

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche
scientifique

Université A.Mira-Bejaia

Faculté de Technologie

Département de Génie électrique

Projet de fin de Cycle

En vue de l'obtention du diplôme Master en électrotechnique

Option : Electromécanique

Thème
Thème

**Etude et réalisation d'un broyeur
pour les bouteilles en plastiques**

Présenté par :

Mr. BACHIRI SALIM

Mr. FERHANE ZAHIR

Encadré par :

Mr. A.AMRI

Promotion 2011/2012

Remerciements

*Nous remercions notre promoteur
Mr . AMRI. Athmane pour sa disponibilité
exceptionnelle et ses efforts incessants pour
rendre ce travail.*

*Nous remercions également les membres du
jury d'avoir accepté de juger notre travail.*

*Ainsi que toutes les personnes qui ont
contribué de près ou de loin à la réalisation
de ce travail.*

Dédicaces

Je dédie ce travail à

*A ceux qui n'ont jamais cessé de m'encourager et de me soutenir,
à ceux qui leur amour m'a donné la volonté d'aller
toujours de l'avant,*

A mes très chers parents, que Dieu les protège

A mes chères sœurs et mes très chers frères

A ma petite amie soussou

A ma famille et à tous mes amis (équipe counter strike).

BACHIRI SALIM.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

* Ma chère mère, pour ses peines et ses grands sacrifices. Désolé mère je n'ai pas été très disponible pour toi ces derniers mois c'est pour ça que je te dédie personnellement en premier lieu ce travail.

* Mes chères sœurs et notre petite ZINAB.

* Mon cher frère YAHIA

* Mon défunt père.

* A toute ma famille.

* A tous mes amis et à tout ceux qui me sont chers.

* A toute ma promotion.

* Aux membres du Q.G.

* A mon collègue et ami Salim.

FERHANE ZAHIR

S O M M A I R E

SOMMAIRE

LISTE DES ABREVIATIONS

Liste des symboles

Liste des figures

Liste des tableaux

INTRODUCTION GENERALE.....1

CHAPITRE I ORIGINE DES DECHETS PLASTIQUES

INTRODUCTION.....3

I. GENERALITES SUR LES POLYMERES.....3

I.1. LA MATIERE PLASTIQUE.....3

I.2. UTILISATION ET PROPRIETES DES PLASTIQUES.....4

I.3. LES DECHETS PLASTIQUES.....5

I.4. CLASSEMENT DES DECHETS PLASTIQUES.....5

I.4.1. DECHETS AVANT UTILISATION INDUSTRIELS.....5

I.4.2. DECHETS APRES UTILISATION MENAGERS.....6

CONCLUSION.....6

CHAPITRE II TRAITEMENT ET RECYCLAGE DES DECHETS PLASTIQUES

INTRODUCTION.....7

II.1. ELIMINATION DES DECHETS PLASTIQUES.....7

II.1.1. TRAITEMENT ET RECUPERATION DES DECHETS PLASTIQUES.....7

II.1.2. LA COLLECTE ET LE TRI DES DECHETS PLASTIQUES.....7

II.2. INTERET DE LA RECUPERATION DES DECHETS PLASTIQUES.....7

II.2.1. IMPORTANCE QUANTITATIVE DES DECHETS.....8

II.2.2. INTERET ECONOMIQUE.....8

II.2.2.1. Economie de matière.....8

II.2.2.2. Economie de matières premières.....9

II.2.2.3. Economie d'énergie.....9

II.3. MODES DE TRAITEMENT DES DECHETS DE MATIERES PLASTIQUES.....9

II.3.1. LE RECYCLAGE.....9

II.3.2. RECYCLAGE MECANIQUE.....10

II.3.3. ETAPES DU RECYCLAGE MECANIQUE AU NIVEAU INDUSTRIEL.....10

II.3.3.1. Récupération et contrôle.....10

II.3.3.2. Déballage.....	10
II.3.3.3.Criblage.....	11
II.3.3.4. Tri complémentaires.....	11
II.3.3.5. Broyage.....	11
II.3.3.6. Lavage.....	11
II.3.4. Recyclage chimique.....	11
CONCLUSION.....	11
<u>CHAPITRE III GENERALITES SUR LES BROYEURS</u>	
INTRODUCTION.....	12
III.1. Généralités sur les broyeurs.....	12
III.1.1. définition d'un broyeur.....	12
III.1.2. Caractéristiques principales d'un broyeur.....	12
III.1.3. Le broyage.....	12
III.1.4. Les différents types de broyeur.....	13
III.1.4.1. LES BROYEURS A FRAGMENTATION GROSSIERE.....	13
III.1.4.2. LES BROYEURS A FRAGMENTATION FINE ET ULTRAFINE.....	15
CONCLUSION.....	16
<u>CHAPITRE IV ETUDE MECANIQUE D'UN BROYEUR</u>	
INTRODUCTION.....	17
IV.1. ETUDE MECANIQUE DU BROYEUR.....	18
IV.1.1. Etude de la cinématique.....	18
IV.1.1.1 CALCUL DE LA VITESSE DE LA VITESSE DE ROTATION DE L'ARBRE COUPANT	18
V.1.1.2. Chaîne cinématique du broyeur.....	19
VI.1.1.3. Explication de la Chaîne cinématique.....	19
IV.1.2. ETUDE DE RDM DU BROYEUR.....	19
IV.1.2.1. CALCUL DE L'ARBRE A LA FLEXION.....	21
IV.1.2.1.1. Calcul de la force de coupe (Ft) du plastique.....	21
IV.1.2.1.2. Calcul du moment de flexion.....	22
IV.1.2.1.3. Calcul du diamètre de l'arbre à la flexion.....	22
IV.1.2.2. Calcul de l'arbre à la torsion.....	23
IV.1.2.2.1. Calcul du moment de torsion.....	23
IV.1.2.2.2. Calcul du diamètre de l'arbre à la torsion.....	24
IV.1.2.3.VERIFICATION AUX SOLLECITIONS COMPOSEES.....	24
IV.1.2.4. Calcul de la longueur totale des lames.....	25

IV.1.2.5. Calcul du nombre des lames.....	26
IV.1.2.7.Récapitulation.....	27
CONCLUSION.....	27
<u>CHAPITRE V LA REALISATION D'UN BROYEUR</u>	
INTRODUCTION.....	28
V.1. FABRICATION.....	28
V. 2. Présentation des logicielles de la CAO.....	28
V.2.1. Définition de la CAO.....	28
V.2.2. Les avantage de la CAO.....	28
V.2.3. Les inconvénients de la CAO.....	28
V.2.4. Définition du SOLIDWORKS.....	28
V.2.5. Les différentes utilisations de SOLIDWORKS.....	28
V.2.6. Les principales étapes de la conception.....	29
V.2.7. Dessin de chaque pièce de la machine en 3D.....	29
V.3. LES PROCESSUS DE FABRICATION.....	29
V.3.1. LA COUPE.....	29
V.3.2. LE TOUR.....	30
V.3.3. LE FRAISAGE.....	30
V.3.4. ASSEMBLEMENT.....	30
CONCLUSION.....	31
CONCLUSION GENERALE.....	32

Bibliographie

ANNEXE

ANNEXE A : Dessins d'ensembles des différentes pièces.

ANNEXE B : Les dessins de perspective et de définition des différentes pièces.

Liste des abréviations

PET : Polyéthylène

PP : Polypropylène

PS : Polystyrène

PVC : Polychlorure de vinyle

PEHD : Polyéthylène a haute densité

RDM : la résistance des matériaux

Liste des symboles

Symboles	Définition	Unité
XC38	Acier mi-dur utilisé pour la construction mécanique	Mpa
Re	Limite d'élasticité de l'acier	Mpa
σ_p	Resistance pratique de l'acier	Mpa
τ_r	Limite de rupture du plastique	Mpa
s	Coefficient de sécurité	/
Cr	Couple résistant	m.N
Ft	Force tangentielle	KN
D	Diamètre de l'arbre	Mm
P	Puissance utile du moteur	Kw
Cm	Couple mécanique	m.N
Mf	Moment fléchissant	m.N
Igz	Moment d'inertie	m.N
Io	Moment d'inertie	m.N
R	Rayon de l'arbre	mm
Mt	Moment de torsion	m.N
Ω	Vitesse angulaire	rad.s ⁻¹
e	Epaisseur de plastique	mm
S	La surface de plastique à couper	mm ²
L	La longueur totale des lames	mm
l	La longueur totale d'une lame	mm
V _c	La vitesse de coupe du plastique	m/mn
N	La vitesse de rotation	tr/mn
σ_e	Limite d'élasticité de l'acier	Mpa
v	Rayon de l'arbre	mm

Liste des figures

Figure I.1: Les étapes d'obtention d'une matière plastique	3
Figure II.1 : Système bouclé idéal de recyclage des déchets plastiques	10
Figure III.1 : broyeur pour les bouteilles en plastiques	14
Figure III.2 : broyeur pour le papier	14
Figure III.3 : broyeur pour les bouteilles en verre	15
Figure III.5 : broyeur à galets	15
Figure IV.1: schéma du broyeur pour les bouteilles en plastiques	17
Figure IV.2 : la motorisation du groupe de broyage	18
Figure IV.3 : La Chaîne cinématique du broyeur	19
Figure IV.4: Représentation des efforts appliqués sur l'arbre	20
Figure IV.5 : Cylindre porte-outils	21
Figure V.1 : Arbre après passage par le tour	30
Figure V.2 : l'assemblage des différentes pièces	31

Liste des tableaux

Tableau V.1 : cahier des charges.

Introduction générale

Introduction générale

Les plastiques sont omniprésents dans notre vie. Au-delà de leurs atouts, une fois consommés, ils génèrent des déchets volumineux par rapport à leur poids. Ces déchets occupent un volume important dans les points de collecte et autres installations de gestion de déchets dont les centres d'enfouissements techniques. Leur dissémination dans la nature est durable et inesthétique car leur biodégradabilité est peut durer des siècles. Il y a donc lieu d'encourager leur recyclage.

Le recyclage des matières plastiques dans les autres pays connaît depuis quelques années un développement important, il est devenu nécessaire pour des raisons écologiques et sous la contrainte de lois. Il est considéré, avant tout, comme une activité économique rentable, génératrice de revenus et créatrice d'emplois.

Le recyclage des matières plastiques n'est pourtant pas une activité aussi simple qu'elle ne paraît. Cela est principalement dû à une grande diversité de produits et de techniques de traitement. Derrière le terme « plastique » se cache des produits fabriqués à partir du pétrole (4% du pétrole est utilisé pour la fabrication des matières plastiques).

C'est au tour de cette problématique que tourne notre sujet, qui consiste à l'étude et la réalisation d'un broyeur pour les bouteilles en plastiques.

L'étude présentée dans ce mémoire est basée sur les éléments principaux du système, qui concerne la résistance des matériaux (RDM) et la cinématique de l'arbre qui est muni des couteaux coupants.

Ce mémoire est divisé en cinq chapitres.

Le premier chapitre est consacré à une présentation générale des polymères (plastique) en terme très généraux et leurs différentes techniques d'obtention et leurs utilisations. Il regroupe aussi les différents déchets et leurs classifications.

Le deuxième chapitre concerne les différentes méthodes de traitement et de récupération des déchets plastiques et leurs importances dans notre vie.

Le troisième chapitre est réservé à une représentation des différents appareillages utilisés dans le broyage des différents déchets en termes généraux.

Le quatrième chapitre est consacré pour une étude mécanique des éléments principaux d'un broyeur pour les bouteilles en plastique.

Le dernier chapitre concerne l'étape finale qui est basée sur la réalisation des différentes pièces constituant le broyeur, puis leurs assemblages. Ce travail sera réalisé au niveau de l'atelier (Hall de Technologie).

CHAPITRE I

Origine des déchets plastiques

Introduction

Le plastique est apparu comme symbole de modernité dont l'expansion de son usage a permis l'épanouissement de la culture du jetable. Son usage intensif est lié, en grande partie, à ses caractéristiques : léger, malléable, imperméable, s'adapte à tout type de produit, etc.

Cependant, la production et l'usage des matières plastiques constituent un véritable défi en matière de promotion du développement durable.

I. Généralités sur les polymères

Par rapport aux autres matériaux tels que les céramique, les métaux, ... les polymères sont dans l'ensemble relativement récents. Ils n'ont été pratiquement développés industriellement qu'à partir de la deuxième moitié du vingtième siècle. Il existe donc pour ces produits des potentialités de progrès importantes.

I.1. La matière plastique

Les matières plastiques sont des matériaux organiques de haute masse moléculaire. Elles sont formées de molécules de même structure.

Une matière plastique est une matière susceptible d'acquérir une déformation permanente sous l'action de contraintes convenables, elles sont solides et parfaitement stables à l'état commercial, mais fluide pendant la mise en œuvre.

L'obtention d'une matière plastique résulte de la succession des étapes suivante :

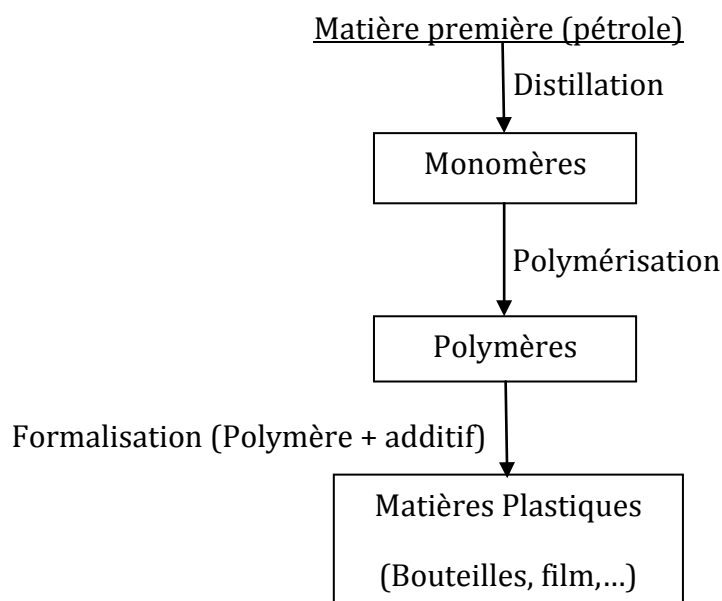


Figure I.1: Les étapes d'obtention d'une matière plastique

La définition actuelle se restreint, en outre aux matières plastiques à base de polymères organiques, à l'exclusion des élastomères et des fibres. Dans le domaine de la technologie, on appelle matière plastique un mélange comportant un polymère et divers ingrédients (par exemple les plastifiants, les stabilisants, des charges, etc.) transformés en produits finis. Selon l'importance économique des polymères à l'instar de tout produit industriel, il existe une corrélation entre le tonnage et le prix ceci permet de distinguer trois grandes catégories de polymères commerciaux :

- Polymères de grande diffusion, dont le volume des ventes et de production est élevé et dont le prix est faible exemple : PP, PE, PS, PVC.
- Les polymères à haute performance, dont le volume des ventes est le plus faible et les prix plus élevés.
- Les polymères techniques, dont le volume et le prix sont intermédiaires entre les deux catégories précédentes. Exemple : polyamide, PET [1].

I.2. Utilisation et propriétés des plastiques

Les matières plastiques présentent de nombreuses propriétés uniques et parfois inégalables. L'industrie de la construction et de l'automobile, l'industrie alimentaire et le monde médical sont parmi les plus grands consommateurs des nouveaux matériaux.

Dans le transport, l'application du plastique est plus ou moins fortement liée au poids de véhicule. Par exemple un camion de 38 tonnes qui transporte de l'eau minérale va, grâce aux emballages plastiques (bouteilles, films de palettisation, palettes), transporter 93% d'eau et seulement 7% d'emballage. On voit comment ces pourcentages évolueraient si le plastique était remplacé par le verre.

Dans le domaine médical on utilise le polypropylène et le polystyrène pour fabriquer les seringues médicales. Le polyéthylène et le polychlorure de vinyle permettent de réaliser des tubes, des tuyaux. Des emballages stériles variés. Les applications paramédicales, allant des lunettes aux brosses à dents, font, elles aussi, appel très largement aux plastiques. Il est facile de voir que le monde médical aurait aujourd'hui le plus grand mal à se passer des matières plastiques et que leur emploi a modifié de façon positive, voire vitale notre environnement.

Une autre application très connue, est la poubelle en plastique qui a remplacé la poubelle en tôle à cause de sa légèreté et la facilité très améliorée du nettoyage et une diminution des bruits émis lors des manipulations.

Ainsi, les ressources naturelles sont remplacées par les plastiques, ces derniers sont utilisés pour la protection des biens, protéger la nature, la santé, puis permettent de lutter pour une économie plus durable et enfin améliorent notre capacité à générer le monde qui nous entoure [2].

I.3 Les déchets plastiques

Durant les quarante dernières années, on a assisté à une augmentation du niveau de vie et à une modification des modes de consommation qui ont généré une augmentation importante des déchets. Pendant le même temps les matériaux à base de polymères ont été de plus en plus largement utilisés dans tous les domaines.

En effet en Europe les déchets plastiques ne représentent pas moins de 12,5 millions de tonnes par an et seuls quelques 7% de cette quantité sont destinés à une filière de recyclage [3].

I.4. Classement des déchets plastiques

I.4.1. Déchets avant utilisation industriels

Les déchets plastiques industriels correspondent à l'ensemble des plastiques produits par les entreprises. Ces déchets regroupent des catégories différentes du fait de leurs origines. Certains de ces déchets représentent les chutes récupérées au niveau des machines lors de la production de matières plastiques ou de leur transformation, ils sont en principe propres et sont directement recyclables pour fabriquer le même produit. Par exemple les chutes du moulage des pots de yaourt en feuilles de polystyrène qui se recyclent dans les mêmes applications, comme le fait ALL PLAST, les chutes des films en plastique que fabrique MULTI PLAST sont recyclés dans de nouveaux films, l'installation de canalisation en polyéthylène génère aussi des chutes qui peuvent être recyclées pour la fabrication d'autres canalisations.

I.4.2. Déchets après utilisation ménagers

Les déchets plastiques après utilisation sont issus de l'activité domestique quotidienne des ménages, ne sont pas habituellement propres, car ils sont mélangés avec différents plastiques et de déchets non plastiques, les déchets plastiques sont achetés par les recycleurs pour fabriquer de nouveaux produits, pour les recycler ils doivent d'abord être nettoyés et séparés en matériaux homogènes.

Les principaux plastiques (PE, PET, PP, PS) représentent une grande partie de l'ensemble de déchets ainsi que les produits d'emballage.

Conclusion

Actuellement, la notion de développement durable s'impose progressivement dans tous les domaines. D'après cette analyse trop sommaire, les matières plastiques présentent des difficultés à satisfaire les exigences environnementales, économiques et sociales du développement durable.

Un autre problème important est celui des déchets plastiques qui sont inévitables en fin de vie des produits plastiques. Contrairement aux autres matières (bois, métaux, verre, ...), les déchets plastiques, selon les industriels, présentent des difficultés de recyclage et de récupération, suite essentiellement différentes selon les matières à la séparation des déchets de caractéristiques techniques différentes. Ainsi, seule une gestion écologique et rationnelle à ses problèmes, en développant une écologie industrielle et urbaine, permettra de considérer les matières plastiques comme un bon candidat au développement durable.

CHAPITRE II

Traitement et recyclage des déchets plastiques

Introduction

L'accroissement des quantités des matériaux polymères est accompagné à la fois par la crise d'énergie, la diminution des ressources en matières premières et la pollution de l'environnement. Pour diminuer leurs impact du l'environnement plusieurs solutions ont été envisagées.

II.1. Elimination des déchets plastiques

II.1.1. Traitement et récupération des déchets plastiques

Dans l'industrie du plastique, la production, le traitement et l'utilisation de cette matière génèrent des déchets et ces dernières doivent être récupérer et traiter d'une manière à :

- Economiser la matière vierge.
- Eviter le problème d'évacuation et de remise en rebut.
- Conserver la ressource naturelle.

II.1.2. La collecte et le tri des déchets plastiques

La collecte est le procédé fondamental par lequel les matières recyclables sont acheminées vers des établissements de transformation ou de manutention. Les déchets plastiques sont collectés aux fins de recyclage plutôt que jetés aux dépotoirs après usages. Ils sont triés selon leurs types puis comprimés et emballés pour minimiser les coûts de transport, ensuite on les achemine vers les lieux de stockage ou de traitement.

II.2. Intérêt de la récupération des déchets plastiques

Durant ces dernières années plusieurs solutions sont adaptées, pour préserver ces sources potentielles d'énergie et de matière, afin de protéger la nature et la santé humaine par ces déchets éparpillés ou incinérés.

L'intérêt croissant porté à la récupération et à la valorisation des déchets de matières plastiques est lié à leurs grandes quantités, à l'augmentation des coûts d'énergie et des matières premières [4 ,5].

Le plastique jeté dans la nature ne pourrit pas, ne se décompose pas, un sac plastique met 200 ans pour disparaître, une bouteille 1000 ans [6].

Les déchets de plastiques peuvent présenter divers dangers pour l'environnement, ils contiennent des additifs (colorants, stabilisants et plastifiants) qui peuvent eux-mêmes renfermer des composés toxiques comme du cadmium et du plomb [6].

Les plastiques brûlés dégagent des gaz toxiques qui peuvent attaquer les voies respiratoires, détruire la faune et la flore. Donc il est nécessaire de récupérer les emballages plastiques pour les recycler afin de faire des économies d'énergie et de protéger l'environnement [7].

II.2.1. Importance quantitative des déchets

Les matières plastiques occupent une place importante dans l'ensemble des produits de consommation, d'ailleurs aucun matériau de production n'a connu au cours des quarante dernières années une évolution aussi spectaculaire que les matières plastiques. En effet en 2000, 180 millions tonnes de matières plastiques synthétiques ont été produites dans le monde. A titre comparatif, la production d'acier est de 750 millions de tonnes et celle d'aluminium de 20 millions de tonnes. La croissance de la production des plastiques est de l'ordre de 8 à 10% par an depuis 10 ans [8].

II.2.2. Intérêt économique

La première crise pétrolière (durant les années 1970), en produisant un surenchérissement des matières plastiques courantes (de 30 à 70% suivant les produits) a encouragé l'émergence d'une nouvelle industrie, celle du recyclage de ces matériaux. Les crises pétrolières n'ayant pas fléchi la croissance explosive de la consommation de plastique principalement sous forme d'emballage, sa destination principale reste la décharge. Cette situation a suscité chez les industriels l'intérêt à diminuer la consommation des dérivées pétrolières dont sont issus la plupart des monomères par la mise en œuvre de procédés de prévention et de traitement de ces déchets [9].

A cet effet, plusieurs voies ont été proposées dont le traitement en vue de leur récupération, celle-ci a un impact économique certain (Economie de matière, de matière première et d'énergie).

II.2.2.1. Economie de matière

Le thermoplastique fondu redevient un objet plastique, il est donc possible d'économiser la matière par le recyclage mécanique [10].

Les déchets de matières plastiques peuvent être recyclés selon différentes voies :

- Réinjection dans le cycle de production pour l'obtention du même produit (cas de la bouteille de PEHD).

- Utiliser avec un autre polymère pour en faire un alliage en vue de l'obtention d'autres produits .Cette opération nécessite l'étude préalable de la compatibilité de ces matériaux récupérés avec d'autres polymères [9].

- Réutilisation des matières plastiques dans la décoration (formation des objets de décoration avec les bouteilles de PET et PEHD après leur utilisation).

Le recyclage et la réutilisation des matières plastiques peuvent présenter la meilleure solution au problème des déchets solides. De bons résultats ont été obtenus dans ce sens au cours de ces dernières années [11].

II.2.2.3. Economie d'énergie

L'incinération du plastique produit de l'énergie, une tonne de plastique dégage autant d'énergie qu'une tonne de fuel [9]. Les déchets polymères représentent un potentiel énergétique susceptible d'être valorisé par incinération directe. Celle-ci s'effectue normalement quant il s'agit de déchets hétérogènes [7]. Dans le cas d'une récupération thermique, le potentiel calorifique de l'objet représente le facteur principal du calcul.

Le haut pouvoir calorifique des matières plastiques permet d'expliquer ce type de valorisation.

En effet lors de l'incinération de ces déchets, l'énergie dégagée peut être récupérée sous forme de chaleur ou de vapeur d'eau.

II.3. Modes de traitement des déchets de matières plastiques

II.3.1. Le recyclage

Le recyclage consiste à convertir les objets usagés en matières brutes, qui sont ensuite utilisées pour fabriquer de nouveaux produits. Le terme « recycler » est le troisième élément, après « réduire » et « réutiliser », car le recyclage exige de nouvelles ressources pour le transport et le procédé de fabrication. Pourtant, les bénéfices économiques et environnementaux sont considérables. Le recyclage protège les ressources, réduit les déchets et crée environ six emplois pour chaque emploi qui serait créé par l'enfouissement de la même quantité de déchets [12].

Le recyclage peut évidemment être une méthode séduisante et rationnelle puisqu'elle évite un continuel gaspillage de ressources naturelles.

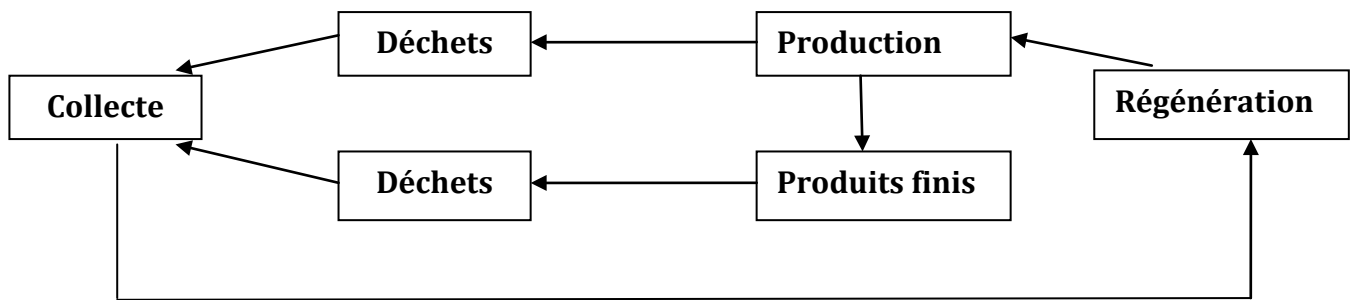


Figure II.1 : Système bouclé idéal de recyclage des déchets plastiques

Il existe deux types de recyclage :

- Recyclage mécanique;
- Recyclage chimique.

II.3.2. Recyclage mécanique

Cela consiste à fondre la matière pour fabriquer des produits commercialisables. Les déchets sont broyés et fondus puis directement mise en forme. Le recyclage mécanique est extrêmement simple lorsque les plastiques sont constitués d'une seule résine. Mais il pose des problèmes quand les plastiques sont de composition différente [13].

II.3.3. Etapes du recyclage mécanique au niveau industriel

Le recyclage mécanique au niveau industriel s'opère en deux étapes essentielles qui sont la régénération puis le recyclage.

L'objectif de la régénération est de séparer le plastique de tous les autres constituants de l'objet. Les techniques varient d'une installation à l'autre en fonction des débouchés visés et des technologies disponibles lors de la conception de l'usine [11].

II.3.3.1. Récupération et contrôle

Le régénérateur reçoit et pèse le camion de balles, décharge les balles et effectue le contrôle de conformité du lot (mesure pesée comptage des contaminants).

II.3.3.2. Déballage

Pour alimenter la ligne de régénération, l'opérateur coupe les liens puis pousse les balles dans une fosse ou une trémie. Le délitage se fait ensuite dans un trommel (grand cylindre rotatif).

II.3.3.3. Criblage

C'est l'élimination des particules fines (poussières, graines) et des étiquettes, sur un crible à axe rotatif ou dans un trommel par des secouements.

II.3.3.4. Tri complémentaires

Différentes technologies de tri sont mises en œuvre pour séparer automatiquement en différents flux les éléments présent, selon la matière ou la couleur. Le tri automatique est le plus souvent précédé d'un contrôle manuel pour ôter de tous les objets indésirables (hétéroclites) dont la séparation ne peut pas être automatisée.

II.3.3.5. Broyage

Il consiste à couper ou déchiqueter les déchets plastiques en paillettes, on pourra ensuite séparer les différentes matières plastiques.

II.3.3.6. Lavage

Le lavage se fait avec des détergents (produits de lavage) ou simplement avec l'eau, dans une cuve d'immersion pour permettre la séparation des contaminants.

II.3.4. Recyclage chimique

Le recyclage chimique vise à décomposer les molécules constituant des résines en matières premières utilisables à nouveau dans les raffineries, la pétrochimie et la chimie. Les matières plastiques sont dépolymérisées sous l'effet de la chaleur et/ou d'un composé chimique. Selon le procédé utilisé, la valorisation permet de revenir aux monomères de départ ou aux produits pétrochimiques de base.

Conclusion

Après cette brève présentation des différentes étapes que doit subir la matière usagée en vue d'une réintroduction dans le processus de fabrication, le broyage est une étape indispensable pour cela nous allons étudier un broyeur pour les bouteilles en plastique de contenance inférieure ou égale à deux litres dans le chapitre IV.

CHAPITRE III

Généralités sur les broyeurs

Introduction

Le broyage mécanique des matériaux durs, ou ductiles, a une grande importance industrielle et économique dans l'industrie pour la récupération des matières premières usagées. Dans ce but, des broyeurs divers sont employés pour transformer les déchets de ses matériaux en particules grossières, fines et ultrafine dans le but de rétablir ces déchets en première matière.

III.1. Généralités sur les broyeurs

III.1.1. définition d'un broyeur

Le broyeur est une machine utilisée pour le broyage des matériaux soit faciles à traiter ou difficiles (le plastique, le papier, le ciment, le maïs...), il représente dans l'industrie une solution pour l'abattement des frais de gestion des déchets en général. Le broyeur peut parfois être considéré un véritable moyen de production, notamment dans les cas suivant :

- Lorsque les déchets de fabrication sont réutilisés directement dans le cycle de production (matières plastique) ;
- Lors de la mise en place de processus de production utilisant comme matière première les déchets d'autres processus industriel (concept et recyclage).

III.1.2. Caractéristiques principales d'un broyeur

Les caractéristiques principales d'un broyeur doivent être sa robustesse et sa fiabilité, il doit être constitué par une unité de chargement qui est souvent une simple trémie. Cette partie remplit une fonction qui ne doit pas être négligée; en effet, elle doit placer la matière le mieux possible dans le groupe de broyage afin d'éviter tout problème au cours de la trituration.

L'action coupante d'un broyeur est faite par une série d'éléments tranchants (couteaux, lames et bras coupants...) qui cassent la matière en croisant. Les éléments principaux d'un broyeur sont les arbres qui portent soit les couteaux ou les lames (les broyeur pour la matière plastique) ou plus, qui coupent nettement la matière [14].

III.1.3. Le broyage

La réduction de la matière en petits fragments ou en poudre est obtenue par l'opération de broyage. Les modes de fragmentation classiques consistent à soumettre le solide à fragmenter à une contrainte créée par des forces de contact [14].

A chaque type de fragmentation nous allons présenter certains appareils utilisés dans cet objectif. Nous nous sommes intéressés beaucoup plus à la fragmentation grossière ainsi qu'à leur différent type d'appareillage, car notre travail est basé sur une étude mécanique et cinématique d'un broyeur pour les bouteilles en plastique dans les chapitres suivants.

III.1.4. Les différents types de broyeur

Dans l'industrie on peut rencontrer trois catégories de broyeur, ils sont classés par leurs types de fragmentation, on peut notamment citer :

- broyeur à fragmentation grossière (c'est le type qui nous allons étudier dans les chapitres suivants plus exactement pour les bouteilles en plastique),
- Broyeur à fragmentation fine,
- Broyeur à fragmentation ultrafine.

III.1.4.1. les broyeurs à fragmentation grossière

Dans ce domaine les forces mises en œuvre sont du type cisaillement, d'où on distingue plusieurs types de broyeur pour la fragmentation des matériaux en particules grossières, parmi eux :

- Broyeur à couteaux : les corps broyant sont des couteaux coupants, et parmi ces broyeur, on peut rencontrer des :
 - Broyeur pour les bouteilles en plastiques, (dont une étude mécanique et réalisation d'un broyeur à couteaux pour les bouteilles en plastique sera effectuée aux chapitres IV et V), (voir la figure III.1 [14]).



Figure III.1 : broyeur pour les bouteilles en plastiques.

➤ Broyeur pour le papier :

L'action coupante du broyeur pour le papier est réalisée par une série des lames minces tranchantes qui déchire le papier en petits morceaux (voir la figure III.2 [14]).



Figure III.2 : broyeur pour le papier.

- Broyeur pour les bouteilles en verres :

Ce type de broyeur utilise des bras sous forme des couteaux dans le but de casser les bouteilles de verre en petits morceaux (voir la figure III.3 [14]).



Figure III.3 : broyeur pour les bouteilles de verre.

III.1.4.2. les broyeurs à fragmentation fine et ultrafine

Dans le domaine de l'ultrafine (particules de tailles comprises entre 5 et 10 μm), les forces mises en œuvre sont du type compression, cisaillement, impact et attrition, on distingue plusieurs types de broyeur, parmi eux :

- les broyeurs à boulets : Le broyeur à boulets est un outil important pour remoudre les matières après le concassage. Le broyeur à boulets s'applique largement dans les métiers tels que le ciment, les produits de silicate (Voir la figure 4 [14]).



Figure III.4 : broyeur à boulets.

- les broyeurs à galets : les corps broyant sont des galets de roche, de silex ou de céramique de distribution granulométrique bien déterminée. Ce type de broyeur s'apparente à des broyeurs semi-autogènes (Voir la figure III.5 [14]).



Figure III.5 : broyeur à galets

Conclusion

Durant ces dernières années plusieurs solutions sont adaptées, pour préserver les sources potentielles d'énergie et de matière et afin de protéger la nature et la santé humaine par les déchets des matériaux. La valorisation est une opération permettant de réintroduire un déchet dans un processus de production ou de lui conférer une nouvelle valeur d'usage, elle consiste dans le broyage ou toute action visant à l'obtenir, à partir des déchets, des matériaux réutilisables ou de l'énergie.

CHAPITRE IV

Etude mécanique d'un broyeur

Introduction

Ce chapitre est consacré sur l'étude mécanique et cinématique d'un broyeur, ce dernier est destiné au broyage des bouteilles en plastiques. Nous avons choisi un broyeur dont le modèle est inspiré à partir des modèles existants sur le marché, le figure suivante représente schématiquement ce broyeur (voir la figure IV.1).

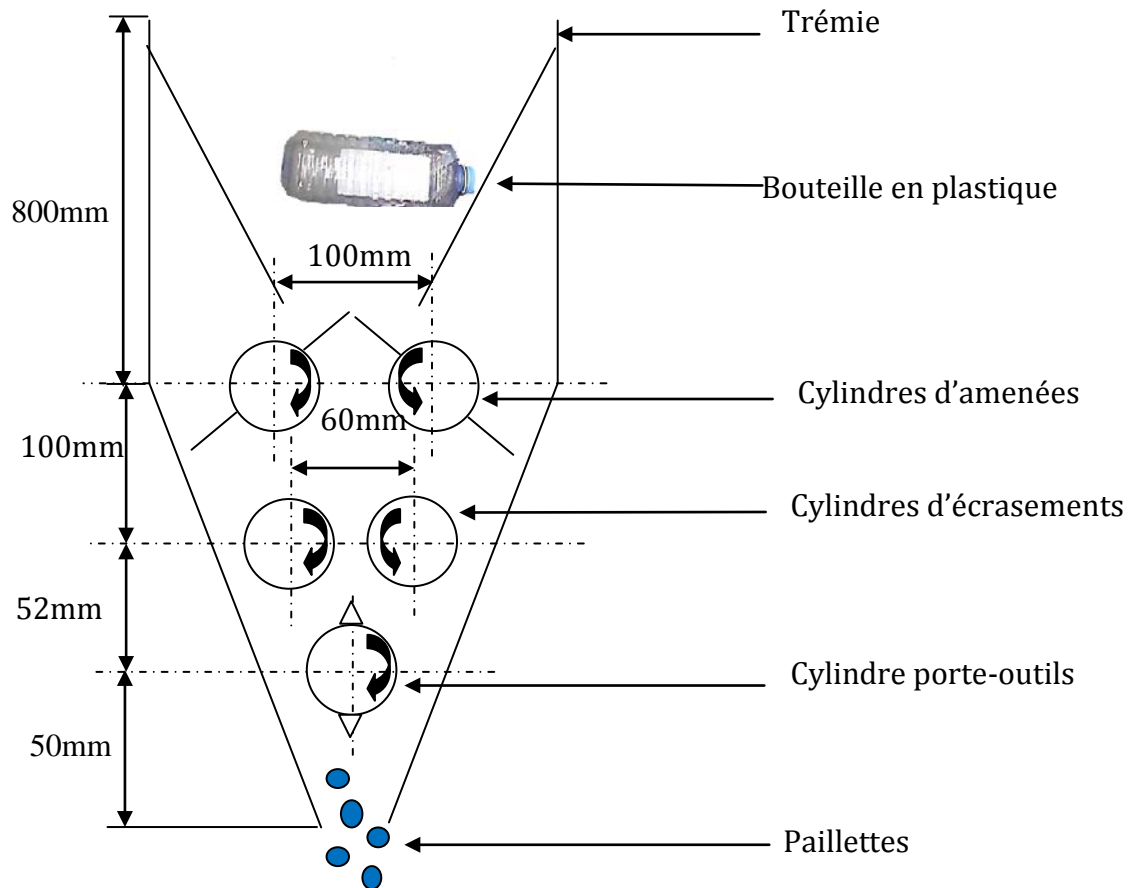


Figure IV.1 : schéma du broyeur pour bouteille en plastique.

Après la consultation de plusieurs fiches techniques des broyeurs existant sur le marché, on a défini le cahier des charges suivant :

Tableau IV.1 : Cahier des charges

Puissance utile du moteur	2.2kw
Longueur utile de l'arbre	400mm
Diamètre de l'arbre porte-couteaux	60mm
Vitesse de coupe	20m/mn

IV.1. Etude mécanique du broyeur

IV.1.1. Etude de la cinématique du broyeur

IV.1.1.1 Calcul de la vitesse de rotation de l'arbre coupant

A partir des données connues dans le cahier de charge, nous allons calculer la vitesse de rotation de l'arbre coupant (voir la figure IV.2)

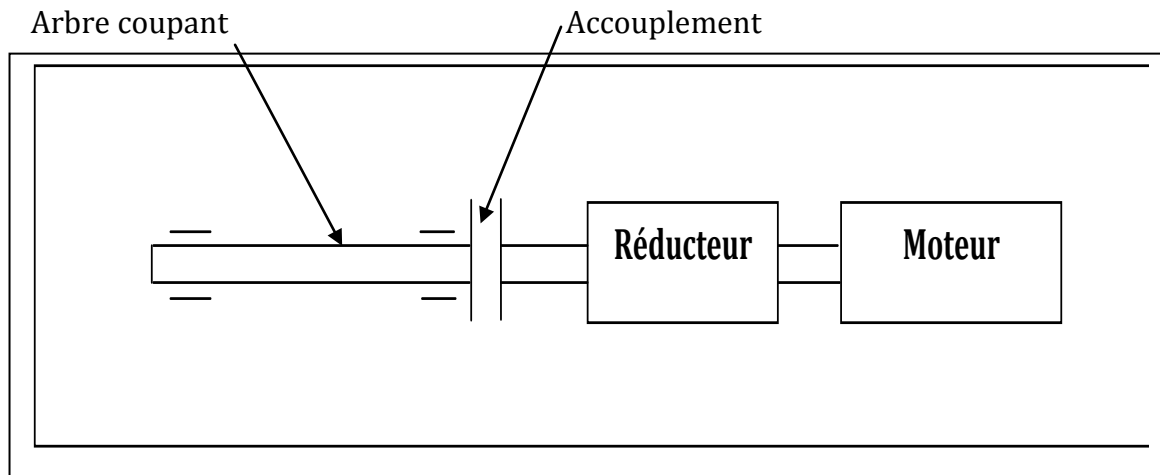


Figure IV.2 : la motorisation du groupe de broyage.

Nous avons la relation suivante :

$$V_c = \Omega \cdot R$$

(IV.1)

Avec :

$\Omega = (2 \cdot \pi \cdot N) / 60$ est la vitesse angulaire de l'arbre coupant en rad/s,

Et R est le rayon de l'arbre en mm.

D'où nous déduisons la relation suivante :

$$N = V_c \cdot 30 / (\pi \cdot R)$$

Avec :

$$V_c = 20 \text{ m/mn}$$

Application numérique

$$N = 100 \text{ tr/mn}$$

VI.1.1.2. Chaîne cinématique du broyeur

La motorisation du groupe de broyage est assurée par un moteur électrique asynchrone à courant alternatif qui permet, à travers un réducteur, d'exercer les forces nécessaires au broyage. Pour la transmission de la puissance qui vient du moteur vers tous les arbres nous avons utilisés des chaînes et des pignons que nous avons pris sur le marché (voir la figure IV.3)

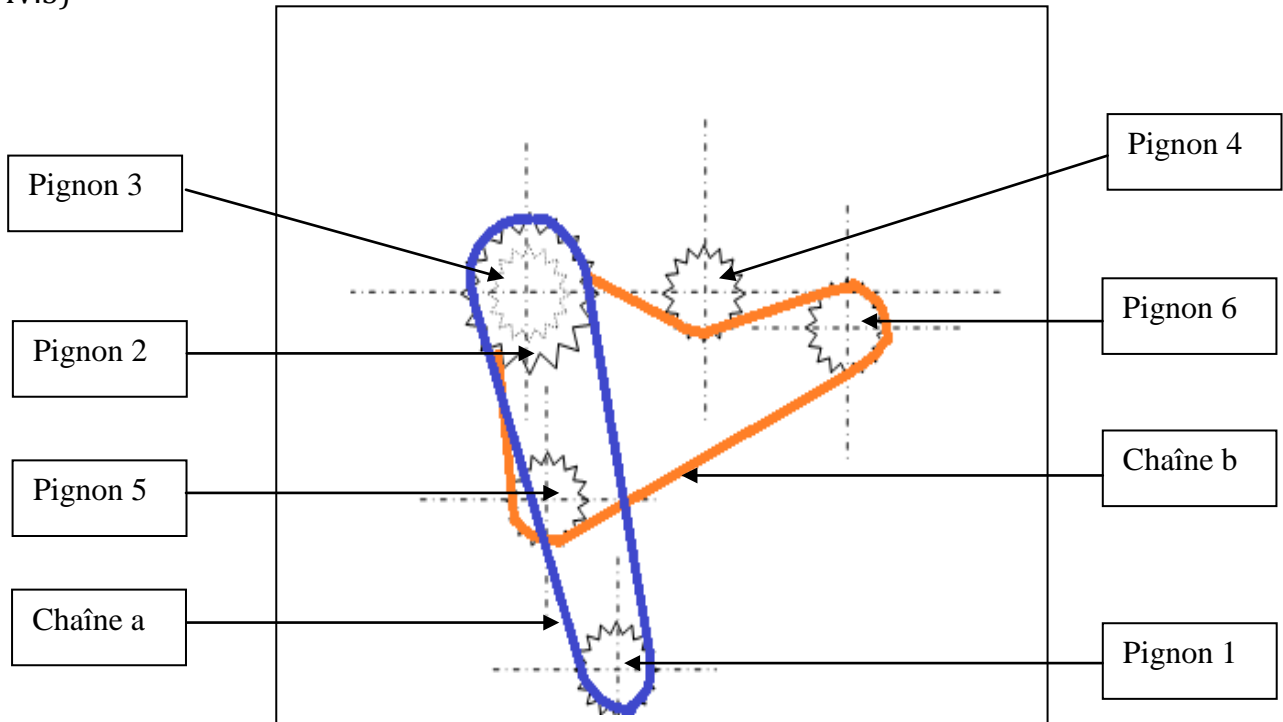


Figure IV.3 : La Chaîne cinématique du broyeur.

VI.1.1.3. Explication de la Chaîne cinématique

Les chaînes font transmettre la vitesse entre les différents pignons :

- Le pignon 1 à même vitesse que la sortie du réducteur du moteur ($N_1=N=100\text{tr/mn}$).
- Le pignon 2 est un réducteur de vitesse, qui est entraîné par le pignon 1 avec la chaîne(a) et $N_2 = N_1/2$.
- Le pignon 3 à même vitesse que le pignon 2, il entraîne le pignon 4 en sens opposé, et $N_3= N_4$.
- L'utilisation du pignon 6 pour faire tourner le pignon 4 dans le sens opposé que le pignon 2.
- Le pignon 5 est entraîné en rotation par la même chaîne (b) et $|N_5| = |N_3| = |N_4| = |N_1|$.

IV.1.2. Etude de RDM du broyeur

Nous allons faire une étude de RDM pour l'arbre porte-outils, il est soumis à la flexion et à la torsion (voir la figure IV.4)

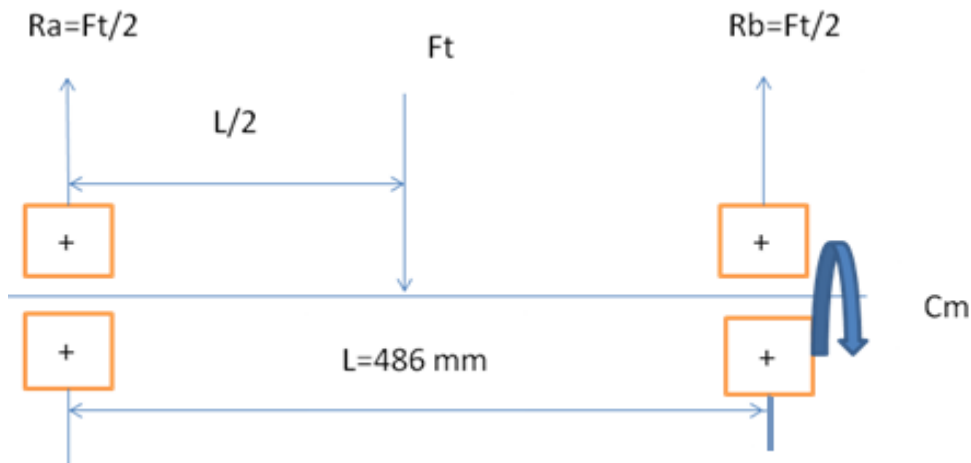


Figure IV.4 : Représentation des efforts appliqués sur l'arbre

Nous avons un arbre qui est fabriqué avec un acier caractérisé par une teneur moyenne en carbone (0.3 à 0.5 %), il est utilisé pour les trempes et les revenus (catégorie des aciers "mi-dur XC 38").

R_e : la résistance maximale d'élasticité (la caractéristique du matériau $R_e = 430\text{MPa}$).

$\sigma_p < R_e$ avec $R_e = \sigma_e = 430\text{MPa}$ [15].

On prend un coefficient de sécurité $s = 2.5$.

Avec:

$$s = \sigma_e / \sigma_p \quad (\text{VI.2})$$

Où σ_p est la résistance pratique du matériau en MPA,

σ_e est la résistance d'élasticité du matériau en MPA,

Et s est le coefficient de sécurité ($s = 2.5$) pour notre étude.

D'où la relation devient :

$$\sigma_p = \sigma_e / s \quad (\text{VI.3})$$

Application numérique

$$\sigma_p = 410 / 2.5$$

$$\sigma_p = 172\text{MPa}$$

- D'après la documentation technique (technique de l'ingénieur), la résistance au cisaillement est reliée à la résistance à la traction par la relation suivante :

$$\tau_e = 0.7 * \sigma_e \quad (\text{IV.4})$$

Où $\tau_p = 0.7 * \sigma_p$

Où σ_p est la contrainte pratique à la traction en MPA,

Et τ_p est la contrainte pratique au cisaillement en MPA.

Application numérique

$$\tau_p = 0.7 * 172$$

$$\tau_p = 120 \text{MPA}$$

IV.1.2.1. Calcul de l'arbre à la flexion

IV.1.2.1.1. Calcul de la force de coupe (F_t) du plastique

Pour les données connues dans le cahier des charges, nous allons calculer la force de coupe (F_t) appliquée sur l'arbre pour couper le plastique.

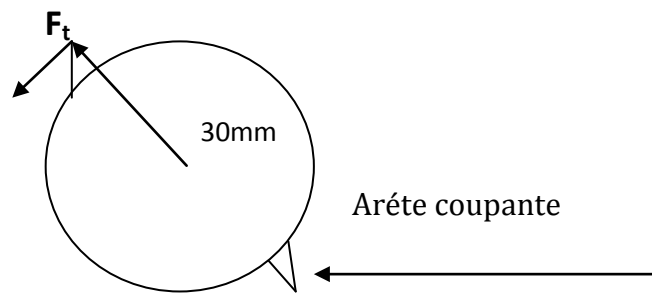


Figure IV.5 : Cylindre porte-outils

Nous avons la formule de la puissance utile comme suit :

$$P = C_r * \Omega$$

(VI.5)

Où P est la puissance utile du moteur qui entraîne le broyeur en KW,

C_r est le couple résistant avec $C_r = C_m$ (couple moteur) en m*N,

Nous avons la relation suivante :

$$C_r = C_m = F_t * R \tag{IV.6}$$

Où F_t est la force de coupe du plastique en kN,

Et R est le rayon de l'arbre à couteaux qui est de 30mm.

En substituant l'équation (IV.6) dans l'équation (IV.5), on obtient :

$$P = F_t * R * \Omega \quad (\text{IV.7})$$

D'où l'on tire la force de coupe dans la formule suivante :

$$F_t = P / (R * \Omega) \quad (\text{IV.8})$$

Avec :

$$\Omega = 2\pi * N / 60,$$

Et N est la vitesse de rotation de l'arbre en tr/mn.

Application numérique

$$F_t = (2.2 * 10^3 * 60) / (30 * 10^{-3} * 2\pi * 100)$$

$F_t = 7\text{kN}$

IV.1.2.1.2. Calcul du moment de flexion

Nous allons prendre le cas le plus défavorable, ou l'arbre est soumis à une force de coupe maximale appliquée au milieu de ce dernier. La longueur utile de l'arbre est de ($L = 400\text{mm}$), on considérant les paliers à roulements, celle-ci devient ($L = 486\text{mm}$).

Nous avons la relation du moment fléchissant appliqué sur l'arbre (figure IV.4) comme suit :

$$M_f = (F_t / 2) * X \quad (\text{IV.9})$$

Où M_f est le moment fléchissant de l'arbre en mN,

Et X est la distance ou le moment fléchissant est maximal en mm.

Nous allons calculer le moment fléchissant maximal situé au milieu de l'arbre pour ($X = L/2$).

D'où on obtient la relation suivante :

$$M_{f \max} = F_t / 2 * L / 2 \quad (\text{IV.10})$$

Où $M_{f \max}$ est le moment fléchissant maximal de l'arbre en m.N,

Et L est la longueur utile de l'arbre en mm.

Application numérique

$$M_{f \max} = ((7 * 10^3) / 2) * ((400 * 10^{-3}) / 2)$$

$M_{f \max} = 700\text{m.N}$

IV.1.2.1.3. Calcul du diamètre de l'arbre à la flexion

Nous avons l'arbre qui porte des couteaux soumis à la flexion, d'où nous allons calculer le diamètre de ce dernier qui peut résister à cet effort dans le cas le plus défavorable ou la force de coupe est appliquée au milieu de cet arbre.

On sait que la contrainte maximale à la flexion est donnée par la relation suivante :

$$\sigma_{\max} = [(M_{f \max}) / (I_{gz}/v)] \leq \sigma_p \quad (\text{IV.11})$$

Où I_{gz} est le moment quadratique polaire en mm^4 ,

Et v est le rayon de l'arbre (section circulaire, $v = R$) en mm.

Nous avons un arbre plein, d'où le moment quadratique polaire est :

$$I_{gz} = (\pi * R^4) / 4 \quad (\text{IV.12})$$

D'où on obtient

$$\sigma_{\max} = (4 * M_{f \max}) / (R^3 * \pi) \leq \sigma_p \quad (\text{IV.13})$$

D'où l'on tire

$$R \geq ((4 * M_{f \max}) / (\pi * \sigma_p))^{1/3} \quad (\text{IV.14})$$

Application numérique

$$R \geq [(4 * 700 * 10^3) / (\pi * 172)]^{1/3}$$

$R \geq 17\text{mm}$

D'où le diamètre de l'arbre à la flexion est

$D \geq 34\text{mm}$

IV.1.2.2. Calcul de l'arbre à la torsion

IV.1.2.2.1. Calcul du moment de torsion

Nous allons calculer le moment de torsion de l'arbre qui porte les couteaux à partir les données qui se trouvent dans le cahier de charge, dans le but de calculer son diamètre qui peut résister à l'effort de torsion appliquée sur cet arbre.

Nous avons la relation suivante :

$$C_m = C_r = M_t \quad (\text{IV.15})$$

Où M_t est le moment de torsion de l'arbre en mN.

A partir de l'équation (IV.5), nous déduisons la relation suivante :

$$C_r = P/\Omega = M_t \quad (\text{IV.16})$$

D'où l'équation (IV.15) devient comme suit :

$$C_r = (60 \cdot P) / (2\pi \cdot N) \quad (\text{IV.17})$$

Application numérique

$$C_r = (60 \cdot 2.2 \cdot 10^3) / (2\pi \cdot 100)$$

$$C_r = M_t = 210 \text{ m.N}$$

IV.1.2.2.2. Calcul du diamètre de l'arbre à la torsion

Pour les mêmes données utilisées pour le calcul du diamètre de l'arbre à la flexion et après le calcul du moment de torsion nous allons calculer le diamètre de ce dernier à la torsion.

On sait que la contrainte maximale à la flexion est donnée par la relation suivante :

$$\tau_{\max} = (M_t \cdot v) / I_0 \leq \tau_p \quad (\text{IV.18})$$

Où I_0 est le moment quadratique polaire en mm^4 ,

Et v est le rayon de l'arbre (section circulaire, $v = R$) en mm.

Pour une section circulaire le moment quadratique polaire est :

$$I_0 = (\pi \cdot R^4) / 2 \quad (\text{IV.19})$$

Nous allons calculer le rayon de l'arbre à la torsion, d'où on obtient la relation finale suivante :

$$R \geq [(M_t \cdot 2) / (\pi \cdot \tau_p)]^{1/3} \quad (\text{IV.20})$$

Avec $M_t = C_r$

Application numérique

$$R \geq [(210 \cdot 10^3 \cdot 2) / (\pi \cdot 120)]^{1/3}$$

$$R \geq 10 \text{ mm}$$

D'où le diamètre de l'arbre à la torsion est

$$D \geq 20 \text{ mm}$$

IV.1.2.3. Vérification aux sollicitations composées

Nous avons un arbre l'arbre qui est soumis à une sollicitation composée (flexion et torsion), dans ce cas nous allons calculer le diamètre idéal de cet arbre à partir du **critère de Rankine**.

La condition de résistance selon Rankine s'exprime par la relation suivante :

$$|\sigma_{\max}| \leq \sigma_p$$

Nous avons la relation de Rankine suivante :

$$|\sigma_{\max}| = (1/2) * (M_{ifz} + \sqrt{M_{ifz}^2 + M_{it}^2}) / (I_{gz}/v) \leq \sigma_p \quad \text{(IV.21)}$$

Où σ_{\max} est la contrainte maximale de flexion en Mpa,

σ_p est la contrainte pratique de flexion en Mpa,

M_{ifz} est le moment fléchissant idéal ($M_{ifz} = M_f$) en m.N,

M_{it} est le moment de torsion idéal ($M_{it} = M_t$) en m.N,

v est le rayon de l'arbre (section circulaire) en mm, avec : $v = R$,

Et I_{gz} est le moment quadratique polaire en mm⁴.

Pour une section circulaire le moment quadratique polaire est :

$$I_{gz} = (\pi * R^4) / 4. \quad \text{(IV.22)}$$

D'où on obtient la relation suivante :

$$\sigma_p \geq 2 * (M_{ifz} + \sqrt{M_{ifz}^2 + M_{it}^2}) / (\pi * R^3) \quad \text{(IV.23)}$$

D'où l'on tire

$$R \geq [2 * (M_{ifz} + \sqrt{M_{ifz}^2 + M_{it}^2}) / (\pi * \sigma_p)]^{1/3} \quad \text{(IV.24)}$$

Application numérique

$$R \geq [2 * (700000 + \sqrt{(700000)^2 + (210000)^2}) / (\pi * 172)]^{1/3}$$

$R \geq 17.5\text{mm}$

D'où le diamètre de l'arbre est

$D \geq 35\text{mm}$

- **Remarque :**

Après la vérification de la sollicitation composée nous allons prendre un arbre de diamètre est de 40mm (sans prendre les outils en considération) ce qui est sur le marché.

IV.1.2.4. Calcul de la longueur totale des lames

Nous allons calculer la longueur totale des lames pour une force de coupe (F_t) concentré

Nous avons les données suivantes :

Où $F_t = F$ est la force de coupe, ($F_t = 7\text{kN}$),

e est l'épaisseur de plastique à couper ($e = 2\text{mm}$),

Et σ_r est la résistance à la rupture du plastique ($\sigma_r = 25\text{Mpa}$) [15].

Le plastique à couper est soumis au cisaillement, d'où on obtient la relation suivante :

$$\tau_r \leq F_t / S \quad (\text{IV.25})$$

Où τ_r est la contrainte maximale à la rupture du plastique au cisaillement en Mpa,

F_t est la force de coupe du plastique en KN,

Et S est la surface du plastique à couper en mm^2 ,

Tel que :

$$S = L_{\text{lame}} * e \quad (\text{IV.26})$$

- D'après la documentation technique (technique de l'ingénieur) la contrainte de rupture au cisaillement du plastique est reliée à la contrainte de rupture à la traction par la relation suivante :

$$\tau_r = 0.7 * \sigma_r$$

(IV.27)

Nous remplaçons les équations (IV.26) et (IV.25) dans l'équation (IV.27)

D'où on obtient la formule suivante :

$$0.7 * \sigma_r \geq F_t / L_{\text{lame}} * e$$

A partir de la formule précédente nous déduisons la relation suivante :

$$L_{\text{lame}} \geq F / (0.7 * e * \sigma_r)$$

Application numérique

$$L_{\text{lame}} \geq (7 * 10^3) / (0.7 * 25 * 2)$$

$L_{\text{lame}} \geq 200\text{mm}$

IV.1.2.5. Calcul du nombre des lames

Nous allons calculer le nombre total des lames dans le but d'avoir une lame qui coupe le plastique avec trois tailles.

Pour une seule lame nous avons sa longueur totale qui est de 30 mm (trois tailles).

Nous avons la relation suivante :

$$L_{\text{lame}} = n * l \quad (\text{IV.28})$$

Où L_{lame} est la longueur totale des lames en mm,

l est la longueur totale d'une seule lame (trois taille) en mm,

Et n est le nombre des lames (sans unité).

D'où nous déduisons la relation suivante à partir de l'équation (IV.28) :

$$n = L_{\text{lame}} / l$$

Application numérique

$$n = 200 / 30$$

$n=7\text{lames}$

IV.1.2.7.Récapitulation

Les résultats obtenus après calculs sont :

- Diamètre de l'arbre : $D = 40\text{mm}$;
- Nombre de lames : $n_{\text{lames}} = 7$ lames ;
- Longueur totale d'une lame (trois tailles): $l = 30\text{mm}$;
- Longueur totale des lames : $L_{\text{lames}} = 200\text{mm}$;
- Vitesse de coupe : $V_c = 19$ m/min ;
- Roulement à bille a contacte radial : référence 6204.

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons effectué une étude mécanique du broyeur, les résultats obtenus après calculs de ces paramètres seront appliqués dans le prochain chapitre qui est destiné à la réalisation de ce dernier.

CHAPITRE V

La réalisation d'un broyeur

Introduction

Le présent chapitre est considéré comme la partie finale et principale de ce mémoire car elle est consacrée à la conception et la fabrication des différentes pièces constituant le broyeur, la réalisation de ce broyeur sera effectuée dans l'atelier de la technologie (HALL TECHNOLOGIE). Pour la conception des différentes pièces nous avons utilisé les logiciels de la CAO (SOLIDWORKS).

V.1. Fabrication

Avant la fabrication de toutes les pièces du broyeur, on a réalisé le schéma de chaque pièce à la main avec leurs dimensions pour qu'il nous serve de guide durant la fabrication. Puis les dessins de définition et de perspective finals ont été faits par un logiciel de la CAO (SOLIDWORKS).

V.2. Présentation des logiciels de la CAO

V.2.1. Définition de la CAO

La CAO est une technique dans laquelle l'homme et l'ordinateur sont rassemblés pour résoudre des problèmes techniques dans une équipe qui associe étroitement les meilleures qualités de chacun d'eux. En CAO on travaille souvent en trois dimensions.

V.2.2. Les avantages de la CAO

- Un processus de conception plus efficace ;
- Meilleure précision ;
- Réduction du temps de conception.

V.2.3. Les inconvénients de la CAO

- Coût du matériel ;
- Coût des formations.

V.2.4. Définition du SOLIDWORKS

SOLIDWORKS est un logiciel de conception mécanique de modélisation volumique paramétrée basée sur des fonctions associatives, où il est possible d'esquisser des idées et d'essayer différentes conceptions pour créer des modèles 3D.

V.2.5. Les différentes utilisations de SOLIDWORKS

Ce logiciel est utilisé par des concepteurs, des ingénieurs, des étudiants et d'autres

professionnels pour produire des pièces, des assemblages et des mises en plan complexes. De plus il peut être utilisé dans plusieurs domaines, nous citons par exemple :

- ✓ Produit mécanique ;
- ✓ Produit de design industriel ;
- ✓ Ouvrage de génie civil.

Ce logiciel été crée en 1993 par l'éditeur américain éponyme, SOLIDWORKS a été acheté le 24 juin 1997 par la société systèmes [16].

V.2.6. Les principales étapes de la conception

- Prendre les dimensions des pièces principales de la machine :

Il est évident qu'avant toute conception, la première étape après avoir fait la connaissance de la machine et son principe de fonctionnement est de connaître les cotes principales à respecter liés à la machine [16].

- Dessin de chaque pièce de la machine en 3D :

Il est indispensable pour faire les différents assemblages de la machine de dessiner chaque pièce toute seule en 3D.

- Analyser les pièces qui supportent des charges élevées par cosmosworks.
- Faire l'assemblage.
- Faire la simulation.

V.2.7. Dessin de chaque pièce de la machine en 3D

Le dessin des pièces en 3D est l'une des parties les plus difficiles, surtout pour quelqu'un qui n'a pas fait une formation sur le logiciel.

D'abord il fallait comprendre le logiciel (son utilisation et ces différentes fonctions), après nous avons dessinés les différentes pièces de la machine en 3D avec leurs dimensions. Ce qui nous 'a permis de comprendre mieux les différentes fonctions de SOLIDWORKS, surtout avec les pièces qui ont une géométrie complexe.

- **Remarque :**

Les schémas de perspective et les dessins de définitions de chaque pièce sont donnés en annexe.

V.3. les processus de fabrication

V.3.1. La Coupe

La coupe des différentes pièces est la première étape suivie dans l'atelier après la

schématisation et le dimensionnement de ces dernières, durant la coupe on a utilisé un acier à métaux et une tronçonneuse pour couper les pièces nécessaires, parmi eues :

- Fer plat,
- Tube rectangulaire et rond creux,
- Tube carrée plein pour la fabrication des couteaux,
- Tube rond plein pour les arbres

V.3.2. Le tour

Durant la fabrication des arbres, on a passé par le tournage. Nous avons utilisés cette technique pour modifier le diamètre extérieur de l'arbre et maitre des gorges pour la fixation des roulements. Comme le montre la figure V. 1

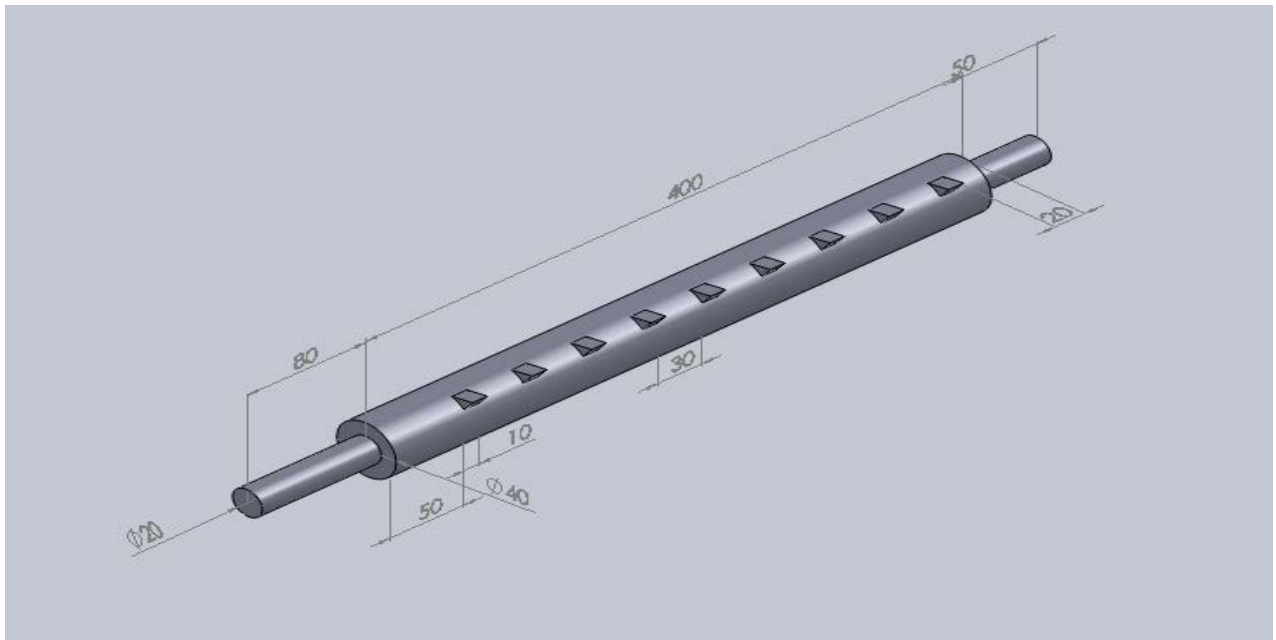


Figure V.1 : Arbre après passage par le tour

V.3.3. le fraisage

Pour le perçage des différentes pièces on a passé par le fraisage. Nous avons utilisé Cette technique pour trouser les pièces suivantes :

- Les pieds portant les cadres (bâti),
- Les fers plats,
- Les cadres qui portent les arbres et les paliers à roulements,

Cette technique est utilisée aussi pour la fabrication des couteaux qui coupent le plastique.

V.3.4. Assemblage

Après la coupe, le tournage et le fraisage nous allons faire l'assemblage des différentes pièces constituant la machine. Ce dernier sera effectué par plusieurs méthodes, parmi eues :

- le soudage : la soudure est utilisée pour assembler les pièces constituant les cadres et les paliers.
- le boulonnage : la fixation des cadres avec les pieds et les paliers à roulements aux cadres est faite avec des boulons.
- le pressage : le montage des arbres avec les paliers à roulements est fait avec une presse.

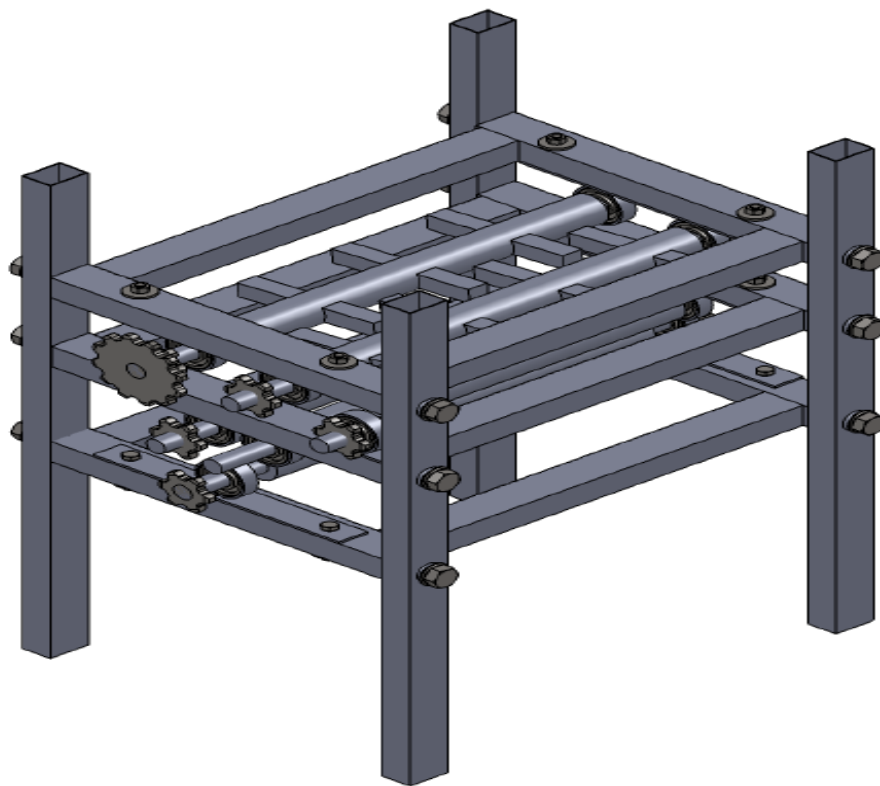


Figure V.2 : L'assemblage des différentes pièces

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté les différentes étapes suivies durant la réalisation des différentes pièces constituant notre broyeur, ainsi que le logiciel de la conception mécanique (SOLIDWORKS).

Conclusion générale

CONCLUSION GENERALE

Dans ce mémoire Nous avons étudié un broyeur dans le but de l'utiliser pour la récupération des bouteilles de plastiques qui ne dépasse pas 400mm de longueur.

Il s'est avéré que la documentation est quasiment inexistante pour ce genre de machine, pour cela nous nous sommes rabattus sur des catalogues commerciaux pour avoir de l'aide dans notre travail.

Ces derniers nous ont permis de déduire une idée en particulier sur la vitesse de coupe de plastique, cette dernière est une donnée fondamentale pour éviter un échauffement du plastique ce qui va provoquer sa fusion par conséquent et le fonctionnement du système.

Nous avons perdu du temps en particulier lors de la réalisation des arbres car on n'a pas vraiment du matériel à haut précision et des matériaux nécessaires pour la fabrication des différentes pièces constituant notre machine.

On a été obligés de nous mettre au tournage et le fraisage pour l'usinage des pièces du broyeur qui n'a pas fait partie de notre formation.

D'autres problèmes ont aussi survécu (fraisage, soudage) lors de la fabrication du bâti de la machine.

La mise au point et la finition de la machine, nécessitent encore quelques jours, on espère que cette première ébauche servira à d'autres étudiants pour compléter la réalisation de la machine et la rendre opérationnelle.

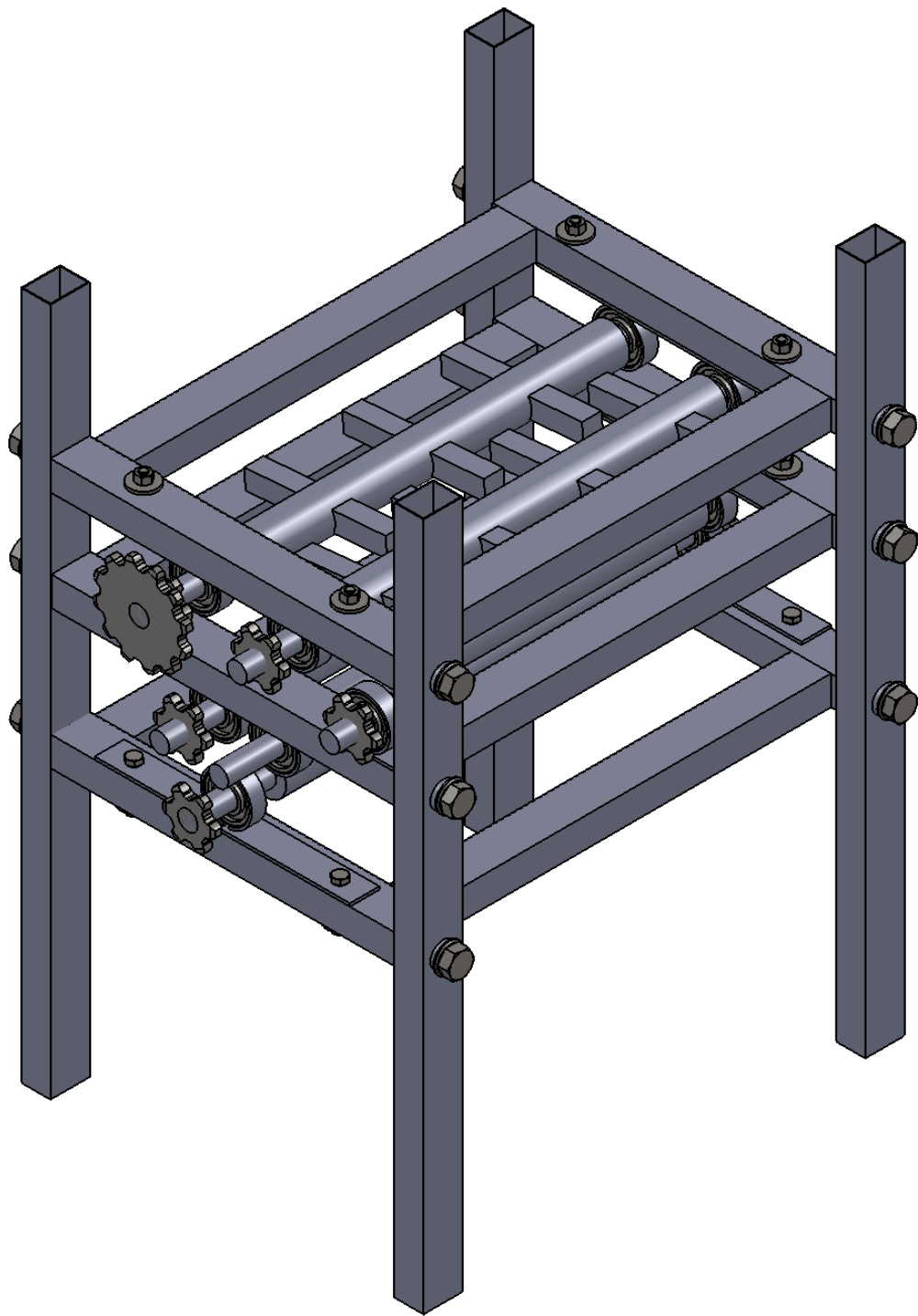
Bibliographie

- [1] : Mémoire de fin d'étude (D.E.U.A en chimie industrielle) : caractérisation des déchets du polyéthylène en vue de leur recyclage. Melle : IRID HANIFA (2002-2003).
- [2] : Internet <http://www.valorplast.com> (2011-2012).
- [3] : Source (centre national de recyclage), <http://perso.wanadoo.fr> (2011-2012).
- [4] : M. Murat. (Valorisation des déchets et de son produit industriels). Marson, Paris (1981).
- [5] : J.Verdu, vieillissement des plastiques, Edition AFNOR Paris (1984).
- [6] :N.D.Griard. «Déchets solides industriels et urbains traitement, destruction et valorisation», Cebe Doc, liège (1986).
- [7] : Internet <http://www.valorplast.com> (2011-2012)
- [8] : recyclagemag. Com. (recyclage du PET).
- [9] : C.DUVAL, <<matières plastiques et environnement >>, (recyclage-valorisation-biodégradation-écoconception), édition 2004.
- [10] : mémoire de fin de cycle (D.E.U.A en chimie industrielle) : <<Evaluation statistique des déchets de PET dans la wilaya de Bejaia>>. Melle : MOUHOUB KARIMA (2005).
- [11] : Internet. <http://www.decoval.fr> (2011-2012).
- [12] : J.RAULT, <<les polymères solides, amorphes, élastomères, semi cristalline >>, cepaduts-édition Toulouse, 2002.
- [13] : Internet <http://www.blik.fr> (2011-2012).
- [14] : Internet <http://www.Herbold.com> (2011-2012).
- [15] : Chevalier : Guide du dessinateur industriel, Edition AFNOR Paris (2004).
- [16] : Mémoire de fin d'étude (Ingénieur d'État en génie mécanique) : conception d'un compresseur pour la réfrigération industrielle par le logiciel SOLIDWORKS. M_r: EL-OUZERI Hichem (2009/2010).

Annexes

ANNEXE A

Dessins d'ensembles des différentes pièces

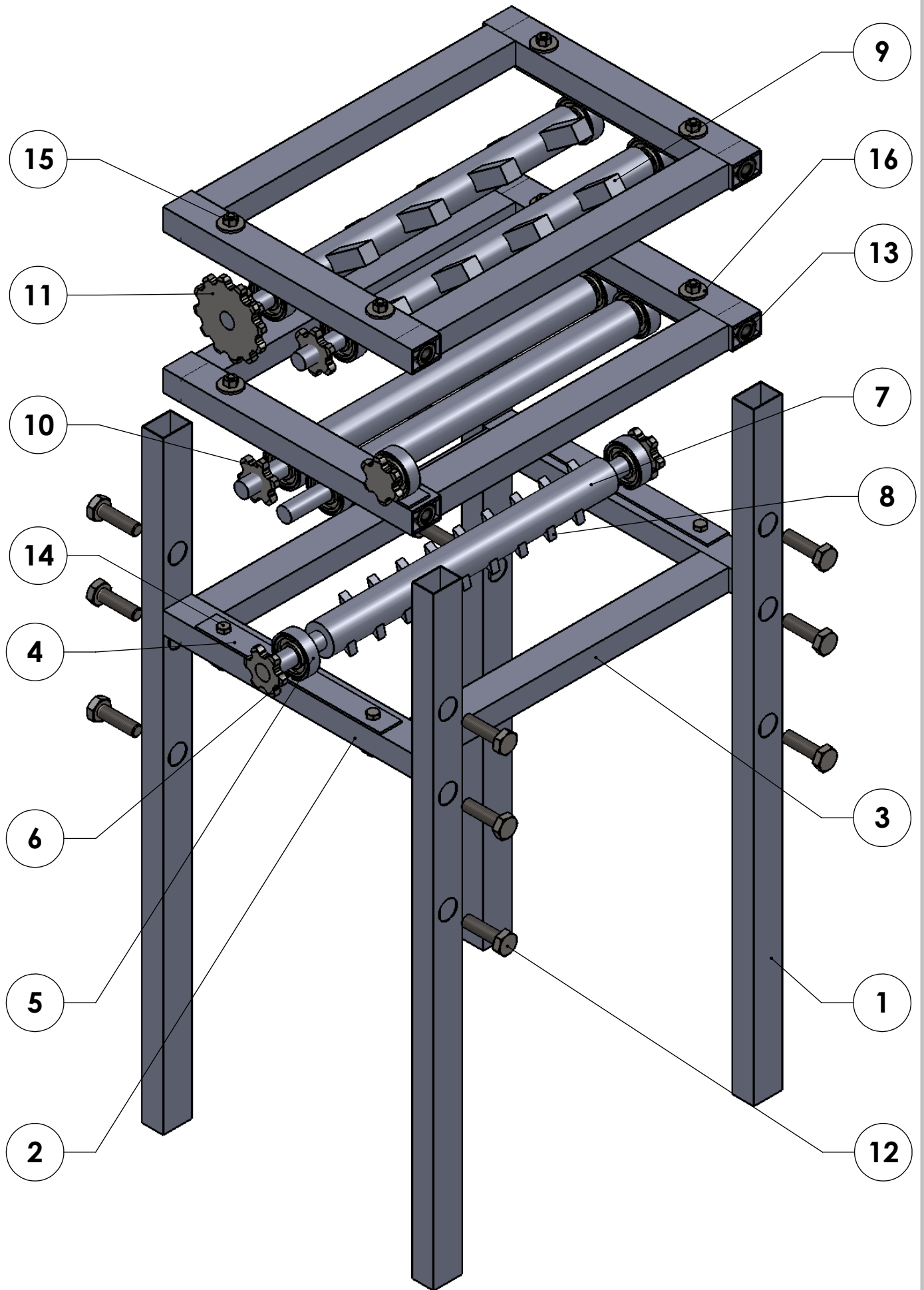


Echelle: 1/5

UNIVERSITE DE BEJAIA



DESSIN D'ENSEMBLE



Echelle: 1/5

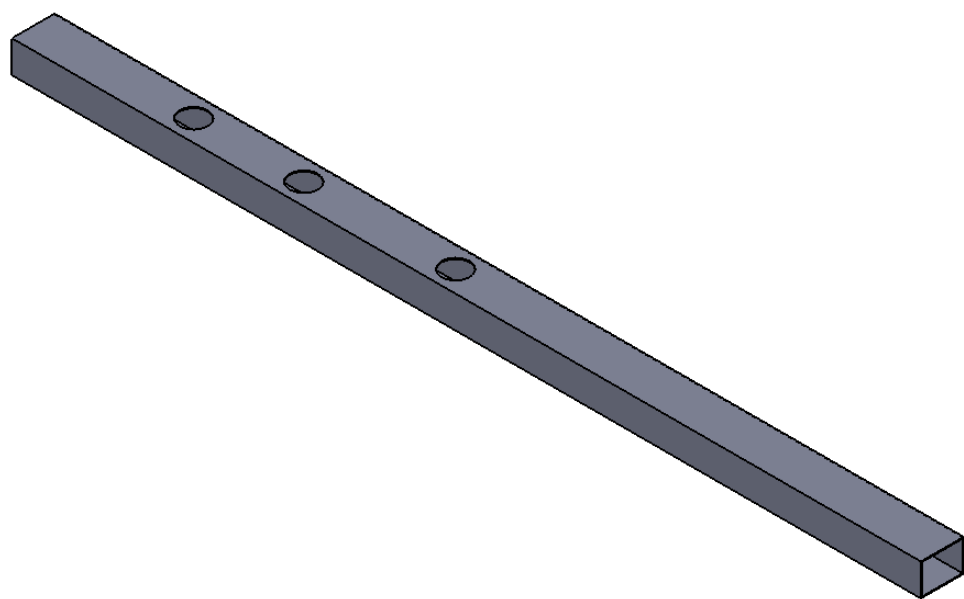
NOMENCLATURE

NOMENCLATURE DE LA MACHINE

DESIGNATION	NUMERO	NOMBRE
Pied	1	4
Tube rectangulaire 1	2	6
Tube rectangulaire 2	3	6
Fer plat	4	6
bague	5	11
Roulement	6	11
Arbre	7	5
Couteau	8	18
Bras d'amener	9	16
Pignon de transmission	10	6
Pignon de réduction	11	1
Vis hexagonale M16	12	12
Ecrou hexagonale M16	13	12
Vis hexagonale M8	14	12
Ecrou hexagonale M8	15	12
Rondelle M9	16	24

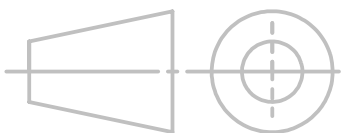
ANNEXE B

**Les dessins de perspective et de définition
des différentes pièces**



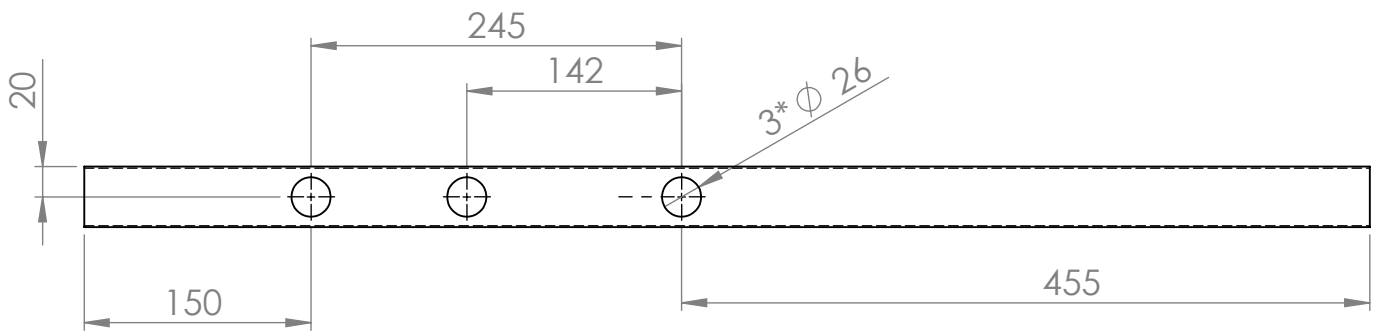
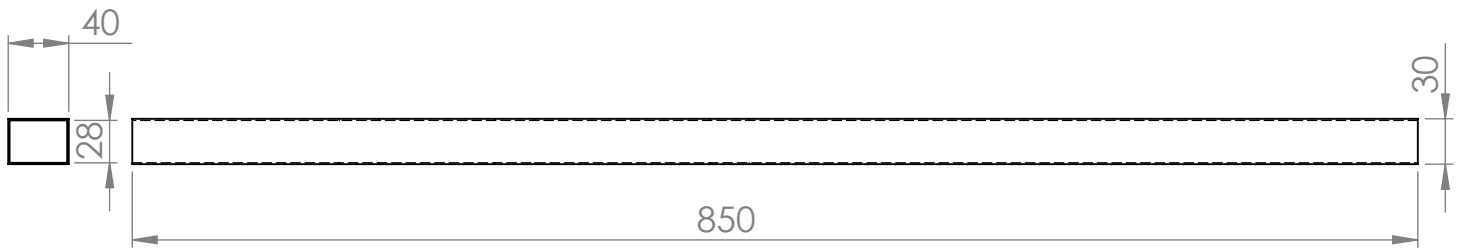
Echelle: 1/5

UNIVERSITE DE BEJAIA

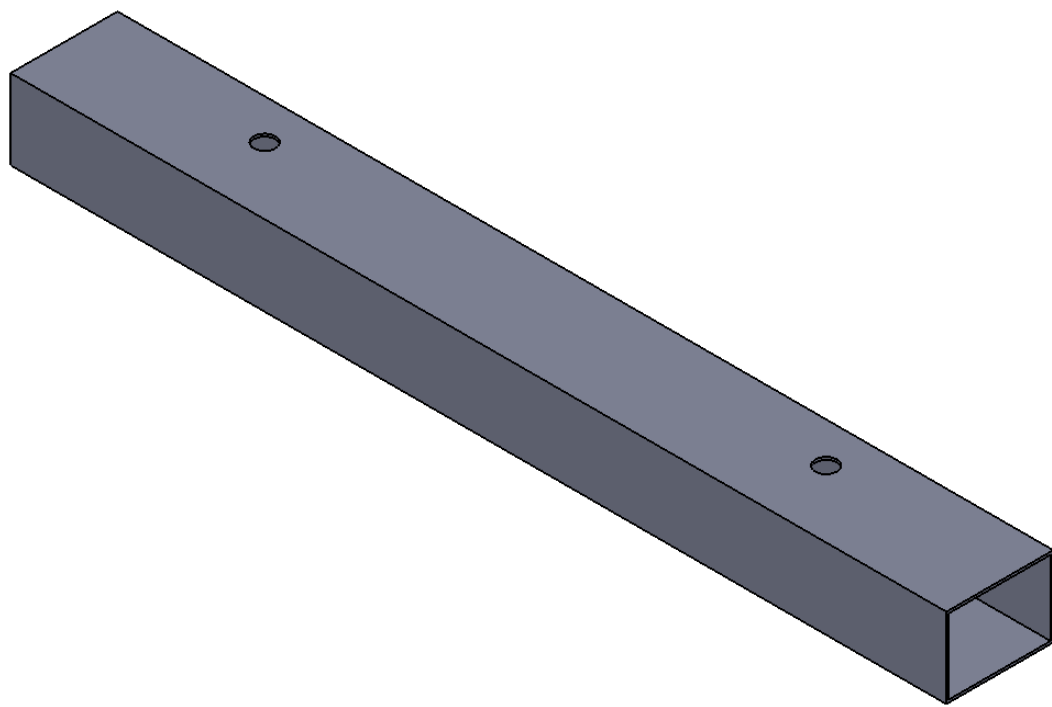


PIED

Pièce N° 1

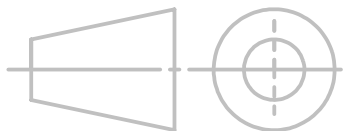


Echelle 1/5	UNIVERSITE DE BEJAIA	
	<p style="text-align: center;">PIED</p>	<p style="text-align: center;">Pièce N°1</p>



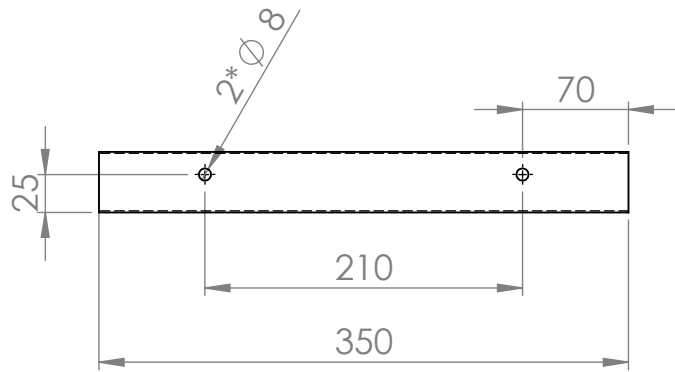
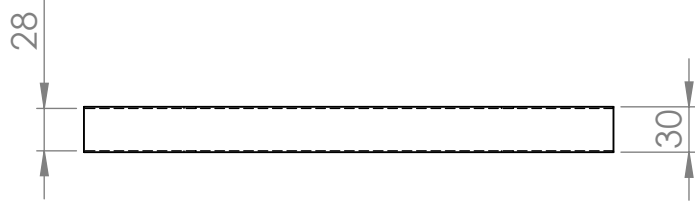
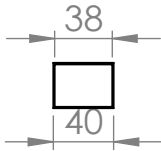
Echelle: 1/2

UNIVERSITE DE BEJAIA



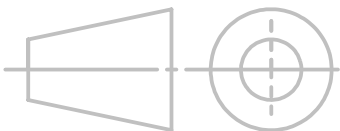
TUBE 350

Pièce N° 2



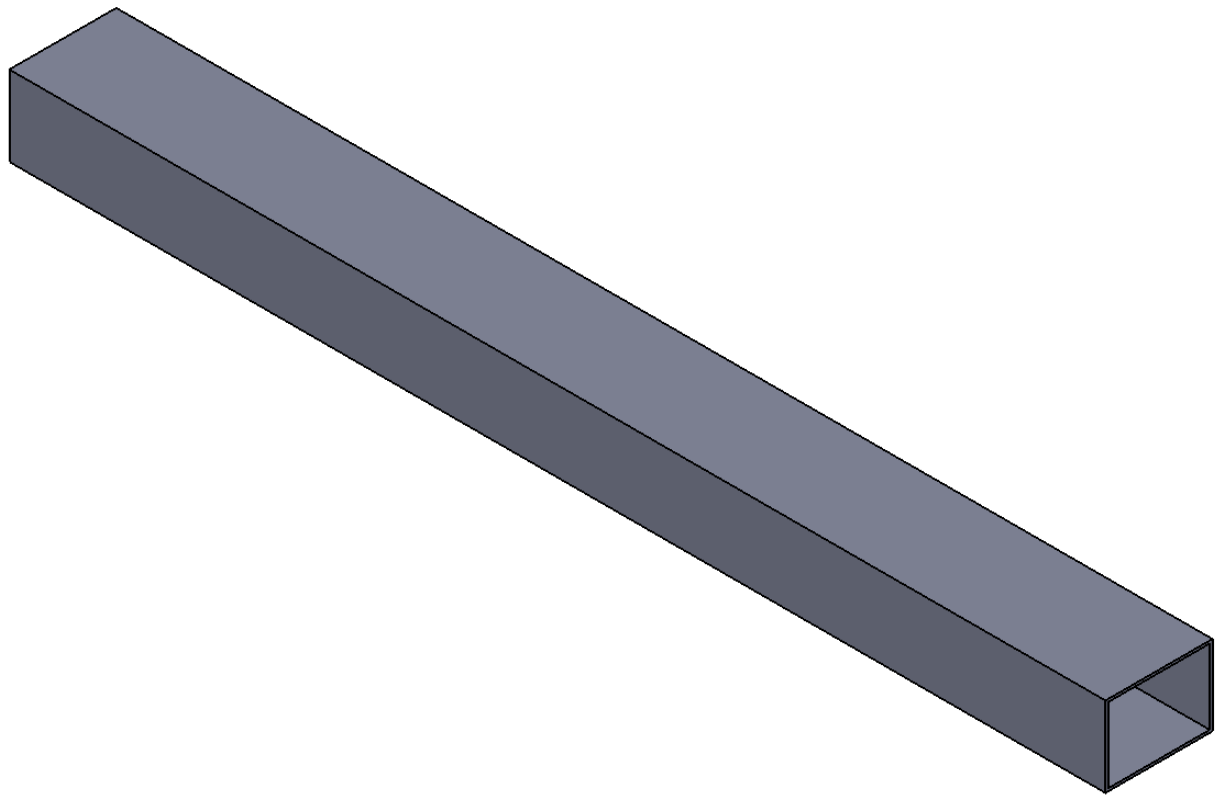
Echelle : 1/5

UNIVERSITE DE BEJAIA



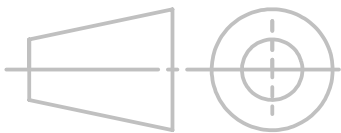
TUBE RECTANGULAIRE 1

Pièce N° 2



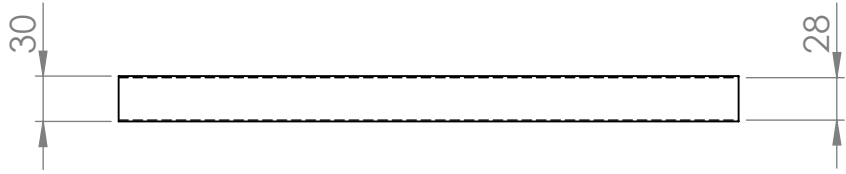
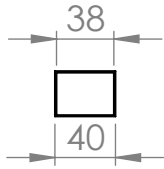
Echelle: 1/2

UNIVERSITE DE BEJAIA



TUBE 410

Pièce N° 3

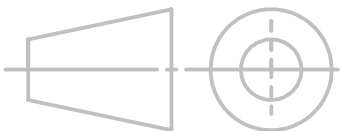


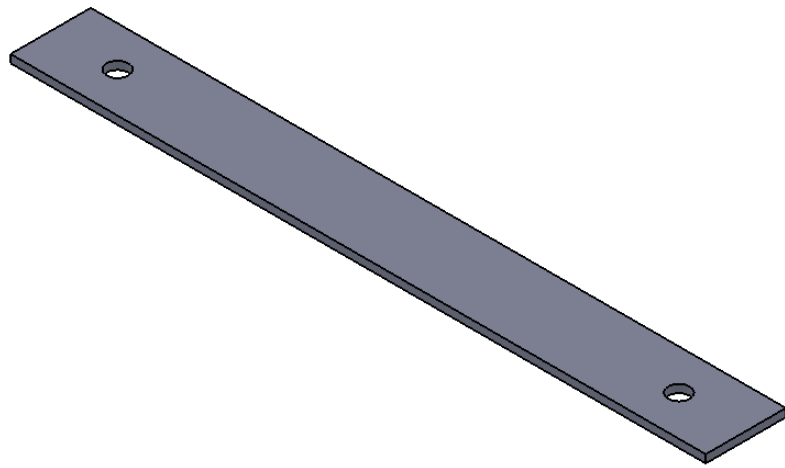
Echelle 1/5

UNIVERSITE DE BEJAIA

TUBE RECTANGULAIRE 2

Pièce N° 3





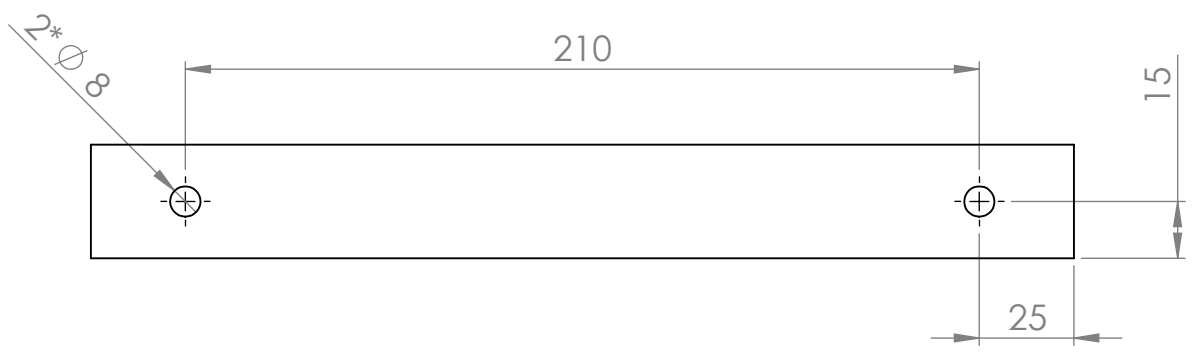
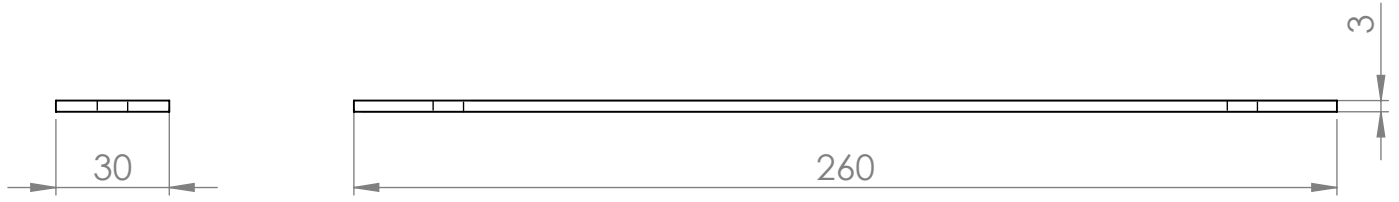
Echelle: 1/2

UNIVERSITE DE BEJAIA

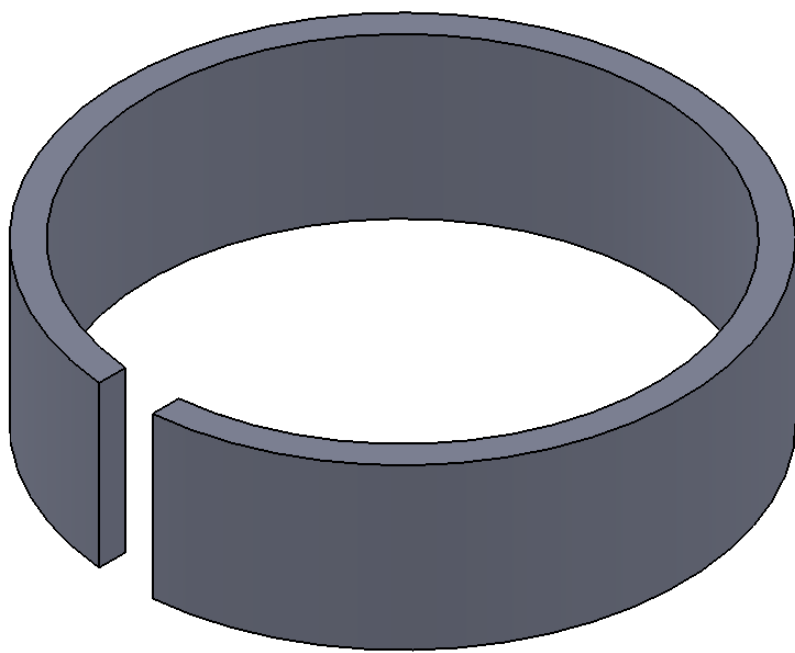


FER PLAT

Pièce N° 4



Echelle 1/2	UNIVERSITE DE BEJAIA	
	FER PLAT	Pièce N° 4



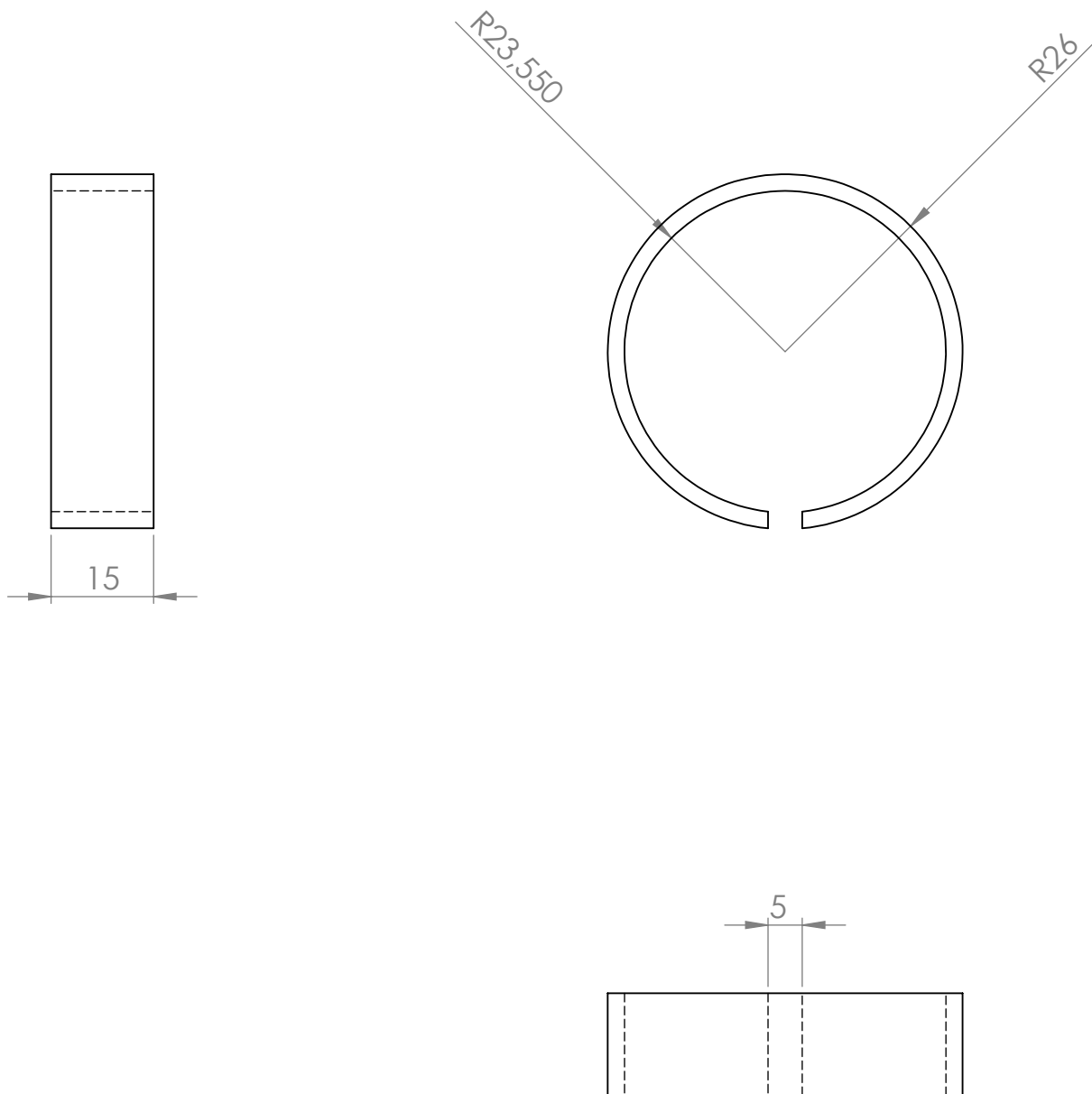
Echelle: 2/1

UNIVERSITE DE BEJAIA



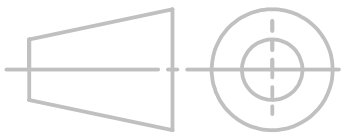
BAGUE

Pièce N° 5



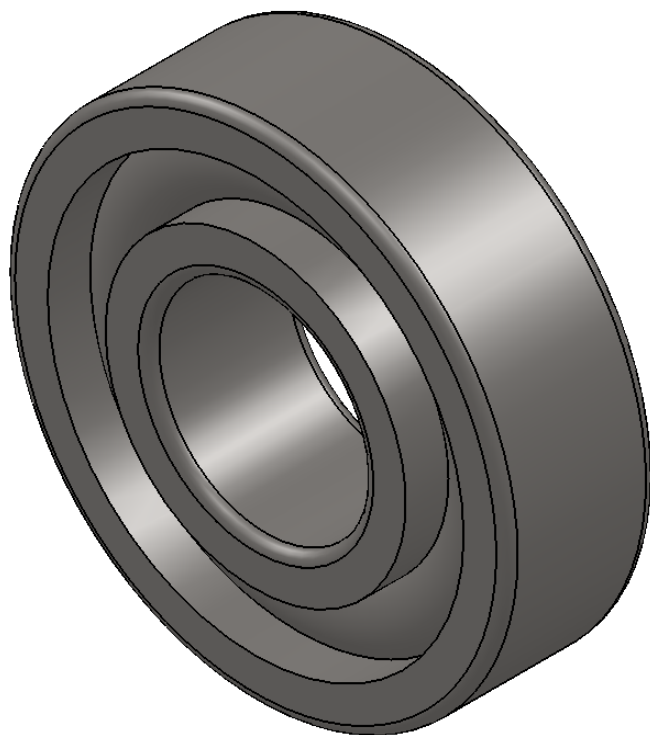
Echelle : 1/1

UNIVERSITE DE BEJAIA



BAGUE

Pièce N° 5

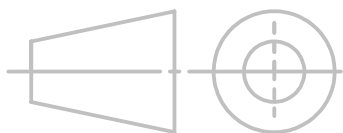


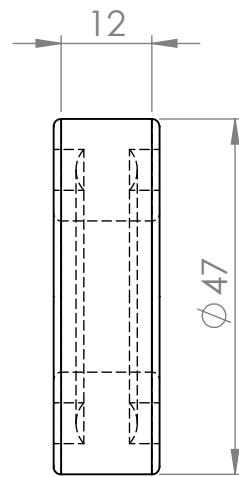
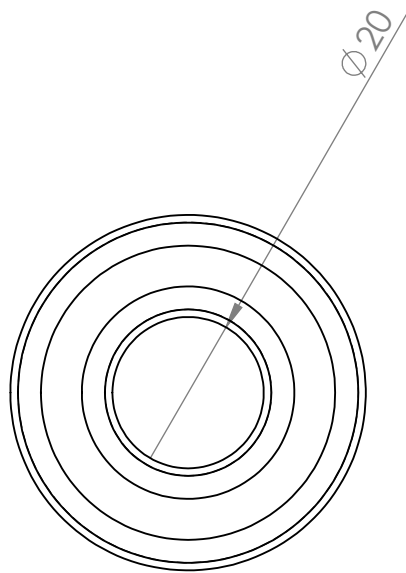
Echelle: 2/1

UNIVERSITE DE BEJAIA

ROULEMENT 204

Pièce N° 6



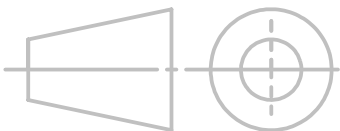


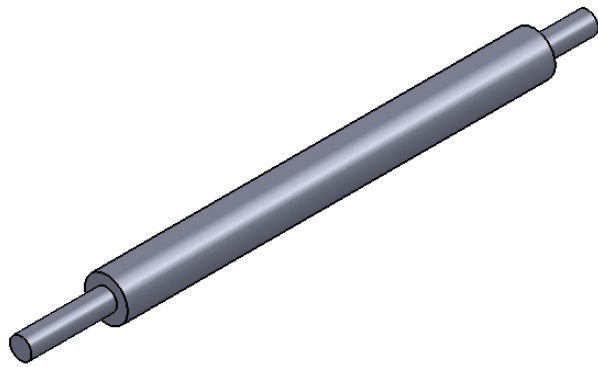
Echelle : 1/1

UNIVERSITE DE BEJAIA

ROULEMENT 6204

Pièce N° 6





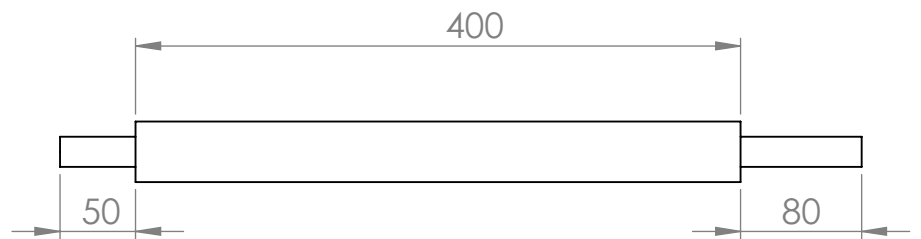
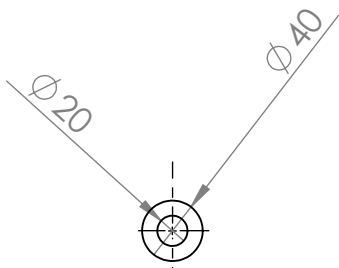
Echelle: 1/5

UNIVERSITE DE BEJAIA



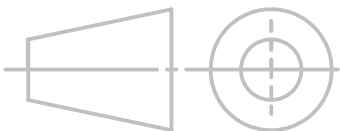
ARBRE

Pièce N° 7



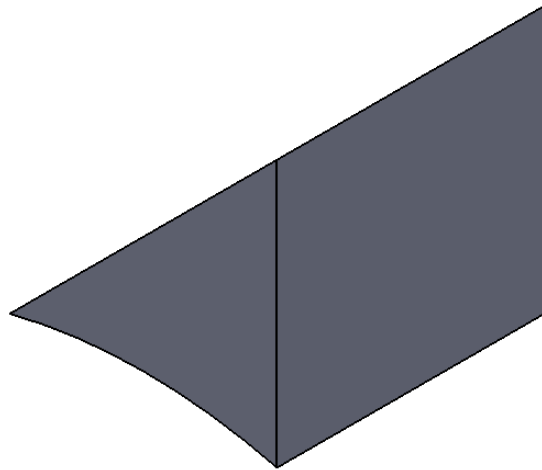
Echelle : 1/5

UNIVERSITE DE BEJAIA



ARBRE

Pièce N° 7



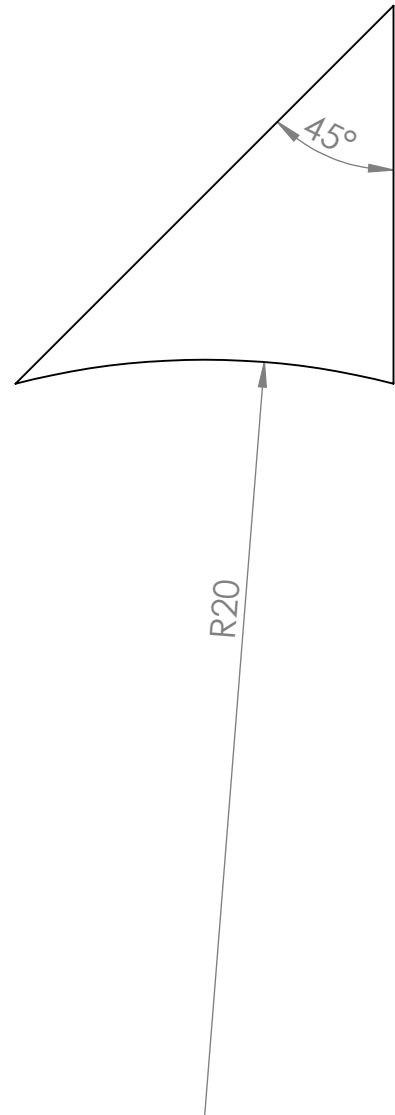
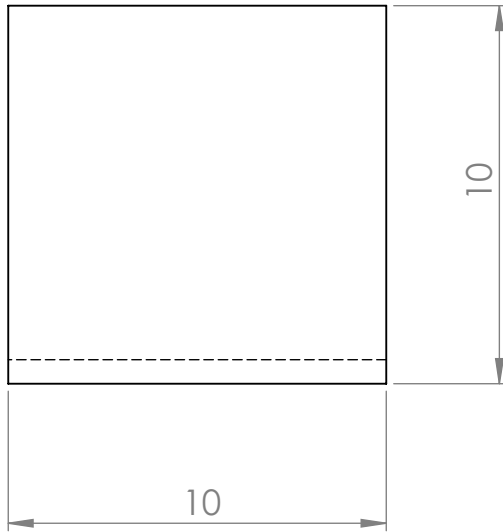
Echelle: 5/1

UNIVERSITE DE BEJAIA



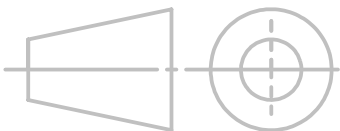
COUTEAU

Pièce N° 8



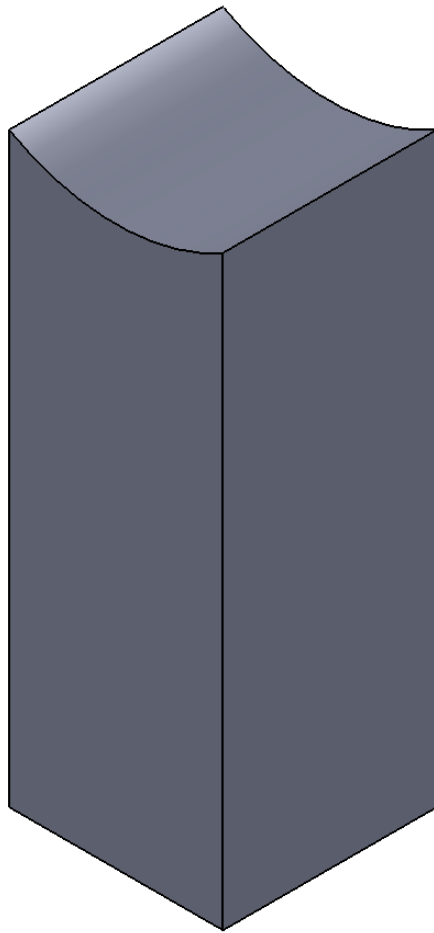
Echelle : 5/1

UNIVERSITE DE BEJAIA



COUPEAU

Pièce N° 8



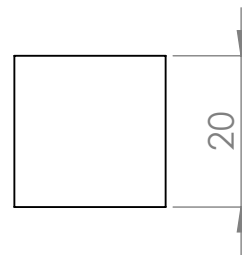
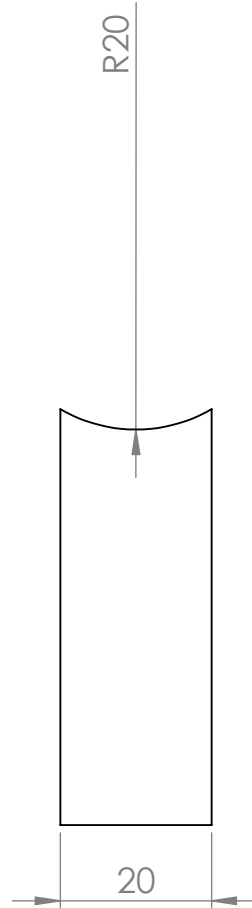
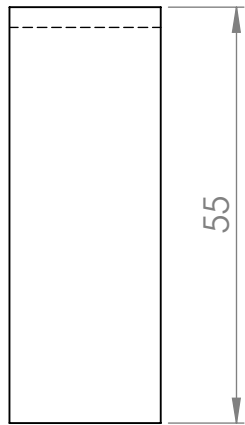
Echelle: 2/1

UNIVERSITE DE BEJAIA



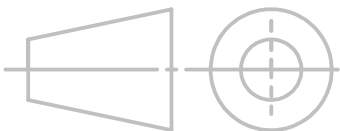
BRAS D'AMENER

Pièce N° 9



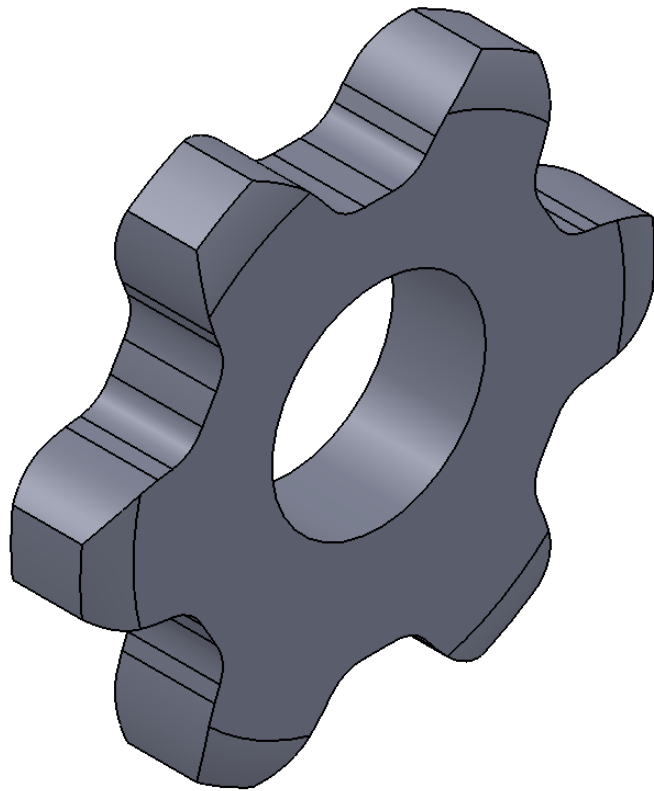
Echelle : 1/1

UNIVERSITE DE BEJAIA



BRAS D'AMENER

Piece N° 9



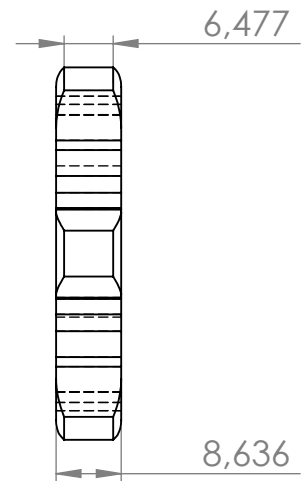
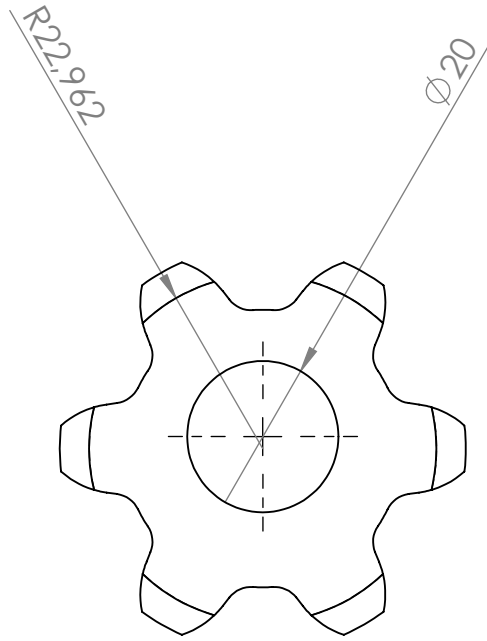
Echelle: 2/1

UNIVERSITE DE BEJAIA



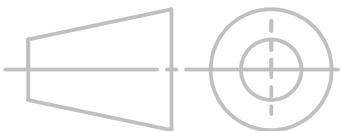
PIGNON DE TANSMISSION

Pièce N° 10



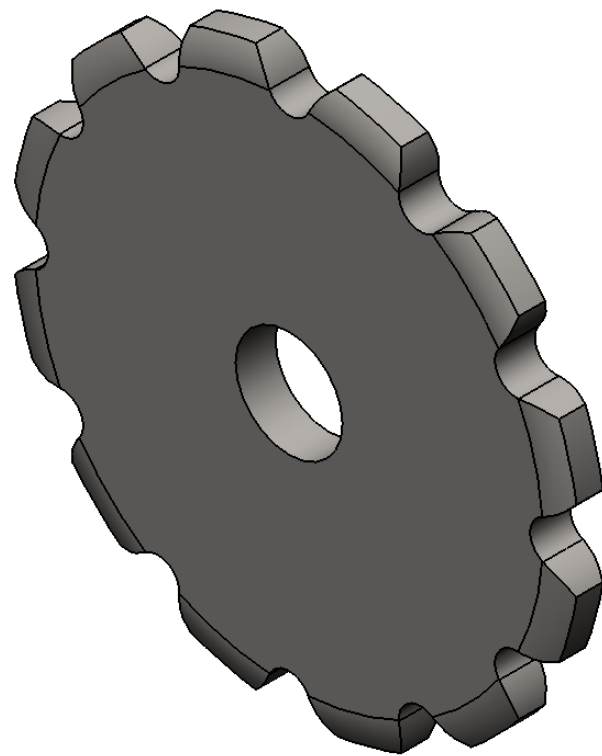
Echelle : 1/1

UNIVERSITE DE BEJAIA



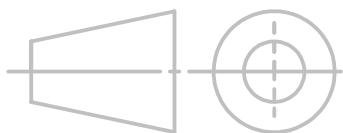
PIGNON DE TRANSMISSION

Pièce N° 10



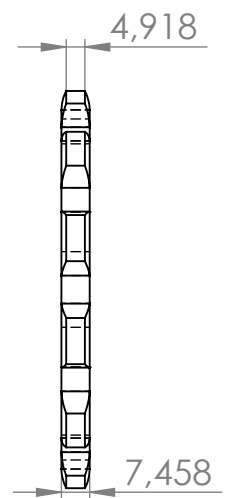
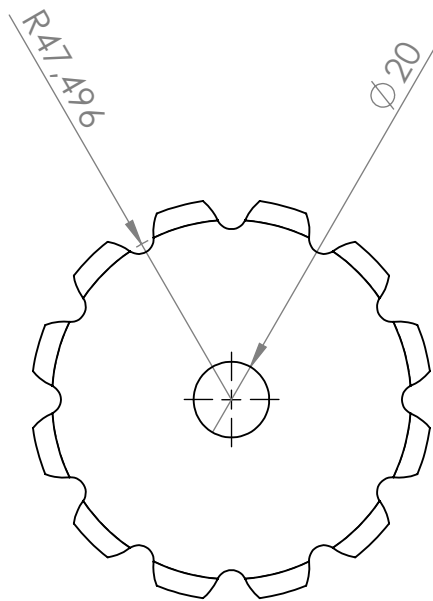
Echelle: 1/1

UNIVERSITE DE BEJAIA



PIGNON DE REDUCTION

Pièce N° 11



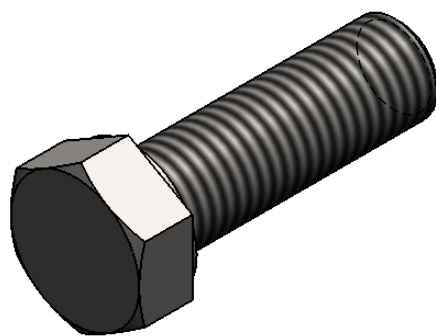
Echelle : 1/2

UNIVERSITE DE BEJAIA



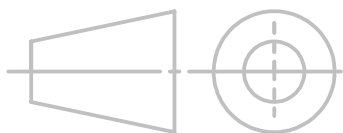
PIGNON DE REDUCTION

Pièce N° 11



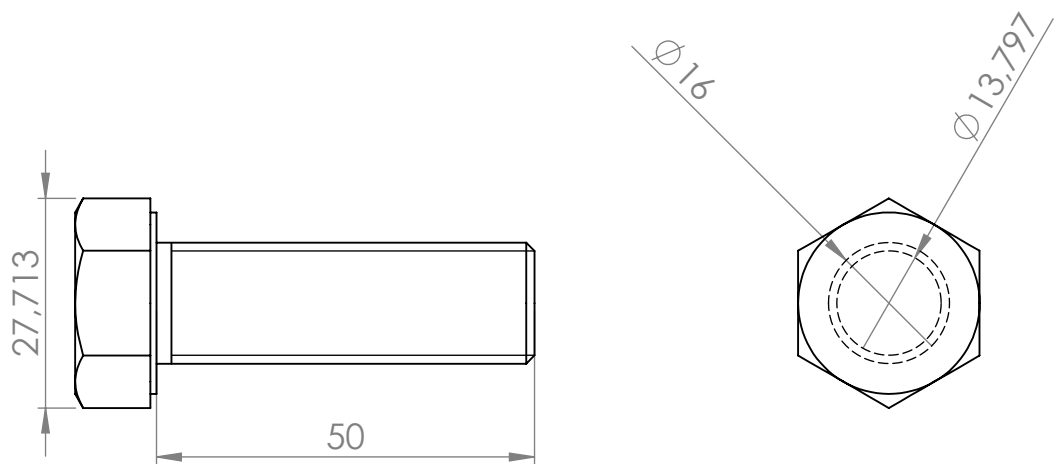
Echelle: 1/1

UNIVERSITE DE BEJAIA



VIS M16-50

Pièce N° 12

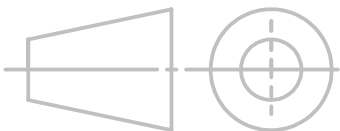


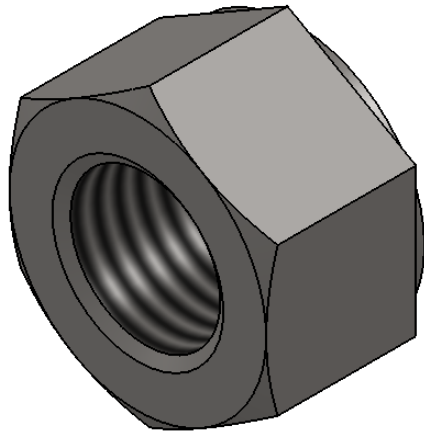
Echelle : 1/1

UNIVERSITE DE BEJAIA

VIS HEXAGONAL M16

Pièce N° 12





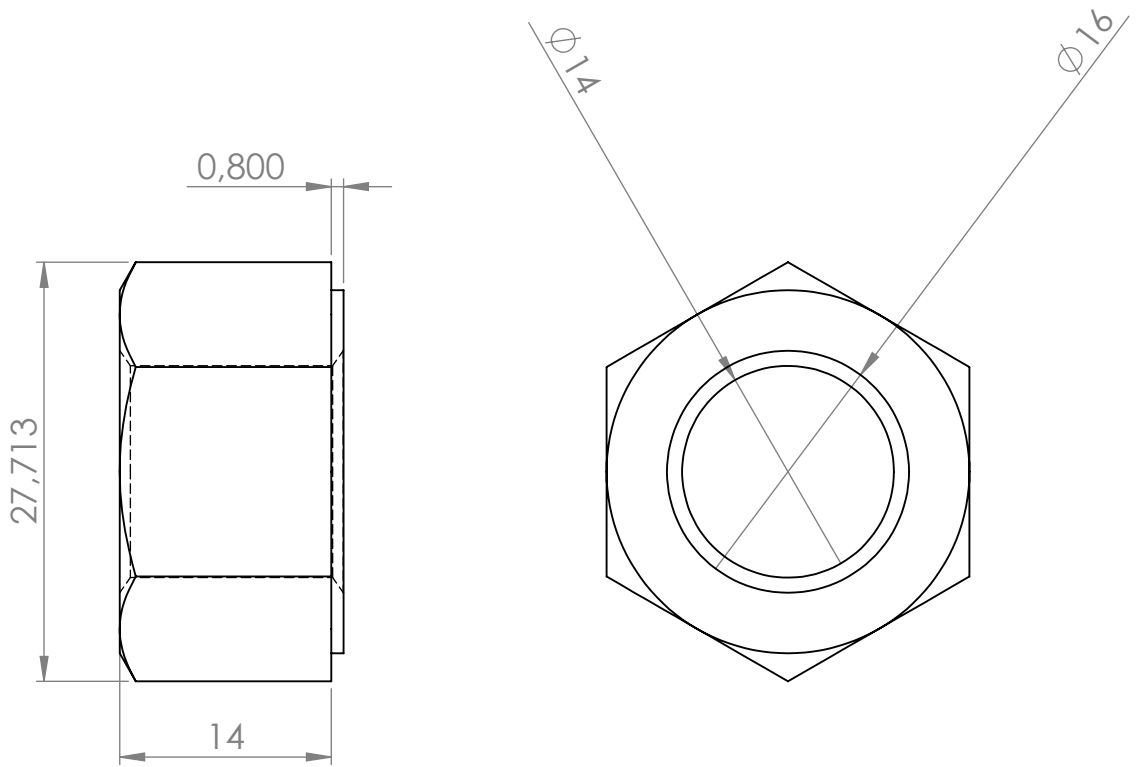
Echelle: 2/1

UNIVERSITE DE BEJAIA



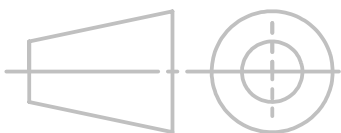
ECROU M16

Pièce N° 13



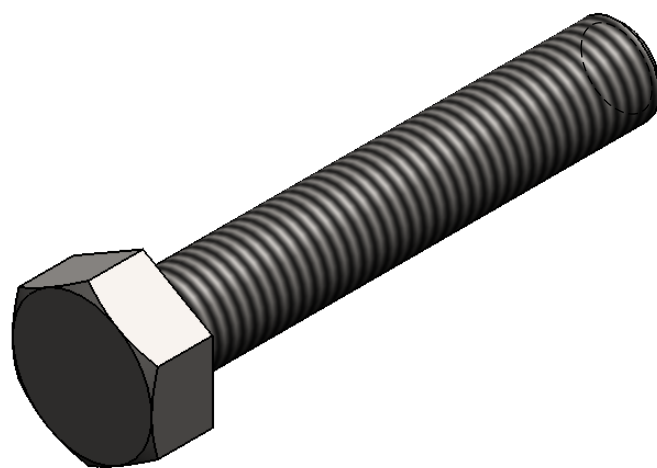
Echelle : 2/1

UNIVERSITE DE BEJAIA



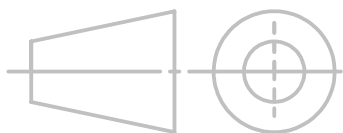
ECROU HEXAGONAL M16

Pièce N° 13



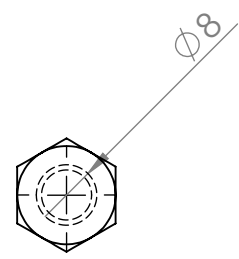
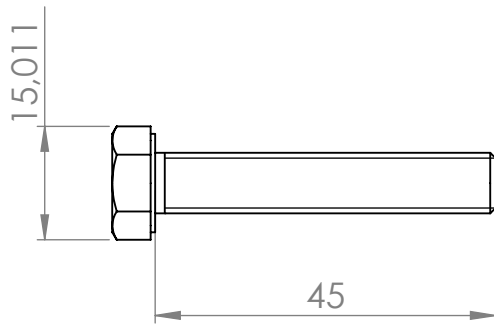
Echelle: 2/1

UNIVERSITE DE BEJAIA

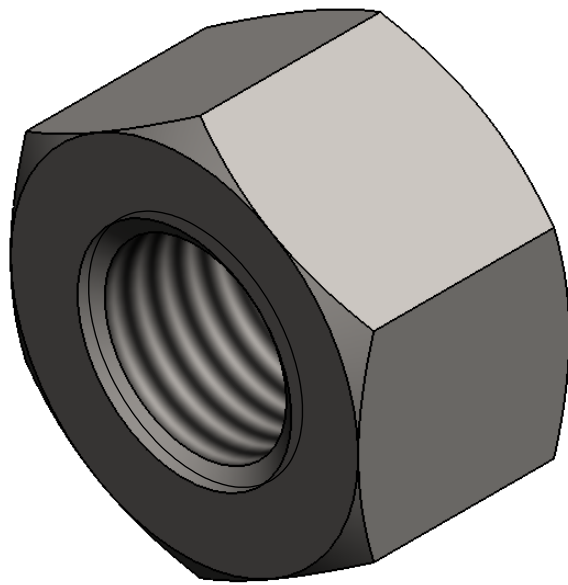


VIS M8-45

Pièce N° 14



Echelle : 1/1	UNIVERSITE DE BEJAIA	
	VIS HEXAGONAL M8	Pièce N°14



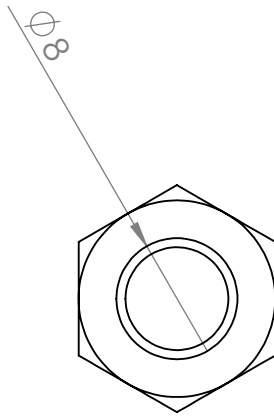
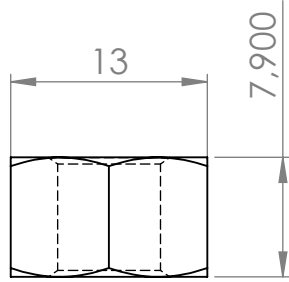
Echelle: 5/1

UNIVERSITE DE BEJAIA



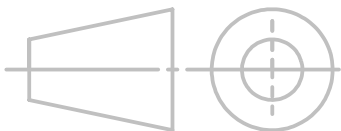
ECROU M8

Pièce N° 15



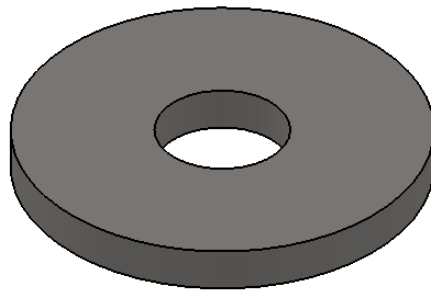
Echelle : 2/1

UNIVERSITE DE BEJAIA



ECROU HEXAGONAL M8

Pièce N°15



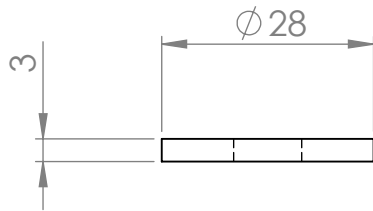
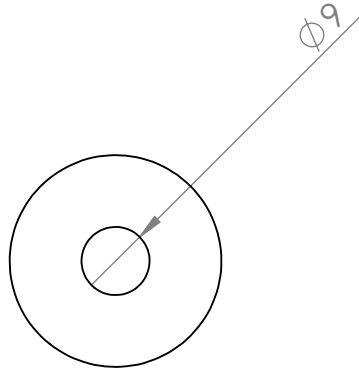
Echelle: 2/1

UNIVERSITE DE BEJAIA



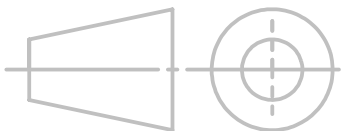
RONDELLE M9

Pièce N° 16



Echelle: 1/1

UNIVERSITE DE BEJAIA



RONDELLE M9

Pièce N° 16

Résumé

L'objectif de ce projet est l'étude et réalisation d'un broyeur, ce dernier est utilisé pour la récupération des bouteilles en plastiques qui ne dépassent pas une longueur de 400mm.

Ce broyeur se compose d'une simple trémie, deux arbres d'amené, deux arbres d'écrasement et un arbre porte-couteaux.

La conception du broyeur est faite avec logiciel de la CAO << SOLIDWORKS >>, après l'étude théorique de ces mécanismes.

Mots clés : Broyeur, plastique, solidworks.

Abstract

The objective of this project is the study and the realization of a crusher; this latest is used for the recuperation of bottles in plastics which not pass a length of 400mm.

This crusher itself is composed of a simple hopper, two brought shafts, two crashing shafts and a knife-rest shaft.

The conception of the crusher is done with the CAD software << SOLIDWORKS >> after the theoretical study of its mechanisms.

Key words: crusher, plastic, solidworks.