    }

}
```

Conclusion

On a présenté dans ce chapitre :

Une description générale sur la conception électronique de control d'enroulement filamentaire de plastique et sur la chaine d'information en relation le système d'extrusion.

La conception 3d du principe et une définition de tous les éléments nécessaires au fonctionnement.

Nous avons fait le travail de trois domaines défirent (mécanique, électronique et programmation).

Conclusion générale

Le phénomène d'enroulement a été étudié et simuler.il peut avoir une capacité suffisante pour enrouler le fil plastique et Sur la base des résultats de l'étude et de la simulation, le système fournit un bon processus d'enroulement de filament et des bobines de filament. Cette machine d'enroulement de filament peut évaluer sa capacité du point de vue de la structure de la machine. En termes de structure de conception de la machine, elle peut répondre aux exigences d'extrusion de plastique et de mouvement de l'unité de chariot, dans la perspective du système de contrôle. Mais ce système de control d'enroulement de filament a encore besoin d'améliorations supplémentaires avant de la sélectionner comme développement final de machine pour fabriquer des filment composites enroulés de filament pour la machine de prototypage. Il fournit également l'orientation de développement et d'optimisation de système.

C'est un projet intéressant dans lequel on voulait vraiment le réalisé. Au cours de l'étude de ce projet, qui est pluridisciplinaire on a pu acquérir d'avantage d'idées que ce soit sur le plan théorique ou la simulation. Ainsi que la programmation du microcontrôleur Ardouin uno.

On a fait face à plusieurs problèmes :

- Manque du Matériel de simulation.
- Changements des pièces selon le matériel dont on disposait pour la réalisation.

Nous avons réalisé la simulation dans notre projet de fin d'étude pour faire une amélioration de la conception et la réalisation d'une nouvelle extrudeuse filamentaire.

Comme prospective nous propose une suite de travail de ce projet qui comportera. La vitesse d'extrusion pourrait être augmentée, l'intervalle de tolérance de diamètre pourrait être réduit ainsi, un produit de meilleure qualité pourrait être acquis. La diversité des matériaux pourrait être élargie et la structure chimique des matériaux pourrait être analysée plus en détail.

Références

Référence

[1] B. K.-E.-T. Amine, Intitulé :" Conception et Réalisation d'une Unité, Université Abou Bekr Belkaid" – Tlemcen: memoire de fin d'etude Master, 2016 – 2017.

[2] Z. M. ZAGHOUD Ghiles, " Etude et Conception d'un Moule-Palette en Polystyrène Expansé pour un Réfrigérateur ENIEM ", Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.: memoire de fin d'etude Master, 2017/2018.

[3] M. S.-K. Fouad," Simulation numérique d'écoulements tridimensionnels non-isothermes de fluide non-newtonien : application mise en forme des Polymères", Université de M'sila: memoire de fin d'etude Master, 2018 /2019.

[4] https://fr.wiktionary.org/wiki/extruder#en. date de consultation 04/2020.

[5] D. I. ZEMBOUAI, "Mise en œuvre des polymères", UNIVERSITE A. MIRA – BEJAIA: Polycopié DE COURS.

[6] M. F. BOUQUEREL, " Etude théorique et expérimentale de l'enroulement d'un film plastique mince rôle des effets aérodynamiques ", 'Ecole Centrale de Lyon, 1993.

[7] Filament winding technique, experiment and simulation analysis on ubular structure, 07/04/2018.

[8] http://fr.flossmanuals.net/arduino/index, date de cosultation 05/2020.

[9] http://www.generationrobots.com/fr/152-arduino., date de consultation 05/2020.

[10] C. Tavernier, « Arduino applications avancées ». editeur 17/10/2012

[11] Arduino.cc, "Arduino nano," https://www.arduino.cc/en/Guide/Arduino Uno.

[12] B. H. B. Rachid, " Conception et réalisation d'un tapis roulant industrielle ", UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI, 10/07/2018 memoire de fin d'etude Master.

[13] M. I. MALHA, Conception et réalisation d'un système Domotique par GSM, Université Mouloud Mammeri De Tizi-Ouzou: memoire de fin d'etude Master, 17/09/2017.

[14] Charles Harel, Machines électriques et essais de Machines, Société française desélectriciens – École supérieure d'électricité, Paris, 1960..

[15] S. Sahiri, Conception et contrôle d'un drone, mémoire de master,, Université de Médéa , (2019)..

[16] Boudjedir. Imen, " Un système embarque pour la détection des gaz dangereux a base d'une carte arduino ", mémoire de fin d'étude master, Université Oum El Bouaghi,, (2017).

[17] K. Abdelbasset," Etude et réalisation d'une carte de contrôle par Arduino via le système Androïde ", Université Ouargla, mémoire de fin d'étude pour master,, (2015)..

Références

[18] B. A. F. L. OUSSAMA, "CONCEPTION ET REALISATION D'UNE NOUVELLE IMPRIMANTE 3D AVEC AMELIORATIONS" Université Abou bekr Belkaid – Tlemcen: memoire de fin d'etude Master 2016/2017.

[19] Le datasheet de driver : « A4988 »..

[20] Patrick BLAIN, technique de l'ingénieur (CAO et méthodologie de conception)..

[21] T. K. a. A. Sugawara, , «stepping motors and their microprocessor controls », Oxford University Press, ISBN 0-19-859385-6..

[22] M. S. a. Engineering, Filament winding technique, experiment and simulation analysis on tubular structure, 2018.

[23] Charles Harel, "Machines électriques et essais de Machines, Société française des," École supérieure d'électricité, Paris,, 1960..

Annexes

Annexes

Annexe 1

Quelque essai représenté par la figure A-1.

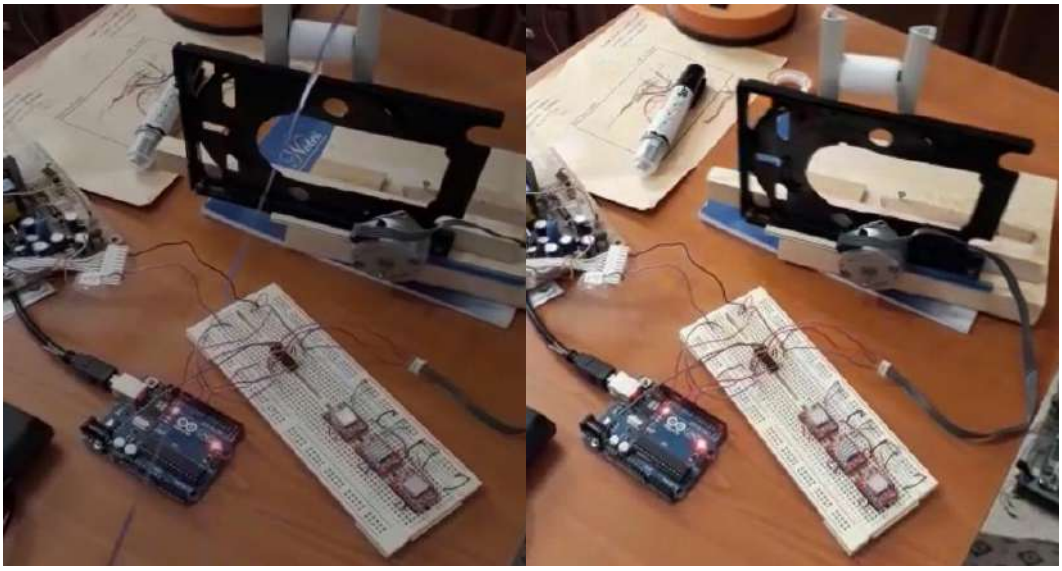


Figure A-1 deux photos de l'essaie

Annexe 2

La figure B suivante représente la conception des pièces

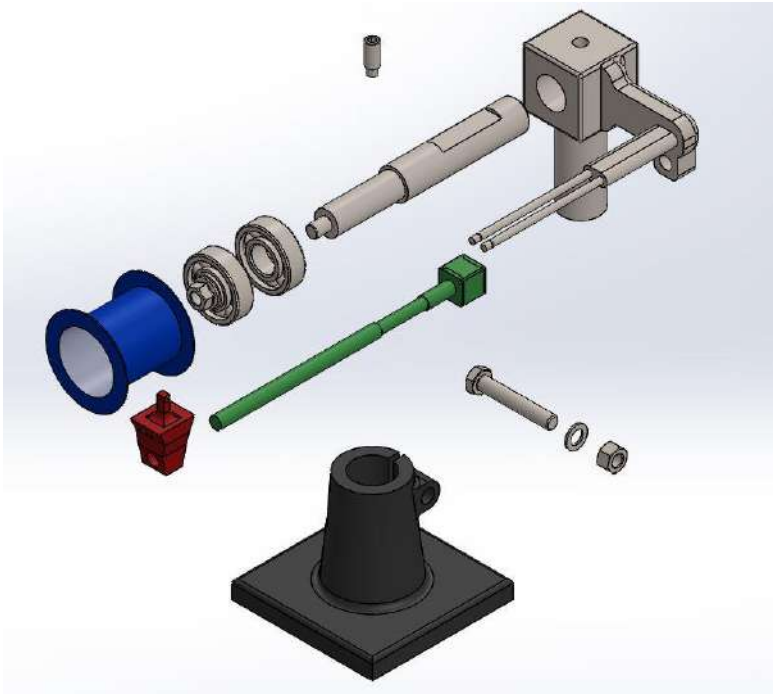


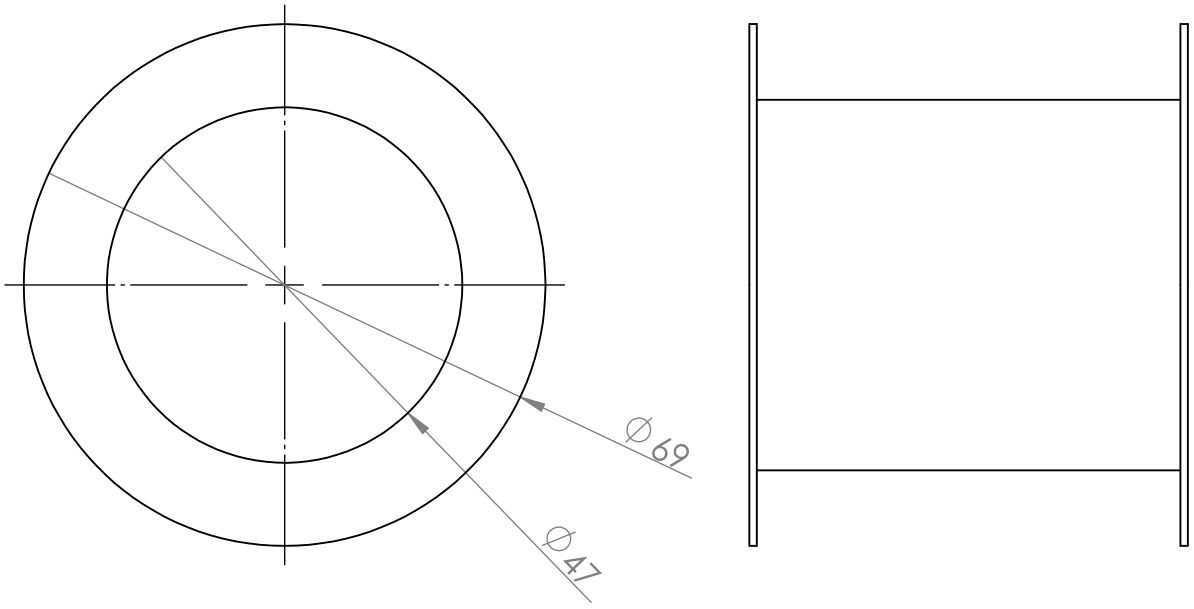
Figure B-2 La Conception Assistée par Ordinateur (CAO)

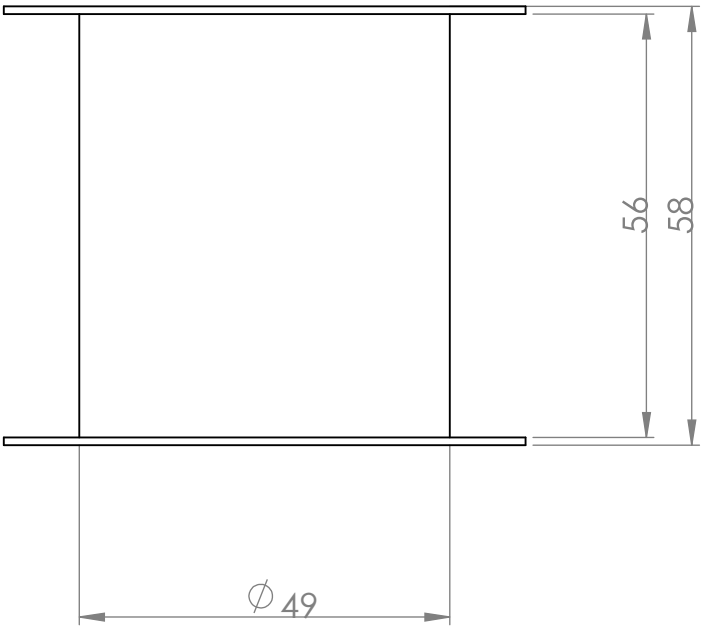
Annexes

Annexe 3

Les dessins de définitions

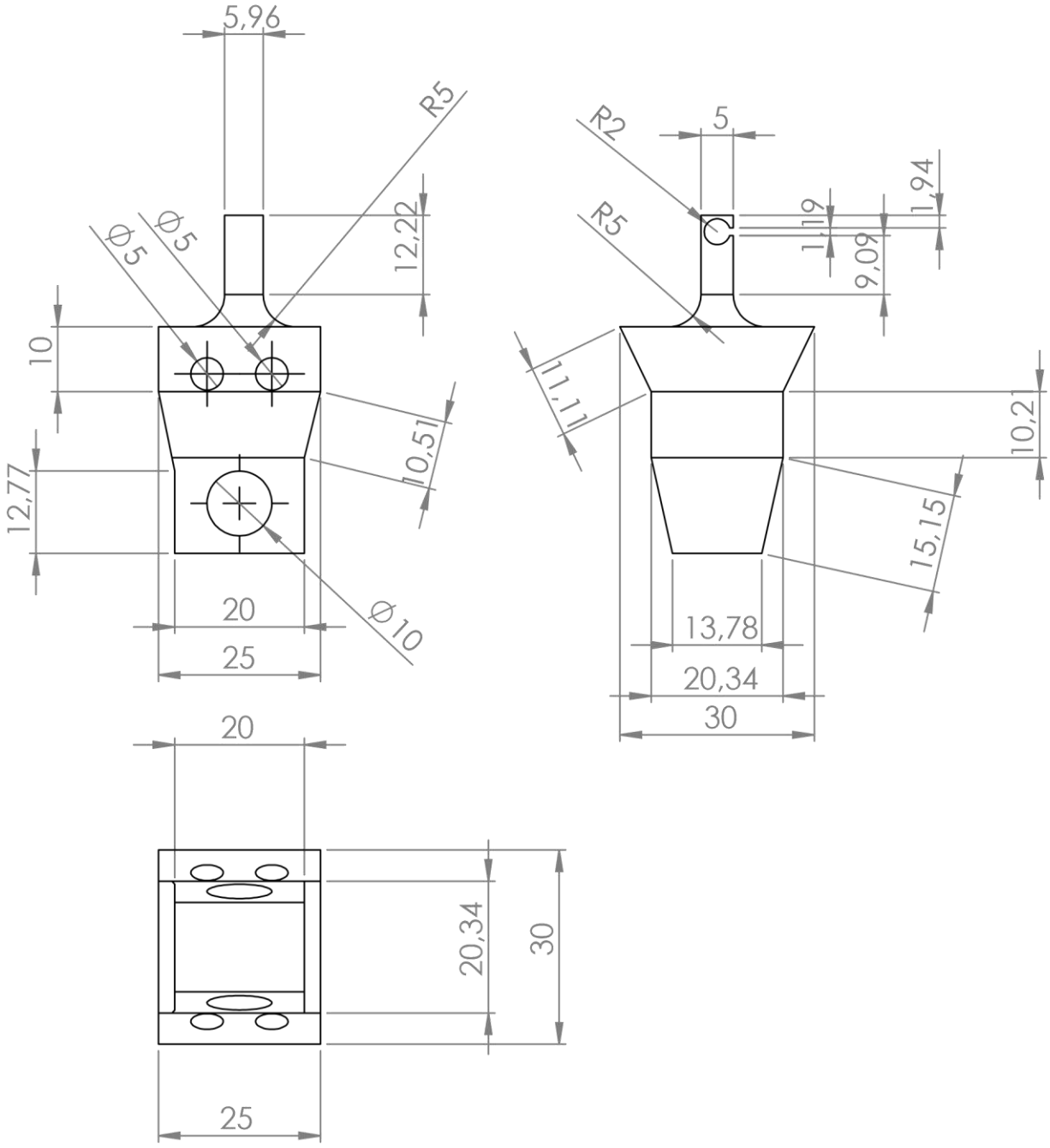
Annexes





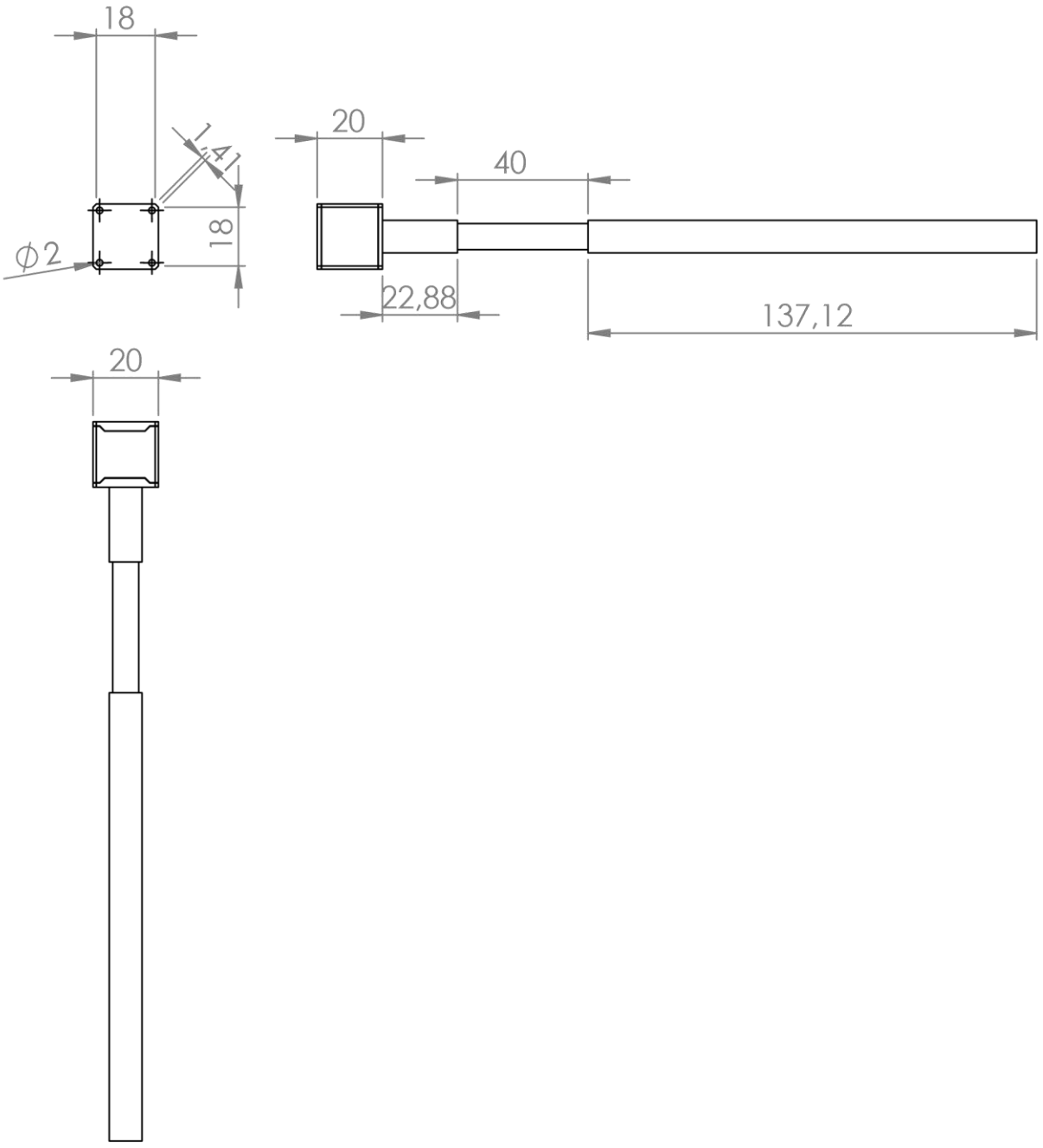
UNIVERSITE «Dr YAHIA FARES" DE ME'DE'A		
2 -ème année Master mécatronique	Bobine	ECH:1/1
promo :2020	BOUSLAH Sidahmed	

Annexes



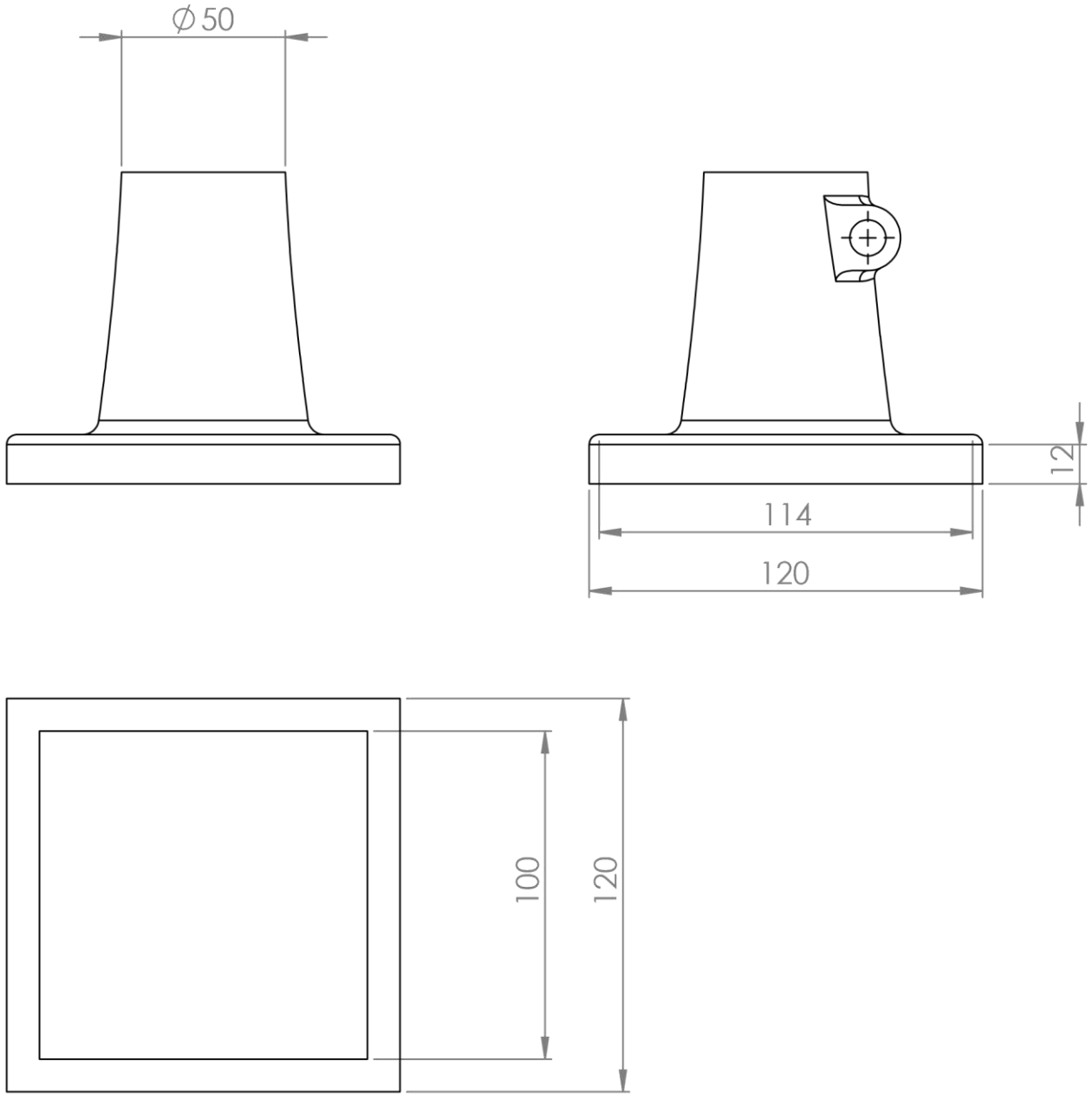
UNIVERSITE"Dr YAHIA FARES" DE ME'DE'A		
2 eme année master mécatronique	tete de guidage	ECH:1/1
promo:2020	BOUSLAH Sidahmed	

Annexes



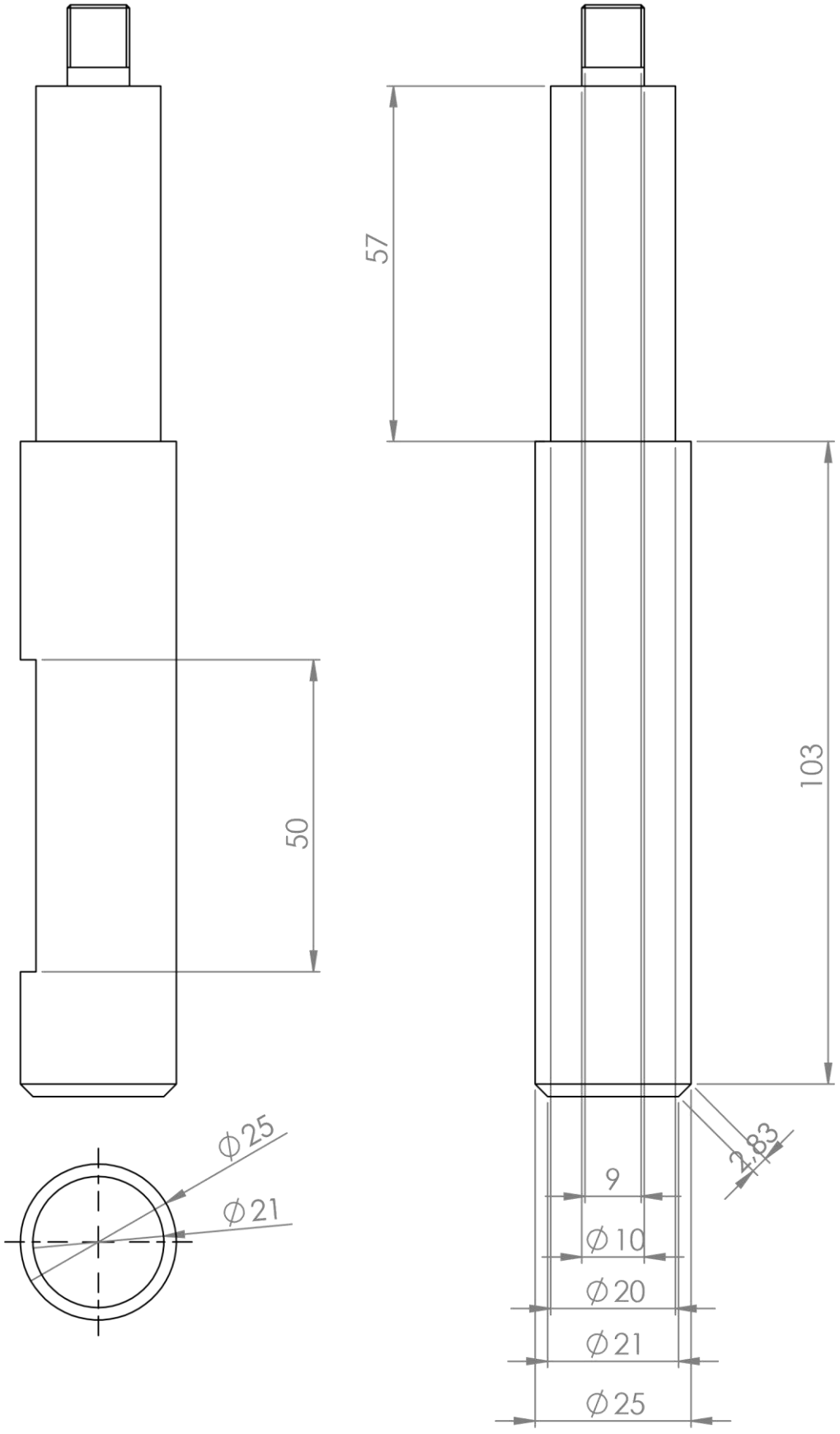
UNIVERSITE"Dr YAHIA FARES" DE ME'DE'A		
2 eme année master mécatronique	VISE SANS FIN AVEC MOTEUR	ECH:1/2
promo:2020	BOUSLAH Sidahmed	

Annexes



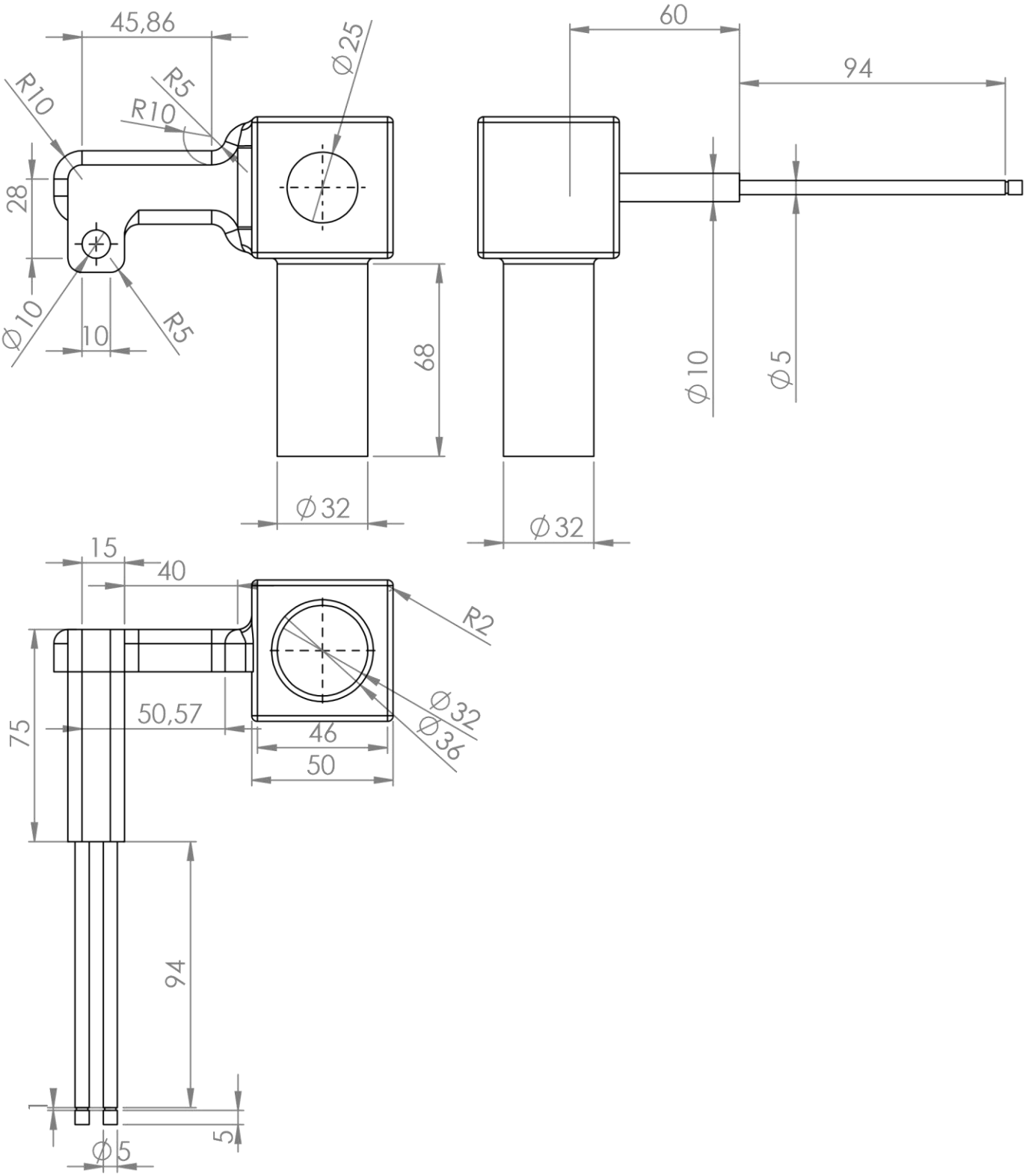
UNIVERSITE"Dr YAHIA FARES" DE ME'DE'A		
2 eme année master mécatronique	LA BASE	ECH:1/2
promo:2020	BOUSLAH Sidahmed	

Annexes



UNIVERSITE"Dr YAHIA FARES" DE ME'DE'A		
2 eme année master mécatronique	Support De La bobine	ECH:1/1
promo:2020	BOUSLAH Sidahmed	

Annexes



UNIVERSITE"Dr YAHIA FARES" DE ME'DE'A		
2 eme année master mécatronique	le suppore principal	ECH:1/2
promo:2020	BOUSLAH Sidahmed	

Annexes