

UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA 1
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE

Projet de Fin d'Etudes
Pour l'obtention du Diplôme de Master en
Fabrication mécanique et productique

Thème :

*Etude, conception et réalisation du
Broyeur destiné pour le recyclage des
Polymères*

Proposé et dirigé par :
Mr. LOUNICI Billel.
Mr. KETFI Omar

Présenté par :
LAREF Azeddine
SAADAOUI Fatima Zahra
YOUS Khaoula

Résumé

Ce mémoire met en évidence l'importance du recyclage des polymères dans la promotion d'une économie circulaire et dans la réduction de l'empreinte environnementale de l'industrie des plastiques. La réalisation d'un broyeur constitue une contribution significative à cet effort, en offrant une solution pratique et efficace pour améliorer le processus de recyclage des polymères et promouvoir une gestion responsable des déchets plastiques.

ملخص

تسلط هذه الأطروحة الضوء على أهمية إعادة تدوير البوليمر في تعزيز الاقتصاد الدائري وتقليل البصمة البيئية لصناعة البلاستيك. ويشكل إنشاء كسارة مساهمة كبيرة في هذا الجهد، حيث يقدم حلاً عملياً وفعالاً لتحسين عملية إعادة تدوير البوليمر وتعزيز الإدارة المسؤولة للنفايات البلاستيكية.

Abstract

This dissertation highlights the importance of polymer recycling in promoting a circular economy and reducing the environmental footprint of the plastics industry. The creation of a crusher constitutes a significant contribution to this effort, offering a practical and efficient solution to improve the polymer recycling process and promote responsible management of plastic waste.

Remerciement

Nous tenons tout d'abord et en premier lieu à remercier notre directeur de mémoire, Mr LOUNICI Billel, pour la confiance qu'il a sue nous accorder dans le choix de ce sujet si précis ainsi que les membres conseils font utiles qu'on a pu recevoir tout au long de notre recherche.

Nous tenons ensuite à remercier notre co-directeur de mémoire, Mr KETFI Omar, ainsi que monsieur DRIOUCHE Ahmed, notre maître de stage pratique qui occupe la fonction de service bureau de méthode pour avoir pris le temps de guider et accompagner nos recherches, lors de notre stage pratique à ENCC CR METAL.

Nos remerciements vont aussi à Mme ALANE Khaoula qui à bien accepter de répondre à certains de nos questions lors de nos échanges écrits.

De même manière, nous souhaitions remercier les employeurs de SARL MAG qui nous ont accordé un accueil chaleureux.

Enfin, nous remercions vivement nos amis, et surtout nos familles qui ont contribué à la correction et relecture de notre mémoire, et ont toujours su nous soutenir invariablement et nous encourager durant notre cette année de recherche.

Dédicace

A mes chers parents

En témoignage de ma gratitude, si grande qu'elle puisse être, pour tous les sacrifices que vous avez consentis pour mon bien être et le soutien que vous m'avez prodigué tout le long de mon éducation

A mes frères Mohammed, Ridha, amer et ma sœur Manel

Pour votre encouragement et votre bonté que vous m'avez accordé, j'exprime ma profonde reconnaissance et mon grand respect

A mes amis Khalifa, Menouar, Mohammed et tous ceux que j'aime, je dédie ce travail, expression de mon grand amour avec tous mes vœux de bonheur et de prospérité

Azeddine

Dédicace

A mes chers parents

En témoignage de ma gratitude, si grande qu'elle puisse être, pour tous les sacrifices que vous avez consentis pour mon bien être et le soutien que vous m'avez prodigué tout le long de mon éducation

A mes frères Amine, bilal, Oussama, Abdou

Pour votre encouragement et votre bonté que vous m'avez accordé, j'exprime ma profonde reconnaissance et mon grand respect

A mes amis Chiraz, Loubna, Siham et tous ceux que j'aime, je dédie ce travail, expression de mon grand amour avec tous mes vœux de bonheur et de prospérité

Fatima Zohra

Dédicace

A ma mère et mon père, pour l'éducation qu'ils m'ont prodiguée avec tous les moyens et au prix de tous les sacrifices qu'ils ont consentis à mon égard, pour le sens du devoir qu'ils m'ont enseigné depuis mon enfance

A mes chères sœurs Soumia, Meriem et Malak

A toutes mes amies Badia, Achwak, khadidja, Ikram, Nour, Ahlem, Loubna, Meriem, Amira et mes chères cousines Taima et Houria

A tous mes amis et collègues que j'ai pu connaître depuis mon enfance.

A tous les professeurs qui m'ont enseigné tout au long de mon parcours

A tous ceux qui m'aiment, à tous ce que j'aime

Je vous dédie ce modeste travail qui est le fruit de vos efforts combinés, et je vous en suis profondément reconnaissante.

Khaoula

Liste des figures

Chapitre I

Figure I.1: Les différents types de recyclages.....	3
Figure I.2: Broyeurs industriels pour le broyage de divers matériaux.....	4
Figure I.3: Broyeur à couteaux	5
Figure I.4: Broyeur pour le papier	6
Figure I.5: Broyeur pour le verre	6
Figure I.6: Broyeur à marteaux	7

Chapitre II

Figure II. 1 : Chaîne cinématique du broyeur.....	8
Figure II. 2: Schéma de l'angle d'attaque	9
Figure II. 3: coefficient de sécurité	10
Figure II. 4: Variateur de vitesse	12
Figure II. 5: Représentation des efforts appliqués sur l'arbre	13
Figure II. 6: Diagramme des efforts tranchants	14
Figure II. 7: Diagramme des moments fléchissant	15
Figure II. 8: Gamme des puissances transmissibles par type de courroie. [9].....	17
Figure II. 9: Caractéristique des courroies.[9]	17
Figure II. 10: Puissance de base en KW des courroies trapézoïdales classique. [9].....	19
Figure II. 11 : Longueur primitive.[9]	19
Figure II. 12: Angle d'enroulement. [9].....	20
Figure II. 13: Clavette rectangulaire.....	22
Figure II. 14: Caractéristiques du roulement. [11].....	23
Figure II. 15: Arbre hexagonale	25
figure II. 16 : Lame	25
Figure II. 17: La trémie	25
Figure II. 18: La table	25
Figure II. 19: Roulement	25
figure II. 20: Poulie motrice.....	25
Figure II. 21: Pignon	26
Figure II. 22: Courroie	26
Figure II. 23: Moteur	26
Figure II. 24: Poulie réceptrice	26

Figure II. 25: Contre lame	26
Figure II. 26: Joint de lame	26
Figure II. 27: Assemblage fini du broyeur.....	26

Chapitre III

Figure III. 1: Modèle d'origine	29
Figure III. 2: Modèle analyse	30
Figure III. 3: Contraint équivalente	34
Figure III. 4: Déplacement résultant.....	35
Figure III. 5: Déformation équivalente.....	35

Chapitre IV

Figure IV. 1 : Touret a meuler	38
Figure IV. 2: Machine de découpage laser (ACCURL)	38
Figure IV. 3: L'ébavureuse.....	38
Figure IV. 4: La cisaille guillotine	39
Figure IV. 5: Perceuse.....	39
Figure IV. 6: Scie mécanique.....	39
Figure IV. 7: Fraiseuse conventionnelle	40
Figure IV. 8: Tour conventionnelle	40
Figure IV. 9: Poste à souder.....	40
Figure IV. 10: Soudeur par point	41
Figure IV. 11: L'étau	41
Figure IV. 12: Tronçonneuse	41
Figure IV. 13: Caisse à outils.....	42
Figure IV. 14: Plieuse de tôle	42
Figure IV. 15: Equipements de protection individuelle (EPI)	42
Figure IV. 16: Processus de réalisation d'un arbre.....	43
Figure IV. 17: Découpage et perçage de la pièce	49
Figure IV. 18: Plaques de montage.....	49
Figure IV. 19: Traçage et découpage des plaques	49
Figure IV. 20: Soudage et perçage des plaques	50
Figure IV. 21: Réalisation des pignons.....	50
Figure IV. 22: Découpage laser	50
Figure IV. 23: Insérés le programme et découpé.....	51

Figure IV. 24: Mesure et contrôle des pièces	51
Figure IV. 25: Ebavurassions des pièces	51
Figure IV. 26: Emballage des pièces	52
Figure IV. 27: Traçage et découpage les poutres.....	52
Figure IV. 28: Soudage de la structure	52
Figure IV. 29: Finition de la table.....	53
Figure IV. 30: Découpage et pliage de la tôle.....	53
Figure IV. 31: Trémie	53
Figure IV. 32: Récupération du moteur	54
Figure IV. 33: Pièces du broyeur désassemblée	54
Figure IV. 34: Assemblage des pièces	54
Figure IV. 35: Broyeur finie	55

Liste des tableaux

Chapitre II

Tableau II.1: Schéma cinématique	8
Tableau II.2: Les valeurs du coefficient de service K_s	11
Tableau II.3: Les divers types des moteurs électriques	11
Tableau II.4: Caractéristiques mécaniques des matériaux des pièces du broyeur.....	12
Tableau II.5 : Eléments caractéristiques des engrenages cylindriques à denture droite.....	21
Tableau II.6 : Dimensions des clavettes normalisées.	22

Chapitre III

Tableau III. 1: Propriétés de l'étude	30
Tableau III. 2: Les unités.....	30
Tableau III. 3: Propriétés du matériau.....	31
Tableau III. 4: Action extérieures	32
Tableau III. 5: Information sur le contact	33
Tableau III. 6: Information sur le maillage	33
Tableau III. 7: Forces de réaction.....	33
Tableau III. 8: Moments de réactions.....	33
Tableau III. 9: Forces de corps libre	34
Tableau III. 10: Moments externes	34

Chapitre IV

Tableau IV. 1: Tableau des matières	37
Tableau IV. 2: Tableau d'accessoires.....	37

Liste des symboles

α : L'angle d'attaque

F_t : l'effort tranchant

N : La vitesse de rotation d'arbre

P : La puissance.

C : Le couple moteur en (N*m).

D : Le diamètre de lame

R_{PG} : La résistance pratique de glissement.

R_e : La limite élastique.

K_S : Le facteur de service.

F_{ext} : Forces extérieures exercées sur l'arbre.

M : Moments exercés sur l'arbre.

σ_p : La résistance pratique a la traction du matériau en MPa,

σ_e : La résistance d'élasticité du matériau en MPa,

M_t : le moment de torsion de l'arbre en N.m.

d 1 et d2 : diamètres primitif

L10 = durée de vie nominale exprimée en millions de tours.

C : capacité de charge dynamique en dan.

P : charge radiale équivalente en dan.

n: 3 pour les roulements à billes.

$\frac{c}{p}$: Le rapport de charge.

Table des matières

<i>Introduction générale:</i>	1
--	---

Chapitre I : Généralités sur le recyclage et le broyage

I.1 Introduction :	2
I.2 Définition de recyclage :	2
I.2.1 Avantages du recyclage :	2
I.2.2. Les inconvénients du recyclage :	2
I.2.3. Différents types de recyclage :	3
I.3. Définition Les polymères :	3
I. 3.1 Les type des polymères :	3
I.4 Le Procédé de broyage :	4
I.5 Définition d'un broyeur :	4
I.6 Caractéristiques principales d'un broyeur :	5
I.7 Les différents types de broyeurs :	5
I.7.1 Broyeur à fragmentation grossière :	5
I.7.2 Broyeur à fragmentation fine (1000 à 10μm) :	6
I.8 Conclusion :	7

Chapitre II : Etude et Conception

II.1. Introduction :	8
II.2. Etude cinématique :	8
II.2.1. Schéma cinématique :	8
II.2.2 Explication du schéma cinématique :	9
II.3 Choix du moteur :	9
II.3.1 Calculs de l'effort tranchant :	9
II.4. Le variateur de vitesse moteur 220V :	11
II.5. Calculs RDM des éléments sollicités dans le broyeur :	12
II.5.1. Dimensionnement de l'arbre qui porte le disque :	12

II.5.1.1. Calcul des réactions des paliers :	13
II.5.1.2. Calcul des efforts tranchants :	14
II.5.1.3. Calcul du diamètre de l'arbre à la torsion :	15
II.6. Transmission de puissance :	16
II.6.1 Transmission par courroies :	16
II.6.1.1. Calcul des courroies et poulies	17
II.7. Calcul des engrenages :	20
II.7.1. Détermination des diamètres primitifs :	20
II.7.2. Calcul du module m :	21
II.7.3. Calcul des éléments de taillage des engrenages :	21
II.7.4. Calcul effort sur la dent F_t :	22
II.8. Calcul de clavette :	22
II.8.1. Calcul d'une clavette rectangulaire :	22
II.9. Calculs de roulements :	23
II.9.1. Matière utilisée pour les roulements :	23
II.9.2. Caractéristiques du roulement :	23
II.10. Modélisation Géométrique et numérique :	24
II.10.1. Définition de la CAO :	24
II.10.2. Les différentes utilisations de SolidWorks :	24
II.10.3. Modélisation géométrique :	25
II.11. Conclusion :	28
 <i>Chapitre III: Simulation de mécanisme</i> 	
III.1 Introduction :	29
III.2. Propriétés de l'étude :	30
III.3. Les unités :	30
III.4. Propriétés du matériau :	31
III.5. Actions extérieures :	32

III.6. Information sur le contact :	33
III.7. Maillage :	33
III.8. Forces résultants :	33
III.9 Résultants de l'étude :	34

Chapitre IV: Réalisation

IV.1 Introduction :	37
IV.2. Matériels utilisés :	37
IV.3 Matériels utilisé :	38
IV.4 étapes de réalisation :	43
IV.4.1. Usinage :	43
IV.4.2. Chaudronnerie :	52
IV.5. Illustration de broyeur :	54
IV.6. Conclusion :	56
<i>Conclusion générale</i>	57
<i>Annexe</i>	59

Introduction générale

Le recyclage des polymères, implique souvent une étape cruciale de broyage. Cette technique, consistant à réduire les déchets plastiques en particules plus petites, permet de faciliter leur traitement ultérieur. L'introduction du recyclage des polymères et du broyage dans les processus industriels répond à des impératifs environnementaux, économiques et sociaux. En effet, la réutilisation des polymères réduit la dépendance aux matières premières vierges, diminue la quantité de déchets plastiques envoyés en décharge ou incinérés, et contribue à la préservation des ressources naturelles. Cependant, le broyage des polymères soulève également des défis techniques et économiques liés à la diversité des matériaux plastiques, à la contamination potentielle, ainsi qu'à la nécessité de maintenir la qualité et les propriétés des polymères recyclés.

Le broyage est un processus qui consiste à réduire la taille des matériaux en les fragmentant en morceaux plus petits. Dans le contexte du recyclage des polymères, le broyage est utilisé pour transformer les déchets plastiques en particules de taille uniforme, ce qui facilite leur manipulation et leur traitement ultérieur. Cette opération est généralement réalisée à l'aide de machines spéciales telles que des broyeurs à couteaux ou à lames, qui utilisent des forces mécaniques pour déchiqueter, couper ou écraser les matériaux plastiques en morceaux plus petits. Le résultat final du broyage est un matériau prêt à être lavé, trié et transformé en nouveaux produits plastiques ou en d'autres matériaux recyclés.

Dans le premier chapitre de notre étude, nous amorcerons par une définition approfondie des polymères ainsi que des mécanismes de leur recyclage, mettant en lumière leur importance dans le contexte contemporain de la gestion des matériaux et des ressources. Ensuite, nous explorerons en détail le processus de broyage des polymères, en examinant les différentes techniques et technologies utilisées dans cette opération cruciale pour la valorisation des déchets plastiques. Le deuxième chapitre sera consacré à l'analyse des composants structuraux du broyeur et à son impact dans la conception de pièces de construction durables et performantes. Par la suite, nous aborderons les méthodes de calcul et de dimensionnement des organes liés au broyeur, en mettant l'accent sur les aspects techniques et les considérations pratiques. Dans le chapitre 3, nous présenterons et discuterons en détail les résultats obtenus tout au long de notre recherche, en les reliant aux objectifs initiaux et en mettant en évidence les implications potentielles pour l'industrie et la recherche future dans ce domaine. Enfin, dans le chapitre 4 nous avons conçu notre machine pour reproduire fidèlement les résultats obtenus, ainsi que pour exécuter la gamme d'usinage de l'arbre.

*Chapitre I : Généralités sur le
recyclage et le broyage*

I.1 Introduction :

Le recyclage a une longue histoire et a été pratiqué de différentes manières à travers le monde depuis des milliers d'années. Les civilisations antiques, telles que les Grecs et les Romains, ont recyclé les métaux précieux pour en faire de nouveaux objets, et les peuples premiers ont réutilisé les matériaux naturels tels que les os et les peaux d'animaux.

Cependant, le recyclage moderne, tel que nous le connaissons aujourd'hui, a commencé à se développer au 19ème siècle, lorsque les villes ont commencé à s'agrandir et à produire de plus grandes quantités de déchets. À cette époque, les premières installations de recyclage de métal et de papier ont été créées, permettant de réutiliser les matériaux plutôt que de les jeter.

Au cours du 20ème siècle, le recyclage a continué à se développer et à s'étendre à d'autres matériaux, tels que les plastiques et les verres. Avec l'augmentation de la conscience environnementale et de la nécessité de réduire les déchets, le recyclage est devenu un élément clé de la stratégie de gestion des déchets pour les gouvernements et les communautés à travers le monde.[1]

I.2 Définition de recyclage :

Le recyclage est un processus complexe qui implique la collecte, le tri, le nettoyage, la transformation et la vente de produits recyclés. Cette pratique peut être réalisée sur de nombreux types de déchets, tels que les emballages en papier, les boîtes de conserve, les bouteilles en plastique, les métaux, les batteries, les pneus et les textiles. [2]

I.2.1 Avantages du recyclage :

Le recyclage présente de nombreux avantages pour l'environnement et la société. Tout d'abord, il permet de réduire la quantité de déchets envoyés en décharge, ce qui réduit les émissions de gaz à effet de serre et les émissions de méthane. De plus, le recyclage réduit la consommation de ressources naturelles telles que les minéraux, les forêts et les puits de pétrole, car les produits recyclés peuvent remplacer les matières premières nouvelles. [2]

I.2.2. Les inconvénients du recyclage :

- La collecte et le recyclage restent partiels
- Certains éléments sont difficiles à récupérer
- Les pertes lors du processus
- Certains produits sont difficiles à recycler
- Les matières recyclées sont parfois de moins bonne qualité
- Le recyclage sous forme d'objets non recyclables
- Le processus de recyclage a aussi des impacts sur l'environnement
- On exporte beaucoup de déchets .[2]

I.2.3. Différents types de recyclage :

Il existe plusieurs types de recyclage, notamment le recyclage du papier, du verre, du plastique, des métaux et des textiles. le recyclage du plastique implique le broyage de plastique en petits morceaux, puis la production de nouveau plastique à partir de ces morceaux .

Il existe trois formes de recyclage :

- **Chimique** : produire une réaction chimique pour, par exemple, séparer les composants.
- **Mécanique** : utiliser une machine pour transformer les déchets.
- **Organique** : produire un engrais ou un carburant. [2]

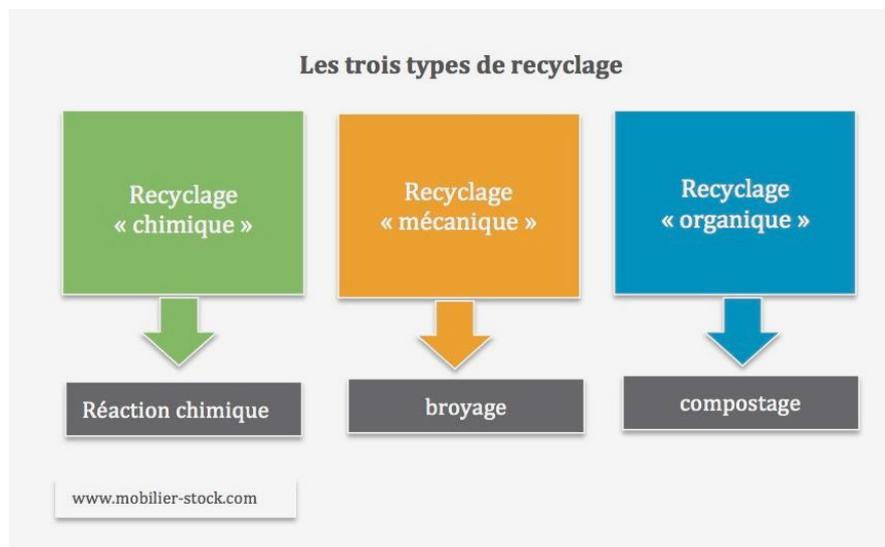


Figure I.1: Les différents types de recyclages

I.3. Définition Les polymères :

Le mot « polymère » vient du grec « poly » signifiant plusieurs et « meros » parties ou unités. En effet, un matériau macromoléculaire ou polymère est constitué de longues chaînes où les unités de répétition sont toutes les mêmes (homopolymère) ou de nature différente (copolymère). [3]

I. 3.1 Les type des polymères :

On peut classer les polymères en trois types, en fonction de leur réaction à la chaleur :

- Les thermoplastiques.
- Les thermodurcissables.
- Les élastomères.

Dans ce qui suit, nous nous intéressons aux thermoplastiques et, plus exactement, aux thermoplastiques techniques dont l'Acrylonitrile Butadiène Styrène, ABS, qui fait objet de cette étude.

L'ABS est beaucoup utilisé pour des applications de capotage dans des secteurs comme l'électroménager, la téléphonie, le matériel informatique, le jouet, ...

Il a une bonne résistance aux chocs et détient une bonne rigidité, ce qui explique sa large utilisation dans le domaine des transports, automobiles, sport et loisir, comme on l'a vu précédemment.

L'ABS, constitue une famille de copolymères à usage technique du fait de ses propriétés physiques et chimiques élevées : rigidité, résistance à de nombreux agents chimiques, très utilisé dans les véhicules qui nécessitent un faible poids et une résistance élevée aux chocs. [3]

I.4 Le Procédé de broyage :

Le broyage est une opération consistant à réduire une matière à une dimension donnée, correspondant à son emploi, ou facilitant la séparation de constituants hétérogènes. Mise en dispersion, par action mécanique, de pigments et de matières de charge dans un liant en vue d'obtenir une pâte aussi homogène que possible. [4]

I.5 Définition d'un broyeur :

Le broyeur est une machine utilisée pour le broyage des matériaux, soit faciles à traiter ou difficiles (le bois, le plastique, le papier, le ciment...etc.). Il représente dans l'industrie une solution pour l'abattement des frais de gestion des déchets en général. Le broyeur peut parfois être considéré comme un véritable moyen de production notamment dans les cas suivants : Lorsque les déchets de fabrication sont réutilisés directement dans le cycle de production (matières plastiques) ; Lors de la mise en place de processus de production utilisent comme matière première des déchets d'autres processus industriel (concept et recyclage). [4]



Figure I.2: Broyeurs industriels pour le broyage de divers matériaux

I.6 Caractéristiques principales d'un broyeur :

Les caractéristiques principales d'un broyeur sont sa robustesse et sa fiabilité. Il doit être constitué par une unité de chargement qui est souvent une 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 assurée par une série d'éléments tranchants (couteaux, lames et bras coupants ...etc.) qui cassent la matière en se croisant. Les éléments principaux d'un broyeur sont les arbres qui portent soit les couteaux ou les lames ou plus qui coupent nettement la matière.

Les broyeurs sont généralement classés en fonction des dimensions des particules qu'ils traitent :

- Concasseurs pour obtenir de gros fragments
- Broyeurs pour la production de poudre
- Pulvérisateurs ou microniseurs pour la préparation de poudres très fines
- Désintégrateurs pour briser les matériaux fibreux. [4]

I.7 Les différents types de broyeurs :

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

I.7.1 Broyeur à fragmentation grossière :

Dans ce domaine les forces mises-en œuvre sont de type cisaillement, d'où on distingue plusieurs types de broyeurs pour la fragmentation des matériaux en particules grossières, à savoir.

- **Broyeur à couteaux** : Ils sont utilisés généralement pour broyer du plastique ou du papier. Le rotor porte les couteaux et le broyage se fait par cisaillement. Avec tous ces broyeurs on peut fixer la granulométrie



Figure I.3: Broyeur à couteaux

-Broyeur pour le papier : L'action coupant du broyeur pour le papier est de réaliser par une série de lames mince tranchantes qui déchire le papier en petit morceaux.



Figure I.4: Broyeur pour le papier

- Broyeur pour le verre : Ce type de broyeur utilise des bras sous forme des couteaux dans le but de casser les bouteilles de verre en petit morceaux.



Figure I.5: Broyeur pour le verre

I.7.2 Broyeur à fragmentation fine (1000 à 10 μ m) :

Les technologies ont été pratiquement restreintes à un seul mode d'action consistant à la mise en œuvre de forces d'impact (les particules sont comprimées entre les corps 12 broyant ou projetées violemment contre une paroi qui peut être fixe ou bien les unes contre les autres. Dans ce cas-là on parlera d'auto broyage). On distingue plusieurs types :

- **Broyeur à marteaux** : Le broyeur à marteaux est développé pour l'écrasement sec et humide des matériaux fragiles et mi-durs pour l'exploitation, du ciment, du charbon ...etc.

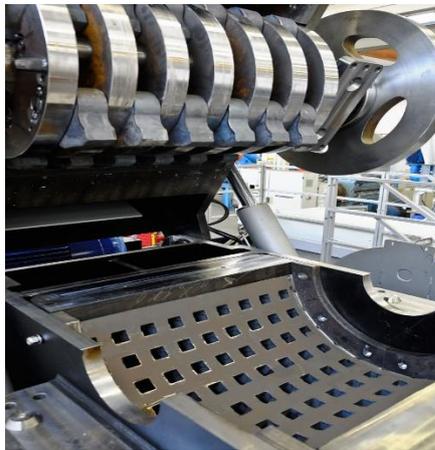


Figure I.6: Broyeur à marteaux

- **Broyeur à fragmentation ultrafine** : Dans le domaine de l'ultrafine (particules de tailles comprises entre 5 et 10 μ m), les forces mises en œuvre sont de type compression, cisaillement et impact. L'énergie théorique nécessaire pour la réduction ultrafine des grains est toujours inférieure à 1% de l'énergie réelle dépensée [4].

- **Broyeurs à billes** : Il est constitué d'une cuve mobile (en rotation autour d'un axe vertical ou horizontal). On introduit le produit à broyer dans la cuve et on introduit des billes ou des boulets). On introduit le produit à broyer dans la cuve (selon la taille voulue). Ces cuves et billes sont en acier inoxydable. On fixe la vitesse d'avance et on assiste à une rotation du produit et des billes au même temps que la cuve. Il se crée des forces centrifuges et on peut voir la poudre colée contre les parois. [4]

I.8 Conclusion :

Finalement les broyeurs en général quelle que soit leurs types ou leurs tailles, sont des machines mécaniquement impressionnantes et leur fonction ne s'arrête pas là. Elle apparait aussi dans leur simplicité en même temps, et leurs modes de fragmentation consistent à soumettre le solide à fragmenter à une contrainte créée par des forces de cisaillement. Par conséquent, ils nous permettent de réduire le volume et de faciliter leur transport.

*Chapitre II : Etude et
Conception*

II.1. Introduction :

Ce chapitre est consacré à l'étude mécanique et cinématique d'un broyeur, ce dernier est destiné au broyage des plastiques. Nous avons choisi un broyeur dont le modèle est inspiré à partir des modèles existants sur le marché.

II.2. Etude cinématique :

II.2.1. Schéma cinématique :

Tout mécanisme est composé de plusieurs sous-ensembles reliés entre eux par une ou plusieurs liaisons et pour mieux comprendre, il faut établir un schéma cinématique qui doit représenter le plus fidèlement possible les relations entre les différents groupes de pièces.

Schéma cinématique :

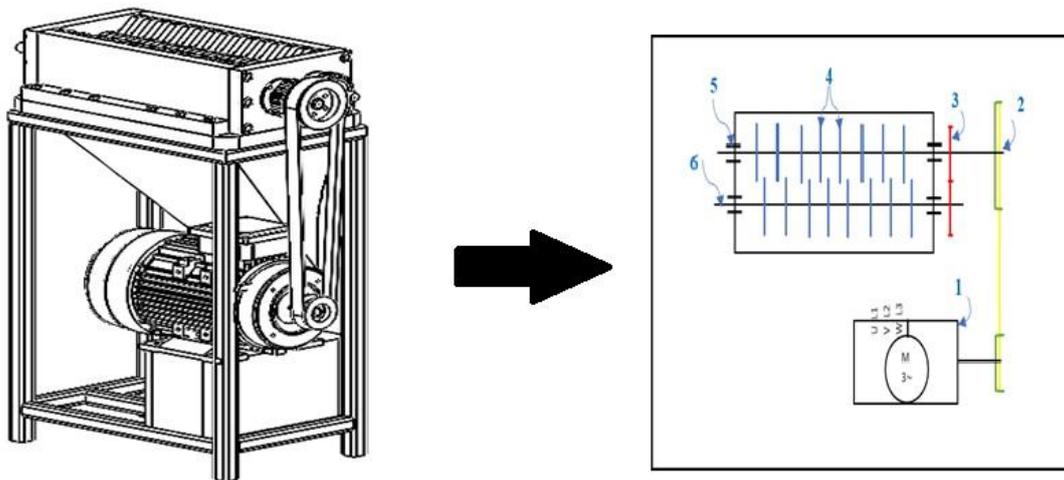


Figure II. 1 : Chaine cinématique du broyeur

Référence	Désignation
1	Moteur électrique
2	Transmission par poulie et courroie
3	Transmission par engrenages
4	Éléments de coupe
5	Roulements
6	Arbre porteur des lames

Tableau II.1: Schéma cinématique

II.2.2 Explication du schéma cinématique :

Le moteur électrique constitue la source d'énergie et de puissance de toute la machine, la puissance de ce moteur est transmise au 1er arbre contenant les lames de notre broyeur par le biais d'un système de transmission par lien souple est donc système poulie-courroie que nous allons dimensionner plus tard. Ce système sert également à réduire la vitesse de rotation sur l'arbre récepteur afin d'augmenter le couple pour un meilleur rendement du broyage. Par la suite, le 2eme arbre est entraîné en rotation grâce à un système de transmission par obstacles, plus précisément, par engrenages et ceci est afin d'assurer un rapport de transmission rigoureusement constant pour des engrenages ayant le même nombre de dents ou bien même diamètre primitif. Les éléments de coupe ou bien les lames du broyeur sont montées et mises en rotation sur leurs arbres respectifs grâce à la forme prismatique de l'arbre (arbre hexagonale) Le guidage en rotation est assuré par des roulements à billes que nous dimensionnons plus tard dans ce chapitre.

II.3 Choix du moteur :

Le choix du moteur dépend essentiellement de la puissance à utiliser pendant le broyage

II.3.1 Calculs de l'effort tranchant :

Calcul de l'angle d'attaque : $\alpha = \sin^{-1}\left(\frac{e}{R}\right)$

R : rayon de lame = **37.5mm**

e : épaisseur de la matière = **3mm**

α : L'angle d'attaque = **4.58°**

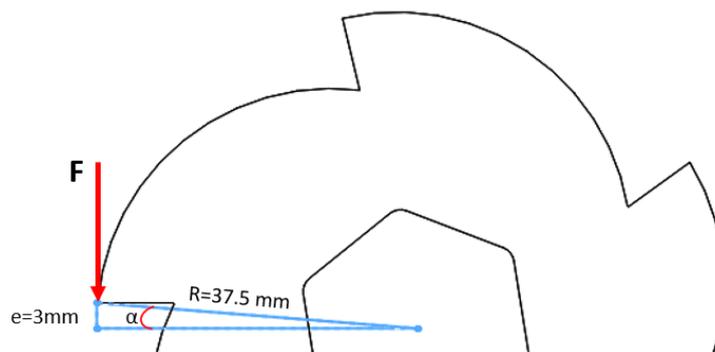


Figure II. 2:Schéma de l'angle d'attaque

D'où l'on tire l'effort de tranchant dans la formule suivante :

$$R_{PG} = \frac{(R_e \times 0.8)}{s}$$

Plancher d'usine	1,5 à 2
Charpente métallique avec vent ou neige	2 à 3
Machines outils, réservoirs sous pression ...	3 à 4
Camions, autos, engins de manutention	5
Concasseurs, laminoirs, presses	6 à 7
Ascenceurs, transports de personnes, câbles....	12

Figure II. 3:coefficient de sécurité [12]

$$R_{PG} = \frac{(R_e \times 0.8)}{7}$$

$$R_e = 59 \text{ MPA}$$

$$F_t = \frac{e^2 \times R_{PG}}{2 \tan \alpha}$$

$$F_t = 3787 \text{ N}$$

Nous avons la relation suivante :

$$C = F_t \times \frac{D}{2} = 3787 \times 0.0375$$

$$C = 142 \text{ N.m}$$

$$P = \frac{(C \times N)}{9550} = \frac{(142 \times 80)}{9550}$$

$$P = 1.18 \text{ KW}$$

F_t : l'effort tranchant

N : La vitesse de rotation d'arbre

P : La puissance.

C : Le couple moteur en (N*m).

Où :

D : Le diamètre de lame

R_{PG} : La résistance pratique de glissement.

R_e : La limite élastique.

Nous avons la formule de la puissance utile comme suit :

$$P_m = \frac{P \times K_s}{\eta} = \frac{1.18 \times 1.12}{0.86}$$

$$P_m = 1.5 \text{ KW}$$

Facteur de service k_s	Conditions de fonctionnement								
	8 heures/jour			16 heures/jour			24 heures/jour		
	U	V	TV	U	V	TV	U	V	TV
Moteur électrique usuel Couple de démarrage normal	1	1,12	1,25	1,12	1,25	1,40	1,18	1,32	1,50
Démarrages fréquents ou inversions de sens fréquentes	1,12	1,25	1,40	1,25	1,40	1,60	1,32	1,40	1,70
Moteur électrique à couple de démarrage élevé ou moteur synchrone. Moteur diesel à 1 ou 2 cylindres	1,18	1,32	1,50	1,32	1,50	1,70	1,40	1,60	1,80
Inversion de sens ou démarrages fréquents avec moteur à fort couple de démarrage	1,32	1,50	1,70	1,50	1,70	1,90	1,60	1,80	2

U : Couple uniforme V : Couple variable TV : Couple très variable

Tableau II.2: Les valeurs du coefficient de service K_s

K_s : Le facteur de service.

Selon les résultats trouvés on choisit un moteur du type : **Séries MS 90L2-**

- **IE1- 6 POLES**
- **P= 1.5 KW**
- **N= 925 tr/min**

Taille de la carcasse	Puissance (kW)	Courant (A)			Courant (A)			Courant (A)			RPM	Rend (%)	(cos φ)	Ms/ Mn	Mmax/ Mn	Mn (N-m)	Is/ In	dB(A)	Poids* (kg)
		220V	380V	660V	230V	400V	690V	240V	415V	720V									
MS 631-6	0,09	0,92	0,53	0,31	0,88	0,51	0,29	0,85	0,49	0,28	840	42	0,61	2	2	0,98	4	50	4,2
MS 632-6	0,12	1,13	0,65	0,38	1,08	0,62	0,36	1,03	0,6	0,34	850	45	0,62	2	2	1,18	4	50	4,5
MS 711-6	0,18	1,28	0,74	0,43	1,22	0,7	0,41	1,17	0,68	0,39	880	56	0,66	1,6	1,7	1,93	4	52	5,6
MS 712-6	0,25	1,59	0,92	0,53	1,51	0,87	0,5	1,46	0,84	0,49	900	59	0,7	2,1	2,2	2,36	4	52	6
MS 713-6**	0,37	2,31	1,34	0,77	2,2	1,27	0,73	2,11	1,22	0,7	890	61	0,69	2	2,1	3,93	4	54	6,8
MS 801-6	0,37	2,24	1,3	0,75	2,13	1,23	0,71	2,05	1,19	0,68	900	62	0,7	1,9	1,9	3,9	4	56	8,1
MS 802-6	0,55	2,99	1,73	1	2,85	1,65	0,95	2,74	1,59	0,91	900	67	0,72	2	2,3	5,84	4	56	9,6
MS 803-6**	0,75	4,02	2,33	1,34	3,83	2,21	1,28	3,69	2,13	1,23	900	68	0,72	2	2,3	7,88	4	58	10
MS 90S-6	0,75	3,96	2,29	1,32	3,77	2,18	1,26	3,63	2,1	1,21	920	69	0,72	2,2	2,2	7,83	6	59	11,3
MS 90L1-6	1,1	5,49	3,18	1,83	5,23	3,02	1,74	5,03	2,91	1,68	925	72	0,73	2,2	2,2	11,5	6	59	14,4
MS 90L2-	1,5	7,09	4,11	2,36	6,76	3,9	2,25	6,5	3,76	2,17	925	74	0,75	2,2	2,2	15,6	6	60	15,5
MS 100L1-	1,5	7	4,05	2,33	6,67	3,85	2,22	6,42	3,71	2,14	945	74	0,76	2,2	2,2	15,6	6	61	18,8
MS 100L2-	2,2	9,87	5,71	3,29	9,4	5,43	3,13	9,04	5,23	3,01	950	77	0,76	2,2	2,2	22,3	6	63	19,8
MS 112M-6	2,2	9,7	5,64	3,25	9,28	5,36	3,09	8,93	5,16	2,98	955	78	0,76	2,2	2,2	22,3	6	64	25
MS 112L-	3	12,9	7,49	4,31	12,3	7,12	4,11	11,9	6,86	3,95	950	79	0,77	2,2	2,2	30,2	6	64	30
MS 132S-6	3	13,1	7,59	4,37	12,5	7,21	4,16	12	6,95	4,01	960	79	0,76	2	2	30,2	7	64	35
MS 132M1-	4	17,2	9,93	5,72	16,4	9,44	5,45	15,7	9,1	5,24	960	80,5	0,76	2	2	40,2	7	68	47,6
MS 132M2-	5,5	22,6	13,1	7,53	21,5	12,4	7,17	20,7	12	6,9	960	83	0,77	2	2	55,3	7	68	50,7
MS 132L-	7,5	30,1	17,4	10	28,7	16,5	9,55	27,6	15,9	9,2	960	85	0,77	2	2	74,6	7	68	47,6
MS 160M-6	7,5	28,6	16,6	9,5	27,3	15,7	9,08	26,2	15,2	8,7	960	86	0,8	2	2,2	74,6	7	68	70
MS 160L-6	11	41,8	24,2	13,9	39,8	23	13,3	38,3	22,1	12,8	960	87,5	0,79	2	2,2	109	7	73	87
MS 180L-6	15	54,6	31,6	18,2	52,2	30	17,3	50,1	28,9	16,7	970	89	0,81	2	2,2	148	7	79	122
MS 200L1-	18,5	66,6	38,6	22,2	63,7	36,6	21,1	61	35,3	20,3	975	90	0,81	2	2,2	181	7	82	136
MS 200L2-	22	77,3	44,7	25,8	73,9	42,5	24,5	70,8	41	23,6	975	90	0,83	2	2,2	215	7	82	152

Tableau II.3: Les divers types des moteurs électriques[5]

II.4. Le variateur de vitesse moteur 220V :

Est un appareil électronique indispensable pour contrôler la vitesse de rotation d'un moteur électrique. Il vous permet d'ajuster la vitesse du moteur aux besoins spécifiques de votre application, que ce soit pour une machine industrielle, un ventilateur, une pompe ou tout autre équipement électrique. En choisissant le bon variateur de vitesse, vous pouvez économiser de

l'énergie, prolonger la durée de vie du moteur et améliorer les performances de votre équipement. [6]



Figure II. 4: Variateur de vitesse

II.5. Calculs RDM des éléments sollicités dans le broyeur :

II.5.1. Dimensionnement de l'arbre qui porte le disque :

Les arbres sont des pièces mécaniques de section généralement circulaire. On trouve deux familles principales d'arbres :

- Ceux qui transmettent un couple entre les éléments de transmission qu'ils supportent : poulies et engrenages ...
- Ceux qui ne transmettent pas de couple et qui sont désignés sous le nom d'axes, ils servent principalement de support d'organes mécaniques ou bien d'axes d'articulation.

Matériaux utilisés pour l'arbre : Nous avons choisi le matériau XC65 acier non allié pour les raisons suivantes : Il est recommandé pour les pièces du broyeur. Caractérisé par une très bonne résistance élastique et usinable, peu coûteux et disponible sur le marché, les caractéristiques sont indiquées sur le tableau II.4.

Désignation du matériau	Résistance élastique N/mm ²	Résistance à la rupture N/mm ²	Utilisations
XC 65	450	820 - 920	Arbre
20 Ni Cr 2	720	900 - 1100	Engrenage
XC 55	430	720 - 870	Clavette
Z 120 M 12	≥ 350	800 - 1000	Rouleau
EN -GJL-200	130 - 195	200	Poulie

Tableau II.4: Caractéristiques mécaniques des matériaux des pièces du broyeur[7]

II.5.1.1. Calcul des réactions des paliers :

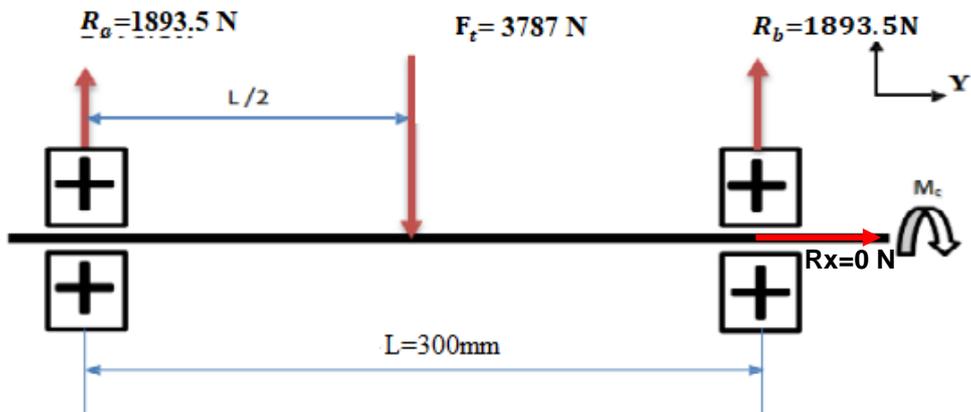


Figure II. 5:Représentation des efforts appliqués sur l'arbre

On a : $L= 300\text{mm}$

Par les principes fondamentaux de la statique :

$$\begin{matrix} \rightarrow & \rightarrow \\ \Sigma F_{ext} = 0 & \Sigma M/a = 0 \end{matrix}$$

Avec :

F_{ext} : Forces extérieures exercées sur l'arbre.

M : Moments exercés sur l'arbre.

Pour les forces en les projetant sur l'axe (Oy), et les moments par rapport au point (O) et on aura :

$$R_a - F_t + R_b = 0 \dots\dots\dots(1)$$

$$R_b \times L - F_t \times \left(\frac{L}{2}\right) = 0 \dots\dots\dots (2)$$

Avec : R_a et R_b : les Forces de réaction au niveau des appuis.

De (2) on a :

$$R_b = \frac{F_t}{2}$$

AN: $R_b = \frac{3787}{2} = 1893.5\text{N}$

De (1) on a : $R_a = F_t - R_b$

AN : $R_a = 1893.5\text{N}$

$$R_a = R_b$$

II.5.1.2. Calcul des efforts tranchants :

$$R_a - T = 0$$

$$R_a = T = 1893.5 \text{ N}$$

$$R_a - F_t - T = 0$$

$$T = -F_t + R_a$$

$$T = 1893.5 - 3787$$

$$T = -1893.5 \text{ N}$$

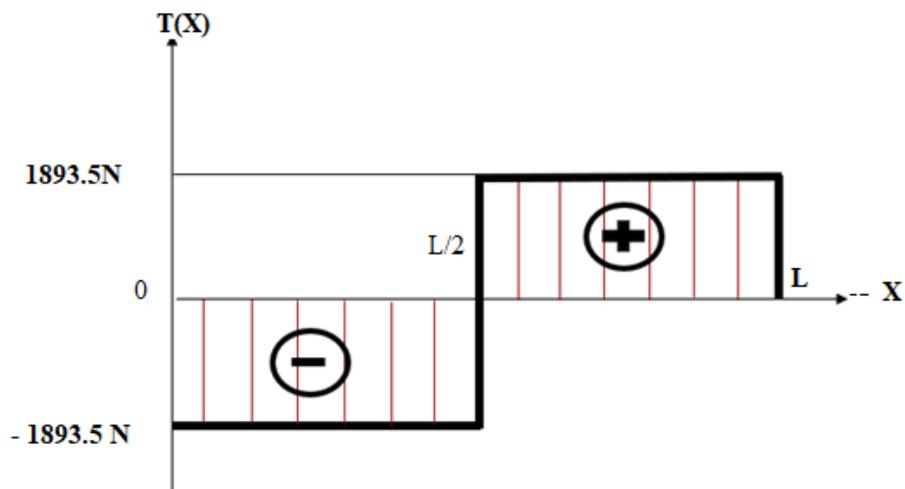


Figure II. 6:Diagramme des efforts tranchants

II.5.1.3. Calcul des moments fléchissant maximale :

-Tronçon (1)

$$0 \leq x \leq L/2$$

$$R_a \times x + M(x) = 0$$

$$M(x) = -R_a \cdot x$$

$x = 0$

$$M(0) = 0$$

$x = L/2$

$$M(L/2) = -150 \times 1893.5$$

$$M(L/2) = -284025 \text{ N.M}$$

-Tronçon (2)

$$L/2 < x < L$$

$$R_a \cdot x - F_c (x - L/2) + M_f(x) = 0$$

$$M(x) = R_a \cdot x + F_c (x - L/2)$$

$x = L/2$

$$M(L/2) = -284025 \text{ N.M}$$

$x = L$

$$M(L) = 0$$

A partir de la Fig.II.5, on déduit $M_{fmax} = 284025 \text{ N.mm}$

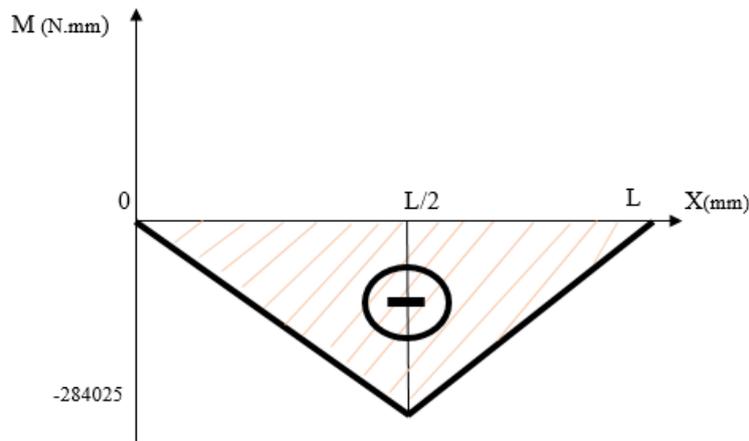


Figure II. 7: Diagramme des moments fléchissant

II.5.1.4. Calcul du diamètre de l'arbre à la torsion :

Calcul de moment de torsion de l'arbre qui porte le disque :

On a $\sigma_p < R_e$ avec $R_e = \sigma_p = 750 \text{ MPa}$ (R_e : Résistance d'élasticité)

On prend un coefficient de sécurité $s = 5$

$$\text{Avec : } S = \frac{\sigma_e}{\sigma_p}$$

Où

σ_p : La résistance pratique à la traction du matériau en MPa,

σ_e : La résistance d'élasticité du matériau en MPa,

$$\text{D'où la relation devient : } \sigma_p = \frac{\sigma_e}{s}$$

AN. :

$$\sigma_p = \frac{750}{5}$$

$$\sigma_p = 150 \text{ MPa}$$

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 :

$$\tau_p = 0.7 \times \sigma_p$$

τ_p est la contrainte pratique au cisaillement en MPa.

$$\text{AN. : } \tau_p = 0.7 \times 150$$

$$\tau_p = 105 \text{ Mpa}$$

Nous avons la relation suivante : $M_t = \frac{p}{w}$

M_t : le moment de torsion de l'arbre en N.m.

On a la Puissance moteur : $P = 1500 \text{ W}$.

Alors : $M_t = 142 \text{ N.m}$

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

$$\tau_{\max} = \frac{M_t \times v}{I_0} \leq \tau_p$$

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

Avec :

$$I_0 = \frac{\pi \cdot R^4}{2}$$

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

$$R \geq \sqrt[3]{\frac{2 \times M_t}{\pi \times \tau_p}}$$

$$R \geq \sqrt[3]{\frac{2 \times 142000}{\pi \times 105}}$$

$$R \geq 9.51 \text{ mm}$$

$$D \geq 19.02 \text{ mm}$$

Pour que notre mécanisme fonctionne en toute sécurité on prend : $D = 25 \text{ mm}$

II.6. Transmission de puissance :

II.6.1 Transmission par courroies :

La transmission de la puissance du moteur est réalisée par poulies et courroies. Les courroies trapézoïdales sont les plus utilisées ; à tension égale elles transmettent une puissance plus élevée que les courroies plates (conséquence de la forme en V augmentant la pression de contact et par là l'effort transmissible). On obtient ainsi une forte adhérence par coincement de la courroie dans la gorge de la poulie environ trois fois plus une courroie plate dans un même matériau. Le matériau des courroies est du composite chlorurée et fibres de verre ou files d'acier. La

température d'utilisation est de -25 C° à $+85\text{ C}^\circ$. Le montage nécessite un bon alignement des poulies et un réglage de l'entraxe pour le montage et le démontage. Si la puissance à transmettre est élevée on peut utiliser plusieurs courroies en parallèles sur la même poulie (avec 1, 2, 3..., 10 gorges) [8]

II.6.1.1. Calcul des courroies et poulies

a. Choix de section de la courroie à partir du graphe :

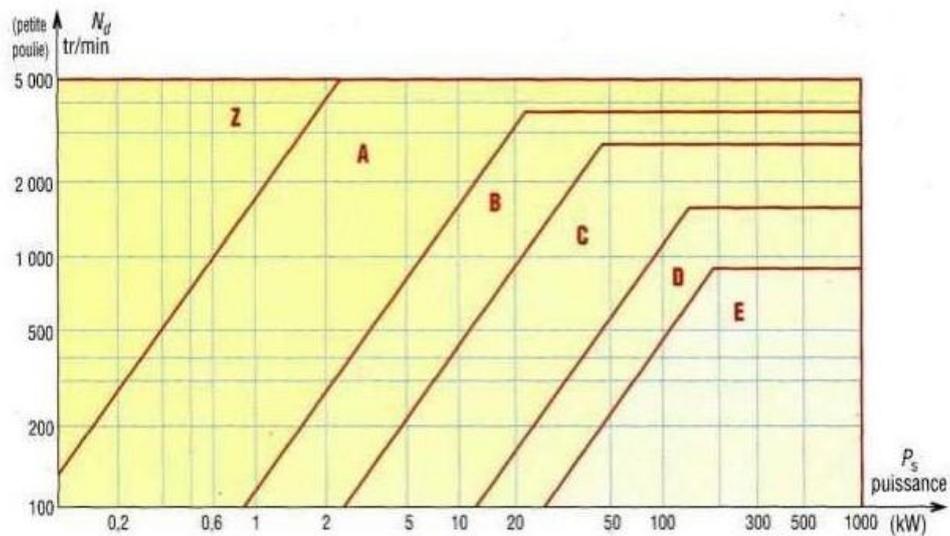


Figure II. 8: Gamme des puissances transmissibles par type de courroie. [9]

Donc il permet de sélectionner les courroies de type A.

- On adopte un K_s de 1.3 pour l'installation.
- $P=1.5\text{ KW}$
- $P_{eff}=P \times K_s$
- $P_{eff}=1.5 \times 1.3$
- $P_{eff}=1.43\text{ KW}$

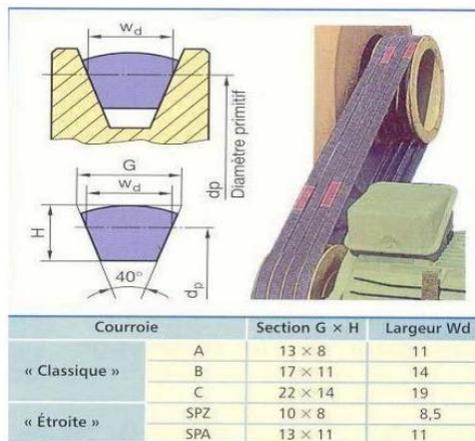


Figure II. 9: Caractéristique des courroies.[9]

b. Diamètres primitifs :

$$N_d = 925 \text{tr/min} \quad N_D = 462 \text{tr/min}$$

$d = 100 \text{ mm}$ est imposé pour la petite poulie.

Et pour la grande poulie on a :

Le rapport de transmission :

$$r = \frac{N_D}{N_d} = \frac{\omega_D}{\omega_d} = \frac{d}{D}$$
$$\frac{N_D}{N_d} = \frac{d}{D} \quad \longrightarrow \quad \frac{462}{925} = \frac{100}{D}$$
$$D_p = 200 \text{mm}$$

c. Calcul de la vitesse de la courroie :

$$V = W \times \frac{d}{2}$$
$$V = \frac{\pi \times N_d}{30} \times \frac{d}{2}$$
$$V = \frac{\pi \times 925}{30} \times 50$$
$$V = 4.94 \text{m/s}$$
$$V = 5 \text{m/s}$$

d. Calcul de longueur primitive courroie :

Calcule d'abord l'Entraxe (a) :

$$\text{On a : } \frac{D_p}{d_p} = 2$$

$$\frac{D_p + d_p}{2} + d_p \leq a \leq 3(D_p + d_p)$$

$$350 \leq a \leq 900$$

Donc $a = 550 \text{mm}$

$$L_p = (2 \times a) + 1.57(D_p + d_p) + \frac{(D_p - d_p)^2}{4 \times a}$$

$$L_p = 1178 \text{mm}$$

e. Calcul de puissance de base de la courroie :

$$d = 100 \text{ mm}$$

$$v = 5 \text{ m/s}$$

4. Puissance de base P_b en kW des courroies trapézoïdales classiques													
type courroie	diamètre primitif	vitesse linéaire V de la courroie (m/s)					type courroie	diamètre primitif	vitesse linéaire V de la courroie (m/s)				
		5	10	15	20	25			5	10	15	20	25
Z	50	0,45	0,72	0,85	-	-	C	180	3,92	6,10	7,33	8,32	-
	60	0,62	1,05	1,35	-	-		210	4,59	7,38	9,40	10,86	11,76
	70	0,73	1,29	1,70	1,94	-		240	4,99	8,31	10,82	12,75	14,14
	80	0,83	1,48	1,97	2,30	2,41		280	5,50	9,27	12,26	14,70	16,50
	90	0,90	1,61	2,18	2,58	2,76		320	5,83	9,96	13,34	16,10	18,29
	100	0,95	1,72	2,37	2,80	3,04		360	6,14	10,56	14,16	17,19	19,69
	110	1,00	1,82	2,48	2,99	3,27		430	6,55	11,25	15,32	18,68	21,43
A	85	1,25	2,04	2,66	3,01	-	D	290	8,92	13,44	15,95	16,80	-
	100	1,42	2,37	3,12	3,99	4,10		320	9,84	15,41	18,90	20,74	20,92
	115	1,55	2,64	3,52	4,21	4,73		360	10,94	17,50	22,07	24,96	26,19
	130	1,65	2,85	4,04	4,60	5,22		400	11,80	19,20	24,61	28,33	30,42
	150	1,75	3,03	4,10	4,80	5,72		460	12,78	21,18	27,55	32,29	34,37
	170	1,82	3,19	4,33	5,00	6,10		520	13,58	22,71	29,85	35,35	39,20
	190	1,87	3,30	4,54	5,55	6,39		580	14,16	23,96	31,64	37,76	42,80
B	120	2,11	3,23	4,23	4,80	-	E	440	10,97	18,85	24,69	28,33	29,44
	140	2,35	3,95	5,02	5,83	6,37		480	11,89	20,65	27,39	31,92	33,91
	160	2,57	4,03	5,61	6,63	7,37		520	12,62	22,15	29,63	34,95	37,68
	180	2,72	4,39	6,09	7,24	8,14		600	13,84	24,57	33,28	39,86	43,75
	200	2,81	4,81	6,42	7,71	8,75		700	14,94	27,26	36,66	44,28	49,35
	220	2,92	4,89	6,73	8,13	9,24		800	15,77	28,50	39,18	47,60	53,56
	250	3,01	5,06	6,89	8,64	8,85		950	16,82	30,40	42,00	51,40	59,13

Les puissances P_b indiquées sont des moyennes et peuvent varier sensiblement d'un fabricant à l'autre (consulter leurs catalogues pour des renseignements plus détaillés)

Figure II. 10: Puissance de base en KW des courroies trapézoïdales classique. [9]

D'après la figure II.14, on a les valeurs suivantes : $d_p = 100\text{mm}$ et $v = 5\text{m/s}$

$$\text{Alors, on obtient : } P_b = 1.42 \text{ KW}$$

f. Puissance admissible de la courroie choisie :

On a la relation suivante :

$$P_a = P_b \times K_l \times K_\theta$$

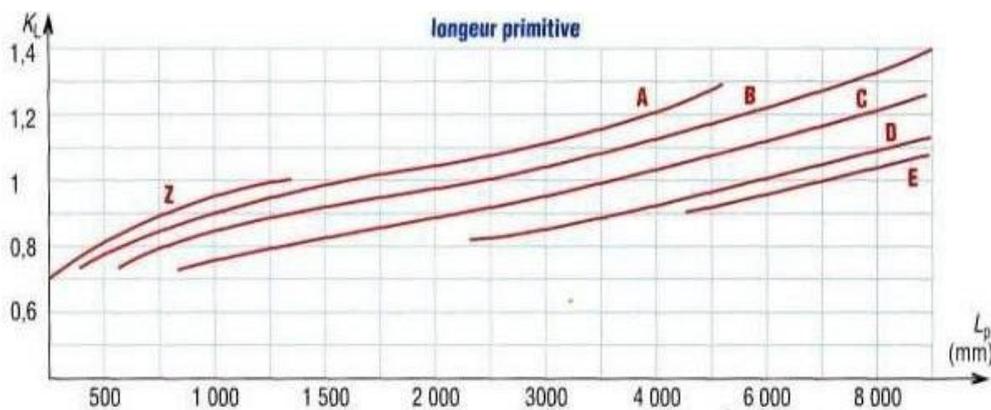


Figure II. 11 : Longueur primitive. [9]

A partir de graphe on a : $K_I \approx 0.87^\circ$ avec $L_p = 1150$ mm

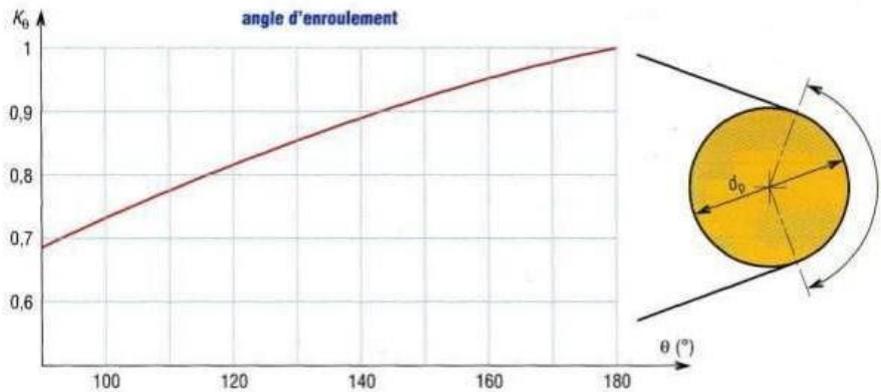


Figure II. 12: Angle d'enroulement. .[9]

$$\theta = 180^\circ - 2 \arcsin \frac{D - d}{2 \times a}$$

$$\theta = 180^\circ - 2 \arcsin \frac{200 - 100}{2 \times 550}$$

$$\theta = 156.92^\circ$$

A partir de graphe :

$$K_\theta \approx 0.95^\circ$$

Puissance admissible : $P_a = 1.42 \times 0.95 \times 0.87 = 1.17 \text{KW}$

g. Nombre nécessaire de courroies :

$$nc = \frac{peff}{pa}$$

$$nc = \frac{1.43}{1.17}$$

$$nc = 1.22$$

Soit 2 courroies

II.7. Calcul des engrenages :

Les principales caractéristiques d'un engrenage sont le module m et le diamètre primitif ou bien le nombre de dents.

II.7.1. Détermination des diamètres primitifs :

L'entraxe entre les engrenages est imposé par le diamètre des lames et les joints de lames qui est de 60 mm et donc $E = 60 \text{ mm}$.

D'autre part, l'entraxe est défini comme :

$$E = \frac{(d_1 + d_2)}{2}$$

Donc : $d_1 = d_2 \quad \Rightarrow \quad d_1 = d_2 = 60\text{mm}$

d_1 et d_2 : diamètres primitif

II.7.2. Calcul du module m :

Nous avons : $Z = 24$

$D_p = 60\text{mm}$

$D_p = mZ \Rightarrow m = D_p / Z \Rightarrow m = 60 / 24 = 2.5\text{mm}$

D'après le tableau (numéro de tableau) nous choisissons alors un module

$m = 2.5\text{ mm}$

II.7.3. Calcul des éléments de taillage des engrenages :

Les éléments de taillage cor- répondent aux côtes géométriques de l'engrenage, nous les résumons dans le tableau suivant :

Caractéristiques Eléments	Formule	Valeur
Module	m (mm)	2.5
Nombre de dents	Z	24
Diamètre primitif (mm)	$D_p = mZ$	60
Angle de pression (°)	A	20
Diamètre de base (mm)	$D_b = d \cos \alpha$	56.38
Hauteur de saillie (mm)	$h_a = m$	2.5
Hauteur du creux (mm)	$h_f = 1, 25m$	3.125
Diamètre de tête (mm)	$d_a = D_p + 2h_a$	65
Diamètre du pied (mm)	$d_f = D_p - 2h_f$	53.75
Diamètre extérieur (mm)	$D_e = D_p + 2m$	65
Pas primitif (mm)	$p = \pi m$	7.85

Tableau II.5 : Eléments caractéristiques des engrenages cylindriques à denture droite[10]

II.7.4. Calcul effort sur la dent F_t :

$$R = \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{D_1}{D_2} = \frac{C_1}{C_2} = \frac{V_2}{V_1}$$

$$Z_1=24 \qquad Z_2=24$$

$$D_1=60 \text{ mm} \qquad D_2=60 \text{ mm} \qquad r_1 = r_2= 0.03\text{m}$$

$$C_1=142\text{N.m}$$

$$F_t = \frac{C_1}{r_1} = \frac{142}{0.03} = 1723\text{N}$$

Donc : $F_t = 1723\text{N}$

II.8. Calcul de clavette :

II.8.1. Calcul d'une clavette rectangulaire :



Figure II. 13: Clavette rectangulaire.

Les normes donnent les valeurs de la largeur a et de la hauteur b en fonction du diamètre de l'arbre (tableau ci-dessous). Il reste à trouver la longueur l de la clavette.

d	a	b	s	j	k	d	a	b	s	j	k
de 6 à 8 inclus	2	2	0,16	d - 1,2	d + 1	58 à 65	18	11	0,6	d - 7	d + 4,4
8 à 10	3	3	0,16	d - 1,8	d + 1,4	65 à 75	20	12	0,6	d - 7,5	d + 4,9
10 à 12	4	4	0,16	d - 2,5	d + 1,8	75 à 85	22	14	1	d - 9	d + 5,4
12 à 17	5	5	0,25	d - 3	d + 2,3	85 à 95	25	14	1	d - 9	d + 5,4
17 à 22	6	6	0,25	d - 3,5	d + 2,8	95 à 110	28	16	1	d - 10	d + 6,4
22 à 30	8	7	0,25	d - 4	d + 3,3	110 à 130	32	18	1	d - 11	d + 7,4
30 à 38	10	8	0,4	d - 5	d + 3,3	130 à 150	36	20	1,6	d - 12	d + 8,4
38 à 44	12	8	0,4	d - 5	d + 3,3	150 à 170	40	22	1,6	d - 13	d + 9,4
44 à 50	14	9	0,4	d - 5,5	d + 3,8	170 à 200	45	25	1,6	d - 15	d + 10,4
50 à 58	16	10	0,6	d - 6	d + 4,3	200 à 230	50	28	1,6	d - 17	d + 11,4

Nota : L'emploi d'une clavette, sur un arbre de dimension supérieure, est possible.

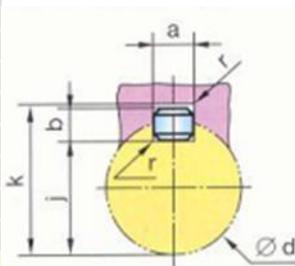


Tableau II.6 :Dimensions des clavettes normalisées. [11]

Dans notre cas d'étude on prend une clavette de 5×5×1 (a=5 ; largeur et b=5 ; hauteur).

Calcul au cisaillement :

$$\tau_{adm} = 0.58 \frac{Re}{S} = \frac{0.58 \times 750}{5}$$

$$\tau_{adm} = 85 \text{ N/mm}^2$$

$$L \geq \frac{M_t}{a \times d \times \tau_{adm}} \quad L \geq \frac{106110}{5 \times 15 \times 85} \quad L \geq 16.64$$

On prend : $L = 20 \text{ mm}$

II.9. Calculs de roulements :

II.9.1. Matière utilisée pour les roulements :

L'acier standard pour les bagues de roulement et les rondelles de butées est le 100C6, un acier contenant environ 1 % de carbone et 1,5 % de chrome.

II.9.2. Caractéristiques du roulement :

Roulement BC 20 47 14 1

BC : type de roulement rigide à billes.

$d=20\text{mm}$: diamètre intérieur du roulement.

$D=47\text{mm}$: diamètre extérieur du roulement.

$B=14\text{mm}$: largeur du roulement.

$r=1$: angle du congé.

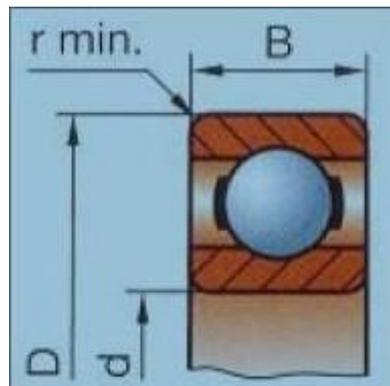


Figure II. 14: Caractéristiques du roulement. [11]

Durée de vie du roulement : La durée de vie d'un roulement est définie par le nombre de tours ou d'heures exigé, à une vitesse constante donnée, avant que le roulement ne montre les premiers signes de fatigue du matériau qui le compose En millions de tours :

$$L_{10} = \left(\frac{c}{p} \right)^n$$

Avec :

L10 = durée de vie nominale exprimée en millions de tours.

C : capacité de charge dynamique en dan.

P : charge radiale équivalente en dan.

n: 3 pour les roulements à billes.

$\frac{c}{p}$: Le rapport de charge.

Il est préférable d'exprimer la durée de vie nominale. En heures de fonctionnement.

$$L10h = \frac{c}{p} \times \frac{10^6}{60N}$$

AN:

$$L10h = \frac{12700}{378.7} \times \frac{10^6}{60 \times 80}$$

$$L10h = 7485 \text{ h}$$

$$L10 \text{ h} = 311 \text{ jours}$$

II.10. Modélisation Géométrique et numérique :

II.10.1. Définition de la CAO :

La CAO, ou Conception Assistée par Ordinateur, est un processus qui utilise des logiciels spécialisés pour créer, modifier, analyser ou optimiser des dessins techniques en 2D ou 3D. Ces logiciels sont utilisés dans de nombreux domaines, tels que l'ingénierie, l'architecture, la fabrication industrielle, la conception de produits, etc. La CAO permet aux concepteurs et aux ingénieurs de travailler de manière plus efficace en automatisant certaines tâches, en permettant une visualisation plus précise des concepts et en facilitant la communication des idées entre les membres de l'équipe.

II.10.2. Les différentes utilisations de SolidWorks :

SolidWorks est largement utilisé dans l'industrie pour la conception assistée par ordinateur (CAO). Ce logiciel permet aux ingénieurs et aux concepteurs de créer des modèles 3D précis, d'effectuer des simulations de performances et de générer des documents techniques détaillés, facilitant ainsi le processus de développement de produits.

II.10.3. Modélisation géométrique :

La modélisation géométrique des pièces du broyeur avec le logiciel SolidWorks passe par trois étapes :

- Création des pièces en model de 2D (2 Dimensions) ;
- Création des pièces en model de 3D (3 Dimensions) ;
- Assemblage des pièces.



Figure II. 15: Arbre hexagonale

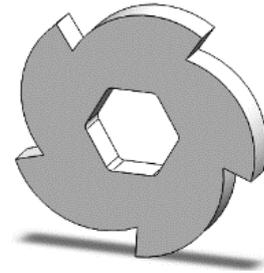


figure II. 16 :Lame

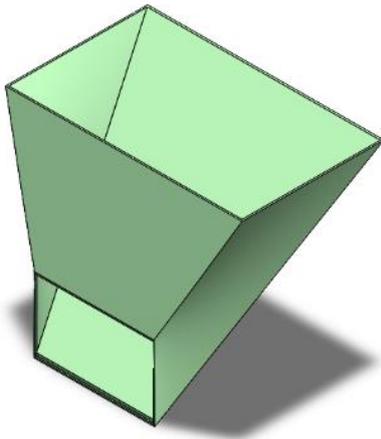


Figure II. 17: La trémie

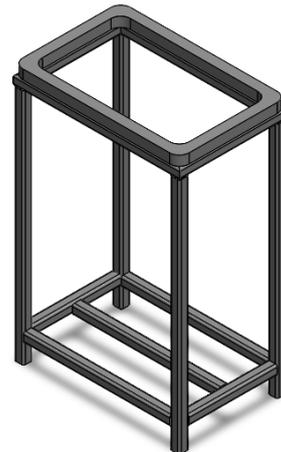


Figure II. 18: La table



Figure II. 19:Roulement

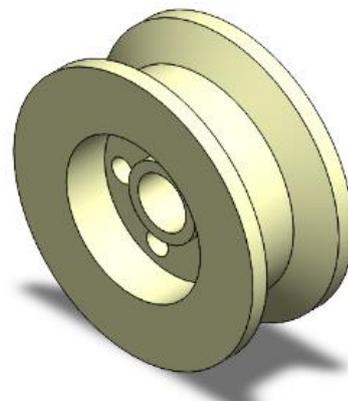


figure II. 20:Poulie motrice



Figure II. 21: Pignon

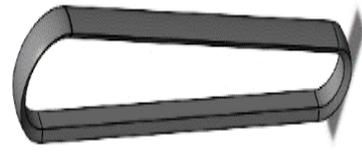


Figure II. 22: Courroie

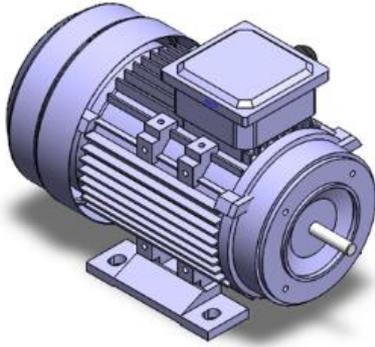


Figure II. 23: Moteur

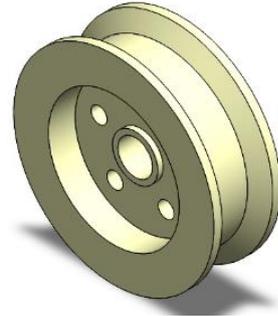


Figure II. 24: Poulie réceptrice

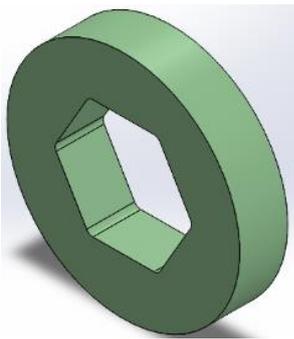


Figure II. 25: Contre lame

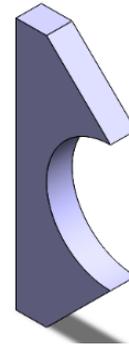


Figure II. 26: Joint de lame

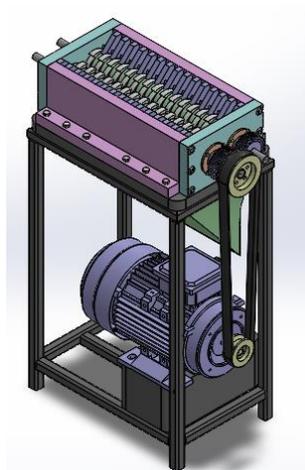
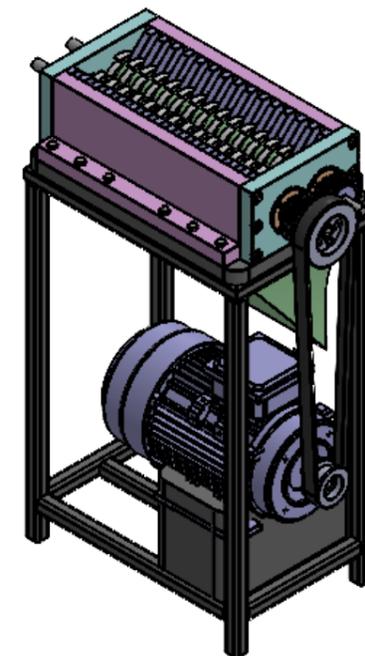
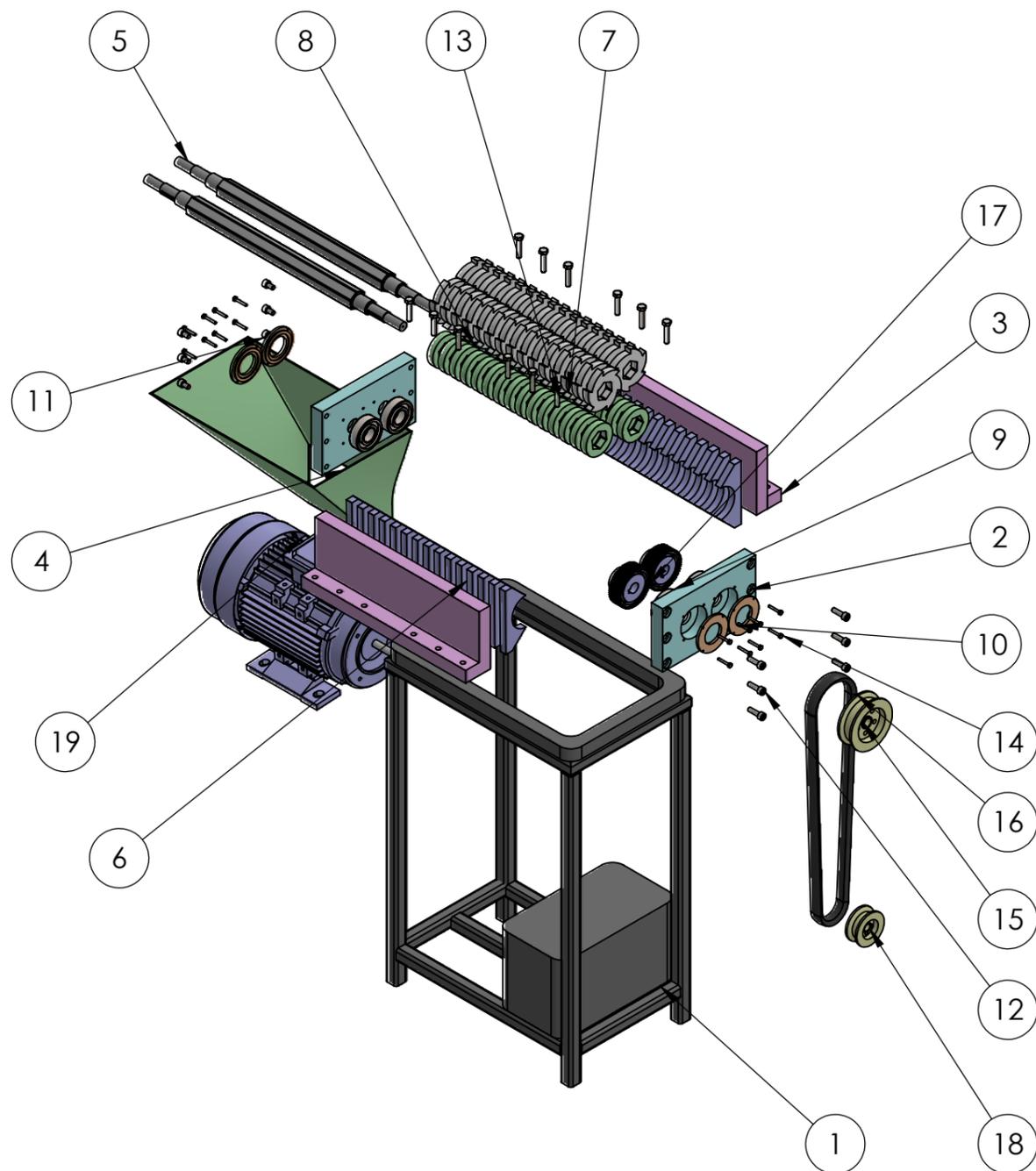


Figure II. 27: Assemblage fini du broyeur



NO. ARTICLE	NUMERO DE PIECE	MATERIAU	QTE
1	TABLE	25 CD 4	1
2	PLAQUE DE MONTAGE DU ROULEMENT	E24	2
3	PLAQUE COTE	E24	2
4	TREMIE	1060-H18	1
5	ARBRE DE FORME HEXAGONALE	XC 65	2
6	CONTRE LAME	E24	30
7	LAME DE BROYEUR	E24	30
8	JOINT LAME	E24	30
9	ROULEMENT A BILLES	100C6	4
10	COUVERCLE DE PALIER	XC 65	4
11	ISO 4762 M6 x 10 - 10N	INOX	6
12	ISO 4762 M6 x 20 - 20N	INOX	6
13	ISO 4015 - M6 x 30 x 18-N	INOX	12
14	ISO 4015 - M3 x 20 x 12-N	INOX	16
15	POULIE RECEPTRICE	FT20	1
16	COURROIE	CAOUTCHOUC	1
17	PIGNON	20 NC 2	2
18	POULIE MOTRICE	FT20	1
19	MOTEUR		1

LE 26/042024		PROJÉT FIN D'ETUDES : BROYEUR	Créer par: SADAUI F/Z LAREF AZEDDINE YOUS KHAOULA
Format:	ECHELLE:		UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA 1 FACULTE DE TECHNOLOGIE DEPARTEMENT DE MECANIQUE
A3	1:8		

II.11. Conclusion :

Ce chapitre réunit les éléments de la conception proposée de la machine de broyage, qui peut être employée pour une variété de matériaux, notamment les ferroalliages. Son utilisation est simple et dispose d'une commande électrique à vitesses variables. Ce chapitre regroupe le dessin d'ensemble et des dessins de définition des pièces composantes du broyeur

Les caractéristiques principales de la machine sont indiquées en ce qui suit :

Angle d'attaque = 4.58°

Diamètre de l'arbre 250 mm

Puissance moteur 1.5 kW ;

Poids Total de la machine 30Kg

Chapitre III:
Simulation de mécanisme

III.1 Introduction :

Pour vérifier la résistance des principaux organes, leurs dimensions et leurs matériaux, on se propose d'utiliser le logiciel SolidWorks avec la fonction de simulation.

La Simulation permet de construire une maquette virtuelle pour illustrer et valider les solutions proposées de la conception préalable de cet objet qui n'a pas encore d'existence réel.

Cette fonction est définie par les facteurs suivants :

- Les dimensions du modèle,
- Les propriétés du matériau,
- Les chargements de condition aux limites,
- Présentation des résultats

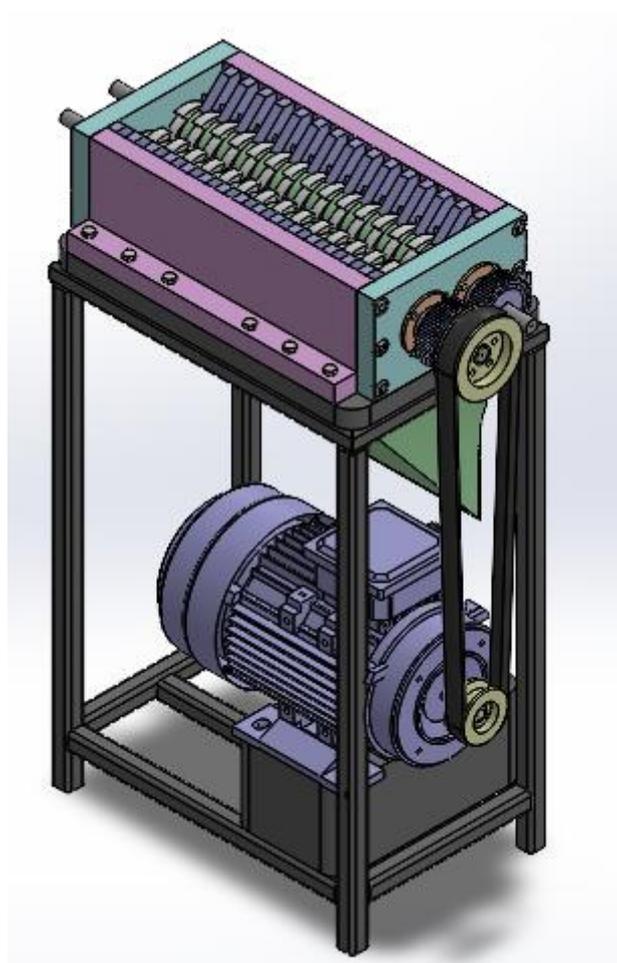


Figure III. 1: Modèle d'origine

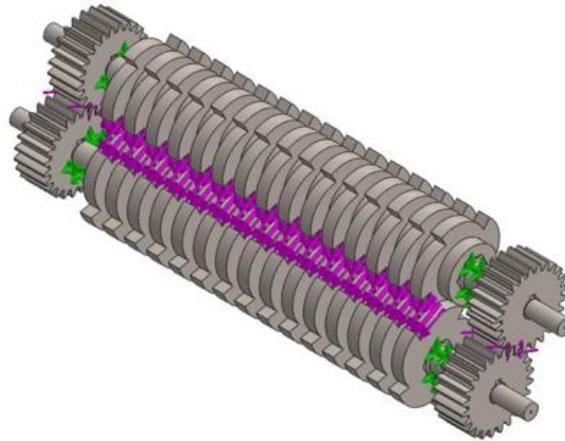


Figure III. 2: Modèle analyse

III.2. Propriétés de l'étude :

Nom d'étude	Simulation Beta
Type d'analyse	Statique
Type de maillage	Maillage volumique
Effets thermiques:	Activé(e)
Option thermique	Inclure des chargements thermiques
Température de déformation nulle	298 Kelvin
Inclure la pression du fluide calculée par SOLIDWORKS Flow Simulation	Désactivé(e)
Type de solveur	Automatique
Stress Stiffening:	Désactivé(e)
Faible raideur:	Désactivé(e)
Relaxation inertielle:	Désactivé(e)
Options de contact solidaire incompatible	Automatique
Grand déplacement	Désactivé(e)
Vérifier les forces externes	Activé(e)
Friction	Désactivé(e)
Méthode adaptative:	Désactivé(e)

Tableau III. 1:Propriétés de l'étude

III.3. Les unités :

Système d'unités:	SI (MKS)
Longueur/Déplacement	Mm
Température	Kelvin
Vitesse angulaire	Rad/sec
Pression/Contrainte	N/m ²

Tableau III. 2:Les unités

III.4. Propriétés du matériau :

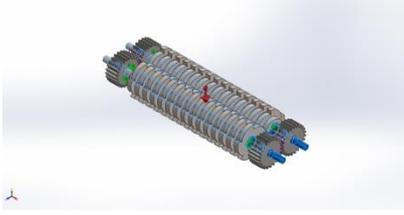
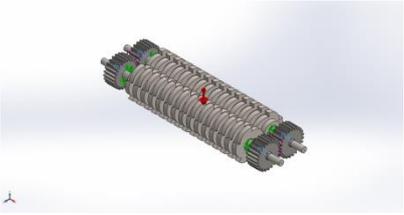
Reference du modèle	Proprieties	
	Nom: Type de modèle: Critère de ruine par défaut: Limite d'élasticité: Limite de traction: Module d'élasticité: Coefficient de Poisson: Masse volumique: Module de cisaillement: Coefficient de dilatation thermique:	Alloy Steel Linéaire élastique isotropique Inconnu 6,20422e+08 N/m² 7,23826e+08 N/m² 2,1e+11 N/m² 0,28 7 700 kg/m³ 7,9e+10 N/m² 1,3e-05 /Kelvin
	Nom: Type de modèle: Critère de ruine par défaut: Limite d'élasticité: Limite de traction: Module d'élasticité: Coefficient de Poisson: Masse volumique: Module de cisaillement: Coefficient de dilatation thermique:	Stainless Steel (ferritic) Linéaire élastique isotropique Inconnu 1,72339e+08 N/m² 5,13613e+08 N/m² 2e+11 N/m² 0,28 7 800 kg/m³ 7,7e+10 N/m² 1,1e-05 /Kelvin
	Nom: Model type: Type de modèle: Critère de ruine par défaut: Limite d'élasticité: Limite de traction: Module d'élasticité: Coefficient de Poisson: Masse volumique: Module de cisaillement: Coefficient de dilatation thermique:	1.2083 (X40Cr14) LinearElasticIsotropic Max von Mises Stress 1,2e+09 N/m² 1,5e+09 N/m² 2,1e+11 N/m² 0,28 7 740 kg/m³ 7,9e+10 N/m² 1,1e-05 /Kelvin
		

Tableau III. 3:Propriétés du matériau

III.5. Actions extérieures :

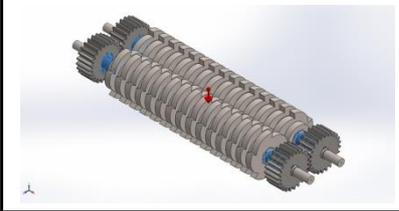
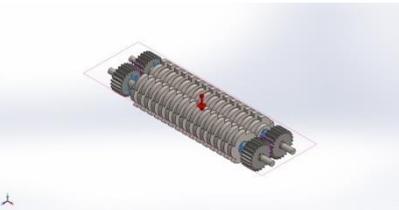
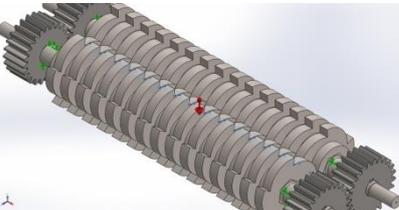
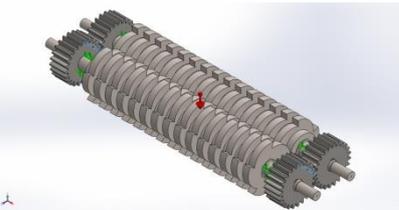
Nom du déplacement impose	Image du déplacement impose	Détails du déplacement impose		
Fixe-1		Entités: 4 face(s) Type: Géométrie fixe		
Forces resultants				
Composants	X	Y	Z	Resultants
Force de réaction(N)	-0,212801	-108 766	12 878,1	109 526
Moment de réaction(N.m)	0	0	0	0
Nom du chargement	Image du chargement	Détails du chargement		
Gravité1		Reference: Plan de dessus Values: 0 0 -9,81 Units: m/s^2		
Force-1		Entités: 30 face(s) Type: Force normale Value: 3 700 N		
Force-2		Entités: 4 face(s) Type: Force normale Value: 1 723 N		

Tableau III. 4: Action extérieures

III.6. Information sur le contact :

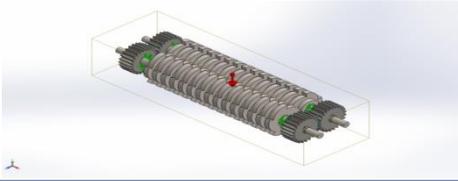
Contact	Image du contact	Propriétés contact
Interaction globale		Type: Solidaire Composants: 1 composant(s) Options: Maillage indépendant

Tableau III. 5:Information sur le contact

III.7. Maillage :

Type de maillage	Maillage volumique
Mailleur utilisé:	Maillage raccordé basé sur la courbure
Points de Jacobien pour un maillage de qualité élevée	16 Points
Taille d'élément maximum	29,9987 mm
Taille d'élément minimum	1,49993 mm
Qualité de maillage	Haute
Remailler les pièces en échec indépendamment	Désactivé(e)

Tableau III. 6:Information sur le maillage

III.8. Forces résultants :

Forces de réaction :

Ensemble de sélections	Unités	Somme X	Somme Y	Somme Z	Résultant
Modèle entier	N	-0,212801	-108 766	12 878,1	109 526

Tableau III. 7:Forces de réaction

Moments de réaction :

Ensemble de sélections	Unités	Somme X	Somme Y	Somme Z	Résultante
Modèle entier	N.m	0	0	0	0

Tableau III. 8:Moments de réaction

Forces de corps libre :

Ensemble de sélections	Unités	Somme X	Somme Y	Somme Z	Résultante
Modèle entier	N	3,81432	107,541	-16,8189	108,915

Tableau III. 9:Forces de corps libre

Moments externes :

Ensemble de sélections	Unités	Somme X	Somme Y	Somme Z	Résultante
Modèle entier	N.m	0	0	0	1e-33

Tableau III. 10:Moments externes

III.9 Résultats de l'étude :

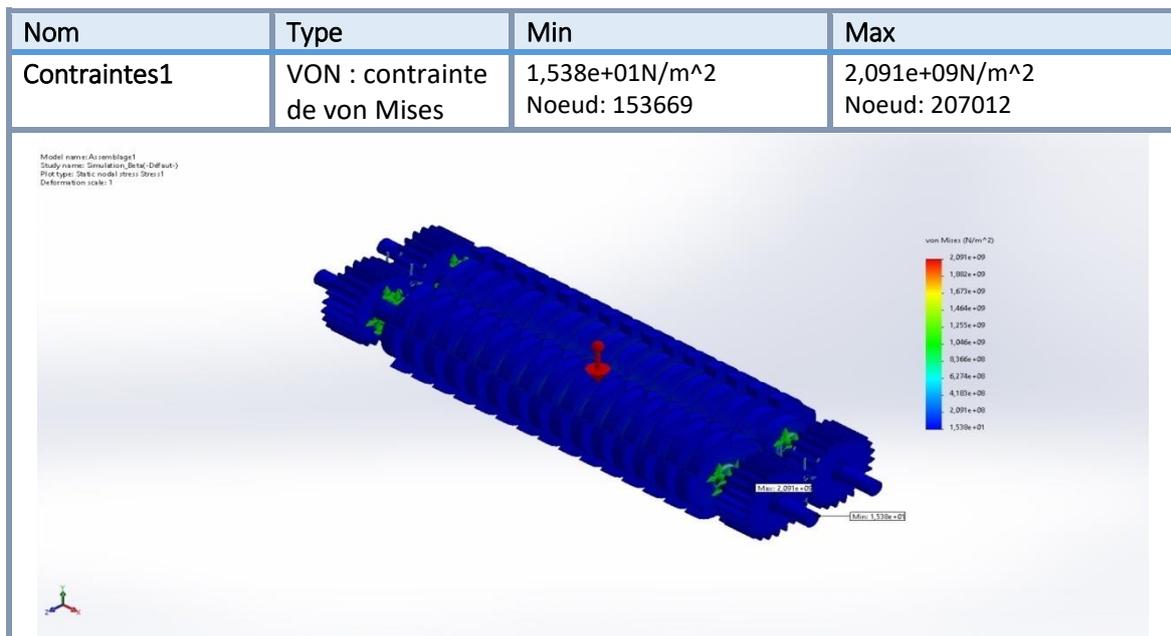


Figure III. 3: Contraint équivalente

Pour les résultats de la simulation La contrainte max est inférieure a la limite élastique donc notre sous ensemble est suffisamment rigide

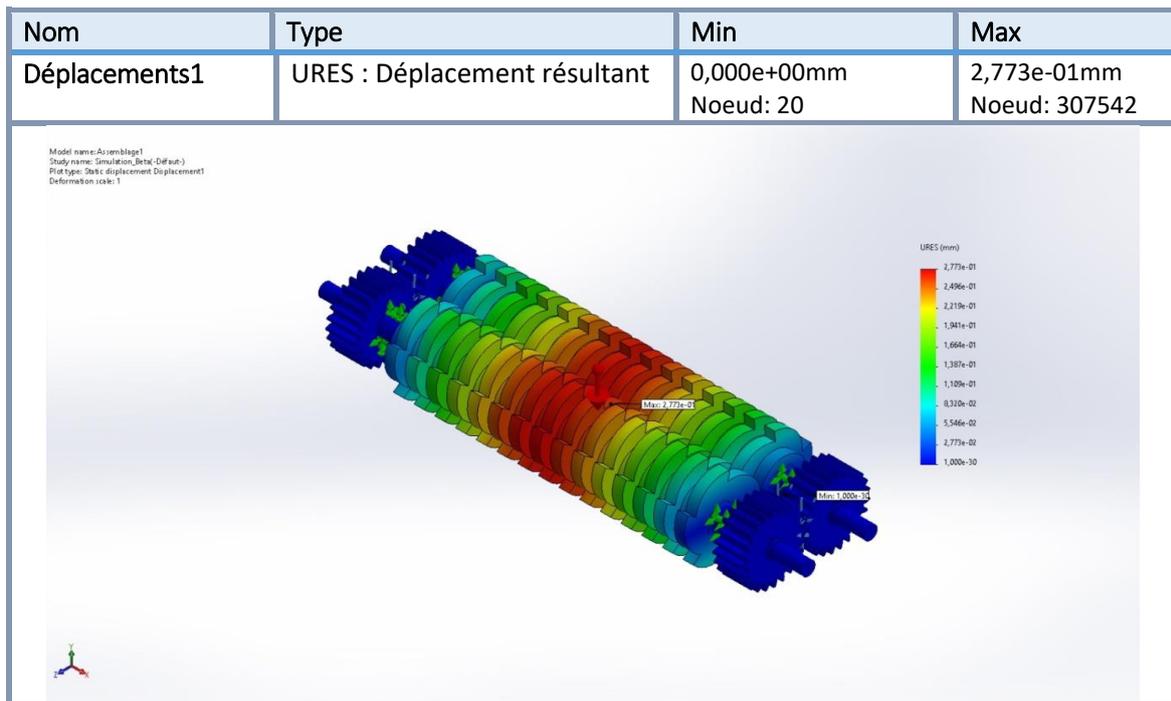


Figure III. 4: Déplacement résultant

On remarque un risque de flèche essentiellement au milieu de l'ensemble, ceci est due aux forces exercées dans cette zone cumulent (orientation des dents ver le centre)

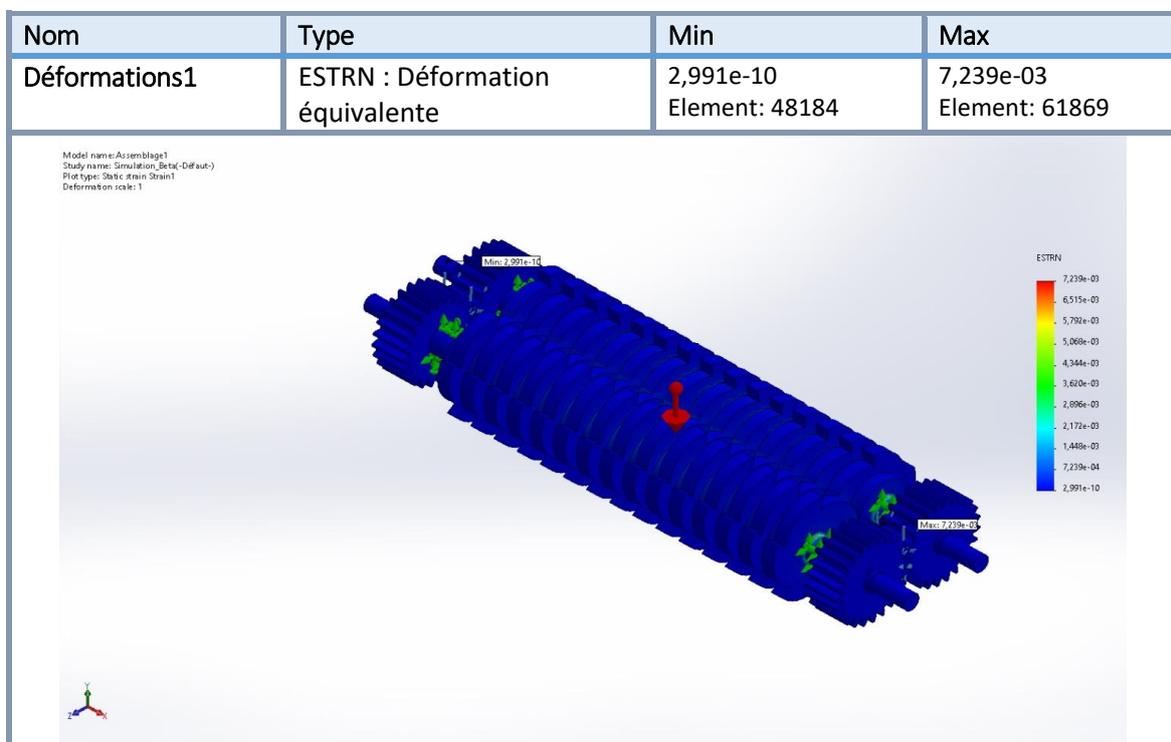


Figure III. 5: Déformation équivalente

III.10 Conclusion :

De ce chapitre, on conclut que les résultats obtenus montrent que les dimensions et le matériau choisis peuvent assurer le bon fonctionnement de la machine.

Les résultats cités ci-dessous montrant aussi que la résistance des principaux organes a été respectée.

Aussi, ces calculs ont été basés sur les dimensions du modèle, les propriétés du matériau et les chargements de condition aux limites.

Au milieu de nos arbres la déformation actuelle est trop importante, pour y remédier, nous proposons l'ajout d'une autre plaque au centre équipée de roulements, afin de prévenir cette déformation

Chapitre IV :
Réalisation

IV.1 Introduction :

La réalisation de diverses pièces de ce broyeur était faite au niveau de département de Génie mécanique de l'université SAAD DAHLEB Blida 1 ; Dans ce chapitre nous avons présenté les étapes de la fabrication de ce dernier.

IV.2. Matériels utilisés :

• LISTE DES MATIERES :

Désignation	Rep	Nuance	Longueur	Largeur	Qte	Poids (Kg)
TOLE LAC EP 20 mm	3	S235J	300mm	100mm	2	8.5 kg
TOLE LAC EP 20 mm	2	S235J	170mm	100mm	2	5 kg
BARRE HEXAGONALE D=25mm	5		500mm		2	4 kg
TUBE 25*40	1	E24	220mm		4	400g
TUBE 25*40	1	E24	300mm		5	500g
TUBE 25*40	1	E24	700 mm		4	400g
TOLE LAC EP 10 mm	6		1000mm	200mm	1	1kg
TOLE LAC EP 10 mm	7 8		700mm	200mm	2	2kg
TOLE LAC EP 1mm	4		1900mm	400mm	1	200g
Totale (kg)						30kg

Tableau IV. 1:Tableau des matières

• LISTE D'ACCECOIRES :

Désignation	Qte
BOULON M6*10	12
BOULON M6*30*18	12
BOULON M3*20*12	16
MOTEUR	1
COUVERCLE DE PALIER	4
COURROIE	2
PIGNON	4
ROULEMENT A BILLES	4

Tableau IV. 2:Tableau d'accessoires

IV.3 Matériels utilisé :

Au long de ce projet nous avons utilisé des différentes machines dans les ateliers (soudage et usinage) de notre département on cite :

- **La meule** : pour rectifier les surfaces des pièces



Figure IV. 1 : Toret a meuler

- **Machine cnc découpage laser** : pour le découpage des pièces



Figure IV. 2:Machine de découpage laser (ACCURL)

- **L'ébavureuse** : pour la d'ébavurassions des pièces



Figure IV. 3:L'ébavureuse

- **La cisaille guillotine** : pour découper les tôles



Figure IV. 4:La cisaille guillotine

- **La perceuse** : Pour effectuer les différents trous.



Figure IV. 5:Perceuse

- **La scie mécanique** : pour couper des matériaux



Figure IV. 6:Scie mécanique

- **Fraiseuse conventionnelle** : Pour réaliser la rainure de clavette sur les arbres intermédiaires.



Figure IV. 7:Fraiseuse conventionnelle

- **Tour conventionnelle** : pour dressage et chariotage des arbres intermédiaire et l'axe de rotation



Figure IV. 8:Tour conventionnelle

- **Poste à souder** : allier entre elles des pièces dont le matériau est soit du fer, de l'inox ou de l'aluminium



Figure IV. 9:Poste à souder

- **Soudeur par point** : utilisée pour assembler les tôles entre elles,



Figure IV. 10: Soudeur par point

- **L'étai** : est un outil qui permet la « mise en position » et le « maintien en position » (serrage) d'une pièce.



Figure IV. 11:L'étai

- **Tronçonneuse** : pour découper les matériaux utilisés.



Figure IV. 12:Tronçonneuse

- **Caisse à outils** : est un accessoire permettant de stocker et de transporter des outils.



Figure IV. 13:Caisse à outils

- **Pieuse de tôle** : Pour avoir la forme souhaitée des pièces fabriquée avec des tôles.



Figure IV. 14:Pieuse de tôle

Et pour la sécurité on met un casque, les gants, tablier et les lunettes de sécurités



Figure IV. 15:Equipements de protection individuelle (EPI)

IV.4 étapes de réalisation :

IV.4.1. Usinage :

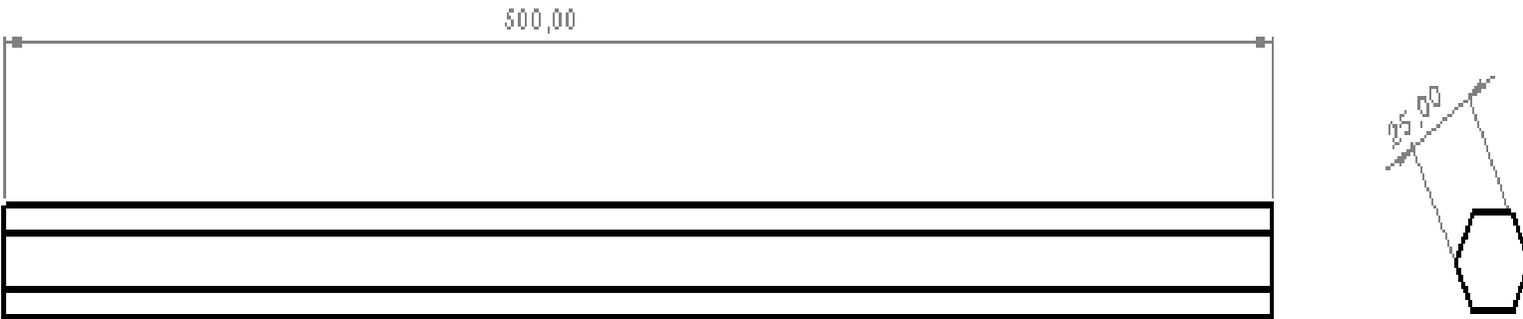
- **Les arbres hexagonaux :**

- Débitage : nous avons découpée par une scie mécanique
- Tournage : pour réaliser les opérations nécessaires de la pièce
- Fraisages : pour faire une rainure de clavette



Figure IV. 16:Processus de réalisation d'un arbre

Nous avons réalisé nos arbres en respectant la gamme d'usinage suivante :

phase100	Pièce : Arbre Hexagonale			Date: 2024				
	Qte:2			Nom: Sadaoui/laref/yous				
	Matière: XC 65			Brut: Barre Hexagonale				
Désignation: Atelier d'usinage				Machine: scie à ruban métaux				
N°	Opérations	Outils	Paramètres de coupe					
			Vc	n	A	F	AP	
111	Découpage	Scie à ruban						
								
Phase 200	Pièce:ArbreHexagonale			Date: 2024				
	Qte:2			Nom: Sadaoui/laref/yous				
	Matière: XC 65			Brut: Baar Hexagonale				
Désignation: Atelier d'usinage				Machine: Tour Conventionnel				
N°	Opérations	Outils	Paramètres de coupe					
			Vc	N	F	AP		

210	Dressage de A en ébauche	Outil de chariotage et dressage	20m/min	255 tr/min	0.1 mm/tr	2 mm
210	Dressage de A en finition		40m/min	509 tr/min	0.05 mm/tr	0.3 mm
211	Charioter en ébauche la surface D		20m/min	255 tr/min	0.1 mm/tr	2 mm
211	charioter en demi-finition la surface D		20m/min	255 tr/min	0.1 mm/tr	2 mm
211	charioter en finition la surface D		40m/min	509 tr/min	0.05 mm/tr	0.3 mm
212	Charioter en demi-finition la surface c		20m/min	255 tr/min	0.1 mm/tr	2 mm
212	Charioter en finition la surface c		40m/min	509 tr/min	0.05 mm/tr	0.3 mm

213	Charioter en demi-finition la surface B
213	Charioter en finition la surface B
220	Dressage de E en ébauche
220	Dressage de E en finition
221	charioter en ébauche la surface H
221	charioter en demi-finition la surface H
221	charioter en finition la surface H

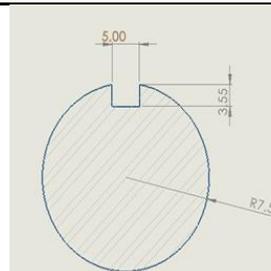
20m/min	255 tr/min	0.1 mm/tr	2 mm
40m/min	509 tr/min	0.05 mm/tr	0.3 mm
20m/min	255 tr/min	0.1 mm/tr	2 mm
20m/min	255 tr/min	0.05 mm/tr	0.3 mm
20m/min	255 tr/min	0.1 mm/tr	2 mm
20m/min	255 tr/min	0.1 mm/tr	2 mm
40m/min	509 tr/min	0.05 mm/tr	0.3 mm

222	Charioter en demi-finition la surface G		20m/min	255 tr/min	0.1 mm/tr	2 mm
222	Charioter en finition la surface G		40m/min	509 tr/min	0.05 mm/tr	0.3 mm
223	Charioter en demi-finition la surface F		20m/min	255 tr/min	0.1 mm/tr	2 mm
223	Charioter en finition la surface F		40m/min	509 tr/min	0.05 mm/tr	0.3 mm



phase 300	Pièce: Arbre Hexagonal	Date: 2024
	Qte: 2	Nom: sadaoui/yous/laref
	Matière: XC 65	Brut: Bare Hexagonal
Designation: Atelier d'usinage		Machine: FRAISE

N°300	Operations	Outils	Parameters de coupe			
			Vc	N	Fz	Ap
310	Pointage	Foret a centré R2.5mm	50 m/min	3184 tr/min	0.075 mm/dents	3mm
320	Rainurage	Fraise cylindrique D=5mm	50 m/min	3184 tr/min	0.0375 mm/dents	1.5mm



- **Plaques de montage :**

La matière première a été obtenue auprès de la société de construction métallique CR METAL BLIDA.

- DEBITAGE : La plaque découpée par la machine HPC 50
 - USINAGE : La première étape est surfaçage de la surface dans la fraiseuse. Puis le tour nous avons la fixation la pièce dans le mandrin 4 mors raison la forme rectangulaire. Les opérations sont les suivant : perçage ($\Phi=20\text{mm}$), alésage ($\Phi=47\text{mm}$; $p=14\text{mm}$)
- Finalement, le perçage des trous pour le montage dans la perceuse.



Figure IV. 17:Découpage et perçage de la pièce



Figure IV. 18:Plaques de montage

- **Plaques de fixation :**

La matière première a été obtenue auprès de la société de construction métallique CR METAL BLIDA

Surfaçage de la surface dans la fraiseuse, ensuite nous avons soude la plaque avec une autre plaque pour l'assemblage avec la table. Puis faire des trous pour l'assemblage avec la table.



Figure IV. 19:Traçage et découpage des plaques



Figure IV. 20:Soudage et perçage des plaques

- **Les pignons :**

Pour les engrenages, nous avons sélectionné des modèles correspondants dans le laboratoire du moteur de département de mécanique. Nous avons constaté un diamètre légèrement supérieur à nos calculs, ce que nous avons résolu en procédant à un ajout par soudage et perçage dans le tour, puis faire une rainure de clavette.



Figure IV. 21:Réalisation des pignons

- **Les lames, contre-lames et joints de lame :**

Afin de fabriquer les principales pièces du broyeur, nous avons dû frapper aux portes d'entreprises de fabrication de machines agricoles car elles disposent d'une machine de découpe laser.

Parmi les exigences de la machine de découpe laser, nous avons téléchargé le schéma des pièces (les lame, séparations, contre lame) et l'avons envoyé dans sa boîte d'information. Immédiatement après, le processus de découpe régulier a commencé. Une fois le processus de découpe terminé, les pièces sont transférées vers une autre machine pour être nettoyées des impuretés.

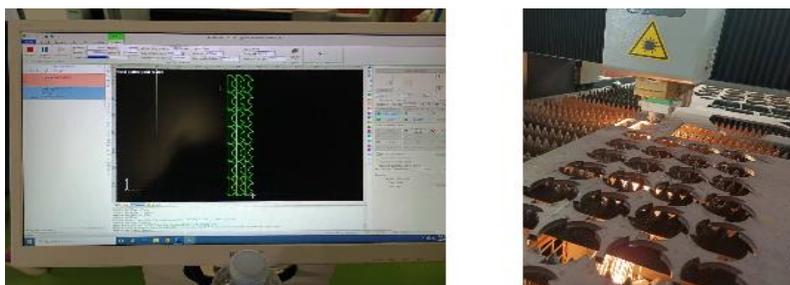


Figure IV. 22:Découpage laser



Figure IV. 23: Insérés le programme et découpé



Figure IV. 24: Mesure et contrôle des pièces



Figure IV. 25: Ebavurassions des pièces



Figure IV. 26: Emballage des pièces

IV.4.2. Chaudronnerie :

- **La table :**

Au début, nous découpons le profilé en morceaux selon les dimensions nécessaires à l'aide d'une scie électrique. Ensuite, nous l'assemblons par soudage.



Figure IV. 27: Traçage et découpage les poutres



Figure IV. 28: Soudage de la structure



Figure IV. 29:Finition de la table

- **La trémie :**

- Trémie inférieure :

1. Découpe de tôle d'épaisseur 1mm avec une scie électrique.
2. Pour obtenir la forme souhaitée, la tôle doit être pliée dans des plieuses.
3. Il est collecté par soudage par points.

- Trémie d'entrée :

1. Couper une tôle de 3 mm d'épaisseur à la guillotine
2. plié deux côtés de la trémie
3. assemblé les quatre côtés de la trémie à l'aide de rivets.



Figure IV. 30:Découpage et pliage de la tôle



Figure IV. 31:Trémie

- **Moteur :** Nous avons sélectionné un modèle correspondant pris d'une machine en panne dans l'atelier d'usinage de département de mécanique après avoir changé la valeur de l'électricité (de 380 V à 220 V).



Figure IV. 32:Récupération du moteur

IV.5. Illustration de broyeur :



Figure IV. 33:Pièces du broyeur désassemblée

Nous avons assemblée notre broyeur par les boulons



Figure IV. 34:Assemblage des pièces

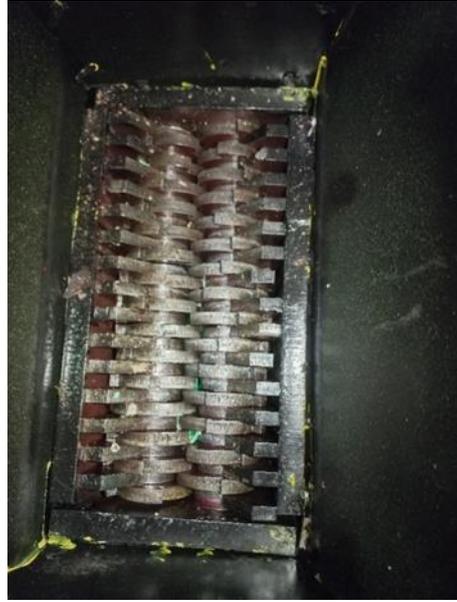


Figure IV. 35:Broyeur finie

IV.6. Conclusion :

Pour la fabrication d'un broyeur destiné au recyclage des plastiques, nous avons conçu et fabriqué chaque pièce selon des méthodes spécifiques. Les résultats obtenus sont en parfaite concordance avec nos calculs et notre conception réalisée à l'aide du logiciel SolidWorks. Après avoir strictement suivi notre gamme d'usinage et assemblé les pièces produites, le fonctionnement de notre machine est optimal.

Nous avons l'intention d'améliorer les performances de notre machine en effectuant un traitement de durcissement sur les lames, mais des contraintes de temps ont entravé cette démarche.

L'utilisation de notre broyeur peut contribuer efficacement au recyclage des plastiques. Par exemple, nous envisageons d'utiliser une méthode de refroidissement profond avec l'ajout d'azote pour durcir le polymère, puis de le déchiqeter dans notre machine. Ensuite, nous appliquerons une colle spéciale et de la peinture, suivies de la mise en moule selon des paramètres spécifiques, afin d'obtenir la matière recyclée prête à être utilisée dans divers domaines.

De plus, nous avons l'intention de mener une étude approfondie visant à ramener notre polymère à son état initial, en tant que matière première, pour son utilisation dans divers secteurs industriels, mais Les contraintes temporelles n'ont pas été favorables.

Conclusion générale

Cette étude représente une avancée significative dans la gestion environnementale en se concentrant sur le recyclage des déchets non dégradables.

Elle a permis d'approfondir nos connaissances en conception et fabrication mécanique.

Pour élaborer le broyeur, nous avons dû effectuer divers calculs portant sur ses performances et la résistance des matériaux.

La construction de la machine, conforme aux résultats obtenus, valide notre étude. Les simulations et les calculs directement réalisés ont donné des résultats satisfaisants, répondant aux contraintes et validant ainsi les choix de dimensionnement et de matériaux.

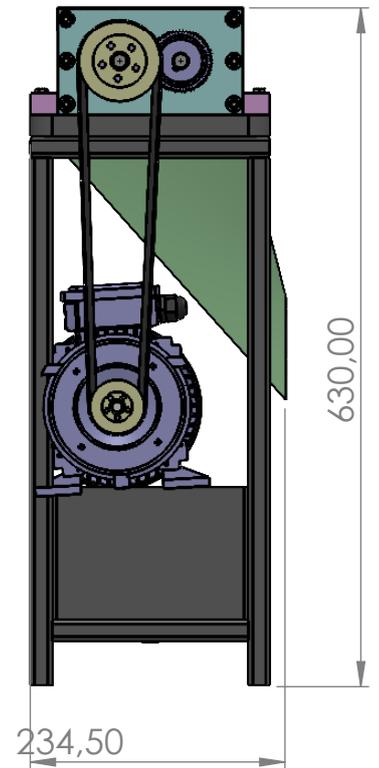
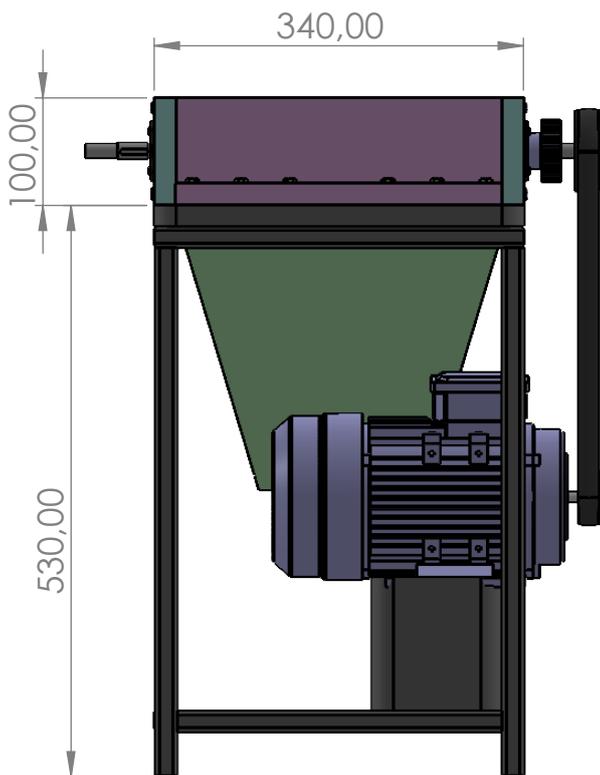
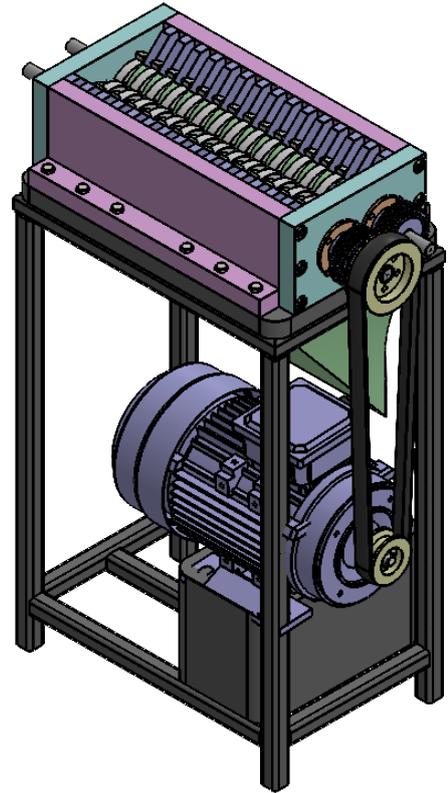
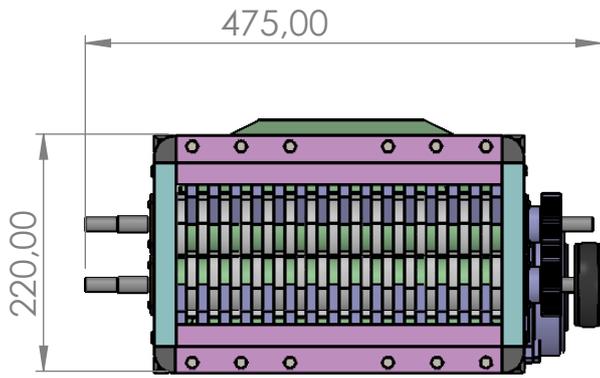
De plus, ce projet nous a offert l'opportunité de mettre en pratique les connaissances acquises dans différents domaines tels que la construction et la fabrication mécanique, le calcul et le dimensionnement, la simulation des comportements mécaniques, ainsi que le choix et la sélection des matériaux.

Il a également été une occasion d'approfondir nos connaissances techniques, notamment dans le domaine du recyclage, en particulier celui des plastiques.

Bibliographie

- [1] « L'introduction de la notion de recyclage ». *tp.demain*, <https://tpdemain.com/module/lintroduction-de-la-notion-de-recyclage/>. Consulté le 7 avril 2024
- [2] gokhyo, "1." Accessed: Sep. 15, 2013. [Online]. Available: <https://lesjoyeuxrecycleurs.com/lexique/recyclage/#:~:text=Le recyclage est un processus,d'assurer une production durable.>
- [3] Sophie DUQUESNE, "2." [Online]. Available: <https://new.societechimiquedefrance.fr/wp-content/uploads/2021/03/2020-2021-456-457-458-duquesne-hd.pdf#:~:text=Le recyclage chimique est un,on parle alors de dépolymérisation>
- [4] "11." [Online]. Available: <https://www.rocdacier.com/classification-metaux/>
- [5] Catalogue de dimotor , triphasés asynchrones,IE1-SERIE MS
- [6] "9." [Online]. Available: <https://www.wegfrance.news/variateur-composition-fonctionnement-et-role/>
- [7] BELABED Noui" Conception d'un broyeur à double rouleaux dentés Pour ferro-alliages". Mémoire Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master. Université Badji Mokhtar-Annaba. 2020/2021
- [8] MAHFOUD Mouna. "Dimensionnement et conception d'un broyeur à lames pour le recyclage du plastique". Mémoire de Projet de Fin d'Études École Nationale Polytechnique d'Alger.2020.
- [9] LARABI ALI et SAOUDI ACHOUR. "Etude et conception et fabrication d'un broyeur végétal". Mémoire de fin d'études, université de Tizi-Ouzou. 2020.
- [10] "14." [Online]. Available: <https://www.btscpinogentsuroise.fr/les-engrenages/engrenages-à-denture-hélicoïdale/>
- [11] CHEVALIER, André. Guide du dessinateur industriel. Édition Hachette Technique. Paris. France. 2004.
- [12] H. Longeot et L. Jourdan, Construction Industrielle. DUNOD, Paris, 1982.

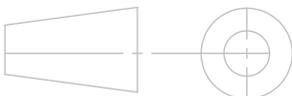
Annexe



LE 26/04/2024

PROJET FIN D'ETUDES
BROYEUR

Créer par:
SADAoui F/Z LAEF AZEDDINE
YOUS KHAOULA



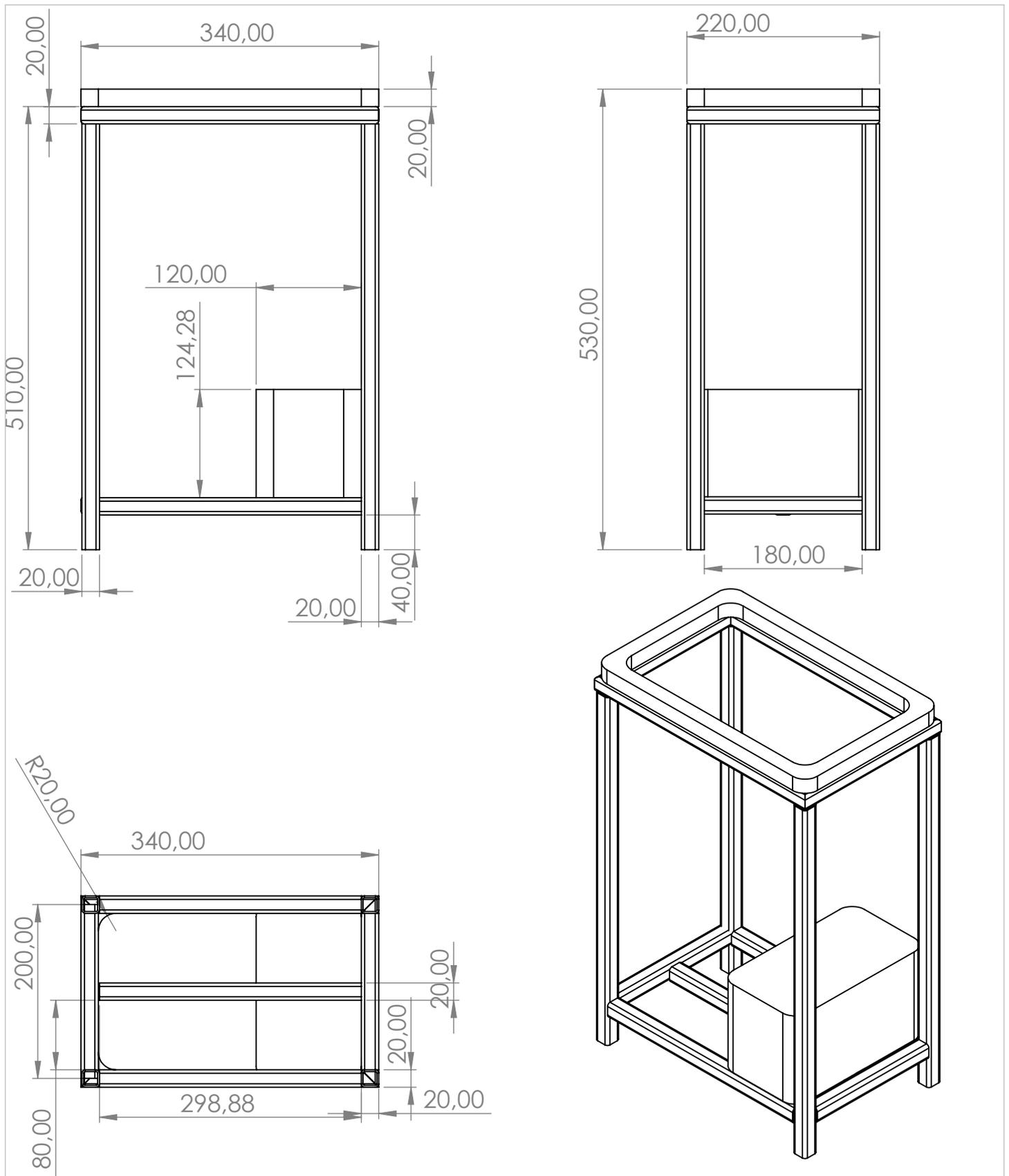
A4

Assemblage

Ech:
1:8



UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA 1
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE MECANIQUE

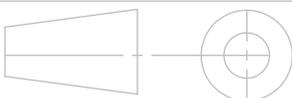


Matériau : 25 CD 4

PROJET FIN D'ETUDE:
BROYEUR

Créer par:
SADAoui F/Z LAREF AZEDDINE
YOUS KHAOULA

LE 26/04/2024



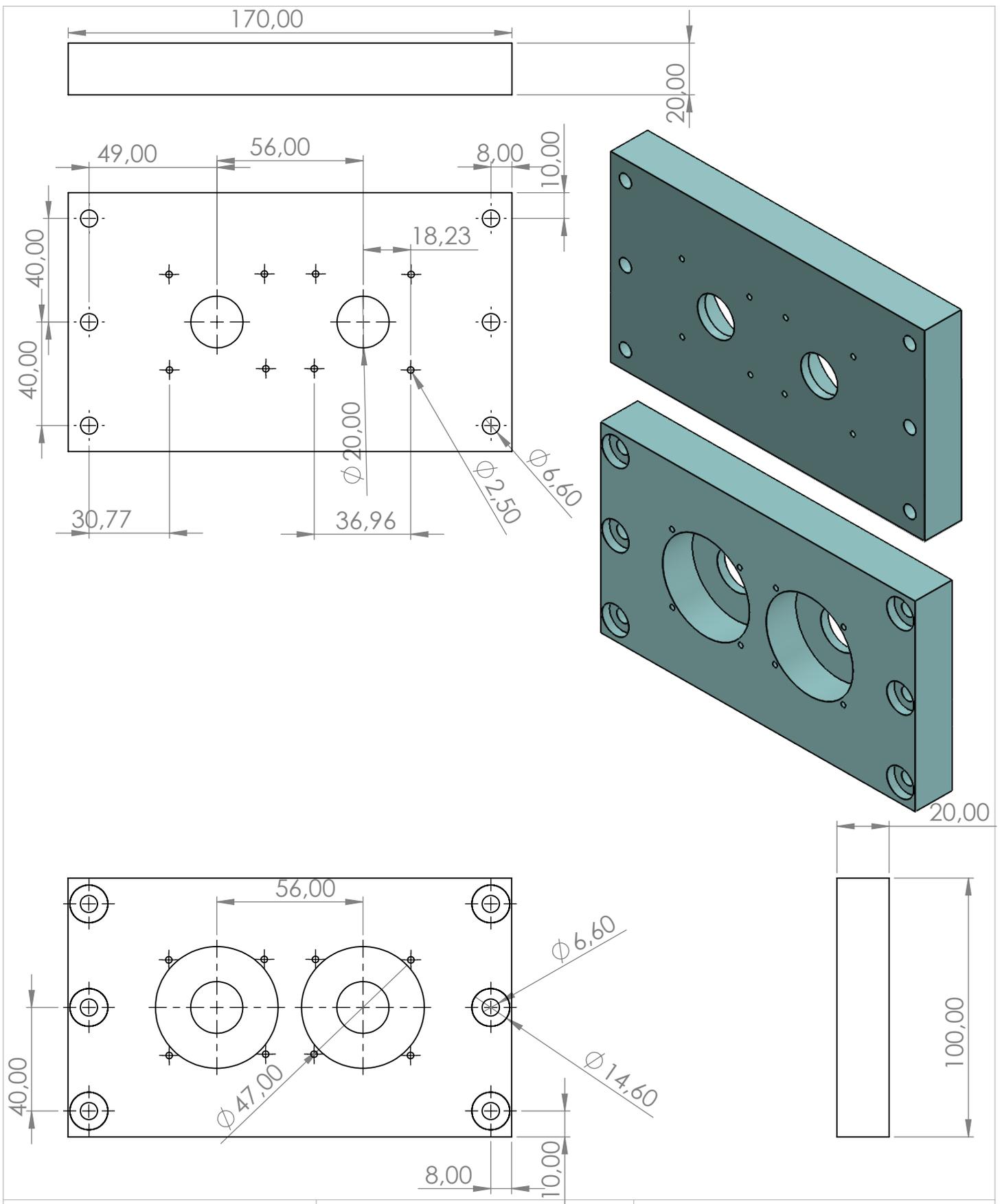
A4

REP:
01

Ech:
1:6



UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA 1
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE MECANIQUE

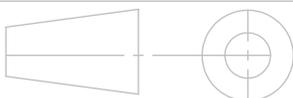


Matériau : XC 65

PROJET FIN D'ETUDES:
BROYEUR

Créer par:
SADAoui F/Z LAREF AZEDDINE
YOUS KHAOULA

LE 26/04/2024



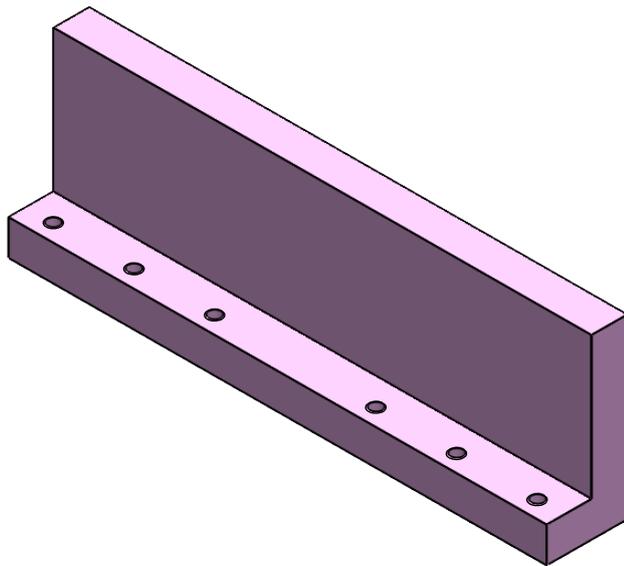
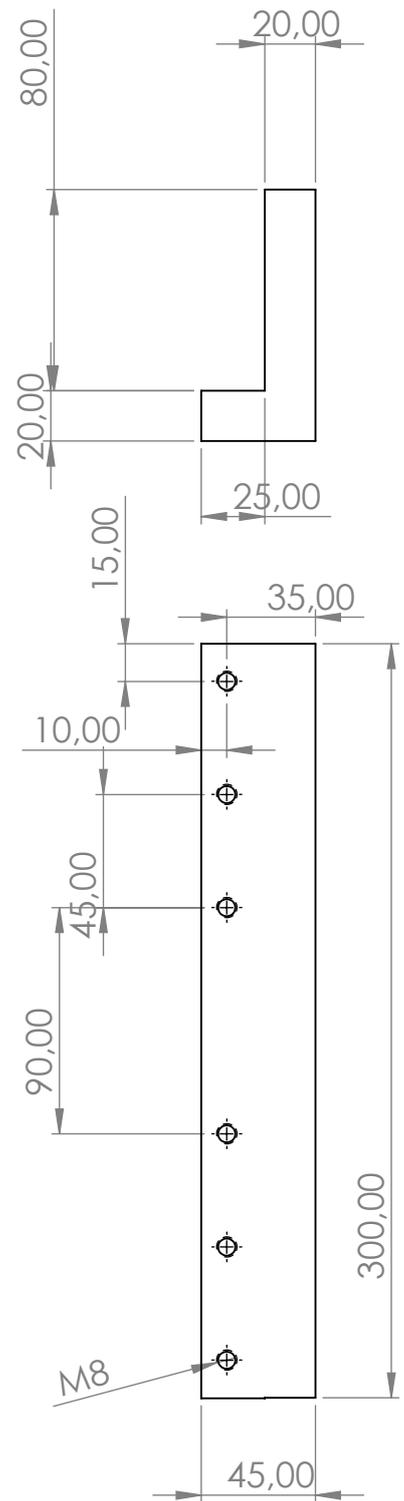
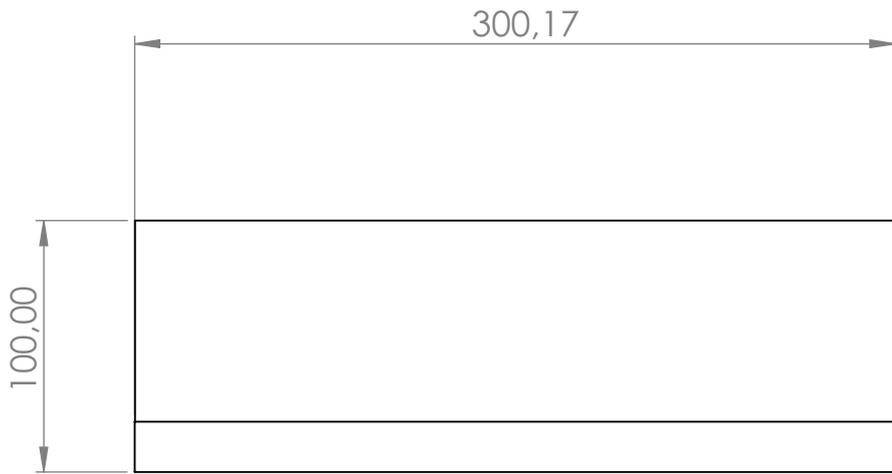
A4

REP:
02

Ech:
1:2



UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA 1
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE MECANIQUE

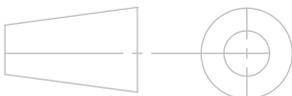


Matériau : XC 65

PROJET FIN D'ETUDES:
BROYEUR

Créer par:
SADAoui F/Z LAREF AZEDDINE
YOUS KHAOULA

LE 26/04/2024



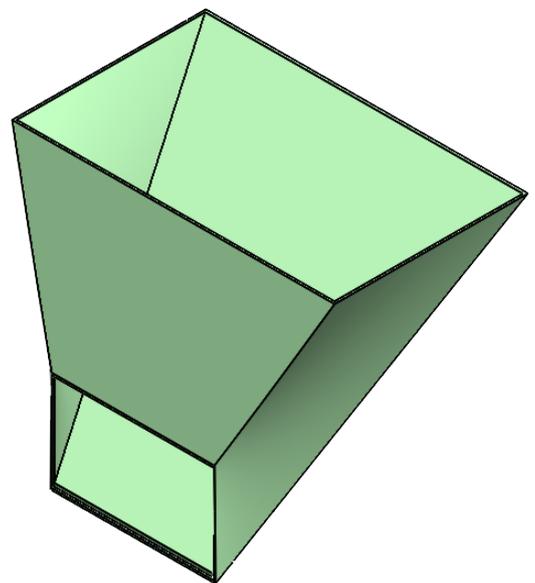
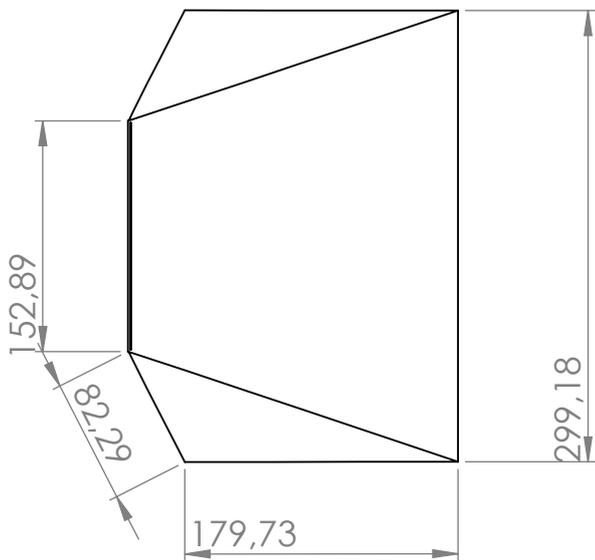
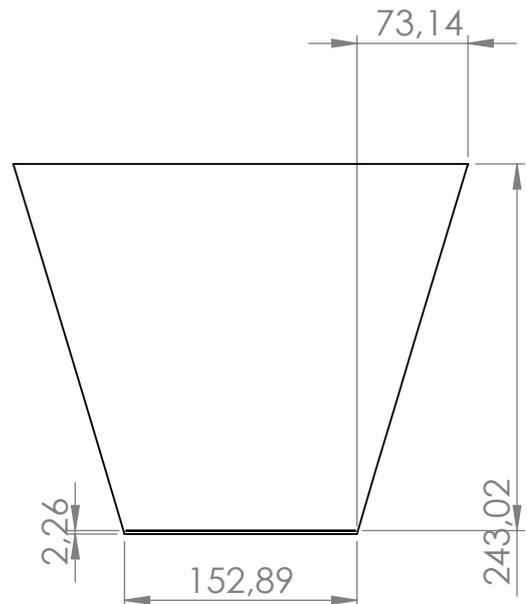
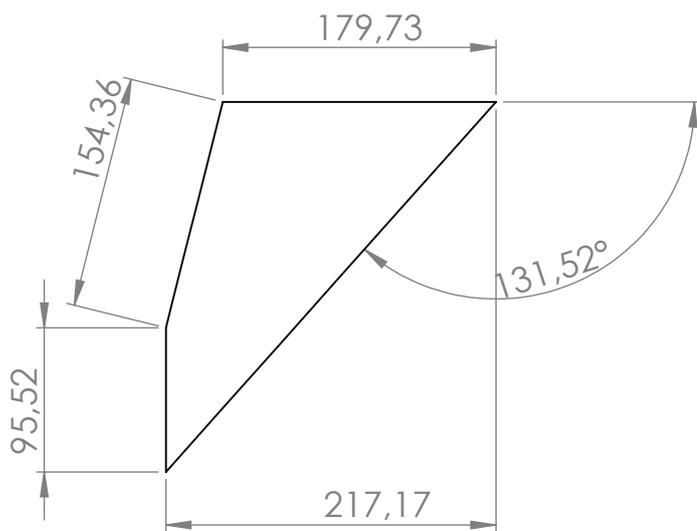
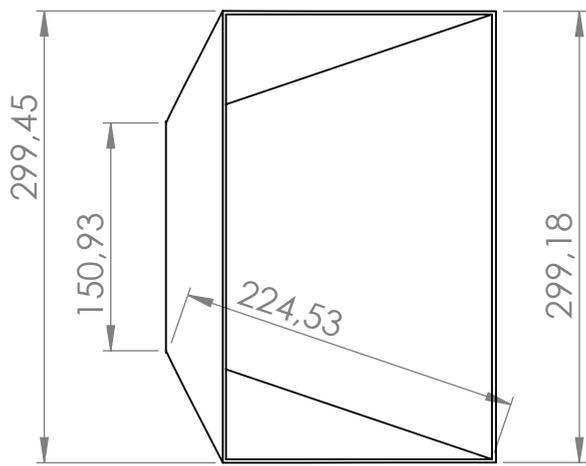
A4

REP:
03

Ech:
1:3



UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA 1
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE MECANIQUE

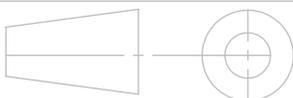


Matériau : 1060-H18

PROJET FIN D'ETUDES:
BROYEUR

Créer par:
SADAoui F/Z LAREF AZEDDINE
YOUS KHAOULA

LE 26/04/2024

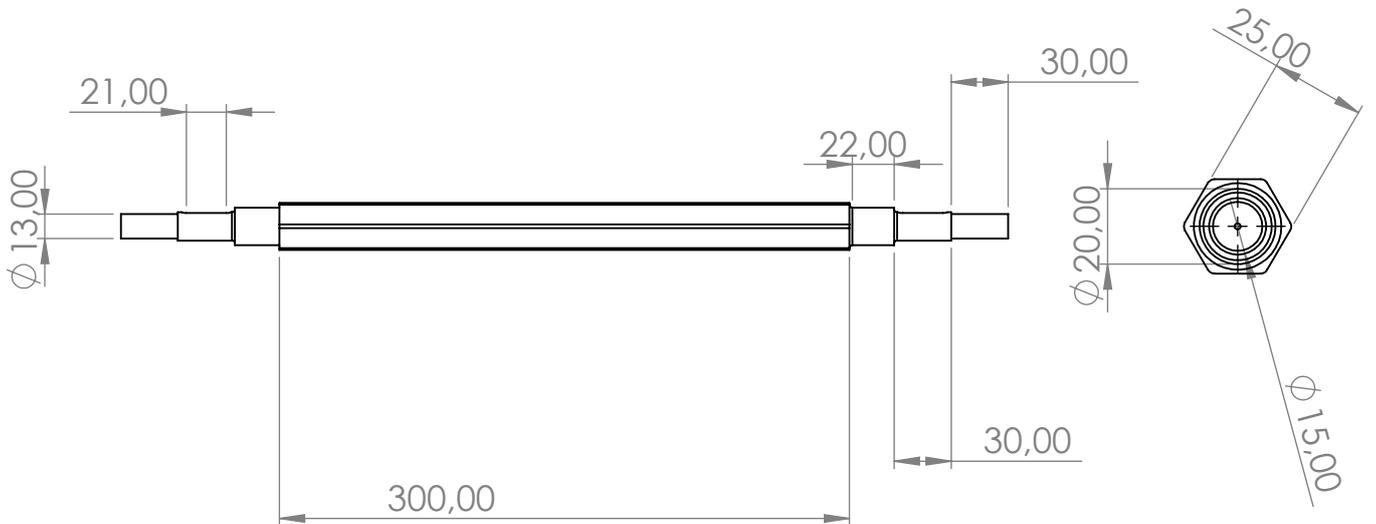
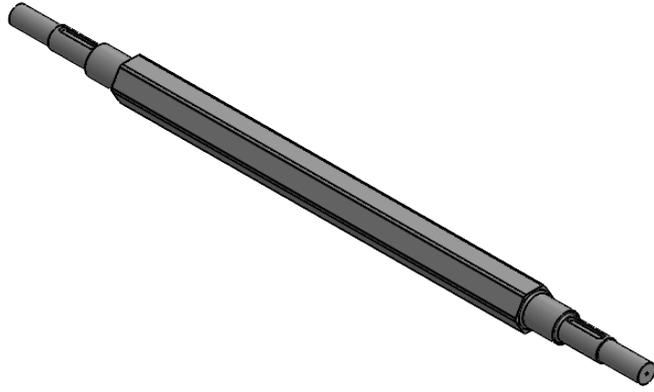


UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA 1
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE MECANIQUE

A4

REP:
4

Ech:
1:5

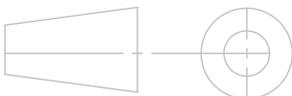


Matériau : XC 65

PROJET FIN D'ETUDES:
BROYEUR

Créer par: LAREF AZEDDINE
SADAOUI F/Z YOUS KHAOULA

LE 26/04/2024



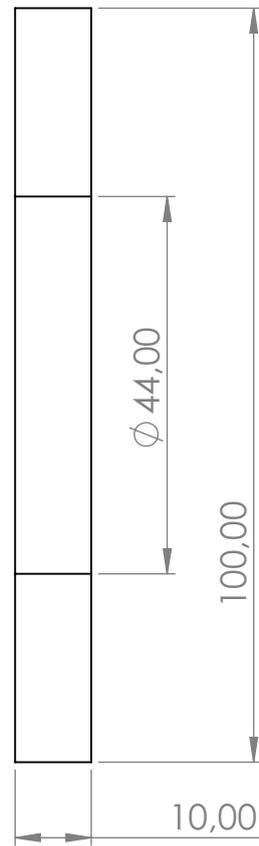
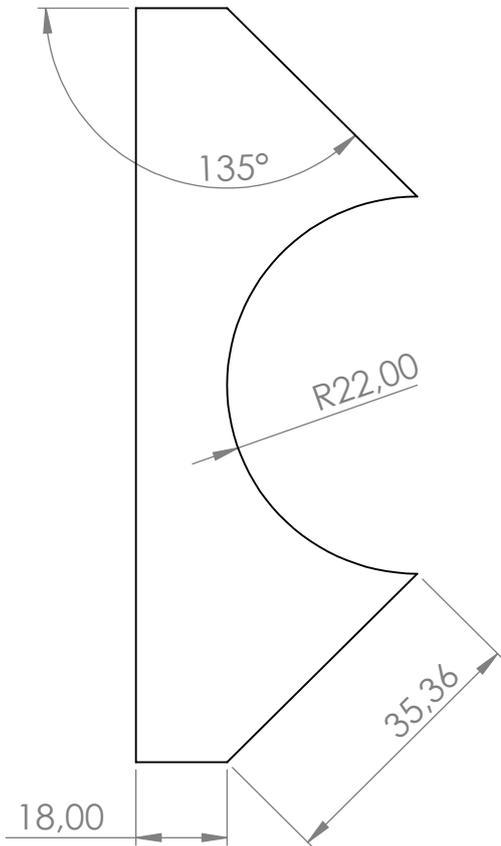
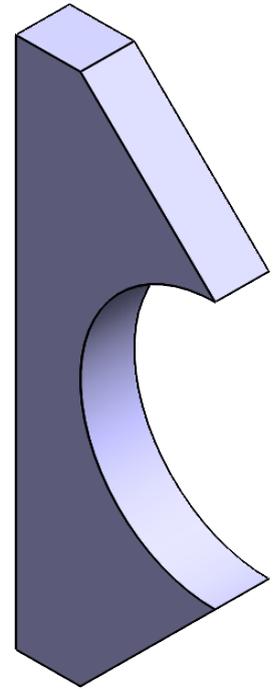
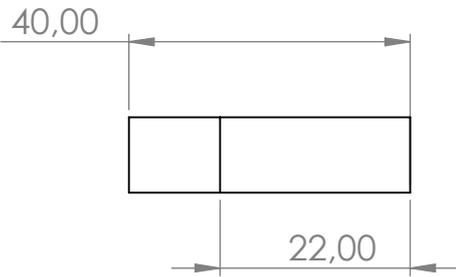
A4

REP:
05

Ech:
1:4



UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE
BLIDA 1 FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE MECANIQUE

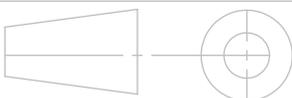


Matériau : Z200

PROJET FIN D'ETUDES:
BROYEUR

Créer par:
SADAoui F/Z LAREF AZEDDINE
YOUS KHAOULA

LE 26/04/2024



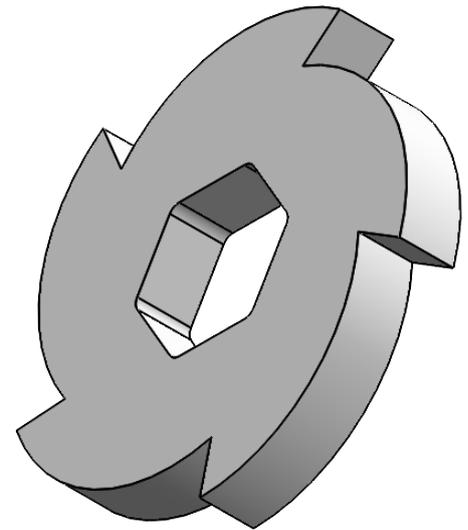
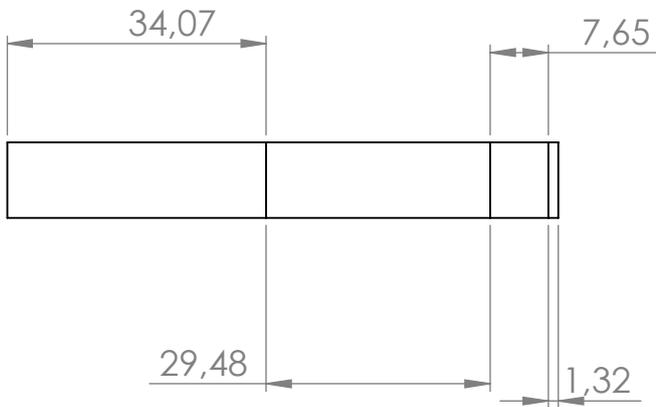
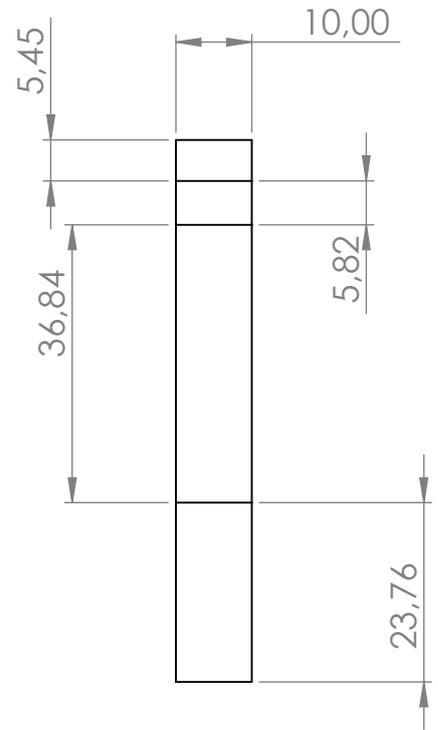
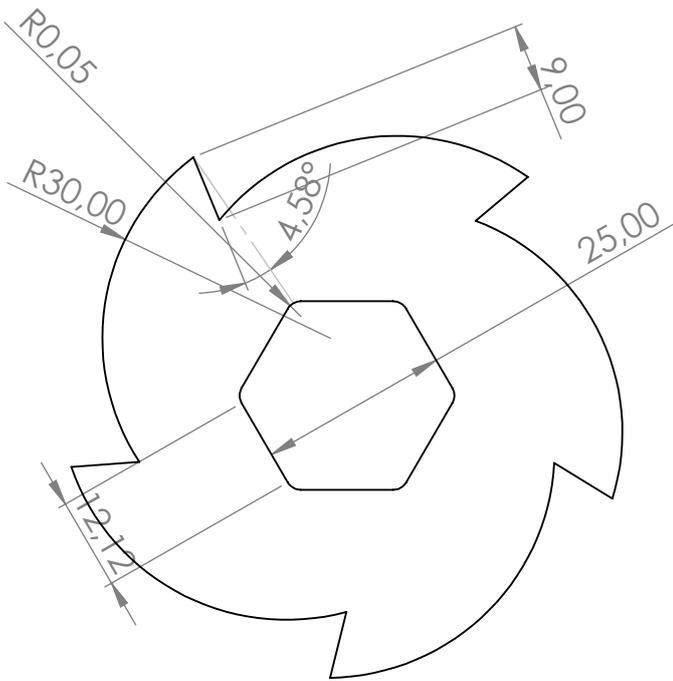
A4

REP:
06

Ech:
1:1



UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA 1
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE MECANIQUE

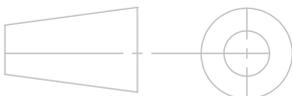


Matériau : Z200

PROJET FIN D'ETUDES:
BROYEUR

Créer par:
SADAoui F/Z LAREF AZEDDINE
YOUS KHAOULA

LE 26/04/2024



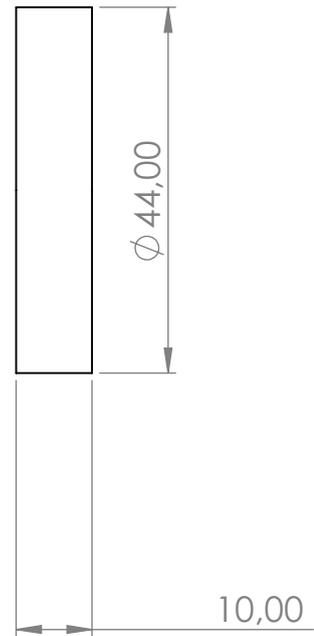
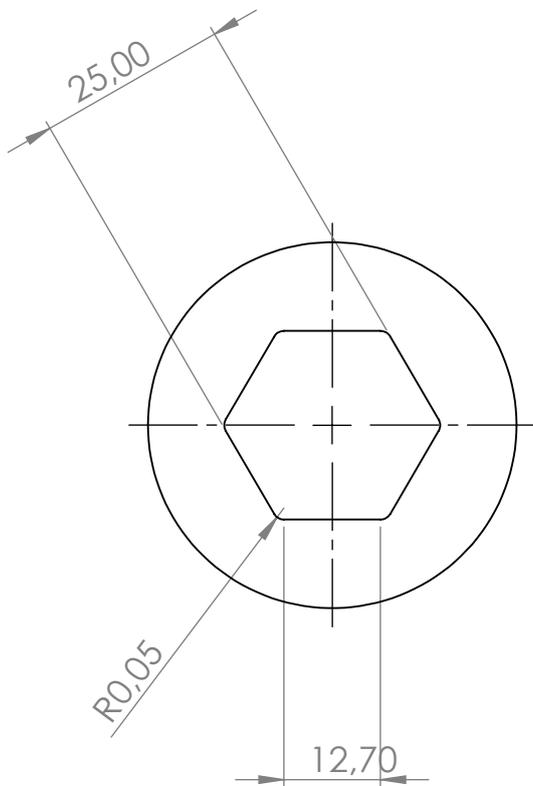
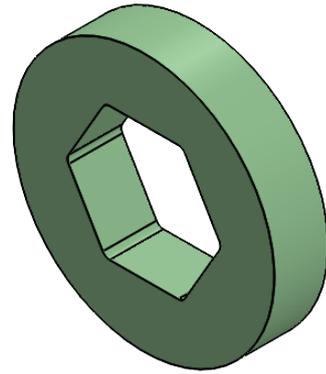
A4

REP:
7

Ech:
1:1



UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE
BLIDA 1 FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE MECANIQUE

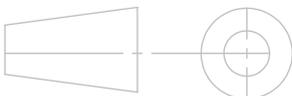


Matériau : Z200

PROJET FIN D'ETUDES:
BROYEUR

Créer par:
SADAoui F/Z LAREF AZEDDINE
YOUS KHAOULA

LE 26/04/2024



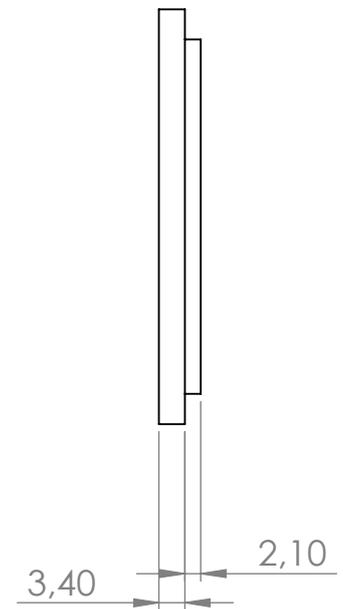
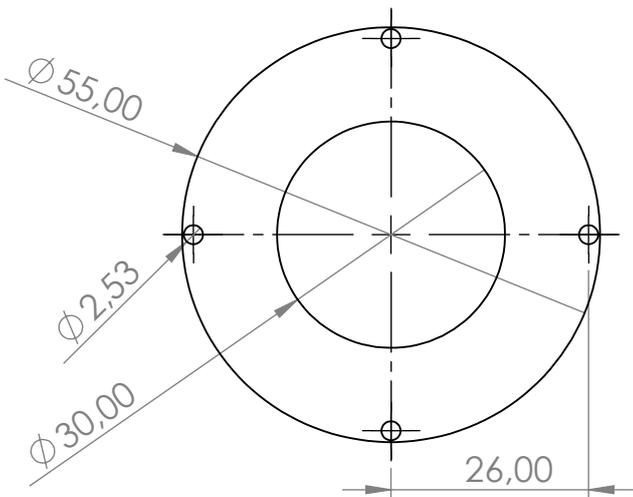
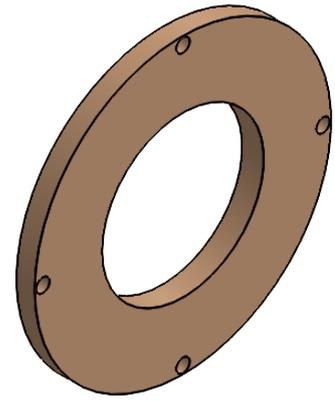
A4

REP:
08

Ech:
1:1



UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA 1
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE MECANIQUE

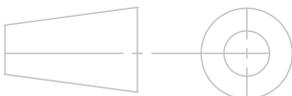


Matériau : XC 65

PROJET FIN D'ETUDES:
BROYEUR

Créer par: LAREF AZEDDINE
SADAOUI F/Z YOUS KHAOULA

LE 26/04/2024



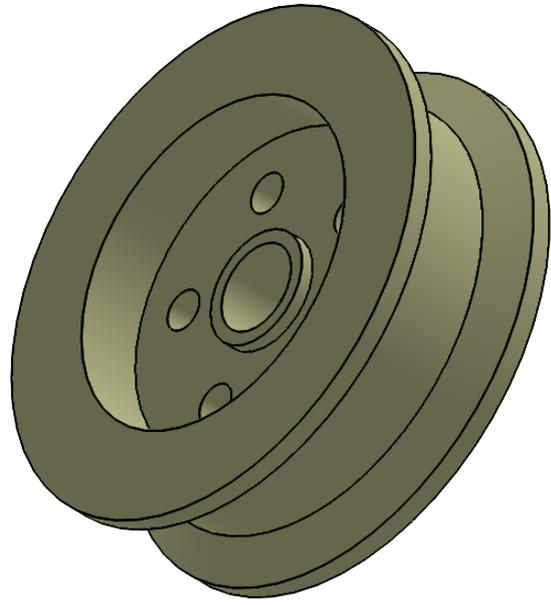
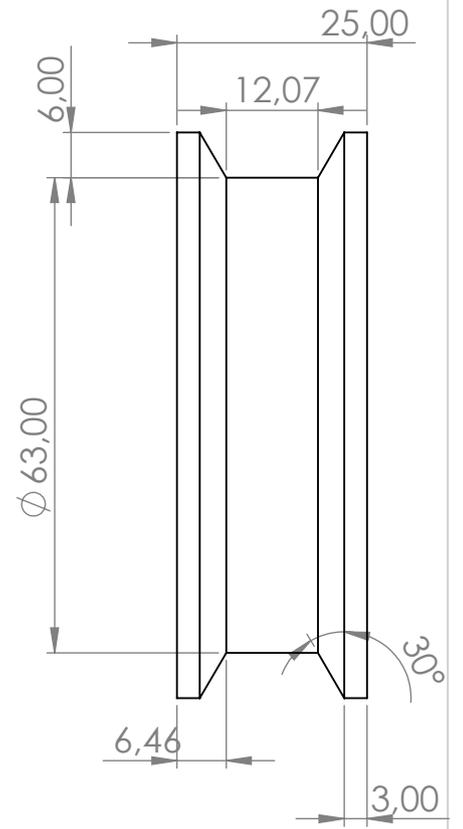
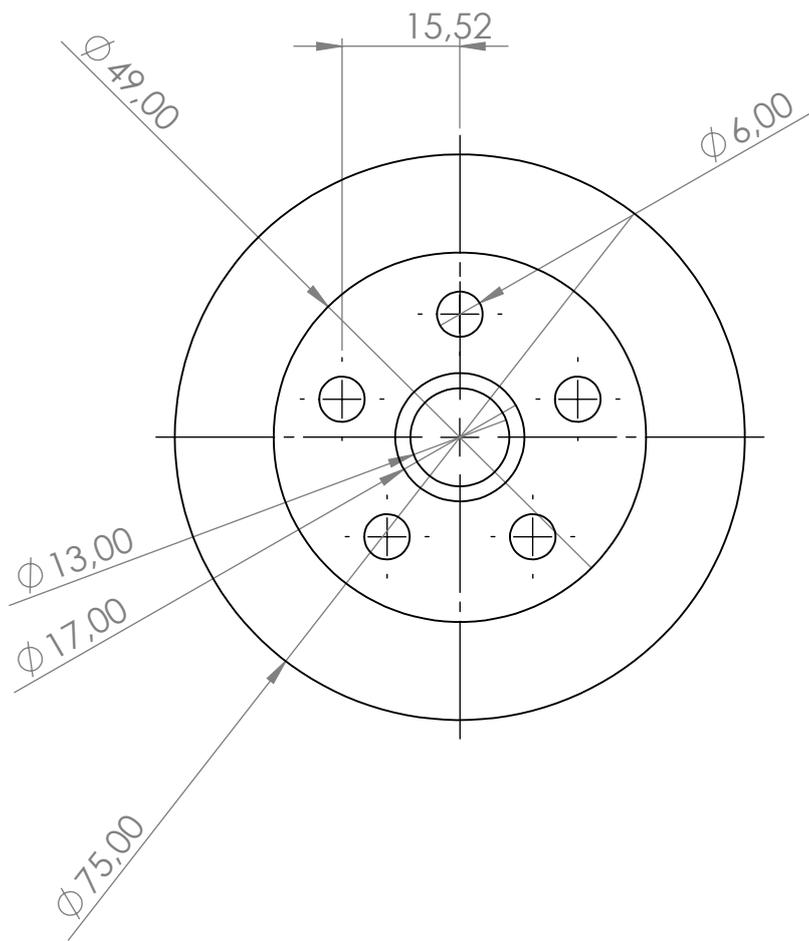
A4

REP:
10

Ech:
1:1



UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE
BLIDA 1 FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE MECANIQUE

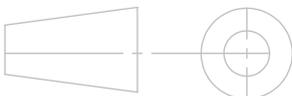


Matériau : FT20

PROJET FIN D'ETUDES:
BROYEUR

Créer par:
SADAoui F/Z LAREF AZEDDINE
YOUS KHAOULA

LE 26/04/2024



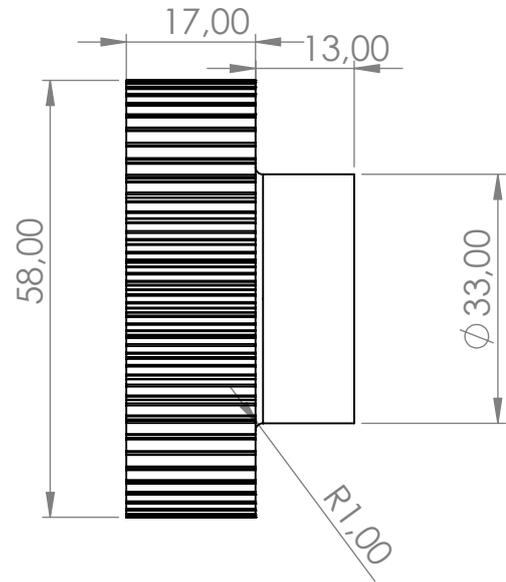
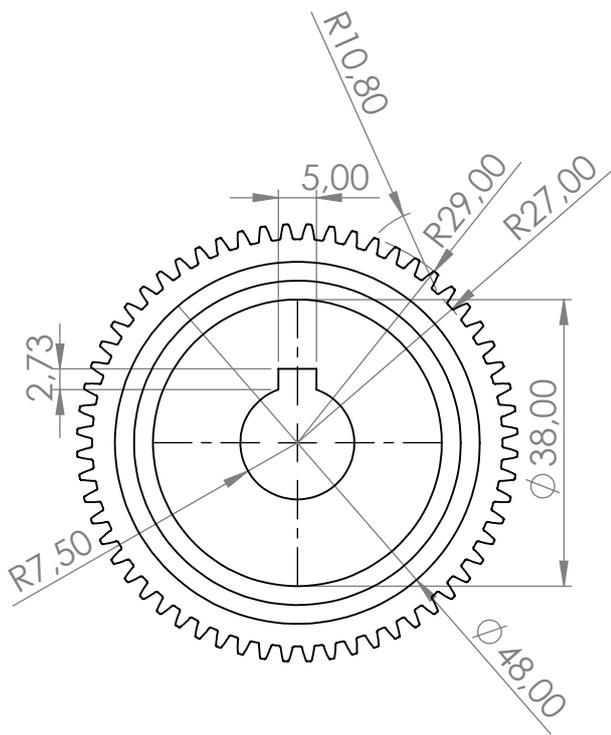
A4

REP:
15

Ech:
1:1



UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA 1
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE MECANIQUE

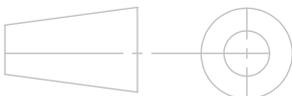


Matériau : 20 NC 2

PROJET FIN D'ETUDES:
BROYEUR

Créer par:
SADAOUI F/Z LAREF AZEDDINE
YOUS KHAOULA

LE 26/04/2024



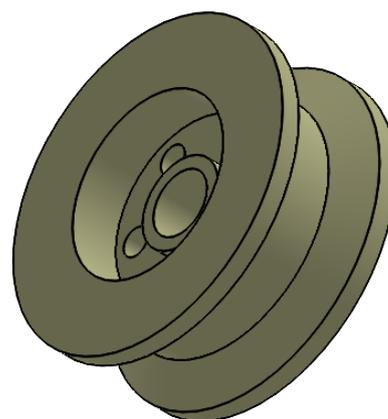
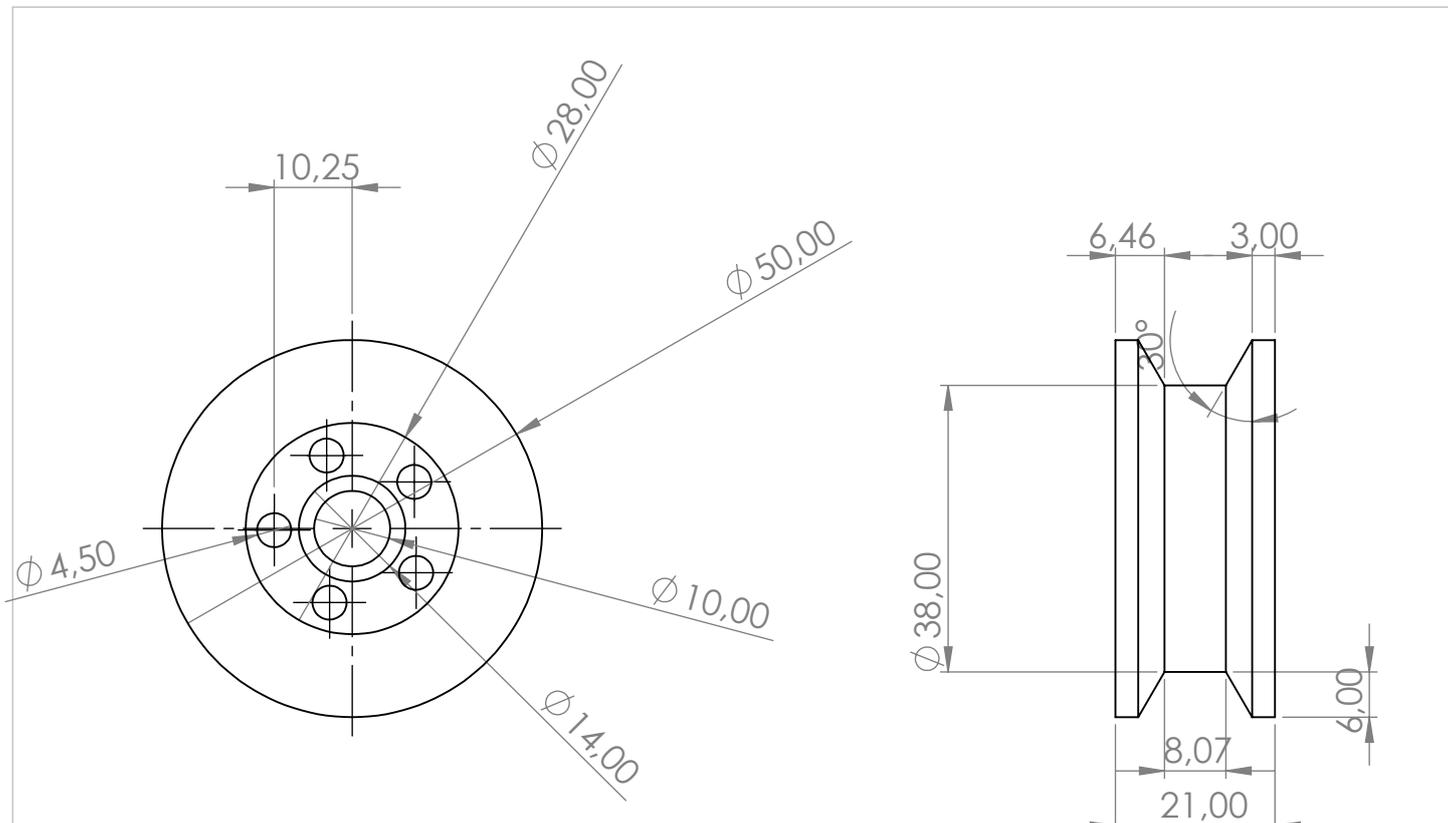
A4

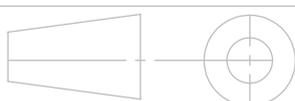
REP:
17

Ech:
1:1



UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA 1
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE MECANIQUE



Matériau : FT20		PROJET FIN D'ETUDES: BROYEUR	Créer par: SADAoui F/Z LAREF AZEDDINE YOUS KHAOULA	
			LE 26/04/2024	
A4	REP: 18	Ech: 1:1	 UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA 1 FACULTE DE TECHNOLOGIE DEPARTEMENT DE MECANIQUE	