

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

**Ministère de l'Enseignement Supérieur de la Recherche Scientifique**

جامعة أبي بكر بلقايد - تلمسان

Université Aboubakr Belkaïd - Tlemcen -  
Faculté de TECHNOLOGIE



## **MEMOIRE**

Présenté pour l'obtention du **diplôme de MASTER**

**En** : Génie Mécanique

**Spécialité** : Construction Mécanique

**Par** : Mr. BENDAHOU TOUFIK

### **Sujet**

**Etude et conception de découpeuse de papier**

Soutenu publiquement, le /08/2020, devant le jury composé de :

Mr. BELALIA Sid Ahmed	Professeur	Univ. Tlemcen	Président
Mr. CHORFI Sidi Mohamed	MCB	Univ. Tlemcen	Encadreur
Mr. HAMZA CHERIF Sidi Mohamed	MCA	Univ. Tlemcen	Co-Encadreur
Mr. BOUKHALFA Abdelkrim	Professeur	Univ. Tlemcen	Examineur

**Année universitaire** : 2019/2020

# Remerciements

On remercie dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer  
ce mémoire.

Je tiens à remercier vivement mes directeurs de mémoire, Monsieur CHORFI Sidi Mohamed, et  
Monsieur HAMZA CHERIF Sidi Mohamed pour avoir dirigé ce travail et pour ses enseignements très  
enrichissants.

J'exprime ma reconnaissance à tous les membres de jury, Monsieur BELALIA Sidi Ahmed et  
monsieur BOUKHALFA Abdelkrim d'avoir accepté de lire ce travail et d'apporter les critiques  
nécessaires à la mise en forme finale de cet ouvrage.

Mes remerciements s'adressent aussi à tous mes enseignants de département Génie Mécanique.

Mes remerciements vont aussi à tous mes amis et mes collègues.

Je remercie tous ceux qui ont aidés de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

## **Dédicace**

C'est grâce à ALLAH seul que j'ai pu achever ce travail, je le dédie a :

Ma chère mère et mon cher père qui m'ont toujours encouragé et soutenue durant

toute ma vie.

Mes frères et soeurs qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de persévérance, de

courage et de générosité.

Mes professeurs qui doivent voir dans ce travail la fierté d'un savoir

bien acquis

A toute la promotion de construction mécanique 2019/2020

À tous ceux qui me sont chers

***BENDAHOU TOUFIK***

## Résumé

Les machines sont un facteur important dans l'évolution que l'humanité a connue depuis la naissance de l'industrie. Les machines de découpe font partie des principales machines industrielles. Parmi ces machines de découpe, qui jouent un rôle majeur dans notre vie et nos besoins, nous avons pris le modèle des machines à découpe de papier. Il a donc fallu réfléchir à des mécanismes pour développer et améliorer ces machines.

Dans ce mémoire est présentée une large gamme de ces machines de découpe, avec leurs systèmes de découpe distincts. Une intention particulière est donnée à la découpeuse qui porte des rouleaux de papier brut et le découpe en feuilles à différents formats. Une analyse fonctionnelle est réalisée pour ce type de machine. Ainsi qu'un calcul dimensionnel et une conception tridimensionnelle suivie par une simulation ont été développés à l'aide du logiciel SOLIDWORKS. Un travail que l'on souhaite qu'il soit suivi par un prototype afin de valider le modèle créé et qui permettra de démarrer sans problème dans la construction de ce type de machines.

**Mots clés :** découpeuse de papier, papier, machine de découpe, bobines de papier, feuille de papier, formate de papier, porte-lame, porte-bobine ,lame coupante .

## **Abstract**

Machines are an important factor in the evolution that humanity has witnessed since the birth of the industry. Cutting machines are among the main industrial machines. Where the human being and his needs evolved with him these machines. So we had to think of mechanisms to develop and improve these machines. Among these machines, which play a major role in our life and needs, we take the model of paper cutting machines.

Cutting machines are very accurate and complex machines with precise and integrated manufacture and control. Therefore, engineers face challenges and difficulties to manufacture, improve and develop these machines. Therefore, for all this before manufacturing these machines we have to go through several stages, including design, study and engineering to verify the correctness of an expert system for conditional and predictive maintenance of machines. For this purpose, a functional analysis and dimensional calculation as well as design and simulation have been developed using calculation software in order to validate the created model which will allow us to start without problems in construction this type of machine to avoid post-industrial errors either apparent or that appear over time. That cost us time, effort and money.

**Keywords:** paper cutter, paper, cutting machine, paper reels, sheet of paper, paper format, blade holder, spool holder, cutting blade.

## الملخص

تعد الآلات عاملاً مهماً في التطور الذي شهدته البشرية منذ ولادة الصناعة. من بين الآلات الصناعية الأساسية نجد آلات القطع. حيث ما تطور الإنسان و احتياجاته تطور معه هذه الآلات. لذا وجب علينا التفكير في آليات لتطوير وتحسين هذه الآلات. من بين هذه الآلات والتي تلعب دور رئيسي في حياتنا واحتياجاتنا نأخذ كنموذج آلات قطع الورق.

تعتبر آلات القص آلات دقيقة جداً ومعقدة ذات صناعة وتحكم دقيقان ومتكاملان لذلك يواجه المهندسون تحديات وصعوبات لصنائه وتحسين وتطوير هذه الآلات لذلك من أجل كل هذا قبل صنائه هذه الآلات وجب علينا المرور بعده مراحل من بينها التصميم والدراسة والهندسة للتحقق من صحة نظام خبير للصيانة المشروطة والتنبؤية للآلات القص. لهذا الغرض، تم تطوير تحليل وظيفي وحساب للأبعاد بالإضافة إلى التصميم والمحاكاة باستخدام برنامج حساب من أجل التحقق من صحة النموذج الذي تم إنشاؤه والذي سيسمح لنا بالبداية دون مشاكل في إنشاء هذا النوع من الآلات لتجنب أخطاء ما بعد الصناعة السواء الظاهرية أو التي تظهر مع مرور الوقت التي تكلفنا وقت ومجهود وأموال .

**الكلمات المفتاحية:** آلات القطع، آلات قطع الورق، ورقة، بكرات الورق، تنسيق الورق، حامل بكرات الورق، حامل شفرة، شفرة قاطعة

## Table des matières

Résumé .....	i
Abstract .....	ii
المخلص .....	iii
Liste des figures .....	iv
Liste des tableaux .....	vii
Introduction générale .....	1

### Chapitre 1 : Bibliographie

1. Introduction .....	3
2. Définition .....	3
1.1. Découpage .....	3
1.2. Machine coupeuse .....	3
3. Différentes techniques de coupe .....	3
4. Machine de découpe papier .....	4
5. Historique .....	4
6. Différentes machines existant dans le domaine de coupe papier .....	5
7. Découpeuses de papier en format A4 .....	7
7.1. Description de la machine .....	7
7.2. Méthode de fonctionnement .....	8
7.3. Les découpeuses manuelles .....	8
7.3.1.1. Découpeuses à levier .....	8
7.3.1.2. LES COUPEUSES MANUELLES DE PLANS .....	9
7.3.2. Les découpeuses à levier .....	10
7.3.2.1. Machines de découpe par lame (couteau) .....	10
7.3.2.2. Machine de découpe par lame de couteau rotatif .....	11
7.3.2.3. Machine de découpe laser .....	11
7.3.2.4. Découpeuse de papier hydraulique .....	12
8. Formates de papier .....	13
8.1. Définition .....	13
8.2. Formates de papier historique .....	13
8.3. Formates de papier international et tailles .....	13
8.3.1. Série A formates de papier .....	14

# Table des matières

8.3.2. Formates de papier série B.....	14
8.3.3. La série C tailles d'enveloppe .....	14
8.3.4. RA et SRA formates de papier non découpé .....	15
8.3.5. Grammages de papier .....	15
9. Exemples de l'utilisation de papier .....	16
10. Normes de papier .....	16
10.1. La Norme ISO .....	16
10.2. La conception de taille de papier ISO .....	16
10.4. La norme ISO 216 .....	17

## Chapitre 2 : Etude de projet

1. Introduction .....	20
2. Etude préliminaire .....	20
2.1. L'idée de projet .....	20
2.2. Description préliminaire des systèmes constituants de la machine .....	20
2.3. Formulation préliminaire de projet .....	21
2.4. Enoncé le besoin .....	21
2.5. Validation du besoin .....	23
3. Préfaisabilité de projet .....	23
3.1. Définition des ressources .....	24
3.2 Estimation des couts .....	24
4. Etude fonctionnelles.....	24
4.1. Analyse fonctionnelle. ....	24
4.2. Diagramme pieuvre .....	25
4.2.1. Définition des fonctions .....	25
4.3. La méthode FAST .....	26
4.4. Cahier de charge fonctionnelle .....	27

## Chapitre 3 : processus de conception

1. Introduction .....	30
2. Partie introductive .....	30
2.1. La conception assistée par ordinateur .....	30
2.2 Logiciel solidworks .....	30
3. Conception des pièces .....	31
3.1. Modélisation 3D des pièces .....	31

# Table des matières

3.1.1. Le bâti .....	31
3.1.2. Porteur de bobine de papier .....	32
3.1.3. Plaque .....	33
3.1.4. Plaque 2 .....	34
3.1.5. Table de collection de produits .....	35
3.1.6. Arbre port bobine .....	36
3.1.7. Moteur électrique .....	37
3.1.8. Moteur pas à pas .....	38
3.2. Conception des pièces standards .....	39
4. Les sous assemblages .....	46
4.1. Sous assemblage 1 .....	46
4.2. Sous assemblage 2 .....	49
4.3. Sous assemblage 3 .....	50
4.4. Sous assemblage 4 .....	51
4.5. Sous assemblage 5 .....	52
5. Montage de machine .....	53

## **Chapitre 4 : Validation des solutions technologiques retenues**

1. Introduction .....	58
2. Partie mécanique .....	58
2.1. Choix des moteurs .....	59
2.1.1. Caractéristiques des réducteurs des vitesses .....	60
2.1.2. Critère de choix du moteur .....	60
2.1.2.1. Définition .....	60
2.1.2.2. Avantages d'utilisation des moteurs à haut rendements .....	60
2.1.2.3. Maintenance du moteur .....	60
2.1.2.4. Caractéristiques techniques du moteur .....	61
2.1.3. Critère de choix de réducteur .....	61
2.1.3.1. Avantages de réducteurs à couple conique .....	61
2.1.3.2. Inconvénients des réducteurs à couple conique .....	62
2.4.1. Caractéristique technique de réducteurs .....	62
2.1.5. Descriptions des réducteurs Mb 4101 .....	63
3. Avant projet d'un arbre .....	64
3.1. Introduction .....	64
3.2. Définition .....	64

# Table des matières

3.3. Les acier qui entrent dans la fabrication d'un arbre .....	65
3.4. Notion de moment idéal .....	65
3.5. Marche à suivre .....	66
3.6. Calcule de diamètre de l'arbre .....	66
3.6.1. Calcule des reactions Ra et Rb.....	68
3.6.2. Calcule du momont flichisante Mr et de l'effort tranchant T .....	69
4. Les rouleu en coutchoc .....	72
4.1. Fonctions .....	72
5. Les élemnts de guidage et de posisionement .....	73
a) Paliers lisses .....	73
b) Paliers à roulement .....	73
c) Palier magnétique.....	74
d) Palier aérodynamique .....	74
e) Palier hydrodynamique .....	74
5.1. Choix des paliers .....	75
5.2. Définition du roulement.....	75
5.3.Types de roulements .....	76
5.4.Criter de choix de roulemnt .....	78
5.5. Relation entre la charge et la durée .....	78
5.6. Formule de durée nominale de roulement.....	79
5.7. Démensionnemnt des roulemnts .....	79
5.7.1. Avantages .....	80
5.7.2. Inconvinients .....	80
5.8.Coussinets.....	81
5.8.1. Définition.....	81
6. Système cadre manivelle .....	83
6.1. Définition.....	83
6.2. Etude de mecanisme .....	84
7. Vitesse linéar de papier.....	85
8. System poulie courroi .....	86
8.1. Généralités.....	86
8.2. Avantages.....	86
8.3. Parametres géométriques.....	86
8.4. Types de courroies .....	88

# Table des matières

8.4.1. Courroies rondes.....	88
8.4.2. Courroies plates .....	88
8.4.3. Courroies trapézoïdales .....	89
8.4.4. Courroies crantées .....	89
8.5. Type de poulie et courroie utilise .....	89
8.5.1. Avantage.....	90
8.6. Calcul des courroies trapézoïdales .....	91
<b>3. Partie électrique.....</b>	<b>94</b>
3.1. Description des éléments de la partie électrique.....	94
3.1.1.Moteur pas à pas .....	94
3.1.2.Instrumentation de mesure.....	94
3.1.2.1.Les capteurs .....	95
<b>Conclusions générales.....</b>	<b>96</b>
<b>Références bibliographiques .....</b>	<b>97</b>

## Liste des figures

<b>Figure I .1</b> : machine de coupe papier vers 1830 .....	4
<b>Figure I .2</b> : Machine de découpe et d'emballage de papier .....	8
<b>Figure I .3</b> : Découpeuse à levier .....	9
<b>Figure I .4</b> : COUPEUSES MANUELLES DE PLANS .....	10
<b>Figure I .5</b> : (a) machine de coupe par lame rotative , (b) outil de coupe couteau .....	10
<b>Figure I.6</b> : lames circulaires rotatifs et roues presse papier.....	11
<b>Figure I .7</b> : (a) Outil de coupe a laser,(b) machine découpe laser .....	12
<b>Figure I .8</b> : Découpeuse de papier hydraulique .....	13
<b>Figure I .9</b> : Utilisation de l'iso A4 (bleu) et de l'us-lettre (rouge).....	14
<b>Figure I .10</b> : l'enveloppe ISO C formats .....	15
<b>Figure I.11</b> : Conception de l'iso forme de papier.....	17
<b>Figure 1.12</b> :Taille de base coupée série A .....	17
<b>Figure II.1</b> : Schéma des systèmes constituant la machine .....	21
<b>Figure II .2</b> : Actigramme de la machine .....	21
<b>Figure II .3</b> : Diagramme bête à corne de la machine de découpe.....	22
<b>Figure II .4</b> : Diagramme du pieuvre. ....	25
<b>Figure II .5</b> : Méthode FAST .....	26
<b>Figure III .1</b> : Le logo du logiciel SolidWorks .....	31
<b>Figure III .2</b> : Porteur de bobine de papier. ....	32
<b>Figure III .3</b> : Modèle 3D de moteur réducteur .....	33
<b>Figure III .4</b> : Modèle 3D de 1 <sup>er</sup> plaque.....	34
<b>Figure III .5</b> : Modèle 3D de 2 <sup>ème</sup> plaque .....	35
<b>Figure III .6</b> : Table de collection.....	36
<b>Figure III .7</b> : Arbre port-bobine.....	37
<b>Figure III .8</b> : structure de la machine .....	46
<b>Figure III .9</b> : assemblage de la plaque avec le bâti.....	47
<b>Figure III .10</b> : Assemblage de la table avec le bâti .....	47
<b>Figure III .11</b> : Assemblage de système de roues découpe.....	49
<b>Figure III .12</b> : sous assemblage de roues de coupe .....	50
<b>Figure III .13</b> : assemblage des roues de guidage.....	51
<b>Figure III.14</b> : Assemblage de mécanisme Scotche Yook.....	52

## Liste des figures

<b>Figure III.15</b> : assemblage porte-lame.....	53
<b>Figure III .16</b> : Montage de moteur .....	54
<b>Figure III .17</b> : Montage de l'arbre .....	54
<b>Figure III .18</b> : assemblage de l'arbre avec le moteur.....	55
<b>Figure III .19</b> : Assemblage des paliers a roulements .....	55
<b>Figure III .20</b> : Montage des rouleaux en caoutchouc.....	56
<b>Figure III .21</b> : Assemblage de système de coupe.....	56
<b>Figure III .23</b> : Installation de système de roues de découpe .....	57
<b>Figure III .24</b> : Assemblage finale de machine .....	58
<b>Figure III .25</b> : Machine de découpe de papier en fonctionnement.....	59
<b>Figure IV .1</b> : moteur électrique .....	61
<b>Figure IV .2</b> : Réducteur à couple conique .....	62
<b>Figure IV .3</b> : caractéristiques du réducteur Mb4101 .....	63
<b>Figure IV .4</b> : fatigue d'un arbre tournant soumis à un moment de flexion.....	65
<b>Figure IV .5</b> : modèle statique réel .....	66
<b>Figure IV .6</b> : : modèle statique équivalent.....	68
<b>Figure IV .7</b> : diagrammes des efforts internes.....	70
<b>Figure IV .8</b> : digramme de moment de flexion .....	71
<b>Figure IV .9</b> : Palier lisse .....	73
<b>Figure IV .10</b> : Paliers à roulement (roulement à billes).....	73
<b>Figure IV .11</b> : Palier magnétique.....	74
<b>Figure IV .12</b> : Palier aérodynamique.....	74
<b>Figure IV .13</b> : Palier hydrodynamique .....	75
<b>Figure IV .14</b> : Palier à roulement .....	75
<b>Figure IV .15</b> : constitution d'un roulement.....	76
<b>Figure IV .16</b> : Caractéristique de roulement .....	81
<b>Figure IV .17</b> : Principe de montage d'un coussinet.....	82
<b>Figure IV .18</b> : Diverses formes de coussinets .....	82
<b>Figure IV .19</b> : Performances comparatives des coussinets .....	82
<b>Figure IV .20</b> : système cadre manivelle .....	83
<b>Figure IV .21</b> : passage de papier dans les rouleaux.....	85
<b>Figure IV .22</b> : Paramètres géométriques d'une courroie.....	86
<b>Figure IV .23</b> : Différentes types de courroies .....	88
<b>Figure IV .24</b> : Courroies rondes .....	88

## Liste des figures

<b>Figure IV .25 :</b> Courroie plate .....	89
<b>Figure IV .26:</b> Principales familles de courroies trapézoïdales. ....	89
<b>Figure IV .27:</b> Exemple et caractéristique des courroies crantées.....	90
<b>Figure IV .28:</b> Principe de calcul des courroies trapézoïdales.....	91
<b>Figure IV .29:</b> Valeur de coefficient de service.....	91
<b>Figure IV .30:</b> Gammes de puissances transmissibles par types courroies. ....	92
<b>Figure IV .31:</b> Extrait des longueurs primitives des courroies de type Z.....	92
<b>Figure IV .32:</b> graphe d'angle d'enroulement.....	93
<b>Figure IV .33:</b> Graphes des $K_L$ en fonction des longueurs primitive .....	93
<b>Figure IV .34:</b> Moteur pas à pas .....	94

## Liste des tableaux

<b>Tableau I .1:</b> Différents types de découpeuses de papier .....	5
<b>Tableau I .2:</b> Quelques utilisations de formats de papier .....	16
<b>Tableau II .1:</b> Cahier des charges fonctionnelles .....	27
<b>Tableau III .1:</b> conception des pièces standards .....	39
<b>Tableau IV.1:</b> tableau des indices correspondants aux réducteurs.....	59
<b>Tableau IV.2:</b> Types de roulements.....	79

## Introduction Générale

Le développement des machines a pris une évolution importante ces dernières années .cette évolution est constatée dans les machines coupeuses, en raison de leur importance dans la vie humain et ses nombreuses utilisations .parmi les machines de découpe, nous citons les découpeuses de papier.

Les découpeuses de papier sont des structures mécaniques qui permettent la coupe de papier suivant différentes manières, types et formats.

Les machines mécaniques se déforment sous l'effet de changements extérieurs et intérieurs, le rôle de concepteur en sorte que ces déformations ne rused pas au bon fonctionnement des machines.

L'objectif de ce travail est de faire l'étude et la conception d'une découpeuse de papier A4 à partir de rouleaux de papier. Pour comprendre bien comment elle fonctionne,et afin d'approfondir le champ des connaissances mécaniques et gagner plus d'efficacité dans la conception, le mémoire est organisé en quatre chapitres:

Le premier chapitre est consacré à la présentation des généralités sur les technologies des machines de découpe de papier et quelques généralités sur le papier et ses normes.

Dans le deuxième chapitre, on a étudié la faisabilité de projet en définissent les besoins et les fonctions de la machine, et enfin une sélection des solutions technologiques est présentée.

Le troisième chapitre porte une modélisation géométrique en 3D des différentes pièces à l'aide de logiciel SOLIDWORKS.

Le quatrième chapitre résume les résultats de la phase de dimensionnement et de calcul afin d'estimer les besoin en pièces et les critères de choix et la validation des solutions technologiques.

Nous terminons par une conclusion et des perspectives pour compléter l'étude et pour la concrétiser par réalisation.

**Chapitre I : Bibliographie**

## 1. Introduction:

Compte tenu du nombre croissant de personnes et de leurs besoins, le développement industriel s'accroît avec lui, ce qui a conduit au développement de machines, et parmi lesquelles se trouvent des machines qui ont une grande importance dans les industries se trouvent des machines de découpe .

Dans les industries qui utilisent le fer les travaux de commutation des tôles et les couper est un peu lourd et exigeant beaucoup de main d'œuvre et nécessitent un temps énorme, dans ce chapitre, nous présenterons à l'historique des machines coupeuse et une description générale sur le matériel utilisé .

## 2. Définition:

### 1.1. Découpage:

Opération consistant à diviser une pièce en plusieurs parties ou à prélever dans une tôle des ébauches, ou flans, de formes déterminées pour obtenir ultérieurement des pièces finies grâce à des déformations mécaniques appropriées [1].

### 1.2. La machine coupeuse:

La machine à découpe est un appareil qui sert à découper différents types de matières en début de leur format et leur épaisseur comme par exemple : le bois, le papier, les matériaux métalliques (l'acier, l'aluminium, l'inox). Les nouvelles technologies utilisées dans la conception de ce dispositif industriel permettent d'obtenir une très grande précision lors des coupes en un temps réduit [2].

## 3. différents techniques de coupage :

La machine de découpage est principalement similaire à de nombreux constructeurs, autrement dit la machine possède une table fixe avec une tête munie d'un outil de découpe placé sur un autre plan qui se déplace suivant deux axes. Mais le procédé de découpage a une diversité de techniques qui permet de diviser le produit en plusieurs parties comme [2]:

- Le découpage par cisaillement: le cisailage, le poinçonnage, le grignotage ...
- Le découpage mécanique par enlèvement de matière : Le sciage, le jet d'eau ...

# Chapitre I :Bibliographie

- Le découpage électrique par enlèvement de matière : L'électrisions a fil ...
- Le découpage thermique par enlèvement de matière : Oxycoupage, plasma, laser...

## 4. Machine de découpe papier :

Instrument en différentes matières (bois, métal, ivoire) d'ôté d'une lame et utiliser pour couper les feuilles de papier [3].

## 5. Historique:

Vers 1830, on commence à utiliser des machines pour couper le papier .En 1837, Thirault, construit une machine a lame fixe, Le 18 mars 1844, Guillame Massiquot (1797-1870) dépose un brevet pour sa machine. Avant de breveter son invention Massiquot avait construit un modèle a levier tel qu'on peut le voir encor de nos jours : le levier tire une bielle qui entraine par un volant et un engrenage manuelle, une presse bloque , la pille de papier ,tandis qu' une lame a mouvement oblique descend pour couper le papier .Le principe de coupe est celui de la lame contre support différent de celui de la cisaille qui utilise le principe de lame contre lame. Ce principe est toujours lui de massicots [4].

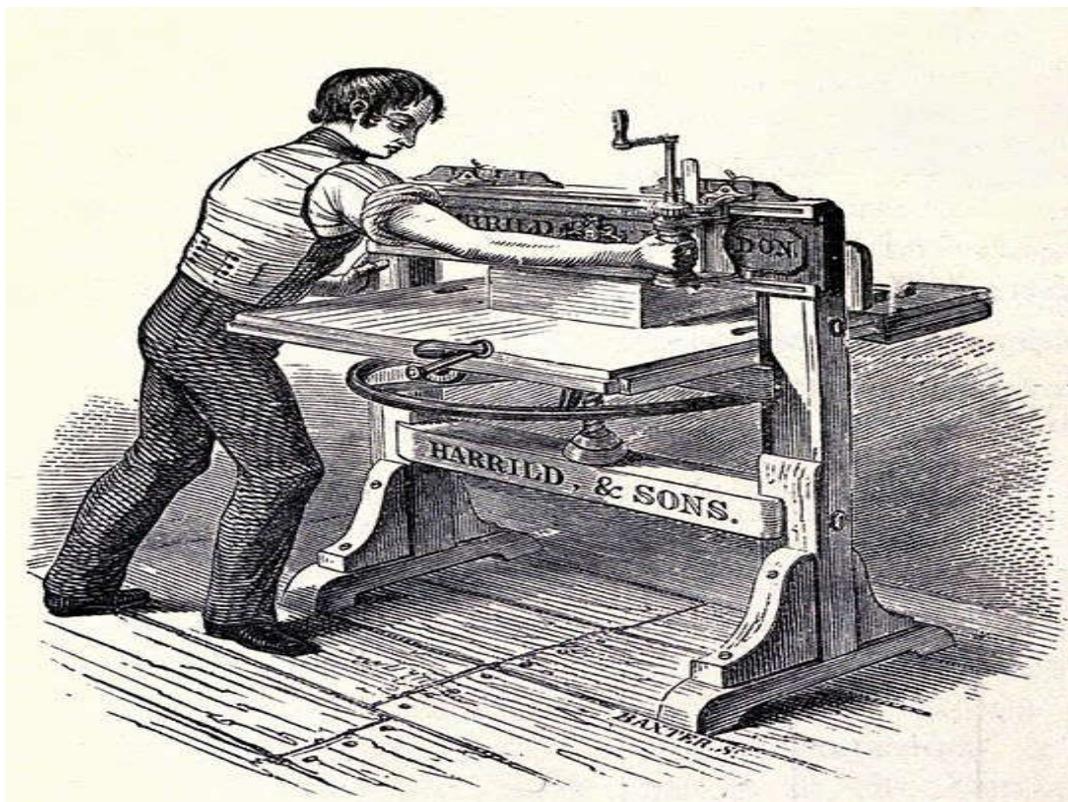


Figure I. 1: machine de coupe papier vers 1830 [4].

# Chapitre I :Bibliographie

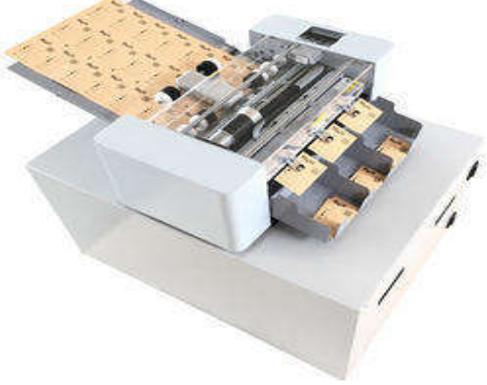
## 6. différentes machines existants dans le domaine découpe papier :

Le tableau I .1 représente quelque machines existe dans le domaine de découpe de papier.

**Tableau I .1:** Différentes types de découpeuses de papier [5].

Nom de machine	Description	Photo
<p><b>les découpeuses (x, y) 4 cotes</b></p>	<p>Ces coupeuses vous permettront de gagner Un temps précieux en coupant dans les Deux sens (horizontale et vertical) sur Grandes formates ou sur bobines.</p>	
<p><b>Les découpeuses De plan</b></p>	<p><b>Les découpeuses manuelles :</b> Simple d'utilisation, leur grande Longueur Permet de découper de très grands formats de papier (formats A1)</p>	
	<p><b>Les découpeuses électriques :</b> Ces coupeuses présentent les mêmes Caractéristiques que les manuelles, avec grande avantage supplémentaire de ne nécessiter aucun effort de l'utilisateur.</p>	

# Chapitre I :Bibliographie

<p><b>Les découpeuses de carte de</b></p>	<p>Il existe deux types:</p> <p>Les machines avec un outil de coupe adapté a un seul format de carte de visites.</p> <p>Les machines avec un outil de coupe adapté a formats grâce a un paramétrage électronique de la coupe.</p>	
<p><b>Les découpeuses au laser</b></p>	<p>La découpe papier au laser ouvrent des Possibilités inimaginable pour la finition Papier, lorsque vous traiter le papier au laser Vous prouver mettre en valeur les cartes de Vœux, les ouvertures de livres, les cartes d'invitations ou le papier cadeau.</p>	
<p><b>Des coupeurs De papier Commercial</b></p>	<p>Découpeuse de papier hydraulique Avec haute qualité et bonne rigidité Et stabilité..</p>	

## Chapitre I :Bibliographie

<p><b>Découpeuse a Rouleau de coupe Croisée</b></p>	<p>Sa structure compacte ,sa conception Innovante et son automatisation élevée .C'est l'équipement nécessaire pour couper de papier de forme de bande en papier de forme de feuille.</p>	
<p><b>Découpeuse de Bobine de papier En format A4</b></p>	<p>Cette machine peut couper le papier de Gros rouleaux au format A4/A3, avec l'automatisation à grande vitesse, et l'emballage est entièrement automatique.</p>	

### 7. Découpeuses de bobines de papier en format A4:

#### 7.1. Description de la machine:

Cette machine de coupage et d'emballage de papiers format A4 est utilisée pour couper gros rouleaux de papier pour en faire des papiers format A4, puis cette machine peut d'une façon automatique couper, regrouper et empiler les papiers format A4 dans une rames ,cette séries de découpeurs de rouleaux de papier A4 permet de traiter le papier a grand vitesse.



**Figure I. 2:** Machine de découpe et d'emballage de papier A4 [6].

## 7.2. Méthode de fonctionnement:

Dans cet aspect, nous avons rassemble quelques vidéos qui montrent le mécanisme et les façons de travailler ce type de machine:

- ✓ <https://www.youtube.com/watch?v=Jx9XOATYafg>.
- ✓ <https://french.alibaba.com/product-detail/allraise-a4-copy-paper-cutting-machine-paper-cutting-packaging-machine-60662263379.html>

## 7. 3. Déférents types de découpeuse de papier:

### 7.3.1. Les découpeuse manuelle:

#### 7.3.1.1. Découpeuses à levier:

Dans une machine à couper à levier, le papier est découpé selon le Principe de la guillotine en rabattant le couteau ou en le pressant entre les lames inférieure et supérieure. La grande lame vous permet de couper des matériaux plus épais et plus durs sans trop d'effort - ce qui n'est généralement pas nécessaire pour les applications de loisir.



**Figure I .3:** Découpeuse à levier.

### **7.3.1.2. LES COUPEUSES MANUELLES DE PLANS :**

Elles sont comparables à des rogneuses grand format car elles fonctionnent selon le même principe de coupe : une lame carénée qui coulisse le long d'un rail. Simples d'utilisation, elles sont aussi sécurisées puisque l'utilisateur ne rentre jamais en contact avec la partie coupante durant tout le processus de coupe.

Leur grande longueur leur permet de découper de très grands formats de papier (formats A1 et au-delà), tels que les plans, d'où leur nom.

L'idéal en complément d'une imprimante grand format telle qu'un traceur, pour les travaux d'impression SIG notamment .



Figure I .4: COUPEUSES MANUELLES DE PLANS.

## 7.3.2. les découpeuses automatique :

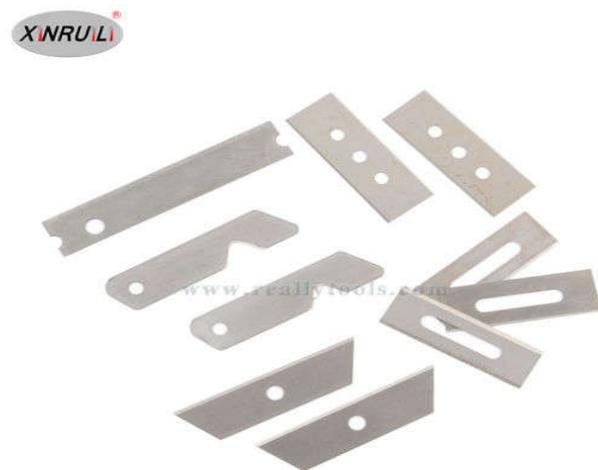
### 7.3.2.1. Machines de découpe par lame (couteau):

Le but et le résultat de ces machines est d'obtenir enfin des feuilles soit à partir des bobines de papier soit a partir de coupant le papier de grandes formes en petites formes, La technique de coupe est basée sur un appareil qui est une lame mobile horizontale Et qui se déplace dans une certaine piste ou un certain chemin, Et à un certain moment.

Dans ce type de machine, le papier est automatiquement poussé par des moteurs à un moment précis, qui est inséré par un ordinateur. La lame de cisaillement se déplace pour couper le papier horizontalement selon une longueur et une largeur prédéterminées.



(a)



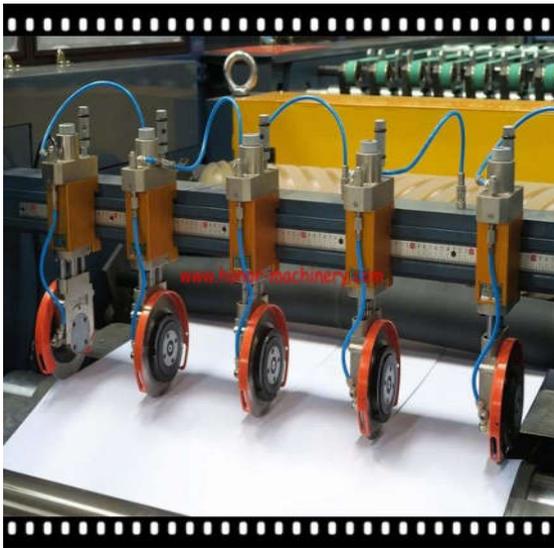
(b)

Figure I .5:.de gauche a droite : (a) machine de coupe par lame rotatife , (b) outil de coupe couteau.

## 7.3.2.2. Machine découpe par lame de couteau rotatif :

Cette machine adopte la découpe automatique du papier par Lames circulaires rotatifs, Que nous pouvons nous déplacer horizontalement en fonction de la distance de largeur que nous voulons.

Le papier est poussé horizontalement soit au moyen de moteurs pour faire tourner la bobine, soit par les roues de presse papier.



(a)

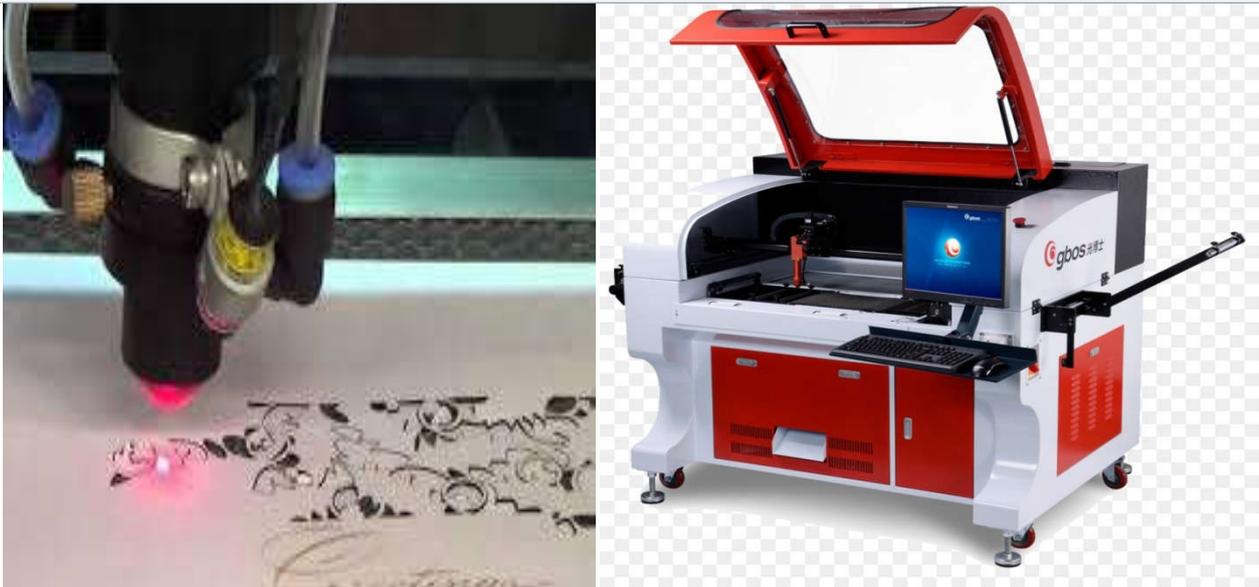


(b)

**Figure I .6:** De gauche a droit:(a)lames circulaires rotatifs, (b) roues de presse papier.

## 7.3.2.3. Machine de découpe laser :

On peut trouver ces machines sophistiquées et très précises, qui dépendent de la technologie de découpe par laser avec l'outil laser qui se déplace dans les trois axes, Le processus de cisaillement ici avec le laser est le reflet de formes techniques et de graphiques précis Qui est contrôlé dans ses coordonnées par ordinateur.



(b)

(a)

**Figure I .7:** De gauche a droite :(a) Outil de coupe a laser,(b) machine découpe laser.

#### 7.3.2.4. Découpeuse de papier hydraulique :

La machine de découpe hydraulique programmable fournit une coupe très précise , une durabilité et un fonctionnement simple. Aucune compétence particulière n'est requise pour faire fonctionner le couteau , avec son écran tactile convivial et ses commandes simples et pratiques.

Les fraises hydrauliques et programmables sont disponibles dans des modèles entièrement automatiques. Les largeurs de coupe sont disponibles jusqu'à 920 mm.

Cette machine est basée sur la technique de la guillotine, Il coupe des paquets de papier , La plupart de ces machines se trouvent dans les usines et dans le domaine commercial. Un exemple d'utilisation de cette machine est de couper des piles d'affiches publicitaires pour certains produits commerciaux.



Figure I .8: Découpeuse de papier hydraulique.

## 8. Format de papier:

### 8.1. Définition:

Le format d'une feuille de papier rectangulaire est le couple formé par sa largeur et sa longueur. Ce format peut varier en fonction de l'usage de la feuille, de l'époque, et de la zone géographique Certains de ces formats ont un nom: A4, raisin, letter, etc. Certains formats font l'objet d'une normalisation international (ISO) ou nationale (DIN, AFNOR, ANSI, etc.) [7] .

### 8.2. Formats de papier historique:

Avant l'introduction de la norme ISO de nombreux formats de papiers. Ont été utilisées dans le monde entier .Formats de papier impérial britannique étaient communs dans les pays qui avaient fait partie de l'empire britannique, le japon a formats de papier traditionnel et une variété de tailles ont été utilisées dans les pays européens [8].

### 8.3. Formats de papier international et taille :

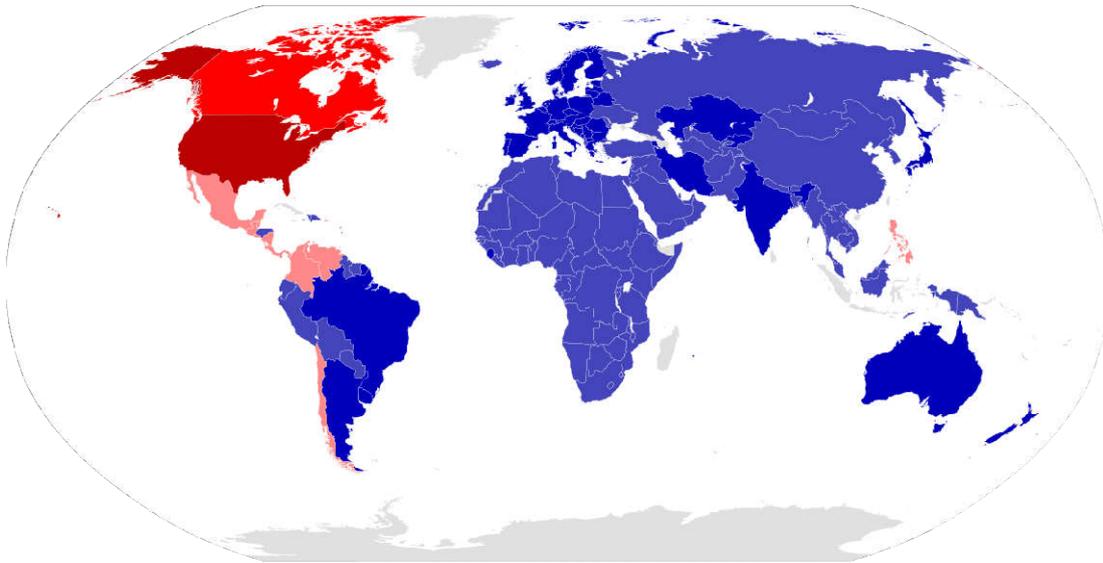
Si vous recherché la taille spécifique d'un format de papier particulier ces sont disponibles sur les pages suivantes [8]:

# Chapitre I :Bibliographie

## 8.3.1. Série A formats de papier :

Pour les usages courants (création de brochures, dépliant, prospectus, etc.), notamment en bureautique, le format A4 (21 × 29,7 cm) est aujourd'hui très largement répandu dans le monde, à l'exception de l'Amérique du Nord, où le format le plus utilisé reste le format *US Letter*, soit 8 ½ × 11 pouces (21,6 × 27,9 cm), à ne pas confondre avec l'ancien format français « 21 × 27 » utilisé pour la correspondance commerciale jusqu'à la généralisation du format A4 en 1967).

Tailles pour formats de papier série A : A0, A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8 .



**Figure I.9:** Utilisation de l'iso A4 (bleu) et de l'us-lettre (rouge) [7] .

## 8.3.2. Formats de papier Série B :

Il existe certaines exigences pour les formats de papier où la série A n'est pas adapté et de les prendre en compte des formats de papier de la série B ont été introduits. Afin d'expliquer le raisonnement derrière l'B de formats de papier, nous allons avoir besoin d'un peu plus de maths.

Tailles de papier Série B - B0, B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7 et B8 .

## 8.3.3. La série C Tailles d'enveloppe

Les tailles de la série C ont été introduites pour définir les formats d'enveloppes convenables pour la une série de formats de papier. C'est également basé sur la racine 2 aspect ratio et la taille d'une enveloppe C(n) est défini comme la moyenne géométrique des formats de papier A(n) et B(n). Cela conduit à un C(n) de l'enveloppe qui contient une feuille d joliment A(n) papier dépliés .

# Chapitre I :Bibliographie

## 8.3.4. RA et SRA Formats de papier non découpée :

Formats papier brut non découpée à l'impression commerciale sont couverts par l'ISO 217 qui définit RA et les formats de papier papier SRA. Ces tailles sont légèrement plus grande que la valeur correspondante d'une grandes pour laisser pour l'encre purger au cours du processus d'impression .

## 8.3.5. Grammages de papier (Poids de feuilles & rames):

Iso 536 définit des grammes de papier, qui déterminer l'épaisseur du papier. Les états unis et l'Amérique du nord utilisent une définition complètement différente pour le papier des pondérations basées sur le grammage de base et types de stock [8].

A Series Formats		B Series Formats		C Series Formats	
4A0	1682 × 2378	-	-	-	-
2A0	1189 × 1682	-	-	-	-
A0	841 × 1189	B0	1000 × 1414	C0	917 × 1297
A1	594 × 841	B1	707 × 1000	C1	648 × 917
A2	420 × 594	B2	500 × 707	C2	458 × 648
A3	297 × 420	B3	353 × 500	C3	324 × 458
<b>A4</b>	<b>210 × 297</b>	B4	250 × 353	C4	229 × 324
A5	148 × 210	B5	176 × 250	C5	162 × 229
A6	105 × 148	B6	125 × 176	C6	114 × 162
A7	74 × 105	B7	88 × 125	C7	81 × 114
A8	52 × 74	B8	62 × 88	C8	57 × 81
A9	37 × 52	B9	44 × 62	C9	40 × 57
A10	26 × 37	B10	31 × 44	C10	28 × 40

**Figure.1.10:** Le tableau montre la largeur et la hauteur de tous les formats de papier ISO A et B, ainsi que l'enveloppe ISO C formats. Les dimensions sont en millimètres [10].

# Chapitre I :Bibliographie

## 9. Exemples de l'utilisation de papier :

A0, A1	Dessins technique , affiches
A1, A2	tableaux à feuilles mobiles
A2, A3	dessins, diagrammes, grands tableaux
A4	Les lettres, magazines, formulaires, catalogues, sortie imprimante laser et photocopieurs
A5	blocs-notes
A6	cartes postales
B B5, A5, B6, A6	Livres
C4, C5, C6	Enveloppes pour les lettres A4: dépliées (C4), pliées une fois (C5), pliées deux fois (C6)

Tableau I .2: Quelques utilisations de formats de papier [9].

## 10. Normes de papier:

### 10.1. La norme ISO :

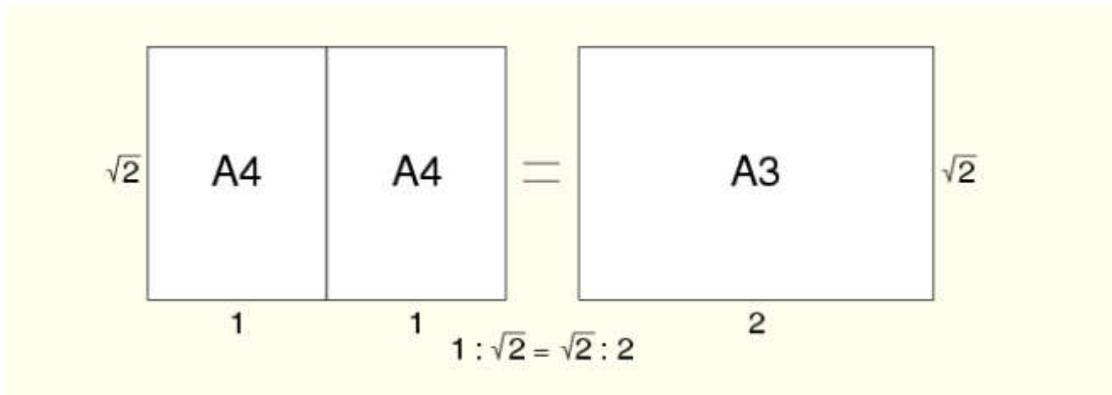
L'ISO (Organization international de normalization) est. une federation mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO, participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

### 10.2.La conception de taille de papier iso:

Dans le système de format de papier iso,le rapport hauteur/largeur de toutes les pages est la racine carree de deux (1.4142) .en d'autres termes,la largeur et la hauteur d'une page sont liees l'une a l'autre comme le cote et la diagonale d'un carre,ce rapport d'aspect est particulierement pratique pour un format de papier , si vous places deux de ces pages l'une a cote de l'autre ou coupees de manier equivalent et parallele a son cote le plus court en deux morceaux egaux , la page resultante aura a nouveau le meme rapport largeur/hauteur.

# Chapitre I :Bibliographie

Les formats de papier ISO sont basés sur le système métrique. Le rapport racine carrée de deux ne permet pas à la fois hauteur et largeur des pages pour être des longueurs métriques bien arrondies. Par conséquent, la zone des pages a été définie pour avoir des valeurs métriques rondes. Le papier étant généralement spécifié en g / m<sup>2</sup>, cela simplifie le calcul de la masse d'un document si le format et le nombre de pages sont connu [9].



**Figure I.11:** Conception de l'iso forme de papier [9].

## 10.4. La norme iso 216:

ISO 216 définit la série A de formats de papier sur la base de ces principes simples [9] :

La hauteur divisée par la largeur de tous les formats est la racine carrée de deux (1,4142)

- Le format A0 a une superficie d'un mètre carré.
- Le format A1 est A0 coupé en deux morceaux égaux. En d'autres termes, la hauteur de A1 est la largeur de A0 et la la largeur de A1 est la moitié de la hauteur de A0.
- Tous les formats de série A plus petits sont définis de la même manière. Si vous coupez le format Un parallèle à son côté le plus court en deux morceaux de papier égaux, ceux-ci auront le format A (n + 1).
- La hauteur et la largeur normalisées des formats de papier sont un nombre arrondi de millimètres.

## Chapitre I :Bibliographie

THE ELEVEN SIZES OF SERIES "A" OF THE INTERNATIONAL PAPER SIZES		
INTERNATIONAL PAPER SIZE DESCRIPTION	SIZES	
	IN MILLIMETRES	APPROXIMATE IN INCHES AND FRACTIONS
A-0	841 X 1189	$33\frac{1}{8} \times 46\frac{3}{4}$
A-1	594 X 841	$23\frac{3}{8} \times 33\frac{1}{8}$
A-2	420 X 594	$16\frac{1}{2} \times 23\frac{3}{8}$
A-3	297 X 420	$11\frac{3}{4} \times 16\frac{1}{2}$
A-4	210 X 297	$8\frac{1}{4} \times 11\frac{3}{4}$
A-5	148 X 210	$5\frac{7}{8} \times 8\frac{1}{4}$
A-6	105 X 148	$4\frac{1}{8} \times 5\frac{7}{8}$
A-7	74 X 105	$2\frac{7}{8} \times 4\frac{1}{8}$
A-8	52 X 74	$2 \times 2\frac{7}{8}$
A-9	37 X 52	$1\frac{1}{2} \times 2$
A-10	26 X 37	$1 \times 1\frac{1}{2}$

**Figure I.12:** Tailles de base coupée série A, formats de papiers standards internationaux [10].

***Chapitre II : Etude du projet***

## 1. Introduction :

Dans ce chapitre nous recherchons des solutions techniques qui devant satisfaire aux principaux besoins de l'utilisateur de la machine, et en utilisant des outils d'aide à la décision pour choisir la solution la mieux adaptée, qui offre plus de performance et qui respecte mieux les normes des sécurités

## 2. Etude préliminaire :

### 2.1. L'idée du projet :

L'idée du projet est la conception de machine de découpe automatique de papier à partir d'un papier brute en rouleaux. La taille de coupe doit être réglable ainsi que la vitesse de coupe. À Avec une intervention minimale de l'opérateur.

### 2.2. Description préliminaire des systèmes constituant la machine :

La machine se compose des éléments essentiels suivants (voir la figure II.1.) :

- **Système d'entraînement et de transport** : des moteurs électriques, des poulies, des courrois, et des bandes de transport assurent les mouvements du papier à l'intérieur de la machine.
- **Système de guidage** : à l'aide d'un ensemble de rouleaux en caoutchouc le papier sera orienté à l'intérieur de la machine. Des roues de pressions serviront comme ralentisseurs en cas d'excès de vitesse d'enroulement du papier.
- **Système de découpe** : c'est la partie mécanique de formage. Elle utilise des lames circulaires pour la découpe en largeur, et une autre longue lame pour la découpe en longueur.
- **Système de commande** : par l'emploi de capteurs, fin de course, et contacteurs la partie électrique de la machine sera pilotée par un microcontrôleur. La partie soft de commande sera installée sur un ordinateur de commande dédié à la machine.

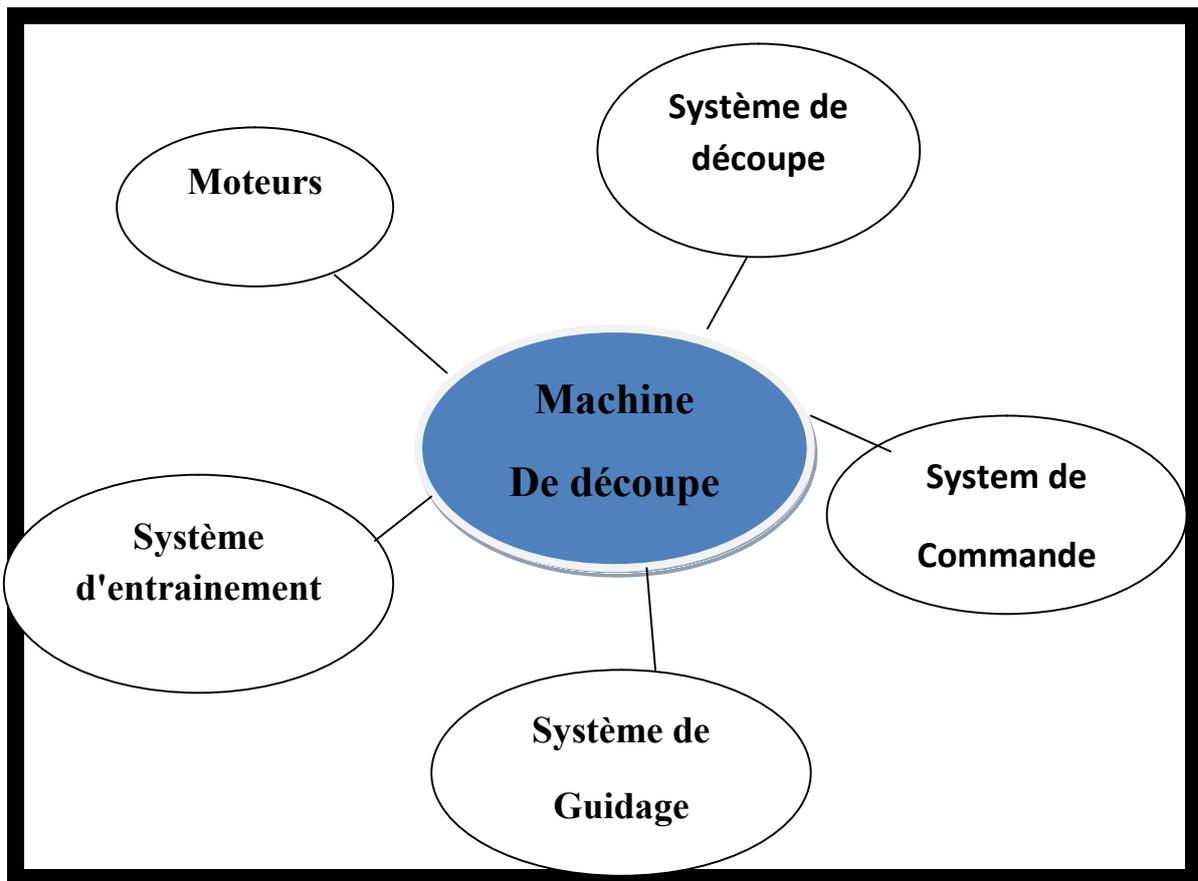


Figure II. 1 : Schéma des systèmes constituant la machine.

Cette machine permet principalement de débobiner et découper des rouleaux de papier brut. La découpe doit être assurée avec précision et une bonne qualité.

L'actigramme suivant donne une approche globale du fonctionnement de la machine.

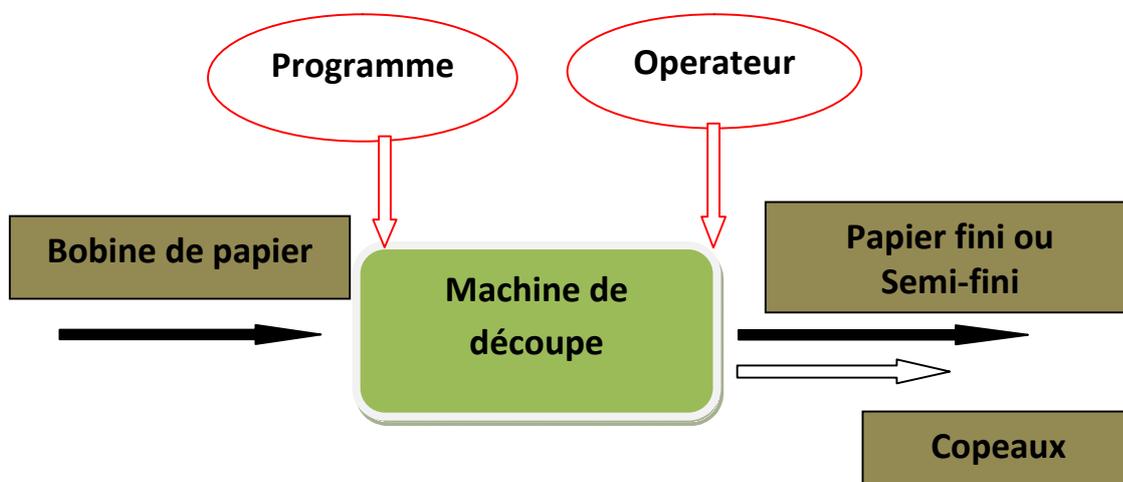


Figure II. 2 : Actigramme de la machine.

### 2.3. Formulation préliminaire du projet :

La formulation préliminaire est la première phase d'un projet. Elle est fondamentale, car elle doit permettre d'apprécier les enjeux de projet et de conforter le bienfondé de son existence. Dans ce qui suit nous énonçons le besoin suivi d'analyse préliminaire.

### 2.4. Énoncé du besoin :

Pour concevoir une machine de découpe qui correspond aux attentes des futurs utilisateurs, il faut identifier clairement le besoin. Ce besoin peut évoluer dans le temps (progrès technique, modification des modes de vie et des conditions économiques).

Pour identifier le besoin, on peut s'aider de l'outil (bête à corne [12]) de la méthode APTE pour répondre à ces trois questions : voir figure II.2.

- A qui le produit rend-il le service ?
- sur quoi agit-il ?
- dans quel but ?

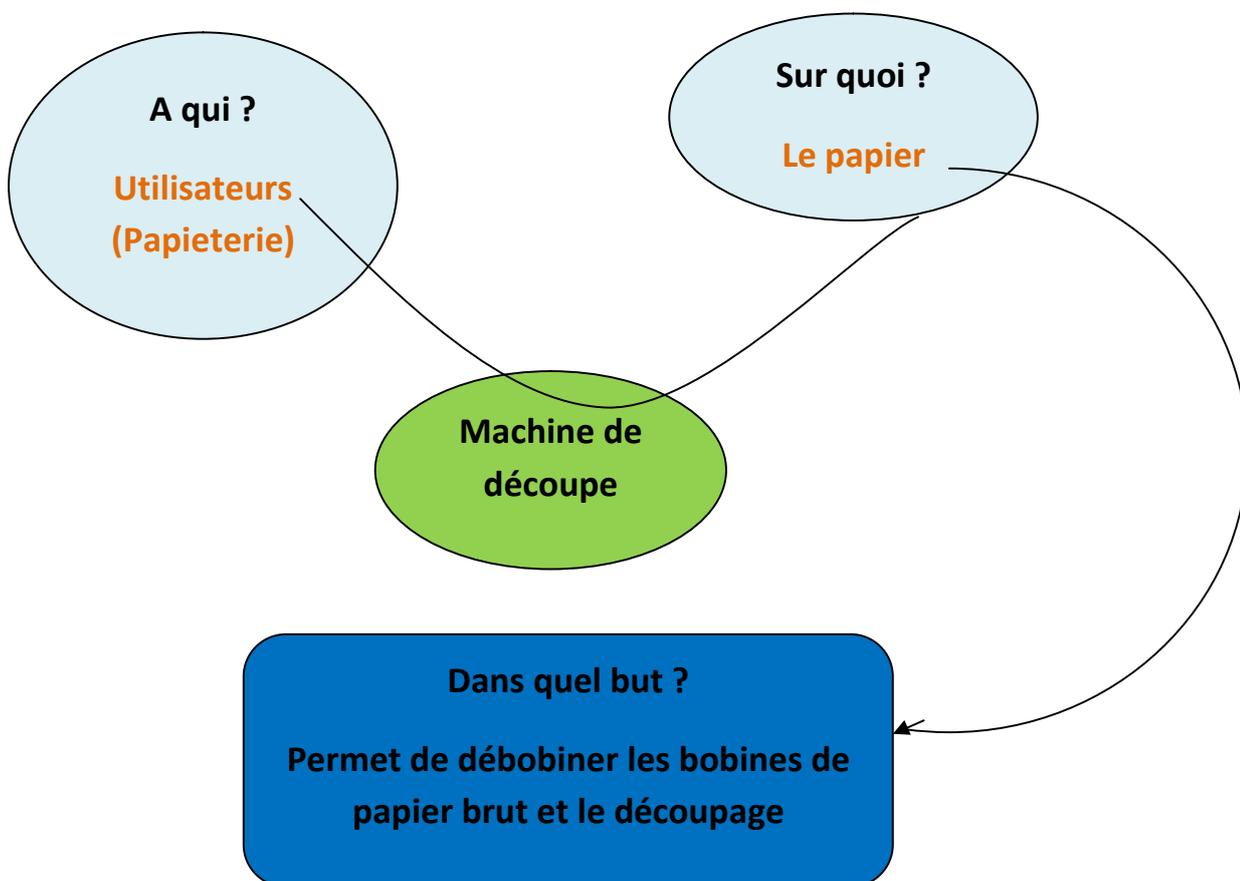


Figure II.3: Diagramme bête à corne de la machine de découpe.

## *Chapitre II : Etude du projet*

### **2.5 Validation du besoin :**

Le découpage de papier brut est un procès vital pour les unités de production tel que : papeteries, maisons d'édition, fabricant de boîtes, et imprimeries, et assez souvent c'est une étape de préparation à la production par un produit semi-fini afin d'alimenter les machines de formage ou un produit fini pour l'impression. La présence de telle machine en unité de production permet :

- La minimisation de coût de produit final.
- De limiter l'approvisionnement aux produits bruts,
- Flexibilité de production avec la possibilité de modification rapide dans la production selon la demande.
- Minimiser le stockage en papier (brut, et produit final seulement).

Afin de mieux définir le besoin, il est nécessaire de répondre brièvement aux questions suivantes :

#### ***Pourquoi le système machine découpeuse existe-t-il ?***

Pour remplacer le coupage manuel de papier.

#### ***Pourquoi ce besoin existe-t-il ?***

Pour faciliter le processus de production, la précision, la rapidité, réduire le nombre de travailleurs, et minimiser le coût de la production.

#### ***Qu'est ce qui pourrait faire évoluer ou disparaître ce besoin ?***

Ce besoin peut évoluer pour avoir une machine d'une meilleure congruence et une meilleure performance, en attendant que l'opérateur de la machine soit doté de techniques d'utilisation faciles et mieux adaptées.

Ce besoin pourrait disparaître pour avoir des machines intégrées (exemple machine découpage-formage ou toute une unité intégrée de production). Bien sûr ce type de machine demande un fond d'investissement important avec une main d'œuvre spécialisée et maintenance beaucoup plus compliquée.

### **3. Préfaisabilité du projet :**

Pour savoir si un projet est faisable, il faut que les objectifs de conception soient raisonnables et techniquement réalisables compte tenu des ressources existantes. Le pré-projet doit être confronté aux réalités de l'environnement.

## Chapitre II : Etude du projet

### 3.1. Définition des ressources :

La question dans cette partie est sur les connaissances scientifiques et techniques essentielles pour créer le système. Il s'agit ici de les clarifier et les mettre en évidence les points forts et faibles afin de les faire évoluer suivant les besoins du projet.

- Les connaissances scientifiques: mécanique, informatique, automatique, électronique
- Les connaissances techniques: d'ajustage, de soudage, de montage,
- Ressources documentaires : bibliothèque de la faculté, ressources en ligne, cours,
- Ressources logiciels : SolidWorks, ANSYS, ...
- Ressources matérielles : machines de tournage, fraisage, perçage, soudage,
- Ressources humaines : encadreurs, enseignants, ingénieurs de laboratoires
- Ressources financières : principalement ce projet se limitera au prototypage avec un autofinancement. L'aide de notre faculté est possible mais pas automatique.

### 3.2. Estimation des coûts :

Afin d'estimer les coûts de l'ensemble du projet on va utiliser les deux approches suivantes [13]:

- **Par expérience**: prix associés à la mise en œuvre d'une technique donnée. un concept préliminaire ou encore un ensemble de caractéristiques d'un produit (matériaux, pièces, méthodes de fabrication, etc. ...)
- **Par similitude** : comparaison avec un produit similaire existant sur le marché.

## 4. Etude Fonctionnelle :

### 4.1. Analyse Fonctionnelle :

L'analyse fonctionnelle permet de décrire un système par les fonctions qu'il doit remplir, mais aussi les contraintes qui vont subir. Elle consiste à rechercher, caractériser, ordonner, hiérarchiser et valoriser [14] voir figure II.5

L'analyse fonctionnelle est divisée en deux parties :

Analyse fonctionnelle externe.

Analyse fonctionnelle interne.

## 4.2. Diagramme Pieuvre :

Le diagramme suivant figure II.5, représente le lien entre le milieu extérieur et les fonctions principales et les contraintes associées à la machine de découpe :

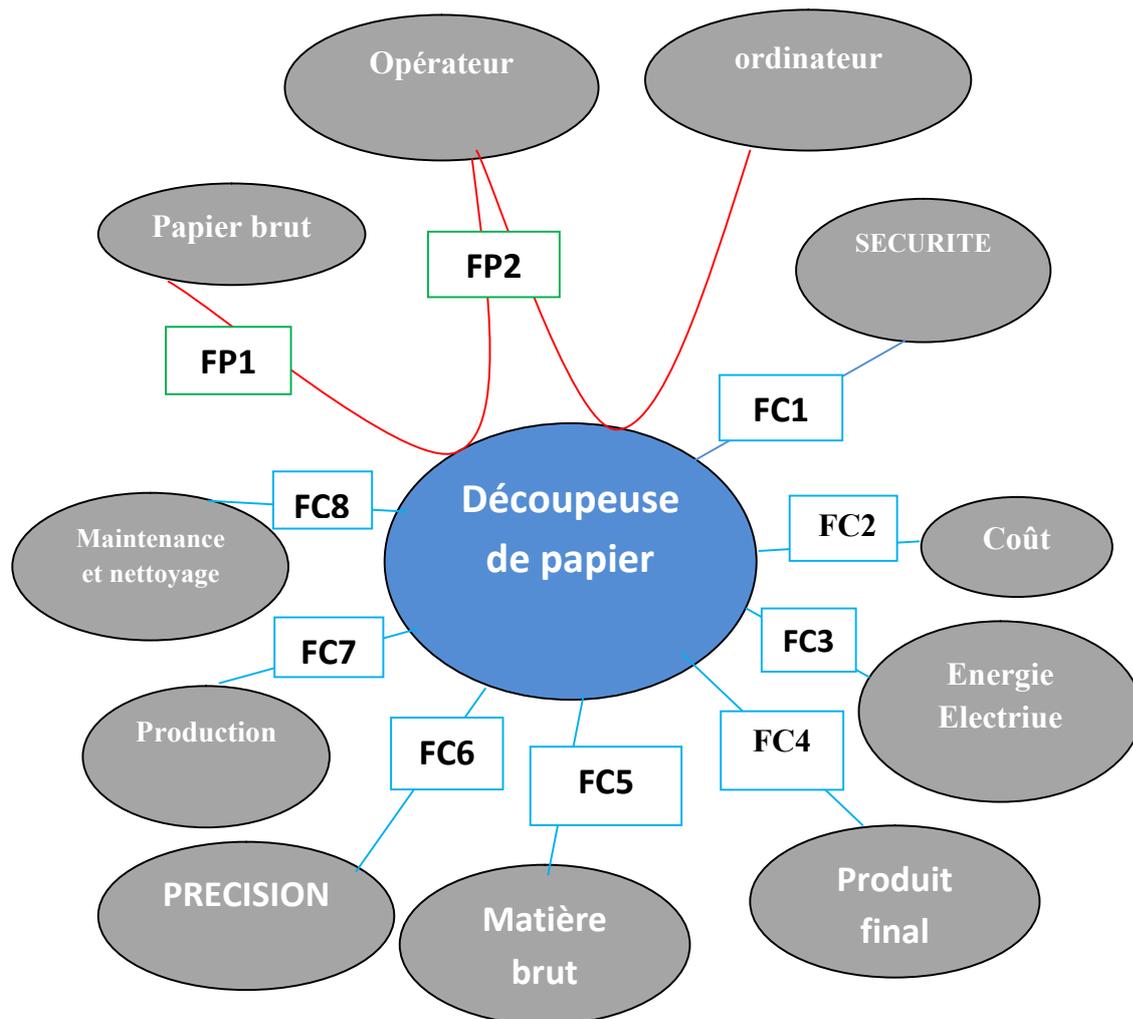


Figure II. 4: Diagramme du pieuvre.

### 4.2.1. Définition des fonctions :

FP1 : La coupe de papier : couper le papier automatiquement, pas de rupture, coupes le papier à différent épaisseur, en coupe uniforme.

FP2:Faciliter la communication entre l'operateur et l'ordinateur.

FC1:Respecter les normes de sécurité.

## Chapitre II : Etude du projet

FC2: Avoir un prix raisonnable.

FC3: utiliser l'énergie électrique.

FC4: Respecter les normes Internationales (la norme ISO).

FC5: Respecter les conditions au cahier de charge.

FC6: Exécuter avec précision élevée.

FC7: Respecter les conditions de production écrite au cahier de charge.

FC8: Faciliter de maintenance et de nettoyage.

### 4.3. La méthode FAST :

Les étapes de conception sont basées sur un besoin exprimé sous forme de fonctions de service à travers le cahier de charge fonctionnel. En tenant compte des solutions établies précédemment, il est nécessaire de procéder à une recherche progressive et descendante des fonctions technologiques selon chacun des fonctions de service.

Lorsque les fonctions de service sont identifiées, cette méthode les ordonne et les décompose suivant une logique fonctionnelle pour aboutir aux solutions technologiques de réalisation.

L'élaboration et le classement des fonctions s'effectuent d'une manière pragmatique en répondant aux questions suivantes : Voir la figure II.6.

- **Pourquoi** cette fonction existe-t-elle?
- **Comment** cette fonction existe-t-elle?
- **Quand** cette fonction-t-elle ?

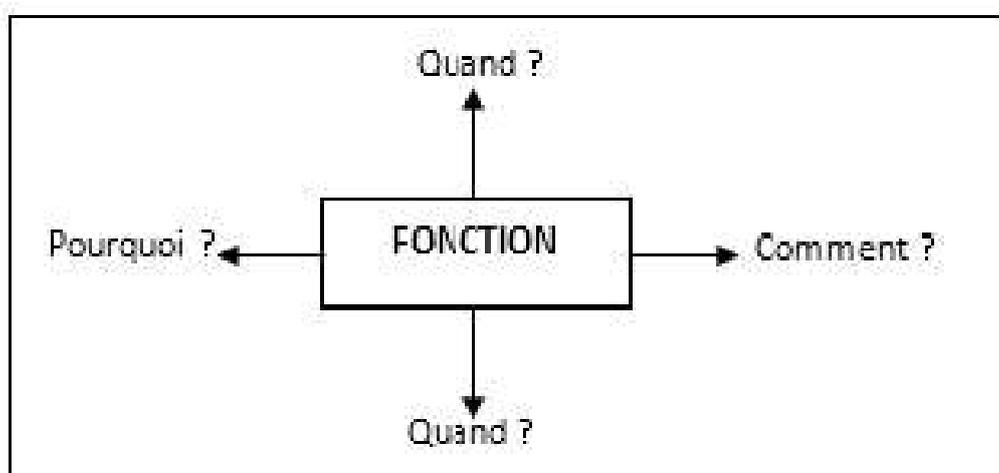


Figure II. 5: Méthode FAST [4].

## Chapitre II : Etude du projet

### 4.4. Cahier des charges fonctionnel :

Un cahier des charges fonctionnel (CdCF) est un document qui présente de manière détaillée et structurée les spécifications, les services à rendre, les contraintes d'un produit. Le cahier des charges fonctionnel de la découpeuse de papier est donné par le Tableau suivant.

**Tableau II. .1:** Cahier des charges fonctionnelles.

Repères	Fonctions	Critère d'application	Niveau
Fp1	coupe	Espace de travail	2400 mm×1300 mm× 1400 mm
		Vitesse de coupe	Aucune variation de la vitesse
		Les outils de coupe	Les lames circulaires Les lames horizontales
		Condition de coupe	Pas de rupture Coupés tout le papier en même temps Papier éligible
Fp2	La communication	Pilotage de papier	Des rouleaux, des roues
		Pilotage de machine	Ordinateur
FC1	Respecter les normes de sécurité	normes de sécurité	ISO – AFNOR
FC2	Être commercialisé à un prix raisonnable	Prix totale de la découpeuse A4	Ne pas déterminé
FC3	Utiliser l'énergie électrique	Tension	220v AC / 24V DC
		Technologie	Toutes technologies permettent d'assurer l'alimentation
FC4	Produit final	Feuille	-Langueur de feuille : 297 mm
		Formate A4	Largeur de feuille : 210 mm

## Chapitre II : Etude du projet

FC5	Matière brute (bobine de papier)	Largeur de papier	Largeur brute: 1070 mm Largeur nette 1050 mm.
		Diamètre de bobine	Max: 1200 mm.
		De papier	Min: 600 mm.
		Poids de papier	60-100g / m <sup>2</sup> .
		Qualité de papier	Papier de bureau d'écriture. Papier de colle de haute qualité.
FC6	précision	précision de coupe	± 0,2 mm
FC7	Production	Vitesse de production	0-200m/min (dépend de la qualité de Papier)
		Nombre max de coupes	200/min
		Sortie de la rame	12 rames/min
		Quantité de rame	500 feuilles max
		Charge de coupe	(5*100g/m <sup>2</sup> ) 500g/m <sup>2</sup>
FC8	Maintenance Et Nettoyage	Maintenance	Montage et démontage facile
		Nettoyage	Jeter des déchets automatiquement Facilite de nettoyage

*Chapitre III : Processus de conception*

## 1. Introduction:

Dans le domaine de l'engineering, pouvoir concevoir et avoir de l'imagination sont deux points très importants qui entrent dans les compétences d'un ingénieur.

Depuis les dessins à la main ensuite les dessins assistés par ordinateur on est en mesure désormais de faire des conceptions en 3D avec nos ordinateurs. Cela a donné aux développeurs une vision avancée de leur projet avant même sa concrétisation.

Avant d'entamer la conception de notre projet dans ce qui suit nous donnons une présentation de l'outil de modélisation géométrique employé.

Ensuite, une deuxième partie qui traite la méthode de la conception 3D de la machine en donnant tous les détails ainsi que les différentes pièces et les étapes de conception.

## 2. Partie introductive:

### 2.1. 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 [15] :

- Free CAD.
- Open CASCADE.
- QCAD..
- Solid Works.

Ce dernier est l'outil employé dans cette étude de conception avec sa version 2013.

### 2.2 Logiciel SOLIDWORKS:

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

## Chapitre III : Processus de conception

Solid Works est un modèleur 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 n'importe quel niveau 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 [16].



Figure III. 1: Le logo du logiciel SolidWorks.

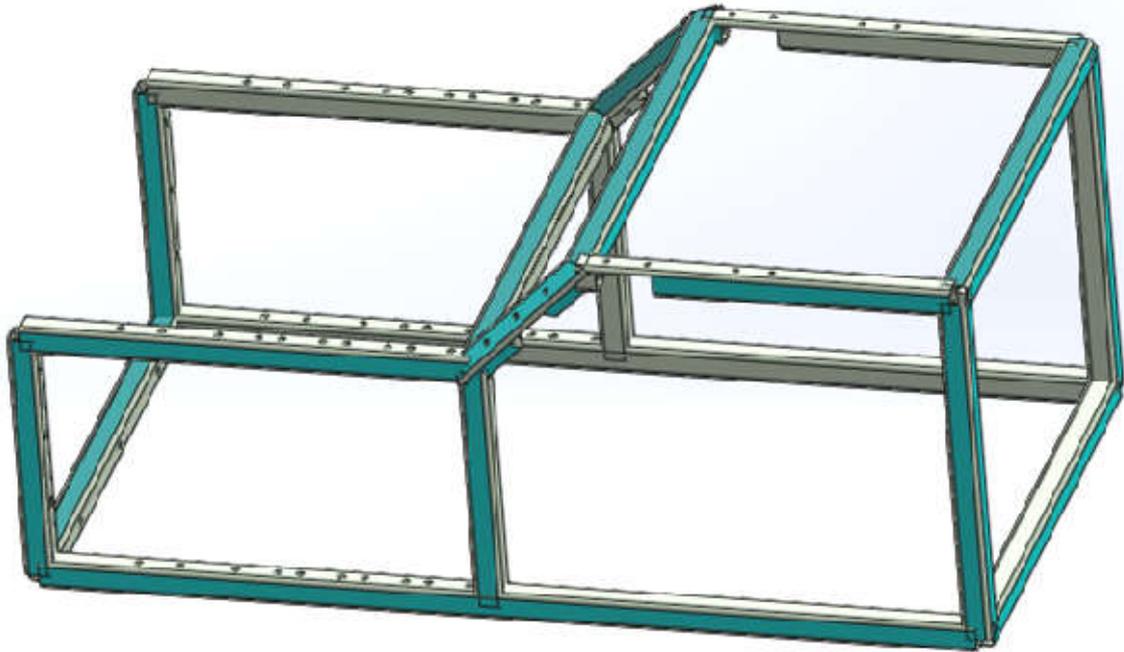
### 3. Conception des pièces:

La conception des différentes pièces de la machine de découpe, a été effectuée à l'aide de logiciel CAO Solidworks version 2013.

#### 3.1 Modélisation 3D des pièces :

##### 3.1.1. Le Bâti:

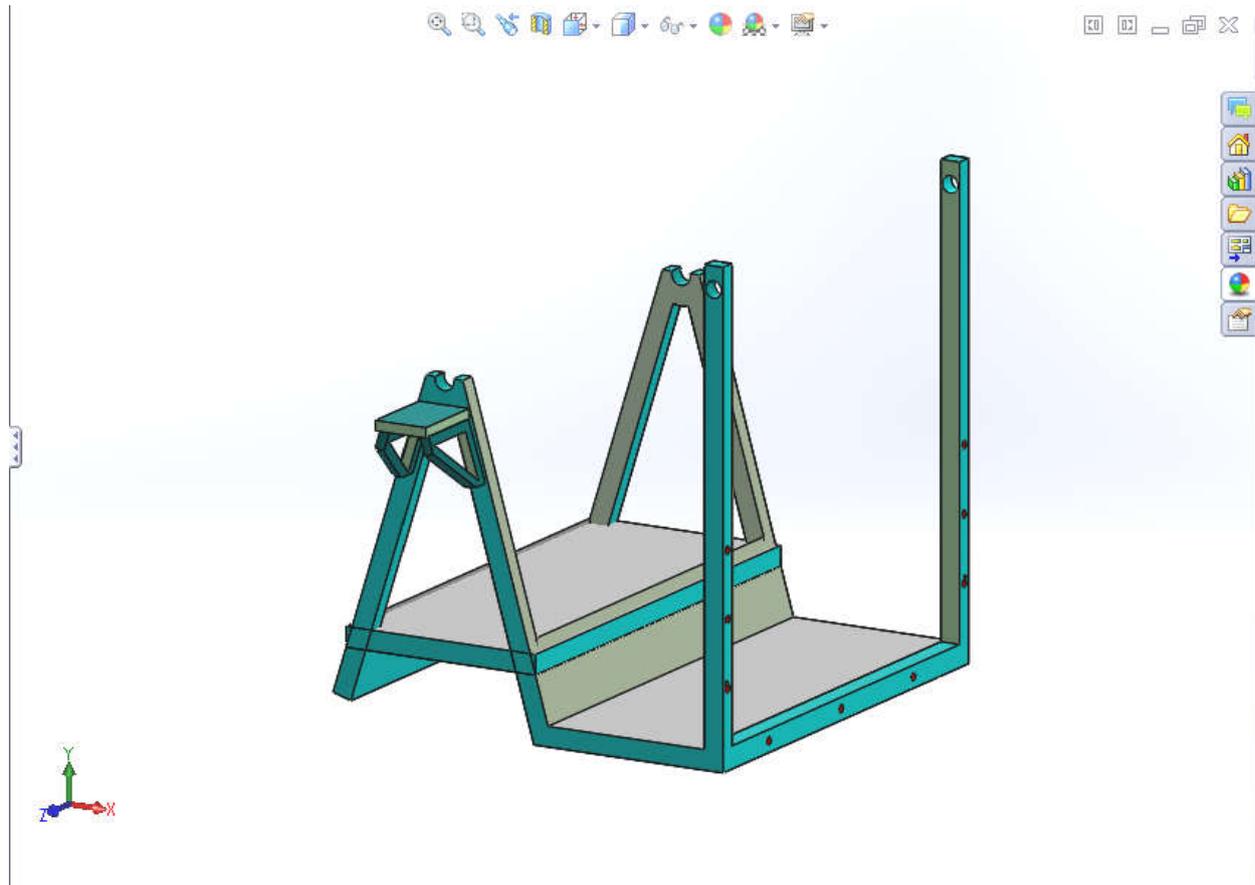
La structure illustrée ci-dessous, représente le bâti de la découpeuse de papier. Le bâti porte plusieurs pièces de la machine, c'est une base pour l'installation des accessoires et du socle de la machine, il est conçu essentiellement par des barres en acier non allié de sections carrée (40×40).



**Figure III. 2:**bâti de machine.

### 3.1.2. Porteur de la bobine de papier:

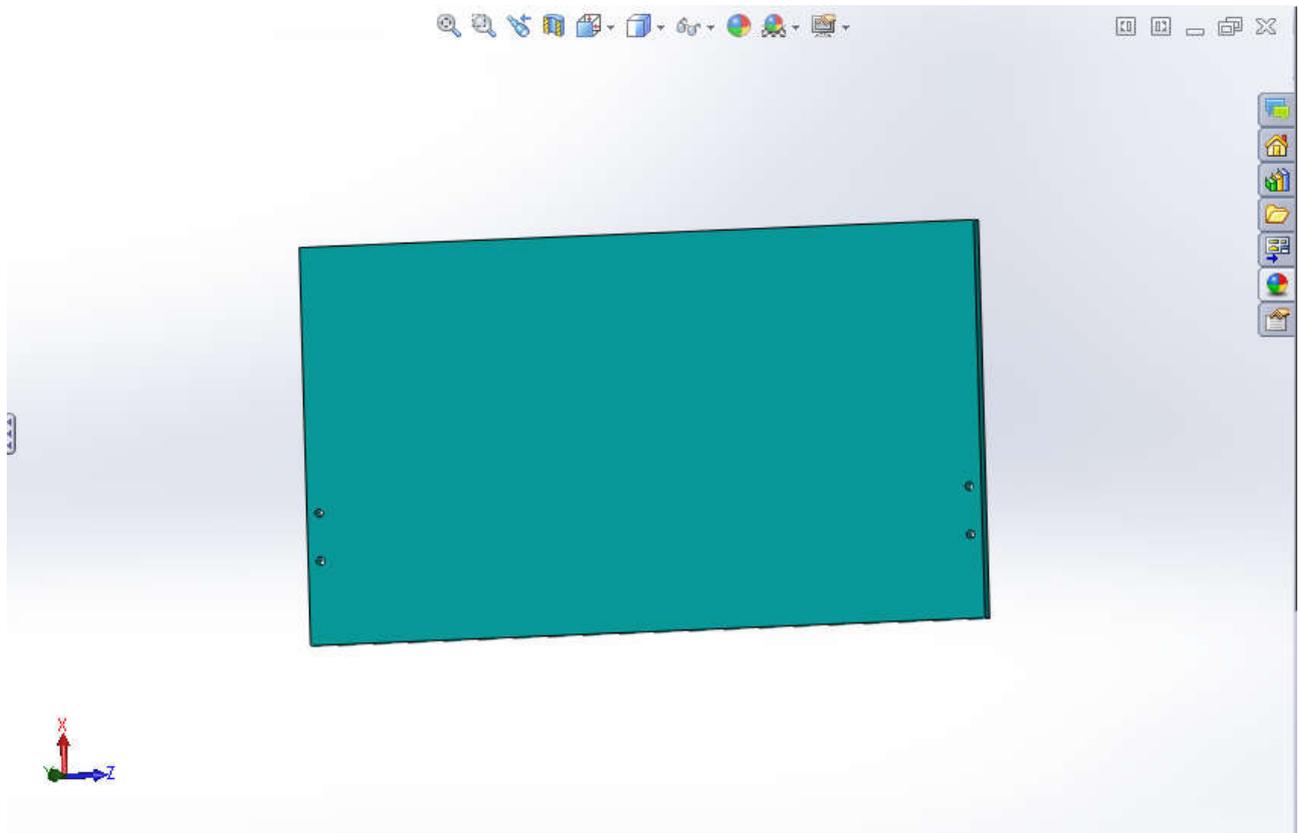
Un assemblage de barres en acier non allié de sections carrées ( $40 \times 40$ ) est utilisé pour modéliser un support de la bobine de papier. Le modèle avec deux paliers support d'axe de la bobine. Le motoréducteur sera fixé sur cet assemblage comme il sera montré par la suite.



**Figure III. 3:**Porteur de bobine de papier.

### 3.1.3. Plaque 1:

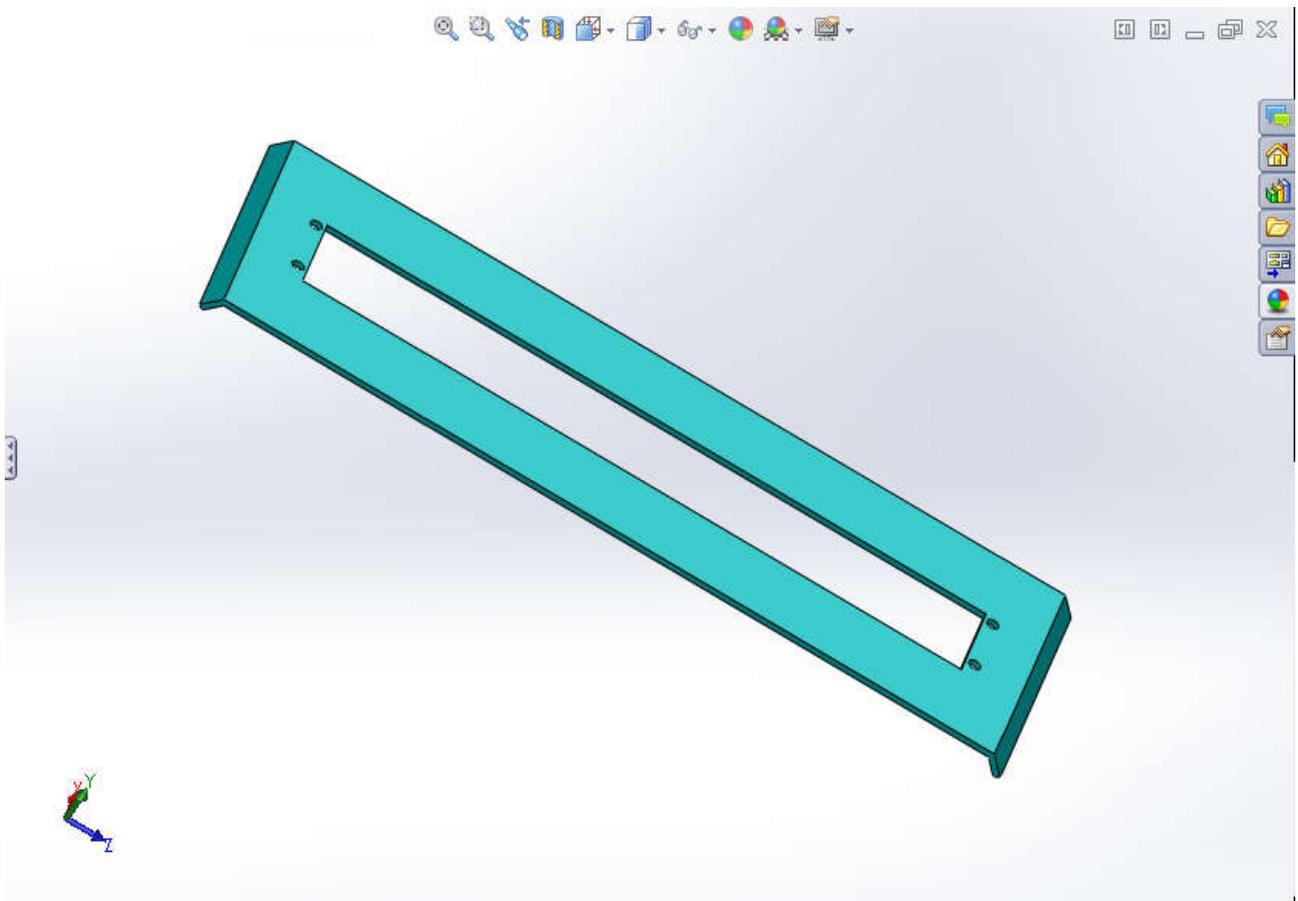
Cette plaque de dimensions  $(1350 \times 1020 \times 30)mm$  est considérée comme l'une des principale composante de la structure, le papier passe sur cette plaque avant la dernier étape de découpe.



**Figure III.4:**Modèle 3D de 1<sup>er</sup> plaque.

### 3.1.4. Plaque 2:

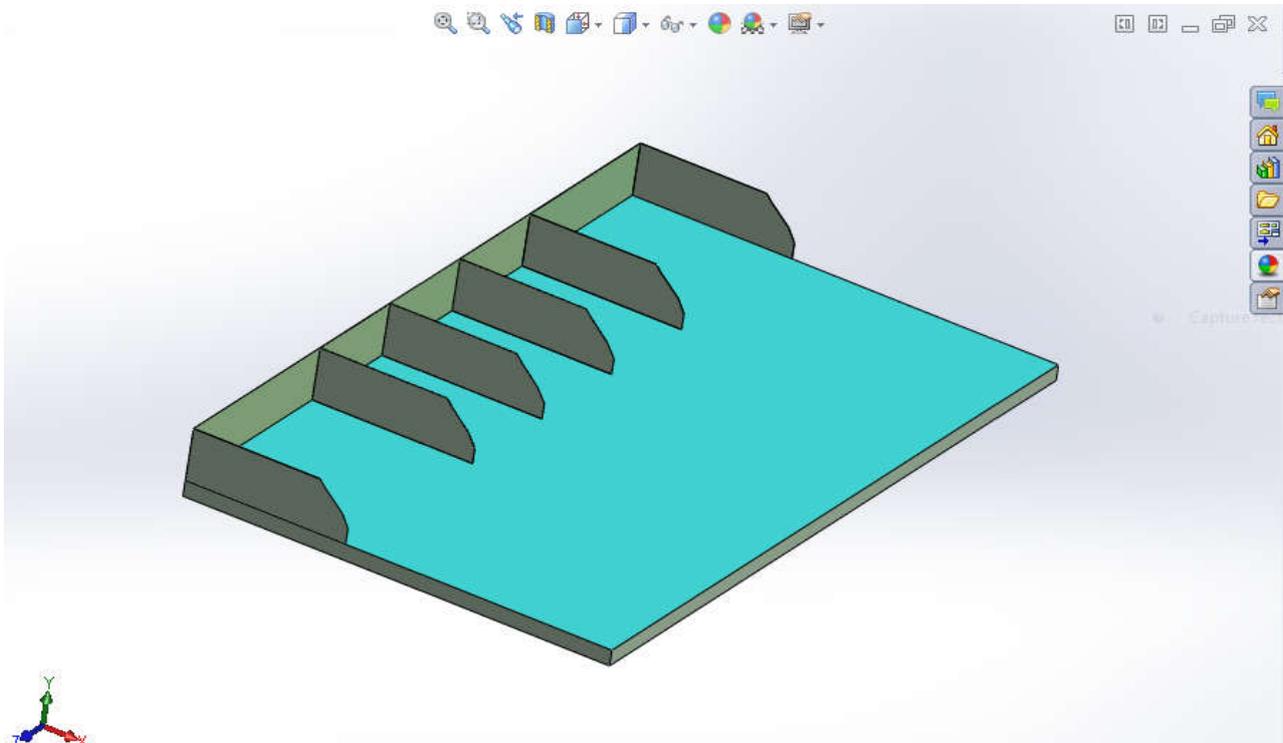
C'est une plaque avec ouverture, son rôle est d'assurer le passage du papier. Elle sert également comme support pour les roues passe-papier et les paliers à roulement.



**Figure III. 5:** Modèle 3D de 2<sup>ème</sup> plaque.

### 3.1.5. Table de collecte des produits :

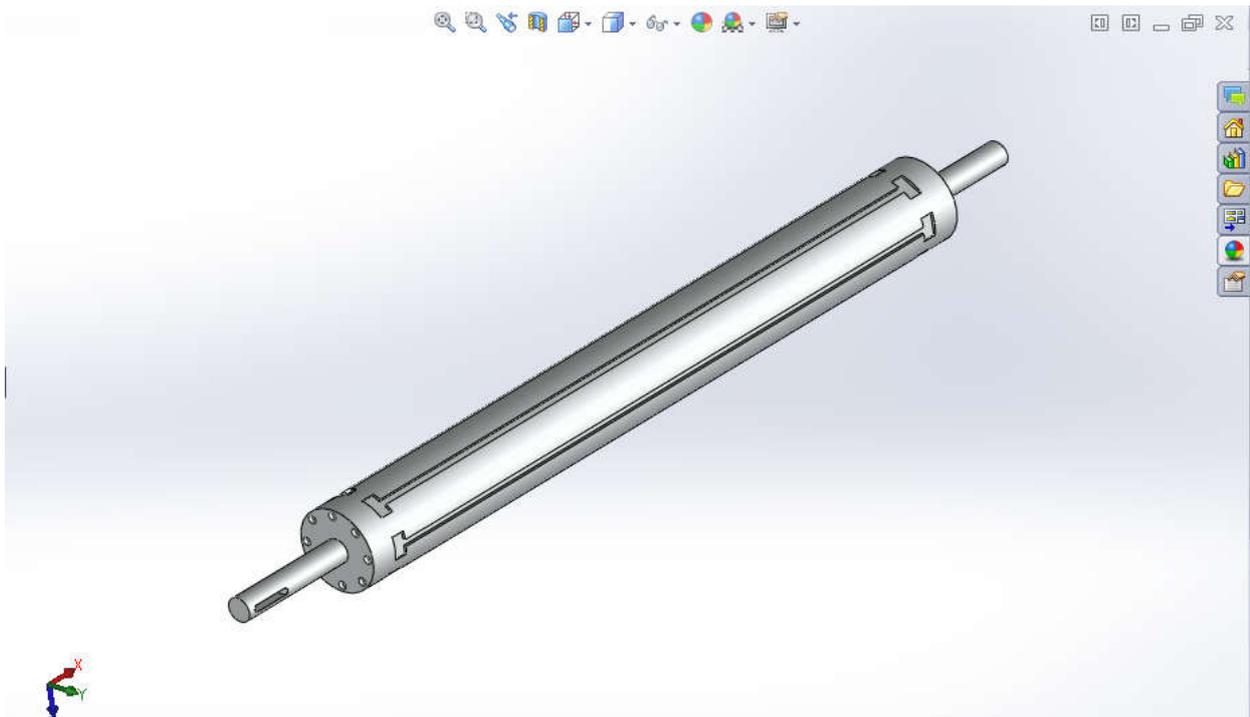
L'objectif principal de cette table est la collection du produit final. Le papier découpé sera isolé, réuni et classé afin de faciliter le processus de stockage de papier et de ne pas les mélanger avant de terminer le processus d'emballage.



**Figure III. 6:** Table de collection.

### **3.1.6. Arbre porte-bobine :**

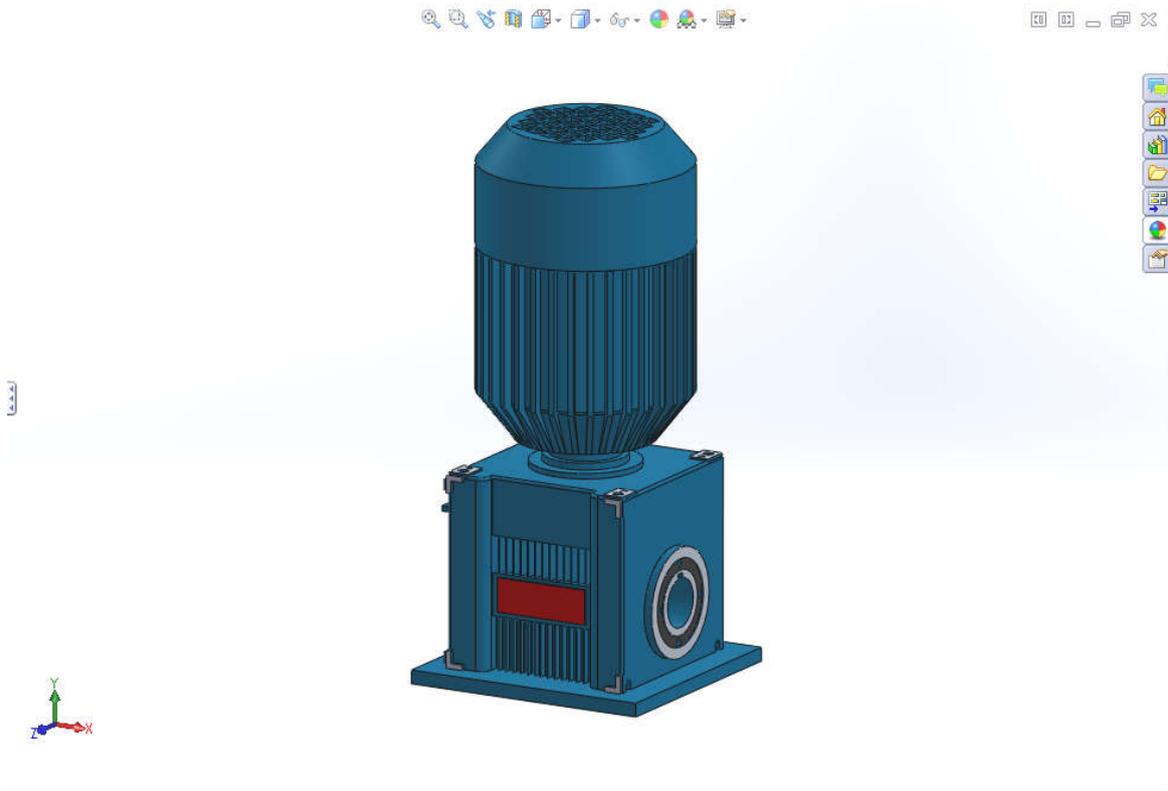
L'arbre porte-bobine est conçu pour supporter de lourdes charges, leur fonction est de tourner la bobine de papier sur les deux paliers porteurs.



**Figure III. 7:**Arbre port-bobine.

### 3.1.7 Moteur électrique :

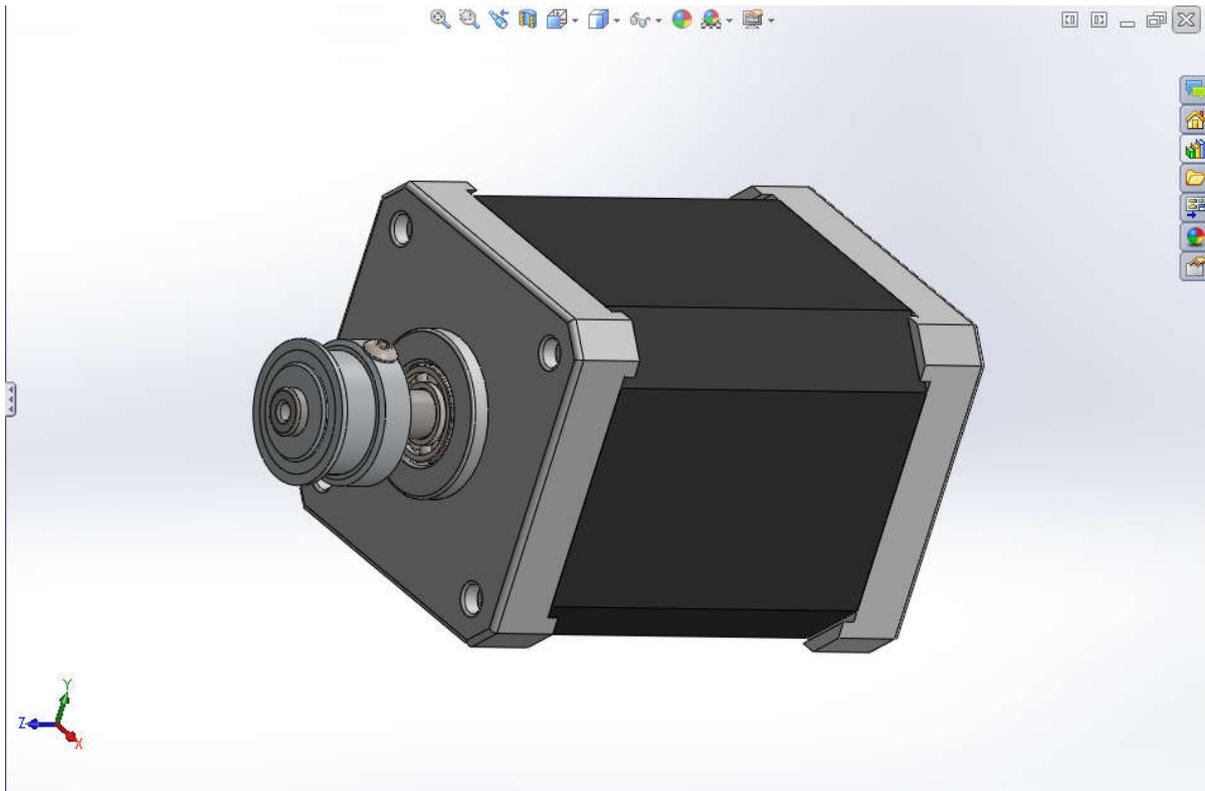
Ce modèle est un moteur réducteur qui convertit l'énergie électrique en énergie mécanique et pour but de modifier le rapport de vitesse et le couple, et sa fonction principale est de faire tourner l'arbre de bobine, la partie étude de ce moteur sera rapportée par le chapitre 4.



*Figure III. 6:*Modèle 3D de moteur réducteur.

### 3.1.8 Moteur pas à pas :

Le rôle de ce type de moteur est de faire tourner le mécanisme de découpe finale.



**Figure III. 7:**Modèle de moteur pas à pas.

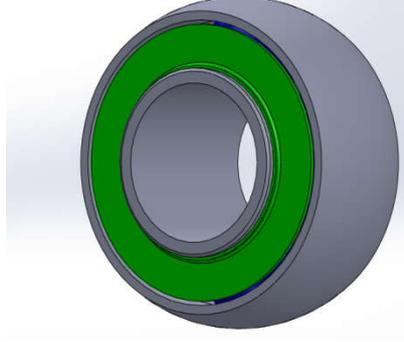
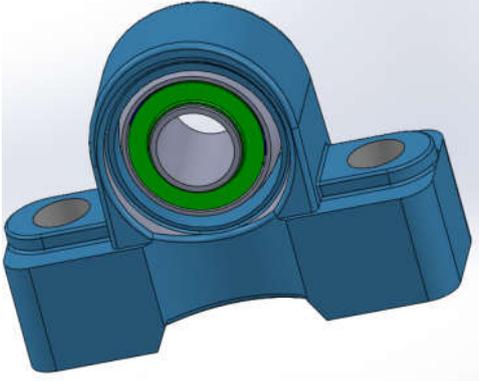
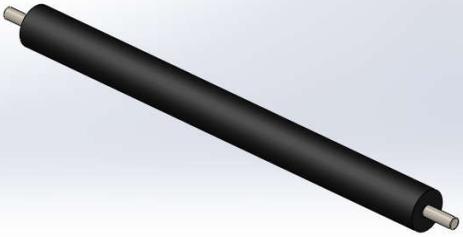
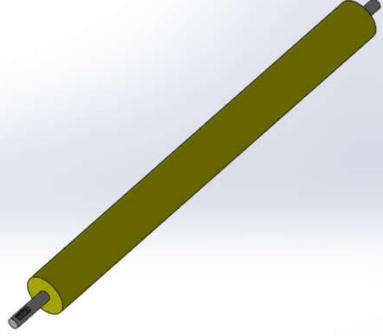
### 3.2 Conception des pièces standard:

Le tableau suivant représente la conception des pièces standards et normalisées, leurs rôles, ainsi que leurs nombre.

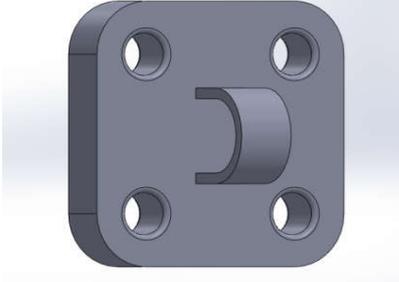
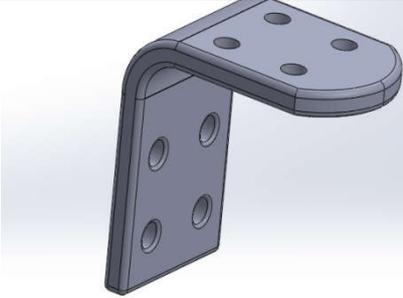
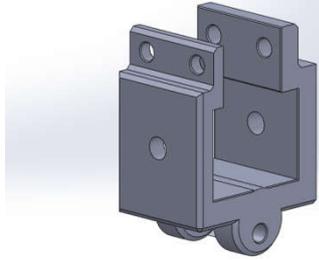
**Tableau III .1:** conception des pièces standards.

Nom du Pièce	Nombre	Rôle	Figure
palier lisses	16	Utilisé pour supporter et Guidage en rotation	

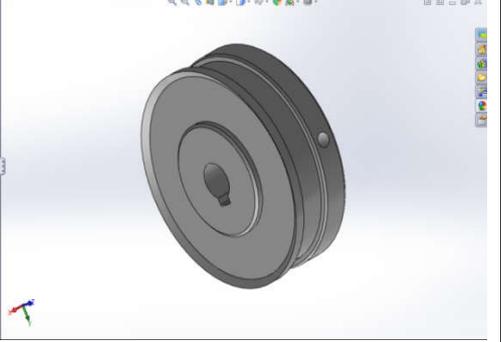
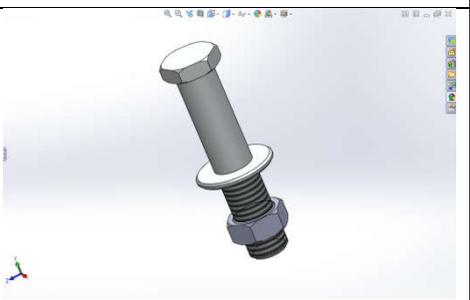
## Chapitre III : Processus de conception

Roulement de palier	16	Assure le guidage en rotation	
Palier à roulement	16	Utilisé pour supporter et guider en rotation	
Rouleau en caoutchouc	06	Utilisé pour étirer et faire passer le papier pour éviter les plis et pour garder le papier tendu	
Rouleau en caoutchouc	02	Pour tirer le papier	
Manivelle	01	Pour produire un mouvement de rotation autour de son axe	

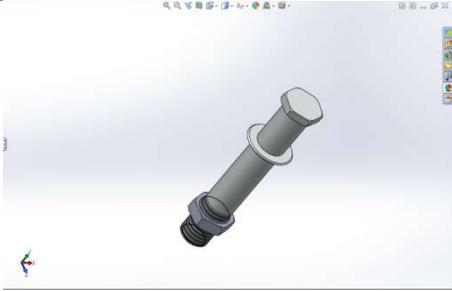
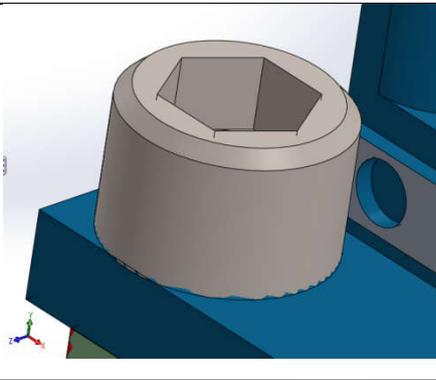
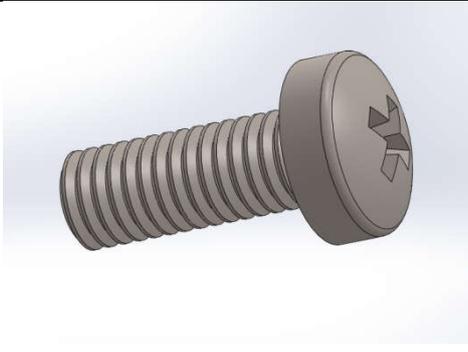
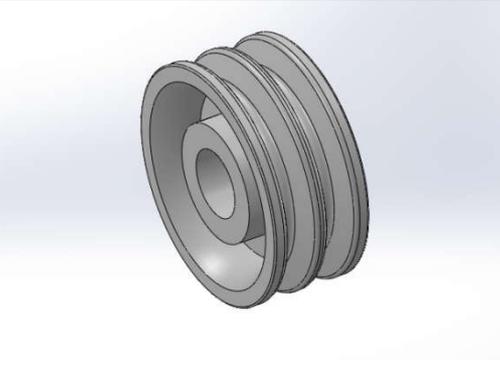
## Chapitre III : Processus de conception

Cadre	01	Pour convertir le mouvement rotatif en un mouvement linéaire	
Arbre cannelé	01	Pour tourner la manivelle	
Support de fixation	02	Pour accrocher la tige	
Support de fixation forme L	02	Son rôle est de porter la table	
Support de roue coupante	05	Elle est utilisée pour fixer l'ensemble de roues de coupe.	

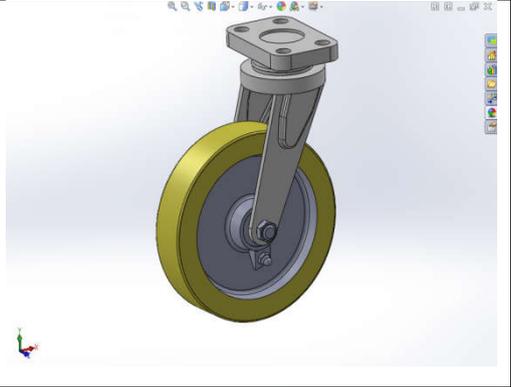
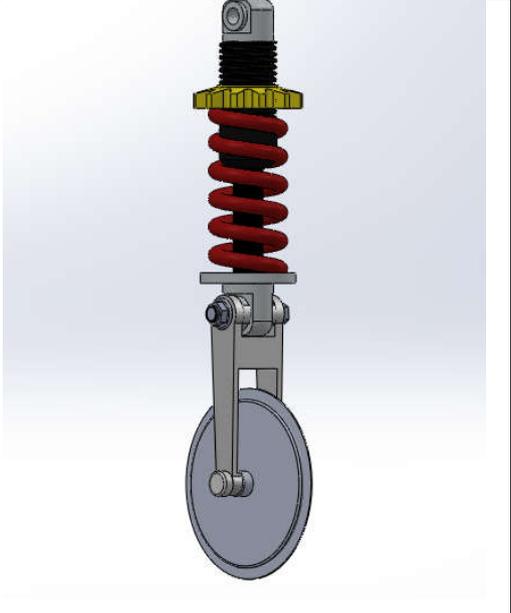
## Chapitre III : Processus de conception

Tige	02	Sa fonction est de supporter le poids de la table.	
Lame Coupante	01	Pour couper les feuilles horizontalement	
Porte-lame	01	Il est utilisé pour tenir la lame de coupe	
Poulie	02	Transmettre le mouvement entre les organes	
Boulon à tête hexagonale	09	Pour assurer le serrage des pièces	

## Chapitre III : Processus de conception

Boulon à tête hexagonale	40	Assure le serrage des pièces	
Boulon à tête hexagonale	56	Assure le serrage des pièces	
Vis à tête cylindriques à six pans creux	04	Il est destiné à réaliser la fixation entre deux pièces (liaison plan sur plan démontable)	
Vis à tête fraisée cruciforme	08	Pour l'assemblage et la fixation de pièces	
Poulie double gorge	01	Transmettre le mouvement entre les organes	

## Chapitre III : Processus de conception

Roue	05	Le guidage des feuilles de papier	
Accouplement	01	lier deux pièces mobiles d'une machine tournante	
Les coupeurs	05	Pour découper en largeur du papier	

### 4. Les sous assemblages:

#### 4.1. Sous assemblage 1 (structure de la machine)

La figure suivante représente l'assemblage de la structure principale avec le porte bobine et les plaques, nous avons d'abord réuni la structure principale et le porte bobine par assemblage boulonnées (boulon a tête hexagonale filetage partiel (M24×160)) ensuite nous avons assemblé les plaques avec le cadre par (M20× 120).

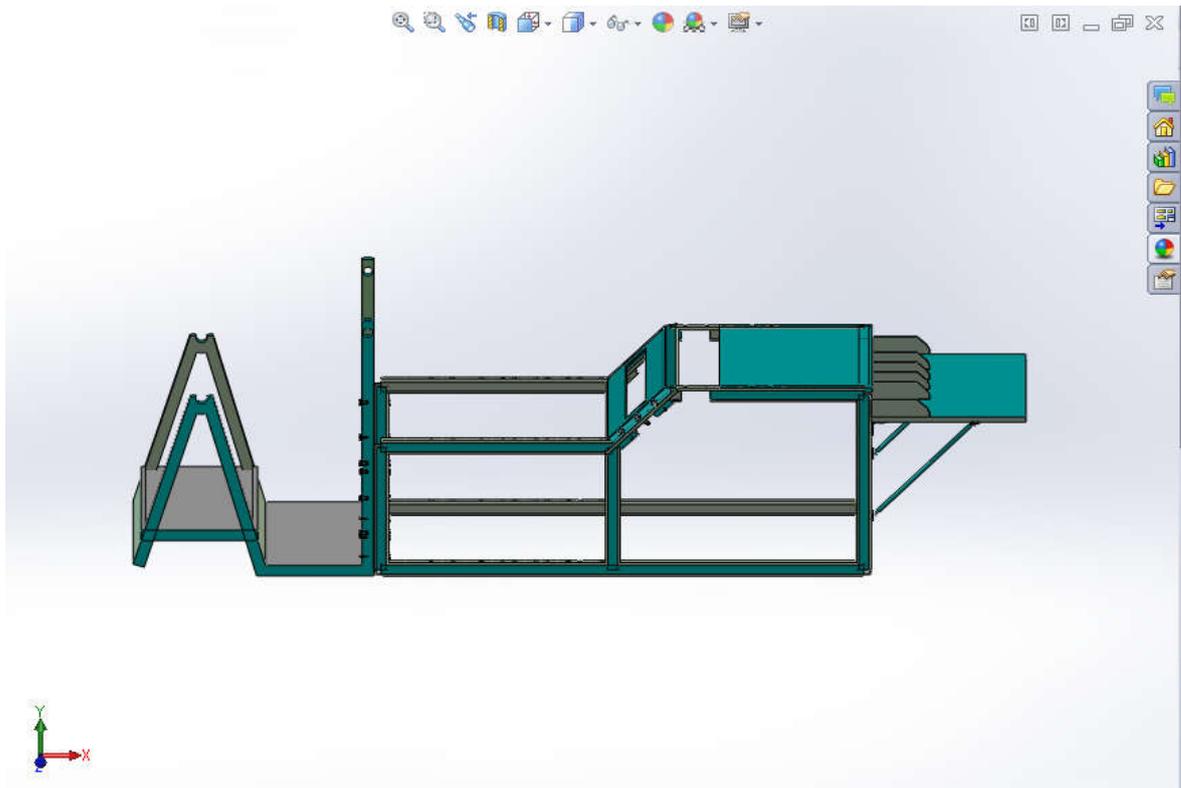
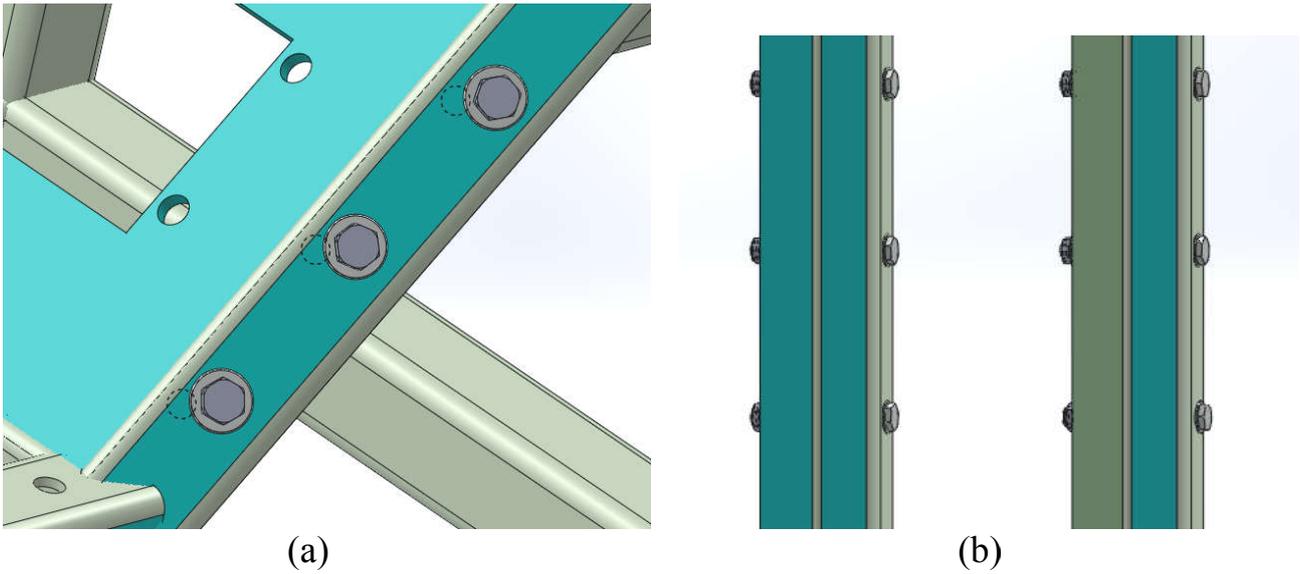
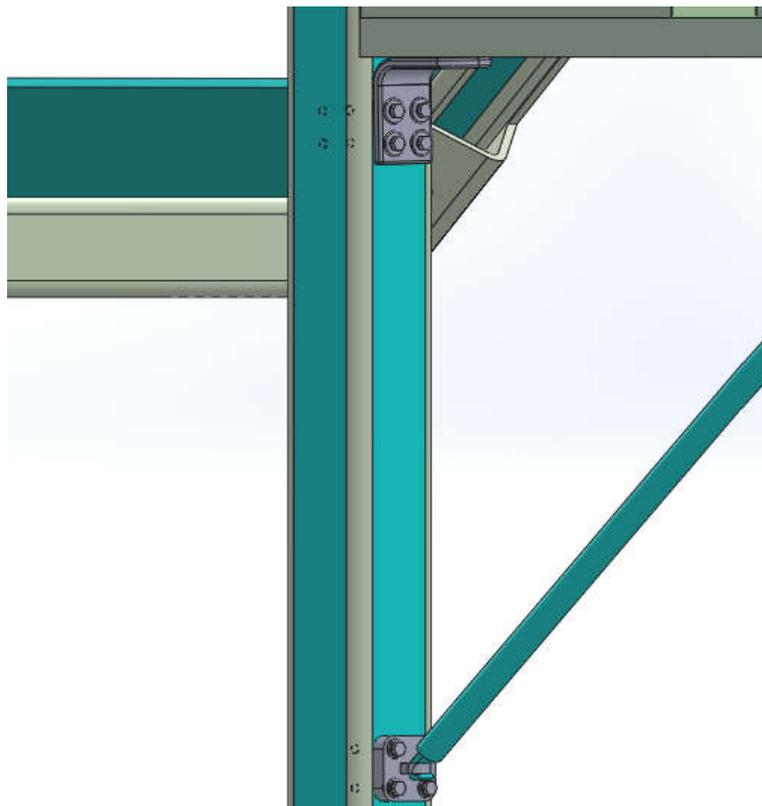


Figure III. 8:structure de la machine.



**Figure III.9:** De gauche à droite: (a) assemblage de la plaque avec le bâti, (b) assemblage de porteur de bobine avec le bâti.



**Figure III.10:** Assemblage de la table avec le bâti.

### 4.2 Sous assemblage 2 (système de roues de découpe):

Ce système est composé d'une barre d'acier de longueur (1340 mm) avec dimensions (50× 40)mm, sur laquelle est montée cinq roues de coupe. nous avons utilisé des supports maintenus avec des vis à tête hexagonale entièrement filetée –DIN933-M8× 70 –CLASSE 8.8 ZINGUE). Puis nous avons fixé le système de roues de découpe par assemblage boulonnés (visa tête hexagonale entièrement filetée –DIN933-M8× 40 –CLASSE 8.8 ZINGUE).

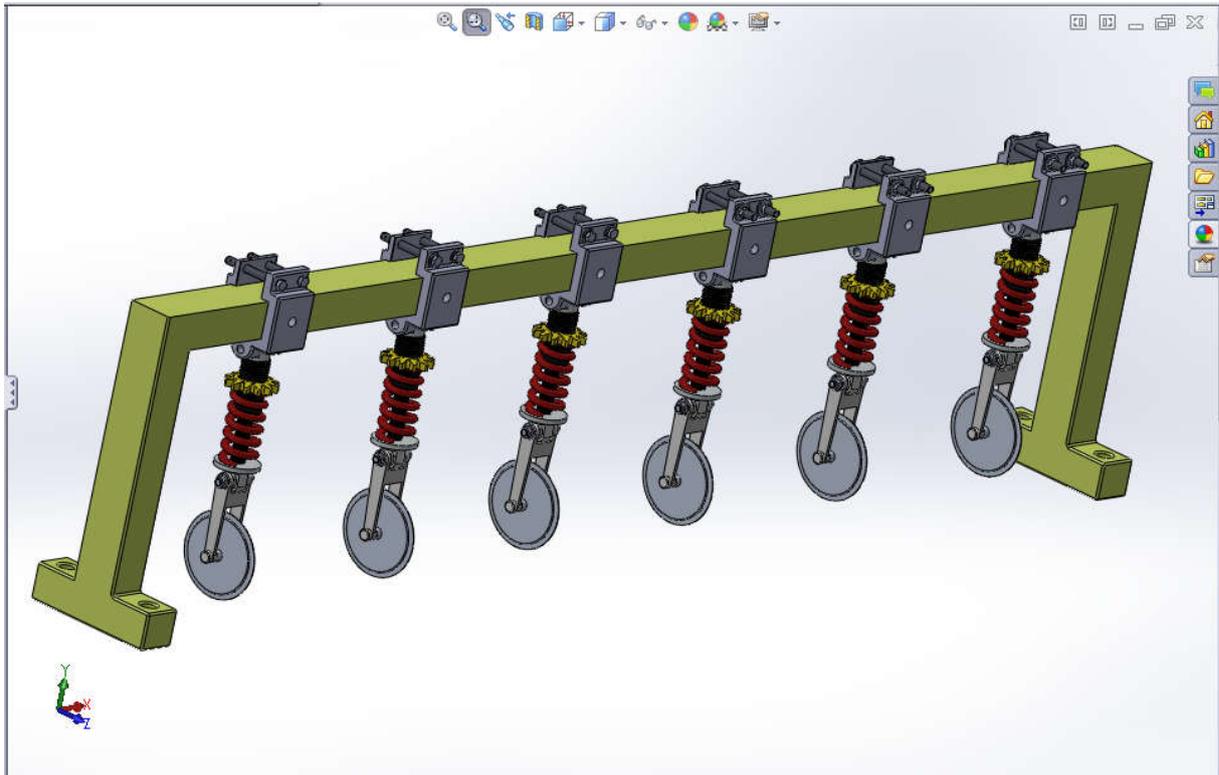
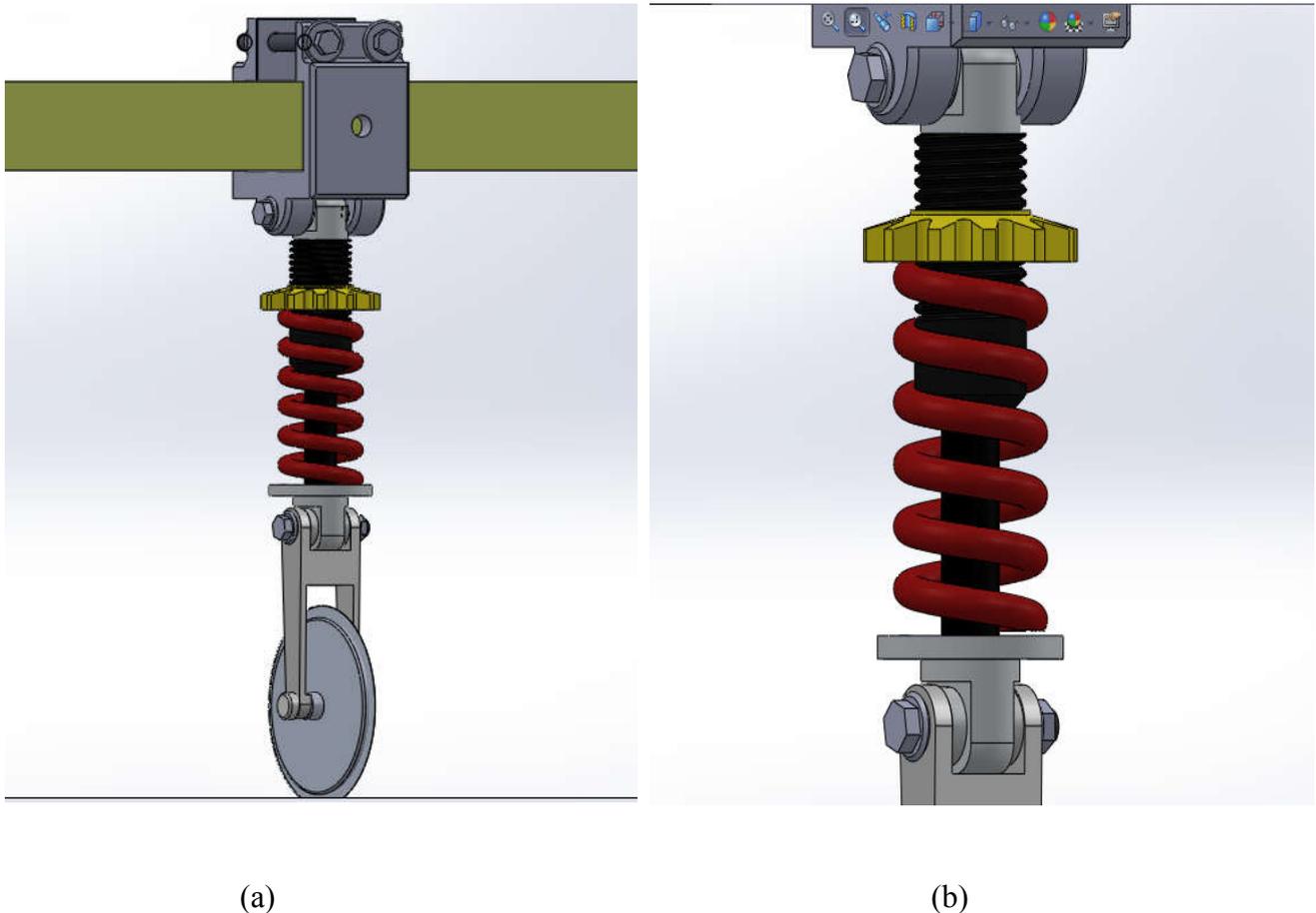


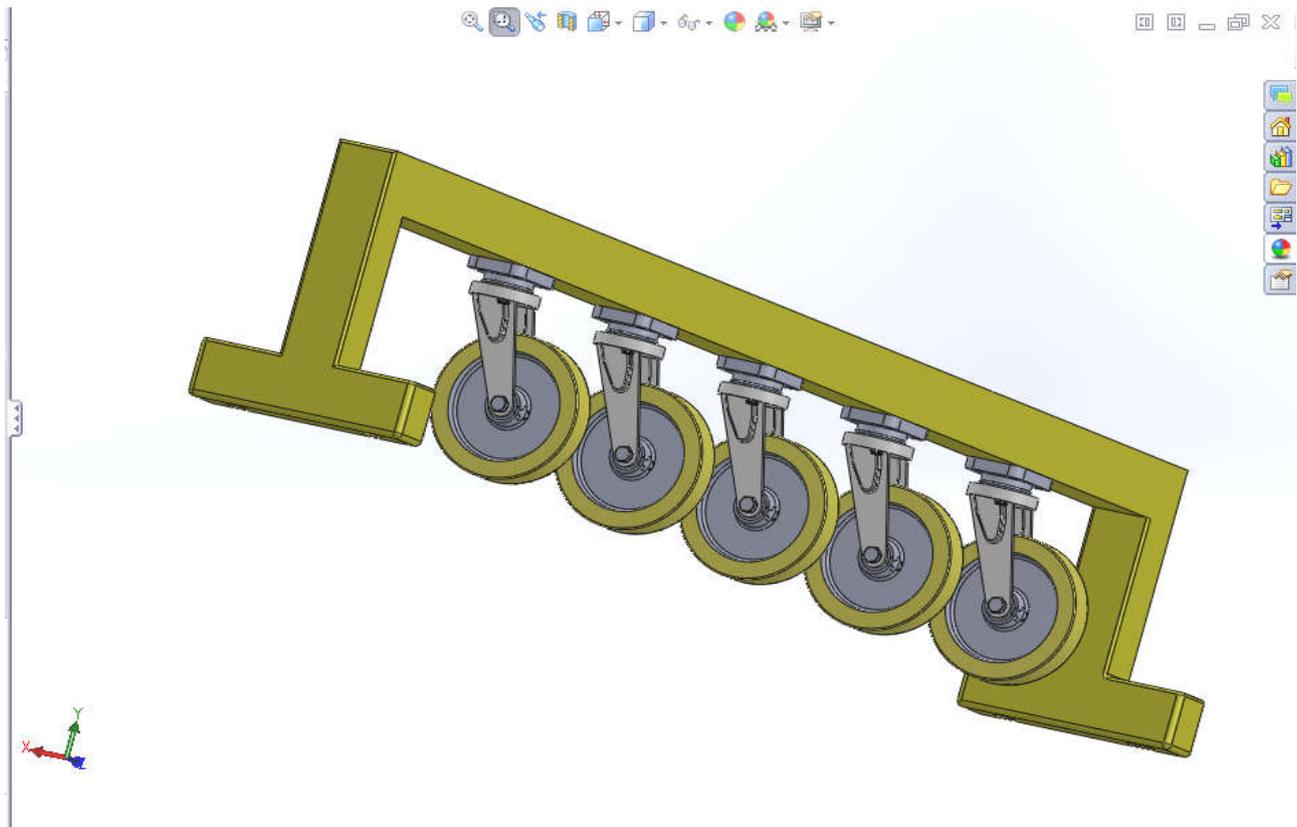
Figure III.11: Assemblage de système de roues découpe.



**Figure III.12:** sous assemblage de roues de coupe : (a) assemblage du ressort de suspension avec la tige en acier (b) assemblage de la roue de coupe rotative avec la tige.

### 4.3 Sous assemblage 3 (système de guidage du papier)

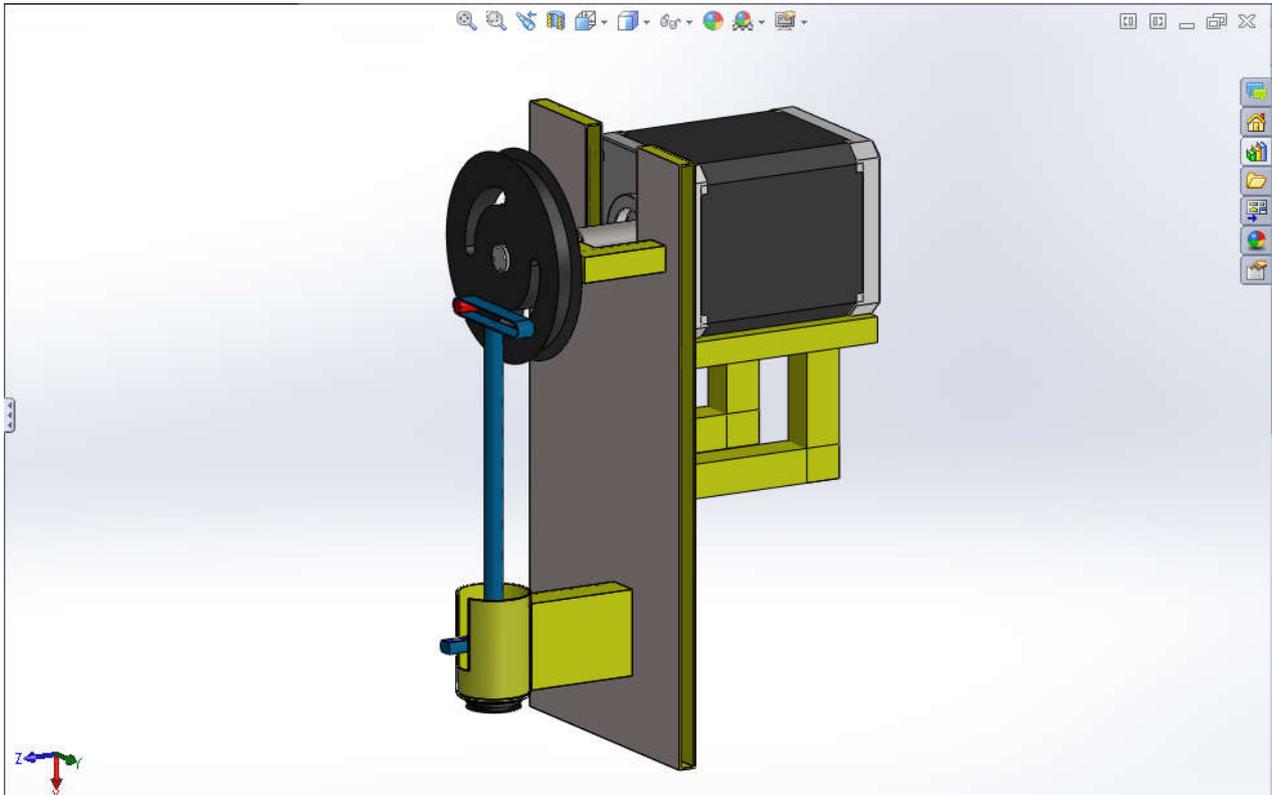
Ce système se compose de cinq roues pour presser le papier et régulariser la vitesse d'enroulement du papier. Les roues sont fixées sur une barre d'acier de longueur (1340mm) et de dimensions (40× 50)mm.



**Figure III.13:** assemblage des roues de guidage.

#### **4.4 Sous assemblage 4:(mecanisme de Scotche Yook):**

Le rôle de ce système est de déplacer la lame de coupe verticalement. C'est un système bielle-manivelle qui sert à convertir le mouvement rotatif de moteur en un mouvement linéaire d'une lame de coupe coulissante. Ce système se compose d'un bâti, moteur pas à pas, mécanisme de conversion de mouvement, et la lame de coupe.



**Figure III.14:** Assemblage de mecanisme Scotche Yook.

### 4.5. Sous assemblage 5 (porte-lame de coupe):

La figure suivante est celle de la lame de coupe fixée par quatre vis sur la tige de guidage.

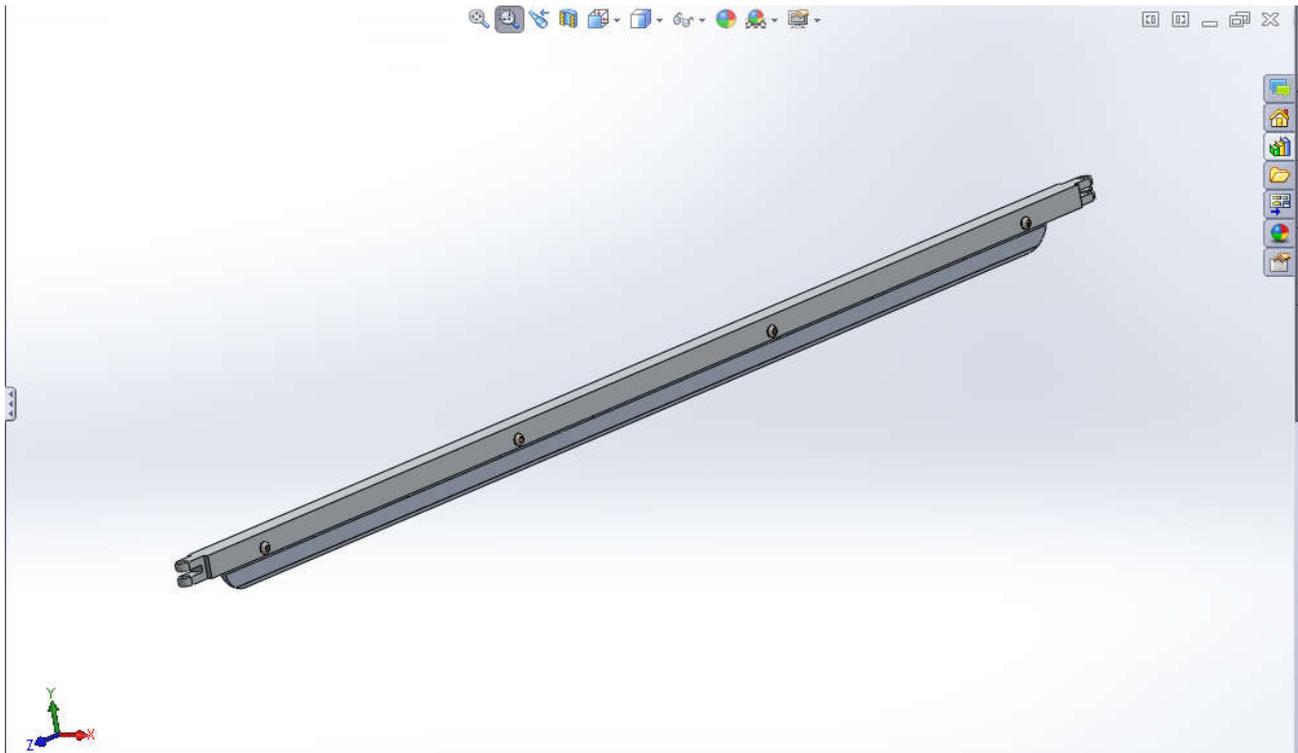


Figure III.15: assemblage porte-lame.

### 4. Montage de la machine:

Plusieurs étapes intermédiaires sont indispensables pour le montage de la machine de coupe :

1. Assemblage du motoréducteur entraineur de la bobine de papier avec le bâti (figure III.15).

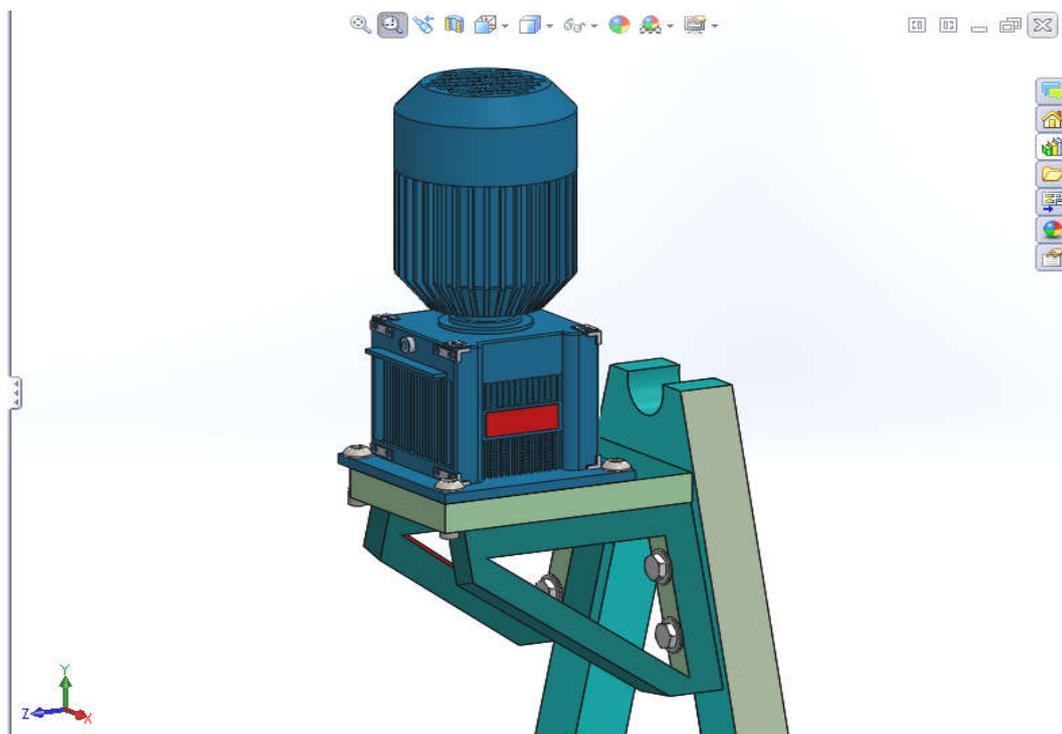


Figure III.16: Montage de moteur.

## Chapitre III : Processus de conception

2. Montage de l'arbre de la bobine (figure III.16 et III.17).

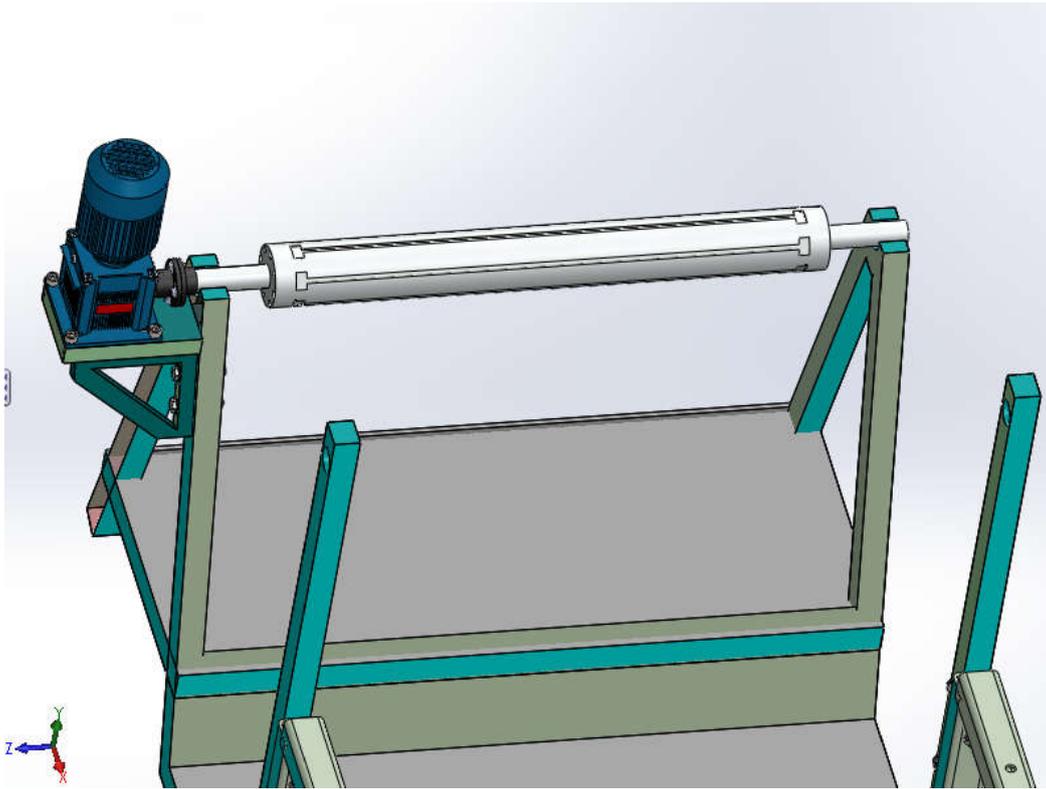


Figure III.17: Montage de l'arbre.

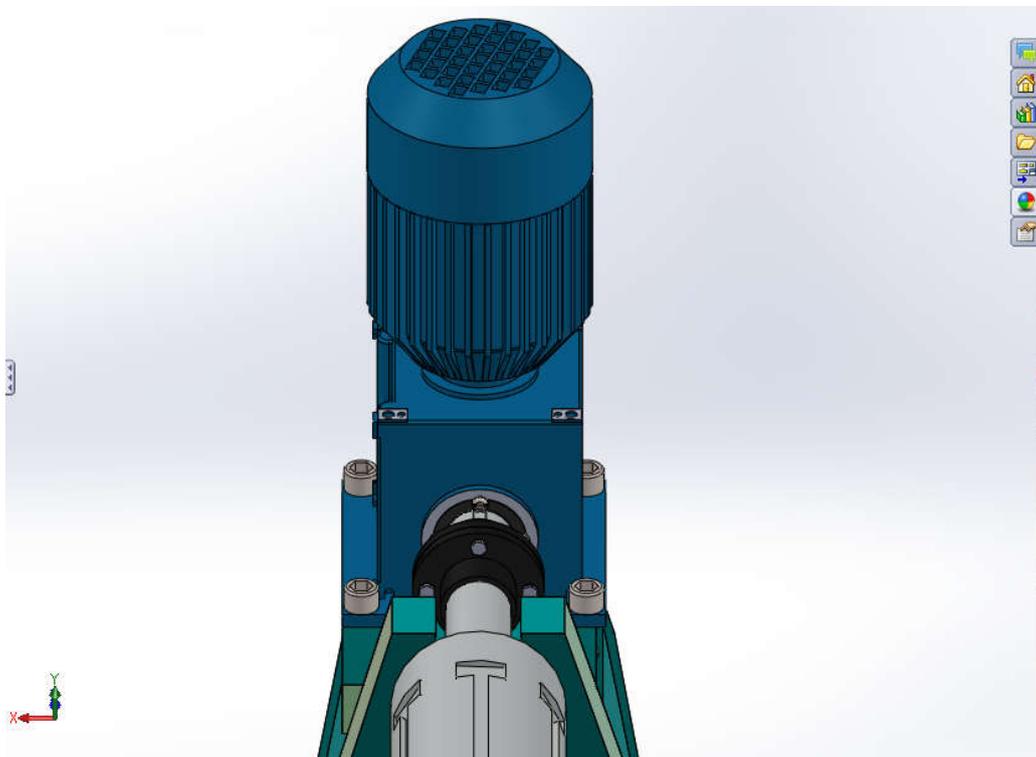


Figure III.18: Assemblage de l'arbre avec le moteur.

## Chapitre III : Processus de conception

3. Montage des paliers à roulement (figure III.18) et des rouleaux en caoutchouc (figure III.19)

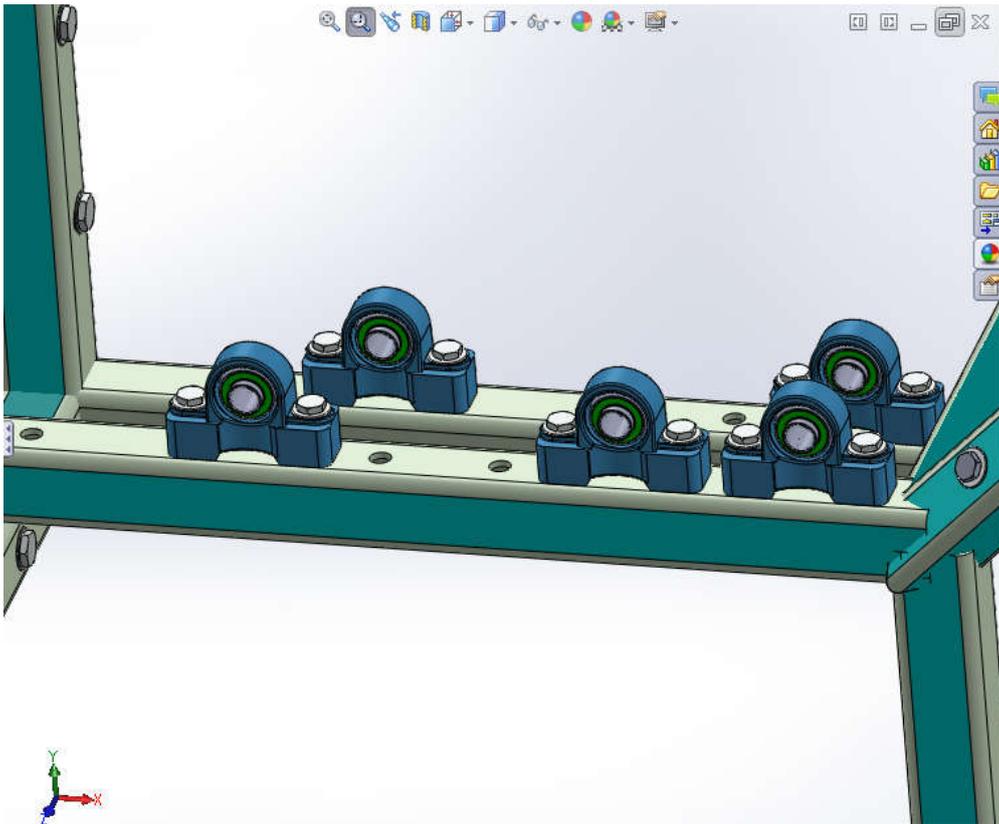


Figure III.19: Assemblage des paliers a roulements.

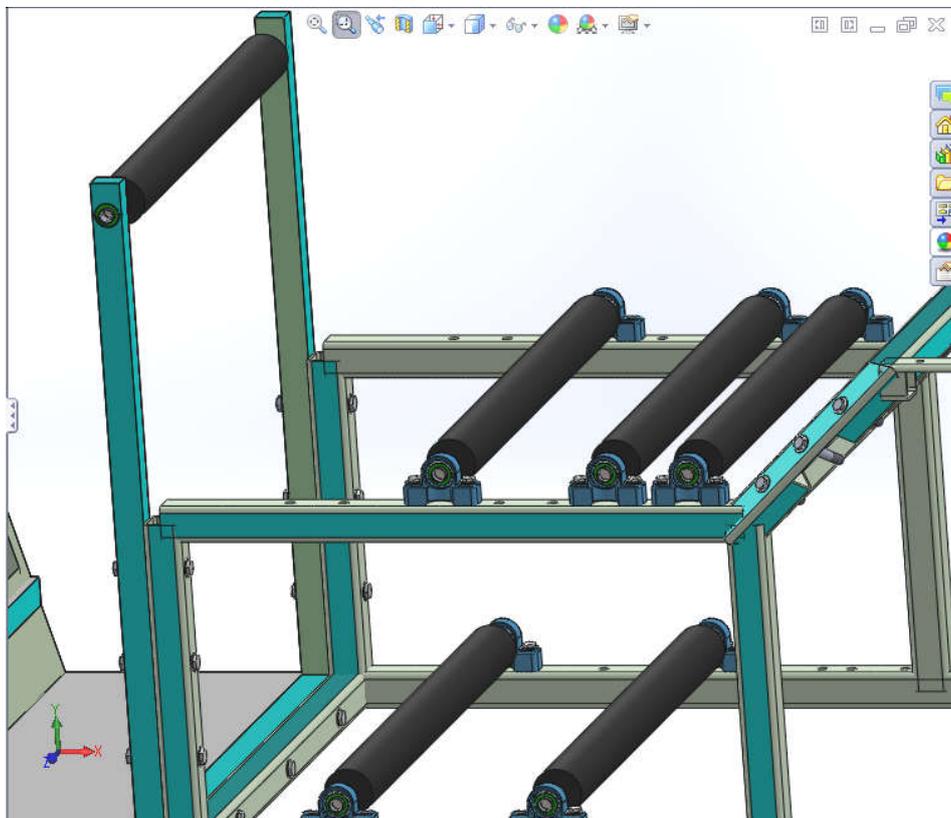
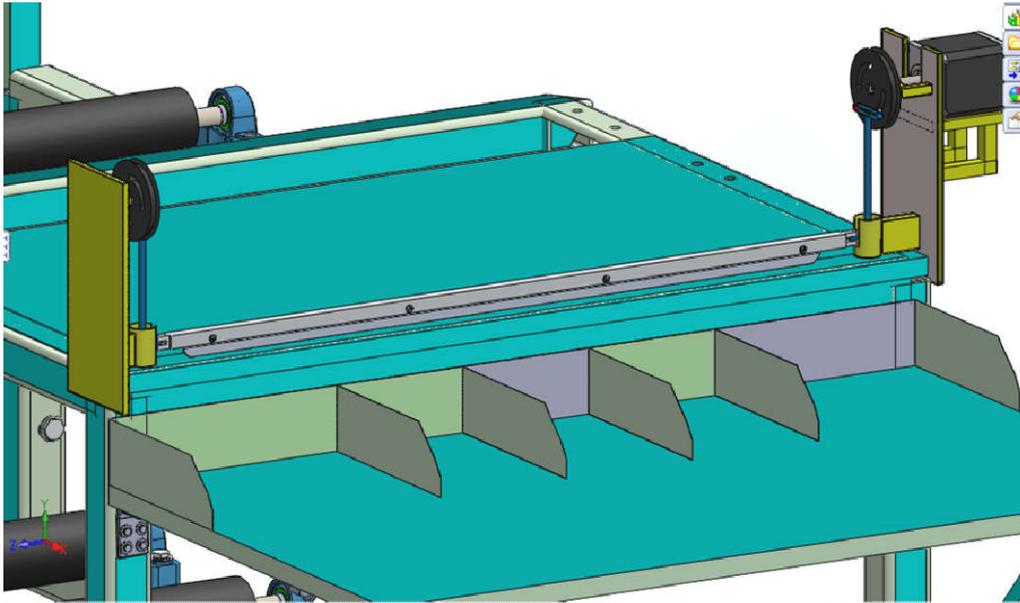


Figure III.20: Montage des rouleaux en caoutchouc.

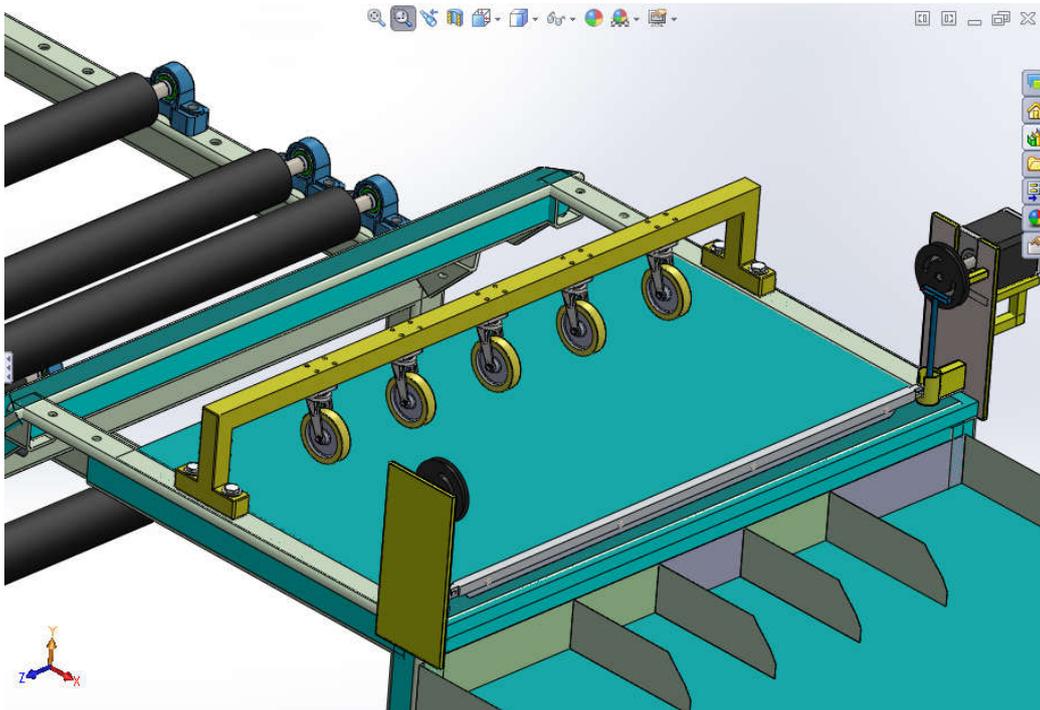
## Chapitre III : Processus de conception

4. Montage de système de la de lame de découpe (figure III.20).



**Figure III.21:** Assemblage de système de coupe.

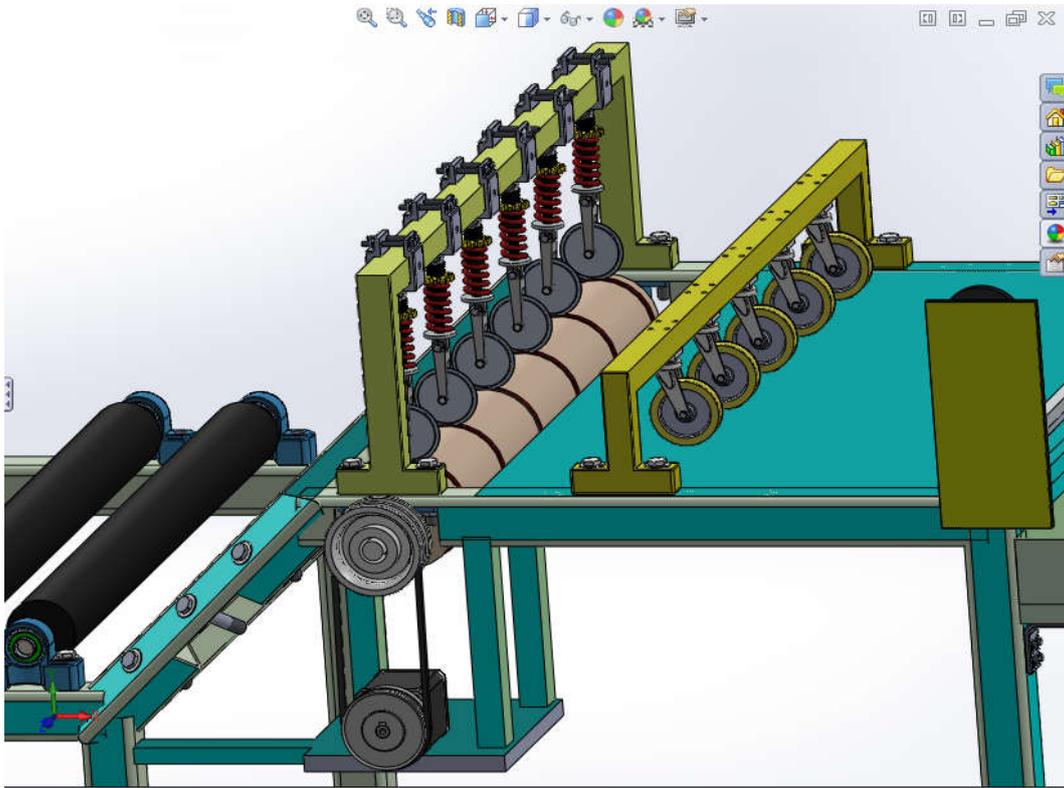
5. Montage du système de roues de guidage (figure III.21).



**Figure III.22:** Assemblage de système de guidage avec le bâti.

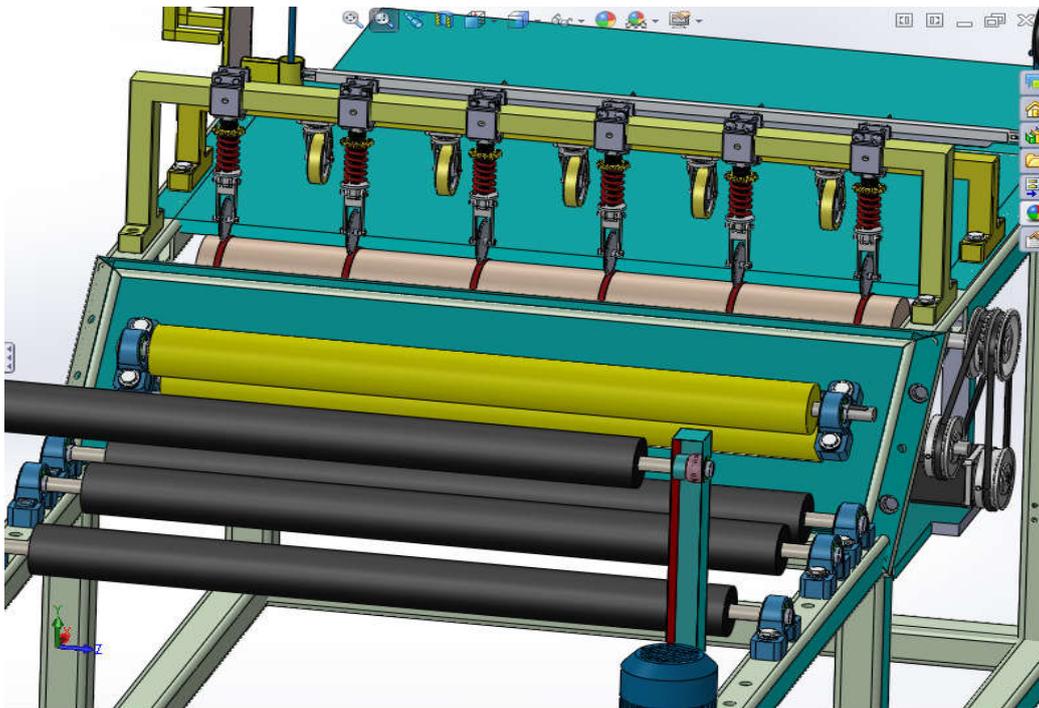
## Chapitre III : Processus de conception

### 6. Montage des roues de découpe (figure III.22).



**Figure III.23:** Installation de système de roues de découpe.

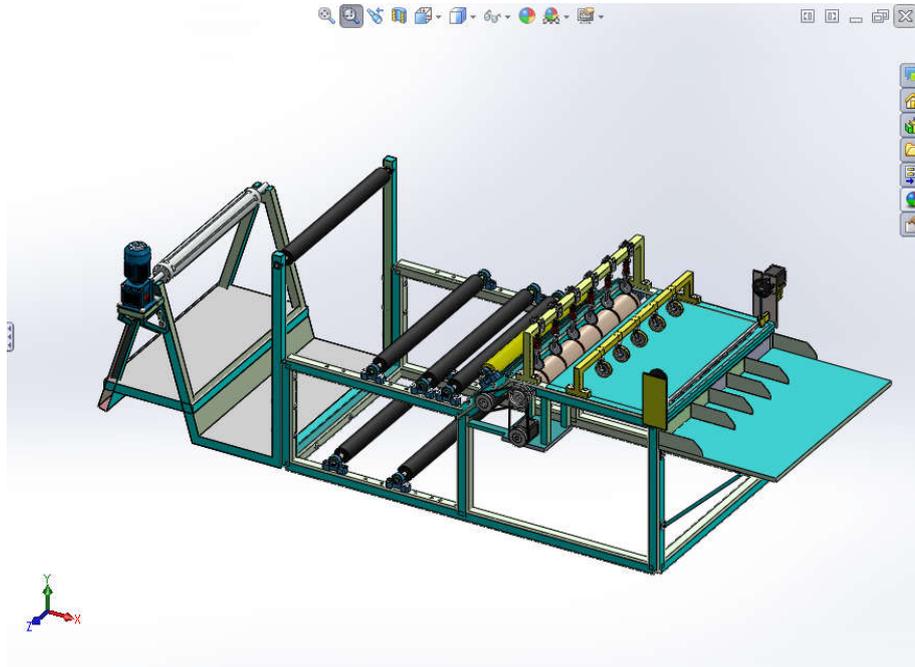
### 7. Montage du système de défilement de papier (voir la figure III.23).



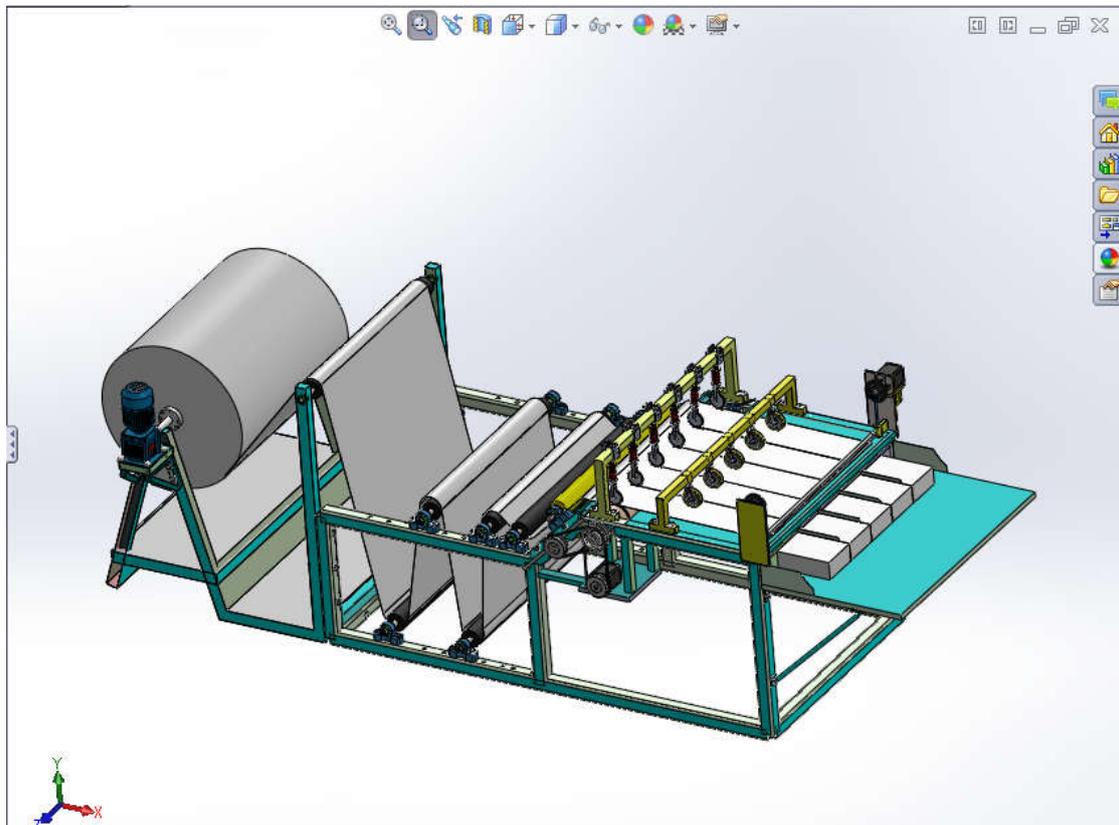
**Figure III.24:** installation de système de défilement du papier.

## Chapitre III : Processus de conception

La figure III .24 suivante est celle de la machine de découpe après montage de l'ensemble des sous-systèmes et la figure III.25 qui suit montre le montage de la bobine de papier sur la machine.



**Figure III.24:** Assemblage finale de machine.



**Figure III.25:** Machine de découpe de papier en fonctionnement.

*Chapitre IV: Validations des solutions  
technologiques retenus*

### **1. Introduction:**

Chaque fois que l'on conçoit une machine automatique se pose le problème du choix et du dimensionnement des moteurs, des actionneurs, poulie-courroie, vis-écrou, des pignons, arbres ...etc.

Ce chapitre concerne deux parties une partie mécanique qui décrit les solutions technologiques, techniques, choix de matériel utilise, des calculs et des dimensionnements. Une partie électrique qui décrit l'étude des circuits utilisés.

### **2. Partie mécanique:**

#### **2.1. Choix des moteurs:**

Le choix des moteurs est essentiellement basé sur une comparaison avec des systèmes industriels, ensuite sur les besoins en termes de couple pour le bon fonctionnement de la machine et finalement par les contraintes des coûts et disponibilité des moteurs sur le marché [17].

Dans ce travail on choisit un motoréducteur qui compose d'un moteur électrique monophasé ou triphasé et un réducteur.

- **Pour quoi le choix d'un moteur réducteur?**

Le principe de celui-ci est de réduire la vitesse de sortie grâce à un système de pignon, tout en augmentant le couple. Il simplifie la transmission poulie/courroie et permet de gagner en encombrement et en couple. L'usage d'un réducteur permet de réduire également la vitesse de rotation d'un moteur électrique qui généralement est de 1500 tours/min. On peut obtenir de très faibles vitesses allant jusqu'à 2 ou 1 tour/min.

- **Comment on a choisi notre motoréducteur ?**

Le choix final du moteur dépend de la vitesse de rotation, si nous revenons au cahier de charge on trouve la vitesse de couple finale 200 couple /min. C'est ce que ça veut dire que la manivelle tourne de 200 tours /min (1 tour=1 couple). Puisque la vitesse est constante donc nous avons besoin d'une vitesse de sortie de 200 tours /min.

### 2.1.1. Caractéristiques des réducteurs de vitesses:

Quand ils ne sont pas montés sur des moteurs, les réducteurs de vitesse se définissent principalement par leur rapports de réduction (indice) et leurs caractéristiques mécaniques .l'indice est la proportion entre la vitesse de sortie et celle d'entrée [18]. .

Le rapport de réduction se défini simplement :

$$i = \text{vitesse d'entrée} / \text{vitesse de sortie}$$

Donc il est facile de connaitre notre moteur est notre réducteur a partir de la vitesse de sortie (N2), vous trouves ci-dessous un tableau avec les vitesses de sortie théoriques en fonction de quelques indices courants pour des moteurs 1500 tr/mn (4 pôles) et 3000 tr/mn (2 pôles)

Indice	Vitesse d'entrée en tr/mn	
	1500	3000
	Vitesse de sortie en tr/mn	
5	300	600
7.5	200	400
10	150	300
15	100	200
20	75	150
25	60	120
30	50	100
40	37.5	75
50	30	60
60	25	50
80	18.75	37.5
100	15	30



**Tableau IV.1:** tableau des indices correspondants aux réducteurs [18].

Pour obtenir une vitesse de sortie de 200tr/mn on a choisit un moteur de 3000 tr/mn et un réducteur d'indice 15.

### **2.1.2. Critère de choix du moteur:**

Pour le moteur on a choisit un moteur asynchrone triphasé de 2 pôles et 3000tr/mn (série T).

#### **2.1.2.1. Définition:**

Les moteurs asynchrones triphasés sont les moteurs les plus employés le plus fréquemment dans l'industrie. Ils possèdent en effet plusieurs avantages ; simplicité, robustesse, prix peu élevé et entretien facile. Le moteur asynchrone triphasé (parfois appelé moteur à induction) comprend deux parties: le stator (fixe) et le rotor (tournant) [19].

#### **2.1.2.2. Avantage d'utilisation des moteurs à haut rendement :**

Il y a beaucoup d'avantages [4] pour employer les moteurs à induction à haut rendement :

- Ces moteurs à haut rendement produisent la même puissance de sortie, mais avec une puissance d'entrée électrique moindre que les moteurs standard.
- Fiabilité et rendement suffisamment élevé.
- Ces moteurs à haut rendement sont disponibles aux différentes puissances et avec différentes vitesses (750, 950, 1500, et de 3000 t/mn) à 220/380V.
- L'économie à employer un moteur à haut rendement est beaucoup plus grande que son coût initial.
- Ces moteurs à haut rendement ont typiquement 30-50 % de pertes inférieures que les moteurs standards équivalents.
- Panne réduite en raison de leur conception et construction.
- Donner beaucoup d'années de service valable au-delà de la période de remboursement initiale.
- Réduction de la sensibilité du facteur de puissance et le rendement aux fluctuations de tension et de charge.

#### **2.1.2.3. Maintenance du moteur :**

Les moteurs fonctionnent plus efficacement, durent plus longtemps et nécessitent moins d'attention s'ils sont nettoyés, refroidis, séchés et lubrifiés correctement. Les moteurs installés dans un environnement sévère et exposés à une grande humidité et à un lavage fréquent ont une durée de vie largement au-dessous de la moyenne. Des corps étrangers ne doivent pas bloquer les branchements corrects font prolonger la durée de vie du moteur et maintiennent un rendement optimal [19].

### **2.1.2.4. Caractéristique technique du moteur :**

Tension nominal=230 v.

N= 3000 tr/min.

Nombre de paires de pôles =2 pôles.

Fréquence =50 HZ

Nombres de phases =3 phases.

Rendement =0.9.

Système de refroidissement : IC 0151.



**Figure IV.1: moteur électrique [20].**

### **2.1.3. Critère de choix de réducteur:**

Dans ce choix on a utilise un réducteur à couple conique.

#### **• Pour quoi le choix de ce types de réducteurs?**

La principale caractéristique des réducteurs à couple conique, c'est leur renvoi d'angle, qui permet à l'utilisateur de changer le système de rotation de la machine. Vous pourrez ainsi passer d'un système de rotation transversale à un système de rotation longitudinal [21].

#### **2.1.3.1. Avantages de réducteurs à couple conique [21] :**

- Les réducteurs à couple conique sont compacts. Ils sont également robustes et peuvent supporter de grandes puissances.
- Pour obtenir d'un couple élevée. .
- La robustesse de leur denture vous permettra de les utiliser avec des moteurs asynchrones triphasés, ou des servomoteurs synchrones ou asynchrones.
- Les réducteurs à couple conique sont silencieux, ce qui permet une utilisation agréable.
- ils ont un rendement élevé et sont peu gourmands en énergie.

**2.1.3.2. Inconvénients des réducteurs à couple conique:**

- les réducteurs à couple conique sont très onéreux et leur maintenance est difficile.



**Figure IV.2:** Réducteur a couple conique [21].

**2.1.4. Caractéristiques techniques de réducteur :**

Nous avons choisir un réducteur Mb 4101.

Propriétés de réducteur Mb 4101:

- ✓ Moment nominal de sortie: jusqu'à 45 Nm.
- ✓ Puissances : de 0,045 à 0,75 kW.
- ✓ Rapports de réduction : de 5 à 100.
- ✓ Rendement : de 47 % à 88 %.
- ✓ Fonctionnement très silencieux.

**Le couple de sortie exprimé par :**

$$C = \frac{P \times 9550}{n_s} \times \text{rendement reducteur} \quad (4.1)$$

Avec :

P : puissance du moteur en KW.

$n_s$  : vitesse de rotation en sortie de réducteur en tr/mn.

C : couple de sortie en N.m

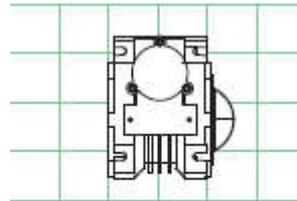
A.N:

$$C = \frac{0,75 \times 9550}{200} \times 0,88 \quad (4.2)$$

$$C = 31,515 \text{ N.m}$$

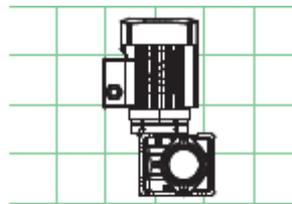
Type de sortie :

Arbre creux de diamètre:  $\varnothing = 45 \text{ mm}$



**H**  
Arbre creux

Type de montage :



**S - H - B7**

Moteur 2P (3000 min <sup>-1</sup> )			
Caractéristiques réducteur			
Vitesse min <sup>-1</sup>	Réduction	C <sub>max</sub> Nm	HL c
			Fr
28,0	100	23	2380
35,0	80	25	2180
46,7	60	28	1930
56,0	50	30	1780
70,1	40	31	1630
93,4	30	34	1420
112,1	25	28	1370
140,1	20	29	1240
186,8	15	31	1070
280,2	10	21*	970
373,6	7,5	16*	890
560,4	5	11*	790

\* Limitation du couple pour une puissance maxi de 750W

**Figure IV.3:** caractéristiques du réducteur Mb4101 [22].

### 2.1.5. Descriptif des reducteurs MB 4101:

Les réducteurs Multibloc Mb 4101 peuvent être associés aux motorisations suivantes :

- **moteurs asynchrones monophasés :**

- moteur LS de 0,06 à 0,75 kW
- moteur LS frein FMD de 0,06 à 0,75 kW

- **moteurs asynchrones triphasés :**

- moteur LS de 0,045 à 0,75 kW
- moteur LS frein FMD de 0,045 à 0,75 kW
- moteur LS frein FCR de 0,18 à 0,75 kW

- **moteurs à courant continu :**

- MFA de 0,075 à 0,37 kW (3000 min<sup>-1</sup>)

- **motovariateurs électroniques :**

- MVE de 0,075 à 0,37 kW (3000 min<sup>-1</sup>)

- **moteurs à courant continu basse tension**

(12 à 48 V):

- MBT de 0,07 à 0,75 kW

### **3. Avant- projet d'un arbre :**

#### **3.1.Introduction :**

Le calcul des efforts peut en général être mené sur un schéma de principe de la chaîne cinématique .l'avant-projet consiste à dessiner l'arbre réel, de telle façon qu'il soit capable de supporter ces efforts

- En résistant suffisamment longtemps.
- Sans trop se déformer.
- Sans vibrations exagérées.

#### **3.2.Définition :**

Un arbre [23] est une pièce rotative ou fixe, normalement de section circulaire, qui support généralement des engrenages, poulies, volants manivelle, pignons de chaîne ou autres élément qui transmettre un mouvement ou une puissance.

L'arbre est un élément de machine le plus fréquemment utilise, son rôle est multiple: en générale, il sert à transmettre la puissance d'un partie de la machine à un autre partie, à cause de sa géométrie et des ses fonctions, un arbre peut porter différents noms telle que :

- Arbre de transmission : Il transmet un couple d'un moteur une machine ou à un élément de machine.
- Arbre de renvoi : Il supporte des éléments des machines (engrenages, poulies, etc.) et il transmet un couple entre chaque élément.
- Essieu: arbre stationnaire (axe) ou rotative que ne transmet pas de couple, c'est-à-dire qui sert au positionnement suivant le rôle qui lui est dévolu.

### 3.3. Les aciers qui entrent dans la fabrication des arbres :

En générale, des aciers ordinaires au carbone, laminés à chaud, entrent dans la fabrication des arbres de transmission et des arbres qui n'ont pas besoin de caractéristiques de résistance particulières.

les arbres de machine soumis à des charges variables et les arbres tournant à haute vitesse nécessitent des aciers de plus grande résistance, donc des aciers peuvent subir des traitements thermiques (généralement de 0.35% à 0.55% de carbone). il est important de noter que la rigidité (de flexion ou de torsion) d'un arbre est directement proportionnelle au produit du module d'élasticité sont pratiquement les mêmes pour tous les aciers, l'augmentation de la rigidité d'un arbre en acier entraîne nécessairement l'augmentation de son diamètre.

Pour remplir certaines fonctions particulières, les arbres peuvent être fabriqués en matériaux autres que les aciers, alliage d'aluminium ou de titane, matériaux plastiques renforcés de fibres, alliages de cuivre [24].

### 3.4. Notion de moment idéal:

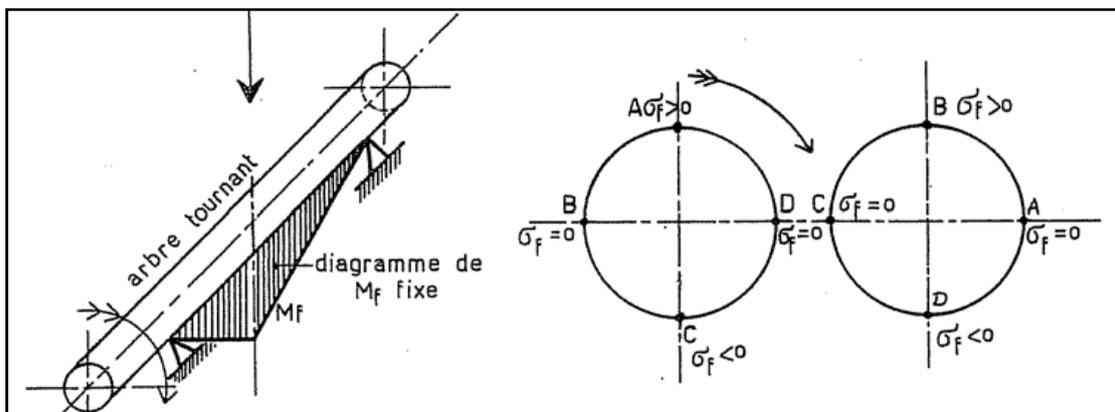


Figure IV.4 : fatigue d'un arbre tournant soumis à un moment de flexion [25].

La plupart des arbres sont soumis à la fois à de la flexion et de la torsion. dans la majorité des cas l'arbre tourne par rapport à la direction du moment de flexion. comme l'illustre la figure 4.1, il en

résulte que la contrainte de flexion en un point varie constamment entre un maximum positif et un minimum négatif de même grandeur. On dit que l'arbre est soumis à la fatigue. La résistance à la fatigue, mesurée par la contrainte maximale  $\sigma_f$  au cours de cycle menant à la rupture, est plus faible que la résistance statique et même que la limite élastique. À cela s'ajoutent les concentrations de contrainte, si bien qu'il faut se limiter, au niveau de l'avant-projet [25].

### 3.5. Marche à suivre :

Quelle que soit la méthode de calcul employée, la marche à suivre pour résoudre un problème est sensiblement la même, voici donc les principales étapes [24]:

- a- calculer les réactions dans les plans horizontaux et verticaux.
- b- déterminer la répartition des couples de torsion.
- c- déterminer la répartition des moments de flexion.
- d- calculer le moment résultant.
- e- déterminer la répartition des charges axiales.
- f- déterminer la section critique.
- j- calculer le diamètre nécessaire pour résister aux charges de la section critique ou vérifier la sécurité à la section critique (si le diamètre est connu à cet endroit).

### 3.6. Calcul du diamètre de l'arbre :

La figure IV.5 montre un arbre en acier de section circulaire de diamètre  $D$  et de longueur  $L=1500\text{mm}$ . Nous dimensionnons cet arbre utilisé dans une machine selon les données suivantes :

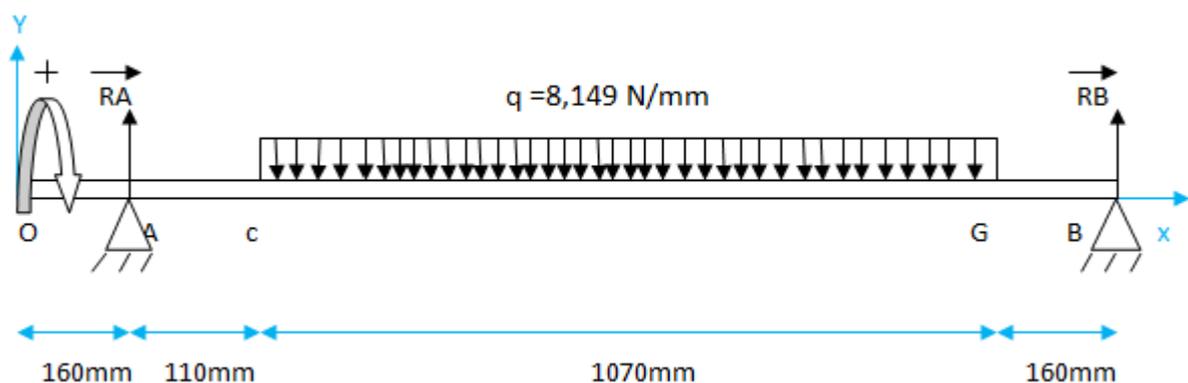


Figure IV.5: modèle statique réel.

#### Données:

La partie OA travaille en torsion

La partie AB travaille en flexion + torsion

Couple de sortie (C) = 31 000 N.mm

La contrainte admissible pour l'acier est :  $\sigma_{adm} = 200\text{N/mm}^2$

On prendre la plus grande masse possible

La masse volumique de papier est de  $\rho = 734.6 \text{ kg/m}^3$ .

Pour une bobine de longueur (L=1070 mm) et de diamètre ( $D_{max}=1200 \text{ mm}$ ):

$$V = \frac{\pi \times D^2 \times l}{4} = \frac{\pi \times (1.2)^2 \times 1.07}{4} = 1,210 \text{ m}^3 \quad (4.3)$$

La masse de bobine :

$$m = \rho \times V = 734,6 \times 1,210 = 888,866 \text{ Kg} \quad (4.4)$$

Le poids de bobine :

On prendre  $g=9,81\text{m/s}$ .

$$P = m \times g = 888,866 \times 9,81 = 8719,775 \text{ N} \quad (4.5)$$

Coefficient de charge :

$$q = \frac{P}{L} \quad (4.6)$$

Avec :

q = coefficient de charge repartie uniforme

p = poids de charge

L = longueur de la partie de l'arbre soumis au charge

**A.N:**

$$q = \frac{8719,775}{1070} \quad (4.7)$$

$$q = 8,149 \text{ N/mm}$$

L'étude des charges nous montres que l'on doit faire 3 coupes dans cet arbre afin de trouve le comportement complète.

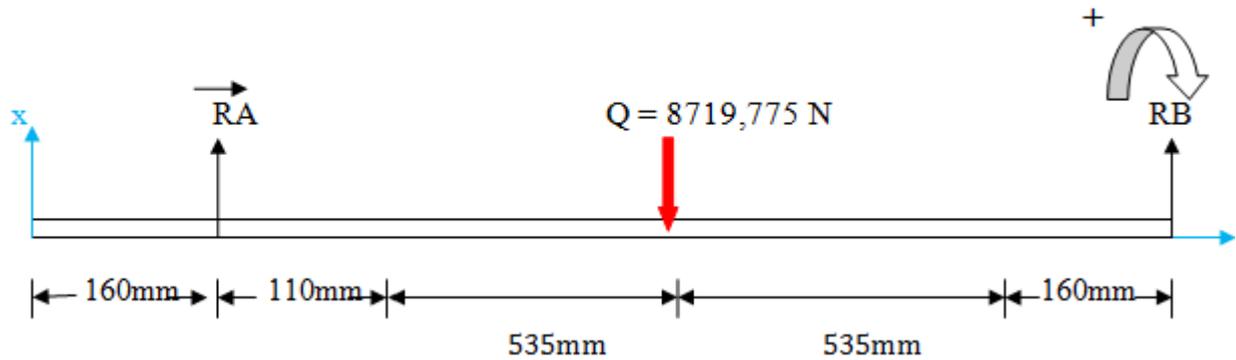


Figure IV.6: modèle statique équivalent.

**3.6.1. Calcul des réactions RA et RB :**

$$\sum \vec{F}/y = \vec{0} \quad (4.8)$$

$$R_A - q(1070) + R_B = 0 \quad (4.9)$$

$$R_A + R_B = q(1070) \quad (4.10)$$

A.N:

$$R_A + R_B = 8719,775 \text{ N} \quad (4.11)$$

$$\sum \vec{M}/A = \vec{0}$$

$$q(1070) \cdot \left(\frac{1070}{2} + 110\right) - R_B(1340) = 0 \quad (4.13)$$

$$R_B = \frac{q \cdot (1070) \cdot (645)}{1340} \quad (4.14)$$

A.N:

$$R_B = 4197,205 \text{ N}$$

On remplace la valeur de RA dans l'équation (4.11) :

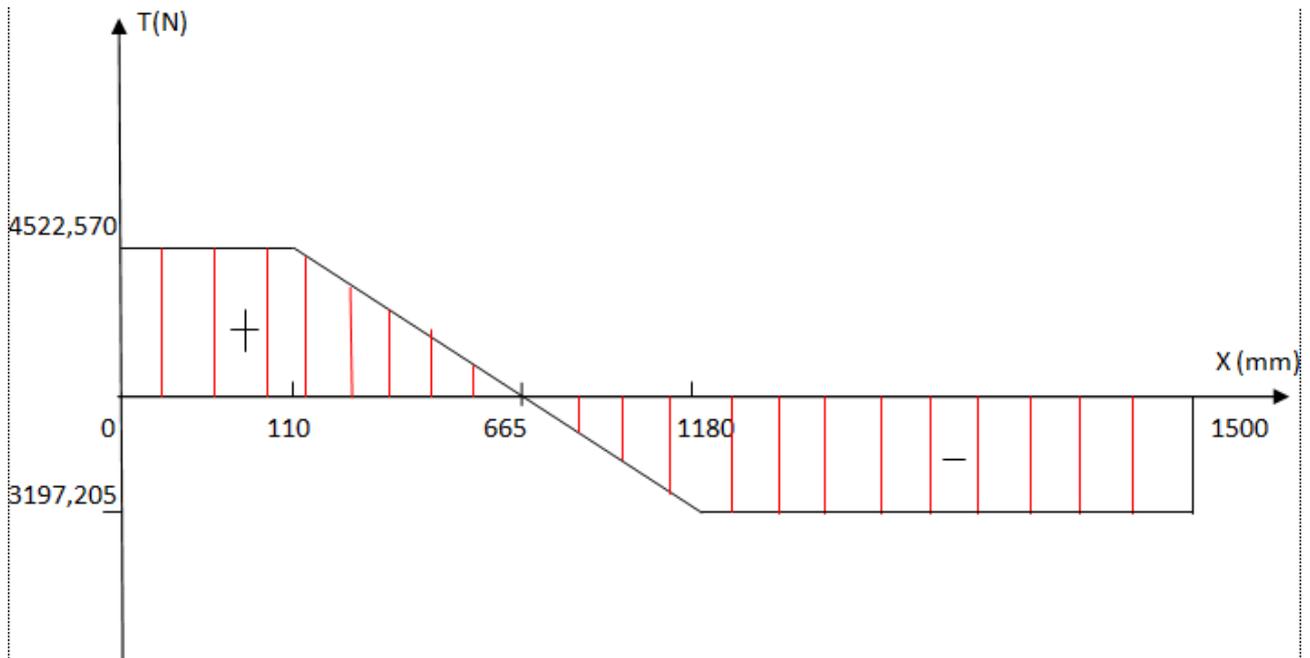
$$R_A = 4522,570 \text{ N}$$

**3.6.2. Calcul de moment fléchissant Mr et de l'effort tranchant T :**

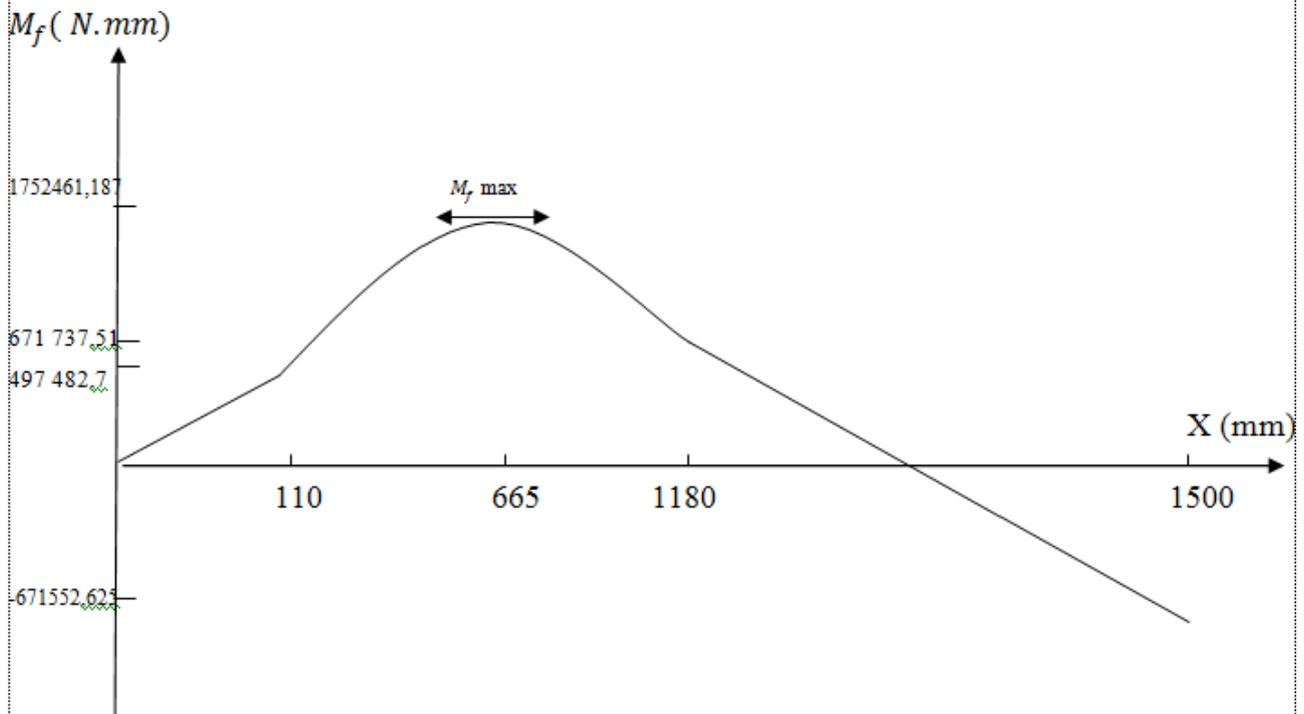
Partie	Equation et valeurs	schéma
AC	<p><b>1<sup>er</sup> tronçon <math>0 \leq x \leq 110</math> mm:</b></p> $T_1(x) = RA = 4522,570 \text{ N} \quad (4.15)$ $M_{f1}(x) = RA \cdot x = 4522,570 x \quad (4.16)$	
	$\left. \begin{aligned} M_{f1}(0) &= 0 \text{ N.mm} \\ M_{f1}(110) &= 497\,482,7 \text{ N.mm} \end{aligned} \right\}$	
CG	<p><b>2<sup>ème</sup> tronçon : <math>110\text{mm} \leq x \leq 1180\text{mm}</math> :</b></p> $T_2(x) = RA - q(x-110) \quad (4.17)$	
	$\left. \begin{aligned} T_2(110) &= 4522,570 \text{ N} \\ T_2(1180) &= -4197,205 \text{ N} \end{aligned} \right\}$	
	$M_{f2}(x) = RA \cdot x - q \cdot (x-110) \cdot \frac{(x-110)}{2} \quad (4.18)$	
	$M_{f2}(x) = RA \cdot x - \frac{q}{2} \cdot (x-110)^2 \quad (4.19)$	
	$\left. \begin{aligned} M_{f2}(110) &= 497\,482,7 \text{ N.mm} \\ M_{f2}(1180) &= 671\,737,55 \text{ N.mm} \end{aligned} \right\}$	
	$M_{f2}(x)' = RA - q(x-110) = 0 \quad (4.20)$	
	$x = (RA/q) + 110 = 665 \text{ mm} \quad (4.21)$	
$M_{f2}(665) = 1\,752\,461,187 \text{ N.mm}$		

<b>GB</b>	<p><b>3<sup>ème</sup> tronçon: <math>1180\text{mm} \leq x \leq 1500\text{ mm}</math>:</b></p> <p><math>T_{3\_}(x) = RA - q(1070) = - 4197.205\text{ N}</math> (4.22)</p> <p><math>M_{f3}(x) = RA.x - ((q.1070).(x-(110 + 535)))</math> (4.23)</p>	
	<p><math>M_{f3}(1180) = 671\,737,55\text{ N.mm}</math></p> <p><math>M_{f3}(1500) = -671\,552,625\text{ N.mm}</math></p>	

Les figures Figure IV.5 IV.6 représentent respectivement les diagrammes des efforts internes et des moments de flexion.



**Figure IV.7:** diagrammes des efforts internes.



**Figure IV.8:** digramme de moment de flexion.

Suivantes les diagrammes, le point le plus sollicité est le milieu de charge

$$M_{f\,max} = 1\,752\,461,187 \text{ N.mm}$$

$$M_{t\,max} = 31\,000 \text{ N.mm}$$

Critère de Von mises :

Suivante le critère de Von mises, le moment réduit est:

$$M_r = \sqrt{M_{f\,max}^2 + 0,75M_t^2} \quad (4.24)$$

A.N :

$$M_r = \sqrt{(1\,752\,461,187)^2 + 0,75 \cdot (31\,000)^2} \quad (4.25)$$

$$M_r = 1\,752\,666,814 \text{ N.mm}$$

On applique la condition de résistance pour calculer le diamètre de l'arbre D.

$$\sigma_{\text{éq}} \leq \sigma_{adm} \quad (4.26)$$

$$\frac{M_r}{W_f} \leq \sigma_{adm} \quad (4.27)$$

Avec :

$\sigma_{\acute{e}q}$  est la contrainte équivalent et  $w_f$  est le module de résistance à la flexion.

$$w_f = \frac{\pi \cdot d^3}{32} \quad (4.28)$$

Alors à partir des équations on trouve :

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_r}{\pi \cdot \sigma_{adm}}} \quad (4.29)$$

A.N:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 1\,752\,666,814}{\pi \cdot 200}} \quad (4.30)$$

$$d \geq 44,69 \text{ mm}$$

## 4. Les rouleaux en caoutchouc :

### 4.1 Fonction :

Utilisé pour étirer et faire passer le papier pour éviter les plis et pour garder le papier tendu.

Pour notre projet on à choisir des rouleaux en caoutchouc de caractéristique suivantes :

Diamètre de : 100 mm  
Couche en caoutchoc de : 68 mm  
Mandrine en aluminium de: 32mm  
Longueur de : 1500mm  
Poids : 10,7 kg



## 5. Les éléments de guidage et de positionnement :

Les paliers sont des organes utilisés en construction mécanique pour supporter et guider, en rotation, des arbres de transmission suivant l'usage désiré. Ces paliers peuvent être :

**a) Palier lisse :** Ou les arbres qui reposent sur des coussinets sont soumis au frottement de glissement entre les surfaces en contact (Figure IV.8).

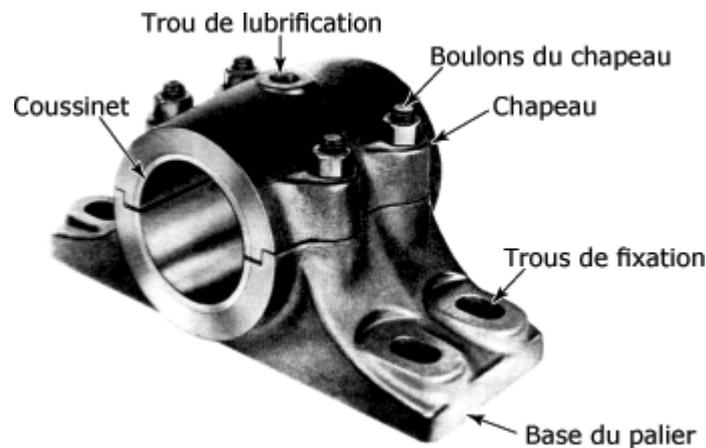


Figure IV.9 : Palier lisse [26].

**b) Palier à roulement :** Ou le contact s'effectue par l'intermédiaire de billes d'aguiilles ou de rouleaux contenus dans des cages



Figure IV.10 : Paliers à roulement (roulement à billes) [26].

**c) Palier magnétique :** les paliers magnétiques actifs permettent la sustentation sans contact d'un rotor tournant à très haute vitesses et très haute température (Figure IV.10).



**Figure IV.11:** Palier magnétique [26].

**d) Palier aérodynamique :** les palier aérodynamique (à aire, à gaz) ont reçu dans ces dernières décennies une attention considérable et trouvent des applications de plus en plus nombreuses dans les cas ou des vitesses élevées (Figure IV.11).



**Figure IV.12:** Palier aérodynamique [26].

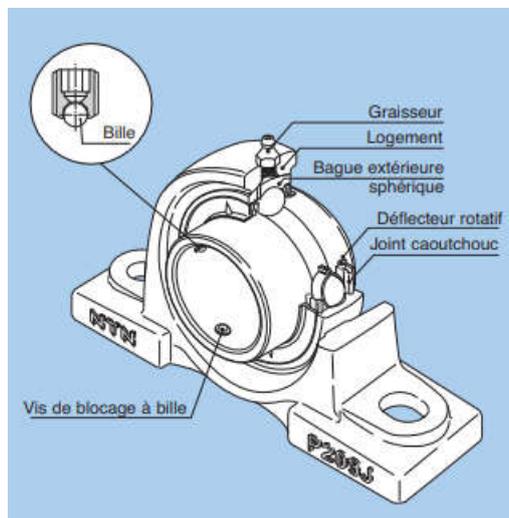
**e)Palier hydrodynamique :** lorsque les vitesses des machines tournants augmentent et atteignent les vitesses critique



**Figure IV.13** : Palier hydrodynamique [26].

### 5.1.Choix des paliers :

Pour réaliser la liaison pivot dans notre projet on utilise des paliers à roulement



**Figure IV.14** : Palier à roulement [27].

### 5.2.Définition du roulement:

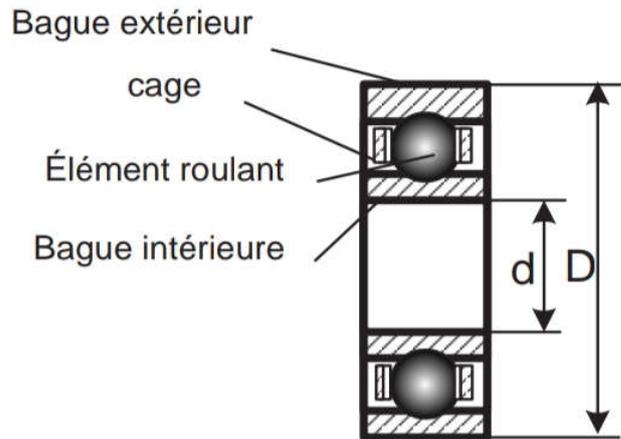
Les roulements sont des organes utilisés pour supporter et guider en rotation. Ils servent à réduire la perte d'énergie de frottement et assurer la transmission de puissances.

**Les roulements sont constitués de [28] :**

**Bagues :** Les bagues extérieures et intérieures comportent les chemins de roulement

**Éléments roulants :** Les éléments roulants peuvent être les billes; les rouleaux cylindriques ou coniques et les aiguilles.

**Cage :** La cage sert à maintenir les éléments roulants. Elle ne participe pas à la transmission des puissances.

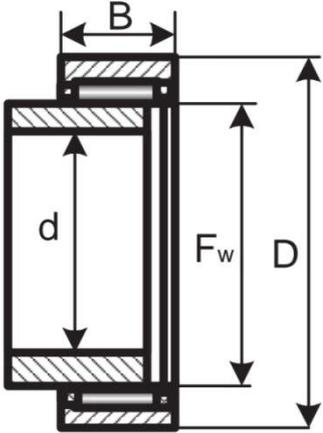
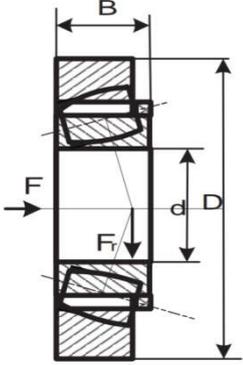
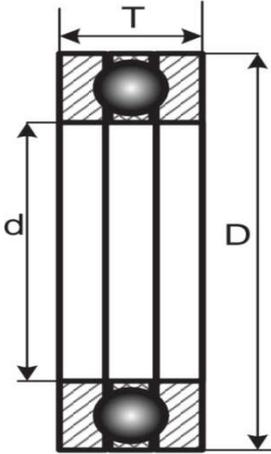


**Figure IV.15 :** constitution d'un roulement [28].

**5.3.Type des roulements :**

**Tableau IV.2:** Types de roulements [28].

Type des roulements	caractéristiques	Figures
<b>Roulement à bille</b>	<p>1/Il en existe à une et à deux rangées de billes .ce sont les roulements les plus utilisés, car en termes de prix.</p> <p>2/ Il peut supporter des charges radiales et des charges axiales.</p> <p>3/la profondeur des chemises de roulements permet une bonne rigidité.</p>	<p>The diagram shows a cross-section of a ball bearing with two rows of balls. The inner diameter is labeled 'd' and the outer diameter is labeled 'D'.</p>
<b>Roulements à rouleaux</b>	<p>1/ le roulement à rouleaux est conçu pour supporter des charges radiales importantes, il permet donc de supporter de plus fortes charges. Il permet aussi des vitesses de rotation élevées.</p> <p>2/ Le support des charges axiales dépend par contre de la fabrication du roulement.</p>	<p>The diagram shows a cross-section of a roller bearing with two rows of rollers. The width is labeled 'B', the inner diameter is labeled 'd', and the outer diameter is labeled 'D'.</p>

<p><b>Roulements à aiguilles</b></p>	<p>1/Les roulements à aiguilles sont assez particuliers .Ils ont une forme très allongée.</p> <p>2/Ils permettent de supporter de fortes charges radiales.</p> <p>3/ Ils n'acceptent aucune charge axiale.</p>	
<p><b>Roulements à rouleaux coniques</b></p>	<p>1/Le roulement à rouleaux coniques est un roulement a contacte angulaire.</p> <p>2/Il peut supporter les charges radiales importantes .pour la charge axial il dépend de son angle de contacte.</p>	
<p><b>Butées à billes</b></p>	<p>1/La butée a un faible frottement comme les roulements, mais ne permet pas de guider radialement l'arbre en rotation.</p> <p>2/La butée simple effet (une range a billes) n'admet des charges axiales que dans un seul sens.</p> <p>3/La butée à double effet supporté la charge axiale dans les deux sens.</p>	
<p><b>Butées à rouleaux</b></p>	<p>Ce type de butée très rare.</p>	
<p><b>Roulements linéaires</b></p>	<p>Ces roulements sont utilisés pour des guidages linéaires donc pour obtenir une liaison glissière .Mais chaque roulement,</p>	

	pris individuellement, peut permettre de créer une liaison pivot glissant ou une glissière.	
--	---------------------------------------------------------------------------------------------	--

#### 5.4. Crêter de choix de roulement :

Le choix d'un roulement [28] se fait suivante en fonction des critiques de :

- Nature des efforts à encaisser : (intensité, direction ...)
- Charge radial : chaque roulement encaissée charge radial sauf les butées et les roulements à aiguilles.
- Charge axial : En général, elle est encaissée par le roulement dit fixe ou la butée.
- Les conditions d'utilisation (l'ubrification, nature du montage, fonctionnement avec chocs).
- La vitesse de rotation à ne pas dépasser.
- L'encombrement dimensionnel à respecter.

#### 5.5. Relation entre la charge et la durée :

L'équation de la durée de roulement

$$L = \left(\frac{C}{p}\right)^\rho \quad (4.31)$$

Avec :

C : charge de base dynamique, en daN.

P: charge équivalent sur le roulement, en daN.

L: duréé nominal en millions de tours sous une charge p.

$\rho$  : Coefficient de la résistance au contact.

$\rho = 3$  pour les roulements à billes ;  $\rho = 10/3$  pour les roulements à rouleaux

Si la vitesse est constante, il est en générale plus simple de calculer avec une durée  $L_h$  exprimée en heures de fonctionnement .Nous avons :

$$L = 60 \cdot 10^{-6} L_h \cdot n \quad (4.32)$$

n: vitesse en tr/mn.

L: duréé nominale en millions de tours sous une charge p.

### 5.6. Formule de durée nominale de roulement :

La durée nominale est la durée atteinte ou dépassée par 90% des roulements apparement identiques et en nombre suffisant fonctionnant dans les mêmes conditions.

Sur une base des données hypothétiques de charge et de vitesse, nous tenons compte de l'expérience acquise avec des machines similaires et choisissons généralement  $R=0,9$ . Nous obtenons d'une durée  $L_{10}$ , appelé la durée nominale.  $L_{10}$  Se calcule par la formule ISO.

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^{\rho} \quad (4.33)$$

Avec :

$L_{10}$  : durée nominal en millions tours.

C: charge dynamique de base en N.

P: charge dynamique équivalent en N.

$\rho$  : exposantes quiets en fonction du contact entre les pistes et les éléments roulantes.

$\rho = 3$  pour les roulements à billes.

$\rho = 10/3$  pour les roulements à rouleaux.

Si la vitesse de rotation est constante, la durée nominale de roulement en heures de fonctionnement est :

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60.n} \left(\frac{C}{P}\right)^{\rho} \quad (4.34)$$

Avec :

$L_{10h}$ : durée nominale, en heures de fonctionnement.

n: vitesse de rotation en tour /mn

### 5.7. Dimensionnement des roulements :

**Données :**

$P = 105 \text{ N}$

$$F_r = RA = \frac{P}{2} = 52,5 \text{ N} \quad (4.35)$$

P : poids de chaque rouleau.

Ra = réaction dans chaque roulement.

$F_r$  : Charge radiale de roulement.

d : diamètre interne de roulement.

Dans notre projet on a choisir roulements à billes à contacte oblique à une rangée montage par pair série 02. de caractéristique suivantes :

$d = 35 \text{ mm}$

$D = 72 \text{ mm}$

$B = 17 \text{ mm}$

$n_r = 8000 \text{ tr/mn}$

$c = 30\,000 \text{ N}$

$c_o = 30\,000 \text{ N}$

Avec :

$d$ : diamètre interne de roulement.

$D$ : diamètre externe de roulement.

$B$ : largeur de roulement.

$n_r$  : vitesse de référence avec l'huile.

$c$  : charge dynamique maximum.

$c_o$  : charge statique maximum.

#### **5.7.1. Avantage :**

- Grande capacité de charge dans le sens axial et radial.
- Peuvent être préférés aux butées à vitesses élevées.
- Très économiques et les plus utilisées en petits et moyennes dimensions.
- Supportant tous les types de charges (axiales, radiales, modérées).

#### **5.7.2. Inconvénients :**

- Rigide, donc exige un parallélisme rigoureux entre l'arbre et le logement.

Tableau 3-9-2 Roulements à billes à contact oblique à une rangée  
Montage par paire

Série 02							Série 03						
d	D	B	Charge de base daN		Vitesse = n*1000		d	D	B	Charge de base daN		Vitesse = n*1000	
			Statique C <sub>0</sub>	Dynamique C	graisse	huile				Statique C <sub>0</sub>	Dynamique C	graisse	huile
15	35	11	730	1000	12	17	17	40	12	1420	1860	9,5	14
17	40	12	930	1250	10	15	20	47	14	1630	2160	8,5	12
20	47	14	1280	1660	9,0	13	25	52	15	2450	3050	7,5	10
25	52	15	1530	1830	8,0	11	30	62	16	3320	3800	6,3	8,5
30	62	16	2200	2550	7,0	9,5	35	72	17	4000	4550	5,6	7,5
35	72	17	3000	3000	6,0	8,0	40	80	18	5000	5600	5,5	6,7
40	80	18	3720	4000	5,3	7,0	45	85	19	6700	7200	4,5	6,0
45	85	19	4240	4500	5,0	6,7	50	90	20	8000	8500	4,0	5,3
50	90	20	4640	4650	4,5	6,0	55	100	21	9300	9300	3,6	4,8
55	100	21	5800	5700	4,3	5,6	60	110	22	10800	11200	3,4	4,5
60	110	22	7200	6950	3,8	5,0	65	120	23	12400	12700	3,2	4,3
65	120	23	8500	7800	3,4	4,5	70	125	24	14400	14300	2,8	3,8
70	125	24	9300	8650	3,2	4,3	75	130	25	16000	15300	2,6	3,6
75	130	25	9800	8800	3,2	4,3	80	140	26	18000	16600	2,4	3,4
80	140	26	11200	10000	2,8	3,8	85	150	28	20000	18000	2,2	3,2
85	150	28	12800	11200	2,6	3,8	90	160	30	22400	19300	2,0	3,0
90	160	30	15000	13200	2,4	3,4	100	180	34	30000	23600	1,8	2,6
95	170	32	17300	15000	2,2	3,2	110	200	38	38000	28000	1,7	2,4
100	180	34	18300	16300	2,0	3,0	120	-	-	41600	29000	1,6	2,2
110	200	38	22800	19000	1,8	2,8							

**Figure IV.16:** Caractéristique de roulement [28].

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^{\rho}$$

$$L_{10} = \left(\frac{30000}{52.5}\right)^3 = 1,86 \cdot 10^8 \text{ million tours.}$$

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 \cdot n} \left(\frac{C}{P}\right)^{\rho}$$

$$L_{10h} = \frac{530\,504,265 \cdot 10^6}{60 \cdot 400} = 7,77 \cdot 10^9 \text{ heures.}$$

## 5.8. Coussinets:

### 5.8.1. Définition :

Les coussinets sont des bagues cylindriques, de forme tubulaire, avec ou sans collerette, interposés entre un arbre et son logement pour faciliter le mouvement de rotation.

Construits à partir de matériaux présentant de bonnes qualités frottantes (bronze, étain, plomb, graphite, téflon, polyamide) ils peuvent, suivant les variantes, être utilisés à sec ou avec lubrification [27].

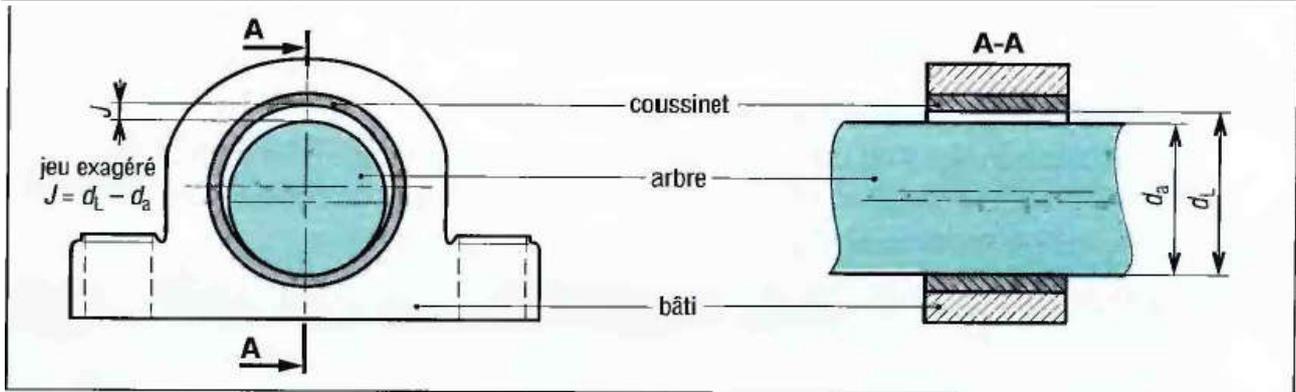


Figure IV.17 : Principe de montage d'un coussinet [27].

Il existe de nombreuses familles aux dimensions normalisées et de nombreux produits dérivés : rondelles, rotules, bandes de frottement, pièces sur mesures, voir figure IV.17.

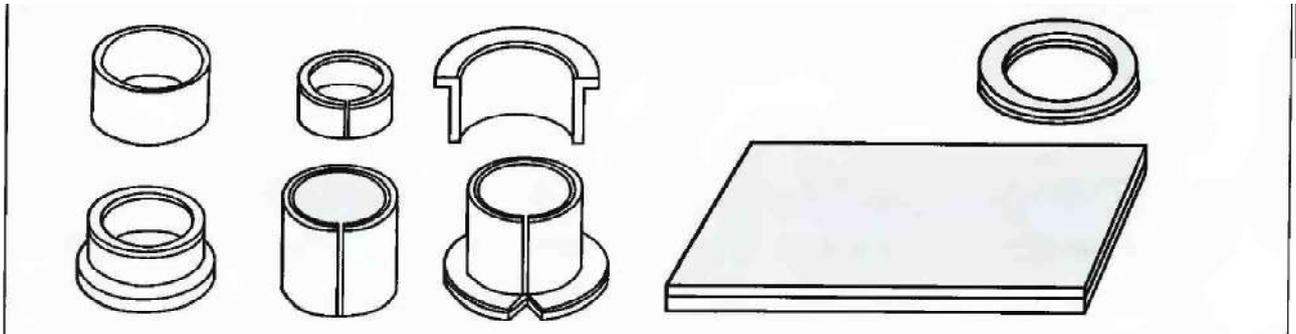


Figure IV.18: Diverses formes de coussinets [27].

Dans notre projet on a utilise les coussinets auto lubrifiant bronze-étain de performance indicatives comparatives suivantes :

	Coussinets autolubrifiants	Coussinets Type glacier	Coussinets polymères
Vitesse circonférentielle maximale (m/s)	13 m/s (carbone, graphite) 7 à 8 m/s	2 à 3 m/s	2 à 3 m/s
Températures limites de fonctionnement (°c)	jusqu'à 400°c (graphite) jusqu'à 250°c (bronze/plomb)	-40°c à +110°c (acétal) -200°c à +280°c (PTFE)	-40°c à +100°c (acétal) -80°c à +120°c (Nylon)
Pression diamétrale admissible p (N/mm <sup>2</sup> )	5 N/mm <sup>2</sup> (graphite) 20 à 30 N/mm <sup>2</sup> (bronze/plomb) 7 à 35 N/mm <sup>2</sup> (bronze/étain)	70 N/mm <sup>2</sup> (acétal) 50 N/mm <sup>2</sup> (PTFE)	7 à 10 N/mm <sup>2</sup>
Produit p.V (N/mm <sup>2</sup> )x(m/s) ou watt/mm <sup>2</sup>	0,5 (graphite) 1,8 à 2,8 (bronze/plomb) 1,7 (bronze/étain)	3 (acétal) 1,8 à 3,6 brièvement (PTFE)	0,1 (acétal) 0,1 à 0,42 (Nylon)

Figure IV.19 : Performances comparatives des coussinets [29].

On souhaite déterminer la longueur  $L_{min}$  d'un coussinet autolubrifiante (bronze /étain):

### Caractéristiques :

Vitesse maximale :  $v_{lim} = 8 \text{ m/s}$

Produit PV maxi :  $PV_{lim} = 1,7 \text{ (N/mm}^2\text{).(m/s)}$

Vitesse de rotation :  $N = 400 \text{ tr/mn}$

$$PV = \frac{F.v}{d.L} \leq 1,7 \quad (4.36)$$

$$v = \frac{\pi.N.d}{60} = \frac{\pi.400.32}{60} = 670,20 \text{ mm/s} = 6,70 \text{ m/s} \quad (4.37)$$

$$L \geq \frac{F.v}{2d} = \frac{52,5.6,70}{2.32} \quad (4.38)$$

$$L \geq 5,49 \text{ mm}$$

## 6. Système cadre manivelle :

### 6.1. Définition :

Un système manivelle-cadre sert à convertir le mouvement linéaire d'une règle coulissante en un mouvement rotatif, et vice-versa. Une pièce en mouvement alternatif, par exemple un piston, est directement attaché à un galet couissant qui est lui-même relié à une pièce en mouvement rotatif [30].

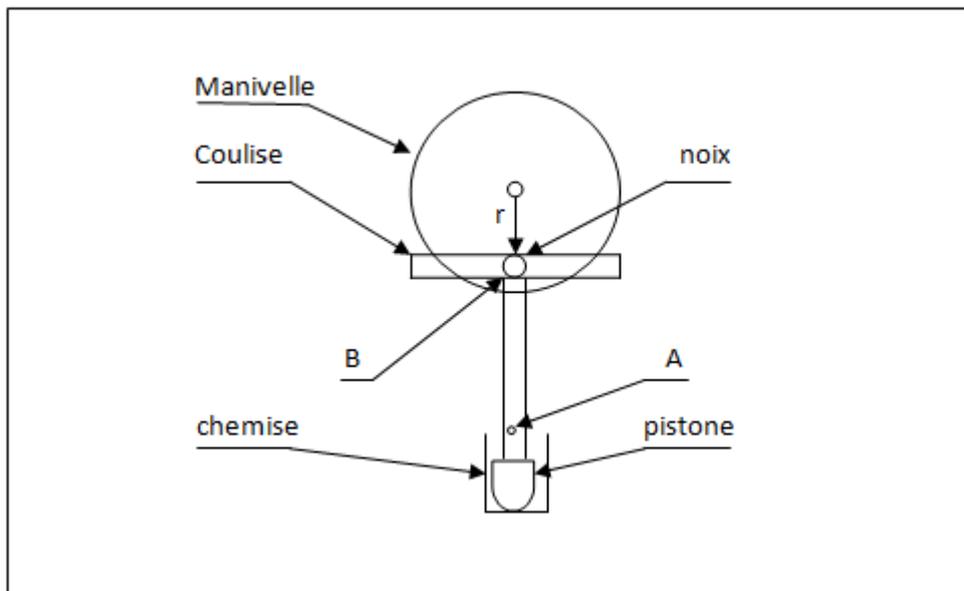


Figure IV.20: système cadre manivelle.

**6.2. Etude de mécanisme :**

**Données :**

Vitesse de coupe = 200 coupes /mn.

Vitesse de rotation de manivelle = 200 tr/mn.

Course = 2r.

L = longueur de coulisse = 2r.

r = rayon de point B = 148,5 mm.

Détermination de vitesse linéaire de point B :

Relation entre vitesse linéaire et vitesse angulaire :

$$V_l = r \cdot \omega \quad (4.39)$$

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot N}{60} \quad (4.40)$$

Donc:

$$V_l = \frac{2r \cdot \pi \cdot N}{60} \quad (4.41)$$

Avec:

r: le rayon.

$\omega$  = la vitesse angulaire.

N= vitesse de rotation.

$V_l$ =vitesse linéaire.

**A.N:**

$$V_l(B) = \frac{297 \cdot \pi \cdot 200}{60} \quad (4.42)$$

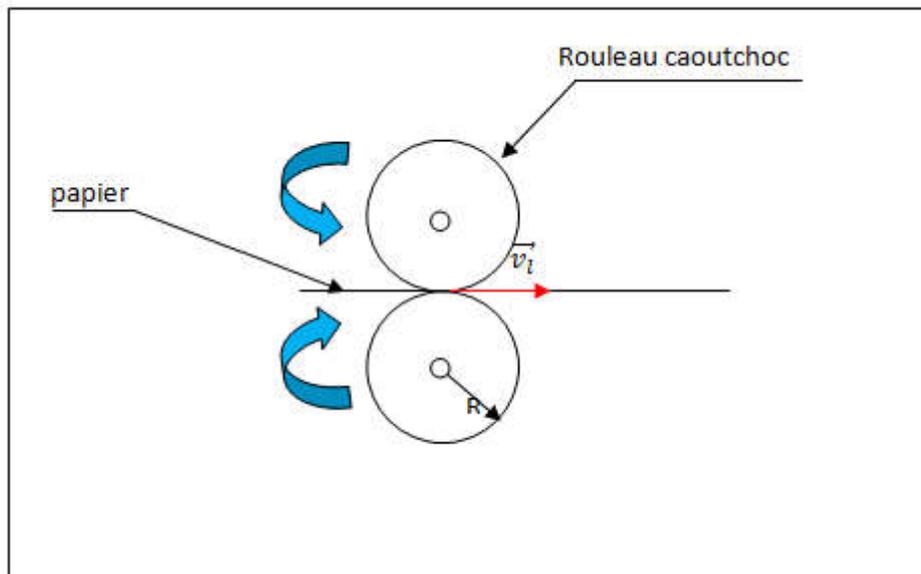
$$V_l(B) = 3110,176 \text{ mm/s}$$

Donc  $V_l(A) = 3110,176 \text{ mm /s}$

## 7. Vitesse linéaire de papier :

Lorsque le point A (lame coupante) monte une distance de 148,5 mm avec une vitesse de 3110,176 mm/s .Et descende la même distance avec la même vitesse pour faire une coupe. Donc le papier besoin la même vitesse pour parcourir une distance de 297 mm.

Pour obtenir ce vitesse linéaire on a besoin la vitesse de rotation et le diamètre des rouleaux en caoutchouc.



**Figure IV.21:**Passage de papier dans les rouleaux.

Détermination la vitesse de rotation des rouleaux :

Pour un diamètre de 100 mm pour les rouleaux

$$V_l = \frac{2R \cdot \pi \cdot N}{60} \quad (4.43)$$

$$N = \frac{v_l \cdot 60}{2R\pi}$$

**A.N :**

$$N = \frac{3110,176 \cdot 60}{\pi \cdot 50 \cdot 2}$$

$$N = 594 \text{ tr/mn}$$

## 8. Système poulie courroi :

### 8.1. Généralités :

La courroi de transmission de puissance est un lien flexible réunissant deux poulies en liaison pivot avec le bâti, cette transmission se fait par adhérence entre la courroi et la poulie. On sait que la transmission peut être également assurée par engrenage ou par chaînes. On choisira la transmission par courroies lorsque les vitesses linéaires seront élevées, les facteurs d'usure et de bruit intervenant en sa faveur.

### 8.2. Avantage :

- Possibilité de variations d'entraxe.
- Grande flexibilité et souplesse (choc amorti).
- Pas de lubrifiant.
- Entretien limité (réglage de tension périodique).
- Fonctionnement silencieux.
- Glissement sous fortes charges.
- Masse volumique faible.
- Bon rendement.

### 8.3. Paramètres géométriques

En fonction de l'entraxe  $e$  et des rayons primitifs  $r_1$  et  $r_2$  la longueur de courroi théorique  $L$

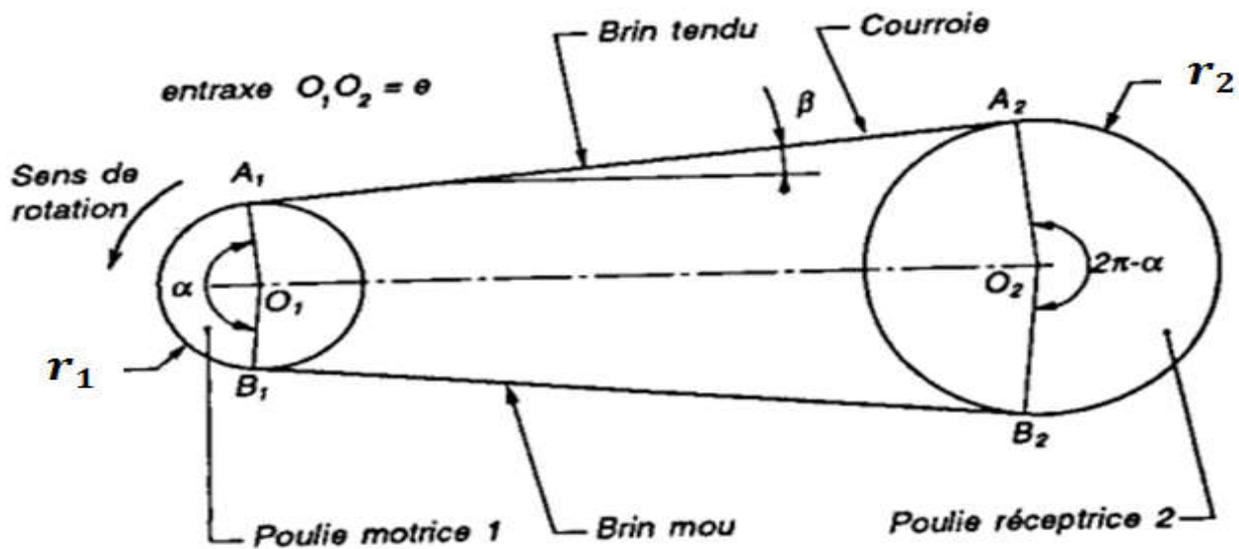


Figure IV.22: Paramétrage géométrique d'une transmission poulies-courroie.

L'expression de rapport de transmission  $r_{2/1}$ :

**Données :**

N1: la vitesse de rotation de la poulie menant (entrée)

N2: la vitesse de rotation de la poulie 2.

N3: la vitesse de rotation de la poulie 3 (sortie).

$\vec{v}_1$  : vitesse linéaire de poulie 1

$\vec{v}_2$  : vitesse linéaire de poulie 2

$\vec{v}_3$  : vitesse linéaire de poulie 3

$R_1$  : rayon de poulie 1.

$R_2$  : rayon de poulie 2.

$R_3$  : rayon de poulie 3.

$$\vec{v}_1 = w_1 \times R_1$$

$$\vec{v}_2 = w_2 \times R_2$$

$$\vec{v}_3 = w_3 \times R_3$$

Vitesse angulaire:  $w$  (rad/s)

$$1 \text{ tour} \longrightarrow 2\pi$$

$$N \text{ tour} \longrightarrow w = \frac{2.\pi.N}{60}$$

Le couroi est considérée comme inextensible ce que implique que :

$$\vec{v}_1 = \vec{v}_2 ; \vec{v}_2 = \vec{v}_3$$

$$w_1 \times R_1 = w_2 \times R_2 = w_3 \times R_3$$

$$\implies \frac{R_1}{R_2} = \frac{w_2}{w_1} = \frac{R_2}{R_3} = \frac{w_3}{w_2}$$

$$r = \frac{N \text{ poulie menée (receptrice)}}{N \text{ poulie menante (motrice)}} = \frac{D \text{ poulie menante (motrice)}}{D \text{ poulie menée (receptrice)}}$$

$$r_{2/1} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{D_1}{D_2} = 1 \text{ (puisque les poulies de même diamètre)}$$

La fréquence de rotation de poulie 2:

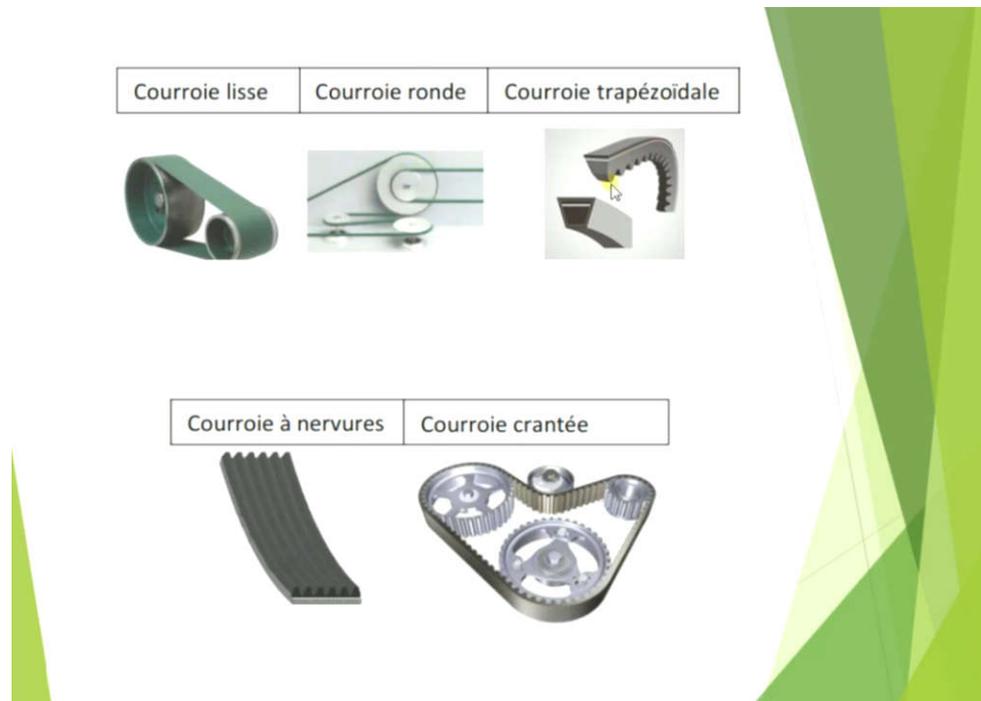
$$N_2 = N_1 \times r_{2/1} = 594 \times 1 = 594 \text{ tr / mn.}$$

$$r_{3/2} = \frac{N_3}{N_2} = \frac{D_2}{D_3} = 1 \text{ (puisque les poulies de même diamètre)}$$

La fréquence de rotation de poulie 3:

$$N_3 = N_2 \times r_{3/2} = 594 \times 1 = 594 \text{ tr / mn.}$$

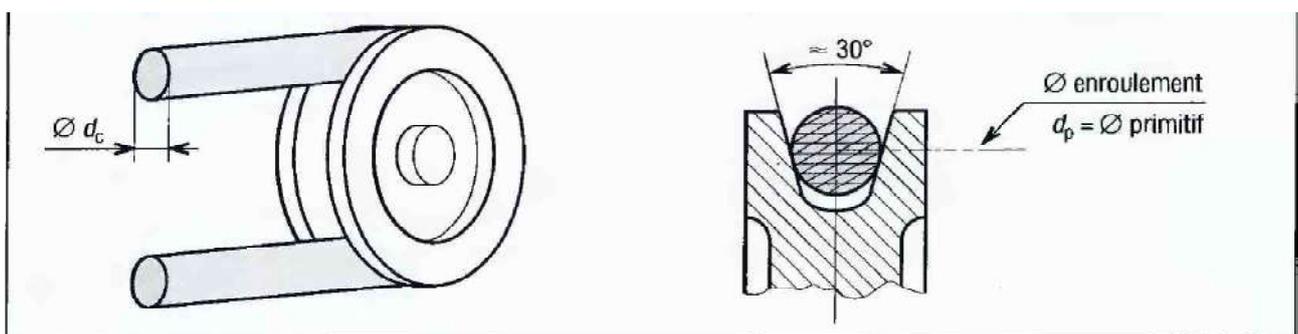
#### 8.4. Types de courroies :



**Figure IV.23 :** Différents types de courroies.

#### 8.4.1. Courroies rondes:

Elles sont surtout utilisées dans les petits mécanismes.



**Figure IV.24:** Courroies rondes[27].

#### 8.4.2. Courroies plates :

Elle permet de grande rapporte de réduction st sont surtout utilisées aux grande vitesses sous de faibles couples.

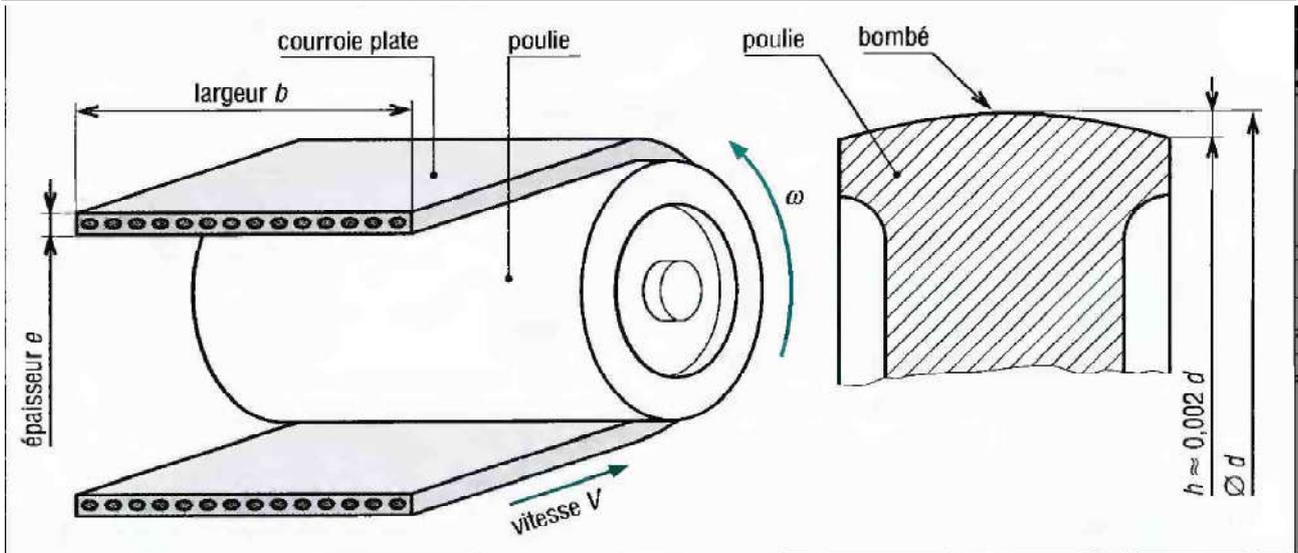


Figure IV.25 : Courroie plate[27].

#### 8.4.3. Courroies trapézoïdales :

Les courroies trapézoïdales sont les plus utilisés; a tension égale elles transmettent une puissance plus élevée que les courroies plats (conséquence de la forme en V augmentant la pression de contact et par la l'effort transmissible).

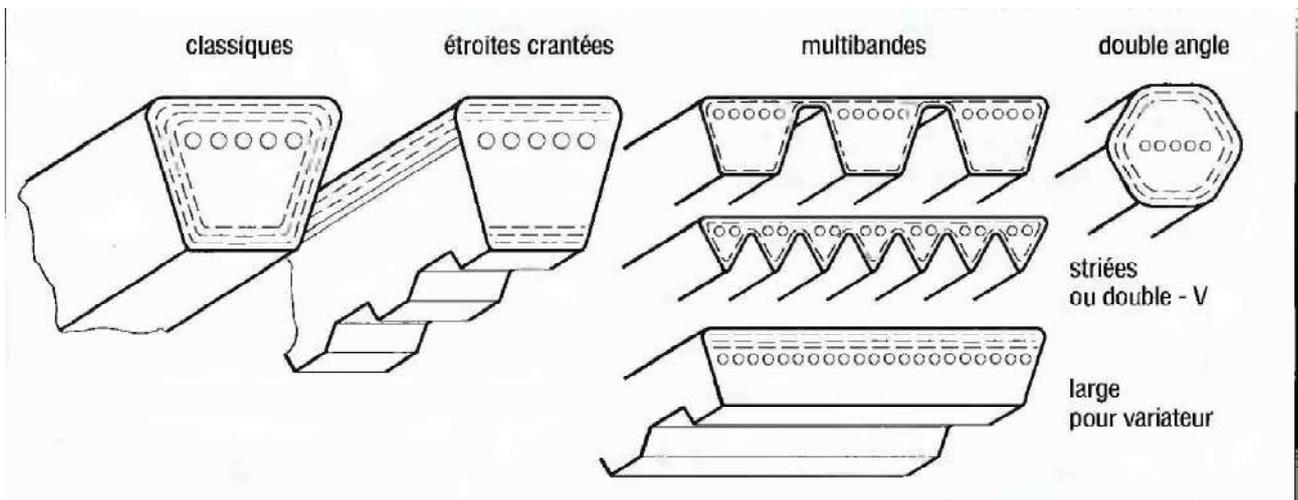
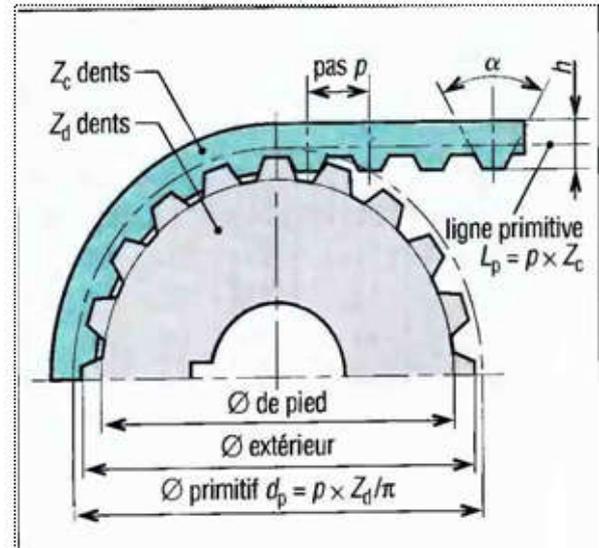
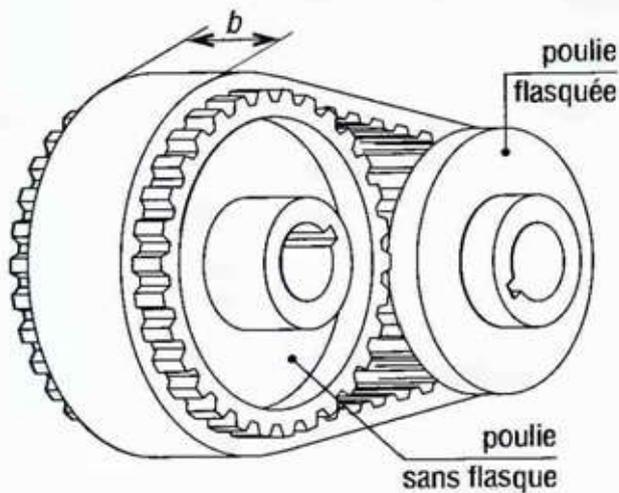


Figure IV.26: Principales familles de courroies trapézoïdales [27].

#### 8.4.4. Courroies crantées :

On peut les considérés comme des courroies plates avec des dents .Elle fonction par engrènement, sans glissement, comme le ferait une chaine mais avec plus de souplesse.



**Figure IV.27:** Exemple et caractéristique des courroies crantées[27].

### 8.5. Type de poulie et courroie utilise :

Parmi les types précédentes, le type utilise dans la machines c'est poulie et courroies trapézoïdales.

#### 8.5.1. Avantage :

- Sont les plus utilisées dans l'industrie.
- Leur fonctionnement repose sur une particularité.
- Le coincement de la courroie entre les gorges de la poulie lors de son enroulement.
- Augmente l'adhérence des courroies ce qui élimine presque entièrement le glissement.
- La gorge de la poulie qui, si elle est plus profonde, empêche le laminage de l'air.
- Le montage nécessite un bon alignement des poulies et un réglage de l'entraxe pour le montage et le démontage.
- Sont les plus utilisées dans l'industrie.

### 8.6. Calcul des courroies trapézoïdales :

Le principe est résumé par l'organigramme de la figure IV.28:

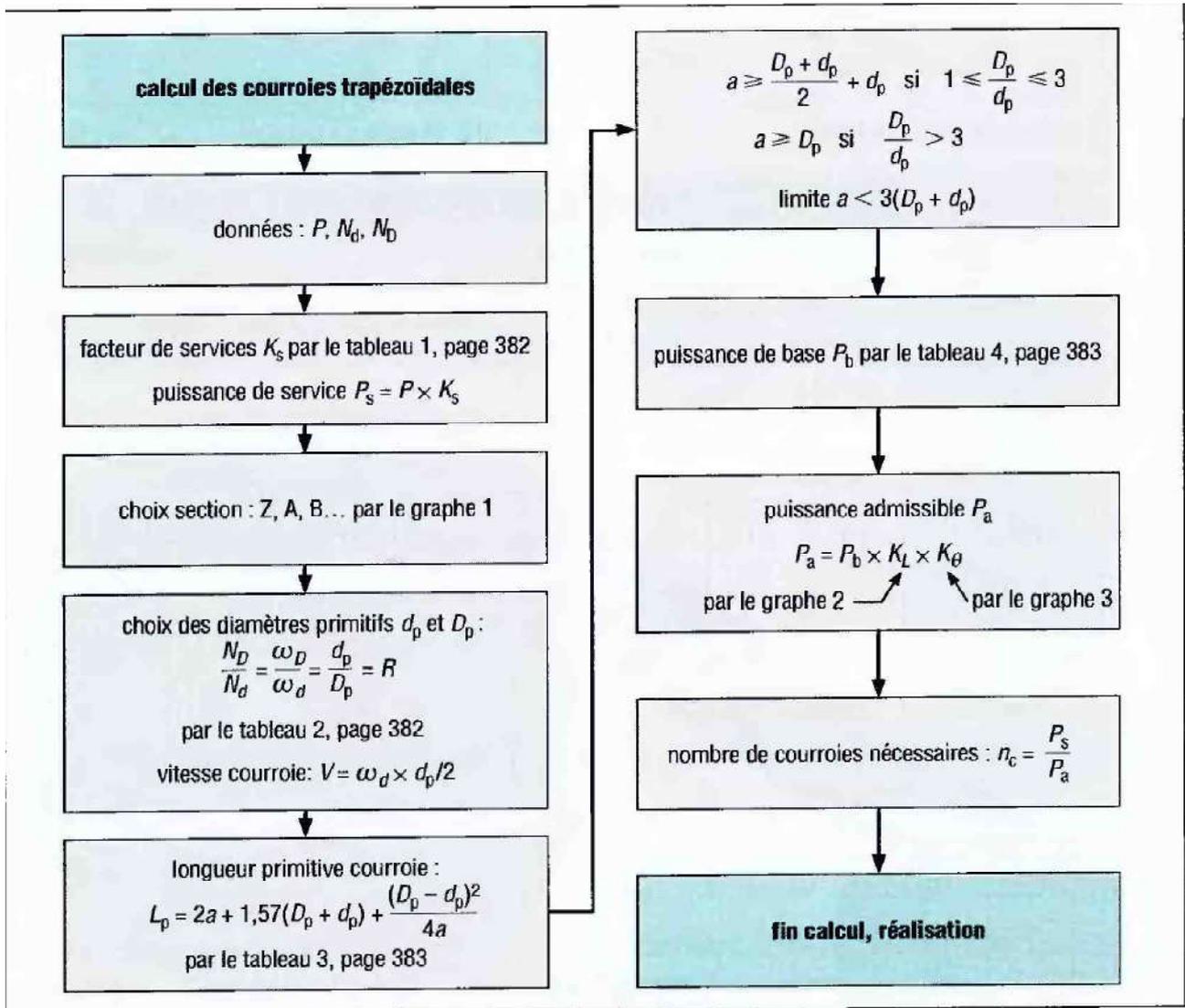


Figure IV.28 : Principe de calcul des courroies trapézoïdales [27].

**Données :**

$P=500$  w

On adopte  $K_s$  de 1,2 pour l'installation.

1. Valeur du coefficient de service $K_s$				
	service léger 0 à 6 h/jour	service normal 6 à 16 h/jour	service dur 16 à 24 h/jour	service très dur en continu
transmission uniforme sans à-coups	1,0	1,2	1,4	1,6
transmission avec légers à-coups et chocs modérés	1,1	1,3	1,5	1,8
transmission avec à-coups et chocs élevés *	1,2	1,4	1,7	2,1

Figure IV.29: Valeur de coefficient de service [31].

$$P_s = K_s \cdot p = 0,5 \cdot 1,2 = 0,6 \text{ kW} \quad (4.53)$$

Le graphe de la figure ( IV.31 ) permet de sélectionner une courroie de type Z :

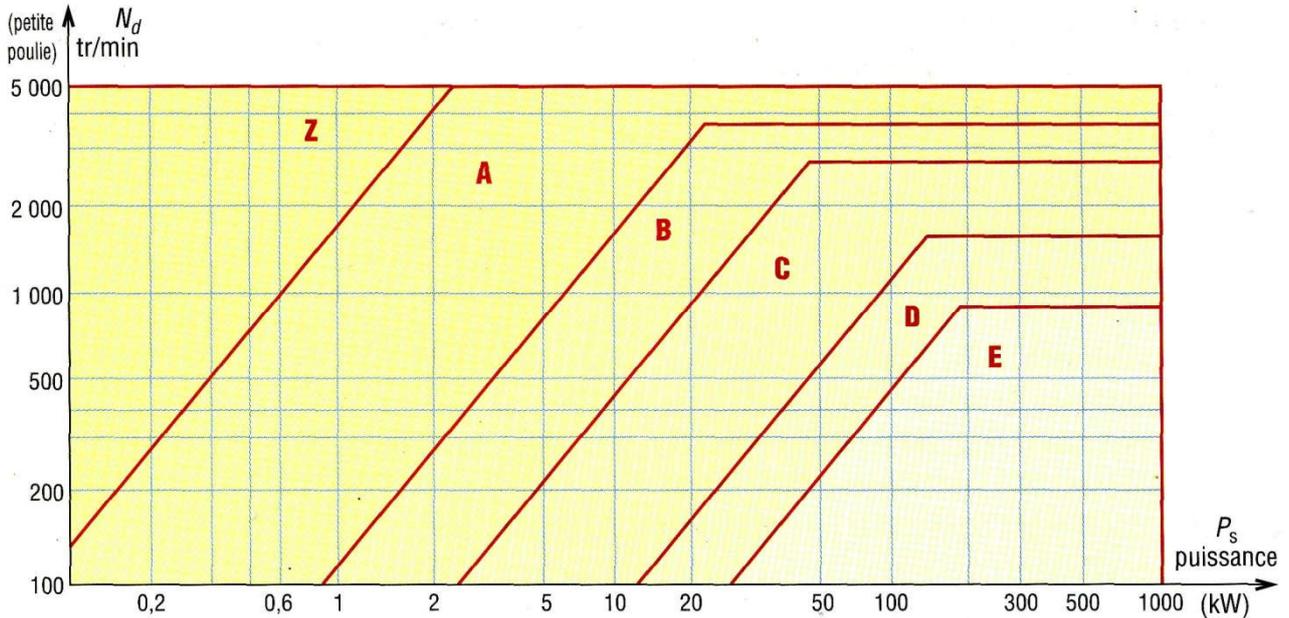


Figure IV.30: Gammes de puissances transmissibles par types courroies [31].

Vitesse linéaire de courroie :

D'après le tableau de longueurs primitives de courroies type Z on prendre ( $D_p = d_p = 125 \text{ mm}$ )

$$V = \frac{\pi \cdot N_d}{30} \cdot \frac{d}{2} = 2617,993 \text{ mm/s} \quad (4.54)$$

Entraxe a:

Avec :  $\frac{D_p}{d_p} = 1$  on prendre  $a \geq 1/2(D_p + d_p) + d_p = 250 \text{ mm} = a_{\min}$  (4.55)

$$L_p = 2a + 1,57 \times (D_p + d_p) + (D_p - d_p)^2 / (4a) \quad (4.56)$$

$$L_p = 892.5 \text{ mm}$$

On prendre :  $L_p = 895 \text{ mm}$

3. Extrait des longueurs primitives ( $L_p$ ) indicatives des courroies trapézoïdales (en mm)	
(les longueurs indiquées peuvent varier sensiblement d'un fabricant à l'autre)	
Z	270, 295, 340, 380, 435, 465, 485, 505, 545, 570, 610, 635, 675, 710, 750, 790, 840, 895, 940, 1 000, 1 055 1 095, 1 145, 1 205, 1 250, 1 325, 1 425, 1 540

Figure IV.31 : Extrait des longueurs primitives des courroies de type Z [27].

Puissance de base de la courroie :

$$d_p = 125 \text{ mm}$$

$$V = 2,61 \text{ m/s}$$

$$P_b = 1 \text{ kw}$$

$$\theta = 180^\circ - 2 \sin^{-1} \left( \frac{D_p - d_p}{2a} \right) \quad (4.57)$$

$$\theta = 180^\circ$$

$$P_a = P_b \cdot K_L \cdot K_\theta$$

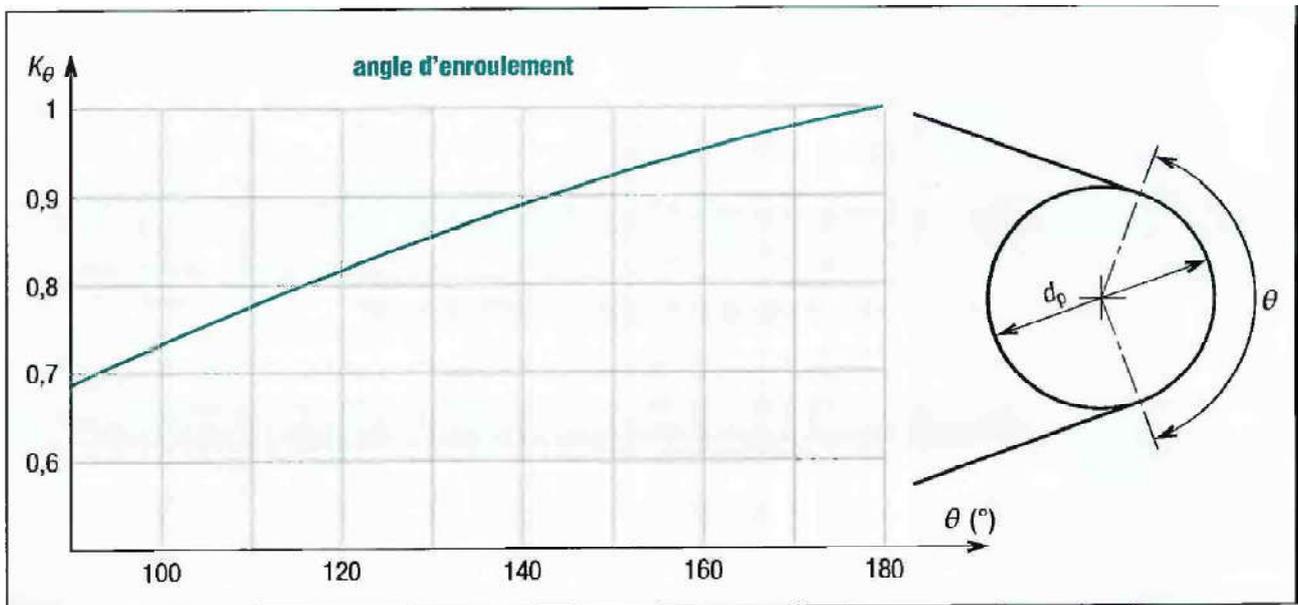


Figure IV.32: graphe d'angle d'enroulement [27].

A partir de graphe de figure :  $K_\theta = 1$

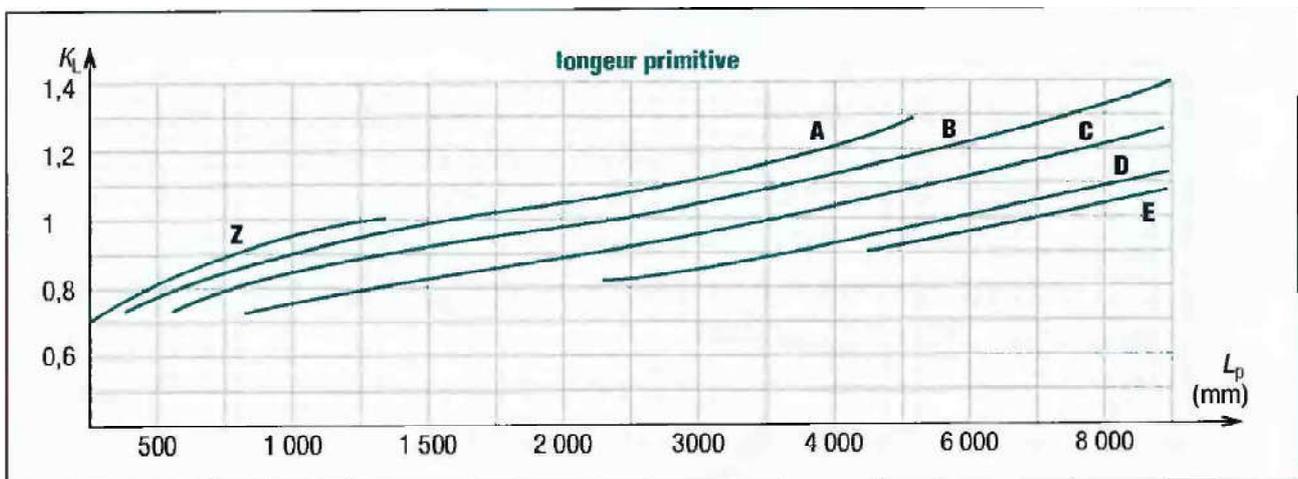


Figure IV.33: Graphes des  $K_L$  en fonction des longueurs primitive [27].

A partir des graphes de figure :  $K_L = 0.95$

$$P_a = 0,95 \times 1 \times 1$$

$$P_a = 0,95 \text{ Kw}$$

Nombre nécessaire de courroies :

$$n_c = \frac{0.6}{0.95} \approx 1 \quad (4.59)$$

### **3. Partie électrique :**

#### **3.1. Description des éléments de la partie électrique :**

##### **3.1.1. Moteur pas à pas:**

Le moteur pas à pas constitue un convertisseur électromécanique destiné à transformer le signal électrique (impulsion ou train d'impulsions de pilotage) en déplacement (angulaire ou linéaire) mécanique. Voir Figure IV.33: .

##### **On trouve trois types de moteurs pas à pas :**

Le moteur à réluctance variable.

Le moteur à aimants permanents.

Le moteur hybride.



**Figure IV.34:**Moteur pas à pas.

##### **3.1.2. Instrumentation de mesure:**

Puisque les machines de découpe de papier sont très précises, Pour faire fonctionner la machine et fonctionner correctement, Nous pouvons avoir besoin de certaines mesures auxquelles nous ne pouvons pas accéder par calcul. À cette fin, nous pouvons utiliser.

**3.1.2.1. Les capteurs :**

Un capteur est un Dispositif qui transforme la grandeur physique à mesurer en un signal de nature électrique "s", Sa fonction est transformer le mouvement vibratoire en un signal électrique.

Parmi les capteurs utilisés dans la machine :

Capteur de déplacement pour détecter Le déplacement de papier.

Capteur de vitesse pour détecter la vitesse linéaire de papier est la vitesse de lame de coupe .

Capteur de vitesse de rotation pour détecter la vitesse de rotation de la manivelle

### Conclusion générale

Notre étude consiste à la conception et l'étude de découpeuse de papier de forme A4. La modélisation géométrique est réalisée par le logiciel SOLIDWORKS, et par des calculs et dimensionnement. Cette machine consiste plusieurs parties et éléments :

Nous avons commencé par une recherche bibliographique des machines coupeuses dont on a présenté leur fonctionnement, leurs différents types, les éléments essentiels constitutifs de ce type de machines (arbre, moteur, lames coupeuses, palier). L'aspect théorique a permis l'enfoncement dans la conception de la machine.

Dans la première partie du mémoire, nous avons analysé le problème. C'est dans ce cadre que nous avons réalisé une analyse fonctionnelle pour proposer des solutions adéquates qui vont satisfaire les exigences du cahier de charges.

On a utilisé le code de calcul SOLIDWORKS dans la modélisation tridimensionnelle et l'assemblage de différentes composantes de la machine.

Notre but consistait à faire l'étude et la conception pour examiner de manière infographique le fonctionnement de la machine ce qui a permis l'ajout, soustraction et modifications de ses constituants. Ceci a permis aussi de tester nos capacités cognitives, et que nous appliquons ce que nous avons étudié pendant la phase universitaire.

Ensuite par simulation en élément finis, nous avons dimensionné la partie mécanique (arbres, palier, roulements, moteurs mécanismes).

Enfin, grâce à cette étude ce travail a été pour nous une occasion pour développer nos connaissances en matière d'étude, d'analyse, de conception, et pour nous développer dans le domaine d'engineering de machines industrielles. Nous souhaitons, que cette étude soit poursuivie par :

- Une étude dynamique.
- Une étude vibro-acoustique pour vérifier le bruit de la machine.
- Une étude de sécurité pour une utilisation rassurée.
- Une réalisation de prototype de la machine.

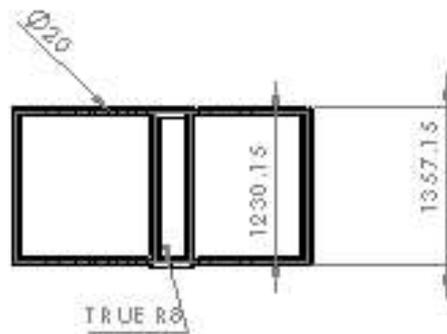
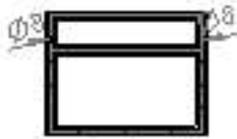
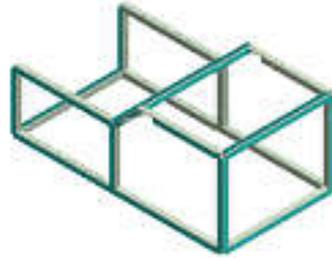
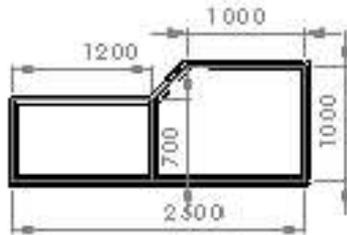
### Références bibliographiques :

- [1] <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/decoupage/22396>.
- [2] <https://www.techni-contact.com/familles/machine-a-decouper.html>
- [3] <https://www.linternaute.fr/dictionnaire/fr/definition/coupe-papier/#evenement>
- [4] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Massicot\\_\(machine\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Massicot_(machine))
- [5] <https://www.rbs-france.fr/fr/decoupe.php>
- [6] <https://french.alibaba.com/product-detail/allraise-a4-copy-paper-cutting-machine-paper-cutting-packaging-machine-60662263379.html>
- [7] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Format\\_de\\_papier](https://fr.wikipedia.org/wiki/Format_de_papier)
- [8] <https://www.formatsdepapier.com/>
- [9] Markus Kuhn, Internationale standard paper sizes. created 1996-10-29.
- [10] Arthur D. Dunn: Notes on the standardization of paper sizes. Ottawa, Canada, 54 pages, 1972.
- [12] H. Marchat, La gestion de projet par étapes: Analyse des besoins, Eyrolles (2006).
- [13] Association francophone de management de projet AEITEP Estimation des Coûts d'un projet industriel Editeurs (s): AFNOR Date de Parution: 15/06/1995.
- [13] Tassinari, Pratique de l'analyse fonctionnelle, Dunod (1988).
- [14] P. Boisseau, La conception mécanique méthodologie et optimisation, Dunod (2016).
- [15] Patrick BLAIN, CAO et méthodologie de conception, Technique de l'ingénieur.
- [16] <https://fr.wikipedia.org/wiki/solidworks>.
- [17] <https://guide.directindustry.com/fr/bien-choisir-un-moteur-electrique>.
- [18] <https://moteur-electrique-pro.fr/reducteurs-de-vitesse>.
- [19] Aneur T, Ankour A, aribas M « conception d'un moteur asynchrone à cage D'écureuil alimenté par un convertisseur de fréquence », thèse d'ingénieur, université de Tizi-Ouzou, 2007.
- [20] <https://www.atecfrance.fr/merchant/product/moteur-electrique-triphas-230-400v-3000-tr-min-taille-80-b14-0-75-kw>.
- [21] <http://guide.directindustry.com/fr/bien-choisir-un-reducteur>.

## Références bibliographiques

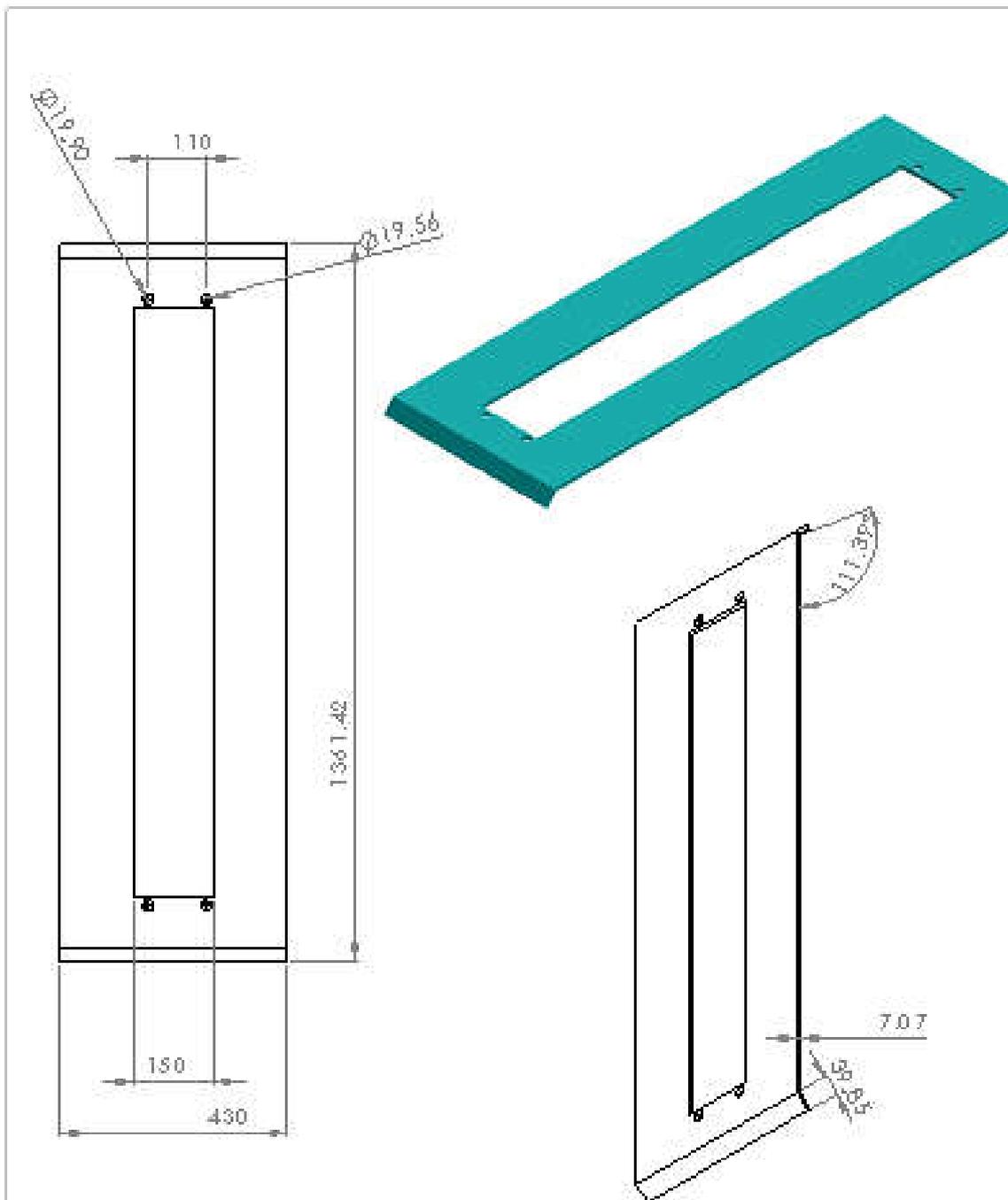
- [22] Motoréducteurs de puissance fractionnaire - 2975 fr - 2017.09 / fr
- [23] Gohmez A, Bounegab A, « calcul des arbres application au cas de l'arbre-tombour du treuil oil well 840E », mémoire de fin d'étude, université Kasdi Merbah Ouargla.
- [24] Éléments de machines, Gilbert D, Michel G, Pierre TH, édition de l'école polytechnique de Montréal, [1986].
- [25] Jean François Debonjine, conception et calcul des éléments machines, Liège, Belgique, 2011.
- [26] <https://www.directindustry.com/>
- [27] L. Fanchon "Guide des sciences et technologies industrielles" cours génie mécanique I. Hannebicque / P. Goniidou, avril (2001).
- [28] Y. Qian, Z. Xiong, D. Picard, formulaire de mécanique, pièces de construction, Eyrolles 2007
- [29] <https://docplayer.fr/113763802-Technologie-des-liaisons-be.html>
- [30] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Syst%C3%A8me\\_manivelle-cadre](https://fr.wikipedia.org/wiki/Syst%C3%A8me_manivelle-cadre)
- [31] [http://www.zpag.net/Tecnologies\\_Industrielles/transmission\\_courroies.htm](http://www.zpag.net/Tecnologies_Industrielles/transmission_courroies.htm)

## Les mises en plans



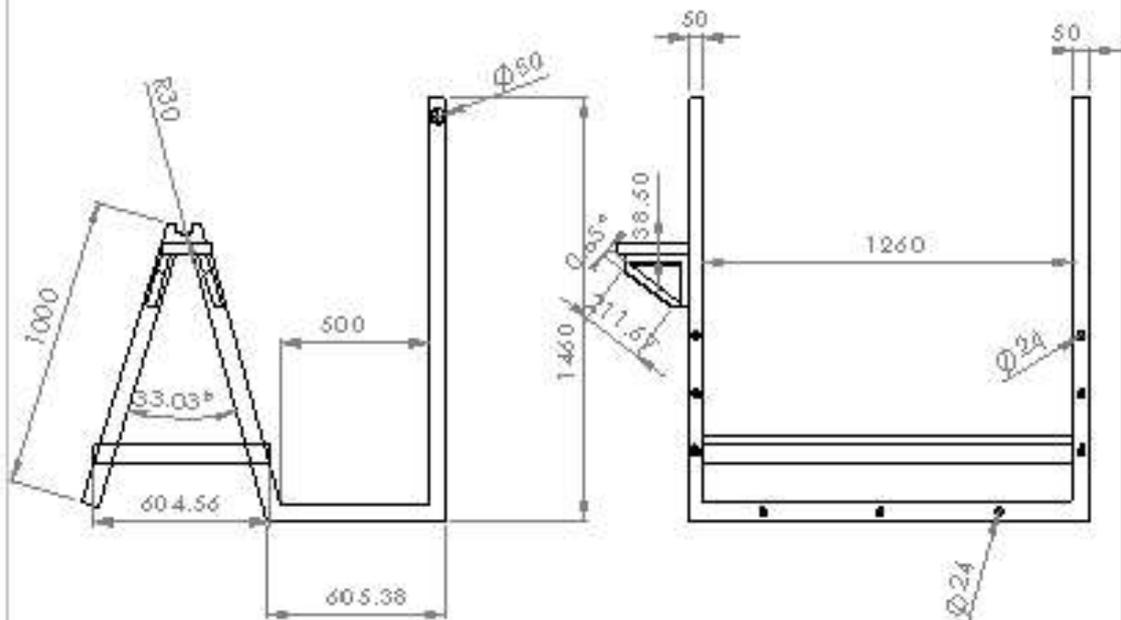
Université A.B.BCM Département genie mécanique

		Titre :		
Format	<b>A4</b>	<b>Bati</b>	Répare par :	
Echelle	1:1		Toufik bendahou	
Date	août 2020			



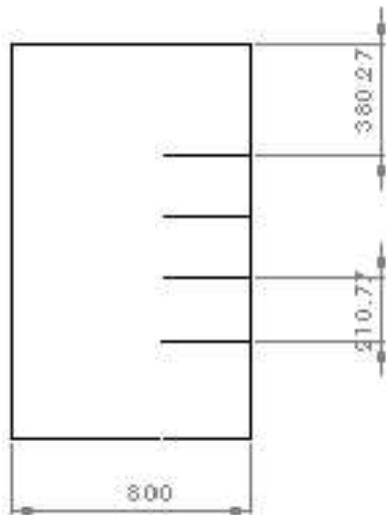
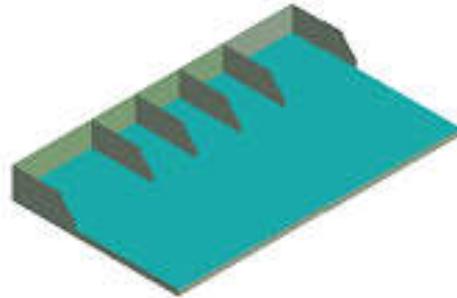
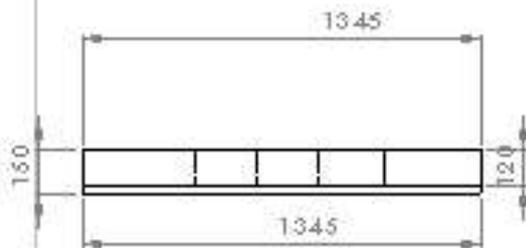
Université A.B.CMDépartement genie mécanique

		Titre :  <h2 style="text-align: center;">Plaque3</h2>	Répare par :  Toufik bendahou
Format	<b>A4</b>		
Echelle	1:1		
Date	août 2020		



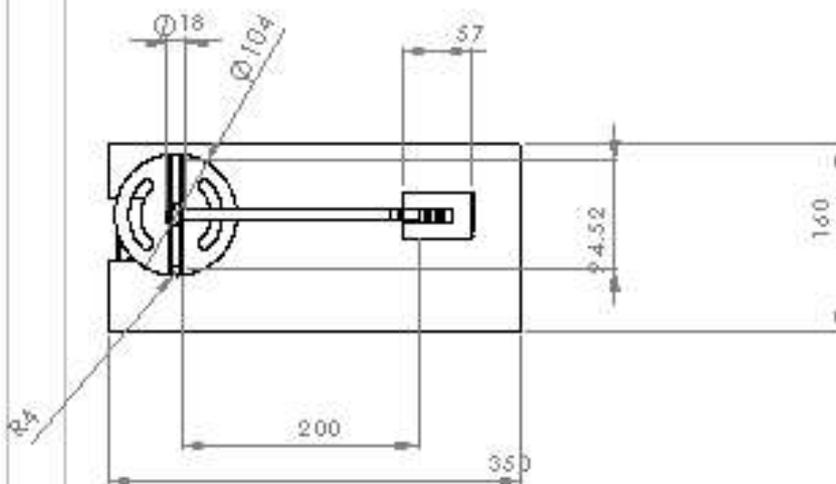
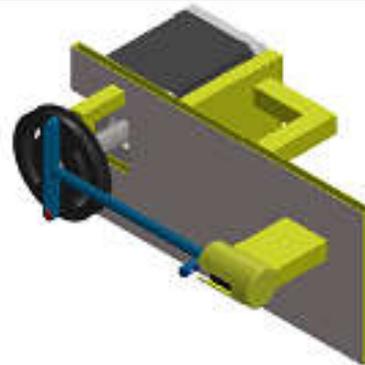
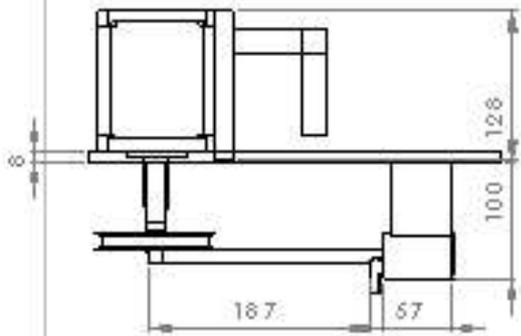
Université A.B.BCM Département genie mécanique

		Titre :  <b>porteur de bobine de papier</b>	Répare par :  Toufik bendahou
Format	<b>A4</b>		
Echelle	<b>1:20</b>		
Date	août 2020		



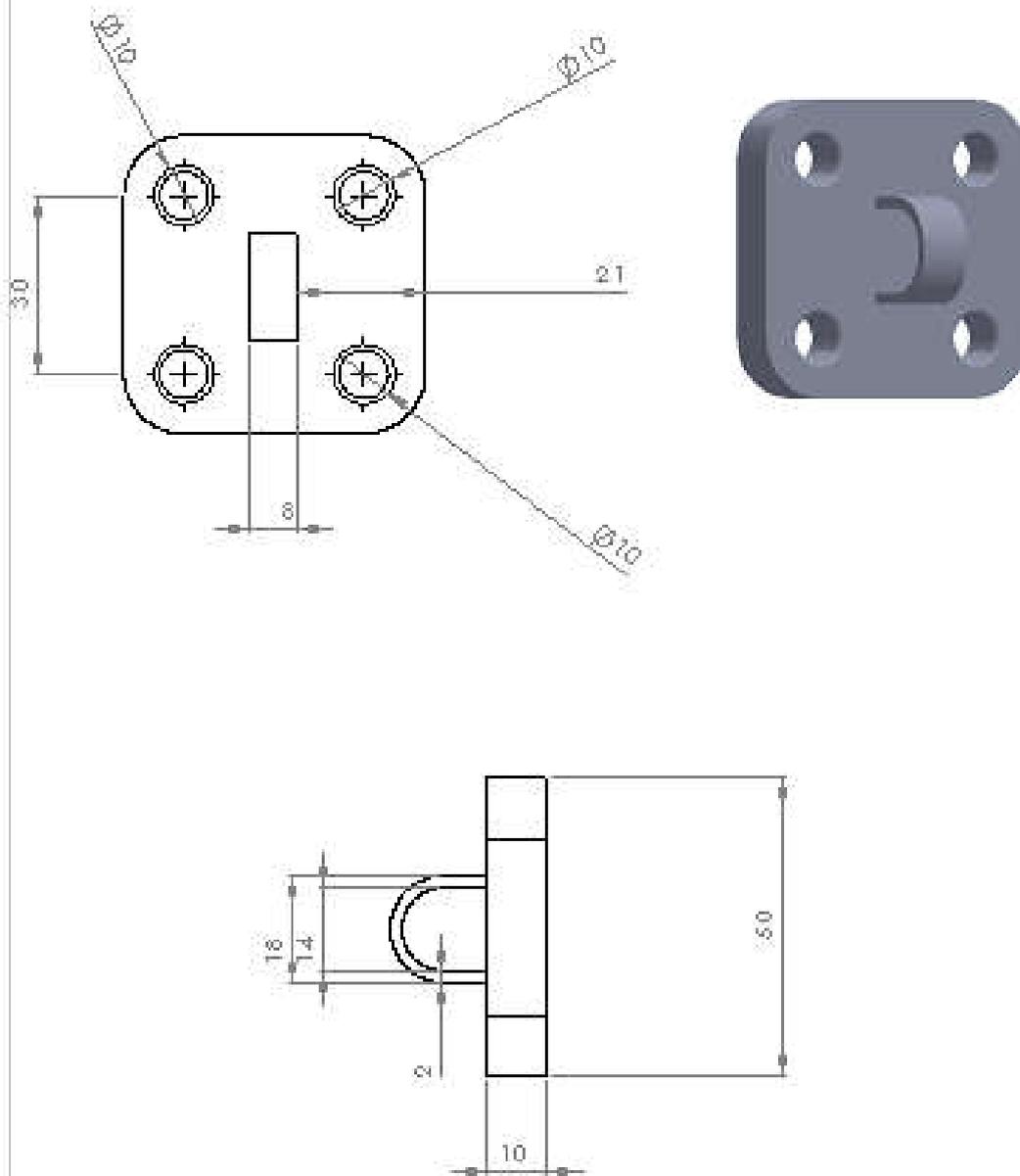
*Université A.B.BCM Département genie mécanique*

		Titre :  <h2 style="text-align: center;">Table de collection</h2>	Répare par :  Toufik bendahou
Format	<b>A4</b>		
Echelle	1:20		
Date	aout2020		



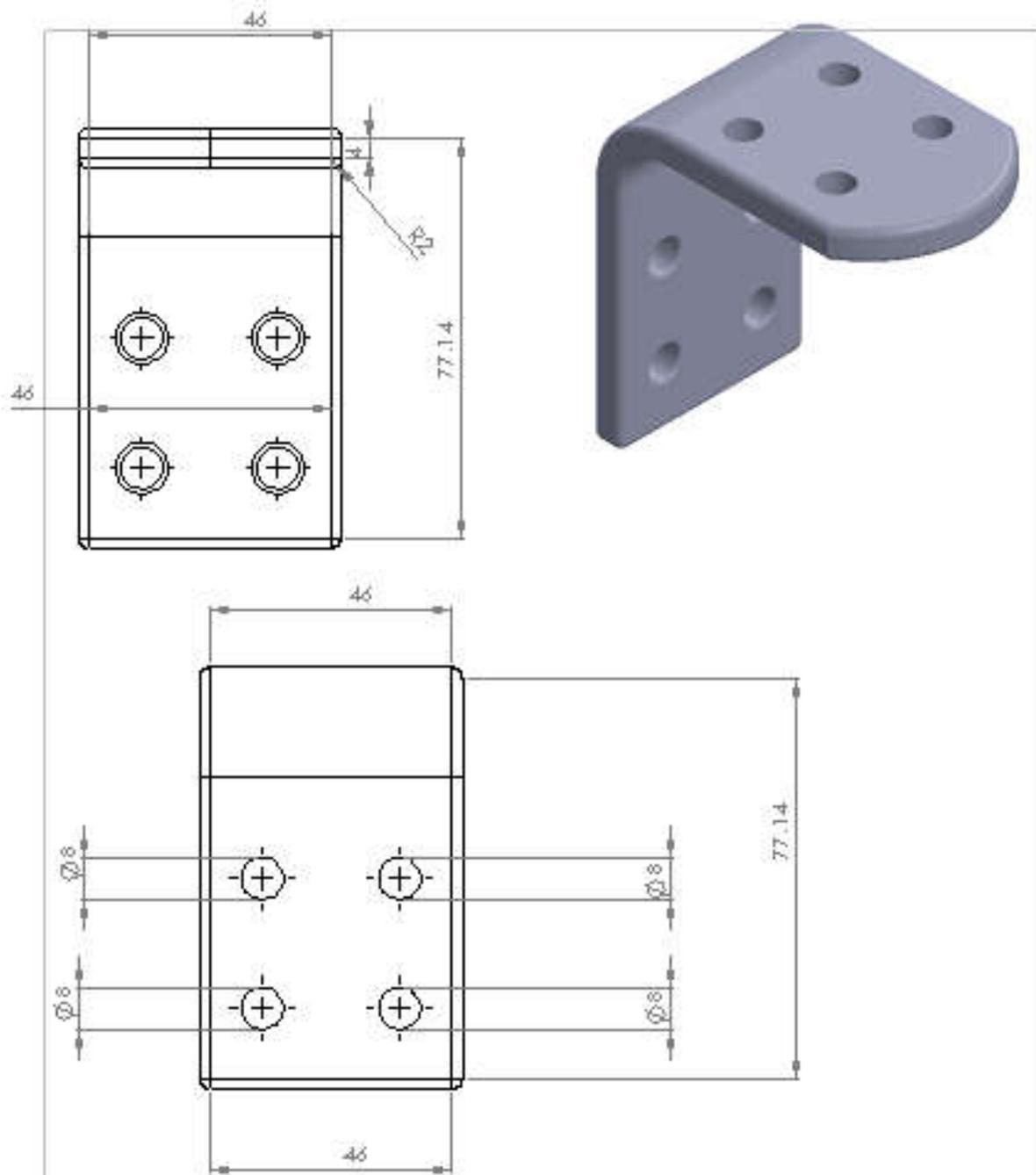
Université A.B.CMDépartement genie mécanique

 		Titre : Mécanisme de coupage	Répare par : Toufik bendahou
Format	<b>A4</b>		
Echelle	<b>1:5</b>		
Date	août 2020		



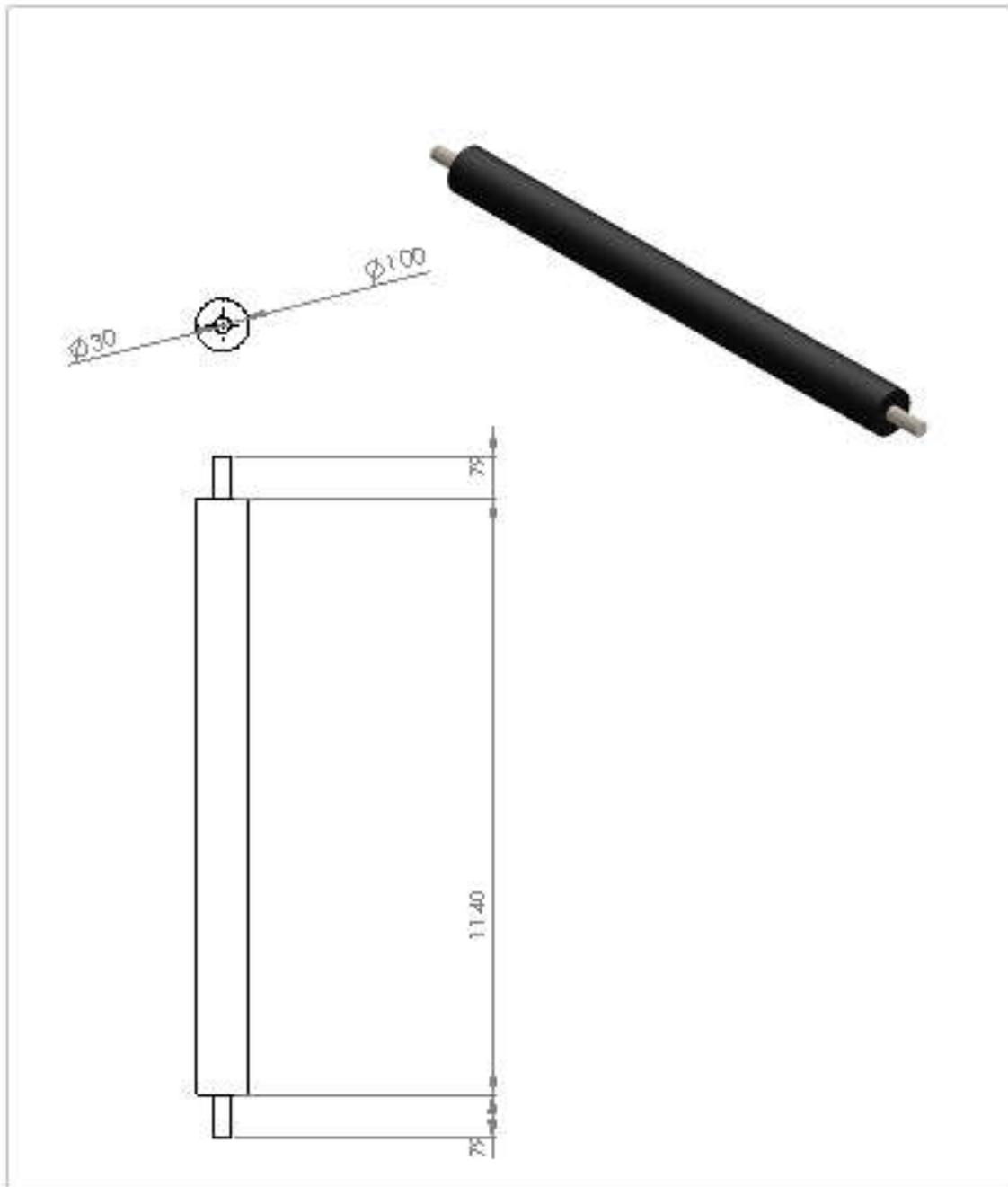
Université A.B.BCM Département génie mécanique

		Titre :  <b>Pièce de supporte</b>	Répare par :  Toufik bendahou
Format	<b>A4</b>		
Echelle	<b>1:1</b>		
Date	août 2020		



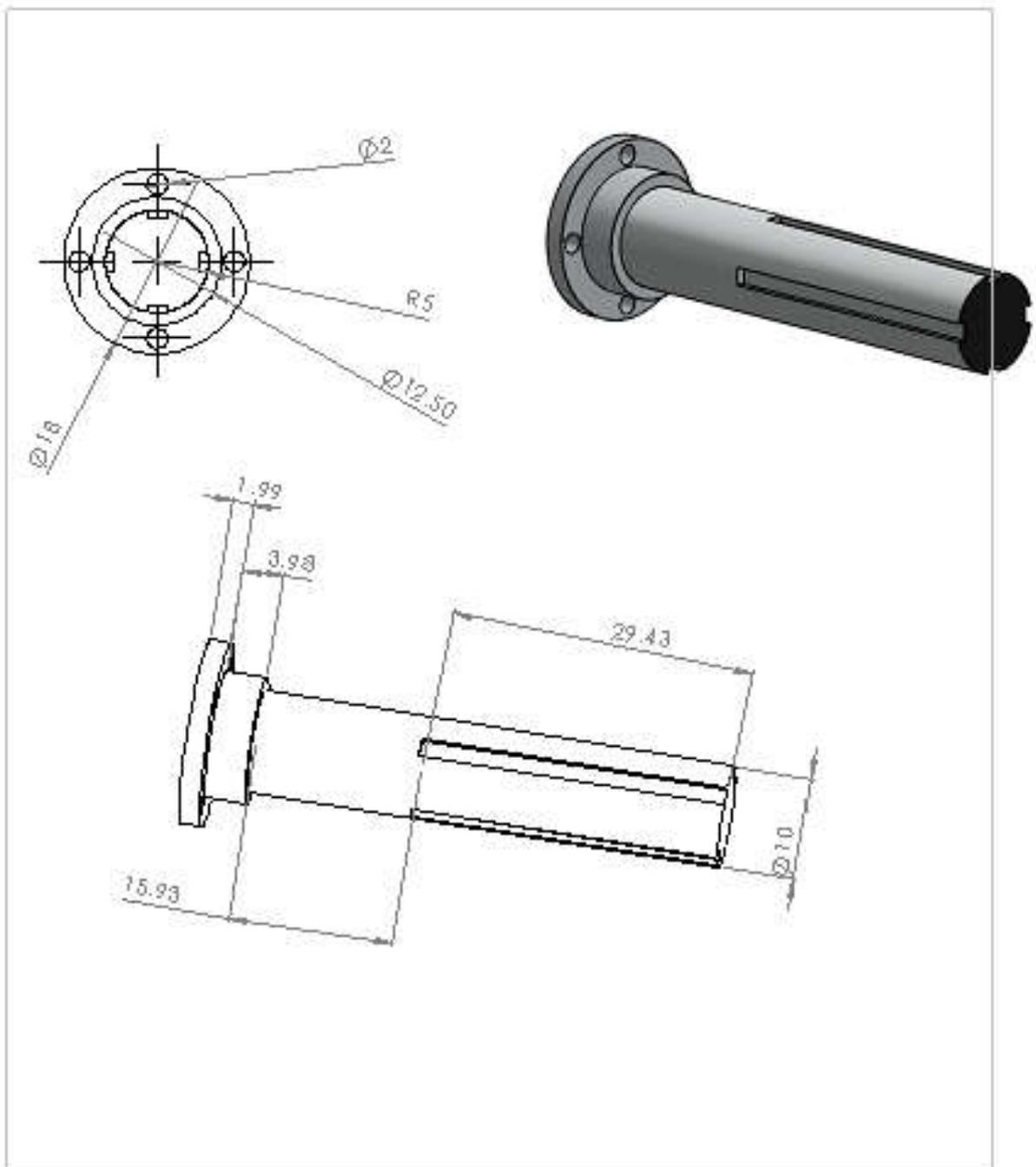
Université A.B.BCM Département génie mécanique

		Titre :		Répare par : Toufik bendahou
Format	<b>A4</b>	<h1>pièce de supporte</h1>		
Echelle	1:1			
Date	août 2020			



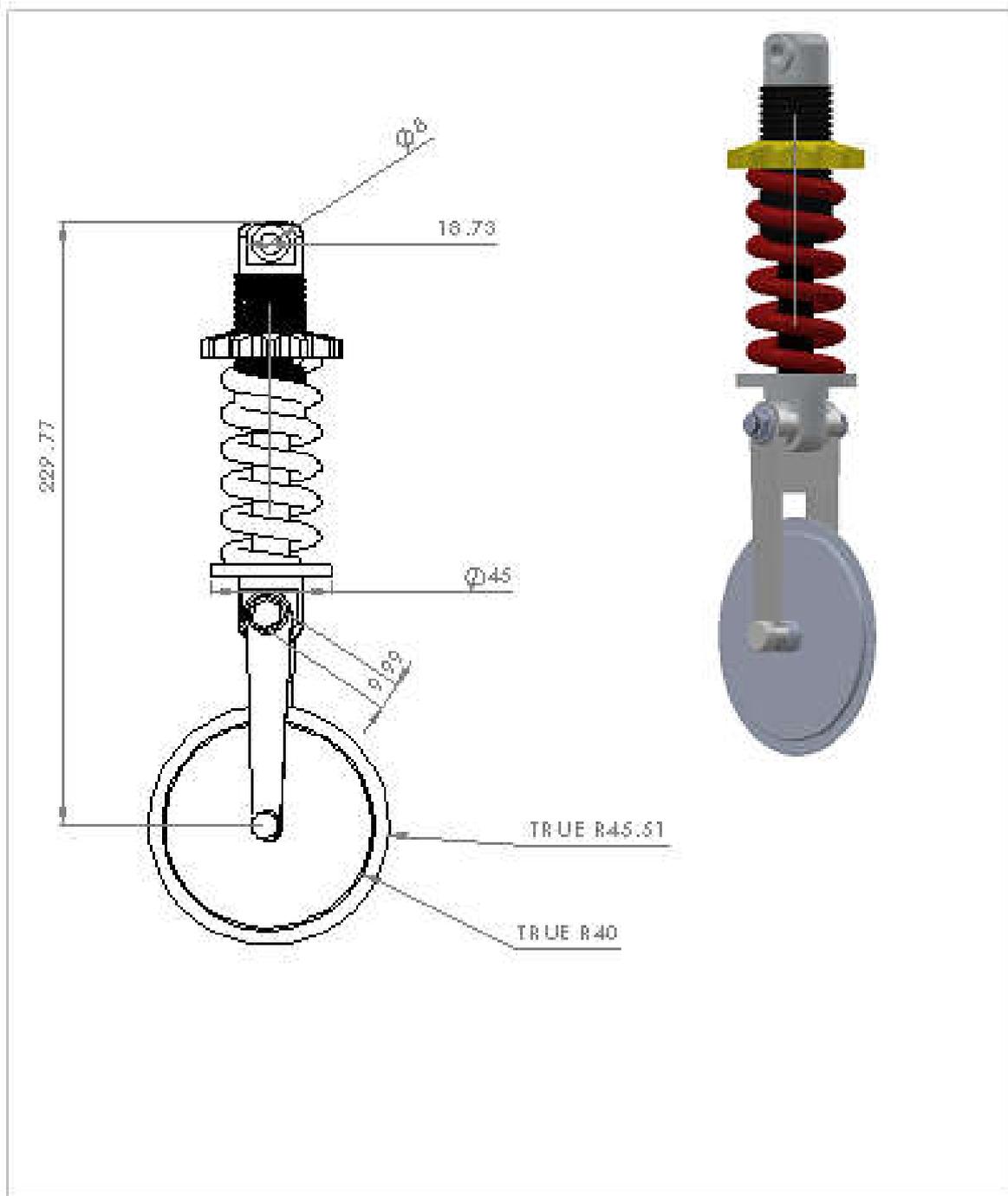
Université A.B.BCM Département genie mécanique

		Titre :  <b>Rouleur en caoutchouc</b>	Répare par :  Toufik bendahou
Format	<b>A4</b>		
Echelle	<b>1:10</b>		
Date	août 2020		



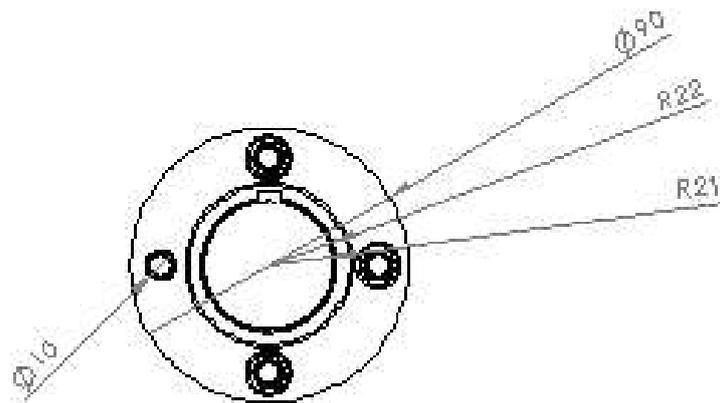
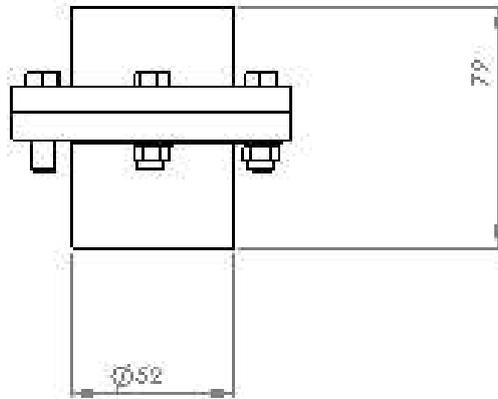
Université A.B.BCM Département génie mécanique

		Titre :	Répare par : Toufik bendahou
Format	<b>A4</b>	<h2>Arbre cannelé</h2>	
Echelle	1:1		
Date	août 2020		



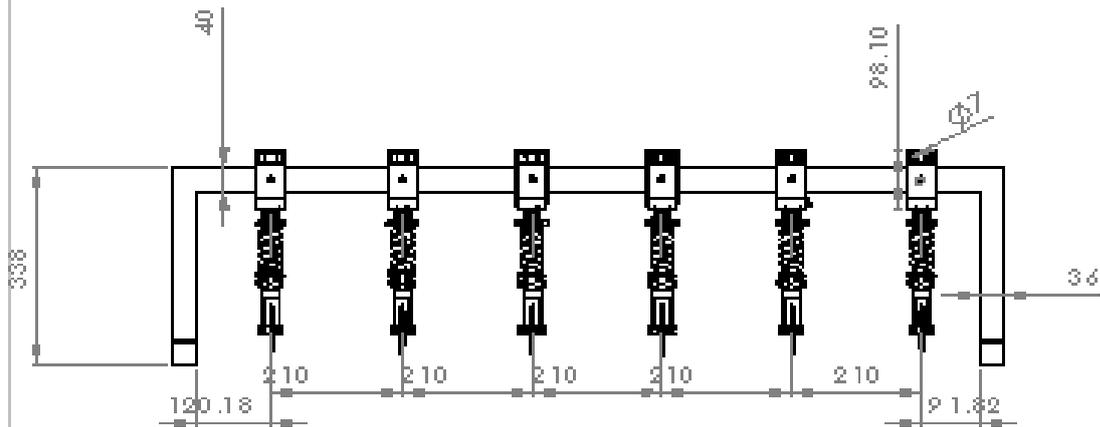
Université A.B.BCM Département genie mécanique

		Titre :  <h3 style="text-align: center;">Les coupeurs</h3>	Répare par :  Toufik bendahou
Format	<b>A4</b>		
Echelle	<b>1:2</b>		
Date	août 2020		



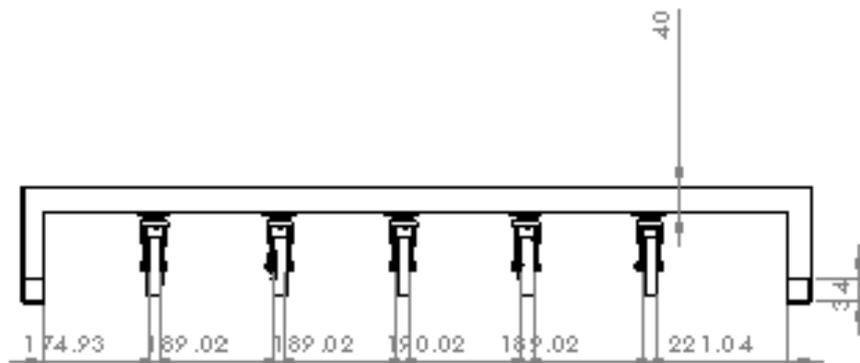
Université A.B.CMDépartement genie mécanique

		Titre :		Répare par : Toufik bendahou
Format	<b>A4</b>	Accouplement		
Echelle	1:1			
Date	août 2020			



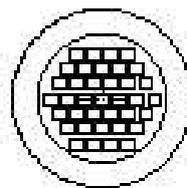
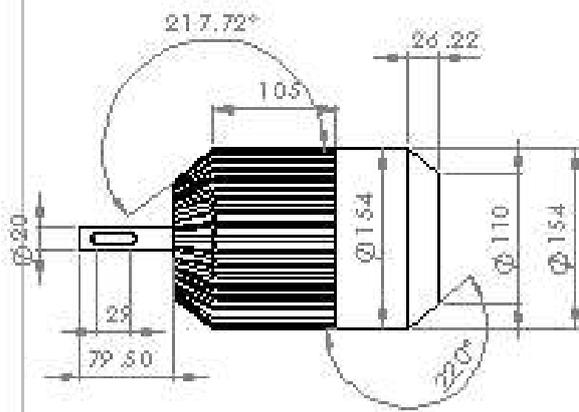
Université A.B.BCMDépartement genie mécanique

		Titre :  <b>système de coupage</b>	Répare par :  Toufik bendahou
Format	<b>A4</b>		
Echelle	1:10		
Date	août 2020		



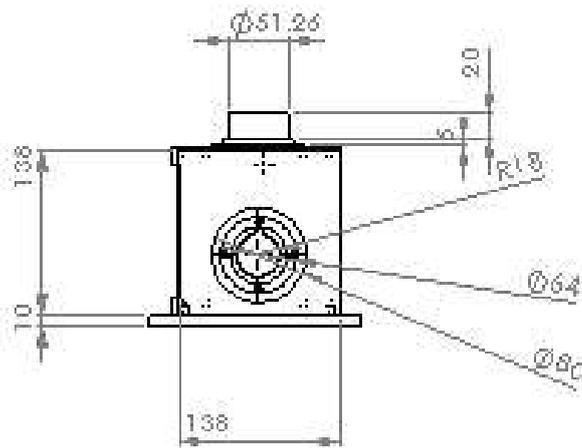
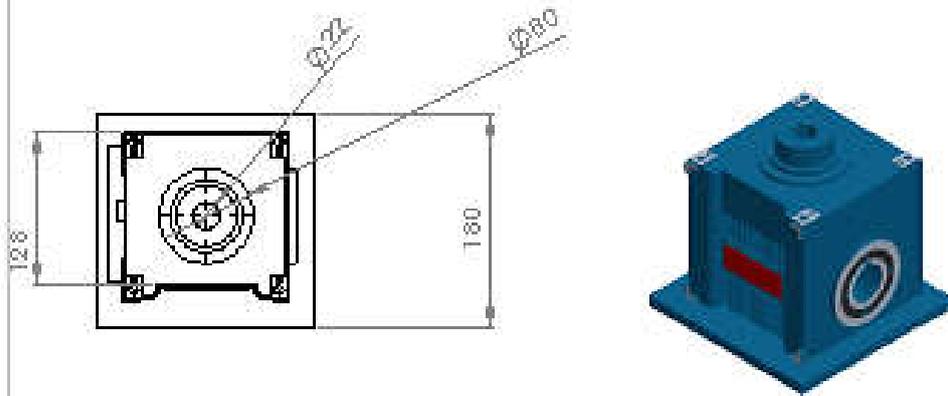
Université A.B.BCM Département genie mécanique

		Titre :  <b>roues avec la barre</b>	Répare par :  Toufik bendahou
Format	<b>A4</b>		
Echelle	<b>1:5</b>		
Date	août 2020		



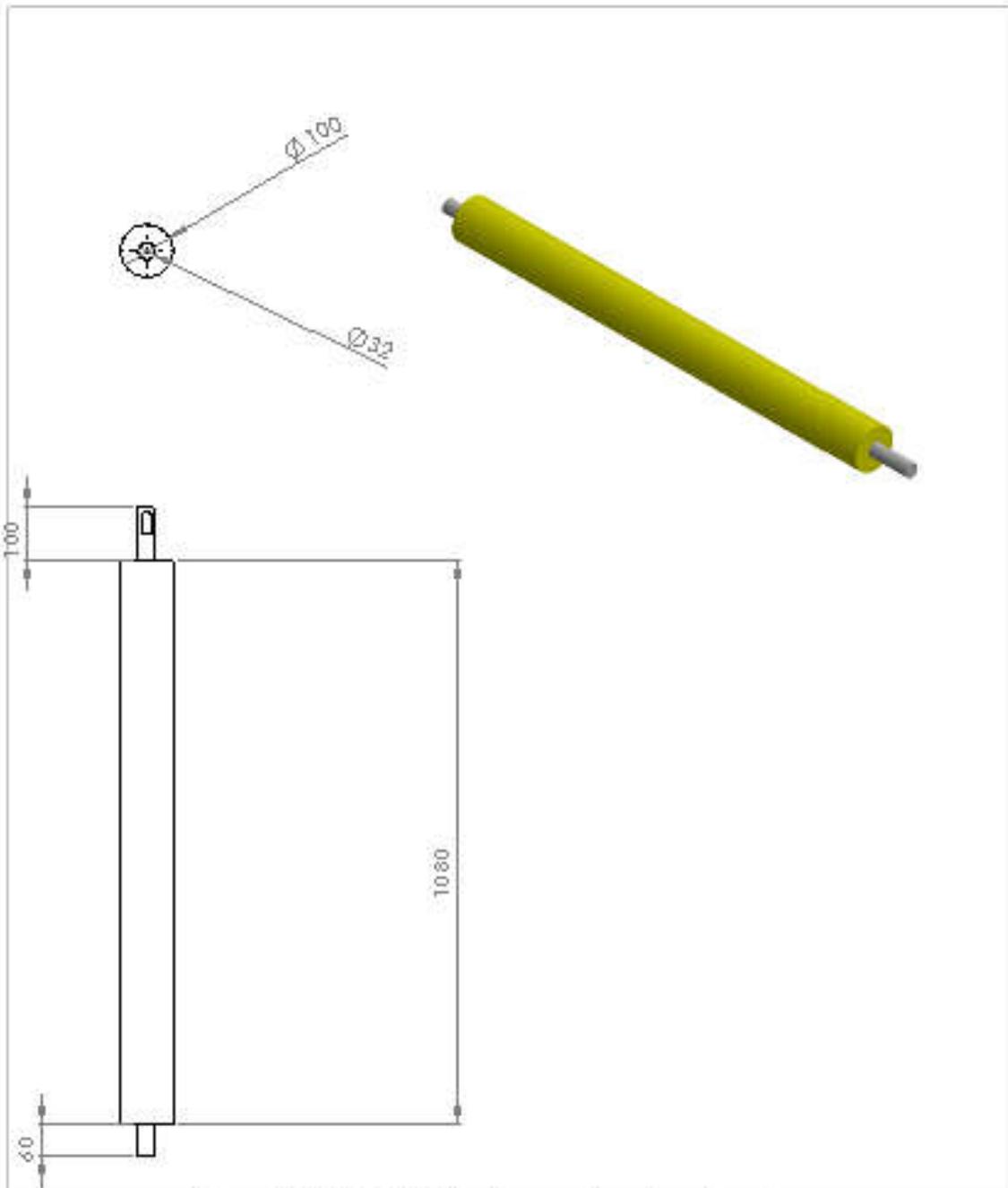
Université A.B.BCM Département genie mécanique

		Titre :	
Format	<b>A4</b>	<b>Moteur électrique</b>	Répare par :
Echelle	<b>1:5</b>		Toufik bendahou
Date	août 2020		



*Université A.B.BCM Département genie mécanique*

		Titre :  <h2 style="text-align: center;">Réducteur</h2>	Répare par :  Toufik bendahou
Format	<b>A4</b>		
Echelle	<b>1:5</b>		
Date	août 2020		



Université A.B.C.MD Département genie mécanique

		Titre :  <b>Rouleau en caoutchouc</b>	Répare par :  Toufik bendahou
Format	<b>A4</b>		
Echelle	<b>1:10</b>		
Date	août 2020		