



Département de Génie Mécanique

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de :

MASTER

En Génie Mécanique

Option : Construction Mécanique

Présenté par :

Djaalab Oussama , Bouteraa Dia Eddine

& Mekki Achrafe Eddine

Thème

Etude Et Conception D'un Broyeur Pour Les Matériaux Plastiques

Devant le jury composé de :

NOM et Prénom	Grade	Qualité
ZEGGANE Hauari	MCB	Président
ROKBI Mansour	Professeur	Encadreur
AIMER Nouredine	Doctorant	Examineur

Année Universitaire : 2022 / 2023

N° d'ordre : GM/...../2023

REMERCIEMENT

الحمد لله الذي أمدنا بالقوة و الإرادة لإكمال هذا العمل

NOUS REMERCIONS DIEU DE NOUS AVOIR DONNÉ LA

FORCE ET LA PATIENCE DE FAIRE CETTE HUMBLE

ŒUVRE NOUS REMERCIONS LE SURINTENDANT

ROKBI MANSOUR DE SON SOUTIEN TOUT AU LONG

DU TRAVAIL. NOUS REMERCIONS ÉGALEMENT LES

MEMBRES DU JURY D'AVOIR EXAMINÉ NOTRE

TRAVAIL ET CEUX QUI NOUS ONT AIDÉS À LE FAIRE

DE PRÈS OU DE LOIN

LISTE DES FIGURES

Fig.2.1. a) Déchets plastiques, b) Différents produits en plastique.	4
Fig.2.2. Bouteilles en BET	5
Fig.2.3. a) PEBD: Sacs b) PEHD: Fûts	6
Fig.2.4. PVC : a) Isolant en plastifié, b) Tuyaux.....	7
Fig.2.5. PP : a) Cordes, b) Pare-choc.....	7
Fig.2.6. a) Emballage a) PS : Gobelet, b) HIP: Alimentaire, b) PSE: Alimentaire.....	8
Fig.2.7. Une bouteille en PC	8
Fig.2.8. Schéma d'un enfouissement	12
Fig.3.1: Déchets : a) ultime, b) inertes, c) verts, d) organiques.....	16
Fig.3.2 : Déchets : a) DIB, b) DD, c) DIS, d) DMS	17
Fig.3.3 : Processus de collection de déchets plastiques.....	18
Fig.3.4: Processus de classification des déchets plastiques.....	19
Fig.3.5: Nettoyage du déchet plastique	19
Fig.3.6 : Machine de séchage déchets plastique	20
Fig.3.7: Machine d'homogénéisation.....	20
Fig.3.8 : Machine des granulés.....	21
Fig. 4.1 : Principe du broyeur	23
Fig.4.2 : Broyeur à couteau	24
Fig.4.3: Broyeur à broches	25
Fig.4.4:Schéma d'un broyeur à marteaux.....	25
Fig.4.5:Broyeur a rouleaux.....	26
Fig.4.6: Schéma d'un broyeur : a) boulets, b) barres	26
Fig.5.1: Chaîne cinématique du broyeur	31
Fig.5.2 : Différents éléments d'un broyeur plastique	32
Fig.5.3: Moteur asynchrone triphasé	33
Fig.5.4: Exemple de plaque signalétique du moteur asynchrone triphasé.....	33
Fig.5.5: Représentation des efforts appliqués sur l'arbre	34
Fig.5.6:Digramme des efforts tranchant	36

Fig.5.7: Diagramme des moments fléchissant.....	37
Fig.5.8: Illustration de la forme hexagonale.....	39
Fig.5.9: Longueur de la lame.....	44
Fig.5.10: Technologies poulie courroie.....	46
Fig.5.11: Récapitulatif du système poulies et courroie	47
Fig.5.12: Types de contact des engrenages	50
Fig.5.13: Différents types d'engrenages.....	51
Fig.5.14: Schémas des caractéristiques d'engrenages parallèles à denture droite	51
Fig.5.15: Formes des clavettes parallèles	53
Fig.5.16: Principaux éléments constitutifs d'un roulement.....	54
Fig.6.1: Assemblage fine du broyeur.....	58
Fig.6.2: Assemblage des lames sur les deux arbres.....	59
Fig.6.3: Modèle 3D de bâti de corps du broyeur	59
Fig.6.4 : Tout l'assemblage de corps du broyeur	60
Fig.6.5 : Présentation de contrainte de Von Mises du à la flexion de l'arbre.....	61
Fig.6.6 : Déplacement résultant de l'arbre en flexion.....	61
Fig.6.7 : Déformation équivalente de l'arbre en flexion.....	62
Fig.6.8 : Graphe de contrainte de Von Mises (arbre soumis à la torsion).....	62
Fig.6.9 : Graphe de déplacements (arbre soumis à la torsion)	63
Fig.6.10 : Graphe de Déformations (arbre soumis à la torsion)	63
Fig.6.11: présentation de contrainte de Von Mises de la lame.....	64
Fig.6.12 : Déplacement résultant de la lame	65
Fig.6.13 : Déformation équivalente de la lame	65

Liste du tableau

Tableau.5.1: Schéma cinématique du broyeur	30
Tableau.5.2: Différents éléments d'un broyeur plastique	31
Tableau.5.4 : Caractéristiques du moteur	33
Tableau.5.5: Caractéristiques mécaniques moyennes de l'acier C 45 (XC 48).....	37
Tableau.5.10: Caractéristique du roulement rigide à billes	53
Tableau.6.1 : Propriétés des matériaux de l'arbre	60
Tableau.6.2 : Propriétés du matériau de la lame	64

TABLE DES MATIERES

CHAPITER I: INTRODUCTION GENERALE

Introduction général.....	1
---------------------------	---

CHAPITER II: GENERALITES SUR LES MATIERES PLASTIQUES

1. Introduction.....	4
2. Définition du plastique.....	4
3. Différents types de plastique.....	5
3.1. Polyéthylène téréphtalate (PET)	5
3.2. Polyéthylène (PE).....	5
3.2.1. Polyéthylène basse densité (PEBD).....	6
3.2.2. Polyéthylène haute densité (PEHD).....	6
3.3. Le Polychlorure de vinyle (PVC).....	6
3.4. Polypropylène (PP).....	7
3.5. Le Polystyrène (PS).....	7
3.6. Polycarbonate (PC).....	8
4. Déchet plastiques	9
4.1. Définition de déchets plastiques	9
4.2. Classification des déchets plastiques	9
4.2.1. Selon leur nature	9
4.2.2. Selon leur origine	9
a) Déchets municipaux public	9
b) Déchets industriel	10
c) Déchets agricoles	10
4.2.3. Selon la nature des déchets (dangereux/non dangereux)	10
5. Gestion des déchets plastiques.....	10
5.1. Élimination	10
5.2. La réutilisation et le recyclage	11
5.3. Récupération mécanique	11
5.4. Récupération chimique.....	11

5.5. Incinération	12
5.6. La mise en décharge.....	12
6. Conclusion	13

CHAPITER III: RECYCLAGE DES DECHET PLASTIQUES

1. Introduction.....	15
2. Différents types de déchets	15
2.1. Déchets ultime.....	15
2.2. Déchets inertes	15
2.3. Déchets verts	15
2.4. Déchets organiques	15
2.5. Déchets industriels banals (DIB)	16
2.6. Déchets dangereux(DD).....	16
2.7. Déchets industriels spéciaux (DIS)	16
2.8. Déchets ménagers spéciaux (DMS)	17
3. Etape recyclage du déchet plastique	17
3.1. Collecte des déchets plastiques	17
3.2. Séparation des matériaux inappropriés	18
3.3. Traitement des déchets plastiques.....	19
3.3.1. Nettoyage.....	19
3.3.2. Broyage	19
3.3.3. Séchage.....	20
3.3.4. Homogénéisations	20
3.3.5. Obtenir des granulés	21
4. Conclusion	21

CHAPITER IV: GENERALITES SUR LES BROYEURS

1. Introduction.....	23
2. Définition d'un broyeur	23
3. Principe du broyeur.....	23
4. différents types du broyeur	24
4.1. Broyeur à couteaux	24
4.1.1. Définition.....	24

4.2. Broyeur à broches	24
4.2.1. Définition.....	24
4.3. Broyeurs à marteaux	25
4.3.1. Définition.....	25
4.4. Broyeurs à cylindres.....	26
4.4.1. Définition.....	26
4.5. Broyeurs à boulets et à barre	26
4.5.1. Définition.....	26
5. Classification de broyeur	27
5.1. Crus heur rugueux des fragments (granules de niveau MM)	27
5.2. Crasher fragmenté fin (1000 à 10 µm)	27
5.3. Crus heur ultrafine	27
6. Choix d'un broyeur	27
6.1. Critères de choix	27
6.2. Selon la nature de la matière à broyer	27
a). Paramètres intrinsèque du matériau	27
b). Énergie requise pour fracturer le matériau	27
c). Vitesse de déformation	28
d). Réduction des dimensions du matériau	28
6.3. Selon les caractéristiques techniques.....	28
6.4. Selon la fiabilité et la disponibilité.....	28
6.5. Intérêt de choix	29
7. Conclusion.....	29

CHAPITER V: CALCULS ET DIMENSIONNEMENTS

1. Introduction.....	31
2. Schéma cinématique du broyeur.....	31
3. Différents éléments d'un broyeur	32
4. Critère de chois et calcul des éléments de broyeur	33
4.1. Moteur électrique	33
4.1.1. Critères de choix d'un moteur	33

4.1.2. Caractéristiques du moteur utilisé	34
5. Dimensionnement de l'arbre porte-lames	34
5.1. Calcul de l'arbre a la flexion	34
a). calcul de la force de coupe (FT) du plastique	34
b). Calcul des réactions R_a et R_b	35
c). Calcul des moments fléchissant	37
d). Calcul du diamètre de l'Arabe à la flexion	38
d.1). Propriétés	38
d.2). Domaines d'application	38
d.3). Caractéristiques mécaniques moyennes (état normalisé)	38
e). Calcul DU Diamètre de l'Arbre alla torsion	40
f). Vérification à sollicitations composées	41
6. Dimensionnement des lames.....	43
a). Matériaux utilisés.....	43
b). Calcul de la longueur totale des lames.....	43
7. Systems réducteur mécanique.....	45
7.1. Principe de fonctionnement des réducteurs.....	45
7.2. Rapport de transmission (r).....	45
7.3. Transmission par poulies et courroies.....	46
a). Avantages	46
b). Inconvénients	46
7.4. Différents types de courroies et poulies	47
7.5. Dimensionnement du système courroie polie	47
7.5.1. Calcule de la puissance de service	47
7.5.2. Choix du type de la courroie trapézoïdale.....	47
a). Calcule de la vitesse linéaire de la courroie	48
b). Puissance de base de la courroie	48
c). Calcule de longueur primitive courroie.....	48
d). Correction de l'entraxe.....	49
e). Angle d'enroulement De La Poulie Motrice	49
f). Angle d'enroulement de la poulie réceptrice.....	49
g). Puissance admissible P_a	49
h). Nombre nécessaire de courroies.....	50
8. Généralités sur les engrenages	50

8.1. Engrenages	50
8.2. Avantages.....	50
8.3. Différents types d'engrenages.....	51
8.4. Calcul des engrenages choisis.....	51
9. Système de clavetage	53
9.1. Clavettes.....	53
10. Système des roulements.....	54
10.1. Roulement	54
10.2. Différents types de roulement	54
10.3. Choix du roulement.....	54
10.4. Caractéristique du roulement à billes.....	54
10.5. Désignation du roulement	55

11. Conclusion	55
----------------------	----

CHAPITER VI: PARTIE SIMULATION

1. Introduction.....	57
2. Définition de la CAO	57
3. Principe de la CAO	57
4. Avantage de la CAO	57
5. Logiciel utilisé	57
6. Modélisation géométrique du Broyeur	58
7. Assemblage des éléments du corps du broyeur	59
7.1. Assemblage des lames sur les deux arbres.....	59
7.2. Modélisation Géométrique de Corps du broyeur	59
7.3. Corps du broyeur.....	60
8. Modélisation numérique des principaux organes du broyeur (Simulation).....	60
8.1. Vérification des résultants.....	60
8.1.1. Arbre.....	60
8.1.1.1. Analyse Statique de l'arbre on Flexion.....	61
8.1.1.2. Contrainte de von misses	61

8.1.1.3. Déplacement.....	61
8.1.1.4. Déformation équivalente.....	62
9. Analyse Statique de l'arbre en torsion.....	62
9.1. Contraint de von mises	62
9.2. Déplacements	63
9.3. Déformations équivalente	63
10. Lame	64
10.1. Analyse Statique de la lame	64
10.1.1. Contrainte de von mises	64
10.1.2. Déplacement.....	65
10.1.3. Déformation.....	65
CHAPITER VI: CONCLUSIONS GENERALES	
Conclusions générales.....	67
Références bibliographique	69

Chapitre I

Introduction Générale

Introduction générale

Le plastique d'aujourd'hui est un élément important dans notre vie quotidienne. Son utilisation étendue dans tous les aspects de la vie dans le transport, les travaux, les articles ménagers, la construction médicale et électronique. Il est de grande valeur. D'autres matériaux ne peuvent compenser son absence. Grâce à son bon poids, sa flexibilité, sa dureté et d'autres caractéristiques idéales, il est en concurrence avec d'autres matériaux comme le verre.

Le phénomène de l'industrie plastique et de la prospérité est maintenant à l'avant-garde des industries mondiales. L'industrie plastique est le produit humain le plus important découvert par l'homme et développé pour devenir le principal matériau industriel dans les temps modernes, où les progrès scientifiques d'aujourd'hui a permis la production de plusieurs types, où il y a maintenant environ 10,000 types de matières plastiques.

Les plastiques sont aujourd'hui une partie importante de notre vie quotidienne. Il est largement utilisé dans tous les aspects de la vie dans les transports, les travaux, les matériaux ménagers, la construction, le domaine médical et électronique. C'est très utile. D'autres articles ne peuvent compenser leur absence. Grâce à ses bonnes propriétés de poids, flexibilité, rigidité, prix pratique, facilité de fabrication et d'autres propriétés idéales, il rivalise avec d'autres matériaux tels que le verre.

Le plastique domine tellement notre quotidien que vous ne pouvez pas ouvrir les yeux sans les voir. Mais l'utilisation répandue du plastique a conduit à des problèmes où la recherche et les études scientifiques ont montré l'impact des plastiques sur la santé humaine et l'environnement en général, car ils sont répandus dans les lieux naturels et publics.

Afin de minimiser les conséquences négatives de la technologie, ainsi de proposer de nouvelles solutions et inventions pour trouver une solution au problème de déchets plastiques, nous tentons de faire la conception d'un broyeur mécanique des déchets plastiques pour transformer ces déchets en sources renouvelables: le recyclage des plastiques. Ce processus nous permet l'aménagement des déchets plastiques pour prolonger la durée de vie de ces déchets par le système de recyclage.

Notre objectif dans ce travail est d'étudier et de concevoir un broyeur de plastiques qui se présente via 7 chapitres :

Le chapitre I est une introduction générale.

Le chapitre II est générique sur le plastique.

Chapitre III Traite le sujet de recyclage des déchets plastiques.

Le chapitre IV est généralité sur le broyeur de plastique.

Chapitre V Se réserve aux Calculs et aux dimensionnement du broyeur.

Chapitre VI Modélisation et simulations.

Le chapitre VII est une conclusion générale.

Chapitre II

Généralités Sur Les Matières Plastiques

1. Introduction

Tout le monde connaît l'extraordinaire développement des plastiques au cours des dernières décennies. Cette évolution s'explique par les nombreuses qualités uniques et les usages différents de ces matériaux et les places qu'ils occupent dans notre quotidien.

Le plastique représente à lui seul près des deux (2/3) de tous les produits pétrochimiques sa consommation est devenue une mesure économique du niveau de vie d'une nation. Récemment, la demande de produits en plastique a augmenté, ce qui est l'une des principales raisons de l'augmentation des déchets plastiques (Fig. (2.1)).

Dans ce chapitre, nous allons présenter les différents types de plastiques et définition des déchets plastiques, méthodes de classification et la gestion de ses déchets .



Fig.2.1. a) Déchets plastiques, b) Différents produits en plastique.

2. Définition du plastique

Le mot plastique vient du mot grec (plastikos), qui signifie moulable et fait référence à l'élasticité du matériau [1].

Le plastique est un mélange de matériaux de base (polymères) qui peut être moulé et façonné, généralement sous l'effet de la chaleur et de la pression, pour produire des produits semi-finis ou des objets [2]. Typiquement, les polymères ne sont pas utilisés à l'état « pur », mais en mélange avec des substances miscibles ou non dans la matrice polymère [3].

Structure typique d'une formulation plastique = (polymère vierge [résine de base] + charge + plastifiant + additif).

3. Différents types de plastique

Il existe différents types de plastiques en fonction de leur composition et du type de matériaux utilisés pour leur fabrication [4].

3.1. Polyéthylène téréphtalate (PET)

Le polyéthylène téréphtalate (PET) est un plastique lisse, transparent et relativement fin. Il est également connu sous le nom de plastique de l'estomac. Le PET est couramment utilisé dans la fabrication de bouteilles d'eau, de vinaigrettes jetables, de jus de fruits, de baignoires, d'huiles, de cosmétiques, de boissons gazeuses et de margarine en raison de ses propriétés anti-inflammatoires, (Fig.(2.2)). Le PET est également résistant à l'air, empêchant l'oxygène d'y pénétrer [5].



Fig.2.2. Bouteilles en PET.

3.2. Polyéthylène

Le polyéthylène (PE) est un excellent isolant électrique et possède une très bonne résistance chimique en raison de sa structure chimique simple. Il existe plusieurs types de polyéthylène dont les plus connus sont le polyéthylène basse densité et le polyéthylène haute densité qui ont des propriétés différentes (Fig. (2.3)). Le polyéthylène est préféré à la plupart des autres matériaux car il peut être réutilisé selon le processus d'assemblage [6].

3.2.1. Polyéthylène basse densité

Le polyéthylène bas densité (**PE-BD**) est un type de plastique transparent et flexible largement utilisé dans les emballages et les sacs en plastique des épiceries. Il a une grande élasticité mais une faible résistance à la traction.

3.2.2. Polyéthylène haute densité (PEHD)

Le Polyéthylène haute densité (**PEHD**) est un matériau rigide qui présente une excellente résistance aux chocs, à la pression, à l'abrasion et aux variations de température. Ses propriétés mécaniques permettent de le manipuler aisément de manière à lui donner plusieurs aspects. Ce types de plastiques est utilisé dans plusieurs applications telles que bouteilles, flacons, fûts, bouchons, Jouets, articles ménagers, réservoirs d'essence, canalisations.



Fig.2.3. a) **PEBD**: Sacs b) **PEHD**: Fûts.

Polychlorure de vinyle

Le Polymère de chlorure de vinyle (C_2H_3Cl) ou (**PVC**), est un plastique amorphe à forte teneur en chlore (56%) et à granulométrie variable selon son mode de fabrication. Il a une excellente résistance à la corrosion, une isolation électrique et une bonne résistance à la température ambiante. Cependant, il est plus cassant à des températures inférieures à $-10^{\circ}C$. Le laminage peut réduire cet inconvénient, mais il ne réduit pas sa résistance à la corrosion, ce qui le rend souple à température ambiante. Il est facilement recyclable à des fins diverses, par exemple dans l'industrie de l'emballage, la construction (structures, canalisation (**Fig. (2.4)**), voitures ou bagages [7]. sa durée de vie est estimée à environ 30 à 40 ans [8,9].



Fig.2.4. PVC : a) Isolant en plastifié, b) Tuyaux.

3.4. Polypropylène

C'est un thermoplastique qui a une ténacité élevée même à des températures élevées et qui est plus résistant à la chaleur que le polyéthylène [10]. Le polypropylène (**PP**) est un polymère polyvalent utilisé à la fois comme thermoplastique et comme fibre. Il est très facile à colorer et non absorbant (Fig. (2.5)). De nombreuses personnalités ont trouvé des pièces moulées d'équipements automobiles (pare-chocs, tableaux de bord, décoration. Le polypropylène est également utilisé pour fabriquer des matériaux en fibres synthétiques (nattes, tapis, cordes, fils).



Fig.2.5. PP : a) Cordes, b) Pare-choc.

3.5. Polystyrène

Le polystyrène (**PS**) est un polymère dérivé du pétrole qui, dans sa formule de base, est solide à température ambiante, pâteux à 120 °C, liquide à partir de 150 °C et auto-inflammable autour de 490 °C. Soluble dans une grande variété d'hydrocarbures et différentes huiles essentielles, il est produit sous pression dans des fours étanches (**autoclaves**). [11 ,12]. Ce matériau est utilisé dans le bâtiment et les travaux publics, sous 2 formes principales : les polystyrènes standards (**PS**) et les mousses de polystyrène (**PSE**). Il est utilisé pour certains emballages alimentaires. la

différence entre le polystyrène expansé est que tout dépend s'il est obtenu par formage ou par extrusion. Il se compose de cellules remplies Air léger, isolé. Il absorbe bien les chocs et est donc très rigide convient pour l'emballage de produits fragiles ou alimentaires (**Fig. (2.6)**) [11].



Fig.2.6. Emballage a) **PS** : Gobelet, b) **HIP**: Alimentaire, c) **PSE**: Alimentaire.

3.6. Polycarbonate

Le polycarbonate (**PC**) est utilisé pour emballer des biens de consommation, tels que des bouteilles rechargeables. Contient du bisphénol A (**BPA**). En raison de l'exposition à des températures élevées, le BPA des contenants en polycarbonate peut s'infiltrer dans les boissons ou les aliments contenus dans le contenant (**Fig. (2.7)**). L'utilisation de plastiques en polycarbonate a considérablement diminué en raison de plusieurs études faisant état des risques pour la santé du BPA [13].



Fig.2.7. Une bouteille en **PC**.

4. Déchet plastiques

4.1. Définition de déchets plastiques

La notion de déchet peut être appréhendée de plusieurs manières. Cela varie d'un auteur à l'autre et d'un pays à l'autre. Cela est particulièrement vrai lors des transformations qu'il peut subir (processus de collecte, de tri et de transformation primaire) qui lui confèrent des propriétés physiques, chimiques et mécaniques différentes et donc une valeur économique et écologique.

Tout résidu de production, de transformation ou d'utilisation est considéré comme un déchet. D'une manière générale, tout matériau, produit, ou d'une manière générale tout bien meuble abandonné ou destiné à l'être par son propriétaire [14]. En d'autres termes, tout ce qui est jeté est un déchet. Cela ne signifie pas que l'article ne peut pas être utilisé tel quel ou avec des modifications. Seuls ceux qui remplissent les conditions de déchets ultimes sont inutilisables et doivent être stockés de manière à ne pas polluer l'environnement [15].

Selon la Convention de Bâle sur le contrôle des déchets dangereux, il s'agit d'une substance contaminée qui doit être éliminée conformément à la législation nationale [16].

4.2. Classification des déchets plastiques

4.2.1. Selon leur nature

Les directives techniques pour la gestion municipale du ministère de l'Urbanisme et de l'Environnement classent les déchets dans 03 catégories en fonction de leurs caractéristiques physiques [17].

- Déchets solides : ordures ménagères, emballages, gravats, etc.
- Déchets liquides : huiles usées, peinture, déchets de lavage, etc.
- Déchets gazeux : biogaz, fumées d'incinération, etc.

4.2.2. Selon leur origine [18]

a). Déchets municipaux public

Ordures ménagères (ordures ménagères, encombrants, ordures collectés sélectivement) et généré des déchets de composition similaire les entreprises qui font l'objet de collectes publiques, et déchets des municipalités.

b). Déchets industriel

NAGHEL (2003), se référant à tous les déchets industriels Doit être éliminé par leurs producteurs industriels, artisans, marchand.

déchets industriel médiocrité (DIB): Il peut être assimilé aux ordures ménagères et appartient à la même catégorie élimination : il s'agit principalement des emballages usagés, chutes de la production industrielle et déchets d'activités, et les matériaux commerciaux tels que la ferraille, les métaux non ferreux, le papier et le carton, verre, textile, bois, plastique, etc.

c). Déchets agricoles

Les activités agricoles génèrent principalement 5 types de déchets :

- Sacs ou bidons vides d'engrais, d'herbicides, de pesticides.
- Produits phytosanitaires inutilisables, correspondant aux stocks de produits périmés.
- Films agricoles.
- Résidus associés aux activités agricoles.
- Déchets verts (paille).

4.2.3. Selon la nature des déchets (dangereux/non dangereux)

Les déchets sont également différenciés selon des critères de dangerosité pour l'homme et l'environnement. 3 classes sont ainsi créées:

- Déchets Dangereux (DD)
- Déchets Non Dangereux (DND)
- Déchets Inertes Non Dangereux (DIND) [19].

5. Gestion des déchets plastiques

Ces dernières années, il y a eu une prise de conscience Gestion générale des déchets pour la conservation sur l'environnement. La gestion des déchets, parfois appelée la rudologie, consistant à collecter, transporter, trier ou simplement réutiliser et recycler ou incinérer élimination des déchets plastiques.

5.1. Élimination

Les matières plastiques peuvent être facilement gérées par comparaison avec certains déchets. Ils peuvent être éliminés par leur élimination dans des décharges publiques, mais cette solution Condamné à disparaître avec le temps, à préserver environnement. Parce qu'ils peuvent être éliminés par un long processus appelé photo dérivabilité elle peut être accélérée en introduisant des additifs appropriés [20]. La solution la plus populaire actuellement est de remplacer les matières plastiques fabriquées à partir de matériaux biodégradables ne peut pas résoudre tous les problèmes car Ils sont coûteux, peu utilisés, manquent contrôle de son

efficacité, manque de tests standardisés, risques entravant les politiques de reprise et les installations poste de compostage.

5.2. Réutilisation et le recyclage

Le recyclage et la réutilisation offrent une multitude d'avantages. Principalement, l'utilisation de cette technique permet une diminution de la consommation d'huile et facilite la production de plastique. Le processus de recyclage représente environ 8% de la production totale de pétrole [21]. De plus, il réduit la consommation d'énergie et la production de déchets solides municipaux. Les rejets de dioxyde de carbone (CO₂), d'oxyde d'azote (NO_x) et de dioxyde de soufre. Les plastiques ont indéniablement permis diverses avancées, mais ils s'accompagnent également de coûts environnementaux tels que l'émission de SO₂ [22]. L'atténuation de la consommation de carburant peut être obtenue grâce à l'utilisation de pièces plus légères [23].

5.3. Récupération mécanique

La récupération mécanique est l'un des types de recyclage les plus utilisés dans le monde, il vise à donner de nouveaux usages aux déchets, sachant qu'ils servent à recycler le plastique, le papier, le verre, etc., où les déchets de ces matériaux sont transformés mécaniquement sans faire toute modification de sa structure chimique Sachant que le recyclage en affaiblit la qualité, et lorsqu'il est répété plusieurs fois, il entraîne des dommages.

5.4. Récupération chimique

Ce mécanisme est basé sur la destruction de grosses molécules au moyen de traitements chimiques contrôlés de diverses manières, y compris la pyrolyse, le craquage et la décomposition en produits tels que des carburants, des monomères, des pré polymères, des hydrocarbures ou du gaz de synthèse, qui à leur tour seront utilisés pour produire de l'énergie et d'autres produits finis tels que les polymères, les carburants et le méthanol. Il existe d'autres moyens de réduire la consommation de plastique, comme la réduction de la matière à la source. De grands progrès ont été réalisés dans les emballages depuis vingt ans, notamment les emballages alimentaires de 13 % et la réduction de poids à 82 % [24]. Réutiliser les emballages et les sacs est une autre façon d'utiliser efficacement le plastique pour une utilisation responsable. Dans certains pays, les sacs à emporter ont été interdits et remplacés par des sacs de caisse réutilisables.

5.5. Incinération

L'incinération avec récupération d'énergie convient à une large gamme de déchets. Une grande variété de déchets est souvent traitée de manière à réduire considérablement leur volume. Pour obtenir le pouvoir calorifique des déchets et un apport suffisant en oxygène, la réaction se déroulera dans une chaîne thermique et une combustion auto-entretenue, c'est-à-dire qu'il n'est pas nécessaire d'ajouter d'autre combustible. L'incinération est également la bonne méthode lorsque vous souhaitez éliminer correctement les déchets médicaux et les produits chimiques toxiques, et l'incinération est une meilleure méthode que le recyclage d'un point de vue physique, mais elle pollue l'environnement [25].

5.6. Mise en décharge

La fonction première des décharges techniques est de contenir et de maintenir les déchets. Cela signifie que ceux qui rendent leurs propriétés non recyclables sont inimaginables. La classification des méthodes de traitement des déchets dépend des risques posés par les matériaux, certaines techniques étant axées sur la récupération d'énergie des déchets [26]. Surtout sur place. La qualité de l'air peut être améliorée parallèlement à la récupération d'énergie en mettant en œuvre des mesures appropriées. Les déchets résiduels dans les décharges créent plus que de simples déchets. En effet, grâce à la fermentation de ces déchets, ils produisent du biogaz précieux [27]. Il y a un graphique (Fig. (2.8)).

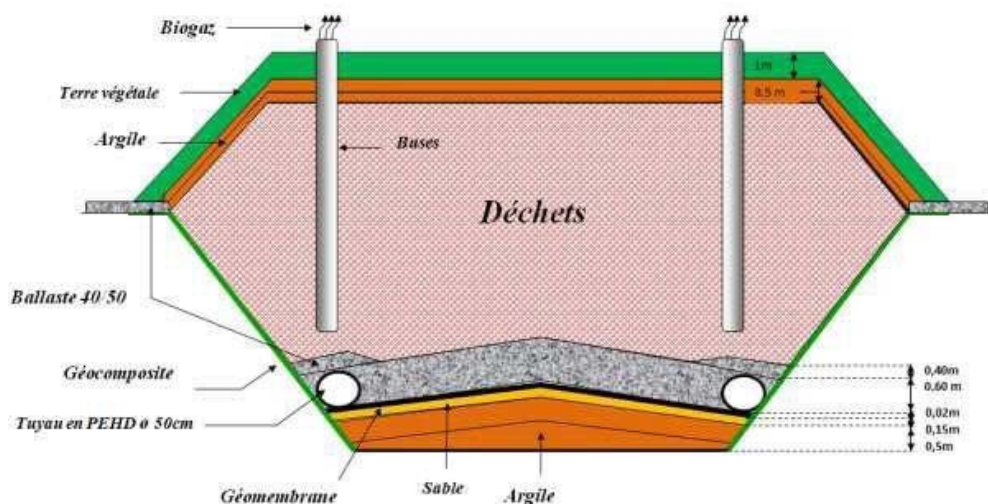


Fig.2.8. Schéma d'un enfouissement.

Aujourd'hui encore, 79 % des déchets plastiques mondiaux sont soit enfouis dans des décharges, soit rejetés dans l'environnement [28]. Cependant, il y a un avantage comme en témoigne la baisse actuelle à 27 % rien qu'en Europe [29]. Par ailleurs, la législation wallonne

interdit strictement l'enfouissement technique de tout déchet plastique valorisable. (L'arrêté wallon du 18 mars 2004).

6. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons fourni des informations sur le plastique et ses types et la façon de l'éliminer, dans le chapitre suivant, nous traitons le sujets des déchets plastiques, ses types et mes méthodes de traitement.

Chapitre III
Recyclage Des Déchet
Plastiques

1. Introduction

Le recyclage mécanique des déchets plastiques est une manière innovante de broyer le plastique utilisé pour être transformé en nouveaux produits. Les statistiques indiquent que peu de plastique est recyclé ou réutilisé. Les statistiques en Europe ont approché qu'environ 35% du plastique utilisé en 2020 est recyclé et nous allons connaître le processus suivant.

2. Différents types de déchets

2.1. Déchets ultime

Les déchets plastiques sont des déchets qui ont été rincés et extraits de la partie recyclable dont l'énergie ne peut pas être extraite et qui ne peuvent pas être récupérés dans des conditions économiques et techniques acceptables. Ces déchets sont stockés dans des lieux de stockage de déchets non dangereux.

2.2. Déchets inertes

Ces déchets ne sont pas affectés par des facteurs physiques et qui n'ont pas de changement physique, chimique ou biologique. en plus, C'est une substance qui ne se décompose pas, ne brûle pas et qui n'endommage pas le matériel qui s'y trouve et qui ne cherche pas à protéger la santé humaine.

2.3. Déchets verts

Déchets provenant des activités horticoles, de la verdure et de l'entretien des espaces verts.

2.4. Déchets organiques

Déchets animaux ou végétaux des parcs, des jardins et des os de la cuisine tels que les restes de repas ou le café moulu.

Il peut être complètement décomposé pour le réintégrer dans la nature.



Fig.3.1: Déchets : a) ultime, b) inertes, c) verts, d) organiques.

2.5. Déchets industriels Banals (DIB)

Est un déchet non dangereux produit à partir de déchets industriels et artisanaux, comme les déchets de peinture métallique et d'entretien du papier.

2.6. Déchets dangereux (DD)

Les déchets contenant des quantités variables de toxines présentent des risques pour la santé humaine et sont divisés en deux parties.

2.7. Déchets industriels spéciaux (DIS)

Connu pour ses propriétés dangereuses telles que les déchets contenant de l'arsenic, du plomb et des hydrocarbures.

2.8. Déchets ménagers spéciaux (DMS)

Est un déchet dangereux trouvé dans les déchets ménagers tels que les purgeurs et les pesticides peintures batteries.



Fig.3.2 : Déchets : a) DIB, b) DD, c) DIS, d) DMS.

3. Etape recyclage du déchet plastique

3.1. Collecte des déchets plastiques

Les déchets plastiques issus des déchets végétaux et les déchets d'utilisation quotidienne sont collectés par des travailleurs dédiés à ce processus puis transportés sur le site de recyclage. Dans le cadre de cette méthode, les contenants de matières recyclables sont placés dans des sites de collecte centraux dans les zones de barrière, comme les parcs de stationnement, les centres commerciaux ou les collectivités civiles, où cette méthode facilite le processus de collecte décrit dans la (Fig.(3.3)).



Fig.3.3 : Processus de collection de déchets plastiques.

Après réception, les substances passent par une roue de classification stricte en mettant en œuvre les étapes suivantes.

3.2. Séparation des matériaux inappropriés

Le déchets plastique est trié par type manuellement ou à l'aide de machines de tri avancées qui peuvent déterminer le type de polymère en utilisant l'infrarouge avancé ou X-capteurs de rayons ainsi que la capacité de ces machines à trier le plastique en fonction de leurs couleurs en détectant la couleur du matériau à travers des capteurs, ces machines peuvent également trier de grandes quantités de plastique. L'importance de cette étape est due à la présence de matériaux plastiques inappropriés pour le retraitement, et donc il est éliminé (**Fig. (3.4)**). Les matériaux non utilisés dans le processus de sobriété tels que les autocollants, les matériaux ferreux, la terre, etc. sont triés.

Ce processus assure la qualité parfaite et acquiert un produit efficace qui sépare les matériaux selon la couleur. Tous les matériaux sont séparés en groupes de la même couleur qui aident ce stade en maintenant moins d'utilisation de colorant qui affecte positivement le côté économique et environnemental que matérielle.

Ces matériaux passent par un processus de compression pour les stocker.



Fig.3.4:Processus de classification des déchets plastiques.

3.3. Traitement des déchets plastiques

3.3.1. Nettoyage

Les déchets plastiques sont lavés dans une machine de nettoyage spéciale et ensuite envoyés à une machine de craquage de grande capacité avant le fonctionnement de l'utérus après le fonctionnement de l'utérus avec une deuxième roue de nettoyage (**Fig. (3.5)**). Ces puces sont placées dans des machines à laver industrielles. Les lames déplacent l'eau parce que le plastique est encore submergé et d'autres impuretés comme le sol, le métal, la pierre et tout autre matériau qui fuit vers le fond des machines à laver.



Fig.3.5:Nettoyage du déchet plastique.

3.3.2. Broyage

Il est complètement broyé et déchiqueté grâce aux lames rotatives de cette machine et est produit selon les tailles à obtenir.

3.3.3. Séchage

Après lavage et broyage, de déchets sont humides et séchés de manière centrifuge. Ce procédé permet également d'obtenir un mélange homogène et d'éliminer les dernières impuretés (Fig. (3.6)).



Fig.3.6 : Machine de séchage déchets plastique.

3.3.4 Homogénéisation

Après le processus de séchage et l'obtention de déchets plastique parfaitement pur suite aux nombreux processus très précis, le plastique est placé dans un silo pour être chauffé à une température très élevée de sorte que le mélange est homogénéisé (Fig.(3.7)),



Fig.3.7:Machine d'homogénéisation.

3.3.5. Obtenir des granulés

Après avoir obtenu la pâte homogène de l'étape précédente, il est passé par une autre machine appelée extrudeuse de sorte que les brins simples et les fils sont produits qui refroidissent avec l'air et l'eau, puis ces fils passent par une autre machine à couper en petits grains qui produisent prêt-pilules à utiliser (**Fig. (3.8)**).

Il est également important de savoir que le plastique n'est pas recyclable après plusieurs fois de recyclage du plastique est brûlé comme du verre.

Parce que le recyclage le fait se décomposer et perd certaines qualités, ce qui le rend limité nombre de temps de rotation.

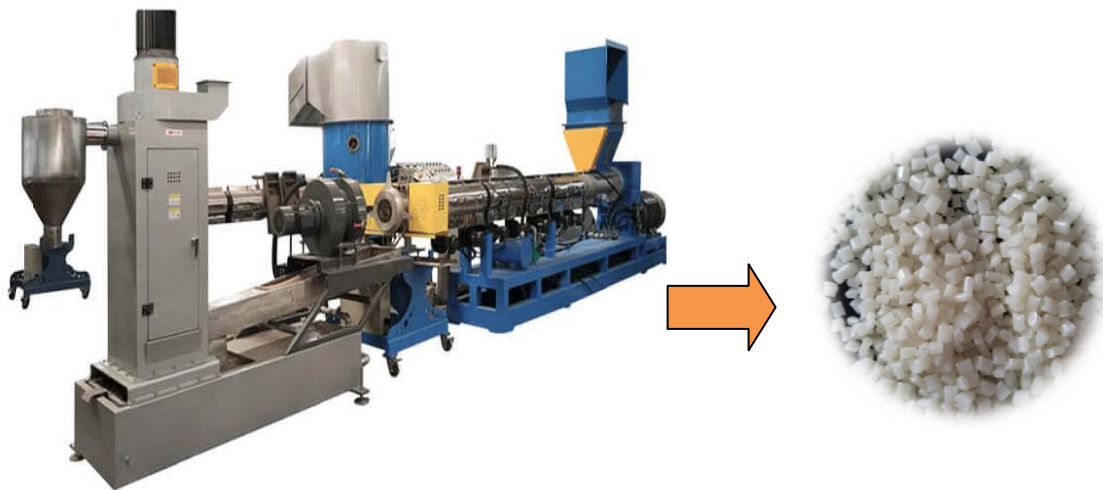


Fig.3.8 : Machine des granulés.

4. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons fourni des informations sur les déchets plastiques et leurs types, et pour les éliminer, nous devons passer par le processus de broyage qui est très important dans le traitement de ces déchets. Dans le chapitre suivant, nous présentons les types de broyeurs que nous pouvons rencontrer dans le domaine industriel.

Chapitre IV
Généralités Sur Les
Broyeurs

1. Introduction

Dans ce chapitre, nous fournirons des informations générales sur les broyeurs de plastique, d'abord la définition d'un broyeur, suivie de son principe de fonctionnement, des différents types sur le marché, de leur classification et des critères de sélection.

2. Définition d'un broyeur

La machine de concassage est utilisée pour faciliter le traitement des matériaux à l'état comprimé. Le rapport comprend une variété de matériaux (bois, plastique, papier, ciment). La réduction des coûts de gestion des déchets nécessite des solutions pratiques. Une telle solution consiste à considérer le broyeur comme un outil de production précieux, notamment dans les cas où :

- Dans le processus de fabrication, les déchets sont utilisés directement dans le cycle de production (Plastique).
- Les matières premières sont utilisées dans les processus de production. Gérer les déchets des industries par le recyclage et d'autres processus.

3. Principe du broyeur

Dès que le broyeur est mis sous tension (**Fig. (4.1)**), la lame tourne sous l'action de la force mécanique et attaque les pièces en plastique [30].

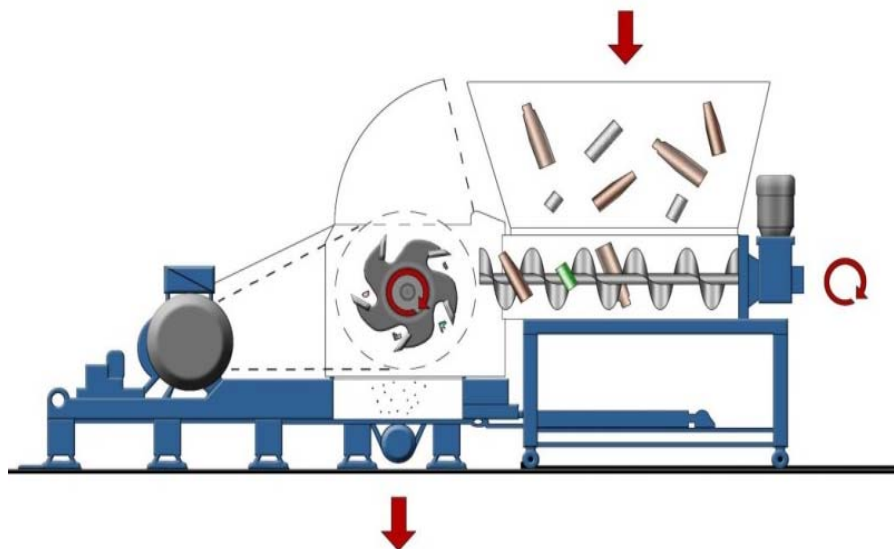


Fig. 4.1 : Principe du broyeur.

Il faut que cette force puisse dépasser le seuil de déformation plastique et atteindre la rupture du matériau pulvérisé du fait de la déformation élastique dépassant le champ élastique, et son retour au champ de rupture dépassant produira une déformation irréversible conduisant à la coupe de les fragments , ce mécanisme continue jusqu'à ce que le volume du bloc coupé puisse passer à travers les trous de-là grille sous le concasseur.

4. Différents types du broyeur

4.1. Broyeur à couteaux

4.1.1. Définition

Machines à découper à couteaux, ce type permet le broyage de matériaux hétérogènes tels que déchets en général pour le broyage des plastiques (**Fig. (4.2)**) [31].

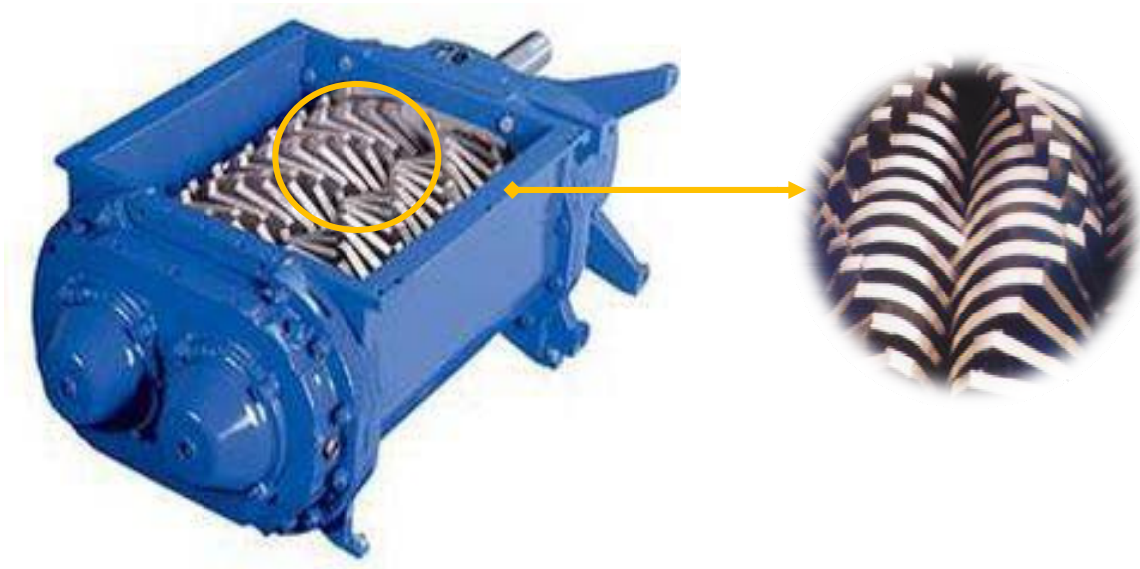


Fig.4.2 : Broyeur à couteaux.

4.2. Broyeur à broches

4.2.1. Définition

Le broyeur à broche se compose d'un rotor et d'un stator, ce type de broyeur est une solution idéale pour la réalisation d'un broyage, avec une granulométrie de poudre désirée, d'une large variété de produits vrac et pulvérulents. Ce déchiqueteur industriel possède un disque rotatif et un disque fixe. Cette fonctionnalité permet d'obtenir des poudres d'une grande finesse. La granulométrie des poudres peut-être ajustée suivant l'équipement (**Fig. (4.3)**) [32].



Fig.4.3: Broyeur à broches.

4.3. Broyeurs à marteaux

4.3.1. Définition

Dans un broyeur à marteaux, les matériaux sont aspirés dans la chambre de broyage. Les batteurs sont fixés à un rotor qui tourne à grande vitesse. Le fraisage se fait principalement entre le filet et les marteaux. Lorsque la pureté requise est atteinte, les matériaux se déplacent vers par la grille d'échappement. Les tailles obtenues vont généralement de 90 à 850 μm (**Fig. (4.4)**) [33].

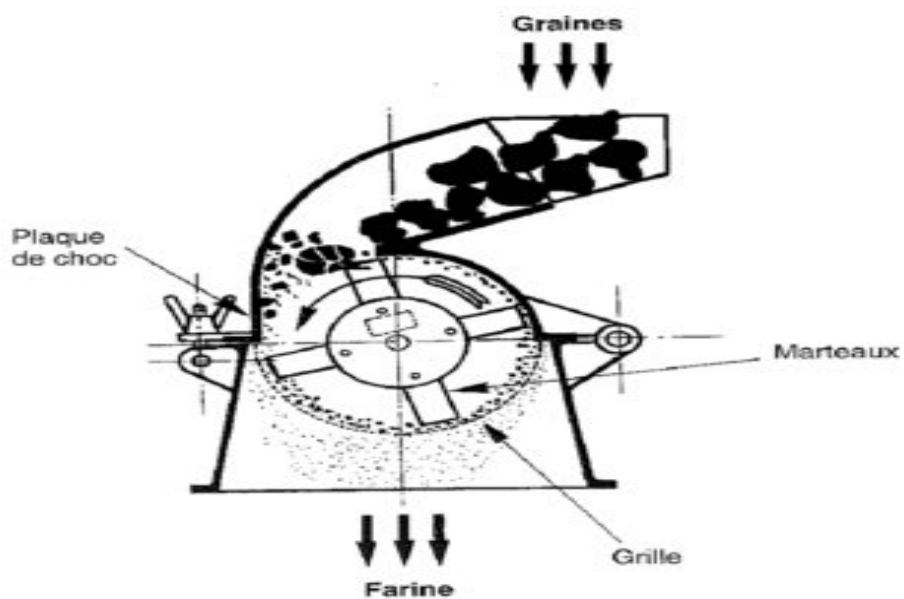


Fig.4.4: Schéma d'un broyeur à marteaux [34].

4.4. Broyeurs à cylindres

4.4.1. Définition

Pour une première mouture (Fig. (4.5)), grossière ou moyenne, le moulin rotatif permet tout en maintenant la distribution la taille des particules [35].



Fig.4.5: broyeur à rouleaux.

4.5. Broyeurs à boulets et à barre

4.5.1. Définition

La matière à broyer est envoyée dans le broyeur par un ou deux tourillons et broyée par le broyeur. La balle ou le bâton passe par l'impact et la friction. Le matériel est placé dans la circonférence du tube de broyage [36], à travers la paroi de refoulement ou le tourillon d'extrémité (Fig. (4.6)).

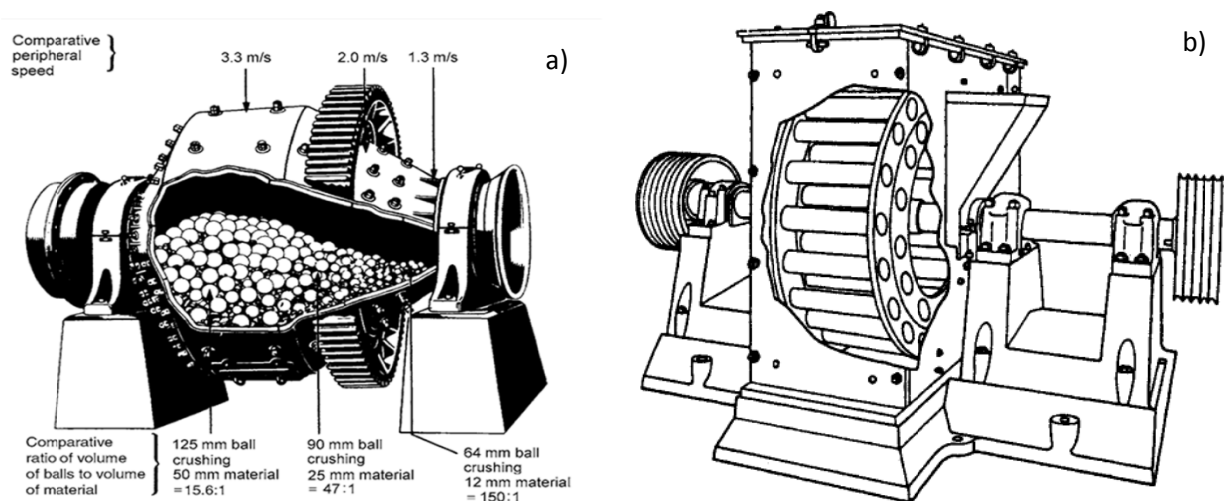


Fig.4.6: Schéma d'un broyeur : a) boulets, b) barres.

5. Classification de broyeur

Dans l'industrie, nous pouvons toujours classer les fragments de déchets en fonction de leur diamètre, donc c'est mieux que classé selon cette norme, trois familles de broyeur [37].

5.1. Broyeur à couteaux (granules de niveau MM)

- Broyeur à couteaux: habituellement utilisé pour le plastique.
- Broyeur à hamme: utilisé pour le broyage des matériaux durs, comme les rochers ou le verre.

5.2. Broyeur fragmenté fin (1000 à 10 μm)

Cette technologie est en fait limitée à un seul mode d'action dans la force d'impact (les particules se compriment entre des objets écrasés, se projettent violemment sur une paroi fixe ou mobile, ou se battent entre elles).

5.3. Broyeur ultrafine

Dans la sphère ultrafine (granulométrie comprise entre 5 et 10 μm), il est fortement développé Type de compression, de cisaillement et d'impact.

6. Choix d'un broyeur

6.1. Critères de choix

Bien qu'il existe de nombreux outils de broyage sur le marché, il est important de bien dimensionner et bien choisir son broyeur vu son prix élevé et la diversité de mode et techniques de broyage que propose chacun. Pour cela on distingue plusieurs critères pour choisir un broyeur qui sont donnés comme suite

6.2. Selon la nature de la matière à broyer

On trouve les paramètres suivants

a). Paramètres intrinsèque du matériau

Ils déterminent son comportement lors de la déformation. Le champ de contraintes, auquel on soumet le solide, joue sur les discontinuités pour l'amorcer et la propagation des fissures dont la distribution détermine la dimension, la forme des fragments et les nouvelles surfaces créées.

b). Énergie requise pour fracturer le matériau

Elle est dégagée par le champ des contraintes. L'énergie nécessaire à la rupture est de l'énergie supplémentaire car la propagation d'une fissure est consommatrice d'énergie. Elle est proportionnelle à la section du grain alors que l'énergie emmagasinée est proportionnelle au volume.

c). Vitesse de déformation

Il détermine le comportement du matériau.

d). Réduction des dimensions du matériau

Elle n'est pas infinie et la plupart d'entre elles nécessitent des phases continues impliquant différents types d'équipements fonctionnant en série [38].

En effet, le matériau qui est broyé à travers ses caractéristiques physiques et chimiques fournit des normes de sélection. Il est très important dans le concasseur et la technologie d'application varie des matériaux à traiter. Nous Il s'agit notamment des matériaux durs, du bois, de l'emballage et du grain.

6.3. Selon les caractéristiques techniques

Cette norme rassemble les caractéristiques physiques et les formes du broyeur requis y compris les normes suivantes

- taille et modèle de notre broyeur (taille).
- puissance du moteur.
- puissance mécanique de l'outil de broyage.
- Vitesse rotative.
- volume de la capacité de charge et des combats.
- Flux de qualité.

6.4. Selon la fiabilité et la disponibilité

Une fois que nous avons déterminé la nature du matériau à broyer, nous devons choisir, selon sa disponibilité sur le marché, ce n'est pas seulement sa convivialité en tant que machine, mais, la disponibilité et la maintenance facile des pièces de rechange. Notre broyeur doit avoir une bonne fiabilité, de bons rendements et des durées depuis longtemps. La vie, cela nous a donné deux normes, ce qui a un grand impact sur le choix du choix d'un broyeur.

6.5. Intérêt de choix

L'ensemble des recherches sont menées pour simplement sélectionner le broyeur n'est pas une perte au contraire, cette étude nous permet d'atteindre cela directement et de choisir un broyeur . Pendant ce temps, économiser et faire un bon choix dans l'industrie.

7. Conclusion

Finalelement 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.

Chapitre V

Calculs Et

Dimensionnement

1. Introduction

Dans ce chapitre, nous présentons une étude mécanique et cinématique d'un broyeur de plastiques, ce dernier est personnalisé pour broyer les déchets plastiques. Nous avons choisi un broyeur inspiré par Modèles sur le marché.

2. Schéma cinématique du broyeur

La chaîne cinématique est un ensemble de pièces destiné, au sein d'une machine, à transmettre ou transformer un mouvement. On peut la modéliser à l'aide d'un schéma cinématique.

Le schéma cinématique de notre broyeur sera comme suit :

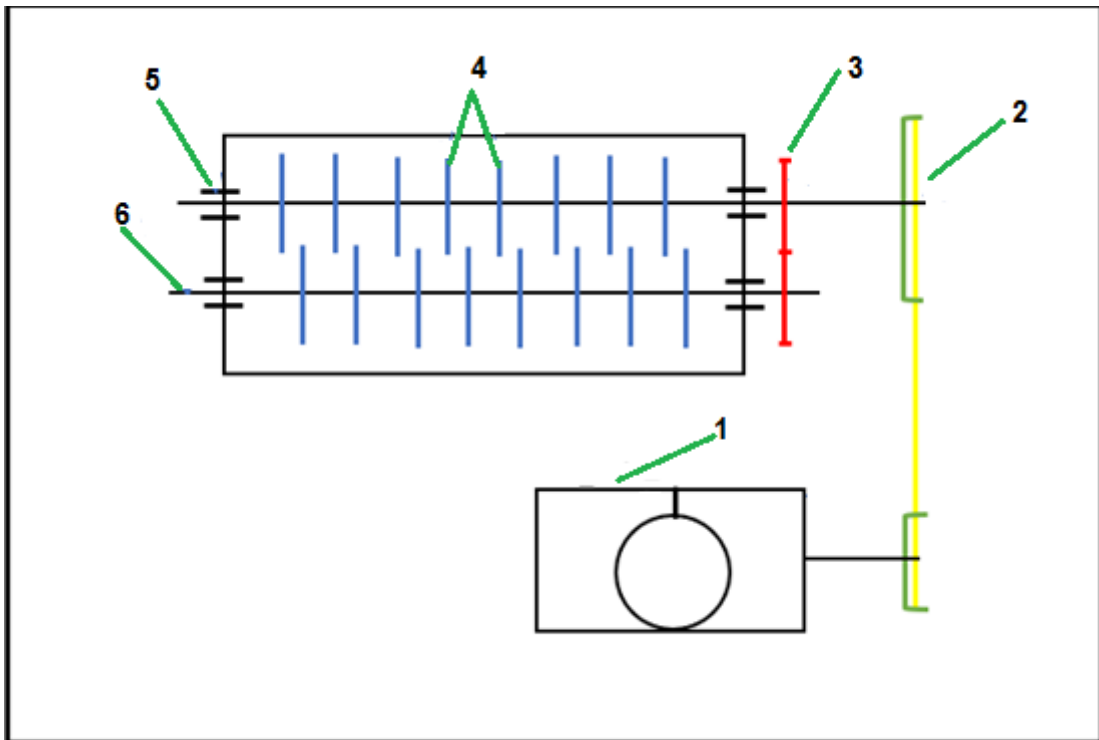


Fig.5.1: Chaîne cinématique du broyeur.

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

Tableau.5.1: Désignation et nombre d'éléments du schéma cinématique.

3. Différents éléments d'un broyeur



Fig.5.2: Différents éléments d'un broyeur plastique.

Numerus	Description
1	Trémie de chargement
2	Orifice de levage et de transport
3	Corps de la machine
4	Tableau électrique
5	Couvercle de la trémie
6	Moteur
7	Réducteur
8	Disque d'introduction
9	Groupe fraises
10	Grille
11	Base de la machine
12	Réceptient avec goulot d'évacuation

Tableau.5.2: Différents éléments d'un broyeur plastique.

4. Critère de choix et calcul des éléments de broyeur

4.1. Moteur électrique

4.1.1. Critères de choix d'un moteur

Le moteur est généralement sélectionné en fonction de l'alimentation disponible et utilisation mécanique.

L'**Annexe.1** résume les principales caractéristiques et domaines d'utilisation des moteurs électriques.

Dans lequel nos options sont mises en évidence par l'ombre ballon bleu, de sorte que le moteur de broyeur sera dans la classe d'alimentation triphasée, avec des propriétés économiques et tous Largement utilisé dans l'industriel est également nécessaire de faire un choix réfléchi de rouleaux entre la charge et le moteur.

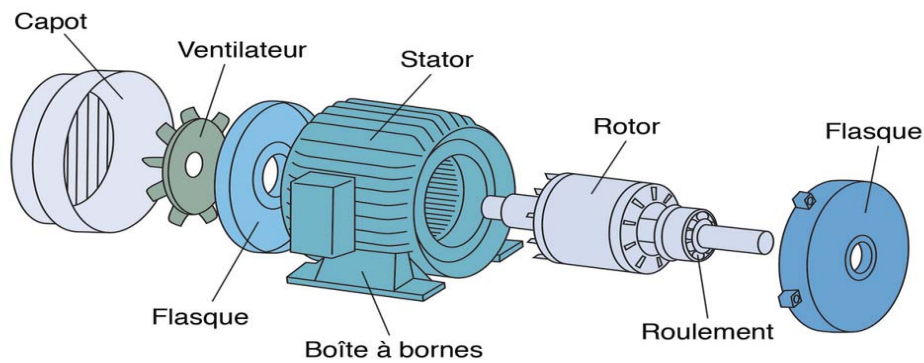


Fig.5.3: Moteur asynchrone triphasé.

Plaque signalétique d'un MAS triphasé

TYPE : (LS90Lz) référence propre au constructeur

FACTEUR DE PUISSANCE $\cos\phi$: (0,78) Permet le calcul de la puissance réactive consommée par le moteur.

TENSIONS : (230v/400v) la Première indique la valeur nominale de la tension aux bornes d'un enroulement (couplage Δ) La seconde indique la valeur nominale de la tension aux bornes de 2 enroulements (couplage λ ou Y) Elle justifie le couplage (étoile Y ou triangle Δ) à effectuer en fonction du réseau d'alimentation.

PUISSANCE : (1,5kW) puissance utile délivrée sur l'arbre du moteur.

VITESSE : (1440 Tr/mn) Indique la vitesse nominale du rotor.

FREQUENCE : (50Hz) fréquence du réseau d'alimentation.

INTENSITES : (6,65A/3,84A) Elles représentent l'intensité absorbée par le moteur pour chacun des couplages.

NOMBRE DE PHASES 3 pour un moteur triphasé

SERVICE : (S1) Définit le type d'utilisation du moteur (marche)

RENDEMET (η %) : Permet de connaître la puissance électrique consommée (on dit absorbée)

Type	LS 90 L2	5952573
kW	1,5	$\cos\phi$ 0,78
l/min	1440	rd% 75
Hz	50	ph 3 S. ϵ S1
		amb ϵ G 40

16015 ANGOULÊME FRANCE
MOTEUR ASYNCHRONE - NFC 51-111 NOV. 79
Roulements M. de in
Autres Pièces Made in FRANCE

Fig. 5.4: Exemple de plaque signalétique du moteur asynchrone triphasé.

4.1.2. Caractéristiques du moteur utilisé

Le choix du moteur dépend principalement de la puissance qui sera utilisée lors de la rectification.

Dans le cas de ce concasseur à déchets plastiques, nous avons choisi la caractéristique d'un moteur à trois niveaux comme suit:

Puissance	5,22kW (Cheviot)
Nombre de tours	1500 tour/min
Couple	498,44 N.m
Nombre de pôles	4
La petite roue	130 mm

Tableau.5.3 : Caractéristiques du moteur utilisé.

5. Dimensionnement de l'arbre porte-lames

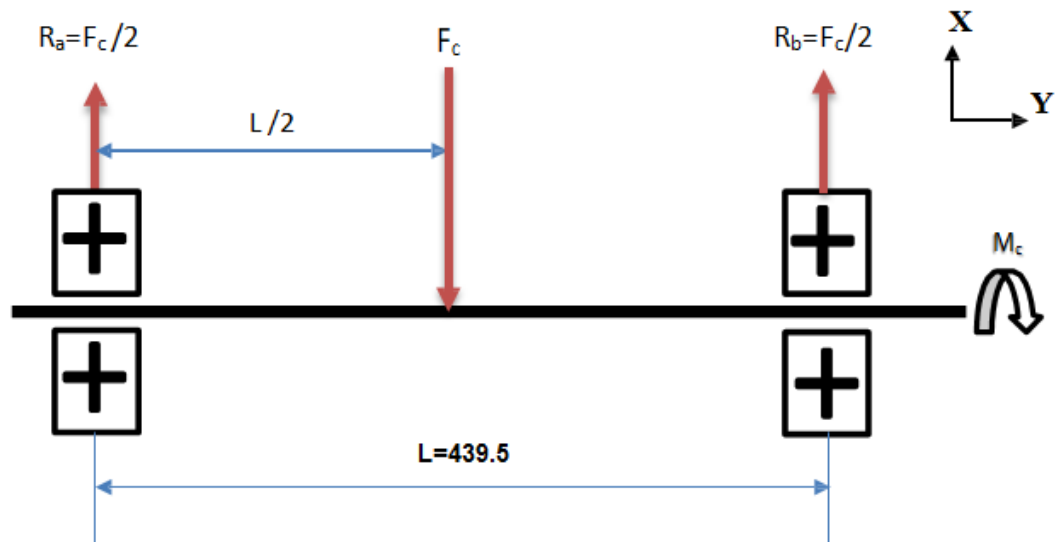


Fig. 5.5: Représentation des efforts appliqués sur l'arbre.

5.1. Calcul de l'arbre à la flexion

a). calcul de la force de coupe (F_t) du plastique

À partir des informations et des données, nous calculons la force de coupe (F_t) appliquée à l'arbre à couper Plastique.

Formule de capacité utile comme suit:

$$P = C_r \cdot \omega$$

- P est la puissance utile du moteur qui entraîne le broyeur en kW.
- C_r est le couple résistant, avec $C_r = C_m$ (couple moteur) en N.m.

C_r peut s'exprimer comme suite :

$$C_r = C_m = F_t \cdot R$$

Où

- F_t est la force de coupe du plastique en kN.
- R est le rayon de l'arbre à couteaux qui est de 15mm.

Par remplacement de l'équation de C_r dans l'équation de la puissance utile, on obtient:

$$P = F_t \cdot R \cdot \omega$$

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

$$F_t = \frac{P}{R \cdot \omega}$$

Avec :

$$\omega = \frac{2\pi N}{60}$$

N est la vitesse de rotation de l'arbre et égale à **450 tr/min** d'où $\omega = 47,10 \text{ rad/s}$.

Donc :

$$F_t = 7,39 \text{ kN}$$

b). Calcul des réactions R_a et R_b

Par les principes fondamentaux de la statique [39].

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum \vec{F}_{ext} = 0 \dots\dots\dots (1) \\ \sum \vec{M}_{/A} = 0 \dots\dots\dots (2) \end{array} \right.$$

Avec :

- \vec{F}_{ext} : Forces extérieures exercées sur l'arbre.
- $\vec{M}_{/A}$: Moments exercés sur l'arbre.

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

$$\begin{cases} \mathbf{R_a - F_t + R_b = 0} \dots\dots\dots (1) \\ \mathbf{R_b \times L - F_t \times \frac{L}{2} = 0} \dots\dots\dots (2) \end{cases}$$

Avec : $\mathbf{R_a}$ et $\mathbf{R_b}$ Forces de réaction au niveau des appuis.

De l'équation (2):

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

AN :

$$R_b = \frac{7,39}{2} = 3,695 \text{ kN}$$

De l'équation (1) :

$$R_a = F_t - R_b$$

AN:

$$R_a = 7,39 - 3,695 = 3,695 \text{ kN}$$

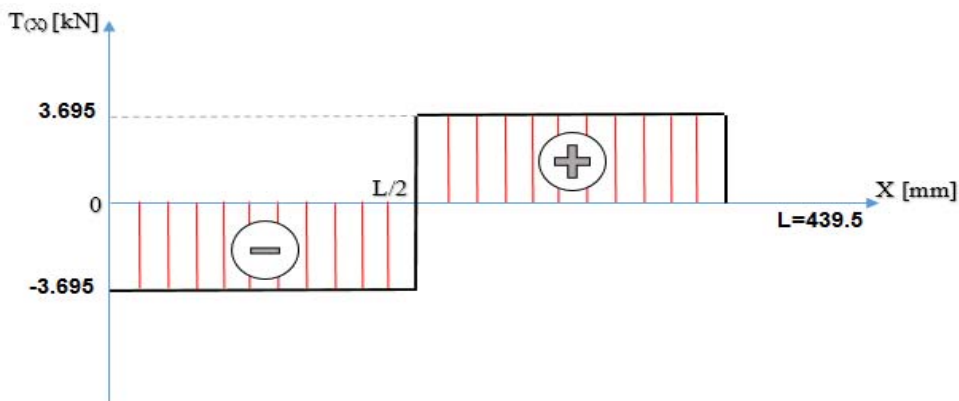


Fig. 5.6: Digramme des efforts tranchant.

c). Calcul des moments fléchissant

On a :

- **Tronçon (1)** $0 \leq x \leq \frac{L}{2}$

$$M_{f(x)} = R_a \cdot x$$

$$\begin{cases} X = 0 \rightarrow M_f = 0 \text{ N. mm} \\ X = \frac{L}{2} \rightarrow M_f = 775026,25 \text{ N. mm} \end{cases}$$

- **Tronçon (2)** $\frac{L}{2} \leq x \leq L$

$$M_f = R_a \cdot x - F_t \left(x - \frac{L}{2} \right)$$

$$\begin{cases} X = \frac{L}{2} \rightarrow M_f = 775026,25 \text{ N. mm} \\ X = L \rightarrow M_f = 0 \text{ N. mm} \end{cases}$$

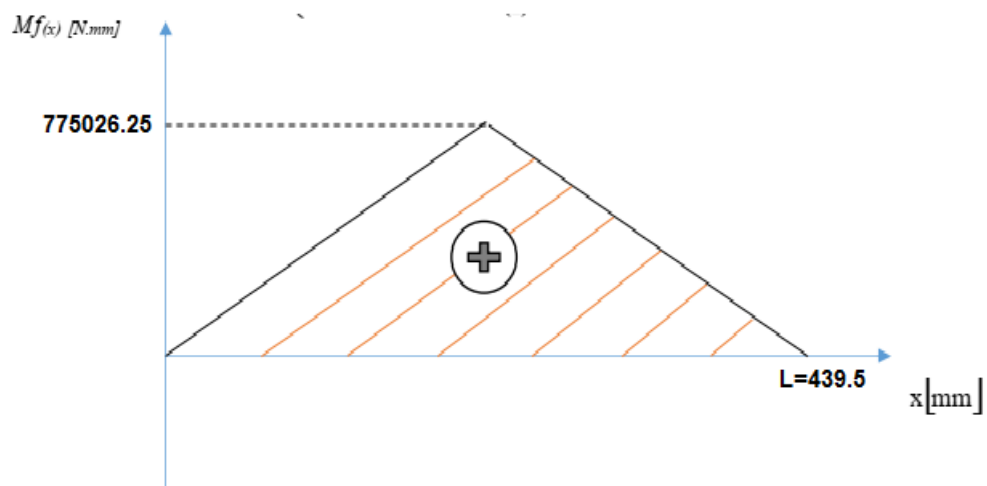


Fig. 5.7: diagramme des moments fléchissant.

d). Calcul du diamètre de l'Arabe à la flexion

Pour l'arbre le matériau choisi est l'acier C45 (XC 48), c'est un acier non allié spécial (type c).

d.1). Propriétés

Acier carbone à teneur plus élevée que pour les aciers C35 et C40, utilisée en mécanique générale de par sa bonne usinabilité et ses caractéristiques mécaniques. Apte aux traitements thermiques : ex. à l'huile 820 - 860°.

d.2). Domaines d'application

Habituellement utilisé dans les pièces antichoc qui nécessitent une bonne résistance : axes, engrenages, vis,...etc.

d.3). Caractéristiques mécaniques moyennes (état normalisé)

R_e N/mm ² ou MPa	R_m N/mm ² ou MPa
340/460	560 / 620

Tableau.5.4: Caractéristiques mécaniques moyennes de l'acier C 45 (XC 48) .

On a :

$\sigma_p < R_e$ Avec $R_e = \sigma_p = 460$ MPa (R_e : Résistance d'élastique).

s c'est le coefficient de sécurité $s = 2.5$ pour cette étude.

Avec:

$$s = \frac{\sigma_e}{\sigma_p}$$

Où:

- σ_e est la résistance pratique du matériau en MPA.
- σ_p est la résistance d'élasticité du matériau en MPA.

D'où la relation devant:

$$\sigma_p = \frac{\sigma_e}{s}$$

$$\sigma_p = \frac{460}{2,5} \rightarrow \sigma_p = \mathbf{184 \text{ MPA}}$$

Après documentation technique, la résistance au cisaillement est Liée à la résistance à la traction de la relation suivante:

$$\tau_e = 0,7\sigma_e \rightarrow \tau_p = 0,7\tau_p$$

Où

- σ_p est la contrainte pratique à la traction en MPA.
- τ_p est la contrainte pratique au cisaillement en MPA.

$$\sigma_p = 0,7.184 \rightarrow \sigma_p = 128,8 \text{ MPa}$$

La colonne avec des couteaux est exposée à la courbure, pour calculer le dernier diamètre qui Cette pression peut résister, dans le cas le plus négatif où la force de coupe est utilisée au milieu.

La contrainte de flexion maximale est donnée par la relation suivante:

$$\sigma_{max} = \frac{M_{fmax}}{I_{gz}/y} \leq \sigma_p$$

Où

- I_{gz} est le moment d'inertie en mm^4 .
- y est le rayon de l'arbre (section circulaire, $y = R$) en mm.

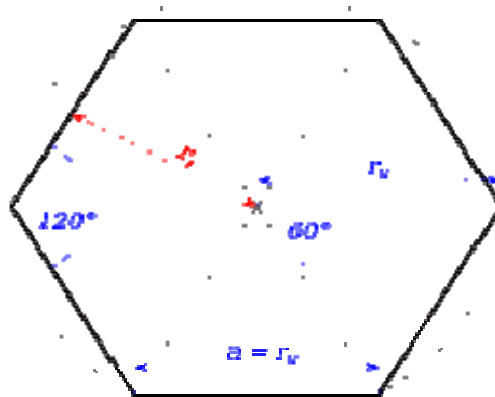


Fig. 5.8: Illustration de la forme hexagonale.

- r_i est Rayon du cercle inscrit.
- r_u est Rayon du cercle circonscrit.

L'arbre est un hexagone rempli et le côté "A" est également le diamètre du cercle donné Où

L'équation du moment d'inertie est connue :

$$I_{gz} = \frac{5 \cdot A^4 \cdot \sqrt{3}}{16}$$

La relation de contrainte maximale devient définie par:

$$\sigma_{max} = \frac{16 \cdot M_{fmax}}{5 \times \sqrt{3} \cdot A^3} \leq \sigma_p$$

D'où:

$$A \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_{fmax}}{5 \cdot \sqrt{3} \cdot \sigma_p}}$$

AN:

$$M_{fmax} = 775026,25 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\sigma_p = 184 \text{ N/mm}^2$$

$$\mathbf{A \geq 19,82 \text{ mm d'où } D \geq 39,64 \text{ mm}}$$

e). Calcul DU Diamètre de l'Arbre alla torsion

Nous allons d'abord calculer le couple de l'arbre qui maintient les pales, pour cela nous allons calculs son diamètre qui résiste à la force de torsion appliqué à cet Arbre.

Nous avons la relation suivante

$$C_m = C_r = M_t = \frac{P}{\omega}$$

Où

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

$$M_t = \frac{5.22 \cdot 10^3 \cdot 60}{2\pi \cdot 450} = \mathbf{110,83 \text{ N} \cdot \text{m}}$$

Les mêmes données sont utilisées pour calculer le diamètre de la colonne lors de la flexion, et le calcul des dimensions de torsion permet de calculer le dernier diamètre de torsion.

La contrainte maximale à la flexion est donnée par la relation suivante:

$$\tau_{\max} = \frac{Mt}{I_0} y \leq \tau_p$$

Où

- I_0 est le moment quadratique polaire en mm^4 .
- y est le rayon de l'arbre (section circulaire, $y = R$) en mm .

Pour une section circulaire le moment quadratique polaire est

$$I_0 = \frac{5 \cdot A^4 \cdot \sqrt{3}}{8}$$

La relation finale obtenue de A

$$A \geq \sqrt[3]{\frac{8 \cdot M_t}{5 \cdot \sqrt{3} \cdot \tau_p}}$$

AN :

$$M_t = 110,83 \text{ N.m}$$

$$\tau_p = 128,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\mathbf{A \geq 9,26 \text{ mm} \quad \text{d'où } \mathbf{D \geq 18,56 \text{ mm}}$$

f). Vérification à sollicitations composées

La colonne qui est exposée à la contrainte composite (flexion et torsion), dans ce cas, nous allons calculer le diamètre idéal de cette colonne à partir de la Von Messies standard.

La condition de résistance selon Von-Mises s'exprime par la relation suivante

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

Nous avons la relation de Von-Mises suivante:

$$|\sigma_{max}| = \left[\frac{\sqrt{(M_{fmax})^2 + (3M_t)^2}}{\frac{I_{gz}}{y}} \right] \leq \sigma_p$$

Où

- σ_{max} est la contrainte maximale de flexion en MPa.
- σ_p est la contrainte pratique de flexion en MPa.
- M_t est le moment de torsion idéal ($M_{it} = M_t$) en N.m.
- y est le rayon de l'arbre (section circulaire) en mm, avec : $y = A$.
- I_{gz} est le moment d'inertie en mm^2 .

Pour une section circulaire le moment quadratique polaire est :

$$I_0 = \frac{5 \cdot A^4 \cdot \sqrt{3}}{16}$$

D'où l'équation de "A":

$$A \geq \sqrt[3]{16 \cdot \left[\frac{\sqrt{(M_{fmax})^2 + (3M_t)^2}}{5 \cdot \sqrt{3} \cdot \sigma_p} \right]}$$

$$M_{fmax} = 775026,25 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$M_t = 110,83 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_p = 184 \text{ N/mm}^2$$

$$\mathbf{A \geq 19,82 \text{ mm d'où } D \geq 39,64 \text{ mm}}$$

Après avoir vérifié les forces et le couple appliqués au arbre, nous avons calculé la longueur de la nervure A et le diamètre inférieur D du arbre hexagonale résistante.

Dans ce type de broyeur industriel de taille moyenne, il nous donne le calcul du minimum que nous ne devrions pas dépasser, l'expérience reste la plus honnête pour le bon choix. Nous avons donc pris une arbre hexagonale de diamètre $D = 30$ mm et 20 lames en tenant compte de la forme et de la taille du concasseur, ainsi que de nombreuses machines similaires dans cette étude et situées au niveau du marché local.

6. Dimensionnement des lames

a). Matériaux utilisés

En règle générale, la matière première utilisée dans la fabrication des lames de cisaillement est en acier 12% de chrome dilué pour le produit fini avec une dureté allant de 56 à 60 HRC.

Toutefois, dans certains cas, il peut être tenu compte du fait qu'il existe d'autres types de matières premières par lesquelles nous pouvons fabriquer des lames similaires en termes de caractéristiques.

L'acier chromé 12% est le matériau préféré pour couper les lames, car il offre de nombreux avantages que nous mentionnons:

- La matière première est abondante sur le marché.
- Le prix de cette matière première reste pour l'instant compétitif par rapport à d'autres alliages.
- Une fois trempée à cœur, la lame présente une très bonne stabilité dimensionnelle : elle ne se déforme pas car elle n'a aucune élasticité.
- La lame présente une bonne résistance aux chocs.
- Elle s'affûte facilement.

b). Calcul de la longueur totale des lames

Pour calculer la longueur totale des lames subit à un effort de coupe F_c concentré avec les données suivantes :

- e : est l'épaisseur du plastique à couper ($e=2$ mm)
- S : est la surface à la rupture du plastique à couper en mm^2 .
- σ_r est la résistance à la rupture du plastique $\sigma_r=37$ Mpa.

Le plastique à couper est sollicité au cisaillement, d'où il y a les relations suivantes

$$\begin{cases} \tau \leq \frac{F_t}{S} \\ S = L_{lam} \cdot e \end{cases}$$

Avec:

- L_{lam} : est la longueur totale des lames.
- τ : est la contrainte de rupture au cisaillement du plastique.

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

$$\tau = 0,7 \sigma_r$$

Par conséquent:

$$0,7 \cdot \sigma_r \leq \frac{F_t}{L_{lam} \cdot e} \quad \rightarrow \quad L_{lam} \geq \frac{F_t}{0,7 \cdot \sigma_r \cdot e}$$

$$L_{lam} \geq \frac{7,39 \cdot 10^2}{0,7 \cdot 61 \cdot 2} \geq \mathbf{86,53 \text{ mm}}$$

Nous avons pris le diamètre du lame égal à $L_{lam} = \mathbf{100mm}$ adaptable à **4 arêtes tranchantes**

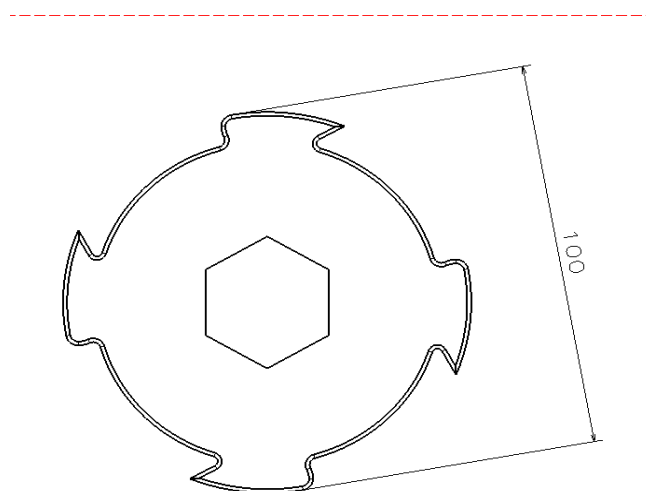


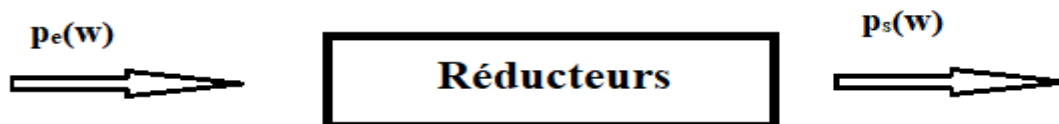
Fig.5.9: Longueur de la lame.

7. Système réducteur mécanique

Le réducteur est un système permettant de passer de l'arbre moteur à l'arbre machine en réduisant la vitesse.

Ce système vise à intégrer les propriétés du moteur avec la machine et augmenter le couple.

7.1. Principe de fonctionnement des réducteurs



La puissance d'entrée P_e se définit comme

$$P_e = C_e \cdot \omega_e$$

Avec

- C_e : le couple d'entrée (N.m).
- ω_e : vitesse angulaire d'entrée (rad/s).
- La puissance de sortie P_s se définit comme.

$$P_s = C_s \cdot \omega_s$$

Avec

- C_s : Le couple de sortie (N.m).
- ω_s : La vitesse angulaire de sortie (rad/s).

7.2. Rapport de transmission (r)

$$r = \frac{N_D}{N_d} = \frac{\omega_D}{\omega_d} = \frac{d}{D} = \frac{C_d}{C_D} = \mathbf{1}$$

- N_d : vitesse de la petite poulie en tr/min.
- N_D : vitesse de la grande poulie en tr/min.
- ω_d et ω_D : vitesses en rad/s.
- d : diamètre de la petite poulie.
- D : diamètre de la grande poulie.
- C_d : couple sur la petite poulie en N.m.
- C_D : couple sur la grande poulie en N.m.

7.3. Transmission par poulies et courroies

Le mouvement du moteur à la machine est transféré par des rouleaux et des courroies.

Les courroies V sont les plus utilisées, car elles véhiculent une plus grande résistance que les courroies plates (la forme V donne un contact plus important, donc une résistance transmissible élevée), la courroie est constituée de fils de fibre de verre ou d'acier et supporte une température comprise entre 25° et 85 ° et lorsque plusieurs courroies parallèles à haute puissance peuvent être utilisées sur la même bobine (1,2, 3.... etc.) (Fig. (5.10)).



Fig.5.10: Technologies poulie courroie.

a). Avantages

- Installation et entretien faciles.
- Transfert économique.
- Vibrations et absorption des chocs.
- Transmettre silencieusement.
- Portabilité élevée.
- Transfert à grande vitesse.
- Convient aux machines sans soudure.

b). Inconvénients

- Entretien continu en raison de dommages rapides aux courroies.

7.4. Différents types de courroies et poulies

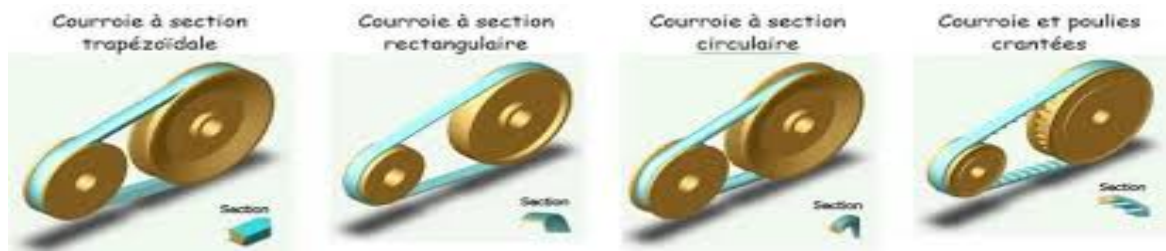


Fig.5.11: Récapitulatif du système poulies et courroie.

7.5. Dimensionnement du système courroie polie

Nous avons sélectionné des courroies de type V pour de bons résultats et un bon diagramme transmettant notre vitesse de 1500 tr/min est la vitesse appropriée ([Annexe .2](#)).

7.5.1. Calcul de la puissance de service

Dans notre cas, le broyeur est utilisé dans le domaine entre 6 à 16 heures par jour et du ([Annexe. 3](#)) nous concluons que $K_S = 1,3$.

- P_s : Puissance de service ou puissance corrigé.

$$P_s = P \cdot K_S$$

A.N

$$= 5,22 \cdot 1,3 = 6,786 \text{ kW } P_s$$

$p_s = 6.786 \text{ KW}$ c'est la puissance réelle à transmettre.

7.5.2. Choix du type de la courroie trapézoïdale

$$P_s = 6,786 \text{ kW}$$

$N_d = 1500 \text{ tr/min}$ ou RPM le nombre de tours nominale (vitesse de la petite poulie).

D'après le ([Annexe. 4](#)) ci-dessous la courroie est de type A

a). Calcule de la vitesse linéaire de la courroie

Pour calculer cette vitesse on a la relation suivante :

$$v = W_d \cdot d/2$$

$$v = \pi \frac{N_d}{30} \cdot \frac{d}{2} = \pi \cdot \frac{1500}{30} \cdot \frac{130}{2} = \mathbf{10,20 \text{ m/s}}$$

Puissance de base en kW des courroies trapézoïdal classique (**Annexe. 5**).

b). Puissance de base de la courroie

On a

$$d = 130 \text{ mm}$$

$$v = \mathbf{10,20} \approx \mathbf{10 \text{ m/s}}$$

D'après le tableau ci-dessus la puissance de base est égale à 0,62kW.

c). Calcule de longueur primitive courroie

On calcule d'abord l'Entraxe (**E**)

$$a = \frac{D}{d} \rightarrow \frac{220}{130} = \mathbf{1,69}$$

$$3 \leq \frac{D}{d} \leq 1$$

Donc

$$E \geq \frac{D+d}{2} + d \rightarrow E \geq \mathbf{305}$$

On prend

$$E = \mathbf{500 \text{ mm}}$$

$$L_p = 2E + \frac{\pi}{2} \cdot (D + d) + \left(\frac{(D-d)^2}{4E} \right)$$

Avec L_p longueur primitif de courroie en mm .

$$L_p = 2 \cdot (500) + \frac{\pi}{2} \cdot (220 + 130) + (61.25)$$

$$L_p = \mathbf{1610,75 \text{ mm}}$$

Pour une longueur primitive normalisée $L_p = 1610\text{mm}$

Notre projection $L_p = 1610\text{mm}$ en (Annexe. 6) conclut la valeur de $K_1=1,050$.

d). Correction de l'entraxe

On résout l'équation de deuxième degré.

$$1610 = 2E + \frac{\pi}{2} \cdot (500) + \frac{(90)^2}{4E}$$

Donc

$$2E^2 - 825E + 4,05 = 0$$

et $E_2 = 0,004\text{mm}$ obtient: $E_1 = 412,49$

Donc

$$E_c = 412,49\text{mm}$$

e). Angle d'enroulement De La Poulie Motrice

$$\theta = 180 - 2 \sin^{-1} \left(\frac{(D - d)}{2E} \right)$$

$$\theta = 180 - 2 \sin^{-1}(0.10)$$

$$\theta = 167,48^\circ$$

Notre projection $\theta = 167,48^\circ$ en (Annexe. 7) conclut la valeur de $K_\theta \approx 0,95$.

f). Angle d'enroulement de la poulie réceptrice

$$\theta = 180 - 2 \sin^{-1} \left(\frac{(D - d)}{2E} \right)$$

$$\theta = 180 + 2 \sin^{-1}(0.10)$$

$$\theta = 192,5^\circ$$

g). Puissance admissible Pa

$$P_a = P_b \cdot K_1 \cdot K_\theta = 2,37 \cdot 1,05 \cdot 0,95 = 2,364\text{W}$$

h). Nombre nécessaire de courroies

Le nombre de courroies est déterminé à partir de la relation suivante

$$N_c = \frac{P_s}{P_a} \rightarrow N_c = 2,87$$

$N_c = 2,87 \approx 3$ soit **3 courroies**.

- N_c : nombre de courroies.
- P_s : puissance de service en kW.
- P_a : puissance admissible en kW.

8. Généralités sur les engrenages

8.1. Engrenages

C'est un système dont la fonction de transmission se compose de deux roues dentelées se déplaçant autour des essieux fixes où l'un tourne l'autre grâce à des dents se chevauchant dans l'ordre appelé la petite roue avec engrenage et la grande roue avec la roue dentelée.

8.2. Avantages

Résister à de grandes contraintes sans glissades.

Transmission de puissance et mouvement dans les deux sens.

Permet un contrôle précis des mouvements.

Il existe deux types de contact dans les engrenages.

- Contact extérieur.
- Contact intérieur.

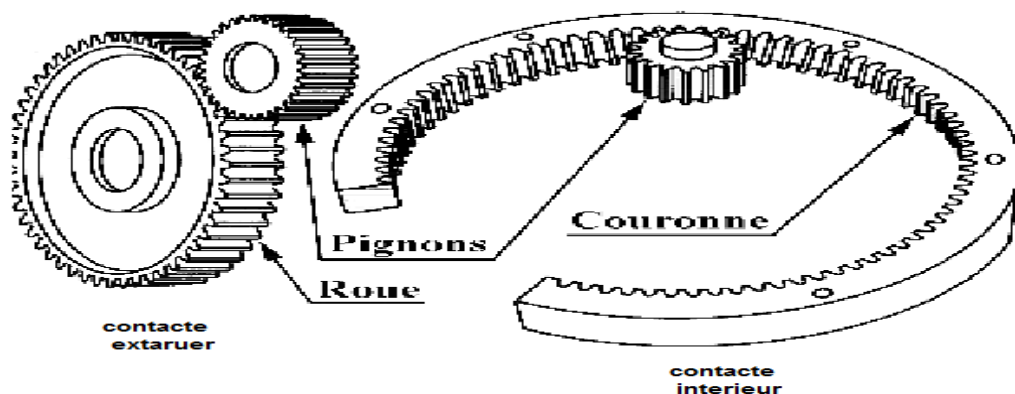
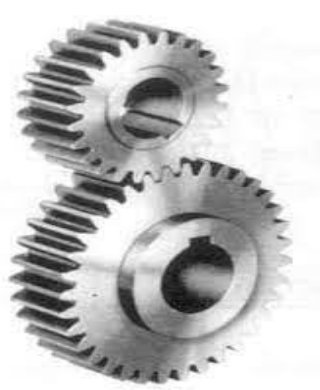


Fig.5.12: Types de contact des engrenages.

8.3. Différents types d'engrenages

On distingue trois catégories d'engrenages.

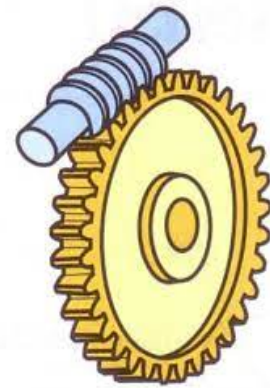
- Engrenages parallèles.
- Engrenages concourants.
- Engrenages gauches.



Engrenages parallèles.



Engrenages concourants.



Engrenages gauches.

Fig.5.13: Différents types d'engrenages.

8.4. Calcul des engrenages choisis

Pour le cas du broyeur en plastique, je choisis roue parallèle avec dents droites.

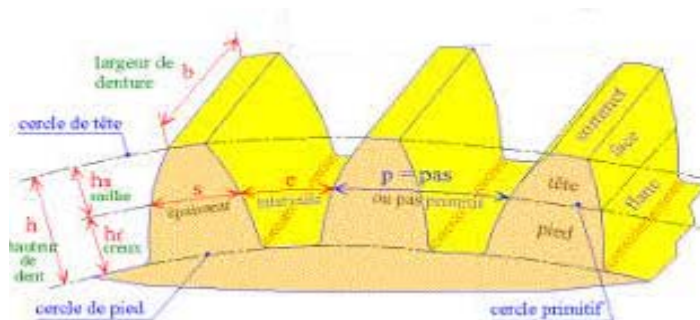


Fig.5.14: Schémas des caractéristiques d'engrenages parallèles à denture droite.

- Calcul de rapport de transmission « r »

Dans notre cas, les pôles ou dents de scie tournent à la même vitesse et à la même force, et à partir de là, le rapport de transport r est égal à:

AN

- $Z_1 = 19$ dents (nombre de dents du pignon).
- $Z_2 = 19$ dents (nombre de dents de la roue).

D'où

$$r = \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{19}{19} = \mathbf{1}$$

- Calcul de module « m »

Le module « m » peut être calculé par la formule : $m = 2.34 \sqrt{\frac{\|F_t\|}{k.R_{pe}}}$

$\|F_t\|$ = force tangentielle en newtons N. $F_t = 7,39$ kN

k : Coefficient de largeur de denture, valeur choisie entre 6 et 10.

R_{pe} : Résistance pratique à l'extension du matériau de la dent en mégapascals MPa.

$$R_{pe} = \mathbf{460N/mm^2}$$

Module	m	6mm
Nombre de dents	$Z_1=Z_2$	19
Pas	$m.\pi$	18.84
Salie	ha=m	6mm
Creux	$h_f=1.25.m$	7.5mm
Hauteur de dent	$h=2.25m$	13.5mm
Diamètre primitif	$d= m. z$	114mm
Diamètre de tête	$da=d+2m$	126mm
Diamètre de pied	$R_f=d-2.5m$	99mm
Largeur de dent	$b=k. m$	60 mm
Entraxe	$A=\frac{D_1+D_2}{2}$	114mm

Tableau.5.5: Caractéristique d'un engrenage droit.

9. Système de clavetage

9.1. Clavettes

Il s'agit d'une pièce mécanique qui relie et installe l'arbre avec l'axe de la machine tels que les rouleaux, les engrenages, etc. Pour une duplication pratique généralement en plastique flexible.

Il existe 3 principaux types

- Clavetage Parallèles (carrés ou rectangulaires).
- Clavetage de coin (avec ou sans talons).
- Clavetage de disque.

Dans notre cas, nous avons besoin de quatre cellules. Nous avons choisi la forme parallèle comme dans la (Fig. (5.18)).

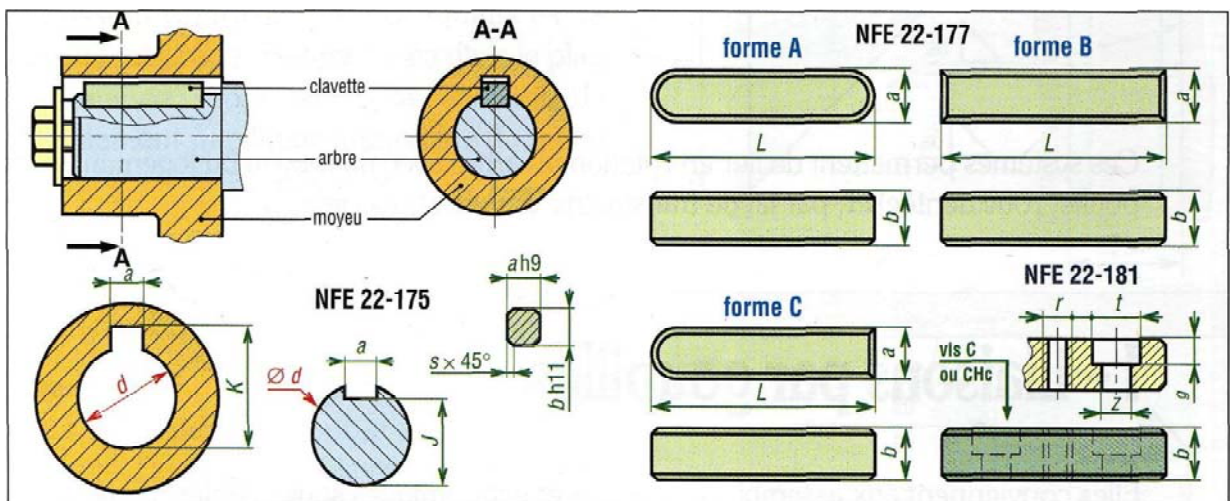


Fig.5.15: Formes des clavettes parallèles.

Nous avons sélectionné et conçu des dimensions avec l'observation des rouleaux, des courroies et de l'arbre.

Le matériau souvent utilisé c'est l'Acier avec $R \geq 600$ Pa.

10. Système des roulements

10.1. Roulement

C'est un outil qui permet un mouvement circulaire relativement restreint qui atteint un bon pivot et l'installation de l'arbre pour le creux.

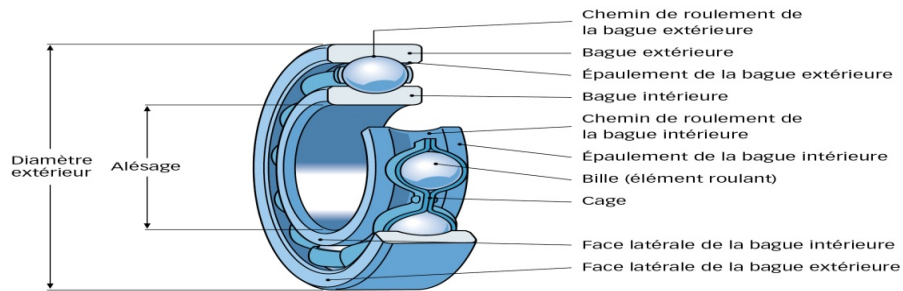


Fig.5.16: Principaux éléments constitutifs d'un roulement.

10.2. Différents types de roulement

Dans (Annexe. 8), nous trouvons tous le roulement disponible dans le domaine industriel et leurs composants, où notre choix est sur le roulement de type (BC) en raison de leurs propriétés physiques.

10.3. Choix du roulement

Les rouleaux utilisés sont sélectionnés selon les exigences techniques de chaque cas :

- Ancienneté.
- Charges importantes.
- La vitesse.
- Températures.
- caractéristiques techniques de chaque type ne peuvent pas être sélectionnées.

10.4. Caractéristique du roulement à billes

Symboles : +++ Excellent, ++ Bon, + Satisfaisant, - Peu adapté, -- Inadapté.

Type de roulement	Charge purement radiale	Charge purement Axiale	Charge Combinée	Couple	Vitesse élevée	Faible frottement
Roulement à billes	+	+	+	-	+++	+++

Tableau.5.6: caractéristique du roulement rigide à billes.

10.5. Désignation du roulement

Roulement : **75 BC 02 X**

- 75 : diamètre intérieur du roulement.
- BC : type de roulement à une rangée de billes à contact radial.
- 02 : Série de dimensions.
- X : n'importe quel type de cage.

11. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté des calculs numériques de différentes parties du broyeur, puis nous passons au chapitre suivant, qui est la conception et les simulations de diverses parties du broyeur.



Chapitre VI
Partie Simulation

1. Introduction

Dans ce chapitre, nous parlons de la conception assistée par ordinateur à travers laquelle nous pouvons concevoir toutes les parties du concasseur en plastique.

2. Dessin assisté par ordinateur

La conception assistée par ordinateur, ou CAO, combine des outils informatiques (logiciels et matériaux) qui permettent la modélisation technique de pièces mécaniques.

3. Principe

La CAO fournit une vue complète des pièces mécaniques avant leur fabrication, que ce soit en termes d'apparence, de structure ou de fonctionnement. On peut aussi les concevoir en deux ou trois dimensions (2D ou 3D).

4. Avantage

La CAO a eu un impact significatif sur la conception, révolutionnant la conception des produits, Avec les concepteurs passant de la conception sur papier à l'examen des conceptions mécaniques de manière facile à travers un ordinateur, il y a aussi de nombreux avantages que nous mentionnons:

- La conception par l'ACO est plus précise que le papier.
- Nous pouvons facilement changer l'échelle et maintenir la définition de l'image.
- Permet la conversion de fichiers à partir de différents logiciels CAO.
- Nous pouvons voir le modèle (3D) de conception.

5. Logiciel utilisé

Les logiciels industriels devraient être en mesure de résoudre de nombreux problèmes auxquels nous pourrions être confrontés pendant le dessin, il existe de nombreux types de logiciels de conception qui devraient être mentionnés par exemple, **SOLIDWORKS**, **CATIA**, **ABAQUS**, **ANSYS**,.... etc.

Dans notre étude de cas, ce programme a été utilisé **CATIA**.

6. Modélisation géométrique du Broyeur

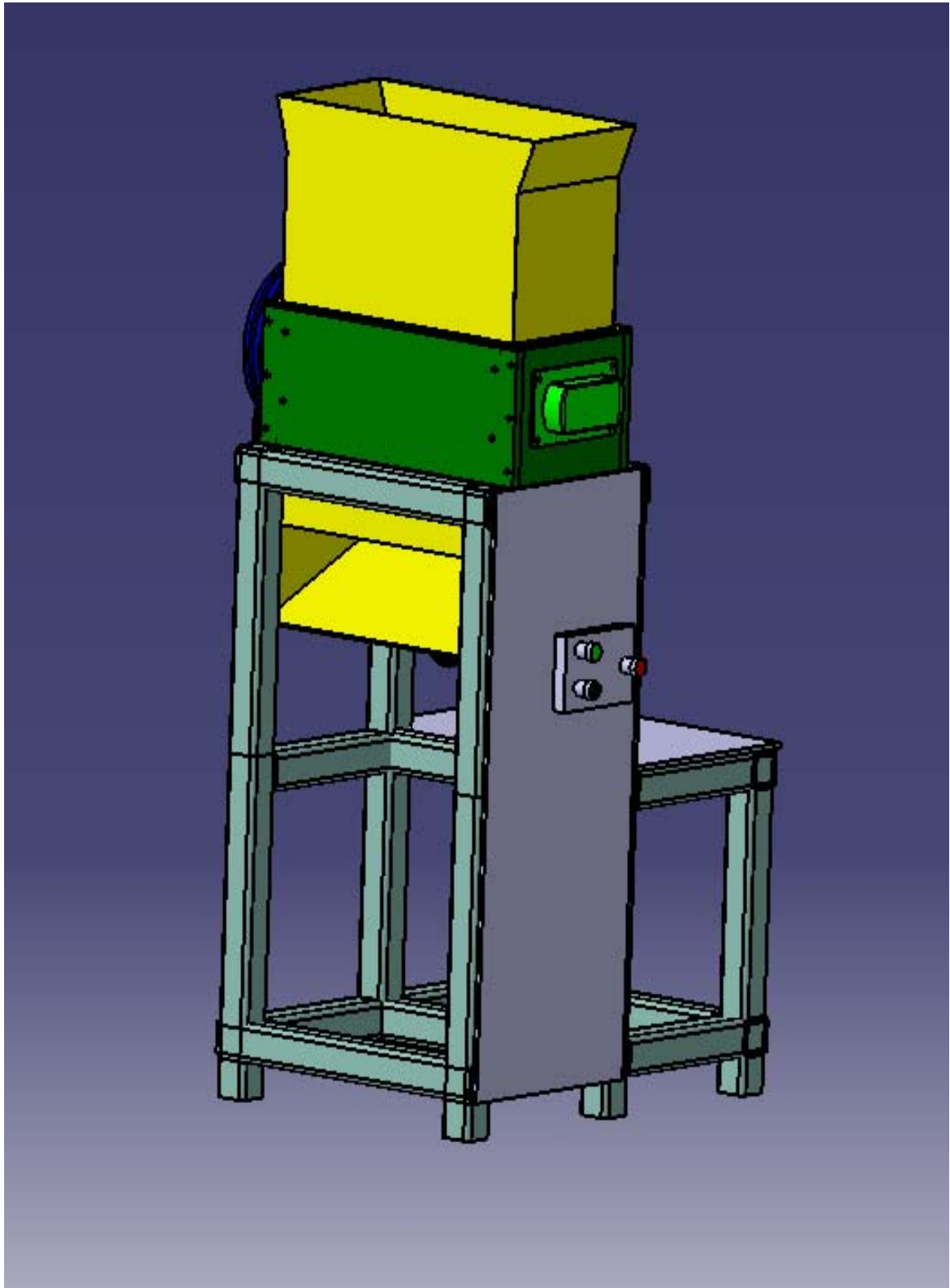


Fig.6.1 : Assemblage fini du broyeur.

La **(Fig. (6.1))** donne une vue d'ensemble du broyeur de plastique et de ses divers composants.

7. Assemblage des éléments du corps du broyeur

7.1. Assemblage des lames sur les deux arbres

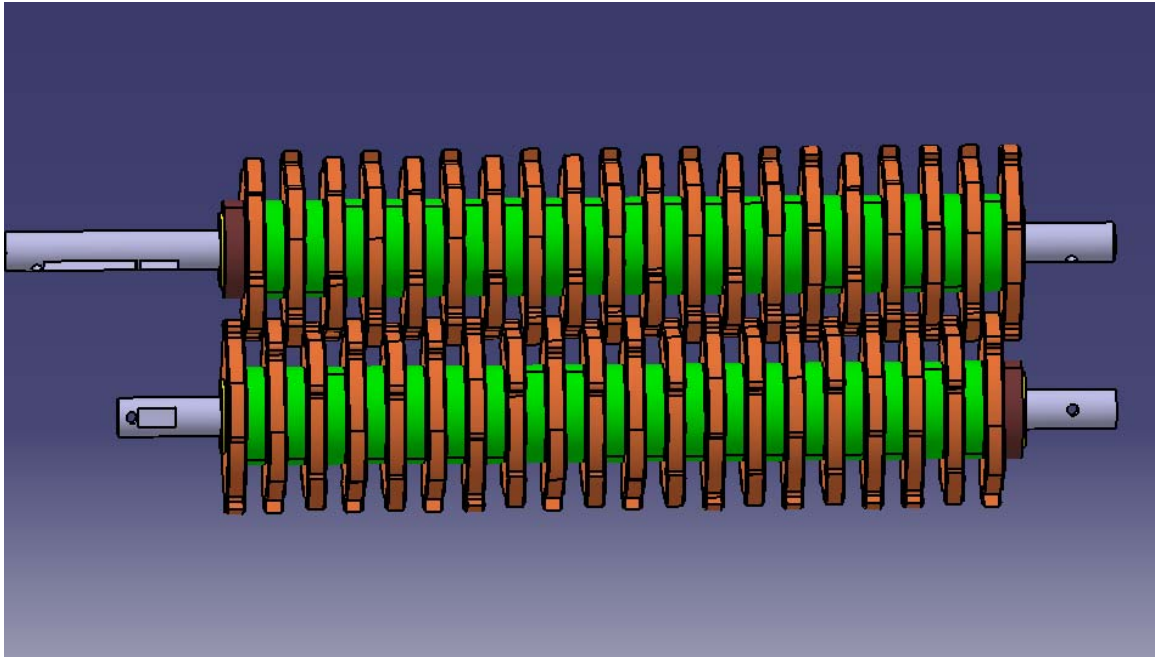


Fig.6.2 : Assemblage des lames sur les deux arbres.

Les lames et les arbres sont l'une des pièces les plus importantes trouvées dans le broyeur en plastique, la (Fig. (6.2)) montre l'assemblage de ce dernier. Les deux arbres portent 40 lames de sorte que 20 lames sont placées par arbres et cette partie prend le plus de travail et de concentration.

7.2. Modélisation Géométrique de Corps du broyeur

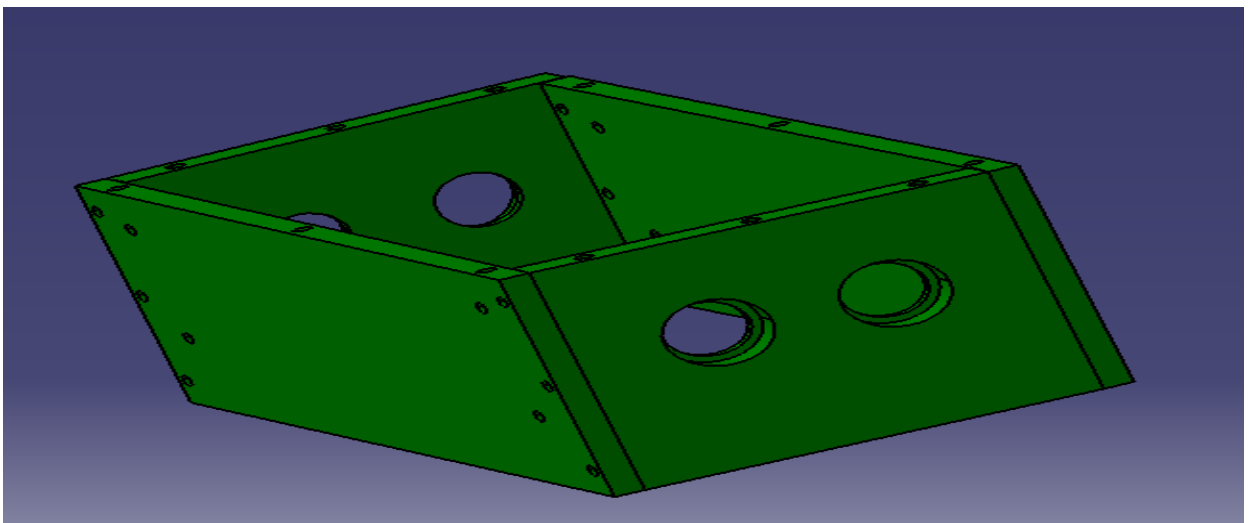


Fig.6.3 : Modèle 3D de bâti de corps du broyeur.

Compte tenu des normes de sécurité et de l'esthétique, le châssis du broyeur est conçu de manière à inclure l'assemblage des arbres et des lames et se compose de 4 pièces montées ensemble par des vis, comme le montre la (Fig. (6.3)).

7.3. Corps du broyeur

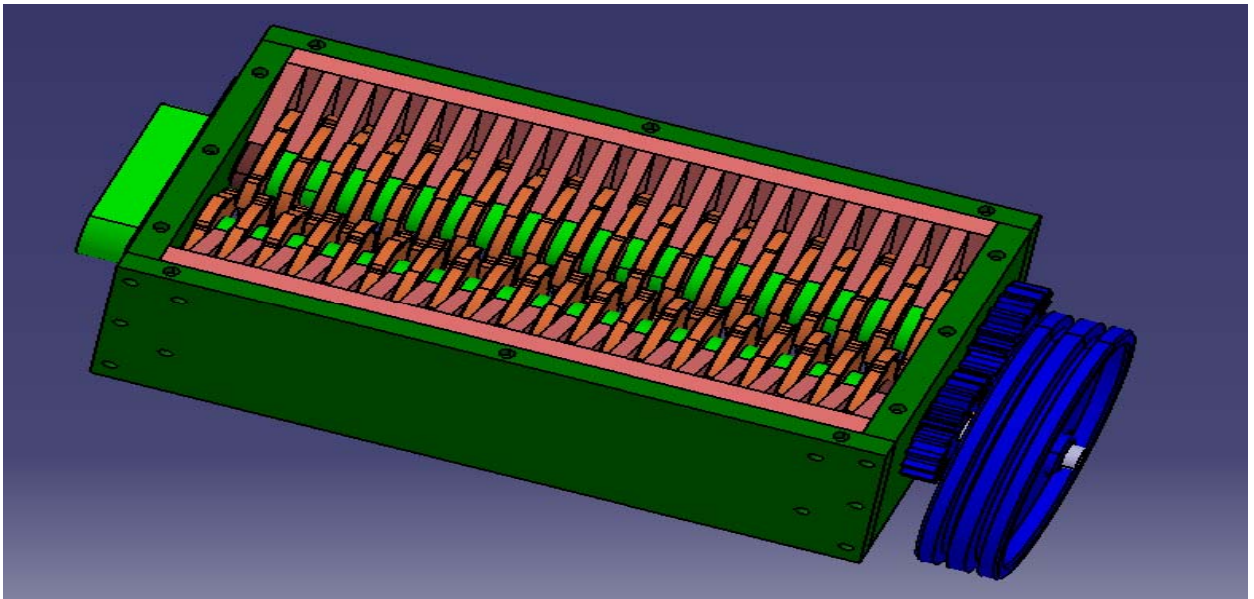


Fig.6.4 : Tout l'assemblage de corps du broyeur.

La (Fig. (6.4)) montre le corps du broyeur qui est la partie la plus importante de la machine, non seulement pour la difficulté de montage, mais permet la modélisation des différentes parties qui se composent, tels que l'arbre, les lames et les roues dentelées pour obtenir la forme globale du corps.

8. Modélisation numérique des principaux organes du broyeur (Simulation)

8.1. Vérification des résultants

8.1.1. Arbre

Masse	0.371 kg
Volume	$3.711 \times 10^{-4} m^3$
Masse volumique	$1000 kg/m^3$
Surface	$0.058 m^2$
Force normal	7390 N

Tableau.6.1 : Propriétés des matériaux de l'arbre.

8.1.1.1. Analyse Statique de l'arbre on Flexion

8.1.1.2. Contrainte de von mises

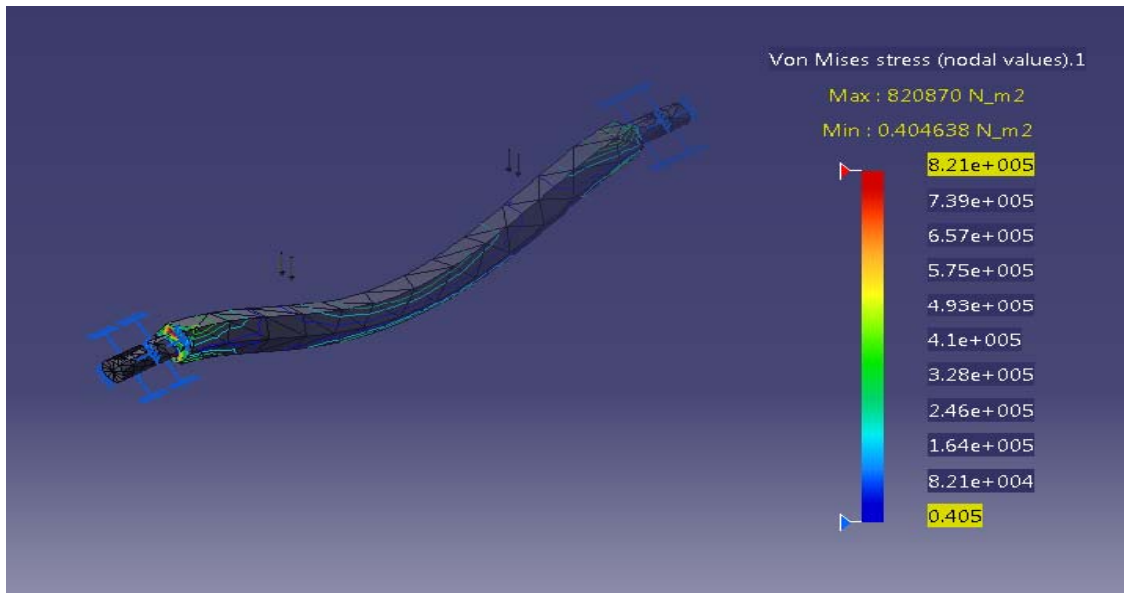


Fig.6.5 : Présentation de contrainte de Von Mises du à la flexion de l'arbre.

A partir de la (Fig. (6.5)), nous constatons que le contrainte de Von mises se limite au champ **0.405 Mpa et 8.21e+005 Mpa** Cela montre que les forces appliquées à la colonne n'affectent pas sa structure. Cela montre à quel point le métal choisi est résistant à la fabrication de ces pièces mécaniques.

8.1.1.3. Déplacement

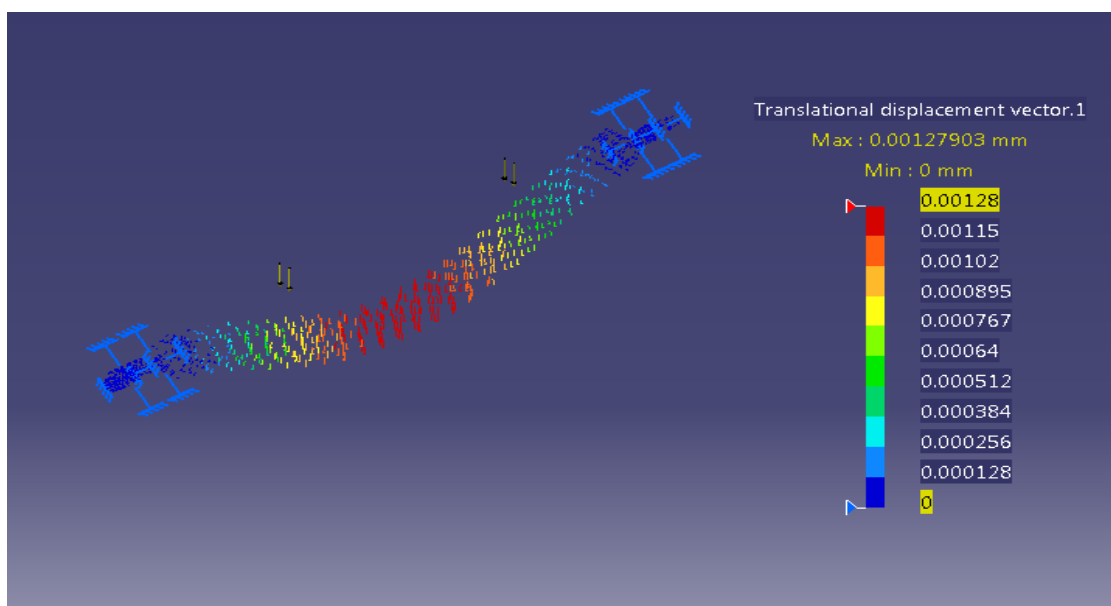


Fig.6.6 : Déplacement résultant de l'arbre en flexion.

Noter sur la (Fig. (6.6)) que le déplacement maximal appliqué au milieu de la colonne comme indiqué en rouge est de **0,00128 mm**.

8.1.1.4. Déformation équivalente

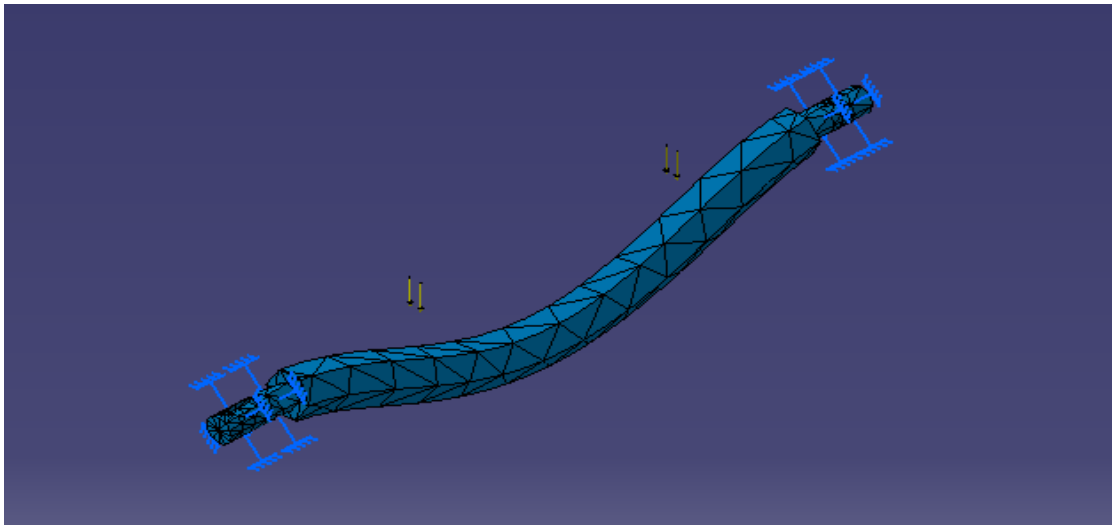


Fig.6.7 : Déformation équivalente de l'arbre en flexion.

La (Fig. (6.7)) montre l'état de contrainte dans le l'arbre de flexion et représente la contrainte minimale par rapport aux dimensions de la l'arbre et aux matériaux fabriqué.

9. Analyse Statique de l'arbre en torsion

9.1. Contrainte de von mises

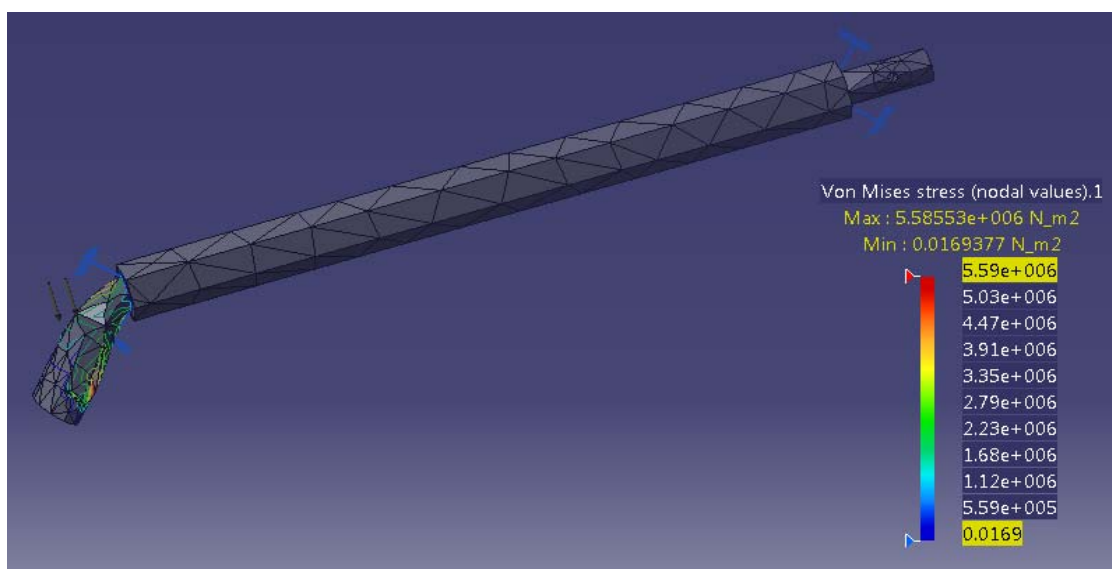


Fig.6.8 : Graphe de contrainte de Von Mises (arbre soumis à la torsion).

La (Fig. (6.8)) montre que la concentration de contrainte maximale est appliquée lorsque l'arbre est en contact avec l'engrenage, l'arbre et la grande bobine et est confiné entre **0.0169 Mpa** et **5.59^e+006 Mpa**.

9.2. Déplacements

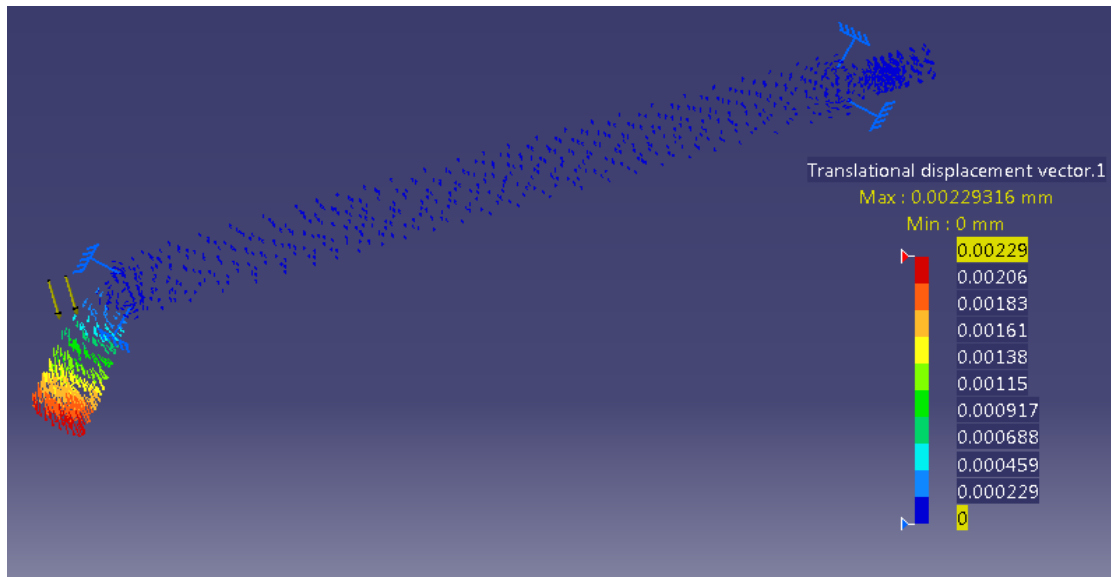


Fig.6.9 : Graphe de déplacements (arbre soumis à la torsion).

L'analyse de la (Fig. (6.9)), montre que des déplacements importants et des déformations extrêmes sont appliqués au bord de l'arbre à la surface du joint avec la grande bobine, comme le montre la couleur rouge sur le terrain **0 mm** et **0.00229mm**.

9.3. Déformations équivalente

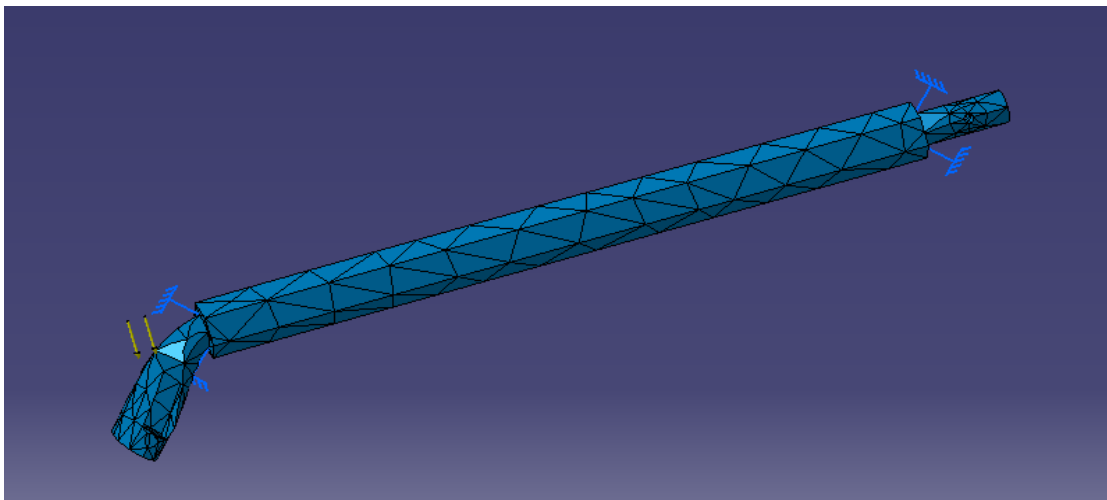


Fig.6.10 : Graphe de Déformations (arbre soumis à la torsion).

La (Fig. (6.10)) montre que la déformation se produit dans la zone confinée entre la surface hexagonale et le raccordement de l'arbre à l'engrenage.

10. lame

Masse	0.056 kg
Volume	$5.641 \times 10^{-5} \text{ m}^3$
Masse volumique	1000 kg/m^3
Surface	0.016 m^2
Force normal	184.75 N

Tableau.6.2 : Propriétés du matériau de la lame.

10.1. Analyse Statique de la lame

10.1.1. Contrainte de von mises

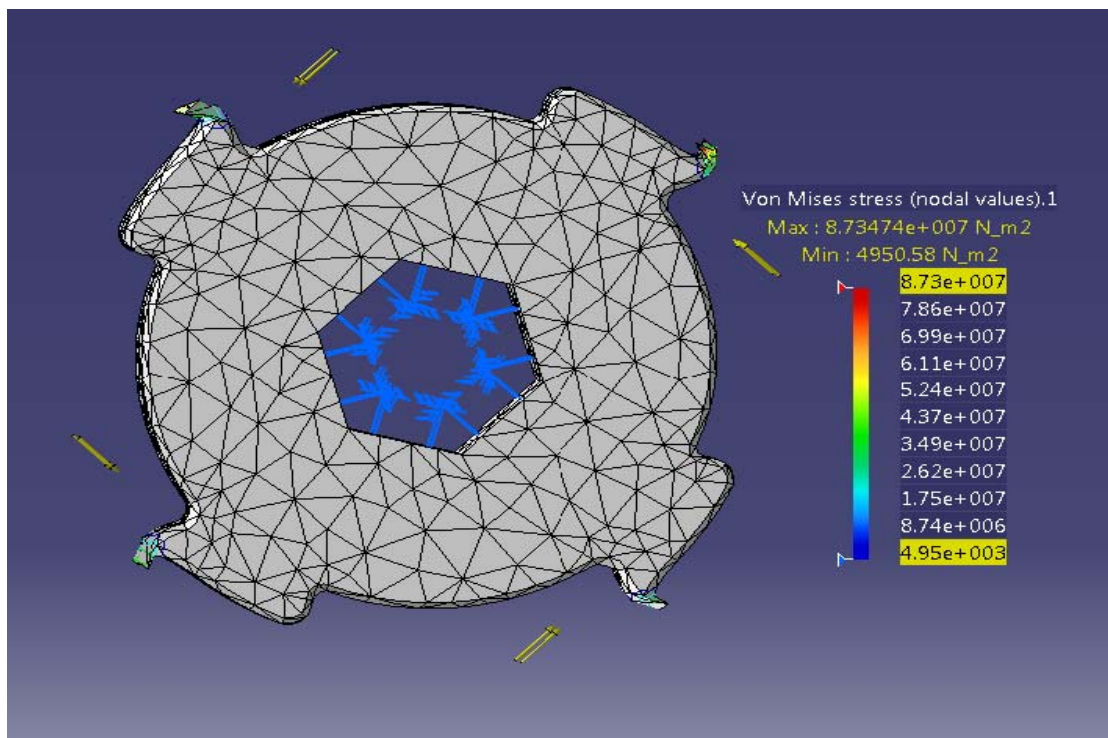


Fig.6.11 : présentation de contrainte de Von Mises de la lame.

A travers la (Fig. (6.11)), nous voyons que la contrainte appliquée à la lame affecte les quatre surfaces à travers lesquelles le plastique est coupé et confiné au champ 4.95^e+003Mpa et 8.73^e+007Mpa .

10.1.2. Déplacement

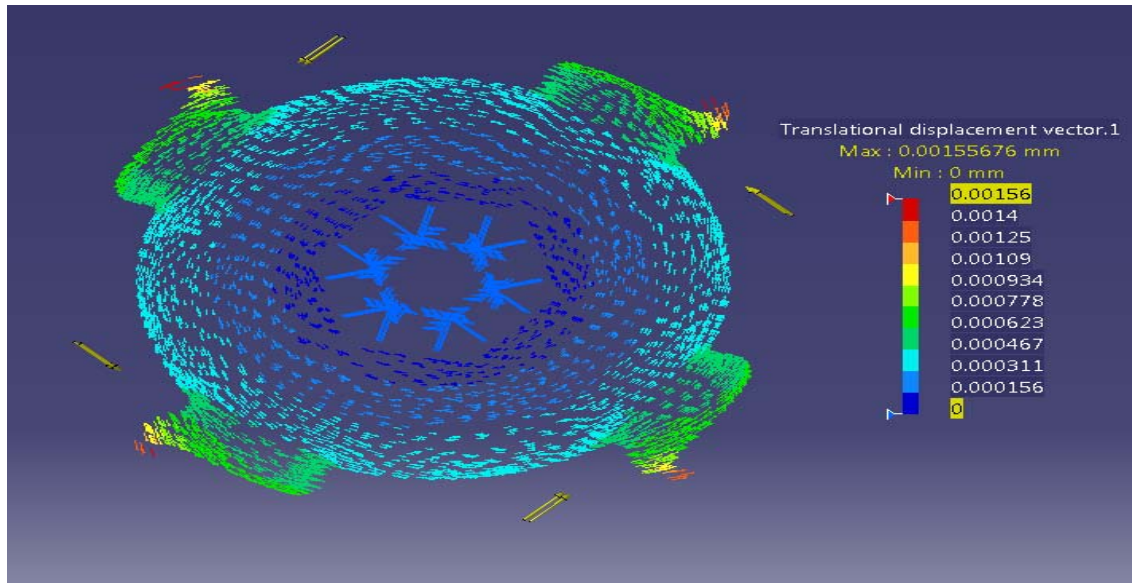


Fig.6.12 : Déplacement résultant de la lame.

L'analyse de la (**Fig. (6.12)**) montre que le déplacement maximal se situe sur les bords de la face supérieure responsable de la coupe et est limité entre **0mm et 0.00156mm**.

10.1.3. Déformation

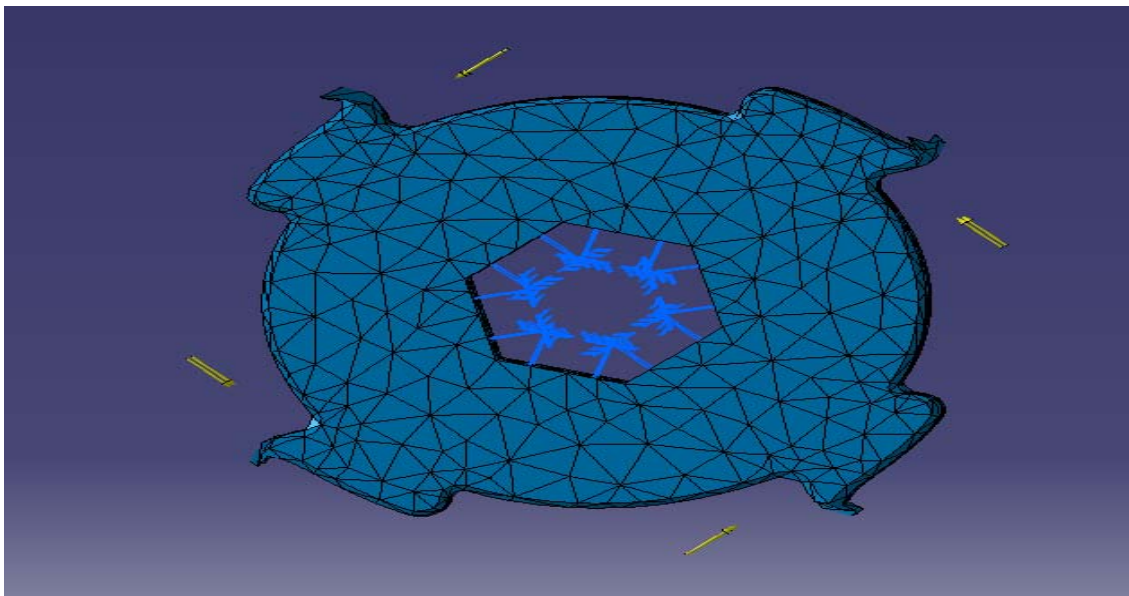
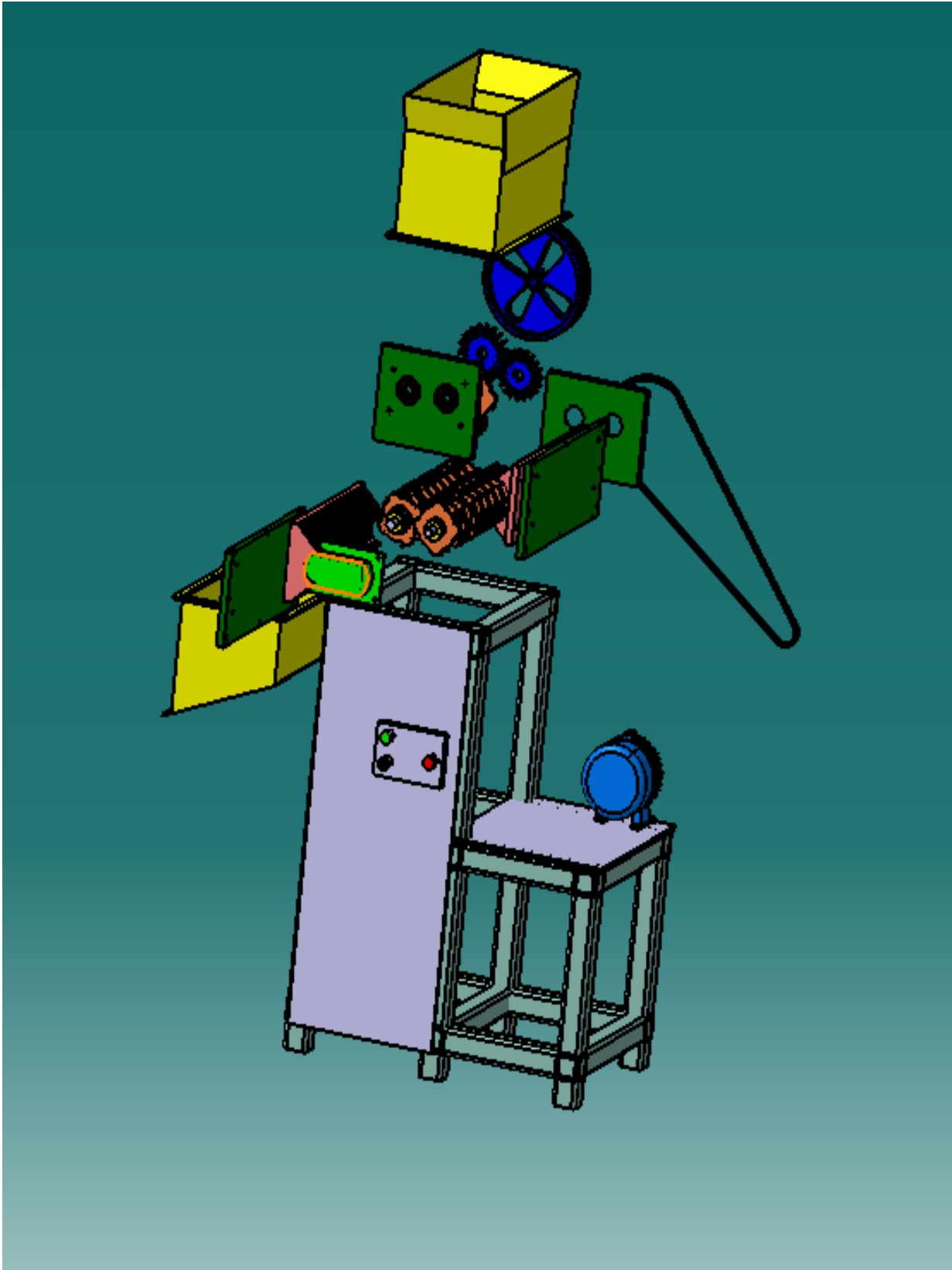
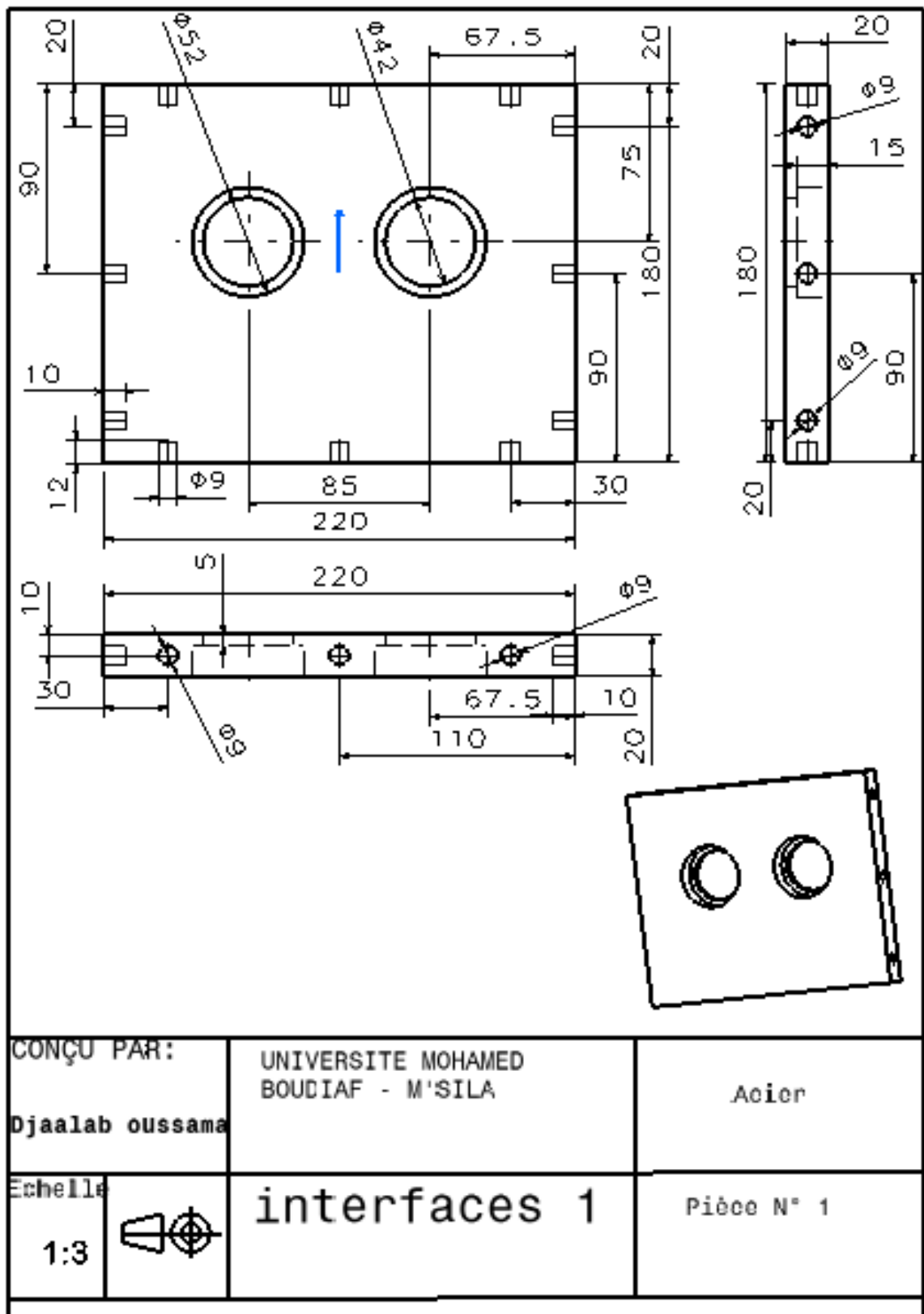


Fig.6.13 : Déformation équivalente de la lame.

De la (**Fig. (6.13)**), nous remarquons que la zone la plus touchée dans la lame de cisaillement est les surfaces sur lesquelles le cisaillement est effectué.





CONÇU PAR:
Djaalab oussama

UNIVERSITE MOHAMED
BOUDIAF - M'SILA

Acier

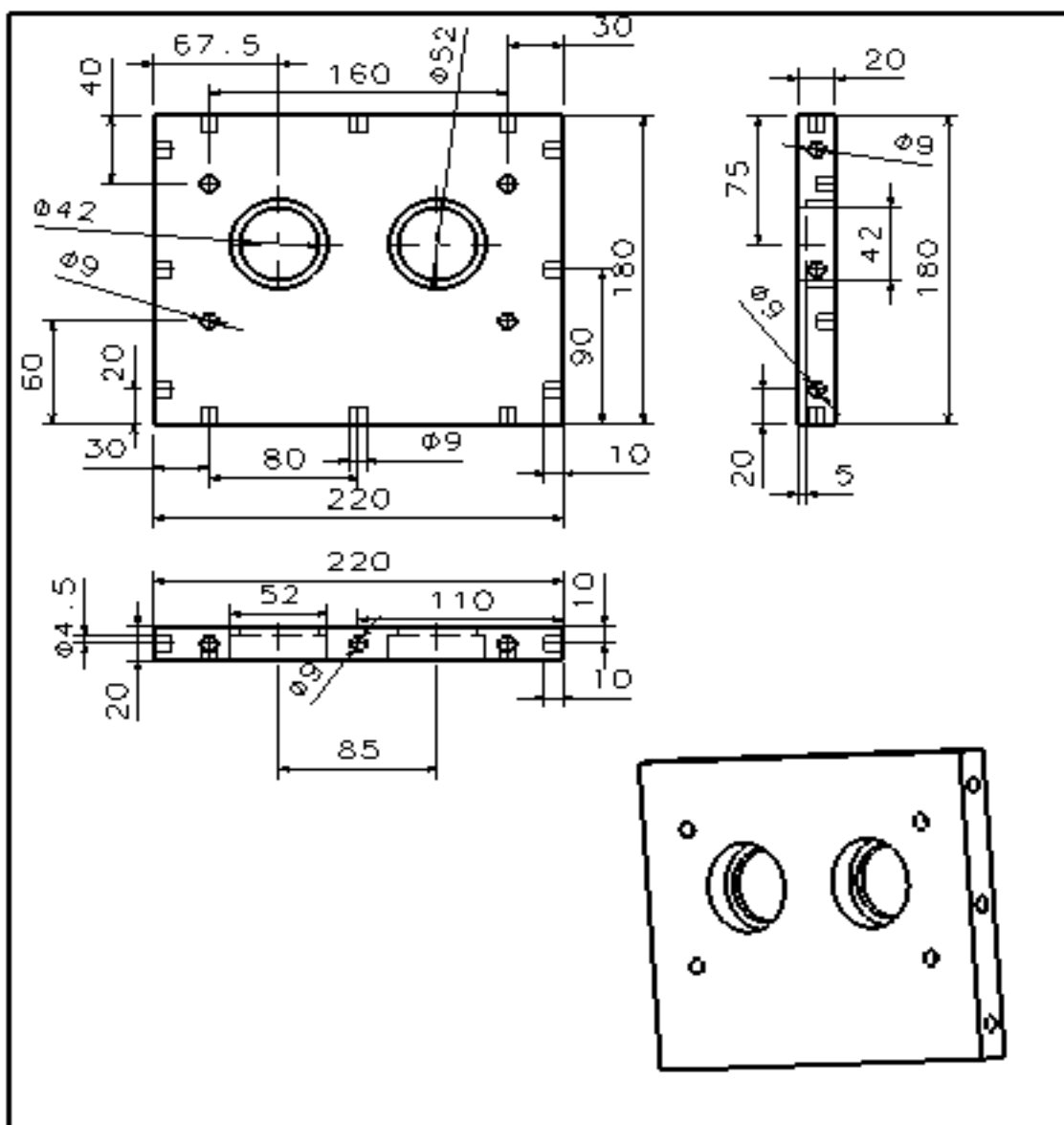
Echelle


1:3

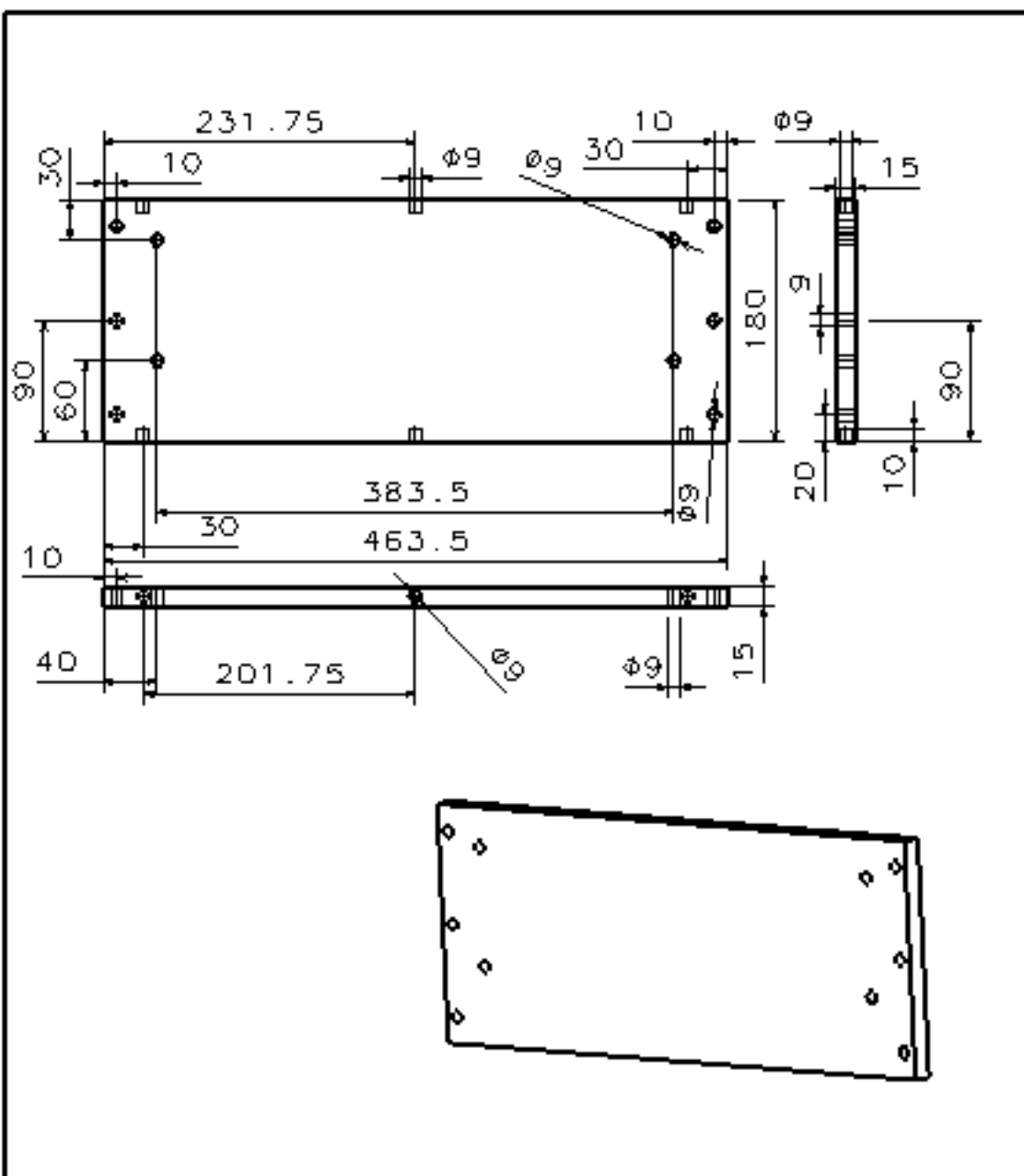


interfaces 1

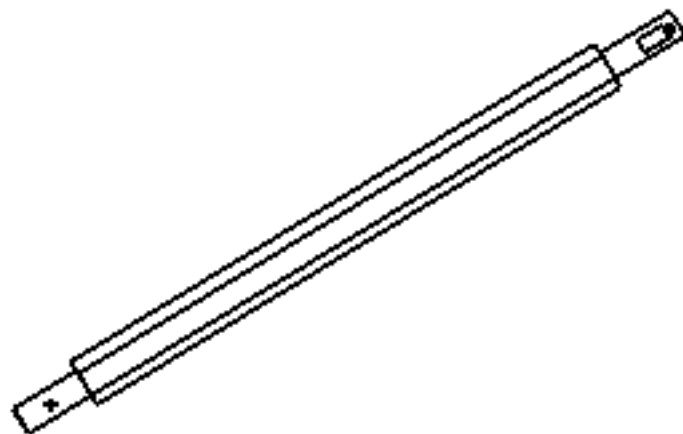
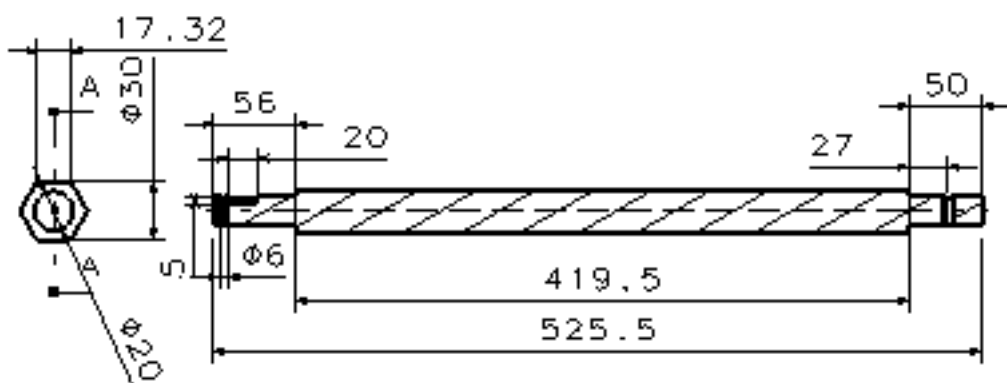
Pièce N° 1




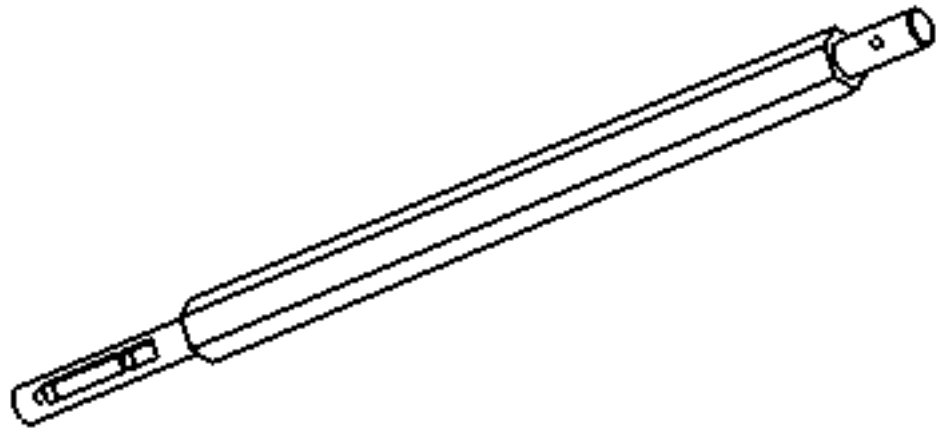
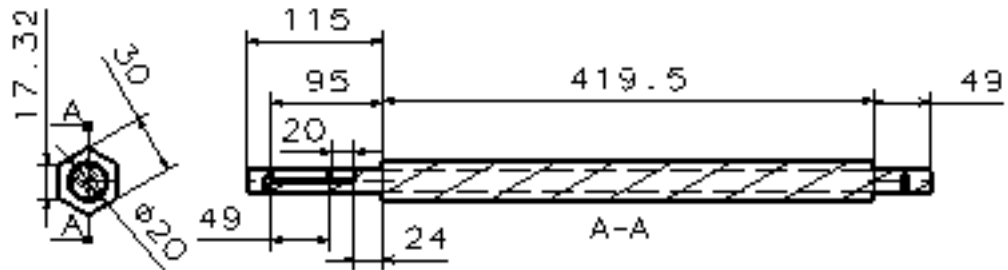
CONÇU PAR:		UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA	Acier
Djaalab oussama			
Echelle		interfaces 2	Pièce N° 2
1:3			



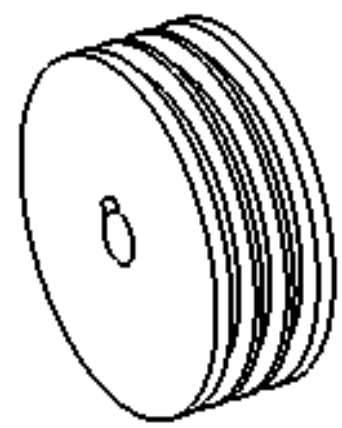
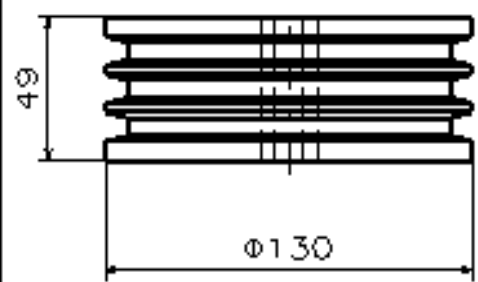
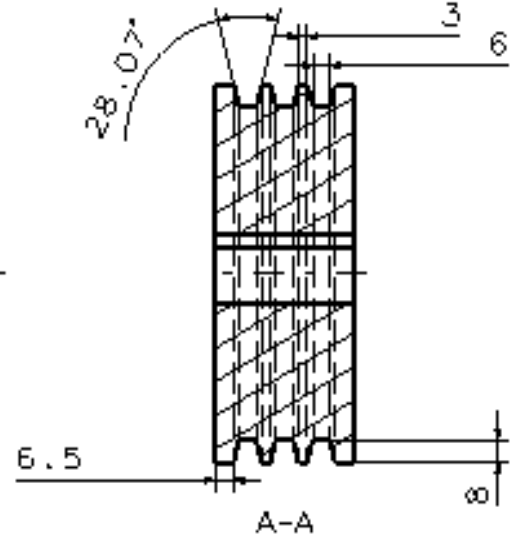
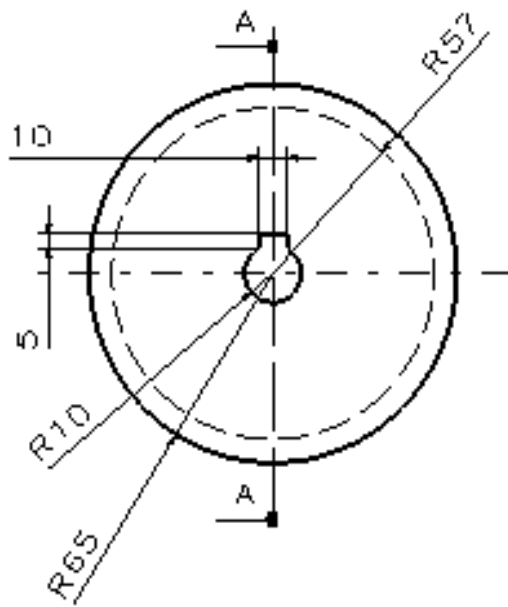
CONÇU PAR: Djaalab oussama	UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA	Acier
Echelle 1:4	interfaces 3	Pièce N° 3




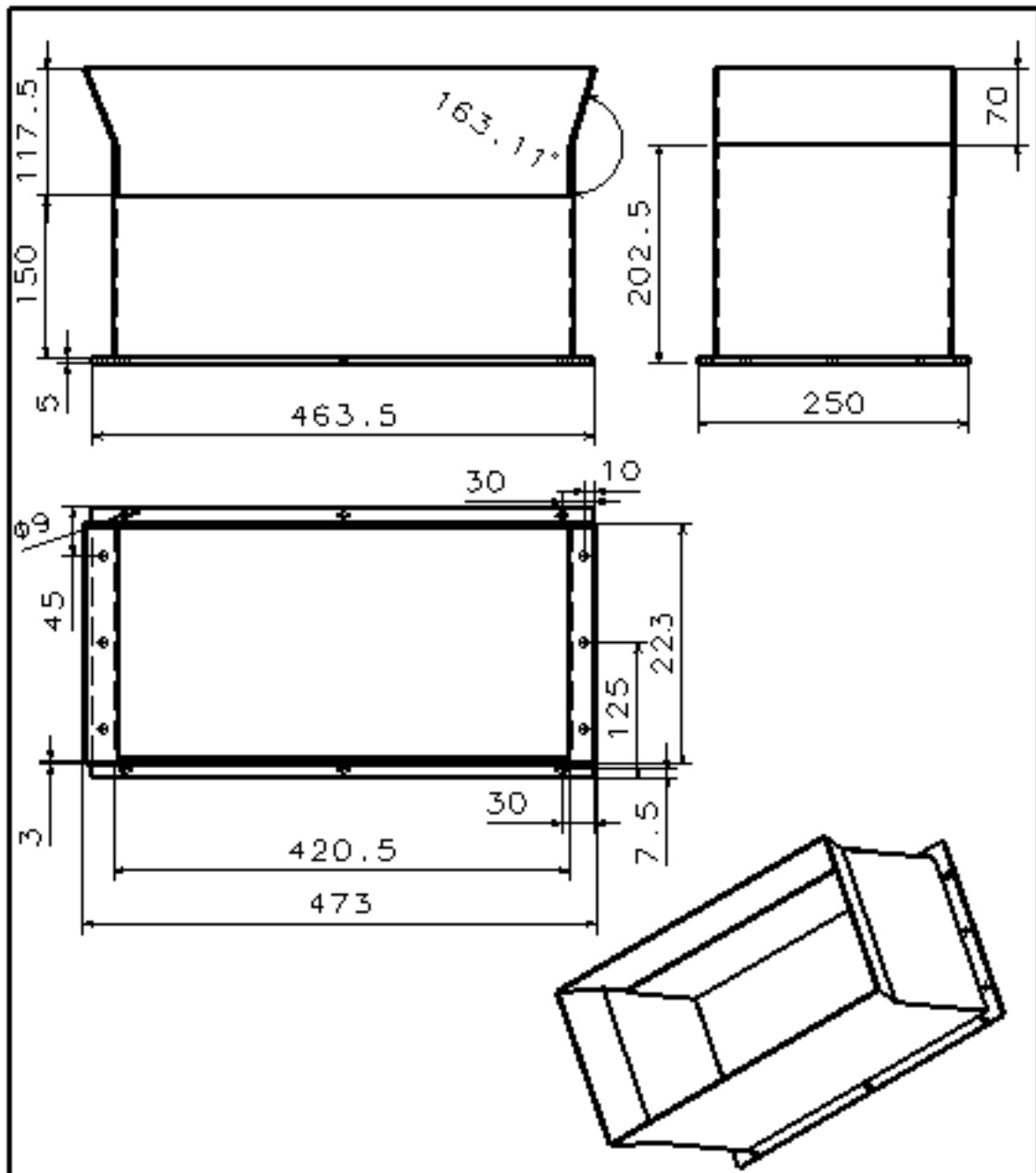
CONÇU PAR: Djaalab oussama		UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA	Acier C 45 (XC 48)
Echelle 1:4		ARBRE PORTE LAMES	Pièce N° 4




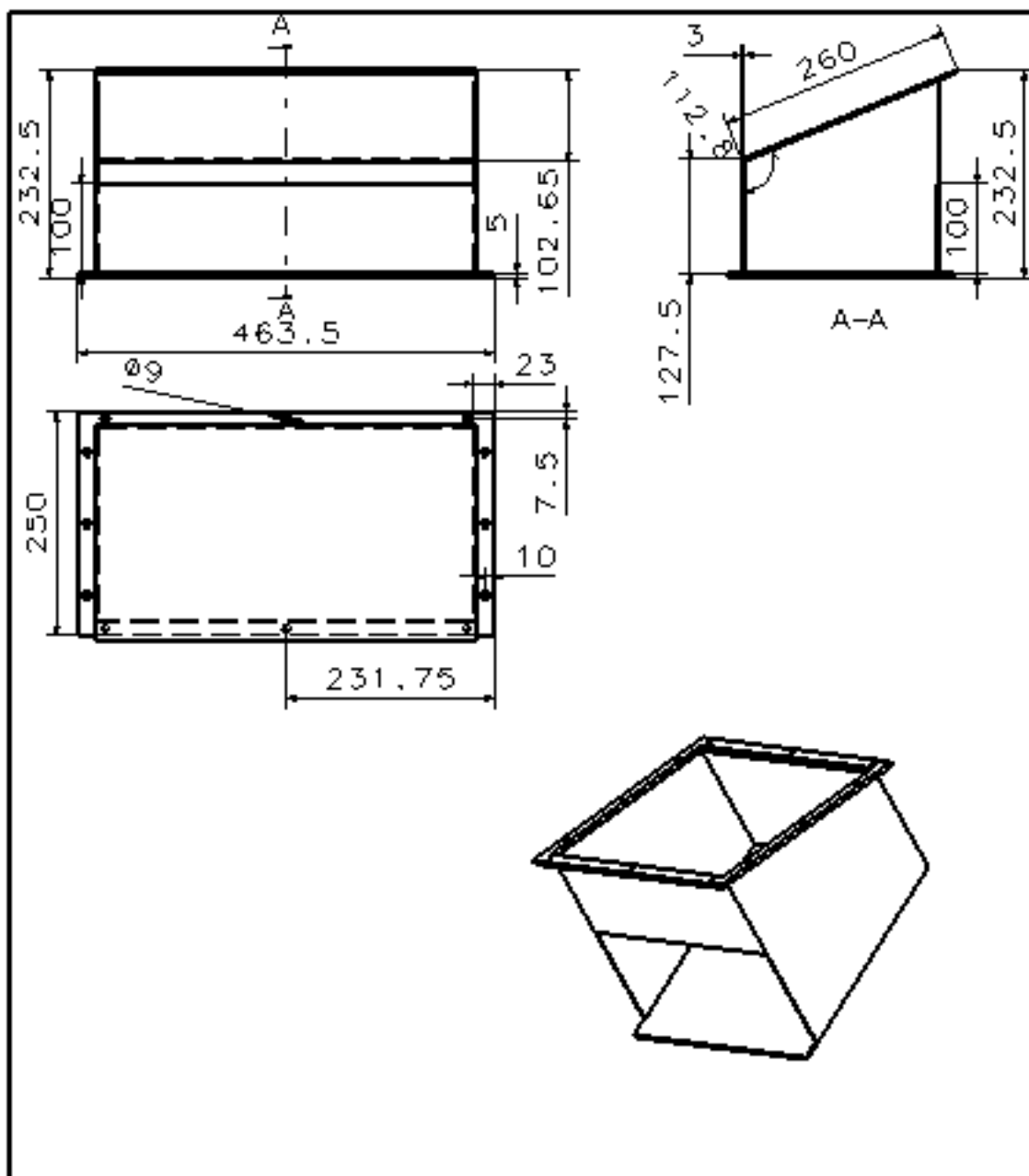
CONÇU PAR: Djaalab oussama	UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA	Acier C 45 (XC 48)
Echelle 1:4	ARBRE PORTE LAMES	Pièce N° 5




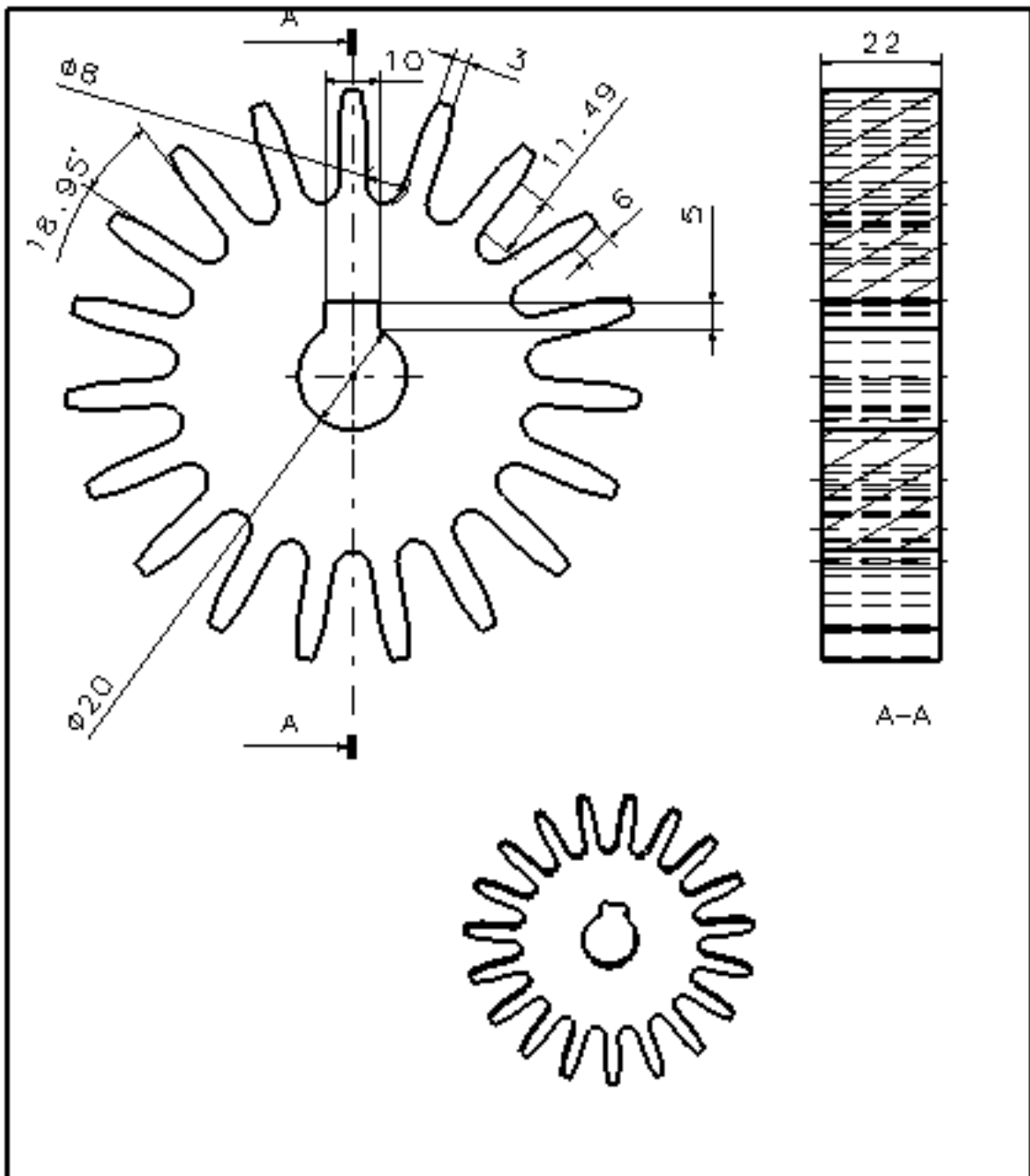
CONÇU PAR: Djaalab oussama		UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA	FONTE FT 20
Echelle 1:1		PETITE POULIE	Pièce N° 6




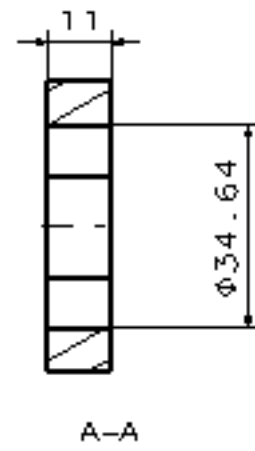
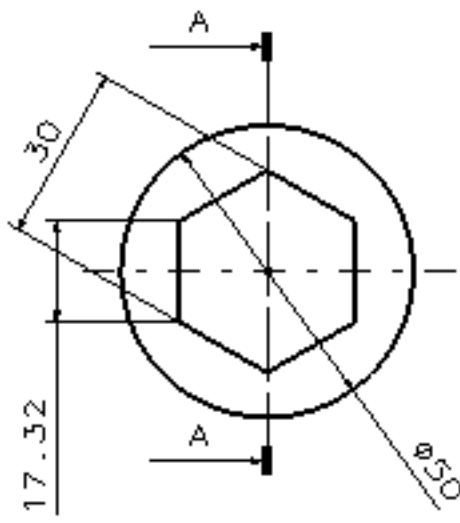
CONÇU PAR: Djaalab oussama		UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA	Acier
Echelle 1:6		TREMIE	Pièce N° 7



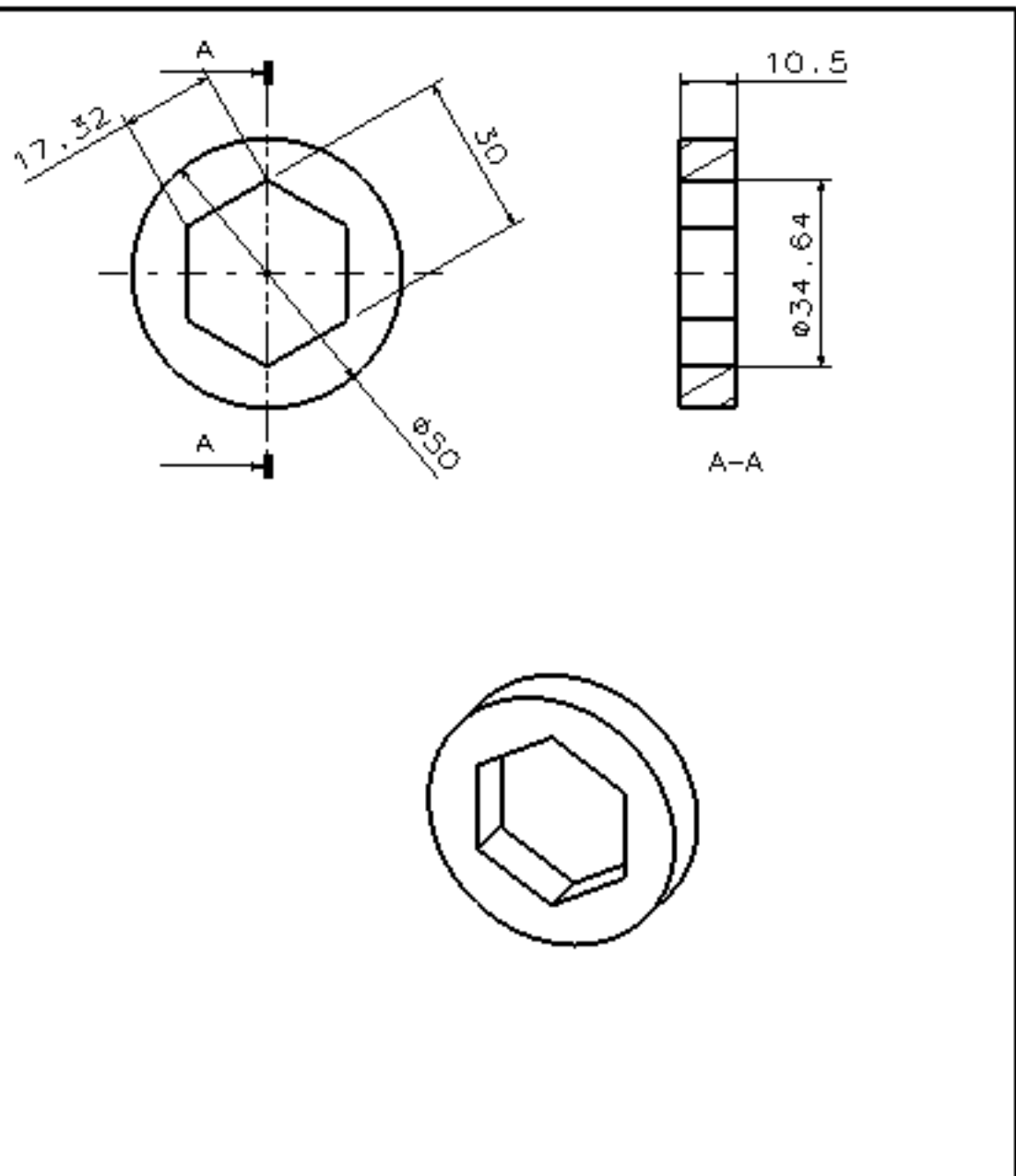
CONÇU PAR: Djaalab oussama		UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA	Acier
Echelle 1:6		SUPPORT CORPS	Pièce N° 8




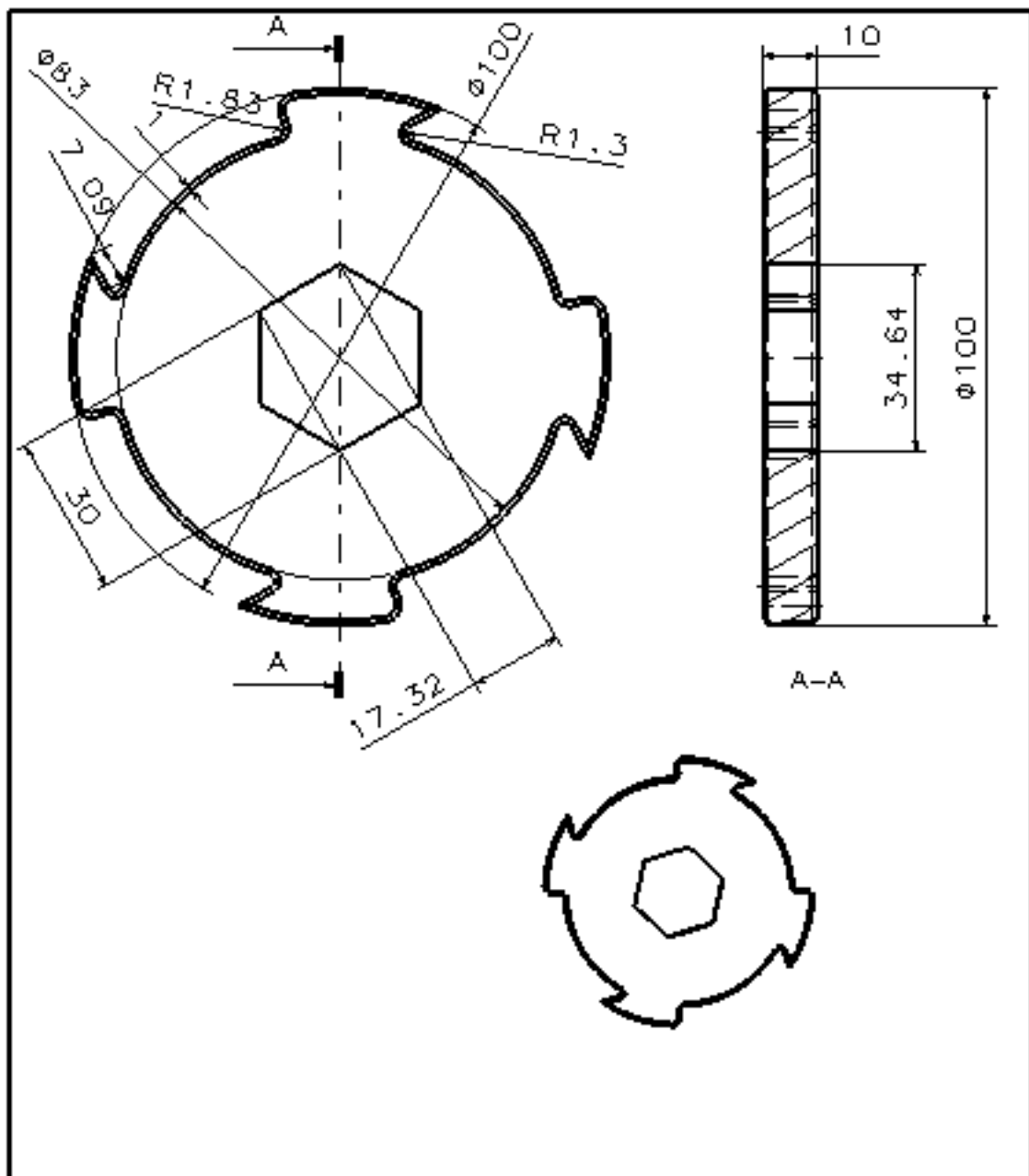
CONÇU PAR: Djaalab oussama		UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA	l'acier fin Xc 48
Echelle 1:1		ROUE DENTÉE	Pièce N° 9




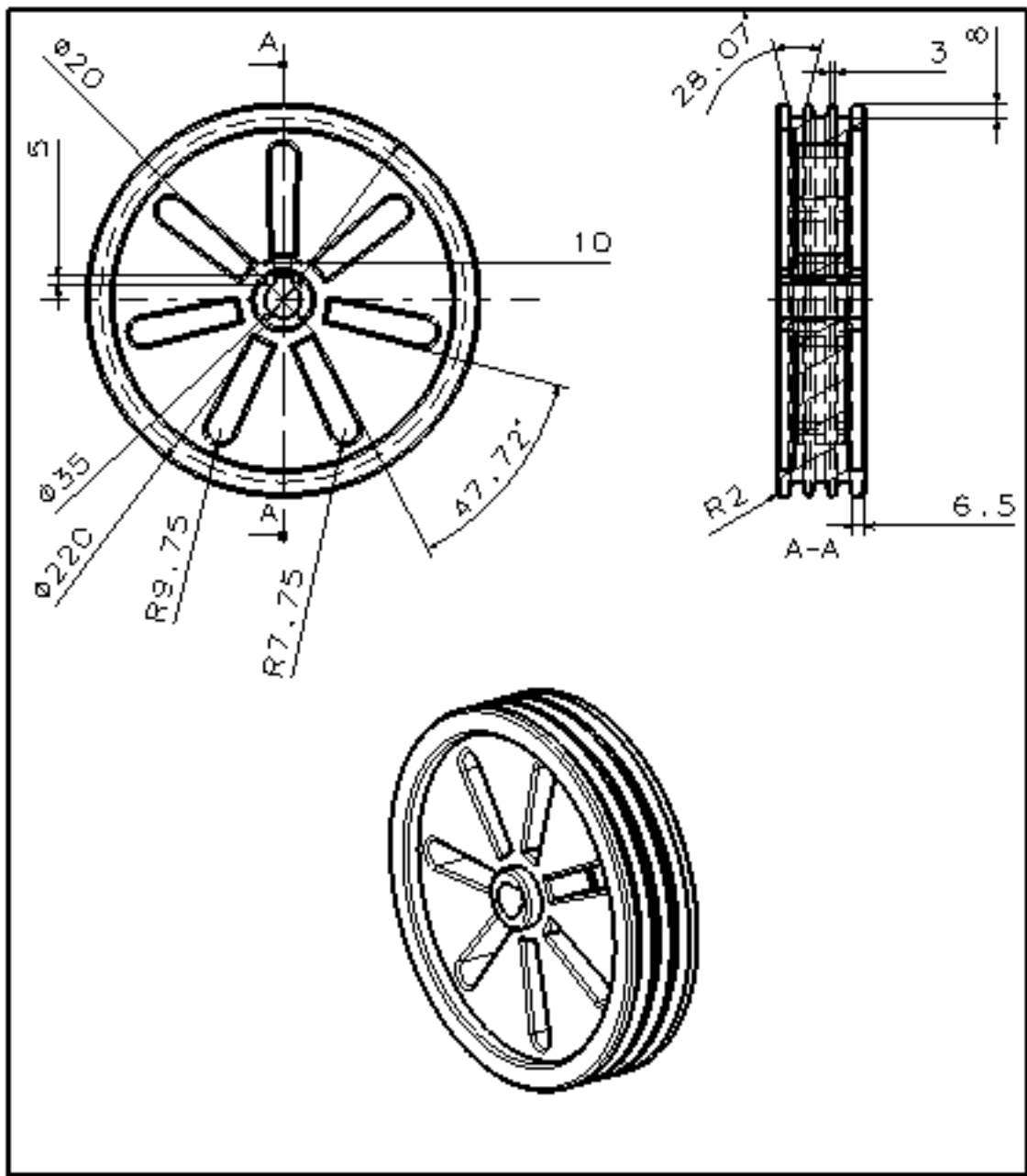
CONÇU PAR: Djaalab oussama		UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA	Acier
Echelle 1:1		Entre lame 1	Pièce N° 10



CONÇU PAR: Djaalab oussama		UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA	Acier
Echelle 1:1		Entre lame 2	Pièce N° 11



CONÇU PAR:		UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA	Acier inoxydable chromé
Djaalab oussama			
Echelle		LAME	Pièce N° 12
1:1			



CONÇU PAR: Djaalab oussama		UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA	Fonte F ²⁰
Echelle 1:3		GRANDE POULIE	Pièce N° 13



Chapitre VII
Conclusions Générales

1. Conclusions géniales

À l'heure actuelle, les déchets de plastique sont l'un des principaux polluants de l'environnement. Compte tenu de la durée de sa période de dégradation d'environ 1000 ans, et donc au fil du temps, la proportion de déchets augmente considérablement, de sorte qu'il doit être éliminé de diverses façons, Beaucoup d'entre eux brûlent, remblayage, recyclage, Nous avons donc présenté ce projet en étudiant une des solutions qui nous permet de nous débarrasser du problème des déchets plastiques, soit le recyclage.

Dans ce travail, nous avons présenté une étude et un modèle de conception de la machine de recyclage des déchets plastiques dans le domaine industriel où la recherche bibliographique a permis de fournir un maximum d'informations sur les types de broyeur de plastique le plus couramment utilisé dans le domaine du recyclage.

Nous avons proposé un modèle pour un broyeur à deux arbres parallèles où cette machine permet tous les types de plastique à couper et est d'utilisation simple et gérable.

Ce projet comporte trois volets. Le premier vise à donner un aperçu des déchets plastiques et de leur domaine d'utilisation. Pour la deuxième partie, nous offrons les types de broyeur dans le domaine industriel, et la troisième et dernière partie, c'est la partie la plus importante comprend les calculs et les dimensions des différentes parties du broyeur ainsi que la conception et les simulations de ses éléments constitutifs.

Nous avons pas eu le temps pour la réalisation d'un prototype de ce broyeur, mais nous espérons que ce travail trouve une continuation avec des étudiants Master pour faire la réalisation d'un broyeur.



***Références
Bibliographique***

- [1] <https://www.plasticseurope.org/fr/about-plastics/what-are-plastics>.
- [2] Kale S.K., Deshmukh A.G., Dudhare M.S. & Patil V.B., 2015. « Microbial degradation of pesticide: A review.
- [3] Bowmer, T. ET Kershaw, P. 2010. Proceedings of the GESAMP International Workshop on micro plastic particles as a vector in transporting persistent, bioaccumulation and toxic substances in the ocean. Paris : UNESCO-IOC.
- [4] Alabi, O. A., Ologbonjaye, K. I., Awosolu, O., Alalade, O. E. (2019). Public and environmental health effects of plastic wastes disposal: à review. *J Toxicol Risk Assess*, 5(021), 1-13.).
- [5] Proshad R, Islam MS, Kormoker T, Haque MA, Mahfuzur Rahman MD, et al. (2018) Toxic effects of plastic on human health and environment: A consequences of health riskassessment in Bangladesh *Inter J Hlth* 6: 1-5).
- [6] BOUDET A « Voyage au coeur de la matière plastique (les microstructures des polymères) », éd. CNRS, Paris, 2003.
- [7] Carrega, M. et al. 2012. *Matières plastiques : propriétés, mise en forme et applications industrielles des matériaux polymères*. 3e éd., Paris: Dunod L'usine nouvelle.
- [8] Sadat-shojai M. & Bakhshandeh G., 2017. Recycling of PVC wastes. *Polym. Degrad. Stab.* **96**(4), 404–415.
- [9] Brula P. & Thoumelin P., 2007. Risques sanitaires engendrés par la valorisation des déchets (recyclage et réutilisation).
- [10] Idem.
- [11] Mahiout S., 2014. Mettre en valeur ou bannir le polystyrène - approches dans un cadre de développement durable.
- [12] Biron, M., 2012. *Thermoplastics and Thermoplastic Composites*. 2nd ed., Burlington: Elsevier Science.
- [13] Proshad R, Islam MS, Kormoker T, Haque MA, Mahfuzur Rahman MD, et al.
- [14] [(article L) (loi du 15juillet 1975)].
- [15] code de l'environnement).partie législative, article L541-1 ; 24 déc. 2007 ; France.
- [16] (Ben Small Salem, la problématique de la gestion des déchets solides à travers les modes de traitement des déchets ménagers et hospitaliers : cas de la comme de Bejaia mémoire de magistère en sciences économiques, 2010)].
- [17] Nature (BAKHTI, L., & ZAHRA, B. F. (2017). La gestion des déchets recyclables de la commune de M'SILA (Doctoral dissertation, Université de m'silla.

- [18] NAGHEL M. (2003). La gestion des déchets solide urbains : cas d'étude : ville de Msila. Mémoire de magistère en gestion écologique de l'environnement urbain .université Mohamed Boudiaf. 202 p.
- [19] S.P.E ,1997-société pour la protection de l'environnement, les déchets dangereux, histoire, gestion et prévention édition GEORG, dossier de l'environnement, paris 1997.125p.
- [20] ADEME, Direction des Énergies Renouvelables, des Réseaux et des Marchés Énergétiques Hilaire BEWA, 'Biodégradabilité et Matériaux Polymères Biodégradables, Note de Synthèse I', Juin 2006.
- [21] Thompson R.C. & Swan, Shanna H Moore, Charles J Saal F.S., 2009. Our plastic age 1973 –1976.
- [22] S.M. Al-Salem, Lettieri P. & Baeyens J., 2009. Recycling and recovery routes of plastic solid waste (PSW): A review. Waste Manag. **29**(10), 2625–2643.
- [23] Lecomte P. & Das K., 2018. Printemps des sciences: Microplastiques et océan.
- [24] Association of Plastics Manufacturers in Europe (APME) Prospectus.
- [25] European IPPC Bureau, 2006. Reference document on the Best Available Techniques for Waste Incineration. Integr. Pollut. Prev. Control 638.
- [26] Lors de leur stockage, l'action conjuguée de l'eau de pluie et de la fermentation naturelle des déchets donne un produit appelé les « lixiviats ». Ils sont riches en matière organique et en éléments traces.
- [27] Themelis N.J. & Ulloa P.A., 2007. Methane generation in landfills. Renew. Energy 32(7),1243–1257.
- [28] Geyer R., Jambeck J.R. & Law K.L., 2017. Production , use , and fate of all plastics ever made (July), 25–29.
- [29] PlasticsEurope, 2017. Plastics – the Facts 2017 An Analysis of European Latest Plastics Production, Demand and Waste Data.
- [30] B.Kamel-Eddine,«Conception et Réalisation d'une Unité de Recyclage –Plastique-,»2016.
- [31] lessine , «TECHNIQUE DE BROUYAGE,» 2009.[9].
- [32]Disponiblesur:
https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiF6-fMr3wAhVBoVwKHc3DDzYQFjAAegQIAhAD&url%2Fflabservice.fr%2Fbroyage%2F&usg=AOvVaw1UDzNp_2MvrlIG6vzxHyoILe:24/05/2021.

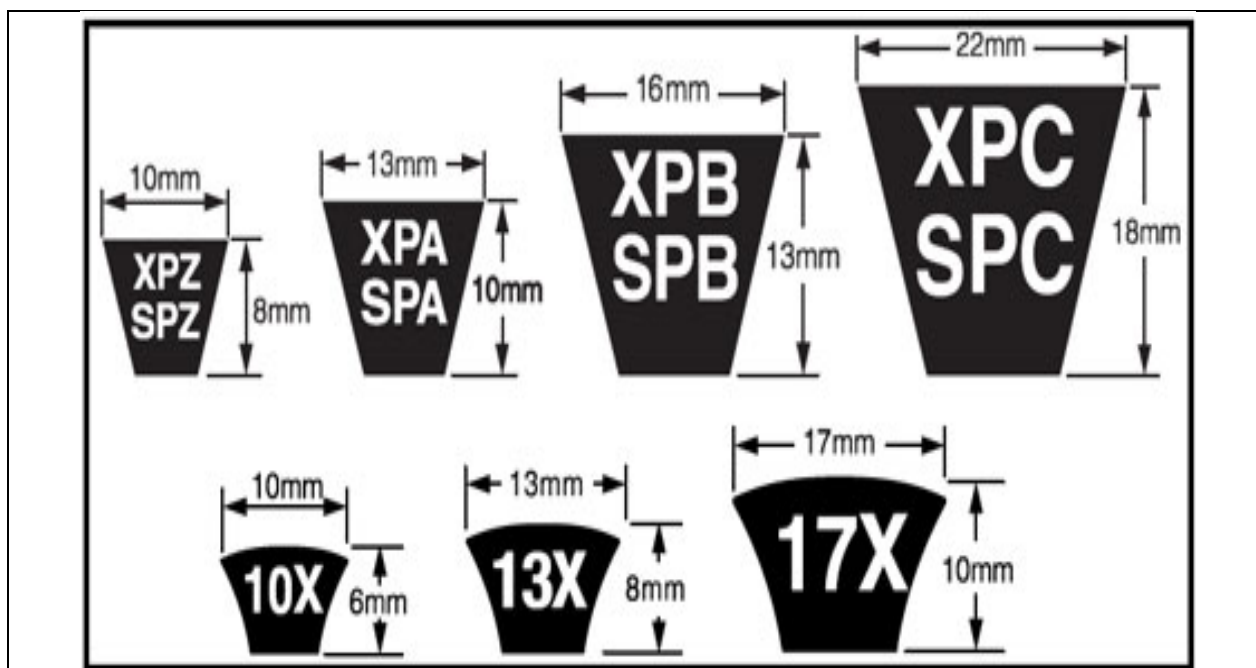
- [33]. BENSADI, Ahmed. Etude de l'usure du concasseur à marteaux intermédiaires EV250*300-2-85. 2018. PhD Thèses. Université Mohamed Boudiaf -M'sil.
- [34]. Disponible sur: https://www.researchgate.net/figure/Schema-dun-broyeur-a-marteaux-Ces-appareils-couvrent-large-domaine-de-distributions_fig5_280755839 Le 25/05/2021.
- [35]. M. Adel, «Amélioration des caractéristiques techniques d'un broyeur pour les bouteilles en plastique,» 2009.
- [36]. FAKHREDDINE, LAIFA. Etude technico-économique des marteaux du concasseur EV250X300-2-85 de l'usine LAFARGE CIMENT de M'SILA. 2017. PhD Thèses. Faculté de technologie/ Université Mohamed Boudiaf -M'silla.
- [37]. P 32 Procédés et machines de traitement des minéraux utiles : le manuel/ P.I. Pilov, O.V. Petrova. – D. : Université Nationale des Mines, Ukraine 2013. – 114 p.
- [38] : Mme ZAPATA-MASSOT Céline, THESE (synthèse de matériaux composites par Cobroyage en voie sèche. Caractérisation des propriétés physico-chimique et d'usage des matériaux), Institut National Polytechniques de TOULOUSE, (décembre 2004).
- [39] Cours de Construction mécanique du Dr. HAMZA CHERIF Sidi Mohamed - MCA - responsable Master Construction mécanique - université Abou Bekr Belkaid Tlemcen faculté de technologie.
- [40] Guide du dessinateur industriel édition (1979).

ANNEXES

Annexe.1: Caractéristiques et domaines d'utilisation des moteurs électriques.

Catégorie	Type	Propriétés	Utilisation
Courant continu	Aimants permanent	Faible puissance asservissement aisé	Matériel informatique, robotique, véhicule électrique
	Excitation Independent	Couple important	Lavage, machines-outils
	Excitation série	Fort couple au démarrage	Démarrreur automobile,
Courant alternative	Asynchrone monophasé	Faible puissance, très économique	Électroménager
	Asynchrone triphasé	Économique, toutes puissances	Moteur industriel le plus répandu
	Synchrone à aimant	Faible puissance, variateur de vitesse obligatoire	Robotique (moteur sans balais), matériel informatique
	Synchrone à électroaimants	Grande et très grande puissance	Concasseur, propulsion de navire, pompage, turbinage,
	Universel (continu série)	Faible puissance	Électroménager, outillage
Pas à pas	Matériel informatique	Aimants permanents, hybride, réluctance variable	Très faible puissance, positionnement précis en boucle ouverte

Annexe .2 : Différents types de Courroies trapézoïdales.



Annexe .3: Tableau qui permet de choisir la valeur de K_s [40]

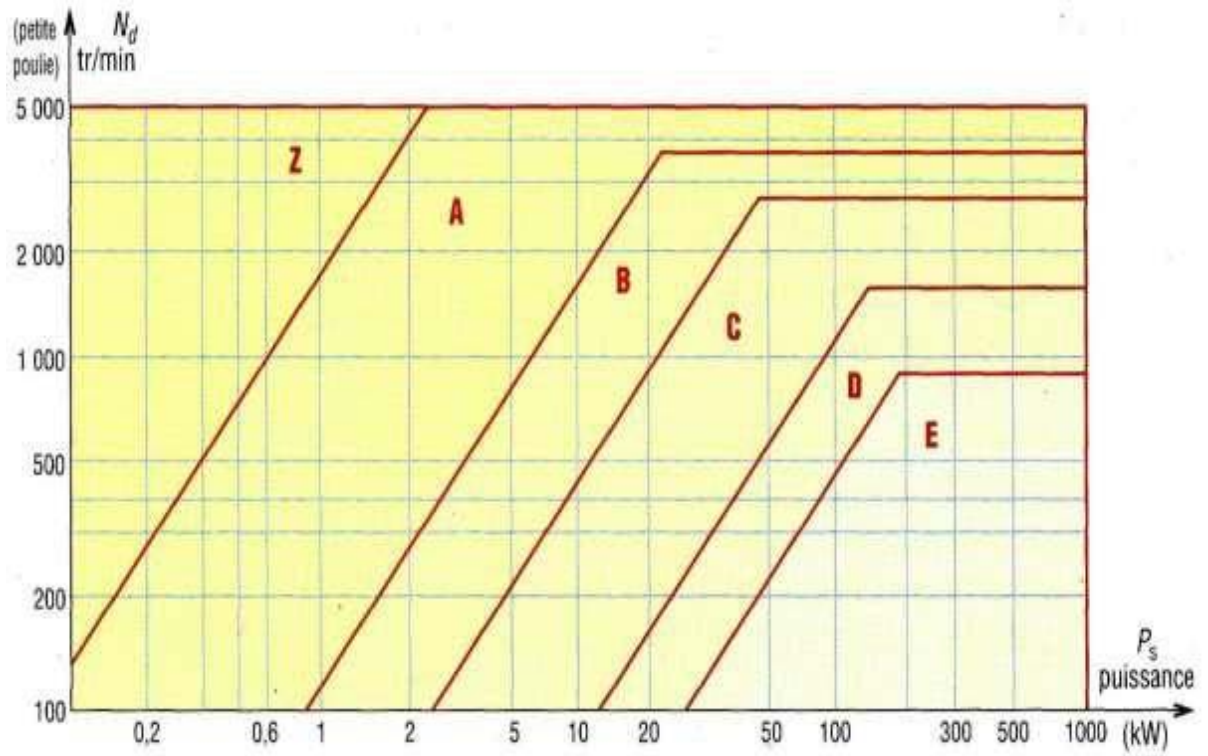
Valeur du coefficient de service K_s				
	Service léger 0à6 h /jour	Service normal 6à16 h /jour	Service dur 16à24 h /jour	Servies très dur en continu
Transmission uniforme sans à-coups	1.0	1.2	1.4	1.6
Transmission avec légers à-coups et chocs modérés	1.1	1.3	1.5	1.8
Transmission avec à-coups et chocs élevés	1.2	1.4	1.7	2.1
avec des inversions de sens, des démarrages fréquents sous forts couples				

Annexe. 4: Puissance de base en kW des courroies trapézoïdal classique.

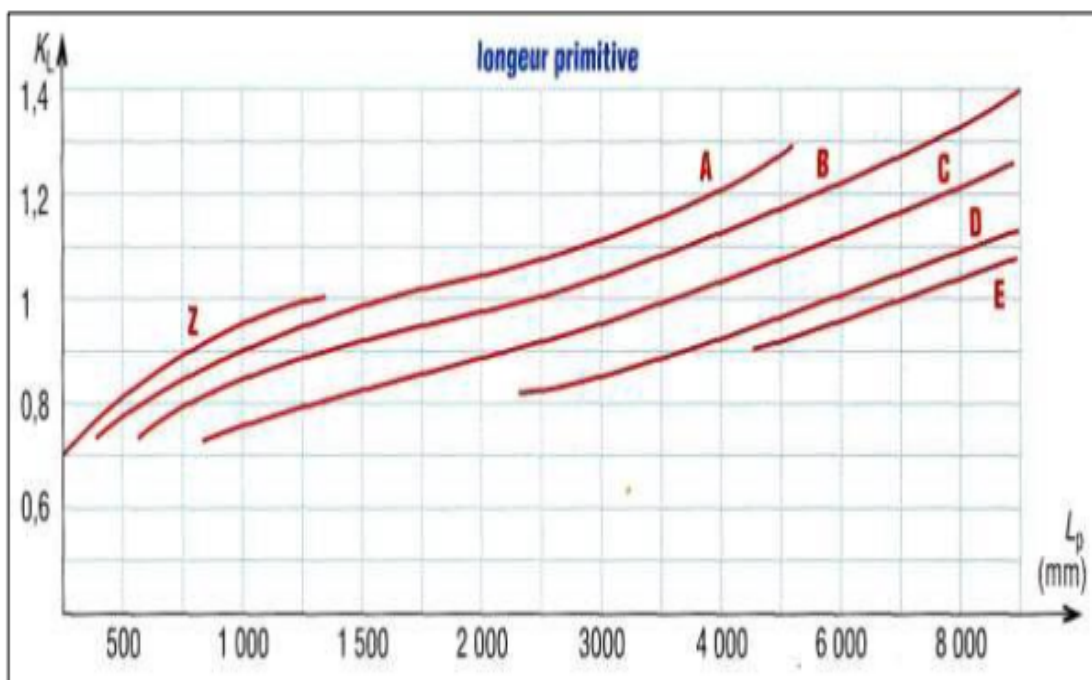
4. Puissance de base P_b en kW des courroies trapézoïdales classiques													
type courroie	diamètre primitif	vitesse linéaire V de la courroie (m/s)					type courroie	diamètre primitif	vitesse linéaire V de la courroie (m/s)				
		5	10	15	20	25			5	10	15	20	25
Z	50	0,45	0,72	0,85	-	-	C	180	3,92	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)

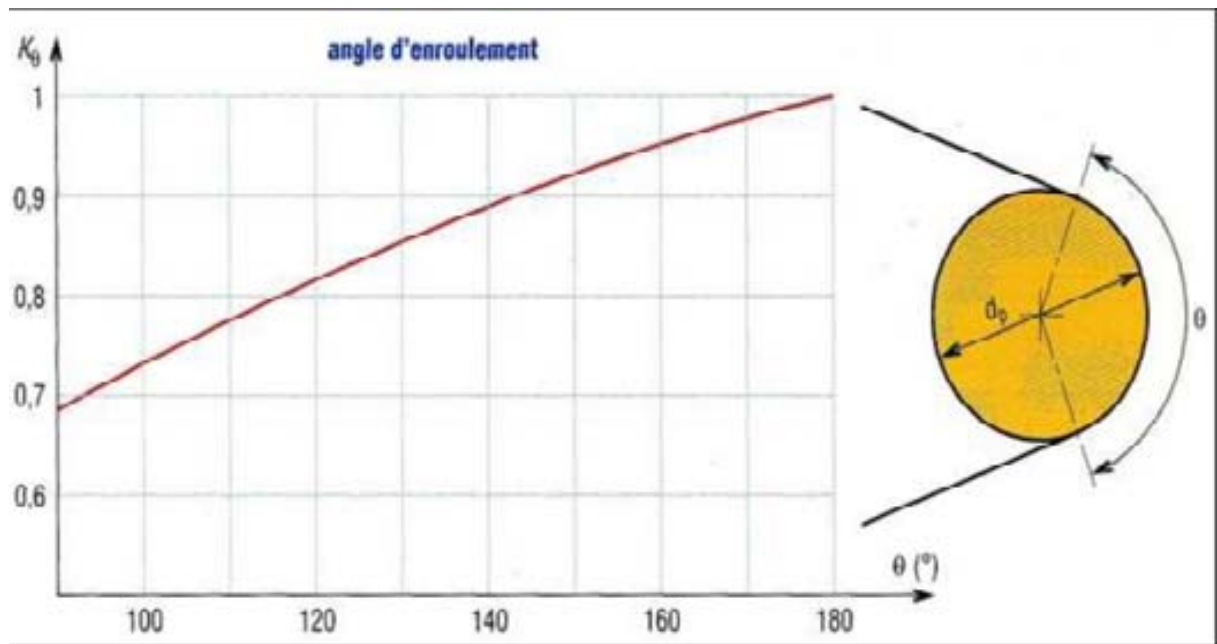
Annexe. 5: Gamme des puissances transmissibles par type de courroie.












































Annexe. 6: Coefficient correcteur en fonction de la longueur primitive de la courroie L_p .



Annexe. 7: Coefficient correcteur fonction de l'angle d'enroulement θ .



Annexe . 8: Représentation des types et les éléments constituant un roulement.

Tipo	Anillo exterior	Anillo interior	Cuerpos rodantes	Material sintético	Chapa embutida	Maciza mecanizada
 Rodamiento de bolas						
 Rod. de rodillos cilíndricos						
 Rod. de rodillos cónicos	 (cubeta)	 (cono)				
 Rod. de rodillos a rótula						
 Rodamiento de agujas						
 Rod. axial de bolas	 (arandela-alojamiento)	 (arandela-eje)				
 Rod. axial de rodillos a rótula	 (arandela-alojamiento)	 (arandela-eje)	