

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR**

**ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRA BEJAIA**

**FACULTE DE TECHNOLOGIE**

**DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE**

**MEMOIRE**

Présenté pour l'obtention du diplôme de

**MASTER**

Filière : Génie Mécanique

Spécialité : Fabrication mécanique et productive

Par :

MAOUCHE Naim

DJOUADI Bilal

BOUCHIBANE Ali

**Thème**

---

**Etude, conception et fabrication d'une machine pour le recyclage des bouteilles en plastique afin de produire du filament pour une imprimant 3D**

---

Soutenu le 21/06/2023 devant le jury composé de :

Mr. BENSAID

Président

Mr. BELAMRI

Rapporteur

Mr. HARROUCHE

Examineur

**Année Universitaire 2022-2023**

## **Remerciements**

Au terme de ce travail, Nous tenons à remercier le Dieu le tout puissant de nous avoir donné le courage, la volonté et la patience pour achever ce travail ;

Nous avons l'honneur et le plaisir de présenter notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à notre encadreur monsieur BELAMRI Abdelatif et aussi notre promoteurs monsieur IDIRI Rabeh et monsieur SALHI Ilyes pour leur précieux aide et pour tous leurs conseils ; Nous tenons également à remercier les membres du jury ;

Nos remerciements s'adressent également à tous nos enseignants et personnels du département de Génie Mécanique Bejaia pour le temps qu'ils nous ont consacrés ;

Nos remerciements les plus sincères et les plus profonds sont adressés à nos parents pour leurs patiences et tous les sacrifices qu'ils ont consentis ;

A tous nos amis

Pour notre amitié et tous les bons moments passés et à venir, pour votre présence, vos bons conseils et nos fous rires partagés, un très grand merci à tous et à toutes

# Table des matières

Liste d'abréviations

Liste des figures

## Chapitre 1 : Fonctionnement de la machine

<b>1. Présentation de l'atelier PRO-EMBALLAGE .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Principales activités de PRO-EMBALLAGE.....</b>	<b>3</b>
<b>I.1. Introduction .....</b>	<b>4</b>
<b>I.2. But du travail .....</b>	<b>4</b>
<b>I.3. Les avantages de la machine.....</b>	<b>4</b>
<b>I.4. Les composants de la machine.....</b>	<b>5</b>
<b>I.4.1. Système de découpage (coupe-bouteille) .....</b>	<b>5</b>
<b>I.4.2. Système de fusion (extrudeur).....</b>	<b>5</b>
<b>I.4.3. Système de bobinage .....</b>	<b>6</b>
<b>I.5. Fonctionnement de la machine .....</b>	<b>7</b>
<b>I.6. LE PET .....</b>	<b>9</b>
<b>I.6.1. Définition du matériau .....</b>	<b>9</b>
<b>I.6.2. Les caractéristiques principales du PET.....</b>	<b>9</b>
<b>I.6.3. Composition du PET .....</b>	<b>10</b>
<b>I.6.4. Applications du PET .....</b>	<b>10</b>
<b>I.6.5. Les propriétés du PET .....</b>	<b>10</b>

## Chapitre 2 : Etude et conception de la machine.

<b>II.1. Etude de la machine.....</b>	<b>12</b>
<b>II.1.1. Etude du système de découpage.....</b>	<b>12</b>
<b>II.1.2. Etude de l'extrudeuse .....</b>	<b>13</b>
<b>II.1.3. Etude du système de bobinage .....</b>	<b>14</b>
<b>II.1.4. Etude de la structure .....</b>	<b>18</b>
<b>II.1.5. Etude de l'installation électrique .....</b>	<b>18</b>

II.1.6.	Etude du coupeau .....	19
II.2	Conception de la machine.....	20
II.2.1.	Conception de la structure.....	20
II.2.2.	Conception de la découpeuse .....	21
II.2.3.	Conception de l'extrudeur .....	23
II.2.4.	Conception du réducteur .....	27
II.3.	Assemblage de la machine : .....	35

### Chapitre 3 : Fabrication, optimisation et résultats

III.1.	Le Montage .....	40
	Introduction .....	40
III.1.1.	Montage de la table.....	40
1.	Le perçage des trous .....	40
2.	L'emplacement des pieds de la table .....	40
III.1.2.	Montage de système de découpage.....	40
III.1.3.	Montage de système de fusion (extrudeur) .....	42
1.	Support.....	42
2.	Résistance .....	42
3.	Laine de verre.....	43
4.	Tête d'extrusion .....	43
III.1.4.	Montage de système de bobinage.....	44
1.	Partie moteur :.....	44
2.	Partie réducteur.....	46
III.2.	Optimisation de la machine.....	48
III.2.1.	Optimisation de la structure .....	48
III.2.2.	Optimisation de la découpeuse .....	49
III.2.3.	Optimisation de l'extrudeur .....	50
III.2.4.	Optimisation du système de bobinage.....	50

<b>III.3. Résultat.....</b>	<b>51</b>
<b>III.4. Dessin technique .....</b>	<b>52</b>
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>53</b>
<b>Ressources bibliographique.....</b>	<b>54</b>

## Liste d'abréviations

- PET : polyéthylène téréphtalate
- PA : polyamide
- ABS : acrylonitrile butadiène styrène
- 3D : trois dimensions
- PEBD : polyéthylène basse densité
- Z : nombres de dents
- d : diamètre primitif
- da : diamètre de tête
- df : diamètre de creux
- m : module
- N : nombres de tours
- RIC : Code d'identification de résine
- b : largeur de denture
- h : hauteur de dent
- ha : saille
- hf : creux
- a : entraxe
- P : pas
- CAO : conception assister par ordinateur
- FAO : fabrication assister par ordinateur
- AC : courant électrique alternatif
- STP : état standard du matériau

## Liste des figures

Figure I.1 description de but du travail .....	4
Figure I.2 Fiche technique extrudeur .....	6
Figure I.3 Système de bobinage .....	7
Figure I.4 Etape de découpage .....	7
Figure I.5 Etapes d'extrusion et de bobinage .....	8
Figure I.6 Fonctionnement de la machine.....	8
Figure I.7 Caractéristique du PET .....	10
Figure II.1 Vue 3D de la conception .....	12
Figure II.2 système de découpage .....	13
Figure II.3 Système de bobinage.....	15
Figure II.4 Moteur AC.....	15
Figure II.5 Vue de face de l'engrenage.....	17
Figure II.6 Schéma cinématique du système de bobinage.....	18
Figure II.7 Taille des coupeaux.....	19
Figure II.8 Conception de la structure .....	21
Figure II.9 Conception de la lame.....	22
Figure II.10 Conception de la tige.....	23
Figure II.11 Conception de la bouteille .....	23
Figure II.12 Conception de la buse .....	25
Figure II.13 Conception de la tête d'extrusion .....	26
Figure II.14 Conception de la Résistance .....	26
Figure II.15 Montage de l'extrudeur .....	27
Figure II.16 Conception du pignon 1.....	28
Figure II.17 Conception des pignons 2 et 3.....	29
Figure II.18 Conception du pignon 4.....	30
Figure II.19 Conception du support 1 .....	30
Figure II.20 Conception du support 2 .....	31
Figure II.21 Conception du support 3 .....	31
Figure II.22 Conception du porte roulement.....	32
Figure II.23 Conception de l'axe 1.....	32
Figure II.24 Conception de l'axe 2.....	33

<b>Figure II.25 Conception de la bobine</b> .....	33
<b>Figure II.26 Contrainte d'engrenage</b> .....	34
<b>Figure II.27 Montage des axes</b> .....	35
<b>Figure II.28 Montage du réducteur</b> .....	35
<b>Figure II.29 Assemblage du système du découpage</b> .....	36
<b>Figure II.30 Assemblage de l'extrudeur</b> .....	36
<b>Figure II.31 montage du réducteur</b> .....	37
<b>Figure II.32 Assemblage du système de bobinage</b> .....	37
<b>Figure II.33 Conception final</b> .....	38
<b>Figure III.1 Montage du système de découpage</b> .....	39
<b>Figure III.2 laine de verre</b> .....	43
<b>Figure III.3 Tête d'extrusion</b> .....	44
<b>Figure III.4 Moteur et bloc moteur</b> .....	45
<b>Figure III.5 Variateur électrique</b> .....	45
<b>Figure III.6 Impression des pignons</b> .....	46
<b>Figure III.7 Maintien du réducteur</b> .....	48
<b>Figure III.8 système de découpage vis roulements</b> .....	49
<b>Figure III.9 Extrudeur j hade et écran LCD</b> .....	50
<b>Figure III.10 Système de bobinage optimisé</b> .....	51

# **Introduction Générale**

Dans la fabrication mécanique l'imprimante 3D est une technologie révolutionnaire qui permet de créer des objets physique compliqués en trois dimensions à partir de modèles numériques.

Les matériaux utilisé dans ce genre de machine et principalement le plastique injecté sous forme de filament, ce dernier contient plusieurs types, ceux utiliser dans l'impression 3D sont la résine, le PA, le PET et l'ABS, mais nous on s'intéresse sur le PET pour ses différentes caractéristiques notamment la recyclabilité.

Les bouteilles d'eaux sont fabriquées du même matériau, pour but de protégé la terre de ces matières toxiques, les bouteilles sont fabriqués en PET à fin d'être facilement recyclable ce qui est écologique pour l'environnement.

Cela nous a poussait à fabriquer une machine qui est capable de recyclée du PET pour but de créer du filament utilisable dans l'impression 3D, ce qui est économique pour les utilisateurs des imprimantes 3D et écologique pour notre environnement.

Suite à cela, le présent mémoire décrit l'essentiel du travail réalisé, il comporte 03 chapitres :

- Le 1<sup>er</sup> chapitre : présentera le fonctionnement de la machine et ses composants ainsi que le matériau utilisé.
- Le 2<sup>ème</sup> chapitre : traitera l'étude, la conception de cette machine.
- Le 3<sup>ème</sup> chapitre : présentera la fabrication, l'optimisation et les résultats obtenues plus un dessin de définition du produit réaliser.

Enfin nous donnerons une conclusion générale et le nom donné à cette machine.

# **CHAPITRE I : Le fonctionnement de la machine**

## **1. Présentation de l'atelier PRO-EMBALLAGE**

Spécialiser dans le recyclage, pro-emballage et un atelier de fabrication d'emballage et de produit plastique, elle se dispose de plusieurs unités : unité de traitement de déchet, unité d'extrusion, unité de transformation thermoplastique.

Situé dans la ville d'Aokas, pro-emballage offre un produit de qualité aux consommateurs mais aussi aux industriels et ce grâce à ses prix compétitifs, son savoir-faire, la modernité de ses unités de production, le contrôle strict en ce qui concerne la qualité.

## **2. Principales activités de PRO-EMBALLAGE**

L'ensemble des activités de PRO-EMBALLAGE est concentré sur la production et la commercialisation des produit plastique, elles se présentent comme suit :

- Traitement des déchets plastique
- Recyclage des produits plastique
- Fabrication d'emballage
- Fabrication des tuyaux

### I.1. Introduction

L'extrudeuse de PET en filaments est un équipement industriel utilisé pour produire des filaments de haute qualité utilisés pour l'impression 3D.

Le PET est un matériau utilisé dans la production de bouteilles en plastique, de textiles et de films, mais il peut également être utilisé pour créer des filaments pour l'impression 3D.

Les filaments produits sont précis en termes de diamètre et de régularité, ce qui les rend idéaux pour une variété d'applications d'impression 3D, cette machine est largement utilisée dans l'industrie de l'impression 3D en raison de ses nombreux avantages.

### I.2. But du travail

Le but de ce thème est de couper des bouteilles en plastique PET sous forme d'un copeau continu afin de le chauffer sous une température constante pour créer du filament utilisable sur une imprimante 3D.



*Figure I.1 description de but du travail*

### I.3. Les avantages de la machine

- Production de haute qualité de manière efficace.
- Coût de production très bas.
- Protection de l'environnement.
- Économique et rentable.
- Légère et utilisation facile.

#### **I.4. Les composants de la machine**

La machine est composée de plusieurs composants, notamment un système de coupage d'un système de fusion et un système de bobinage du filament

##### **I.4.1. Système de découpage (coupe-bouteille)**

Il existe différents types de coupe-bouteille en PET, nous avons choisi le système visse écrous rondelles car il est ajustable pour couper des bouteilles de différentes tailles

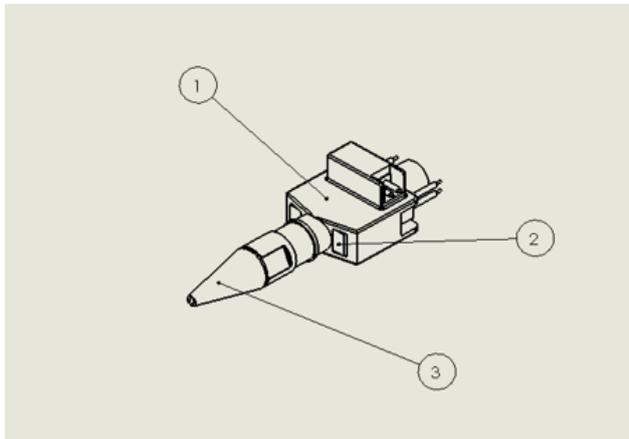
Le système se compose de :

- 2 vis M8
- 2 écrous long
- 20 rondelles M8
- Une lame coupante
- Une tige de fer 500mm, Diamètre 10mm

##### **I.4.2. Système de fusion (extrudeur)**

- Chambre d'extrusion
- 3 résistances
- Une tête d'extrusion
- Support

Fiche technique du dispositif :



**Données techniques:**

- Voltage : 220-240V
- Fréquence : 50/60Hz
- Consommation électrique : 220W
- Température : 200-215°C
- Capacité d'extrusion : 20-30g/min

# Extrudeur

**Utilisation:**

utiliser pour extraire du plastique et de la résine sous forme liquide ou solide

**Composants:**

Numéro	Nom	Quantité
1	Chambre d'extrusion	1
2	Résistance	3
3	Tête d'extrusion	1

**Attention!**

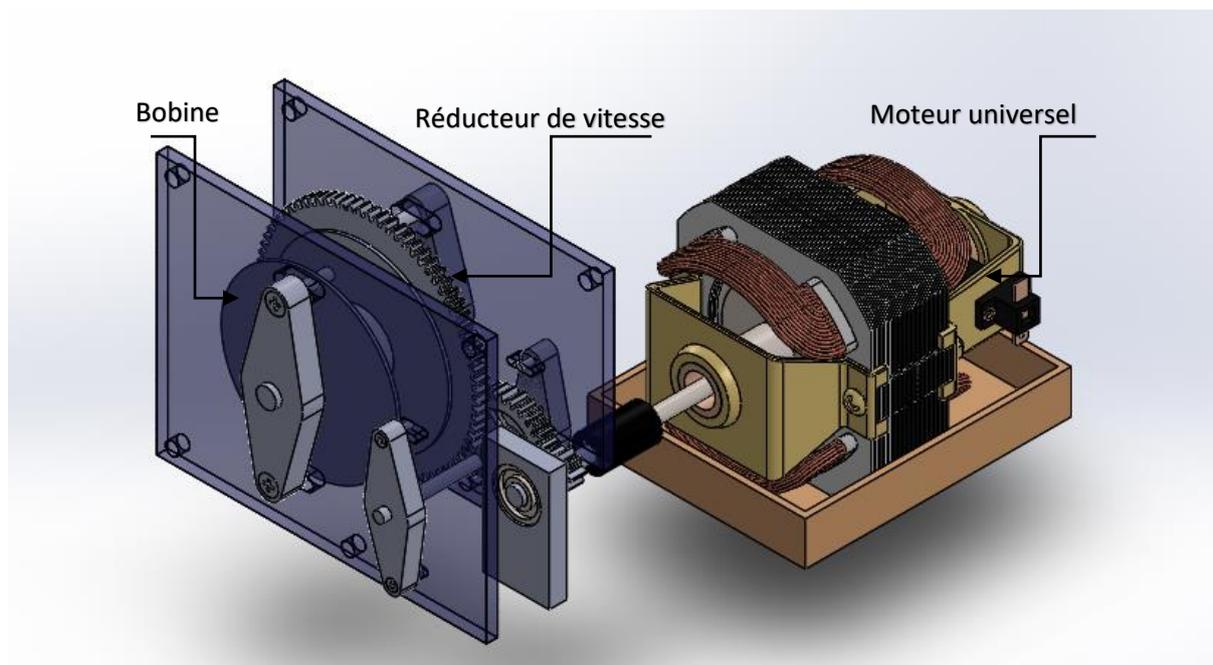
ne pas toucher l'extrudeur lors de son fonctionnement, cela peut conduire à un choc électrique ou à des brûlures à cause de la température élevée.

*Figure I.2 Fiche technique extrudeur*

### I.4.3. Système de bobinage

Il se compose de :

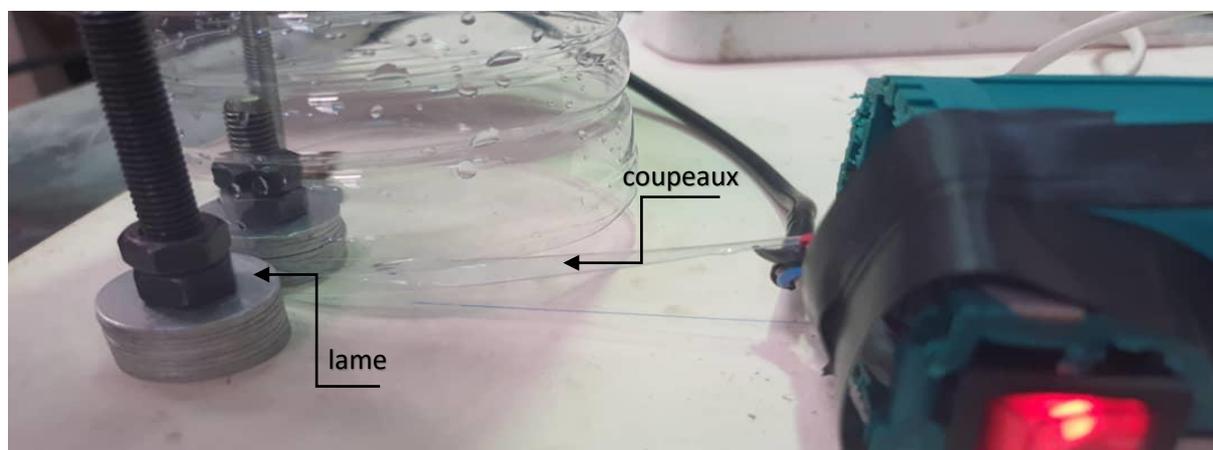
- Un réducteur de vitesse :
  - 4 pignons
  - 4 roulements
  - 2 axes 5mm et 9mm
  - Bobine
  - Supports pour l'assemblage
  - Supports pour les roulements
- Moteur :
  - Moteur de 500W 3000 tr/min
  - Variateur électrique



*Figure I.3 Système de bobinage*

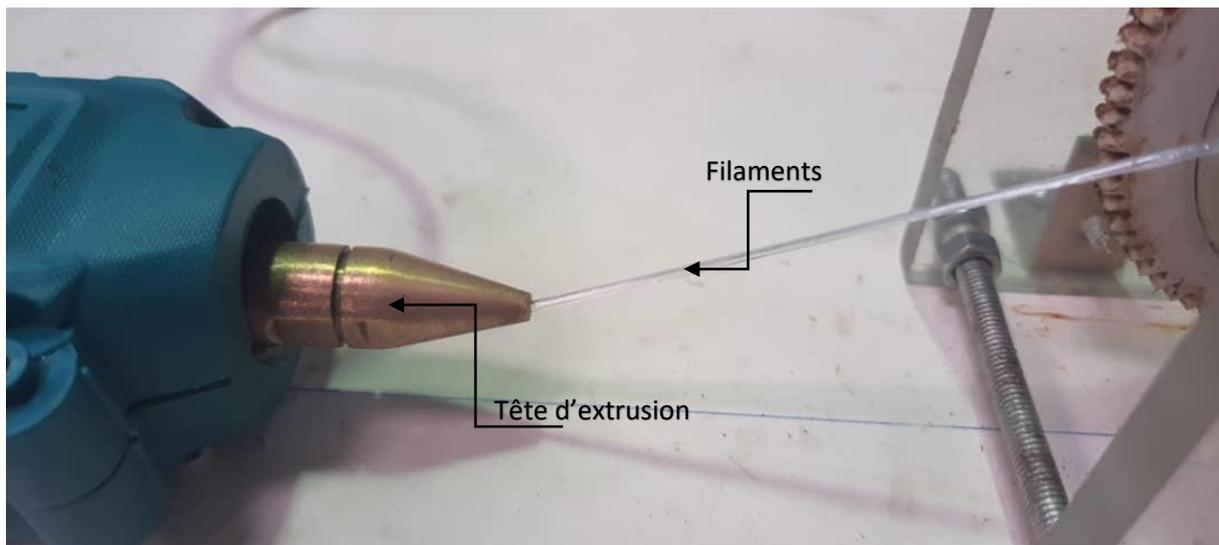
### I.5. Fonctionnement de la machine

Etape 1 : tout d'abord il faut ajuster la lame à la hauteur désirée, puis placer la bouteille dans l'outil, ensuite il faut faire tourner lentement la bouteille tout en appliquant une légère pression pour couper le plastique.



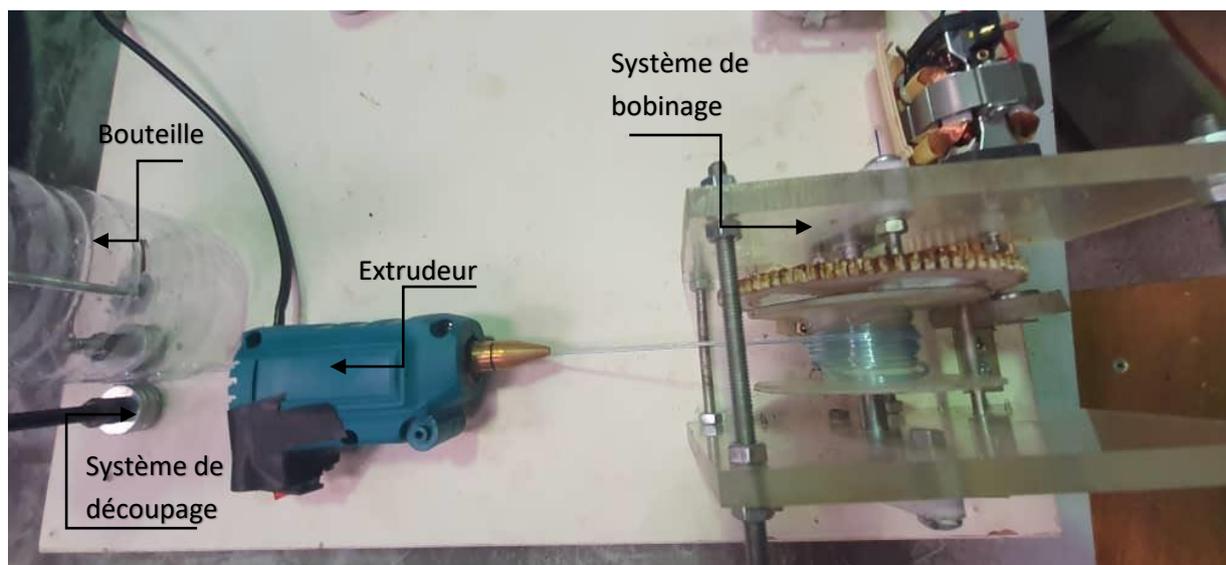
*Figure I.4 Etape de découpage*

- Etape 2 : le coupeau passe par le transfert thermique, une fois la résistance chauffée à une température précise de 200°C à 210°C, le coupeau subit une transformation d'un état solide à un état liquide, puis il est poussé à travers la tête d'extrusion qui façonne le matériau en filaments uniformes.
- Etape 3 : le refroidissement du matériau se fait à l'air libre qui est une température idéale pour réussir cette procédure car le PET prend sa forme solide a cette température.



*Figure I.5 Etapes d'extrusion et de bobinage*

- Etape 4 : grâce au moteur le bobinage se fait d'une manière automatique, Le réducteur réduit la vitesse d'entrée à une vitesse de sortie idéale pour un bobinage avec précision afin d'éviter les enchevêtrements ou les nœuds.



*Figure I.6 Fonctionnement de la machine*

**Remarque :** Les équipements de protection sont nécessaires comme des gants, des lunettes, un masque, et une tenue inflammable pour éviter les accidents de travail.

## **I.6. LE PET**

### **I.6.1. Définition du matériau**

Le polyéthylène téréphtalate, communément abrégé PET, est la résine polymère thermoplastique la plus courante de la famille des polyesters et est utilisée dans la fibres pour vêtements, les récipients pour liquides et aliments. Le polyéthylène téréphtalate est un matériau dur, rigide, solide et dimensionnellement stable qui absorbe très peu d'eau.

### **I.6.2. Les caractéristiques principales du PET**

- **Rigidité** : Le PET est un matériau rigide, ce qui le rend approprié pour des applications nécessitant une grande stabilité dimensionnelle.
- **Transparence** : Le PET est également transparent, ce qui le rend idéal pour les bouteilles en plastique utilisées pour les boissons et aliments.
- **Résistance à l'humidité** : Le PET est résistant à l'humidité, ce qui le rend approprié pour les applications qui nécessitent une barrière à l'humidité, comme les emballages alimentaires.
- **Légèreté** : Le PET est également léger, ce qui le rend facilement transportable et pratique pour les applications mobiles.
- **Résistance aux chocs** : Le PET est résistant aux choc, ce qui en fait un matériau de choix pour les applications nécessitant une grande résistance aux chocs, comme les bouteilles en plastique pour les boissons.
- **Recyclable** : Le PET est largement recyclable, ce qui en fait un choix durable pour les emballages et les produits en plastique.
- **Résistance à la chaleur** : Le PET est capable de résister à des températures élevées sans se dégrader, ce qui le rend approprié pour les applications nécessitant une grande résistance à la chaleur, comme les films alimentaires.

### I.6.3. Composition du PET

Le PET est constitué d'unités polymérisées du téréphtalate d'éthylène monomère, avec des unités répétitives (C<sub>10</sub>H<sub>8</sub>O<sub>4</sub>).

Le PET est couramment recyclé et porte le numéro "1" comme code d'identification de résine (RIC).



Figure I.7 Caractéristique du PET

### I.6.4. Applications du PET

Il existe d'énormes applications commerciales pour le PET : en tant que matériau de qualité moulage par injection, pour les bouteilles moulées par soufflage. La majorité de la production mondiale de PET est destinée aux fibres synthétiques (plus de 60 %), la production de bouteilles représentant environ 30% de la demande mondiale. Dans le cadre des applications textiles, le PET est désigné par son nom commun, polyester, alors que l'acronyme PET est généralement utilisé en relation avec l'emballage.

### I.6.5. Les propriétés du PET

<b>Phase à STP</b>	<b>Solide</b>
<b>Densité</b>	<b>1350 kg/m<sup>3</sup></b>
<b>Résistance à la traction ultime</b>	<b>150 Mpa</b>
<b>Limite d'élasticité</b>	<b>40 Mpa</b>
<b>Module de Young</b>	<b>9 GPa</b>
<b>Point de fusion</b>	<b>267 °C</b>
<b>Conductivité thermique</b>	<b>0.3 W/mk</b>
<b>Capacité thermique</b>	<b>1250 J/g*K</b>
<b>Dureté Brinell</b>	<b>20 BHN</b>
<b>Prix</b>	<b>108 DA/kg</b>

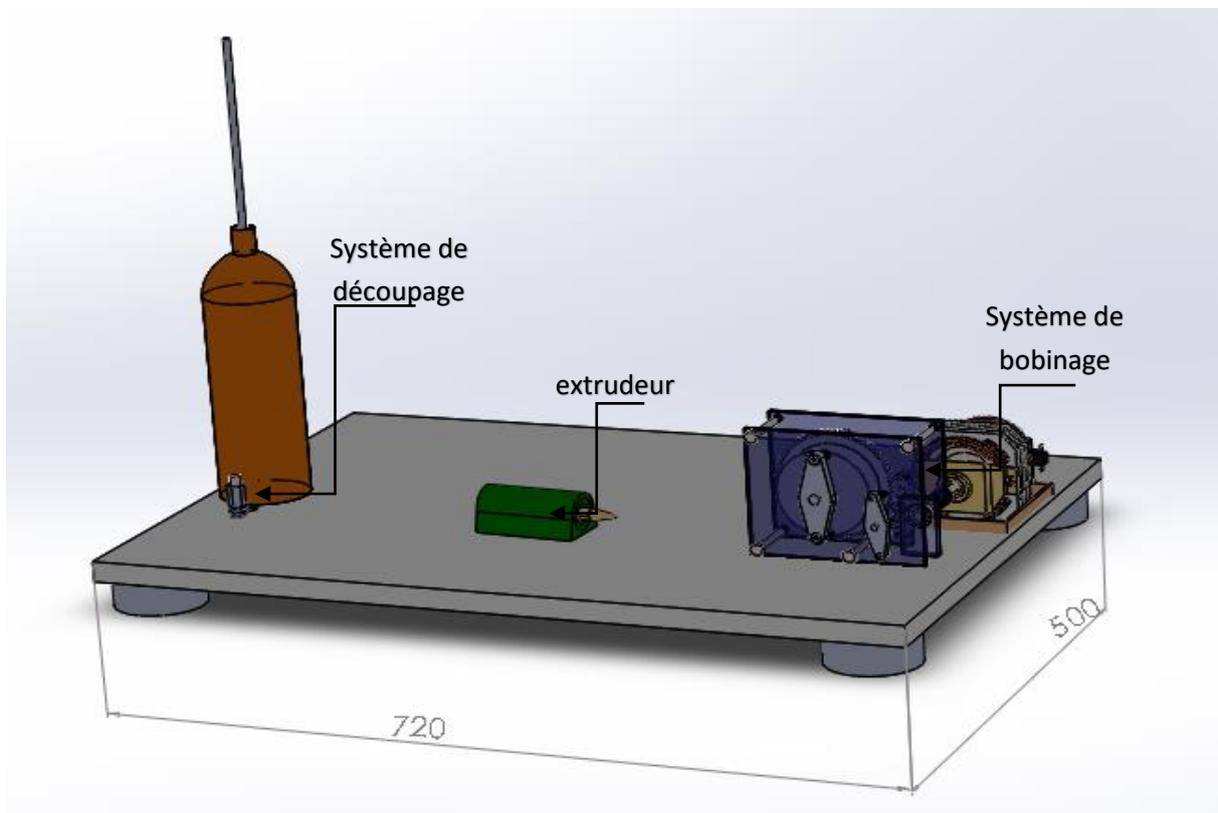
#### Note

Il est important de noter que les propriétés du PET peuvent varier en fonction de la méthode de production, des additifs utilisés et des conditions d'utilisations.

# **CHAPITRE II : Etude et conception de cette machine.**

## II.1. Etude de la machine

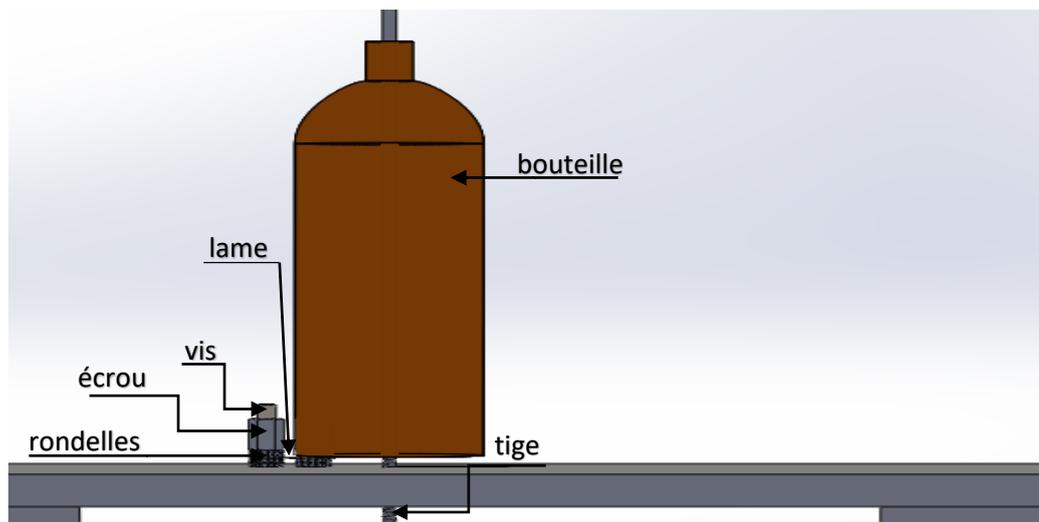
Notre étude est basée sur les tests et les essais effectués sur tous les composants de la machine afin d'éliminer tous les problèmes que nous allons trouver dans la fabrication.



*Figure II.1 Vue 3D de la conception*

### II.1.1. Etude du système de découpage

Comme nous l'avons prédit ce système est modifiable, car le système vis écrous rondelles se compose de plusieurs étages, ce qui nous permet de placer la lame ou nous voulons pour but de modifier la **largeur** du coupeau facilement.



*Figure II.2 système de découpage*

### A. La lame

La lame est fabriquée en acier 12C27, pointu et souple, elle est placée entre 2 rondelles, ce placement dépend de la largeur du coupeau, pour son bon fonctionnement la pointe de la lame ne doit pas dépasser l'axe de la tige.

### B. La tige

C'est une barre filetée de diamètre 6mm, perpendiculaire à la table et maintenue dans un rivé à fin d'elle peut se déplacer pour but de découper des bouteilles de plusieurs diamètres, utilisé pour maintenir la bouteille debout sur son axe pour la découper facilement.

### C. La bouteille

- La bouteille doit être nettoyer et ne doit rien contenir à l'intérieur.
- La pompé et la faire chauffer soigneusement tout en la faisant tourner pour se débarrasser des rainures et des formes géométriques qu'elle contient.
- couper le coter inferieur de la bouteille pour faciliter la découpe.

## II.1.2. Etude de l'extrudeuse

L'extrudeuse se compose de 3 partie essentiel, chaque partie joue un rôle dans la thermoplastique et la transformation des coupeaux de PET en filament, pour la réalisation de ce dernier, l'extrudeuse doit être capable de produire une chaleur suffisante de 200°C à 215°C qui est la température de fusion du PET.

### **A. Les résistances**

Nous avons pris la décision de placer 2 plaques chauffantes (résistance) pour assurer d'avoir une température équivalente à 200°C car une de ses plaques atteint approximativement une température de 60°C à 80°C.

Placer et fixer sur la chambre d'extrusion la chaleur pénètre à l'intérieur du compartiment, cette température est un des outils qui nous permet la qualité et la croissance des filaments

### **B. La chambre d'extrusion**

Fabriquer avec de l'acier poli, utiliser spécialement pour supporter la chaleur de des thermoplastiques, sa forme creuse à l'intérieur est cylindrique, ce qui permet au coupeaux de s'enrouler sur eux même pour une première transformation afin d'aider la tête d'extrusion pour éviter la pression dans cette dernière, et d'éviter aussi discontinuation des filaments.

### **C. La tête d'extrusion**

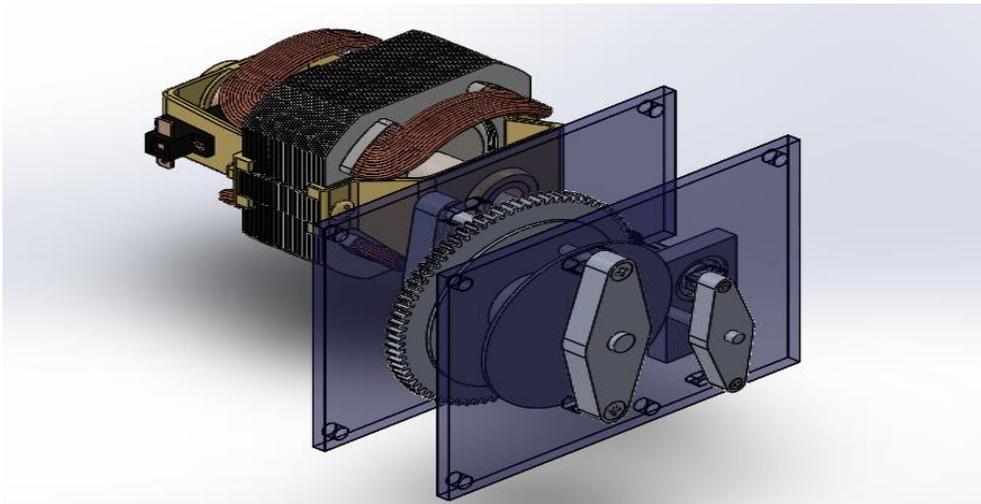
Fabriquer avec du cuivre, située à l'extrémité de l'extrudeuse, c'est le composant clé de l'extrudeuse, car son rôle principal est de façonner la forme du filament, sa forme interne est équipée d'une filière lisse avec un diamètre de 1.75mm ce qui est le diamètre de la section transversale du filament, le PET est attiré à travers la tête d'extrusion d'une manière continue.

Au finale les filaments dépendront de la forme interne de la tête d'extrusion.

### **II.1.3. Etude du système de bobinage**

La partie bobinage est tout un prototype mécanique, équiper d'un moteur d'un réducteur de vitesse et d'une bobine, ce système nous permet d'attirer les filaments et de les enrouler sur une bobine de manière automatique et continue, la vitesse de sortie obtenue nous aidera dans la formations et le refroidissement des filaments.

Grace aux teste que nous avons réalisés, nous avons pris la décision que la vitesse idéale pour un bon bobinage du filament est de 30tr/min à 40tr/min.

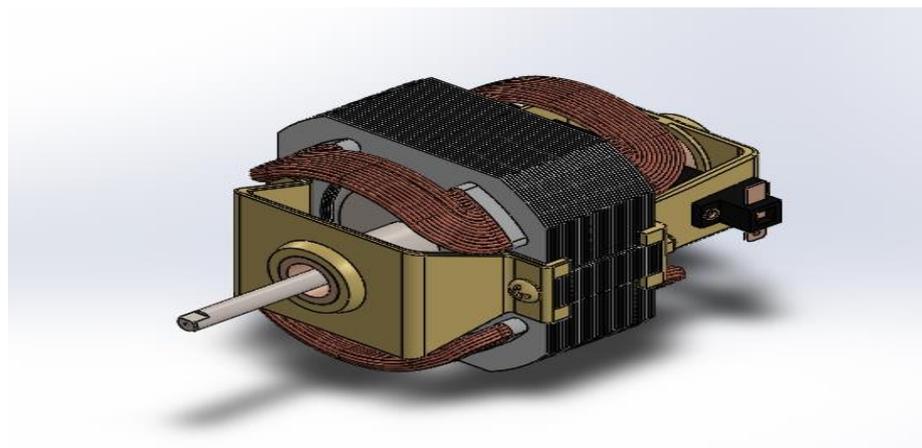


*Figure II.3 Système de bobinage*

### **A. Le moteur**

Le moteur AC est un moteur universel conçue pour fonctionner à un voltage de 220V, capable de produire une vitesse de 3000 tr/min et a une capacité de 500W, nous l'avent équiper d'un variateur de vitesse de 800W afin de pouvoir gérer mieux la vitesse car notre bobine ne parviendra pas à assurer un bobinage parfait du produit avec la vitesse initiale du moteur.

Avec l'axe du moteur nous avant placer un raccordeur pour pouvoir transmettre la vitesse de rotation au pignon d'attaque, cela nous a créer des problèmes de vibration de ce pignon et cela risque de ne pas transmettre le mouvement et même la possibilité de casser ce dernier, alors nous avant ajuster le tout avec un support qui permet de maintenir l'axe de rotation en place et d'annuler tout vibration.



*Figure II.4 Moteur AC*

### **B. Le réducteur de vitesse**

Equiper d'un système d'engrenage capable de transmettre la rotation de l'axe du moteur à l'axe de la bobine pour cela nous devant faire un calcul pour les roues dentées qui sont contenue dans ce réducteur

L'arbre de sortie doit tourner dans la même direction que l'arbre moteur, pour assurer cette transmission et une bonne synchronisation du système, le réducteur contiendra 4 roues dentées, leurs calcules est dans le tableau suivant :

<b>module</b>	$m \geq 2.34 \sqrt{2960000 * P / N * r * Z * Rpe}$	1.25
<b>Z1</b>		8
<b>Z2</b>		29
<b>Z3</b>		8
<b>Z4</b>		79
<b>Pas</b>	$P = m * \pi$	3.925
<b>Saillie</b>	$ha = m$	1.25
<b>Creux</b>	$hf = 1.25 * m$	1.5625
<b>Hauteur de dent</b>	$h = ha + hf$	2.8125
<b>Diamètre primitif</b>	$d = m * Z$	d <sub>1</sub> =10
		d <sub>2</sub> =36.25
		d <sub>3</sub> =10
		d <sub>4</sub> =98.75
<b>Diamètre de tête</b>	$da = d + 2m$	da <sub>1</sub> =12.5
		da <sub>2</sub> =38.75
		da <sub>3</sub> =12.5
		da <sub>4</sub> =101.25
<b>Diamètre de creux</b>	$df = d - 2.5m$	df <sub>1</sub> =6.875
		df <sub>2</sub> =33.125
		df <sub>3</sub> =6.875
		df <sub>4</sub> =95.625
<b>Entraxe entre 2 roues</b>	$a_{1-2} = (d_2 - d_1) / 2$	13.125
	$a_{3-4} = (d_4 - d_3) / 2$	44.375
<b>Largeur de denture</b>	$b = k * m \quad 6 \leq k \leq 10$	7.5

Ainsi la vitesse d'entrée du moteur et de

Nous avons

$$\frac{Z_2}{Z_1} = \frac{D_2}{D_1} = \frac{N_1}{N_2}$$

Dans notre réducteur :

$$\frac{N_e}{N_s} = \frac{Z_2}{Z_1} * \frac{Z_4}{Z_3}$$

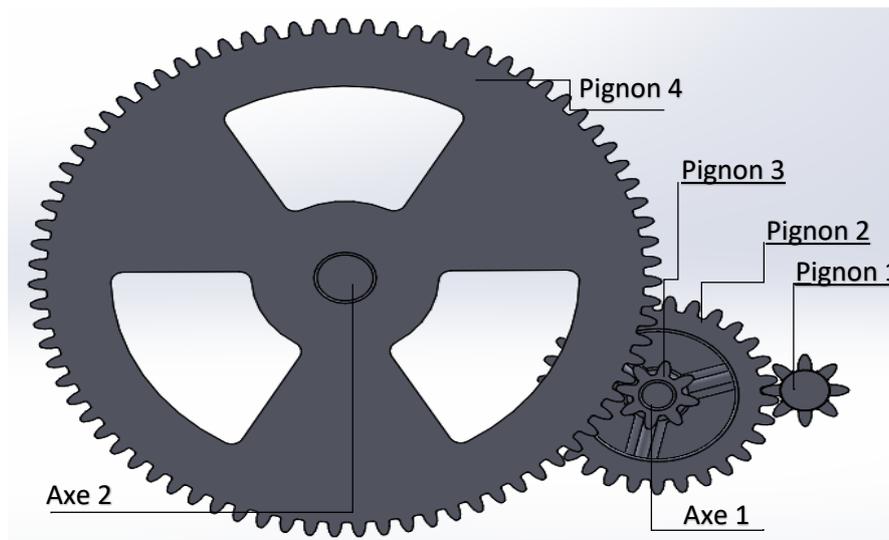
Donc

$$N_e = N_s * \frac{Z_2}{Z_1} * \frac{Z_4}{Z_3}$$

Application numérique

- $30 * \frac{79}{8} * \frac{29}{8} = 1073.90 \text{ Tr/min}$
- $40 * \frac{79}{8} * \frac{29}{8} = 1431.87 \text{ Tr/min}$

Donc la vitesse d'entrée est variée entre 1073tr/min à 1432tr/min



*Figure II.5 Vue de face de l'engrenage*

Les roues dentées sont fabriquées en plastique par impression 3D, les dents des pignons en était limer soigneusement et graisser pour un engrenage parfait.

Les axe sont fabriqués avec de l'acier allier, la structure du dispositif est fabriquée avec du plexiglass, une matière solide et transparente pour pouvoir observer le système et trouver une défaillance si cela arrive afin d'effectuer une maintenance si c'est nécessaire, les axe sont soutenue par des roulement afin de guider ses axes et d'assuré que le mouvement soit transmis.

### Schéma cinématique

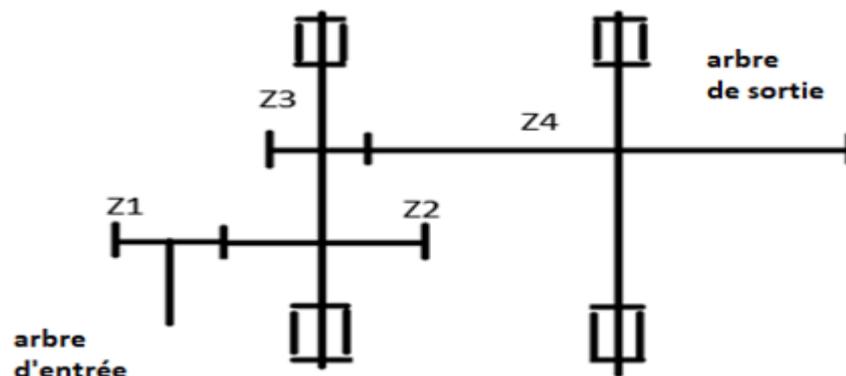


Figure II.6 Schéma cinématique du système de bobinage

#### II.1.4. Etude de la structure

La structure est fabriquée en bois pour la légèreté et la résistance aux chocs de ce matériau, ainsi que pour sa non conductivité de l'électricité, et pour visionner le processus de transformation de matière, aussi pour vérifier les défaillances à l'œil nu si sa ce produit et pouvoir maintenir la machine rapidement.

Nous n'avons pas installé de toit et des parois sur la structure pour plusieurs raisons, qui sont :

- Placer les bouteilles rapidement sur la découpeuse.
- Retirer les filaments produit facilement.
- Un refroidissement du produit à l'air libre.
- Eviter un réchauffement dans la machine à cause de la température générer par l'extrudeuse.

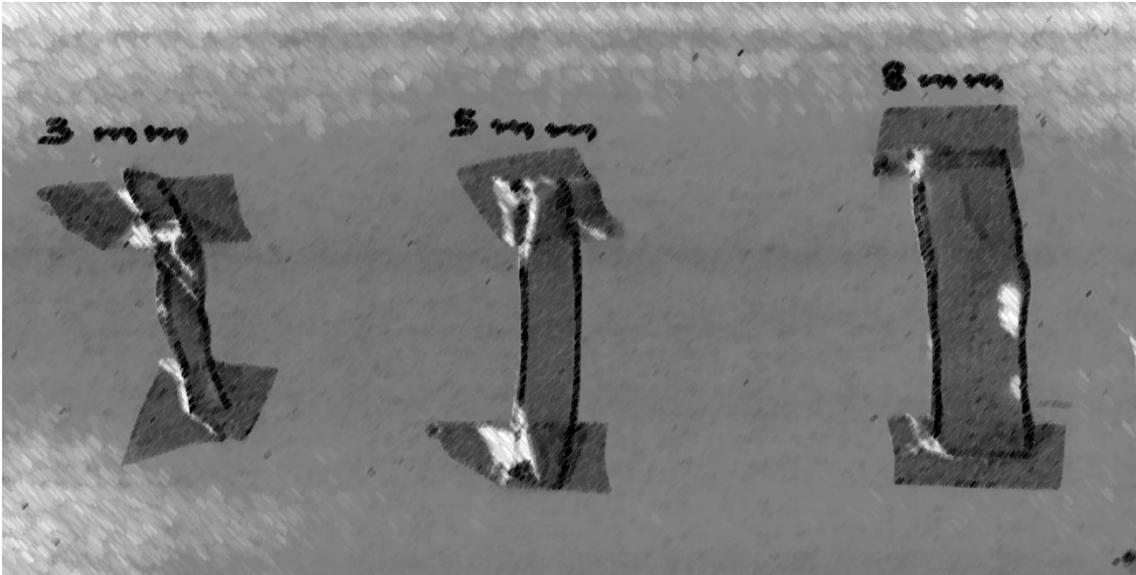
#### II.1.5. Etude de l'installation électrique

Le moteur universel, l'extrudeuse et la lumière fonctionnent à un voltage de 220V, donc nous avons pas besoin de multiplicateur de tensions, juste une multi prise pour pouvoir brancher les composant électrique de la machine, et une alimentation électrique de 220V.

Le moteur et le variateur se branche comme un interrupteur électrique, le fil phase de l'alimentation et du moteur relier tous les 2 à l'entrée et la sortie du variateur, tandis que le fil neutre va directement de l'alimentation au moteur, ce qui crée un circuit fermer.

### II.1.6. Etude du coupeau

Le coupeau est formé grâce à la découpeuse, vue que la découpeuse est modifiable nous avons pris la décision de couper de largeurs différentes pour tester de voir le comportement thermoplastique du PET dans l'extrudeuse.



*Figure II.7 Taille des coupeaux*

Nous avons coupé des coupeaux de 3 largeurs différentes, coupeau de 3mm, coupeau de 5mm et coupeau de 8mm et leurs comportements thermoplastique est comme suite :

#### A. Coupeau de 3mm

Le coupeau est facilement éjectable de l'extrudeuse, mais le filament est mal formé, la cylindricité du filament n'est pas réalisable à cause de la largeur du coupeau qui n'arrive pas à faire la flexion complète sur lui-même dans la tête d'extrusion, le filament n'est pas façonné comme il faut.

Pour résoudre ce problème nous devons diminuer la vitesse d'éjection du filament pour que le PET fende plus mais cela nous fera un retard dans le temps de production.

#### B. Coupeau de 5mm

Le coupeau est éjectable d'une manière perplexe de l'extrudeuse, le filament arrive à se former, la cylindricité du filament est réalisable, mais des défaillances dans la formation du filament causé par une mauvaise vitesse d'éjection se forme dans la partie latérale du filament sous forme d'ouverture très mince ce qui modifie le diamètre du filament, ce qui nous pousse à arrêter la production pour couper ces parties mal formées et redémarrer la machine une autre fois.

Pour résoudre ce problème nous devons modifier la vitesse légèrement afin d'avoir une bonne formation du filament sans avoir à couper le filament et donc de ne pas ralentir le temps de production.

### C. Coupeau de 8mm

Le coupeau est difficilement éjectable de l'extrudeuse, dans la tête d'extrusion la flexion du coupeau se réalise et la forme du filament se façonne, mais une fois éjecter le filament double ce volumes dans certaines parties latérales du filament et se devise en 2 forme coller l'une sur l'autre dans d'autres partie, cela est causé par le coupeau qui est très large et par un refroidissement et une vitesse d'éjection non fiable, donc la forme voulu est irréalisable.

Pour résoudre ce problème nous devons placer un système de refroidissement et augmenter la vitesse d'éjection du filament et aussi modifier la structure de l'extrudeuse pour que le coupeau s'intègre plus facilement, cette solution n'est pas envisageable car cela nous cause une perte du temps de production pour modifier le système de la machine, un coup de réalisation éleait et peut causer des défaillances dans le réducteur de vitesse.

#### Conclusion

Le coupeau idéal pour produire des filaments est le coupeau de largeur de 5mm notamment pour c'est caractéristique dans la production ce qui nous facilitera l'extrusion du filament et ainsi gagner du temps pour en produire plus.

## II.2 Conception de la machine

### Introduction

La conception de la machine est réaliser grâce à l'étude faite sur chaque un de ces composants, afin de créer une conception identique chaque pièce a était mesuré pour qu'elle soit réalisée dans la fabrication et facilité le montage du prototype.

Le logicielle de CAO utiliser pour cette conception est solidworks pour ses fonctionnalités variées et pour la simplicité e son utilisation notamment la création des pièces en 3D.

### Remarque

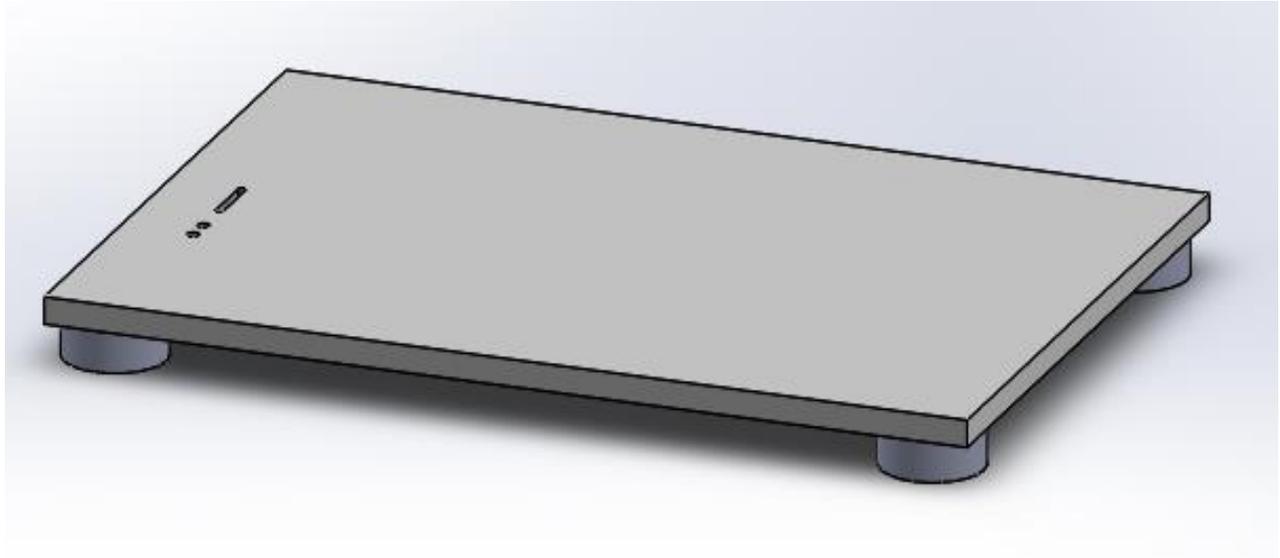
Nombreuses pièces sont directement sélectionnées de la bibliothèque Toolbox sur solidworks pour leurs efficacités et une sélection des pièces directement sans avoir à utiliser l'esquisse et qui sont : les visses, les rondelles, les écrous, les roulements.

Le moteur universel est composé de plusieurs pièce compliqué a mesuré, pour ça nous l'avons directement téléchargé afin de garantir son fonctionnement.

#### II.2.1. Conception de la structure

- 1- Choisir le plan d'esquisse
- 2- Créer la forme de la structure et ajouter les mesures avec la cotation intelligente

- 3- Ajouter les emplacements des vis
- 4- Créer le bossage avec la fonction bossage extrudé
- 5- Créer une nouvelle esquisse pour créer les socles de la structure
- 6- Faire une répétition linéaire de l'esquisse sur les axe x y
- 7- Créer le bossage avec la fonction bossage extrudé



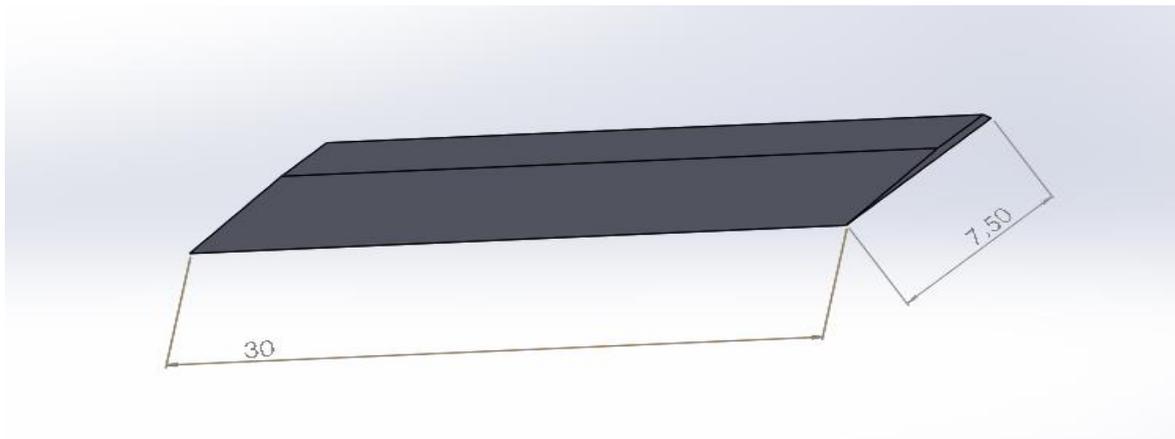
*Figure II.8 Conception de la structure*

## **II.2.2. Conception de la découpeuse**

### **A. La lame**

- 1- Choisir le plan d'esquisse (face)
- 2- Créer la forme de la lame et ajouter les mesures avec la cotation intelligente
- 3- Créer le bossage de 1 mm avec la fonction bossage extrudé
- 4- Choisir un nouveau plan d'esquisse (droit) pour créer le côté tranchant

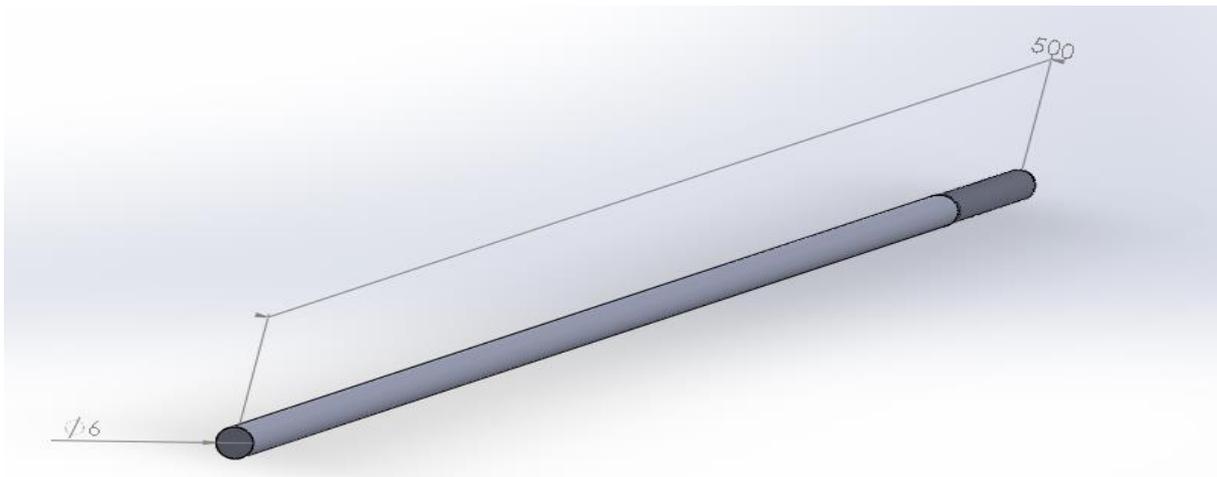
- 5- Dessiner une forme triangulaire avec une base de 1 mm
- 6- Enlever la matière avec la fonction enlèvement de matière extruder



*Figure II.9 Conception de la lame*

### **B. La tige**

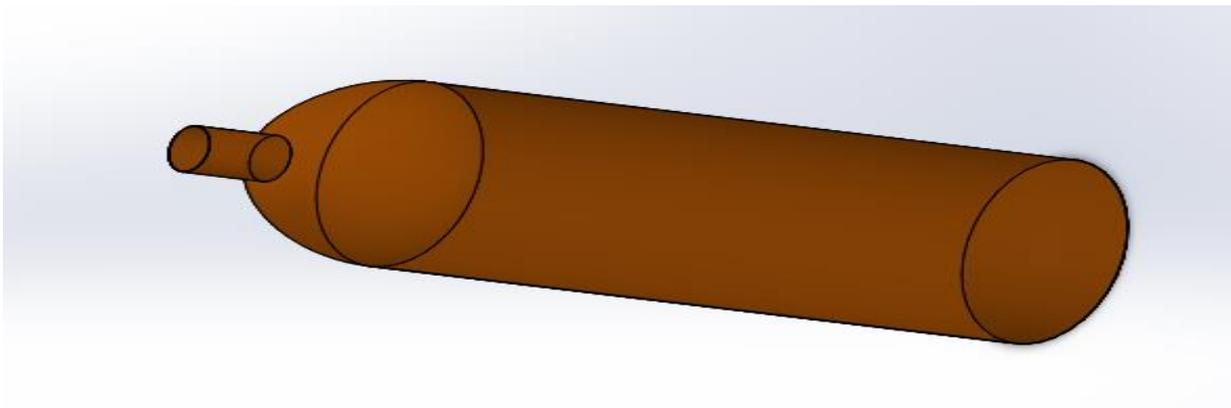
- 1- Choisir le plan d'esquisse (face)
- 2- Dessiner un cercle de diamètre 6mm
- 3- Créer un bossage de 500mm avec la fonction bossage extrudé
- 4- Cliquer sur la fonction courbe puis sélectionner hélice et spirale
- 5- Sélectionner l'arête de la tige
- 6- Choisir un nouveau plan d'esquisse (droit) pour créer le filetage
- 7- Dessiner la forme du filetage et déterminer sa profondeur
- 8- Fermer l'esquisse
- 9- Enlever la matière avec la fonction enlèvement de matière balayé



*Figure II.10 Conception de la tige*

### C. La bouteille

- 1- Choisir le plan d'esquisse (face)
- 2- Dessiné la forme extérieure de la bouteille
- 3- Créer le bossage de la bouteille avec la fonction bossage avec révolution
- 4- Modifier l'apparence de la bouteille en PET



*Figure II.11 Conception de la bouteille*

## II.2.3. Conception de l'extrudeur

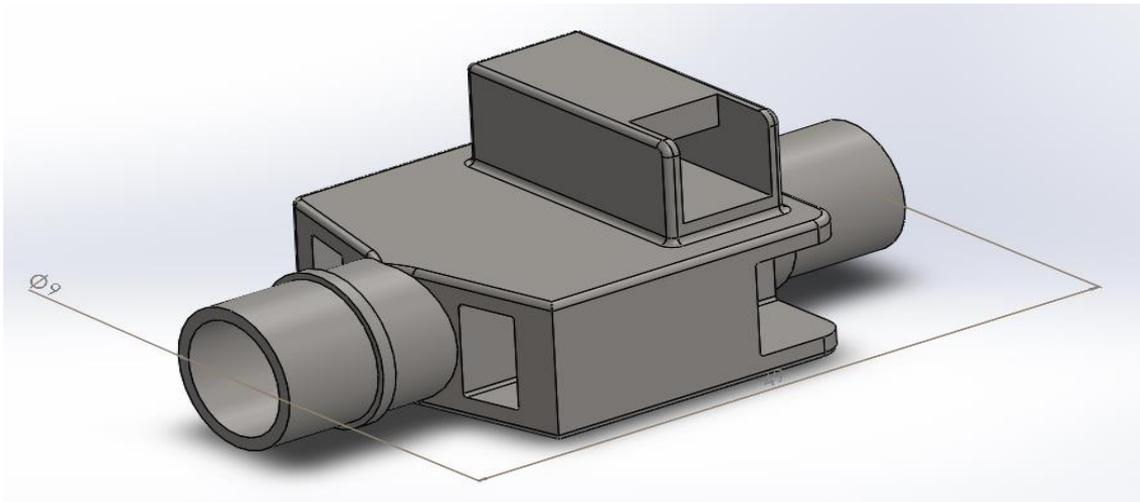
### A. L'extrudeur

La conception de l'extrudeur est faite dans un assemblage des pièces suivantes : la buse, la tête d'extrusion et les résistances.

#### a. La buse

- 1- Choisir le plan d'esquisse (face)

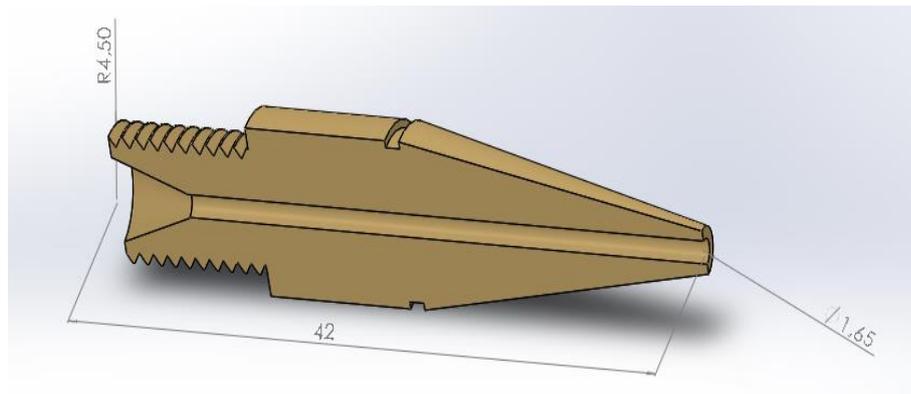
- 2- Dessiné un cercle de 10 mm
- 3- Créer un bossage de 9 mm avec la fonction bossage extruder
- 4- Sur le même plan, dessiner un cercle de 11 mm
- 5- Créer un bossage de 40mm dans la direction inverse avec la même fonction
- 6- Choisir le plan d'esquisse (dessus)
- 7- Dessiner la forme du porte résistance
- 8- Créer un bossage de 11mm en mettant la direction sur le plan milieu avec la fonction bossage extrudé
- 9- Choisir le plan d'esquisse (face)
- 10- Dessiner un cercle de 8mm
- 11- Créer un enlèvement de matière de 45mm avec la fonction enlèvement de matière extrudé
- 12- Sur fonction choisir plan dans géométrie de référence
- 13- Créer un plan parallèle au plan de face avec une longueur de 42mm
- 14- Sur ce plan dessiner un cercle de 12mm
- 15- Créer un bossage de 1mm avec la fonction bossage extrudé
- 16- Créer une esquisse sur la face extérieure du porte résistance
- 17- Dessiner le trou ou la résistance ce maintien
- 18- Créer un enlèvement de matière avec la fonction enlèvement de matière extrudé
- 19- Créer une symétrie pour le porte résistance
- 20- Créer des congés d'un rayon de 0.5mm sur la surface des portes résistance
- 21- Créer un perçage M8 d'une profondeur de 10mm avec la fonction assistance pour le perçage
- 22- Créer une esquisse sur la face de dessus du porte résistance pour créer un porte résistance pour la 3<sup>ème</sup> résistance
- 23- Dessiner la forme du 3<sup>ème</sup> porte résistance
- 24- Créer le bossage
- 25- Créer un enlèvement de matière
- 26- Créer les congés



*Figure II.12 Conception de la buse*

### **b. La tête d'extrusion**

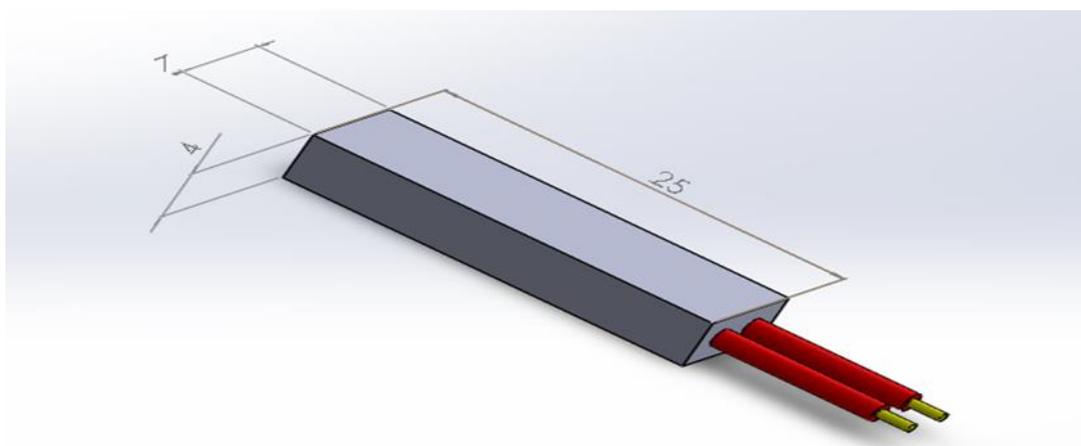
- 1- Sur le plan de face dessiner un cercle de 9mm
- 2- Créer un bossage de 10mm avec la fonction bossage extrudé
- 3- Sélectionner hélice et spirale dans la fonction courbe
- 4- Dessiner la forme du filetage extérieure
- 5- Créer le filetage avec la fonction enlèvement de matière balayé
- 6- Sur le plan de face dessiner un cercle de 12mm
- 7- Créer un bossage inversé de 10mm
- 8- Enlever de la matière sur les borne du dernier bossage afin de pouvoir utiliser une clé pour sortir la tête de la buse
- 9- Sur la face du dernier bossage créer une esquisse et convertir le même cercle dans cette esquisse
- 10- Créer un bossage avec la fonction bossage extruder d'une longueur de 21mm avec une dépouille vers l'intérieur d'un angle de 12°
- 11- Sur la face du dernier bossage créer une nouvelle esquisse
- 12- Dessiner un cercle de 1.75mm
- 13- Enlever de la matière avec la fonction enlèvement de matière extrudé
- 14- Choisir la matière de la tête dans modifier d'apparence (cuivre)



*Figure II.13 Conception de la tête d'extrusion*

### c. Résistance

- 1- Créer une esquisse sur le plan de face
- 2- Dessiner la forme de la résistance
- 3- Créer un bossage de 7 mm avec la fonction bossage extrudé
- 4- Sur la face du dernier bossage créer une nouvelle esquisse
- 5- Dessiner 2 cercle de de 1.5mm pour créer les filles électriques
- 6- Faire un bossage de 10 mm avec la fonction bossage extrudé
- 7- Créer une nouvelle esquisse sur la même face
- 8- Dessiner 2 cercle de 0.7mm
- 9- Créer un bossage de 12mm avec la fonction bossage extrudé

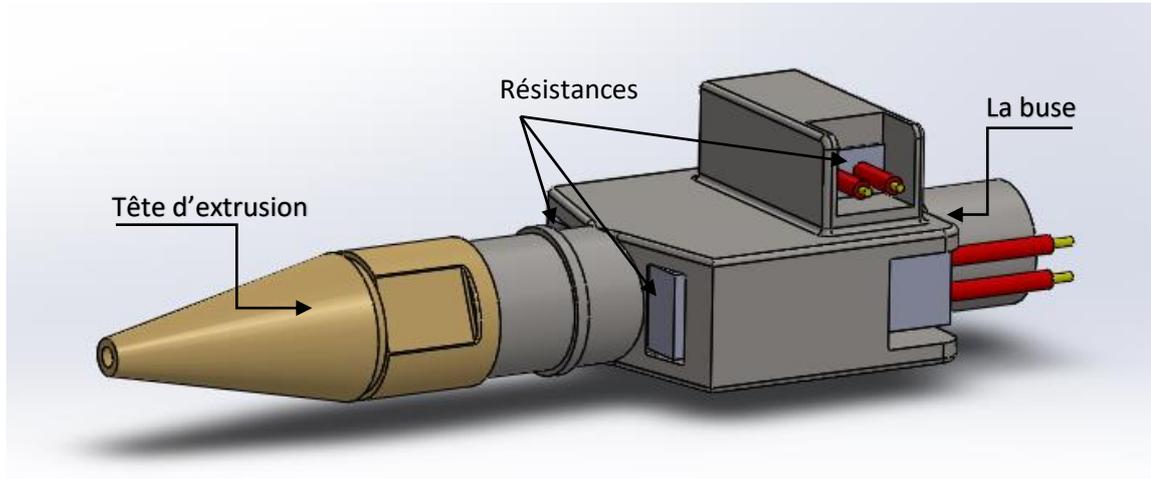


*Figure II.14 Conception de la Résistance*

### d. Assemblage

- 1- Ouvrir un nouveau fichier assemblage

- 2- Cliquer sur insérer des composant
- 3- Insérer la buse en premier pour le fixer
- 4- Insérer les autres composants
- 5- Créer les contraintes de coïncidences entre les portes résistances de la buse et les résistances
- 6- Créer une *contrainte* de Coaxialité entre la tête de l'extrudeur et celle de la buse
- 7- Créer une contrainte de coïncidence entre ces 2 derniers



*Figure II.15 Montage de l'extrudeur*

### **B. Le cache de l'extrudeur**

- 1- Sur le plan de face créer une esquisse et dessiner la forme du cache
- 2- Créer le bossage avec la fonction bossage extrudé
- 3- Importer le cache dans l'assemblage de l'extrudeur
- 4- Créer une contrainte de Coaxialité entre l'extrudeur et le cache

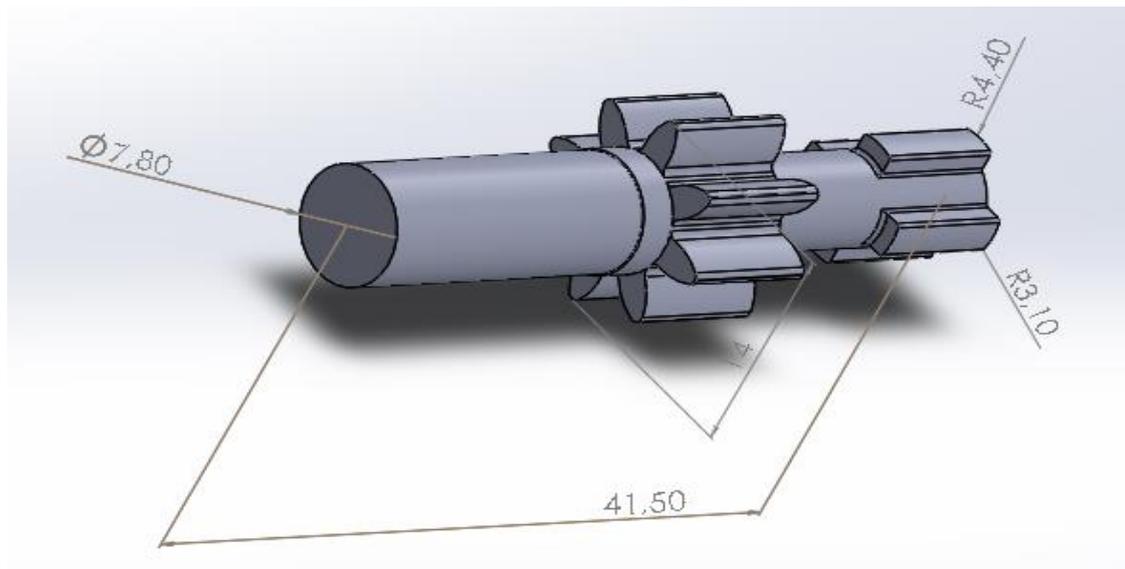
## **II.2.4. Conception du réducteur**

### **A. Les pignons**

#### **a. Pignon 1 (pignon d'attaque)**

- 1- Créer une esquisse sur le plan de face
- 2- Dessiner un cercle de diamètre 8mm et 14mm et un cercle de 11mm pour la construction
- 3- Dessiner le pas de la dent entre le diamètre intérieur et extérieur
- 4- Faire une répétitions circulaire des 8 dents
- 5- Cliquer sur ajuster les entités pour désigner les dents
- 6- Créer un bossage de 7.5mm avec la fonction bossage extrudé
- 7- Sur la face arrière du pignon créer une nouvelle esquisse
- 8- Dessiné un cercle de diamètre 6.2mm plus les dents qui s'adapte dans le convertisseur du moteur

- 9- Créer un bossage de 15mm avec la fonction bossage extrudé
- 10- Sur la face avant du pignon créer une nouvelle esquisse
- 11- Dessiné un cercle de diamètre 7.8mm
- 12- Créer un bossage de 17mm avec la fonction bossage extrudé
- 13- Faire le congé de 0.5mm pour éviter les charges sur les dents

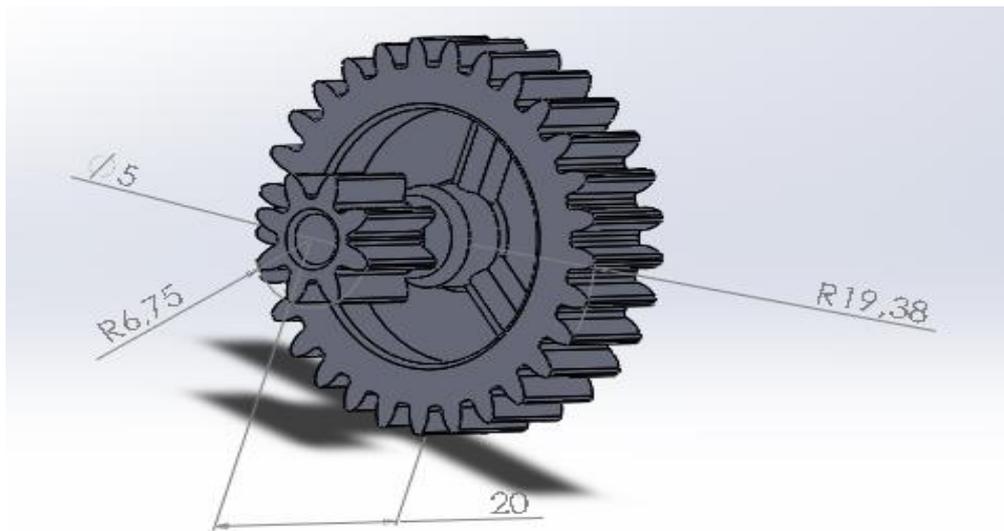


*Figure II.16 Conception du pignon 1*

#### **a. Pignons 2 et 3**

- 1- Créer une esquisse sur le plan de face
- 2- Dessiner un cercle de diamètre 33.13mm et 38.75mm et un cercle de 36.25mm pour la construction
- 3- Faire une répétitions circulaire des 29 dents
- 4- Cliquer sur ajuster les entités pour désigner les dents
- 5- Créer un bossage de 7.5mm avec la fonction bossage extrudé
- 6- Sur la face avant du pignon créer une nouvelle esquisse
- 7- Dessiné un cercle de diamètre 8mm
- 8- Créer un bossage de 5mm avec la fonction bossage extrudé
- 9- Sur la face avant du cercle créer une nouvelle esquisse
- 10- Dessiner un cercle de diamètre 8mm et 14mm et un cercle de 11mm pour la construction

- 11- Faire une répétitions circulaire des 8 dents
- 12- Cliquer sur ajuster les entités pour désigner les dents
- 13- Créer un bossage de 7.5mm avec la fonction bossage extrudé
- 14- Sur la face avant du pignon créer une nouvelle esquisse
- 15- Dessiner un cercle de 5mm sur l'axe
- 16- Créer un enlèvement de matière
- 17- Créer les congés

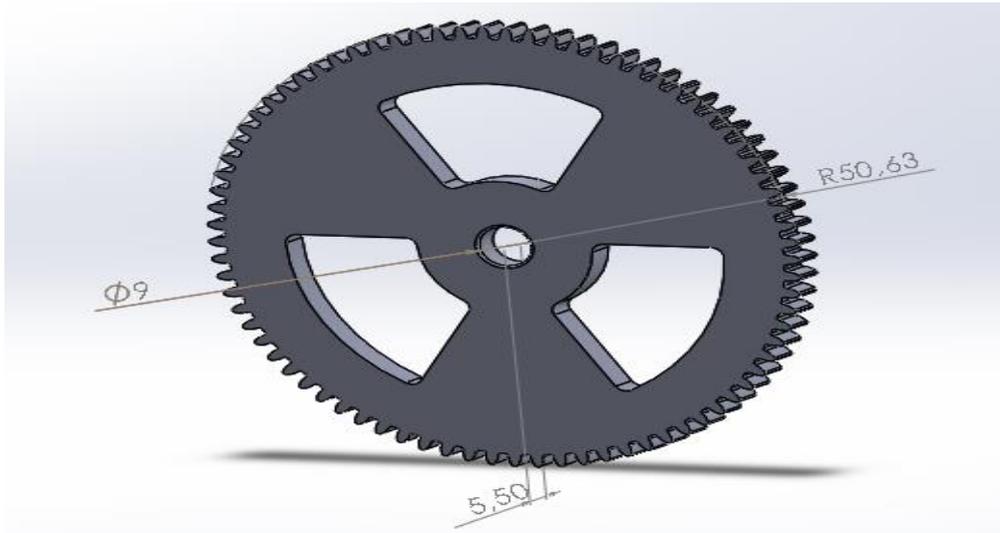


*Figure II.17 Conception des pignons 2 et 3*

#### **a. Pignon 4**

- 1- Créer une esquisse sur le plan de face
- 2- Dessiner un cercle de diamètre 95.625mm et 101.25mm et un cercle de 98.75mm pour la construction
- 3- Dessiner le pas de la dent entre le diamètre intérieur et extérieur
- 4- Faire une répétitions circulaire des 79 dents
- 5- Cliquer sur ajuster les entités pour désigner les dents
- 6- Dessiner un cercle de 9mm sur l'axe du pignon
- 7- Créer un bossage de 5mm avec la fonction bossage extrudé

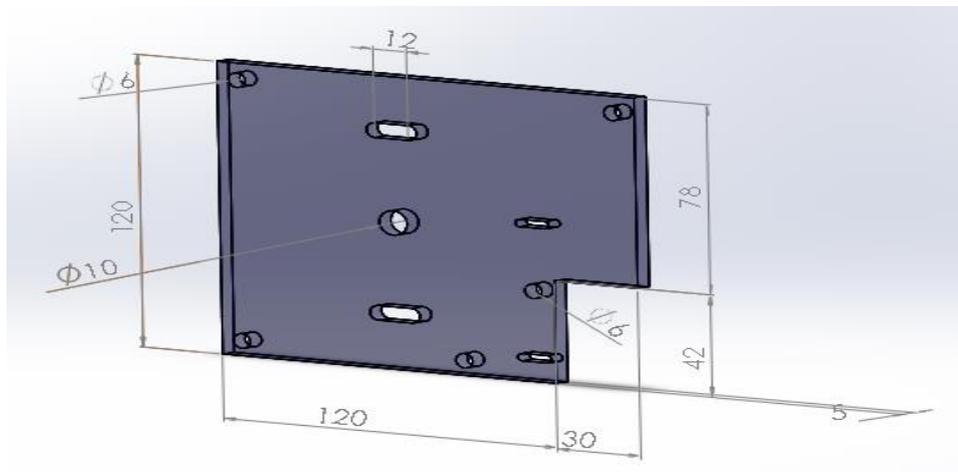
## 8- Création des congés



*Figure II.18 Conception du pignon 4*

### B. Support 1

- 1- Créer une esquisse sur le plan de face
- 2- Dessiner les formes géométriques du support
- 3- Créer un bossage de 5mm avec la fonction bossage extrudé
- 4- Modifier l'apparence

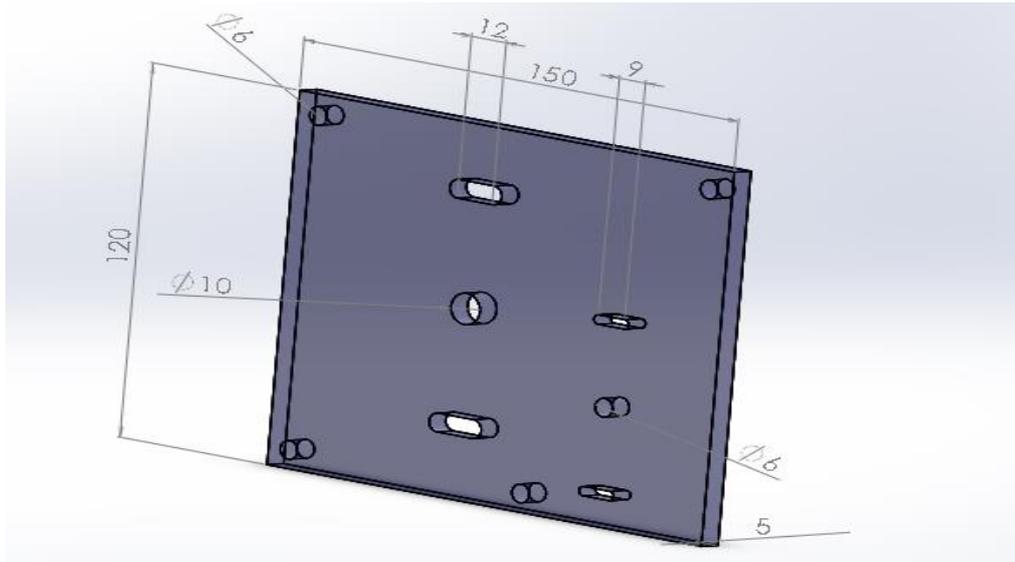


*Figure II.19 Conception du support 1*

### C. Support 2

- 1- Créer une esquisse sur le plan de face
- 2- Dessiner les formes géométriques du support
- 3- Créer un bossage de 5mm avec la fonction bossage extrudé

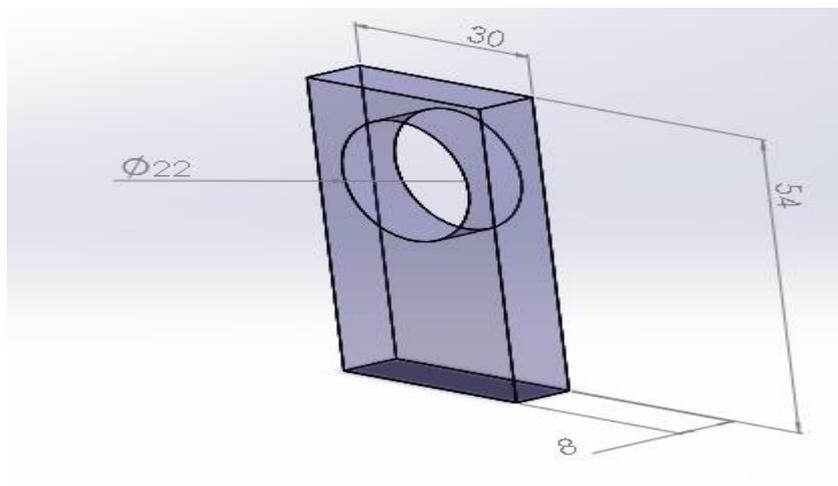
## 4- Modifier l'apparence



*Figure II.20 Conception du support 2*

### D. Support 3

- 1- Créer une esquisse sur le plan de face
- 2- Dessiner les formes géométriques du support
- 3- Créer un bossage de 5mm avec la fonction bossage extrudé
- 5- Modifier l'apparence

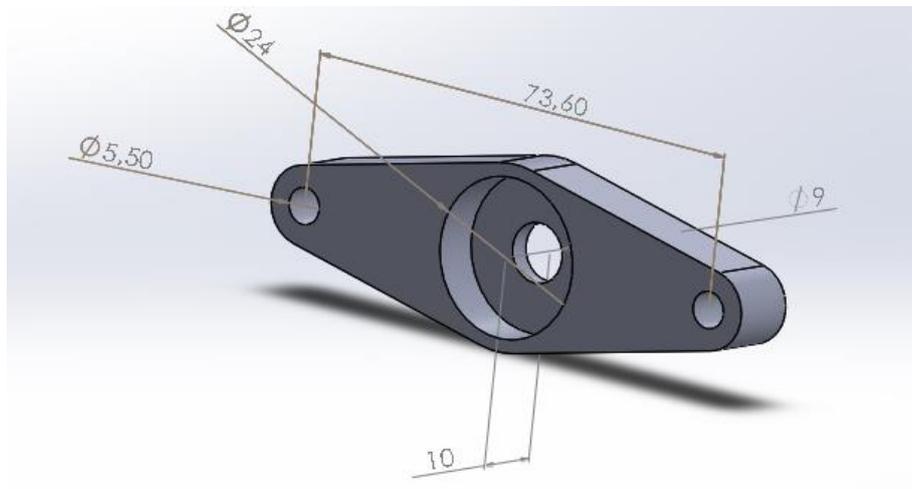


*Figure II.21 Conception du support 3*

### E. Porte roulement

- 1- Créer une esquisse sur le plan de face
- 2- Dessiner les formes géométriques du porte roulement
- 3- Faire un bossage avec la fonction bossage extruder

- 4- Créer une autre esquisse sur le plan de face
- 5- Dessiné un cercle de la taille du roulement
- 6- Faire un enlèvement de matière

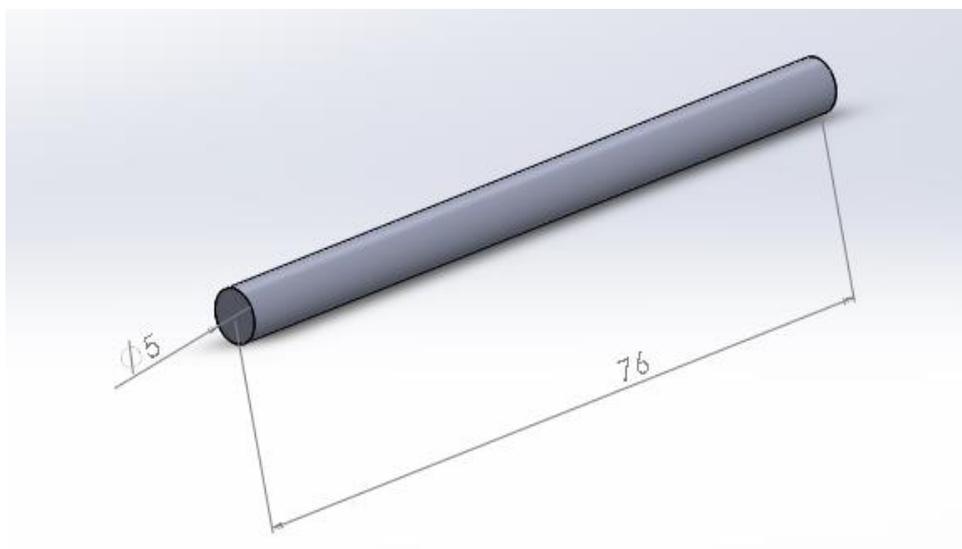


*Figure II.22 Conception du porte roulement*

## F. Les axes

### a. Axe 1

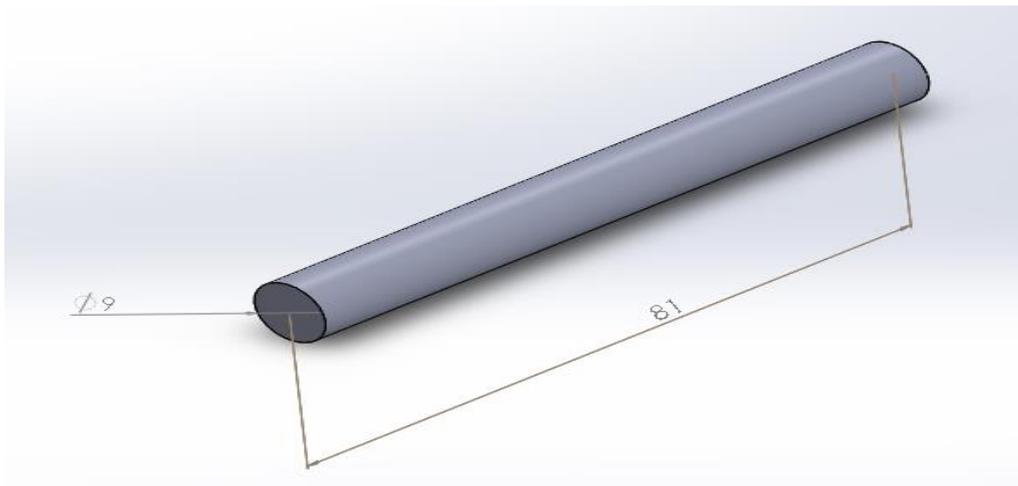
- 1- Créer une esquisse sur le plan de face
- 2- Dessiner un cercle de diamètre 5mm
- 3- Faire un bossage de 80mm avec la fonction bossage extrudé



*Figure II.23 Conception de l'axe 1*

### b. Axe 2

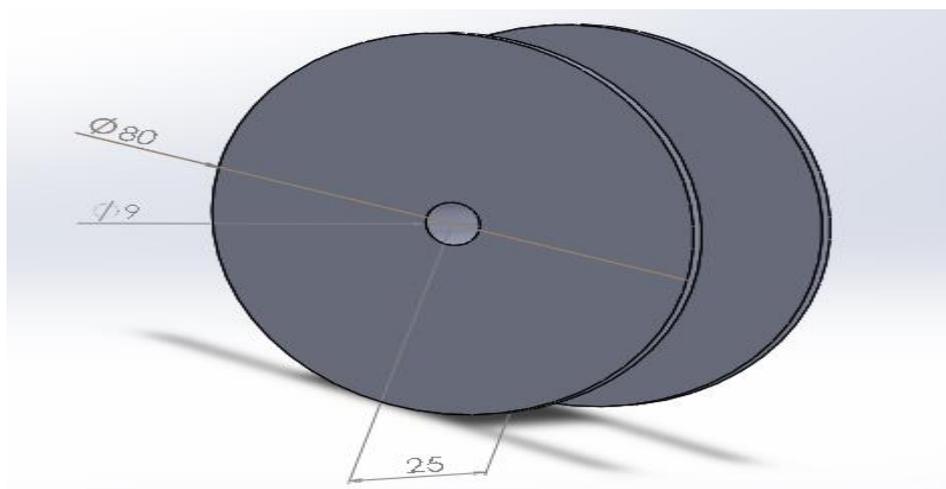
- 1- Créer une esquisse sur le plan de face
- 2- Dessiner un cercle de diamètre 9mm
- 3- Faire un bossage de 80mm avec la fonction bossage extrudé



*Figure II.24 Conception de l'axe 2*

### G. La bobine

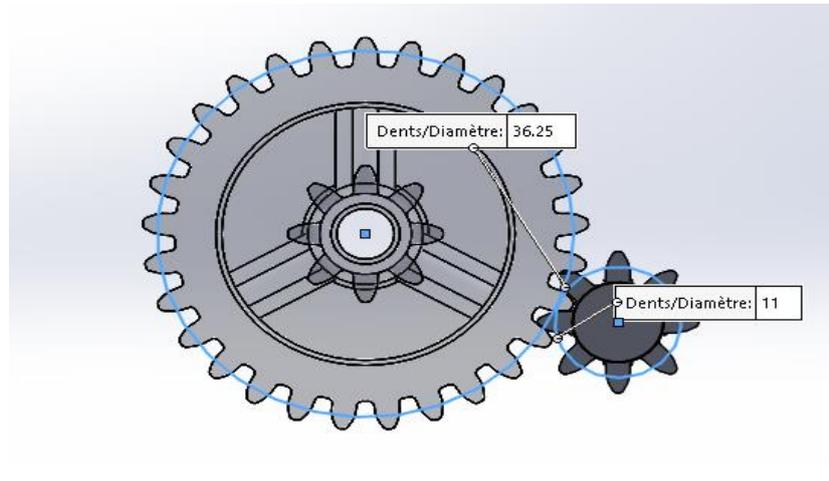
- 1- Créer une esquisse sur le plan de face
- 2- Dessiner un cercle de 80mm qui donne la forme extérieure de la bobine
- 3- Faire le bossage de 25mm avec la fonction bossage extrudé
- 4- Créer une nouvelle esquisse sur le plan de dessus
- 5- Dessiner une forme intérieure
- 6- Enlever la matière
- 7- Créer une nouvelle esquisse sur la face intérieure
- 8- Dessiner un cercle de 30mm
- 9- Faire un bossage jusqu'à la prochaine surface avec la fonction bossage extrudé



*Figure II.25 Conception de la bobine*

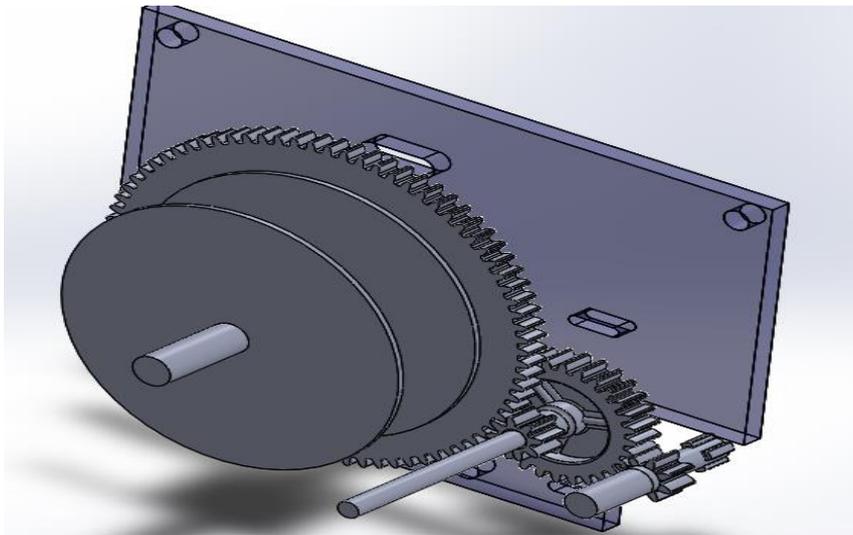
## H. L'assemblage

- 1- Ouvrir un nouveau fichier assemblage
- 2- Importer les roues dentées
- 3- Créer une contrainte coïncidente entre le diamètre primitif de pignon d'attaque et le plan de face et faire de même avec le 2<sup>ème</sup> pignon
- 4- Cliquez sur contrainte mécanique et choisir la fonction engrenage



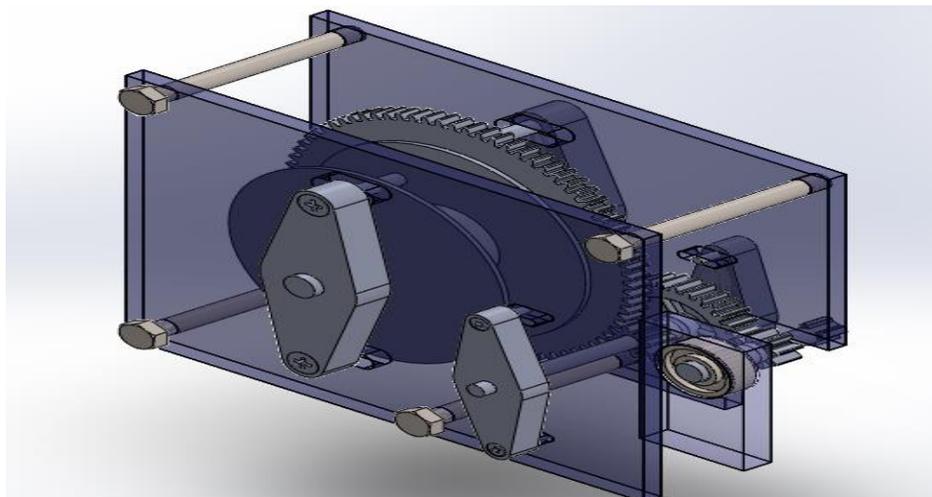
*Figure II.26 Contrainte d'engrenage*

- 5- Sélectionner les diamètres primitifs des 2 pignons et cliquer sur valider
- 6- Créer un nouveau plan coïncident avec le pignon 3
- 7- Refaire les mêmes étapes du premier engrenage entre les pignons 3 et 4
- 8- Insérer les autres composants
- 9- Faire une contrainte de Coaxialité entre l'axe 1 et le pignon 2
- 10- Faire la même contrainte entre l'axe 2 et le pignon 4
- 11- Faire la même contrainte entre le même axe et la bobine
- 12- Insérer les roulements de Toolbox
- 13- Faire une les contraintes de Coaxialité entre les axes et les supports



*Figure II.27 Montage des axes*

- 14- Faire la même contrainte entre les axes et les roulements
- 15- Une autre contrainte de Coaxialité entre les roulements et les portes roulements
- 16- Une contrainte de coïncidence entre les portes roulements et les supports
- 17- Ajouter des vis de Toolbox et faire leurs constraints entre les supports et les porte roulements



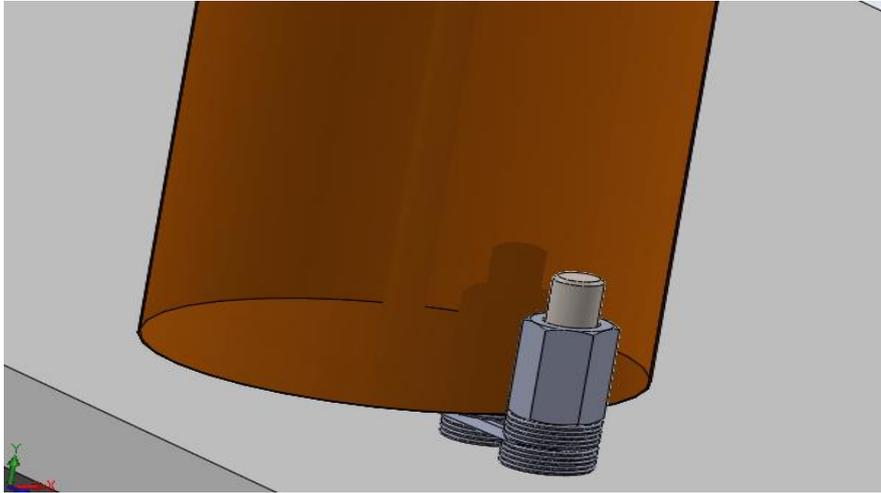
*Figure II.28 Montage du réducteur*

- 18- Enregistrer le fichier

### **II.3. Assemblage de la machine :**

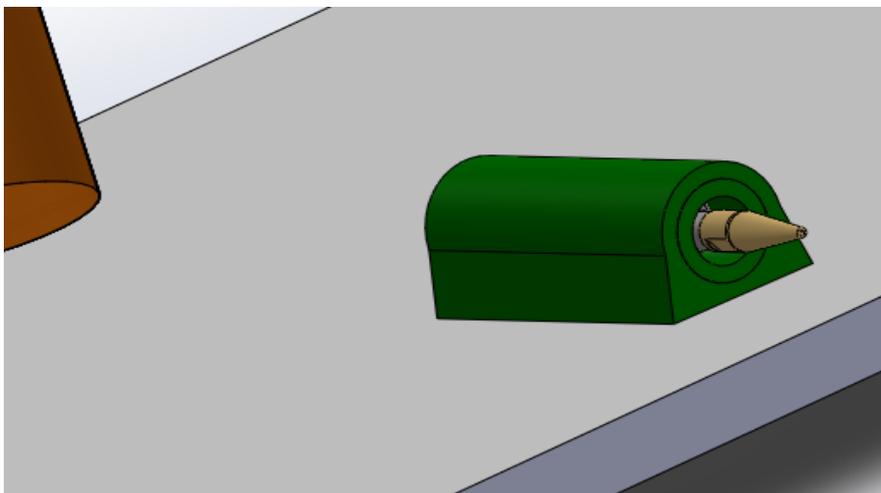
- 1- Ouvrir un nouveau fichier assemblage dans solidworks
- 2- Insérer la table
- 3- Faire une contrainte de coïncidence entre la table et le plan de dessus
- 4- Insérer les composants de la découpeuse
- 5- Faire une contrainte de Coaxialité entre la tige et le river de guidage

- 6- Faire une contrainte de Coaxialité entre les vis et leurs emplacements dans la table
- 7- Faire des contraintes de Coaxialité entre les vis et les rondelles
- 8- Faire une contrainte tangentielle entre les vis et la lame
- 9- Faire une contrainte de coïncidence entre la lame et les rondelles
- 10- Faire une contrainte de Coaxialité entre la bouteille et la tige



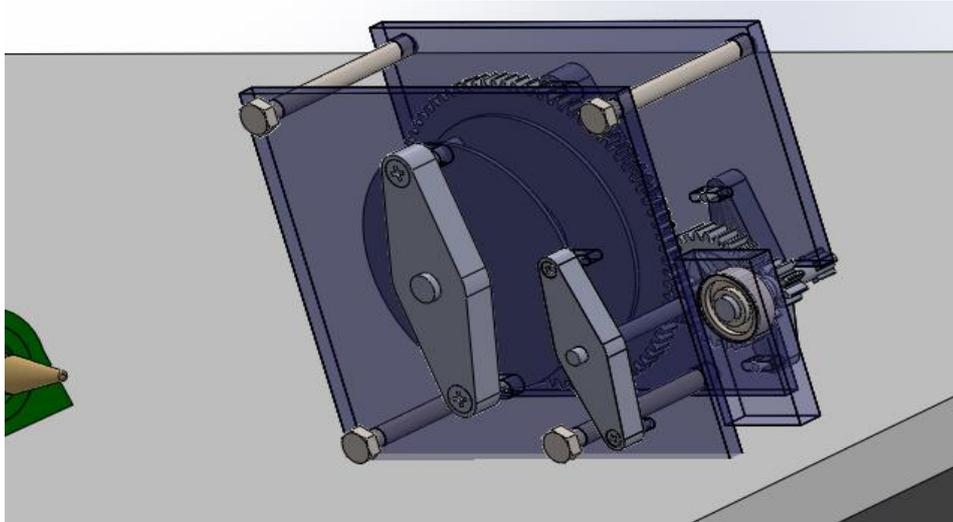
*Figure II.29 Assemblage du système de découpage*

- 11- Insérer le dispositif de l'extrudeuse
- 12- Faire une contrainte de coïncidence entre la table et le cache de l'extrudeur



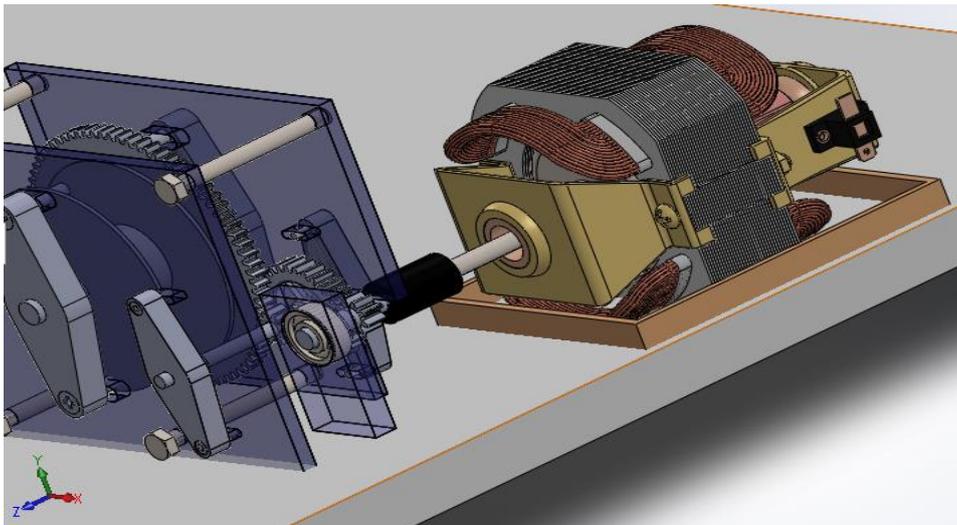
*Figure II.30 Assemblage de l'extrudeur*

- 13- Insérer le sous-assemblage du réducteur de vitesse
- 14- Faire une contrainte de coïncidence entre les supports du réducteur et la table
- 15- Insérer le moteur avec sans bloque moteur et sans adaptateur
- 16- Faire une contrainte de Coaxialité entre le moteur et l'adaptateur

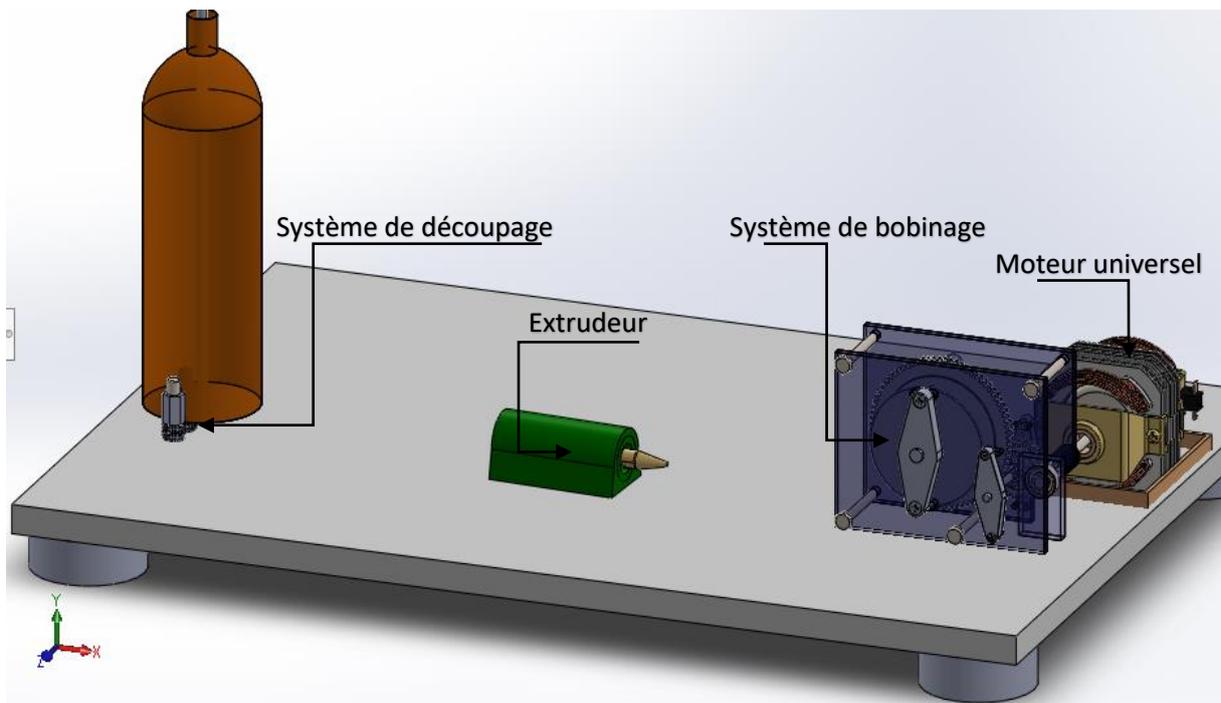


*Figure II.31 montage du réducteur*

- 17- Faire une contrainte de coïncidence entre le bloc moteur et la table
- 18- Faire une contrainte de coïncidence entre le moteur et le bloc moteur
- 19- Insérer les vis pour fixer le cache de l'extrudeuse et le bloc moteur



*Figure II.32 Assemblage du système de bobinage*



*Figure II.33 Conception final*

**Note :**

Afin d'assurer l'alignement de tous les dispositifs il faut dessiner une ligne de construction horizontale perpendiculaire à la surface de la table et qui passe entre les 2 axes des vis.

**CHAPITRE III :**  
**Fabrication, optimisation et**  
**résultats**

## III.1. Le Montage

### Introduction

Après la réalisation de l'étude et de la conception, la fabrication et le montage de notre prototype sont nos étapes suivantes, elles sont basées sur les résultats obtenus dans les chapitres précédents, la réalisation de cette étape est comme suite

#### III.1.1. Montage de la table

Pour la construction de la table pour notre machine de recyclage de bouteilles en PET, nous pouvons utiliser différents matériaux, de nos ressources disponibles. Par ex le bois, et dans cette table, on a 3 poste (la coupeuse, la résistance, la bobine auto) et ce dernier a plusieurs composants

- Plateau de table : La surface plane de la table, généralement constituée de planches.
- Pieds de table : Les supports verticaux qui soutiennent la table.
- Jambes : Des pièces supplémentaires fixées aux coins des pieds pour une esthétique et une stabilité renforcées.
- Quincaillerie : Des vis, des écrous, des clous ou des chevilles utilisées pour assembler les différentes composantes de la table.

Pour notre projet, nous avons fait plusieurs manœuvres par exemple :

##### 1. Le perçage des trous

Nous avons percé des trous avec un diamètre de 10 et une autre linge un diamètre de 6mm.

##### 2. L'emplacement des pieds de la table

Nous avons placé 4 pieds pour les quatre coins avec des vis de 25 mm pour une meilleure stabilité de la table.

#### III.1.2. Montage de système de découpage

Le système de découpage consiste quatre partie tige, vis, une lame coupante, les cales.

##### Tige

Pour le montage de la tige, il faut d'abord avoir du matériel :

- Tige de 500 mm et du diamètre de 5
- 2 écrous m8
- 2 rondelles

Ensuite, nous avons placé la tige perpendiculaire à la table dans le rivé de diamètre 6 après, nous avons placé un écrou et une rondelle au-dessus de la table et en ajoute le même mécanisme (écrou, rondelle) du même diamètre au-dessous de la table.

### **Vis M8 et une lame coupante**

Nous avons 2 vis M8 et une lame coupante

#### **Vis M8 L 70 mm**

Nous avons placé la vis perpendiculaire à la table, ensuite, nous avons placé les 10 rondelles (pour la variation de la hauteur du copeau) après, nous avons ajoutés deux écrous pour assurer la fixation de ce mécanisme.

#### **Vis M8 L50 mm**

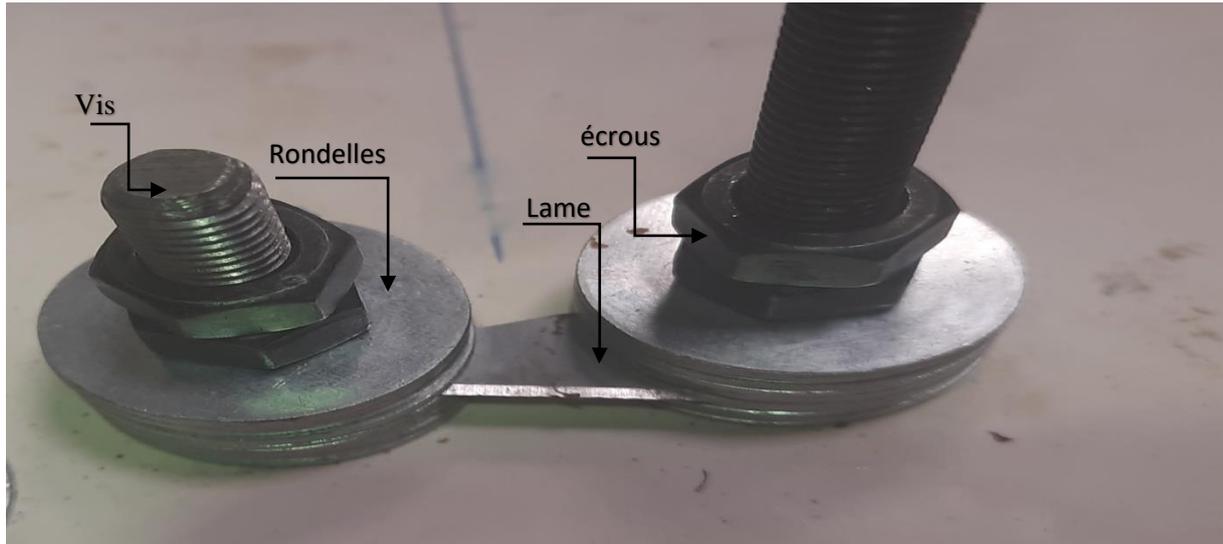
Le même montage de la vis M8 L70 mm juste, nous avons choisi L50 pour que la bouteille soit coupée au maximum et assurer un copeau.

### **Lame coupante**

La lame coupante, il change ça place entre 1 mm et 10 mm pour contrôler l'épaisseur du copeau.

### **Les calles**

Ce sont en vrais un poids, nous les plaçons sur la bouteille pour avoir un copeau très long.



*Figure III.1 Montage du système de découpage*

### III.1.3. Montage de système de fusion (extrudeur)

Le système de fusion consiste quatre parties support, une tête d'extrusion, résistance, Laine de verre.

#### 1. Support

Pour le montage du support, nous avons fait plusieurs étapes, commençant par la préparation de l'espace, ensuite, nous avons rassemblé les outils et le matériel nécessaire (vis, tournevis, perceuse, niveau à bulle) après, nous avons mesuré et marqué l'emplacement du support sur la table et l'emplacement des trous sur le support après, nous avons percé les trous du support à l'aide d'une perceuse puis nous avons fixé le support avec des vis 25 mm ensuite, nous avons vérifié le niveau avec un niveau à bulle pour assurer que le support est de niveau.

#### 2. Résistance

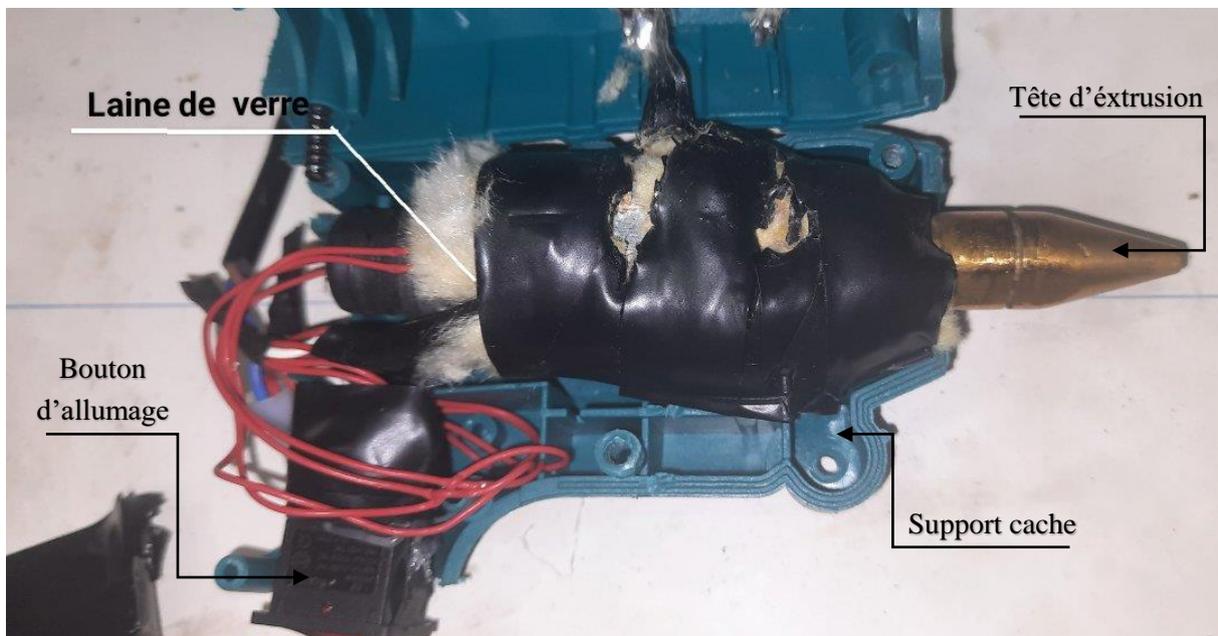
Pour le montage de la résistance, nous avons un extrudeur avec deux résistance, nous devons ajouter une 3<sup>ème</sup> résistance placée comme suite :

- Préparez l'extendeur
- Vérifiez les spécifications de la résistance
- Repérez les bornes appropriées : nous avons identifiés les bornes sur l'extendeur où vous allez connecter la résistance. Selon le type d'extendeur.
- Connecté la résistance : selon le type de connexion requis, procédez comme suit : résistance en parallèle connecté une borne de la résistance à une borne de l'extrudeur, puis connecté l'autre borne de la résistance à l'autre borne de l'extrudeur.

- Nous avons Vérifiés que les connexions entre la résistance et l'extendeur sont solides et bien serrées. Assurez-vous qu'il n'y a pas de fils dénudés ou de court-circuit
- Vérifiez le fonctionnement : Une fois la résistance montée, rebranchés l'extendeur à une source d'alimentation et mettez-le sous tension. Vérifiez que la résistance fonctionne correctement en suivant les indications de votre extendeur. Veillez à respecter les limites de puissance de la résistance et à ne pas la surcharger.

### 3. Laine de verre

Pour installer de la laine de verre autour d'un extrudeur, nous avons fait plusieurs étapes, nous avons commencé par prendre des mesures nécessaires pour couvrir toute la zone exposée de l'extrudeur pour maximiser l'isolation thermique et réduire les pertes de chaleur, ensuite, nous avons fixé la laine de verre autour de l'extrudeur à l'aide du scotch noir.



*Figure III.2 laine de verre*

### 4. Tête d'extrusion

Pour visser la tête de l'extrudeur, nous avons suivi les étapes suivantes :

- Préparer la tête de l'extrudeur.
- Alignement de la tête de l'extrudeur.
- Fixation de la tête.
- Vérifier la stabilité.
- Tester le fonctionnement.



*Figure III.3 Tête d'extrusion*

#### **III.1.4. Montage de système de bobinage**

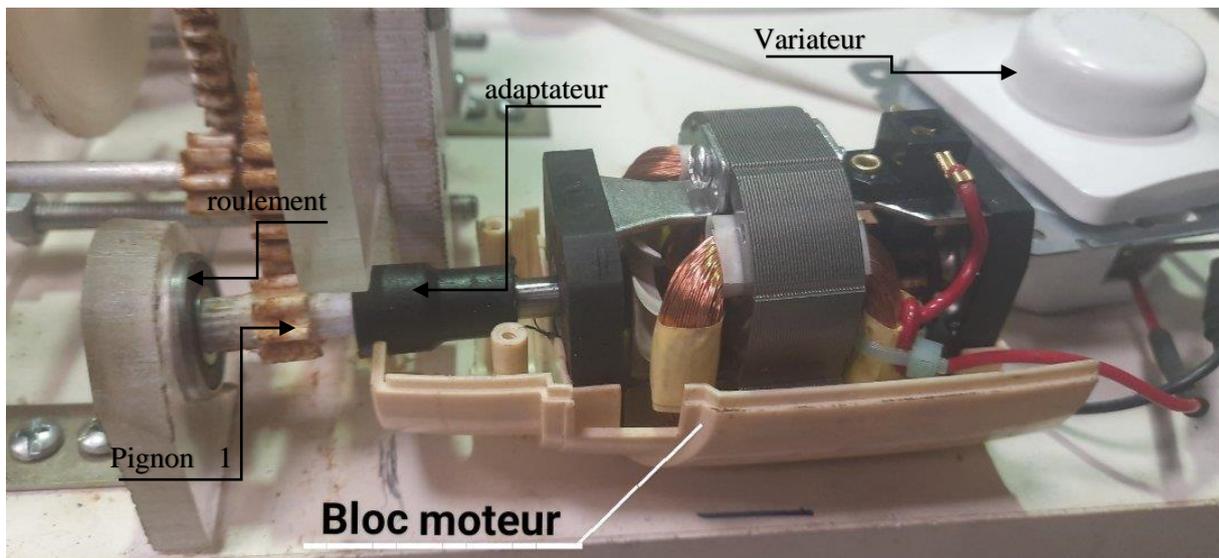
Le système de bobinage consiste deux partie :

- Partie moteur
- Partie réducteur

##### **1. Partie moteur :**

###### **A. Bloc moteur**

Pour le montage du bloc moteur, nous sommes passés par plusieurs étapes, commencent par la préparation de l'espace, ensuite, nous avons rassemblé les outils et le matériel nécessaire, nous avons mesuré et marqué l'emplacement du bloc moteur sur la table et l'emplacement des trous sur le bloc, nous avons percé les trous du bloc à l'aide d'une perceuse puis nous avons fixé le bloc avec des vis 25 mm ensuite, nous avons vérifié le niveau avec un niveau à bulle pour assurer que le support est de niveau.



*Figure III.4 Moteur et bloc moteur*

### **B. Moteur**

Pour la partie moteur c'est très simple montage direct sur le bloc moteur

### **C. Variateur électrique**

Pour le variateur électrique nous avons fait plusieurs étapes :

- Choix de l'emplacement
- Préparation de l'alimentation électrique
- Montage du variateur
- Connexion des fils d'alimentation
- Connexion des fils de sortie
- Vérification des connexions
- Teste de fonctionnement



*Figure III.5 Variateur électrique*

## 2. Partie réducteur

Dans cette partie nous expliquant comment nous avons fabriquer les pièces qui constituent ce réducteur ainsi que leurs montages sur la structure commencent par :

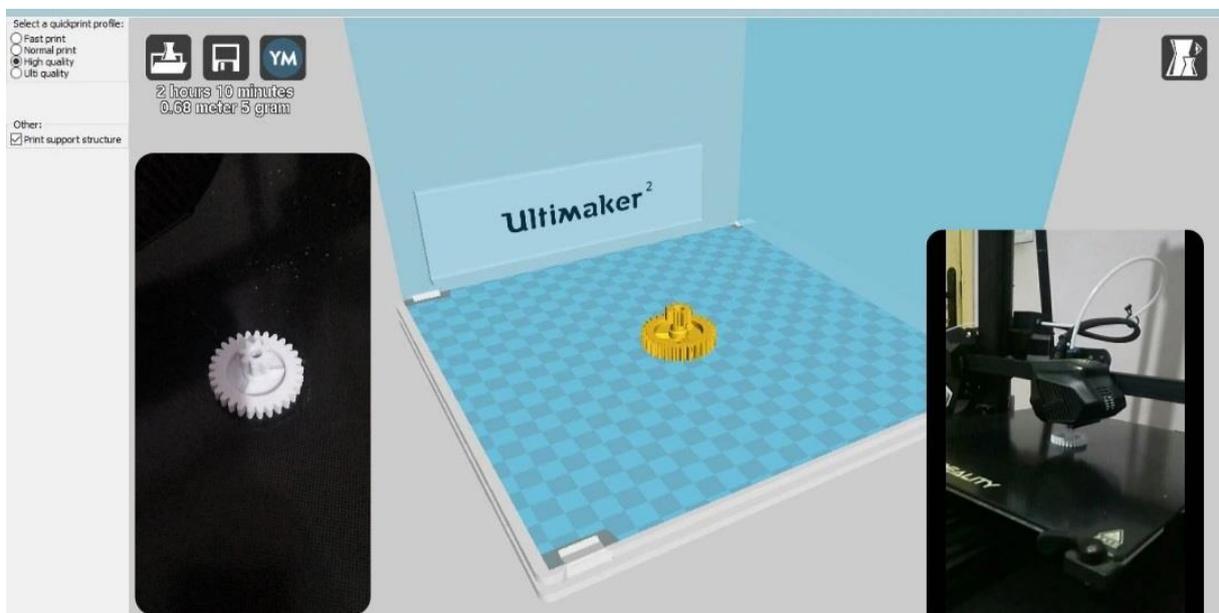
- Impressions des pignons et des porte roulement
- Découpage et Perçage de plexiglas
- Fabrications des axes et une bobine plastique
- Assemblage du réducteur

### A. Impressions des pignons et des porte roulements

Transférer la conception des pignons et des porte roulement vers logiciel de FAO CURA pour générer le G-code de leur impression dans une imprimante 3D, leur impression est faite avec une tête d'extrusion de 0.2mm, et chaque pièce à son temps d'impression.

-temps d'impressions :

- Pignon 1 : 30 minuits
- Pignon 2-3 : 90 minuits
- Pignon 4 : 120 min
- Porte roulement 1 : 45 min
- Porte roulement 2 : 120 min



*Figure III.6 Impression des pignons*

## B. Découpage et Perçage de plexiglas

Pour l'étape de découpage et perçage nous avons passés par plusieurs étapes :

### - Découpage

- Tracer le carré de découpe sur le ruban adhésif.
- Fixer solidement notre plexiglas sur un plan de travail, grâce à des pinces étau.
- Une fois que c'est en place, nous avons commencé à découper à l'aide d'une scie sauteuse.

Remarque : la scie sauteuse, on utilise une lame fine, faite pour la découpe de métal.

- Nous avons commencé à avancer doucement de façon régulière, tout en lubrifiant un peu la lame.
- Quand nous avons trois quarts de plexiglas couper nous passons au perçage

### - Perçage

- Tracer les points de perçage sur le carré
- Fixer solidement notre plexiglas avec un étau
- Placer le foret du diamètre 10
  - Percé le premier trou avec le diamètre 10 avec une rotation gauche
  - Enlever le foret 10
  - Monter le foret 6 et percer avec 4 trous
  - Enlever le foret 6
  - Monter le foret 5 et percer avec 2 trous
  - Enlever le foret 5
  - Monter le foret 3 et percer avec 5 trous

## C. Fabrication des axes et une bobine plastique

La fabrication des axes et de la bobine est faite sur un tour parallèle, la vitesse de coupe  $V_c$  et l'avance de l'outil  $f$  ont été choisis des abaques, puis nous avons calculés le nombre de tour  $N$  et la vitesse d'avance de chaque pièce suivant son diamètre.

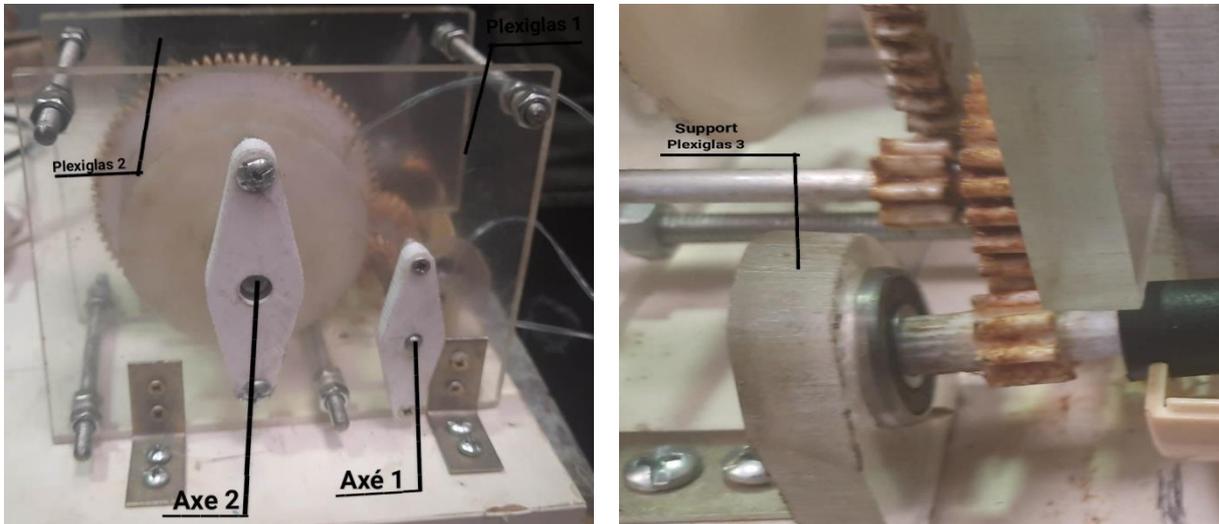
## D. Assemblage du réducteur

Pour l'assemblage du réducteur nous avons passés par plusieurs étapes.

Commençons par :

- Etapes 1 : placer l'axe numéro 1 puis placer le roulement dans le porte roulement et fixer avec des vis, ensuite placer le pignon.

- Etapes 2 : placer l'axe numéro 2 puis placer le roulement dans le porte roulement et fixer avec des vis ensuite, placer la bobine en fin le pignon.
- Etapes 3 : placer les axes du coin.
- Etapes 4 : placer le deuxième support plexiglas et visser avec précision.
- Etapes 5 : placer le pignon d'attaque dans le roulement puis dans le support plexiglas 3.



*Figure III.7 Maintenance du réducteur*

## III.2. Optimisation de la machine

### Introduction

Le prototype que nous avons fabriqué fonctionne, mais il n'est pas destiné à une production à grande échelle, pour cela une optimisation est obligatoire afin de créer une machine capable de produire des filaments sans qu'elle ne se détériore dans un laps de temps très court.

Pour réaliser cette optimisation nous devons revoir tous les systèmes de notre prototype et de les améliorer d'une façon à mieux gérer son fonctionnement.

#### III.2.1. Optimisation de la structure

La table sur laquelle ce maintien notre prototype est résistante aux chocs, facile à modifier et n'est pas conductible, mais elle n'est pas résistante à la chaleur générée par la machine car elle est faite en bois, en plus de ça le prototype n'est pas dans de bonnes conditions pour éviter les facteurs externes.

Pour optimiser cette structure nous avons :

- Fabriquer une table en plexiglass car cette matière résiste mieux à la chaleur que le bois

- Fabriquer une clôture afin de protéger les systèmes de la machine contre les facteurs externes
- Installer une ventilation
- Installer une ouverture dans la clôture au niveau de la tige de la découpeuse pour pouvoir changer les bouteilles rapidement

### III.2.2. Optimisation de la découpeuse

La découpeuse placée dans le prototype n'est pas faite pour une production a long durée, car le système, vis écrous rondelles se détériore rapidement au niveau de la lame à cause de l'air et des particules d'eau laisser dans les bouteilles.

Pour optimiser la découpeuse nous devant changer le système de vis écrous rondelles avec le système vis roulements, car ce système nous permet de réaliser des coupeaux plus rapidement que le système actuel et sans installation est comme suite :

- Aiguiser les bagues extérieures des roulements
- Placer chaque roulement sur chaque vis d'une façon que le roulement prêt de la tige soit au-dessous du deuxième roulement
- Créer une tangente entre les bagues extérieures des roulements
- Siller une la tête d'une vis tout le long de son diamètre avec profondeur de 5mm
- Placer se vis derrière les roulements afin de guider le coupeau directement vers les roulements
- Lubrifier les billes et les bagues extérieurs des roulements



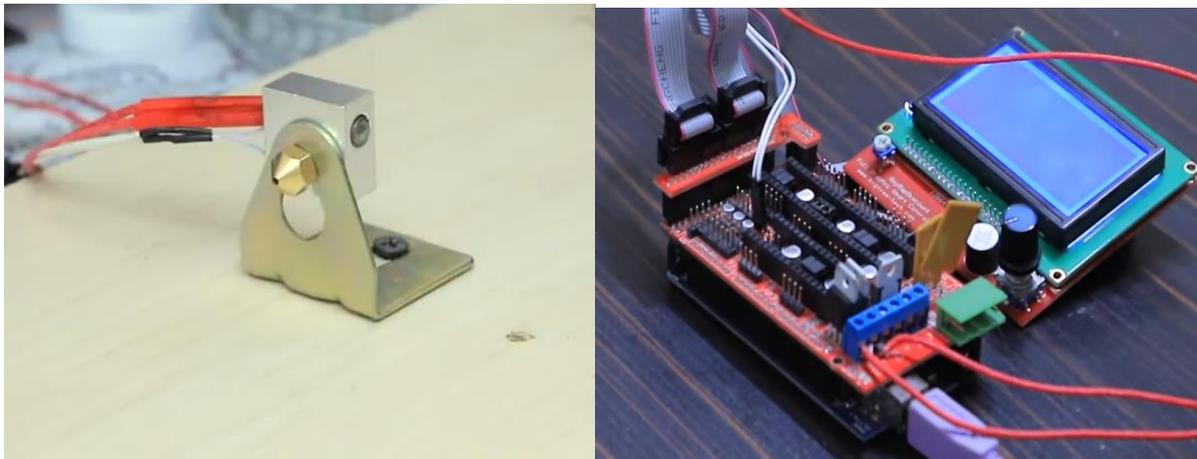
*Figure III.8 système de découpage vis roulements*

### III.2.3. Optimisation de l'extrudeur

L'extrudeur utilisé dans notre prototype contient 3 résistance électrique, et nous l'avons enveloppé dans de la laine de verre et enfermer dans un cache pour garder la température.

Pour optimiser le système d'extrusion, mieux vaut utiliser un extrudeur (J hade) d'une imprimante 3D pour ces raisons :

- Petit et facile à monter
- L'utilisation d'une seule résistance
- Pas de problème de dilatation de la tête d'extrusion
- Pas besoin de le couvrir pour garder la température
- Contrôler la température qui s'affichera dans un écran LCD grâce à un système électronique brancher à la sonde thermistor de l'extrudeur
- Une consommation d'électricité réduite



*Figure III.9 Extrudeur j hade et écran LCD*

### III.2.4. Optimisation du système de bobinage

Le système de bobinage automatique que nous avons installé utilise une force non égale pour retirer les filaments de l'extrudeur à cause du jeu d'engrenage que nous avons fabriqué avec une impression 3D ce qui a causé une modification sur les dents des pignons, et donc nous avons au final un mauvais engrènement ce qui ne nous permet pas d'avoir une main sur le variateur électrique branché au moteur pour avoir une extrusion continue.

Afin d'optimiser ce système nous devons :

- Allonger la largeur de la denture du pignon 3 sur l'axe 1 du réducteur pour avoir une force d'attraction valable

- Ajouter un autre pignon sur l'axe 2 qui a les mêmes caractéristiques que le pignon 4 pour éviter un mauvais engrenage
- Fabriquer les pignons en moulage pour éviter une mauvaise denture
- Utiliser un moteur pas-a-pas à la place d'un moteur universel



*Figure III.10 Système de bobinage optimisé*

## Conclusion

L'optimisation est une étape enviable pour passer d'un simple prototype à une machine industrielle à grande production, dans notre travail cette étape est nécessaire pour avoir le résultat estimé, et d'éviter les problèmes de fabrication sur d'autres machines comme celle-ci.

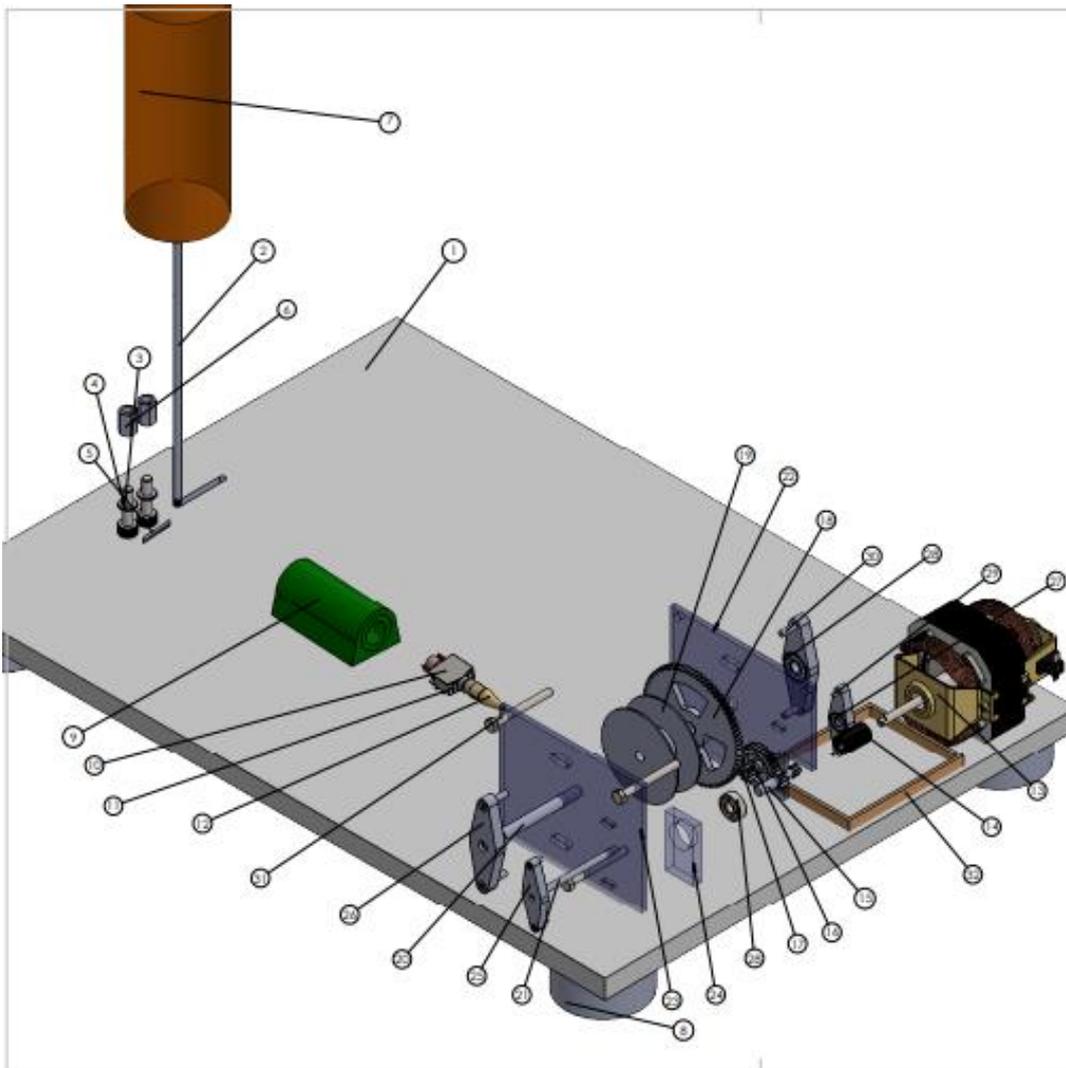
### III.3. Résultat

Le résultat final de la fabrication des filaments en PET est un matériau solide et flexible, généralement utilisé dans l'impression 3D, l'emballage, les fibres textiles et d'autres applications où des propriétés telles que la résistance mécanique, la transparence et la résistance chimique sont importantes.

Il est important de noter que le processus de fabrication des filaments en PET peut varier légèrement selon les spécifications et les équipements utilisés par le fabricant. Certains fabricants peuvent également ajouter des étapes supplémentaires, telles que le traitement thermique ou le refroidissement supplémentaire, pour améliorer les propriétés du filament.

Dans notre cas les filaments produits sont creux, et utilisables dans une imprimante 3D, leur fabrication dans l'industrie consiste à combiner les monomères de téréphtalate d'éthylène et le glycol d'éthylène dans une réaction chimique pour former de longues chaînes de polymères de PET.

III.4. Dessin technique



N°	Désignation	Matériau	Description	Qte
1	Structure			1
2	Tige D6	X2CONI8-9		1
3	Vis hex-M6x70	X2CONI8-9		2
4	Rondelle M8	X2CONI8-9		20
5	Lame	12C-27		1
6	Ecrou M8	X2CONI8-9		2
7	bouteille	PET		1
8	Socle	ASTM		4
9	Cache	PVC		1
10	Buse d'extrudeur	EN DIN 1.4016		1
11	Résistance			3
12	Tête d'extrusion	CW 612 N	trahi	1
13	Moteur AC			1
14	Adaptateur	PLA	Imprimé	1
15	Pignon D10	PLA	Imprimé	1
16	Pignon D36.25	PLA	Imprimé	1
17	Pignon D10	PLA	Imprimé	1
18	Pignon D16.75	PLA	Imprimé	1
19	Bobine	BPA		1
20	Axe D9	X2CONI8-9		1
21	Axe D5	X2CONI8-9		1
22	Support arrière	PMMA		1
23	Support avant	PMMA		1
24	Support roulement	PMMA		1
25	Porte roulement 21	PLA	Imprimé	2
26	Porte roulement 68	PLA	Imprimé	2
27	Roulement 21			2
28	Roulement 68			2
29	Vis traité M3	X2CONI8-9		4
30	Vis traité M5	X2CONI8-9		4
31	Vis hex-M6x60	X2CONI8-9		4
32	Bloc moteur	PVC		1

Echelle 1:5 UNIVERSITE A-MIRA BEJAIA

	ASSEMBLAGE PROTOTYPE D'EXTRUSION	20/06/2023
	A2 N.B.A MEMORY	GM FMP

# **Conclusion Générale**

L'étude, la conception et la fabrication d'une machine pour le recyclage des bouteilles en plastique afin de produire du filament pour une imprimante 3D sont des processus complexes mais extrêmement bénéfiques d'un point de vue environnemental et économique, l'étude initiale de la faisabilité de cette machine est essentielle pour évaluer la fiabilité technique, économique et environnementale du projet, elle implique l'analyse des flux de déchets du PET, des propriétés chimiques de ce matériau, des besoins du marché de l'impression 3D et des technologies de recyclage disponibles.

La conception de la machine de recyclage doit prendre en compte plusieurs aspects, tels que le broyage ou le découpage et nettoyage du PET pour éliminer les contaminants, la fusion et l'extrusion du matériau pour former les filaments, le refroidissement et le bobinage des filaments finis, des paramètres tels que la température, la vitesse d'extrusion et le contrôle de la qualité du matériau doivent être soigneusement étudiés et intégrés dans la conception.

La fabrication de la machine nécessite l'utilisation de composants et de matériaux de haute qualité pour assurer une performance fiable et durable, des essais et des ajustements peuvent être nécessaires pour optimiser les performances d'une telle machine et garantir la production de filaments de haute qualité, une fois la machine en place, elle permet de réduire les déchets de PET en les transformant en filaments réutilisables pour l'impression 3D, cela offre des avantages considérables en termes de durabilité, de réduction des coûts et de réduction de l'empreinte carbone, le recyclage du PET pour fabriquer des filaments d'imprimante 3D permet également de promouvoir une économie circulaire et de contribuer à la préservation des ressources naturelles.

En conclusion, l'étude, la conception et la fabrication d'une machine pour le recyclage des bouteilles en plastique afin de produire du filament pour une imprimante 3D sont des processus complexes, mais ils offrent de nombreux avantages en termes de durabilité, d'économie et de protection de l'environnement, ce type de machine contribue à la transition vers une économie circulaire et à une utilisation responsable des ressources.

Le nom donné à cette machine est la POLYFORMER, car cette machine ne permet pas juste de transformer le PET en filament, mais en changeant la tête d'extrusion nous pouvons former plusieurs formes possibles, et aussi en ayant un contrôle sur la température de l'extrudeur nous pouvons aussi transformer tous les matériaux plastiques possibles.

**Ressources bibliographique :**

- [1] Anna KAIUNAS << pratique de l'impression 3D >> (28/08/2014)
- [2] Alain BERNARD et Claude BARLIER << Fabrication additive – 2<sup>ème</sup> édition : du prototypage rapide à l'impression 3D >> (12/11/2020)
- [3] Mme Linda BENMEKIDECHE-GOUISSEM << Etude de l'effet des paramètres de transformation et des extenseurs de chaînes sur les propriétés du polyéthylène téréphtalate (PET) recyclé >> thèse de doctorat, université Ferhat ABBAS Sétif – 1 2015
- [4] Mr Vasile MIHAILA << Nouvelle conception des bobinages statoriques des machines à courant alternatif pour réduire les effets négatifs des  $dV/dt$  >> mémoire de fin d'étude master, université Lille Nord de France 2011
- [5] Mme Madiha BOUTOUIL << Simulation numérique de la propagation des fissures dans les engrenages à denture droite >> mémoire de fin d'étude, université Badji Mokhtar Annaba 2021
- [6] André MEYER << Engrenages >> (2021)
- [7] Sophie NIGEN << Technologie de l'extrusion, appareillage – procédés – défauts d'extrusion >> (26/06/2006)
- [8] Pierre G. LAFLEUR, Bruno VERGNES << Extrusion des polymères >> (12/02/2014)
- [9] François MARTIN << Motorisation – les différents types de moteurs électrique – fonctionnement. Moteurs synchrones et asynchrones. Autres types >> (16/03/2021)