

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Abderrahmane Mira-Bejaïa
Faculté de Technologie
Département de Génie électrique

Projet fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme Master en électrotechnique
Option :Electromécanique

Thème

**Amélioration des caractéristiques techniques
d'un broyeur pour les bouteilles en plastique**

Réaliser par :

M^r.HADDAD Adel

M^r.TOUATI Zoubir

Encadré par :

M^r.A.AMRI

Promotion : 2012/2013



Remerciements

Nous remercions DIEU tout puissant de nous avoir donné la force, la santé, le courage et la patience de pouvoir accomplir ce travail.

Un grand merci à toutes nos familles surtout nos parents pour leurs encouragements et leurs suivis avec patience du déroulement de notre projet.

Nous tenons à remercier vivement notre promoteur Mr A.MRI d'avoir accepté de nous guider tout au long du travail.

*Nos remerciements vont également au responsable du HALL
TECHNOLOGIE*

Mr Rachid ainsi qu'au magasinier Mr Abdellah pour avoir mis à notre disposition tout le matériel et la matière disponible au HALL.

Nos sincères remerciements s'adressent aussi à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Enfin, nous tenons aussi à remercier également tous les membres de jury pour avoir accepté d'évaluer notre travail.

Merci à tous

Dédicaces

*Avec l'aide de dieu tout puissant est enfin achevé ce travail, lequel
Je dédie à toutes les personnes qui me sont chères :*

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

A Mes très chers parents, que dieu les protège

A Mes frères AKLI, massi, yougo et kussi

A ma grand-mère et mes tantes

A toute ma famille.

A ma promotion.

*A Mustapha, Massi, Nabil, Walid, Boualam, Soufiane, Khaled et tous mes
amis.*

A mon collègue et ami Zoubir

ADEL

Dédicaces

DIEU tout puissant merci de nous avoir donné la force et la bonne santé toute au long de notre vie, et merci d'être avec nous et de nous donné de l'aide pour finir ce travail.

Je dédie à toutes les personnes qui me sont chères :

Mon **Père** BRAHIM et ma **Mère** ZOHRA, que dieu les protèges

Mon **Frère** BOUZID, ma **Sœur** SOUHILA et la Petite **CERIN**

Ma **Fiancée** MALIA

Mes **Oncles** SALAH et TAHAR

Et a *Toute Ma Famille.*

Et a **Tous Mes Amis** et *ma promotion ELM.*

A mon collègue et ami **ADEL**

ZOUBIR

Liste des abréviations

DEEE : Déchets d'équipements électriques et électroniques.

MAS : Moteur asynchrone.

DIB : Déchets industriel banal

RDM : résistance des matériaux

Liste des symboles

Symboles	Définition	unité
XC38	Acier mi-dur pour la réalisation mécanique	Mpa
Re	Limite d'élasticité de l'acier	Mpa
σ_r	Résistance pratique de l'acier	Mpa
τ_r	Limite de rupture de plastique	Mpa
s	Coefficient de sécurité	/
C_r	Couple résistant	m.N
Fc	Force tangentielle	kN
De	Diamètre de l'arbre	mm
P	Puissance utile du moteur	kW
C_m	Couple mécanique	m.N
Cc	Couple de coupe	m.N
M_f	Moment fléchissant	m.N
I_{gz}	Moment d'inertie	m.N
I_0	Moment d'inertie	m.N
R	Rayon de l'arbre	mm
M_t	Moment de torsion	N.m
e	Epaisseur du plastique	mm
S	Surface de plastique à couper	mm ²
L	Longueur totale des lames	mm
l	Longueur totale d'une lame	mm
Vc	La vitesse de coupe de plastique	m/mn
Ω_c	La vitesse angulaire de coupe	Rad/s
Nc	La vitesse de coupe	tr/mn
Ω_r	La vitesse angulaire a la sortie du réducteur	Rad/s
Nr	La vitesse de sortie réducteur en tr/min	tr/min
σ_e	Limite d'élasticité de l'acier	Mpa
L ₁₀	Durée de vie d'un roulement	Million de tours
L _{10H}	Durée de vie d'un roulement	Heurs
L _{10E}	Durée de vie d'ensemble des roulements	Million de tours
C	Charge dynamique supporté par le roulement	daN
P	Charge équivalente supporté par le roulement	daN
F _a	Force axiale supporté par le roulement	N
F _r	Force radiale supporté par le roulement	N
d	Diamètre intérieur du roulement	mm
D	Diamètre extérieur du roulement	mm
B	Epaisseur du roulement	mm
S _{/tr}	la surface totale coupée par tour	mm ² /tr
S _{cc}	la surface coupée par un couteau	mm ²
n _{/tr}	nombre de couteaux actif par tour	/
S _{/min}	la surface coupée par minute	mm ² /tr
Q _v	Débit volumique	mm ³ /mn
Q _m	Débit massique	g/mn
ρ	Masse volumique	g/mm ³
Q	Débit de bouteilles traité	Bouteilles /mn

Liste des figures

Figure I.1: Les actions de sollicitation.....	3
Figure I.2 : Les différents éléments d'un broyeur.....	4
Figure I.3 : Différents type de broyeurs.....	5
Figure I.4 : Broyeur à couteaux.....	7
Figure II.1 : Lacérateur type carton.....	9
Figure II.2 : broyeur à cylindres.....	10
Figure II.3: Déchiqueteur mono rotor à grille de calibrage.....	10
Figure II.4 : Déchiqueteur à cisaille rotative 2 axes.....	11
Figure II.5 : Déchiqueteur à cisaille rotative 3 axes à grille de calibrage.....	11
Figure II.6 : Lacérateur 4 axes.....	12
Figure III.1 : Vues en coupe de la MAS.....	15
Figure III.2: Nomenclature de la partie mécanique.....	16
Figure III.3 : Circuit de puissance de la MAS.....	18
Figure III.4 : Circuit de commande de la MAS.....	18
Figure III.5 : Schéma fonctionnel.....	19
Figure III.6 : Présentation des différent cylindres et niveaux.....	19
Figure III.7 : chaine cinématique 1.....	21
Figure III.8 : Chaine cinématique 2.....	22
Figure IV.1 : Dimensionnement du mécanisme.....	23
Figure IV.2 : quelque élément du broyeur.....	24
Figure IV.3 : l'arbre porte outils de coupe.....	24
Figure IV.4. Représentation de F_c et de Ω_c	26
Figure IV.5 : La répartition de la force de coupe F_c	31
Figure IV.6 : représentation des efforts tranchant et les bras des moments sur l'arbre.....	31
Figure IV.7 : Diagramme des efforts tranchants.....	33
Figure IV.8 : Isolation d'une partie de l'arbre.....	34
Figure IV.9: Diagramme des moments fléchissant de $L/2$	35
Figure IV.10 : Diagramme des moments fléchissant de L totale.....	35

Figure IV.11 : représentation des efforts appliqués sur l'arbre.....	37
Figure IV.12 : positionnement des couteaux su l'arbre.....	39

Liste des tableaux

Tableau I.1 : les différents éléments d'un broyeur.

Tableau IV.1 : cahier des charges.

Tableau IV.2 : Tableau récapitulatif.

Tableau III.1 : Nomenclature de la partie mécanique.

SOMMAIRE

Liste des abréviations

Liste des symboles

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale..... 1

Chapitre I Généralités sur les broyeurs de plastique

Introduction 3

I. Généralités sur les broyeurs 3

I.1. Le broyage..... 3

I.2. Définition d'un broyeur..... 3

I.3. Les types des broyeurs 5

I.4 Classification des broyeurs..... 5

I.5. Les broyeurs de plastique..... 6

I.5.1. Définition..... 6

I.5.2. Caractéristiques 6

I.5.3. Types de broyeur de plastique 6

Conclusion..... 7

Chapitre II Choix d'un broyeur

Introduction 8

II. Choix d'un broyeur..... 8

II.1. Critères de choix 8

II.1.1. Selon la nature de la matière à broyer 8

II.1.1.1. Broyeur de matière dure 9

II.1.1.2. Broyage de bois et dérivé 9

II.1.1.3. Broyeur d'emballage	9
II.1.1.4. Broyage de céréales	9
II.1.1.5. Broyage de plastique et matériaux fibreux	10
II.1.1.5.1. Déchiqueteur mono rotor à grille de calibrage	10
II.1.1.5.2. Déchiqueteur à cisaille rotative avec à 2 axes	11
II.1.1.5.3. Déchiqueteur à cisaille rotative avec à 3 axes à grille de calibrage.....	11
II.1.1.5.4. Lacérateur avec à 4 axes	12
II.1.2. Selon les caractéristiques techniques	12
II.1.3. Selon la fiabilité et la disponibilité.....	12
II.2. intérêt de choix	13
Conclusion.....	13

Chapitre III Constitution et schéma fonctionnel

Introduction	14
III. Constitution et schéma fonctionnel	14
III.1. Constitution	14
III.1.1. Partie électrique	14
III.1.2. Partie mécanique	16
III.2. Schéma fonctionnel	18
III.2.1. Partie électrique	18
III.2.2. Partie mécanique	19
III.2.3. Principe de fonctionnement	19
III.2.4. Chaîne cinématique.....	20
Conclusion.....	22

Chapitre IV Dimensionnement

Introduction	23
IV. Dimensionnement	23

IV.1. Dimensionnement de mécanisme	23
IV.2. Etude des outils de coupe	24
IV.2.1. La vitesse de coupe	25
IV.2.2. Calcul de la force de coupe.....	26
IV.2.3. Calcul de la longueur totale des lames	27
IV.2.4. Calcul de nombre de lames.....	28
IV.3. Etude de RDM du broyeur	29
IV.3.1. Vérification de diamètre de l'arbre.....	29
IV.3.1.1. Etude de flexion	31
IV.3.1.2. Etude de torsion	36
IV.3.2. Calcul de roulement.....	36
IV.4. Calcul des débits.....	39
IV.5. Récapitulation.....	41
Conclusion.....	41

Chapitre V Réalisation

Introduction	42
V. Réalisation	42
V.1. Conception.....	42
V.2. Fabrication	42
V.2.1. Le tour	42
V.2.2. le fraisage	42
V.2.3. La coupe.....	43
V.3. Assemblage.....	43
V.4. Essais	43
Conclusion.....	44
Conclslion générale	45

SOMMAIRE

Bibliographie

Annexes

Annexe A : Dessin d'ensemble de différentes pièces

Annexe B : Photo réales

Introduction Générale

Introduction

Les plastiques apparaissent aujourd'hui comme de véritables "matériaux miracles", l'essor constant de la production d'articles en plastique partout dans le monde tient directement aux qualités intrinsèques de tels objets. Par conséquent le plastique est la matière la plus utilisée par de nombreuses branches de l'industrie, et son utilisation ne s'arrête pas à la conservation des éléments alimentaire, mais va plus loin, il est en concurrence avec les matériaux traditionnels dans l'emballage, et aussi participe à la construction, l'électroménager, le loisir, l'industrie automobile, et souvent utilisé à la fabrication des bouteilles d'eau, et grâce à sa légèreté, il réduit la quantité de matière requise comparativement au verre et au métal en terme de poids, et il requière moins d'énergie pour être transporté et comme il est durable il requière relativement moins d'emballage de protection, donc le plastique domine notre vie, il fait parti de notre vie quotidienne au point qu'on ne peut pas ouvrir les yeux sans le voir.

Malgré ses précieuses utilités, le plastique devient de plus en plus inquiétant, car une fois utilisé, il génère des déchets volumineux par rapport à leurs poids, et leurs disséminations dans la nature est durable et inesthétique et peut durer des siècles.

Afin de diminuer ses négatives conséquences il est temps de passer au recyclage.

Le recyclage de plastique est une activité qui permet de ramener les déchets de ce dernier à un état utilisable pour la fabrication du nouveaux produits, ce qui permet d'économiser de 50% à 60% de l'énergie qui serait nécessaire pour fabriquer les même produits à partir de matière première, de plus, le recyclage est devenu dans certains pays l'une des priorités sur le plan économique et même sociale, vu ça rentabilité et ça créatrice des postes d'emploi.

Le présent mémoire est justement destiné à réaliser un dispositif de réduction de taille de ces déchets de plastique, et l'étude présentée dans ce mémoire est basée sur les éléments principaux du système, qui concerne la résistance des matériaux (RDM) et la cinématique des éléments du broyeur.

Ce mémoire est devisé en cinq chapitres :

Le premier chapitre est consacré à la présentation générale des broyeurs de plastique, leurs types, et leurs caractéristiques techniques.

Le deuxième chapitre est réservé au choix d'un broyeur où nous exposons les critères de choix et les modes de broyage que propose chacun.

Le troisième chapitre montre la constitution et le schéma fonctionnel ainsi que la chaine cinématique d'un broyeur.

Le quatrième chapitre concerne le dimensionnement de ses constituants.

Le cinquième chapitre est consacré à la réalisation de notre broyeur, et c'est la phase finale de ce mémoire qui sera réalisé au niveau de l'atelier du Hall de Technologie.

Chapitre I

Généralités sur les broyeurs de plastique

Introduction

Dans nos jours, il est préférable de récupérer les matières premières déjà utilisées que d'aller les chercher dans les sources, et c'est le cas de plastique que l'on récupère à travers le recyclage, et ce procédé commence obligatoirement par un broyeur de plastique qu'on va étudier généralement dans ce projet.

I. Généralités sur les broyeurs

I.1. Le broyage

Broyer quelque chose ; c'est-à-dire réduire la matière en petits fragments ou en poudre, pour ce la il faut la soumettre à des forces de contrainte supérieure à sa résistivité, et on appelle cette action dans l'RDM dépasser le domaine d'élasticité et critique de la matière et la ramener à son domaine de rupture.

Dans la nature il existe cinq types d'actions principales qui nous permettent de solliciter une matière : compression, traction, cisaillement, flexion ou la torsion. Mais aussi on peut la solliciter à une fusion de ces actions (figure I.1).

Dans ce but (broyage) on dispose des machines qui ont un principe généralement basé sur le cisaillement ou/et la compression qui accomplissent le broyage, et on les appelle les broyeurs.

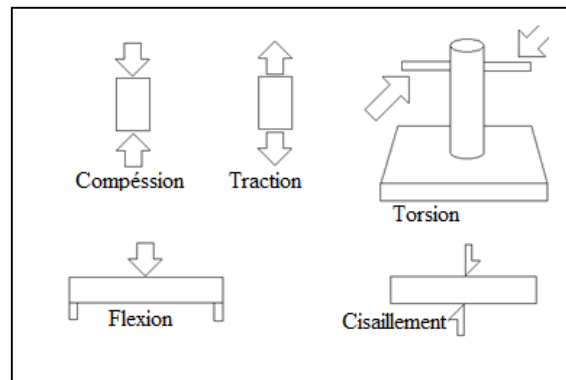


Figure I.1 : les actions de sollicitation

I.2. Définition d'un broyeur

Un broyeur est une machine de broyage des matériaux qui est réalisée par un mariage de deux parties suivantes :

- partie mécanique ; qui comporte une trémie, des axes, des utiles de broyage (couteaux, lames, marteaux...etc.), un réducteur de vitesse, et une carcasse qui assure l'assemblage de tous ces éléments...etc.
- partie électrique ; qui contient un circuit de commande (tableau de commande), et un circuit de puissance (moteur électrique ou thermique).

Pour bien illustrer les deux parties on présente la figure I.2 avec le tableau I.1.

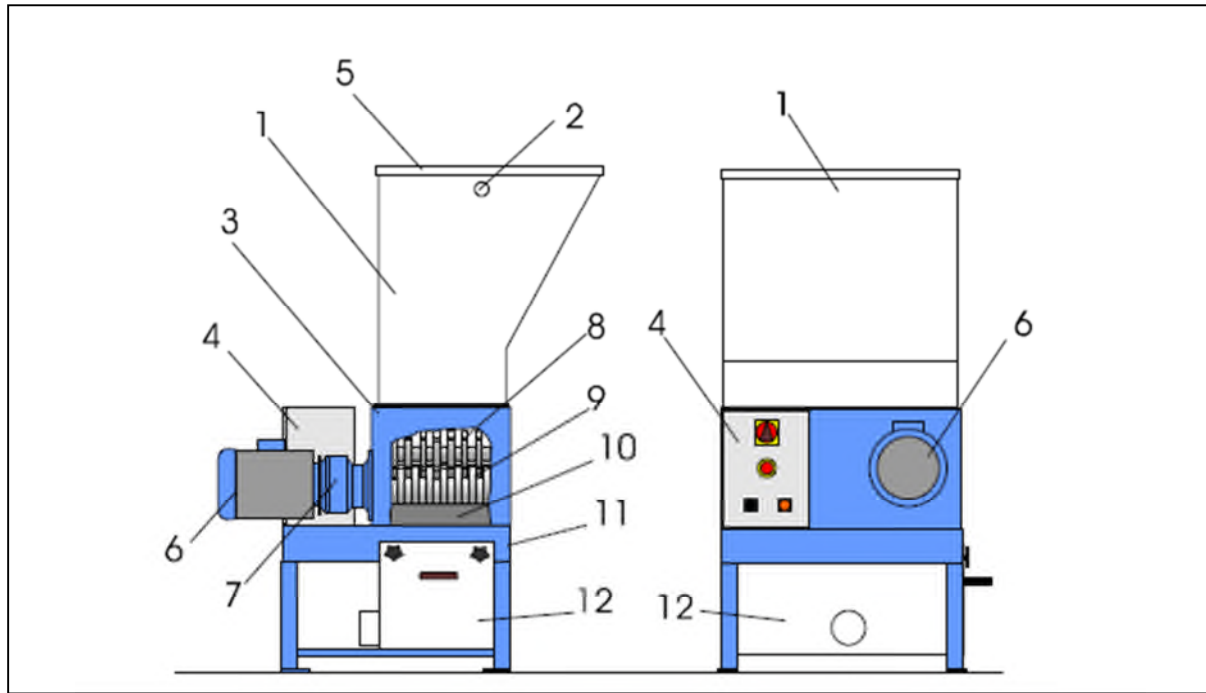


Figure I.2 : les différents éléments d'un broyeur.

Numéro	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 épicycloïdal
8	disques d'introduction
9	groupe fraises
10	grille
11	base de la machine
12	réceptacle avec goulot d'évacuation

Tableau I.1 : les différents éléments d'un broyeur.

Bien plus ; un broyeur peut être considéré comme un moyen de production si ses déchets sont introduits directement dans la chaîne de production, ou considérés (les déchets) comme matière première de la production (recyclage) [1].

I.3. Les types des broyeurs

Il existe plusieurs critères pour cataloguer les broyeurs, soit selon le mode de broyage et on trouve des broyeurs rotorique ou statorique, ou selon les utiles de broyage que se soit des marteaux, des billes, ou des couteaux...etc. comme montre la figure I.3.



Figure I.3 : différents types des broyeurs

I.4. Classification des broyeurs

Dans les industries quelque soit le broyeur utilisé pour telle matière on peut toujours différencier les fragments de ses déchet selon leurs diamètre, donc il est préférable de les classer en se basant sur ce critère et on distingue trois familles des broyeurs

- Broyeur à fragmentation grossière (particules de l'ordre de mm) :

Dans se type on rencontre habituellement :

- Broyeur à couteaux : ils sont utilisés généralement pour broyer du plastique ou du papier
 - Broyeur à marteaux : sont utilisés pour broyer les matières dures tel que la pierre, la roche ou le verre
- Broyeur à fragmentation fine (1000 à 10 μ m) :

Les technologies ont été pratiquement restreintes à un seul mode d'action consistant à la mise en œuvre de forces d'impact (les particules sont comprimées entre les corps broyant,

projetées violemment contre une paroi, qui peut être fixe ou mobile, ou les unes contre les autres dans ce cas là on parlera d'auto broyage).

➤ Broyeur à fragmentation ultrafine:

Dans le domaine de l'ultrafin (particules de tailles comprises entre 5 et 10 μm), les forces mises en œuvre sont du type compression, cisaillement, et impact.

L'énergie théorique nécessaire pour la réduction ultrafine des grains est toujours inférieure de 1% de l'énergie réelle dépensée. [2].

I.5. Les broyeurs de plastique

I.5.1. Définition

Comme on a vu précédemment les broyeurs sont des machines de broyage qui nous permet de réduire le volume d'un objet dont le but est de simplifier son déplacement, ou de production, ou détérioration de l'objet. Et les broyeurs de plastique ont exactement les mêmes objectifs, et puisque la matière à broyer est du plastique ils utilisent généralement les couteaux comme outil de coupe et le cisaillement comme principe de broyage.

I.5.2. Caractéristiques

Les broyeurs sont caractérisés principalement par leur puissance, leur débit massique et le matériau auquel ils sont destinés ainsi que leur vitesse. Ils sont dotés d'une unité de chargement qui est souvent une simple trémie, cette partie remplit une fonction qui n'est pas négligeable, en effet ; elle doit placer la matière le mieux possible dans le groupe de broyage afin d'éviter tout problème au cours de la trituration. L'action coupante du broyeur est réalisée par une série d'éléments tranchants (couteaux, lames...etc.) qui coupent le plastique en se croisant. Les éléments principaux du système sont les arbres qui portent des couteaux ou des lames, et la motorisation du groupe de broyage est assurée habituellement par un moteur électrique asynchrone, qui permet à travers un réducteur de vitesse, de transmettre sa puissance aux arbres ayant les éléments tranchants, afin d'exercer les forces nécessaires au broyage [1].

I.5.3. Types de broyeur de plastique

Le plastique ne peut se broyer que si on le coupe ou on le cisaille, c'est pour ça que les broyeurs de plastique se basent souvent sur des couteaux, ces derniers sont de plusieurs

formes toute fois le phénomène utilisé est toujours le cisaillement. Ces broyeurs sont classés parmi ceux à fragmentation grossière. Voir la figure I.4.



Figure I.4 : Broyeur à couteaux

Conclusion

Décidément les broyeurs en général quelque soit leurs types ou leurs tailles sont des machines mécaniquement impressionnantes, et les broyeurs de plastique spécialement sont ainsi, de plus l'utilité de ces broyeurs de plastique ne s'arrêt pas là, mais elle apparait aussi dans leurs simplicité et l'efficacité 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 des déchets plastiques.

Chapitre II

Choix d'un broyeur

Introduction

Dans ce chapitre nous allons illustrer les critères de choix d'un broyeur, quel est le mieux adapté pour un tel domaine ou un autre, et quels sont les paramètres qui nous permettent de choisir un broyeur et pas un autre.

II. Choix d'un broyeur

II.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 :

II.1.1. Selon la nature de la matière à broyer

On trouve les paramètres suivant :

➤ paramètres intrinsèques au 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.

➤ 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.

➤ vitesse de déformation:

Elle conditionne le comportement du matériau.

➤ réduction des dimensions du matériau:

Elle n'est pas illimitée et nécessite-la plupart du temps des stades successifs impliquant différents types d'appareils travaillant en série [2].

En effet la matière à broyer, par ses caractères physico-chimiques offre un critère de choix très important d'un broyeur, la technologie appliquée varie selon la matière à traiter, donc pour ce critère on peut rencontrer plusieurs type, et on site essentiellement les broyeur ci après:

II.1.1.1. Broyeur de matière dure

Lorsque il s'agit d'un matériau dur tel que les matériaux de construction (roche, gravier, céramique, granite...etc.), le broyeur qui est généralement utilisé pour ce genre de matériau est appelé concasseur, nous avons le choix entre un broyeur avec mâchoires ou un autre à percussion, l'un utilisé pour les matériaux durs et abrasifs et l'autre pour les matériaux peu et non abrasifs respectivement. Pour répondre à d'autres besoins, nous avons les concasseurs à giratoires, les perceurs compound et les concasseurs à cylindres ou à marteaux comme c'est le cas dans les cimenteries. [3]

II.1.1.2. Broyage de bois et dérivé

L'outil le plus adapté est le broyeur à couteaux, ce dernier est équipé à son extrémité de quoi à couper la matière. Le broyage des déchets verts et des souches de bois (diamètre maxi : 1,5 m) est effectué sous l'action de deux rotors de broyage à rotation lente tournant en sens inverse avec des outils agressifs .

II.1.1.3. Broyeur d'emballage



Figure II.1 : Lacérateur type carton

Dans ce cas, la matière à broyer est souvent le papier, les cartons, le plastique mou...etc., et on utilise généralement des broyeur type cisailleur, ces broyeur ont un arbre porte couteaux qui se croisent avec des couteaux fixe sur la carcasse, et ensemble cisaillerons la matière [4].

II.1.1.4. Broyage de céréales

Pour les céréales l'action consacrée est soit la compression, les grains s'introduisent entre deux cylindres parfaitement ajustés pour assurer l'écrasement de cette matière. Soit un

broyeur à boulet, ou on mélange les corps broyant et le produit à broyer (broyeur a billes agité) ce qu'on appelle un broyeur à mélange [5].



Figure II.2 : broyeur à cylindres

II.1.1.5. Broyage de plastique et matériaux fibreux

Pour ce genre de broyeur, on dispose de divers matériel et nous allons élargir notre recherche car il s'agit de but principal de ce mémoire, et ces divers matériels sont présentés comme suite :

II.1.1.5.1. Déchiqueteur mono rotor à grille de calibrage

Le déchiqueteur mono rotor à grille de calibrage est conçu pour des applications de broyage nécessitant une maîtrise granulométrique des produits. Le déchiqueteur mono rotor est notamment utilisé dans les applications de déchiquetage de DIB (déchet industriel banal) bois - purge plastique - Câble électrique - destruction papier – mousse [4].

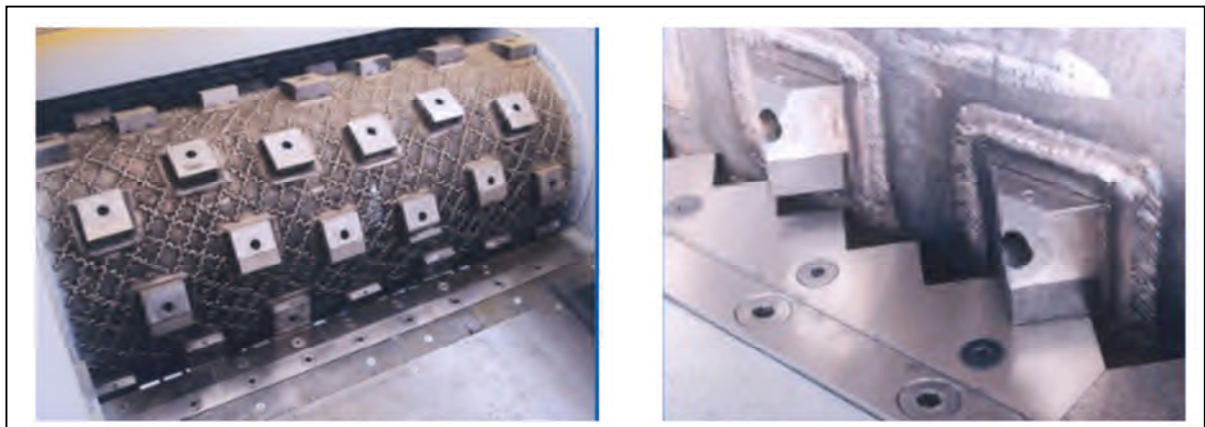


Figure II.3: Déchiqueteur mono rotor à grille de calibrage

II.1.1.5.2. Déchiqueteur à cisaille rotative avec 2 axes



Figure II.4 : Déchiqueteur à cisaille rotative à 2 axes

La gamme de déchiqueteur industriel à cisaille rotatives 2 axes sans grille de calibrage est principalement conçue pour la réduction de volume des matières propres ou souillées en vue de leur préparation à des traitements secondaires ou réduction des coûts de transport. Son domaine d'application est extrêmement large, de simples emballages aux encombrants ménagers [4].

II.1.1.5.3. Déchiqueteur à cisaille rotative avec 3 axes à grille de calibrage

La gamme de déchiqueteurs industriels à cisailles rotatives 3 axes avec grille de calibrage est conçue pour des applications de broyage nécessitant des équipements extrêmement résistants avec maîtrise granulométrique des produits. Elle est également destinée pour les petits modèles au broyage d'archives et destruction de rebuts industriels propres ou souillés[4].



Figure II.5 : Déchiqueteur à cisaille rotative à 3 axes à grille de calibrage

II.1.1.5.4. Lacérateur avec 4 axes

Cette série de broyeur est doté de 4 axes rotatifs qui portent des couteaux inclinés en forme de « L » sert à déchiqueter les emballages en plastique encombrant comme les bidons et les DEEE (Déchets d'équipements électrique et électronique) [4].

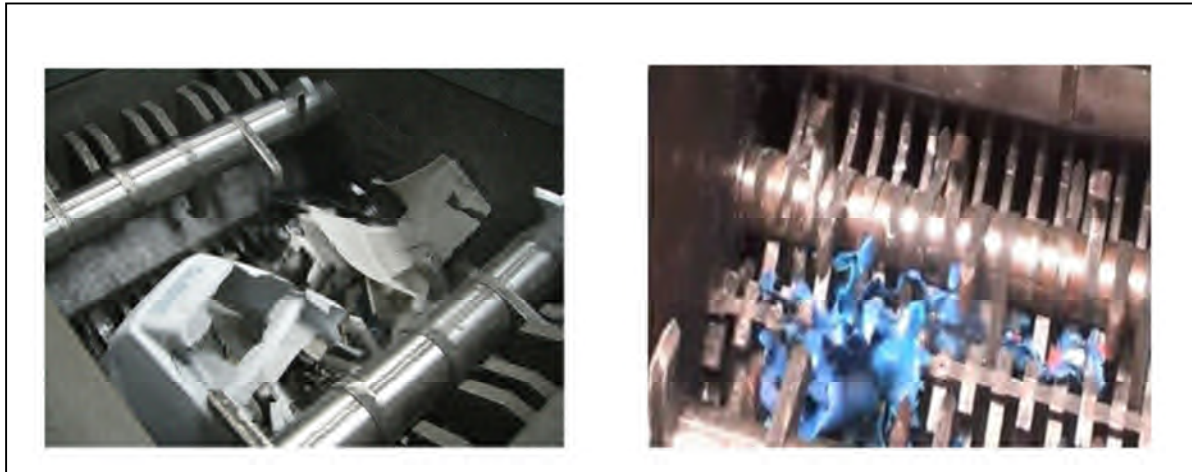


Figure II.6 : Lacérateur à 4 axes

II.1.2. Selon les caractéristiques techniques

Ce critère réunit les caractéristiques physiques de broyeur désiré, ainsi que sa fiche technique qui englobe les critères suivants :

- la taille et le gabarit de notre broyeur (dimensions)
- la puissance électrique du moteur
- la puissance mécanique sur les outils de broyage
- vitesse de rotation
- capacité de charge et le volume de la trémie
- le débit massique

II.1.3. Selon la fiabilité et la disponibilité

Dès qu'on a déterminé la nature de matière à broyer, il est temps de sélectionner notre broyeur selon sa disponibilité sur le marché, non seulement sa disponibilité comme machine mais aussi la disponibilité de ses pièces de rechanges et la facilité de maintenance, de plus notre broyeur doit avoir une bonne fiabilité avec un bon rendement et une longue durée de vie, ce qui nous donne deux critères qui ont une grande influence sur le choix d'un broyeur.

II.2. intérêt de choix

Faire toute une étude pour effectuer simplement un choix de broyeur ce n'est pas une perte de temps, au contraire, cette étude nous permet d'aller droit au but, et de choisir un broyeur qui convient à notre exigence, et d'éviter les va et viens entre les différents marchés, en plus à ce gain de temps, effectuer une bonne sélection dans le domaine de l'industrie signifie un gain économique car il ne faut pas dépenser de l'argent là où il ne faut pas. Par conséquent procéder à une étude de choix est obligatoire.

Conclusion

Vu les divers gains de l'étude de choix, que ce soit le gain de temps ou le gain économique, faire une étude est indispensable, et afin d'effectuer une bonne sélection nous disposons de différents critères qui ont un rapport direct ou indirect avec la matière à broyer qu'on doit inspecter avant de faire un choix, et le broyeur le mieux adapté pour le plastique est le broyeur à couteaux.

Chapitre III

Constitution et schéma fonctionnel

Introduction

Dans ce chapitre nous allons présenter notre mécanisme qui est destiné au broyage des bouteilles de plastique, et d'après le chapitre précédant, le type le mieux adapté pour le plastique est le broyeur à couteaux. Et nous avons choisi un modèle inspiré à partir des broyeurs existant déjà sur le marché.

III. Constitution et schéma fonctionnel

III.1. Constitution

Comme tous les broyeur existants dans l'industrie quelque soit leurs types ou leurs domaines, ils se composent d'une partie mécanique et une partie électrique, et notre broyeur aussi a deux parties.

III.1.1. Partie électrique

Il s'agit d'un moteur asynchrone triphasé (MAS) commandé par un contacteur et protégé par un relais thermique, et qu'il comporte essentiellement les éléments suivants :

- Carcasse : Elle sert de support à l'ensemble des pièces de la machine, en particulier, elle renferme le stator.
- Stator : C'est la partie magnétique de la MAS fixe sur la carcasse, elle comporte des enroulements qui sont alimenté en énergie électrique, vont produire un champ magnétique tournant.
- Rotor : Est la partie libre en rotation comportant des conducteurs qui seront soumis au champ tournant, ces conducteurs peuvent être soit des bobines (technologie en voie de disparition) soit des barres de cuivres et dans ce cas on parle alors de rotor en court-circuit (ou a cage d'écureuil).

Le rotor sert à transmettre le couple, et la rotation est possible grâce aux paliers supportés par la carcasse.

- Plaque à bornes : Fixée sur la carcasse, elle comporte un ensemble de six bornes permettant de connecter les bobines statorique à l'alimentation électrique en effectuant l'un des couplages désiré (étoile ou triangle).
- Ventilation : Elle facilite le refroidissement.
- Plaque d'identification (ou plaque signalétique) : Fixée sur la carcasse, elle représente la fiche d'identité du la MAS [6].

La figure suivante nous montre la vue en coupe de la MAS et les différents d'autres éléments de cette dernière.

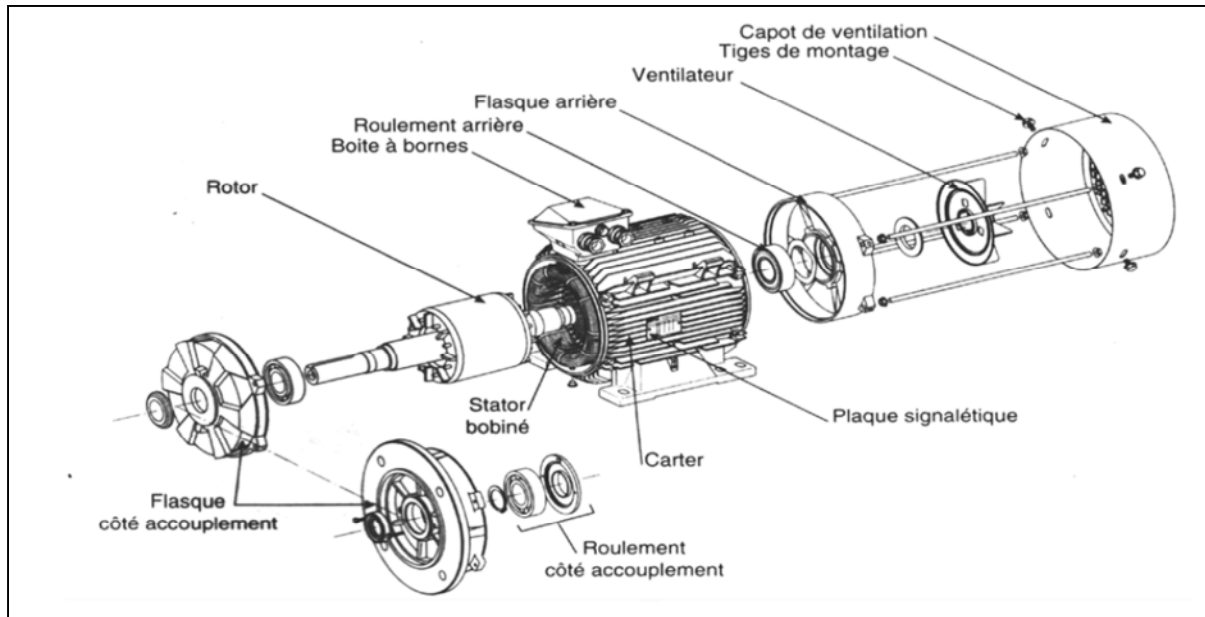


Figure III.1 : Vues en coupe de la MAS

Le moteur qu'on a choisi possède un rotor en court-circuit car les MAS de ce type sont robustes et disponibles, et on les appelle les MAS à cage d'écureuil.

- **Rotor à cage d'écureuil**

Le circuit du rotor est constitué des barres conductrices régulièrement réparties entre deux couronnes métalliques formant les extrémités, le tout rappelant la forme d'une cage d'écureuil, bien entendu, cette cage est insérée à l'intérieur d'un circuit magnétique analogue à celui du moteur à rotor bobiné, les barres sont faites en cuivre, en bronze ou en aluminium, suivant les caractéristiques mécaniques et électriques recherchées par le constructeur, ce type de moteur, beaucoup plus aisé à construire que le moteur à rotor bobiné est par conséquent d'un prix de revient inférieur et a une robustesse intrinsèquement plus grande, il n'est donc pas étonnant qu'il constitue la plus grande partie du parc des moteurs asynchrones actuellement en service, son inconvénient majeur est qu'il a au démarrage de mauvaises performances (courant élevé et faible couple), c'est pour remédier à cette situation qu'ont été développés deux autres types des cages (rotor à double cage et rotor à encoches profondes) [7].

III.1.2. Partie mécanique

Qui se compose des éléments suivants :

- une trémie.
- deux cylindres d'amenées et de même pour l'écrasement, et un cylindre porte-outils de coupe.
- Sept pignons de même rayon R et un huitième pignon de rayon $2R$.
- trois chaînes de distribution.
- Un réducteur de vitesse.
- Une carcasse.

Et on présente les différents éléments de notre partie mécanique dans la figure et le tableau suivants :

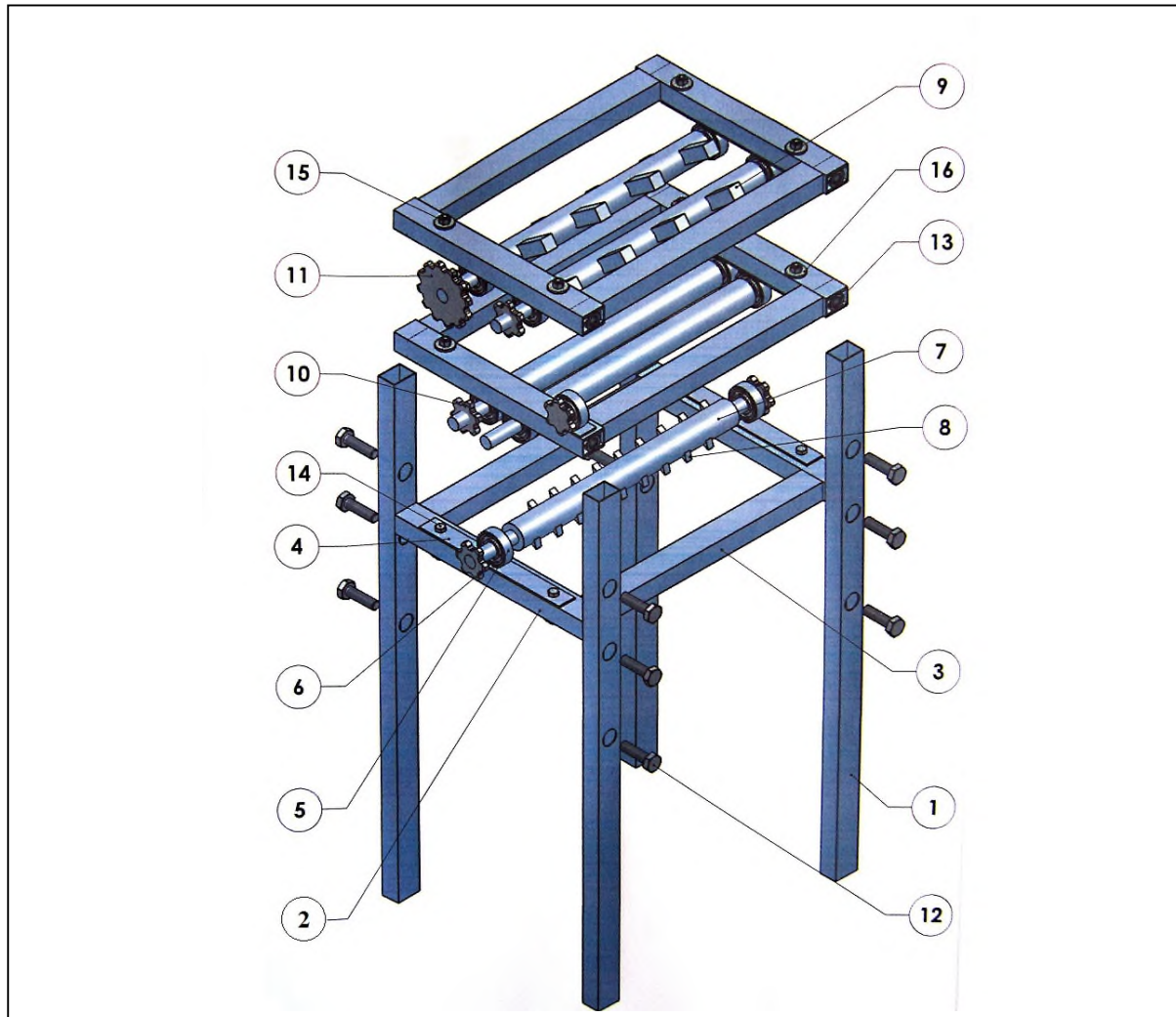


Figure III.2: Nomenclature de la partie mécanique

N°	Désignation	Nombre
1	Pied	4
2	Tube rectangulaire 1	6
3	Tube rectangulaire 2	6
4	Fer plat	6
5	Bague	11
6	Roulement Référence 6206	11
7	Arbre	5
8	Couteau	6
9	Bras d'amener	16
10	Pignon de transmission	7
11	Pignon de réduction	1
12	Vis hexagonale M16	12
13	Ecrou hexagonale M16	12
14	Vis hexagonale M8	12
15	Ecrou hexagonal	12
16	Rondelle M9	24

Tableau III.1 : Nomenclature de la parti mécanique

III.2. Schéma fonctionnel

III.2.1. Partie électrique

Nous allons présenter le circuit de puissance et le circuit de commande de la MAS pour un démarrage direct, et on a choisi ce mode de démarrage parmi plusieurs modes de démarrage existants, car ce mode est celui qui convient à nos exigences vu ses avantages qui sont :

- Simplicité de l'appareillage.
- Couple de démarrage important.
- Temps de démarrage minimal
- Economique et robuste

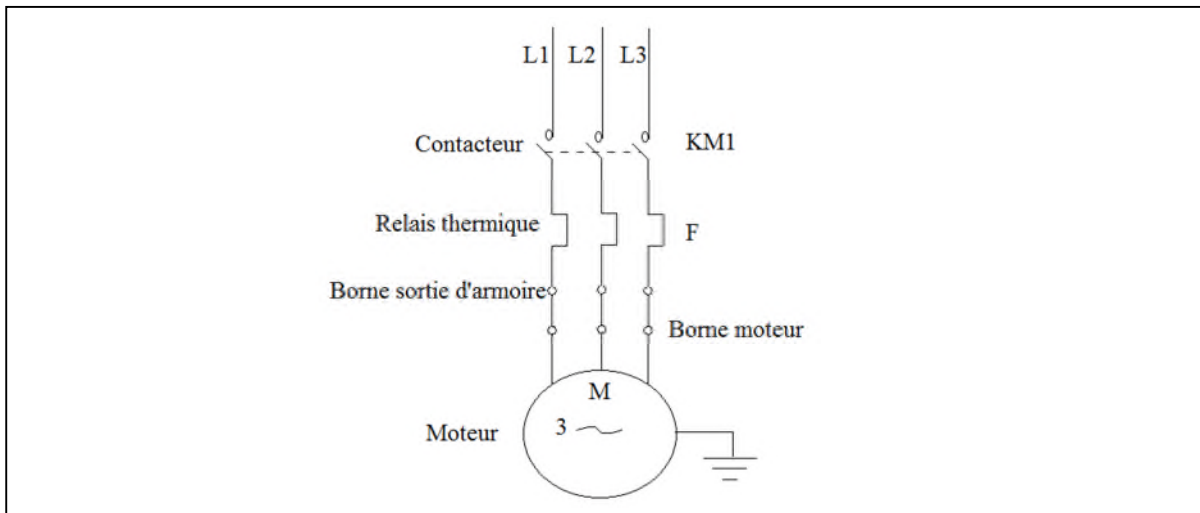


Figure III.3 : Circuit de puissance de la MAS

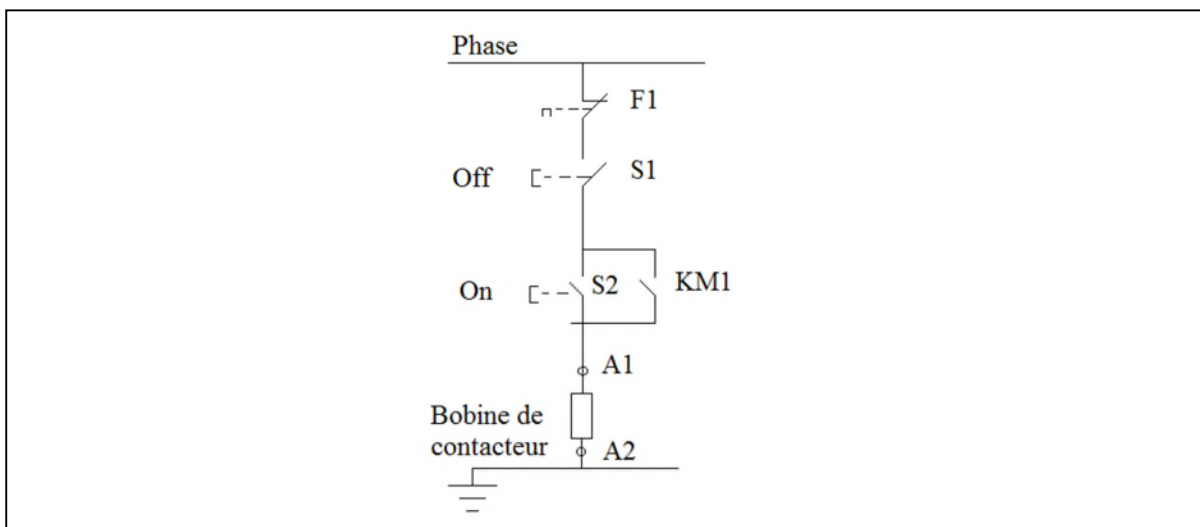


Figure III.4 : Circuit de commande de la MAS

III.2.2. Partie mécanique

Avant de présenter le schéma fonctionnel, on présente d'abord sur quelle idée se base t'il. Et donc il s'agit de passer la bouteille de plastique à travers trois niveaux différents qui ont le rôle de l'amener, l'écraser, et la couper. Et présenter aussi ces différents éléments qui vont ensemble réaliser les trois actions principales de notre broyeur, par conséquent on est arrivé à faire le schéma fonctionnel suivant :

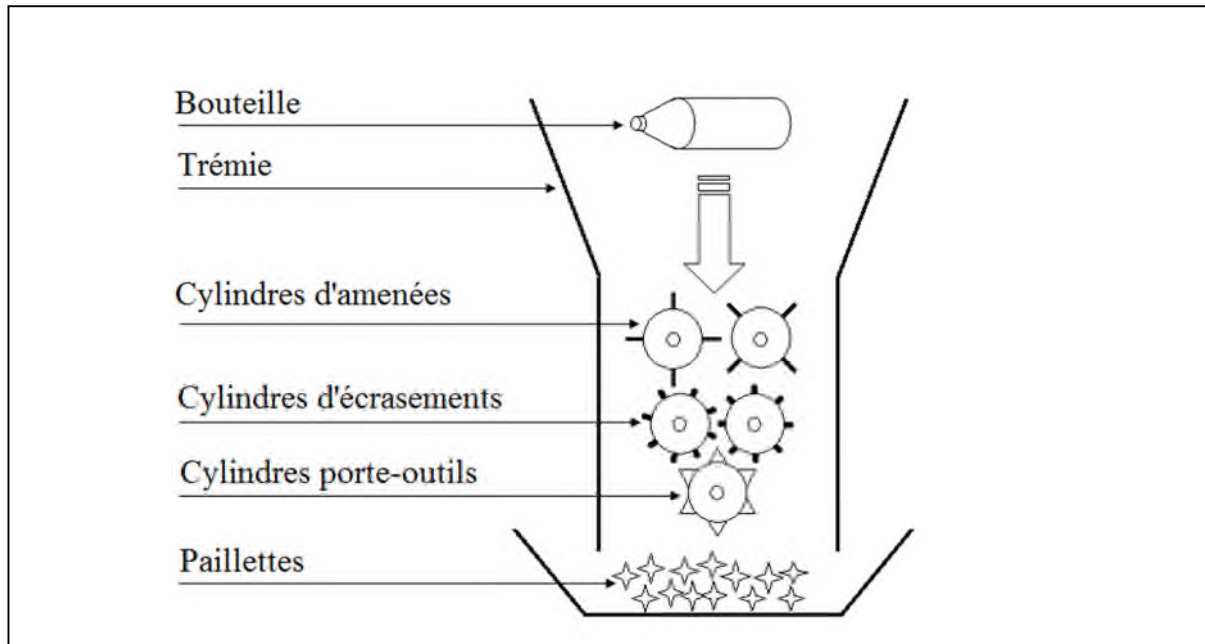


Figure III.5 : Schéma fonctionnel

III.2.3. Principe de fonctionnement

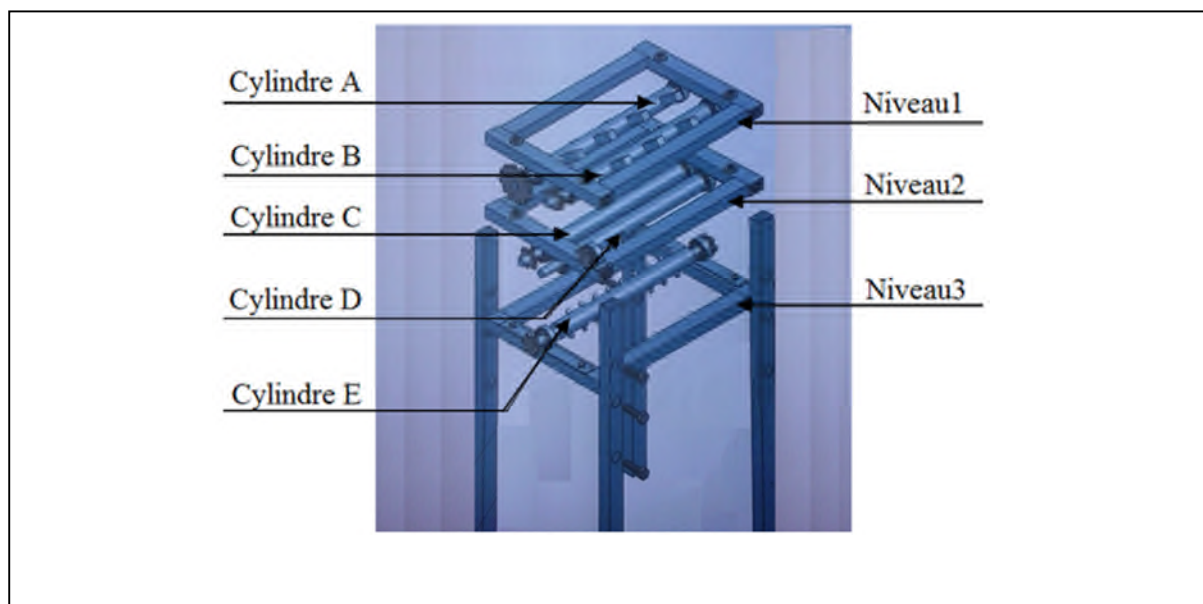


Figure III.6 : Présentation des différents cylindres et niveau

Il existe de nombreux principes de fonctionnement des broyeurs de plastique, et ils sont tous des principes simples, mais quelques-uns demandent une grande précision de fabrication, c'est pour ça qu'on a choisi un principe simple et facile à réaliser, et ce dernier se base sur trois actions capitales réalisés par cinq cylindres parallèles partagés en trois niveaux différents, tel que le 1^{er} et le 2^{ème} niveau se composent de deux cylindres chacun avec un entraxe décroissant du premier niveau vers le deuxième, et ces deux étages après la trémie, sont consacrés au guidage (avec les cylindres A et B) et l'écrasement (avec les cylindres C et D) de la bouteille de plastique respectivement, et tous ça avant d'atteindre la phase final au 3^{ème} niveau avec le dernier cylindre (E) porte les outils de coupe (couteaux), qui est sensé couper et déchiqueter la bouteille en petit fragments.

III.2.4. Chaîne cinématique

Après avoir présenté le schéma fonctionnel et son principe de fonctionnement, comment ce schéma arrive t-il à bien exécuter l'idée et le principe de fonctionnement, comment arrive t-il à synchroniser les trois actions principales (l'aménée, l'écrasement, déchiquetage). Il arrive à accomplir sa fonction grâce à la chaîne cinématique associée, et cette dernière se compose des chaînes qui font transmettre la puissance entre les différents pignons qui sont solidaires aux différents cylindres du broyeur.

Avec trois chaînes et huit pignons tel que :

$Z_1=13$ dents	$Z_2=26$ dents	$Z_3=13$ dents	$Z_4=13$ dent
$Z_5=13$ dents	$Z_6=13$ dents	$Z_7=13$ dents	$Z_8=13$ dents

D'où

Z : le nombre de dents de pignon.

Et afin de montrer le rassemblement des chaînes avec les pignons on vous propose la figure (III.5) et la figure (III.6).

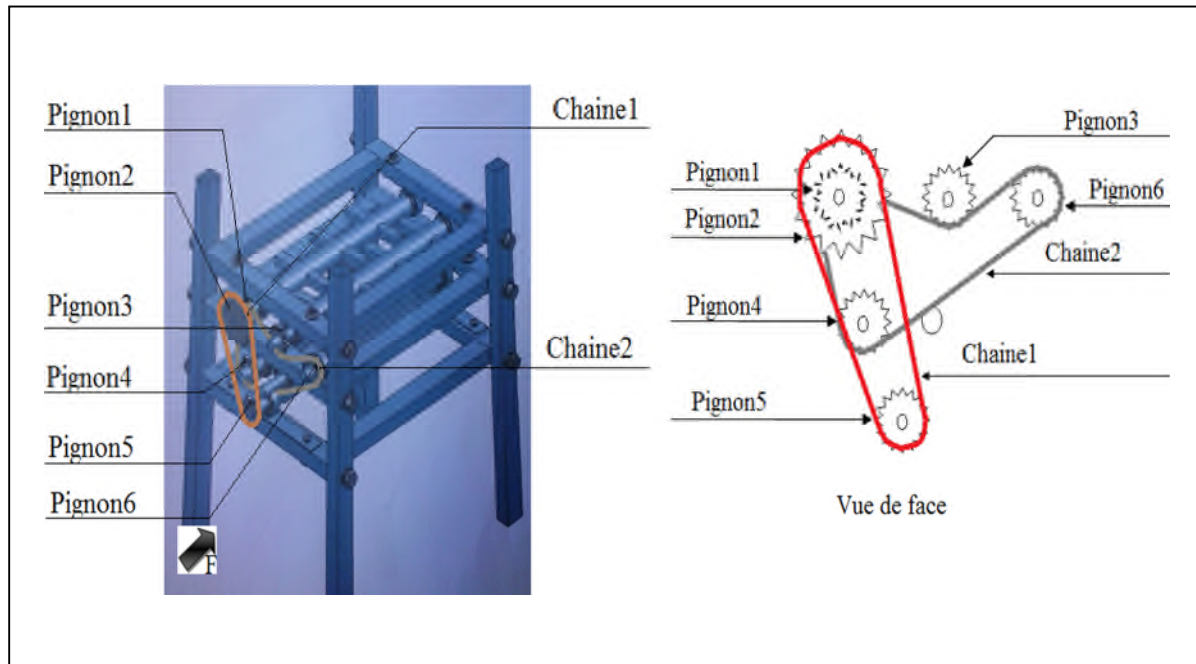


Figure III.7 : chaîne cinématique 1

❖ **Explication de la chaîne cinématique 1**

- Le pignon2 a la même vitesse que la sortie de motoréducteur que on l'appelle (N_r).
- Le pignon2 et le pignon5 jouent tous les deux le rôle d'un multiplicateur de vitesse qui multiplie la vitesse N_r à la vitesse N_5 à travers la chaîne1, et N_5 est la vitesse de l'arbre porte outils de coupe (C) que on l'appelle (N_c), tel que $N_r = \frac{1}{2} N_c$.
- Le pignon1 est solidaire avec le pignon2, et il entraîne les pignons3, 4, et 6, à l'aide de la chaîne 2 de façon que $N_2 = N_1 = -N_3 = N_4 = N_6$.

Avec : N_1 : est la vitesse de pignon1 qui est solidaire avec le cylindre d'amené (A).

N_3 : est la vitesse de pignon3 qui est solidaire avec le cylindre d'amené (B).

N_4 : est la vitesse de pignon4 qui est solidaire avec le cylindre d'écrasement(C).

N_6 : est la vitesse de pignon6 qui joue le rôle d'un tendeur de la chaîne2.

Image réelle de la chaîne cinématique 1 est représenté dans l'annexe B.

Et pour faire tourner l'autre cylindre d'écrasement on aura besoin d'une 'autre chaîne cinématique qui est au verseau de notre broyeur et on l'a présenté dans la figure suivante :

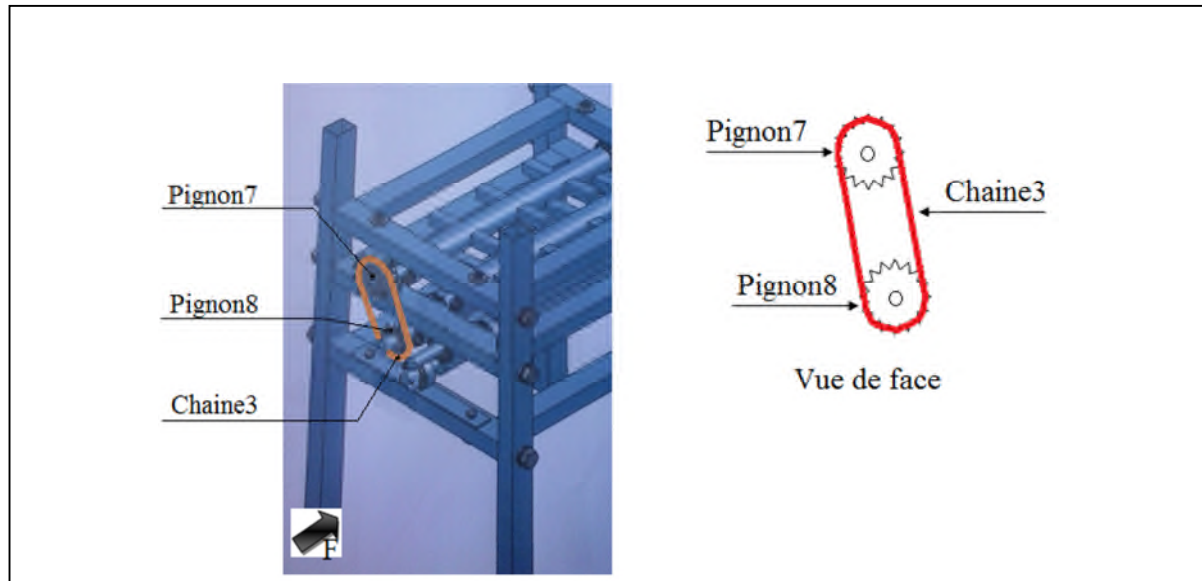


Figure III.8 : Chaîne cinématique 2

❖ **Explication de la chaîne cinématique 2**

- Le pignon7 est solidaire avec le cylindre d'amené (B) entrainer par le pignon3 ce qui fait $N7=N3$.
- Le pignon8 est entraîné par le pignon7 à travers la chaîne3, alors que $N8 = N7$.

Avec

$N7$: est la vitesse de pignon7 qui est solidaire avec cylindre d'amené (B).

$N8$: est la vitesse de pignon8 qui est solidaire avec le cylindre d'écrasement (D).

Image réelle de la chaîne cinématique 2 est représentée dans l'annexe B

Conclusion

Finalement, cette étude mécanique, qui est consacré à la présentation de schéma fonctionnel et de principe de fonctionnement, ainsi que la chaîne cinématique de notre broyeur, nous a aidé à bien interpréter la façon dont laquelle va fonctionner ce dernier, et saisir ces différents stations à parcourir par la bouteille de plastique grâce aux différents éléments de broyeur avant d'être totalement fragmentée, et ces différents stations consistent à soumettre la bouteille aux divers actions, tel qu'il passera dans un premier temps dans les cylindres d'amenées, ensuite dans les cylindres d'écrasements comme deuxième étape, alors qu'il terminera son chemins dans la troisième et dernière étape dans le cylindre port outils de coupe, avant d'être intégralement fragmentée.

Chapitre IV

Dimensionnement

Introduction

Dans ce chapitre on passe au dimensionnement de notre broyeur, et après avoir consulté plusieurs fiches techniques des broyeurs existant sur le marché nous avons défini le cahier des charges suivant :

Puissance utile du moteur	2.2KW
Longueur utile	400mm
Diamètre du rotor avec couteaux	60mm
Vitesse de coupe de plastique	20m/mn

Tableau IV.1 : cahier des charges

IV. Dimensionnement

IV.1. Dimensionnement de mécanisme

Comme on a vu précédemment, le principe de fonctionnement de notre broyeur est basé sur cinq cylindres parallèles installés à trois niveaux différents avec des entre-axes différents comme montre la figure suivante :

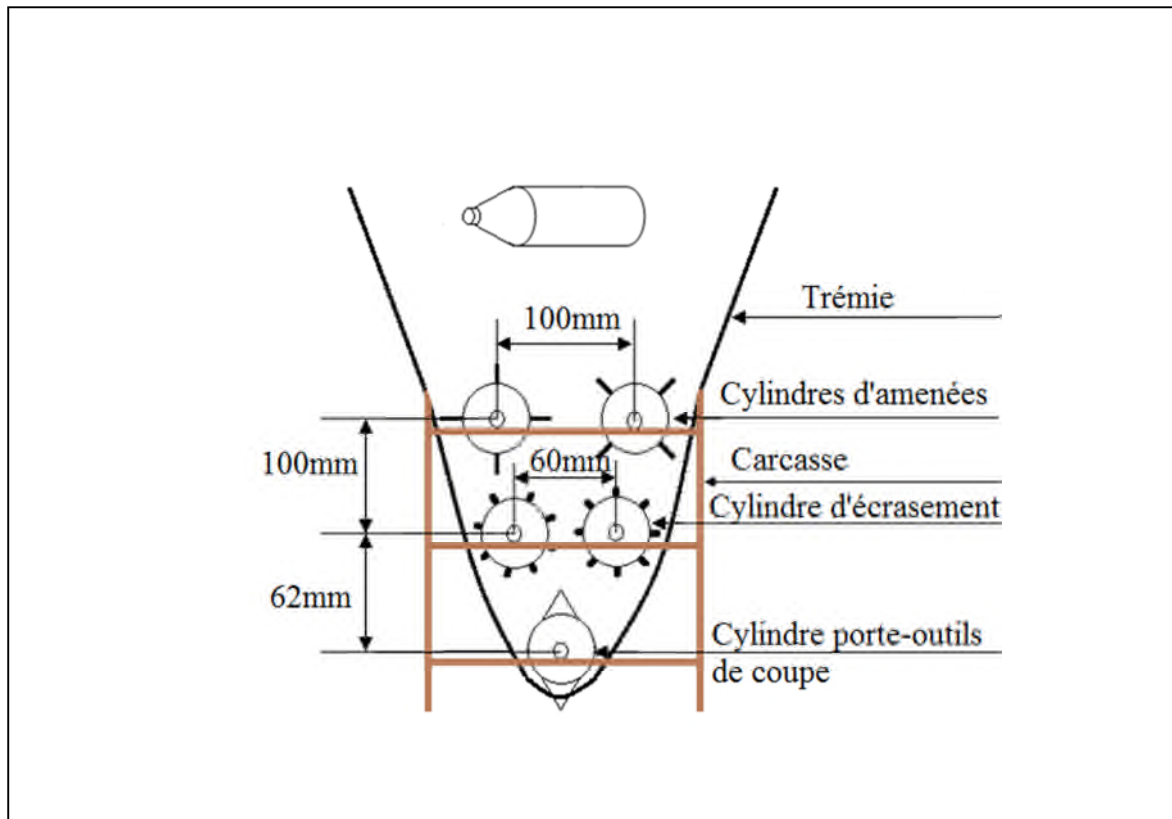


Figure IV.1 : Dimensionnement du mécanisme

Et on dimensionne essentiellement les éléments dans la figure suivante :

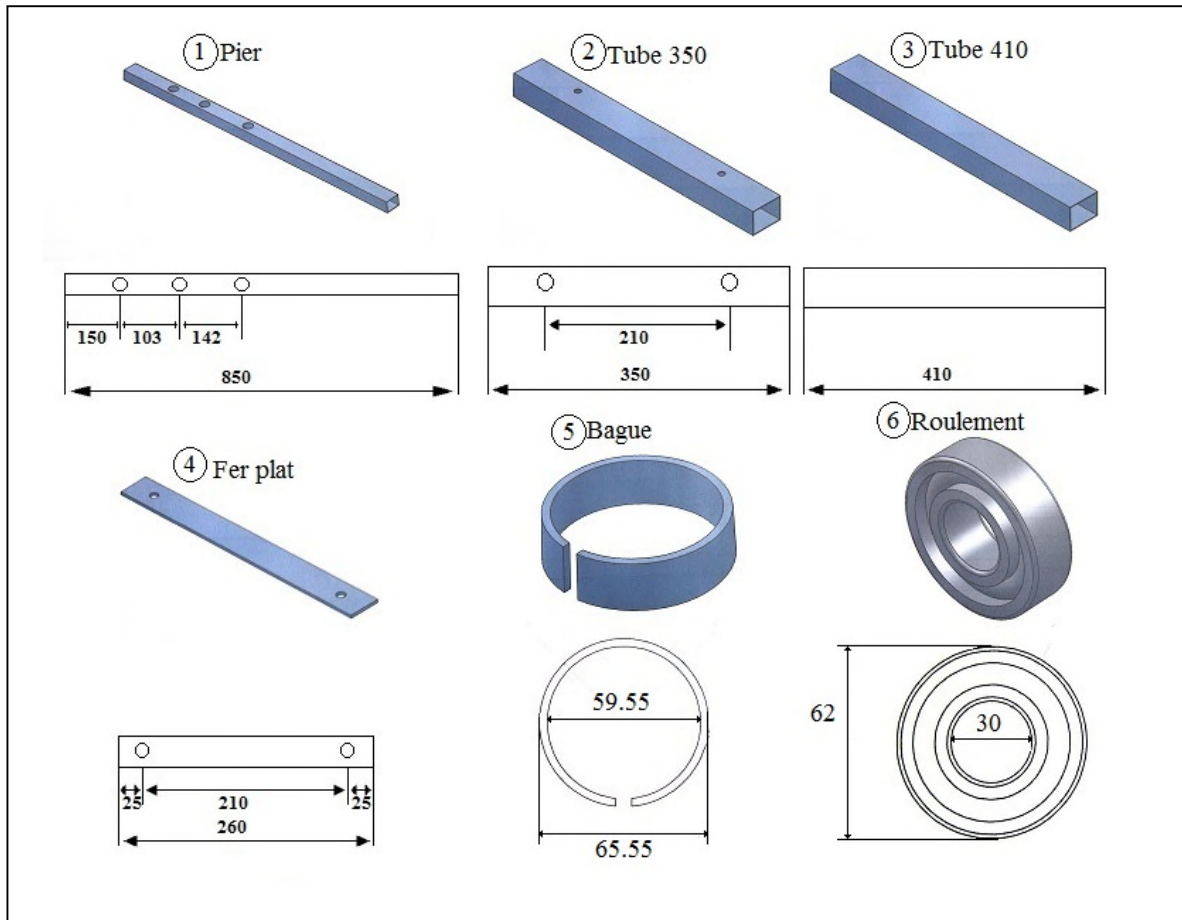


Figure IV.2 : quelque élément du broyeur

IV.2. Etude des outils de coupe

Les outils qui assurent la fragmentation de la bouteille sont des lames distribuées sur un arbre rotatif.

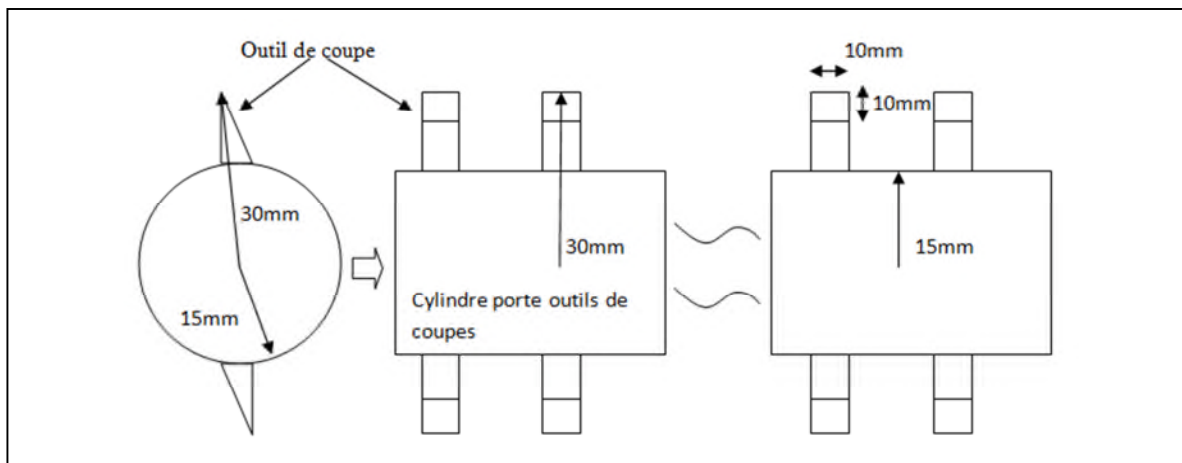


Figure IV.3 : l'arbre porte outils de coupe

IV.2.1. La vitesse de coupe

On va calculer la vitesse de sortie réducteur qui va nous assuré la vitesse de coupe du plastique V_c qui doit être autour de 20 m/min, et on a la relation suivante :

$$V_c = \Omega_c * R \quad (IV.1)$$

Avec

Ω_c : est la vitesse de coupe angulaire de l'arbre porte couteaux en rad/s.

R : est le rayon de l'arbre avec couteaux en mm.

$$\begin{aligned} \text{L'équation (IV.1)} \quad \Rightarrow \quad \Omega_c &= V_c/R \\ N_c &= (\Omega_c * 60)/2\pi \end{aligned}$$

N_c : est la vitesse de coupe en tr/min

AN:

$$\Omega_c = 20/(60*30*10^{-3}) \text{ rd/s}$$

$$\Omega_c = 11.11 \text{ rd/s}$$

$$N_c = (11.11 * 60)/2\pi \text{ tr/min}$$

$$N_c = 106 \text{ tr/min}$$

D'après la chaine cinématique

$$\Omega_c = 2 * \Omega_r \quad (VI.2)$$

Avec

Ω_r : est la vitesse angulaire à la sortie du réducteur.

$$\text{D'où} \quad \Omega_r = \frac{1}{2} \Omega_c$$

AN :

$$\Omega_r = \frac{1}{2} 11.11 \text{ rd/s}$$

$$\Omega_r = 5.55 \text{ rd/s}$$

$$N_r = (5.55 \cdot 60) / 2\pi \text{ tr/min}$$

$$N_r = 53 \text{ tr/min}$$

N_r : est la vitesse de sortie du réducteur en tr/min.

IV.2.2. Calcul de la force de coupe

Pour les données connues dans le cahier des charges, nous allons calculer l'effort de coupe disponible (F_c) à partir de la puissance utile qui est donnée par la relation suivante :

$$P = C_c * \Omega_c \quad (\text{IV.3})$$

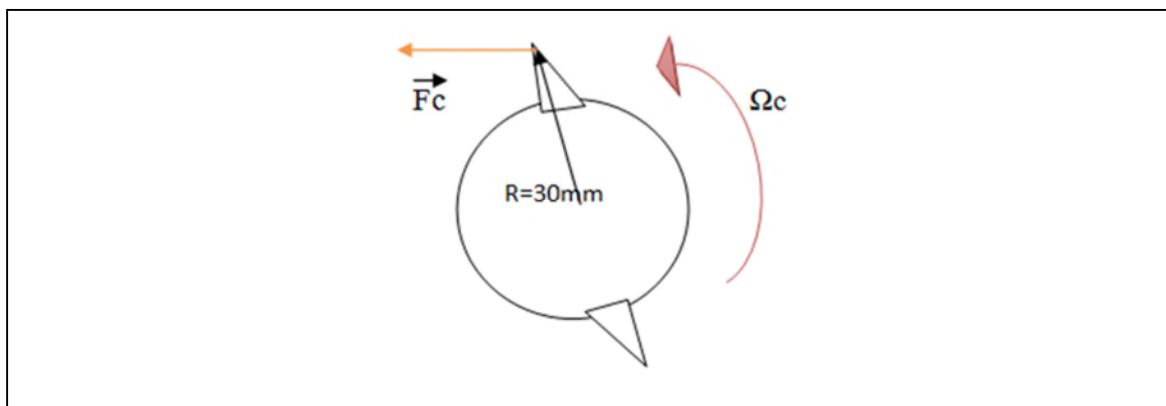


Figure IV.4 : Représentation de F_c et de Ω_c

Où

P : est la puissance utile du moteur qui entraîne notre broyeur en W.

C_c : est le couple de coupe en N.m.

Ω_c : est la vitesse de coupe angulaire rad/s.

Nous avons la relation suivante :

$$C_c = F_c * R \quad (\text{IV.4})$$

D'où

F_c : est l'effort de coupe en N.

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

En remplaçant l'équation (IV.4) dans l'équation (IV.3), on obtient :

$$P = F_c * R * \Omega_c \quad (\text{IV.5})$$

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

$$F_c = P / (R * \Omega_c) \quad (\text{IV.6})$$

AN :

$$F_c = 2.2 * 10^3 / (30 * 10^{-3} * 11.11) \text{ N}$$

$$F_c = 6.6 \text{ KN}$$

IV.2.3. Calcul de la longueur totale des lames

Nous allons calculer la longueur totale des lames pour un effort de coupe (F_c) concentré, et pour ce la nous avons les données suivantes :

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

S : est la surface de plastique à couper en mm^2 .

$6r$: est la résistance à la rupture du plastique ($6r=25 \text{ Mpa}$) [8].

Le plastique à couper est soumis au cisaillement, d'où on obtient les relations suivantes :

$$\tau_r \leq F_c / S \quad (\text{IV.7})$$

Et

$$S = L_{lame} * e \quad (\text{IV.8})$$

Avec

L_{lame} : est la longueur totale des lames.

τ_r : 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 :

$$\tau_r = 0.7 * 6r \quad (\text{IV.9})$$

Nous remplaçons les équations (IV.9) et (IV.8) dans l'équation(IV.7) et on aura la relation suivante :

$$0.7 * 6r \leq Fc / L_{lame} * e \quad (\text{IV.10})$$

A partir de cette relation on tire la relation suivante :

$$L_{lame} \leq Fc / 6r * e * 0.7 \quad (\text{IV.11})$$

AN :

$$L_{lame} \leq 6.6 * 10^3 / 0.7 * 25 * 10^6 * 2 * 10^{-3} \text{ m}$$

$$L_{lame} \leq 188.57 \text{ mm}$$

On prend $L_{lame} = 180 \text{ mm}$

IV.2.4. Calcul de nombre de lames

Nous allons calculer le nombre des lames dans le but d'avoir une lame qui coupe le plastique avec trois tailles de 10mm chaque une, donc pour une seule lame nous avons sa longueur totale qui est de 30 mm (trois tailles).

Nous avons la relation suivante :

$$L_{lame} = n * L \quad (\text{IV.12})$$

Où

L : est la longueur totale d'une seule lame (trois taille) en mm.

n : est le nombre de lames (sans unité).

D'où nous déduisons la relation suivante à partir de l'équation (IV.12)

$$n = L_{lame} / L$$

AN :

$$n = 180 / 30 \text{ Lame}$$

$$n = 6 \text{ Lames}$$

IV.3. Etude de RDM du broyeur

L'étude de RDM consiste à vérifier la résistance de arbre porte outils de coupe aux différents sollicitations, et notre arbre est soumis à la flexion et à la torsion, et dans ce cas, une structure soumise à une sollicitation composée de flexion et de torsion, le moment idéal de flexion (M_i) permet de faire les calculs de résistance comme si la structure était uniquement sollicitée en flexion.

Et connaissant que notre arbre est fabriqué avec un acier caractérisé par une teneur moyenne en carbone (0.3 à 5%), et σ_e est sa résistance maximale d'élasticité ($\sigma_e = 430$ Mpa), et on définit le coefficient de sécurité comme suite :

$$s = \sigma_e / \sigma_p \quad (\text{IV.13})$$

Avec

σ_p : est la résistance pratique du matériau en Mpa.

σ_e : est la résistance d'élasticité du matériau en Mpa.

s : est le coefficient de sécurité ($s=2$) pour notre étude.

De la relation (IV.13) on peut déduire la valeur de σ_p comme suite :

$$\sigma_p = \sigma_e / s \quad (\text{IV.14})$$

AN:

$$\sigma_p = 430/2 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_p = 215 \text{ Mpa}$$

IV.3.1. Vérification de diamètre de l'arbre

Pour la flexion on a les équations suivantes :

$$\sigma = \frac{M_f}{W_f} \quad ; \quad W_f = \frac{I_0}{2R} \quad ; \quad I_0 = \frac{\pi R^4}{2}$$

Avec

σ : Contrainte de flexion [N/mm^2].

M_f : Moment de flexion [$N \cdot mm$].

I_0 : Moment quadratique polaire de l'arbre [mm^4].

R : Rayon de l'arbre [mm].

W_f : Module de flexion [mm^3]

Et pour la torsion on a les équations suivantes :

$$\tau = \frac{M_t}{W_t} \quad ; \quad W_t = 2W_f \quad ; \quad I_0 = 2I_{Gz}$$

Et
$$\sigma_{\text{éq}} = \frac{M_i}{W_f}$$

Avec

τ : Contrainte de torsion [N/mm^2].

M_t : Moment de torsion [$N \cdot mm$].

W_t : Module de torsion [mm^3].

M_i : Moment idéal de flexion [$N \cdot mm$].

I_{Gz} : Moment quadratique de l'arbre [mm^4].

$\sigma_{\text{éq}}$: Contrainte équivalente [N/mm^2]

D'après le critère de Von Mises nous avons :

$$\sigma_{\text{éq}} = \sqrt{6^2 + 3\tau^2} \tag{IV.15}$$

En remplaçant dans la formule (IV.15) $\sigma_{\text{éq}}$, σ et τ , on obtient

$$\frac{M_i}{W_f} = \sqrt{\left(\frac{M_f}{W_f}\right)^2 + 3\left(\frac{M_t}{2W_f}\right)^2}$$

$$M_i = \sqrt{M_f^2 + 0,75M_t^2} \tag{IV.16}$$

Dans notre cas nous voulons déterminer le diamètre de l'arbre, soit :

$$\sigma_{\text{éq}} = \frac{M_i}{W_f} \leq 6 p \tag{IV.17}$$

Avec

$$W_f = \frac{\pi R^3}{4}$$

Et donc

$$6 p \geq \frac{4M_i}{\pi R^3} \tag{IV.18}$$

Avec

R : Rayon de l'arbre [mm].

σ_p : La résistance pratique de matériau [N/mm^2]

Dans ce cas nous obtenons :

$$R \geq \sqrt[3]{\frac{4}{\pi} \frac{M_i}{6 p}}$$

$$R \geq 1.08 * \sqrt[3]{\frac{M_i}{6 p}} \quad \text{(IV.19)}$$

IV.3.1.1. Etude de flexion

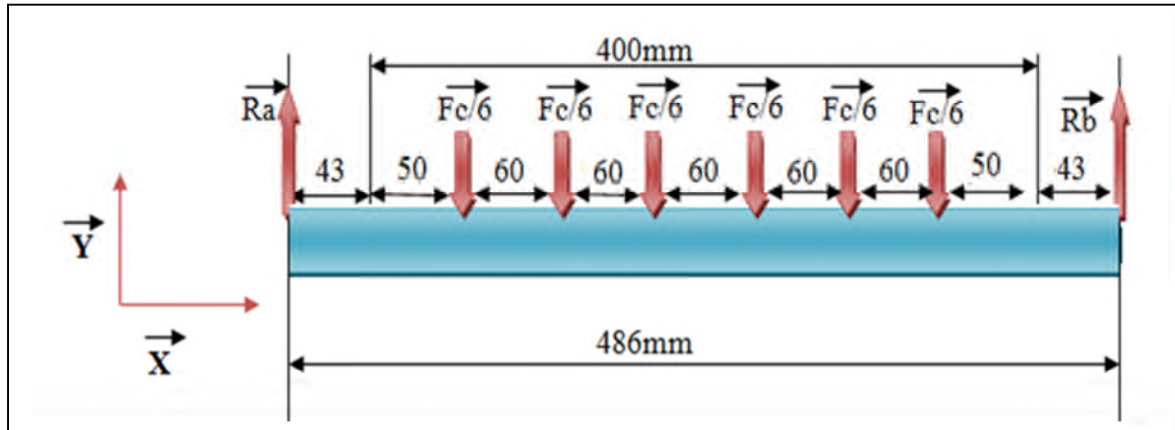


Figure IV.5 : La répartition de la force de coupe F_c

La répartition de la force de coupe totale F_c sur l'arbre porte outils de coupe se réalise comme montre la figure IV.3, tel que la force F_c se divise en six points différents sur l'arbre et chaque point représente un couteau puisque on dispose de six couteaux.

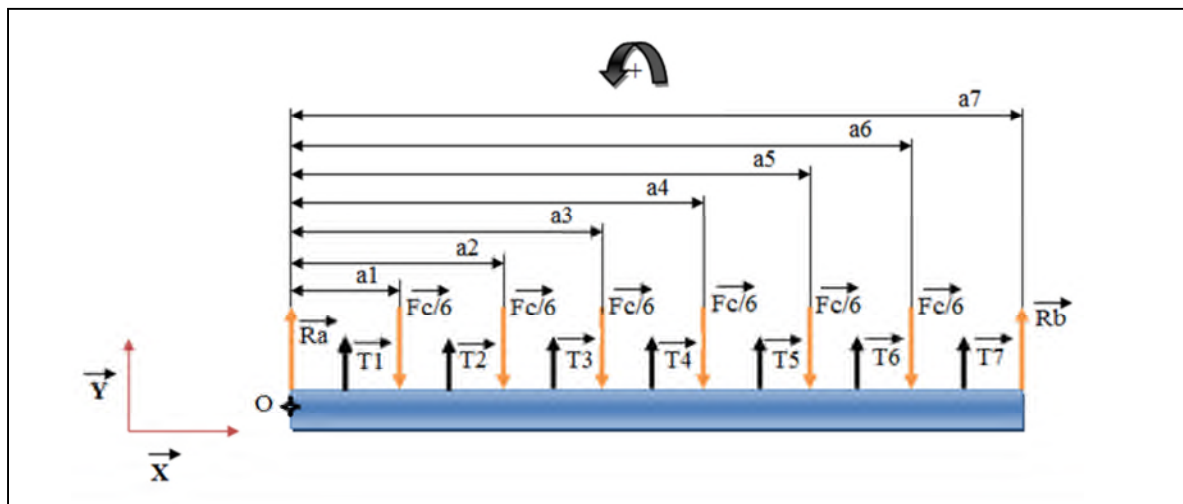


Figure IV.6 : représentation des efforts tranchant et les bras des moments sur l'arbre

En appliquant les principes fondamentaux de la statique :

$$\begin{cases} \sum \vec{F}_{\text{ext}} = 0 & \text{(IV.20)} \\ \sum \vec{M} = 0 & \text{(IV.21)} \end{cases}$$

Avec

F_{ext} : forces extérieure exercées sur l'arbre.

M : Les moments exercés sur l'arbre.

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

$$\begin{cases} Ra - Fc + Rb = 0 & \text{(IV.22)} \\ Rb * a7 - \frac{Fc}{6}(a6 + a5 + a4 + a3 + a2 + a1) = 0 & \text{(IV.23)} \end{cases}$$

Avec

Ra et Rb : les forces de réaction au niveau des appuis.

AN :

$a1=93\text{mm}$; $a2=153\text{mm}$; $a3=213\text{mm}$; $a4=273$; $a5=333\text{mm}$; $a6=393\text{mm}$; $a7=486\text{mm}$

$$\begin{cases} Ra - Fc + Rb = 0 \\ 486 * Rb = (Fc/6) * 1458 \implies Rb = Fc/2 \end{cases}$$

On remplace Rb dans la formule (IV.22) on aura

$$Ra = Fc/2$$

$$\text{Donc } Ra=Rb=6.6*10^3/2 \text{ N}$$

$$Ra = Rb = 3.3 \text{ KN}$$

❖ Calcul des efforts tranchants

On isolant les différents parties de l'arbre allons de $X = 0$ jusqu'à $X = a7$, on appliquant le PFD et on projetant su OY on aura (avec $Ra = Fc/2$) :

Zone 1 : $0 < X < a1$

$$Ra + T1 = 0 \implies T1 = -Fc/2$$

Zone 2 : $a_1 < X < a_2$

$$R_a - Fc/6 + T_2 = 0 \quad \implies \quad T_2 = -Fc/3$$

Zone 3 : $a_2 < X < a_3$

$$R_a - 2Fc/6 + T_3 = 0 \quad \implies \quad T_3 = -Fc/6$$

Zone 4 : $a_3 < X < a_4$

$$R_a - 3Fc/6 + T_4 = 0 \quad \implies \quad T_4 = 0$$

Zone 5 : $a_4 < X < a_5$

$$R_a - 4Fc/6 + T_5 = 0 \quad \implies \quad T_5 = Fc/6$$

Zone 6 : $a_5 < X < a_6$

$$R_a - 5Fc/6 + T_6 = 0 \quad \implies \quad T_6 = Fc/3$$

Zone 7 : $a_6 < X < a_7$

$$R_a - 6Fc/6 + T_7 = 0 \quad \implies \quad T_7 = Fc/2$$

On voit bien que l'effort tranchant varie en fonction de X le long de l'arbre porte couteaux, et pour illustrer parfaitement ces variations on a désigné le diagramme des efforts tranchants suivants :

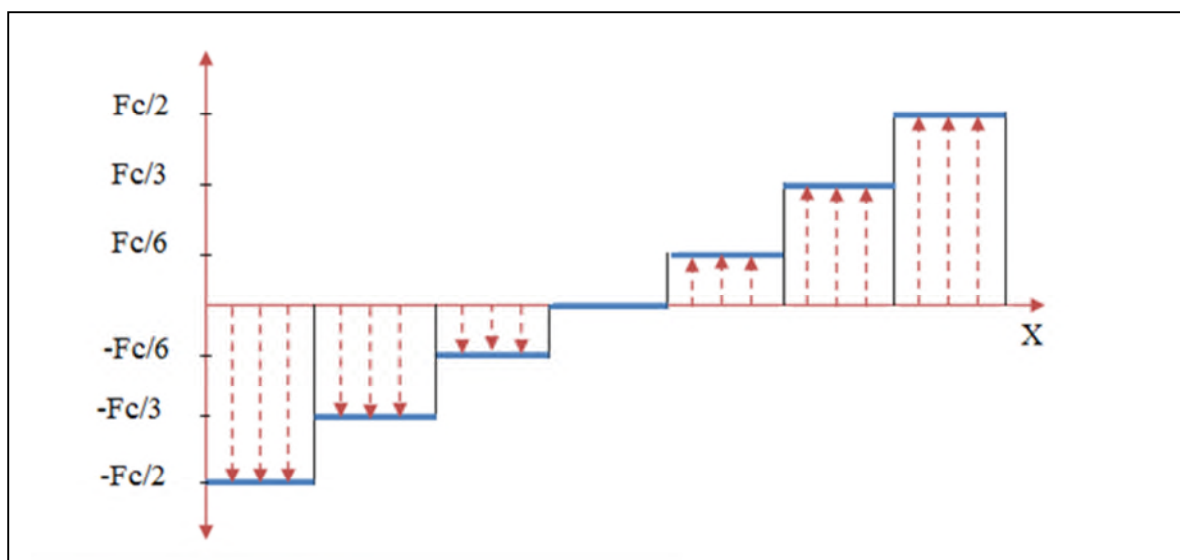


Figure IV.7 : Diagramme des efforts tranchants

❖ Calcul des moments fléchissant

On isole une partie de l'arbre $L'=L/2$, et en calculant le moment fléchissant le long de cette partie on déduira le moment fléchissant sur toute la longueur de l'arbre, et Pour ce la on applique la formule (IV.21) avec l'aide de la figure suivant :

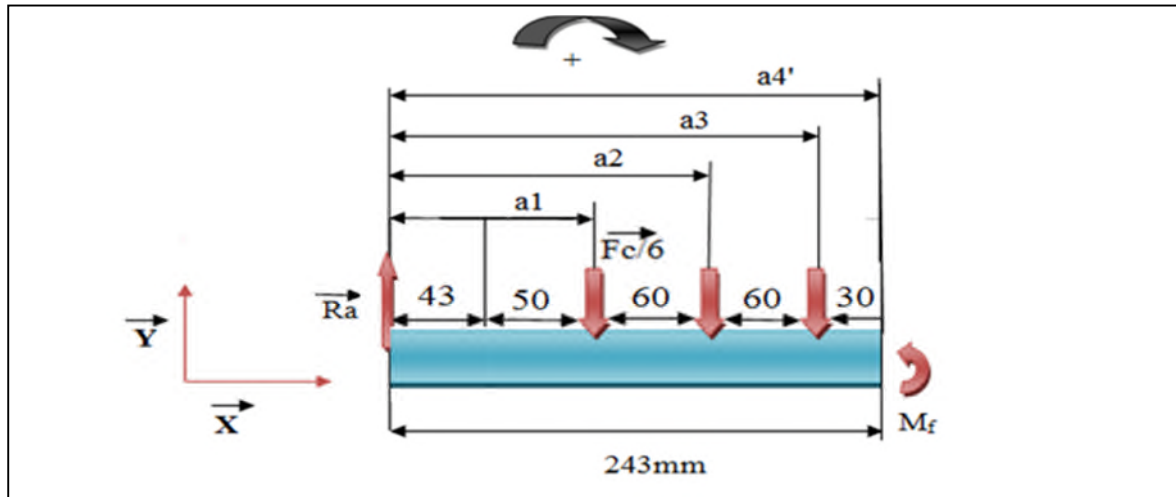


Figure IV.8 : Isolation d'une partie de l'arbre

Zone 1: $0 < X < a_1$

$$M_f = R_a * X$$

Zone 2 : $a_1 < X < a_2$

$$M_f = R_a * X - F_c/6(X-L_1)$$

Zone 3 : $a_2 < X < a_3$

$$M_f = R_a * X - F_c/6(X-L_1) - F_c/6(X-L_2)$$

Zone 4 : $a_3 < X < a_4'$

$$M_f = R_a * X - F_c/6(X-L_1) - F_c/6(X-L_2) - F_c/6(X-L_3)$$

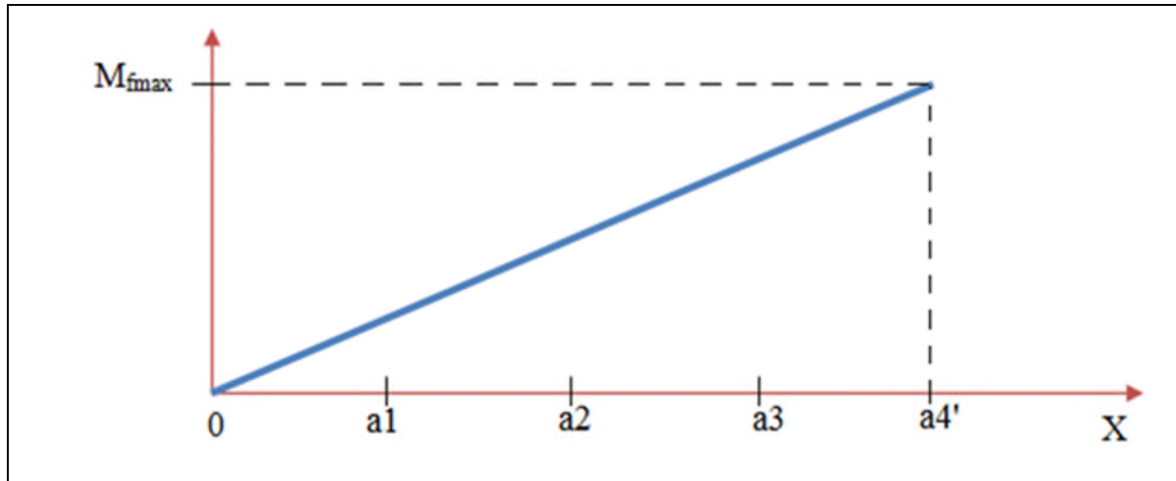


Figure IV.9: Diagramme des moments fléchissant de $L/2$

A partir de la figure (IV.6) on déduit le moment fléchissant de toute la longueur de l'arbre et on la présente dans la figure (IV.7).

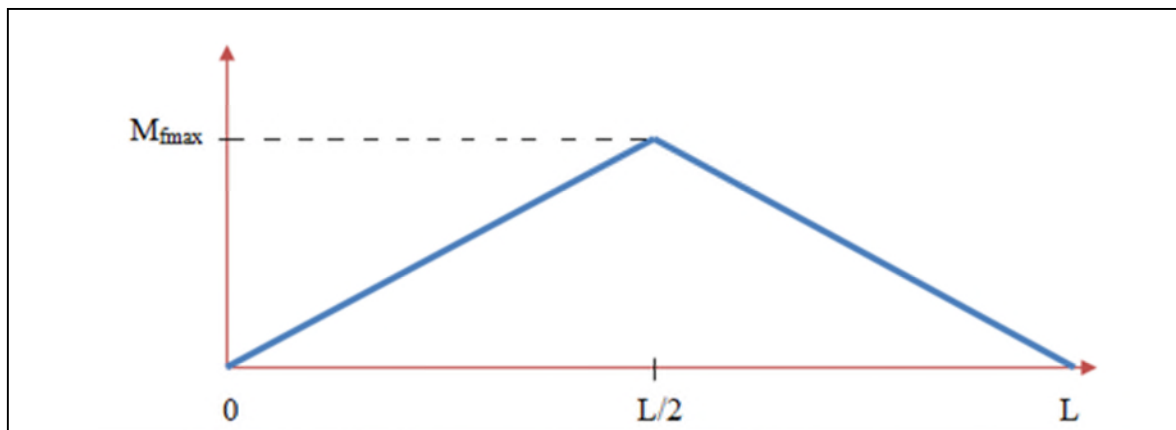


Figure IV.10 : Diagramme des moments fléchissant de L totale

Le diagramme montre que le M_{fmax} situé dans la zone 4 ou $X=L/2$ donc

$$M_{fmax} = Ra * X - Fc/6(X-L1) - Fc/6(X-L2) - Fc/6(X-L3)$$

M_{fmax} : le moment fléchissant maximal

AN :

Avec : $X=a4'=243\text{mm}$

$$M_{fmax} = 3.3 * 243 - 6.6/6(243-93) - 6.6/6(243-153) - 6.6/6(243-213)$$

$$M_{fmax} = 504.9 \text{ N.m}$$

$$M_{fmax} = 505 \text{ N.m}$$

IV.3.1.2. Etude de torsion

On utilise la formule (IV.3)

$$P = C_c * \Omega_c$$

Avec : $M_t = C_c$

D'où $M_t = P/\Omega_c$ **(IV.24)**

AN :

$$M_t = 2.2 * 10^3 / 11.11 \text{ N.m}$$

$$M_t = 198 \text{ N.m}$$

Calculant M_i on utilisant la formule (IV.16)

AN :

$$M_i = \sqrt{(505)^2 + 0.75 * 198^2} \text{ N.m}$$

$$M_i = 533.32 \text{ N.m}$$

Et on déduit R on utilisant la formule (IV.19)

AN :

$$R \geq 1.08 * \sqrt[3]{\frac{533.32 * 10^3}{215}} \text{ mm}$$

$$R \geq 14.6 \text{ mm}$$

$$D \geq 29.2 \text{ mm}$$

On prend

$$D = 30 \text{ mm}$$

IV.3.2. Calcul de roulement

Nous avons choisis des roulements à billes à un ranger à contacte radiale, nous allons par la suite calculer la durée de vie des ces derniers, et la relation suivante nous donne la durée de vie de notre roulement :

$$L_{10} = (C/P)^n$$
 (IV.25)

$n = 3$ pour les roulements à billes

Avec

L_{10} : est la durée de vie d'un roulement (en million de tour)

C : est la charge dynamique que supporte le roulement en N

P : est la charge dynamique équivalente que supporte le roulement en N qui est calculé par la relation suivante :

$$P = x * F_r + y * F_a \quad \text{(IV.26)}$$

Où

F_a : est la force axiale supportée par le roulement

F_r : est la force radiale supportée par le roulement

x et y : sont des coefficients normalisés liés à la nature de roulement et à ses dimensions. Calculons ces paramètres :

Dans notre cas $F_a = 0 \implies P = F_r$

Donc on va calculer de la force radiale F_r qui est égale au réaction au point A et au Réaction au point B de tel sorte : $F_r = R_a = R_b$

Donc : $F_r = 3.3 \text{ KN}$

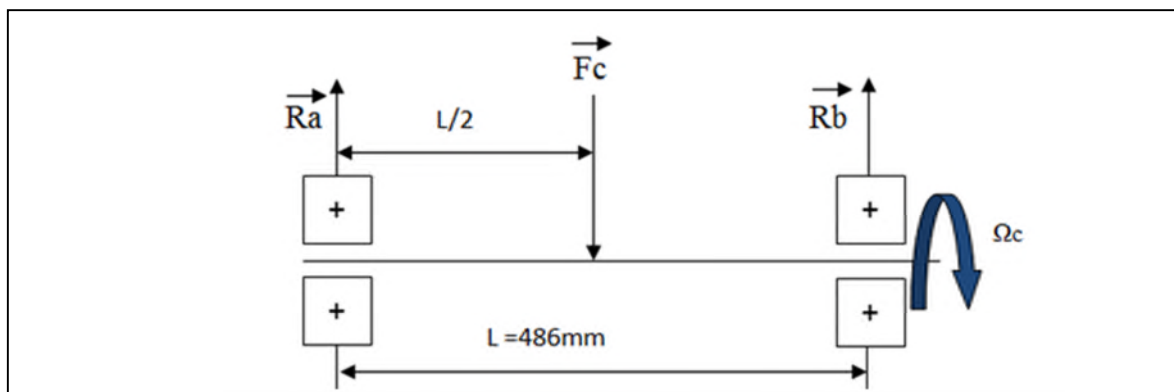


Figure IV.11 : représentation des efforts appliqués sur l'arbre

La valeur de la charge dynamique est donnée par le constructeur tout en connaissant les données relatives à chaque roulement a savoir :

Calcul de durée de vie L_{10E} en année pour un régime de 8 heure/jour et de 300 jour/année et on aura

AN :

$$L_{10E} = 20437 / (*300) \text{ année}$$

$$L_{10E} = 8.5 \text{ année}$$

IV.4. Calcul des débits

On à des couteaux rangé comme montre la figure suivante :

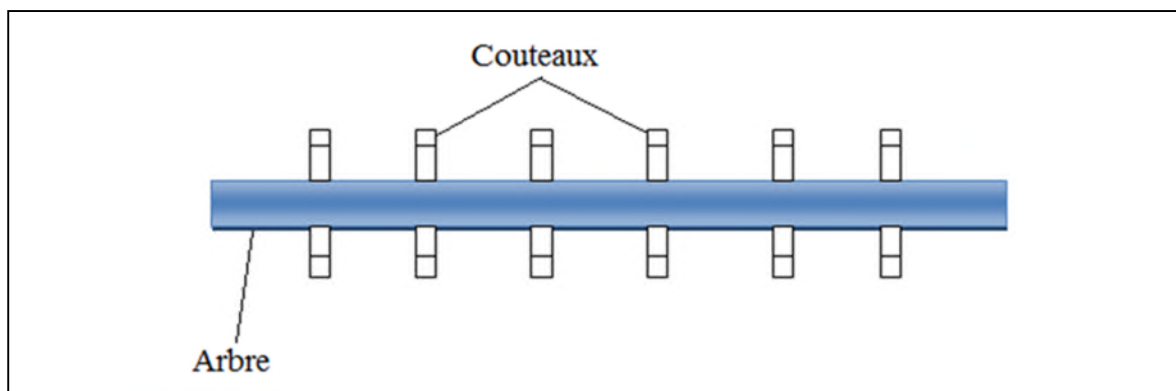


Figure IV.12 : positionnement des couteaux su l'arbre

On a donc deux lignes de six couteaux de 100mm^2 chaque un, et on va calculer la surface coupée en chaque tour.

$$S_{/tr} = n_{/tr} * S_{cc} \quad (\text{IV.29})$$

Avec

$S_{/tr}$: la surface totale coupée par tour

$n_{/tr}$: nombre de couteaux actif par tour

S_{cc} : la surface coupée par un couteau

AN :

$$S_{/tr} = 12 * 100 \text{ mm}^2/\text{tr}$$

$$S_{/tr} = 1200 \text{ mm}^2/\text{tr}$$

Le calcul de la surface coupée par minute

$$S_{\min} = S_{\text{tr}} * N \quad (\text{IV.30})$$

Avec

S_{\min} : la surface coupée par minute

N : le nombre de tour par minute ($N = N_c = 106 \text{ tr/min}$)

AN :

$$S_{\min} = 1200 * 106 \text{ mm}^2/\text{min}$$

$$S_{\min} = 127200 \text{ mm}^2/\text{min}$$

Calcul de débit volumique

$$Q_v = S_{\min} * e \quad (\text{IV.31})$$

AN :

$$Q_v = 127200 * 2 \text{ mm}^3/\text{min}$$

$$Q_v = 254400 \text{ mm}^3/\text{min}$$

Calcul de débit massique

$$Q_m = Q_v * \rho \quad (\text{IV.32})$$

Avec

ρ : la masse volumique de plastique ($\rho = 10^{-3} \text{ g/mm}^3$).

AN :

$$Q_m = 254400 * 10^{-3} \text{ g/min}$$

$$Q_m = 254.4 \text{ g/min}$$

Calcul de débit en bouteille/min

$$Q = Q_m/m \quad (\text{IV.33})$$

Avec

Q : le débit en bouteille/min

m : la masse de la bouteille (m=32g/bouteille)

AN :

$$Q = 254.4/32 \text{ bouteilles/min}$$

$$Q \approx 8 \text{ bouteilles/min}$$

$$Q = 8*60 \text{ bouteilles/min}$$

$$Q = 480 \text{ bouteilles/heure}$$

IV.5. Récapitulation

Après les calculs faits dans ce chapitre nous récapitulons les résultats dans le tableau suivants :

Grandeur	Valeur numérique	Grandeur	Valeur numérique
Ω_c (rd/s)	11.11	N_c (tr/min)	106
Ω_r (rd/s)	5.5	N_r (tr/min)	53
F_c (KN)	6.6	L_{lame} (mm)	180
N (Lames)	6	R_a (KN)	3.3
R_b (KN)	3.3	M_{fmax} (N.m)	5.5
M_t (N.m)	198	M_i (N.m)	553.32
d (mm)	30	D (mm)	62
B (mm)	16	L_{10H} (heurs)	32441.8
L_{10E} (heurs)	20437	L_{10E} (années)	8.5
Q_m (g/min)	254.4	Q (bouteilles/heurs)	480

Tableau IV.2 : Tableau récapitulatif

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons déterminé le diamètre de l'arbre porte outils car c'est le plus sollicité, le nombre d'outils coupants nécessaires et aussi les roulements des paliers de l'arbre porte couteaux ainsi le débit massique. Après cela nous passons à la réalisation.

Chapitre V

Réalisation

Introduction

Ce chapitre est la phase finale de notre étude, il est destiné à la conception et à la fabrication de notre mécanisme tout en fabriquant les différentes pièces qui le constitue et au montage de ces dernières.

La réalisation est effectuée au niveau du HALL TECHNOLOGIE.

V. Réalisation

La réalisation est partagée en trois étapes essentielles :

- La conception des pièces.
- La fabrication des pièces.
- L'assemblage des pièces.

V.1. Conception

Avant de procéder à la fabrication nous avons schématisé les pièces constituantes de notre machine pour nous servir comme guide durant la réalisation.

Nous avons également effectué des dessins de coupe pour faire un bon aperçu sur les pièces qui nécessitent une grande définition qui sont les arbres avec leurs roulement, ces dessins de coupe seront représentés dans l'annexe A

V.2. Fabrication

Après avoir apporté les modifications jugées nécessaires à notre broyeur on passe à la fabrication des pièces qui nous oblige de nous mettre au soudage, au fraisage et au tournage où on passe les pièces concernées par chaque opération a la machine qui la réalise.

V.2.1. Le tour

L'arbre porte couteaux a été passé au tour afin de rectifier sa surface et tracer des rainures à ses extrémités pour pouvoir lui fixer des roulements.

V.2.2. le fraisage

Cette technique est utilisé pour faire trous les différents pièces pour pouvoir les assemblés les unes aux autres .les pièces concernés par le perçage sont :

- Les pieds qui portent les cadres (bâti).

- Le fer plat.
- Les cadres qui portent les arbres et le palier à roulements.
- L'arbre porte outil pour pouvoir lui fixer les couteaux.

V.2.3. La coupe

Après avoir dimensionné et schématisé les pièces qu'on va utiliser, on passe premièrement à la coupe de ces dernières en utilisant une scie à métaux ou bien une tronçonneuse.

- Fer plat
- Tube rectangulaire creux
- Tube rond plein pour fabriquer les arbres
- Tube carré plein pour les couteaux et pour la cage

V.3. Assemblage

Après avoir effectué les opérations précédentes, les pièces sont maintenant prêtes à l'assemblage, pour cela nous avons utilisé les méthodes suivantes :

- Le soudage : est utilisé pour assembler les pièces constituant les cadres et les paliers, les dents et les lames coupantes ainsi que la cage de guidage des bouteilles.
- Le boulonnage : sert à fixer les cadres avec les pieds et les paliers à roulements aux cadres par des boulons.
- Le pressage : le montage des arbres avec les paliers à roulements se fait avec une presse.

V.4. Essais

A la fin de notre travail, maintenant que la machine est réalisée, nous avons effectué plusieurs essais, et chaque essai nous montre quelques problèmes qu'on doit rectifier en passant à nouveau dans les différentes étapes de fabrication, et parmi ces problèmes on cite :

- 1^{er} essai : la longueur des couteaux installés sur l'arbre ne suffit pas, et on a ajouté des dents pointues
- 2^{ème} essai : les dents pointées font tourner la bouteille autour de l'arbre port couteaux, et on ajoute une cage de guidage qui sert à mettre la bouteille là où il faut pour la déchiqueter.
- 3^{ème} essai : il s'est avéré que les bouteilles sont bien déchiquetées et coupées en grands fragments mais elles restent d'autres fragments coincés dans la cage, dans ce cas on a

qu'à modifier la cage, et pour les arrachés elles seront coupés par des lames installées sur la cage toute en bas, ces dernières sont fabriquées en fer plat aiguisées.

- 4^{eme} essai : tout fonction normalement sauf les couteaux qui sont pas de bon qualité, on doit les changer.

Conclusion

Dans le présent chapitre nous avons vu comment réaliser notre mécanisme de broyage, les étapes de conception où nous avons schématisé les pièces constituantes de notre machine, et la fabrication de ces pièces avant l'assemblage final et l'essai, et à la fin on conclut que les couteaux fabriqués avec du fer plat devraient être fabriqués avec un matériau spécifique et bien aiguisés si on veut se lancer dans cette production et on doit fixer sur l'arbre coupant des outils plus adaptés que celle-ci.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

Suite à tous ces jours consacrés pour ce mémoire qui est l'étude et la réalisation d'un broyeur des bouteilles de plastique qui ne dépasse pas les 400mm, on est arrivé finalement à la fin de notre travail après un débat avec la documentation car elle est presque introuvable dans un premier temps, et dans un deuxième temps un débat avec l'assemblage des pièces.

La deuxième partie de ce mémoire qui est la réalisation nous a pris beaucoup du temps, puisqu'on a réalisé plusieurs types d'arbres porte outils de coupe différents, et chacun est testé avec un moteur de 1.35 KW, sachant qu'à chaque essai non réussi on était obligé de refaire quelques étapes déjà faites car ces arbres coupants étaient endommagés par la puissance du moteur, par conséquent, faire une étude sur papier et la réalisation ce sont deux choses complètement différentes, c'est pour ça que c'est difficile de deviner la façon dont laquelle va synchroniser notre broyeur avant son essai.

Mais malgré toutes ces difficultés on peut dire que l'étude menée sur notre sujet nous a beaucoup aidé à avoir une expérience pratique et nous familiarisé avec les différents outils de travail à savoir le tour, la fraise et la soudure qu'on pourra rencontrer dans l'industrie à l'avenir.

Cette étude nous a également servi à avoir une idée sur la manière avec laquelle on effectue une étude de RDM sur un mécanisme et quels sont les paramètres à étudier.

Au terme de notre travail on est arrivés à faire fonctionner la chaîne cinématique avec son principe de fonctionnement grâce aux différentes modifications apportées, de sorte que la première et la deuxième étape qui sont consacrées à amener et écraser la bouteille respectivement fonctionnent régulièrement, par contre la troisième étape elle n'est pas assez fonctionnelle car on ne dispose pas des couteaux désirés.

Notre travail est la suite d'un sujet débuté l'année dernière par nos camarades, et la finition de broyeur nécessite encore quelques jours malheureusement, on espère que ces améliorations seront serviables pour les prochaines étudiants et prochaines expérimentations.

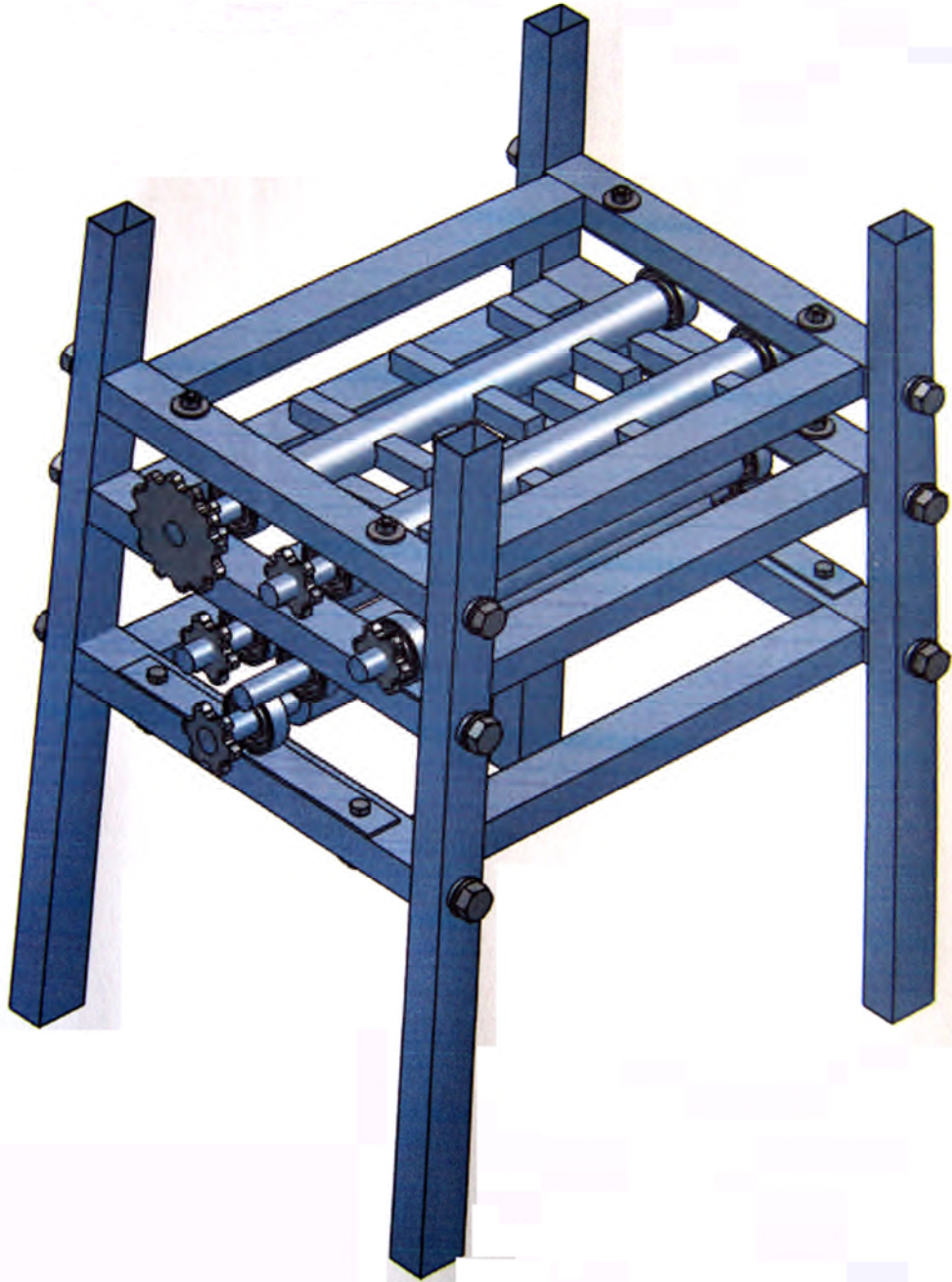
Bibliographie

- [1] : Internet <http://www.isve.com> (2009).
- [2] : Mme ZAPATA-MASSOT Céline, THESE (synthèse de matériaux composites par Co-broyage en voie sèche. Caractérisation des propriétés physico-chimique et d'usage des matériaux), Institut National Polytechniques de TOULOUSE, (décembre 2004).
- [3] : Internet <http://www.khmineral.com> (2013).
- [4] : Internet <http://www.decoval.fr> (2011-2012).
- [5] : Internet <http://www.akahl.de>
- [6] : Document réf MAS –le moteur asynchrone .odt (2012).
- [7] : Philipe LE BRUN, support de cours (Machine asynchrone), lycée louis ARMAND, (2008-2009)
- [8] : Chevalier : Guide de dessinateur industriel, Edition AFNOR Paris (2004).

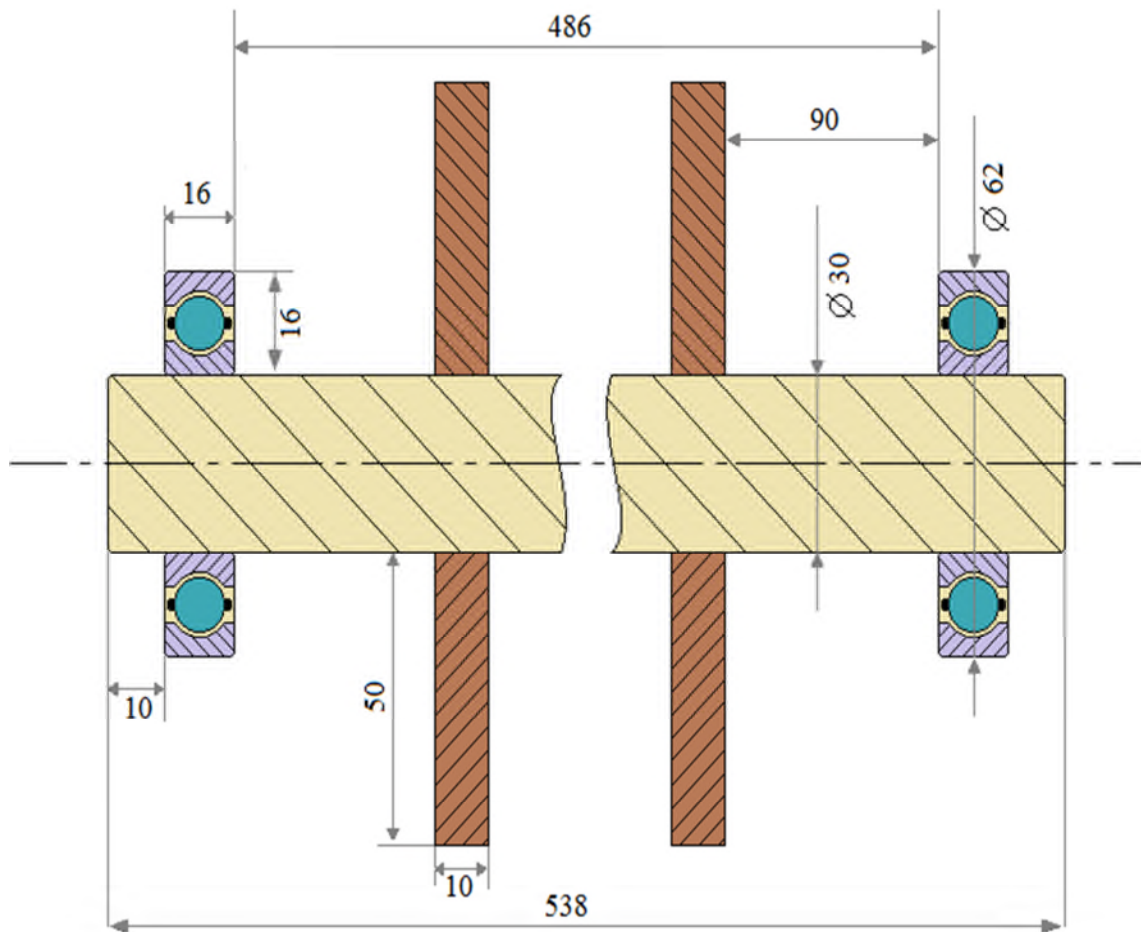
ANNEXES






ANNEXE A

Dessin d'ensemble de différentes pièces

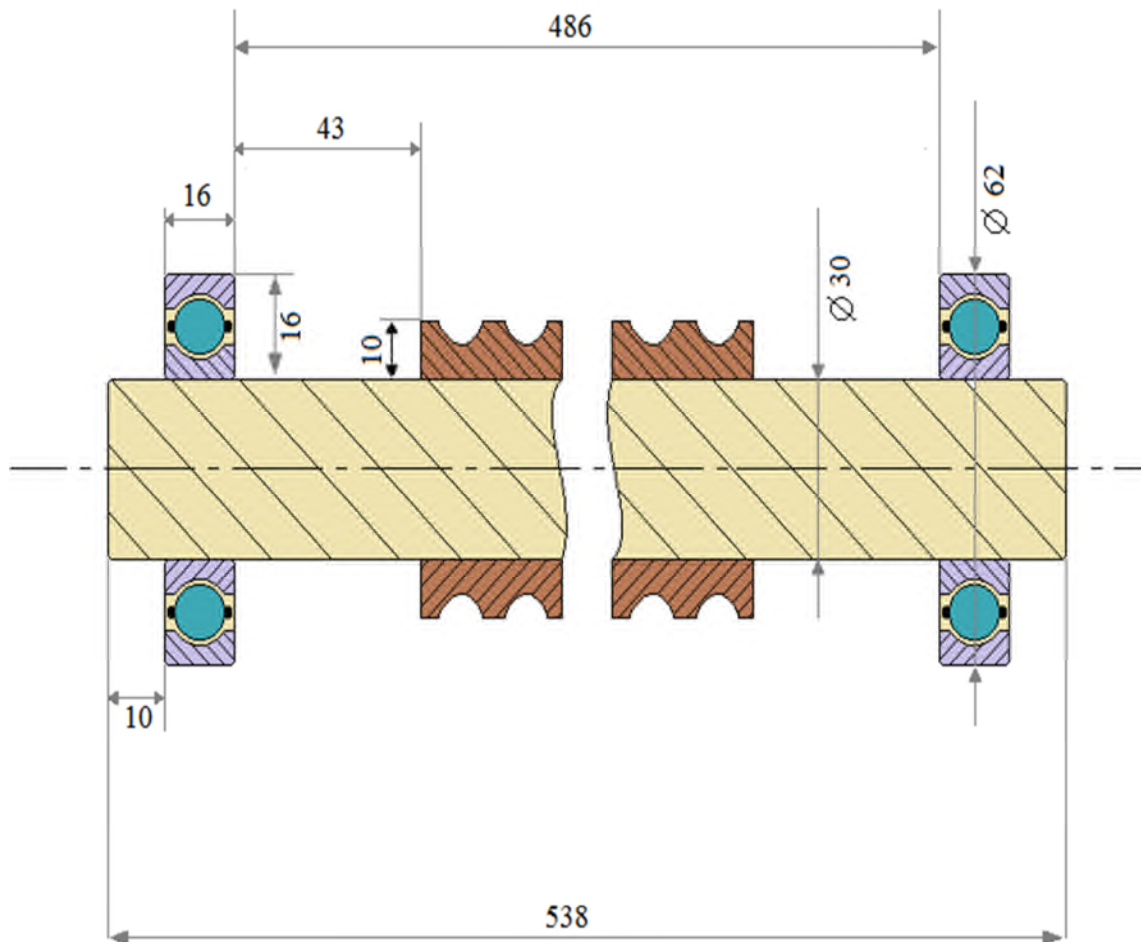







DESSIN D'ENSEMBLE



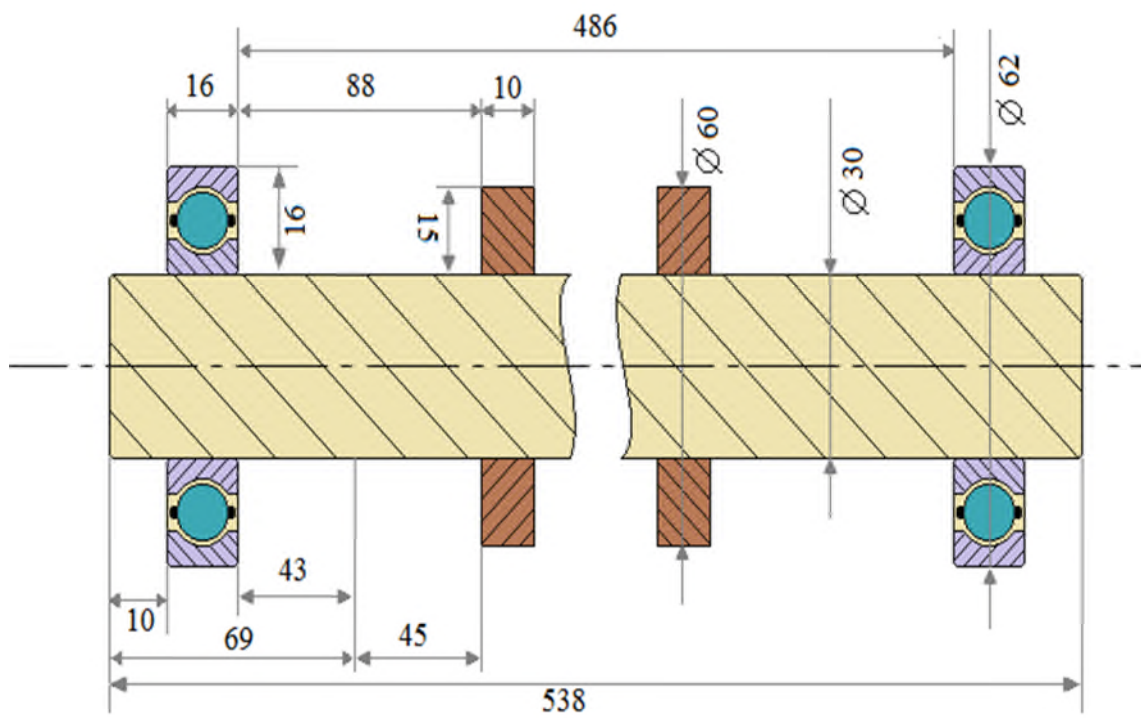
- | | |
|---|--|
|  Bille de roulement |  Bras d'amener |
|  Bague itérieur et extérieur |  L'arbre d'amener |
|  Cage des billes | |





DESSIN DE L'ARBRE D'AMENEE



- | | |
|---|--|
|  Bille de roulement |  Tige d'écrasement |
|  Bague itérieure et extérieure |  L'arbre d'écrasement |
|  Cage des billes | |

DESSIN DE L'ARBRE D'ECRASEMENT



- | | |
|---|--|
|  Bille de roulement |  Couteau |
|  Bague itérieure et extérieure |  L'arbre porte couteaux |
|  Cage des billes | |

DESSIN DE L'ARBRE PORTE COUTEAUX

ANNEXE B
Photos réelles

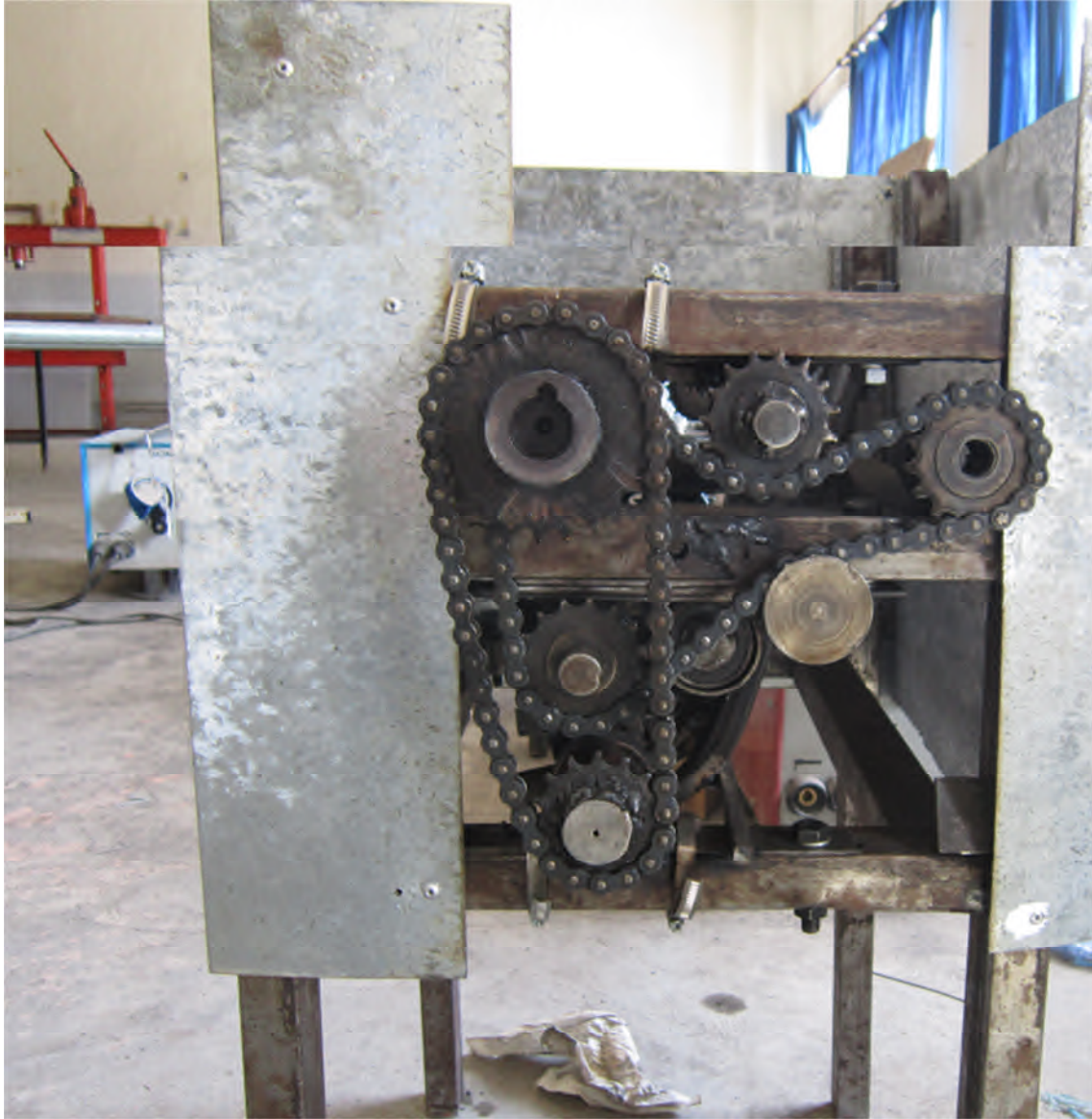


Photo de la chaine cinématique 1



Photo de la chaine cinématique 2



Photo de face de broyeur



Photo de coté de broyeur



Photo de dessus de broyeur

Résumé

Ce mémoire est destiné à la réalisation d'un broyeur pour les bouteilles en plastique en fin de leur utilisation qui ne dépasse pas 400 mm. L'étude présentée dans ce mémoire est basée sur les éléments principaux du système, qui concerne la résistance des matériaux (RDM) et la cinématique des éléments du broyeur.

La deuxième partie est la réalisation de notre machine est effectué au niveau du Hall de Technologie.

Mots clés : plastique, broyage, broyeurs

Abstract

This memory is designed for the production of a crusher for plastic bottles at the end of their use which does not exceed 400 mm.

The study presented in this paper is based on the main elements of the system for resistance of materials (RDM) and the cinematic elements of the mill. The second part is the realization of our machine is performed at the Hall of Technology.

Keywords: plastic grinding mills.