

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبي بكر بلقايد - تلمسان

Université Aboubakr Belkaïd – Tlemcen –

Faculté de TECHNOLOGIE



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme** de **MASTER**

En : Génie Mécanique

Spécialité : Construction Mécanique

Par : **DERRAS Mohammed**

Sujet

**Etude et conception d'un broyeur pour les matériaux
plastiques**

Soutenu, le /09/2020 , devant le jury composé de :

M. HAMZA CHERIF Sidi Mohamed
M. KARA ALI DJAMEL
M. SERDOUN Nadjib
M. BELALIA Sidi Ahmed

MCA
MCB
MCA
Pr

Univ. Tlemcen
Univ. Tlemcen
ESSA Tlemcen
Univ. Tlemcen

Président
Examineur
Encadreur
Co-encadreur

Dédicaces

Je dédie ce projet :

À ma chère mère,

*Qui n'a jamais cessé, de formuler des prières à mon égard, de me soutenir et de m'épauler pour que je puisse atteindre mes objectifs. **Merci MAMAN***

À mon cher père,

À ma chère sœur HADJER ALLAH yarhamha,

À mes frères, Oussama et le plus beau Charaf Eddine,

À ma chère MEHIAOUI Soumicha et toute sa famille,

Qui m'a aidé et supporté dans tous les moments et pour tous ce qu'elle m'a offerte

À la mémoire de mes grands-parents,

À toute ma famille

À tous les enseignants du département de Génie Mécanique

Pour leur indéfectibles soutiens et leur patiences infinie

À mes chers ami(e)s

À tous ceux qui, par un mot, m'ont donné la force de continuer

DERRAS Mohammed

Remerciement

Je remercie avant tout ALLAH le tout puissant de m'avoir donné la foi, la Volonté et le courage de mener à bien ce modeste travail.

Je remercie mes promoteur M.SERDOUN NADJIB et M. BELALIA SID AHMED

Mes grands remerciements également aux membres du jury d'avoir accepté de juger mon Travail.

Je remercie également tous les enseignants qui ont participé à ma formation.

Enfin, je tiens à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Merci à vous tous...

Résumé

Ce modeste travail de fin d'études s'inscrit sous le cadre de recyclage de plastique, et plus précisément sur l'étude de la machine qui exécute la partie la plus importante à savoir le broyeur des matériaux plastiques.

En premier lieu, ce travail définit le plastique et ces types ainsi que le recyclage et tout type de broyeur existant, puis met en évidence et en détaille tout parti qui constitue le broyeur de matériaux plastiques, âpre vient l'étape de choix des systèmes et dimensionnements des différentes pièces du broyeur, et en dernier lieu simuler les pièces les plus importantes du broyeur (lame et arbre porte-lames).

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

Abstract

This modest end-of-study work falls under the framework of plastic recycling, and more precisely on the study of the machine that executes the most important part, namely the plastic shredder materials.

First of all, this work defines the plastic and these types as well as the recycling and any type of existing shredder, then highlights and details any part that constitutes the plastic shredder, then comes the step of choosing the system and sizing of the different parts of the shredder, and finally simulates the most important parts of the shredder (blade and blade holder shaft).

In particular, this mill is known in a meticulous way so that it adapts to the Algerian market and to the industrial safety standard.

ملخص

يندرج هذا العمل المتواضع لنهاية الدراسة في إطار إعادة تدوير البلاستيك، وبشكل أكثر دقة في دراسة الآلة التي تنفذ الجزء الأكثر أهمية، ألا وهو تمزيق المواد البلاستيكية.

أولاً، يعرف هذا العمل البلاستيك ولأنواعه بالإضافة إلى إعادة التدوير وكذلك جميع أنواع آلة التقطيع الموجودة، ثم يبرز ويوضح جميع الأجزاء التي تشكل آلة التقطيع البلاستيكية، ثم تأتي خطوة اختيار النظام وتحجيم الأجزاء المختلفة من آلة التقطيع، وأخيراً يحاكي أهم أجزاء آلة التقطيع (الشفرة وعمود حامل الشفرات).

بشكل خاص، إن هذه الآلة مصممة بشكل دقيق بحيث تتكيف مع السوق الجزائرية ومع معيار السلامة

الصناعية

Sommaire

LISTE DES SYMBOLES	XI
LISTE DES TABLEAUX	XII
LISTE DES FIGURES.....	XIII
INTRODUCTION GENERALE.....	- 1 -

CHAPITRE 1 : GENERALITE SUR PLASTIQUE ET MACHINE DE BROYAGE

1. INTRODUCTION.....	- 5 -
2. GENERALITE SUR LES MATIERES PLASTIQUES	- 5 -
2.1. DEFINITION DE PLASTIQUES	- 5 -
2.2. CARACTÉRISTIQUE DE PLASTIQUE.....	- 6 -
2.2.1. DIFFERENTS TYPES DE PLASTIQUES	- 6 -
2.2.1.1. Le symbole du recyclage 1	- 7 -
2.2.1.2. Le symbole du recyclage 2	- 7 -
2.2.1.3. Le symbole du recyclage 3	- 8 -
2.2.1.4. Le symbole du recyclage 4	- 8 -
2.2.1.5. Le symbole du recyclage 5	- 8 -
2.2.1.6. Le symbole du recyclage 6	- 9 -
2.2.1.7. Le symbole du recyclage 7	- 9 -
2.2.2. PROPRIETES VISUELLES.....	- 10 -
2.2.3. PROPRIETES DE FLOTTABILITE.....	- 11 -
3. GENERALITES SUR LE RECYCLAGE DES MATIÈRES PLASTIQUES	- 11 -
3.1. DEFINITION DE RECYCLAGE	- 11 -
3.2. USINE DE RECYCLAGE.....	- 12 -
3.2.1. ETAPES DE RECYCLAGE BOUTEILLE DE PLASTIQUE	- 12 -
3.2.1.1. UNITE DE BROYAGE, LAVAGE ET SECHAGE :.....	- 12 -
.(a). DECOMPACTAGE	- 12 -
.(b). 1 ^{ER} NETOYAGE (NETOYAGE A SEC).....	- 12 -
.(c). BROYAGE	- 13 -
.(d). 2 ^{EME} NETOYAGE (A CHAUD).....	- 13 -
.(e). 3 ^{EME} NETOYAGE (A FROID)	- 13 -

.(f).	RINSAGE.....	- 13 -
.(g).	SECHAGE.....	- 13 -
.(h).	EMBALLAGES.....	- 13 -
3.2.1.2.	UNITE DE GRANULATION :	- 14 -
.(a).	BROYAGE DES PAILLETES DE PLASTIQUE PROPRES.....	- 14 -
.(b).	EXTRUSION	- 14 -
.(c).	REFROIDISSEMENT PAR EAU.....	- 15 -
.(d).	SECHAGE.....	- 15 -
.(e).	GRANULATION	- 15 -
4.	GENERALITES SUR LES BROYEURS	- 15 -
4.1.	DEFINITION DE BROYAGE	- 15 -
4.2.	DEFINITION D'UN BROYEUR	- 17 -
4.3.	CARACTÉRISTIQUE DU BROYEUR	- 17 -
4.3.1.	Le broyeur grand public contre le déchiqueteur industriel.....	- 17 -
4.3.2.	L'utilisation du déchiqueteur dans la gestion des déchets.....	- 17 -
4.3.3.	L'utilisation de broyeur dans le recyclage	- 18 -
5.	TYPES DES BROYEURS.....	- 19 -
5.1.	Broyeur à un arbre	- 19 -
5.1.1.	Broyeur à axe verticale	- 19 -
5.1.2.	Broyeur mono-rotor	- 19 -
5.2.	Broyeur à deux arbres	- 22 -
5.3.	Broyeur à trois arbres et à quatre arbres	- 23 -
6.	CONCLUSION	- 24 -

CHAPITRE 2 : BROYEURS DES MATERIAUX PLASTIQUE

1.	INTRODUCTION.....	- 26 -
2.	BROYEURS DES BOUTEILLES PLASTIQUES	- 26 -
2.1.	DIFFERENTS ELEMENTS D'UN BROYEUR.....	- 26 -
3.	CAHIER DE CHARGE DU BROYEUR DES BOUTEILLES DE PLASTIQUE	- 27 -
3.1.	ANALYSE FONCTIONNELLE ET ETUDE DE FESABILITE	- 27 -
3.1.1.	DIAGRAMME BÊTE À CORNES.....	- 28 -
3.1.2.	DIAGRAMME DE PIEUVRE.....	- 28 -
3.1.3.	DIAGRAMME FAST.....	- 29 -
4.	CONCLUSION	- 30 -

CHAPITRE 3 : CALCUL ET DIMENSIONNEMENT

1.	INTRODUCTION.....	- 32 -
2.	SCHÉMA CINEMATIQUE.....	- 32 -

3.	CRITERE DE CHOIS ET CALCUL RDM DES ELEMENTS SOLLICITER DANS LE BROEUR.....	- 33 -
3.1.	<i>INTRODUCTION</i>	- 33 -
3.2.	<i>CRITERE DE CHOIS ET CALCUL DES ELEMENT DE BROEUR</i>	- 33 -
3.2.1.	Moteur électrique	- 33 -
3.2.1.1.	Critères de choix d'un moteur.....	- 33 -
3.2.1.2.	CARACTÉRISTIQUES DU MOTEUR UTILISE.....	- 35 -
3.2.2.	DIMENSIONNEMENT DE L'ARBRE PORTE LAMES	- 36 -
3.2.2.1.	CALCUL DE L'ARBRE A LA FLEXION	- 36 -
.(a).	CALCUL DE LA FORCE DE COUPE (F_T) DU PLASTIQUE.....	- 36 -
.(b).	CALCUL DES REACTION R_A ET R_B	- 37 -
.(c).	CALCUL DES MOMENTS FLECHISSANT	- 39 -
.(d).	CALCUL DU DIAMETRE DE L'ARBRE A LA FLEXION :	- 39 -
.(e).	CALCUL DU DIAMETRE DE L'ARBRE A LA TORSION	- 43 -
.(f).	VERIFICATION AUX SOLLICITATIONS COMPOSEES.....	- 44 -
3.2.2.2.	DIMENSIONNEMENT DES LAMES	- 45 -
.(a).	MATERIAUX UTILISES.....	- 45 -
.(b).	CALCUL DE LA LONGUEUR TOTALE DES LAMES.....	- 46 -
3.2.3.	SYSTEME REDUCTEUR MECANIQUE	- 47 -
3.2.3.1.	TECHNOLOGIES PRINCIPALES.....	- 47 -
3.2.3.2.	PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DES REDUCTEURS	- 47 -
3.2.3.3.	CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DU SYSTEME POULIE-COURROIE.....	- 48 -
.(a).	Avantages	- 49 -
.(b).	Inconvénients.....	- 49 -
3.2.3.4.	LES DIFFERENTS TYPES DE COURROIES ET POULIES.....	- 49 -
3.2.3.5.	DIMENSIONNEMENT DU SYSTEME COURROIE POLIE	- 50 -
3.2.4.	SYSTEME ENGRENAGE	- 59 -
3.2.4.1.	GENERALITES SUR LES ENGRENAGES.....	- 59 -
3.2.4.2.	CALCUL DES ENGRENAGES CHOISIS.....	- 61 -
3.2.5.	SYSTEME DE CLAVETAGE	- 63 -
3.2.5.1.	GENERALITE SUR LES CLAVETTES	- 63 -
3.2.5.2.	DIMENSIONNEMENT DES CLAVETTES.....	- 63 -
.(a).	CARACTERISTIQUES DES QUATRE CLAVETTES.....	- 64 -
.(b).	CALCUL DES QUATRE CLAVETTES	- 65 -
3.2.6.	SYSTEME DE GUIDAGE EN ROTATION	- 67 -
3.2.6.1.	GENERALITES SUR LE GUIDAGE EN ROTATION	- 67 -
3.2.6.2.	SYSTEME DES ROULEMENTS	- 68 -
.(a).	Composition d'un roulement	- 68 -
.(b).	Les différents types de roulement.....	- 69 -
.(c).	Choix du roulement.....	- 70 -

.(d).	Caractéristique du roulement à billes.....	- 70 -
.(e).	Désignation du roulement.....	- 71 -
.(f).	Durée de vie du roulement.....	- 71 -
4.	CONCLUSION.....	- 72 -

CHAPITRE 4 : MODELISATION ET SIMULATION

1.	GENERALITE.....	- 74 -
1.1.	<i>INTRODUCTION.....</i>	- 74 -
1.2.	<i>DEFINITION DE LA CAO.....</i>	- 74 -
1.3.	<i>Principe et utilisation de la CAO.....</i>	- 74 -
1.4.	<i>LES AVANTAGES ET LES INCONVENIENTS DE LA CAO.....</i>	- 74 -
1.4.1.	LES AVANTAGES DE LA CAO.....	- 74 -
1.4.2.	LES INCONVENIENTS DE LA CAO.....	- 75 -
1.5.	<i>LOGICIEL UTILISEE.....</i>	- 76 -
1.6.	<i>LES DIFFERENTES UTILISATIONS DE SOLIDWORKS.....</i>	- 76 -
2.	MODELISATION GEOMETRIQUE DU BROEUR.....	- 77 -
3.	ASSEMBLAGE DES ELEMENTS DU CORPS DU BROEUR.....	- 78 -
3.1.	<i>CORPS DU BROEUR.....</i>	- 78 -
3.2.	<i>ASSEMBLAGE DES LAMES SUR LES DEUX ARBRE.....</i>	- 79 -
3.1.	<i>MODELISATION GEOMETRIQUE DE CORPS DU BROEUR.....</i>	- 80 -
4.	MODELISATION GEOMETRIQUE DES PRINCIPAUX ORGANES DU BROEUR.....	- 81 -
4.1.	<i>MODELISATION GEOMETRIQUE DE L'ARBRE PORTE LAMES.....</i>	- 81 -
4.2.	<i>MODELISATION GEOMETRIQUE DE LA LAME.....</i>	- 82 -
4.3.	<i>MODELISATION GEOMETRIQUE DE L'ENGRENAGE.....</i>	- 83 -
4.4.	<i>MODELISATION GEOMETRIQUE DE LA GRANDE POULIE.....</i>	- 84 -
4.5.	<i>MODELISATION GEOMETRIQUE DE LA PETITE POULIE.....</i>	- 84 -
5.	MODELISATION NUMERIQUE DES PRINCIPAUX ORGANES DU BROEUR (SIMULATION).....	- 85 -
5.1.	<i>INTRODUCTION AUX ELEMENTS FINIS.....</i>	- 85 -
5.2.	<i>LE MAILLAGE.....</i>	- 85 -
5.2.1.	DIFFERENTS TYPES DE MAILLAGE.....	- 85 -
5.2.1.1.	Maillage linéaire.....	- 85 -
5.2.1.2.	Maillage surfacique.....	- 85 -
5.2.1.3.	Maillage volumique.....	- 86 -
5.2.2.	GENERATION D'UN MAILLAGE DES PIECES DU BROYAGE.....	- 86 -
6.	APPLICATION DES CONDITIONS AUX LIMITES.....	- 87 -
6.1.	<i>Déplacements et efforts imposé sur la lame.....</i>	- 87 -
6.2.	<i>Déplacements et efforts imposé sur l'arbre.....</i>	- 89 -

6.2.1.	EN FLEXION	- 90 -
6.2.2.	EN TORSION	- 92 -
7.	VERIFICATION DES RESULTATS.....	- 94 -
7.1.	<i>LAME</i>	- 94 -
7.2.	<i>ARBRE</i>	- 97 -
7.2.1.	ANALYSE STATIQUE DE L'ARBRE ON FLEXION	- 97 -
7.2.2.	ANALYSE STATIQUE DE L'ARBRE EN TORSION :	- 100 -
8.	SIMULATION DE L'ASSEMBLAGE ARBRE ET UNE LAME	- 103 -
9.	CONCLUSION	- 108 -
	CONCLUSION GENERALE	- 109 -
	BIBLIOGRAPHIE ET WEBOGRAPHIE.....	- 111 -
	ANNEXE.....	- 113 -

Liste des symboles

Symboles	Définition	Unité
Re	Limite d'élasticité de l'acier	Mpa
σ_p	Resistance pratique de l'acier	Mpa
τ_r	Limite de rupture du plastique	Mpa
s	Coefficient de sécurité	/
Cr	Couple résistant	m.N
Ft	Force tangentielle	KN
D	Diamètre de l'arbre	Mm
P	Puissance utile du moteur	Kw
Cm	Couple mécanique	m.N
Mf	Moment fléchissant	m.N
Igz	Moment d'inertie	m.N
Io	Moment polaire	m.N
R	Rayon de l'arbre	mm
Mt	Moment de torsion	m.N
Ω	Vitesse angulaire	rad.s-1
e	Epaisseur de plastique	mm
S	La surface de plastique à couper	mm ²
L	La longueur totale des lames	mm
l	La longueur totale d'une lame	mm
N	La vitesse de rotation	tr/mn
σ_e	Limite d'élasticité de l'acier	Mpa
y	Rayon de l'arbre	mm

Liste des tableaux

TABLEAU 1: TYPES DE PLASTIQUE RECYCLABLE[1].....	- 6 -
TABLEAU 2 : PROPRIETES VISUELLES	- 10 -
TABLEAU 3: PROPRIETE DE FLOTTABILITE	- 11 -
TABLEAU 4: LES DIFFERENTS ELEMENTS D'UN BROYEUR PLASTIQUE.....	- 27 -
TABLEAU 5: DESIGNATION ET NOMBRE D'ELEMENT DU SCHEMA CINEMATIQUE.....	- 32 -
TABLEAU 6: CARACTERISTIQUES ET DOMAINES D'UTILISATION DES MOTEURS ELECTRIQUES.....	- 34 -
TABLEAU 7: CARACTERISTIQUES MECANQUES MOYENNES DE L'ACIER C 45 (XC 48) (ETAT NORMALISE).....	- 40 -
TABLEAU 8: RECAPITULATIF DU SYSTEME POULIES ET COURROIE [4]	- 49 -
TABLEAU 9: TABLEAU DES PRINCIPALES DIMENSIONS TRAPEZOÏDALES ISO 4183 [12]	- 50 -
TABLEAU 10: TABLEAU QUI PERMET DE CHOISIR LA VALEUR DE Ks [12]	- 53 -
TABLEAU 11: TABLEAU DES DIAMETRES PRIMITIFS DP ET DP SELON LA NORME ISO4183.....	- 55 -
TABLEAU 12: LONGUEURS PRIMITIVES LP DE COURROIE TRAPEZOÏDALE	- 56 -
TABLEAU 13: PUISSANCE DE BASE Pb DE LA COURROIE TRAPEZOÏDALE.....	- 57 -
TABLEAU 14: REPRESENTATION DES SCHEMAS CINEMATIQUE DES DIFFERENTS TYPES D'ENGRENAGES.....	- 61 -
TABLEAU 15: CARACTERISTIQUE D'UN ENGRENAGE DROIT	- 62 -
TABLEAU 16: TOLERANCE POUR CLAVETAGES	- 64 -
TABLEAU 17: CARACTERISTIQUE DE CLAVETTE	- 64 -
TABLEAU 18: PRESSION ADMISSIBLE EN FONCTION DE CONDITION DU TRAVAIL	- 66 -
TABLEAU 19: REPRESENTATION DES TYPES ET LES ELEMENTS CONSTITUANT UN ROULEMENT	- 69 -
TABLEAU 20: CARACTERISTIQUE DU ROULEMENT RIGIDE A BILLES	- 70 -
TABLEAU 21: PROPRIETES DU MATERIAU DE LA LAME	- 87 -
TABLEAU 22: ACTIONS EXTERIEURES	- 87 -
TABLEAU 23: INFORMATIONS SUR LE MAILLAGE DE LA LAME	- 88 -
TABLEAU 24: PROPRIETES DU MATERIAU DE L'ARBRE.....	- 89 -
TABLEAU 25: ACTIONS EXTERIEURES SUR L'ARBRE	- 90 -
TABLEAU 26: INFORMATIONS SUR LE MAILLAGE D'ARBRE EN FLEXION	- 91 -
TABLEAU 27: ACTIONS EXTERIEURES DE L'ARBRE EN TORSION	- 92 -
TABLEAU 28: INFORMATIONS SUR LE MAILLAGE D'ARBRE EN TORSION	- 93 -

Liste des figures

FIGURE 1: LE 7 ^{EME} CONTINENT [2].....	- 2 -
FIGURE 2 : EXEMPLE DE DIFFERANT UTILISATION DE PLASTIQUE [2].....	- 5 -
FIGURE 3: SYMBOLE DE RECYCLAGE [2]	- 11 -
FIGURE 4: UNITE DE BROYAGE, LAVAGE ET SECHAGE [2].....	- 14 -
FIGURE 5: UNITE DE GRANULATION.....	- 15 -
FIGURE 6: MODE DE SOLLICITATION LORS DU BROYAGE	- 16 -
FIGURE 7 : BROYEUR A AXE VERTICAL.....	- 19 -
FIGURE 8: BROYEUR DE BOIS MONO-ROTOR.....	- 20 -
FIGURE 9: BROYEUR DE PAPIER MONO-ROTOR	- 20 -
FIGURE 10: BROYEUR DE SACHET NYLON MONO-ROTOR	- 21 -
FIGURE 11: BROYEUR A BARRES	- 21 -
FIGURE 12: BROYEUR A BOULETTE (A BILLES).....	- 22 -
FIGURE 13: BROYEUR DES VOITURE DEUX ARBRE	- 22 -
FIGURE 14: BROYEUR DE PAPIER.....	- 23 -
FIGURE 15: BROYEUR TROIS ROTORS	- 23 -
FIGURE 16: BROYEUR A QUATRE ROTORS	- 24 -
FIGURE 17: LES DIFFERENTS ELEMENTS D'UN BROYEUR PLASTIQUE.....	- 26 -
FIGURE 18: DIAGRAMME BETE A CORNES.....	- 28 -
FIGURE 19: DIAGRAMME PIEUVRE.....	- 28 -
FIGURE 20: DIAGRAMME FAST.....	- 29 -
FIGURE 21: SCHEMA CINEMATIQUE	- 32 -
FIGURE 22: MOTEUR ASYNCHRONE TRIPHASE.....	- 34 -
FIGURE 23: EXEMPLE DE PLAQUE SIGNALETIQUE DU MOTEUR ASYNCHRONE TRIPHASE	- 35 -
FIGURE 24: REPRESENTATION DES EFFORTS APPLIQUES SUR L'ARBRE.....	- 36 -
FIGURE 25: DIGRAMME DES EFFORTS TRANCHANT	- 38 -
FIGURE 26: DIAGRAMME DES MOMENTS FLECHISSANT.....	- 39 -
FIGURE 27: ILLUSTRATION DE LA FORME HEXAGONALE.....	- 42 -
FIGURE 28: LA LONGUEUR DE LA LAME	- 46 -
FIGURE 29: TECHNOLOGIES POULIE-COURROIE	- 48 -
FIGURE 30: ILLUSTRATION DES DIFFERENTS TYPES DE COURROIES TRAPEZOÏDALES [11].....	- 50 -

FIGURE 31: ORGANIGRAMME DU CALCUL DES COURROIES TRAPEZOÏDALES[12]	- 51 -
FIGURE 32: SCHEMA D'ETUDE[12]	- 52 -
FIGURE 33: GAMME DES PUISSANCES TRANSMISSIBLES PAR TYPE DE COURROIE	- 54 -
FIGURE 34: CONDITION DE CALCULE D'ENTRAXE	- 55 -
FIGURE 35: COEFFICIENT CORRECTEUR EN FONCTION DE LA LONGUEUR PRIMITIVE DE LA COURROIE L_p	- 58 -
FIGURE 36: COEFFICIENT CORRECTEUR FONCTION DE L'ANGLE D'ENROULEMENT θ	- 58 -
FIGURE 37: LES TYPES DE CONTACT DES ENGRENAGES	- 60 -
FIGURE 38: LES DIFFERENTS TYPES D'ENGRENAGES	- 60 -
FIGURE 39: SCHEMAS DES CARACTERISTIQUES D'ENGRENAGES PARALLELES A DENTURE DROITE	- 61 -
FIGURE 40: LES FORMES DES CLAVETTE PARALLELES.....	- 63 -
FIGURE 41: EFFORTS SUR LA CLAVETTE.....	- 65 -
FIGURE 42: ARBRE DE CLASSIFICATION DES DIFFERENTES LIAISONS PIVOTS	- 67 -
FIGURE 43: PRINCIPAUX ELEMENTS CONSTITUTIFS D'UN ROULEMENT	- 68 -
FIGURE 44: ÉVALUATION DES CHARGES SUPPORTEES	- 70 -
FIGURE 45: ASSEMBLAGE FINI DU BROYEUR	- 77 -
FIGURE 46: TOUT L'ASSEMBLAGE DE CORPS DU BROYEUR	- 78 -
FIGURE 47: ASSEMBLAGE DES LAMES SUR LES DEUX ARBRES	- 79 -
FIGURE 48: MODELE 3D DE BATI DE CORPS DU BROYEUR	- 80 -
FIGURE 49: ESQUISSE 2D ET MODELE 3D DE L'ARBRE	- 81 -
FIGURE 50: ESQUISSE 2D ET MODELE 3D DE LA LAME.....	- 82 -
FIGURE 51: ESQUISSE 2D ET MODELE 3D D'ENGRENAGE.....	- 83 -
FIGURE 52: ESQUISSE 2D ET MODELE 3D DE LA PETITE POULIE.....	- 84 -
FIGURE 53: LE MAILLAGE DE LA LAME ET L'ARBRE DU BROYEUR	- 86 -
FIGURE 54: ACTIONS EXTERIEURES SUR L'ARBRE EN FLEXION.....	- 90 -
FIGURE 55: ACTIONS EXTERIEURES SUR L'ARBRE EN TORSION	- 92 -
FIGURE 56: PRESENTATION DU CONTRAINTE DE VON MISES DE LA LAME.....	- 94 -
FIGURE 57: DEPLACEMENT RESULTANT DE LA LAME.....	- 95 -
FIGURE 58: DEFORMATION EQUIVALENTE DE LA LAME	- 96 -
FIGURE 59: PRESENTATION DE CONTRAINTE DE VON MISES DU A LA FLEXION DE L'ARBRE	- 97 -
FIGURE 60: DEPLACEMENT RESULTANT DE L'ARBRE EN FLEXION	- 98 -
FIGURE 61: DEFORMATION EQUIVALENTE DE L'ARBRE EN FLEXION.....	- 99 -
FIGURE 62: GRAPHE DE CONTRAINTE DE VON MISES (ARBRE SOUMIS A LA TORSION)	- 100 -
FIGURE 63: GRAPHE DE DEPLACEMENTS (ARBRE SOUMIS A LA TORSION).....	- 101 -
FIGURE 64: GRAPHE DE DEFORMATIONS (ARBRE SOUMIS A LA TORSION)	- 102 -
FIGURE 65: ASSEMBLAGE D'ARBRE ET UNE LAME.....	- 103 -
FIGURE 66: ILLUSTRATION DES FORCES ET DES DEPLACEMENTS IMPOSES SUR L'ASSEMBLAGE.....	- 104 -
FIGURE 67: FENETRE DE SIMULATION DANS SOLIDWORKS	- 105 -

FIGURE 68: GRAPHE DE CONTRAINTE DE VON MISES D'ASSEMBLAGE - 106 -
FIGURE 69: GRAPHE DE DEPLACEMENTS D'ASSEMBLAGE - 107 -
FIGURE 70: GRAPHE DE DEFORMATIONS D'ASSEMBLAGE..... - 108 -

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Introduction générale

Les chiffres ont de quoi donner le vertige, selon les estimations il y aurait 300 millions de tonnes de plastique dans les océans, principalement des flacons, des bouchons des sacs de plastique, des mégots de cigarette, des fibres synthétiques dues, polystyrènes ...

D'où viennent tous ces déchets ?

À 80% des continents, drainé par les pluies emportées par le vent acheminé par les cours d'eau chaque année ce sont 10 millions de tonnes de plastique qui sont déversées dans les océans, si on ne fait rien en 2050 il y aura plus de plastique que des poisons. À l'aide des gyres océaniques le plastique s'accumule, forme ainsi ce que l'on appelle LE 7e CONTINENT représenté par des cercles sur la figure 1.

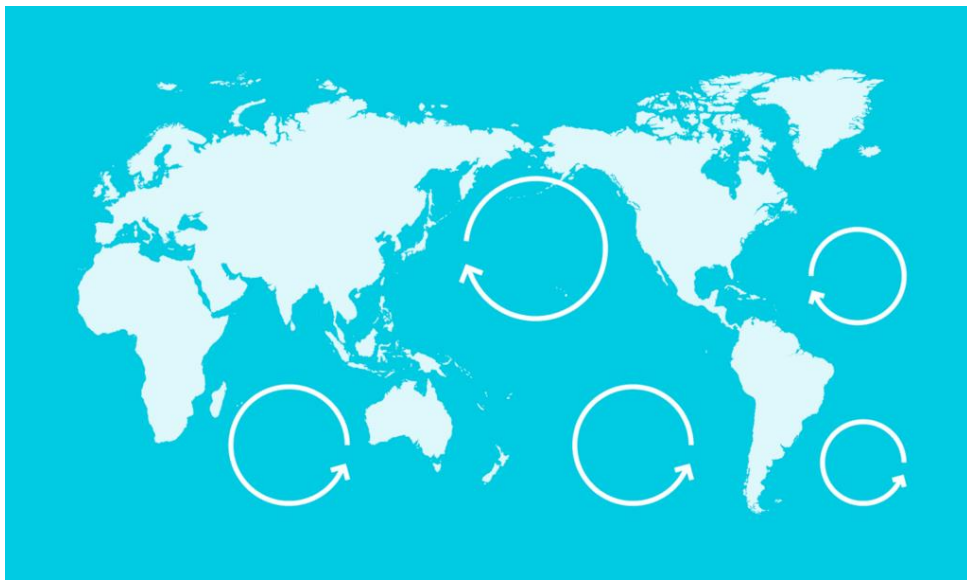


Figure 1: LE 7eme CONTINENT [2]

Pour éviter d'où arrive là, il faut réduire l'impact des déchets plastiques, tout commence par participer à son recyclage. D'où l'intérêt de ce travail dans lequel en 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 quatre chapitres

Le premier chapitre en présente des généralités sur les plastiques et leurs recyclages, où en mit le point sur le procédé de recyclage des bouteilles en plastique.

Le deuxième chapitre est réservé au broyeur des matériaux plastique, où on donne une description de ce dernier, suivi du cahier des charges de broyeur des bouteilles en plastique, ensuite en présente une analyse fonctionnelle et de faisabilité.

Le troisième chapitre est consacré au calcul et dimensionnement des différentes pièces mécaniques qui constituent le broyeur, y compris les arbres, les lames, les courroies, engrenage, clavettes, et roulements.

Le dernier chapitre est consacré à la modélisation 3D des différentes pièces et assemblages du broyeur, ce chapitre est clôturé par différentes études statiques des parties importantes à l'aide de logiciels SolidWorks.

Il se termine par une conclusion générale et des perspectives.

CHAPITRE 1 :

Généralité sur

plastique et machine

de broyage

regrouper en deux catégories : les thermoplastiques et les thermodurcissables. Pour obtenir du plastique on a besoin de transformé du pétrole ou du gaz naturel.

Les thermoplastiques sous l'effet de chaleur fondent et sous l'effet d'un refroidissement se solidifient donc on peut les recyclés. Pour les thermodurcissables, la transformation est irréversible. Une fois formé ils sont non-recyclable.

Il existe un grand nombre de matières plastiques ; certaines connaissent un grand succès commercial. Les plastiques se présentent sous de nombreuses formes : pièces moulées par








Injections, tubes, films, fibres, tissus, mastics, revêtements, etc. ils sont présents dans de nombreux secteurs, même dans les plus avancés de la technologie.

2.2. CARACTÉRISTIQUE DE PLASTIQUE

2.2.1. DIFFÉRENTS TYPES DE PLASTIQUES

Dans la catégorie recyclable des plastiques il se trouve 7 (sept) types, classé comme suit dans le tableau 1 :

Tableau 1: types de plastique recyclable[1]

Symbole	Désignation	Nom
	PET	Polytéréphtalate d'éthylène
	HDPE	Polyéthylène haut densité
	PVC	Polychlorure de vinyle
	LDPE	Polyéthylène basse densité
	PP	Polypropylène
	PS	Polystyrène
	AUTRE	

2.2.1.1. Le symbole du recyclage 1

PET ou PETE – Polytéréphtalate d'éthylène

Le plastique PET se recycle à 100% et ne perd pas en principe ses caractéristiques fondamentales et peut donc être réutilisé à plusieurs reprises. Le PET est souvent utilisé pour la production de bouteilles à boissons. Il est à noter que son recyclage exige une extrême pureté de la matière collectée.

Exemples d'utilisation courante :

Bouteilles d'eau et de boissons gazeuses, bouteilles d'huile et de vinaigre, sacs de cuisson, barquettes alimentaires, tasses, flacons, bouteilles de shampoing.

Exemples de recyclage :

Bouteilles d'eau et de boissons gazeuses, vêtements, tapis [1].

2.2.1.2. Le symbole du recyclage 2

HDPE ou PEHD – Polyéthylène Haute Densité

Le plastique HDPE est opaque, résistant aux chocs, imperméable à l'eau, à certains produits chimiques, au gaz et aux arômes. Il est principalement utilisé dans les secteurs de l'alimentation, du médical et de la chimie. Il entre dans la fabrication de réservoirs, d'équipements sportifs, de prothèses, de produits d'emballage et de plusieurs autres éléments.

Exemples d'utilisation courante :

Bouteilles de lait, bouteilles de shampoing, produits cosmétiques, poubelles, tubes et tuyaux, emballages semi-rigides.

Exemples de recyclage :

Flacons ménagers, bouteilles de détergent, caisses, sacs-poubelles, poubelles [1].

2.2.1.3. Le symbole du recyclage 3

PVC – Polychlorure de Vinyle

Le plastique PVC est utilisé dans de nombreux produits de consommation courante, pour fabriquer les tuyaux de canalisations, les revêtements de sol, les encadrements de fenêtre.

Exemples d'utilisation courante :

Revêtements de piscine, fils, feuilles, boites alimentaires.

Exemples de recyclage :

Tuyaux, classeurs, tapis, revêtement de sol, toiles cirées, meubles de jardin [1].

2.2.1.4. Le symbole du recyclage 4

LDPE ou PEBD – Polyéthylène Basse Densité

Le plastique LDPE est souple, résistant aux chocs, imperméable à l'eau. Il n'est pas recyclable dans nos poubelles de tri. Il doit être jeté dans la poubelle des déchets ménagers.

Exemples d'utilisation courante :

Sacs-poubelles, sacs réutilisables de supermarché, sacs de congélation, bâches.

Exemples de recyclage :

Sacs-poubelles, enveloppes d'expédition, bacs à compost [1].

2.2.1.5. Le symbole du recyclage 5

PP -Polypropylène

Le plastique PP est utilisé essentiellement dans l'industrie automobile et dans l'industrie alimentaire.

Exemples d'utilisation courante :

Vaisselle en plastique, récipients alimentaires réutilisables, gourdes, emballages de beurre ou de margarine, pots de yaourts, pailles, pare-chocs, jouets.

Exemples de recyclage :

Pots de peinture, poignées de rasoir, accessoires dans l'automobile [1].

2.2.1.6. Le symbole du recyclage 6

PS – Polystyrène Expansé

Le plastique PS est dur et cassant. C'est l'un des plastiques les plus répandus dans nos maisons. Il n'est pas recyclable dans les poubelles de tri.

Exemples d'utilisation courante :

Barquettes alimentaires, isolant thermique, boîtes de congélation, couvercle et gobelets jetables, ustensiles de cuisine, stylos, étuis CD.

Exemples de recyclage :

Cadres photo, règles, pots de fleurs, cintres, jouets [1].

2.2.1.7. Le symbole du recyclage 7

OTHER ou O – Autres plastiques

Ce sont tous les autres plastiques. Notamment les plastiques à base de polycarbonates.

Exemples d'utilisation courante :

Cd, nylon, acrylique, lunettes de protection.

Exemples de recyclage :

Équipements électroniques, accessoires automobiles [1].

2.2.2. PROPRIETES VISUELLES

Le tableau 2 présente les propriétés visuelles de chaque type de plastique à l'état normale et quand on les brûle (par la couleur de la flamme).

Tableau 2 : Propriétés visuelles

Type	Propriété	Couleur de flamme
PET	Clair, résistant, résistant aux solvants, barrière aux gaz et à l'humidité, adoucit à 80 °	Flamme jaune peu de fumée
HDPE	Dur à semi-flexible, résistant aux produits chimiques et à l'humidité, surface cireuse, ramollit à 75 °	Difficile à enflammer, sent la bougie
PVC	Solide, résistant, peut-être transparent et solvant, s'adoucit à 60°	Flamme jaune avec des pointes vertes
LDPE	Surface douce, flexible et cireuse, se raye facilement, s'adoucit à 70 °	Difficile à enflammer, sent la bougie
PP	Surface dure mais toujours flexible, cireuse, translucide, résiste aux solvants, s'adoucit à 140 °	Flamme à pointe bleu et jaune
PS	Transparent, vitreux, opaque, mi-dur, adoucit à 95 ° à 140 °	Fumée dense
AUTRE	Les propriétés dépendent du type de plastique	Dépendent du type de plastique

2.2.3. PROPRIETES DE FLOTTABILITE

Chaque type de plastique à son niveau de flottabilité dans différents fluides liquides, le tableau 3 indique le niveau de flottabilité de chacun de ces types.

Tableau 3: propriété de flottabilité

Type	Alcool	Huile végétale	Eau	Glycérine
PET	Non	Non	Non	Non
HDPE	Non	Non	Oui	Oui
PVC	Non	Non	Non	Non
LDPE	Oui	Non	Oui	Oui
PP	Oui	Oui	Oui	Oui
PS	Non	Non	Non	Oui

3. GENERALITES SUR LE RECYCLAGE DES MATIÈRES PLASTIQUES

3.1. DEFINITION DE RECYCLAGE

Le recyclage du plastique fait référence au processus de récupération des déchets ou des déchets de plastique et de retraitement des matériaux en produits fonctionnels et utiles, son symbole est présenté dans la figure 3. Cette activité est connue sous le nom de processus de recyclage du plastique. L'objectif du recyclage du plastique est de réduire les taux élevés de pollution plastique tout en exerçant moins de pression sur les matériaux vierges pour produire de nouveaux produits en plastique. Cette approche permet de conserver les ressources et de détourner les plastiques des décharges ou des destinations imprévues comme les océans.



Figure 3: Symbole de recyclage [2]

3.2. USINE DE RECYCLAGE

C'est un endroit où la valorisation des déchets plastique est pour but, avec l'utilisation des machines bien déterminé et spécifique.

Pour mon travail j'ai choisi le recyclage de bouteille de plastique.

3.2.1. ETAPES DE RECYCLAGE BOUTEILLE DE PLASTIQUE

Généralement il y a deux unités, une consiste à rendre les bouteilles plastique en paillettes et l'autre à produire de la matière de plastique granulé réutilisable dont les propriétés sont comparables a de la matière vierge.

Le processus de recyclage des plastiques le plus simple implique la collecte, le tri, le broyage, le lavage, la fusion et la granulation.

La plupart des installations de recyclage de plastique utilisent le processus en deux étapes suivantes :

- Première étape : trier les plastiques automatiquement ou avec un tri manuel pour s'assurer que tous les contaminants sont éliminés du flux de déchets plastiques.
- Deuxième étape : faire fondre le plastique directement sous une nouvelle forme ou le déchiqeter en flocons puis le faire fondre avant de le transformer enfin en granulés.

3.2.1.1. UNITE DE BROYAGE, LAVAGE ET SECHAGE :

.(a). DECOMPACTAGE

En premier lieu, les bouteilles arrivent à l'usine compactée sous forme de grand cube en plastique, il sera décompacté.

.(b). 1^{ER} NETTOYAGE (NETTOYAGE A SEC)

Le plastique décompacté passe par suite sur un convoyeur équipé par un détecteur de métaux.

.(c). BROYAGE

C'est la partie la plus importante de toute l'usine car elle permet de réduire les bouteilles en plastique a des paillettes.

.(d). 2^{EME} NETTOYAGE (A CHAUD)

Il est effectué dans des grands baquets d'eau chaude, permet ainsi d'éliminer tous les matières grasses ou d'autres substances indésirables qui restent attachés aux paillettes.

.(e). 3^{EME} NETTOYAGE (A FROID)

Contrairement au 2^{eme} nettoyage il s'effectue avec l'eau froide comme il est indiqué dans son nom, et c'est là où la séparation des différents types de plastiques aura lieu grâce aux caractéristiques de flottabilité.

.(f). RINÇAGE

Après avoir été nettoyé de toute impureté avec des produits nettoyants, les paillettes vont par la suite au rinçage d'où ils servent à débarrasser de toutes substances.

.(g). SÉCHAGE

À l'aide d'une grande centrifugeuse les paillettes sèchent par la force centrifuge qui expulse les gouttelettes d'eau.

.(h). EMBALLAGES

En fin de cette unité les paillettes seront emballées dans des grands sacs prêts aux ventes ou à la deuxième unité.



Figure 4: UNITÉ DE BROyage, LAVAGE ET SÉCHAGE [2]

3.2.1.2. UNITÉ DE GRANULATION :

.(a). BROyage DES PAILLETES DE PLASTIQUE PROPRES

Pour entrer à la procédure d'extrusion les paillettes de plastique doivent mesurées au maximum 1mm de diamètre, or le premier broyage ne réduit pas la taille de pailletés jusqu'à la dimension souhaitée pour la prochaine étape, Donc un deuxième broyage est nécessaire.

.(b). EXTRUSION

C'est là où les paillettes sont fondues, puis ressortie de l'extrudeuse sous la forme des files de plastique fondue.

.(c). REFROIDISSEMENT PAR EAU

Les files de plastique fondu passent dans un petit baquet d'eau pour les refroidissent.

.(d). SÉCHAGE

Avec une série des ventilateurs le séchage et effectuer.

.(e). GRANULATION

C'est la dernière étape dans une usine de recyclage de plastique type, là où il est obtenu plastique granulé réutilisable dont les propriétés sont comparables à de la matière vierge.



Figure 5: UNITE DE GRANULATION [2]

4. GÉNÉRALITÉS SUR LES BROyeurs**4.1. DÉFINITION DE BROyAGE**

Le broyage est une opération consistant à diviser un solide à une dimension donnée, correspondant à son emploi, c'est-à-dire réduire la matière en petits fragments ou en

poudre. Pour cela il faut la soumettre à des forces de contraintes supérieures à sa résistivité et on appelle ces actions dans la RDM dépasser le domaine d'élasticité et critique de matière.

Naturellement, il existe principal type d'action qui permet de solliciter un objet à savoir : compression / traction, cisaillement, flexion et la torsion.

En broyage souvent les sollicitations appliquées sur la matière broyer font l'objet à une combinaison entre au moins deux des quatre principales sollicitations.

Comme le montra la figure 6, ces combinaisons fait l'apparition des six modes de broyage, et dans cette étude pour le broyage des bouteilles plastique le mode cisaillement est applique pour les broyeurs des bouteilles plastique.

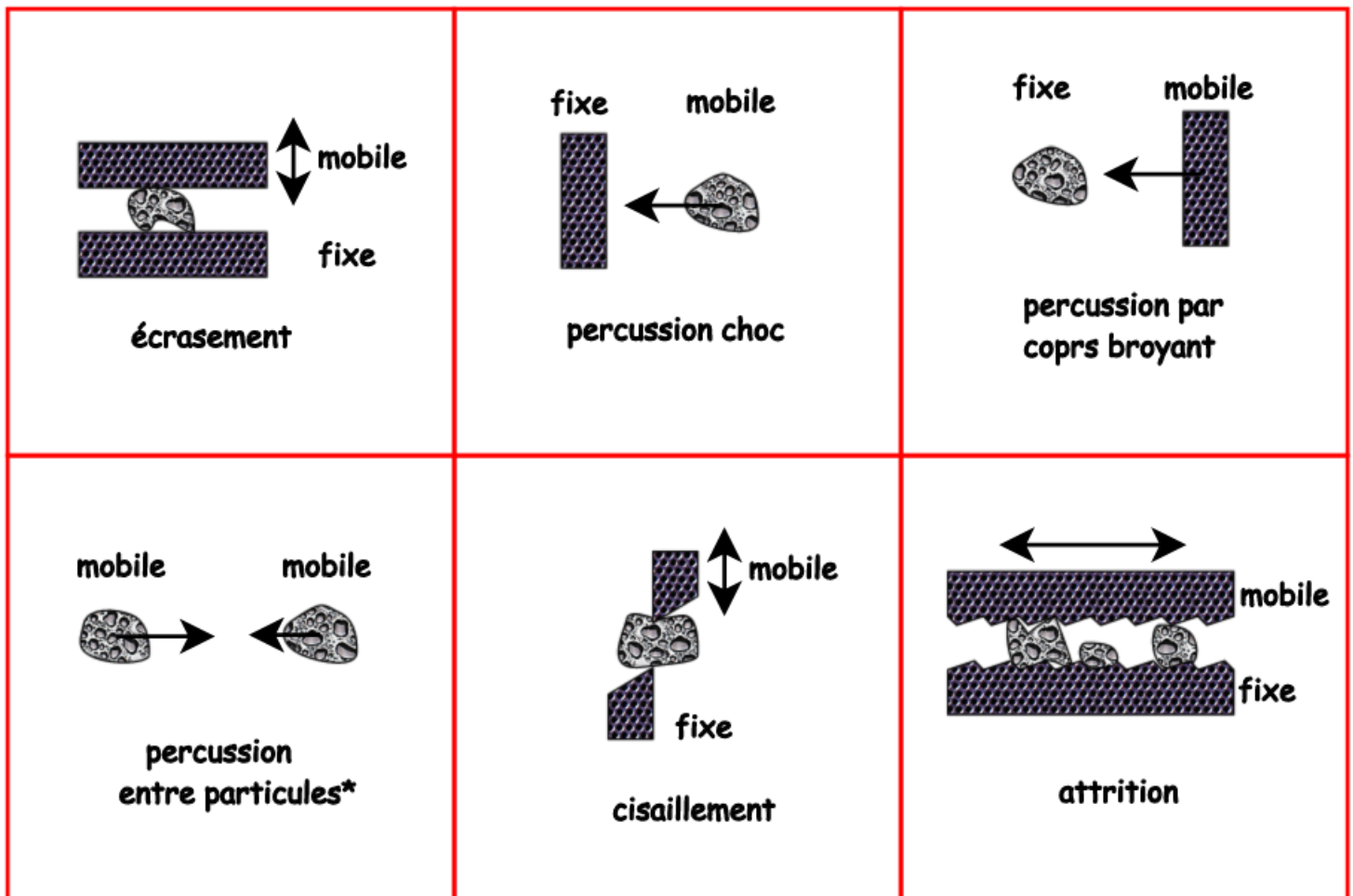


Figure 6: Mode de sollicitation lors du broyage [5]

4.2. DÉFINITION D'UN BROYEUR

Un broyeur est une machine ou un équipement utilisé pour le broyage. Les systèmes de déchiquetage sont utilisés pour réduire la taille d'un matériau donné. C'est-à-dire appliqué sur le matériau des charges et lui permettre de dépasser sa limite de rupture, par conséquent le broyer.

4.3. CARACTÉRISTIQUE DU BROYEUR

4.3.1. Le broyeur grand public contre le déchiqueteur industriel

Selon le but de l'utilisation, les déchiqueteurs peuvent être classés comme déchiqueteurs grand public et déchiqueteurs industriels. Ainsi, une déchiqueteuse à papier tombe normalement dans la catégorie des déchiqueteuses grand public car elle est principalement utilisée par les consommateurs.

Les broyeurs industriels sont généralement des systèmes lourds et à volume élevé utilisés pour traiter des flux de matériaux de recyclage tels que les déchets électroniques, le plastique, le bois et le papier.

4.3.2. L'utilisation du déchiqueteur dans la gestion des déchets

Dans la gestion des déchets, les broyeurs industriels pour les déchets jouent un rôle très crucial. Les avantages de l'utilisation de méga broyeurs dans les centres de recyclage des systèmes d'élimination des déchets à grande échelle et les décharges municipales sont liés à la réduction des matériaux. L'asphalte, le caoutchouc, le bois, les plastiques et les matériaux similaires peuvent être rapidement condensés à une simple fraction de leur taille d'origine.

Il convient également de noter que les déchets biodégradables se décomposent plus rapidement lorsqu'ils sont déchiquetés. S'ils sont correctement déchiquetés, les matériaux enfouis dans les décharges prennent beaucoup moins de place.

4.3.3. L'utilisation de broyeur dans le recyclage

Dans l'environnement économique actuel, les collectivités et les entreprises sont toujours à la recherche de nouvelles façons de réduire les coûts et l'utilisation de broyeurs offre de nouvelles options stratégiques. Le broyage de matériaux dans le processus de recyclage du plastique a deux objectifs principaux.

Premièrement, en réduisant le volume de matière par la réduction, les coûts de transport et de stockage peuvent être réduits. Deuxièmement, les broyeurs automatisés, en particulier dans le recyclage des déchets électroniques, libèrent également des matériaux pour le recyclage. De nombreuses options sont disponibles, en fonction de l'application spécifique. Avant de faire un investissement, les acheteurs potentiels doivent comprendre des facteurs tels que :

- L'assortiment d'articles à recycler
- Volume de débit
- Exigences des acheteurs résiduels en termes de paramètres tels que la taille des particules

Une courroie plate inclinée est souvent utilisée pour alimenter les matériaux dans le broyeur. Le matériau peut être placé sur la ceinture par une variété de méthodes, en fonction de l'opération particulière. Les équipements de manutention affectés à cette tâche peuvent comprendre des grappins, des chargeurs frontaux, des chariots élévateurs à fourche et des conteneurs abattants.

Les solutions de broyage de choix impliquent généralement des unités à faible vitesse et à couple élevé qui déchirent lentement le matériau, minimisant les problèmes tels que l'intégration du métal dans le plastique pendant le processus de broyage.

Lorsque de gros articles doivent être déchiquetés par rapport à un flux uniquement de petits articles, une unité de ventilation principale plus grande peut être nécessaire. Un deuxième passage peut ensuite être effectué avec un broyeur secondaire pour réduire davantage la taille des particules et faciliter la libération des matériaux recyclables. Les écrans de dimensionnement sont utilisés pour garantir un produit de taille uniforme.

5. TYPES DES BROYEURS

Les broyeurs industriels sont équipés de différents types de systèmes de coupe tels que la conception d'arbres verticaux, la conception d'arbres horizontaux, les systèmes de coupe à arbre unique, à deux arbres, à trois arbres et à quatre arbres.

5.1. Broyeur à un arbre

5.1.1. Broyeur à axe vertical

Les broyeurs conviennent à un large éventail d'applications, notamment la production de sable de haute qualité, d'agrégats bien formés et de minéraux industriels. Les broyeurs peuvent également être utilisés pour le façonnage ou le retrait de la pierre tendre des agrégats.



Figure 7 : Broyeur à axe vertical [6]

5.1.2. Broyeur mono rotor

Les broyeurs mono rotor généralement sont utilisés pour déchiqueter les sachets de plastique, le carton, bois, les pneus de caoutchouc...etc.

Selon la matière a déchiqueté les lames placées sur le rotor varie.



Figure 8: broyeur de bois mono-rotor[6]



Figure 9: broyeur de papier mono-rotor [6]



Figure 10: broyeur de sachet nylon mono rotor [6]

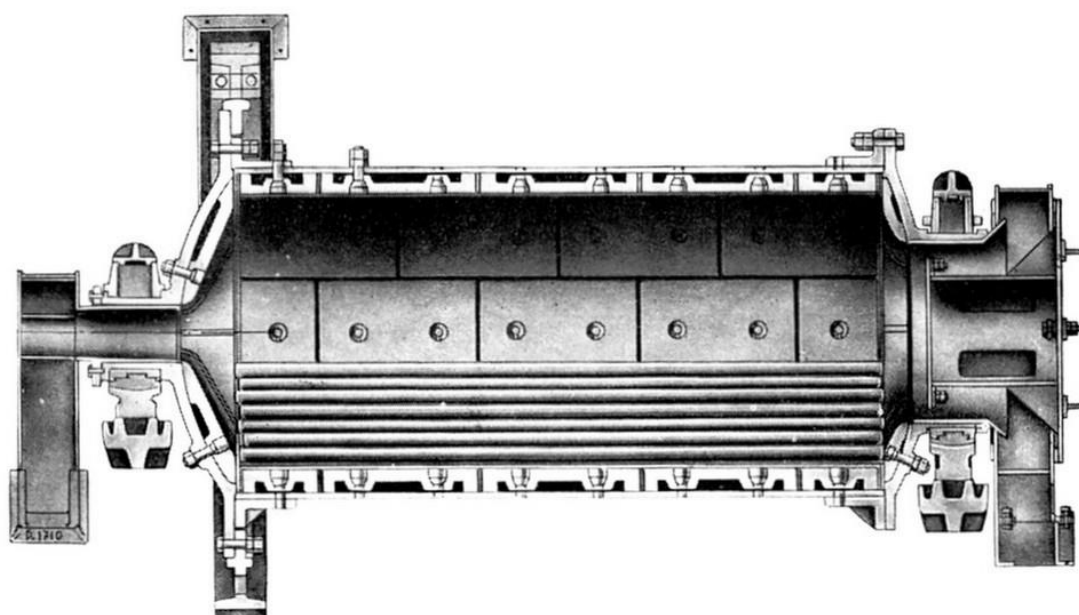


Figure 11: broyeur à barres [6]

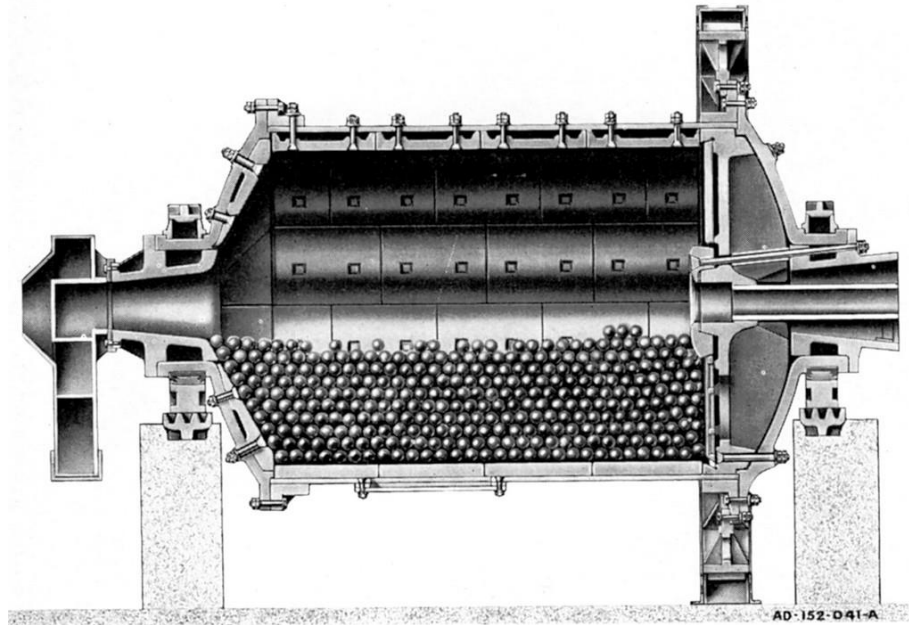


Figure 12: broyeur à boulette (à billes) [6]

5.2. Broyeur à deux arbres

C'est la gamme la plus utilisée des broyeurs, du particulier à l'industrielle, largement utilisé dû broyage de papier installé au bureau jusqu'à broyage des grandes voitures planté dans des décharges de voiture.



Figure 13: broyeur des voitures deux arbres [6]



Figure 14: broyeur de papier [6]

5.3. Broyeur à trois arbres et à quatre arbres

Contrairement aux deux autres précédents ils ne sont pas trop utilisés vu leur coût très élevé, par contre ils sont bien plus précis en termes de finition du broyage, souvent pas besoin de repasser en un deuxième broyeur dès le premier broyage.



Figure 15: broyeur trois rotors [6]



Figure 16: broyeur à quatre rotors [6]

6. CONCLUSION

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

CHAPITRE 2 :

Broyeurs des

matériaux plastiques

1. INTRODUCTION

Ce chapitre permet de mieux connaître un broyeur de plastique et précisément des bouteilles de plastique en point de vue technique.

2. BROyeurs DES BOUTEILLES PLASTIQUES

C'est une machine mécanique qui a pour objectif de réduire le volume (déchet) un flux de bouteille de plastique par effet de cisaillement appliqué avec des lames placées sur deux arbres (rotor) parallèles, entraînés par un moteur électrique.

2.1. DIFFÉRENTS ÉLÉMENTS D'UN BROyeur

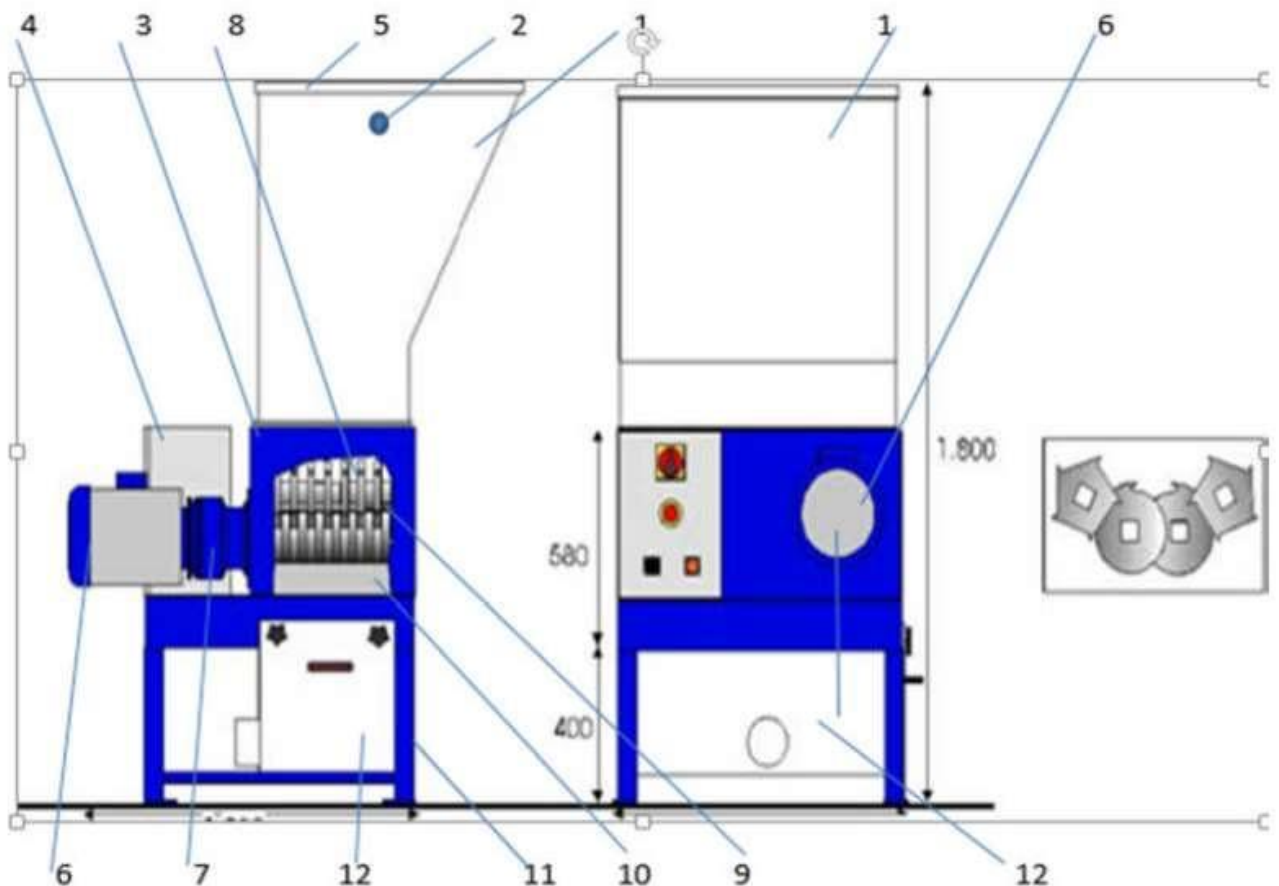


Figure 17: Les différents éléments d'un broyeur plastique.

Tableau 4: Les différents éléments d'un broyeur plastique.

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

3. CAHIER DE CHARGE DU BROYEUR DES BOUTEILLES DE PLASTIQUE

3.1. ANALYSE FONCTIONNELLE ET ÉTUDE DE FAISABILITÉ

L'analyse fonctionnelle consiste à rechercher et à caractériser les fonctions offertes par un produit placé dans un système pour satisfaire les besoins de son utilisateur.

Dans le cas présent le besoin c'est de déchiqueter (réduire le volume) les bouteilles plastiques, et c'est un besoin stable et durable car l'utilisation de plastique ne peut pas être éliminée, en plus elle est en augmentation.

3.1.1. DIAGRAMME BÊTE À CORNES

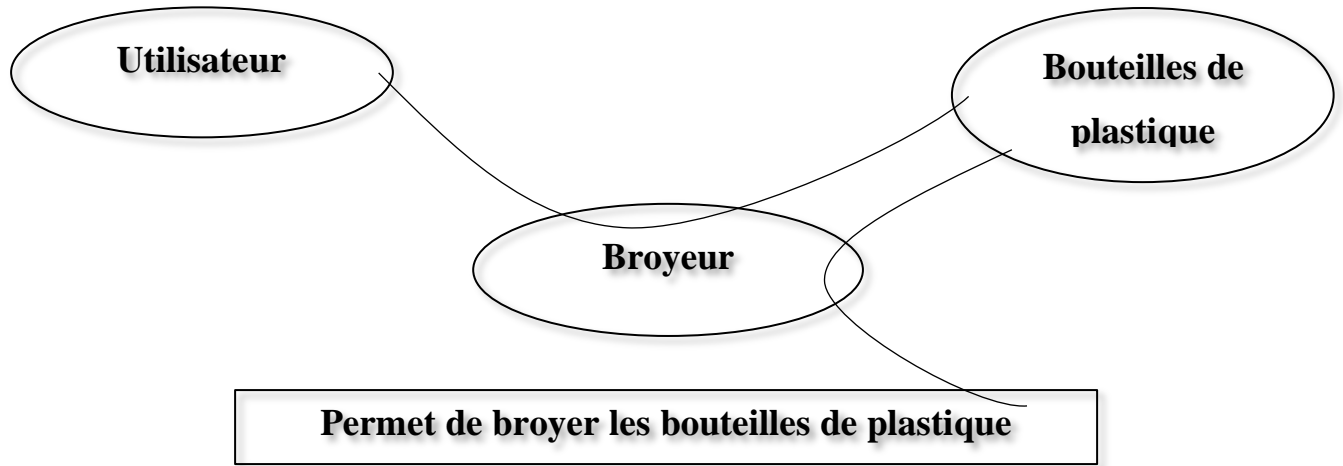


Figure 18: Diagramme bête à cornes

3.1.2. DIAGRAMME DE PIEUVRE

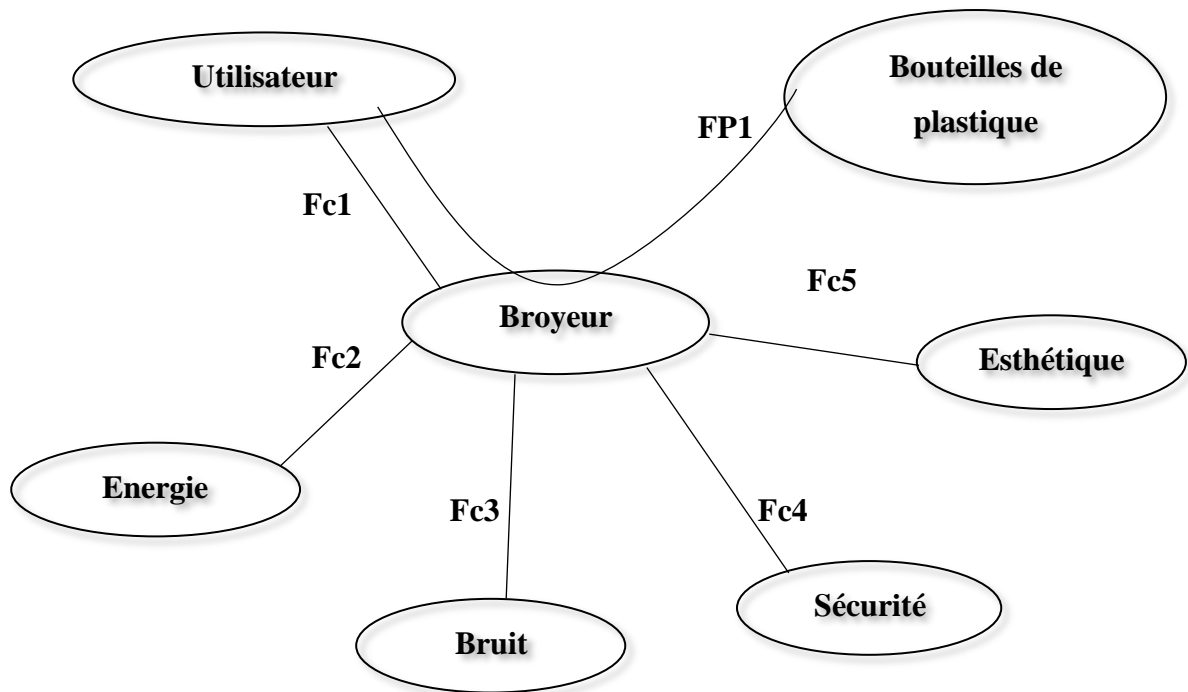


Figure 19: Diagramme Pieuvre

FP : Permettre à l'utilisateur de broyer, déchiqueter (réduire le volume) les bouteilles plastique.

Fc1 : Facilité l'utilisation du broyeur à l'utilisateur.

Fc2 : Avoir un système optimal et économisé de l'énergie.

Fc3 : Adapté une forme qui permette de réduire le bruit émis par le broyeur.

Fc4 : Permettre à l'utilisateur de travail sur le broyeur en toute sécurité.

Fc5 : Avoir une forme d'un broyeur satisfaisante à l'utilisateur.

3.1.3. DIAGRAMME FAST

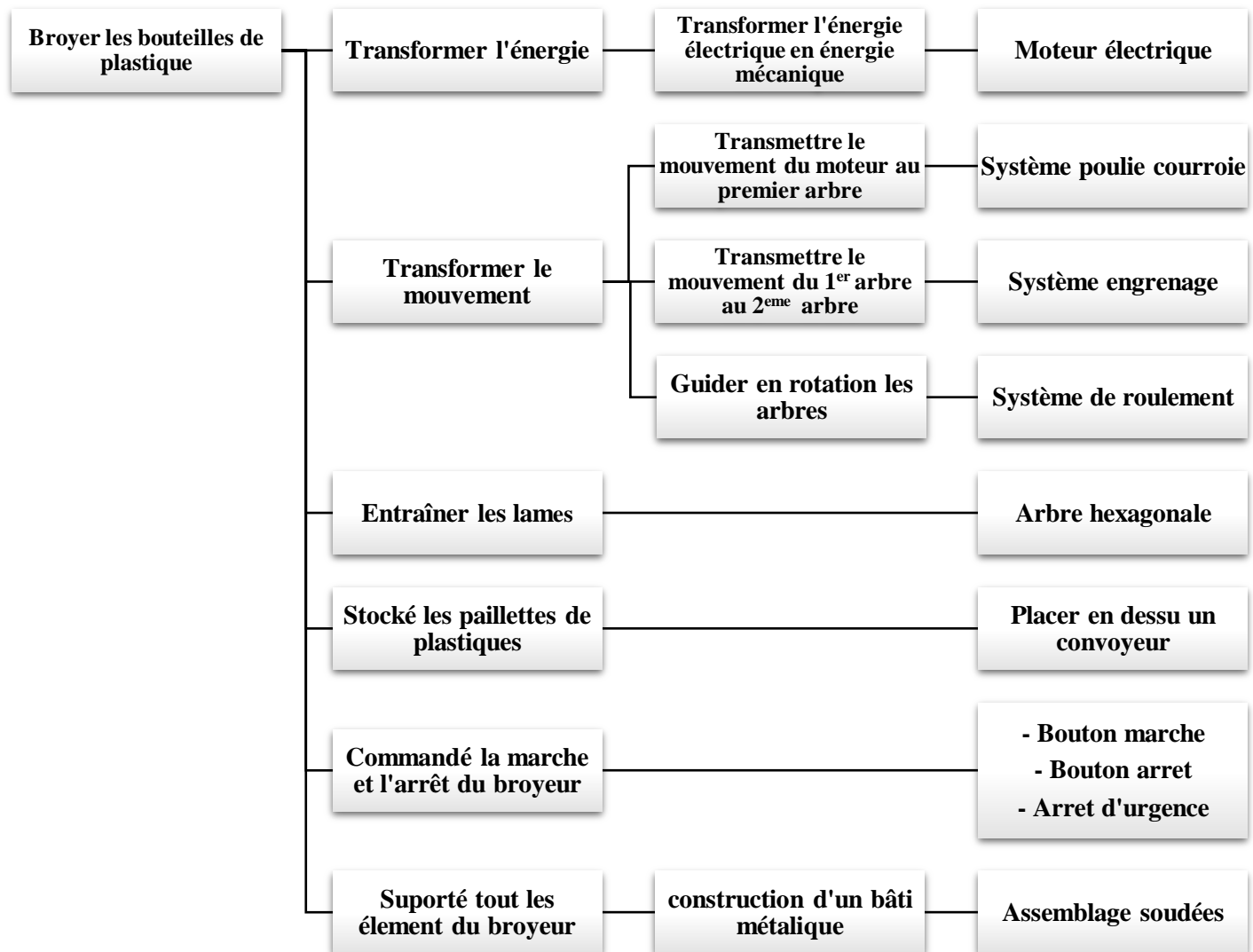


Figure 20: Diagramme FAST

D'où je conclus le cahier des charges par :

- L'utilisation d'un moteur électrique pour la transformation d'énergie électrique en énergie mécanique
- L'emploi d'un système poli courroie pour transmettre le mouvement du moteur au 1^{er} arbre
- Application du système engrenage pour entraîner le 2^{eme} arbre à travers le 1^{er}
- Fixation des roues dentées (engrenage) avec les deux arbres avec le système de clavetage
- Guidassions en rotation des arbres par un système de roulement
- Utilisation d'un système électrique pour commander le broyeur
- Conception et construction d'un bâti en assemblage soudé qui supporte tous les éléments du broyeur.

On a un besoin stable et durable car l'utilisation de plastique ne peut pas être éliminée, en plus elle est en augmentation, donc l'engagement dans ce domaine est assuré par la stabilité du besoin.

Par l'identification et l'analyse de tous les systèmes qui sont nécessaires pour la réalisation du broyeur des bouteilles plastique, j'affirme la faisabilité et la possibilité de réaliser de ce projet industriel.

4. CONCLUSION

Ce chapitre a permis de conclure la faisabilité ainsi que les informations techniques sur le broyeur des bouteilles de plastique ainsi que les solutions technologiques.

CHAPITRE 3 :

Calcul et dimensionnement

1. INTRODUCTION

Ce chapitre englobe la partie calcul et dimensionnement de tous les partis du broyeur des matériaux plastique particulièrement les bouteilles en plastique.

2. SCHÉMA CINÉMATIQUE

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

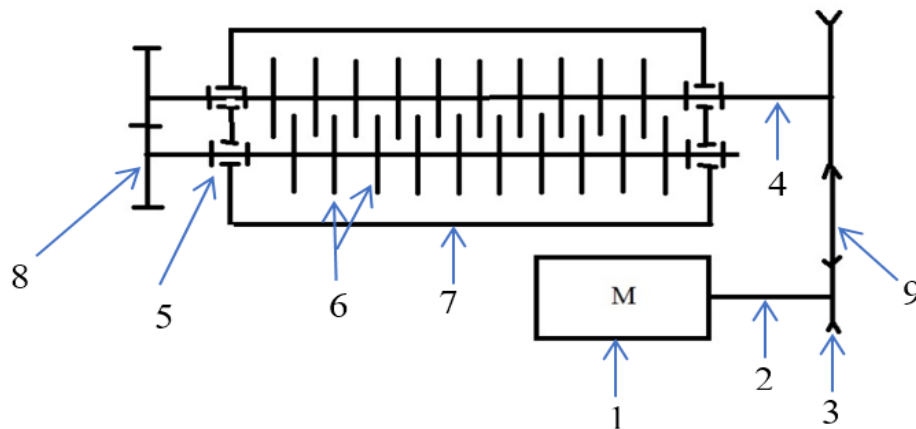


Figure 21: Schéma cinématique

Tableau 5: Désignation et Nombre d'éléments du Schéma cinématique

Numéro	Désignation	Nombre d'éléments
1	Moteur électrique	1
2	Arbre moteur	1
3	Poulie	2
4	Arbre porte-lames	2
5	Roulement	4
6	Lame	20
7	Carcasse	1
8	Engrenage	2
9	Courroie	3

3. CRITÈRE DE CHOIS ET CALCUL RDM DES ÉLÉMENTS SOLLICITER DANS LE BROYEUR

3.1. INTRODUCTION

Dans ce chapitre je mets en évidence tous les critères de choix et calcule des éléments qui constituent le broyeur.

Puis ce que mon étude est consacré à un broyeur des bouteilles de plastique, qui sont fabriqués par le PET. Donc on a les caractéristiques mécaniques du PET :

• Densités amorphes	1370 kg/m ³
• Densité cristalline	1455kg/m ³
• Module de Young (E)	2800-3100 MPa
• Tension (σ)	55-75 MPa
• Limite d'Élasticité	50- 150%
• Module d'élasticité en traction ISO 527 :	3500 Mpa
• Glass température	75°C
• Température de fusion	260°C
• Conductivité Thermique	0.24 W/ (m.K)
• Coefficient linéaire d'expansion (a.)	7x10 ⁻⁵ /K
• Chaleur spécifique (c)	1.0 kJ/ (kg.K)
• Absorption d'eau (ASTM)	0.16

3.2. CRITÈRE DE CHOIS ET CALCUL DES ÉLÉMENTS DE BROYEUR

3.2.1. Moteur électrique

3.2.1.1. Critères de choix d'un moteur

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

Le **tableau 6** résume les principales caractéristiques et domaines d'utilisation des moteurs électrique et dans le quel mon choix est surligné par le bleu ciel, donc le moteur du broyeur sera en alimentation

électrique catégorie **courant alternatif** de type **triphasé**, avec des propriétés **Économique et toutes puissances** largement utilisées dans l'industrie.

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

Tableau 6: Caractéristiques et domaines d'utilisation des moteurs électriques.

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	Démarrreur 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

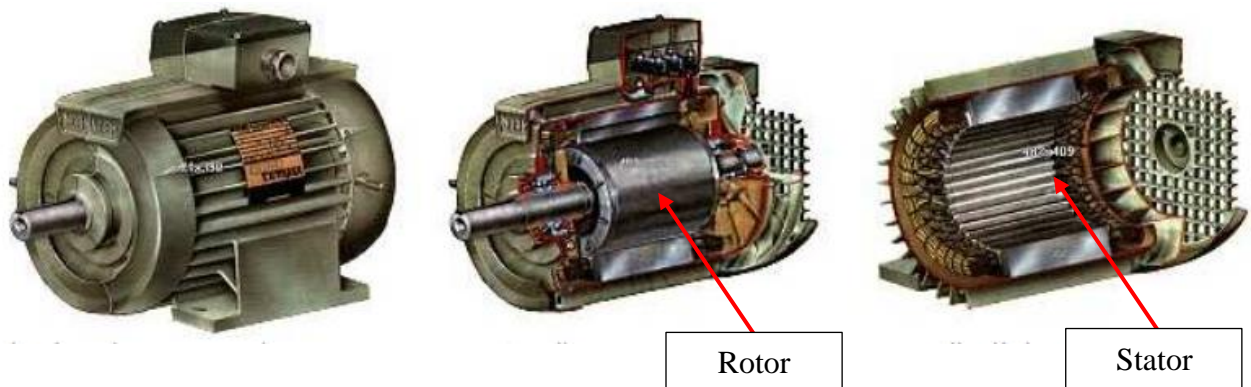


Figure 22: Moteur asynchrone triphasé

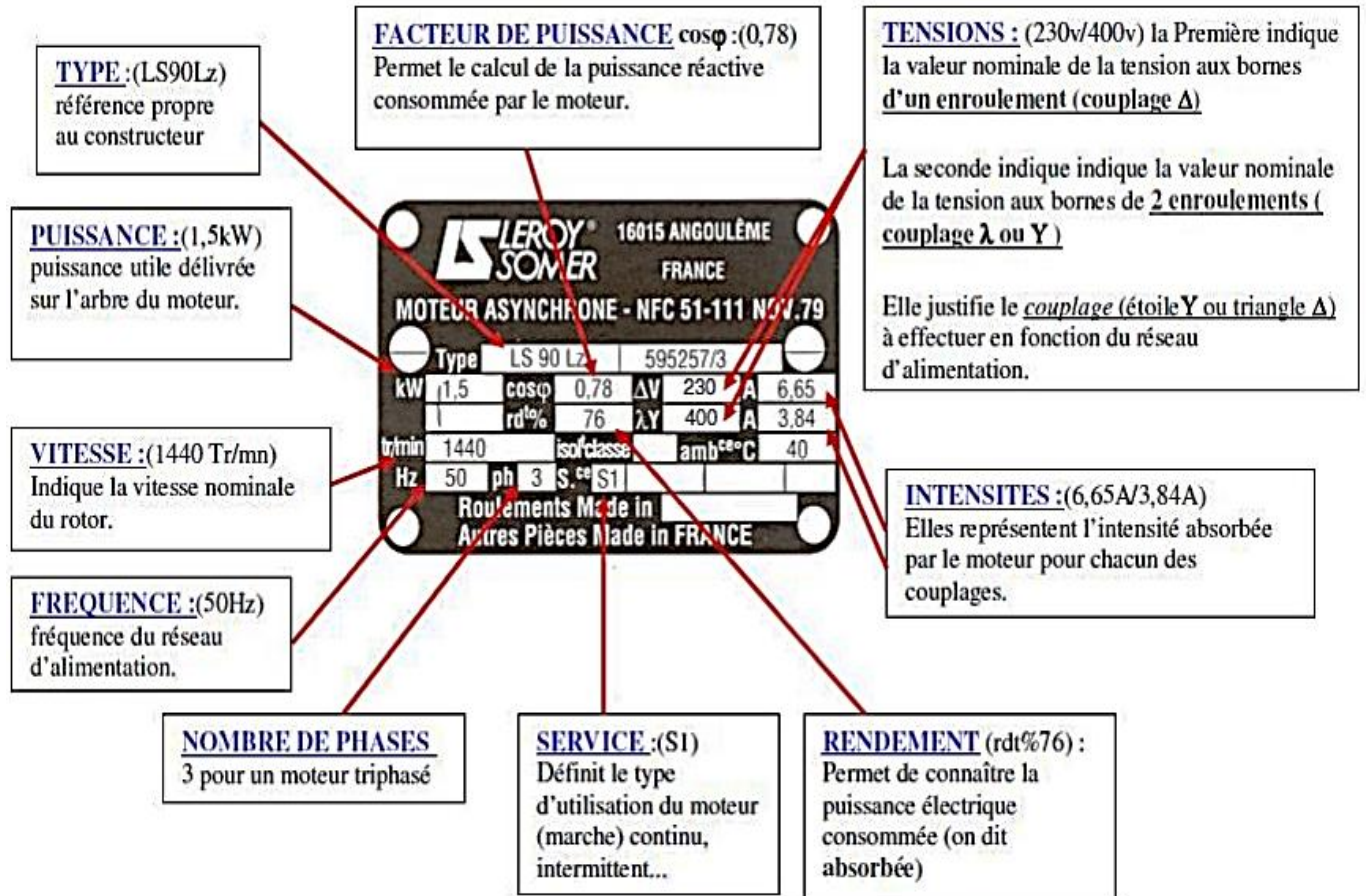


Figure 23: Exemple de plaque signalétique du moteur asynchrone triphasé

3.2.1.2. CARACTÉRISTIQUES DU MOTEUR UTILISÉ

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

Dans le cas de ce broyeur des bouteilles plastique j'ai sélectionné un moteur triphasé de caractéristique suivante :

- Puissance = 5.22Kw 7HP (chevaux)
- Nombre de tours = 1500 RPM ou tour/min
- Couple = 498.44 N.m
- Nombre de pôles = 4
- La petite roue = 75 mm

3.2.2. DIMENSIONNEMENT DE L'ARBRE PORTE-LAMES

L'arbre porte-outils, il est soumis à la flexion et à la torsion.

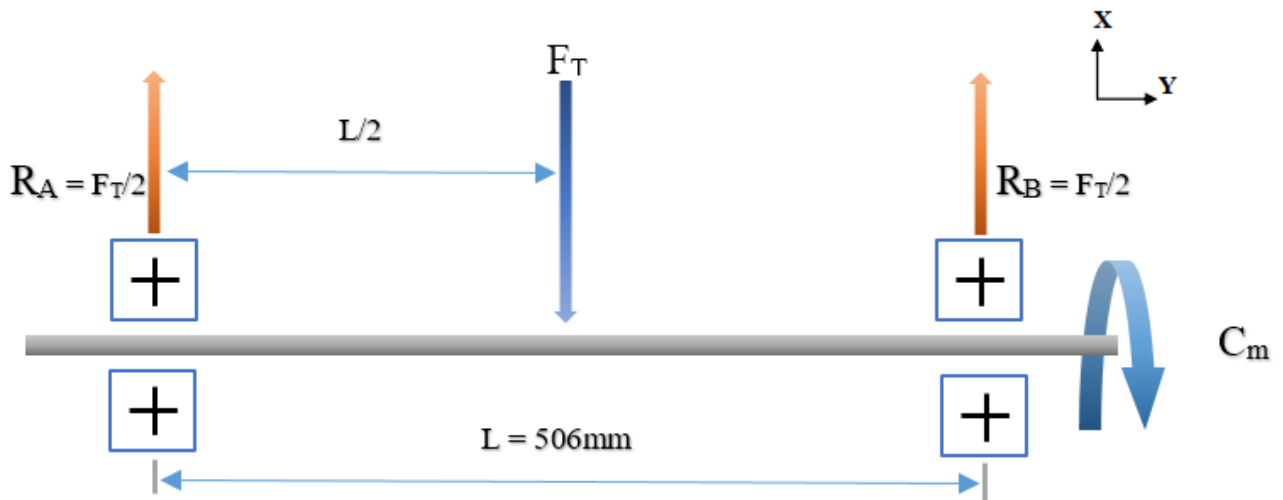


Figure 24: Représentation des efforts appliqués sur l'arbre.

3.2.2.1. CALCUL DE L'ARBRE A LA FLEXION

(a). CALCUL DE LA FORCE DE COUPE (F_T) DU PLASTIQUE

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

La formule de la puissance utile comme suit :

$$P = C_r \cdot \Omega$$

Où

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

C_r peut s'exprimer comme suite :

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

Où

- F_t est la force de coupe du plastique en kN,
- R est le rayon de l'arbre à couteaux qui est de 30mm.

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

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

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

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

Avec :

$$\omega = \frac{2\pi N}{60}, \text{ N est la vitesse de rotation de l'arbre et égale à } 200 \text{ tr/mn, d'où } \omega = 20.94 \text{ rad/s.}$$

Donc :

$$F_t = 8.31 \text{ kN}$$

.(b). CALCUL DES RÉACTIONS R_A ET R_B

Par les principes fondamentaux de la statique [8]

$$\begin{cases} \sum \vec{F}_{ext} = 0 \dots\dots\dots (1) \\ \sum \vec{M}_{/A} = 0 \dots\dots\dots (2) \end{cases}$$

Avec :

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

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

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

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

De l'équation (2) :

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

AN :

$$R_B = \frac{8.31}{2} = 4.155 \text{ kN}$$

De l'équation (1) :

$$R_A = F_t - R_b$$

AN :

$$R_A = 8.31 - 4.155 = 4.155 \text{ kN}$$

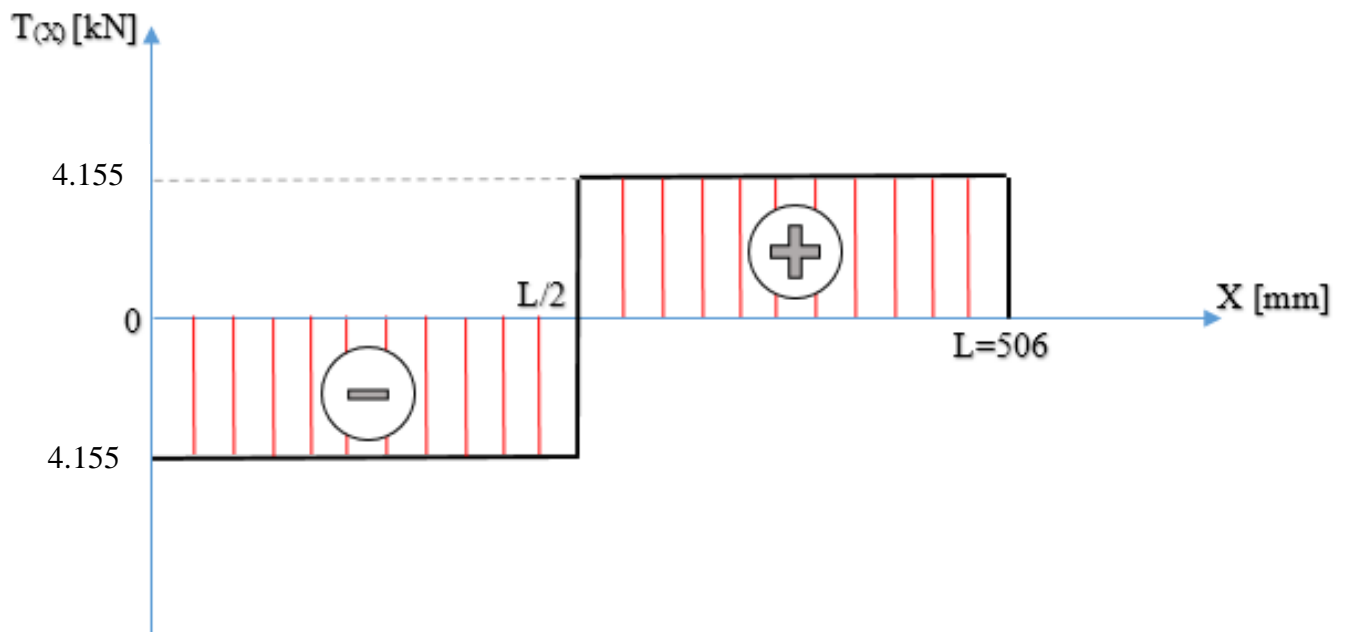


Figure 25: Digramme des efforts tranchant

.(c). CALCUL DES MOMENTS FLÉCHISSANT

On a :

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

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

$$\begin{cases} x = 0 \rightarrow M_{f(0)} = 0 \text{ N.mm} \\ x = \frac{L}{2} \rightarrow M_{f(L/2)} = 1051215 \text{ N.mm} \end{cases}$$

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

$$M_{f(x)} = R_A \cdot x - F_t \left(x - \frac{L}{2} \right)$$

$$\begin{cases} x = \frac{L}{2} \rightarrow M_{f(L/2)} = 1051215 \text{ N.mm} \\ x = L \rightarrow M_{f(L)} = 0 \text{ N.mm} \end{cases}$$

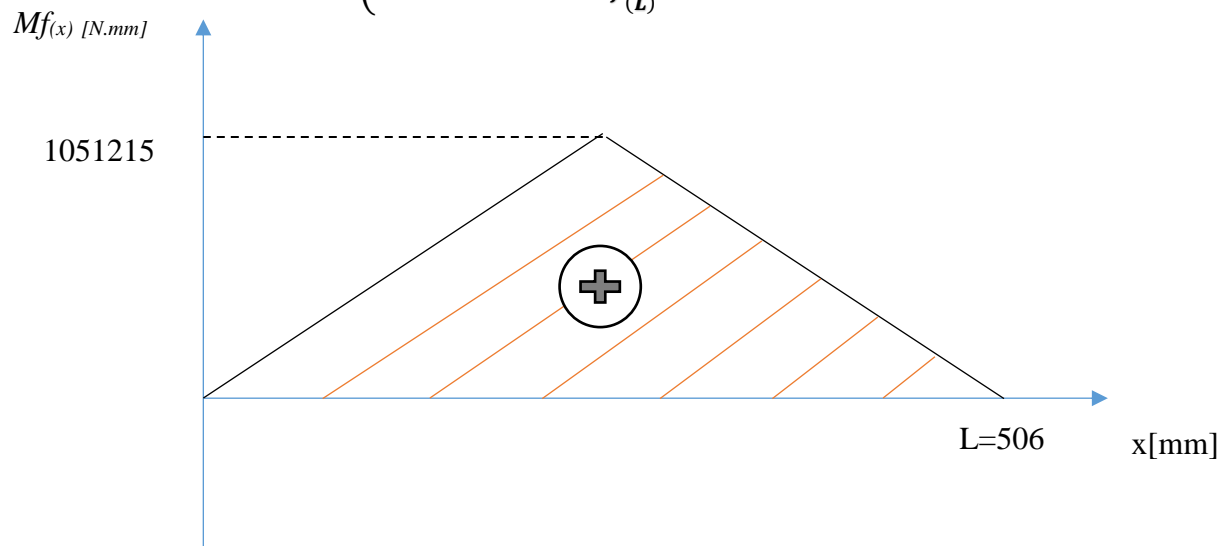


Figure 26: diagramme des moments fléchissant

.(d). CALCUL DU DIAMÈTRE DE L'ARBRE A LA FLEXION :

Pour l'arbre le matériau choisi est l'acier C 45 (XC 48), c'est un acier non allié spécial (type C),

- **Propriétés**

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

- **Domaines d'application**

Pièces soumises aux chocs et nécessitant une bonne résistance : axes, engrenages, vis sans fin, paliers, pignons, boulonnerie, forge (leviers, arbres)

- **Caractéristiques mécaniques moyennes (état normalisé)**

Tableau 7: Caractéristiques mécaniques moyennes de l'acier C 45 (XC 48) (état normalisé)

R_m N/mm² ou MPa	R_e N/mm² ou MPa
560 / 620	340/460

On a :

$\sigma_p < R_e$ avec $R_e = \sigma_e = 460$ MPa (R_e : Résistance d'élastique)

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

Avec :

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

Où

- σ_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 :

$$\sigma_p = \frac{460}{2.5} \Rightarrow \sigma_p = 184 \text{ MPa}$$

L'après la documentation technique (technique de l'ingénieur), la résistance au cisaillement est reliée à la résistance à la traction par la relation suivante :

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

Où

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

Application numérique

$$\tau_p = 0.7 \times 184 \Rightarrow \tau_p = 128.8 \text{ MPa}$$

L'arbre qui porte des couteaux soumis à la flexion, pour calculer le diamètre de ce dernier qui peut résister à cet effort, dans le cas le plus défavorable ou la force de coupe est appliqué au milieu de cet arbre.

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

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

Où

- I_{gz} est le moment d'inertie en mm⁴,
- y est le rayon de l'arbre (section circulaire, $y = R$) en mm.

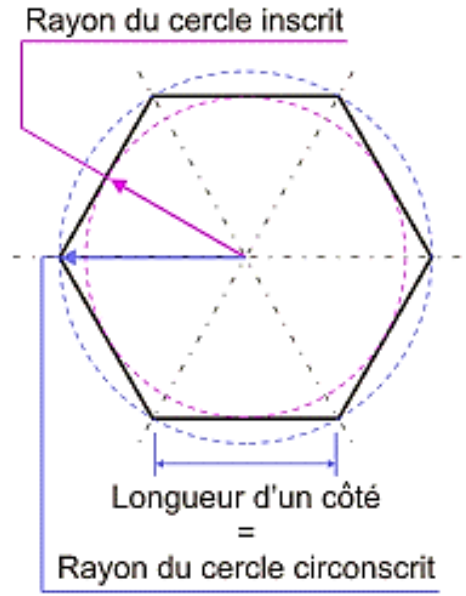


Figure 27: Illustration de la forme hexagonale

L'arbre est de forme hexagonale plein, de côté « A » qui est aussi le diamètre du cercle circonscrit de ce dernier d'où le moment d'inertie est :

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

Donc la relation de contrainte maximale devient :

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

D'où :

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

AN :

$$M_{fmax} = 1051215 \text{ N.mm}$$

$$A \geq 21.94 \text{ mm d'où } D \geq 43.87 \text{ mm}$$

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

.(e). CALCUL DU DIAMÈTRE DE L'ARBRE A LA TORSION

Premièrement je vais calculer le moment de torsion de l'arbre qui porte les lames, dans le but de calculer son diamètre qui résiste à l'effort de torsion appliquée sur cet arbre.

Nous avons la relation suivante :

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

Où

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

AN :

$$M_t = \frac{5.22 \times 10^3 \times 60}{2\pi \times 200} = 249.24 \text{ N.m}$$

Pour les mêmes données utilisées dans le calcul du diamètre de l'arbre en flexion et après le calcul du moment de torsion, ça permet de calculer le diamètre de ce dernier à la torsion.

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

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

Où

- I_0 est le moment quadratique polaire en mm⁴,
- y est le rayon de l'arbre (section circulaire, $y = R$) en mm.

Pour une section circulaire le moment quadratique polaire est :

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

La relation finale obtenue de A :

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

AN :

$$M_t = 249.24 \text{ N.m}$$

$$A \geq 12.14 \text{ mm} \quad d'où \quad D \geq 24.28 \text{ mm}$$

$$\tau_p = 128.8 \text{ N/mm}^2$$

(f). VÉRIFICATION AUX SOLLICITATIONS COMPOSÉES

L'arbre qui est soumis à une sollicitation composée (flexion et torsion), dans ce cas nous allons calculer le diamètre idéal de cet arbre à partir du critère de Von-Mises.

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

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

Nous avons la relation de Von-Mises suivante :

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

Où :

- σ_{\max} est la contrainte maximale de flexion en MPa,
- σ_p est la contrainte pratique de flexion en MPa,
- M_t est le moment de torsion idéal ($M_t = M_t$) en N.m,
- v est le rayon de l'arbre (section circulaire) en mm, avec : $y = A$,
- I_{gz} est le moment d'inertie en mm^4 .

Pour une section circulaire le moment quadratique polaire est :

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

D'où l'équation de « A » :

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

$$M_{fmax} = 1051215 \text{ N.mm}$$

$$M_t = 249.24 \text{ N.m}$$

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

$$A \geq 22.51 \text{ mm} \quad d'où \quad D \geq 45.03 \text{ mm}$$

Après avoir vérifié les sollicitations simples et composées soumises à l'arbre; par conséquent calculer la côte A et le diamètre D minimal de l'arbre hexagonal qui résiste (sans prendre les lames en considération).

Dans ce type de broyeur industriel de taille moyenne le calcul nous donne le minimum qu'il ne faut pas franchir, par contre il y a plusieurs paramètres aléatoires qui influent sur le broyeur, et ils ne sont pas pris par les calculs standard, donc l'expérimental reste le plus fidèle à choisir.

J'admets un arbre hexagonal de diamètre du cercle inscrit $D = 80 \text{ mm}$ en prenant compte des 12 lames, de la forme et de la taille du broyeur, en plus les machines similaires à l'objet de cette étude déjà industrialisé.

3.2.2.2. DIMENSIONNEMENT DES LAMES

.(a). MATÉRIAUX UTILISES

En règle générale, la matière première utilisée pour la fabrication des lames de broyeurs est l'acier à 12% de Chrome qui est trempé pour obtenir un produit fini d'une dureté Rockwell allant de 56 à 60 HRC. Toutefois, il est possible, dans certains cas, d'envisager d'autres types de matières premières pour la fabrication des lames.

L'acier à 12% de Chrome est la matière de prédilection pour la fabrication des lames de broyeurs car il offre les avantages suivants :

- La matière première est abondante sur le marché
- Le prix de cette matière première reste pour l'instant compétitif par rapport à d'autres alliages.

- Une fois trempée à cœur, la lame présente une très bonne stabilité dimensionnelle : elle ne se déforme pas car elle n'a aucune élasticité
- La lame présente une bonne résistance aux chocs
- Elle s'affûte facilement.

(b). CALCUL DE LA LONGUEUR TOTALE DES LAMES

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

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

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

Avec

$$\begin{cases} \tau \leq \frac{F_t}{s} \\ s = L_{lame} \times e \end{cases}$$

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

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

$$\tau = 0.7 \sigma_r$$

Par conséquent :

$$0.7 \times \sigma_r \leq \frac{F_t}{L_{lame} \times e} \quad \text{D'où} \quad L_{lame} \geq \frac{F_t}{0.7 \times \sigma_r \times e}$$

$$L_{lame} \geq \frac{8.31 \times 10^3}{0.7 \times 37 \times 2} \geq 160.43\text{mm}$$

Je prends une longueur de lame qui est égale à $L_{lame} = 200\text{ mm}$ adaptable avec l'arbre des lames, qu'elle comporte **5 arêtes tranchantes**.

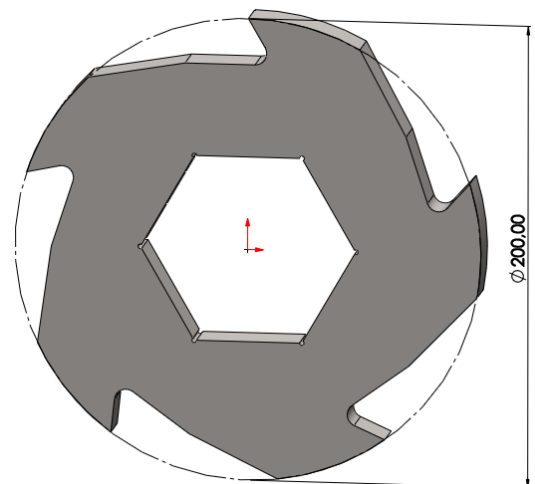


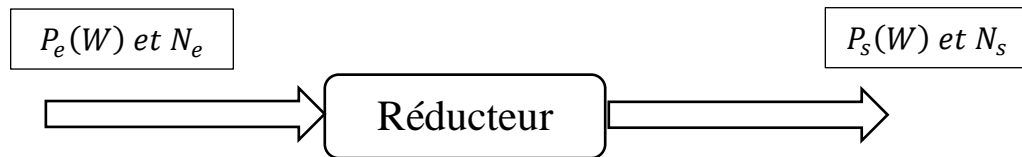
Figure 28: La longueur de la lame

3.2.3. SYSTÈME RÉDUCTEUR MÉCANIQUE

3.2.3.1. TECHNOLOGIES PRINCIPALES

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

3.2.3.2. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DES RÉDUCTEURS



La puissance P_{en} représente celle de l'entrer et elle se définit par $P_e = C_e \times \omega_e$

Et P_s représente la puissance obtenue à la sortie du réducteur, se définit comme $P_s = C_s \times \omega_s$

Avec

N_e et N_s Sont les nombres de tour d'entrer et de sortie respectivement, en (*tour/min*)

C_e et C_s Sont les couples d'entrée et de sortie respectivement, en (*N.m*)

ω_e et ω_s Sont les vitesses angulaires d'entrer et de sortie respectivement, en (*rad/s*)

Rapport de transmission (r) :

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

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

Dans ce cas d'un broyeur des bouteilles en plastique la technologie de réducteur la plus favorable et le système poulie courroie. La pièce la plus importante du système est la courroie, c'est une pièce utilisée pour la transmission du mouvement. Elle est construite dans un matériau souple. Par rapport à d'autres systèmes, elle présente l'avantage d'une grande souplesse de conception (le concepteur a une grande liberté pour placer les organes moteur et récepteur), d'être économique, silencieuse et d'amortir les vibrations, chocs et à-coups de la transmission avec un rendement entre 70% à 96% et ne nécessite pas de lubrification.



Figure 29: Technologies poulie courroie

3.2.3.3. CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DU SYSTÈME POULIE COURROIE

→ La courroie est utilisée avec des poulies, et parfois avec un galet tendeur.

→ L'entraînement s'effectue par adhérence pour les courroies plates, rondes, trapézoïdales et striées ; ces courroies sont qualifiées d'asynchrones car le glissement et éventuellement le « patinement », ne permettent pas de garantir la position et la vitesse de sortie.

→ L'entraînement s'effectue par obstacle pour les courroies dentées, qui sont également qualifiées de synchrones. Ces dernières permettent une transmission de mouvement avec positionnement : comme les chaînes et les engrenages.

→ La courroie synchrone de transmission de puissance, de transfert ou de transport reste un élément indispensable à toutes les machines.

.(a). Avantages





- Adaptée pour les machines fonctionnant sans à-coup, et lorsque l'on veut réduire les vibrations, ce qui augmente la durée de vie de certaines autres pièces.
- Adaptée pour une grande plage de vitesses et de couples.
- Coût de fabrication initial faible.
- Économe en énergie.
- Rendement élevé.
- Degré de fiabilité extrêmement élevé et nécessite peu de maintenance si ce n'est la vérification de la tension et le changement régulier du fait de l'usure.

.(b). Inconvénients

- Rapport de réduction parfois limité sur la transmission de puissance.

3.2.3.4. LES DIFFÉRENTS TYPES DE COURROIES ET POULIES

Tableau 8: Récapitulatif du système poulies et courroie [4]

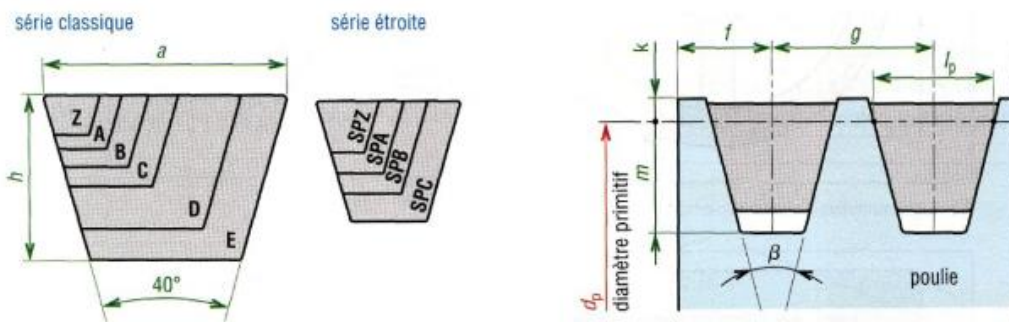
Multiplicateurs à poulies et courroie				
	Courroie crantée	Courroie striée	Courroie trapézoïdale	Courroie plate
				
Couples et puissances transmissibles	Assez élevés	Modérés	Moyens	Faibles
Rendement (%)	≤ 98	≤ 98	70 à 96	≤ 98
Durée de vie	Limitée	Limitée	Limitée	Limitée
Lubrification	Inutile	Inutile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

3.2.3.5. DIMENSIONNEMENT DU SYSTÈME COURROIE POLIE

Pour ce broyeur des bouteilles de plastique j'ai choisi d'utiliser les courroies trapézoïdales

Pour obtenir de bons résultats et une bonne transmission, la courroie doit aller suffisamment vite (environ 20 m/s). Les problèmes apparaissent au-dessus de 25 m/s et en dessous de 5 m/s (schématiquement 4 000 tr/min est une bonne vitesse ; des problèmes au-dessus de 5 000 tr/min et au-dessous de 1000 tr/min).

Dans les courroies trapézoïdales les grands entraxes sont à éviter car les vibrations excessives du brin mou diminuent la durée de vie et la précision de la transmission [indications : $\alpha < 3(D+d)$].



Séries classiques et étroites.

*Montage sur une poulie
($\beta = 32^\circ, 34^\circ, 36^\circ, 38^\circ$).*

Figure 30: Illustration des différents types de Courroies trapézoïdales [11]

Tableau 9: Tableau des principales dimensions trapézoïdales ISO 4183 [12]

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

l_p : longueur primitive ou de référence ; d_p : diamètre primitif ou de référence.
Exemple de désignation : Z1420 (pour courroie classique de longueur 1 420 mm).

La série étroite (SPZ, SPA...) permet des transmissions plus compactes que la série classique (Z, A, B...) ; les courroies sont plus flexibles et les calculs identiques.

Un crantage intérieur augmente la flexibilité et la capacité à dissiper la chaleur aux hautes vitesses.

Les courroies striées ont une action de coinçage moins marquée et leur fonctionnement se rapproche plus de celui des courroies plates.

Le principe de calcul est résumé par l'organigramme suivant :

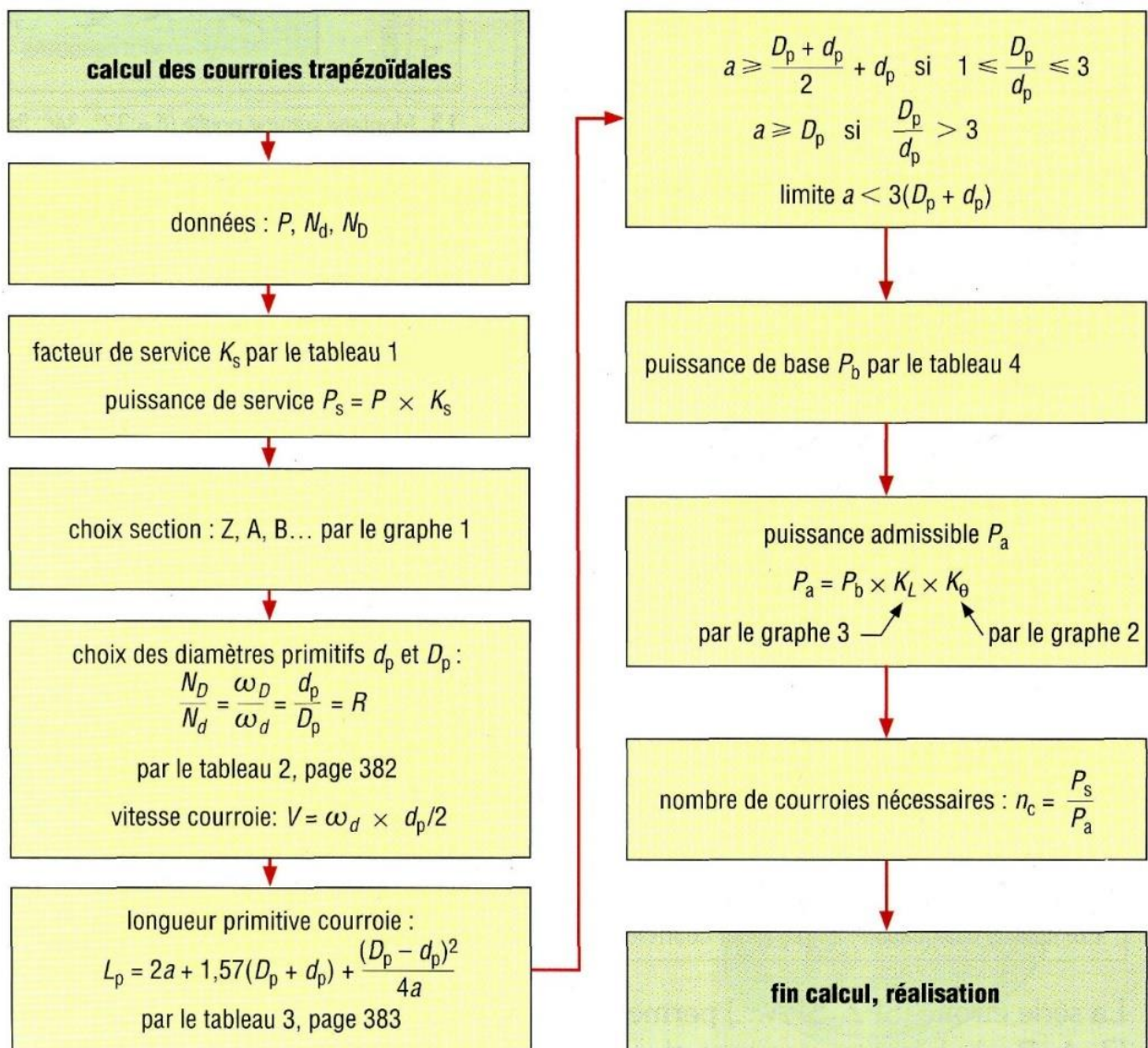


Figure 31: Organigramme du calcul des courroies trapézoïdales[12]

J'ai comme données initiales :

- $P= 11 \text{ KW}$
- $N_d= 1500 \text{ tr/min}$ (du moteur)
- $N_D= 200 \text{ tr/min}$ (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.

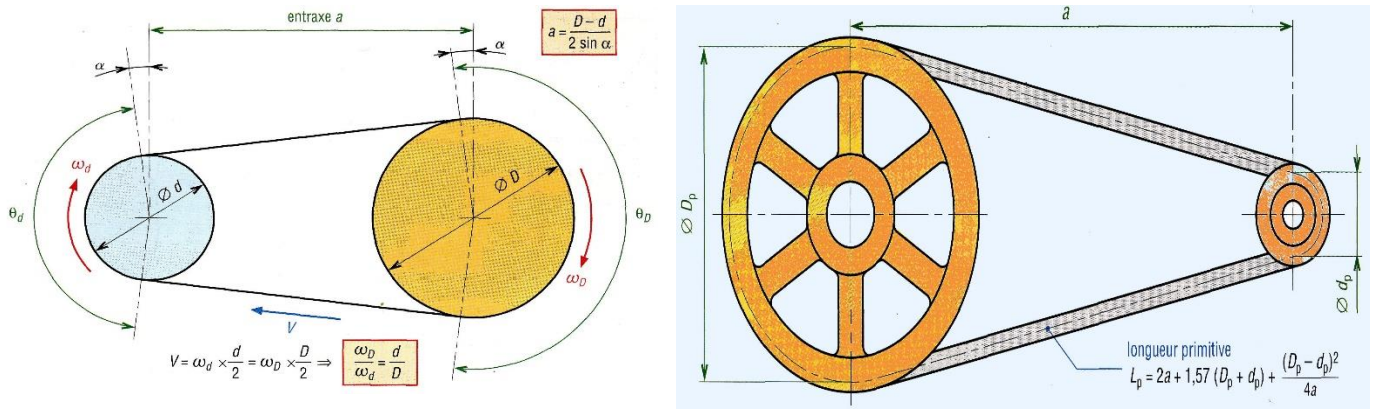


Figure 32: Schéma d'étude[12]

Paramètre :

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

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 ci-dessous $K_s=1,3$

Tableau 10: Tableau qui permet de choisir la valeur de K_s [12]

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

- P_s : Puissance de service ou puissance corrigé

$$P_s = P \times K_s$$

A.N

$$P_s = 5.22 \times 1.3 = 6.786 \text{ Kw}$$

$P = 6.786 \text{ Kw}$ c'est la puissance réelle à transmettre

- Choix du type de la courroie trapézoïdale :

$$P_s = 6.786 \text{ Kw}$$

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

D'après le graphe ci-dessous la courroie est de type A

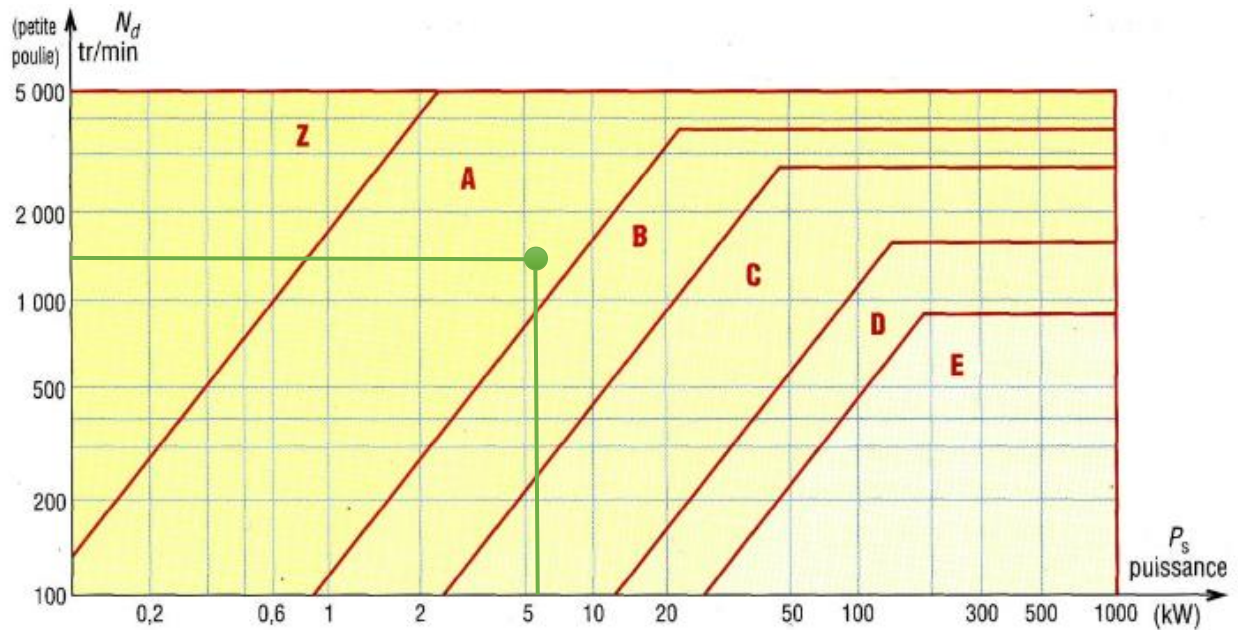


Figure 33: gamme des puissances transmissibles par type de courroie.

- Diamètre primitif de la grande poulie D_p :

$d_p = 75$ mm diamètre primitif de la petite poulie (donné)

De la formule du facteur de réduction $r = \frac{N_D}{N_d} = \frac{\omega_D}{\omega_d} = \frac{d}{D} = \frac{C_d}{C_D}$ on obtient $\frac{N_D}{N_d} = \frac{d_p}{D_p}$

Avec $r = \frac{N_D}{N_d} = \frac{200}{1500} = 0.13$ donc $r = 0.13$

D'où $D_p = \frac{N_d \times d_p}{N_D}$ A.N $D_p = \frac{1500 \times 75}{200} = 562.5 > D_p = 562.5$ mm c'est le diamètre primitif de la grande poulie.

Pour un diamètre normalisé j'ai choisi 562.5mm le plus proche de $D_p = 630$ mm d'après le tableau ci-dessous.

Tableau 11: Tableau des diamètres primitifs D_p et d_p selon la norme ISO4183

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	

- v =vitesse linéaire de la courroie :

$$v = \omega_d \times \frac{d_p}{2} = \frac{\pi \cdot N_d \cdot d_p}{30 \times 2} \quad \text{A.N} \quad v = \frac{\pi \cdot 1500 \cdot 75 \cdot 10^{-3}}{30 \times 2} = 5.86 \text{ m/s}$$

- Entraxe « a » et la longueur primitive « L_p » de la courroie :

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

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

limite $a < 3(D_p + d_p)$

Figure 34: Condition de calcul d'entraxe

$$\frac{D_p}{d_p} = \frac{630}{75} = 8.4 > 3 \quad \text{Implique} \quad D_p \leq a < 3(D_p + d_p)$$

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

a=775mm

L_p=2855.58mm

Donc je prends L_p la longueur de la courroie 2700mm d’apprêt le tableau ci-dessous

Tableau 12: Longueurs primitives L_p de courroie trapézoïdale

3. Longueurs primitives ou de référence L _p (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 630 à 3 550	SPA 800 à 4 500	SPB 1 250 à 8 000	SPC 2 000 à 12 500
L _p (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				

- P_b puissance de base de la courroie

d_p = 75mm et v = **5.86 m/s** ; courroie de type A

Avec ces paramètres et le tableau ci-dessous j’obtiens la puissance de base de la courroie comme suite.

Tableau 13: Puissance de base P_b de la courroie trapézoïdale

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

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

Et d'après le tableau ci-dessus j'ai les valeurs suivantes 1.25 et 2.04

J'ai obtenu par interpolation entre 1.25 et 2.04

$$P_b = 1.9 \text{ KW}$$

- P_a Puissance admissible de la courroie

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

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

$$P_b = 1.9 \text{ KW}$$

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

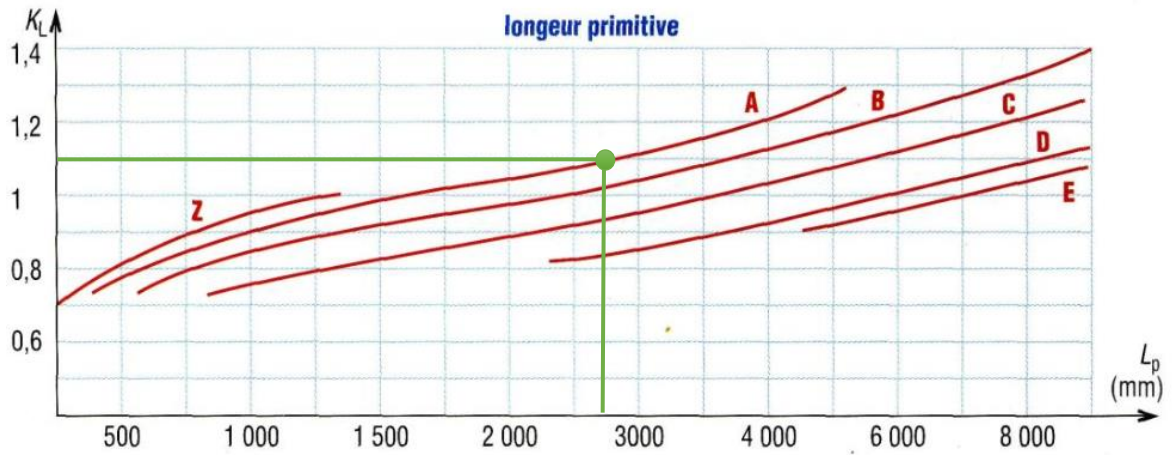


Figure 35: Coefficient correcteur en fonction de la longueur primitive de la courroie L_p

$K_L \approx 1.1$ (avec $L_p = 2700$) ;

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

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

AN : $\theta = 180^\circ - 2 \sin^{-1} \left[\frac{(630 - 75)}{2 \times 775} \right]$ D'où $\theta = 138.04^\circ$

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

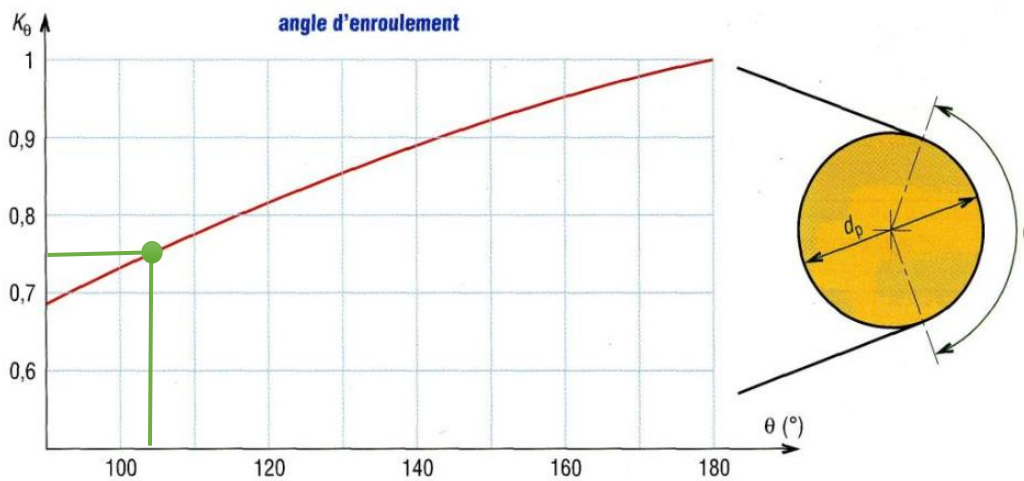


Figure 36: coefficient correcteur fonction de l'angle d'enroulement θ

$K_\theta \approx 0.75$ (avec $\theta = 138.04^\circ$) ;

Donc :

$$P_a = 1.9 \times 1.1 \times 0.75 = 1.57KW$$

$$P_a = 1.57KW$$

- Nombre nécessaire de courroies :

$$n = \frac{P_s}{P_a} = \frac{6.786}{1.57} = 4.3 \longrightarrow \text{Soit 5 courroies}$$

3.2.4. SYSTÈME ENGRENAGE

3.2.4.1. GÉNÉRALITÉS SUR LES ENGRENAGES

Un engrenage est un mécanisme composé de deux roues dentées mobiles autour d'axes de position fixe et dont l'une entraîne l'autre par l'action de dents successivement en contact et on dit que les deux roues sont conjuguées. La plus petite roue est appelée pignon, la plus grande est la roue.

Ils sont classés en différentes catégories caractérisées par :

- Position relative des axes des arbres d'entrée et de sortie.
- La forme extérieure des roues dentées.
- Le type de denture.

La fonction globale d'un engrenage est de transmettre un mouvement de rotation par obstacles en changeant ses caractéristiques.

On utilise les engrenages pour transmettre un mouvement et une puissance entre deux arbres qui peuvent avoir différentes positions. Pour un prix de revient modéré, ils ont pour avantage un excellent rendement (en général) et un encombrement plutôt faible.

Une combinaison d'engrenages est appelée train d'engrenages. Ils peuvent avoir pour fonction :

- Réduction ou augmentation de la fréquence de rotation.
- Réduction ou augmentation du couple moteur.
- Transmission d'un mouvement de rotation.
- Transformation des caractéristiques d'un mouvement.

Il existe deux types de contact dans les engrenages :

- Contacte extérieur
- Contacte intérieur

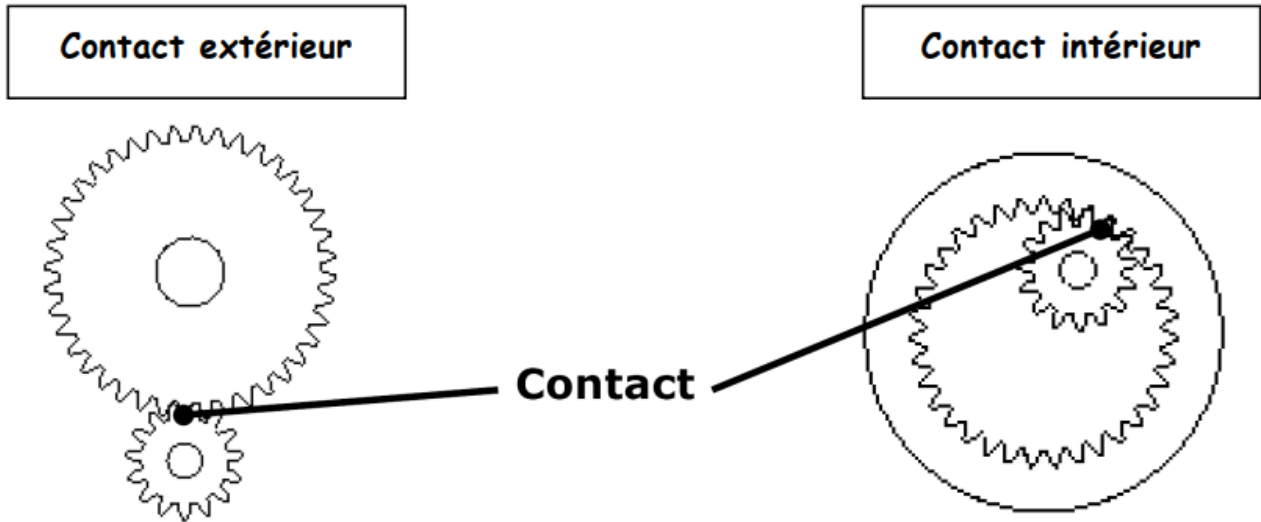


Figure 37: Les types de contact des engrenages

Les différents types d'engrenages :

On distingue trois catégories d'engrenages.

- Engrenages parallèles
- Engrenages concourants
- Engrenages gauches

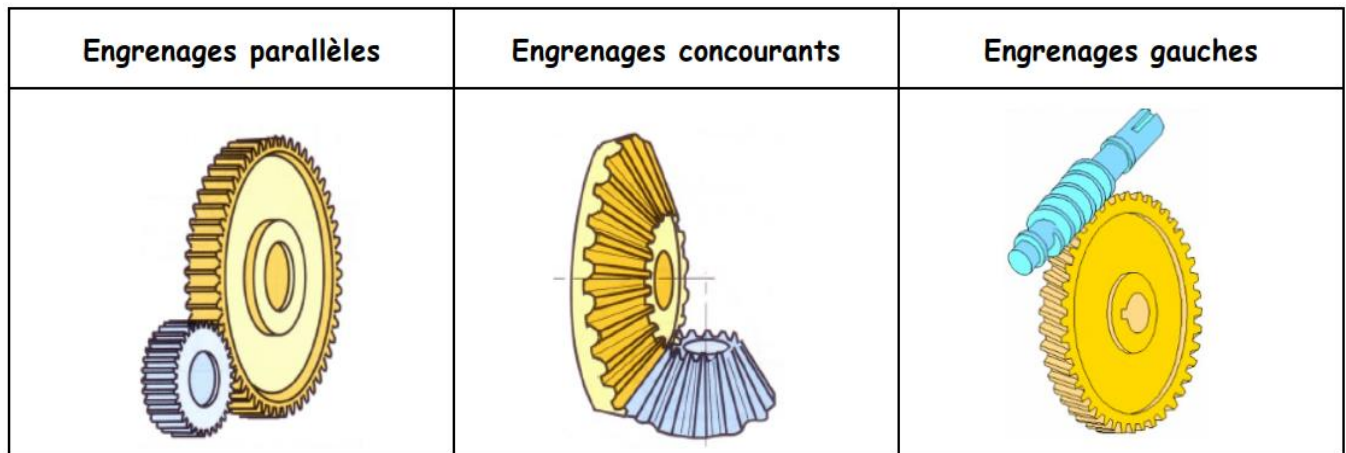


Figure 38: Les différents types d'engrenages

Tableau 14: Représentation des schémas cinématiques des différents types d'engrenages

Schémas cinématiques (normalisation)			
roue extérieure	roue intérieure	roue conique	roue et crémaillère
denture extérieure	denture intérieure	engrenages coniques	roue et vis sans fin
engrenages droits			

3.2.4.2. CALCUL DES ENGRENAGES CHOISIS

Pour mon cas de broyeur des bouteilles de plastique je choisis les engrenages parallèles à denture droite.

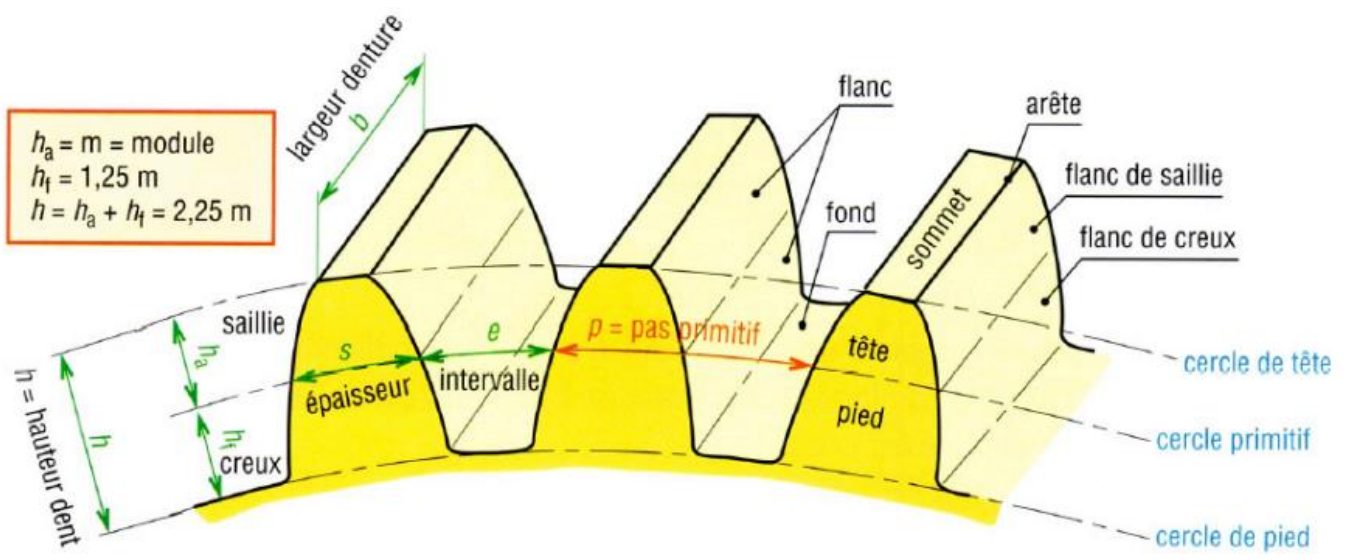


Figure 39: Schémas des caractéristiques d'engrenages parallèles à denture droite

- Calcul de rapport de transmission « r »

Dans mon cas les deux arbres du broyeur tournent avec la même vitesse des rotations et ils doivent avoir la même puissance, par conséquent le rapport de transmission « r » va être égale à 1

$$\text{AN :} \quad r = \frac{Z_1}{Z_2}$$

Avec : $Z_1 = 40$ dents (nombre de dents du pignon.)

$Z_2 = 40$ dents (nombre de dents de la roue.)

$$\text{D'où} \quad r = \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{40}{40} = 1 = \frac{D_1}{D_2}$$

Avec : $D_1 =$ Diamètre de pignon.

$D_2 =$ Diamètre de la roue.

- Calcule de module « m »

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

$\|\vec{F}_t\| =$ force tangentielle en newtons N. $F_t = 8.31$ kN

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

$R_{pe} =$ Résistance pratique à l'extension du matériau de la dent en mégapascals MPa. 460N /mm²

Tableau 15: Caractéristique d'un engrenage droit

Module	m	4 mm
Nombre de dents	$Z_1=Z_2$	40
Pas	$m \cdot \pi$	12.57
Saillie	$h_a=m$	4 mm
Creux	$h_f=1.25 \cdot m$	5 mm
Hauteur de dent	$h=2.25m$	9 mm
Diamètre primitif	$d=m \cdot z$	160 mm
Diamètre de tête	$d_a=d+2m$	168 mm
Diamètre de pied	$R_f=d-2.5m$	150 mm
Largeur de dent	$b=k \cdot m$	40 mm
Entraxe	$A = \frac{D_1 + D_2}{2}$	160 mm

3.2.5. SYSTÈME DE CLAVETAGE

3.2.5.1. GÉNÉRALITÉ SUR LES CLAVETTES

La clavette est utilisée entre un arbre et le moyeu de la machine (poulies, engrenage ...) c'est un moyen commode et économique destiné pour tout montage qui tourne à basse vitesse, lorsqu'on doit fréquemment monter ou démonter l'élément de l'arbre en général, le montage à clavette est accompagné d'un passage léger (c'est-à-dire que l'alésage est légèrement inférieur au diamètre de l'arbre).

Pour éviter l'excentricité et le jeu de rotation, on distingue 3 types principaux de clavette :

- Les clavettes parallèles (carrées ou rectangulaires)
- Les clavettes inclinées (avec ou sans talon)
- Les clavettes disque

La longueur de la clavette est alors ajustée pour satisfaire aux exigences de résistance des matériaux. Pour déterminer la résistance d'une clavette, on utilise l'hypothèse simplificatrice voulant que les forces soient distribuées uniformément sur les surfaces d'une clavette.

3.2.5.2. DIMENSIONNEMENT DES CLAVETTES

Dans ce cas, le type de clavette choisi est la clavette parallèle **forme A**

Le broyeur des bouteilles de plastique comporte quatre clavettes deux identiques pour fixer les roues dentées sur les deux arbres, une pour fixer la grande roue de polie sur le 1^{er} arbre et la dernière clavette pour fixer la petite roue sur l'arbre moteur.

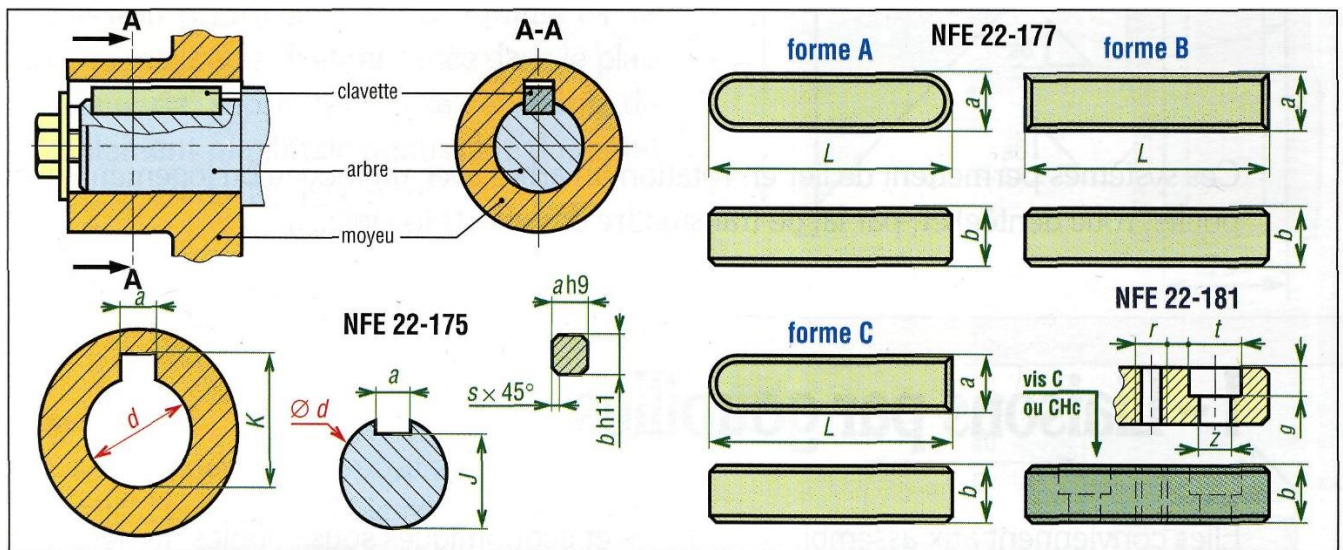


Figure 40: Les formes des clavettes parallèles

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

Tolérances :

L'ajustement de la clavette est « serré » sur l'arbre et « glissant juste » dans le moyeu.

Tableau 16: Tolérance pour clavetages

Tolérances pour clavetages						
Clavette	sur a			h9		
	sur b			h9 pour $b \leq 6$	h 11 pour $b > 6$	
Rainure	libre	normal	serré	d	j	k
Arbre	H9	N9	P9	6 à 22 inclus	0 - 0,1	+ 0,1 0
				22 à 130	0 - 0,2	+ 0,2 0
Moyeu	D10	Js9	P9	130 à 230	0 - 0,3	+ 0,3 0

.(a). CARACTÉRISTIQUES DES QUATRE CLAVETTES

À l'aide de tableau ci-dessous je détermine les caractéristiques des quatre clavettes

Tableau 17: Caractéristique de clavette

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

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

- **Clavette entre petite roue et l'arbre moteur :**

Le diamètre de l'arbre moteur « d_1 » = 40 mm

Donc : $a_1 = 12$ mm ; $b_1 = 8$ mm ; $s_1 = 0.4$ mm ; $j_1 = 35$ mm ; $k_1 = 43.3$ mm

- **Clavette entre grande roue et le 1^{er} arbre c'est la même pour les roues dentées et les deux arbres :**

Le diamètre du 1^{er} et 2^{ème} arbre « d_2 » = 60 mm

Donc : $a_2 = 20$ mm ; $b_2 = 12$ mm ; $s_2 = 1$ mm ; $j_2 = 54$ mm ; $k_2 = 69.9$ mm

.(b). CALCUL DES QUATRE CLAVETTES

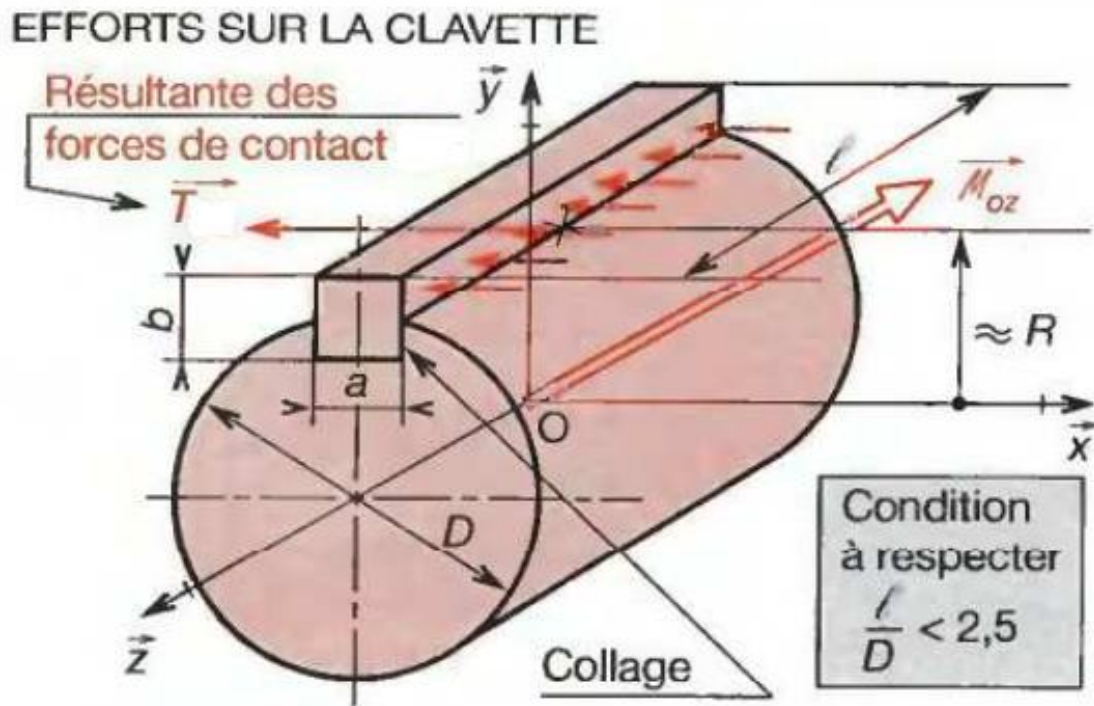


Figure 41: Efforts sur la clavette

Les conditions de fonctionnement sont mauvaises (démarrage fréquent, variation des efforts en fonctionnement).

Tableau 18: Pression admissible en fonction de condition du travail

Pressions admissibles sur les flancs des clavettes et cannelures (en MPa)*			
Type de montage	Conditions de fonctionnement		
	Mauvaises	Moyennes	Excellentes
Glissant sous charge	3 à 10	5 à 15	10 à 20
Glissant sans charge	15 à 30	20 à 40	30 à 50
Fixe	40 à 70	60 à 100	80 à 150

- Calcul du couple moteur $\overrightarrow{M_{oz1}}$ appliqué sur l'arbre moteur et $\overrightarrow{M_{oz2}}$ appliqué sur les deux arbres :

On sait que $P = \overrightarrow{M_{oz}} \cdot \omega$ P la puissance à transmettre 5.22 Kw ; $\omega = \frac{2\pi \cdot N}{60}$

$$\text{D'où } \overrightarrow{M_{oz}} = \frac{P \cdot 60}{2\pi \cdot N} \quad \overrightarrow{M_{oz1}} = 33.23 \text{ N.m} ; \overrightarrow{M_{oz2}} = 249.24 \text{ N.m}$$

- Calcul de la résultante $\overrightarrow{T_1}$ et $\overrightarrow{T_2}$ d'arbre moteur et les deux arbres respectivement des actions des contacts.

$$\|\overrightarrow{T}\| = \frac{\overrightarrow{M_{oz}}}{R}$$

$$\text{D'où } \overrightarrow{T_1} = 1661.5 \text{ N} \text{ et } \overrightarrow{T_2} = 6646.4 \text{ N}$$

- Calcul de la pression sur les flancs des clavettes *(1MPa=1N/mm²) :

$$p = \frac{\|\overrightarrow{T}\|}{s} = \frac{\|\overrightarrow{T}\|}{l \times b/2}$$

$$\text{D'où } p_1 = \frac{1661.5}{l_1 \times 4} \text{ et } p_2 = \frac{6646.4}{l_2 \times 7.5}$$

- Choisir sur le tableau une pression admissible sur les flancs des clavettes :

Cas d'un montage fixe, avec des conditions de fonctionnement mauvaises, j'adopte $p_{adm}=40\text{MPa}^*$

- La condition de non-matage :

$$p < p_{adm} ; \frac{1661.5}{l_1 \times 4} < 40 \text{ et } \frac{6646.4}{l_2 \times 7.5} < 40$$

D'où $l_1 > 10.38 \text{ mm}$ et $l_2 > 22.15 \text{ mm}$

J'adopte $l_1 = 11 \text{ mm}$ et $l_2 = 23 \text{ mm}$

- Vérification que $\frac{l}{D} < 2.5$:

$$\frac{l_1}{D} < 0.3 < 2.5 \text{ et } \frac{l_2}{D} < 0.3 < 2.5$$

Donc les longueurs sont vérifiées

3.2.6. SYSTÈME DE GUIDAGE EN ROTATION

3.2.6.1. GÉNÉRALITÉS SUR LE GUIDAGE EN ROTATION

Dans ce cas du broyeur des bouteilles de plastique je dois assurer le guidage en rotation des deux arbres. Parmi plusieurs technologies des guidages en rotation des liaisons pivot, la solution la plus adaptée est les roulements.

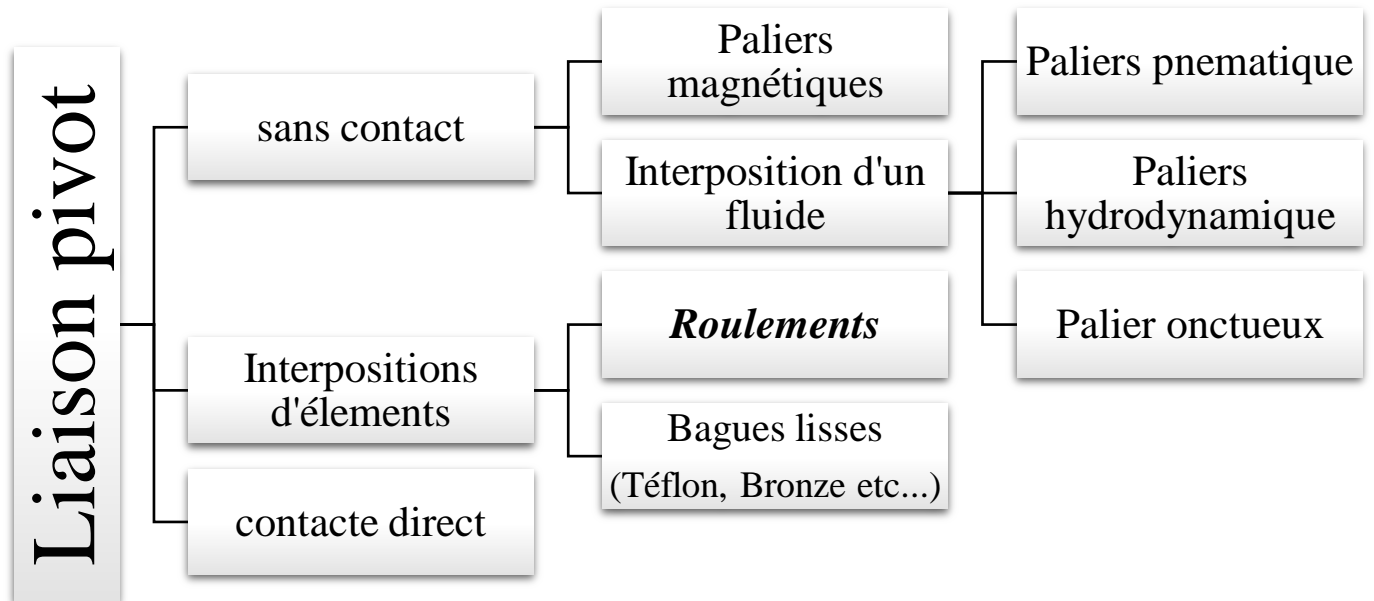


Figure 42: Arbre de classification des différentes liaisons pivots

En mécanique, un roulement est un dispositif destiné à guider un assemblage en rotation, c'est-à-dire à permettre à une pièce de tourner par rapport à une autre selon un axe de rotation défini.

Le roulement est donc un palier. Par rapport aux paliers lisses, le roulement permet d'avoir une très faible résistance au pivotement tout en supportant des efforts importants. Un composant roulement se vérifie, un palier lisse se calcule

3.2.6.2. SYSTÈME DES ROULEMENTS

.(a). Composition d'un roulement

Un roulement est normalement constitué de quatre éléments différents :

- Une bague extérieure : elle sera montée dans un logement ménagé dans un bâti fixe ou un moyeu tournant.
- Une bague intérieure rendue solidaire du tourillon de l'arbre tournant ou fixe.
- Des éléments roulants qui permettent la rotation relative d'une bague par rapport à l'autre (billes, rouleaux, tonneaux).
- La cage qui maintient l'écartement des éléments roulants et les empêche de frotter l'un contre l'autre.

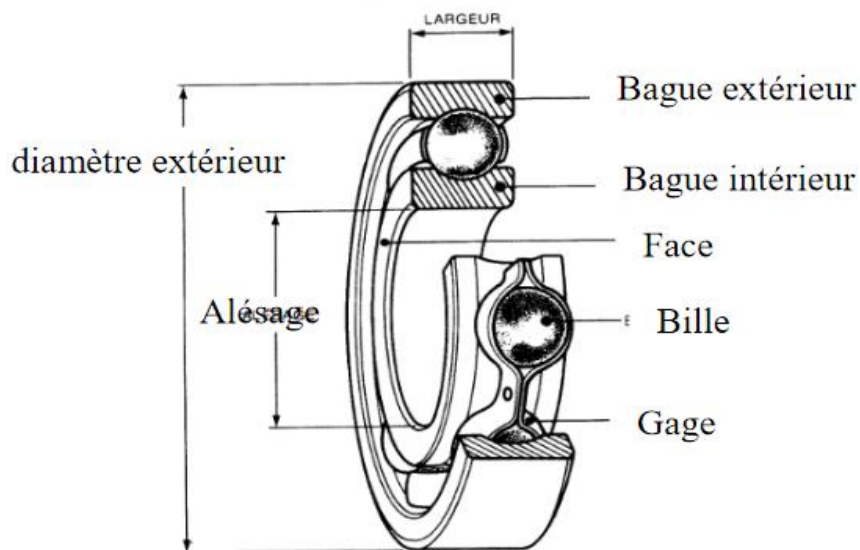





















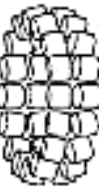











Figure 43: Principaux éléments constitutifs d'un roulement

.(b). Les différents types de roulement

Tableau 19: Représentation des types et les éléments constituant un roulement

TYPE	BAGUE EXTERIEURE	BAGUE INTERIEURE	ÉLÉMENTS ROULANTS	CAGE		
				Matère synthétique	Tôle emboulie	Massive usinée
 Roulements à billes						
 Roulements à rouleaux cylindriques						
 Roulements à rouleaux coniques	Cuvette	Cône				
 Roulements à rouleaux sphériques						
 Roulements à aiguilles						

.(c). Choix du roulement

Le choix du type de roulements à utiliser dépend des exigences techniques propres à chaque cas (durée de vie exigée, importance des charges appliquées au roulement, place disponible, vitesse de rotation, températures de fonctionnement, jeux, précision, lubrification), et ne peut se faire que dans la connaissance parfaite des caractéristiques techniques de chaque type.

La figure ci-dessous donne les types de charge supportée par les différents types de roulement.

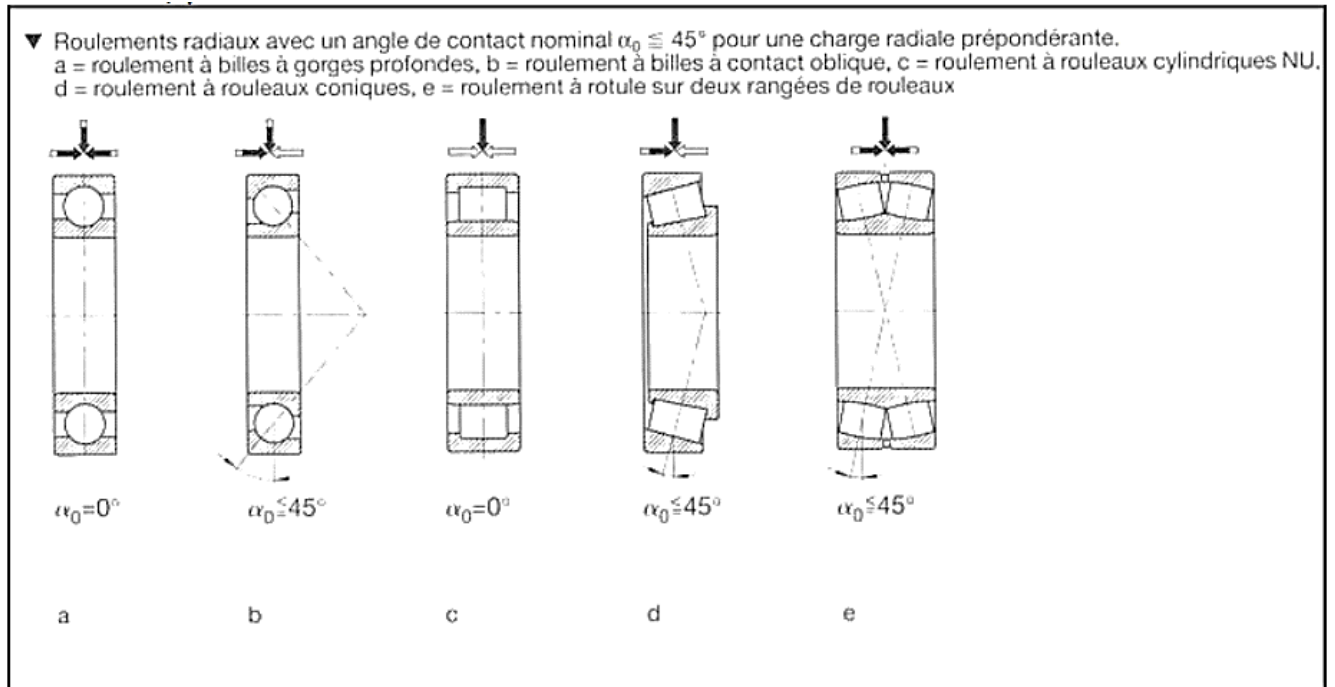


Figure 44: Évaluation des charges supportées

Pour ce cas les Roulements à une rangée de billes à gorge profonde vent être utilisés.

.(d). Caractéristique du roulement à billes

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

Tableau 20: caractéristique du roulement rigide à billes

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

.(e). Désignation du roulement

Roulement : **75 BC 02 X**

75 : diamètre intérieur du roulement.

BC : type de roulement à une rangée de billes à contact radial.

02 : Série de dimensions.

X : n'importe quel type de cage.

ÉCARTS SUR LA LARGEUR B DES ROULEMENTS (sauf roulements à rouleaux coniques)						ROULEMENTS À UNE RANGÉE DE BILLES, À CONTACT RADIAL, SANS ENCOCHE DE REMPLISSAGE																			
Valeurs en micromètres (µm)	Alésage d		Écart supérieur	Écart inférieur	Type BC																				
	de 3 à 50 inclus		0	- 120	P = protection d'un seul côté par flasque E = protection d'un seul côté par joint																				
	50 à 80		0	- 150	PP = protection des deux côtés par flasques EE = protection des deux côtés par joints																				
	80 à 120		0	- 200	Exemple de désignation																				
120 à 180		0	- 250																						
d	Série de dimensions 10						Série de dimensions 02						Série de dimensions 03						Série de dimensions 04						
	D	B	r	C ₀ daN	C daN	n max* tr/min	D	B	r	C ₀ daN	C daN	n max* tr/min	D	B	r	C ₀ daN	C daN	n max* tr/min	D	B	r	C ₀ daN	C daN	n max* tr/min	
3							10	4	0,15	17	48,8	48000													
4							13	5	0,2	31,5	84,4	45000	16	5	0,3	44	111	40000							
5							16	5	0,3	44	111	40000	19	6	0,3	72	172	38000							
6							19	6	0,3	72	172	38000													
8	22	7	0,3	134	325	38000																			
9	24	7	0,3	153	371	36000	26	8	0,3	196	462	32000													
10	26	8	0,3	196	462	28000	30	9	0,6	224	507	30000	35	11	0,6	375	806	26000							
12	28	8	0,3	224	507	26000	32	10	0,6	310	689	28000	37	12	1	465	975	19000							
15	32	9	0,3	250	559	28000	35	11	0,6	355	780	24000	42	13	1	540	114	20000							
17	35	10	0,3	280	605	24000	40	12	0,6	450	956	20000	47	14	1	655	1350	19000	62	17	1,1	1180	2290	15000	
20	42	12	0,6	450	936	20000	47	14	1	620	1270	18000	52	15	1,1	780	1590	16000	72	19	1,1	1680	3070	13000	
25	47	12	0,6	560	1120	18000	52	15	1	695	1400	15000	62	17	1,1	1140	2250	14000	80	21	1,5	1960	3580	11000	
30	55	13	1	680	1330	15000	62	16	1	1000	1950	13000	72	19	1,1	1460	2810	11000	90	23	1,5	2400	4360	10000	
35	62	14	1	850	1590	13000	72	17	1,1	1370	2550	11000	80	21	1,5	1800	3320	10000	100	25	1,5	3100	5530	8500	
40	68	15	1	930	1680	12000	80	18	1,1	1660	3070	10000	90	23	1,5	2240	4100	9000	110	27	2	3650	6370	8000	
45	75	16	1	1220	2120	11000	85	19	1,1	1860	3320	9000	100	25	1,5	3000	5270	8000	120	29	2	4550	7610	7000	
50	80	16	1	1320	2160	10000	90	20	1,1	1960	3510	8500	110	27	2	3600	6180	7500	130	31	2,1	5200	8710	6300	
55	90	18	1,1	1700	2810	9000	100	21	1,5	2500	4360	7500	120	29	2	4150	7150	6700	140	33	2,1	6300	9950	6000	
60	95	18	1,1	1830	2960	8000	110	22	1,5	2800	4750	7000	130	31	2,1	4800	8190	6000	150	35	2,1	6950	10800	5600	
65	100	18	1,1	1960	3070	7500	120	23	1,5	3400	5590	6300	140	33	2,1	5600	9230	5600	160	37	2,1	7800	11900	5300	
70	110	20	1,1	2450	3770	7000	125	24	1,5	3750	6180	6000	150	35	2,1	6300	10400	5300	180	42	3	10400	14300	4500	
75	115	20	1,1	2600	3970	6700	130	25	1,5	4050	6630	5600	160	37	2,1	7200	11200	5000	190	45	3	11400	15300	4300	
80	125	22	1,1	3150	4750	6300	140	26	2	4500	7020	5300	170	39	2,1	8000	12400	4500	200	48	3	12500	16300	4000	
85	130	22	1,1	3350	4940	6000	150	28	2	5300	8320	5000	180	41	3	9000	13300	4300	210	52	4	13400	17400	3800	
90	148	24	1,5	3900	5850	5600	160	30	2	6200	9560	4500	190	43	3	9800	14300	4000	225	54	4	14600	18600	3600	
95	145	24	1,5	4150	6050	5300	170	32	2,1	6950	10800	4300	200	45	3	11000	15300	3800							
100	150	24	1,5	4150	6050	5000	180	34	2,1	7800	12400	4000	215	47	3	13200	17400	3600							

.(f). Durée de vie du roulement

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

- En Millions de tours : $L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^n$

Avec

L_{10} = durée de vie nominale exprimée en millions de tours.

C : capacité de charge dynamique en daN. $C = 6630\text{daN}$

P : charge radiale équivalente en daN. $P = 831\text{daN}$

n : 3 pour les roulements à billes.

$\frac{C}{P}$: Le rapport de charge.

- En heurs de fonctionnement

Il est préférable d'exprimer la durée de vie nominale en heurs de fonctionnement

$$L_{10h} = \left(\frac{C}{P}\right)^n \times \left(\frac{10^6}{60 \times N}\right)$$

Avec :

L_{10h} : durée de vie nominale en heurs de fonctionnement,

N : vitesse de rotation en tr/mn ; 200 tr/mn dans ce cas.

$$L_{10h} = \left(\frac{11200}{831}\right)^3 \times \left(\frac{10^6}{60 \times 200}\right)$$

$$L_{10h} = 42321h \quad \text{soit} \quad 5 \text{ ans}$$

4. CONCLUSION

Ce présent chapitre a permet de donner des valeurs numériques par calcule afin de dimensionner les différents éléments du broyeur, pour pouvoir passer à la conception et simulation des différents partis de ce dernier ce qui est le rôle du prochain chapitre.

CHAPITRE 4 :

Modélisation

et

Simulation

1. GÉNÉRALITÉ

1.1. INTRODUCTION

Aprêt avoir dimensionné et calculer les principales pièces du broyeur à savoir lame et arbre, il est temps de donné valeur aux résultats du précédent chapitre et les vérifier à l'aide de la CAO et la simulation. Ce qui classe ce présent chapitre comme étant le plus important.

1.2. DÉFINITION DE LA CAO

La Conception Assistée par Ordinateur, ou CAO, rassemble des outils informatiques (logiciels et matériels) qui permettent de réaliser une modélisation géométrique d'un objet afin de pouvoir simuler des tests en vue d'une fabrication.

1.3. 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.

1.4. LES AVANTAGES ET LES INCONVÉNIENTS DE LA CAO

1.4.1. LES AVANTAGES DE LA CAO

Si la CAO a exercé une influence majeure sur de nombreuses industries, elle a été particulièrement révolutionnaire dans le domaine de la conception de produits. Le passage de la rédaction avec du papier et des crayons à la conception à l'écran a considérablement accru l'efficacité et réduit le gaspillage – mais ce n'est que le début. L'utilisation de Logiciel De CAO Électronique pour la conception de produits présente de nombreux avantages, dont beaucoup ont eu un impact profond.

- **Précision**

Même les croquis les plus précis ou les dessins sur papier contiennent quelques petites erreurs. Pendant ce temps, le logiciel de CAO est construit autour du travail avec des images vectorielles. La nature mathématiquement définie des images vectorielles constitue un avantage particulier dans le domaine de la conception de produits, car elle élimine le problème du dessin à l'échelle.

Une fois que vous avez créé votre conception avec une échelle particulière dans le logiciel de CAO, vous pouvez alors modifier l'échelle sans perte de précision et en préservant la définition de l'image. Les logiciels de CAO facilitent encore plus le dessin précis des concepteurs, mais leur permettent également de convertir avec précision les fichiers de différents logiciels de CAO.

- **De deux dimensions à trois**

Les croquis traditionnels en papier étaient limités par le support sur lequel ils étaient dessinés ; il est difficile d'afficher un objet 3D sur une surface 2D. Malheureusement, dans le domaine de la conception de produits, il est impératif de visualiser un objet en trois dimensions, car il veille à ce que sa conception réponde à la fois aux besoins du consommateur et à ses spécifications esthétiques.

L'utilisation du logiciel de CAO change tout cela. Le logiciel de modélisation 3D donne aux concepteurs la possibilité de concevoir dès le départ en trois dimensions. La conception en 3D offre aux concepteurs plusieurs avantages majeurs, notamment la possibilité de créer un objet virtuel qui ressemble à l'apparence du produit fini. Le logiciel de CAO 3D offre également la possibilité de visualiser un modèle virtuel à partir de différents points de vue, avec la possibilité d'effectuer un panoramique sur le modèle. Il est même possible de visualiser le fonctionnement interne d'un produit en modifiant l'opacité des couches extérieures. La possibilité de voir le « produit fini » dans un espace virtuel non seulement procure aux clients une expérience plus immersive et plus réaliste, mais facilite également la tâche de détection et de correction du problème par les concepteurs.

Ainsi, il sera de plus en plus facile pour des sociétés comme piecesauto.fr de vous fournir des pièces de rechange rapidement, qui correspondent aux attentes d'un client.

1.4.2. LES INCONVÉNIENTS DE LA CAO

Bien que la conception assistée par ordinateur (CAO) ait apporté de nombreux avantages aux domaines du produit et du design industriel, tout le monde n'est pas convaincu que son impact ait été totalement positif. Certains ont noté que l'ancienne méthode de dessin sur papier « reste un outil de base pour accélérer la résolution de problèmes visuels ». Le Sketching peut aider le concepteur à développer sa capacité de réflexion créative et lui permettre de créer des solutions innovantes aux problèmes qu'il cherche à résoudre.

1.5. 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, ANSYS ...etc. les possibilités offertes par de tels programmes sont nombreuses :

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

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

Pour ce cas d'étude d'un broyeur des bouteilles de plastique SolidWorks à été utilisé.

1.6. LES DIFFERENTES UTILISATIONS DE SOLIDWORKS

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

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

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

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

2. MODÉLISATION GÉOMÉTRIQUE DU BROYEUR

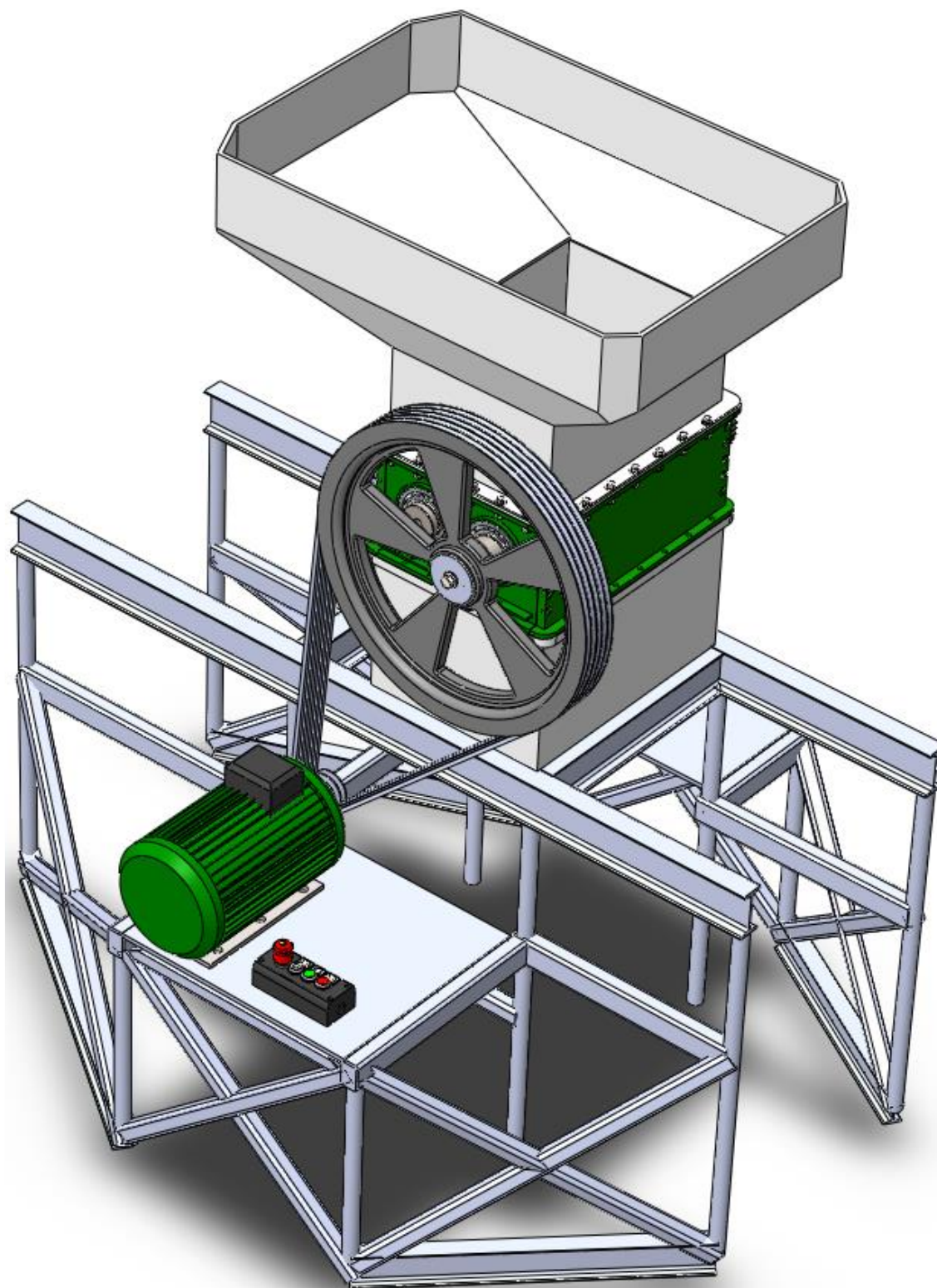


Figure 45: Assemblage fini du broyeur

La **figure 45** montre la solution de l'objet de cette étude le broyeur des matériaux plastique après avoir calculer dimensionner et modélisé les différentes pièces de la machine.

3. ASSEMBLAGE DES ÉLÉMENTS DU CORPS DU BROYEUR

3.1. CORPS DU BROYEUR

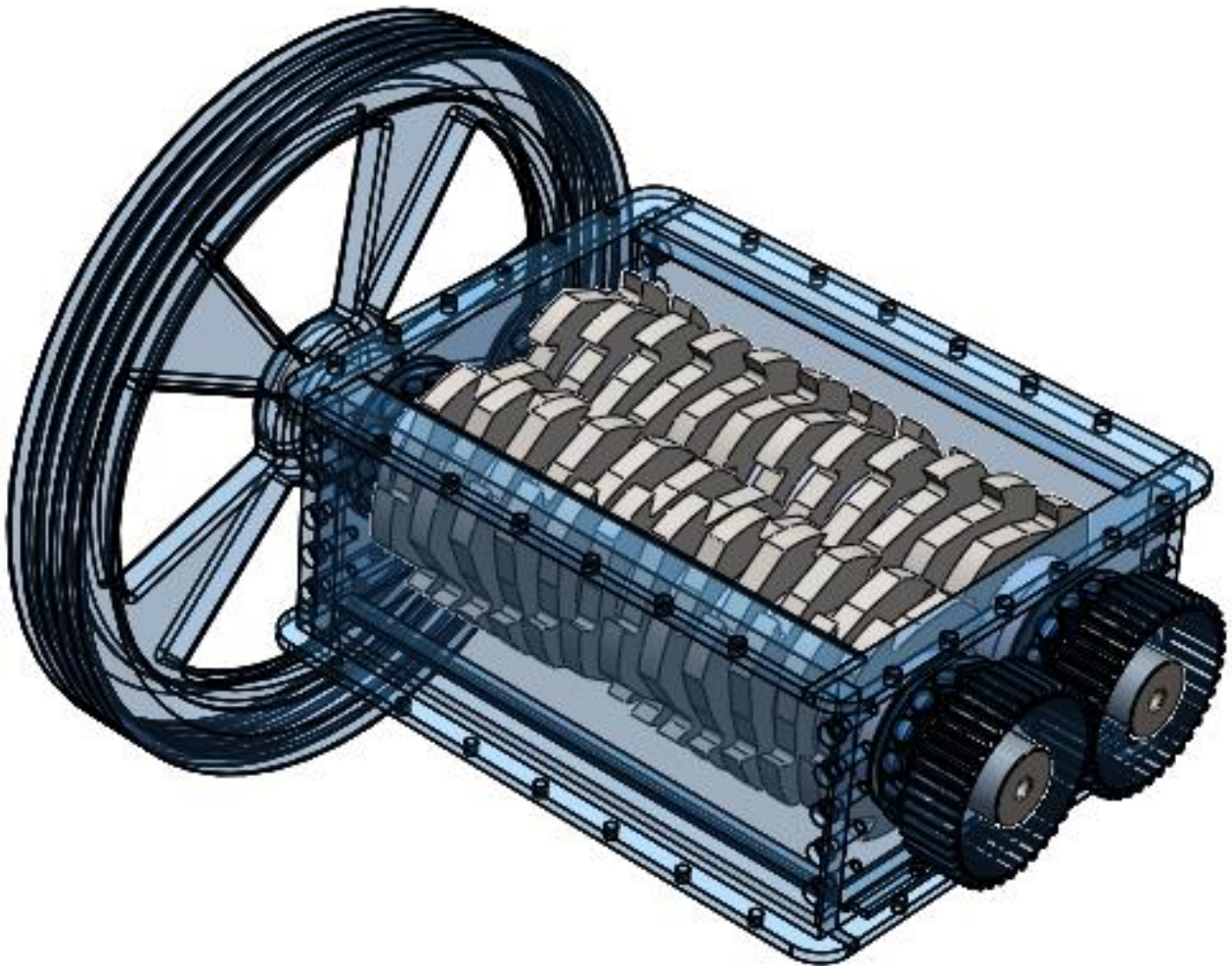


Figure 46: Tout l'assemblage de corps du broyeur

Le corps du broyeur est la partie la plus importante de la machine, non seulement à ça difficulté d'assemblage, mais aussi le travail qui permet de modéliser les différentes pièces qui le constitue, à savoir, arbre porte-lames, les lames, les roues dentées (engrenage), la grande polie, les entre lames, les roulements et les différents côtés du bâti de corps du broyeur, que j'ai pris en concédèrent le facteur sécurité et esthétique dans ce dernier.

3.2. ASSEMBLAGE DES LAMES SUR LES DEUX ARBRES

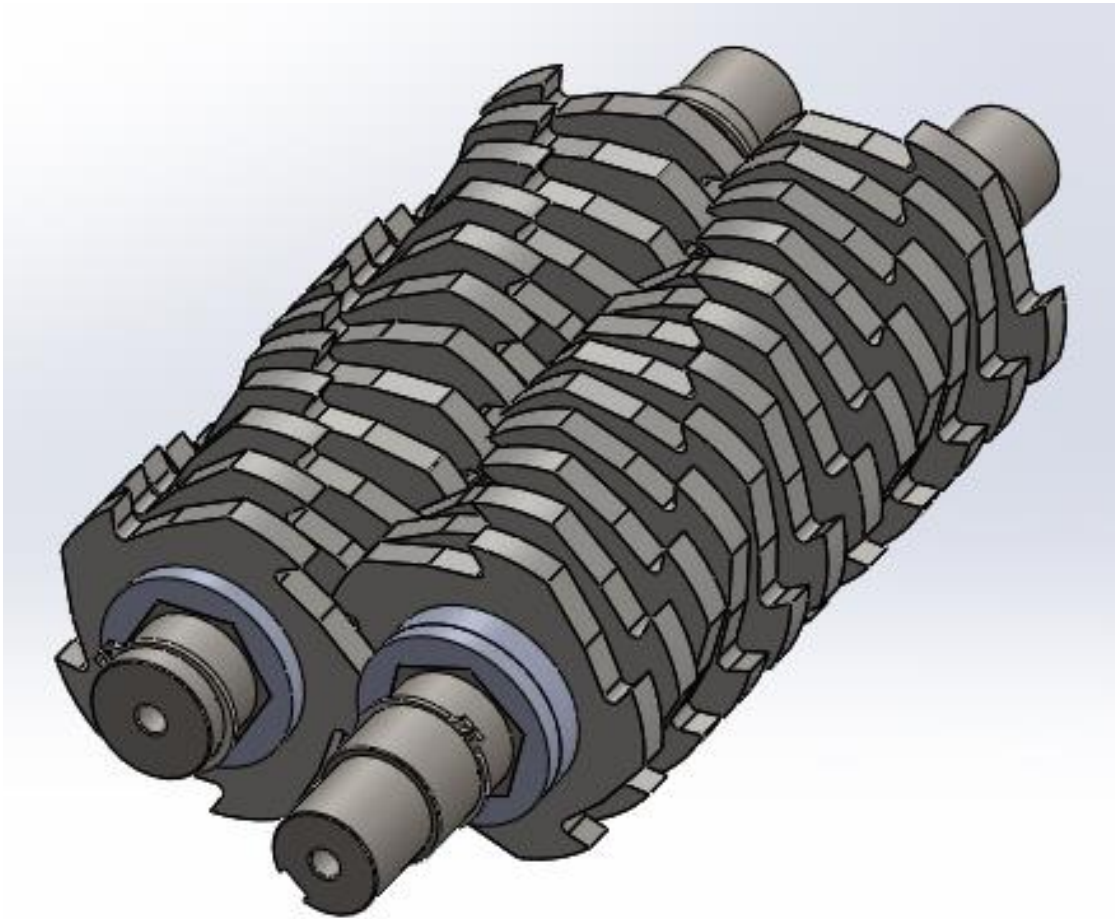


Figure 47: Assemblage des lames sur les deux arbres

Deux arbres portent lame et 24 lames sont les pièces les plus importantes dans le sujet de cette étude, qui est le broyeur des bouteilles de plastique. La **figure 47** montre l'assemblage de ces derniers et la position réelle dans laquelle ils se trouvent dans le corps du broyeur.

C'est dans cette partie où elle m'a pris le plus travail et de concentration pour les assemblés, les lames doivent être monté sur l'arbre avec une pivotations de 60° l'une par rapport à la suivante et on prend compte le sens de rotation du moteur, à la fin les 12 lames de chaque arbre sont placés d'une façon symétrique les unes par rapport aux autres.

3.1. MODÉLISATION GÉOMÉTRIQUE DE CORPS DU BROYEUR

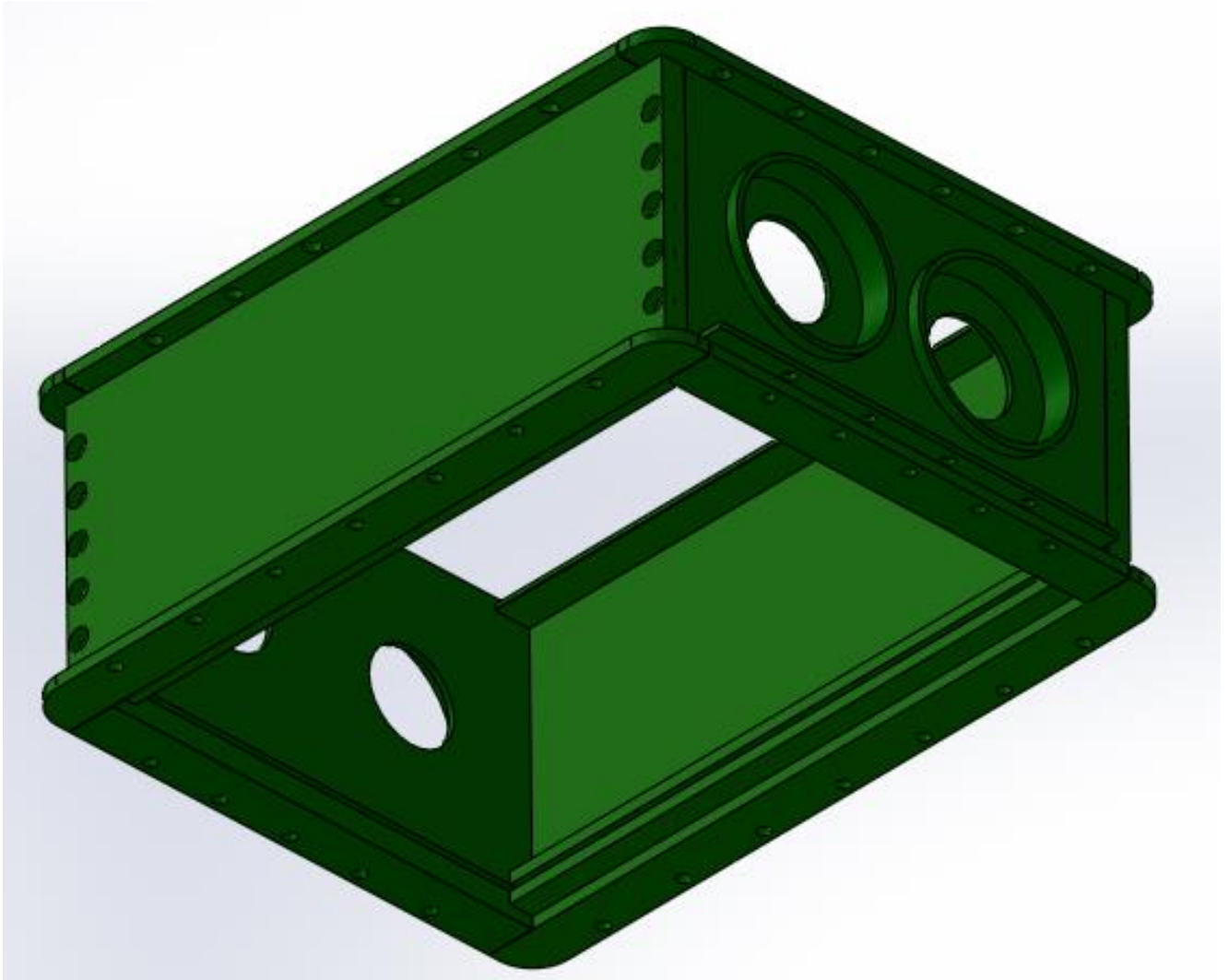


Figure 48: Modèle 3D de bâti de corps du broyeur

Sous les critères de sécurité et esthétique, le bâti de corps du broyeur est conçu d'une façon d'englobé l'assemblage des deux arbres portant lame et 24 lames et assuré le bon fonctionnement.

Il comporte 4 pièces montées entre elles par boulon CHC, deux faces là où les roulements sont placés, et deux autres latérales comme le montre la **figure 48**

4. MODÉLISATION GÉOMÉTRIQUE DES PRINCIPAUX ORGANES DU BROYEUR

4.1. MODÉLISATION GÉOMÉTRIQUE DE L'ARBRE PORTE-LAMES

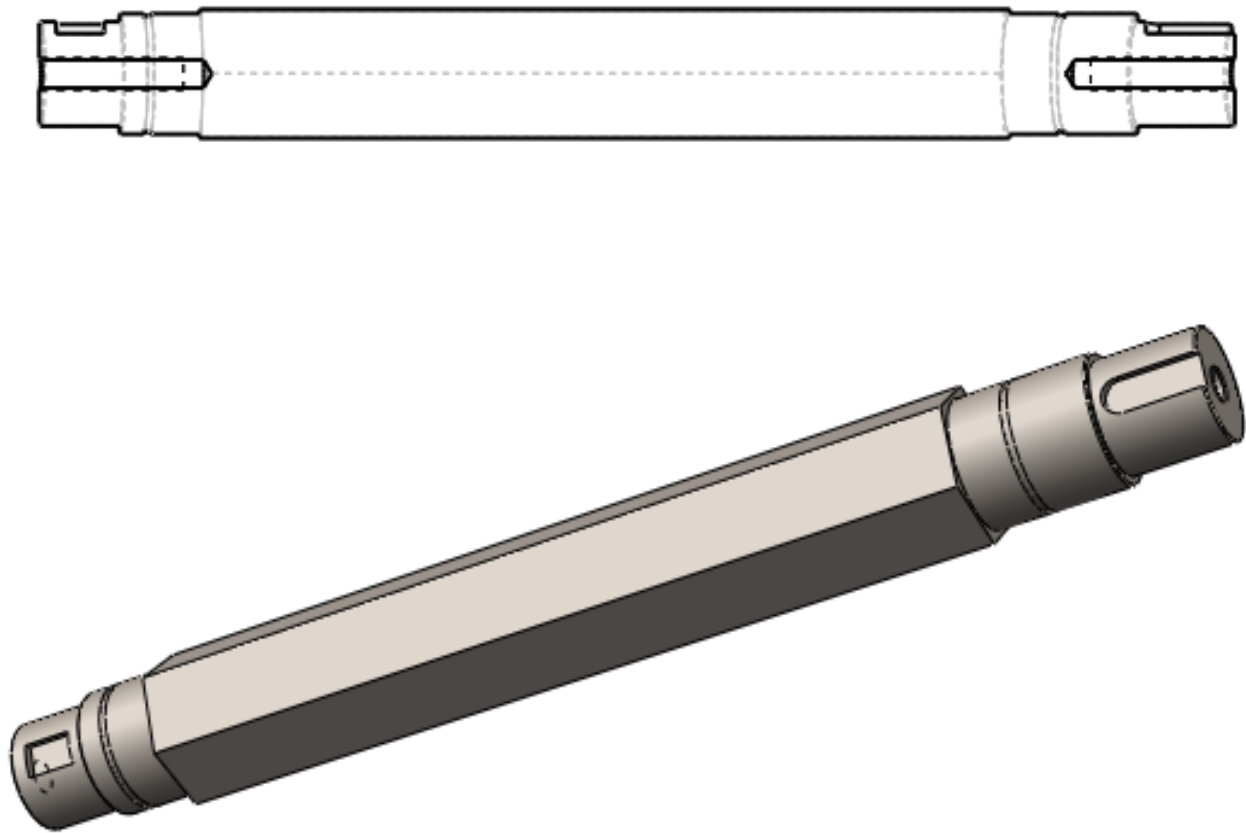


Figure 49: Esquisse 2D et modèle 3D de l'arbre

L'arbre porte-lames se considère comme une des pièces les plus importante du broyeur, ce dernier a pour rôle de recevoir le couple et la vitesse de coupe et les transmettre aux lames afin de déchiqueter le plastique.

Il a une forme hexagonale pour but de compenser les lacunes d'un arbre cylindrique avec clavette, il comporte six faces au lieu d'une face de fixation des lames, qu'il lui donne une bonne résistance par conséquence une longue durée de vie.

4.2. MODÉLISATION GÉOMÉTRIQUE DE LA LAME

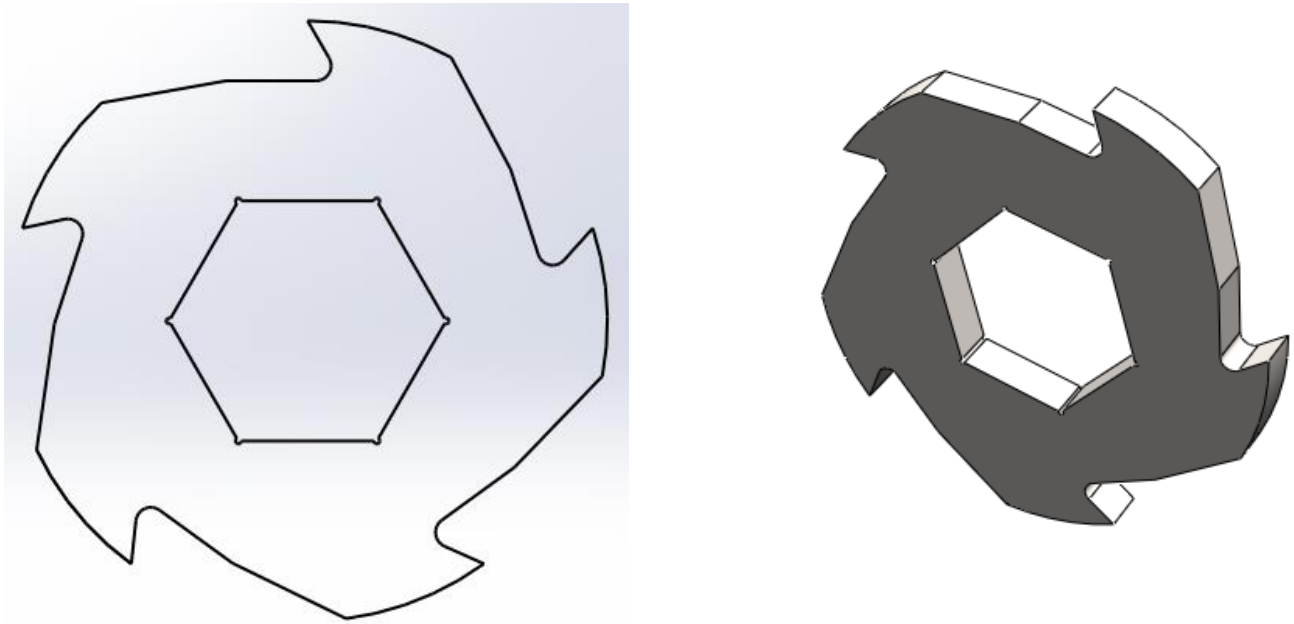


Figure 50: Esquisse 2D et modèle 3D de la lame

Les lames, l'outil de la machine (broyeur des bouteilles de plastiques), qualifie de pièce star de la machine, sans les lames il n'y aura pas d'action de coupe plastique.

Comporte cinq arêtes tranchantes d'un espacement de 72° entre elles, conçu d'une façon d'assuré la continuité d'axion de coupe du plastique, et comme étant une pièce qui a beaucoup de rabats dans sa surface géométrique, j'ai procédé à arrondir tout angle aigu afin d'éliminer les concentrations de contraintes.

4.3. MODÉLISATION GÉOMÉTRIQUE DE L'ENGRENAGE

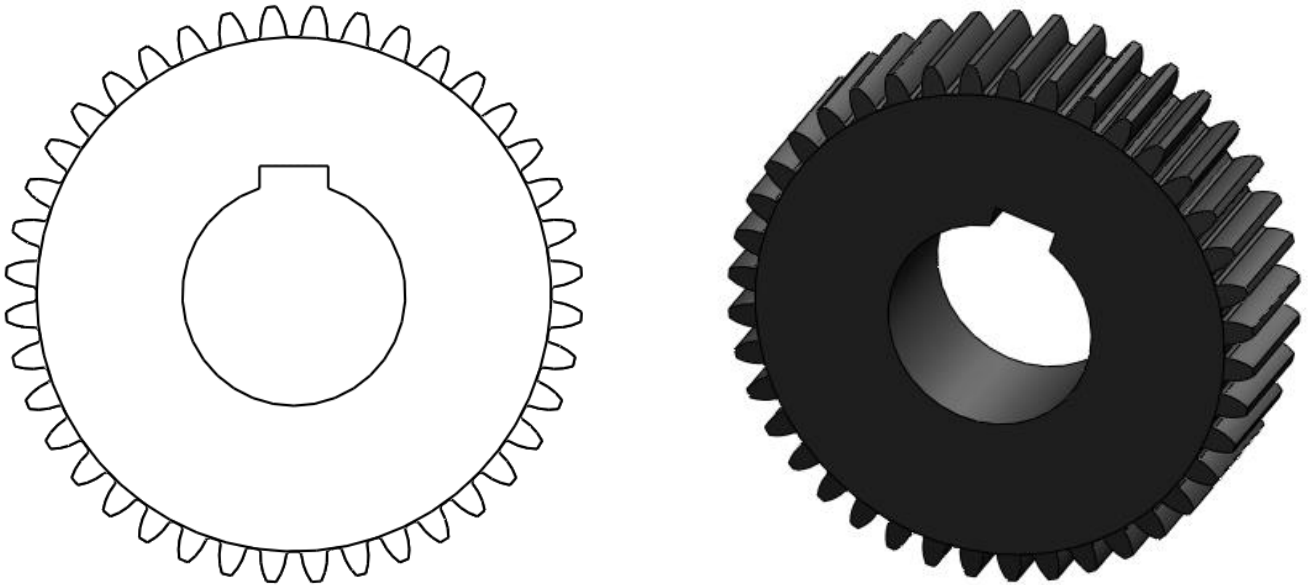
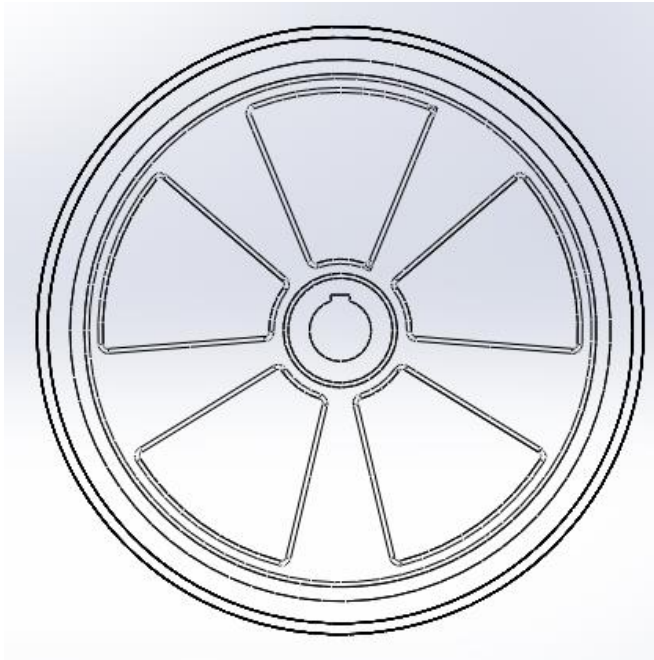


Figure 51: Esquisse 2D et modèle 3D d'engrenage

Pour bute de transmettre le mouvement du premier arbre au second, deux roues dentées sont utilisées. Apprêt avoir calculer les dimensions de ces derniers, j'ai modélisé la roue dentée en basant des résultats de calcul.

En plus de ça il est importé d'avoir des compétences en ce qui concerne la modélisation des pièces particulière en SolidWorks, particulièrement dans ce cas de la figure 65 (les roues dentées), la modélisation des dents d'engrenage est difficile sans connaissance parfaite de la géométrie d'engrenage.

4.4. MODÉLISATION GÉOMÉTRIQUE DE LA GRANDE POULIE



4.5. MODÉLISATION GÉOMÉTRIQUE DE LA PETITE POULIE

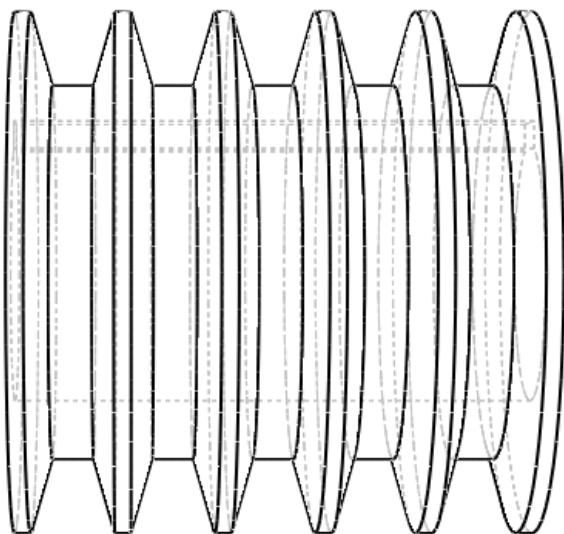


Figure 52: Esquisse 2D et modèle 3D de la petite poulie

5. MODÉLISATION NUMÉRIQUE DES PRINCIPAUX ORGANES DU BROYEUR (SIMULATION)

5.1. INTRODUCTION AUX ÉLÉMENTS FINIS

En analyse numérique, la méthode des éléments finis (MEF, ou FEM pour finite element method en anglais) est utilisée pour résoudre numériquement des équations aux dérivées partielles. Celles-ci peuvent par exemple représenter analytiquement le comportement dynamique de certains systèmes physiques (mécaniques, thermodynamiques, acoustiques, etc.).

Concrètement, cela permet par exemple de calculer numériquement le comportement d'objets même très complexes, à condition qu'ils soient continus et décrits par une équation aux dérivées partielles linéaire : mouvement d'une corde secouée par l'un de ses bouts, comportement d'un fluide arrivant à grande vitesse sur un obstacle, déformation d'une structure métallique, etc.

5.2. LE MAILLAGE

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

5.2.1. DIFFÉRENTS TYPES DE MAILLAGE

5.2.1.1. Maillage linéaire

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

5.2.1.2. 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.

5.2.1.3. 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.

5.2.2. GÉNÉRATION D'UN MAILLAGE DES PIÈCES DU BROYAGE

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.

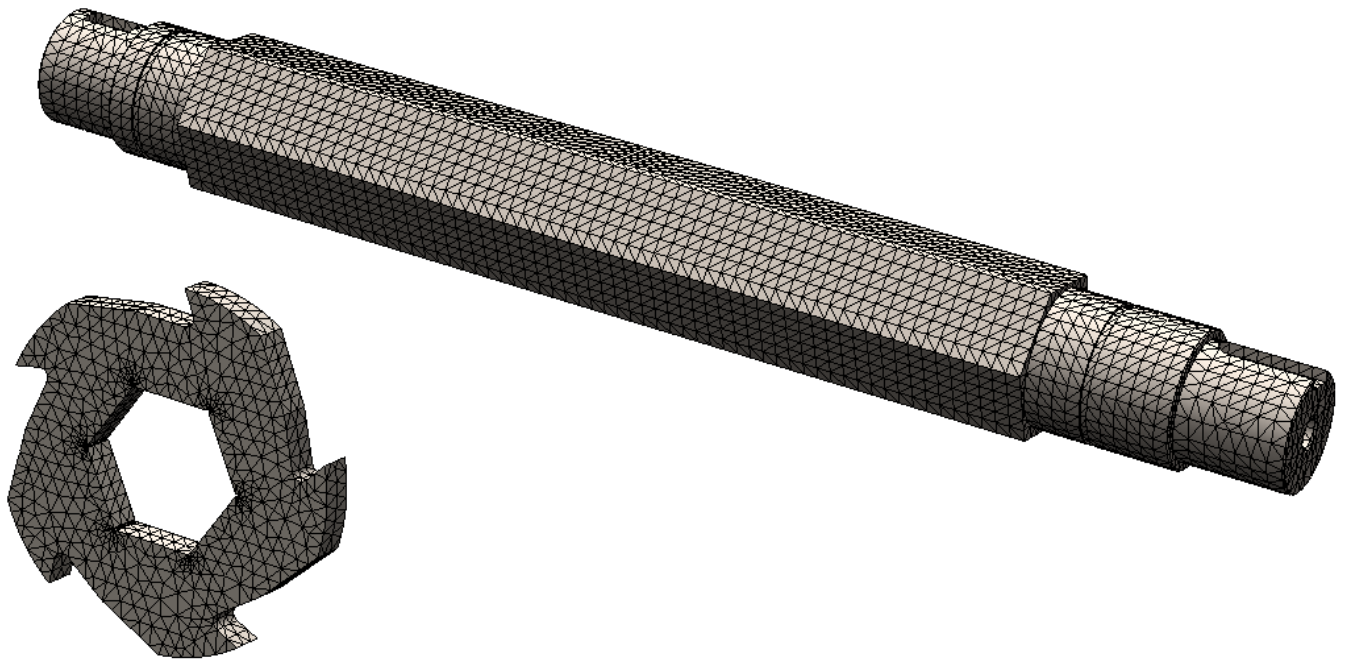


Figure 53: Le maillage de la lame et l'arbre du broyeur

6. APPLICATION DES CONDITIONS AUX LIMITES

6.1. Déplacements et efforts imposés sur la lame

Tableau 21: Propriétés du matériau de la lame

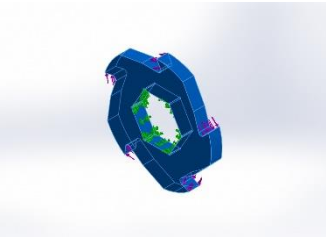
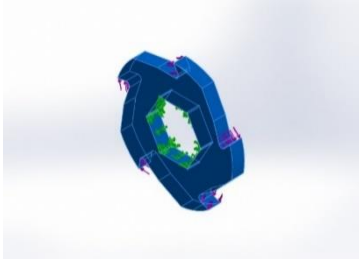
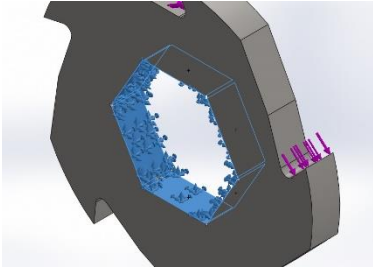
Nom du document et référence	Traité comme	Propriétés volumétriques
Boss.-Extru.1	Corps volumique	Masse:3,22491 kg
		Volume:0,000413451 m ³
		Masse volumique:7 800 kg/m ³
		Poids:31,6042 N
Référence du modèle	Propriétés Mécanique	
	Nom:	Acier inoxydable chromé
	Type de modèle:	Linéaire élastique isotropique
	Critère de ruine par défaut:	Contrainte de von Mises max.
	Limite d'élasticité:	1,72339e+08 N/m ²
	Limite de traction:	4,13613e+08 N/m ²

Tableau 22: Actions extérieures

Nom du déplacement imposé	Image du déplacement imposé	Détails du déplacement imposé
Fixe-1		Entités: 6 face(s) Type: Géométrie fixe

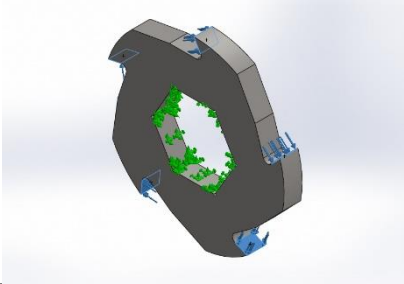
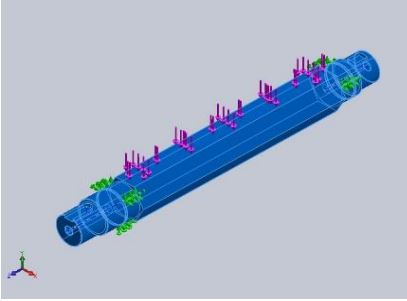
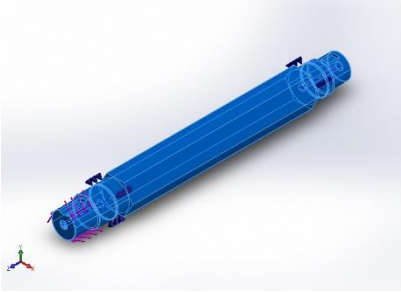
Nom du chargement	Image du chargement	Détails du chargement	
Force-1		Entités: Type: Valeur:	5 faces(s) Force normale 8 310 N

Tableau 23: Informations sur le maillage de la lame

Type de maillage	Maillage volumique
Maillageur utilisé:	Maillage standard
Transition automatique:	Désactivé(e)
Boucles automatiques de maillage:	Désactivé(e)
Points de Jacobien	4 Points
Taille d'élément	7,45168 mm
Tolérance	0,372584 mm
Tracé de qualité du maillage	Haute
Nombre total de nœuds	17013
Nombre total d'éléments	10345
Aspect ratio maximum	16,993
% d'éléments ayant un aspect ratio < 3	93,1
% d'éléments ayant un aspect ratio > 10	0,561
% d'éléments distordus (Jacobien)	0
Durée de création du maillage (hh:mm:ss):	00:00:04

6.2. Déplacements et efforts imposé sur l'arbre

Tableau 24: Propriétés du matériau de l'arbre

Arbre	Traité comme	Propriétés volumétriques
	Corps volumique	Masse:28,8953 kg Volume:0,00368093 m ³ Masse volumique:7 850 kg/m ³ Poids:283,174 N
Référence du modèle	Propriétés Mécanique	
	Nom:	AISI 4130 Acier normalisé à 870C
	Type de modèle:	Linéaire élastique isotropique
	Critère de ruine par défaut:	Contrainte de von Mises max.
	Limite d'élasticité:	4,6e+08 N/m ²
	Limite de traction:	7,31e+08 N/m ²
	Module d'élasticité:	2,05e+11 N/m ²
	Coefficient de Poisson:	0,285
	Masse volumique:	7 850 kg/m ³
	Module de cisaillement:	8e+10 N/m ²

6.2.1. EN FLEXION

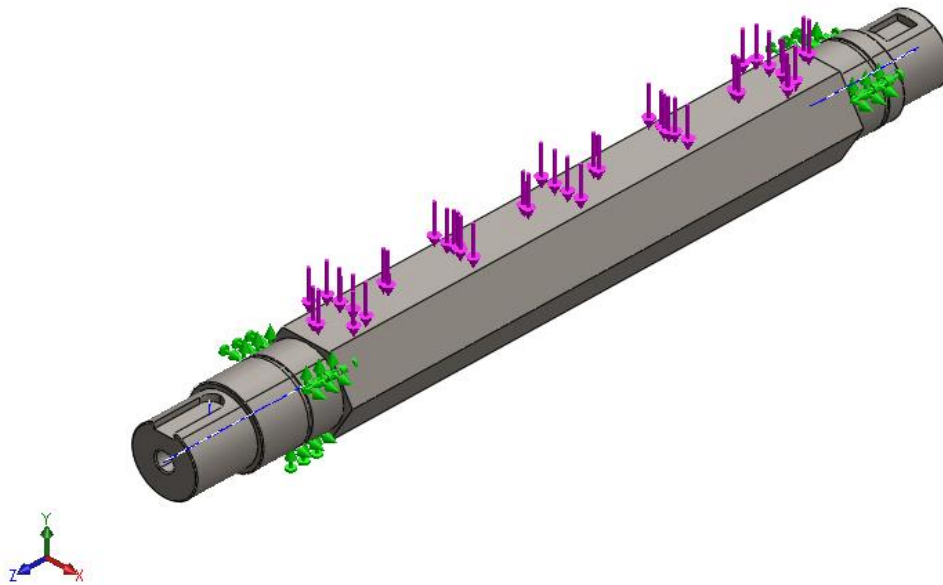


Figure 54: Actions extérieures sur l'arbre en flexion

Tableau 25: Actions extérieures sur l'arbre

Nom du déplacement imposé	Image du déplacement imposé	Détails du déplacement imposé	
Fixe-1		Entités: Type:	2 face(s) Géométrie fixe
Force-1		Entités: Type: Valeur:	1 face(s) Force normale 8 310 N

Tableau 26: Informations sur le maillage d'arbre en flexion

Type de maillage	Maillage volumique
Mailleur utilisé:	Maillage standard
Transition automatique:	Désactivé(e)
Boucles automatiques de maillage:	Désactivé(e)
Points de Jacobien	4 Points
Taille d'élément	7,72152 mm
Tolérance	0,386076 mm
Tracé de qualité du maillage	Haute
Nombre total de noeuds	78861
Nombre total d'éléments	53113
Aspect ratio maximum	9,3712
% d'éléments ayant un aspect ratio < 3	98
% d'éléments ayant un aspect ratio > 10	0
% d'éléments distordus (Jacobien)	0
Durée de création du maillage (hh;mm;ss):	00:00:15

6.2.2. EN TORSION

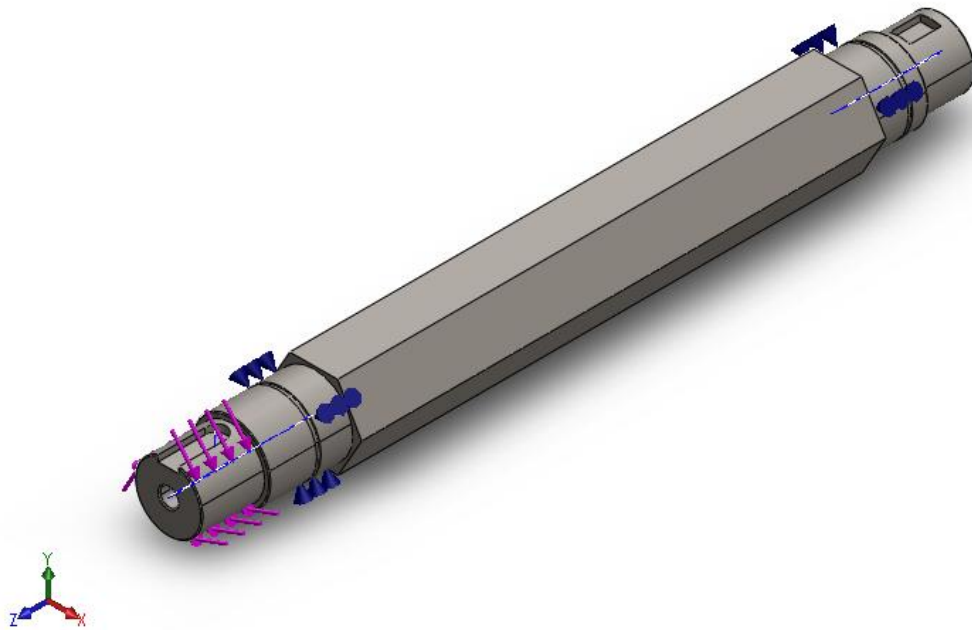
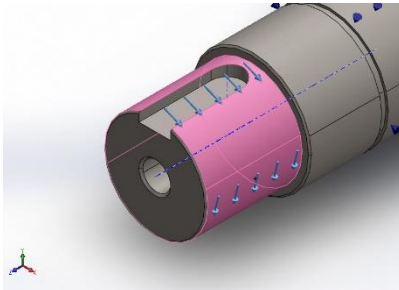
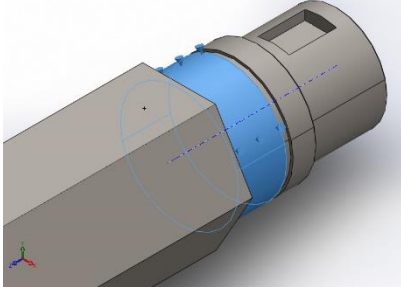


Figure 55: Actions extérieures sur l'arbre en torsion

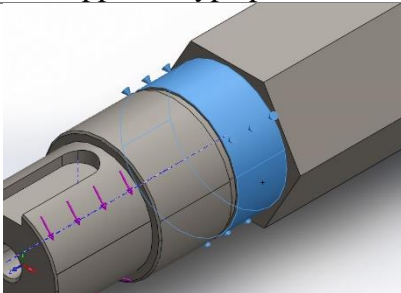
Tableau 27: Actions extérieures de l'arbre en torsion

Nom du chargement	Image du chargement	Détails du chargement	
Couple-1		Référence: Type: Valeur:	Face< 1 > Moment de torsion 0,24924 N.m



Appui de type palier-1

Entités: 1 face(s)
Type: Roulement
75 BC 02



Appui de type palier-2

Entités: 1 face(s)
Type: Roulement
75 BC 02

Tableau 28: Informations sur le maillage d'arbre en torsion

Type de maillage	Maillage volumique
Mailleur utilisé:	Maillage standard
Transition automatique:	Désactivé(e)
Boucles automatiques de maillage:	Désactivé(e)
Points de Jacobien	4 Points
Taille d'élément	7,72152 mm
Tolérance	0,386076 mm
Tracé de qualité du maillage	Haute
Nombre total de noeuds	78861
Nombre total d'éléments	53113
Aspect ratio maximum	9,3712
% d'éléments ayant un aspect ratio < 3	98
% d'éléments ayant un aspect ratio > 10	0
% d'éléments distordus (Jacobien)	0
Durée de création du maillage (hh:mm:ss):	00:00:14

7. VERIFICATION DES RESULTATS

7.1. LAME

Charge appliquer= 415.5 MPA sur une seule lames.

Nom	Type	Min	Max
Contraintes1	VON : contrainte de von Mises	1,865e-01 N/mm ² (MPa) Noeud: 84179	1,364e+02 N/mm ² (MPa) Noeud: 55227

Nom du modèle:lame
Nom de l'étude:Statique 2(-Défaut-)
Type de tracé: Statique contrainte nodale Contraintes1
Echelle de déformation: 1

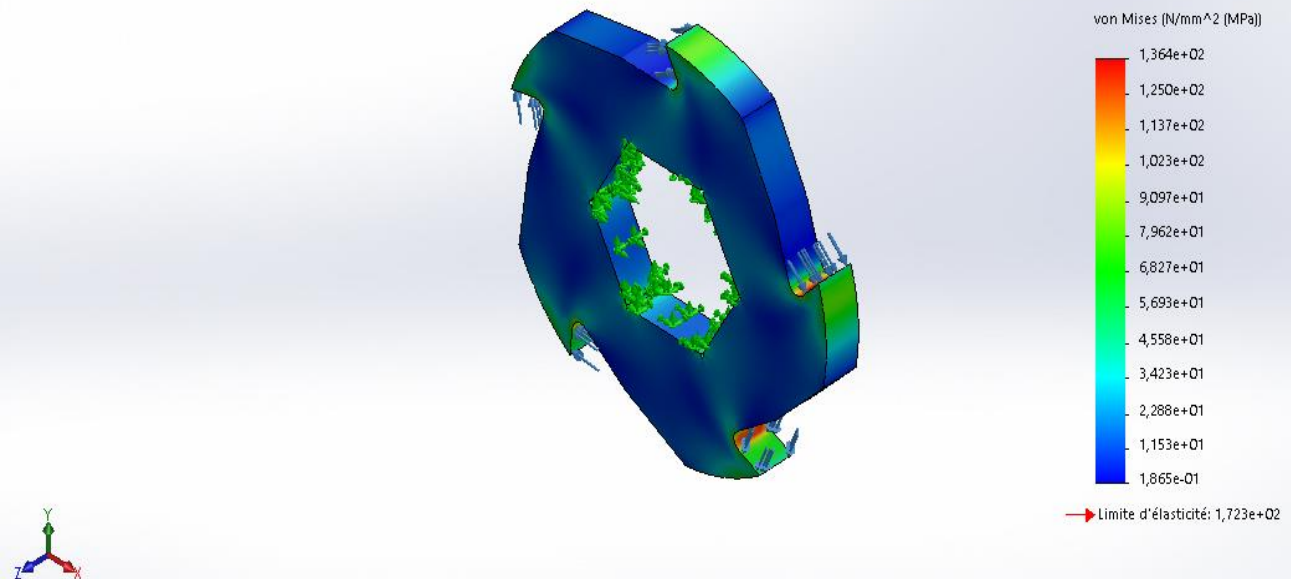


Figure 56: présentation de contrainte de von Mises de la lame

D'après la figure la lame est complètement en couleurs verte ce qui correspond, dans le diagramme de contrainte de Von Mises, à une fourchette de contrainte qui varie entre $4,558 \times 10^1$ (MPa) et $1,021 \times 10^2$ (MPa), cela permet de constater que les sollicitations qui lui sont appliquées n'influent pas sur sa structure, cependant sa résistance dans le cas statique est vérifiée avec un coefficient de sécurité qui est égale à 1.2.

La valeur maximale attendue est de :

$$1,364 \times 10^2 \text{ N/mm}^2 \text{ (MPa)} \leq 1,723 \times 10^2 \text{ N/mm}^2 \text{ (MPa)}$$

Nom	Type	Min	Max
Déplacements1	URES : Déplacement résultant	0,000e+00 mm Noeud: 1	3,158e-02 mm Noeud: 4380

Nom du modèle:lame
 Nom de l'étude:Statique 2[-Défaut-]
 Type de tracé: Déplacement statique Déplacements1
 Echelle de déformation: 1

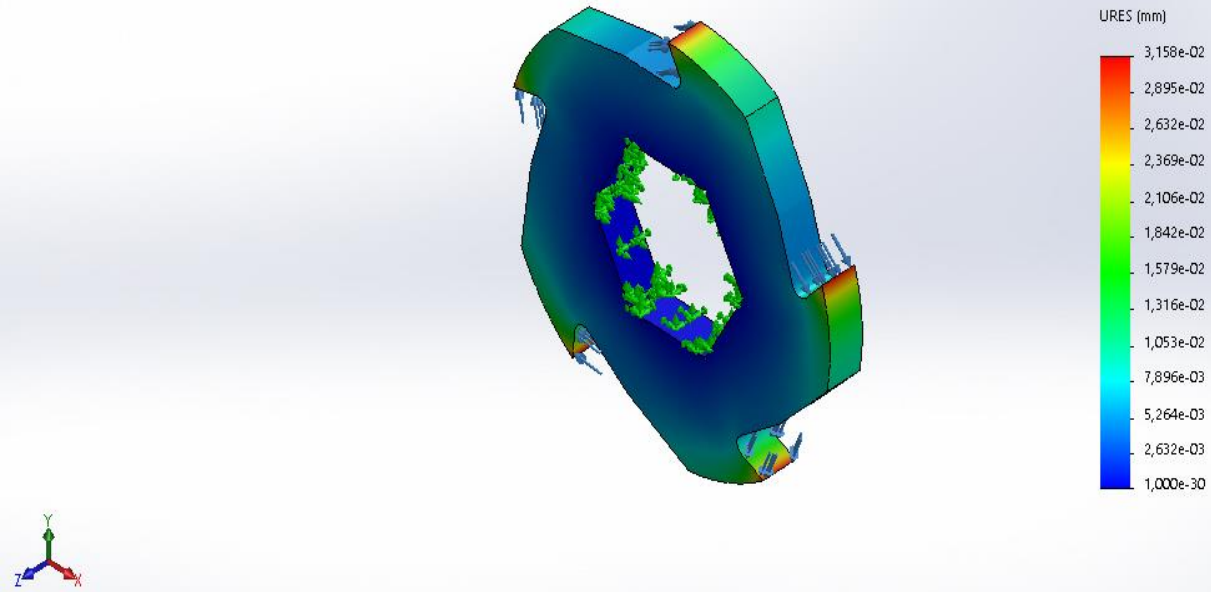


Figure 57: Déplacement résultant de la lame

L'analyse de la figure a montré que le déplacement maximum se situe sur la face supérieure de la lame (l'arête tranchante) ce qui est attendu puisque la charge imposée est une déformation maximale au bord de la face supérieure de la lame, et qui est de l'ordre de 3.158×10^{-2} mm

Nom	Type	Min	Max
Déformations1	ESTRN : Déformation équivalente	3,321e-06 Elément: 56719	4,719e-04 Elément: 17808

Nom du modèle: lame
 Nom de l'étude: Statique 2(-Défaut)
 Type de tracé: Déformation statique Déformations:1
 Echelle de déformation: 1

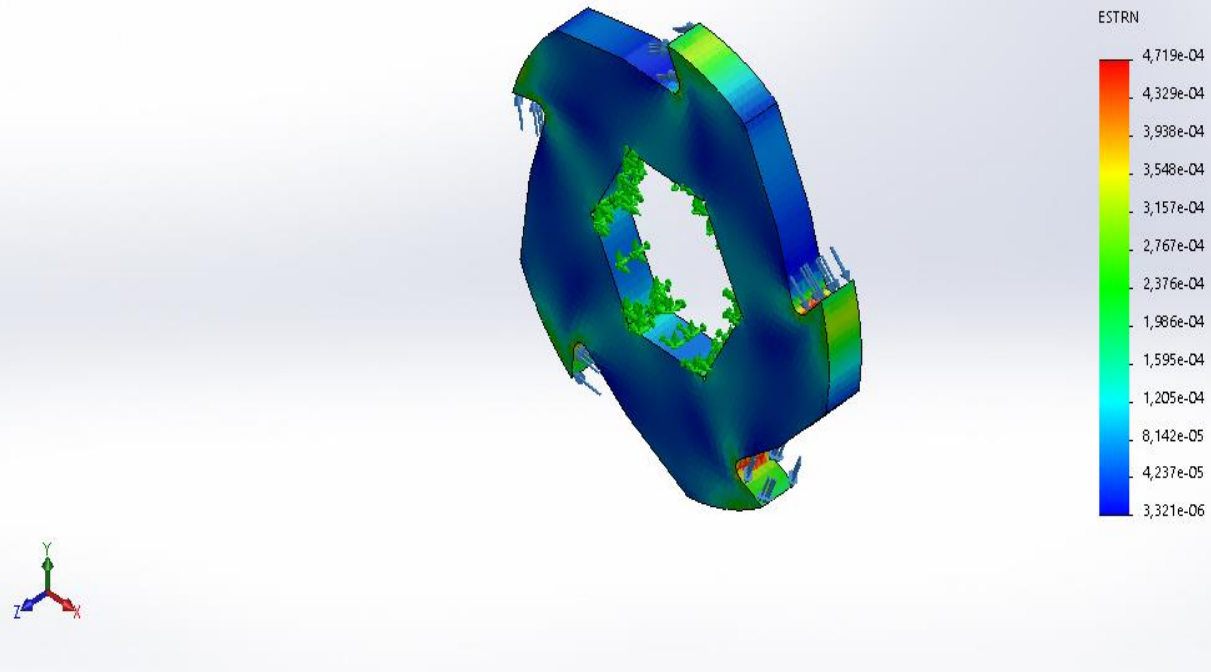


Figure 58: Déformation équivalente de la lame

L'analyse de la déformation justifie l'état de contrainte de la lame, tel que la variation de la déformation est comprise entre 3.321×10^{-6} et 4.719×10^{-4} , qui est une déformation aussi minime par rapport aux dimensions de la lame.

7.2. ARBRE

7.2.1. ANALYSE STATIQUE DE L'ARBRE ON FLEXION

Force appliqué = 8310 N

Nom	Type	Min	Max
Contraintes1	VON : contrainte de von Mises	2,043e-05 N/mm ² (MPa) Noeud: 53032	1,548e+02 N/mm ² (MPa) Noeud: 71359

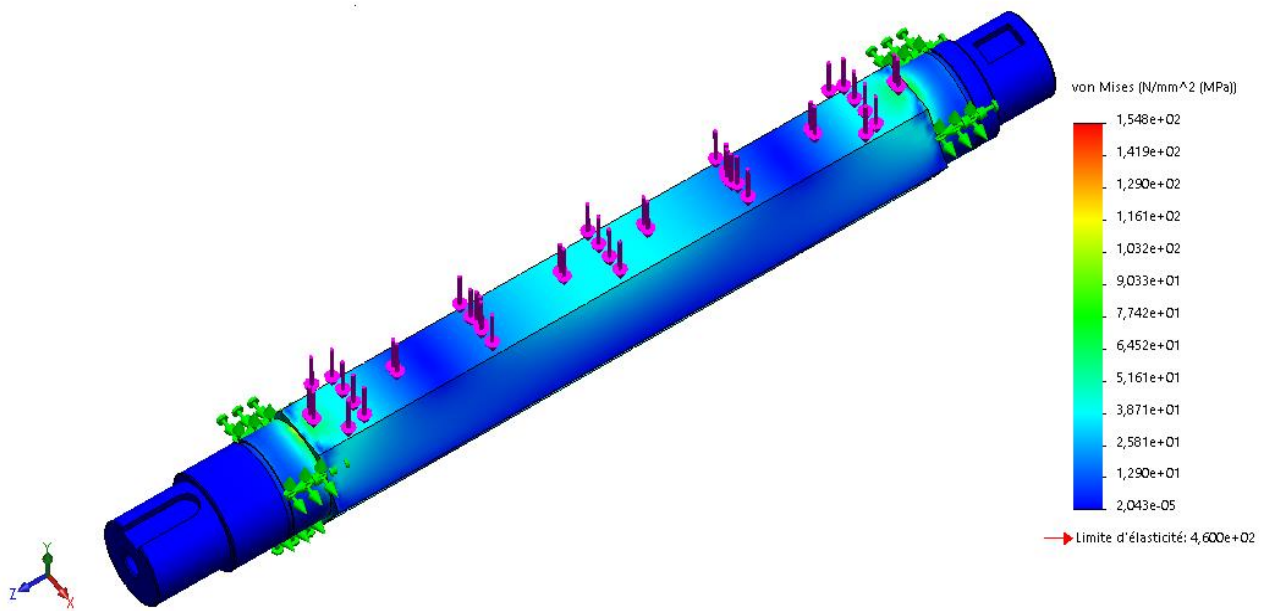


Figure 59: Présentation de contrainte de von Mises dû à la flexion de l'arbre

D'après la figure (74) l'arbre est complètement en bleu ce qui correspond, dans le diagramme de contrainte de Von Mises, à une fourchette de contrainte qui varie entre 2.043×10^{-5} et 1.548×10^2 MPa, cela permet de constater que les sollicitations qui lui sont appliquées n'influent pas sur sa structure, cependant sa résistance dans le cas statique est vérifiée avec **2.97** comme coefficient de sécurité.

$$1.548 \times 10^2 \text{ N/mm}^2 \text{ (MPa)} \leq 4.600 \times 10^2 \text{ N/mm}^2 \text{ (MPa)}$$

Nom	Type	Min	Max
Déplacements1	URES : Déplacement résultant	1,000e-30 mm Noeud: 847	9,245e-02 mm Noeud: 1316

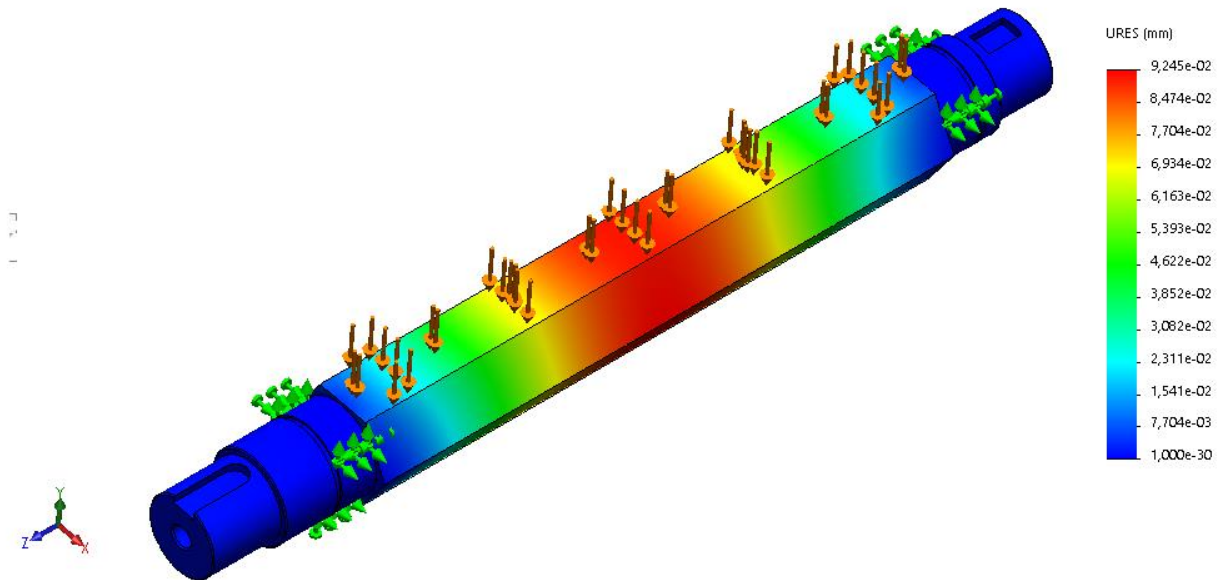


Figure 60: Déplacement résultant de l'arbre en flexion

L'analyse de la figure montre que le déplacement maximum se situe sur le milieu de la face hexagonale de l'arbre, ce qui est attendu puisque la charge imposée est une déformation maximale au milieu (couleur rouge) de l'arbre qui est de l'ordre de $9,245 \times 10^{-2}$ mm

Nom	Type	Min	Max
Déformations1	ESTRN : Déformation équivalente	1,161e-11 Elément: 6713	6,102e-05 Elément: 8900

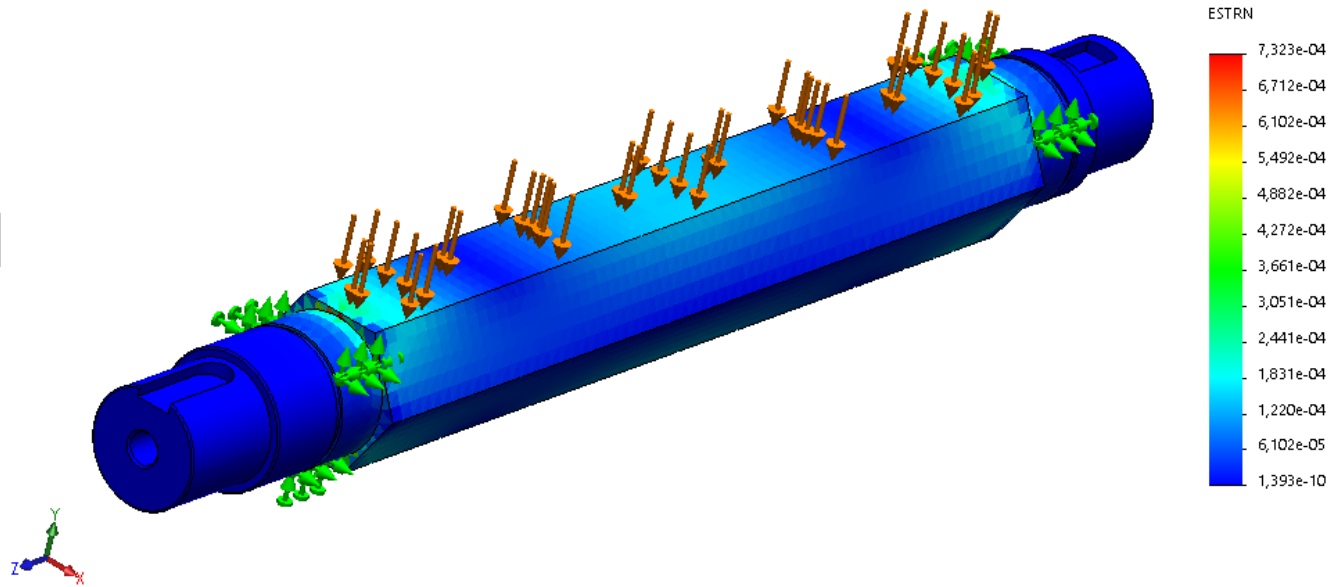


Figure 61: Déformation équivalente de l'arbre en flexion

La figure (76) montre l'état de contrainte de l'arbre en flexion, tel que la variation de la déformation due à la flexion, et elle est comprise entre 1.161×10^{-15} et 6.102×10^{-05} , qui est une déformation aussi minime par rapport aux dimensions de l'arbre et des différents éléments.

7.2.2. ANALYSE STATIQUE DE L'ARBRE EN TORSION :

Torsion appliquée = 0.24924 Nm

Nom	Type	Min	Max
Contraintes1	VON : contrainte de von Mises	1,533e-06 N/mm ² (MPa) Noeud: 37	1,440e-02 N/mm ² (MPa) Noeud: 74693

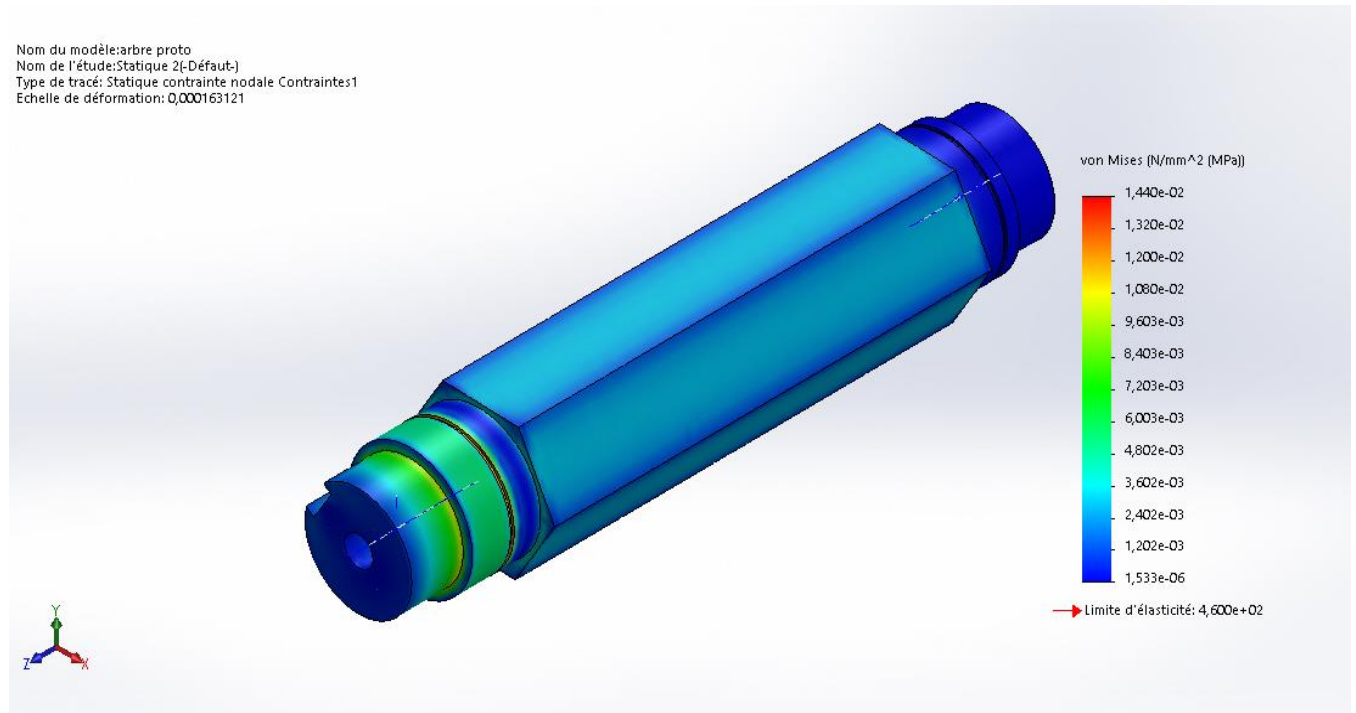


Figure 62: Graphe de contrainte de Von Mises (arbre soumis à la torsion)

La concentration des contraintes maximum est enregistrée au niveau du contact entre l'arbre et l'engrenage ainsi que l'arbre et la grande poulie, elle est comprise entre 4.802×10^{-3} et 1.080×10^{-2} Mpa.

Cependant sa résistance à la torsion dans le cas statique est vérifiée avec un coefficient de sécurité égale à 3.18.

$$1,440e - 02 \text{ N/mm}^2 \text{ (MPa)} \leq 4.600e+02 \text{ N/mm}^2 \text{ (MPa)}$$

Nom	Type	Min	Max
Déplacements1	URES : Déplacement résultant	2,685e-07 mm Noeud: 88	4,576e+05 mm Noeud: 1205

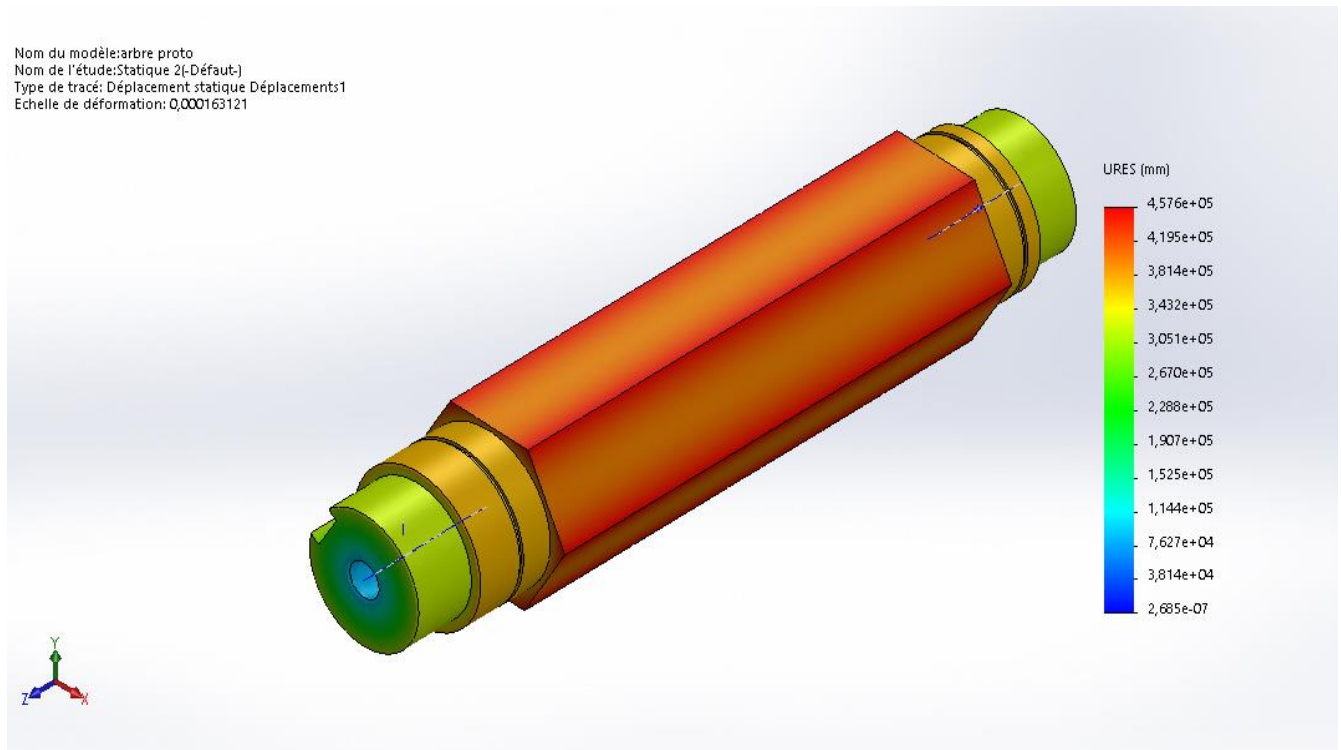


Figure 63: Graphe de déplacements (arbre soumis à la torsion)

L'analyse de la figure montre que le déplacement maximum se situe sur la face hexagonale de l'arbre ce qui est attendu puisque la charge imposée et une déformation maximale au bord des arêtes de la face hexagonale (couleur rouge) de l'arbre qui est de l'ordre de 4.576×10^5 mm

Nom	Type	Min	Max
Déformations1	ESTRN : Déformation équivalente	7,136e-12 Elément: 15321	4,855e-08 Elément: 7817

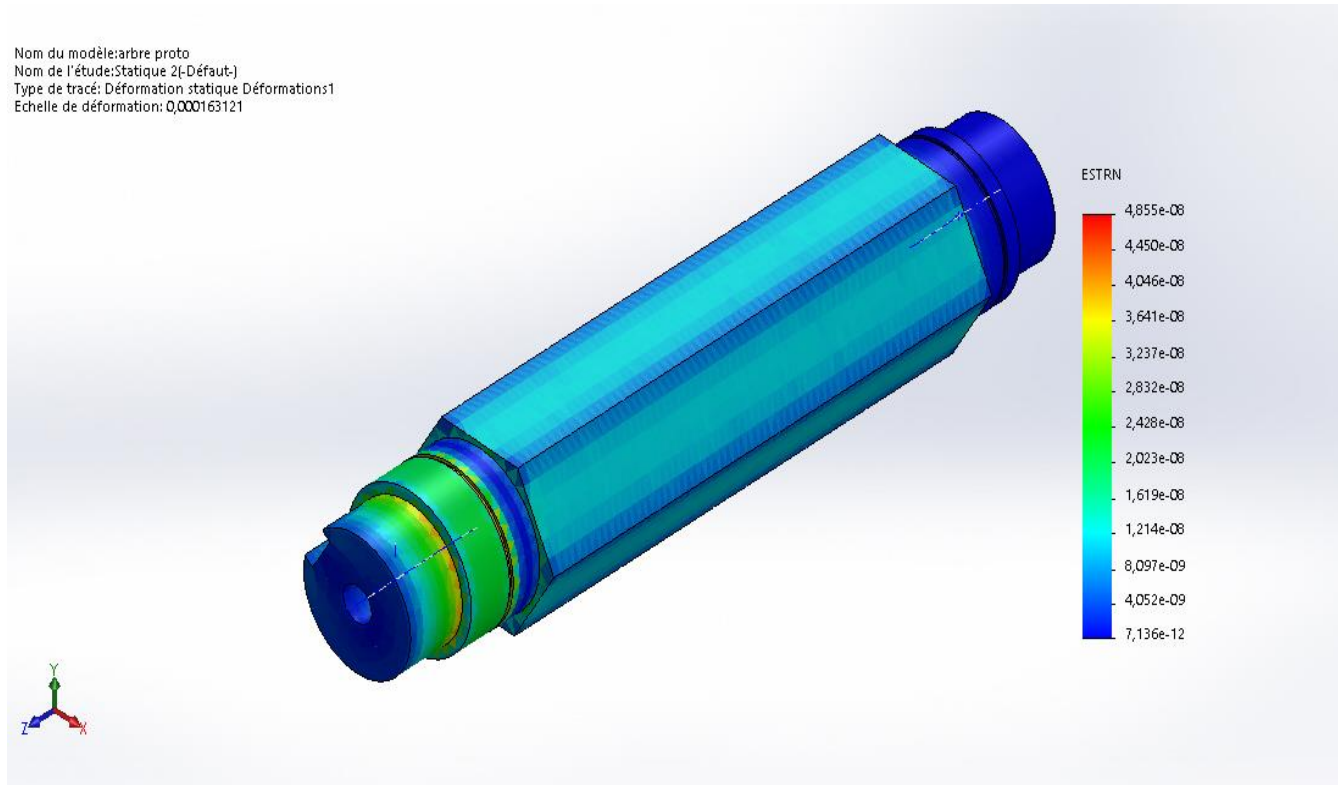


Figure 64: Graphe de Déformations (arbre soumis à la torsion)

La figure justifie l'état de contrainte de l'arbre, tel que la variation de la déformation est comprise entre $7,136 \times 10^{-12}$ et $4,855 \times 10^{-8}$, qui est une déformation aussi minime par rapport aux dimensions des différents éléments.

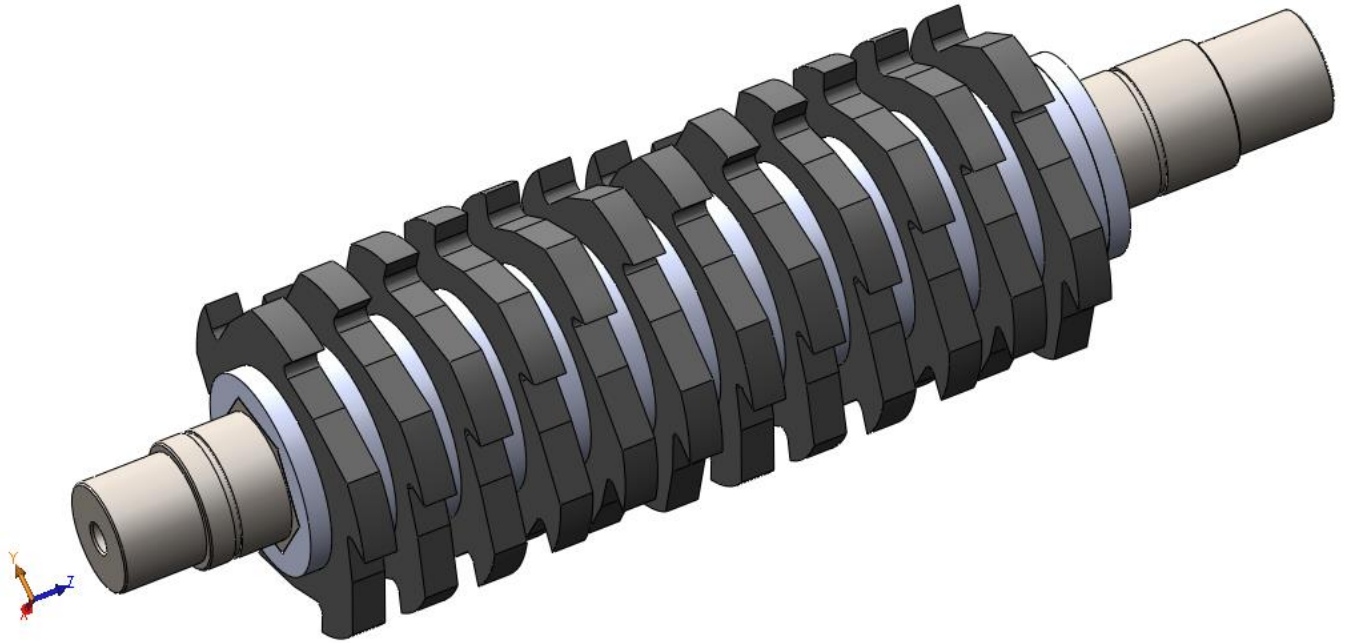
8. SIMULATION DE L'ASSEMBLAGE ARBRE ET UNE LAME

Figure 65: Assemblage d'arbre et une lame

Après avoir réalisé la simulation de l'arbre et la lame individuellement, je procède à la simulation de l'assemblage de l'arbre et les 12 lames qui sont montées en lui comme il est montré dans la figure 65, (les pièces les plus importantes du broyeur), afin de voir le comportement de ces derniers.

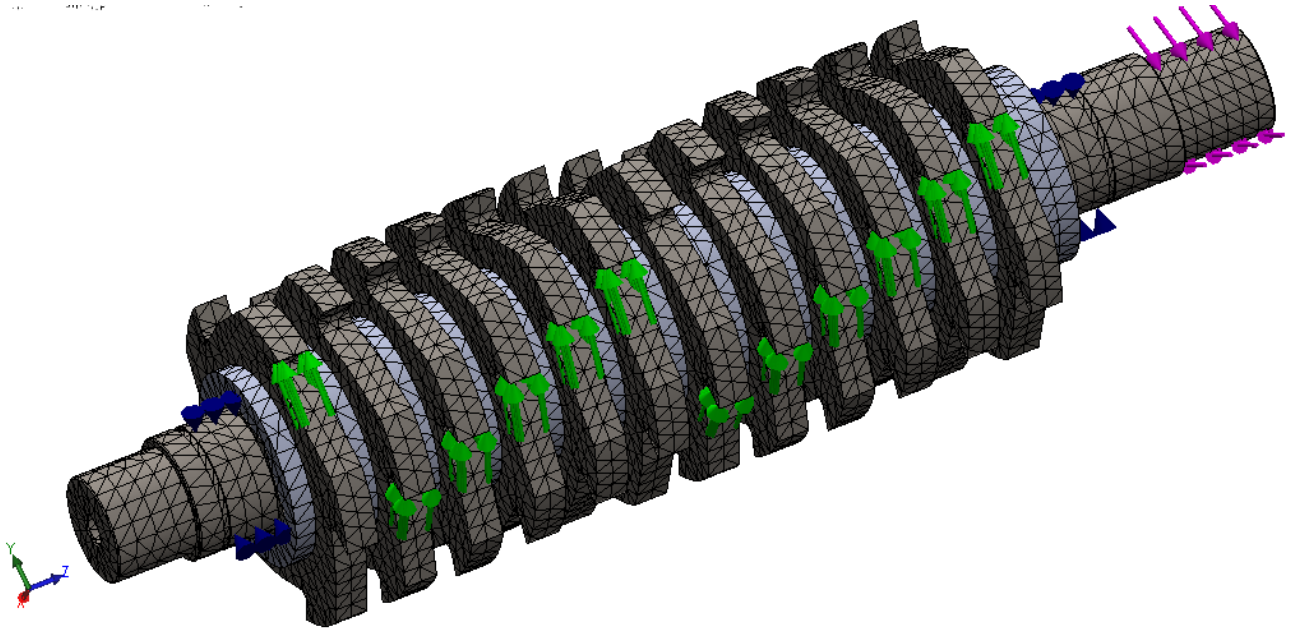


Figure 66: Illustration des forces et des déplacements imposés sur l'assemblage

Dans ce state de simulation, j'ai commencé de donnée les relations entre les pièces qui constitue l'assemblage (arbre et lame) et c'est 0 DDL degré de liberté entre eux, en suite sélectionnée les matériaux de l'arbre et les 12 lames, puis j'ai procédé a appliqué les déplacements imposés appuis de type palier dans l'emplacement des roulements qui sont montrés par des têtes de flèche en bleu foncer.

En suite les forces qui agissent sur l'arbre et les faces de coupe des lames comme ils sont montre dans la figure 66 ci-dessus par des flèches vertes.

À la fin avant le lancement de la simulation, j'ai appliqué le couple sûr l'arbre qui sera donné à ce dernier par la grande poulie, là où le couple est t'appliqué et il est monté par des flèches roses, puis j'ai fini par lancer la simulation.

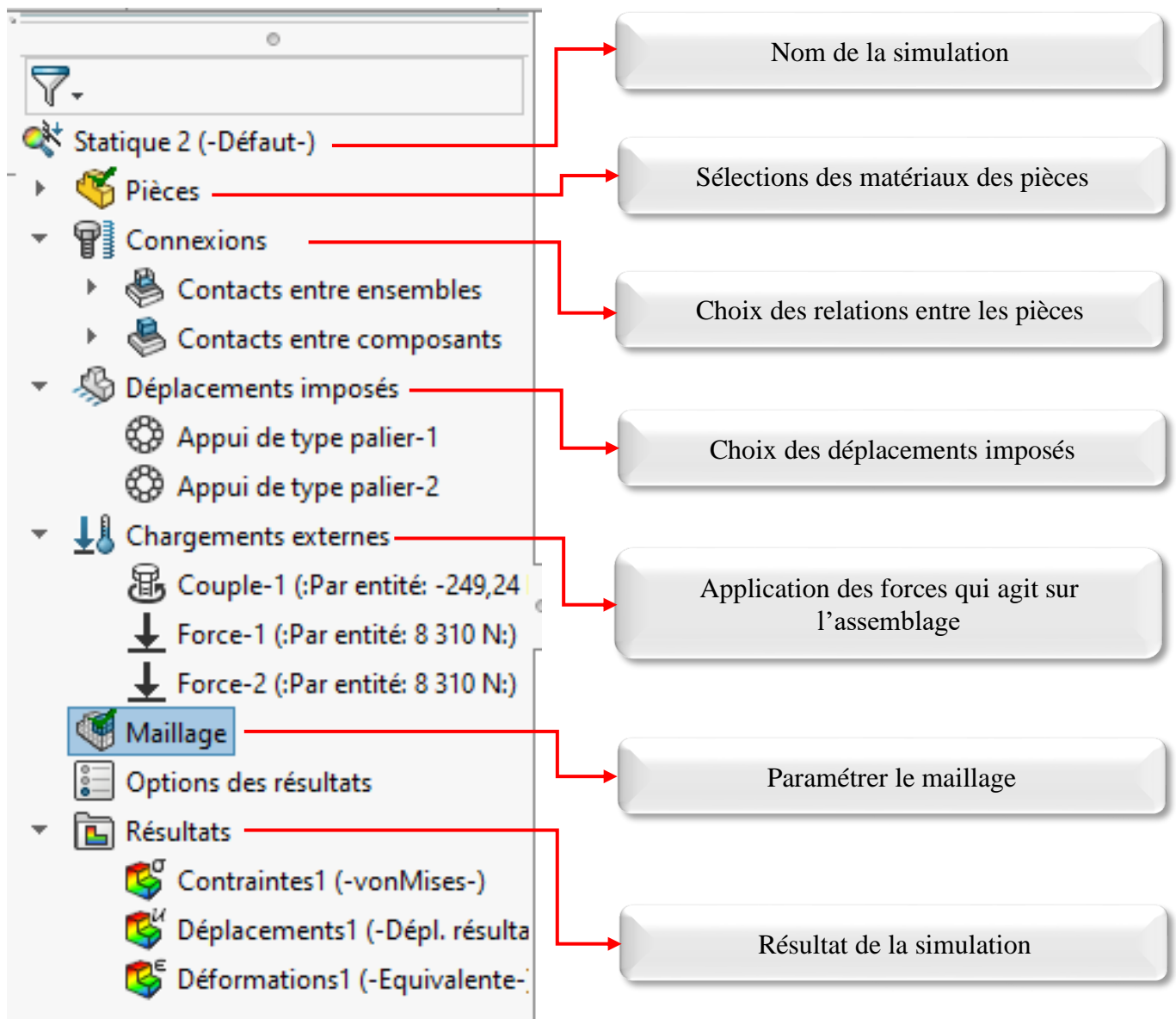


Figure 67: Fenêtre de simulation dans SolidWorks

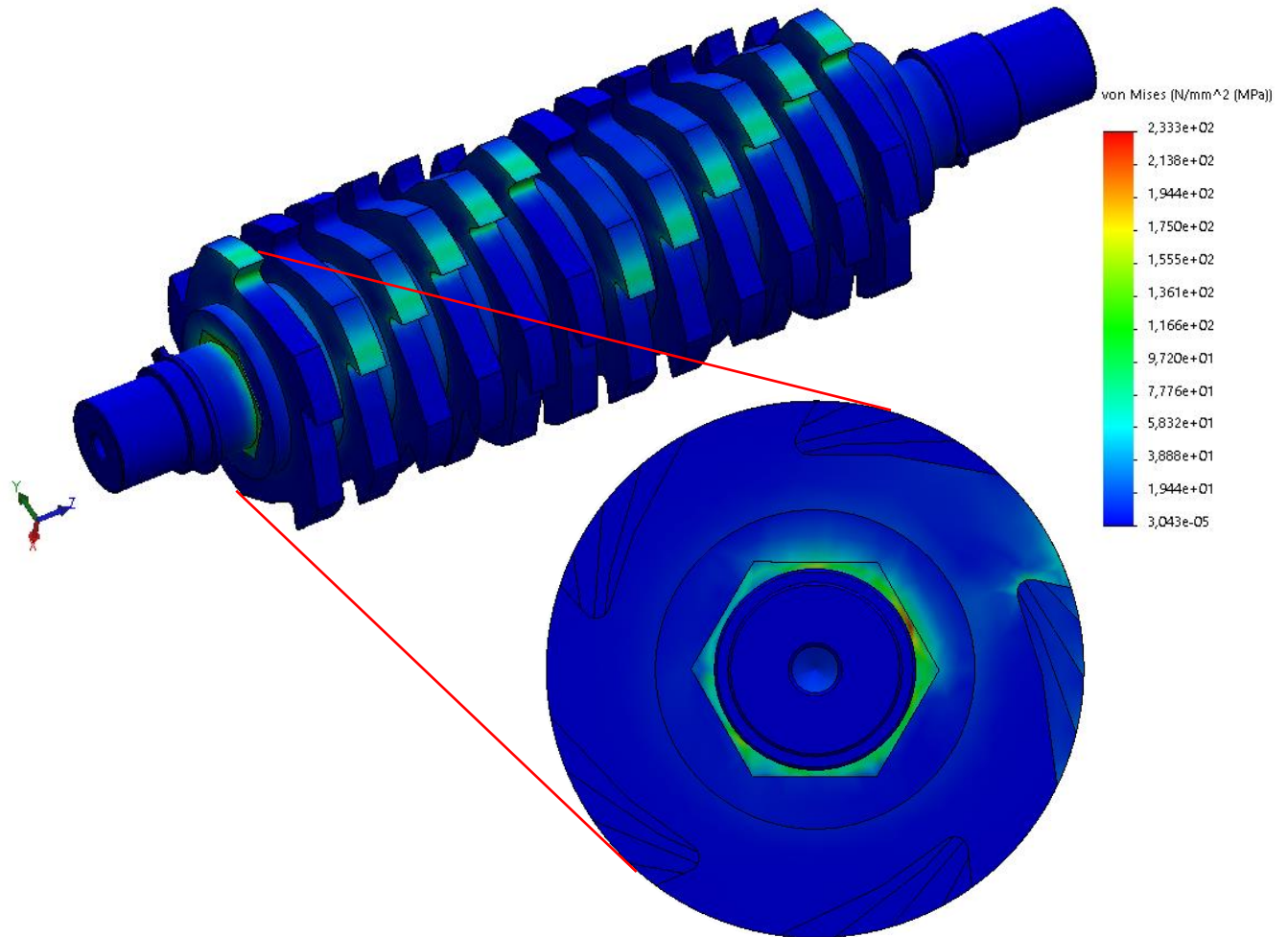


Figure 68: Graphe de contrainte de Von Mises d'assemblage

L'analyse de la figure 68 montre les contraintes de l'assemblage arbre et 12 lames, concernant les lames les contraintes affichées sont dans l'intervalle d'échelle compris entre 38 MPa et 116 MPa qui résulte un coefficient de sécurité égal à 1.5.

À propos de l'arbre, les contraintes sont dissipées grâce à sa forme hexagonale n'est au moins ça se remarque que la surface en face de l'arête de la lame qui coupe cumule une concentration de contraintes avec une contrainte maximale atteinte égale à 233 MPa qui assure un coefficient de sécurité égal à 1.9.

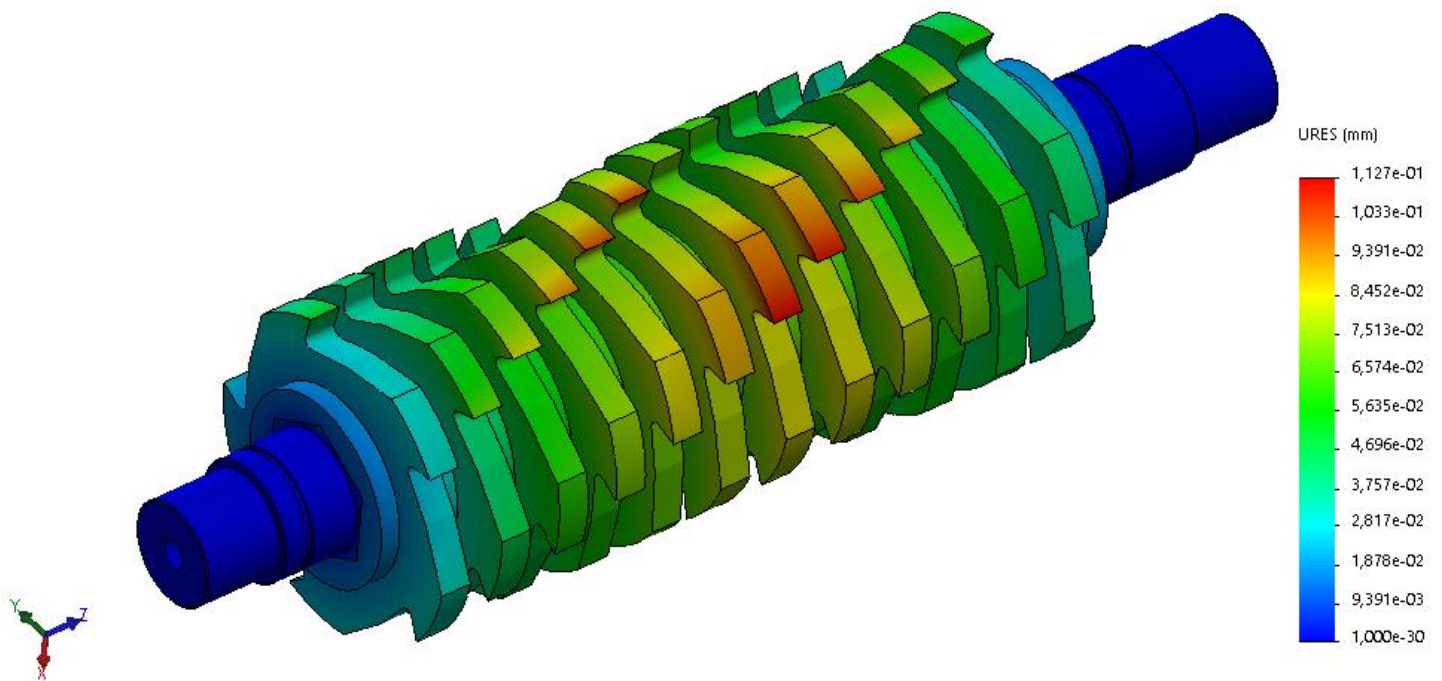


Figure 69: Graphe de déplacements d'assemblage

L'analyse de la figure 70 montre le déplacement subit à l'assemblage, l'arbre a des déplacements compris entre 1.000×10^{-30} mm et 4.696×10^{-2} mm, les déplacements les plus importantes sont observés dans les extrémités de la lame, et ils sont compris entre 2.817×10^{-2} mm et 1.127×10^{-1} mm.

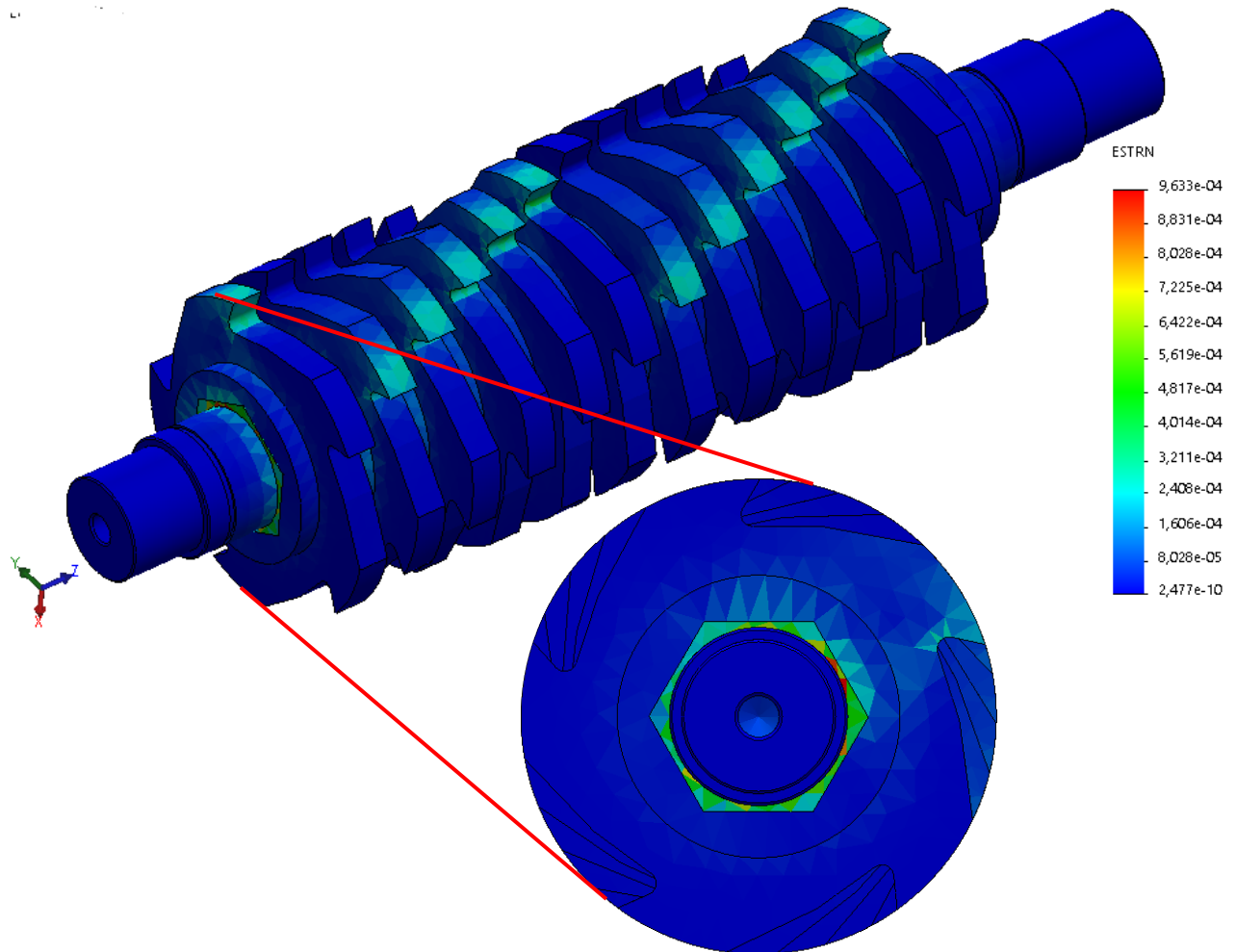


Figure 70: Graphe de Déformations d'assemblage

La figure 71 justifie l'état de contrainte de l'assemblage arbre et 12 lames, tel que la variation de la déformation est comprise entre $2.477e-10$ et $9.633e-04$, qui est une déformation aussi minime par rapport aux dimensions des différents éléments arbre porte-lames et lames.

9. CONCLUSION

Dans ce chapitre, vu la difficulté de mailler l'assemblage de la machine (broyeur), j'ai opté pour la solution qui est d'isoler et mailler les éléments les plus sollicités dans la structure à savoir l'arbre et les lames de broyage une par une, en suit d'assembler l'arbre et une lame et simuler l'assemblage, par ailleurs les résultats trouvés confirment la résistance de ces éléments soumis aux différents efforts imposés.

CONCLUSION

GÉNÉRALE

À travers ce mémoire, j'ai étudié le broyeur des matériaux plastique, destiné à la récupération et la valorisation des bouteilles en plastique, par conséquent, limité le rejet des déchets plastique dans la nature, et diminuais les chiffres de pollution lier au plastique dans notre pays l'ALGÉRIE.

Il s'est avéré que la documentation est quasiment inexistante pour ce genre de machine, pour cela la documentation utilisée pour réaliser ce travail est issue du cursus de licence et master en génie mécanique, ainsi que les différents catalogues des constructeurs des broyeurs.

Dans la première partie, j'ai mentionné quelques généralités sur le recyclage et les divers types de broyeurs qui existent dans le domaine industriel.

Cela est suivi de la description de broyeur pour les matériaux plastique, la définition du cahier des charges de broyeur des bouteilles en plastique, ainsi qu'une étude fonctionnelle et de faisabilité.

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

Les perspectives des travaux qui peuvent être menées dans le même axe de ce travail :

- introduire des améliorations à ce broyeur afin de pouvoir broyer et recycler différents types de plastique, et différentes formes de bouteille.
- Donner des solutions pour l'utilisation de plastique déchiqueté
- Réaliser ce broyeur à l'échelle réelle.

BIBLIOGRAPHIE

ET

WEBOGRAPHIE

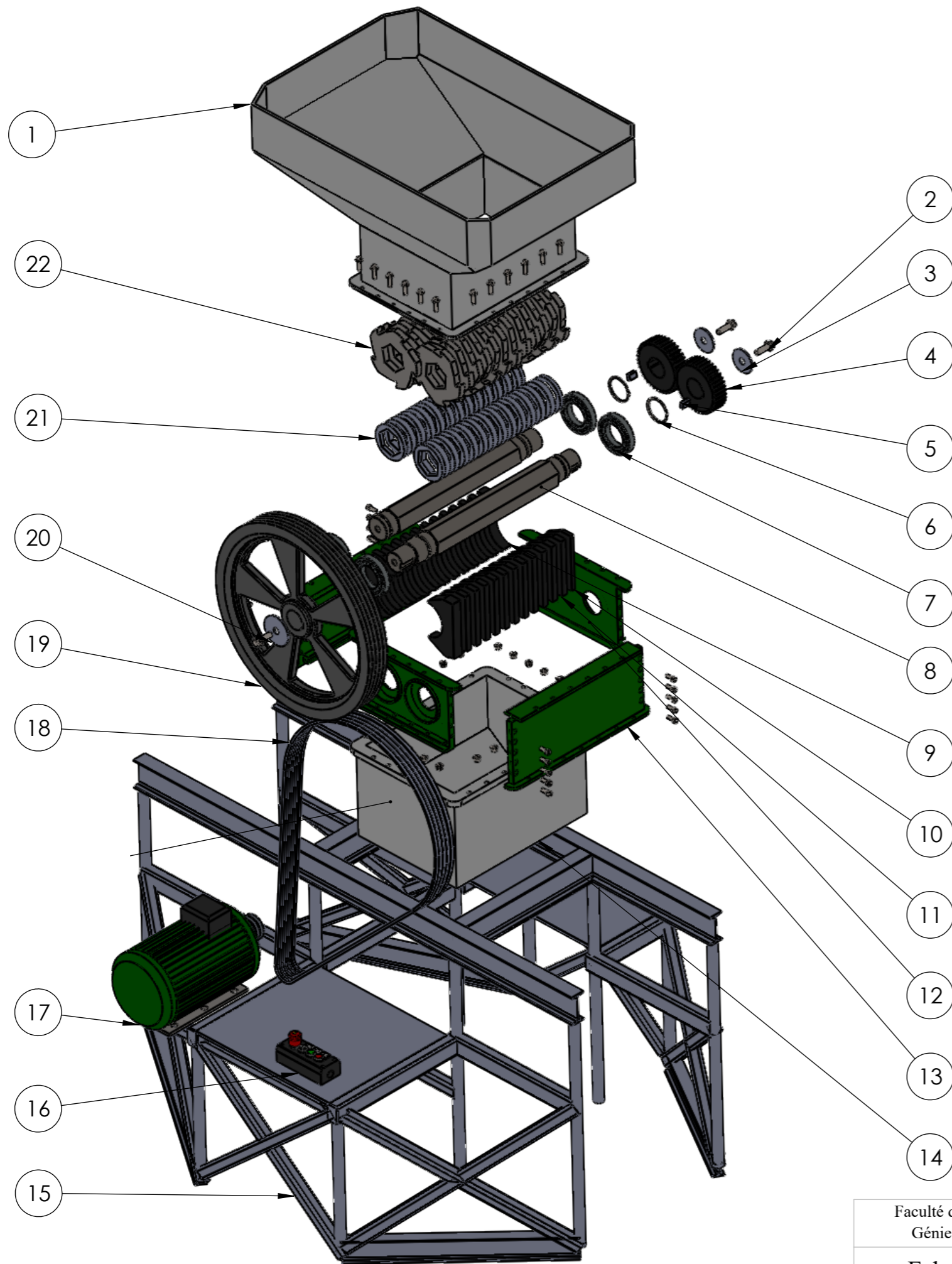
Webographie

- [1] <https://leballageecologique.com/symboles-recyclage-emballages-plastiques/> consulté 2/4/2020
- [2] https://www.google.com/search?q=plastique&client=firefox-b-d&hl=fr&sxsrf=ALeKk03s6IwLAPGz3esi9_u8CycKibbXCw:1589288425604&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwiqwrbgsK7pAhXj6eAKHTaeCwQQ_AUoAXoECBIOAw&biw=1366&bih=654#imgsrc=IjaBX6iACXIDmM&imgdii=GULUFakjF_ZygM consulté 2/4/2020
- [3] <https://slideplayer.fr/slide/11639718/> consulté 4/4/2020
- [4] https://www.azprocede.fr/Schema_GC/picture.php?/386/category/18 consulté 5/4/2020
- [5] <https://www.thebalancesmb.com/an-overview-of-plastic-recycling-4018761> consulté 20/4/2020
- [6] https://www.google.com/search?q=broyeur&tbm=isch&ved=2ahUKEwjGwdSuiLDsAhUQ0YUKHYzWDcgQ2-cCegQIABAA&oq=broy&gs_lcp=CgNpbWcQARgAMgQIIxAnMgQIIxAnMgQIABBDMgQIABBDMgIADICCAAyAggAMgIADICCAAyAggAOgUIABCxA1DCbFjpd2DVhQFoAHAAeACAAY0GiAGiC5IBCTAuMi4xLjYtMZgBAKABAaoBC2d3cy13aXotaW1nwAEB&sclient=img&ei=mtOEX8aMMpCilwSMrbfADA&bih=654&biw=1366&client=firefox-b-d&safe=active consulté 15/5/2020
- [7] <https://www.icmindustrie.com/wp-content/uploads/2015/09/FT-PET-P-FR.pdf> consulté 15/5/2020

BIBLIOGRAPHIE

- [8] Cours de Construction mécanique du Dr. HAMZA CHERIF Sidi Mohamed – MCA – responsable Master Construction mécanique - université Abou Bekr Belkaid Tlemcen faculté de technologie
E-mail : sidimohamed.hamzacherif@univ-tlemcen.dz
- [9] Cours de RDM du Pr. BELALIA Sidi Ahmed responsable licence Construction mécanique - université Abou Bekr Belkaid Tlemcen faculté de technologie
E-mail : sidahmed.belalia@univ-tlemcen.dz
- [10] Fragmentation fine - Fragmentation – Technologie Auteur(s) : Pierre BLAZY, El-Aïd JDID, Jacques YVON Date de publication : 10 déc. 2006
- [11] Chevalier : Guide du dessinateur industriel, édition AFNOR Paris (2004).
- [12] Guide du dessinateur industriel édition (1979).
- [13] Cours Génie mécanique guide du calcul en mécanique (2 001) édition n° 3

ANNEXE



No. ARTICLE	NUMERO DE PIECE	QTE
1	Trémie	1
2	Visse CHCISO 4162 - M16 x 50 x 50-N	3
3	Rondelle 80	2
4	ENGRENAGE	2
5	Clavette engrenage	2
6	Anneau élastique	1
7	Roulement 75 BC 02 X	4
8	Arbre porte lames	1
9	Contre lame 33	2
10	Contre lame 13	2
11	Contre lame 20	22
12	Coté roulement	2
13	Coté latérale	2
14	Suport corps	1
15	Batille	1
16	Panneau de controle	1
17	Assemblage moteur petite roue	1
18	Courroie	5
19	Grande roue	1
20	Rondelle 100	1
21	Entre lame	28
22	Lame	24

Faculté de Technologie
Génie Mécanique

UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID TLEMCEM

DERRAS Mohammed

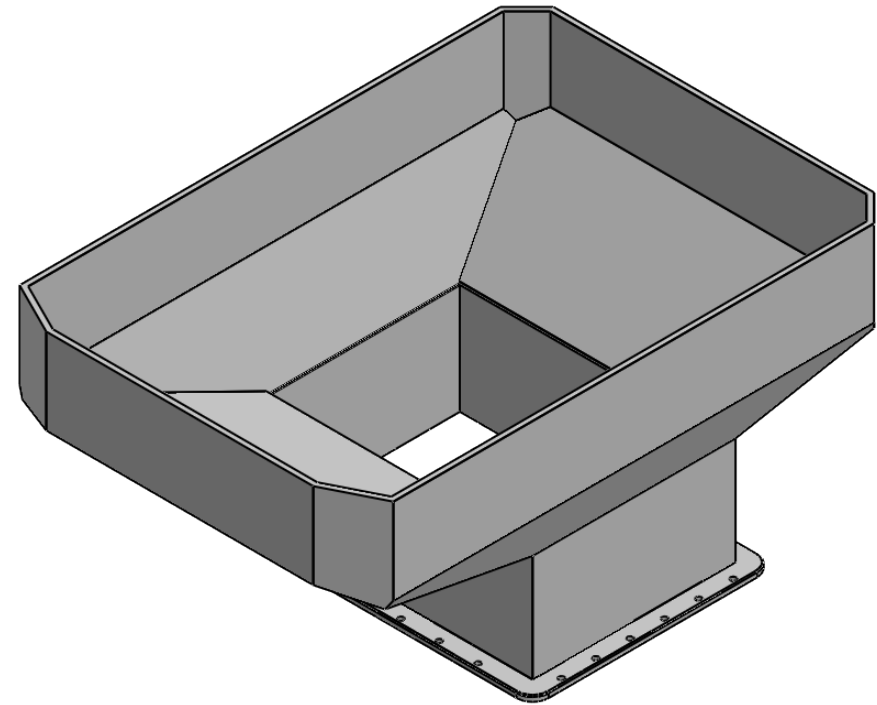
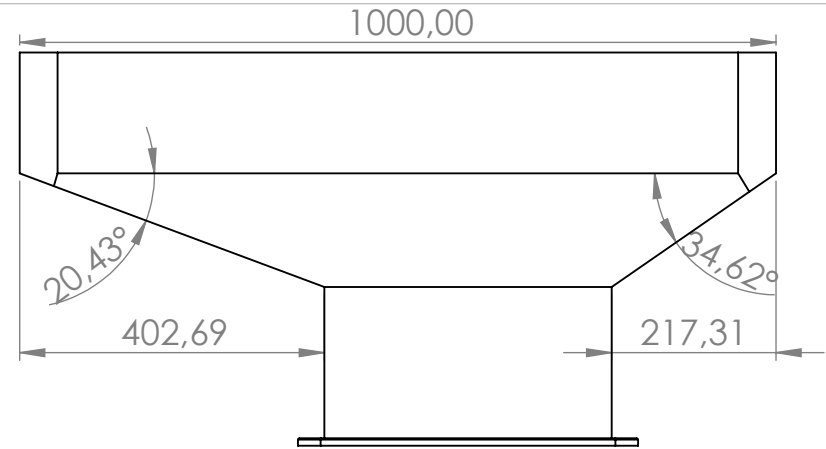
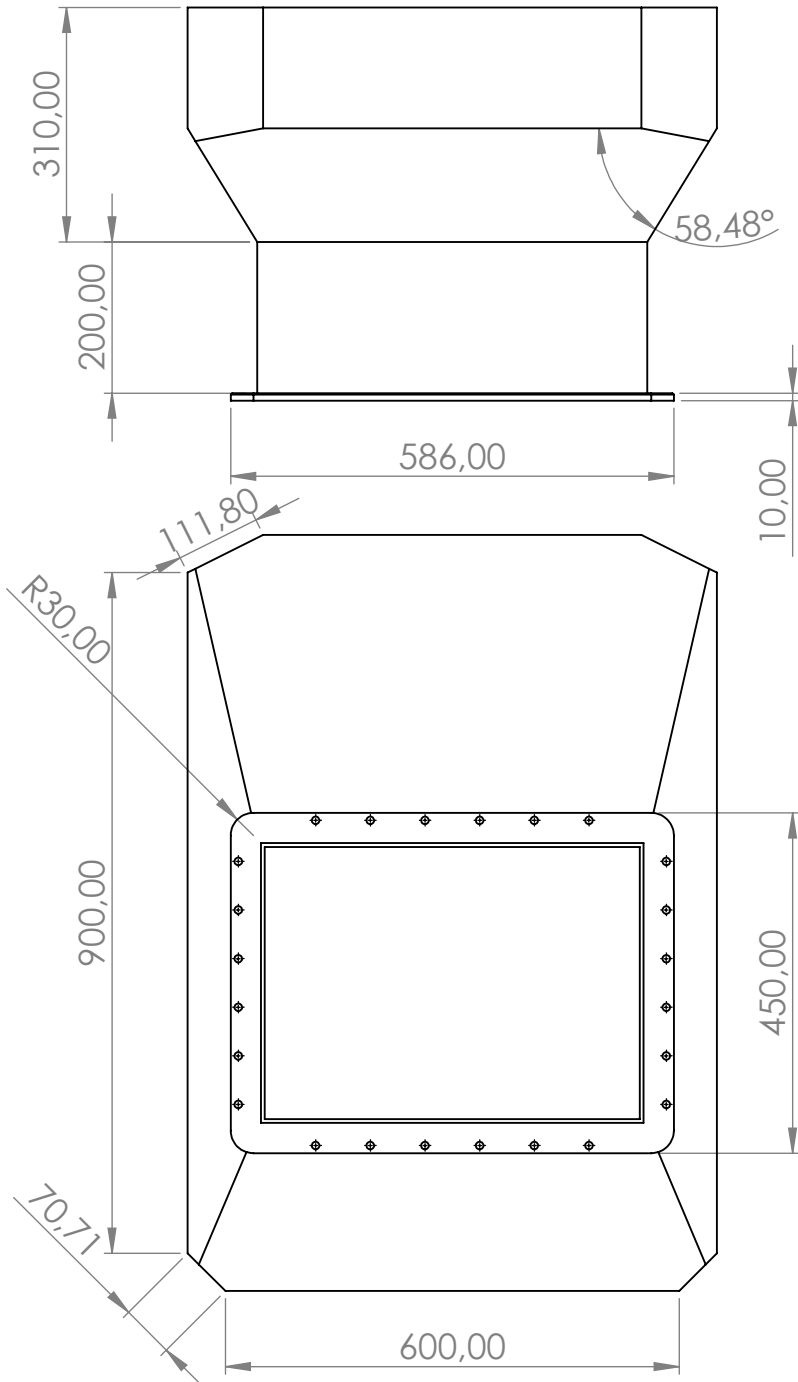
Echelle 1:14

**BROYEUR DES
BOUTEILLES DE PLASTIQUE**

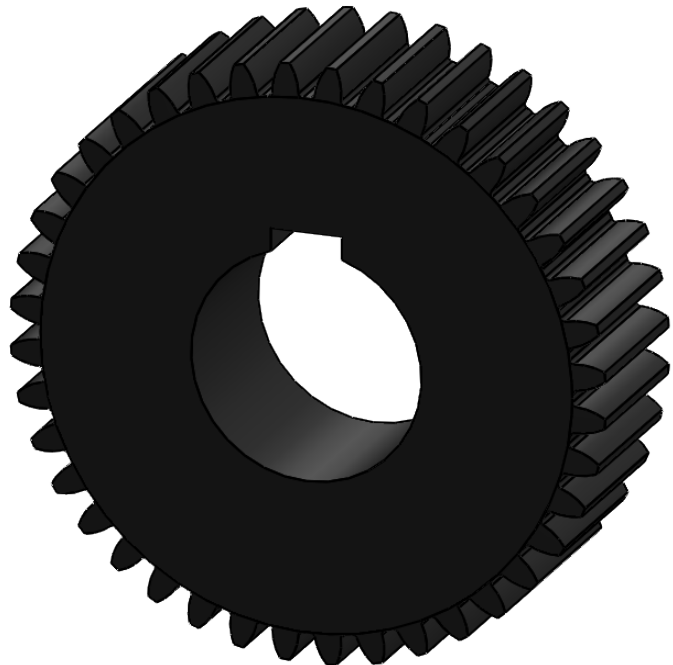
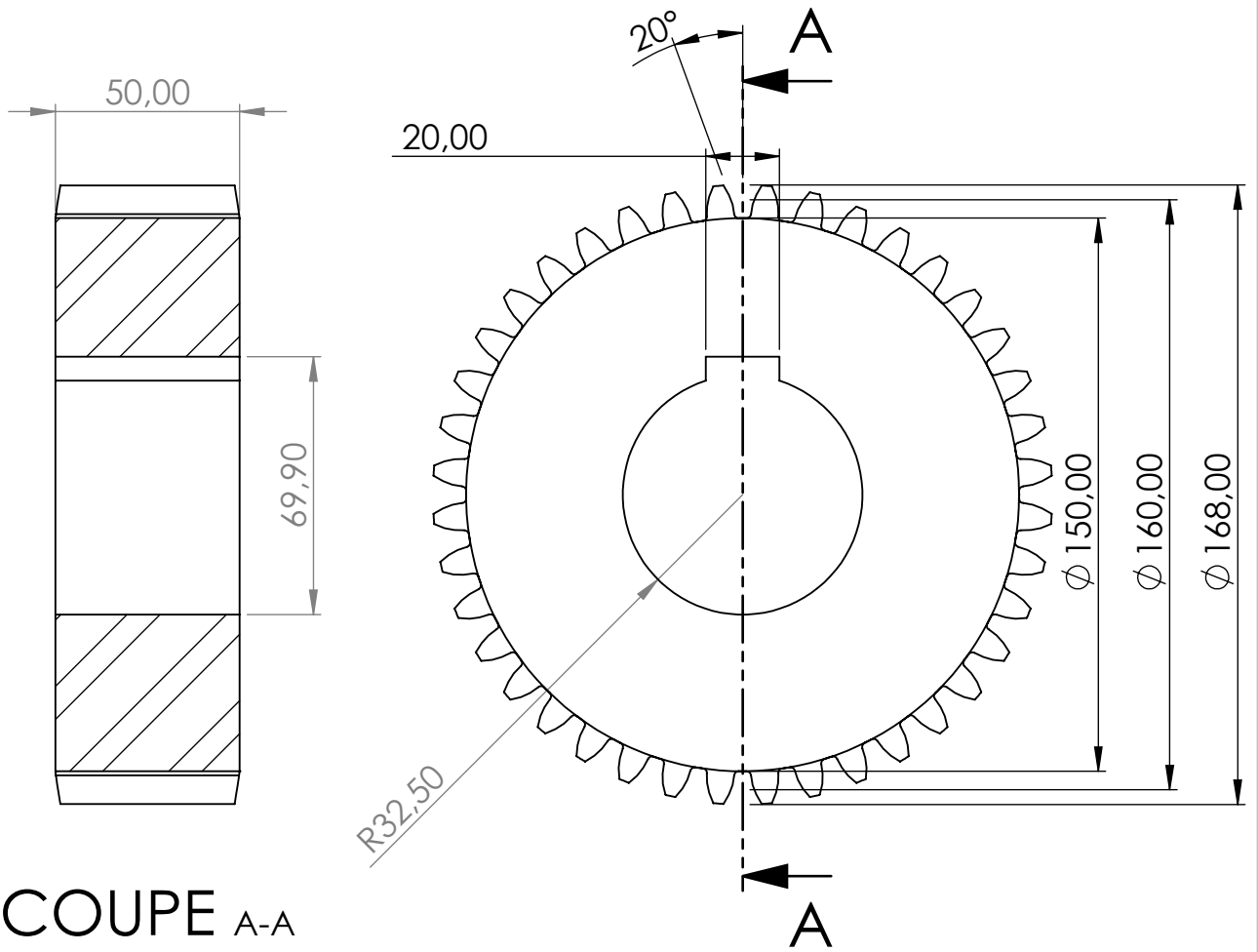
16/8/2020

Assemblage





Faculté de Technologie Génie Mécanique	UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID TLEMCEN	DERRAS Mohammed
Echelle 1:10	TREMIE	Acier
		Pièce N°1



Faculté de Technologie
Génie Mécanique

UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID TLEMCEM

DERRAS Mohammed

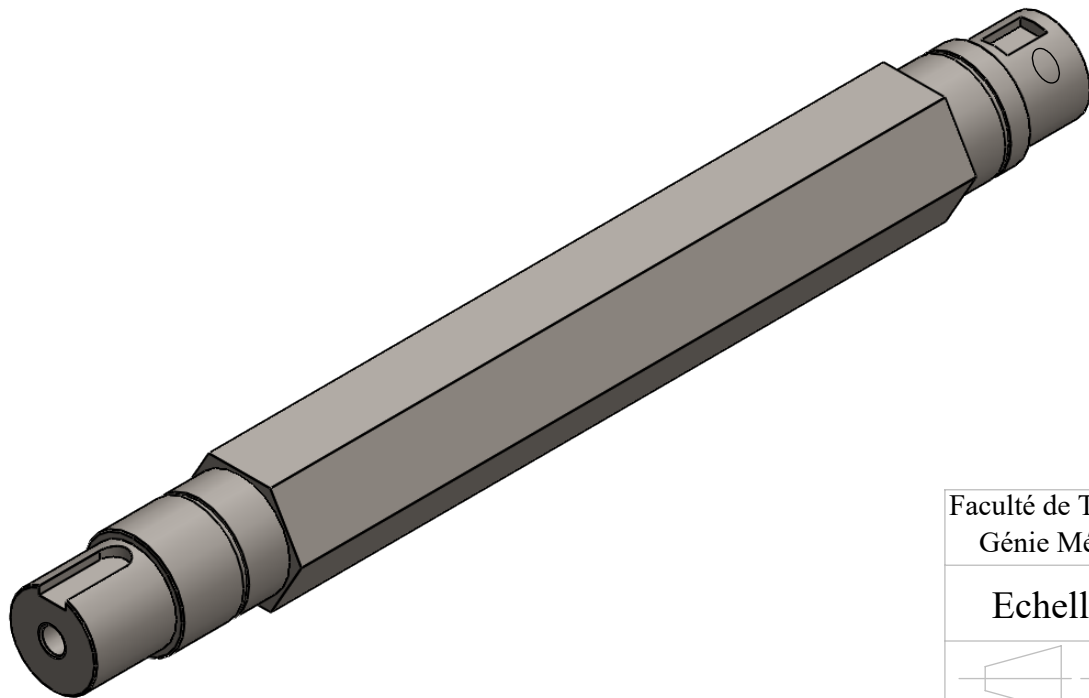
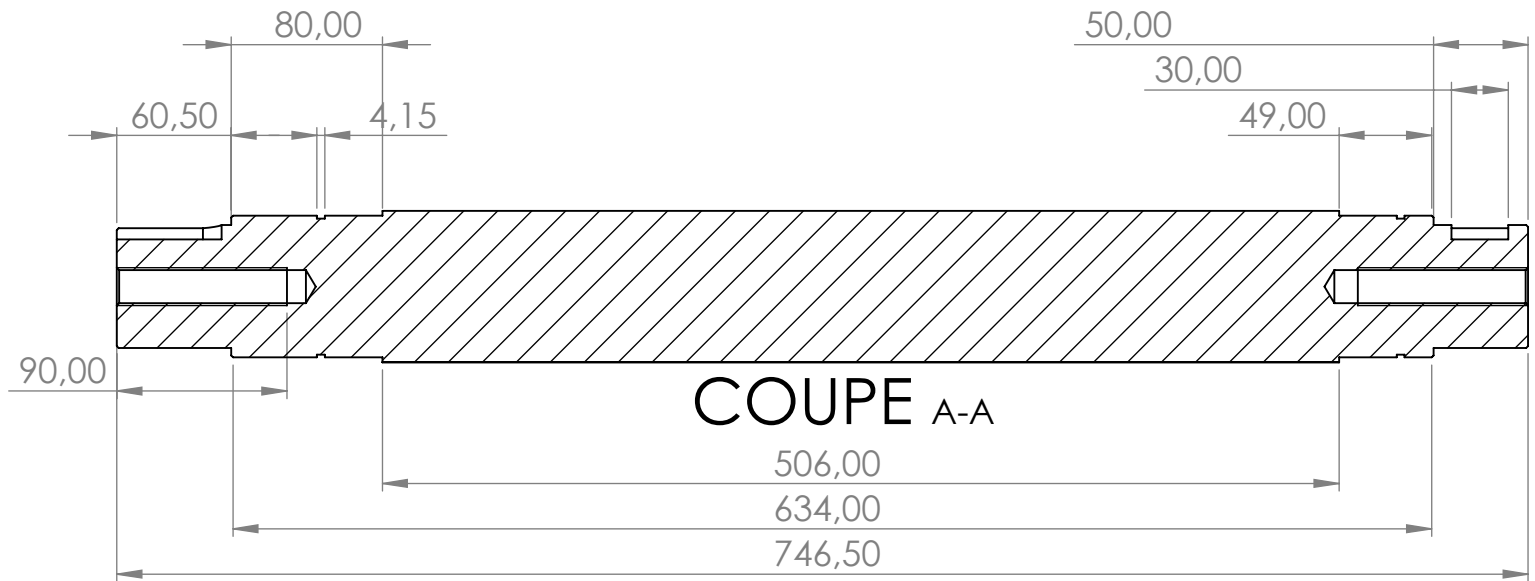
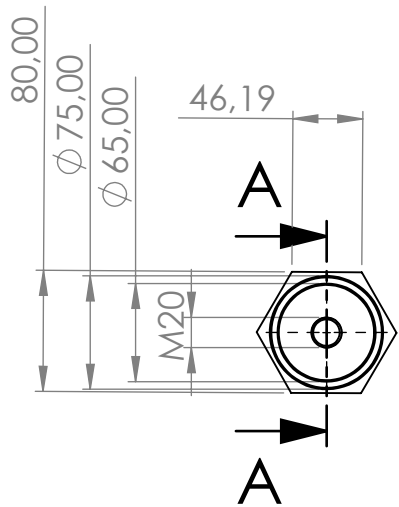
Echelle 1:3

ROUE DENTÉE

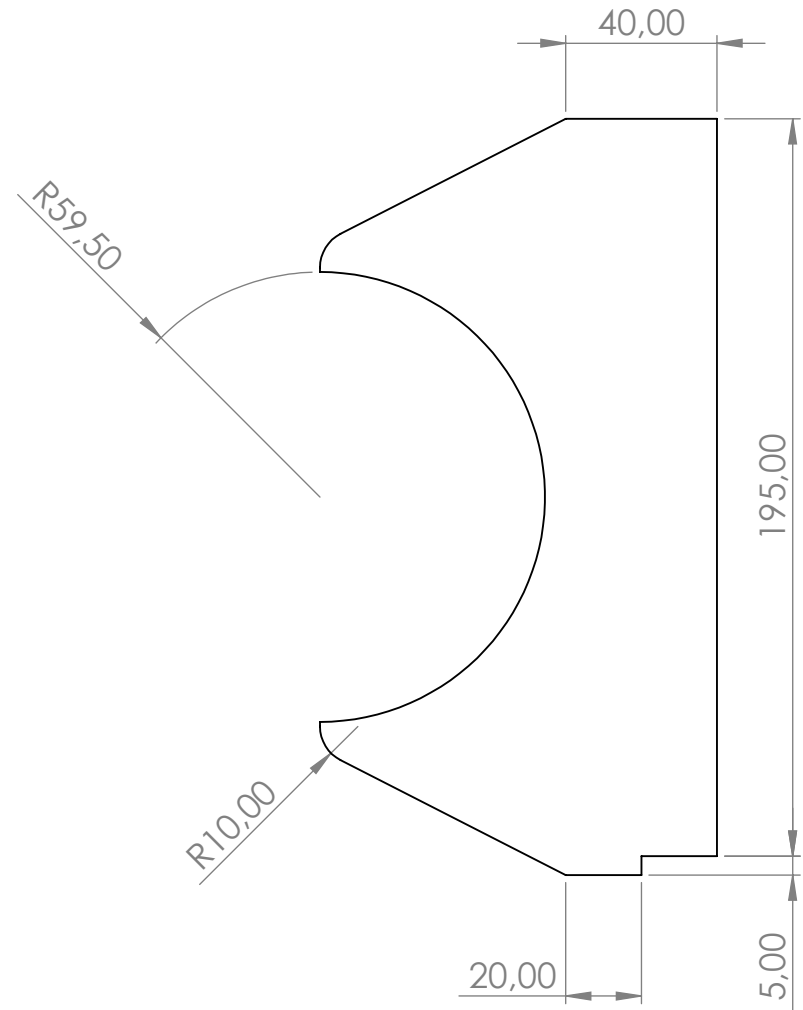
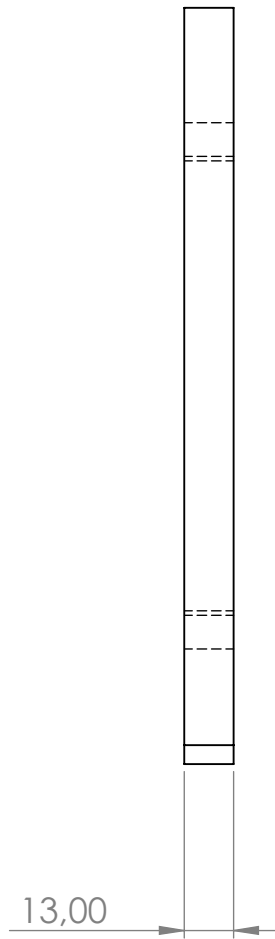
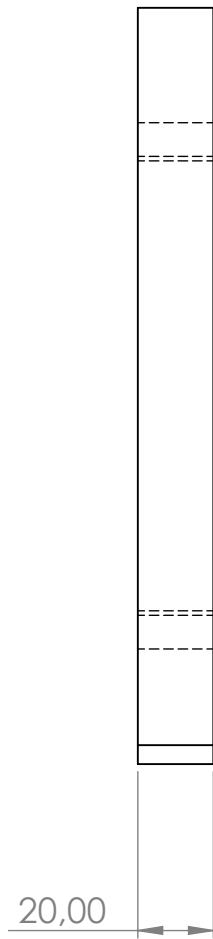
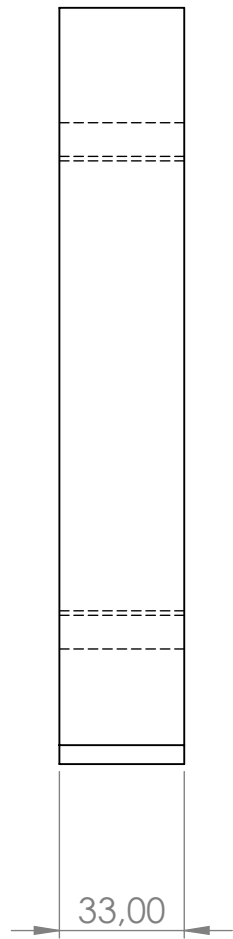
l'acier fin Xc 48

Pièce N°4

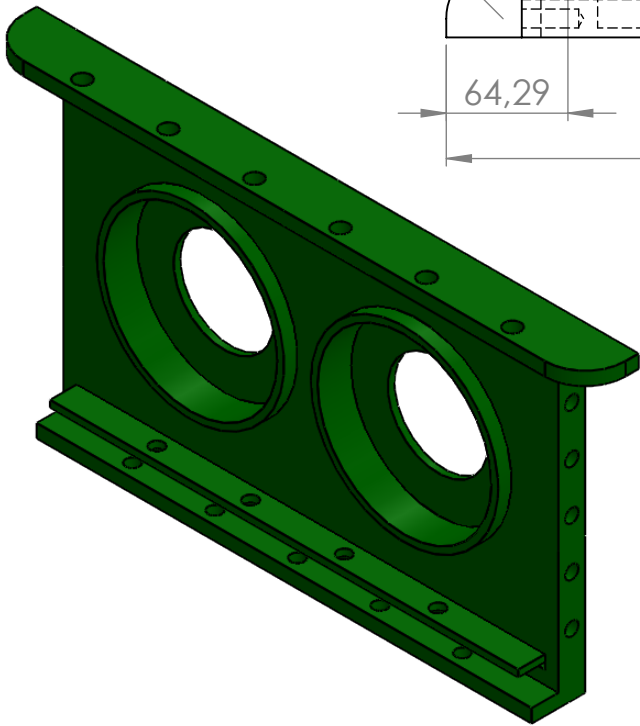
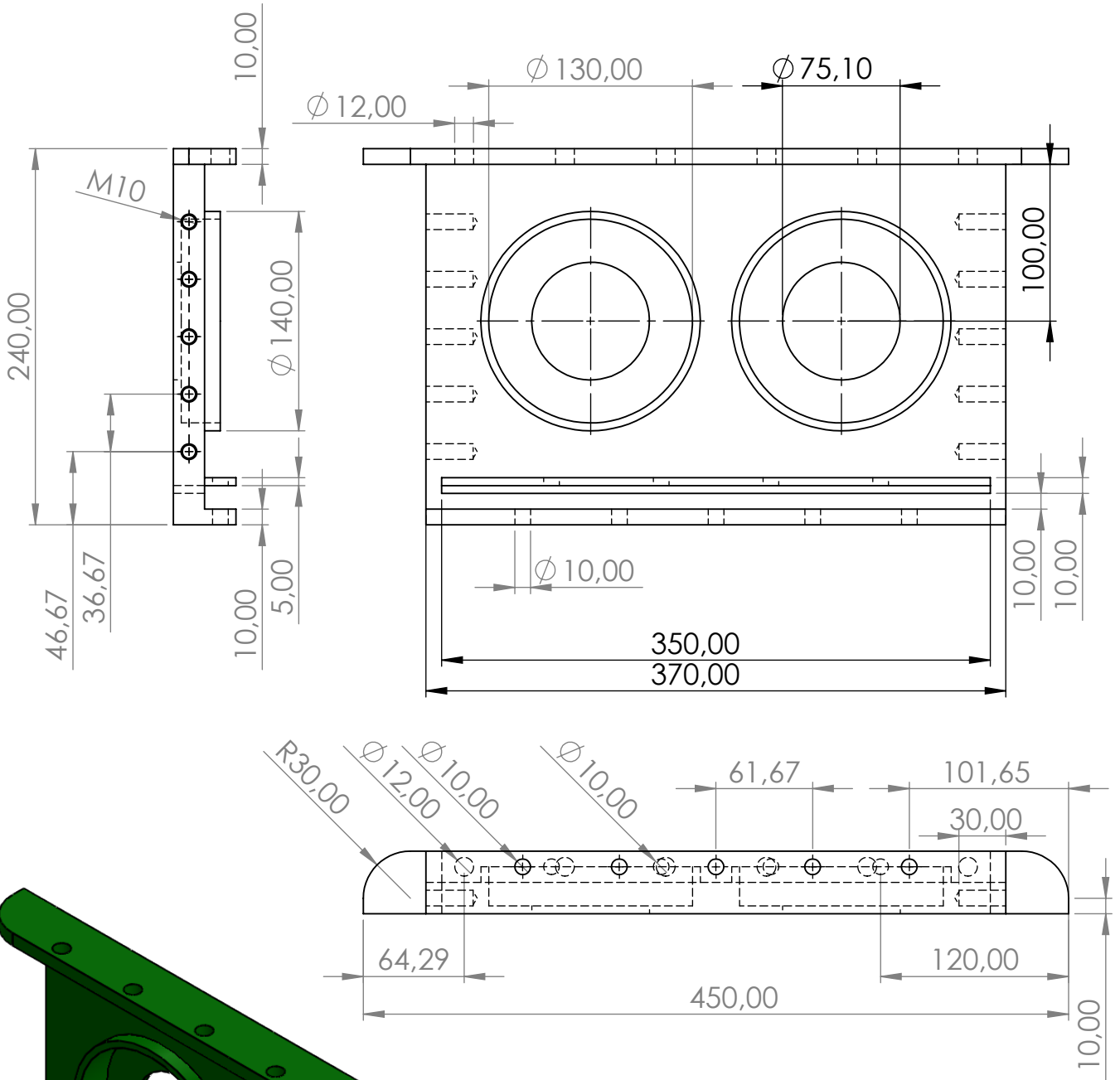




Faculté de Technologie Génie Mécanique	UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID TLEMCEN	DERRAS Mohammed
Echelle 1:4	ARBRE PORTE LAMES	Acier C 45 (XC 48)
		Pièce N°8



Faculté de Technologie Génie Mécanique	UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID TLEMCCEN	DERRAS Mohammed
Echelle 1:2	CONTRE LAMES 13 20 33	Acier C 45 (XC 48)
		Pièce N°9,10,11



Faculté de Technologie
Génie Mécanique

UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID TLEMCEM

DERRAS Mohammed

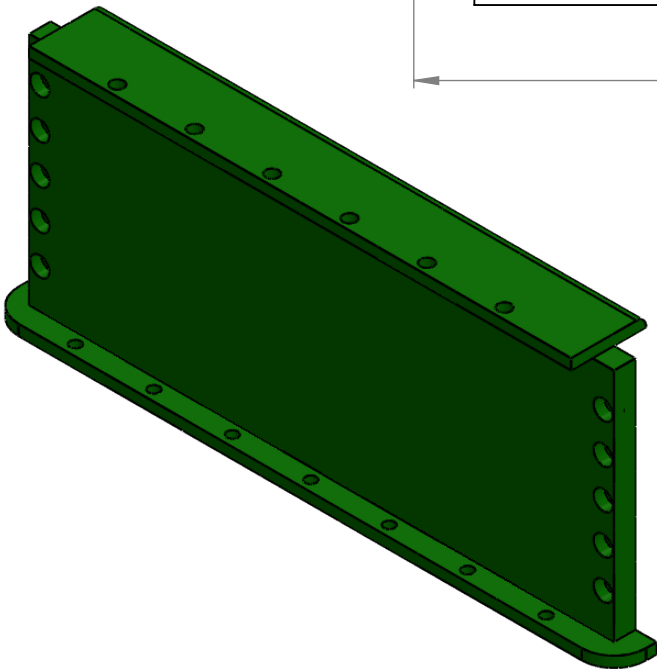
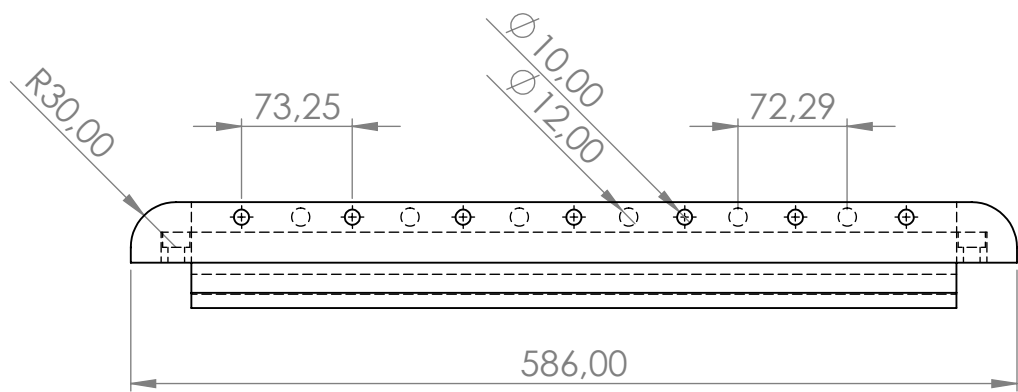
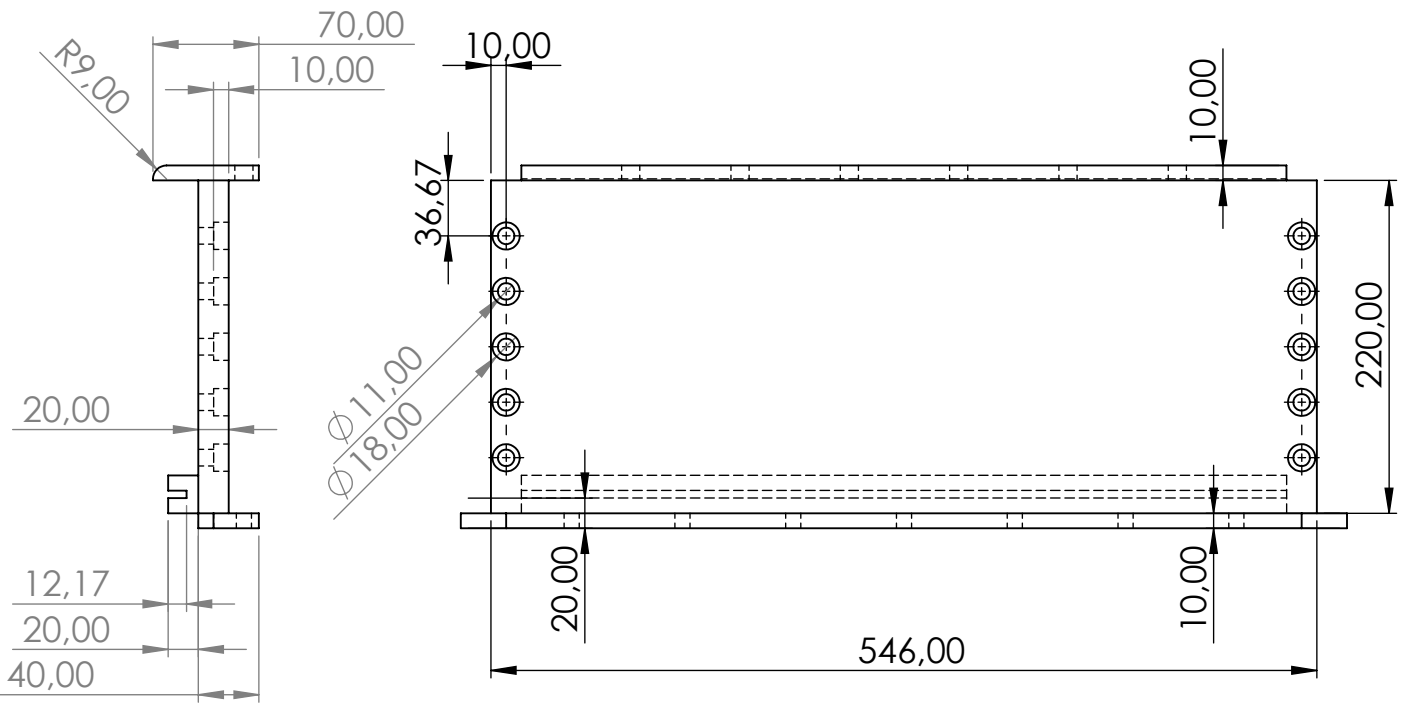
Echelle 1:4

COTE ROULEMENT

Acier

Pièce N°12





Faculté de Technologie
Génie Mécanique

UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID TLEMCEM

DERRAS Mohammed

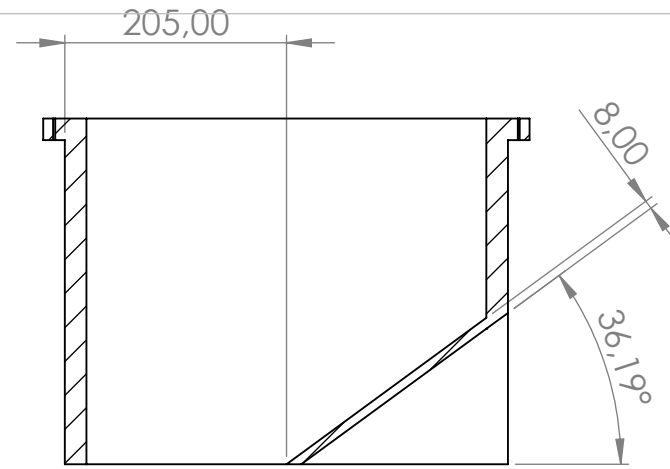
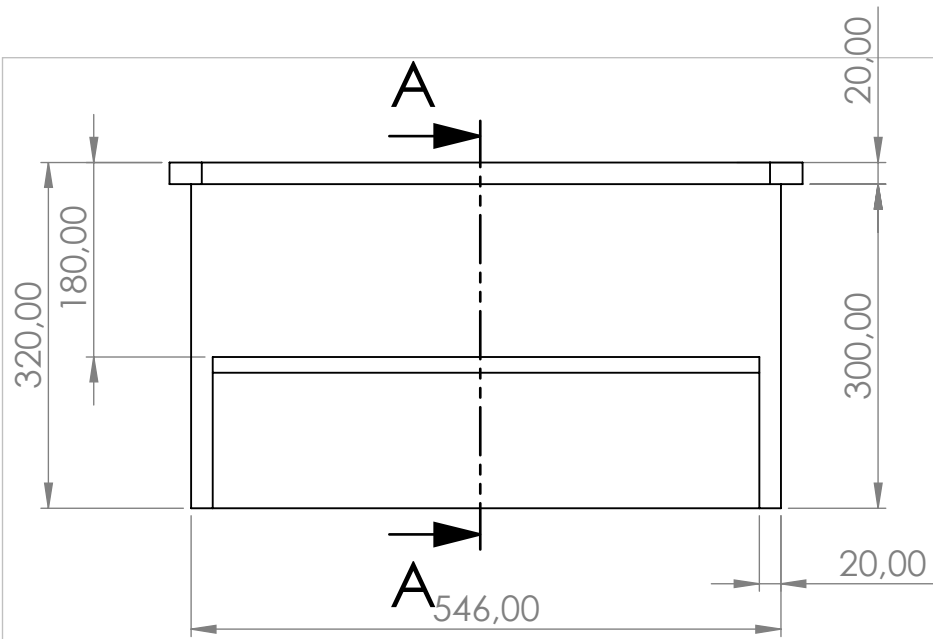
Echelle 1:5

COTE LATERAL

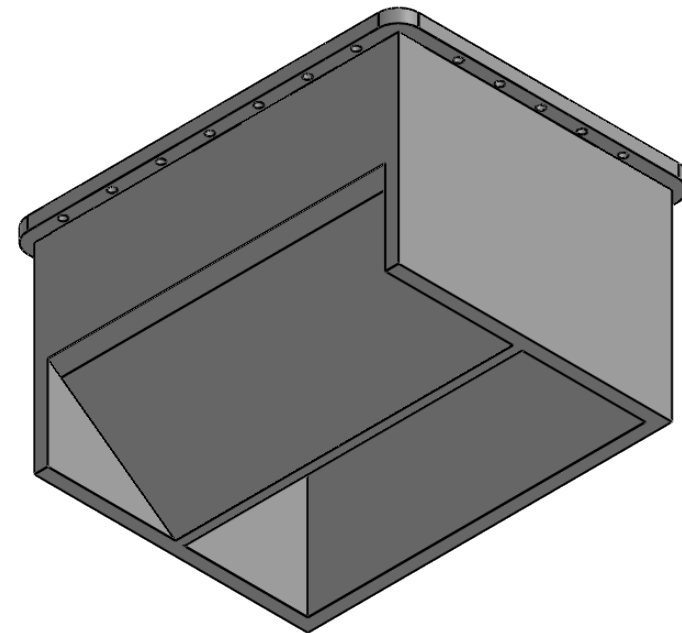
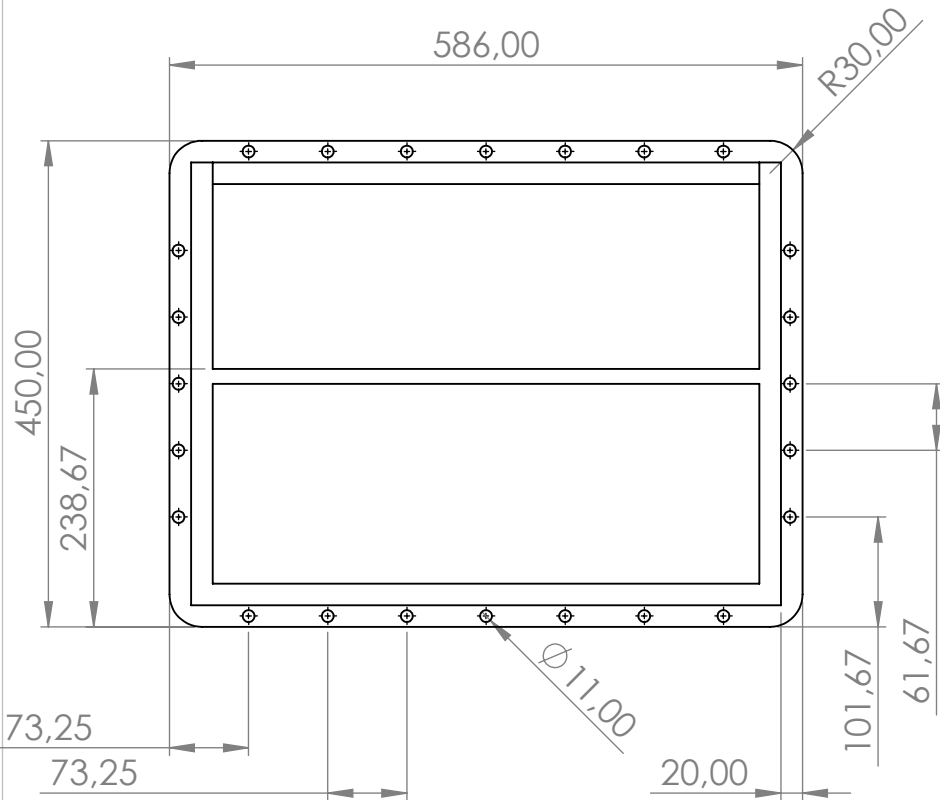
Acier

Pièce N°13





COUPE A-A



Faculté de Technologie
Génie Mécanique

UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID TLEMCEM

DERRAS Mohammed

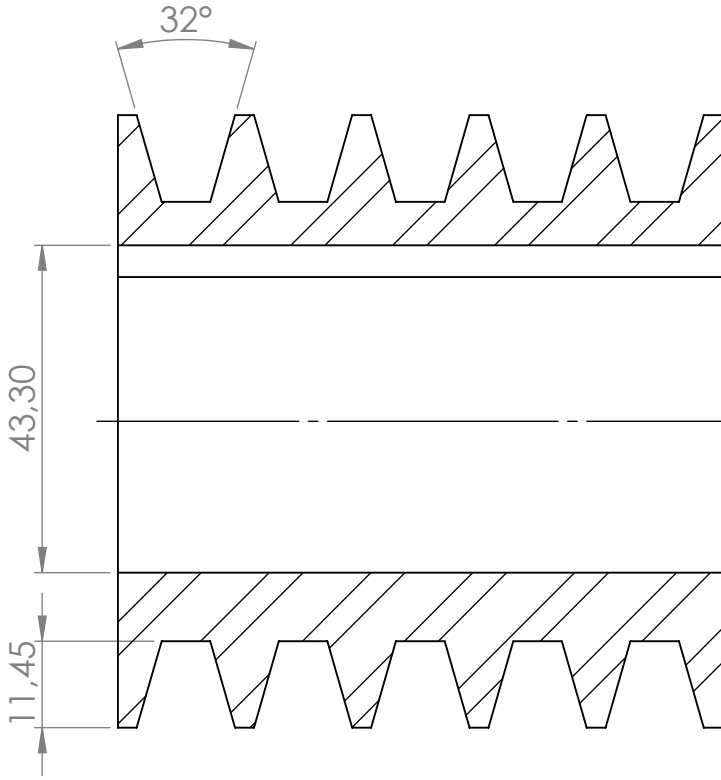
Echelle 1:7

SUPPORT CORPS

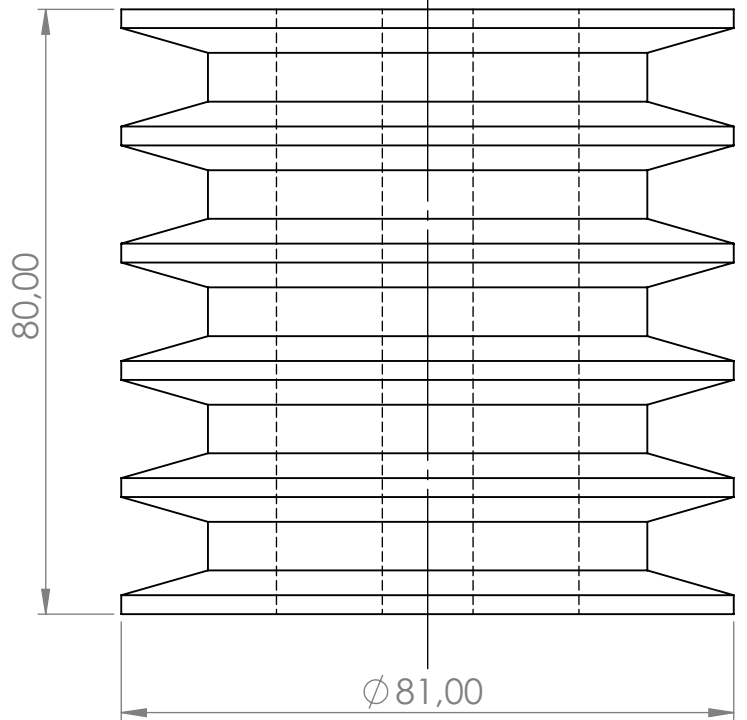
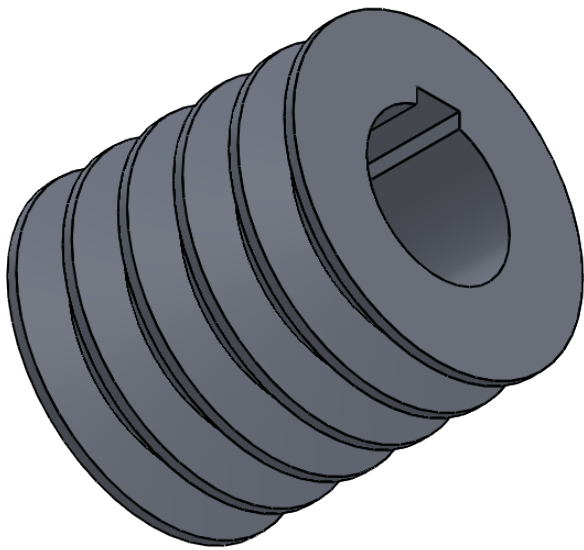
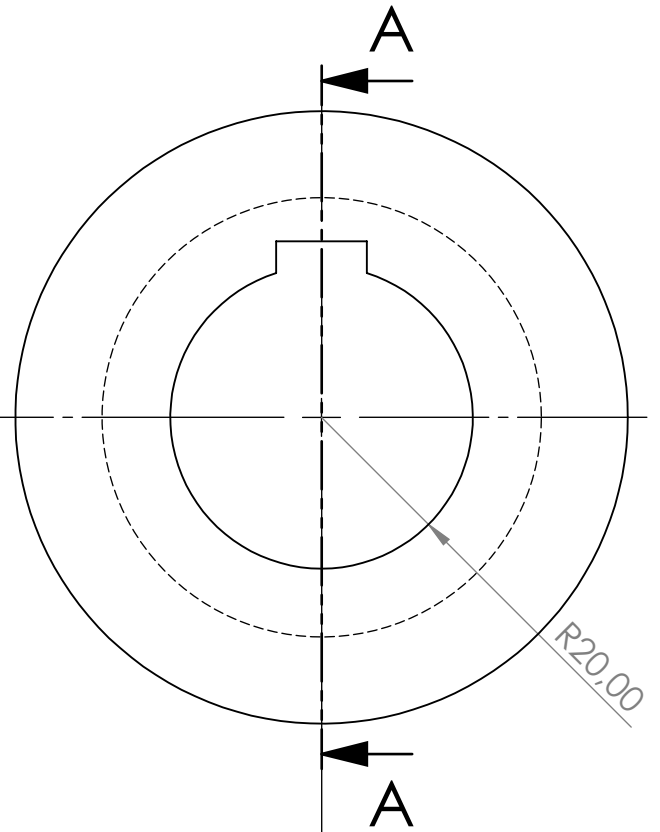
Acier

Pièce N°14





COUPE A-A



Faculté de Technologie
Génie Mécanique

UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID TLEMCEM

DERRAS Mohammed

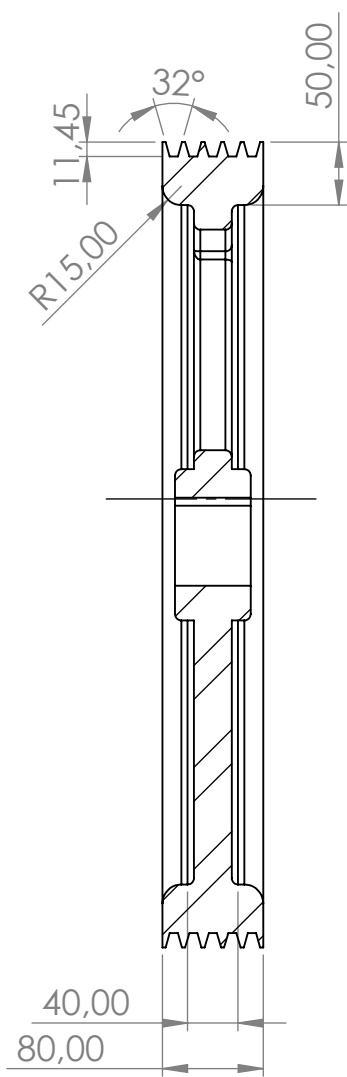
Echelle 1:1

PETITE POULIE

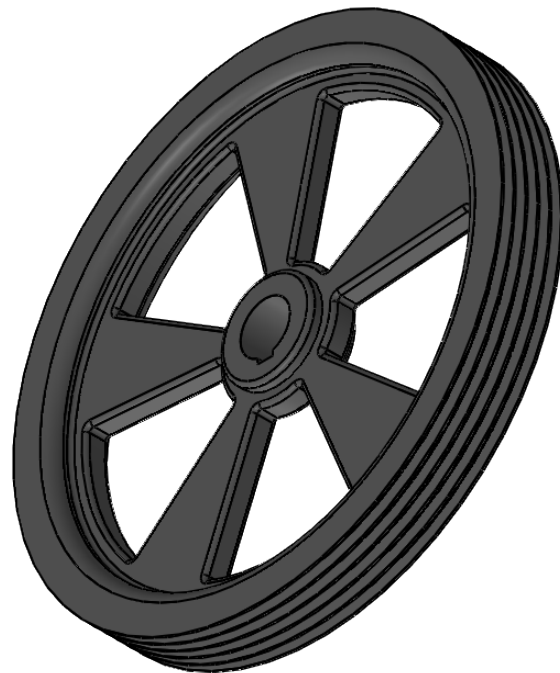
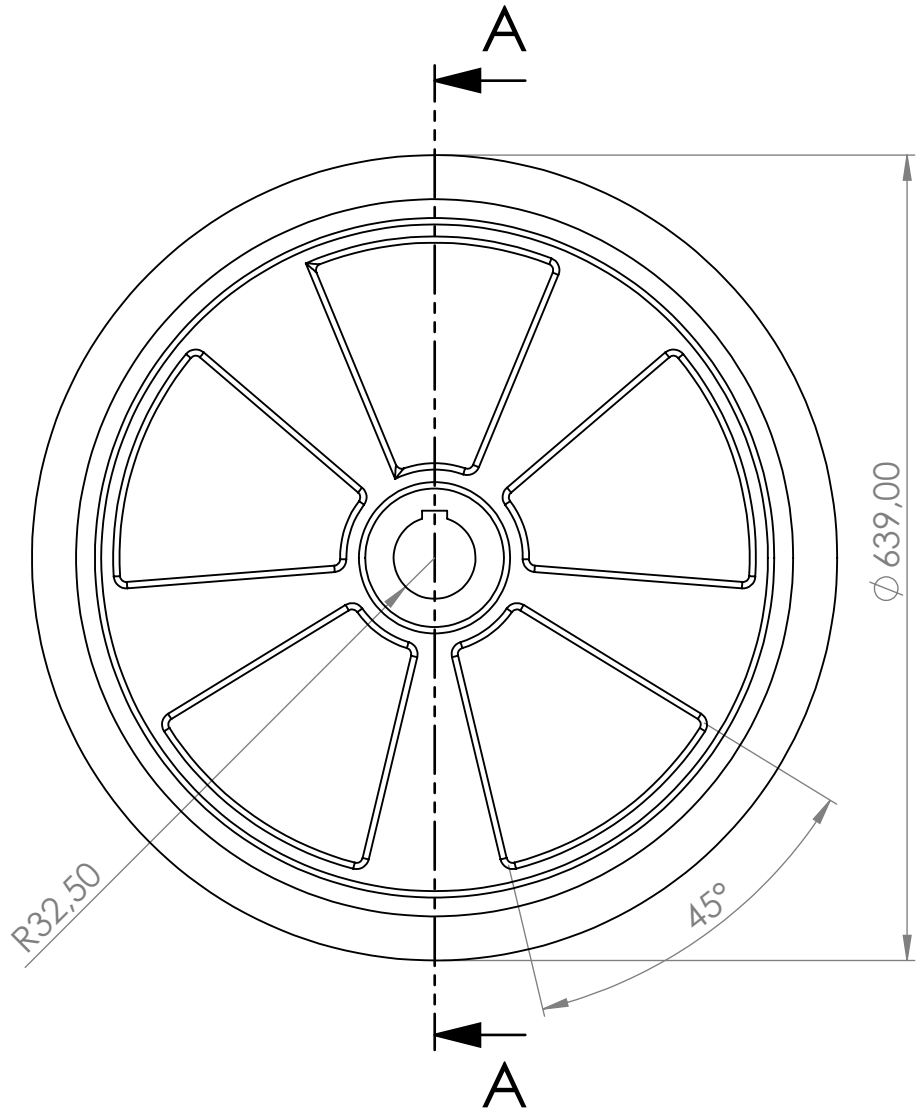
FONTE FT 20

Pièce N°17





COUPE A-A



Faculté de Technologie
Génie Mécanique

UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID TLEMCEM

DERRAS Mohammed

Echelle 1:6

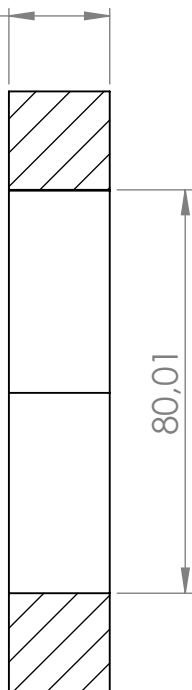
GRANDE POULIE

Fonte FT20

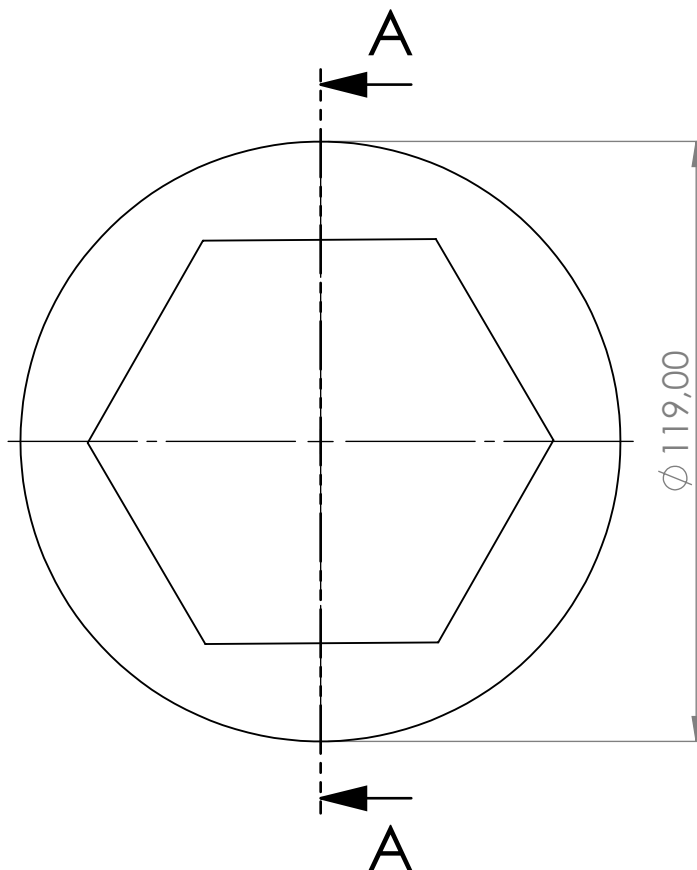
Pièce N°19



20,00

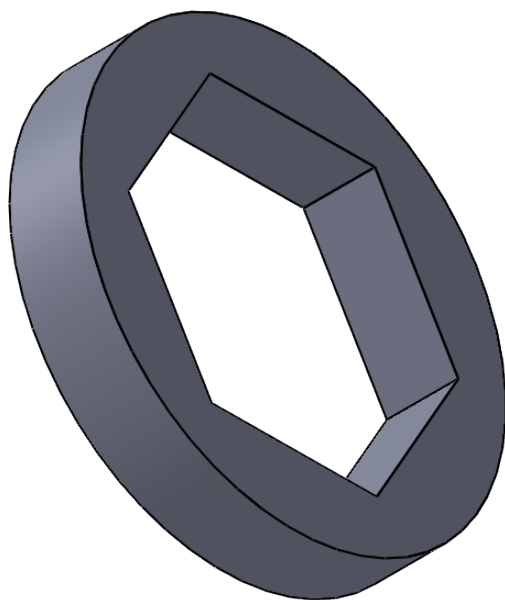


80,01



ϕ 119,00

COUPE A-A



Faculté de Technologie
Génie Mécanique

UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID TLEMCEM

DERRAS Mohammed

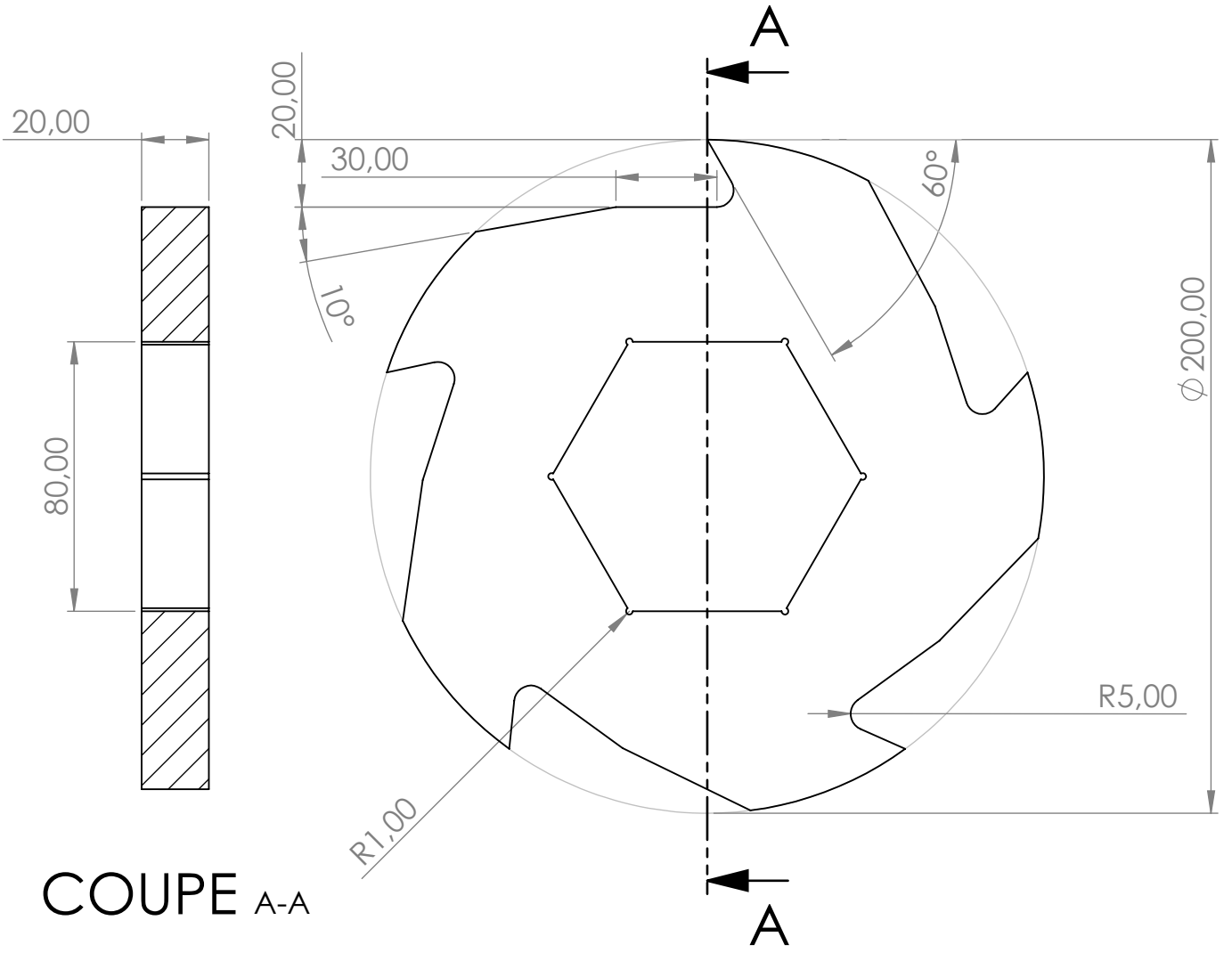
Echelle 1:1.5

Entre lame

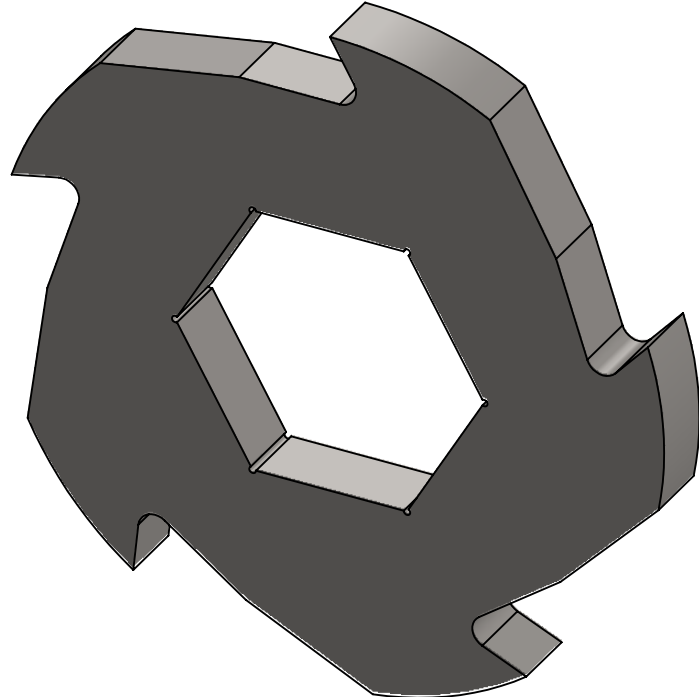
Acier

Pièce N°21





COUPE A-A



Faculté de Technologie Génie Mécanique	UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID TLEMCEM	DERRAS Mohammed
Echelle 1:2	<h1>LAME</h1>	Acier inoxydable chromé
		Pièce N°22

Résumé

Ce modeste travail de fin d'études s'inscrit sous le cadre de recyclage de plastique, et plus précisément sur l'étude de la machine qui exécute la partie la plus importante à savoir le broyeur des matériaux plastiques.

En premier lieu, ce travail définit le plastique et ces types ainsi que le recyclage et tout type de broyeur existant, puis met en évidence et en détaille tout parti qui constitue le broyeur de matériaux plastiques, âpre vient l'étape de choix des systèmes et dimensionnements des différentes pièces du broyeur, et en dernier lieu simuler les pièces les plus importantes du broyeur (lame et arbre porte-lames).

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

Abstract

This modest end-of-study work falls under the framework of plastic recycling, and more precisely on the study of the machine that executes the most important part, namely the plastic shredder materials.

First of all, this work defines the plastic and these types as well as the recycling and any type of existing shredder, then highlights and details any part that constitutes the plastic shredder, then comes the step of choosing the system and sizing of the different parts of the shredder, and finally simulates the most important parts of the shredder (blade and blade holder shaft).

In particular, this mill is known in a meticulous way so that it adapts to the Algerian market and to the industrial safety standard.

ملخص

يندرج هذا العمل المتواضع لنهاية الدراسة في إطار إعادة تدوير البلاستيك، وبشكل أكثر دقة في دراسة الآلة التي تنفذ الجزء الأكثر أهمية، ألا وهو تمزيق المواد البلاستيكية.

أولاً، يعرف هذا العمل البلاستيك وأنواعه بالإضافة إلى إعادة التدوير وكذلك جميع أنواع آلة التقطيع الموجودة، ثم يبرز ويوضح جميع الأجزاء التي تشكل آلة التقطيع البلاستيكية، ثم تأتي خطوة اختيار النظام وتحجيم الأجزاء المختلفة من آلة التقطيع، وأخيراً يحاكي أهم أجزاء آلة التقطيع (الشفرة وعمود حامل الشفرات).

بشكل خاص، إن هذه الآلة مصممة بشكل دقيق بحيث تتكيف مع السوق الجزائرية ومع معيار السلامة الصناعية