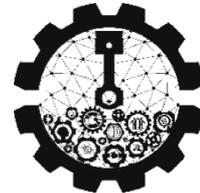


**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
E MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**



**UNIVERSITÉ SAAD DAHLAB DE BLIDA 1
FACULTÉ DE TECHNOLOGIE
DÉPARTEMENT DE MÉCANIQUE**

Projet fin d'Etude Master en Génie Mécanique

Option : Fabrication Mécanique

Thème :

ETUDE ET DEVELOPEMENT D'UN BROYEUR DES ENGRAIS BIOLOGIQUE

Réalisée Par :

- FERROUKHI YACINE
- AOUARI RIYAD

Promoteur :

- MERZOUG DJAMEL

Co-Promotrice :

- LEMOUSSI SOMIA

Année universitaire : 2023/2024

DÉCIDAS

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 tous mes amis.

DÉCIDAS

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 mon grand père MAHMOUD

A tous mes amis (es) d'études.

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 Encadreurs (DJAMEL MERZOUG, LEMOUSSI SOMIA) pour sa présence, Il a accepté de nous guider tout au long des travaux et de tout donner.

Nous adressons régalement notre sincère remerciement à tous ceux qui ont A contribué directement ou indirectement à la réalisation de Ce travail.

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

Accepter l'évaluation de Notre travail.

Merci à tous

ملخص

تتمحور هذه الدراسة التي تعد عمل تخرج متواضعاً في إطار إعادة تدوير النفايات الحيوية، وبالتحديد في البداية، يعرّف هذا العمل .دراسة الآلة التي تمثل الجزء الأكثر أهمية وهي كسارة النفايات الحيوية التسميد وأنواعه، وكذلك عمل خط إعادة التدوير وشتى أنواع الكسارات الموجودة، ثم يسلّط الضوء على بعد ذلك، تأتي مرحلة محاكاة .الحسابات والتصميمات التفصيلية لكل الأجزاء المهمة التي تشكل الكسارة المحور لتأكيد النتائج، ومن ثم تأتي أهم مرحلة وهي تحسين الآلة باستخدام حسابات مواصفات عناصر لتأكيد النتائج(المحور(في النهاية، تم محاكاة الجزء الأهم في الآلة .الكسارة المختلفة على وجه الخصوص، تم تصميم هاته الكسارة بدقة لتتكيف مع السوق الجزائري ومع معايير السلامة الصناعية

ABSTRACT

This modest dissertation is part of the framework of biological waste recycling, specifically focusing on the study of the machine responsible for the most crucial aspect, namely the biological waste shredder. Initially, this work defines fertilizers and their types, as well as the operation of the recycling line and various types of existing shredders. It then highlights and details the calculations and dimensioning of all important parts that constitute the shredder. Next comes the simulation stage of the shaft to validate the results, followed by the most important stage, which is enhancing the machine using calculations compliant with different shredder components' standards. Lastly, the most critical part (the shaft) was simulated to confirm the results.

Particularly, this shredder is meticulously designed to adapt to the Algerian market and industrial safety standards.

RÉSUMÉ

Ce modeste travail de fin d'études s'inscrit sous le cadre de recyclage des déchets biologique, et plus précisément sur l'étude de la machine qui exécute la partie la plus importante à savoir le broyeur des déchets biologique. En premier lieu, ce travail définit les engrais et ces types ainsi que le fonctionnement de la ligne de recyclage et tout type de broyeur existant, puis met en évidence et en détaille les calculs et dimensionnement de tout partis impotents qui constitue le broyeur, âpre vient l'étape de simulation de l'axe pour confirmer les résultats, en suite vient l'étape la plus impotente qui est l'amélioration de la machine en utilisant des calculs au norme des déférents éléments de broyeur, En fin en a simuler la pièce la plus impotente (l'axe) pour confirmer les résultats .

En particulier ce broyeur est connu d'une manière méticuleuse pour qu'il s'adapte au marché algérien et aux normes de sécurité industrielle.

TABLE DES MATIÈRES

| | |
|------------------------------------|---|
| <i>INTRODUCTION GENERALE</i> | 1 |
|------------------------------------|---|

CHAPITRE 1 : Description de la ligne de production des engrais bio

| | |
|--|----|
| I.1. INTRODUCTION : | 3 |
| I.2. GENERALITE SUR LEES ENGRAIS : | 3 |
| I .2.1. Définition des engrais : | 3 |
| I .2.2. Les types des engrais : | 3 |
| I.3. LA LIGNE DE PRODUCTION DES ENGRAIS BIOLOGIQUE : | 4 |
| I .3.1. Préparation et de fermentation du fumier : | 4 |
| I .3.2. Le tamiseur : | 5 |
| I .3.3. Le broyeur : | 7 |
| I .3.4. Le Mélangeur : | 8 |
| I .3.5. La presse à granulés : | 9 |
| I .3.6. Le sécheur : | 9 |
| I .3.7. Le refroidissement : | 9 |
| I.4. GENERALITE SUR LES BROYEURS : | 10 |
| I .4.1. Le broyage : | 10 |
| I .4.2. Définition de broyeur : | 10 |
| I .4.3. Choix d'un broyeur : | 10 |
| I .4.4. Les différents types de broyeurs : | 13 |
| I .4.5. Exemples d'utilisation des Broyeurs Industriels : | 15 |
| I.5. Conclusion : | 16 |

CHAPITRE 2 : Calcul et dimensionnement de broyeur standard

| | |
|--|----|
| II.1. INTRODUCTION : | 18 |
| II.2. VUE ECLATAI DU BROYEUR STANDAR : | 18 |
| II.3. CARACTERISTIQUES DE MOTEUR : | 18 |
| II.4. CALCUL DE COURROIE : | 19 |
| II .4.1. Le rapport : | 20 |
| II .4.2. La vitesse linéaire de la courroie : | 20 |

| | |
|--|----|
| II .4.3. La longueur de référence : | 20 |
| II .4.4. L'entraxe réel : | 21 |
| II .4.5. Nombre de courroies : | 21 |
| II .4.6. Puissance de calcul : | 21 |
| II .4.7. Facteur d'arc a : | 22 |
| II .4.8. Choix de Cl : | 23 |
| II .4.9. La puissance Po : | 23 |
| II .4.10. Calcul de nombre de courroies : | 23 |
| II.5. LA MASSE MAXIMALE QUE PEUT SUPPORTER LE BRYEUR : | 24 |
| II .5.1 La densité volumique : | 24 |
| II .5.2 Calcul de volume : | 25 |
| II .5.3 Calcul de la masse : | 26 |
| II.6. CALCUL DE LA RESISTANCE DE L'ARBRE : | 27 |
| II .6.1. Calcul de la force de coupe (FT) : | 27 |
| II . II .6.2. Calcul de torsion de l'arbre : | 27 |
| II .6.3. CALCUL LA FLEXION DE L'ARBRE : | 28 |
| II.7. Conclusion : | 31 |

CHAPITRE 3 : CONCEPTION ET SIMULATION DE BROYEUR STANDARD

| | |
|---|----|
| III.1. INTRODUCTION : | 33 |
| III.2. GENERALITE SUR CAO : | 33 |
| III.2.1 Définition de CAO..... | 33 |
| III.2.2. Principe et utilisation de la CAO..... | 33 |
| III.2.3. Les avantages et les inconvénients de CAO..... | 33 |
| III.3. LOGICIEL UTILISÉ | 34 |
| III.4.MODÉLISATION GÉOMÉTRIQUE DU BROYEUR | 34 |
| III.5. MODÉLISATION NUMÉRIQUE DE L'AXE DE BROYEUR (SIMULTION) | 35 |
| III.5.1. Le Maillage..... | 35 |
| III.5.2. Différents types de Millage..... | 35 |
| III.5.2.1. Maillage linéaire | 35 |

| | |
|--|----|
| III.5.2.2. Maillage surfacique..... | 35 |
| III.5.2.3. Maillage volumique..... | 35 |
| III.5.3. Génération d'un Maillage | 35 |
| III.6. APPLICATION DES CONDITIONS AUX LIMITES..... | 36 |
| III.6.1. Déplacements et efforts imposé sur l'arbre..... | 36 |
| III.7. VERIFICATION DES RESULTATS | 39 |
| III.7.1. En Flexion..... | 39 |
| III.7.2. En Torsion..... | 40 |
| III.8. CONCLUSION..... | 42 |

CHAPITRE 4 : ETUDE DED LA NOUVELLE GAMME DE BROYEUR AMELIORER

| | |
|--|----|
| IV.1. INTRODUCTION : | 44 |
| IV.2. VUE ECLATAI DU BROYEUR AMELIORER : | 44 |
| IV.3. CRITÈRE DE CHOIX DE MOTEUR : | 45 |
| IV.4. CRITERE DE CHOIX DE COURROIE : | 46 |
| IV.4.1 Les différents types de courroies et poulies : | 46 |
| IV.4.2. CALCUL ET DIMENTIONNEMENT DU SYSTEME COURROIE POULIE : | 47 |
| IV.4.2.1. Choix de coefficient de service K_s : | 48 |
| IV.4.2.2. Calcul de puissance de service : | 48 |
| IV.4.2.3 Choix du type de la courroie trapézoïdale : | 48 |
| IV.4.2.4 Diamètre primitif de la grande poulie D_p : | 49 |
| IV.4.2.5 Calcul de la vitesse linéaire de la courroie : | 49 |
| IV.4.2.6 Entraxe « a » et la longueur primitive « L_p » de la courroie : | 50 |
| IV.4.2.7 Calcul de P_b la puissance de base de la courroie : | 51 |
| IV.4.2.8. Calcul de P_a Puissance admissible de la courroie : | 52 |
| IV.4.2.9. Calcul de Nombre nécessaire de courroies : | 53 |
| IV.5. LA MASSE MAXIMALE QUE PEUT SUPPORTER LE BRYEUR : | 53 |
| IV.6. CALCUL DE LA RESISTANCE DE L'ARBRE : | 55 |
| IV.6.1. CALCUL DE LA FORCE DE COUPE (FT) : | 55 |
| IV.6.2. CALCUL LA TORSION DE L'ARBRE : | 56 |
| IV.6.3. CALCUL LA FLEXION DE L'ARBRE : | 58 |

| | |
|--------------------------|----|
| IV.7. Conclusion : | 60 |
|--------------------------|----|

CHAPITRE 5 : CONCEPTION ET SIMULATION DE BROYEUR

AMELIORER

| | |
|---|-----------------------------|
| V.1. INTRODUCTION : | 62 |
| V.2. MODÉLISATION GÉOMÉTRIQUE DU BROYEUR | 62 |
| V.3. MODÉLISATION NUMÉRIQUE DE L'AXE DE BROYEUR (SIMULTION) | 63 |
| V .3.1. APPLICATION DES CONDITIONS AUX LIMITES..... | 63 |
| V.3.1.1 Déplacements et efforts imposé sur l'arbre | 63 |
| V.4. VERIFICATION DES RESULTATS | 66 |
| V .4.1. En flexion | 66 |
| V.4.2. En Torsion | Erreur ! Signet non défini. |
| V.5. COMPARAISON ENTRE LES DEUX BROYEUR..... | 68 |
| V.6. CONCLUSION | 70 |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|--|--------|
| Tableau I.1 : Les différents types de broyeur en fonction de la dureté du matériau et de la taille du produit à obtenir | - 12 - |
| Tableau II.1 : Désignation et Nombre d'éléments de broyeur | - 19 - |
| Tableau II.2 : Caractéristiques de moteur | - 20 - |
| Tableau II.3 : Choix de longueur de courroie SPC | - 21 - |
| Tableau II.4 : Facteur de service | - 23 - |
| Tableau II.5 : Facteur d'arc a | - 24 - |
| Tableau II.6 : La puissance P_o en fonction de diamètre et vitesse de rotation de petite poulie . . | - 25 - |
| Tableau III.1 : Propriétés du matériau de l'arbre | - 37 - |
| Tableau III.2 : Actions extérieures sur l'arbre en flexion | - 38 - |
| Tableau III.3 : Actions extérieures sur l'arbre en torsion | - 39 - |
| Tableau IV.1 : Désignation et Nombre d'éléments de broyeur | - 46 - |
| Tableau IV.2 : Caractéristiques et domaines d'utilisation des moteurs électriques. | - 47 - |
| Tableau IV.3 : Caractéristiques de moteur | - 47 - |
| Tableau IV.4 : Récapitulatif du système poulies et courroie | - 48 - |
| Tableau IV.5 : Le choix de K_s | - 50 - |
| Tableau IV.6 : Les diamètres primitifs d_p et D_p ISO 4183 | - 51 - |
| Tableau IV.7 : Longueurs primitives L_p des courroies trapézoïdales classiques | - 53 - |
| Tableau IV.8 : Puissance de base P_b de la courroie trapézoïdale | - 53 - |
| Tableau V.1 : Propriétés du matériau de l'arbre | - 65 - |
| Tableau V.2 : Actions extérieures sur l'arbre en flexion | - 66 - |
| Tableau V.3 : Actions extérieures sur l'arbre en torsion | - 67 - |
| Tableau V.4 : Comparaison des résultats | - 71 - |

LISTE DES FIGURES

| | |
|---|--------|
| Figure I.1 : La forme des engrais | - 3 - |
| Figure I.2 : La forme des engrais biologiques | - 4 - |
| Figure I.3 : les déchets stocker | - 5 - |
| Figure I.4 : Les types des tamiseurs vibrants | - 6 - |
| Figure I.5 : Forme de grillag | - 7 - |
| Figure I.6 : Broyer du la ligne de production | - 8 - |
| Figure I.7 : Mélangeur | - 8 - |
| Figure I.8 : La presse à granulés | - 9 - |
| Figure I.9 : Broyeur | - 10 - |
| Figure I.10 : Les différents types de broyeurs en fonction de la dureté du matériau et du la taille de produit à obtenir | - 12 - |
| Figure I.11 : Schéma Broyeur à marteaux | - 13 - |
| Figure I.12 : Schéma d'un broyeur à marteaux | - 14 - |
| Figure I.13 : Schéma d'un broyeur à cylindre | - 14 - |
| Figure I.14 : Schéma d'un broyeur universel | - 15 - |
| Figure II.1 : Vue éclatai de broyeur standard | - 18 - |
| Figure II.2 : Le moteur électrique ALMO | - 20 - |
| Figure II.3 : Les éléments de moteur | - 20 - |
| Figure III.1 : Assemblage fini du broyeur standard | - 35 - |
| Figure III.2 : Le maillage de l'arbre du broyeur | - 37 - |
| Figure III.3 : Présentation de contrainte de Von Mises dû à la flexion de l'arbre | - 40 - |
| Figure III.4 : Déplacement résultant de l'arbre en flexion | - 40 - |
| Figure III.5 : Déformation équivalente de l'arbre en flexion | - 41 - |
| Figure III.6 : Graphe de contrainte de Von Mises (arbre soumis à la torsion) | - 41 - |

| | |
|---|--------|
| Figure III.7 : Graphe de déplacements (arbre soumis à la torsion) | - 42 - |
| Figure III.8 : Graphe de Déformations (arbre soumis à la torsion) | - 42 - |
| Figure IV.1 : Vue éclatai de broyeur améliorer | - 45 - |
| Figure IV.2 : Les éléments de moteur | - 48 - |
| Figure IV.3 : principe de calcul des courroies trapézoïdales | - 49 - |
| Figure IV.4 : Graphe de gamme des puissances transmissibles par type de courroie | - 50 - |
| Figure IV.5 : Calcul d'entraxe | - 52 - |
| Figure IV.6 : Coefficient correcteur en fonction de longueur primitive de courroie L_p | - 54 - |
| Figure IV.7: coefficient correcteur fonction de l'angle d'enroulement θ | - 54 - |
| Figure V.1 : Assemblage fini du broyeur améliorer | - 64 - |
| Figure V.2 : Présentation de contrainte de Von Mises dû à la flexion de l'arbre | - 68 - |
| Figure V.3 : Déplacement résultant de l'arbre en flexion | - 68 - |
| Figure V.4 : Déformation équivalente de l'arbre en flexion | - 69 - |
| Figure V.5 : Graphe de contrainte de Von Mises (arbre soumis à la torsion) | - 69 - |
| Figure V.6 : Graphe de déplacements (arbre soumis à la torsion) | - 70 - |
| Figure V.7: Graphe de Déformations (arbre soumis à la torsion) | - 70 - |
| Figure V.8 : Graphe de la vitesse de rotation | - 71 - |
| Figure V.9 : Graphe de la longueur de l'axe | - 71 - |
| Figure V.10 : Graphe de nombre de lame en fonction des broyeur | - 71 - |
| Figure V.11 : Graphe de la masse en fonction des broyeurs | - 72 - |
| Figure V.12 : Graphe de nombre de courroie en fonction des broyeurs | - 72 - |

INTRODUCTION GENERALE

Les déchets biologiques, ou déchets organiques, constituent une part significative des déchets solides générés par les activités humaines. Ces déchets comprennent les restes alimentaires, les déchets verts provenant des jardins et parcs, ainsi que les excréments animaux. Leur gestion représente un défi majeur pour les communes et les industries (EPIC) en raison des volumes importants et de leur potentiel à causer des nuisances environnementales, telles que les émissions de gaz à effet de serre et la contamination des sols et des eaux. La mise en décharge ou l'incinération des déchets biologiques ne sont pas des solutions durables, car elles entraînent des pertes de ressources précieuses et contribuent à la pollution.

La transformation des déchets biologiques en engrais bio offre une solution durable et bénéfique pour la gestion de ces déchets. Les engrais biologiques, issus du compostage ou de la digestion anaérobie, apportent une valeur ajoutée en recyclant les matières organiques pour enrichir les sols en nutriments essentiels. Ils améliorent la structure du sol, augmentent sa capacité de rétention d'eau, et favorisent la biodiversité microbienne. L'utilisation d'engrais bio réduit la dépendance aux engrais chimiques, diminue l'empreinte carbone de l'agriculture, et contribue à la fertilité à long terme des terres agricoles.

Au cœur de la ligne de production des engrais bio se trouve le broyeur de déchets biologiques, une machine fondamentale pour le traitement efficace des matières organiques. Le broyeur joue un rôle crucial en réduisant la taille des déchets, ce qui facilite leur décomposition ultérieure et homogénéise le produit final.

D'où l'intérêt de ce travail dans lequel on essaye d'apporter un plus dans le domaine du recyclage de plastique par l'étude et la conception d'un broyeur pour les matériaux plastiques.

Ce mémoire est organisé en 5 chapitres :

Le premier chapitre en présente des généralités sur les engrais, où on met le point sur le procédé de recyclage des bouteilles en plastique. Puis on définit les différents types de broyeurs.

Le deuxième chapitre est réservé au calcul et dimensionnement des différents partis mécaniques qui constituent le broyeur, y compris les arbres, les poulies, les courroies

Le troisième chapitre est consacré à l'étude statique de l'axe à l'aide de logiciels SolidWorks.

Le quatrième chapitre en présente les nouveaux calculs et dimensionnement des différents partis mécaniques qui constituent le nouveau broyeur, y compris les arbres, les poulies, les courroies

Le cinquième chapitre est consacré à l'étude statique de l'axe à l'aide de logiciels SolidWorks.

CHAPITRE 1 :

Description de La Ligne

De production

Des engrais bio

I.1. INTRODUCTION :

Ce chapitre apporte les connaissances fondamentales sur les engrais et la ligne de production des engrais biologique.

I.2. GENERALITE SUR LEES ENGRAIS :

I.2.1. Définition des engrais :

Généralement, les engrais sont des substances organique ou inorganique, (le plus souvent des mélanges d'éléments minéraux), destinées à apporter aux plantes des compléments d'éléments nutritifs, de façon à améliorer leur croissance et augmenter le rendement et la qualité des cultures.



Figure I.1 : La forme des engrais

I.2.2. Les types des engrais :

Les engrais sont généralement classés en trois grands types (Organiques, Minéraux (Chimique), Organo-Minéraux) selon leurs proportions en éléments nutritifs qui les composent et leur nature.

Dans notre cas on a basé sur les engrais organiques.

- **Engrais organiques :**

Les engrais organiques sont tous naturels, car ils proviennent de matières issues d'organismes vivants, qu'ils soient d'origine animale ou végétale. Ils libèrent dans le sol principalement de l'azote, du phosphore et de la potasse en quantités variables, mais toujours mesurées de manière à ce que les plantes ne subissent pas d'effets trop rapides qui pourraient entraver leur développement normal.

Parmi les engrais organiques, on distingue ceux qui sont solides, généralement en poudre, qui s'épandent et se mélangent au sol par griffage de surface, et ceux qui sont liquides, utilisés en pulvérisations foliaires.



Figure I.2 : La forme des engrais biologiques

I.3. LA LIGNE DE PRODUCTION DES ENGRAIS BIOLOGIQUE :

La ligne de production des engrais organiques est cruciale dans l'industrie agricole. Elle transforme les déchets. Qu'ils soient alimentaires, animaux ou végétaux, en produits finis riches en éléments nutritifs pour les plantes. Ce processus passe par plusieurs étapes qui sont traitées à travers des machines, notamment le tamiseur, le broyeur, le mélangeur, la presse à granulés, le sécheur et le refroidisseur. Chaque étape est conçue pour garantir la qualité et l'efficacité des engrais produits, assurant ainsi une alimentation nutritive optimale pour les cultures.

I.3.1. Préparation et de fermentation du fumier :

Collecte des matériaux :

Le processus de conversion des déchets en compost commence par leur collecte en tas ou en bacs dédiés. Différents systèmes peuvent être utilisés pour collecter les matériaux, tels que des tas de compost ouverts ou des bacs de fermentation.

Aération et humidification :

Pour garantir une fermentation efficace, le tas doit être aéré régulièrement afin de fournir l'oxygène nécessaire aux micro-organismes qui décomposent les matières organiques. Le tas peut être

retourné à l'aide de pelles ou de machines spécialisées. Il est également crucial de maintenir un niveau d'humidité adéquat (environ 50-60%) en ajoutant de l'eau si le tas est trop sec.



Figure I.3 : les déchets stocker

Surveillance et contrôle des conditions environnementales :

Il est nécessaire de surveiller régulièrement la température, l'humidité et les niveaux d'oxygène. En général, la température du tas augmente au cours des premiers jours de fermentation pour atteindre 55-65 degrés Celsius, ce qui aide à tuer les bactéries nocives et les graines indésirables.

Processus de fermentation :

Le processus de fermentation dure de quelques semaines à plusieurs mois, selon les conditions environnementales et le type de déchets. Pendant cette période, les matières organiques se décomposent progressivement en compost stable et riche en nutriments.

Maturation et stockage :

Une fois le processus de fermentation terminé, le compost doit être laissé à mûrir pendant une période supplémentaire pour s'assurer de sa stabilité et de l'absence d'activité biologique excessive. Le compost peut être stocké dans un endroit sec et bien aéré pour éviter les mauvaises odeurs ou une décomposition supplémentaire indésirable.

I.3.2. Le tamiseur :

Un tamiseur vibrant, aussi connu sous le nom de crible vibrant ou tamis vibratoire, est un équipement de tri et de classification largement utilisé dans différentes industries telles que l'agriculture et l'industrie pharmaceutique. Son rôle est de séparer les matériaux en fonction de leur taille et de leur forme.



Figure I.4 : Les types des tamiseurs vibrants

Le tamiseur du linge de production de engrais bio :

Le tamis vibrant linéaire utilisé dans la ligne de production des engrais organiques est un dispositif essentiel pour le tri et le traitement des déchets. Ce système est constitué de trois tamis de dimensions différentes, chacun jouant un rôle spécifique dans le processus de séparation des particules. La description détaillée de son fonctionnement :

Premier tamis (12 cm x 12 cm) :

- Les déchets animaux sont d'abord placés sur ce tamis.
- Les vibrations sont activées, provoquant le mouvement des particules fines à travers la grille De 12 cm x 12 cm.
- Les particules plus grosses qui ne peuvent pas passer à travers ce tamis restent sur sa surface Et sont dirigées vers le broyeur pour être réduites en taille.

Deuxième tamis (8 cm x 8 cm) :

- Les particules ayant traversé le premier tamis tombent sur ce second tamis.
- Les vibrations continuent, permettant aux particules plus fines de passer à travers la grille de 8 cm x 8 cm.
- Les particules restantes, plus grosses, restent sur la surface de ce tamis et peuvent être collectées ou réorientées vers un autre processus de broyage ou de traitement.

Troisième tamis (5 cm x 5 cm) :

- Les particules qui ont traversé le deuxième tamis tombent ensuite sur ce troisième tamis.
- Les vibrations permettent aux particules les plus fines de passer à travers la grille de 5 cm x 5 cm.
- Les particules qui ne passent pas à travers ce dernier tamis sont recueillies pour une utilisation spécifique ou pour être retraitées.

Le processus de tamisage vibrant permet ainsi une séparation efficace des particules en différentes tailles, ce qui est crucial pour produire des engrais organiques de qualité. Les particules fines obtenues à la fin de ce processus sont prêtes à être utilisées comme engrais, tandis que les particules plus grosses sont broyées.

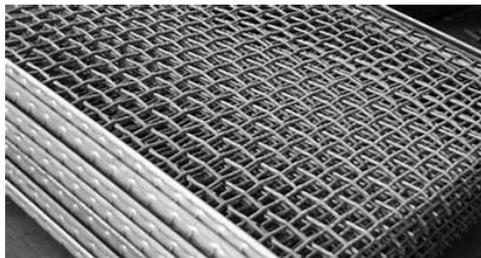


Figure I.5 : Forme de grillag

I.3.3. Le broyeur :

Les broyeurs à déchets sont des appareils utilisés dans le processus de traitement des déchets afin d'en réduire le volume ; dotés de lames en acier, ils déchiquettent les déchets en petits morceaux pour faciliter leur compactage.

Broyeur du linge de production de engrais bio :

Les déchets plus gros, retenus par la premier et le deuxième tamis, sont dirigés vers le broyeur. Ce broyeur peut contenir ou être équipé d'un grillage de forme carrée de 5 cm x 5 cm, qui permet le passage des déchets déchiquetés après le processus de broyage. Ce grillage aide à filtrer les déchets déjà réduits en taille, permettant ainsi uniquement le passage des morceaux plus petits vers l'étape suivante du processus de traitement des déchets.



Figure I.6 : Broyer du la ligne de production

I.3.4. Le Mélangeur :

Une machine de mélange est un équipement conçu pour combiner deux ou plusieurs substances de manière homogène. Ces substances peuvent être des liquides, des poudres, des granulés ou d'autres matériaux. Les machines de mélange peuvent utiliser différents mécanismes pour accomplir cette tâche, tels que des agitateurs, des hélices, des pales ou des tambours rotatifs, afin d'assurer un mélange complet et uniforme des composants. Elles sont largement utilisées dans de nombreux domaines, notamment l'industrie chimique, alimentaire, pharmaceutique et cosmétique, ainsi que dans l'agriculture et la construction.



Figure I.7 : Mélangeur

Le mélangeur de la ligne de production des engrais bio :

Tout d'abord, les déchets solides d'origine animale, tels que le fumier provenant des fermes, et les déchets liquides, tels que l'urine et l'eau utilisée pour le nettoyage des fermes, sont collectés. Ensuite, ces déchets sont placés dans un mélangeur où ils sont mélangés avec de l'eau selon des proportions spécifiques pour créer un mélange homogène.

I.3.5. La presse à granulés :

La presse à granulés est une étape supplémentaire dans le processus de traitement des déchets agricoles. Une fois que les déchets ont été tamisés, broyés et mélangés, la presse à granulés les comprime en petites particules ou granulés. Cette étape est utilisée pour transformer les déchets agricoles en combustibles solides, en engrais organiques selon les besoins de l'exploitation agricole ou d'autres industries.



Figure I.8 : La presse à granulés

I.3.6. Le sécheur :

Le séchage des granulés est souvent une étape nécessaire pour réduire leur teneur en humidité à un niveau optimal pour le stockage ou leur utilisation finale. Après avoir été formés dans la presse à granulés, les granulés peuvent être humides. Le séchage peut se faire dans un séchoir à granulés, où de l'air chaud est généralement soufflé à travers les granulés pour évaporer l'humidité.

I.3.7. Le refroidissement :

Après le séchage, les granulés peuvent passer par un processus de refroidissement pour abaisser leur température avant le stockage ou l'utilisation. Le refroidissement peut se faire à l'air ambiant ou à l'aide d'un système de refroidissement par air ou par eau. Cela permet d'éviter toute surchauffe

des granulés et de maintenir leur intégrité structurelle. Une fois refroidis, les granulés sont prêts à être stockés ou expédiés.

I.4. GENERALITE SUR LES BROYEURS :

I.4.1. Le broyage :

Le broyage peut également être défini comme l'action de fragmenter ou de réduire en morceaux des matériaux solides en utilisant une force mécanique, souvent réalisée à l'aide de machines spécialisées telles que des broyeurs. C'est un processus de transformation physique qui modifie la taille, la forme et parfois la texture des matériaux pour répondre à des besoins spécifiques dans diverses industries.

I.4.2. Définition de broyeur :

Les broyeurs à déchets sont des appareils utilisés dans le processus de traitement des déchets afin d'en réduire le volume ; dotés de lames en acier, ils déchiquettent les déchets en petits morceaux pour faciliter leur compactage. Les broyeurs à déchets peuvent être à usage domestique : de petite taille, ils réduisent alors les déchets en miettes puis les évacuent vers les égouts. On les trouve également dans l'industrie où de nombreux modèles sont disponibles en fonction des déchets à traiter : il existe des broyeurs spéciaux pour le plastique, le caoutchouc, l'aluminium ou encore destinés aux déchets agricoles pour en faire du compost. Les broyeurs fonctionnent grâce à un moteur interne, alimentée grâce à l'électricité ou bien par du carburant pour les plus gros.

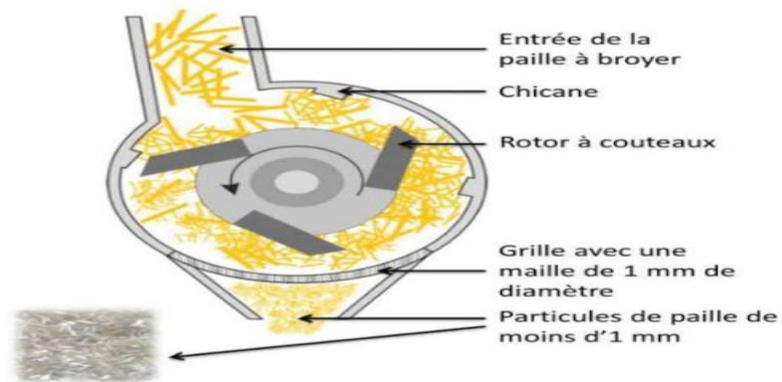


Figure I.9 : Broyeur

I.4.3. Choix d'un broyeur :

Le choix d'un broyeur dépend principalement de trois facteurs qu'il faut prendre en compte :

- 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

Aussi, les caractéristiques techniques du produit à broyer doivent être pris en compte telles que la dureté, l'abrasivité, l'adhésivité, la forme de la particule, l'angle de talus, la toxicité, la teneur en humidité, la température du produit, teneur en humidité, température du produit, densité apparente, densité réelle, granulométrie...

Le choix d'un broyeur se fait en deux temps (Miranda et Yaeger, 1998) :

Dans une première étape, il convient de déterminer les types d'appareils convenables en se basant sur la taille des particules désirées en sortie de l'opération et sur la dureté du matériau à broyer.

Dans un second temps, on affine la sélection en introduisant les contraintes spécifiques du produit traité et du secteur industriel.

Pour une taille initiale donnée, la taille finale désirée va imposer l'énergie à fournir lors de l'étape de broyage. Pour des matériaux faciles à broyer et pour une finesse moyenne, les broyeurs à impact sont des outils convenant à de nombreuses applications. En revanche, l'obtention d'un produit très fin nécessitera souvent l'utilisation de corps broyant ou de broyeurs à jets de fluide.

Une contrainte supplémentaire souvent imposée par les propriétés d'usage du produit, porte sur la distribution de tailles des particules. Une distribution resserrée imposera éventuellement l'utilisation d'un dispositif de classification qui peut selon les cas être intégré au broyeur ou externe.

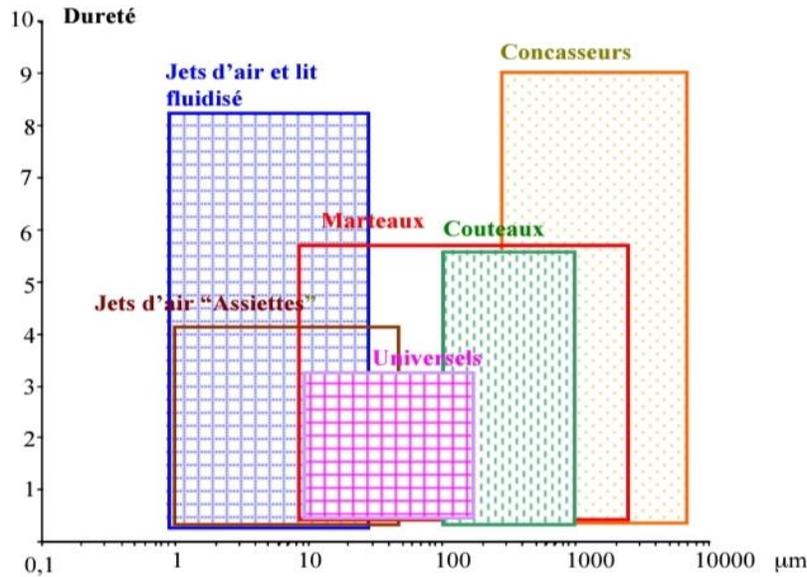


Figure I.10 : Les différents types de broyeurs en fonction de la dureté du matériau et de la taille de produit à obtenir

| Taille (µm) | Broyeurs à couteaux | Concas-seurs | Broyeurs universels et à broches | Broyeurs à marteaux | Broyeurs mécaniques à classificateur intégré | Broyeurs à cylindres | Broyeurs à jets de fluides | Broyeurs à corps broyants en voie sèche | Broyeurs à corps broyants en voie humide |
|-------------|---------------------|--------------|----------------------------------|---------------------|--|----------------------|----------------------------|---|--|
| > à 5000 | + | + | - | - | - | - | - | - | - |
| 1000 à 5000 | + | + | + | - | - | - | - | - | - |
| 500 à 1000 | + | + | + | + | - | - | - | - | - |
| 150 à 500 | + | - | + | + | + | + | - | - | - |
| 50 à 150 | - | - | + | + | + | + | - | - | - |
| 10 à 50 | - | - | + | + | + | + | + | + | - |
| < à 10 | - | - | - | - | - | - | + | + | + |
| < à 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | + |

Tableau I.1: Les différents types de broyeur en fonction de la dureté du matériau et de la taille du produit à obtenir

I.4.4. Les différents types de broyeurs :

Il existe plusieurs types de broyeurs et chaque type a ses propres caractéristiques et est utilisé dans une variété d'industries pour différentes applications de traitement des matériaux.

- **Broyeur à couteaux :**

Les broyeurs à couteaux sont utilisés dans les activités de traitement des déchets afin de réduire le volume occupé par les déchets collectés. Les modèles de broyeurs à couteaux peuvent s'adapter à différents types de déchets comme les déchets de papier et carton, de caoutchouc, de bois ou de plastique.

Les broyeurs à couteaux sont dotés d'un revêtement en plastique ou en acier, ainsi que d'une trémie d'entrée où sont disposés les déchets à broyer. Ils sont munis d'un ou plusieurs arbres centraux sur lesquels sont fixés les couteaux réalisant le broyage. Les couteaux sont empilés pour une meilleure efficacité de déchiquetage. Les broyeurs à couteaux sont équipés d'un moteur électrique ou hydraulique permettant d'actionner le rotor et le système de broyage.

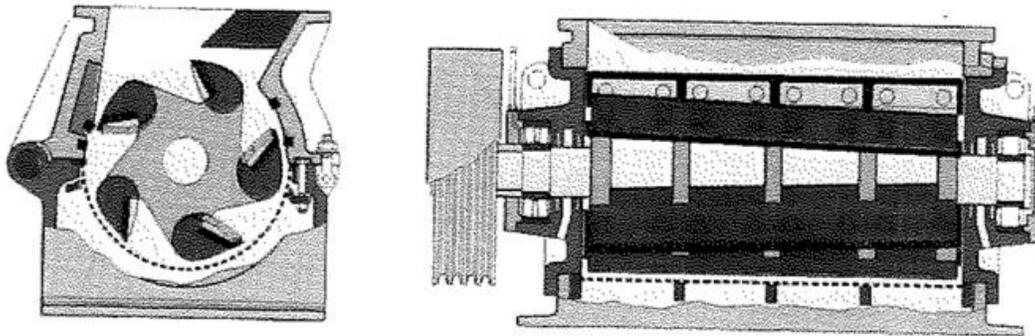


Figure I.11 : Schéma Broyeur à marteaux

- **Broyeur à marteaux :**

Le broyeur à marteaux est composé d'un rotor assemblé axialement, tournant dans une chambre de broyage dont la partie inférieure est un tamis. Le produit introduit dans la chambre est frappé par les marteaux en rotation rapide, et quitte la chambre lorsqu'il peut passer à travers le tamis du fond. Ils produisent une réduction de taille par impact entre les particules et une surface dure. Les principaux facteurs régissant le procédé sont : - la taille et la forme du tamis associé – le type de marteaux – la vitesse périphérique des marteaux (20 à 60m.s-1)

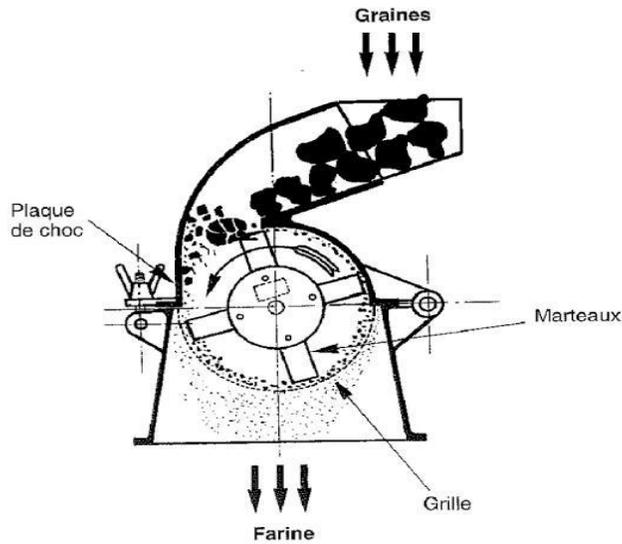


Figure I.12 : Schéma d'un broyeur à marteaux

- **Broyeur à cylindre :**

Ces types de broyeurs sont équipés de cylindres qui compriment et écrasent les matériaux entre eux. Ces cylindres peuvent être lisses ou crantés, en fonction des propriétés du matériau traité, ainsi que de la taille des particules recherchées.

Les broyeurs à cylindres sont adaptés au broyage de produits secs et cassants

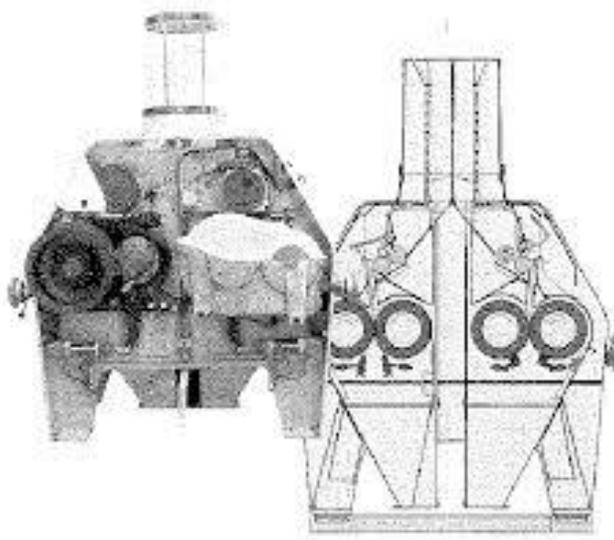


Figure I.13 : Schéma d'un broyeur à cylindre

- **Broyeur universel (à broche) :**

Ils se caractérisent par l'interchangeabilité de couples rotor-stator (couteaux, marteaux, broches, disques de cisaillement) qui leur donne une grande diversité d'applications. Ils sont souvent présents dans les laboratoires et en petite production industrielle. Lors de l'utilisation d'un module rotor-stator de type disque à broches, le solide à broyer entre par gravité au niveau de l'axe de la chambre de broyage et est projeté par la force centrifuge contre les broches fixes du stator. La vitesse du rotor peut atteindre des vitesses périphériques de l'ordre de 200 m/s. La taille des particules est, dans cette configuration, déterminée par le débit d'alimentation et la vitesse du disque à broches. Ce type de broyeur présente un avantage énorme, du fait que le couple rotor-stator permet une grande flexibilité quant à la distribution granulométrique. Nous pourrions alors effectuer un broyage moyen et fin et même très fin (50 à 150 μm).

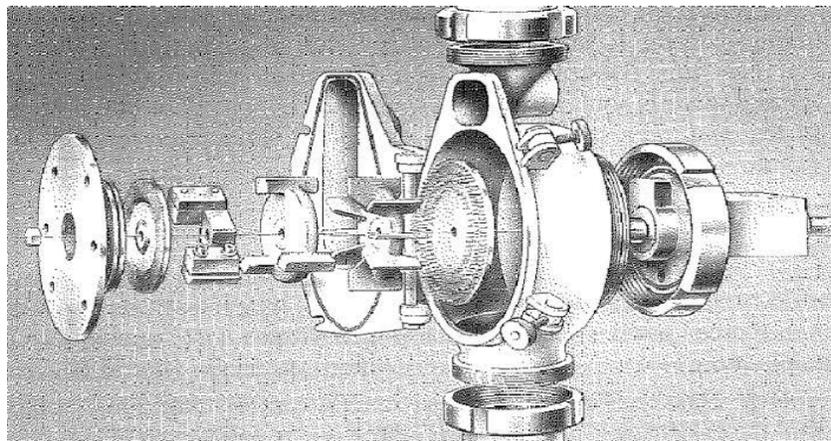


Figure I.14 : Schéma d'un broyeur universel

I.4.5. Exemples d'utilisation des Broyeurs Industriels :

Les broyeurs industriels ont un large éventail d'applications dans divers secteurs. Par exemple, le broyage d'arbres dans le secteur forestier est couramment effectué par des broyeurs industriels. Dans le secteur du recyclage, ils sont utilisés pour déchiqueter une variété de matériaux, y compris le papier, le carton et même les déchets électroniques.

Voici quelques exemples d'utilisation de ces machines puissantes :

Industrie du recyclage : Les broyeurs industriels sont couramment utilisés pour déchiqueter une variété de matériaux recyclables, y compris le papier, le carton, le plastique, le métal et même les déchets électroniques. Cela permet non seulement de réduire le volume des déchets, mais aussi de les préparer pour un traitement ultérieur, comme le tri et la séparation.

Agriculture : Dans le secteur agricole, les broyeurs sont utilisés pour traiter les déchets végétaux et animaux. Par exemple, ils peuvent transformer le foin, la paille, les restes de récolte et les déchets animaux en compost de haute qualité ou en alimentation pour le bétail.

Industrie alimentaire : Les broyeurs sont également utilisés pour broyer des ingrédients alimentaires en particules plus petites. Ils peuvent transformer des grains entiers en farine, broyer des noix en pâte, ou réduire des légumes en purée.

Industrie pharmaceutique : Les broyeurs à billes, en particulier, sont essentiels pour réduire les médicaments en poudre fine, permettant ainsi une meilleure dissolution des composés actifs dans le corps.

Industrie de la construction : Les broyeurs industriels peuvent être utilisés pour réduire les débris de construction en matériaux plus petits, qui peuvent ensuite être recyclés ou éliminés plus facilement.

Chaque type de broyeur a ses propres avantages spécifiques pour traiter certains types de matériaux. L'essentiel est de choisir celui qui répond le mieux à vos besoins spécifiques.

I.5. Conclusion :

Le broyeur est essentiel dans les usines de recyclage ou de récupération, capable de réduire significativement le volume des objets tels que les déchets bio, les plastiques

CHAPITRE 2 :

Calcul

Et

Dimensionnement

De broyeur 1

II.1. INTRODUCTION :

Ce chapitre englobe la partie analytique et calcul des éléments importants du broyeur 1 des déchets biologiques.

II.2. VUE ECLATAI DU BROYEUR 1 :

| Numéro | Désignation | Nombre d'éléments |
|--------|--------------------|-------------------|
| 1 | Trémie | 1 |
| 2 | Vis M24 | 7 |
| 3 | Ecrou Ø24 | 7 |
| 4 | Vis M10 | 60 |
| 5 | Ecrou Ø10 | 60 |
| 6 | Palier + Roulement | 2 |
| 7 | Lame | 30 |
| 8 | Porte lame | 30 |
| 9 | Triangle | 30 |
| 10 | Axe | 1 |
| 11 | Grillage | 1 |
| 12 | Rondelle | 2 |
| 13 | Baget 1 | 1 |
| 14 | Baget 2 | 1 |
| 15 | Poulie mortice | 1 |
| 16 | Courroie | 2 |
| 17 | Poulie receptrice | 1 |
| 19 | Moteur électrique | 1 |

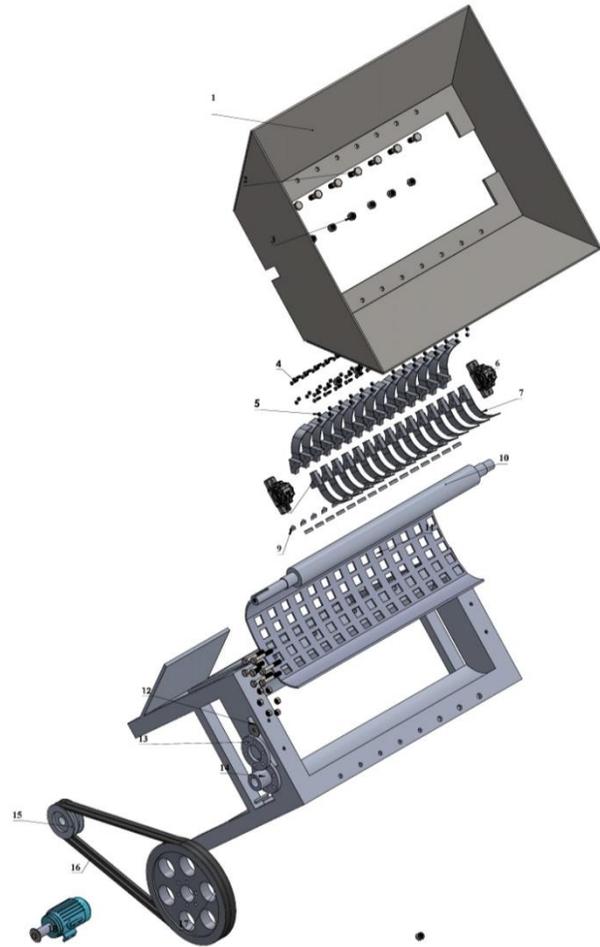


Figure II.1 : Vue éclatai de broyeur standard

Tableau II.1 : Désignation et Nombre d'éléments de broyeur

II.3. CARACTERISTIQUES DE MOTEUR :

Pour cette étude il a choisi un moteur électrique asynchrone triphasé de marque ALMO et de série MH3



Figure II.2 : Le moteur électrique ALMO

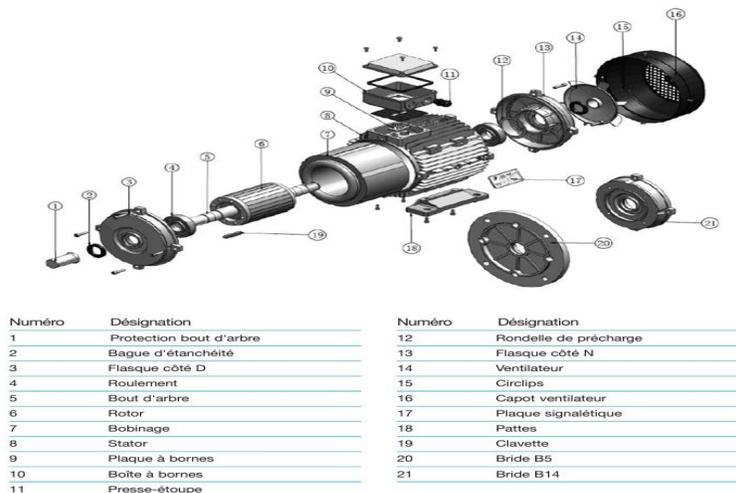


Figure II.3 : Les éléments de moteur

| Tension d'alimentation en volt | Vitesse de rotation en tr/min | Puissance en kW | Puissance en CV | Intensité en ampère | Hauteur d'axe en mm | Diamètre d'arbre en mm | Niveau sonore en dB | Poids en kg | Type de fixation |
|--------------------------------|-------------------------------|-----------------|-----------------|---------------------|---------------------|------------------------|---------------------|-------------|------------------|
| 230/400 V | 3000 tr/min | 18,5 kW | 25 CV | 32,5 A (400V) | 160 mm | Ø42 mm | 81 dB | 127 kg | B3 |

Tableau II.2 : Caractéristiques de moteur

II.4. CALCUL DE COURROIE :

Pour cette étude il a choisi une courroie trapézoïdale de type SPC

II.4.1. Le rapport :

$$R = \frac{nd}{nD} = \frac{3000}{600} = 5$$

Choix de diamètre : d=100 mm / D=500 mm

II.4.2. La vitesse linéaire de la courroie :

$$V = \frac{nd \times d}{19100} = \frac{nD \times D}{19100} = \frac{3000 \times 100}{19100} = 15.70 \frac{m}{s}$$

II.4.3. La longueur de référence :

Longueur de référence théorique pour E'=950 mm

$$L_{th} = 2E' + 1.57(D+d) + \frac{(D-d)^2}{4E'}$$

$$L_{th} = 2 \times 950 + 1.57(500+100) + \frac{(500-100)^2}{4 \times 950} = 2884.1 \text{ mm}$$

| SPC | |
|--------------------------------------|------------------------|
| Réf. courroie L _r (mm) | L _r (mm) |
| SPC 2000 | 2000 |
| SPC 2120 | 2120 |
| SPC 2240 | 2240 |
| SPC 2360 | 2360 |
| SPC 2500 | 2500 |
| SPC 2650 | 2650 |
| SPC 2800 | 2800 |
| SPC 3000 | 3000 |
| SPC 3150 | 3150 |
| SPC 3350 | 3350 |
| SPC 3460 | 3460 |
| SPC 3550 | 3550 |
| SPC 3750 | 3750 |
| SPC 4000 | 4000 |
| SPC 4250 | 4250 |
| SPC 4500 | 4500 |
| SPC 4750 | 4750 |
| SPC 5000 | 5000 |
| SPC 5300 | 5300 |
| SPC 5600 | 5600 |
| SPC 6000 | 6000 |
| SPC 6300 | 6300 |
| SPC 6700 | 6700 |
| SPC 7100 | 7100 |
| SPC 7500 | 7500 |
| SPC 8000 | 8000 |
| SPC 8500 | 8500 |
| SPC 9000 | 9000 |
| SPC 9500 | 9500 |
| SPC 10000 | 10000 |
| SPC 10600 | 10600 |
| SPC 11200 | 11200 |
| SPC 11800 | 11800 |
| SPC 12500 | 12500 |

Tableau II.3 : Choix de longueur de courroie SPC

D'après le tableau la longueur choisi est : L=2800 mm

Remarque 1 : la longueur choisi dans ce broyeur est éloignée de la longueur calculer

II.4.4. L'entraxe réel :

E : l'entraxe réel

Recommandé : $0.7(D+d) < E < 2(D + d)$

Calculer à partir de L :

Pour R=5

$$E = \frac{L - 1.57(D+d)}{2} - \frac{(D-d)^2}{4[L - 1.57(D+d)]}$$

$$E = \frac{2800 - 1.57(500+100)}{2} - \frac{(500-100)^2}{4[2800 - 1.57(500+100)]} = 907.47 \text{ mm}$$

II.4.5. Nombre de courroies :

$$N = \frac{P \times S}{P_o \times \alpha \times C_l} = \frac{P_c}{P_o \times \alpha \times C_l}$$

N : Nombre de courroies nécessaires

P : Puissance nominale du moteur kW

P_o : Puissance brute transmissible par courroie kW

P_c : Puissance de calcul en kW

C_l : Facteur de correction de longueur de courroie

α : Arc de contact des courroies avec la petite poulie en degré

a : Facteur de correction de contact

S : Facteur de service

II.4.6. Puissance de calcul :

$$P_c = P \times S$$

$$P = 18.5 \text{ kW}$$

Pour un moteur électrique et un couple variable et une machine qui travail 8heures/Jour

D'après le tableau

En prend S=1.12

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

Tableau II.4 : Facteur de service

Donc : $P_c = 18.5 \times 1.12 = 20.72 \text{ kW}$

II.4.7. Facteur d'arc a :

Pour :

$D = 500 \text{ mm} / d = 100 \text{ mm}$

$E = 907.47 \text{ mm}$

$$\frac{D-d}{E} = \frac{500-100}{907.47} = 0.44$$

Donc d'après le tableau de facteur d'arc :

On prend : $a = 0.93$

| Facteur d'arc a | | |
|-----------------|----------|------|
| $\frac{D-d}{E}$ | α | a |
| 0,00 | 180 | 1,00 |
| 0,04 | 178 | 0,99 |
| 0,11 | 173 | 0,98 |
| 0,19 | 169 | 0,97 |
| 0,26 | 165 | 0,96 |
| 0,32 | 161 | 0,95 |
| 0,39 | 158 | 0,94 |
| 0,45 | 154 | 0,93 |
| 0,51 | 151 | 0,92 |
| 0,56 | 147 | 0,91 |
| 0,62 | 144 | 0,90 |
| 0,67 | 141 | 0,89 |
| 0,72 | 138 | 0,88 |
| 0,77 | 135 | 0,87 |
| 0,82 | 132 | 0,86 |
| 0,86 | 129 | 0,85 |
| 0,91 | 126 | 0,84 |
| 0,95 | 123 | 0,83 |
| 0,99 | 121 | 0,82 |
| 1,03 | 118 | 0,81 |
| 1,07 | 116 | 0,80 |
| 1,10 | 113 | 0,79 |
| 1,14 | 111 | 0,78 |
| 1,17 | 108 | 0,77 |
| 1,21 | 106 | 0,76 |
| 1,24 | 104 | 0,75 |
| 1,27 | 101 | 0,74 |
| 1,30 | 99 | 0,73 |
| 1,32 | 97 | 0,72 |
| 1,35 | 95 | 0,71 |
| 1,38 | 93 | 0,70 |
| 1,40 | 91 | 0,69 |
| 1,43 | 89 | 0,68 |
| 1,45 | 87 | 0,67 |
| 1,48 | 85 | 0,66 |
| 1,50 | 83 | 0,65 |
| 1,52 | 81 | 0,65 |

Tableau II.5 : Facteur d'arc a

II.4.8. Choix de Cl :

D'après le tableau de choix des Cl en fonction de Longueur des courroies :

| L (mm) | 2000 | 2240 | 2500 | 2800 | 3150 | 3550 | 4000 | 4500 | 5000 | 5600 | 6300 | 7100 | 8000 | 9000 | 10000 | 11200 |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| Cl | 0,83 | 0,85 | 0,88 | 0,90 | 0,93 | 0,95 | 0,97 | 0,98 | 1,00 | 1,02 | 1,04 | 1,05 | 1,07 | 1,09 | 1,11 | 1,13 |

On Trouve que : $Cl = 0.90$

II.4.9. La puissance Po :

Dans ce cas (Courroie SPC / diamètre de poulie d= 100 mm) :

$$8 < P_o < 9$$

On prend $P_o = 7.5$ kW

II.4.10. Calcul de nombre de courroies :

$$N = \frac{18.5 \times 1.12}{8.5 \times 0.93 \times 0.9} = 2.91 \text{ courroies}$$

Alors on prend $N = 3$ courroies

Remarque 2 : d'après le calcul le nombre de courroies de ce broyeur est faux

| n_d (tr/min) | $R = \frac{D}{d}$ | d (mm) = | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|----------------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 200 | 212 | 224 | 236 | 250 | 265 | 280 | 300 | 315 | 335 | 355 | 400 | 450 | 500 | 560 | 630 |
| 200 | $R < 1,06$ | 2,9 | 3,2 | 3,6 | 4,0 | 4,5 | 4,9 | 5,4 | 6,0 | 6,5 | 7,1 | 7,7 | 9,1 | 10,6 | 12,2 | 14,0 | 16,0 |
| | $1,06 \leq R < 1,11$ | 3,0 | 3,3 | 3,7 | 4,1 | 4,6 | 5,0 | 5,5 | 6,1 | 6,6 | 7,2 | 7,8 | 9,2 | 10,8 | 12,4 | 14,1 | 16,1 |
| | $1,12 \leq R < 1,24$ | 3,0 | 3,4 | 3,8 | 4,2 | 4,6 | 5,1 | 5,6 | 6,2 | 6,7 | 7,3 | 7,9 | 9,3 | 10,8 | 12,4 | 14,1 | 16,2 |
| | $1,25 \leq R < 1,59$ | 3,1 | 3,5 | 3,9 | 4,3 | 4,7 | 5,2 | 5,7 | 6,3 | 6,8 | 7,4 | 8,0 | 9,4 | 11,0 | 12,5 | 14,3 | 16,4 |
| | $1,6 \leq R$ | 3,1 | 3,5 | 3,9 | 4,3 | 4,6 | 5,3 | 5,8 | 6,4 | 6,9 | 7,5 | 8,2 | 9,6 | 11,1 | 12,7 | 14,5 | 16,6 |
| 400 | $R < 1,06$ | 5,1 | 5,9 | 6,6 | 7,3 | 8,2 | 9,1 | 10,0 | 11,1 | 12,0 | 13,2 | 14,4 | 17,0 | 19,8 | 22,6 | 25,9 | 29,7 |
| | $1,06 \leq R < 1,11$ | 5,3 | 6,1 | 6,8 | 7,5 | 8,4 | 9,3 | 10,2 | 11,3 | 12,2 | 13,4 | 14,6 | 17,2 | 20,0 | 22,8 | 26,2 | 30,0 |
| | $1,12 \leq R < 1,24$ | 5,4 | 6,2 | 6,9 | 7,7 | 8,5 | 9,4 | 10,3 | 11,5 | 12,4 | 13,6 | 14,7 | 17,3 | 20,2 | 23,0 | 26,3 | 30,1 |
| | $1,25 \leq R < 1,59$ | 5,6 | 6,3 | 7,1 | 7,8 | 8,7 | 9,6 | 10,5 | 11,7 | 12,6 | 13,8 | 15,0 | 17,6 | 20,5 | 23,3 | 26,6 | 30,4 |
| | $1,6 \leq R$ | 5,7 | 6,4 | 7,2 | 8,0 | 8,8 | 9,8 | 10,7 | 11,9 | 12,8 | 14,0 | 15,2 | 17,9 | 20,8 | 23,6 | 27,0 | 30,8 |
| 730 | $R < 1,06$ | 8,3 | 9,6 | 10,9 | 12,1 | 13,6 | 15,1 | 16,6 | 18,7 | 20,2 | 22,1 | 24,1 | 28,4 | 33,1 | 37,6 | 42,8 | 48,6 |
| | $1,06 \leq R < 1,11$ | 8,7 | 10,0 | 11,2 | 12,5 | 13,9 | 15,5 | 17,0 | 19,0 | 20,5 | 22,5 | 24,5 | 28,8 | 33,5 | 38,0 | 43,2 | 49,0 |
| | $1,12 \leq R < 1,24$ | 8,9 | 10,2 | 11,5 | 12,7 | 14,2 | 15,7 | 17,3 | 19,3 | 20,8 | 22,8 | 24,8 | 29,1 | 33,8 | 38,3 | 43,6 | 49,3 |
| | $1,25 \leq R < 1,59$ | 9,2 | 10,5 | 11,8 | 13,0 | 14,5 | 16,1 | 17,6 | 19,7 | 21,2 | 23,2 | 25,2 | 29,5 | 34,3 | 38,8 | 44,1 | 49,9 |
| | $1,6 \leq R$ | 9,4 | 10,7 | 12,0 | 13,3 | 14,8 | 16,4 | 18,0 | 20,0 | 21,6 | 23,6 | 25,6 | 30,1 | 34,8 | 39,4 | 44,8 | 50,6 |
| 970 | $R < 1,06$ | 10,4 | 12,0 | 13,6 | 15,2 | 17,1 | 19,0 | 20,9 | 23,5 | 25,4 | 27,8 | 30,3 | 35,6 | 41,2 | 46,5 | 52,5 | 58,8 |
| | $1,06 \leq R < 1,11$ | 10,9 | 12,5 | 14,1 | 15,7 | 17,6 | 19,5 | 21,4 | 24,0 | 25,9 | 28,4 | 30,8 | 36,1 | 41,7 | 47,1 | 53,0 | 59,3 |
| | $1,12 \leq R < 1,24$ | 11,2 | 12,8 | 14,4 | 16,0 | 17,9 | 19,9 | 21,8 | 24,4 | 26,2 | 28,7 | 31,2 | 36,5 | 42,1 | 47,5 | 53,4 | 59,7 |
| | $1,25 \leq R < 1,59$ | 11,5 | 13,2 | 14,8 | 16,4 | 18,3 | 20,3 | 22,3 | 24,9 | 26,8 | 29,3 | 31,7 | 37,1 | 42,8 | 48,1 | 54,1 | 60,4 |
| | $1,6 \leq R$ | 11,7 | 13,4 | 15,1 | 16,8 | 18,7 | 20,7 | 22,7 | 25,3 | 27,3 | 29,8 | 32,3 | 37,8 | 43,5 | 49,0 | 55,0 | 61,4 |
| 1165 | $R < 1,06$ | 11,9 | 13,8 | 15,6 | 17,5 | 19,6 | 21,9 | 24,1 | 27,0 | 29,2 | 32,0 | 34,7 | 40,6 | 46,7 | 52,3 | 58,3 | 64,3 |
| | $1,06 \leq R < 1,11$ | 12,4 | 14,3 | 16,2 | 18,1 | 20,2 | 22,5 | 24,7 | 27,6 | 29,8 | 32,6 | 35,3 | 41,2 | 47,3 | 52,9 | 59,0 | 64,9 |
| | $1,12 \leq R < 1,24$ | 12,8 | 14,7 | 16,6 | 18,5 | 20,6 | 22,9 | 25,1 | 28,1 | 30,2 | 33,0 | 35,8 | 41,7 | 47,8 | 53,4 | 59,5 | 65,4 |
| | $1,25 \leq R < 1,59$ | 13,2 | 15,2 | 17,1 | 19,0 | 21,1 | 23,4 | 25,7 | 28,6 | 30,8 | 33,7 | 36,4 | 42,4 | 48,6 | 54,2 | 60,3 | 66,2 |
| | $1,6 \leq R$ | 13,5 | 15,5 | 17,4 | 19,3 | 21,6 | 23,9 | 26,2 | 29,2 | 31,4 | 34,3 | 37,2 | 43,2 | 49,5 | 55,2 | 61,4 | 67,4 |
| 1455 | $R < 1,06$ | 13,8 | 16,0 | 18,3 | 20,5 | 23,0 | 25,6 | 28,2 | 31,5 | 33,9 | 37,1 | 40,1 | 46,5 | 52,7 | 58,0 | 64,3 | 70,6 |
| | $1,06 \leq R < 1,11$ | 14,5 | 16,8 | 19,0 | 21,2 | 23,7 | 26,3 | 28,9 | 32,3 | 34,7 | 37,9 | 40,9 | 47,3 | 53,5 | 58,8 | 65,1 | 71,4 |
| | $1,12 \leq R < 1,24$ | 15,0 | 17,2 | 19,5 | 21,7 | 24,2 | 26,9 | 29,5 | 32,8 | 35,3 | 38,4 | 41,5 | 47,8 | 54,1 | 59,4 | 65,7 | 72,0 |
| | $1,25 \leq R < 1,59$ | 15,5 | 17,8 | 20,1 | 22,3 | 24,9 | 27,5 | 30,2 | 33,6 | 36,0 | 39,2 | 42,3 | 48,7 | 55,0 | 60,4 | 66,8 | 73,1 |
| | $1,6 \leq R$ | 15,8 | 18,2 | 20,5 | 22,8 | 25,4 | 28,1 | 30,8 | 34,3 | 36,8 | 40,1 | 43,2 | 49,7 | 56,2 | 61,7 | 68,1 | 74,5 |
| 1745 | $R < 1,06$ | 15,4 | 17,9 | 20,4 | 22,9 | 25,7 | 28,6 | 31,4 | 35,0 | 37,6 | 40,9 | 44,0 | 50,2 | 56,4 | 62,6 | 68,8 | 75,0 |
| | $1,06 \leq R < 1,11$ | 16,2 | 18,8 | 21,3 | 23,8 | 26,6 | 29,5 | 32,3 | 35,9 | 38,5 | 41,8 | 44,9 | 51,1 | 57,3 | 63,5 | 69,7 | 75,9 |
| | $1,12 \leq R < 1,24$ | 16,8 | 19,3 | 21,9 | 24,4 | 27,2 | 30,1 | 33,0 | 36,6 | 39,2 | 42,5 | 45,6 | 51,8 | 58,0 | 64,2 | 70,4 | 76,6 |
| | $1,25 \leq R < 1,59$ | 17,4 | 20,0 | 22,6 | 25,1 | 28,0 | 30,9 | 33,8 | 37,5 | 40,1 | 43,4 | 46,6 | 52,8 | 59,0 | 65,2 | 71,4 | 77,6 |
| | $1,6 \leq R$ | 17,8 | 20,5 | 23,1 | 25,7 | 28,6 | 31,6 | 34,6 | 38,3 | 41,0 | 44,5 | 47,7 | 54,1 | 60,4 | 66,7 | 73,0 | 79,3 |
| 2400 | $R < 1,06$ | 17,4 | 20,4 | 23,3 | 26,1 | 29,2 | 32,3 | 35,2 | 38,6 | 40,9 | 44,0 | 50,2 | 56,4 | 62,6 | 68,8 | 75,0 | 81,2 |
| | $1,06 \leq R < 1,11$ | 18,6 | 21,6 | 24,5 | 27,3 | 30,4 | 33,5 | 36,4 | 39,9 | 42,2 | 45,3 | 51,5 | 57,7 | 63,9 | 70,1 | 76,3 | 82,5 |
| | $1,12 \leq R < 1,24$ | 19,3 | 22,4 | 25,3 | 28,1 | 31,3 | 34,4 | 37,3 | 40,8 | 43,1 | 46,2 | 52,4 | 58,6 | 64,8 | 71,0 | 77,2 | 83,4 |
| | $1,25 \leq R < 1,59$ | 20,2 | 23,3 | 26,3 | 29,1 | 32,3 | 35,5 | 38,4 | 42,0 | 44,4 | 47,5 | 53,7 | 59,9 | 66,1 | 72,3 | 78,5 | 84,7 |
| | $1,6 \leq R$ | 20,7 | 23,9 | 27,0 | 29,9 | 33,2 | 36,5 | 39,5 | 43,2 | 45,6 | 48,7 | 54,9 | 61,1 | 67,3 | 73,5 | 79,7 | 85,9 |
| 2910 | $R < 1,06$ | 17,4 | 20,5 | 23,4 | 26,1 | 28,9 | 31,6 | 34,3 | 37,0 | 39,7 | 42,4 | 45,1 | 50,8 | 56,5 | 62,2 | 67,9 | 73,6 |
| | $1,06 \leq R < 1,11$ | 18,8 | 21,9 | 24,8 | 27,5 | 30,4 | 33,1 | 35,8 | 38,5 | 41,2 | 43,9 | 46,6 | 52,3 | 58,0 | 63,7 | 69,4 | 75,1 |
| | $1,12 \leq R < 1,24$ | 19,7 | 22,9 | 25,8 | 28,5 | 31,4 | 34,2 | 37,0 | 39,7 | 42,5 | 45,3 | 48,0 | 53,7 | 59,4 | 65,1 | 70,8 | 76,5 |
| | $1,25 \leq R < 1,59$ | 20,7 | 24,0 | 27,0 | 29,8 | 32,7 | 35,5 | 38,4 | 42,0 | 44,4 | 47,5 | 53,7 | 59,9 | 66,1 | 72,3 | 78,5 | 84,7 |
| | $1,6 \leq R$ | 21,4 | 24,7 | 27,8 | 30,7 | 33,8 | 36,7 | 39,6 | 43,2 | 45,6 | 48,7 | 54,9 | 61,1 | 67,3 | 73,5 | 79,7 | 85,9 |
| 3600 | $R < 1,06$ | 14,6 | 17,4 | 19,2 | 21,0 | 22,8 | 24,6 | 26,4 | 28,2 | 29,9 | 31,7 | 33,5 | 35,3 | 37,1 | 38,9 | 40,7 | 42,5 |
| | $1,06 \leq R < 1,11$ | 16,4 | 19,2 | 21,0 | 22,8 | 24,6 | 26,4 | 28,2 | 29,9 | 31,7 | 33,5 | 35,3 | 37,1 | 38,9 | 40,7 | 42,5 | 44,3 |
| | $1,12 \leq R < 1,24$ | 17,6 | 20,3 | 22,0 | 23,7 | 25,4 | 27,1 | 28,8 | 30,5 | 32,2 | 33,9 | 35,6 | 37,3 | 39,0 | 40,7 | 42,4 | 44,1 |
| | $1,25 \leq R < 1,59$ | 18,8 | 21,7 | 23,4 | 25,1 | 26,8 | 28,5 | 30,2 | 31,9 | 33,6 | 35,3 | 37,0 | 38,7 | 40,4 | 42,1 | 43,8 | 45,5 |
| | $1,6 \leq R$ | 19,6 | 22,6 | 24,3 | 26,0 | 27,7 | 29,4 | 31,1 | 32,8 | 34,5 | 36,2 | 37,9 | 39,6 | 41,3 | 43,0 | 44,7 | 46,4 |

Tableau II.6 : La puissance Po en fonction de diamètre et vitesse de rotation de petite poulie

Remarque 3 : d'après le tableau des puissances on trouve que le diamètre de la petite poulie dans le cas de courroie SPC doit être supérieure a 200 mm

Donc le diamètre choisi de la petite poulie $d=100$ mm est mal choisi

II.5. LA MASSE MAXIMALE QUE PEUT SUPPORTER LE BRYEUR :

Pour déterminer la quantité maximale de ce broyeur on doit déterminer d'abord la densité volumique ρ de la matière broyée (les déchets bio), puis calculer le volume de trémie et de la table, en suite déterminons les masses.

II.5.1 La densité volumique :

La densité des déchets alimentaires : $200 < \rho < 800$

La densité des déchets des animaux : $600 < \rho < 1200$

On prend : $\rho = 800 \text{ kg /m}^3$

II.5.2 Calcul de volume :

Le volume total est le volume de la trémie et le volume de grillage moins le volume de l'axe.

Pour calculer le volume de trémie on doit le diviser en 3 partie (V1 de rectangle + 2.V2 de triangle), puis calculer le volume de grillage – le volume de l'axe.

V1: volume de rectangle, V2: volume de triangle, V3: volume de grillage, V4: volume de l'axe

Volume de rectangle :

$$V1 = L \times l \times h$$

Avec :

L : la longueur

l : la largeur

h : la hauteur

$$V1 = 1.65 \times 0.8 \times 0.5 \qquad V1 = 0.66 \text{ m}^3$$

Volume de triangle :

$$V2 = \frac{1}{2} \times b \times hb \times H$$

Avec :

b : base du triangle

hb : hauteur du triangle

H : hauteur du prisme

$$V2 = \frac{1}{2} \times 0.336 \times 0.5 \times 1.65 \qquad V2 = 0.1386 \text{ m}^3$$

Volume de grillage :

$$V3 = \frac{1}{2} \times \pi \times r^2 \times h$$

Avec :

r : le rayon de la base de cylindre

h : hauteur du cylindre

$$V3 = \frac{1}{2} \times \pi \times 0.25^2 \times 1.65 \quad V3 = 0.162 \text{ m}^3$$

Volume de l'axe :

$$V4 = \pi \times r^2 \times h$$

Avec :

r : le rayon de la base de l'axe

h : hauteur du l'axe

$$V4 = \pi \times 0.0575^2 \times 1.65 \quad V4 = 0.017 \text{ m}^3$$

Le volume total :

$$VT = V1 + (2 \times V2) + (V3 - V4)$$

$$VT = 1.0822 \text{ m}^3$$

II.5.3 Calcul de la masse :

m : La masse des déchets

ρ : La densité des déchets

VT : Le volume total

$$\text{Avec : } \rho = \frac{m}{VT}$$

$$\text{Donc : } m = \rho \times VT$$

AN :

$$m = 800 \times 1.0135$$

$$m = 810.8 \text{ kg}$$

Alors :

La quantité maximale que peut supporter ce broyeur est 810.8 kg

II.6. CALCUL DE LA RESISTANCE DE L'ARBRE :

II.6.1. Calcul de la force de coupe (FT) :

Pour les données connues, il est temps de calculer la force de coupe (F_t) appliquée sur l'arbre pour couper les déchets bio .

La formule de la puissance utile comme suit :

$$P = Cr.\Omega$$

Où :

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

Cr peut s'exprimer comme suite :

$$Cr = C_m = F_t.R$$

Où

- F_t est la force de coupe des déchets bios en kN,
- R est le rayon de l'arbre à couteaux qui est de mm

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

$$P = F_t.R.\omega$$

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

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

Avec :

$\omega = \frac{2\pi N}{60}$, N est la vitesse de rotation de l'arbre et égale à 600 tr/mn, d'où $\omega = 62.83 \text{ rad/s}$.

Donc :

$$F_t = 1.2 \text{ kN}$$

II.6.2. Calcul de torsion de l'arbre :

Pour l'arbre le matériau choisi est l'acier C 38 (XC 38), c'est un acier au carbone de composition moyenne, principalement utilisé pour ses bonnes propriétés mécaniques et sa capacité à être traité thermiquement pour améliorer ses performances.

Ces propriétés :

Résistance à la traction : Environ 600 à 750 MPa

Limite d'élasticité : Environ 245 à 300 MPa

Allongement à la rupture : Environ 15 à 20%

Dureté : Peut atteindre environ 170 à 210 HB (Brinell)

On a :

$\sigma_p < R_e$ avec $R_e = \sigma_e = 300 \text{ MPa}$ (R_e : Résistance d'élastique)

s c'est le coefficient de sécurité $s = 2$ pour cette étude

Avec :

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

Où :

- σ_p est la résistance pratique du matériau en MPa,
- σ_e est la résistance d'élasticité du matériau en MPa,

D'où la relation devient :

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

AN :

$$\sigma_p = \frac{300}{2} \Rightarrow \sigma_p = 150 \text{ MPa}$$

D'après la documentation technique (technique de l'ingénieur) :

$$\tau_e = 0.7\sigma_e \Rightarrow \tau_p = 0.7\sigma_p$$

- σ_p est la contrainte pratique à la traction en MPa,

- τ_p est la contrainte pratique au cisaillement en MPA.

Application numérique :

$$\tau_p = 0.7 \times 300 \Rightarrow \tau_p = 210 \text{ MPa}$$

Premièrement je vais calculer le moment de torsion de l'arbre qui porte les lames, dans le but de vérifier la résistance de l'arbre :

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

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

Où :

- Mt est le moment de torsion de l'arbre en N.mm.
- I_o est le moment quadratique polaire en mm^4 ,
- y est le rayon de l'arbre (section circulaire, $y = R$) en mm
- R est distance entre milieu de l'arbre et la coupe de lame

Où :

Le moment Mt :

$$Mt = Ft \times R$$

AN :

$$Mt = 1200 \times 245 \Rightarrow Mt = 294000 \text{ N.mm}$$

Le moment quadratique I_o :

$$I_o = \frac{\pi d^4}{32}$$

AN :

$$I_o = 8.98 \times 10^5 \text{ mm}^4$$

La contrainte maximale τ_{max} :

$$\tau_{max} = 9 \text{ MPa} \leq 210 \text{ MPa}$$

AN :

II.6.3. CALCUL LA FLEXION DE L'ARBRE :

Pour calculer la flexion de l'arbre qui porte des lames il faut déterminer la contrainte maximale à la flexion.

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

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

Où :

- σ_e est la résistance d'élasticité du matériau en MPa
- σ_p est la résistance pratique du matériau en MPa
- S est le coefficient de sécurité, pour cette étude $s = 2$

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

$$\sigma_p = \frac{300}{2} \Rightarrow \sigma_p = 150 \text{ MPa}$$

- I_{gz} est le moment d'inertie en mm^4 : $I_{gz} = \frac{\pi d^4}{32}$
- d est le diamètre de l'arbre en mm : $d = 55 \text{ mm}$
- y est le rayon de l'arbre en mm : $y = 27.5$
- MF max est le moment fléchissant max

Dans notre cas on a une charge répartie de poids des déchets et de l'arbre, donc :

Le moment fléchissant max doit être : $M_{fmax} = \frac{qL^2}{8}$

Avec :

q est la charge répartie en N/mm : $q = \frac{P}{L}$

L est la longueur de l'arbre en mm : $L = 1507 \text{ mm}$

P est le poids des déchets et de l'arbre en N : $P = (m_d + m_a) \times g$

g est la gravité en N / Kg : $g = 9.81 \text{ N / Kg}$

m_d , m_a sont les masses des déchets et de l'arbre en Kg : $m_d = 749.76 \text{ Kg}$ / $m_a = 133.45 \text{ Kg}$

AN :

Le poids p : $P = (749.76 + 133.45) \times 9.81$

$$P = 8664.29 \text{ N}$$

La charge repartie q : $q = \frac{8664.29}{1507}$

$$q = 5.75 \text{ N / mm}$$

Le moment fléchissant max : $M_{fmax} = \frac{5.75 \times 1507^2}{8}$

$$M_{fmax} = 1.63 \times 10^6 \text{ N.mm}$$

Le moment d'inertie I_{gz} : $I_{gz} = \frac{\pi \times 55^4}{32}$

$$I_{gz} = 8.98 \times 10^5 \text{ mm}^4$$

La contrainte maximale a la flexion :

$$\sigma_{max} = \frac{1.63 \times 10^6}{8.98 \times 10^5} \times 27.5$$

$$\sigma_{max} = 49.89 \text{ MPa}$$

Alors

$$\sigma_{max} = 49.89 \text{ MPa} \leq \sigma_p = 300 \text{ MPa}$$

II.7. Conclusion :

Ce chapitre a permis à calculer numériquement les dimensions des différents éléments du broyeur afin de les ajuster correctement.

CHAPITRE 3 :

CONCEPTION ET

SIMULATION DE

BROYEUR

STANDARD

III.1. INTRODUCTION :

Après avoir dimensionné et calculer l'axe de broyeur, il est temps de donner valeur aux résultats du précédent chapitre et les vérifier à l'aide de la simulation. Ce qui classe ce présent chapitre comme étant le plus important.

III.2. GENERALITE SUR CAO :

III.2.1 Définition de CAO

La CAO, ou conception et dessin assistés par ordinateur (CDAO), est une technologie qui permet aux créateurs de concevoir, de dessiner et de produire de la documentation technique en remplaçant les techniques de dessin manuel par un processus numérique. Que vous soyez architecte, concepteur ou ingénieur, vous avez probablement utilisé des logiciels de CAO 2D ou 3D, tels que les logiciels AutoCAD, Civil 3D, Inventors , Solidworks ,Catia .

III.2.2. Principe et utilisation de la CAO

La CAO offre une visibilité globale du comportement d'un objet avant qu'il n'existe, tant au niveau de son aspect que de sa structure et de son fonctionnement. Les objets peuvent être représentés en deux ou en trois dimensions (2D ou 3D). Leur apparence peut être filaire, volumique, surfacique, elle peut aussi simuler la texture.

III.2.3. Les avantages et les inconvénients de CAO

La CAO présente de nombreux avantages, mais aussi quelques inconvénients :

- **Avantages :**

Précision : La CAO permet des conceptions très précises grâce à l'utilisation d'outils numériques de mesure et de modélisation.

Rapidité : Les processus de conception sont souvent plus rapides avec la CAO, car les modifications peuvent être apportées rapidement et facilement.

Visualisation : Elle permet une visualisation en 2D et 3D des modèles, offrant ainsi une meilleure compréhension de l'objet en conception.

- **Inconvénients :**

Coût initial élevé : Les logiciels de CAO peuvent être coûteux à acquérir, et leur apprentissage peut nécessiter des investissements en temps et en formation.

Complexité : Les logiciels de CAO sont souvent complexes et peuvent nécessiter une certaine expertise pour les utiliser efficacement.

III.3. LOGICIEL UTILISÉ

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 CATIA, ABAQUS.

Pour ce cas d'étude d'un broyeur des déchets biologique on a utilisé SOLIDWORSK

III.4. MODÉLISATION GÉOMÉTRIQUE DU BROYEUR

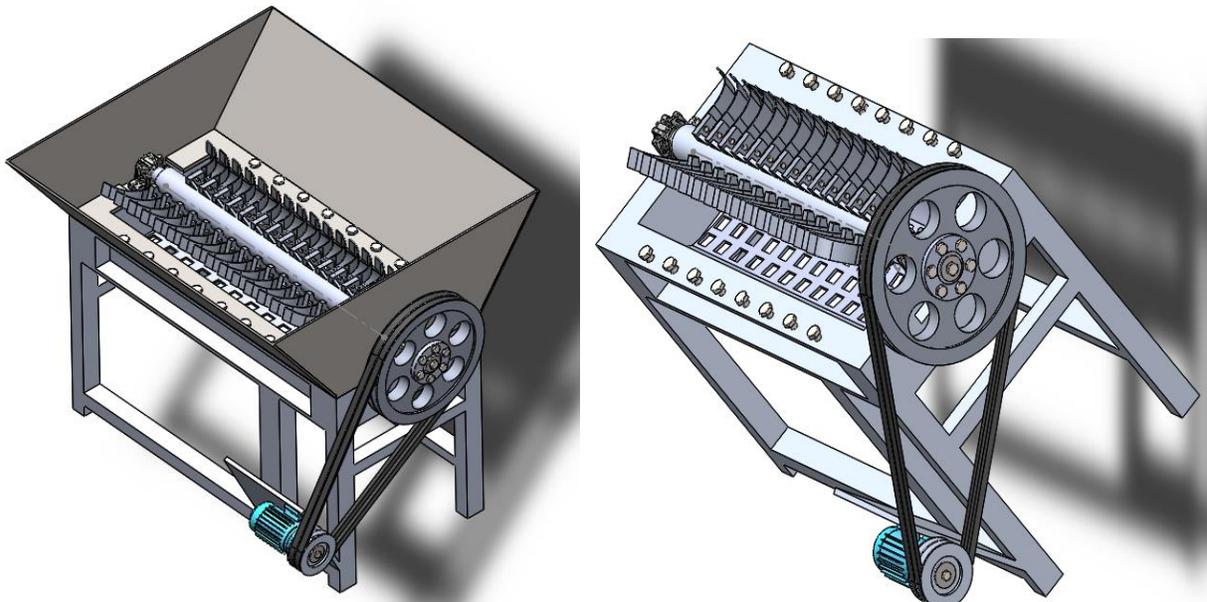


Figure III.1 : Assemblage fini du broyeur standard

III.5. MODÉLISATION NUMÉRIQUE DE L'AXE DE BROYEUR (SIMULTION)

III.5.1. 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.5.2. Différents types de Maillage

III.5.2.1. Maillage linéaire

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

III.5.2.2. 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.5.2.3. 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.5.3. 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 un maillage par défaut et disponible.

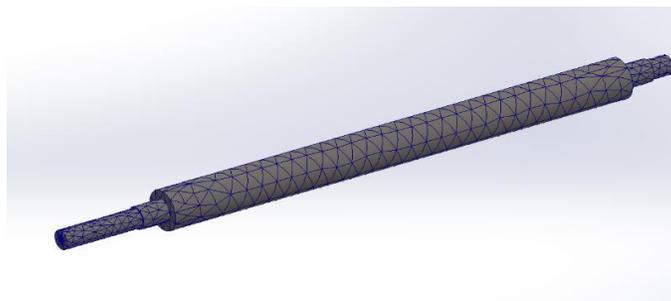


Figure III.2 : Le maillage de l'arbre du broyeur

III.6. APPLICATION DES CONDITIONS AUX LIMITES

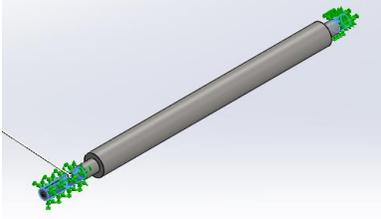
III.6.1. Déplacements et efforts imposé sur l'arbre

| Nom du document et référence | Traité comme | Propriétés volumétriques |
|---|-----------------|--|
|  | Corps volumique | Masse:118,455 kg Volume:0,0151865 m³ Masse volumique:7 800 kg/m³ Poids:1 160,86 N |

| Référence du modèle | Propriétés |
|--|---|
|  | Nom: 1.7244 (18CrMoS4) Type de modèle: Linéaire élastique isotropique Critère de ruine par défaut: Contrainte de von Mises max. Limite d'élasticité: 2,95594e+08 N/m² Limite de traction: 5,5e+08 N/m² Module d'élasticité: 2,1e+11 N/m² Coefficient de Poisson: 0,28 Masse volumique: 7 800 kg/m³ Module de cisaillement: 7,9e+10 N/m² |

Tableau III.1 : Propriétés du matériau de l'arbre

- En Flexion

| Nom du déplacement imposé | Image du déplacement imposé | Détails du déplacement imposé |
|---------------------------|---|--|
| Fixe-1 |  | Entités: 2 face(s) Type: Géométrie fixe |

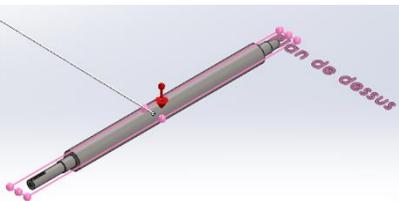
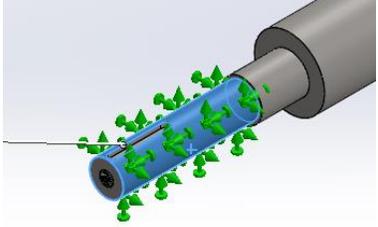
| Nom du chargement | Image du chargement | Détails du chargement |
|--------------------|---|---|
| Masse distribuée-1 |  | Entités: 1 face(s) Masse à distance: 749.76 kg |
| Gravité1 |  | Référence: Plan de dessus Valeurs: -9,81 Unités: m/s^2 |

Tableau III.2 : Actions extérieures sur l'arbre en flexion

- **En Torsion**

| | | |
|--------|---|--|
| Fixe-1 |  | Entités: 1 face(s) Type: Géométrie fixe |
|--------|---|--|

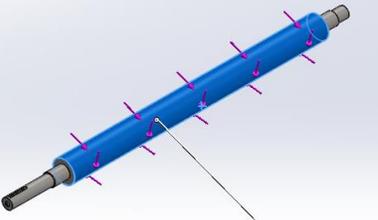
| Nom du chargement | Image du chargement | Détails du chargement |
|-------------------|--|--|
| Couple-1 |  | Entités: 1 face(s) Type: Moment de torsion Valeur: 294 N.m |

Tableau III.3 : Actions extérieures sur l'arbre en torsion

III.7. VERIFICATION DES RESULTATS

III.7.1. En Flexion

| Nom | Type | Min | Max |
|--------------|-------------------------|---|--------------------------------------|
| Contraintes1 | contrainte de Von Mises | $3.42 e^{-5} \text{ N/mm}^2$ (MPA) | $3.05 e^1 \text{ N/mm}^2$ (MPA) |

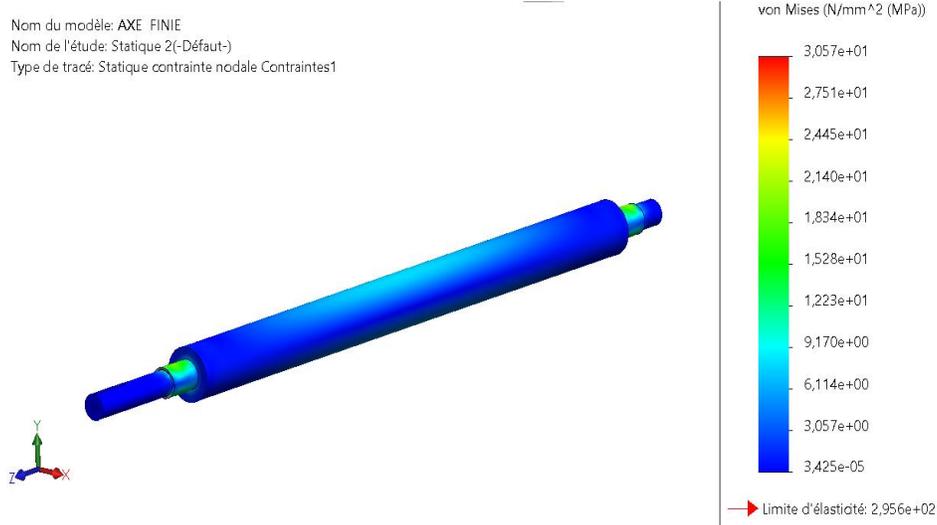


Figure III.3 : Présentation de contrainte de Von Mises dû à la flexion de l'arbre

| Nom | Type | Min | Max |
|---------------|------------------------------|------------------------|--------------------------|
| Déplacements1 | URES : Déplacement résultant | $1 e^{-30} \text{ mm}$ | $1.24 e^{-1} \text{ mm}$ |

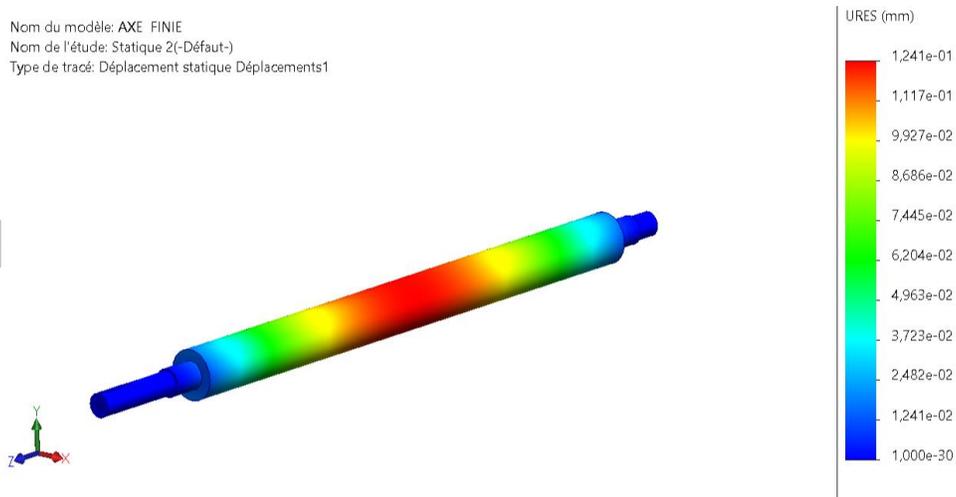


Figure III.4 : Déplacement résultant de l'arbre en flexion

| Nom | Type | Min | Max |
|---------------|---------------------------------|----------------|---------------|
| Déformations1 | ESTRN : Déformation équivalente | $1.58 e^{-10}$ | $1.41 e^{-4}$ |

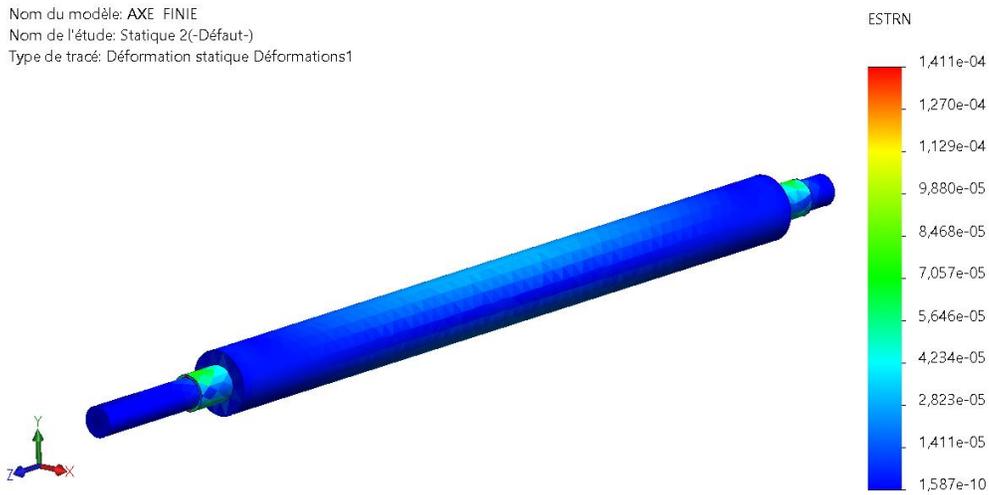


Figure III.5 : Déformation équivalente de l'arbre en flexion

III.7.2. En Torsion

Torsion appliqué= 294 N.m

| Nom | Type | Min | Max |
|--------------|------------|-------------------------------|------------------------|
| Contraintes1 | contrainte | $1.947 e^{-1} \text{ N/mm}^2$ | 14.10 N/mm^2 |

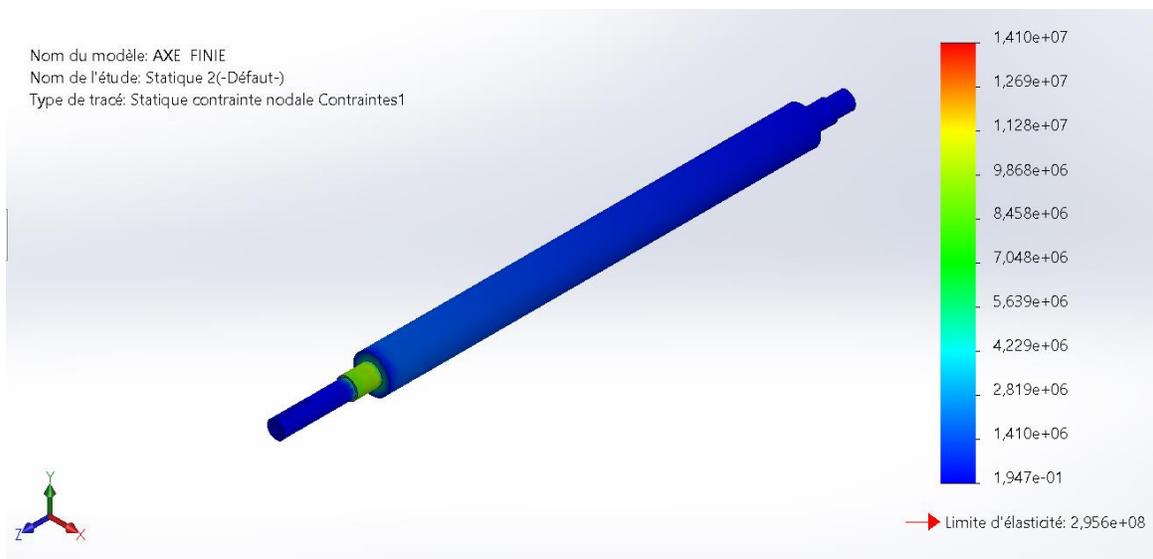


Figure III.6 : Graphe de contrainte de Von Mises (arbre soumis à la torsion)

| Nom | Type | Min | Max |
|---------------|------------------------------|----------------|------------------|
| Déplacements1 | URES : Déplacement résultant | $1 e^{-30}$ mm | $1.827e^{-2}$ mm |

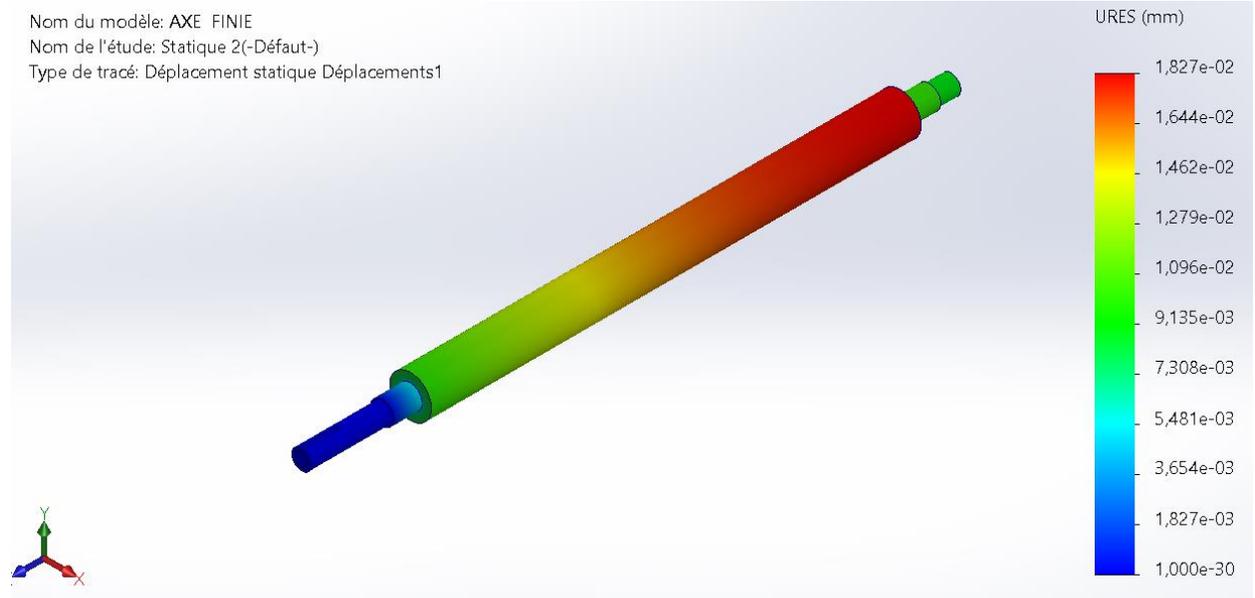


Figure III.7 : Graphe de déplacements (arbre soumis à la torsion)

| Nom | Type | Min | Max |
|---------------|---------------------------------|----------------|----------------------------------|
| Déformations1 | ESTRN : Déformation équivalente | $5.969e^{-13}$ | $4.769 e^{-5}$ N/mm ² |

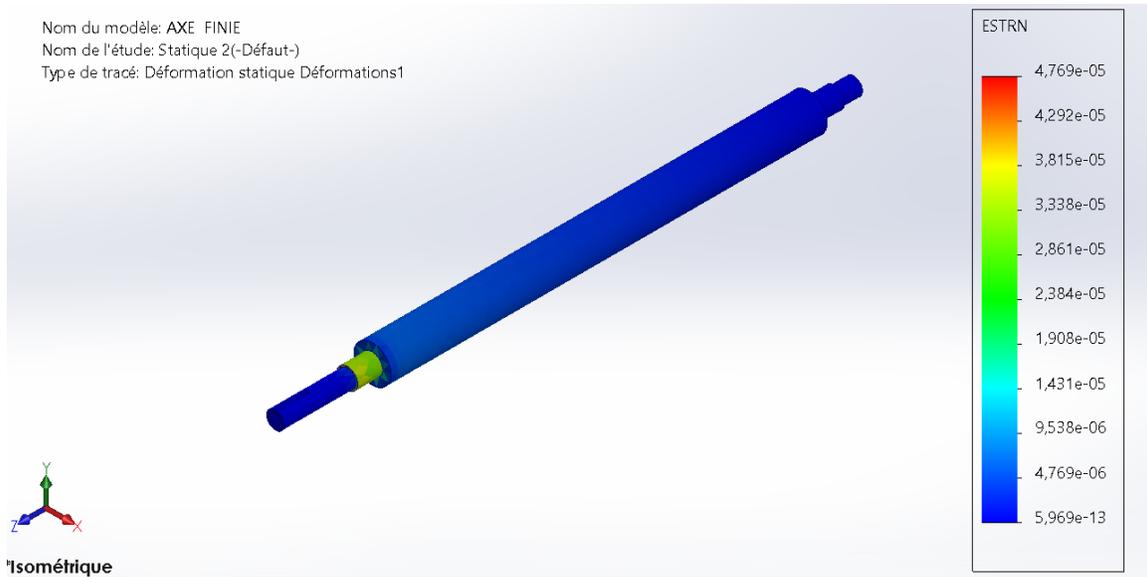


Figure III.8 : Graphe de Déformations (arbre soumis à la torsion)

III.8. CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons réalisé le maillage de l'élément le plus sollicité de la structure, qui est l'arbre du broyeur 1. Selon les résultats de la simulation, nous avons trouvé que la résistance est vérifiée.

CHAPITRE 4 :

Etude de la
Nouvelle
Gamme De
broyeur
Améliorer

IV.1. INTRODUCTION :

Ce chapitre englobe la partie d'étude et des calculs des éléments importants du broyeur 2 des déchets biologiques.

IV.2. VUE ECLATAI DU BROYEUR 2:



| Numéro | Désignation | Nombre d'éléments |
|--------|--------------------|-------------------|
| 1 | Trémie | 1 |
| 2 | Vis M24 | 20 |
| 3 | Ecrou Ø24 | 20 |
| 4 | Palier + Roulement | 2 |
| 5 | Poulie receptrice | 1 |
| 6 | Courroie | 5 |
| 7 | Poulie motrice | 1 |
| 8 | Porte lame + lame | 18 |
| 9 | Axe | 1 |
| 10 | Grillage | 1 |
| 11 | Table | 1 |
| 12 | Rondelle | 2 |
| 13 | Moteur électrique | 1 |

Figure IV.1 : Vue éclatée de broyeur 2

Tableau IV.1: Désignation et Nombre d'éléments de broyeur

IV.3. CRITÈRE DE CHOIX DE MOTEUR :

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

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

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

| Catégorie | Type | Propriétés | Utilisation |
|--------------------|----------------------------|--|--|
| Courant continu | Aimants permanents | Faible puissance asservissement aisé | 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 |
| | <i>Asynchrone triphasé</i> | <i>Économique, toutes puissances</i> | <i>Moteur industriel le plus répandu</i> |
| | Synchrone à aimant | Faible puissance, variateur de vitesse obligatoire | Robotique (moteur sans balais), matériel informatique |
| | Synchrone à électroaimants | Grande et très grande puissance | Concasseur, propulsion de navire, pompage, turbinage, |
| | Universel (continu série) | Faible puissance | Électroménager, outillage |
| Pas à pas | Matériel informatique | Aimants permanents, hybride, réluctance variable | Très faible puissance, positionnement précis en boucle ouverte |

Tableau IV.2 : Caractéristiques et domaines d'utilisation des moteurs électriques.

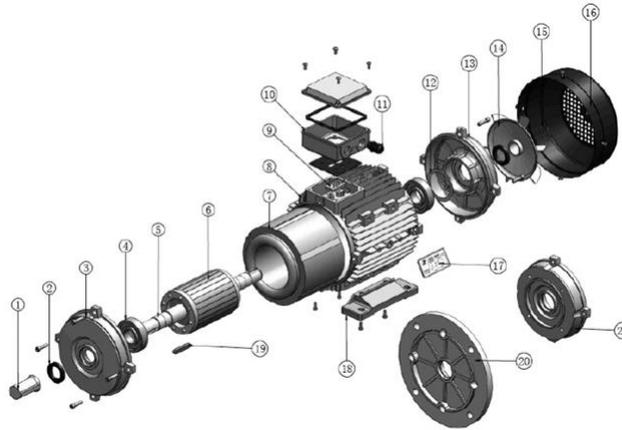
Le choix du moteur dépend essentiellement de la puissance à utiliser pendant le broyage.

Dans le cas d'un broyeur des déchets bio on a sélectionnés le moteur électrique suivant :

On a gardé le même type de moteur ALMO avec une puissance et vitesse de rotation différentes

| Tension d'alimentation en volt | Vitesse de rotation en tr/min | Puissance en kW | Puissance en CV | Intensité en ampère | Hauteur d'axe en mm | Diamètre d'arbre en mm | Niveau sonore en dB | Poids en kg | Type de fixation |
|--------------------------------|-------------------------------|-----------------|-----------------|----------------------|---------------------|------------------------|---------------------|---------------|------------------|
| 230/400 V | 1500 tr/min | 15 kW | 20 CV | 27,7 A (400V) | 160 mm | Ø42 mm | 73 dB | 126 kg | B34 |

Tableau IV.3 : Caractéristiques de moteur



| Numéro | Désignation | Numéro | Désignation |
|--------|-------------------------|--------|-----------------------|
| 1 | Protection bout d'arbre | 12 | Rondelle de précharge |
| 2 | Bague d'étanchéité | 13 | Flasque côté N |
| 3 | Flasque côté D | 14 | Ventilateur |
| 4 | Roulement | 15 | Circlips |
| 5 | Bout d'arbre | 16 | Capot ventilateur |
| 6 | Rotor | 17 | Plaque signalétique |
| 7 | Bobinage | 18 | Pattes |
| 8 | Stator | 19 | Clavette |
| 9 | Plaque à bornes | 20 | Bride B5 |
| 10 | Boîte à bornes | 21 | Bride B14 |
| 11 | Presse-étoupe | | |

Figure IV.2 : Les éléments de moteur

IV.4. CRITERE DE CHOIX DE COURROIE :

Le type de courroie à utiliser dépend du type d'application :

Couple à transmettre, Vitesse de rotation, Distance entraxe, Rapport de réduction, Conditions de température et de lubrification

IV.4.1 Les différents types de courroies et poulies :

| | Multiplicateurs à poulies et courroie | | | |
|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| | Courroie crantée | Courroie striée | Courroie trapézoïdale | Courroie plate |
| | | | | |
| Couples et puissances transmissibles | Assez élevés | Modérés | Moyens | Faibles |
| Rendement (%) | ≤ 98 | ≤ 98 | 70 à 96 | ≤ 98 |
| Durée de vie | Limitée | Limitée | Limitée | Limitée |
| Lubrification | Inutile | Inutile | Inutile | Inutile |
| Inconvénient | Coût | Coût | Rendement | Couples limités |
| Avantages | Couples importants | Rendement Flexibilité | Coût Encombrement réduit | Coût Rendement Silencieuse |

Tableau IV.4 : Récapitulatif du système poulies et courroie

Pour ce broyeur des déchets bio on a choisi d'utiliser les courroies trapézoïdales pour obtenir des bons résultats et une bonne transmission.

Pourquoi ? Les courroies trapézoïdales (ou courroies en V) sont très populaires dans les applications industrielles et automobiles pour leur capacité à transmettre efficacement la puissance entre les poulies. Elles se déclinent en plusieurs types, chacun ayant des propriétés spécifiques pour répondre à diverses exigences de performance.

IV.4.2. CALCUL ET DIMENSIONNEMENT DU SYSTEME COURROIE POULIE :

Le principe de calcul des courroies trapézoïdales est défini par les étapes suivantes :

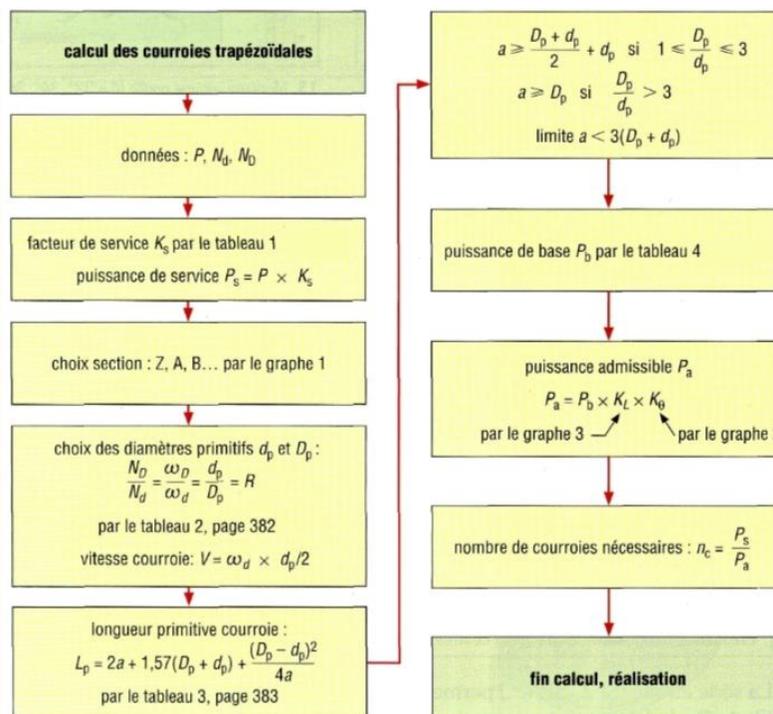


Figure IV.3 : principe de calcul des courroies trapézoïdales

On a comme données :

- P= 15 KW
- Nd= 1500 tr/min (du moteur)
- ND= 600 tr/min (de l'arbre porte-lames)
- Durée du travail est de 6 à 16h et dans des conditions de transmission avec légers à-coups et chocs modérés.

IV.4.2.1. Choix de coefficient de service K_s :

- K_s coefficient correcteur lié aux conditions de service de la transmission

| 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

Tableau IV.5: Le choix de K_s

Dans le cas de ce broyeur la courroie fonctionne 6 à 16 h/j avec légers à-coups et chocs modérés.

À l'aide du tableau $K_s=1,3$

IV.4.2.2. Calcul de puissance de service :

P_s : puissance de service ou puissance corrigé

$$P_s = P \times K_s$$

AN : $P_s = 15 \times 1.3 = 19.5 \text{ Kw}$

IV.4.2.3 Choix du type de la courroie trapézoïdale :

$P_s = 19.5 \text{ Kw}$

$N_d = 1500 \text{ tr /min}$ le nombre de tour nominale (vitesse de petite poulie)

D'après le graphe ci-dessous : La courroie choisit est de type B

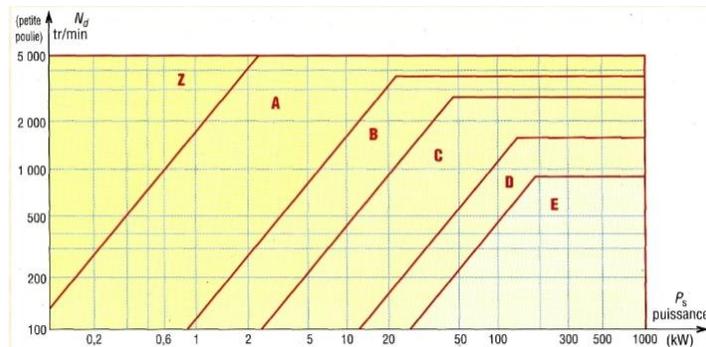


Figure IV.4 : Graphe de gamme des puissances transmissibles par type de courroie

IV.4.2.4 Diamètre primitif de la grande poulie Dp :

Pour un diamètre normalisé d'après le tableau des diamètres on a choisi $d_p = 160$ mm diamètre primitif de la petite poulie

$$\text{D'après la formule du facteur de réduction } r = \frac{ND}{Nd} = \frac{\omega D}{\omega d} = \frac{d_p}{D_p} = \frac{CD}{Cd}$$

$$\text{On obtient } \frac{ND}{Nd} = \frac{d_p}{D_p}$$

$$\text{Avec } r = \frac{ND}{Nd} = \frac{600}{1500} = 0.4$$

$$\text{Donc } r = 0.4$$

$$\text{D'où } D_p = \frac{Nd \times d_p}{ND}$$

$$\text{A.N : } D_p = \frac{1500 \times 160}{600} = 400 \text{ mm}$$

$D_p = 400$ mm c'est le diamètre primitif de la grande poulie. Pour un diamètre normalisé et d'après le tableau des diamètres on a gardé la même valeur pour ce diamètre

| 2. Diamètres primitifs d_p et D_p recommandés (mm) pour les poulies trapézoïdales ISO 4183 | |
|--|--|
| Z SPZ | 50*, 56*, 63, 71, 75, 80, 90, 100, 112, 125, 132, 140, 150, 160, 180, 200, 220, 224, 250, 280, 315, 355, 400, 500, 630 |
| A SPA | 75*, 80*, 85*, 90, 95, 100, 106, 112, 121, 125, 132, 140, 150, 160, 180, 200, 224, 250, 280, 300, 315, 355, 400, 450, 500, 630, 710, 800 |
| B SPB | 125*, 132*, 140, 150, 160, 170, 180, 200, 224, 250, 280, 315, 355, 400, 450, 500, 560, 600, 630, 710, 750, 800, 900, 1 000, 1 120 |
| C SPC | 200* 212*, 224, 236, 250, 265, 280, 300, 315, 335, 355, 400, 450, 500, 560, 600, 630, 710, 750, 800, 900, 1 000, 1 120, 1 250, 1 400, 1 600, 2 000 |
| D | 355, 375, 400, 425, 450, 475, 500, 560, 600, 630, 710, 750, 800, 900, 1 000, 1 060, 1 120, 1 250, 1 400, 1 500, 1 600, 1 800, 2 000 |
| E | 500, 530, 560, 600, 630, 670, 710, 800, 900, 1 000, 1 120, 1 250, 1 400, 1 500, 1 600, 1 800, 1 900, 2 000, 2 240, 2 500 |

* : uniquement courroies classiques Z, A, B et C

Tableau IV.6 : Les diamètres primitifs d_p et D_p ISO 4183

IV.4.2.5 Calcul de la vitesse linéaire de la courroie :

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

$$v = \frac{\pi \times Nd \times dp}{30 \times 2}$$

AN :

$$v = \frac{\pi \times 1500 \times 160}{30 \times 2} = 12.56 \text{ m/s}$$

IV.4.2.6 Entraxe « a » et la longueur primitive « Lp » de la courroie :

$$a \geq \frac{D_p + d_p}{2} + d_p \text{ si } 1 \leq \frac{D_p}{d_p} \leq 3$$

$$a \geq D_p \text{ si } \frac{D_p}{d_p} > 3$$

$$\text{limite } a < 3(D_p + d_p)$$

Figure IV.5 : Calcul de l'entraxe

- L'entraxe :

$$\frac{D_p}{d_p} = \frac{400}{160} = 2.5 < 3$$

Implique

$$a \geq \frac{D_p + d_p}{2} + d_p$$

AN :

$$a \geq 440 \text{ mm}$$

on prend : a = 583 mm

- La longueur primitive de courroie :

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

AN :

$$L_p = 2069.9 \text{ mm}$$

| 3. Longueurs primitives ou de référence Lp (en mm des courroies trapézoïdales) | | | | | |
|--|--|-------------|---------------|----------------|---|
| (L* : longueur NF ISO 4184 – les autres longueurs varient sensiblement d'un fabricant à l'autre) | | | | | |
| Z | 270, 295, 340, 380, 405*, 435, 465, 475*, 485, 505, 530*, 545, 570, 610, 625*, 635, 675, 700*, 710, 750, 780*, 790, 840, 895, 920*, 940, 1 000, 1 055, 1 080*, 1 095, 1 145, 1 205, 1 250, 1 330*, 1 420*, 1 540*... | | | | |
| A | 415, 490, 541, 585, 620, 630*, 670, 700*, 719, 770, 790*, 820, 871, 890*, 933, 983, 990*, 1 049, 1 100*, 1 153, 1 201, 1 250*, 1 303, 1 353, 1 405, 1 430*, 1 455, 1 508, 1 550*, 1 608, 1 640*, 1 709, 1 750*, 1 858, 1 913, 1 940*, 2 013, 2 050*, 2 133, 2 200*, 2 273, 2 300*, 2 393, 2 480*, 2 533, 2 700*, 2 833, 3 183*... | | | | |
| B | 613, 655, 680, 729, 780, 830, 881, 930*, 980, 1 000*, 1 033, 1 083, 1 100*, 1 133, 1 185, 1 210*, 1 243, 1 318, 1 370*, 1 393, 1 465, 1 560*, 1 668, 1 760*, 1 872, 1 950*, 2 075, 2 180*, 2 283, 2 300*, 2 380, 2 480, 2 500*, 2 659, 2 700*, 2 870*, 3 200*, 3 393, 3 600*, 3 793, 4 060*, 4 430*, 4 820*, 5 043, 5 370*, 5 620, 6 070*, 6 585*... | | | | |
| C | 920, 1 075, 1 152, 1 312, 1 462, 1 505*, 1 662, 1 760*, 1 840, 1 950*, 2 094, 2 195*, 2 348, 2 420*, 2 500, 2 715*, 2 907, 2 880*, 3 080*, 3 312, 3 520*, 3 720, 3 964, 4 060*, 4 177, 4 278, 4 600*, 5 015, 5 380*, 5 662, 6 100*, 6 362, 6 815*, 7 035, 7 600*, 8 038, 8 444, 9 100*, 10 062, 10 700*... | | | | |
| D | 2 576, 2 740*, 2 876, 3 100*, 3 226, 3 330*, 3 530, 3 730*, 4 080*, 4 386, 4 620*, 5 029, 5 400*, 5 676, 6 100*, 6 370, 6 840*, 7 126, 7 620*, 8 000, 8 405, 9 140*, 10 700*, 11 276, 12 200*, 13 700*, 15 200*... | | | | |
| E | 4 660*, 5 040*, 5 105, 5 420*, 5 765, 6 100*, 6 505, 6 850*, 7 265, 7 650*, 8 055, 8 410, 8 790, 9 150*, 10 035, 11 230, 12 230*, 13 750*, 15 280*, 16 800*... | | | | |
| Séries étroites | SPZ | SPA | SPB | SPC | Lp (ISO 4184) : 650, 710, 800, 900, 1 000, 1 120, 1 250, 1 400, 1 600, 1 800, 2 000, 2 240, 2 500, 2 800, 3 150, 3 500, 4 000, 4 500, 5 000, 5 600, 6 300, 7 100, 8 000, 9 000, 10 000, 11 200, 12 500 |
| | 630 à 3 550 | 800 à 4 500 | 1 250 à 8 000 | 2 000 à 12 500 | |
| | | | | | |

Tableau IV.7 : Longueurs primitives Lp des courroies trapézoïdales classiques

Donc d'après le tableau on prend Lp la longueur de la courroie Lp = 1950mm.

IV.4.2.7 Calcul de Pb la puissance de base de la courroie :

On comme données: dp = 160mm , v = 12.56 m/s , courroie de type B

Avec ces paramètres et le tableau ci-dessous on obtient la puissance de base de la courroie comme suite.

| 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 | 2,16 | 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)

Tableau IV.8 : Puissance de base Pb de la courroie trapézoïdale

Nous avons obtenu par interpolation entre 4.03 et 5.61.

On prend : $P_b = 4.80 \text{ KW}$

IV.4.2.8. Calcul de P_a Puissance admissible de la courroie :

La relation de la puissance admissible de la courroie est comme suite :

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

$P_b = 4.80 \text{ KW}$

K_L : Coefficient correcteur en fonction de la longueur primitive de la courroie L_p

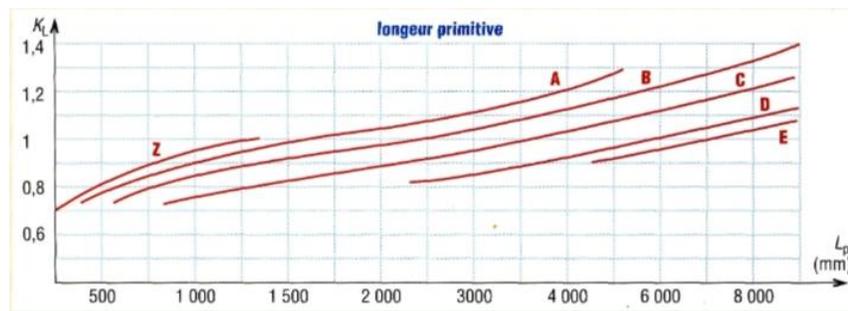


Figure IV.6 : Coefficient correcteur en fonction de la longueur primitive de la courroie L_p

$$K_L \approx 0.97 \text{ (avec } L_p = 1950 \text{ mm)}$$

K_θ : coefficient correcteur fonction de l'angle d'enroulement θ

$$\theta : \text{angle d'enroulement sur la petite poulie : } \theta = 180^\circ - 2 \sin^{-1} \left[\frac{(D_p - d_p)}{2 \times a} \right]$$

$$\text{AN : } \theta = 180^\circ - 2 \sin^{-1} \left[\frac{(400 - 160)}{2 \times 583} \right] \quad \text{D'où } \theta = 156.24^\circ$$

Par conséquent et à l'aide de la figure ci-dessous :

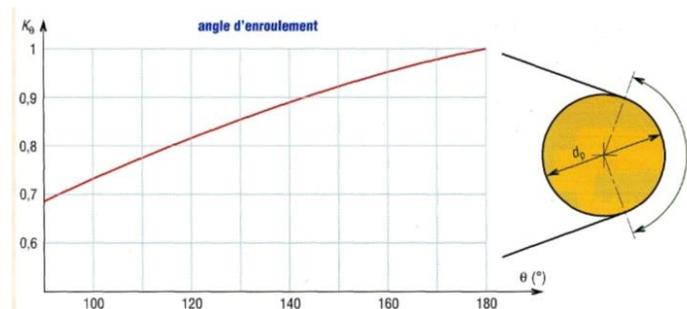


Figure IV.7: coefficient correcteur fonction de l'angle d'enroulement θ

$$K\theta \approx 0.95 \text{ (avec } \theta = 156.24^\circ)$$

Donc :

$$Pa = 4.80 \times 0.97 \times 0.95$$

$$Pa = 4.42 \text{ Kw}$$

IV.4.2.9. Calcul de Nombre nécessaire de courroies :

$$n = \frac{Ps}{Pa} = \frac{19.5}{4.42}$$

$n = 4.4$ Soit 5 courroies

IV.5. LA MASSE MAXIMALE QUE PEUT SUPPORTER LE BRYEUR :

Pour déterminer la quantité maximale de ce broyeur on doit déterminer d'abord la densité volumique ρ de la matière broyée (les déchets bio), puis calculer le volume de trémie et de la table, en suite déterminons les masses.

- **La densité volumique :**

La densité des déchets alimentaires : $200 < \rho < 800$

La densité des déchets des animaux : $600 < \rho < 1200$

On prend : $\rho = 800 \text{ kg /m}^3$

- **Calcul de volume :**

Le volume total est le volume de la trémie et le volume de grillage moins le volume de l'axe.

Pour calculer le volume de trémie on doit le diviser en 3 partie (v de rectangle + 2v de triangle), puis calculer le volume de grillage – le volume de l'axe.

V1: volume de rectangle , V2: volume de triangle , V3: volume de grillage , V4: volume de l'axe

Volume de rectangle :

$$V1 = L \times l \times h$$

Avec :

L : la longueur

l : la largeur

h : la hauteur

$$V1 = 1 \times 0.7 \times 0.5$$

$$V1 = 0.35 \text{ m}^3$$

Volume de triangle :

$$V2 = \frac{1}{2} \times b \times hb \times H$$

Avec :

b : base du triangle

hb : hauteur du triangle

H : hauteur du prisme

$$V2 = \frac{1}{2} \times 0.21 \times 0.5 \times 1$$

$$V2 = 0.0525 \text{ m}^3$$

Volume de grillage :

$$V3 = \frac{1}{2} \times \pi \times r^2 \times h$$

Avec :

r : le rayon de la base de cylindre

h : hauteur du cylindre

$$V3 = \frac{1}{2} \times \pi \times 0.205^2 \times 1$$

$$V3 = 0.066 \text{ m}^3$$

Volume de l'axe :

$$V4 = \pi \times r^2 \times h$$

Avec :

r : le rayon de la base de l'axe

h : hauteur du l'axe

$$V4 = \pi \times 0.0375^2 \times 1$$

$$V4 = 0.0044 \text{ m}^3$$

Le volume total :

$$V_T = V1 + (2 \times V2) + (V3 - V4)$$

$$V_T = 0.5166 \text{ m}^3$$

- **Calcul de la masse :**

m : La masse des déchets

ρ : La densité des déchets

V_T : Le volume total

Avec :

$$\rho = \frac{m}{V_T} \quad \text{Donc :} \quad m = \rho \times V_T$$

AN :

$$m = 800 \times 0.5188$$

$$m = 398.54 \text{ kg}$$

Alors : La quantité maximale que peut supporter ce broyeur est 398.54 kg

IV.6. CALCUL DE LA RESISTANCE DE L'ARBRE :

IV.6.1. CALCUL DE LA FORCE DE COUPE (Ft) :

Pour les données connues, il est temps de calculer la force de coupe (Ft) appliquée sur l'arbre pour couper les déchets bio .

La formule de la puissance utile comme suit :

$$P = Cr.\Omega$$

Où :

- P est la puissance utile du moteur qui entraîne le broyeur en KW,
- Cr est le couple résistant, avec Cr = Cm (couple moteur) en m.N,

Cr peut s'exprimer comme suite :

$$Cr = Cm = Ft.R$$

Où

- Ft est la force de coupe des déchets bios en kN,
- R est distance entre milieu de l'arbre et la coupe de lame en mm R= 200 mm

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

$$P = Ft.R.\omega$$

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

$$Ft = \frac{P}{R \times \omega}$$

Avec :

$\omega = \frac{2\pi N}{60}$, N est la vitesse de rotation de l'arbre et égale à 600 tr/mn, d'où $\omega = 62.83 \text{ rad/s}$.

Donc :

$$Ft = 1.19 \text{ kN}$$

IV.6.2. CALCUL LA TORSION DE L'ARBRE :

On a :

$\sigma_p < Re$ avec : $Re = \sigma_e = 300 \text{ MPa}$ (Re : Résistance d'élastique)

s c'est le coefficient de sécurité s = 2 pour cette étude

Avec :

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

Où :

- σ_p est la résistance pratique du matériau en MPA,

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

D'où la relation devient :

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

AN :

$$\sigma_p = \frac{300}{2} \Rightarrow \sigma_p = 150 \text{ MPa}$$

D'après la documentation technique (technique de l'ingénieur) :

$$\tau_e = 0.7\sigma_e \Rightarrow \tau_p = 0.7\sigma_p$$

Où :

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

Application numérique :

$$\tau_p = 0.7 \times 300 \Rightarrow \tau_p = 210 \text{ MPa}$$

Premièrement je vais calculer le moment de torsion de l'arbre qui porte les lames, dans le but de vérifier la résistance de l'arbre :

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

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

Où :

- M_t est le moment de torsion de l'arbre en N.mm.
- I_o est le moment quadratique polaire en mm⁴,
- y est le rayon de l'arbre (section circulaire, $y = R$) en mm
- R est distance entre milieu de l'arbre et la coupe de lame

Où :

Le moment M_t :

$$M_t = F_t \times R$$

AN :

$$M_t = 1193.69 \times 200 \Rightarrow M_t = 238739.45 \text{ N.mm}$$

Le moment quadratique I_o :

$$I_o = \frac{\pi d^4}{32}$$

AN :

$$I_o = 17.52 \times 10^5 \text{ mm}^4$$

La contrainte maximale τ_{max} :

$$\tau_{max} = 4.32 \text{ MPa} \leq 300 \text{ MPa}$$

IV.6.3. CALCUL LA FLEXION DE L'ARBRE :

Pour calculer la flexion de l'arbre qui porte des lames il faut déterminer la contrainte maximale à la flexion.

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

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

Où :

- σ_e est la résistance d'élasticité du matériau en MPa
- σ_p est la résistance pratique du matériau en MPa
- S est le coefficient de sécurité, pour cette étude $s = 2$

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

$$\sigma_p = \frac{300}{2} \Rightarrow \sigma_p = 150 \text{ MPa}$$

- I_{gz} est le moment d'inertie en mm^4

$$I_{gz} = \frac{\pi d^4}{32}$$

- d est le diamètre de l'arbre en mm

$$d = 65 \text{ mm}$$

- y est le rayon de l'arbre en mm

$$y = 32.5$$

- MF max est le moment fléchissant max

Dans notre cas on a une charge répartie de poids des déchets et de l'arbre, donc :

Le moment fléchissant max doit être : $Mfmax = \frac{ql^2}{8}$

Avec :

q est la charge répartie en N/mm

$$q = \frac{P}{L}$$

L est la longueur de l'arbre en mm

$$L = 846.92 \text{ mm}$$

P est le poids des déchets et de l'arbre en N

$$P = (m_d + m_a) \times g$$

g est la gravité en N / Kg

$$g = 9.81 \text{ N / Kg}$$

md , ma sont les masses des déchets et de l'arbre en Kg

$$m_d = 364 \text{ Kg} / m_a = 34.54 \text{ Kg}$$

AN :

Le poids p :

$$P = (364 + 34.54) \times 9.81$$

$$P = 3909.67 \text{ N}$$

La charge répartie q :

$$q = \frac{3909.67}{846.92}$$

$$q = 4.61 \text{ N / mm}$$

Le moment fléchissant max :

$$M_{fmax} = \frac{4.61 \times 846.92^2}{8}$$

$$M_{fmax} = 4.14 \times 10^5 \text{ N.mm}$$

Le moment d'inertie I_{gz} :

$$I_{gz} = \frac{\pi \times 65^4}{32}$$

$$I_{gz} = 1.75 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

La contrainte maximale a la flexion :

$$\sigma_{max} = \frac{4.14 \times 10^5}{1.75 \times 10^6} \times 32.5$$

$$\sigma_{max} = 7.68 \text{ MPa}$$

Alors :

$$\sigma_{max} = 7.68 \text{ MPa} \leq \sigma_p = 150 \text{ MPa}$$

IV.7. Conclusion :

Ce chapitre permis à calculer et dimensionner des différents partis de nouveau broyeur 2

CHAPITRE 5 :

CONCEPTION ET

SIMULATION DE

BROYEUR

AMELIORER

V.1. INTRODUCTION :

Après avoir dimensionné et calculé l'axe du broyeur, il est maintenant temps de comparer les résultats théoriques obtenus avec les résultats donnés par le logiciel de simulation (maillage volumique), et de développer un modèle géométrique précis qui représente fidèlement la structure en 3D.

V.2. MODÉLISATION GÉOMÉTRIQUE DU BROYEUR

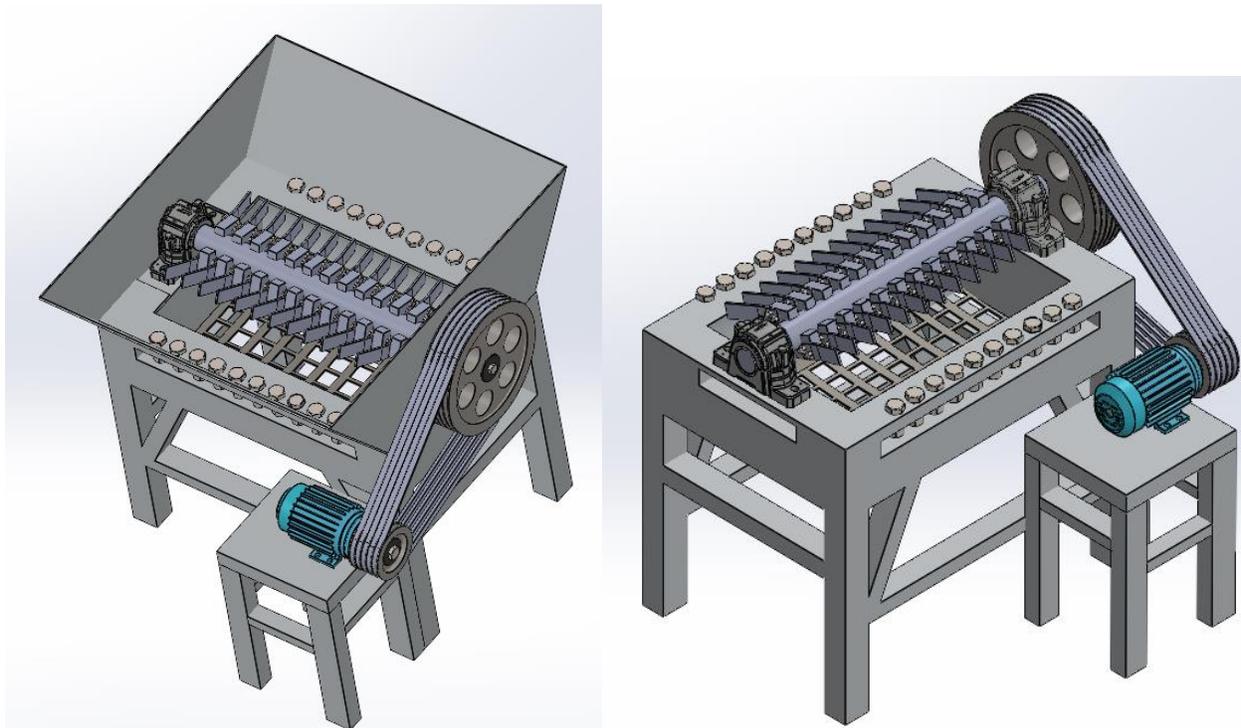
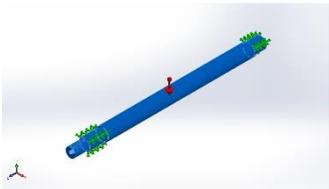


Figure V.1 : Assemblage fini du broyeur amélioré

V.3. MODÉLISATION NUMÉRIQUE DE L'AXE DE BROYEUR (SIMULTION)

V.3.1. APPLICATION DES CONDITIONS AUX LIMITES

V.3.1.1 Déplacements et efforts imposé sur l'arbre

| Nom du document et référence | Traité comme | Propriétés volumétriques |
|---|-----------------|--|
|  | Corps volumique | Masse:35,0278 kg Volume:0,00449074 m ³ Masse volumique:7 800 kg/m ³ Poids:343,272 N |

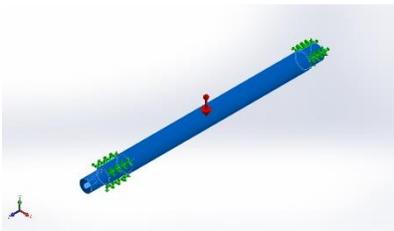
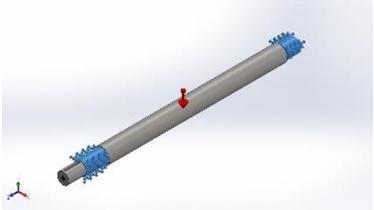
| Référence du modèle | Propriétés |
|---|---|
|  | Nom: 1.7244 (18CrMoS4) Type de modèle: Linéaire élastique isotropique Critère de ruine par défaut: Contrainte de von Mises max. Limite d'élasticité: 2,95594e+08 N/m ² Limite de traction: 5,5e+08 N/m ² Module d'élasticité: 2,1e+11 N/m ² Coefficient de Poisson: 0,28 Masse volumique: 7 800 kg/m ³ Module de cisaillement: 7,9e+10 N/m ² Coefficient de dilatation thermique: 1,1e-05 /Kelvin |

Tableau V.1 : Propriétés du matériau de l'arbre

- En Flexion

| Nom du déplacement imposé | Image du déplacement imposé | Détails du déplacement imposé |
|---------------------------|---|--|
| Fixe-1 |  | Entités: 2 face(s) Type: Géométrie fixe |

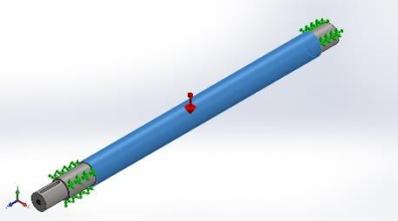
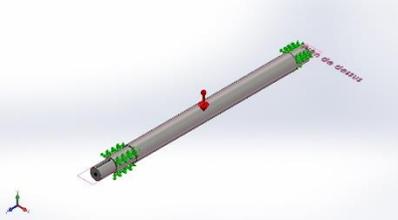
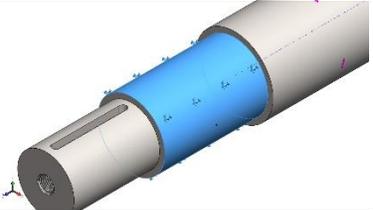
| Nom du chargement | Image du chargement | Détails du chargement |
|--------------------|---|---|
| Masse distribuée-1 |  | Entités: 1 face(s) Masse à distance: 364 kg |
| Gravité1 |  | Référence: Plan de dessus Valeurs: 0 0 -9,81 Unités: m/s ² |

Tableau V.2 : Actions extérieures sur l'arbre en flexion

- EN TORSION

| Nom du déplacement imposé | Image du déplacement imposé | Détails du déplacement imposé |
|---------------------------|---|--|
| Fixe-1 |  | Entités: 1 face(s) Type: Géométrie fixe |

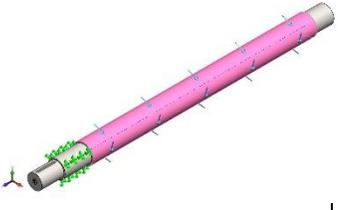
| Nom du chargement Imposé | Image du chargement | Détails du chargement |
|--------------------------|--|---|
| Couple-1 |  | Référence: Face< 1 > Type: Moment de torsion Valeur: 238,739 N.m |

Tableau V.3 : Actions extérieures sur l'arbre en torsion

V.4. VERIFICATION DES RESULTATS

V.4.1. En flexion

| Nom | Type | Min | Max |
|--------------|-------------------------------|--|--|
| Contraintes1 | VON : contrainte de von Mises | 1,861e+02N/m ² Noeud: 6237 | 8,110e+06N/m ² Noeud: 4195 |

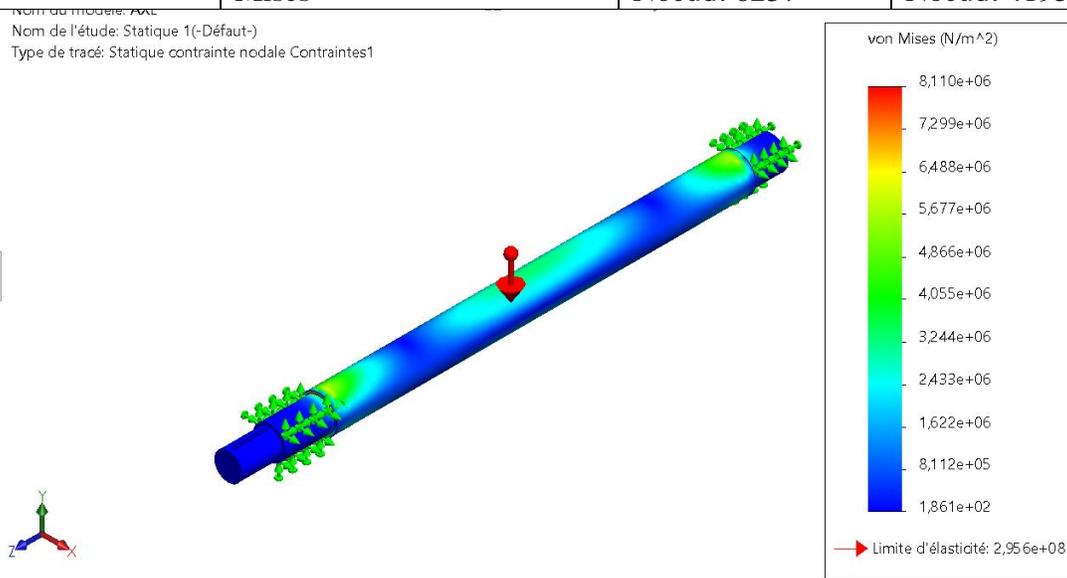


Figure V.2 : Présentation de contrainte de Von Mises dû à la flexion de l'arbre

| Nom | Type | Min | Max |
|---------------|------------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| Déplacements1 | URES : Déplacement résultant | 1,000e-30mm Noeud: 32 | 2,114e-02mm Noeud: 10392 |

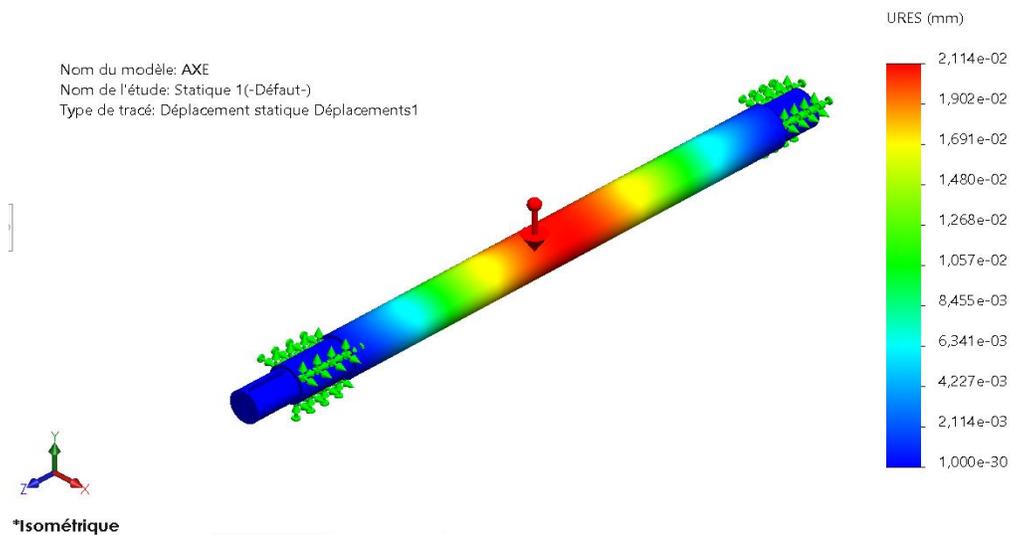


Figure V.3 : Déplacement résultant de l'arbre en flexion

| Nom | Type | Min | Max |
|---------------|---------------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| Déformations1 | ESTRN : Déformation équivalente | 1,317e-09 Elément: 11432 | 4,441e-05 Elément: 7346 |

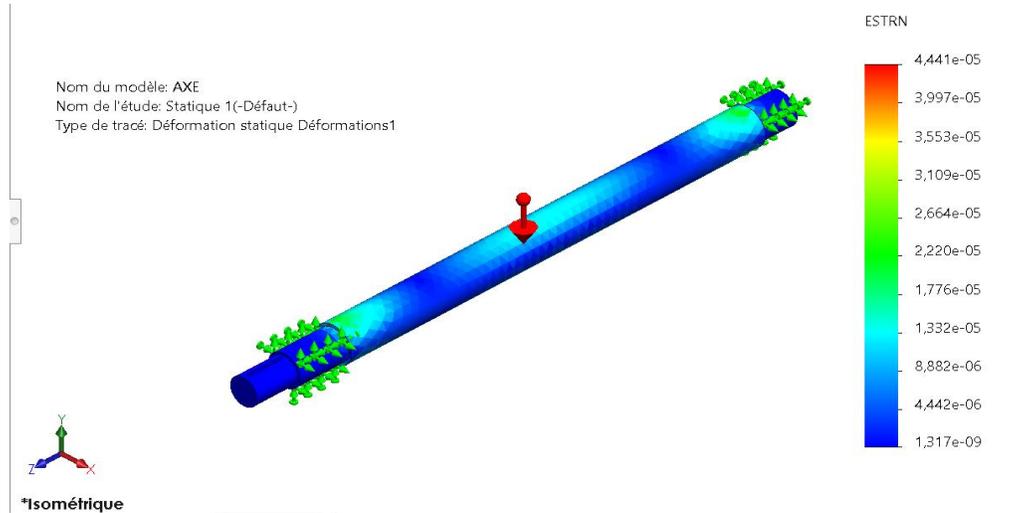


Figure V.4 : Déformation équivalente de l'arbre en flexion

En torsion

| Nom | Type | Min | Max |
|--------------|-------------------------------|---|--|
| Contraintes1 | VON : contrainte de von Mises | 1,165e-07N/mm ² Noeud: 7589 | 6,844e+00N/mm ² Noeud: 13642 |

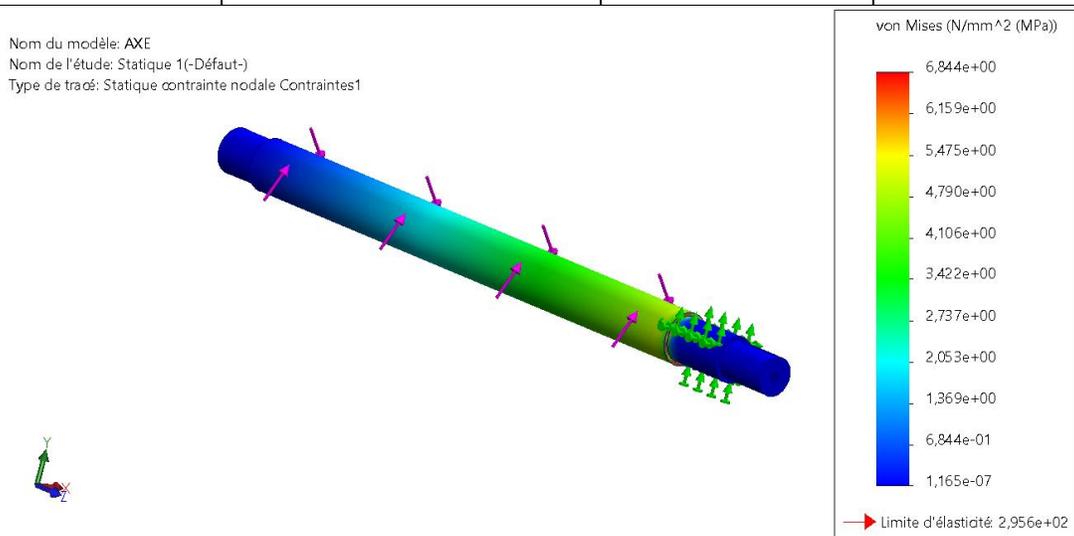


Figure V.5 : Graphe de contrainte de Von Mises (arbre soumis à la torsion)

| Nom | Type | Min | Max |
|---------------|------------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| Déplacements1 | URES : Déplacement résultant | 1,000e-30mm Noeud: 32 | 1,524e-02mm Noeud: 19664 |

Nom du modèle: AXE
 Nom de l'étude: Statique 1(-Défaut-)
 Type de tracé: Déplacement statique Déplacements1

URES (mm)

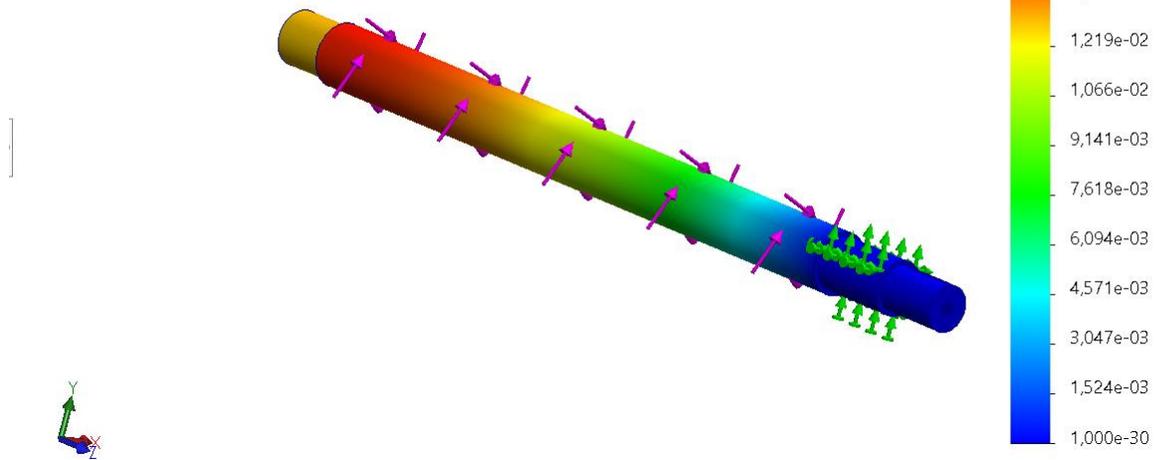


Figure V.6 : Graphe de déplacements (arbre soumis à la torsion)

| Nom | Type | Min | Max |
|---------------|---------------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| Déformations1 | ESTRN : Déformation équivalente | 2,368e-13 Elément: 10648 | 3,257e-05 Elément: 7346 |

Nom du modèle: AXE
 Nom de l'étude: Statique 1(-Défaut-)
 Type de tracé: Déformation statique Déformations1

ESTRN

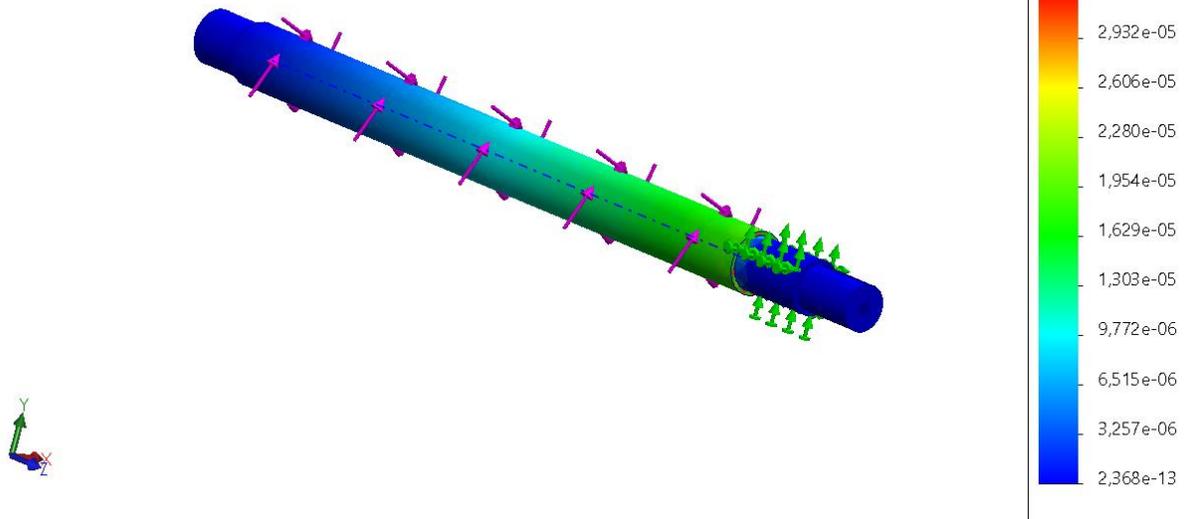


Figure V.7 : Graphe de Déformations (arbre soumis à la torsion)

V.5. COMPARAISON ENTRE LES DEUX BROYEUR

| | Moteur électrique (Vitesse) | Longueur de l'axe | Masse de l'axe | Nombre de lame | Nombre de courroie |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|
| Broyeur standard | 3000 (tr / min) | 1790 (mm) | 118,455 (kg) | 30 | 3 |
| Broyeur améliorer | 1500 (tr / min) | 1100 (mm) | 35 (kg) | 18 | 5 |

Tableau V.4 : Comparaison des résultats

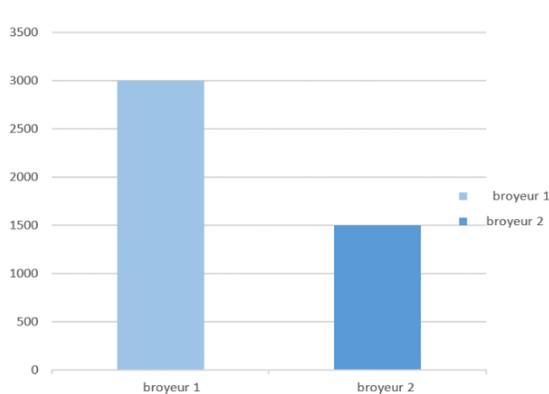


Figure V.8 : graphe de la vitesse de rotation

De moteur En fonction des broyeur

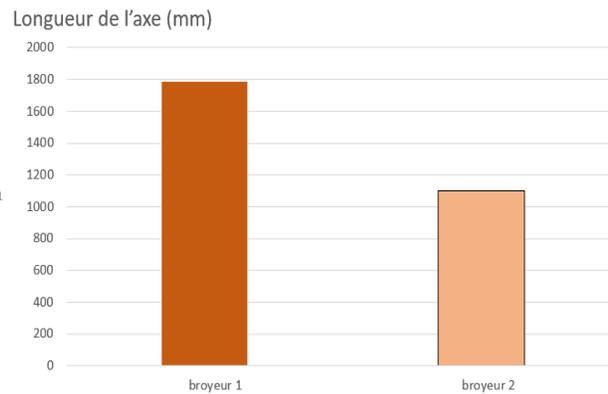


Figure V.9 : graphe de la longueur de l'axe

En fonction des broyeurs

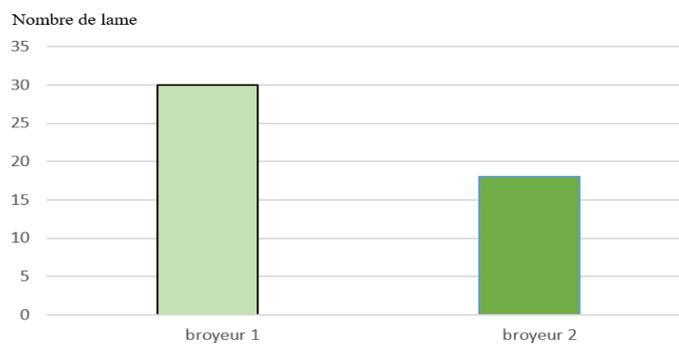


Figure V.10 : graphe de nombre de lame en fonction des broyeurs

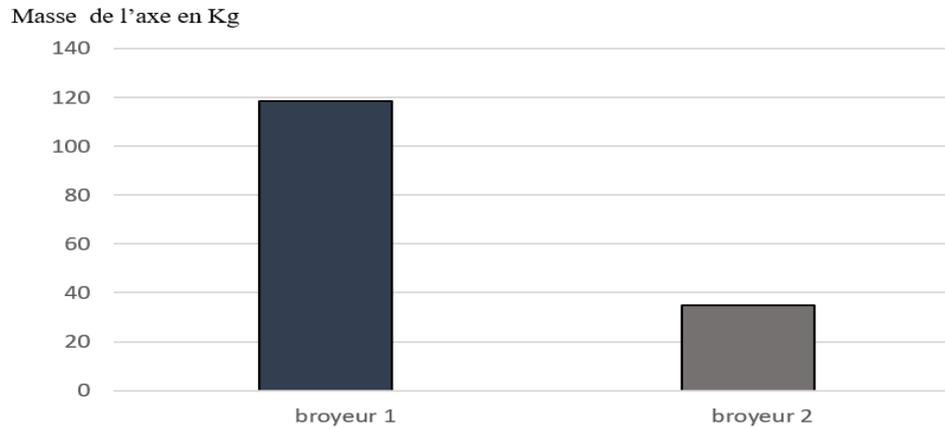


Figure V.11 : graphe de la masse en fonction des broyeurs

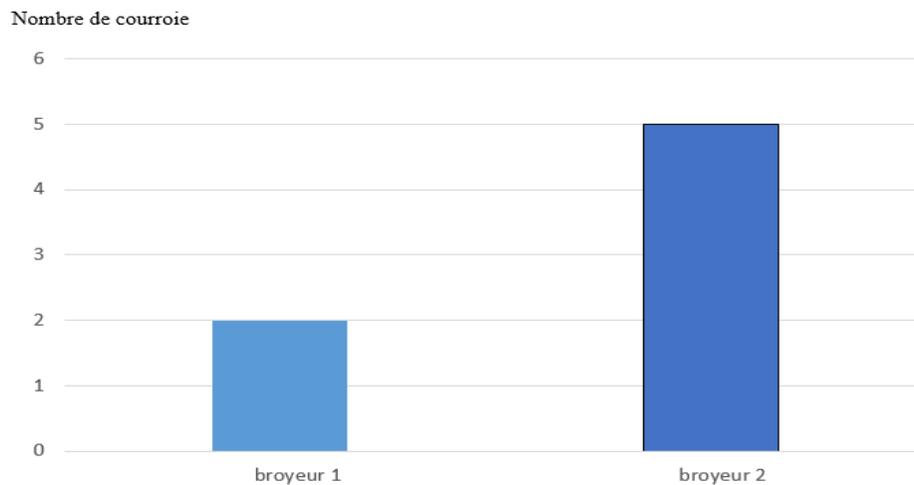


Figure V.12 : graphe de nombre de courroie en fonction des broyeurs

V.6. CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons réalisé le maillage de l'élément le plus sollicité de la structure, qui est l'arbre du broeur 2. Selon les résultats de la simulation, nous avons trouvé que la résistance est vérifiée.

LISTE DES REFERENCES

- [1]- <https://tri-logic-idf.fr/comprendre-les-broyeurs-industriels-fonctionnement-et-differents-types/>
- [2]- <https://biblio.univ-annaba.dz/ingeniorat/wp-content/uploads/2022/02/BELABED-Noui.pdf>
- [3]- <https://www.multi-moteur.com/122-moteur-electrique-almo-mh3-triphas-230-400v-3000-tr-min-18-5-kw-bride-b3.html>
- [4]- <https://elearning-facsci.univ-annaba.dz/mod/resource/view.php?id=8954>
- [5]- http://www.zpag.net/Tecnologies_Indistrielles/transmission_courroies.htm
- [6]- <https://www.techniques-ingenieur.fr/>
- [7]- <https://www.autodesk.fr/solutions/cad-software>
- [8]- <https://blog.topsolid.com/fr/cao/>

Conclusion générale

Les engrais organiques sont transformés en engrais bio dans un processus complexe et nécessitent une ligne de production qui continents plusieurs types de machines.

Notre étude est focalisée sur la machine de broyage de ces déchets.

Dans ce travail nous avons analyse le principe de fonctionnement de notre machine Broyeur standard et essayer de trouver des nouvelles opportunités de développement de cette machine.

Les calculs réalisés par le logiciel SOLIDWORKS ont montre quelques inconvénients de ces dernières :

Manque de paramètres technologique de conception, emplacement du moteur, grand gabarit de l'axe et de la trémie.

Nous avons réalisé une nouvelle conception de broyeur avec des performances plus développer et avec des paramètres technologiques normalise

Cette étude nous a permit de développer un nouveau broyeur avec des paramètres techniques développes : nouveau moteur, plus simplifie avec des lames de nouvelle forme et moins de nombre

Notre étude nous a permet de réaliser une nouvelle conception avec un poids moins que la machine précédente.

Tous les calculs en RDM sont dans l'intervalle reçues et avec un coefficient de sécurité normalise.

Nous estimons que la nouvelle conception est plus performante et doit fonctionne dans des conditions plus fiables et doit satisfait les besoin de consommateurs de ces produits