

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
جامعة بلحاج بوشعيب عين تموشنت
Université Belhadj Bouchaib d'Ain-Temouchent
Faculté des Science & Technologie
DEPARTEMENT d'électrotechnique



Projet de Fin d'études
Pour l'obtention du diplôme de Master en :
Domaine : Science & Technologie
Filière : ELECTROMECHANIQUE
Spécialité : ELECTROMECHANIQUE
Thème :

Etude et conception d'un broyeur pour végétaux

- 1) DJELOUL BEN CHERIF MOHAMMED FATEH
- 2) BOUZADA MUSTAPHA

Devant les jurys composés de :

Dr. AISSOU	M C B	U.B.B (Ain T'émouchent)	Président
Dr. HARCHOUCHE	M C A	U.B.B (Ain T'émouchent)	Examineur
Dr. BELGHRASSE CO-Mr MECIRDI	M A A	U.B.B (Ain T'émouchent)	Encadrant

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciements

Nous remercions Dieu Tout-Puissant de nous avoir accordé le succès.

Avec de la santé, du courage ET de la patience pour pouvoir achever ce travail.

Merci beaucoup à tous nos familles, en particulier nos parents

Encouragement constant pour les capacités de travail.

Nous tenons à remercier chaleureusement notre Encadreur Belgherras Mohammed

Elnedhir pour sa présence, Il a accepté de nous guider tout au long des travaux et de tout donner.

Nous adressons également notre sincère remerciement à tous ceux qui ont

A contribué directement ou indirectement à la réalisation de Ce travail.

Enfin, nous tenons également à remercier tous les membres du jury

Accepter l'évaluation de Notre travail.

Merci à tous

Dédicace :

Avant tous

Je remercie dieu le tout puissant de m'avoir donné le courage et la patience pour réaliser ce travail.

Je dédie ce travail :

A mes parents qui m'ont soutenu durant toute mon existence, que dieu leur procure bonne santé et longue vie.

A mon binôme qui partager ce travail avec moi dans tous ses moments

Mes dédicaces vont également à mes amis particulièrement,

Boutra Mustapha, ELMERERBI Mustapha Djawed, Daho Mohamed

Dédicace :

Avant tous

Je remercie dieu le tout puissant de m'avoir donné le courage et la patience pour réaliser ce travail.

Je dédie ce travail :

A ma famille

A tous mes amis (es) d'études :

Benallal imad eddine, lahoul salah dine maftahi reda.

Résumé :

Ce modeste travail de fin d'étude s'inscrit dans le cadre de la fabrication du compost par broyage des déchets, et plus précisément de l'étude de la machine

Qui fait la partie la plus importante du broyage des plantes?

Tout d'abord, dans notre travail, il s'est familiarisé avec tous les types de broyeurs existants, puis il met en évidence et montre toutes les pièces qui composent la coupe des légumes, puis vient l'étape de la fabrication du compost, puis l'étape du choix du système et dimensionnement

les différentes parties du concasseur, et enfin simuler les parties les plus importantes du concasseur (la lame et l'arbre de la lame)

En particulier, cette machine a été précisément conçue pour s'adapter au marché algérien et aux normes de sécurité industrielle.

Abstract:

This modest work at the end of the study is part of the compost production by grinding the waste, and more precisely the study of the machine

Who does the most important part of grinding the plants?

First of all, in our work, he got acquainted with all the existing types of grinders, then he highlights and shows all the parts that make up for cutting vegetables, then comes the stage of how to make compost, then the stage of choosing the system and sizing

The different parts of the crusher, and finally simulate the most important parts of the crusher (the blade and the blade shaft)

In particular, this machine has been precisely designed to adapt to the Algerian market and industrial safety standards.

ملخص :

هذا العمل المتواضع في نهاية الدراسة هو جزء من إنتاج السماد عن طريق طحن النفايات، وبشكل أكثر دقة في دراسة الآلة

من يقوم بالجزء الأهم وهو طحن النباتات

بادئ ذي بدء، في عملنا هذا تعرف على جميع أنواع المطاحن الموجودة ثم يبرز ويظهر جميع الأجزاء المكونة لتقطيع الخضار ثم تأتي مرحلة كيفية صنع السماد ثم مرحلة اختيار النظام والتحجيم

(الأجزاء المختلفة للكسارة ، وأخيراً تحاكي أهم أجزاء الكسارة (الشفرة وعمود الشفرة

.على وجه الخصوص ، تم تصميم هذه الآلة بدقة للتكيف مع السوق الجزائري ومعايير السلامة الصناعية

SOMMAIRE

Introduction général.....	01
Chapitre I : Généralité sur les broyeurs	
I.1. Introduction.....	02
I.2. Définition d'un broyeur.....	02
I.3. Caractéristiques principales d'un broyeur.....	03
I.4. Modes de fragmentation.....	03
I.5. Les différents types de broyeurs	04
I.5.1. Le concassage.....	06
I.5.2. Broyeur à fragmentation grossière.....	06
I.5.3. Broyeur à couteaux.....	06
I.5.4. Broyeur pour le papier.....	07
I.5.5. Broyeur pour le verre.....	08
I.5.6. Broyeur à fragmentation fine (1000 à 10µm).....	09
I.5.7. Broyeur à marteaux.....	09
I.5.8. Broyeur à fragmentation ultrafine.....	10
I.5.9. Le broyeurs à mâchoires	11
I.5.10. Broyeurs à billes.....	12
I.6. Choix d'un broyeur.....	13
I.7. Broyage de matière dure.....	13
I.8. Broyage d'emballage.....	14
I.9. Broyage de cereals.....	14
I.10. Broyage vegetal.....	15
I.10.1. Fonctionnement.....	15
I.10.2. Utilité d'un broyeur vegetal.....	15

I. I.11. les avantages et les inconvénients des broyeurs	16
I.11.1. les avantages des broyeurs	16
11.2. Les inconvénients des broyeurs.....	16
I.12. Conclusion.....	17
 Chapitre II : Etude et description de Production Composte de notre model broyeur	
II.1. Introduction.....	18
II.2. Production du composte.....	18
II.3. le compostage.....	19
II.3.1. Les quatre phases du compostage	19
II.4. fabrication du composte.....	20
II.5. Comment fabriquer le compost ?.....	21
II.5.1. Fabrication du compost en andain.....	21
II.5.2. Fabrication de compost dans une fosse.....	22
II.6. composter.....	22
II.7. Les différent type du composte	23
II.7.1. Préparation du substrat.....	23
II.7.1.1. Tri.....	24
II.7.1.2. Broyage.....	24
II.7.2. Fermentation	24
II.7.3. Maturation	25
II.7.4. Mise en forme du produit pour la commercialisation.....	25
II.7.4.1. Criblage.....	25
II.7.4.2. Conditionnement ET stockage	25
II.8. Model broyeur	26
II.8.1. caractéristique du broyeur type MTK 661	26

II.8.2. niveau de bruit	27
II.8.3. avantage.....	27
II.9. Conclusions	27

Chapitre III : Calcul et dimensionnement

III.1. Introduction	28
III.2. Réducteur.....	28
III.3. Principe de fonctionnement des réducteurs.....	28
III.4. système Poulies-courroie.....	28
III.4.1. Définition	28
III.4.2. Nature des courroies.....	29
III.4.3. Courroies trapézoïdales.....	29
III.4.4. Les avantages et les inconvénients.....	30
III.4.4.1. Avantage	30
III.4.4.2. Inconvénients	30
III.4.5. La longueur de la courroie	30
III.4.6. Description	31
III.4.7. Diamètres des poulies	31
III.4.7.1. Définition	31
III.4.7.2. Diamètres primitifs	31
III.5. Rapport de vitesse	32
III.6. Entretien des courroies et des poulies	32
III.6.1. Inspection et entretien	32
III.7. Etude cinématique	32
III.7. 1. Schéma cinématique.....	32

III.7.2.CRITÈRE DE CHOIX ET CALCUL DES ÉLÉMENTS DE NOTRE BROYEUR	33
III.7.2.1. Moteur électrique	33
III.7.2.1.1. Critères de choix d'un moteur	33
III.7.2.1.2. Le rôle de moteur asynchrone triphasé	34
III.7.2.1.3.constitution.....	35
III.7.2.1.4. Couplage de stator	35
III.7.2.1.5. Choix du moteur.....	35
III.8. Calcul de la force de cou per <i>FC</i> des végétaux.....	35
III.9. Calcul des courroies et poulies.....	36
III.10.1. Choix de section de la courroie à partir du graphe.....	36
III.10.2.Le rapport de transmission.....	39
III.10.3.Calcul de la vitesse de la courroie.....	39
III.10.4.Calcul de longueur primitive courroie.....	39
III.10.5.Calcul de puissance de base de la courroie.....	40
III.10.6. Puissance admissible de la courroie choisie.....	41
III.10.7. Calcul de RDM des éléments sollicités dans le broyeur.....	42
III.10.7.1. Dimensionnement de l'arbre PORTE-LAMES	42
III.10.7.1.1. Calcul des réactions des paliers.....	42
III.10.7.1.2. Calcul des moments fléchissant.....	44
III.10.8.Le rendement.....	45
III.11.MODÉLISATION NUMÉRIQUE DES PRINCIPAUX ORGANES DUBROYEUR(SIMULATION)	45
III.11.1.DÉFINITION DE LA CAO	45
III.11.2.Les avantages et les inconvénients de la CAO.....	45
III.11.2.1.Les avantages.....	45

III.11.2.2. Les inconvénients.....	46
III.11.3. Logiciel utilisée.....	46
III.11.4. Les différentes utilisations de SolidWorks.....	46
III.11.5. Modélisation géométrique.....	47
III.11.5.1. Modélisation Géométrique de l'arbre.....	47
III.11.5.2. Modélisation Géométrique de la lame	47
III.11.5.3. Modélisation Assemblage des éléments de broyeur.....	48
III.11.5.4. Assemblage des éléments fini de broyeur.....	48
III.11.6. Modélisation numérique	48
III.11.6.1. Introduction aux éléments finis	48
III.11.6.2. Le maillage.....	49
III.11.6. 3. Différents types de maillage	49
III.11.6.3.1. Maillage linéaire	49
III.11.6.3.2. Maillage surfacique.....	49
III.11.6.3.3. Maillage volumique.....	49
III.11.6.3.4. Génération d'un maillage.....	49
III.11.7. APPLICATION DES CONDITIONS AUX LIMITES	50
III.11.7.1. Déplacements et efforts imposés sur l'arbre et les lames.....	50
III.11.7.2. Propriété des matériaux du modèle de l'arbre et les lames	51
III.11.8. résultat de la simulation	52
III.11.8.1. les contraintes de Von mises	52
III.11.8.2. déplacementimposé	53
III.11.8.3. Calcule de déformation	54
III.11.9. Conclusion	54
Conclusion générale.....	55

Liste des figures & Graphes

chapitre I	
Figure I.1 : Contrainte = f (déformations).....	02
Figure I.2 : Mode de fragmentation.....	03
Figure I.3 : Broyeur à couteaux.....	06
Figure I.4 : Broyeur à couteaux produit fini.....	07
Figure I.5 : Broyeur pour le papier.....	07
Figure I.6 : Broyeur pour le papier produit fini.....	08
Figure I.7 : Broyeur pour le verre.....	08
Figure I.8 : Broyeur à fragmentation fine (1000 à 10 μ m).....	09
Figure I.9 : Broyeur à marteaux.....	10
Figure I.10 : Broyeur à marteaux avec produit.....	10
Figure I.11 : Broyeur à fragmentation ultrafine.....	11
Figure I.12 : broyeurs à mâchoires.....	12
Figure I.13 : broyeurs à mâchoires avec produit.....	12
Figure I.14 : Broyeurs à billes.....	13
Figure I.15 : Broyage de matière dure.....	14
Figure I.16 : Broyage pour carton.....	14
Figure I.17 : broyeur à deux cylindres.....	15
Figure I.18 : broyeur végétal à disque.....	15
Chapitre II	
Figure II.1 : Processus de compostage.....	18
Figure II.2 : Courbe théorique d'évolution de la température au cours du compostage.....	19
Figure II.3 : compostage naturel.....	20
Figure II.4 : compostage industriel.....	20
Figure II.5 : Fabrication du compost en andain.....	22
Figure II.6 : Fabrication de compost dans une fosse.....	22
Figure II.7 : Schéma du procédé de compostage classique.....	23
Figure II.8 : les étapes préparent les composts.....	24
Figure II.9 : MADDO GmbH cutter MTK 661.....	26
Chapitre III	
Figure III.1 : principe de réducteur.....	28
Figure III.2 : Poulies-courroie.....	29
Figure III.3 : Catégories de courroies trapézoïdales.....	30
Figure III.4 : Chaîne cinématique.....	31
Figure III.5 : Moteur asynchrone triphasé.....	34
Figure III.6 : couplage étoile et triangle.....	35
Figure III.7 : Gamme des puissances transmissibles par type de courroie.....	37
Figure III.8 : Illustration des différents types de Courroies trapézoïdales.....	38

Figure III.9: Longueur primitive.....	41
Figure III.10: Angle d'enroulement.....	42
Figure III.11: Représentation des efforts appliqués sur l'arbre.....	43
Figure III.12: Diagramme des efforts tranchant.....	44
Figure III.13: Diagramme des moments fléchissant.....	45
Figure III.14: Modèle CAO de l'arbre.....	47
Figure III.15: Modèle CAO de la lame.....	47
Figure III.16: Assemblage des éléments de broyeur.....	48
Figure III.17: Assemblage des lames sur arbres fini.....	48
Figure III.18: Représentation du maillage.....	52
Figure III.19: les contraintes de Von mises.....	52
Figure III.20: Déplacement résultant des lames.....	53
Figure III.21: Déformation équivalente des lames.....	54

Liste des tableaux

Chapitre I	
Tableau I.1 : Les différents types de broyeurs.....	04
Chapitre II	
Tableau II.1 : biodégradable dans compost.....	21
Chapitre III	
Tableau III.1 : Les éléments de la chaine cinématique.....	33
Tableau III.2 : Caractéristiques et domaines d'utilisation des moteurs électriques.....	34
Tableau III.3 : Tableau qui permet de choisir la valeur de K_s	37
Tableau III.4 : Tableau des principales dimensions trapézoïdales ISO 4183.....	38
Tableau III.5 : Puissance de base en KW des courroies trapézoïdal classique.....	40
Tableau III.6 : Informations sur le maillage de l'arbre.....	51

Liste d'Abréviation

BC	B royeur au C oncassage
BFG	B royeur à F ragmentation G rossière
BFF	B royeur à F ragmentation F ine
BFU	B royeur à F ragmentation U ltrafine
PM	Phase M ésophile
PT	Phase T hermophile
PR	Phase de R efroidissement
PMa	Phase de M aturation
RMV	R éduire les M asses et les V olumes
CéM	C oncentration des é léments M inéreaux
DAD	D estruction des A gents P athogène
DGD	D estruction de G raines D 'adventices
CAO	Conception Assisté par Ordinateur

Introduction Générale

Lorsqu'il s'agit de faire pousser des arbres, des plantes et des légumes et de préserver l'environnement, les espaces verts produisent aussi nécessairement de grandes quantités de déchets. Ces déchets végétaux forment parfois

Le Problèmes de traitement des déchets. Il est donc bon d'utiliser une machine à trancher les légumes

Souvent nécessaire. Ce type de matériel offre la possibilité de réduire considérablement la quantité des déchets végétaux issus de l'entretien et de la gestion des espaces verts.

Le broyeur de végétaux est un instrument idéalement conçu pour fabriquer du compost, du paillage ou encore de recycler tout simplement les bois. Cet outil est équipé d'un système de coupe puissant installé sur un plateau tournant et doté d'un puissant couteau qui sert de pré-broyeur.

Le premier chapitre traite des types des broyeurs existants et de leur définition, le domaine d'utilisation, ainsi que les avantages et les inconvénients en général.

Le deuxième chapitre est consacré à la méthode de la production des engrais et comment le fabriquer les différents engrais organiques, ainsi que la présentation du modèle du broyeur utiliser dans ce travail.

Le dernier chapitre est consacré au calcul des différent paramètre du broyeur ainsi que la modélisation en élément fini (3D) des organes principaux du broyeur

Il se termine par une conclusion générale et des points de vue.

Chapitre I :

Généralité sur les broyeurs

I.1. Introduction :

Le broyage est une opération unitaire visant à fragmenter un matériau pour en réduire la taille afin de lui donner une forme utilisable ou d'en séparer les constituants. À cette fin, le matériau est soumis à des sollicitations mécaniques qui entraînent une augmentation de son énergie libre. Cette énergie, lors de la fragmentation peut être transformée suivant différents processus en énergie élastique (mettant en jeu les défauts de réseaux qui donnent naissance à la fissuration), en énergie de surface (progression des fissures et génération de fractures), et diverses autres formes d'énergie (avec comme possibles conséquences l'amorphisation superficielle ou massique des solides cristallins, l'agglomération, les transitions polymorphiques, les réactions mécano chimiques). [1]

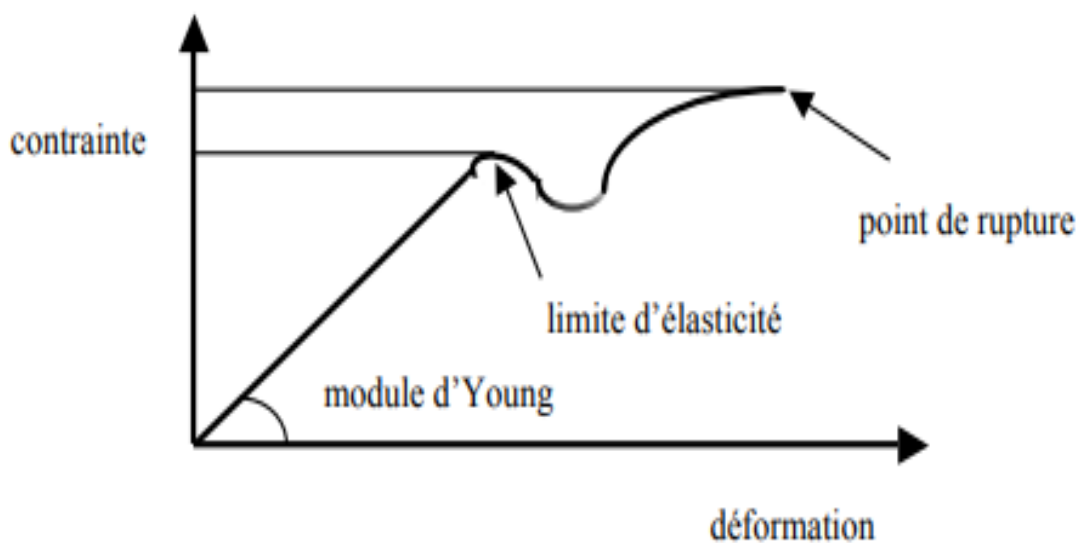


Figure I.1 : Contrainte = f (déformations). [1]

I.2. Définition d'un broyeur :

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

- Lorsque les déchets de fabrication sont réutilisés directement dans le cycle de production (matières plastiques) ;
- Lors de la mise en place de processus de production utilisent comme matière première des déchets d'autres processus industriel (concept et recyclage). [2]

Le broyage est un traitement s'appliquant à des déchets solides, en général relativement cassants. Il ne nécessite aucune préparation particulière des déchets (à part une certaine homogénéité de taille).

Le broyage consiste à réduire des morceaux de matériaux solides d'une taille donnée à une taille plus petite. Le principe est la fragmentation des morceaux par l'action mécanique de pièces plus résistantes, généralement métalliques. [3]

Un broyeur est une machine de broyage des matériaux qui est réalisé par un mariage De deux parties suivante :

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 contienne un circuit de commande (tableau de commande), Et un circuit de puissance (moteur électrique ou thermique). [4]

Le broyeur est une machine utilisée pour le broyage des matériaux, soit faciles à traiter ou difficiles (le plastique, le papier, le ciment...etc.). Il représente dans l'industrie une solution pour l'abattement des frais de gestion des déchets en général. [3]

I.3. Caractéristiques principales d'un broyeur :

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

L'action coupante d'un broyeur est assurée par une série d'éléments tranchants (couteaux, lames et bras coupants ...etc.) qui cassent la matière en se croisant. Les éléments principaux d'un broyeur sont les arbres qui portent soit les couteaux ou les lames ou plus qui coupent nettement la matière. [2]

I.4. Modes de fragmentation :

Suivant le type de broyeur utilisé, les contraintes infligées au produit à broyer sont de nature différente:

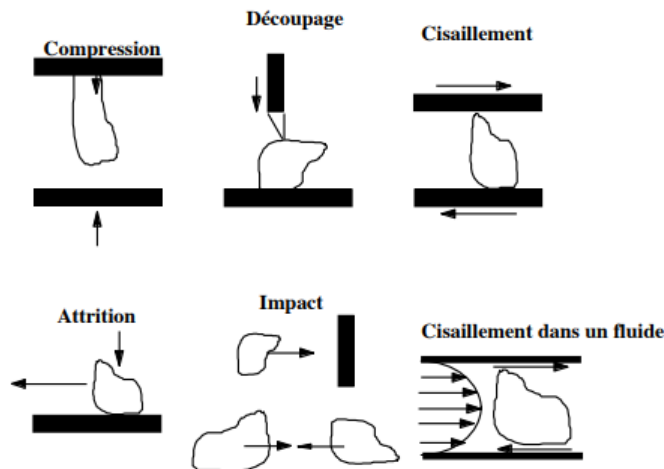


Figure I.2 : Mode de fragmentation. [1]

Chapitre I : Généralité sur les broyeurs

- la compression ou l'écrasement sont souvent utilisés notamment dans les industries alimentaires où l'on retrouve fréquemment des broyeurs à cylindres lisses ou cannelés,
- les broyeurs à impacts permettent d'atteindre différents ordres de grandeur en terme de tailles, allant du broyage grossier avec les broyeurs à marteaux au broyage ultra fin avec les broyeurs à jets d'air en passant par le broyage fin avec les broyeurs à broches,
- le broyage par attrition est mis en œuvre dans les broyeurs à colloïdes ou broyeurs à disques,
- le découpage et le cisaillement qui permettent éventuellement l'obtention de produit de dimension finie (couteaux, dilacérateurs) sur des matières qui peuvent présenter une certaine élasticité. [1]

I.5. Les différents types de broyeurs :

Tableau I.1 : Les différents types de broyeurs. [5]

Type de broyeur	Produits broyées	Débit (T/h)	Rapport de réduction	
broyeur à cylindre	broyeur à deux cylindres lisses	engrais, sels, coke, charbon, verre	250	01:05
	broyeur à deux étages	Engrais, produit chimique et sel	30	01:04
	broyeur à un cylindre denté	Charbon, calcaire, gypse, sel et scories	1200	01:06
	broyeur à deux cylindres dentés	Calcaire, gypse, charbon, coke,...	2000	01:06
	broyeur à trois cylindres dentés	Engrais, charbon, coke et produit chimique	50	01:04
	broyeur à quatre cylindres	Charbon, coke, calcaire, gypse et sel	200	01:04
	broyeur à agglomère chaud/hérisson	Aggloméré chaud	1000	01:06
	broyeur à double Rollier	lignite, charbons, roches tendres à mi-dures, minerais, craie, gypse,	... 5000	01:04

Chapitre I : Généralité sur les broyeurs

		calcaire,		
	Broyeur primaire à percussion	Calcaire, gypse, potasse, stériles de découverte, scories.	2500	01:20
Broyeur à percussion	Broyeur secondaire à percussion	calcaire, gypse, charbon, sels, céramique.	1000	01:20
Broyeur giratoire	broyeur giratoire	Granite, Basalte, Diabase, Roches dures, Calcaire, Minerais, Scories.	300	01:08
Broyeur à mâchoire	broyeur à mâchoire simple effet	granite, basalte, diabase, calcaire, minerais, scories	400	01:07
Broyeur centrifuge	Broyeur centrifuge à axe vertical	Produits alimentaires : le sel...	15	Variable
	Broyeur centrifuge à broches	Matières minérales...	15	Variable
Broyeur à marteaux	Broyeur à marteaux	Matières durs, mi-durs, rebuts de céramiques, verres, gypse	300	01:08
Broyeur sécheur à		marteaux Matière très humides,	400	
Broyeur à meules		Produits alimentaires	Suivant le diamètre de la meule	Variable

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

- BC
- BFG
- BFF
- BFU.

I.5.1. Le concassage :

Il permet d'obtenir des particules de taille au cm, et il est souvent utilisé en Pré-broyage. Il se subdivise en concassage primaire, secondaire, tertiaire et quaternaire. [3]

I.5.2. Broyeur à fragmentation grossière :

Dans ce domaine les forces mises-en en œuvre sont de type cisaillement, d'où on distingue plusieurs types de broyeurs pour la fragmentation des matériaux en particules grossières, à savoir. [2]

I.5.3. Broyeur à couteaux :

Ils sont utilisés généralement pour broyer du plastique ou du papier. Le rotor porte les couteaux et le broyage se fait par cisaillement. Avec tous ces broyeurs on peut fixer la granulométrie. [2]

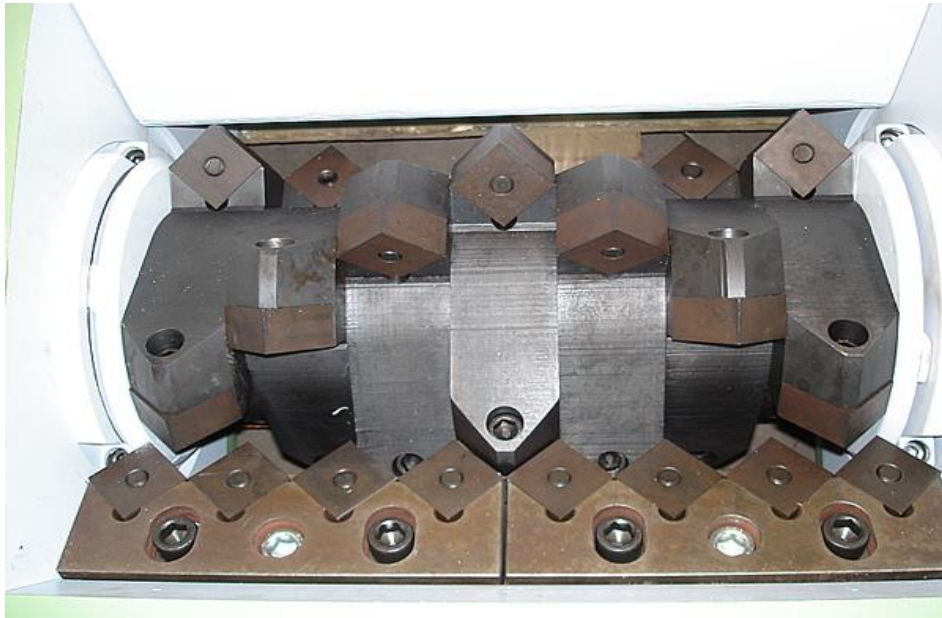


Figure I.3 : Broyeur à couteaux.



Figure I.4 : Broyeur à couteaux produit fini.

I.5.4. Broyeur pour le papier :

L'action coupant du broyeur pour le papier est de réaliser par une série de lames mince tranchantes qui déchire le papier en petit morceaux.[2]



FigureI.5 :Broyeur pour le papier.



Figure I.6 : Broyeur pour le papier produit fini.

I.5.5. Broyeur pour le verre :

Ce type de broyeur utilise des bras sous forme des couteaux dans le but de casser les bouteilles de verre en petit morceaux.[2]



Figure I.7 : Broyeur pour le verre.

I.5.6. 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 ou projetées violemment contre une paroi qui peut être fixe ou bien les unes contre les autres. Dans ce cas-là on parlera d'auto broyage). [2]



Figure I.8 : Broyeur à fragmentation fine (1000 à 10 μ m).

I.5.7. Broyeur à marteaux :

Le broyeur à marteaux est développé pour l'écrasement sec et humide des matériaux fragiles et mi-durs pour l'exploitation, du ciment, du charbon ...etc.[2]

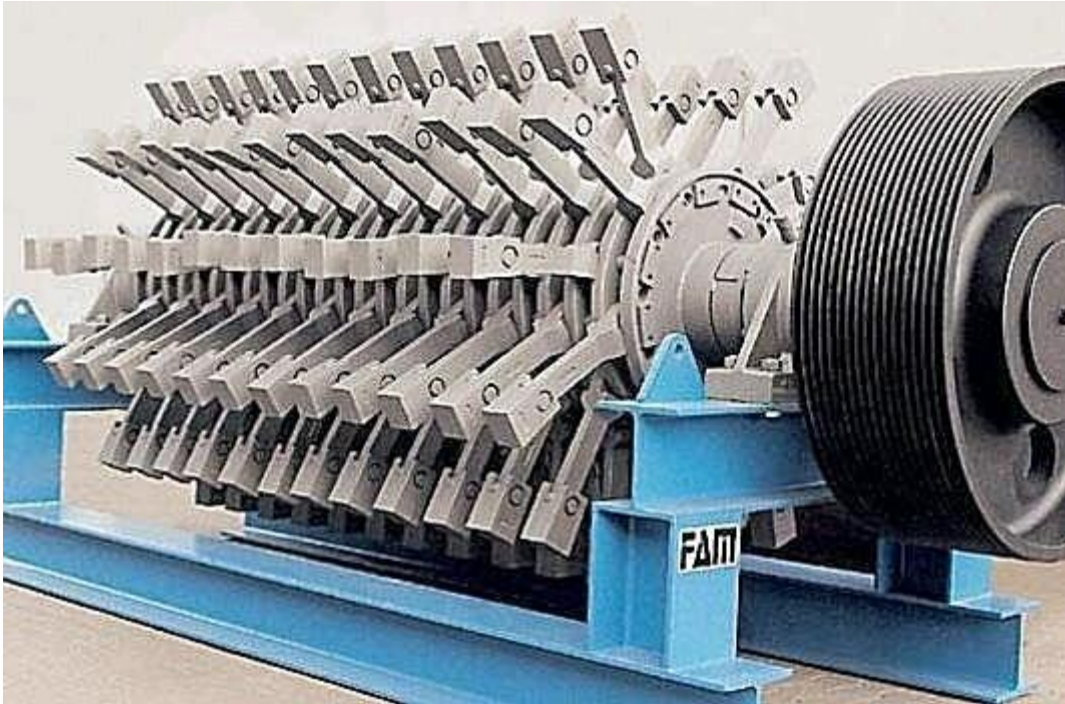


Figure I.9 : Broyeur à marteaux.

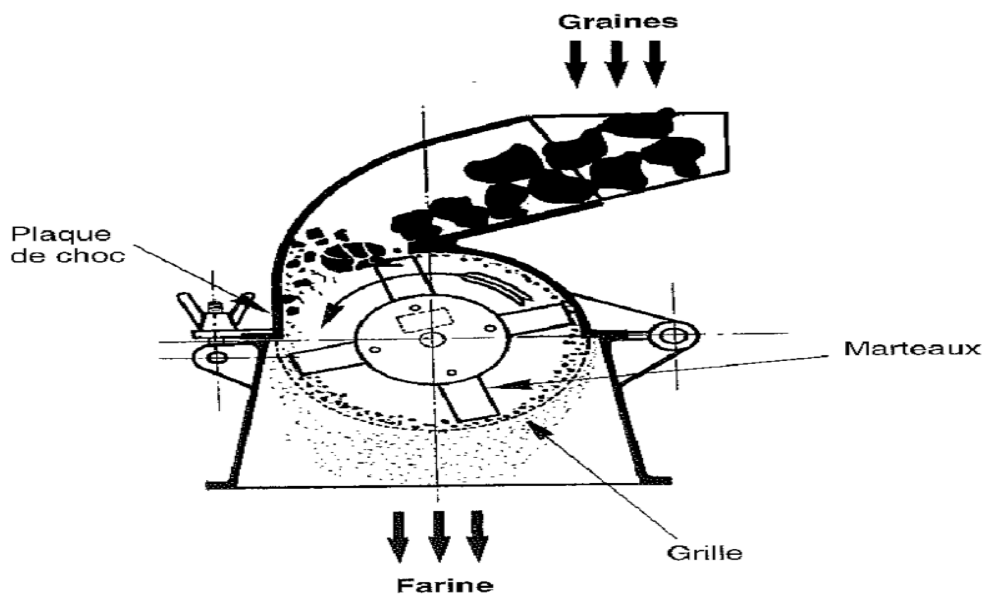


Figure I.10 : Broyeur à marteaux avec produit.

I.5.8. Broyeur à fragmentation ultrafine :

Dans le domaine de l'ultrafine (particules de tailles comprises entre 5 et 10 μ m), les forces mises en œuvre sont de type compression, cisaillement et impact. L'énergie théorique nécessaire pour la réduction ultrafine des grains est toujours inférieure à 1% de l'énergie réelle dépensée. [6]



Figure I.11 : Broyeur à fragmentation ultrafine.

I.5.9. Le broyeurs à mâchoires :

Les broyeurs à mâchoires Resch servent à concasser et pré broyer rapidement et soigneusement de manière grossière et fine des matériaux mi-durs, durs, cassants et coriaces. En raison de différents modèles, de leur puissance et de leur sécurité, ils sont idéals pour la préparation des échantillons au sein des laboratoires et des entreprises.

Les broyeurs à mâchoires sont particulièrement appropriés pour la préparation des roches, des minéraux, des minerais, du verre, de la céramique, des matériaux de construction, d'alliages de métaux cassants, des scories, des résines synthétiques et de nombreuses autres matières dures et cassantes. [3]



Figure I.12: broyeurs à mâchoires.

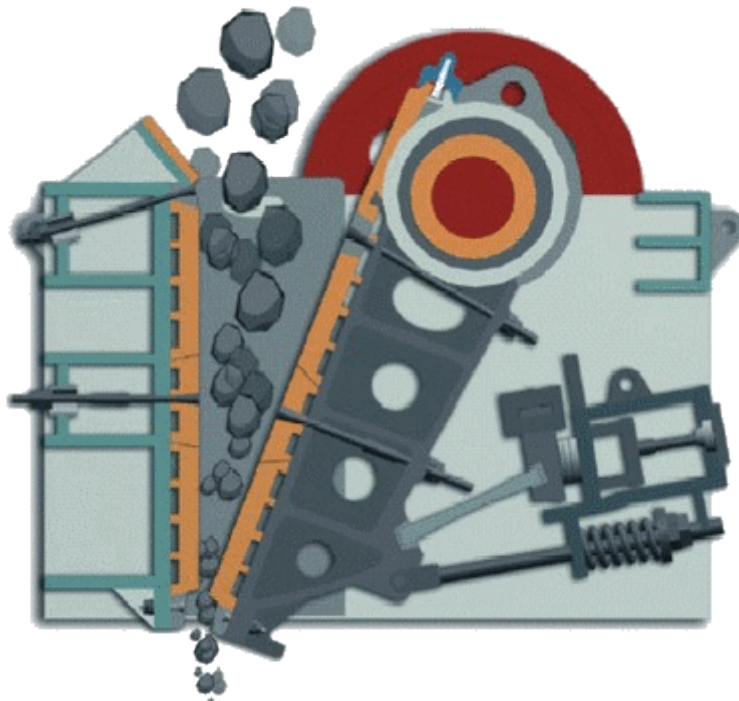


Figure I.13: broyeurs à mâchoires avec produit.

I.5.10. Broyeurs à billes :

Il est constitué d'une cuve mobile (en rotation autour d'un axe vertical ou horizontal).on introduit le produit à broyer dans la cuve et on introduit des billes ou des boulets) .On introduit le produit à broyer dans la cuve (selon la taille voulue).ces cuves et billes sont en acier inoxydable. [2]

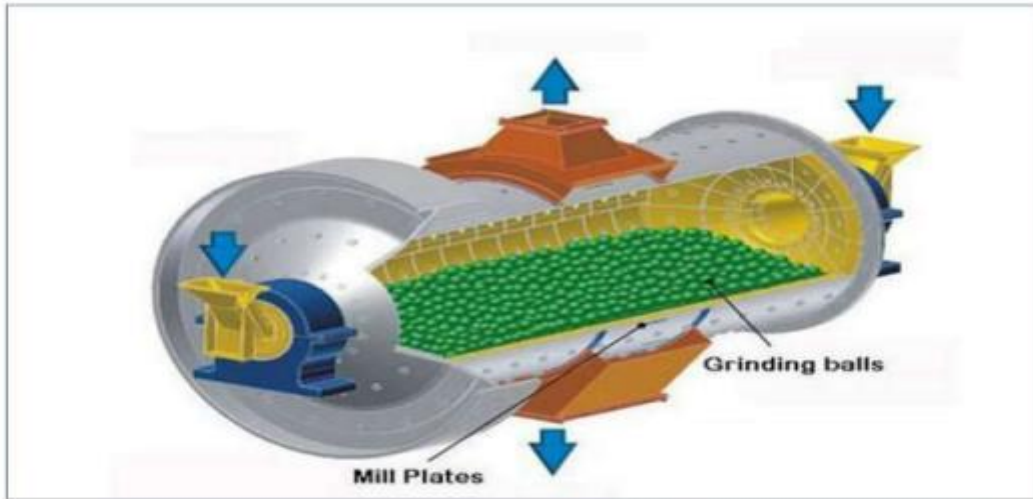


Figure I.14 : Broyeurs à billes.

Finalement les broyeurs en général quelle que soit leurs types ou leurs tailles, sont des machines mécaniquement impressionnantes et leur fonction ne s'arrête pas là. Elle apparait aussi dans leur simplicité en même temps, et leurs modes de fragmentation consistent à soumettre le solide à fragmenter à une contrainte créée par des forces de cisaillement. Par conséquent, ils nous permettent de réduire le volume et de faciliter leur transport.[2]

I.6. Choix d'un broyeur :

Le choix d'un broyeur dépend principalement de trois facteurs :

- la nature de la matière première : est-elle abrasive, huileuse, dure, cassante, élastique, thermosensible, hygroscopique,?
- la distribution granulométrique (taille moyenne et variance) du produit que l'on cherche à obtenir.
- le dimensionnement de l'unité industrielle : quantité et/ou débit. [8]

I.7. Broyage de matière dure :

Lorsqu' 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 non abrasifs respectivement. Pour répondre à d'autres besoins, nous avons les concasseurs giratoires, les percuteurs et les concasseurs à cylindres ou à marteaux comme c'est le cas dans les cimenteries. [6]

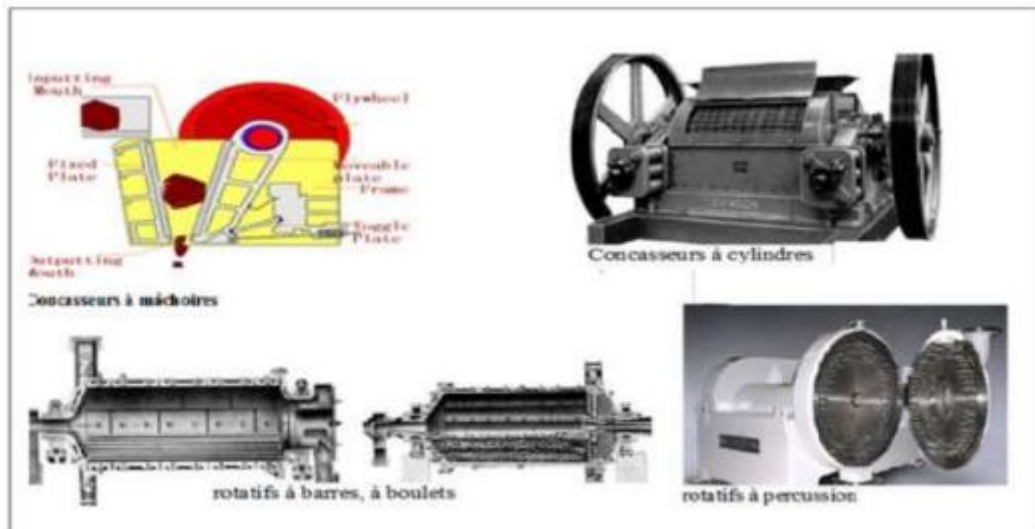


Figure I.15 : Broyage de matière dure.

I.8. Broyage d'emballage :

Dans ce cas, la matière à broyer est souvent le papier, les cartons, le plastique mou...etc.et on utilise généralement des broyeurs type cisailleur. Ces broyeurs ont un arbre porte couteaux qui se croisent avec des couteaux fixes sur la carcasse et ensemble cisilleront la matière. [2]



Figure I.16 : Broyage pour carton.

I.9. Broyage de céréales :

Pour les céréales l'action consacrée est soit la compression, les grains s'introduisent entre deux cylindres parfaitement ajustée pour assurer l'écrasement de cette matière. Soit un broyeur à boulets ou on mélange les corps broyant et le produit à broyer (broyeur à billes agité) ce qu'on appelle un broyeur a mélange. [6]



Figure I.17: broyeur à deux cylindres.

I.10. Broyage végétal : La solution idéale.

I.10.1. Fonctionnement :

Le broyeur de végétaux est constitué de lames ou couteaux tranchants entraînés en rotation par un moteur thermique ou électrique. Ces couteaux sont placés dans un silo de coupe dans lequel :

- sont insérés les feuillages et branchages d'un côté ;
- et d'où sont extraits les copeaux de bois ainsi produits. [2]



Figure I.18: broyeur végétal à disque.

I.10.2. Utilité d'un broyeur végétal :

Le broyage sur place permet d'éviter les risques, la pollution et les désagréments de l'écobuage tout en réduisant considérablement les problèmes de transport. En réduisant les branches, rameaux et feuillages en copeaux, le broyeur de végétaux rationalise l'utilisation des moyens de transport en permettant :

- la réduction du volume transporté (de 10 à 1) ;
- l'équilibrage du rapport poids/volume du chargement ;
- la limitation des trajets des véhicules ;
- l'utilisation ultime des végétaux broyés (compost, biomasse, etc.).[2]

I.11.les avantages et les inconvénients des broyeurs :

I.11.1.les avantagesdes broyeurs :

a) Une grande autonomie :

Par ailleurs, le broyeur de branches a une autonomie relativement plus élevée. Il s'adapte très bien à une utilisation de longue durée et ne risque pas de vous lâcher au milieu de vos travaux. Nul besoin de le recharger puisqu'il peut être **électrique ou thermique**. Ainsi, soit vous utilisez une source d'alimentation pour un modèle filaire, soit vous utilisez de l'essence ou du diesel (selon le modèle) si vous voulez plus de liberté de mouvement.

b) Une grande efficacité :

Avec un broyeur de branches, vous n'aurez plus besoin de transporter vos déchets verts. L'appareil se charge de les déchiqueter pour vous. Ainsi, votre voiture ne risque pas de se salir ou de se rayer. En choisissant un broyeur de branches, vous *gagnerez du temps* et vous *ferez également de l'économie d'énergie*. De même, jardiner sera pour vous une véritable partie de plaisir. Tous les modèles du marché sont faciles d'utilisation et sont relativement pratiques.

c) Très puissant :

Chaque type de broyeur de branches a sa propre puissance, selon l'usage prévu. En particulier, c'est le broyeur de branches thermique qui s'avère être le plus puissant de tous les modèles. Tiges, feuilles, brindilles et petites branches pourront être déchiquetées par cet appareil. Il arrive même à bout d'une branche d'un **diamètre de 99 mm**. Certains modèles vous offrent la possibilité de choisir la **taille du broyat**.

d) Facile à entretenir :

Le broyeur de branches est assez facile d'entretien. Effectivement, tous les éléments indispensables pour nettoyer votre appareil se trouvent déjà dans votre foyer. De plus, vous n'aurez à changer les composants de votre broyeur de branches que rarement puisqu'ils sont conçus pour être des plus résistants.

I.11.2.les inconvénients des broyeurs :

1) Bruyant :

Le principal inconvénient du broyeur de branches est qu'il est assez **bruyant**, comme tout appareil électromécanique d'ailleurs. Ces bruits sont encore plus insoutenables si le modèle

que vous utilisez est de mauvaise qualité. Ceci peut déranger vos voisins, générer des conflits... Une solution existe toutefois, le broyeur de branches électrique.

2) Les petits modèles :

Comme pour tous autres appareils, moins il sera petit et moins sa puissance sera réduite. La taille est donc déterminante de la puissance souhaitée. Ce critère est à considérer lors du choix d'un broyeur de branches. Pour de meilleurs résultats, mieux vaut choisir un modèle de grande taille. Le prix sera, certes, plus cher, mais nombreux seront les avantages dont vous bénéficierez à son utilisation.

3) L'entretien :

Pour certains, l'entretien peut être assez complexe. En effet, il est nécessaire de mettre de manière plus fréquente de l'huile sur les composants de votre broyeur de branches. De même, vous devez également affûter la lame régulièrement pour plus d'efficacité.

I.12. Conclusion :

Finalement le broyeur joue un rôle très important dans une usine de recyclage ou de récupérations tel que soit, avec l'habilité de réduire le volume d'un objet tel que soit solide comme des roches ou mousses comme des graines ou éponge.

Ainsi, de plus l'utilité de ces broyeurs ne s'arrête pas là, elle apparaît aussi dans leur 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.

Chapitre II :

Etude et description de Production
Composte de notre model broyeur

II.1.Introduction :

Ce chapitre le processus de compostage nécessite un niveau optimal de carbone, d'azote, d'oxygène et d'eau. Bien mélange les matières premières qui servent à la fabrication du compost pour assurer un ratio carbone : azote optimal (ratio c : n). le compostage est un processus aérobie.

Une déchiqueteuse de végétaux est un outil d'agronomie et de sylviculture, motorisé, servant à réduire en copeaux les déchets de jardins, parcs publics, bordures d'infrastructures linéaires, etc., essentiellement issus des plantes ligneuses, facilitant ainsi leur évacuation ou les préparant pour le compostage.

Dans ce chapitre on vas préparer trois type de composte (déché naturel du maison organique et Bâtonnets de raisin aussi du cannex)

II.2.Production du compost :

Le compost est le produit final après la décomposition des matériaux organiques (fumier, ordures ménagères, feuilles mortes, rameaux et autres organes de plantes, déchets, etc.) dans des conditions normales, pourvu qu'ils ne soient pas toxiques.

Le processus de fabrication du compost est le compostage. [9]

Le compostage est un mode de traitement biologique aérobie des déchets. Son principe peut-être schématisé de la manière présentée sur la Figure III.1. Le compostage est qualifié de biologique par l'intervention des micro-organismes dans la dégradation de la matière organique contenue dans les déchets et d'hygiénique par la montée en température détruisant les germes pathogènes et les virus. Quelques semaines à quelques mois de décomposition naturelle convertissent les déchets organiques en un produit, le compost, pouvant être utilisé pour la fertilisation des terres agricoles. [10]

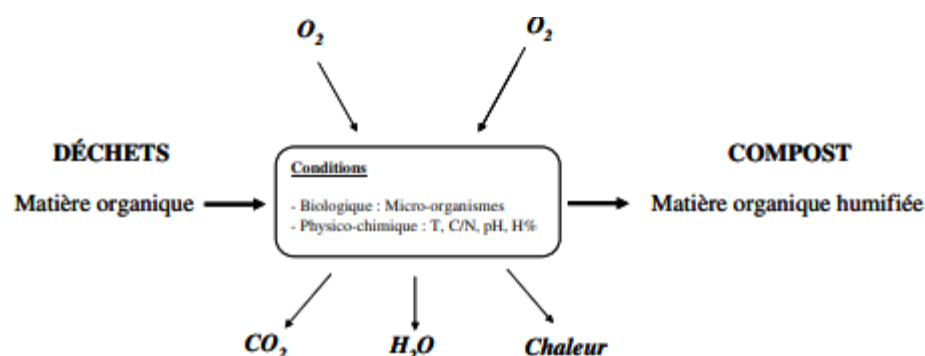


Figure II.1:Processus de compostage. [10]

Le processus de compostage se réalise en plusieurs phases dont la première est la fermentation : une dégradation rapide de la matière organique fraîche et facilement biodégradable en molécules moins complexes comme les sucres ou les polymères. La seconde phase, la maturation, plus lente correspond à la mise en jeu des processus d'humification. [10]

II.3.le compostage:

Le compostage est un processus contrôlé de dégradation des constituants organiques d'origine végétale et animale, par une succession de communautés microbiennes évoluant en condition aérobies, entraînant une montée en température, et conduisant à l'élaboration d'une matière organique humifiée et stabilisée. Le produit ainsi obtenu est appelé compost. [11]

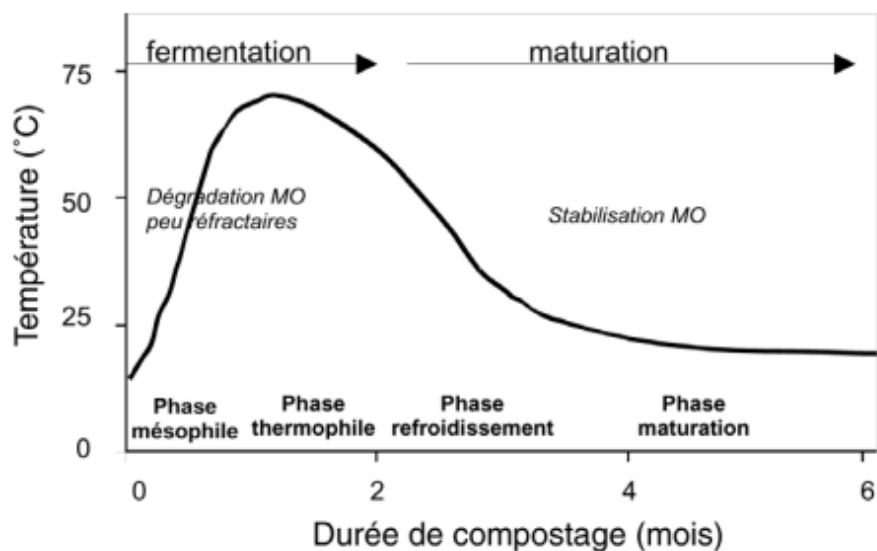


Figure II.2: Courbe théorique d'évolution de la température au cours du compostage.[11]

II.3.1. Les quatre phases du compostage :

L'évolution schématique de la température au sein du compost permet de définir quatre phases au cours du compostage **Figure II.2**. Ces phases sont largement décrites dans la littérature.

- **PM** est la phase initiale du compostage. Durant les premiers jours de compostage, la présence de matières organiques facilement biodégradables entraîne une forte activité microbienne (bactéries et champignons) générant une forte production de chaleur et une montée rapide de la température au cœur du compost.

- Très vite la température atteint des valeurs de 60°C voire 75°C. Cette phase est appelée **PT** car seuls les micro-organismes thermorésistants (essentiellement des bactéries) peuvent survivre à ces hautes températures. Au cours de cette phase, une part importante de matière organique est perdue sous forme de CO₂, et un assèchement du compost lié à l'évaporation de l'eau est souvent observé.

- A la phase thermophile succède **PR**. La diminution de la quantité de matières organiques facilement dégradables provoque un ralentissement de l'activité microbienne. La chaleur générée par la dégradation microbienne est alors inférieure aux pertes dues aux échanges surfaciques et à l'évaporation, entraînant un refroidissement du compost. Cette phase de

refroidissement peut être très progressive ou au contraire très rapide en fonction des conditions climatiques ou de la taille du tas de compost par exemple. Au cours de cette phase, des micro-organismes mésophiles colonisent à nouveau le compost.

- Au cours de la dernière phase appelée **PMa**, les processus d'humification prédominent, ainsi que la dégradation lente des composés résistants. Cette phase de maturation dure jusqu'à l'utilisation des composts. [11]

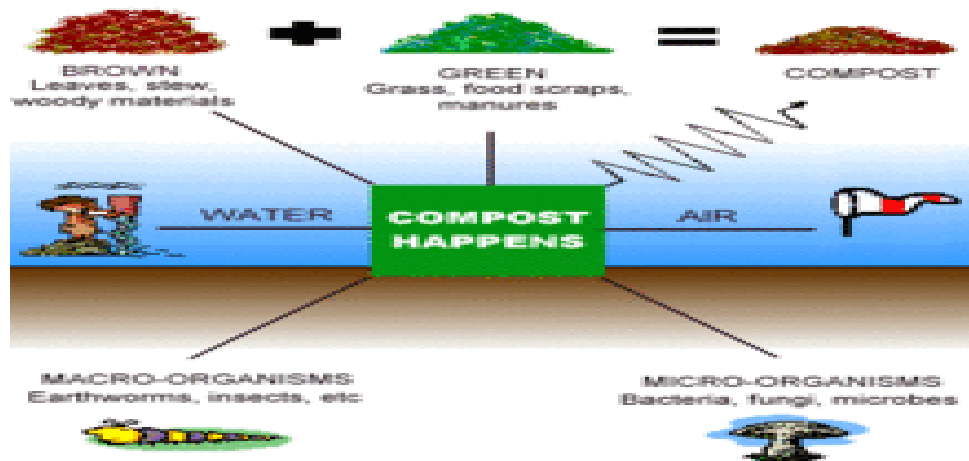


Figure II.3:compostage naturel.



Figure II.4:les étapes de la préparation du compost au laboratoire d'université.

II.4.fabriquer le compost:

On fabrique le compost avec ce qui suit :

- Des pailles ;
- Des résidus de récolte ;

De l'eau (les eaux usées peuvent être mises à contribution) ;

- Des déjections animales et la terre de surface qui sont ajoutées pour favoriser la décomposition des matériaux ;
- Un coupe-coupe, une houe, une fourche, etc. [9]

Tableau II.1 : biodégradable dans compost.

Condition de Biodégradation	Température	Biodégradation (plus de 90%)	Désintégration (moins de 10% au-dessus de 2mm)
Compostage industriel	50 – 70°C	Moins de 6 mois	Moins de 12 semaines
Compostage domestique	20 – 30°C	Moins de 12 mois	Moins de 6 mois
Biodégradation en sol	20 – 25°C	Moins de 24 mois	Pas d'exigence
Biodégradation dans l'eau	20 – 25°C	Moins de 56 jours	Pas d'exigence
Biodégradation marine	20 – 25°C	Moins de 6 mois	Moins de 12 mois

II.5. Comment fabriquer le compost ? :

Le choix n'a pas d'importance. Toutefois, l'utilisation d'une fosse a des inconvénients. Il est plus difficile de suivre et de régulariser le processus. En cas de pluies torrentielles, la fosse à compost peut vite devenir trop humide. C'est pourquoi, il est déconseillé aux débutants de commencer avec une fosse. Le transport, l'aération, l'humidité, les animaux nuisibles et les dimensions des tas de compost sont des facteurs extrêmement importants à prendre en compte dans le choix d'un site de compostage. On peut fabriquer le compost en toutes saisons.

Le compost se fabrique de deux manières : en andain ou dans une fosse. [9]

II.5.1. Fabrication du compost en andain :

Pour fabriquer le compost en andain, il faut procéder comme suit:

- Délimiter une aire de 2 m de long sur 1,5 m de large à l'abri du soleil et du vent ;
- Décaper de 20 cm cette aire ;
- Tapisser le fond et les parois avec une couche de termitière ou de déjections de bovins ou d'argile sur les terrains perméables pour éviter l'infiltration ;
- Planter une grosse perche en bois au milieu de cette aire et une à chaque côté de l'aire délimitée;
- Couper les pailles ou résidus de récolte en petits morceaux pour favoriser une décomposition plus rapide. [9]



Figure II.5: Fabrication du compost en andain.

II.5.2. Fabrication de compost dans une fosse :

Dans ce cas, il suffit de creuser une fosse de 2 m de long sur 1,5 m de large et 1,2 m profondeur. Ensuite, il importe de tapisser le fond et de passer sur les parois de la fosse d'argile ou des déjections de bovins pour empêcher l'infiltration des nutriments.

Le chargement de la fosse est le même que dans le cas de la fabrication du compost en andain. [9]



Figure II.6 : Fabrication de compost dans une fosse.

II.6. composter:

Le compostage permet de transformer un matériau en fin de vie, le déchet, en un produit utilisable, le compost. Le compostage présente un certain nombre d'autres avantages :

- Le compostage permet de **RMV** d'environ 50% par rapport aux déchets initiaux. Ces réductions sont dues à la minéralisation des composés organiques, à la perte d'eau et à la modification de la porosité du milieu.
- La perte en matière organique entraîne une **CÉM** au sein du compost.

- L'augmentation de la température permet la **DAP**. D'autres facteurs qui restent à étudier pourraient intervenir.

- L'action combinée de l'élévation de température et de la libération d'agents inhibiteurs permet la **DGD**. [11]

II.7. Les différents composts :

En théorie, tout déchet organique biodégradable est compostable. Le travail réalisé dans le cadre de ce mémoire ne portant que sur les composts d'origine urbaine, les composts obtenus à partir d'autres déchets organiques ne sont abordés que superficiellement. [10]

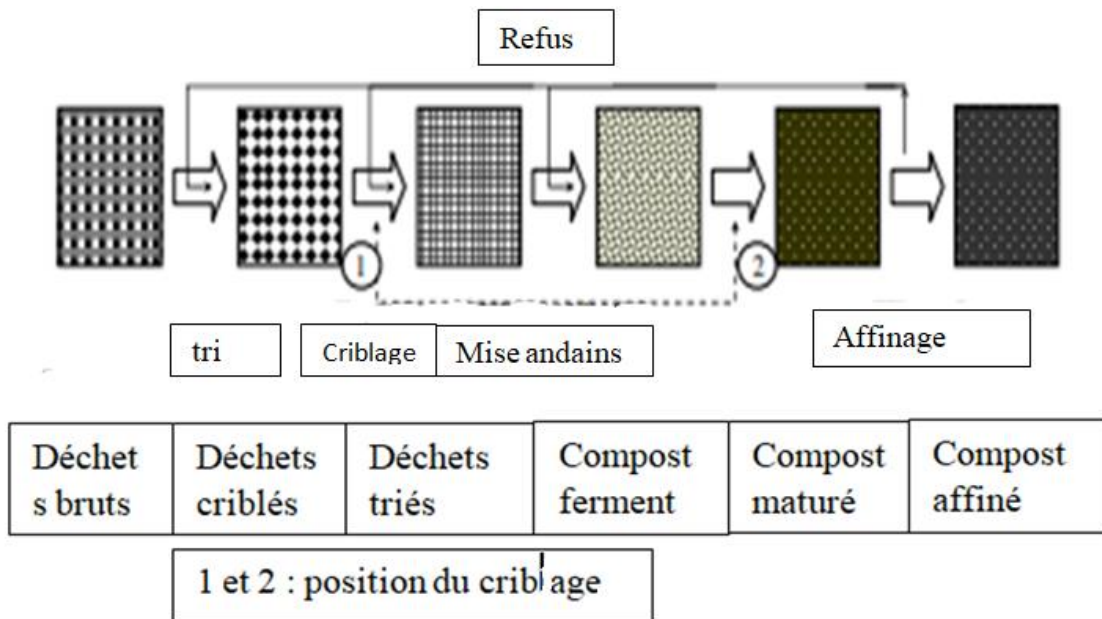


Figure II.7 : Schéma du procédé de compostage classique. [10]

II.7.1. Préparation du substrat :

La qualité des matériaux organiques à composter est une condition indispensable pour un compost de qualité. Les expériences de compostage de déchets urbains en provenance d'une collecte non sélective ont démontré, qu'il est difficile de produire un compost conforme aux normes, apte à être utilisé sans risque pour l'environnement. Pour cette raison, toute précaution prise par l'exploitant dans le but de réduire ce risque est à encourager. Afin de faciliter le processus de dégradation, une série Partie I : Analyse bibliographique 53 d'étapes prépare le déchet en fonction du système de traitement appliqué par la suite. En fonction du procédé mis en place, ces opérations de préparation peuvent être effectuées ou non. [10]

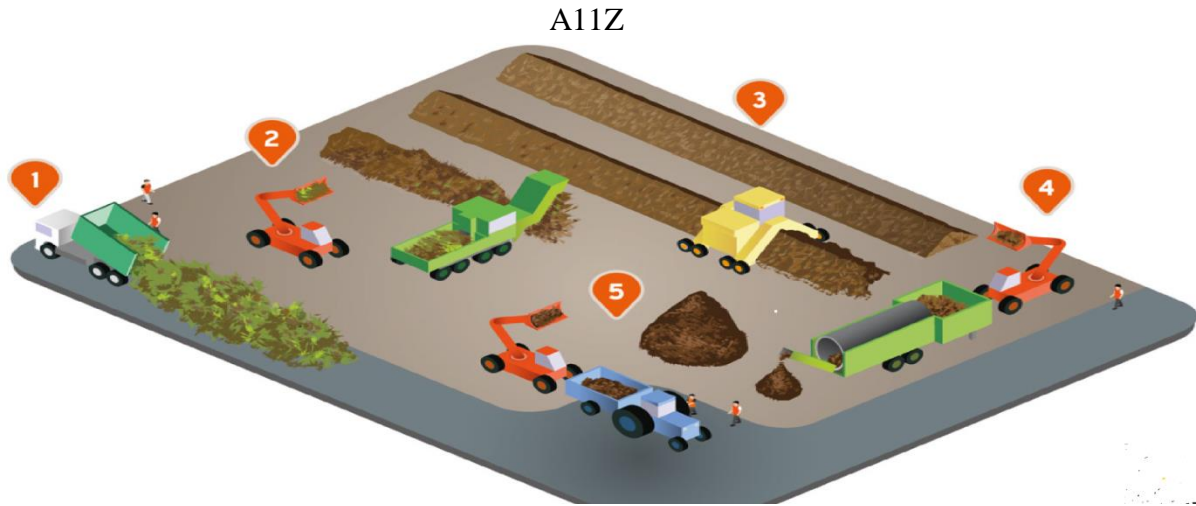


Figure II.8 : les étapes préparent le compost industriel.

II.7.1.1.Tri :

Le tri est une opération nécessaire pour séparer, dans un déchet extrêmement hétérogène, les matières organiques fermentescibles, des fractions non valorisables par le biais du compostage. Cette phase vise la séparation des catégories principales de matières recyclables : le verre, les plastiques, les métaux, le carton ou le papier ; elle peut aussi permettre le tri de différentes sous-catégories (verres blancs ou verts, différents plastiques) pour une valorisation. **Figure II.8 (partie1)**

II.7.1.2.Broyage :

La fonction principale du broyage est d'offrir aux micro-organismes un champ d'action aussi large que possible et de réduire le volume des matières de base. Un volume restreint facilite la manipulation des andains et améliore la structure de ce dernier. Cette phase facilite donc la biodégradation des déchets par les micro-organismes et diminue la durée du traitement. Elle correspond à une première attaque « physique » du substrat réduisant ainsi la résistance naturelle à la dégradation.

La phase de broyage peut également servir d'homogénéisation permettant de répartir équitablement les différents composants des déchets afin d'uniformiser toutes les substances nécessaires à la biodégradation dans toute la masse. Le broyage est à recommander uniquement pour les déchets verts. En présence d'éléments toxiques (piles ou médicaments) dans le cas des déchets urbains, le broyage en amont est à proscrire, car il fractionne ces éléments comme toutes les impuretés nuisant à la qualité du compost final. Il sera alors très difficile d'éliminer ces éléments toxiques pendant le traitement. **Figure II.8 (partie2)**

II.7.2.Fermentation :

Le procédé de fermentation est le cœur du système de l'installation et se divise en deux étapes : l'étape de biodégradation et celle de pré-humification. Les procédés de fermentation « accélérés » interviennent sur cette première étape pour améliorer les performances de la

biodégradation et réduire sa durée. L'essentiel est de maintenir l'humidité (40-60%), l'apport d'oxygène et de contrôler la montée en température. Les procédés de fermentation seront développés dans le paragraphe suivant. **Figure II.8 (partie3)**

II.7.3.Maturation :

La stabilisation du compost se fait au cours de la phase de maturation, formation de complexes organo-humiques, stabilisation de la matière organique, transformation des éléments. Souvent la maturation se réalise en andains statiques indépendamment du type de fermentation et dure en moyenne deux ou trois mois. Durant cette phase les andains doivent être suivis pour contrôler la stabilisation du compost et éventuellement apporter des mesures correctives (retournements, arrosages). **Figure II.8 (partie4)**

II.7.4.Mise en forme du produit pour la commercialisation :

II.7.4.1.Criblage :

Le criblage est l'étape convertissant le compost mature en un produit commercial exempt d'impuretés. L'utilisateur de compost recherche un produit sain sans impuretés. Bien qu'il n'existe pas de prescription particulière, le marché guidant la finesse du criblage révèle une demande pour un produit fin. La granulométrie est déterminée selon le degré de maturité du compost ainsi que sa destination : compost frais : 0-40/50 mm, compost mûr ou végétal : 0-15/20 mm, substrat : 0-10 mm. L'intérêt secondaire du criblage réside dans l'évacuation d'une grande partie des substances étrangères (pierres, résidus métalliques, matières plastiques, etc.) constituant le refus d'affinage.

L'utilisation ultérieure du refus est déterminée en fonction de la qualité des impuretés présentes. Si le refus comprend une partie importante de substances étrangères, il sera évacué dans un centre d'enfouissement technique (C.E.T). Sinon, ce refus dégradé où prolifèrent des micro-organismes, est remis en tête du processus pour assurer « l'inoculation » du matériau de base.

Cette étape intervient à différents stades selon le procédé : avant ou après la maturation. Ce choix dépend de la composition des déchets et influe sur la qualité du produit. Les cribles utilisés sont variés selon le degré de sophistication de l'usine. Des systèmes rudimentaires ou à petite échelle préféreront un crible manuel, nécessitant essentiellement de la main d'œuvre. Les systèmes industriels opteront Partie I : Analyse bibliographique 55 pour un affinage mécanique en trommel ou en table vibrante. La capacité, donc les dimensions du crible, sont fonction du flux de déchets entrants et du rendement souhaité.

II.7.4.2.Conditionnement et stockage :

Le compost stocké avant commercialisation doit être entreposé dans un hangar à l'abri des intempéries pour conserver toutes ses caractéristiques (humidité, granulométrie et teneur en éléments nutritifs). En fonction de la demande, il est ensuite conditionné en sacs facilitant le transport

Ces quatre étapes se retrouvent dans tous les procédés de compostage. Les différences apparaissent sur le positionnement des étapes de criblage par rapport à la chaîne de traitement et également dans le système de fermentation choisi. Les performances de ce dernier sont contrôlées par l'apport en eau, en oxygène, la descente de maille et également l'augmentation de la densité. **Figure II.8 (partie5)**

II.8.Model broyeur :

Cette machine fabriquée par MADO Gmbh (MTK 661) machine a été soumise à un contrôle mécanique et électrique par un système de management de qualité sans aucun compromis.

Son but est la grande satisfaction du client avec MADO Gmbh à tout moment.



Figure II.9: MADO Gmbh cutter MTK 661.

II.8.1.fiche technique du notre broyeur type MTK 661:

- Courant 400V,50Hz
- Intensity 4.6/5.9A
- Puissance 2.1kw /2.8kW
- Fusible 16A
- Arbre 1400/2800 T/min
- Cuve 12/24 T/min
- Nombre de couteaux 3
- Contenu cuve 13 I
- Poids env. 100kgs
- Hauteur table recommandé 585mm

II.8.2.niveau de bruit :

- A vide 63 dB (A)
- Tr/minute max 70 dB (A)

II.8.3.avantage :

- Lignes modernes.
- Longue durée de vie.
- Maniement simple.
- Nettoyage facile.

II.9.Conclusions :

Il existe diffèrent type de production de composte, ainsi que le produit fini dépend avec la nature du compostage naturel ou industriel, aussi de la matière première organique utiliser pour le compostage talque le bois, échés organiqueext.

CHAPITRE III :

Calcul et dimensionnement

III.1.Introduction :

Ce chapitre est consacré à l'étude mécanique et cinématique du broyeur, tel que le calcul des différents principaux paramètres de l'arbre et du couroi.

Nous utiliserons également la simulation CAO pour voir la variation des contraintes à travers les principaux membres de l'usine. Ce qui classe ce présent chapitre comme étant le plus important. [4]

II.2.Réducteur :

Un réducteur est un élément permettant de transmettre une puissance entre un moteur et une machine en réduisant la vitesse (c'est-à-dire avec un rapport de réduction inférieur à 1). Cette transmission de puissance a pour but d'adapter les caractéristiques du moteur à celles de la machine tout en augmentant le couple de sortie. Les multiplicateurs de vitesse sont aussi des transmetteurs de puissance que nous ne traiterons pas dans cette étude.

Il existe différents types de réducteurs : mécaniques, hydrauliques, pneumatiques. Parmi les réducteurs mécaniques, on rencontre, les systèmes poulies/courroies, les trains d'engrenage ordinaire (parallèle, conique, gauche) ou encore les trains épicycloïdaux (plan, sphérique). [12]

Le but d'un réducteur mécanique est de modifier le rapport de couple ou/et la vitesse entre l'entrée et la sortie du mouvement d'un mécanisme.

II.3.Principe de fonctionnement des réducteurs :

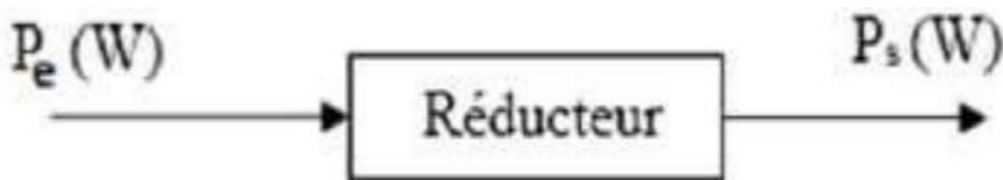


Figure III.1 : principe de réducteur.

La puissance d'entrée P_e se définit comme $P_e = C_e \times \omega_e$

Avec C_e : le couple d'entrée (N.m) et ω_e la vitesse angulaire d'entrée (rad/s).

La puissance de sortie P_s se définit comme $P_s = C_s \times \omega_s$.

II.4.système Poulies-courroie :

II.4.1.Définition :

Le système à **poulies-courroie** permet de transmettre un mouvement de **rotation** à une distance plus ou moins importante.

Les courroies sont des organes de transmission de mouvement circulaire continu entre deux arbres éloignés l'un de l'autre, leur montage s'effectue sur des poulies.

Les poulies sont des organes de transmission de mouvement circulaire continu montées sur des arbres et entraînées par des courroies.

- La transmission se fait, avec ou sans changement.
- Le galet enrouleur est toujours placé sur le brin mou.

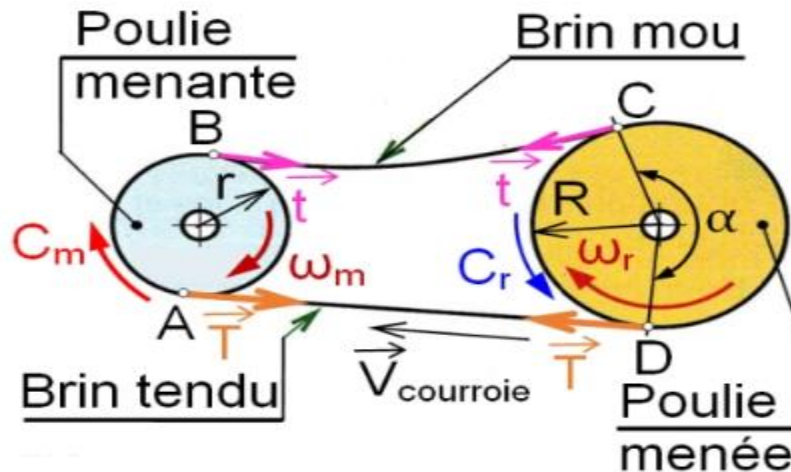


Figure III.2 : Poulies-courroie.

II.4.2. Nature des courroies :

Il existe des courroies en caoutchouc, en fil d'acier, en plastique et en cuir.

II.4.3. Courroies trapézoïdales :

Sont les plus utilisées dans l'industrie.

Leur fonctionnement repose sur une particularité :

- Le coincement de la courroie entre la gorge de la poulie lors de son enroulement. Augmente l'adhérence des courroies ce qui élimine presque entièrement le glissement.
- Il est alors possible de concevoir des entraînements avec un angle de contact et un entraxe plus petit, ce qui se traduit par un plus grand rapport de réduction de vitesse.
- Lors de dégagement de la courroie, la forme trapézoïdale permet presque sans frottement le dégagement du coincement.
- Autre considération importante : la gorge de la poulie qui, si elle est plus profonde, empêche le laminage de l'air.

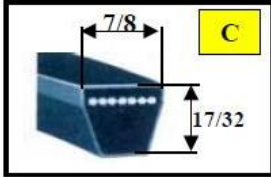
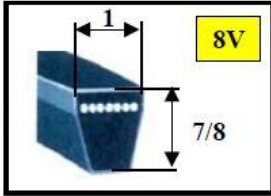
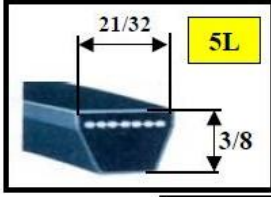

		<i>Français</i>	<i>Anglais</i>
<i>CLASSIQUE</i>		<i>Trapézoïdales</i>	<i>V-belts</i>
		Classiques (A, B, C, D et E)	Conventional heavy duty
		Classiques SI (13C, 16C, etc)	Conventional heavy duty
<i>ÉTROITE</i> <i>plus de puissance que classique</i>		Étroites (3V, 5V, 8V)	Narrow heavy duty
		Légères (2L, 3L, 4L, 5L)	Light duty
<i>LÉGÈRE</i>		Hexagonales (AA, BB, etc.)	Double V
		Larges (3M, 5M, 7M, 11M)	Variable speed belt
		Côtelées	Multi V-belts
<i>DOUBLE V</i> <i>puissance transmise par 2 faces</i>			

Figure III.3: Catégories de courroies trapézoïdales.

II.4.4. Les avantages et les inconvénients

II.4.4.1. Avantage :

- Souplesse de la transmission due à l'élasticité de la courroie.
- Possibilité de faire varier l'entraxe.
- Pas de lubrification.
- Silencieux.
- Moins coûteuses à l'achat.

II.4.4.2. Inconvénients :

- Usure de la courroie.
- Rapport de transmission irrégulier du au glissement.
- Nécessité d'un tendeur de courroie.
- Les courroies craignent l'huile et la graisse qui dégradent le caoutchouc qui les compose.
- La chaleur et le soleil (par les ultraviolets) sont aussi des ennemis.

II.4.5. La longueur de la courroie :

- ✓ La longueur de la courroie est un point très important à surveiller.
- ✓ Une courroie trop longue risque de ne pas être tendue correctement.
- ✓ Une courroie trop courte diminue l'entraxe, ce qui a comme répercussion immédiate de diminuer l'arc de contact, et d'empêcher le montage.
- ✓ La longueur des courroies peut varier d'une fabrication à l'autre, pour des dimensions nominales identiques. Il est donc prudent d'utiliser des courroies du même fabricant sur un

entraînement. Généralement, les longueurs sont disponibles par pas de quelques pouces d'intervalle.

Formule :

$$L = 2a + 1.57(D + d)$$

Dans le cas où une longueur de courroie précise est nécessaire, l'utilisation de la formule suivante est recommandée (par exemple lorsque les poulies sont fixes ou lorsque la distance entre les centres est petite) :

$$L = 2a + \frac{\pi}{2} \times (D + d) + \frac{(D + d) \times (D + d)}{4 \times a}$$

- ❖ L = longueur de courroie.
- ❖ a = distance entraxe des poulies.
- ❖ D = diamètre de la grande poulie.
- ❖ d = diamètre de la petite poulie.
- ❖ 1.57 ou $\pi/2$ coefficient multiplication.

II.4.6.Description :

Une poulie est constituée par :

- ✓ **Une jante** : qui doit être aussi mince que possible, un léger bombage facilite le maintien de la courroie. Sa largeur doit être légèrement supérieure à celle de la courroie.
- ✓ **Un moyeu** : alésé au diamètre de l'arbre, les moyeux longs présentent un évidement ou cambrage.
- ✓ **Des bras** : droits ou courbés, le nombre est de 4, 5, 6, 8 suivant la dimension de la poulie.

II.4.7.Diamètres des poulies :

II.4.7.1.Définition :

Le diamètre de la poulie menant dépend de la vitesse de la machine réceptrice du diamètre de la poulie ainsi que la vitesse du moteur.

II.4.7.2Diamètres primitifs :

Le diamètre primitif de la poulie concorde avec l'axe neutre de la courroie.

Cet axe neutre se trouve, selon le type de courroie, entre la moitié et les deux tiers de la base de la section.

II.5. Rapport de vitesse :

$$Rv = \frac{2}{1} = \frac{N2}{N1} = \frac{D1}{D2}$$

D1 : diamètre de la poulie menant (motrice).

D2 : diamètre de la poulie de la machine réceptrice (menée).

N2 : vitesse de la machine en tr/min.

N1 : vitesse du moteur en tr/min.

ω_1 ; ω_2 : vitesse angulaire des poulies en rad/min.

(1) : représente l'élément menant.

(2) : représente l'élément mené.

II.6. Entretien des courroies et des poulies :

II.6.1. Inspection et entretien :

L'entraînement par courroies demande un entretien périodique.

Cet entretien débute par une surveillance systématique des entraînements.

Ces inspections s'effectuent :

- En marche par l'écoute du bruit généré par l'entraînement.
- à l'arrêt par l'inspection visuelle des poulies et courroies.

Divers facteurs touchent les courroies, il s'agit :

- de la chaleur.
- de l'huile et de la graisse.
- de la poussière.
- de l'alignement des poulies.

III.7. Etude cinématique :

III.7.1. Schéma cinématique :

Tout mécanisme est composé de plusieurs sous-ensembles reliés entre eux par une ou plusieurs liaisons et pour mieux comprendre il faut établir un schéma cinématique qui doit représenter le plus fidèlement possible les relations entre les différents groupes de pièces. [4]

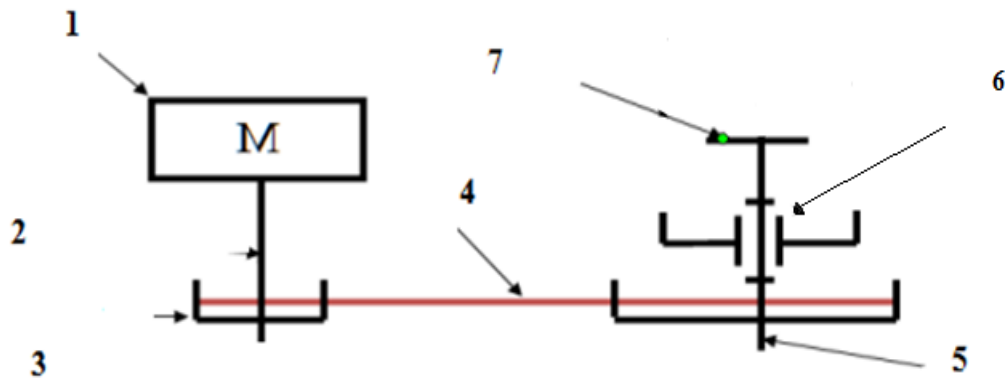


Figure III.4: Chaîne cinématique.

Tableau III.1: Les éléments de la chaîne cinématique.

Désignation	Repéré	Nombre
Moteur électrique	1	1
Arbre moteur	2	1
Poulie	3	2
Courroie	4	1
Arbre réceptrice	5	1
Roulement	6	1
Lames	7	3
Carcasse	8	1

La figure représente le schéma cinématique de la machine de broyage, elle est composée d'un:

- Moteur électrique fixé sur le châssis ;
- Le mouvement d'arbre du moteur électrique est transmis à l'arbre réceptrice par un réducteur de vitesse ;

III.8.2. CRITÈRE DE CHOIX ET CALCUL DES ÉLÉMENTS DE NOTRE BROYEUR :

III.8.2.1. Moteur électrique :

III.8.2.1.1. Critères de choix d'un moteur :

Généralement le moteur est choisi en fonction de l'alimentation électrique dont on dispose et de l'utilisation mécanique.

Le tableau résume les principales caractéristiques et domaines d'utilisation des moteurs électrique et dans le quel mon choix est surligné par le bleu ciel, donc le moteur du broyeur sera en alimentation électrique catégorie courant alternatif de type triphasé, avec des propriétés Économique et toutes puissances largement utilisées dans l'industrie.

Un réducteur entre la charge et le moteur sera souvent nécessaire. [14]

Le tableau III.2 : Caractéristiques et domaines d'utilisation des moteurs électriques. [14]

Catégorie	Type	Propriétés	Utilisation
Courant continu	Aimants permanents	Faible puissance asservissement	Matériel informatique, robotique, véhicule électrique
	Excitation indépendante	Couple important	Levage, machines-outils
	Excitation série	Fort couple au démarrage	Démarrateur automobile
Courant alternatif	Asynchrone monophasé	Faible puissance, très économique	électroménager
	Asynchrone triphasé	Economique, 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	Electroménager, outillage
Pas à pas	Matériel informatique	Aimants permanents, hybride, réluctance variable	Très faible puissance positionnement précis en boucle ouvert

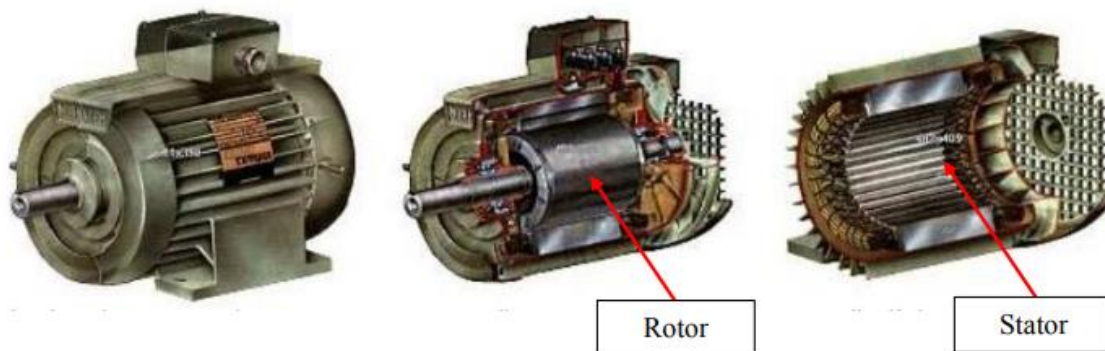


Figure III.5: Moteur asynchrone triphasé.

III.8.2.1.2. Le rôle de moteur asynchrone triphasé :

Le moteur asynchrone permet la transformation de l'énergie électrique en énergie mécanique.

III.8.2.1.3.constitution :

Moteur asynchrone triphasé comprend deux parties principales :

1. Une partie mobile nommé **rotor**.
2. Une partie fixe nommé **stator**.
3. Une plaque a borne pour l'alimentation et le couplage.

III.8.2.1.4. Couplage de stator :

Le couplage d'un moteur asynchrone peut être triangle, étoile, selon la tension réseau et la tension nominale du moteur.

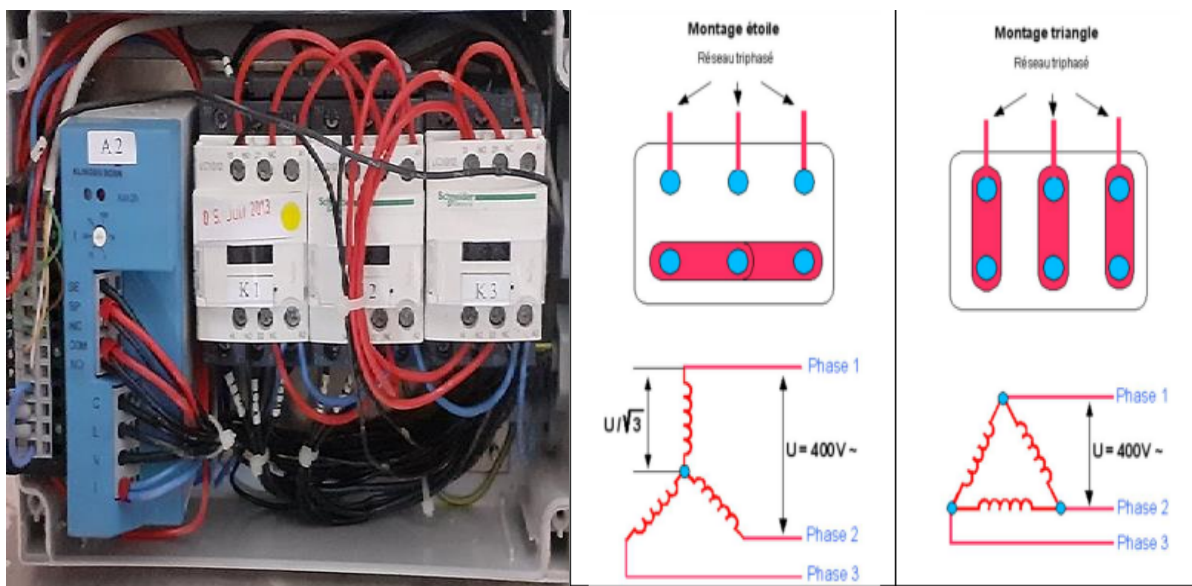


Figure III.6 : couplage étoile et triangle.

Couplage triangle : plus petite tension moteur = plus grande tension réseau.

Couplage étoile : plus petite tension moteur < plus grande tension réseau.

III.8.2.1.5. Choix du moteur :

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

III.9. Calcul de la force de coupe FC des végétaux :

Pour les données connues à partir du cahier de charge, nous allons calculer la force de coupe FC Appliquée sur l'arbre pour couper le végétaux.

Nous avons la formule de la puissance utile comme suit :

$$P = Cm \times \omega \dots \dots \dots (1)$$

ω : vitesse angulaire.

Où P est la Puissance utile du moteur qui entraîne le broyeur $P_m = 2.8kW$.

C_m : est le couple moteur en (N*m).

Nous avons la relation suivante :

$$C_m = \frac{F_c \times D}{2} \dots\dots\dots (2)$$

Où F_c : est la force de coupe du végétaux en N.

D : est le diamètre de l'arbre.

On remplace (2) dans (1) :

$$P = \frac{F_c \times D}{2 \times \omega} \dots\dots\dots (3)$$

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

$$F_c = \frac{2 \times P}{D \times \omega}$$

Avec :

$$\omega = \frac{2 \times \pi \times Nm}{60}$$

$$\omega = \frac{2 \times 3.14 \times 2830}{60}$$

$$\omega = 296.2 \text{ rd/s}$$

Où N est la vitesse de rotation de l'arbre en [tr/min]

$$F_c = \frac{2 \times 2800}{0.0395 \times 296.2}$$

$$F_c = 478.67N$$

III.10. Calcul des courroies et poulies :

On a :

- $P = 2800W = 2.8KW$.
- $Nd = 2830 \text{ tr/min}$.
- $ND = 1410\text{tr/min}$.

Tableau III.3: Tableau qui permet de choisir la valeur de K_s [14]

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

* avec des inversions de sens, des démarrages fréquents sous forts couples

On adopte un K_s de 1.3 pour l'installation.

K_s : valeur du coefficient de servise

D'où, $P_s = P \times K_s = 2.8 \times 1.3 = 3.64KW$

$$P_s = 3.64KW$$

III.10.1. Choix de section de la courroie à partir du figure :

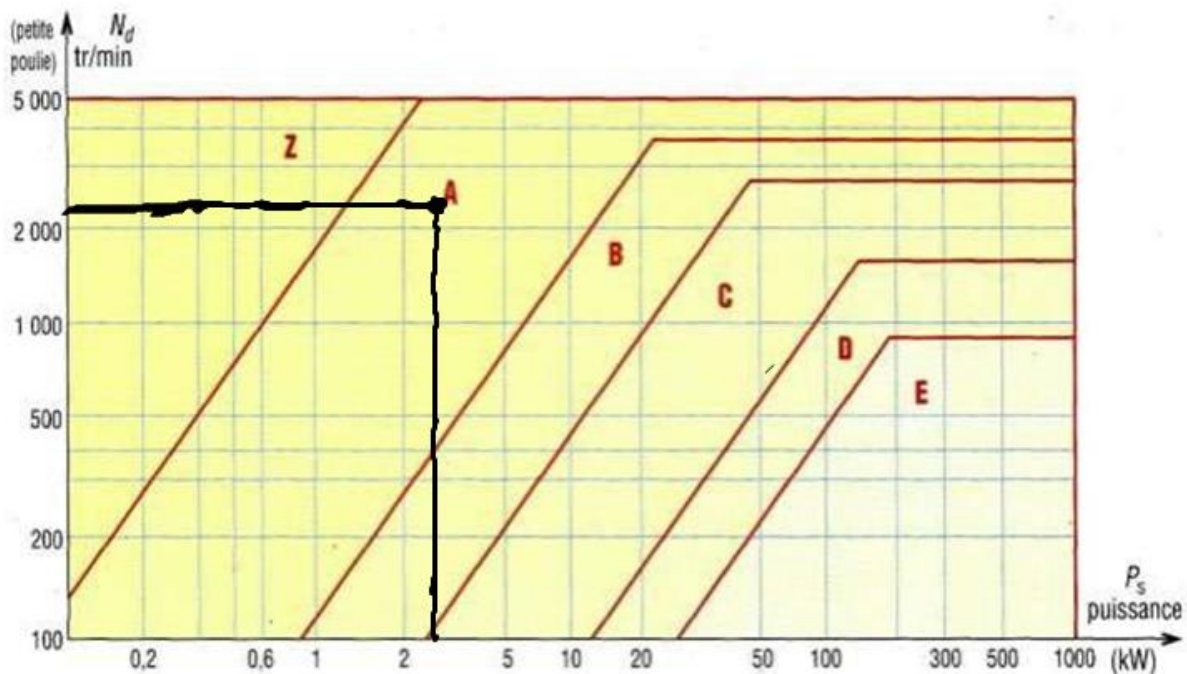
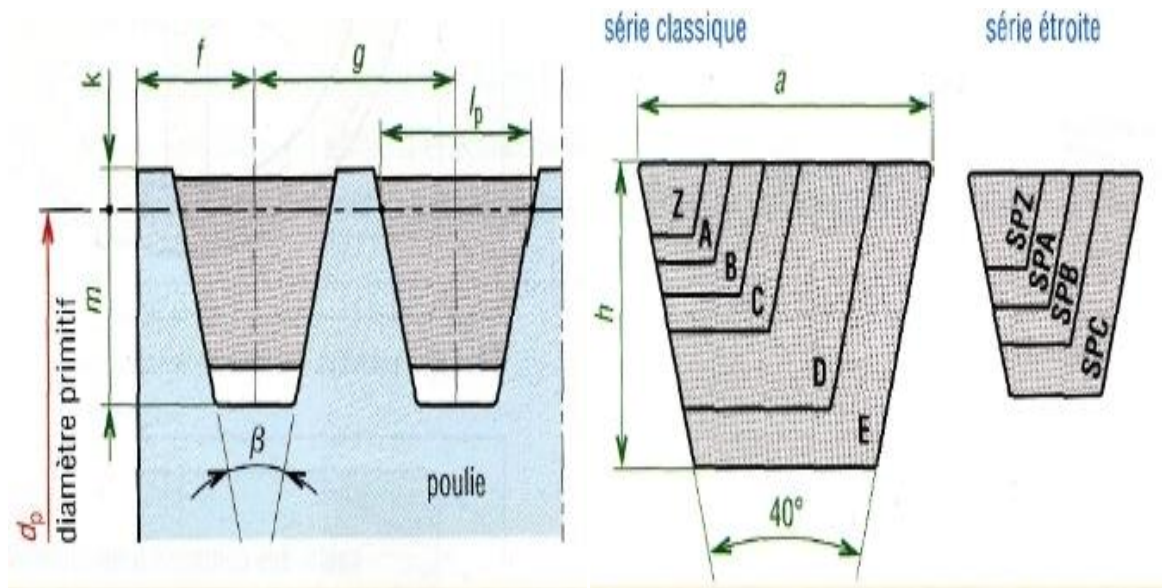


Figure III.7: Gamme des puissances transmissibles par type de courroie.

Donc permet de sélectionner les courroies de type A



Montage sur une poulie ($\beta=32^\circ, 34^\circ, 36^\circ, 38^\circ$).Séries classique et étroites.

Figure III.8: Illustration des différents types de Courroies trapézoïdales [15]

Tableau III.4: Tableau des principales dimensions trapézoïdales ISO 4183 [14]

principales dimensions (en mm)	Principales dimensions trapézoïdales (ISO 4183)									
	série classique						série étroite			
	Z	A	B	C	D	E	SPZ	SPA	SPB	SPC
a	10	13	17	22	32	38	10	13	16	22
h	6	8	11	14	19	25	8	10	13	18
l_p	8,5	11	14	19	27	32	8,5	11	14	19
f	7	9	11,5	16	23	28	7	9	11,5	16
g	12	15	19	25,5	37	44,5	12	15	19	25,5
k (mini)	2	2,75	3,5	4,8	8,1	9,6	2	2,75	3,5	4,8
m (mini)	7	8,7	10,8	14,3	19,9	23,4	9	11	14	19
d_p (usuel)	50 à 630	75 à 800	125 à 1 120	200 à 2 000	355 à 2 000	500 à 2 500	63 à 630	90 à 800	140 à 1 120	224 à 2 000

l_p : longueur primitive ou de référence ; d_p : diamètre primitif ou de référence.
Exemple de désignation : Z1420 (pour courroie classique de longueur 1420 mm).

III.10.2. Le rapport de transmission :

$$r = \frac{ND}{Nd} = \frac{\omega D}{\omega d} = \frac{d}{D}$$

$$r = \frac{1410}{2830}$$

$$r = 0.49$$

Diamètres primitifs :

$d = 60$ mm est imposé pour la petite poulie.

Et pour la grande poulie on a :

$$\frac{ND}{Nd} = \frac{d}{D}$$

$$1410/2830 = 60/D$$

$$D = \frac{2830 \times 60}{1410}$$

$$D = 120\text{mm}$$

III.10.3. Calcul de la vitesse de la courroie :

$$v = \omega d = \frac{d}{2}$$

$$v = \pi \times Nd \times \frac{d}{60}$$

$$v = 3.14 \times 2830 \times \frac{60}{60}$$

$$v = 8.88 \text{ m/s}$$

III.10.4. Calcul de longueur primitive courroie :

Calcule d'abord l'Entraxe (a) :

On a :

$$\frac{D}{d} = \frac{120}{60} = 2 < 3$$

Donc : $a \geq D \Rightarrow a \geq 120$ mm

$$a_{\min} = 120 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 3 \times (D + d)$$

Chapitre III : Calcul et dimensionnement

$$a_{maxi} = 3 \times (120 + 60)$$

$$a_{maxi} = 540mm$$

$$a = 420mm$$

$$Lp = 2 \times a + \frac{\pi}{2} \times (D + d) + \frac{(D + d) \times (D + d)}{4 \times a}$$

$$Lp = 2 \times 420 + \frac{\pi}{2} \times (120 + 60) + \frac{(120 + 60) \times (120 + 60)}{4 \times 420}$$

$$Lp = 950.85mm.$$

III.10.5. Calcul de puissance de base de la courroie :

$$V = 8.88m/s$$

$$d = 60mm$$

Tableau III.5: 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)

Et d'après le tableau on a les valeurs suivent 1.65 et 2.85

On a obtenu par interpolation entre 1.65et 2.85

$$P_b = 1.72 kw$$

III.10.6. Puissance admissible de la courroie choisie :

On a:

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

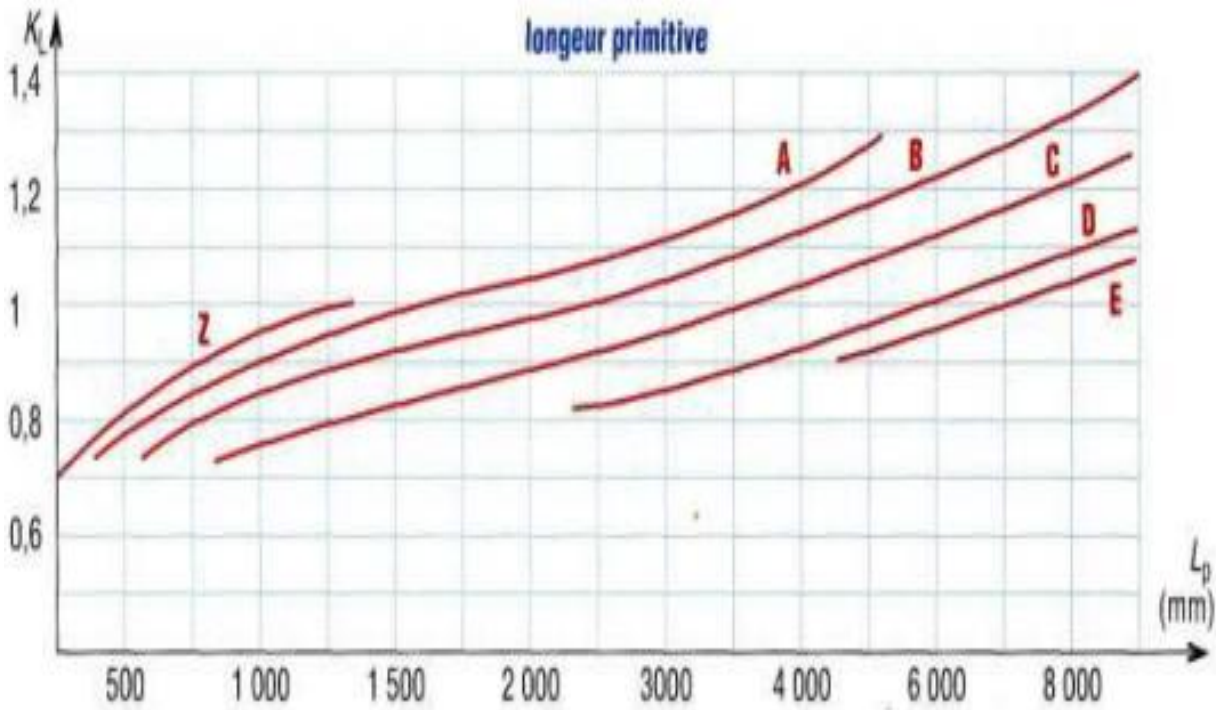


Figure III.9: Longueur primitive.

A partir de graphe on a :

$$K_L \approx 0.9 \text{ avec } L_p = 950.85 \text{ mm}$$

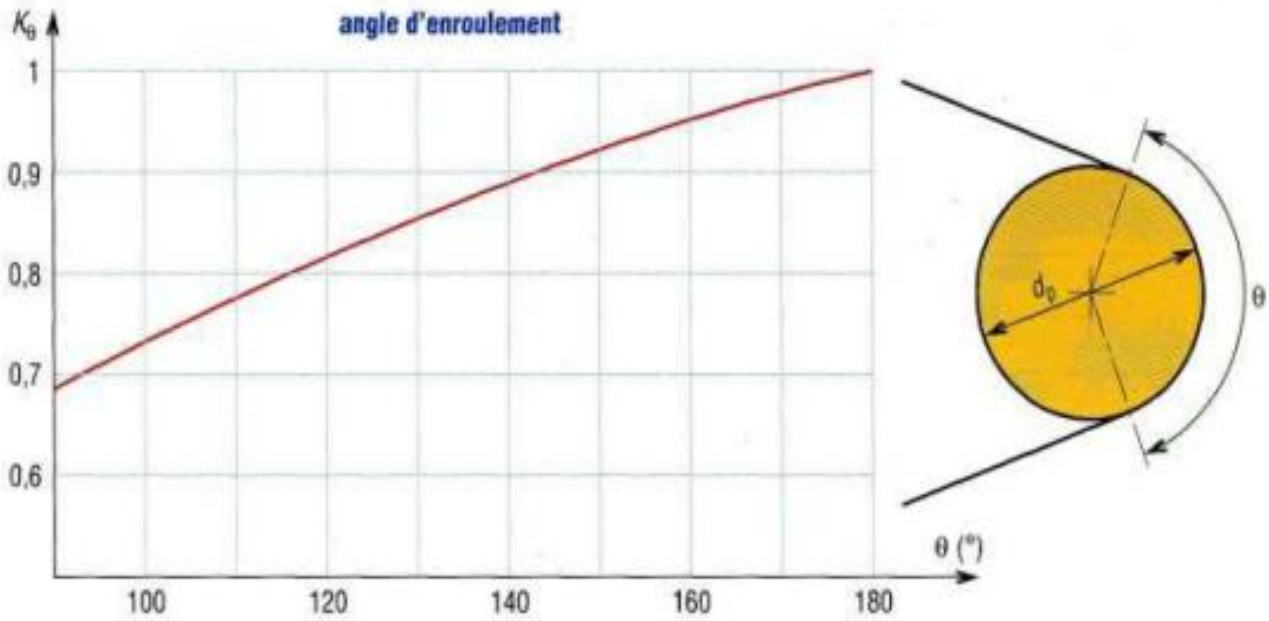


Figure III.10: Angle d'enroulement.

$$\theta = 180^\circ - 2 \sin^{-1} \frac{(D - d)}{2 \times a}$$

$$\theta = 180^\circ - 2 \sin^{-1} \frac{(120 - 60)}{2 \times 420}$$

$$\theta = 180^\circ - 8.14$$

$$\theta = 171.86^\circ$$

A partir de graphe :

$$K_\theta \approx 0.98$$

Puissance admissible

$$P_a = 1.72 \times 0.9 \times 0.98$$

$$P_a = 1.51 \text{ kw}$$

III.10.7. Calcul de RDM des éléments sollicités dans le broyeur :

III.10.7.1. Dimensionnement de l'arbre PORTE-LAMES :

III.10.7.1.1. Calcul des réactions des paliers :

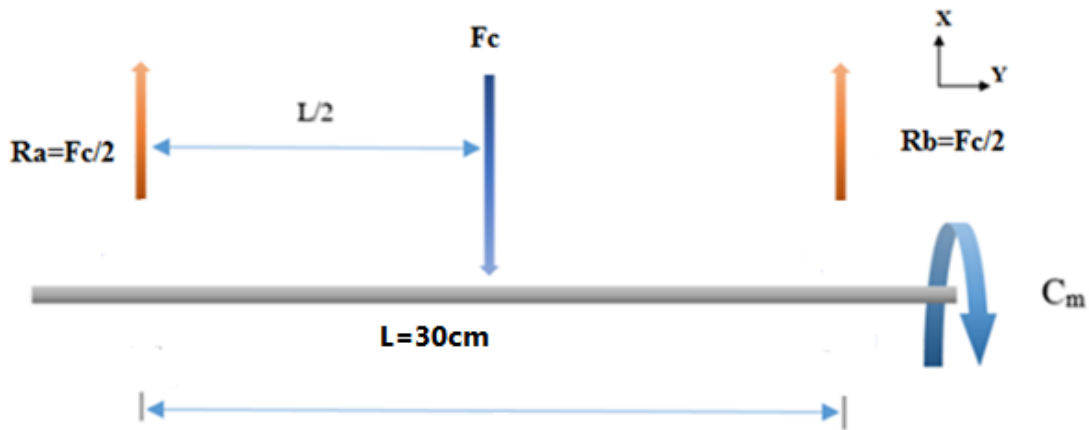


Figure III.11: Représentation des efforts appliqués sur l'arbre.

Par les principes fondamentaux de la statique :

$$\sum \overrightarrow{F_{ext}} = \vec{0}$$

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

Avec :

- $\overrightarrow{F_{ext}}$: Forces extérieures exercées sur l'arbre.
- $\overrightarrow{M/A}$: 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 :

$$R_A - F_c + R_b = 0 \dots\dots\dots(1)$$

$$R_b \times L - F_c \times \frac{L}{2} = 0 \dots\dots\dots(2)$$

Avec :

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

De l'équation (2) :

$$R_B = \frac{F_c \times \frac{L}{2}}{L} = \frac{F_c}{2}$$

AN :

$$R_B = \frac{487.67 \times 15}{30}$$

$$R_B = 243.83N$$

De l'équation (1) :

$$R_A = F_c - R_b$$

$$R_A = 478.67 - 243.83$$

$$R_A = 243.83N$$

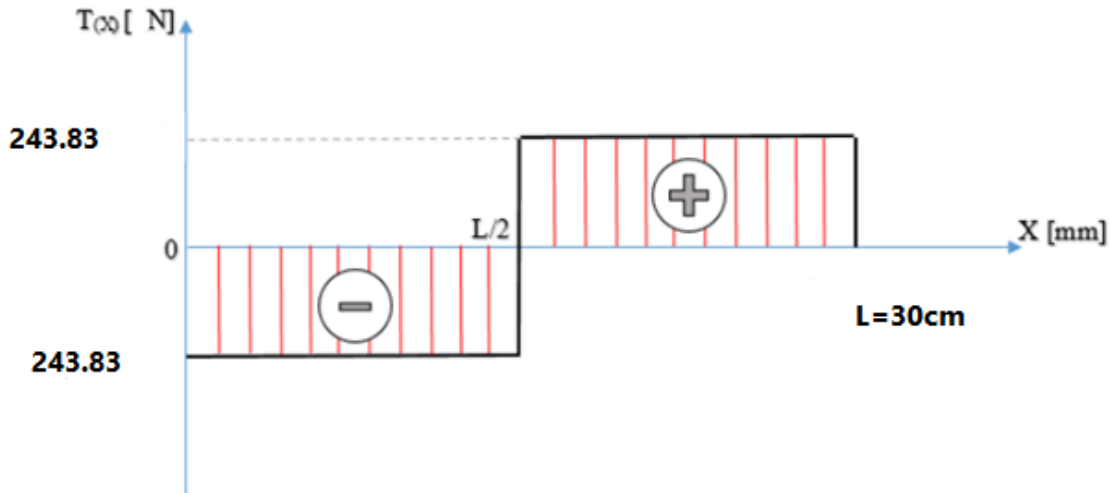


Figure III.12: Digramme des efforts tranchant.

III.10.7.1.2. Calcul des moments fléchissant :

On a :

Tronçon (1) $0 < x < L/2 :$

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

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

AN. :

$$x = 0 : M(0) = 0 \text{ N.mm}$$

$$X = \frac{L}{2} : M\left(\frac{L}{2}\right) = -3657.45 \text{ N.m}$$

Tronçon (2) $L/2 < x < L :$

$$R_A \times X - F_c \times \left(X - \frac{L}{2}\right) + M(X) = 0$$

$$M(X) = -R_A \times X + F_c \times \left(X - \frac{L}{2}\right)$$

$$X = \frac{L}{2} : M\left(\frac{L}{2}\right) = -3657.45 \text{ N.m}$$

$$X = L : M(L) = 0 \text{ N.mm}$$

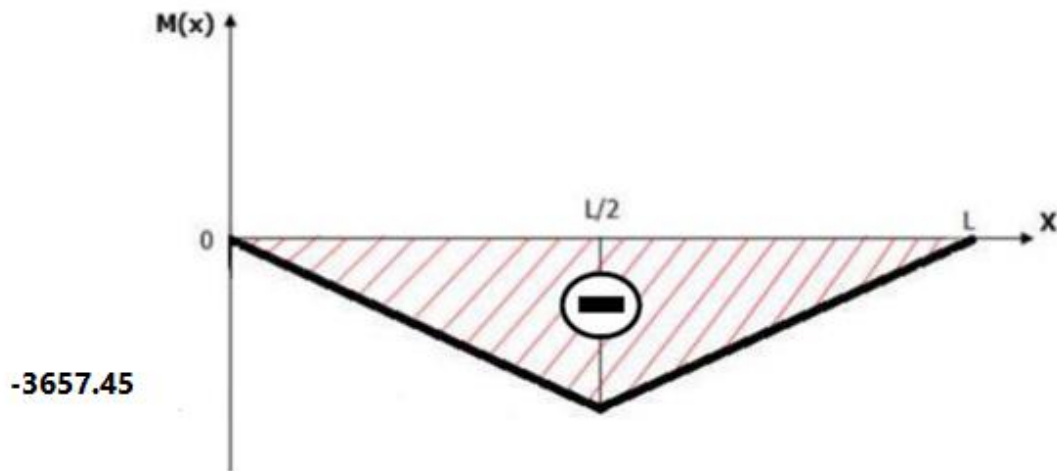


Figure III.13: Diagramme des moments fléchissant.

III.10.8. Le rendement :

$$\eta = \frac{Pr}{Pm}$$

$$\eta = \frac{2.1}{2.8}$$

$$\eta = 0.75 = 75\%$$

III.11. MODÉLISATION NUMÉRIQUE DES PRINCIPAUX ORGANES DU

BROYEUR (SIMULATION) :

III.11.1. DÉFINITION DE LA CAO :

Nous pouvons définir la Conception Assistée par Ordinateur (CAO) par l'ensemble des outils logiciels et des techniques informatiques qui permettent d'assister les concepteurs lors de la conception et la mise au point d'un produit.

III.11.2. Les avantages et les inconvénients de la CAO :

III.11.2.1. Les avantages :

Les principaux avantages cités par les utilisateurs sont :

- Un processus de conception plus efficace ;
- Meilleure précision ;
- Réduction du temps de conception d'où la réduction du cout ;

III.11.2.2. Les inconvénients :

Il y a également quelques inconvénients comme :

- Cout du matériel ;
- Cout des formations.

III.11.3. Logiciel utilisée :

Un programme en général de type industriel doit être capable de résoudre des problèmes variés de grandes tailles (de mille à quelques centaines de milliers de variables). Ces programmes complexes nécessitent un travail d'approche non négligeable avant d'espérer pouvoir traiter un problème réel de façon correcte. Citons à titre d'exemple quelques noms de logiciels : SOLIDWORKS (COSMOSWORKS), KATIA, ABAQUS, ...etc. les possibilités offertes par de tels programmes sont nombreuses :

- Analyse statique ou dynamique.
- Prise en compte de lois de comportement complexe.
- Prise en compte de phénomènes divers (élasticité, thermiques, ...).
- Problèmes d'optimisation, ...etc.

L'utilisation de tels programmes nécessite une formation de base minimale.

III.11.4. Les différentes utilisations de SolidWorks :

Créé en 1993 par l'éditeur américain éponyme, SolidWorks est racheté le 24 juin 1997 par la société Dassault Systèmes³.

Parmi les plus grandes organisations utilisant SolidWorks, on peut citer Frankie, Équipement d'emballage MMC, AREVA, Patek Philippe, MégaBlocks, Axiome, ME2C, SACMO, Le Boulocha, Robert Renaud, Lorenz Baume, l'Opéra de Paris, Jtekt, GTT et le Ministère de l'Éducation nationale.

SolidWorks est un modéleur 3D utilisant la conception paramétrique. Il génère 3 types de fichiers relatifs à trois concepts de base : la pièce, l'assemblage et la mise en plan. Ces fichiers sont en relation. Toute modification à quelque niveau que ce soit est répercutée vers tous les fichiers concernés.

Un dossier complet contenant l'ensemble des relatifs à un même système constitue une maquette numérique. De nombreux logiciels viennent compléter l'éditeur SolidWorks. Des utilitaires orientés métiers (tôlerie, bois, BTP...), mais aussi des applications de simulation mécanique ou d'image de synthèse travaillent à partir des éléments de la maquette virtuelle.

III.11.5.Modélisation géométrique :

La modélisation géométrique des pièces du broyeur avec le logiciel SolidWorks passe par trois(03) étapes :

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

III.11.5.1.Modélisation Géométrique de l'arbre :

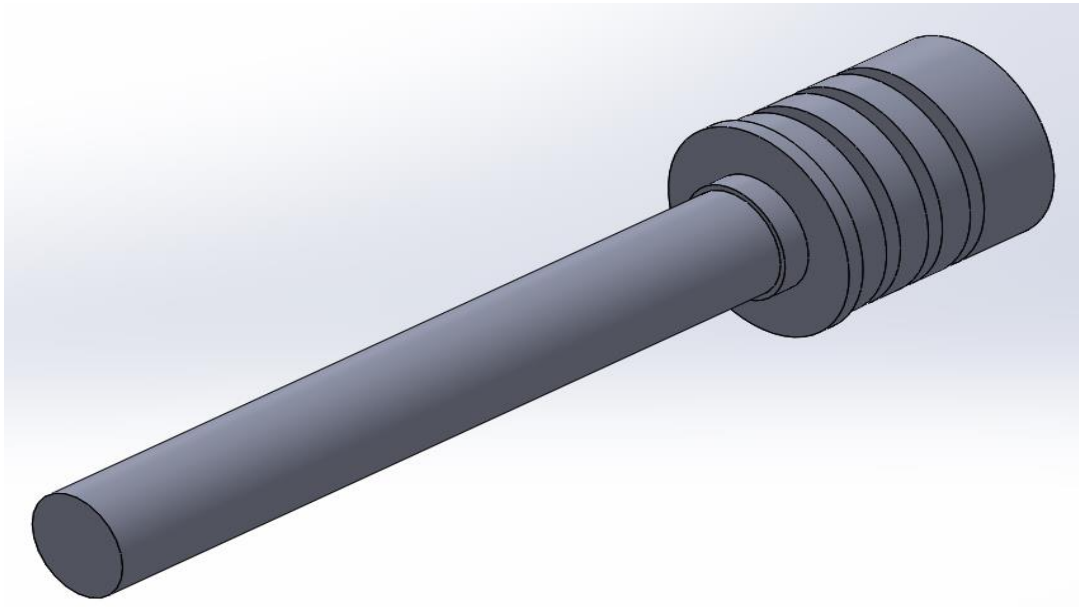


Figure III.14: Modèle CAO de l'arbre.

III.11.5.2.Modélisation Géométrique de la lame :

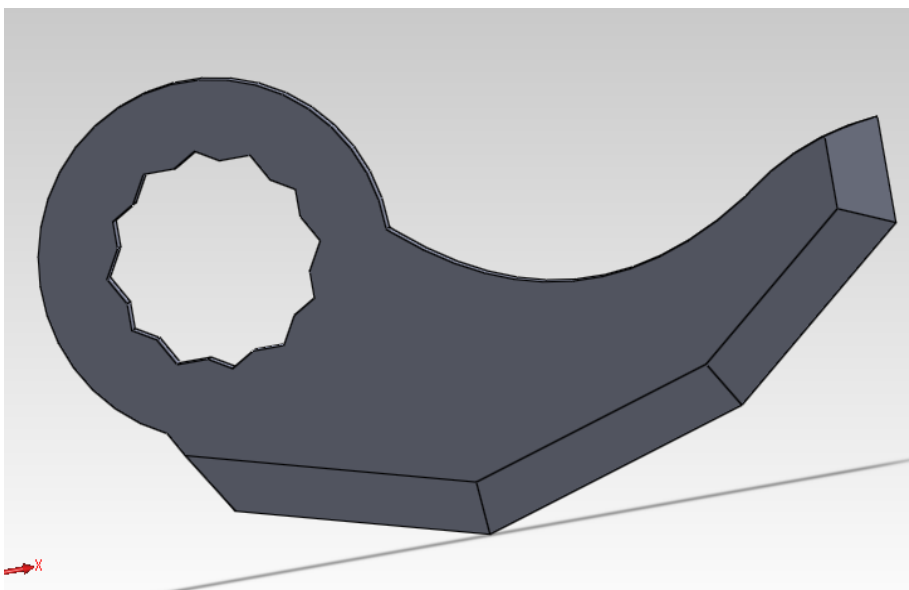


Figure III.15: Modèle CAO de la lame.

III.11.5.3. Modélisation Assemblage des éléments de broyeur :

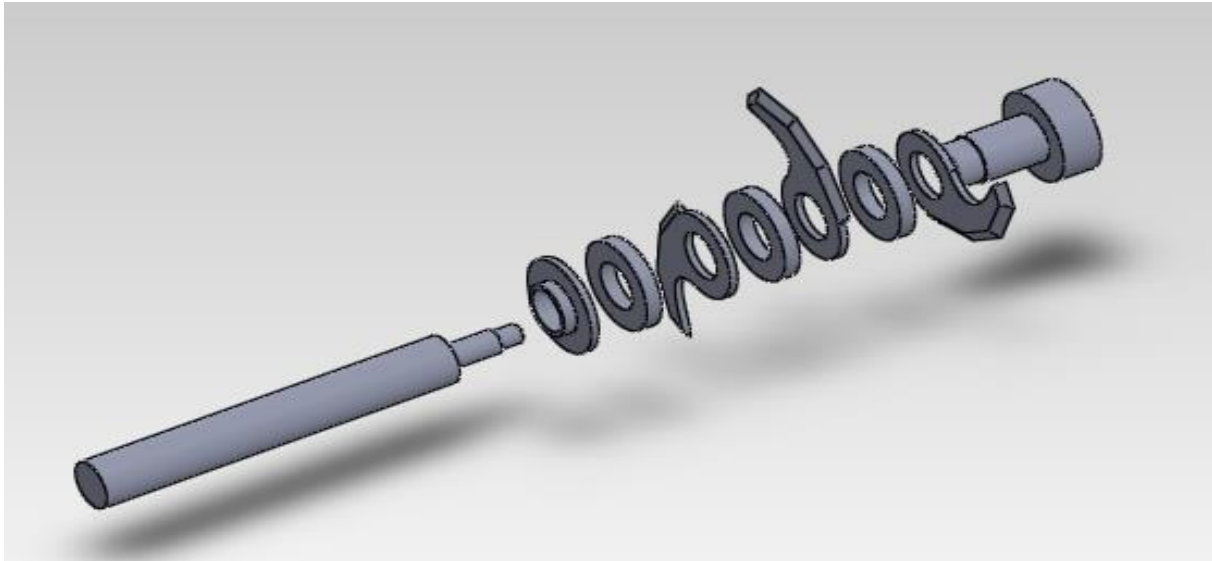


Figure III.16: Assemblage des éléments de broyeur.

III.11.5.4. Assemblage des éléments fini de broyeur :

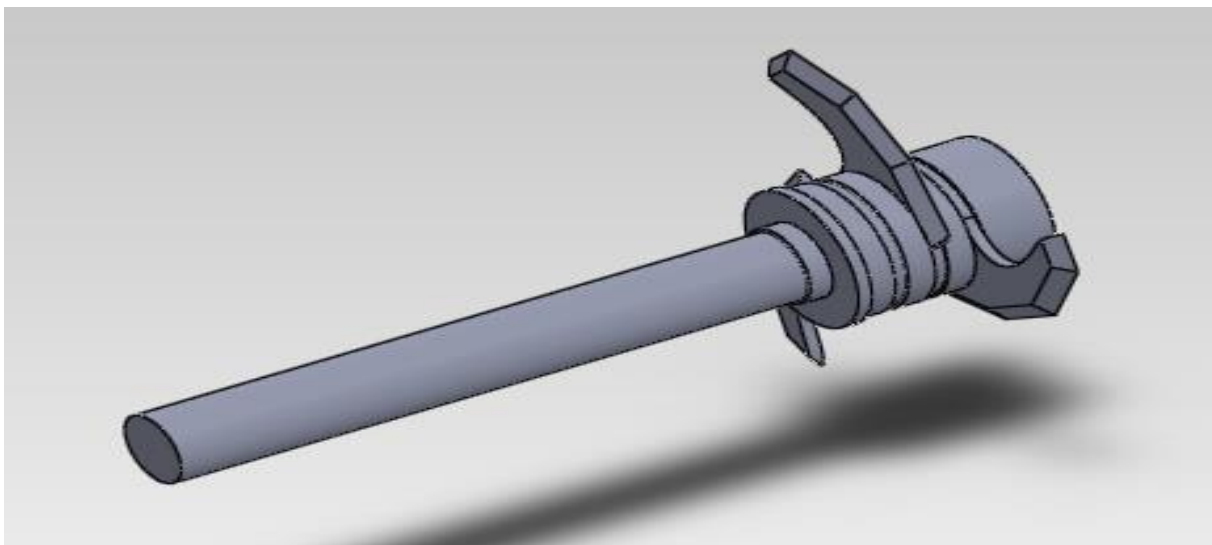


Figure III.17: Assemblage des lames sur arbres fini.

III.11.6. Modélisation numérique :

III.11.6.1. Introduction aux éléments finis :

La modélisation numérique est basée sur la reformulation des équations de conservation sur chaque élément du maillage. Il existe de nombreuses méthodes pour représenter les problèmes continus de façon discrète comme par exemple les approximations par différences finies, par éléments finis, par volumes finis, ou par des méthodes spectrales. La méthode de discrétisation utilisée dans le cadre de ces travaux étant celle des volumes finis, nous rappelons ici les principes

sur lesquels elle repose. Dans ce chapitre nous présentons aussi les différentes méthodes de résolution des équations algébriques.

Le principe fondamental de la méthode des éléments finis réside dans le découpage du domaine d'étude en domaines élémentaires de dimension finie et à représenter le potentiel $A\vec{\omega}$ et V par une approximation polynomiale dans chacune de ces régions ; ensuite, l'erreur due à l'approximation doit être minimisée. Parmi différentes formulations possibles, la méthode dite de Rayleigh-Ritz qui repose sur l'expression qui représente l'énergie électromagnétique du la méthode de Galerkin qui consiste à projeter l'EDP sur une fonction de projection. [16]

III.11.6.2. Le maillage :

Un maillage est la discrétisation spatiale d'un milieu continu, ou aussi, une modélisation géométrique d'un domaine par des éléments proportionnés finis et bien définis. L'objet d'un maillage est de procéder à une simplification d'un système par un modèle représentant ce système et, éventuellement, son environnement (le milieu), dans l'optique de simulations de calculs ou de représentations graphiques.

III.11.6.3. Différents types de maillage :

III.11.6.3.1. Maillage linéaire :

C'est généralement un élément à 2 degrés de liberté (DDL) par nœuds (u, v, w), pour déterminer son énergie élastique.

III.11.6.3.2. Maillage surfacique :

C'est un élément bidimensionnel dans lequel on suppose que les contraintes sont uniformes dans l'épaisseur et qu'elles sont perpendiculaires au plan de l'élément). Il est utilisé pour modéliser des structures minces travaillant en membrane, c'est-à-dire sans rigidité de flexion.

III.11.6.3.3. Maillage volumique :

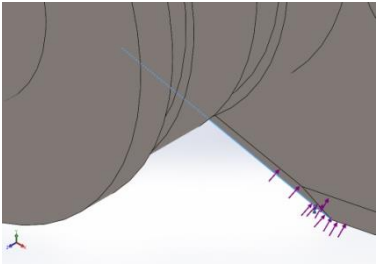
Dans cet élément, aucune hypothèse simplificatrice n'est posée sur les déformations et les contraintes. Il est par contre, nécessaire, pour calculer l'énergie élastique, de faire des hypothèses sur l'évolution du champ de déplacement à l'intérieur de l'élément.

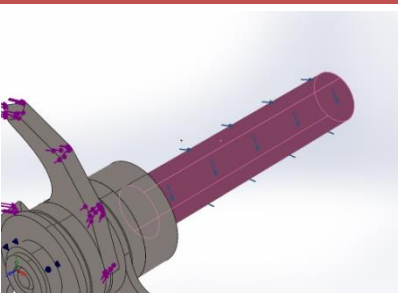
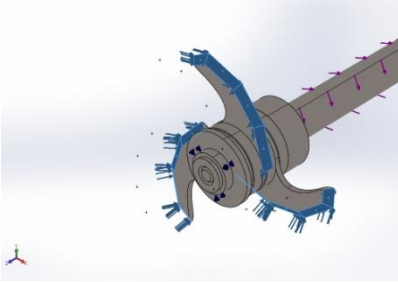
III.11.6.3.4. Génération d'un maillage :

Pour générer un maillage volumique, il faut tout d'abord créer un modèle géométrique ou importer directement un modèle géométrique issu d'un logiciel CAO comme SolidWorks. Pour SolidWorks le choix d'un maillage par défaut est disponible. [14]

III.11.7. APPLICATION DES CONDITIONS AUX LIMITES :

III.11.7.1. Déplacements et efforts imposés sur l'arbre et les lames :

Nom du déplacement imposé	Image du déplacement imposé	Détails du déplacement imposé		
Fixe-7		Entités: 1 arête(s) Type: Géométrie fixe		
Forces resultants				
Composants	X	Y	Z	
Force de réaction(N)	102.26	4.62149	79.9372	
Moment de réaction(N.m)	0	0	0	

Nom du chargement	Image du chargement	Détails du chargement
Couple-1		Référence: Face< 1 > Type: Moment de torsion Valeur: -20 N.m
Force-1		Entités: 12 face(s) Type: Force normale Valeur: 150 N

III.11.7.2. Propriété des matériaux du modèle de l'arbre et les lames :


Référence du modèle	Propriétés	Composants
	<p>Nom: Acier allié</p> <p>Type de modèle: Linéaire élastique isotropique</p> <p>Critère de ruine par défaut: Contrainte de von Mises max.</p> <p>Limited'élasticité: 6.20422e+008 N/m²</p> <p>Limite de traction: 7.23826e+008 N/m²</p> <p>Module d'élasticité: 2.1e+011 N/m²</p> <p>Coefficient de Poisson: 0.28</p> <p>Masse volumique: 7700 kg/m³</p> <p>Module de cisaillement: 7.9e+010 N/m²</p> <p>Coefficient de dilatation thermique: 1.3e-005 /Kelvin</p>	<p>Corps volumique 1(Boss.-Extru.4)(Pièce1hhhh-1),</p> <p>Corps volumique 1(Enlèv. mat.-Extru.1)(Pièce1jjj-1),</p> <p>Corps volumique 1(Enlèv. mat.-Extru.2)(Pièce1nnn-1),</p> <p>Corps volumique 1(Enlèv. mat.-Extru.2)(Pièce1nnn-2),</p> <p>Corps volumique 1(Enlèv. mat.-Extru.2)(Pièce1nnn-3),</p> <p>Corps volumique 1(Répétition circulaire1)(Pièce2lllll-1),</p> <p>Corps volumique 1(Répétition circulaire1)(Pièce2lllll-2),</p> <p>Corps volumique 1(Répétition circulaire1)(Pièce2lllll-3),</p> <p>Corps volumique 1(Enlèv. mat.-Extru.10)(piècemmm-1)</p>
Données de la courbe:N/A		

Tableau III.6 : Informations sur le maillage de l'arbre.

Type de maillage	Maillagevolumique
Mailleurutilisé:	Maillage standard
Transition automatique:	Désactivé(e)
Bouclesautomatiques de maillage:	Désactivé(e)
Points de Jacobien	4 Points
Tailed'élément	4.46312 mm
Tolérance	0.223156 mm
Tracé de qualité du maillage	Haute
Remailler les pièces en échec avec un maillage incompatible	Désactivé(e)
Nombre total de noeuds	17063
Nombre total d'éléments	10566
Aspect ratio maximum	13.069
% d'éléments ayant un aspect ratio < 3	88
% d'éléments ayant un aspect ratio > 10	0.0663
% d'élémentsdistordus (Jacobien)	0
Durée de création du maillage (hh:mm:ss):	00:00:05

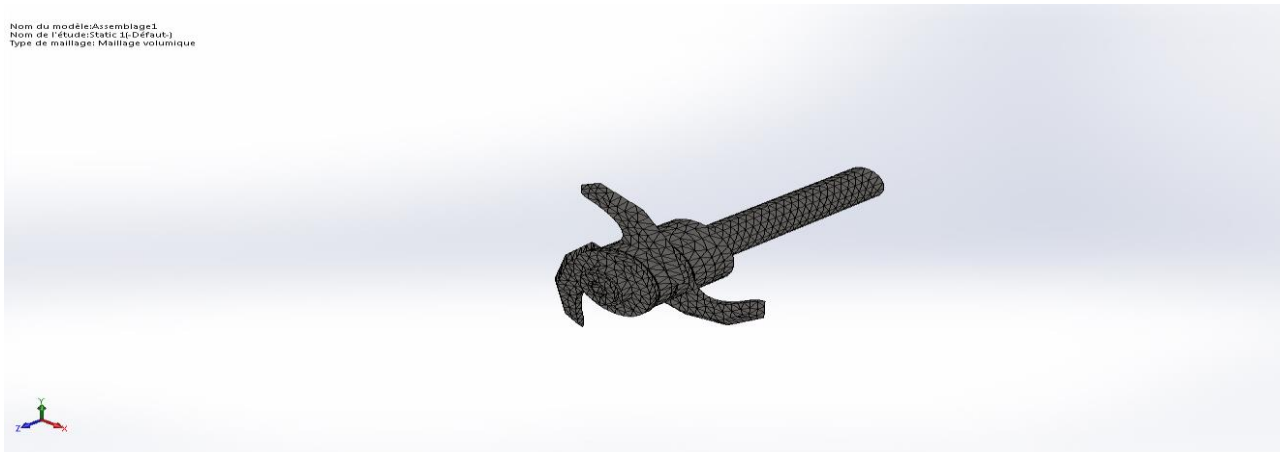


Figure III.18 : Représentation du maillage.

III.11.8. résultat de la simulation :

III.11.8.1. les contraintes de Von mises :

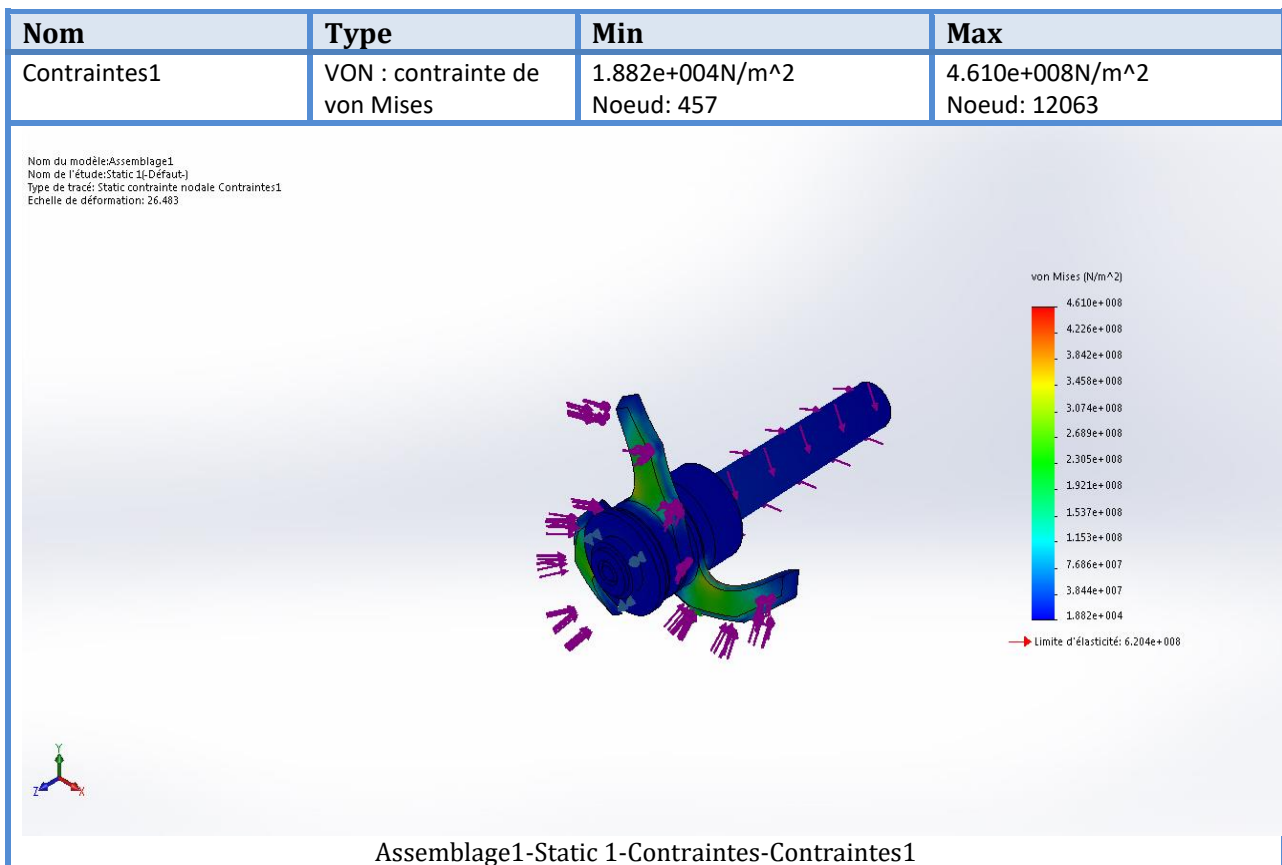


Figure III.19: les contraintes de Von mises.

D'après la figure les lamessont complètement en couleurs verte ce qui correspond, dans le diagrammede contrainte de Von Mises, à une fourchette de contrainte qui varie entre 1.88 e +08 (MPa) et 4.61 e +08 (MPa), cela permet de constater que les sollicitations qui lui sont appliquées n'influent pas sur sa structure, cependant sa résistance dans le cas statique est vérifiée avec un coefficient de sécurité qui est égale à 1,37.

$$4.610+008 \text{ N/m}^2 \leq 6.20422\text{e}+008 \text{ N/m}^2$$

III.11.8.2. déplacement imposé :

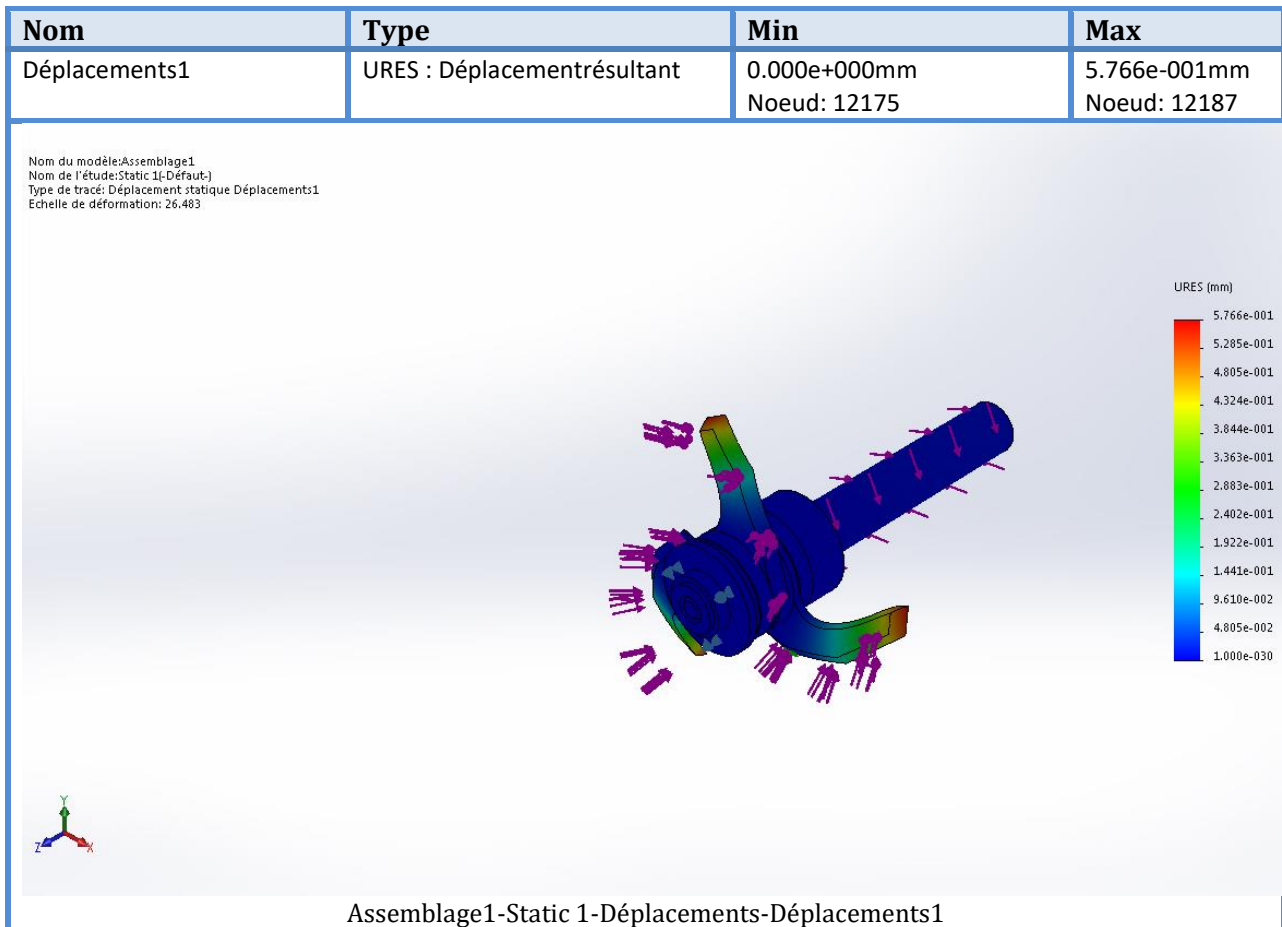


Figure III.20: Déplacement résultant des lames.

L'analyse de la figure a montré que le déplacement maximum se situe sur la face supérieure de la lame (l'arête tranchante) ce qui est attendu puisque la charge imposée est une déformation maximale au bord de la face supérieure de la lame, et qui est de l'ordre de 5.766×10^{-1} mm.

III.11.8.3. Calcul de déformation :

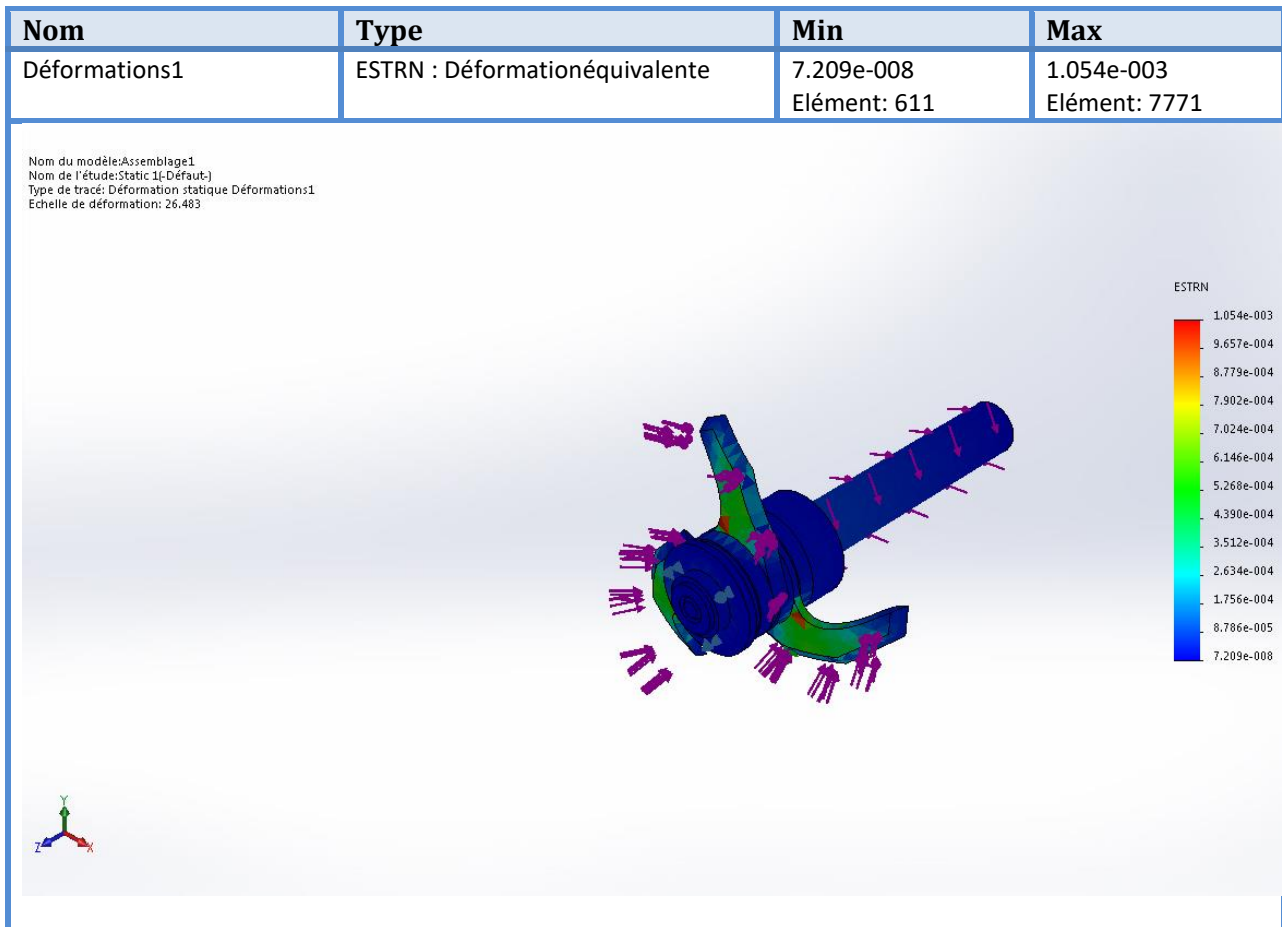


Figure III.21: Déformation équivalente des lames.

L'analyse de la déformation justifie l'état de contrainte de la lame, tel que la variation de la déformation est comprise entre 7.902×10^{-4} et 1.05×10^{-3} , qui est une déformation aussi minime par rapport aux dimensions des lames.

III.11.9. Conclusion :

Dans ce chapitre, vu la difficulté de mailler l'assemblage de la machine (broyeur), on a opté pour la solution qui est de mailler les éléments les plus sollicités dans la structure (arbre, lames de broyage) un par un, par ailleurs les résultats ainsi trouvés confirment la résistance de ces éléments soumis aux différents efforts imposés.

Conclusion general

Grace à ce travail, nous avons étudiés les installations permettant de broyer du matériel végétal et ainsi de réduire les rejets des déchets dans la nature et de préserver l'environnement, Le broyeur permet une réutilisation quasi instantanée des seuls déchets broyés.

Au cours de ce travail, nous avons essayé de fournir le plus d'informations possible sur Les broyeurs de recyclage végétal, qui ont été proposés comme solution de gestion des déchets et de compostage, que ce soit dans leur mécanisme, leur dimensionnement ou encore leur aspect Sûr.

Ces informations pourront être utilisées dans le cas d'une éventuelle étude de fabrication ou production.

Ainsi, le principal avantage de la machine à couper les végétaux réside dans le fait qu'elle contribue grandement au recyclage principal des éléments naturels et offre ainsi une valeur ajoutée à l'écosystème.

Le principe de fonctionnement d'un broyeur à bois est donc, à première vue, des Plus simples.

La dernière étape du travail est consacrée au dimensionnement, l'étude et la modélisation 3D de chaque élément du broyeur. La première partie de cette étape est réservée aux différents calculs dimensionnels des éléments qui constituent le broyeur. Tandis que la deuxième partie pour la modélisation des pièces mécaniques qui constituent le broyeur ainsi que les différents assemblages à l'aide du logiciel SolidWorks, ce même logiciel a été utilisée pour différentes études statiques basées sur la méthode des Éléments finit.

Les résultats de la simulation nous justifier que les contraintes engendré sur les pièces mobile de ce broyeur ne présente aucun danger pour cette appareil.

En agriculture et pour plus de production du compost, en comparant les paramètres du temps et de quantités Le broyeur végétal est la solution plus fiable .

[1] : Alain Chamayou, Jacques Fagnes. Broyage dans les industries agroalimentaires. Jean-Pierre Melcion & Jean-Luc I lari. Technologie des pulvérulents dans les IAA, Lavoisier, pp.375-406, 2003, Sciences & Techniques Agroalimentaires, 978-2743006211. ffhah-00442390v2f

[2] : Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de Master professionnel en Génie Mécanique Option Fabrication Mécanique et Productique Thème Etude et conception et fabrication d'un broyeur végétal Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou Réalisé par LARABI ALI SAOUDI ACHOUR

[3]: MEMOIRE DE FIN D'ETUDE En vue de l'obtention du diplôme de MASTER En Génie Mécanique Option : Fabrication Mécanique et Productique Présenté par Baamar Abdelmalek & Skhara Riadh Thème Concasseurs et broyeurs : Types et maintenance Mohamed Boudiaf University of M'sila Faculty of Technology

[4] : G.Beranger, j.croletetp.Cunat, Technique de l'ingénieur ; Matériaux.

[5] : C. BARLIER et R. BOURGEOIS, Mémotech : conception et dessin, édition 2003.

[6] : Mémoire de fin d'études, université de Bejaia, option électromécanique, thème Amélioration des caractéristiques techniques d'un broyeur pour les bouteilles en plastique. Mr : HADDAD et TOUATI. Promotion (2012/2013).

[7] : Mémoire de fin d'étude, université de Bejaia, option Fabrication Mécanique et productive, thème : Etude et conception et réalisation d'un broyeur pour le recyclage des déchets de plastique. Mr : CHENNINE Dalil et BOUAFAI Boualem. Promotion (2017/2018).

[8]: COURS DE BIOLOGIE VEGETALE Université les Frères Mentouri Constantine 1 Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie Destiné aux étudiants de 1ère année tronc commu Réalisé par : Dr BOUZID Saliha

[9] : Fiche technique Production et Utilisation de Compost et Gestion des Résidus de Récolte Dépôt légal N°6529 du 18/01/2013, 1er trimestre 2013, Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin

[10] : Thèse pour obtenir le grade de DOCTEUR DE L'UNIVERSITE DE LIMOGES Discipline : Chimie et Microbiologie de l'Eau présentée et soutenue par Florence CHARNAY le 28 octobre 2005 UNIVERSITE DE LIMOGES ECOLE DOCTORALE Science – Technique – Santé Faculté des Sciences et Techniques Compostage des déchets urbains dans les Pays en Développement : élaboration d'une démarche méthodologique pour une production pérenne de compost

[11] : Cédric Francou. STABILISATION DE LA MATIERE ORGANIQUE AU COURS DU COMPOSTAGE DE DECHETS URBAINS : Influence de la nature des déchets et du procédé. Autre [q-bio.OT]. Institut national agronomique paris-grignon - INA P-G, 2003. Français. fftel-00007519f

[12] : Chevalier:Guidedudessinateurindustriel, éditionAFNORParis(2004)

[13] : Mémoire de fin d'étude universitaire appliquées DEUA en génie mécanique, université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, thème : Etude d'un broyeur à émaux, Mr. HAMDI DAHMAN et AMRANI Tahar, Promotion 2003.

[14] : Guide du dessinateur industriel édition (1979)

[15] : Chevalier : Guide du dessinateur industriel, édition AFNOR Paris (2004).

[16] : cours Méthode des Volumes Finis chapitre 2