

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Ecole Nationale Polytechnique



Département de Génie Mécanique

Mémoire de Projet de Fin d'Etudes

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Génie Mécanique

Etude de conception d'une polisseuse à double disque

Réalisé par :

Yahiaoui Houssam Eddine

Sous la direction de Mr. H. SEDJAL

Maître Assistant (ENP)

Composition du jury :

Président	Mr B. GUERGUEB	Maître Assistant	ENP
Promoteur	Mr H. SEDJAL	Maître Assistant	ENP
Examineur	Mr D. SAIDI	Maître de conférences	ENP

ENP 2020

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Ecole Nationale Polytechnique



Département de Génie Mécanique

Mémoire de Projet de Fin d'Etudes

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Génie Mécanique

Etude de conception d'une polisseuse à double disque

Réalisé par :

Yahiaoui Houssam Eddine

Sous la direction de Mr. H. SEDJAL

Maître Assistant (ENP)

Composition du jury :

Président	Mr B. GUERGUEB	Maître Assistant	ENP
Promoteur	Mr H. SEDJAL	Maître Assistant	ENP
Examineur	Mr D. SAIDI	Maître de conférences	ENP

ENP 2020

ملخص:

دراسة تصميم آلة طحن وتلميع المعادن مزدوجة القرص

الهدف من مشروع التخرج هذا هو تصميم آلة طحن و تلميع المعادن مزدوجة القرص لتلبية احتياجات المخبر. الدراسة ستتم على النموذج المقترح الذي سيتم تصميمه و دراسته ميكانيكيا (تصميم و دراسة أثناء السكون و أثناء الحركة). من أجل تحسين التكوين , التدريس و البحث العلمي في مجال المعدنغرافيا (دراسة المعادن).

الكلمات المفتاحية : آلة طحن و تلميع, مزدوجة القرص, المعادن.

Abstract:

Design study of a double disc polishing machine

The objective of this graduation project is to design a double-disc metal polishing machine for laboratory use. The study on the proposal of a model, which will be designed and studied mechanically (design, static and cinematic study).

In order to improve education, teaching and research in metallography of materials.

Keywords: polishing machine, double disc, metals.

Résumé:

Etude de conception d'une polisseuse à double disque

L'objectif de ce projet fin d'études est de faire la conception d'une polisseuse de métaux à double disques pour le besoin de laboratoire. L'étude sur la proposition d'un modèle qui sera conçue et étudiée mécaniquement (conception, étude statique et cinématique).

Afin d'améliorer la formation, l'enseignement et la recherche en métallographie des matériaux.

Mots-clés : polisseuse, double disque, métaux.

Remerciements

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui je voudrais témoigner toute ma gratitude.

Je voudrais dans un premier temps remercier, mon directeur de mémoire Monsieur H. SEDJAL, Je le remercie de m'avoir encadré, orienté, aidé et conseillé.

Je souhaite exprimer mes sincères reconnaissances à Monsieur B. GUERGUEB Maître Assistant à l'École Nationale Polytechnique, pour le grand honneur qu'il m'a fait en présidant ce jury de soutenance.

Je remercie également Monsieur D. SAIDI Maître de conférences à l'École Nationale Polytechnique, pour avoir accepté de juger ce travail.

Je n'oublie pas de remercier l'ensemble des professeurs du département du génie Mécanique, qui m'ont transmis leurs connaissances, et de remercier tout ce qui a contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,

A mes chers frères, ANIS et FARES, ma chère petite sœur MANEL, pour leur appui et leur encouragement,

A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire,

À mes amis MALEK FARADJI, WALID ZAABAT et OUSSAMA REZZIK pour leurs contributions dans ce travail,

A mes amis SMAANI KADER et SALIM AIT ZIANE, qui m'ont apporté un grand soutien tout au long de mon cursus universitaire.

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infailible,

Merci d'être toujours là pour moi.

Table Des Matières

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction Générale.....	13
Chapitre 1: La métallographie.....	15
1.1 Introduction:	16
1.2 Notion sur la métallographie :	16
1.2.1 Définition :	16
1.2.2 Analyse et interprétation de la microstructure :	18
1.3 La préparation Mécanique:.....	19
1.3.1 Définition :	19
1.3.2 Mécanismes d'enlèvement de matière :.....	20
1.3.2.1 Prépolissage :	20
1.3.2.1.1 Définition :	20
1.3.2.1.2 Phases :.....	20
1.3.2.1.3 Etapes :.....	21
1.3.2.2 Polissage :	22
1.3.2.2.1 Définition :	22
1.3.2.2.2 Types :.....	23
1.3.2.3 Rodage	24
1.3.2.3.1 Définition	24
1.3.2.3.2 Position	24
1.4 Conclusion :	25
Chapitre 2: Généralités sur les polisseuses	26
2.1 Introduction:	27
2.2 Définition :.....	27
2.3 Développement de la polisseuse :.....	27
2.4 Types de Polisseuse :.....	32
2.4.1 Modèle MP-2B Polisseuse métallographique :	32
2.4.2 Modèle MOPAO 2DE polisseuse métallographique	33
2.4.3 Modèle MP-1B Polisseuse métallographique :	34

2.4.4	Modèle MOPAO 2D polisseuse métallographique :.....	34
2.4.5	Modèle MOPAO 260E polisseuse métallographique :.....	35
2.4.6	Modèle MOPAO 300SE polisseuse métallographique :.....	35
2.4.7	Modèle MOPAO 1000 polisseuse métallographique automatique :.....	36
2.4.8	Modèle MOPAO160E polisseuse métallographique :.....	37
2.4.9	Modèle MOPAO160 polisseuse métallographique :.....	38
2.4.10	Modèle MOPAO 300S polisseuse métallographique :.....	38
2.4.11	Modèle MOPAO 300E polisseuse métallographique :.....	39
2.4.12	Modèle MOPAO 300 polisseuse métallographique :.....	39
2.4.13	Modèle MP-2 polisseuse métallographique :.....	40
2.5	Conclusion:.....	41
Chapitre 3 : Systèmes de transmission du mouvement		42
3.1	Introduction :	43
3.2	Choix de moyens de transmission :.....	43
3.3	Engrenage :.....	46
3.4	Définition d'un engrenage conique :	46
3.5	Principaux types des engrenages coniques :.....	47
3.5.1	Engrenages coniques à denture droite :.....	47
3.5.2	Engrenages coniques à denture spirale :	47
3.5.3	Engrenages hypoïdes :.....	48
3.6	Caractéristiques des engrenages coniques à denture droite :.....	49
Chapitre 4 : La conception		51
4.1	La conception :	52
4.1.1	Les étapes et les procédures de la conception :.....	52
4.1.2	Les paramètres techniques :	52
4.1.3	Dimensionnement d'engrenage conique :.....	53
4.1.3.1	Matériaux sélectionnés et données de dimensionnement :.....	53
4.1.3.2	Données supposées :	53
4.1.3.3	Calcul des paramètres d'engrenage conique :.....	54
4.1.3.3.1	Calcul de l'angle primitif :.....	54
4.1.3.3.2	Nombre formatif de dents :.....	54
4.1.3.3.3	Coefficient formatif de forme :.....	54
4.1.3.3.4	Charge tangentielle :	55
4.1.3.3.5	Charge effective:.....	55
4.1.3.3.6	La force de poutre:	55

4.1.3.3.7	Calcul du module :	56
4.1.3.3.8	Dimensions et charge d'engrenages:	56
4.1.3.3.9	Vérification de la conception :	56
4.1.3.3.10	Charge dynamique:	56
4.1.3.3.11	Charge d'usure :	58
4.1.4	Dimensionnement des arbres :	58
4.1.4.1	Arbre de La roue :	59
4.1.4.1.1	Calcul de Couple	59
4.1.4.1.2	Calcul de diamètre :	59
4.1.4.1.3	Les dimensions de la clavette :	59
4.1.4.2	Arbre de pignon :	59
4.1.5	Résultat et discussion :	60
4.2	Le Choix des Matériaux:	61
Chapitre 5 : Mécanisme de fonctionnement et techniques de fabrication		65
5.1	Mécanisme de fonctionnement (Étude cinématique) :	66
5.2	Processus de fabrication :	67
5.2.1	Fabrication des arbres :	68
5.2.2	Fabrication des disques de polisseuses :	69
5.2.3	Fabrication des boîtiers des disques de polisseuse :	70
5.2.4	Fabrication de châssis (boîtier métallique) :	70
5.3	SolidWorks :	72
5.3.1	Les différentes composantes de polisseuse :	73
5.4	Test et résultat :	76
5.4.1	Logiciel utilisé :	76
5.4.2	Résultat et discussion :	77
5.5	Analyse du coût de production :	80
Conclusion générale		82
References		84
Annexes		86

Liste des tableaux

Tableau 3-1: Les avantages et les inconvénients des moyens de transmission.....	44
Tableau 3-2 : Principales caractéristiques des engrenages coniques à denture droite	50
Tableau 4-1: Les paramètres techniques de la polisseuse et de moteur électriques.....	52
Tableau 4-2: Matériaux sélectionnés pour le dimensionnement d'engrenages coniques	53
Tableau 4-3 : Engrenage conique.....	61
Tableau 4-4: Matériaux choisis pour les différents composants de la polisseuse.....	62
Tableau 5-1 : Le processus et l'équipement/outil utilisé dans la fabrication des arbres	68
Tableau 5-2: Le processus et l'équipement/outil utilisé dans Fabrication des disques de polisseuses	69
Tableau 5-3: Le processus et l'équipement/outil utilisé la Fabrication des boîtiers des disques de polisseuse.....	70
Tableau 5-4: Le processus et l'équipement/outil utilisé dans la Fabrication de châssis (boîtier métallique).....	71
Tableau 5-5: Analyse des coûts de production de la polisseuse métallographique	80

Liste des figures

Figure 1-1: Tronçonneuse à eau pour prélever les échantillons sur de grosse pièces (département de génie métallurgique de la faculté d'ingénierie de l'université de Concepción, Chili).....	17
Figure 1-2: Enrobage à froid d'échantillons (CitoVac vacuum impregnation unit, disponible à : www.struers.com)	17
Figure 1-3: Microscope métallographique avec caméra numérique reliée à un PC (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Materialanalyse_Mikroskop.jpg)	19
Figure 1-4: Phase 1	20
Figure 1-5: Phase 2	20
Figure 1-6: Phase 3	21
Figure 1-7 : Prépolissage plan	21
Figure 1-8: Prépolissage fin	22
Figure 1-9: Polissage diamanté	23
Figure 1-10: Polissage aux oxydes	24
Figure 1-11: Position 1	24
Figure 1-12: Position 2	25
Figure 1-13: Position 3	25
Figure 2-1: Leonardo da Vinci Machine à polir (Source : Cherubin D'orléans, 1670)	28
Figure 2-2: Leonardo da Vinci Machine à polir (Source : Huygens, 1683).....	28
Figure 2-3: La machine à polir de William Herschel (Source : Lord Rosse, 1841).....	29
Figure 2-4: La machine à polir de William Lassel (Source : Henry Draper, 1850).....	30
Figure 2-5: La machine à polir de Romano Zen (Source : Paul Vincart, 1922)	31
Figure 2-6: La machine à polir de Jean-Marc Leclaire (Source : Jean Texereau, 1958)	32
Figure 2-7: Modèle MP-2B Polisseuse métallographique	33
Figure 2-8: Modèle MOPAO 2DE polisseuse métallographique.....	33
Figure 2-9: Modèle MP-1B Polisseuse métallographique	34
Figure 2-10: Modèle MOPAO 2D polisseuse métallographique	35
Figure 2-11: Modèle MOPAO 260E polisseuse métallographique.....	35
Figure 2-12: Modèle MOPAO 300SE polisseuse métallographique	36
Figure 2-13: Modèle MOPAO 1000 polisseuse métallographique automatique	37
Figure 2-14: Modèle MOPAO160E polisseuse métallographique.....	37
Figure 2-15: Modèle MOPAO160 polisseuse métallographique	38
Figure 2-16: Modèle MOPAO 300S polisseuse métallographique.....	38
Figure 2-17: Modèle MOPAO 300E polisseuse métallographique.....	39
Figure 2-18: Modèle MOPAO 300 polisseuse métallographique	39
Figure 2-19: Modèle MP-2 polisseuse métallographique	40
Figure 3-1: Engrenage conique	46
Figure 3-2: Engrenages coniques à denture droite	47
Figure 3-3: Engrenages coniques à denture droite et Arbre perpendiculaires	47
Figure 3-4: Engrenages coniques à denture spirale.....	48

Figure 3-5: Engrenages hypoïdes	48
Figure 3-6: Dessin descriptif des caractéristiques des engrenages coniques à denture droite	49
Figure 3-7: Denture en M, N et N'(grand cercle).....	49
Figure 3-8 : Dessin descriptif des caractéristiques de la roue	49
Figure 4-1: Les étapes et les procédures de la conception	52
Figure 4-2: Engrenage conique	60
Figure 5-1: Schéma cinématique de polisseuse.....	66
Figure 5-2: Représentation de la polisseuse	73
Figure 5-3: Anneau de fixation de papier abrasif.....	73
Figure 5-4: Couvre bas d'engrenage conique	74
Figure 5-5: Couvre haut d'engrenage conique.....	74
Figure 5-6: Disque de polisseuse.....	75
Figure 5-7: Représentation du moteur	75
Figure 5-8: Robinet	75
Figure 5-9: Table	76
Figure 5-10: Complément SOLIDWORKS Motion	76
Figure 5-11: Vitesse de rotation de pignon 1	77
Figure 5-12: Vitesse de rotation de pignon 2	77
Figure 5-13: Vitesse de rotation de disque 1	78
Figure 5-14: Vitesse de rotation de disque 2.....	79

Liste des abréviations

Symboles latins

b : Largeur de dent
BHN: Nombre de dureté Brinell
 C_s : Coefficient de service
 C_v : Coefficient de vitesse, : Coefficient de vitesse
d : Diamètre primitif
 d_a : Diamètre de tête
 d_f : Diamètre de pied
 d_s : Diamètre de de la clavette
e : L'erreur
E : Le module de Young
F.O.S : Coefficient de sécurité
h : Hauteur de dent
 h_a : Saillie
 h_f : Creux
k : Constante dépend de type de dent
K : Coefficient de charge
 K_t : Coefficient de service
L : Longueur génératrice primitive
 L_k : Longueur de clavette
m : Module
n : Coefficient de rapport
N : Nombre de tours
p : Pas (pas primitif)
P : La puissance
 Q_b : La force de poutre
 Q_d : La charge dynamique
 Q_{eff} : La charge effective, : La charge effective
 Q_i : La charge incrémentiel
 Q_t : Charge tangentielle
 Q_w : La charge d'usure
r : Rayon primitif
T : Le couple
V : Vitesse de tangage
 w_k : Largeur de clavette
Y' : Coefficient formatif de forme
Z : Nombre de dents
Z' : Nombre de dents formatif

Symboles grecs

α : Angle de pression

δ : Angle primitif

δ_a : Angle de tête

δ_f : Angle de pied

ε : Le coefficient de déformation

θ : Angle de hauteur

θ_a : Angle saillie

θ_f : Angle de creux

σ_b : Contrainte de flexion

σ_s : Résistance à la traction

σ_u : Limite d'élasticité

ϕ : Angle du cône complémentaire

φ : Coefficient de tolérance

ω : Vitesse angulaire

Introduction Générale

Généralement, il est nécessaire avant de traiter ou d'observer une « surface » de préparer celle-ci. La nature de la préparation dépend de l'objet à atteindre.

Il nous faut cependant distinguer deux cas : le premier cas est la préparation de la surface dans le but de l'obtenir le plus « propre » possible afin d'analyser ses propriétés intrinsèques (Cristallographie de surface, état électronique de surface...). Il est alors nécessaire d'éliminer toutes les impuretés et polluants qui pourront fausser les mesures ultérieures.

Le second cas consiste à préparer la surface dans le but de la recouvrir ultérieurement. L'idéal d'une bonne préparation est alors de permettre un contact aussi intime que possible entre la surface à recouvrir et le revêtement exécuter.

Le polissage est un procédé de finition qui consiste à rendre uni, lisse et luisant, un objet ou une surface, par frottement. C'est donc également un travail minutieux, à effectuer avec grand soin. Le polissage est l'étape principale de la métallographie (la méthode d'observation de la structure du métal). En effet, pour pouvoir observer les détails microscopiques, voire nanoscopiques, de la structure, il faut éliminer les rayures.

C'est dans ce cadre que se place notre mémoire portant sur **La conception d'une polisseuse à double disque**.

Nous débuterons ce mémoire par un premier chapitre de la métallographie, il sera de question de notions caractéristiques telles que l'analyse et l'interprétation de la microstructure. Nous n'oublierons pas d'accorder une attention toute particulière aux différentes méthodes de préparation mécanique: prépolissage, polissage et rodage.

Nous consacrerons le deuxième chapitre à quelques généralités sur la polisseuse métallographique: développement et les différents types de polisseuse.

Le troisième chapitre va apporter sur les engrenages coniques : les principaux types et les différentes caractéristiques des engrenages conique à denture droite.

Le quatrième chapitre traite du dimensionnement, de la conception et le choix du matériau.

Le dernier chapitre du mémoire nous débuterons par une description approfondie de la machine avec une modélisation cinématique, les différentes méthodes de fabrication des différents composants de la machine et on finira par une modélisation géométrique rendu possible par le logiciel SolidWorks puis nous enchaînerons par un calcul économique pour estimer le prix de fabrication.

Les annexes comportent des dessins de définition des équipements de la machine.

Chapitre 1:

La métallographie

1.1 Introduction:

Les essais métallographiques permettent de déterminer la structure du matériau que l'on étudie grâce à l'utilisation d'un microscope électronique pour métallurgiste. La structure du matériau nous renseignera sur différentes propriétés physiques de l'échantillon grâce à la détermination des phases qui le composent. Par exemple, la forme, leur nature, leur distribution, leur quantité et la direction des lignes de glissement si l'échantillon a été soumis à des déformations. On pourra donc également observer si le matériau a subi un traitement thermique par sa structure cristalline. [1]

1.2 Notion sur la métallographie :

1.2.1 Définition :

La métallographie est la technique consistant à déterminer la microstructure d'un métal en l'observant avec un microscope optique. On peut déterminer ainsi la nature de la structure, la répartition des phases, la taille de grains et leurs formes, la nature et la teneur des inclusions, la présence d'un éventuel traitement thermique, la direction des lignes de glissement (intersection des plans de glissement avec la surface), dans le cas d'un échantillon déformé ou encore les traitements de surface. [2]

L'observation simple d'un objet métallique ne donne pas de renseignement particulier hormis l'état de surface (aspérités, fissures). Pour avoir des informations sur la microstructure, il faut en général une soigneuse préparation :

- **Débitage** : L'échantillon est coupé à l'aide d'une scie ou d'une meule le plus doucement possible en lubrifiant un maximum de telle sorte que l'échantillon ne présente pas d'échauffement ou de déformation qui peut brouiller ou modifier la microstructure et qui donc rend l'échantillon non représentatif de la vraie microstructure de celui-ci. [3]



Figure 1-1: Tronçonneuse à eau pour prélever les échantillons sur de grosse pièces (département de génie métallurgique de la faculté d'ingénierie de l'université de Concepción, Chili)

- **Enrobage :** Les échantillons sont enrobés de résine pour faciliter leurs manipulations et obtenir une bonne préparation. [4]



Figure 1-2: Enrobage à froid d'échantillons (CitoVac vacuum impregnation unit, disponible à : www.struers.com)

- **Prépolissage et Polissage** : On cherche généralement à observer des détails de l'ordre du micromètre (la limite physique due à la diffraction de la lumière étant d'environ 0,5 μm), il faut donc polir pour que les rayures soient plus petites. [5]
- **Mise en évidence de la microstructure** : En général, on effectue une attaque chimique de la surface pour révéler la structure, notamment les joints de grains, les phases, les inclusions, etc. On utilise fréquemment des acides forts ou des procédés électrochimiques, dans des conditions telles que la réaction est plus rapide ou plus forte aux joints de grain (en raison de la tension superficielle). Pour révéler la structure, on peut aussi utiliser une oxydation anodique : si la couche d'oxyde croît de manière différente selon l'orientation cristalline, on peut facilement distinguer les différentes cristallites. On utilise aussi parfois un choc thermique pour provoquer des fissures entre les grains (rupture intergranulaire) visibles au microscope. [1]

1.2.2 Analyse et interprétation de la microstructure :

Contrairement à la microscopie classique, l'échantillon n'est pas en couche mince au travers de laquelle les rayons lumineux peuvent passer, mais ces rayons, provenant de l'objectif même du microscope, sont réfléchis par la surface polie de l'échantillon à examiner, et traversent une seconde fois l'objectif dans l'autre sens pour pouvoir, ensuite, être observés par l'oculaire. De plus l'observation optique peut être suivie d'une observation au microscope électronique à balayage. [1]

Le grossissement adopté pour ce type d'examen est généralement compris entre x100 et x200. On peut utiliser des atlas métallographiques de référence pour caractériser la pièce à contrôler par rapport à des images types. [1]



Figure 1-3: Microscope métallographique avec caméra numérique reliée à un PC (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Materialanalyse_Mikroskop.jpg)

1.3 La préparation Mécanique:

1.3.1 Définition :

Le processus mécanique de base de préparation de l'échantillon est un enlèvement de matière au moyen de particules abrasives de plus en plus fines au niveau de la surface de l'échantillon jusqu'à obtention du résultat recherché. [5]

La préparation mécanique est la méthode de préparation la plus courante des échantillons métallographiques en vue d'un examen microscopique. Les exigences spécifiques de la surface préparée sont déterminées par le type d'analyse ou d'examen envisagé. Les échantillons peuvent être préparés jusqu'à l'obtention d'une finition parfaite pour avoir la vraie structure, ou bien, la préparation peut être stoppée lorsque la surface est compatible avec l'examen souhaité. [5]

Au-delà des exigences de la préparation, les objectifs principaux sont énumérés ci-dessous :

- Tous les éléments structurels doivent être conservés.
- La surface doit être exempte de rayures et de déformations.
- Aucun matériau étranger ne doit contaminer la surface de l'échantillon.
- L'échantillon doit être plan et poli miroir si possible.
- On recherche toujours un coût par échantillons optimal.
- Toutes les préparations doivent être 100 % reproductibles.

1.3.2 Mécanismes d'enlèvement de matière :

1.3.2.1 Prépolissage :

1.3.2.1.1 Définition :

Le prépolissage est la première étape de l'enlèvement mécanique de matière. Le prépolissage enlève la matière à l'aide de particules abrasives fixes sur un support, produisant des copeaux de l'échantillon. La création de ces copeaux par des grains d'abrasifs tranchants ne produit qu'un minimum de déformation dans l'échantillon, tout en assurant un taux d'enlèvement de matière des plus élevés. [5]

1.3.2.1.2 Phases :

Un grain d'abrasif fixe se déplaçant à la surface de l'échantillon agit en trois phases :

- **Phase 1 :** le grain pénètre dans la surface de l'échantillon. Le grain est fixé dans la direction X ; il peut se déplacer (résilience) dans la direction Y. Le copeau commence à se former lorsque le grain s'enfonce dans l'échantillon. [5]



Figure 1-4: Phase 1

- **Phase 2 :** le grain est à mi-chemin, le copeau s'agrandit. [5]



Figure 1-5: Phase 2

- **Phase 3** : Le grain sort de la surface de l'échantillon, y laissant une rayure avec relativement peu de déformation. [5]



Figure 1-6: Phase 3

1.3.2.1.3 Etapes :

Le prépolissage est réalisé en deux étapes :

- **Prépolissage plan** : C'est normalement la première étape du processus de prépolissage. Lorsque l'on traite plusieurs échantillons sur un porte-échantillons, il faut prendre soin de s'assurer qu'ils sont tous au même niveau (coplanaires) avant de passer à l'étape suivante de prépolissage fin. [5]

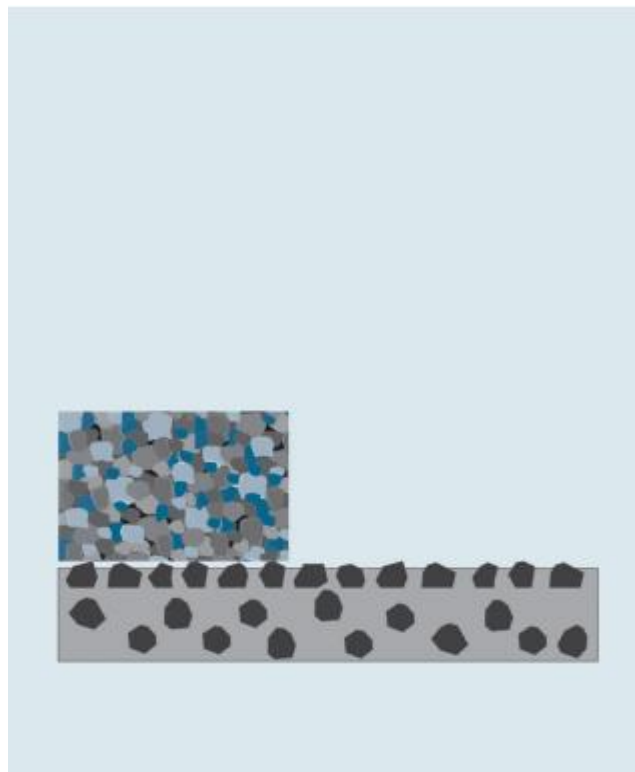


Figure 1-7 : Prépolissage plan

Prépolissage fin : Le prépolissage fin permet d'obtenir une surface avec une déformation si faible qu'elle peut être éliminée par le polissage. Cette performance implique l'utilisation de disques en composite dur (disques rigides) dont la surface est constituée d'un matériau composite spécial. Cela permet aux grains de diamant, qui sont apportés en permanence, de pénétrer dans la surface et de réaliser un prépolissage fin[5].

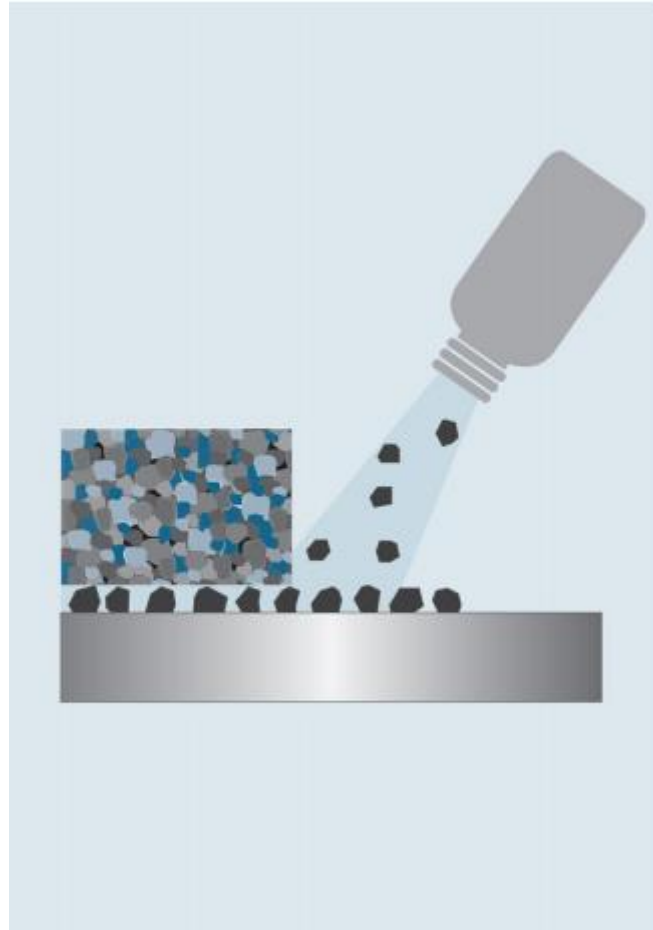


Figure 1-8: Prépolissage fin

1.3.2.2 Polissage :

1.3.2.2.1 Définition :

Tout comme le prépolissage, le polissage doit éliminer les déformations introduites aux étapes précédentes. On réalisera donc des passages successifs à l'aide de particules abrasives de plus en plus fines. [5]

1.3.2.2.2 Types :

Le polissage peut être divisé en deux processus différents :

- **Polissage diamanté** : Le diamant est employé comme abrasif pour réaliser l'enlèvement de matière le plus rapide et la planéité le meilleur possible. Aucun autre abrasif existant n'est capable de produire des résultats similaires. En raison de sa dureté, le diamant coupe de façon extrêmement efficace tous les matériaux et toutes les phases.

Lors du polissage, on vise à obtenir une surface sans rayure ni déformation. On utilise des draps plus élastiques en finition, ainsi que des granulométries plus fines, par ex. 3 ou 1 μm pour obtenir une surface parfaite. En appliquant une force plus faible sur les échantillons, on réduit également les déformations en surface. [5]

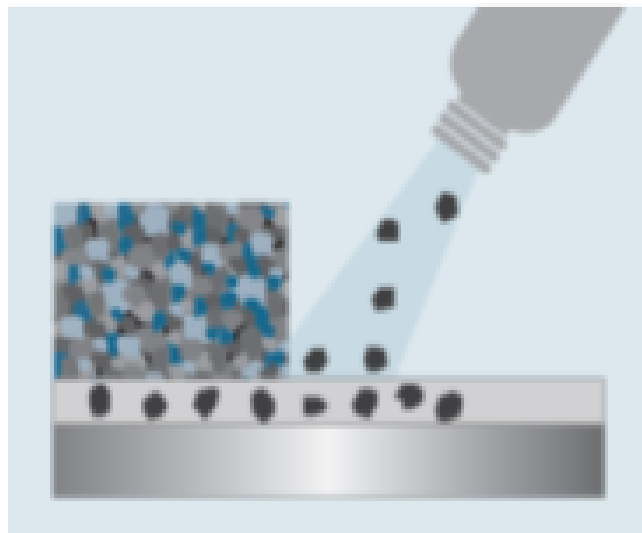


Figure 1-9: Polissage diamanté

- **Polissage aux oxydes** : Certains matériaux, en particulier ceux qui sont tendres et ductiles, nécessitent un polissage final aux oxydes pour que la qualité soit optimale. La silice colloïdale, avec une taille de grain d'environ 0,04 μm et un pH d'environ 9,8, a montré des résultats remarquables. La combinaison d'une activité chimique et d'une abrasion douce permet d'obtenir des échantillons sans aucune rayure ni déformation. [5]

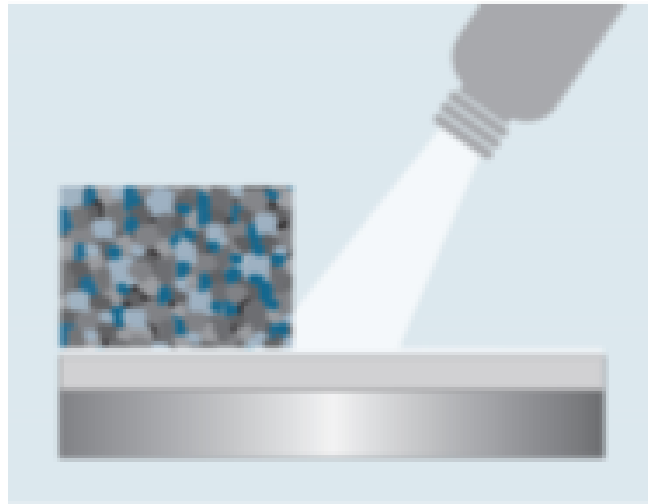


Figure 1-10: Polissage aux oxydes

1.3.2.3 Rodage

1.3.2.3.1 Définition

Lors du rodage, l'abrasif est contenu dans une suspension et est appliqué sur un support dur. Les particules ne peuvent pas pénétrer dans la surface du support ni s'y incruster. Elles roulent et se déplacent librement dans toutes les directions arrachant de petites particules à la surface de l'échantillon et générant ainsi de profondes déformations. Ceci est dû au fait que les petites particules abrasives se déplacent librement et ne sont pas capables de produire de réels « copeaux » de matière à la surface de l'échantillon. [5]

1.3.2.3.2 Position

Les trois positions d'un grain d'abrasif se déplaçant à la surface de l'échantillon en roulant :

- **Position 1** : Le grain pénètre dans la surface de l'échantillon. [5]



Figure 1-11: Position 1

- **Position 2** : Le grain roule et vient heurter et arracher une partie du matériau de l'échantillon, entraînant une déformation importante de l'échantillon. [5]

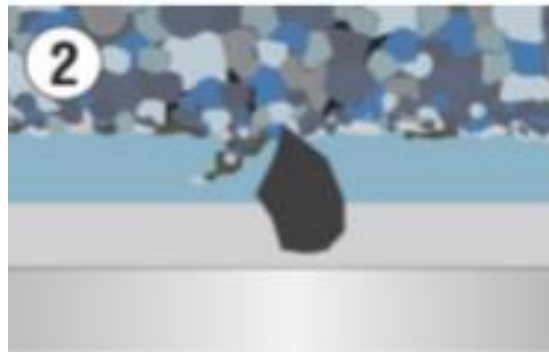


Figure 1-12: Position 2

Position 3 : Le grain roule sans toucher la surface de l'échantillon. Quand le grain repasse sur l'échantillon, son martèlement fait se détacher un fragment plus ou moins considérable de matière, selon la forme du grain. [5]



Figure 1-13: Position 3

1.4 Conclusion :

Dans le cadre des analyses d'alliages métalliques, la connaissance des propriétés du matériau métallique nécessite l'étude et l'analyse métallographique qui consiste en la détermination des phases qui le composent.

L'obtention de la surface d'examen ou d'analyse métallographique adaptée pour la mise en œuvre d'une étude métallographique nécessite une succession d'opérations allant du prélèvement effectué sur le produit jusqu'à l'attaque ou la révélation micrographique en passant bien évidemment pour les opérations de prépolissage et de polissage de finition.

Chapitre 2: Généralités sur les polisseuses

2.1 Introduction:

L'un des équipements les plus utiles pour le broyage et le polissage de matériaux métalliques afin de déterminer leur structure physique à l'aide de la microscopie est la polisseuse métallographique.

2.2 Définition :

La polisseuse métallographique est utilisée dans le laboratoire de matériaux pour le meulage et le polissage de tous les matériaux métalliques. Elle sert à produire une surface plane et lisse de tous les matériaux métalliques afin de déterminer leur structure physique à l'aide de la microscopie. La machine se compose d'un moteur, de poulies, d'une courroie, d'un arbre rotatif, d'une plaque de disque en bois, d'un roulement à billes, de coussinets, d'un clip de fixation métallique et d'un boîtier métallique. Tous ces composants sont assemblés pour former la polisseuse. [6]

2.3 Développement de la polisseuse :

Les polisseuses ont subi plusieurs modifications et conceptions depuis le XVI^e siècle, plusieurs inventeurs et scientifiques ont travaillé à leur développement avec les ressources disponibles à l'époque.

Dans le domaine des sciences et de la technologie, Léonard de Vinci a été un pionnier, en créant des machines pour la production d'appareils optiques. En effet, entre 1513 et 1517, il a imaginé des machines pour meuler et polir les miroirs des télescopes, qui, à l'époque, étaient en bronze. Malheureusement, il semble que, durant sa vie, Léonard de Vinci n'ait pas réellement construit son invention, comme il l'a souvent fait pour d'autres inventions.

Au début du XVII^e siècle, les progrès de la théorie de l'optique et la maîtrise de la production de verre de qualité ont conduit au développement, notamment en Italie, d'artisans spécialisés dans la fabrication de lentilles pour lunettes médicales, microscopes, lunettes de champ, réfracteurs, etc. À l'époque, des outils spécifiques ont été inventés pour faciliter le travail des opticiens, notamment des machines dont les principes ont été développés par Descartes, Huygens, Hooke, Hevelius, Chérubin d'Orléans, et d'autres. La machine à polir les lentilles de Huygens (1683) et les machines de Chérubin d'Orléans (1670) sont des exemples notables de cette époque.

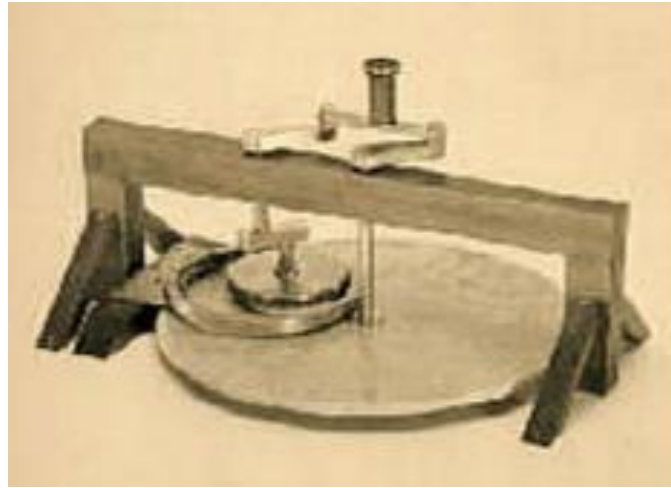


Figure 2-1: Leonardo da Vinci Machine à polir (Source : Cherubin D'orléans, 1670)



Figure 2-2: Leonardo da Vinci Machine à polir (Source : Huygens, 1683)

Durant cette période, jusqu'à la fin du XIXe siècle, le réfracteur était dominant puisque Galilée l'avait rendu célèbre. L'idée de Léonard de Vinci d'utiliser un miroir pour construire un instrument astronomique est restée ignorée jusqu'à ce que Jacques Grégoire (1663), suivi plus tard par Isaac Newton, la fasse revivre avec les télescopes réflecteurs qui portent encore leur nom, même aujourd'hui. Les premiers miroirs de télescope étaient de petits disques de bronze façonnés à la main. Mais une fois qu'ils atteignaient des dimensions plus importantes, il devenait vite indispensable d'utiliser des machines pour les façonner et les polir. Dans cette évolution historique, les premiers amateurs ont été les astronomes les plus célèbres.

Dès 1788, William Herschel (1738-1822) a construit une machine à polir qui lui a permis de réaliser un miroir de 50 pieds, en 1789. Malheureusement, il ne reste aucune description de cette machine que William Herschel a gardée secrète jusqu'à sa mort. Il dit seulement que sa fabrication était nécessaire pour remplacer le nombre d'ouvriers nécessaires à l'achèvement de ses plus grands miroirs, un nombre qui s'élevait parfois à une douzaine d'hommes. Pourtant, une petite machine à polir de sa fabrication est visible dans son musée à Bath, en Angleterre.

Sur les traces de William Herschel, Lord Rosse (1800-1867), riche propriétaire terrien et astronome amateur, lance en 1843 la fabrication d'un miroir en bronze de 183 cm pour son télescope, appelé le Parsonstown Leviathan, que l'on peut encore voir en Irlande. Pour cela, il utilisa une machine à polir qu'il décrivit dès 1841, au profit de la Royal Society.



Figure 2-3: La machine à polir de William Herschel (Source : Lord Rosse, 1841)

Plus tard, un autre amateur, un riche marchand, William Lassell (1799-1880), a utilisé une machine à polir pour la création de miroirs de grande taille (notamment un miroir de 122 cm qui a été installé à Malte en 1855). Mais tout au long de cette saga, on rencontre aussi des professionnels parmi lesquels Henry Draper (1837-1882) qui fut l'un des premiers à sculpter des miroirs en application des études de Léon Foucault. A cet effet, vers 1850, il invente une machine inspirée de celle conçue par Lord Rosse en 1840, qui a longtemps été la référence. Ce type de machine est encore connu aujourd'hui sous son nom.

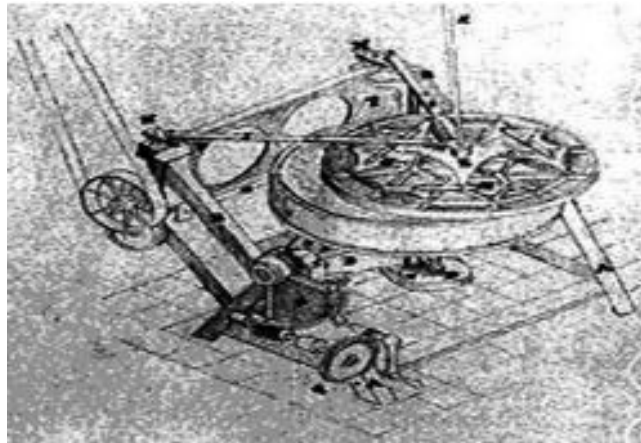


Figure 2-4: La machine à polir de William Lassell (Source : Henry Draper, 1850)

Plus récemment, George Willis Ritchey, à son tour, a amélioré et utilisé le même type de machine, d'abord aux États-Unis (notamment pour la fabrication du miroir de 2,5 mètres destiné au télescope Mount Wilson Hooker) puis en France au laboratoire d'optique de la fondation Dina à l'observatoire de Paris. Après son séjour en France, il a laissé derrière lui deux machines et un projet pour une autre d'une capacité de 8 mètres, qui n'a jamais été construite. La machine à polir de George Willis Ritchey (1890) dans son atelier aux États-Unis. Machine à polir de deux mètres conçus par G.W. Ritchey pour le laboratoire Dina de l'observatoire de Paris (à partir de 1924). Machine de huit mètres projetés par G.W. Ritchey.

Quant à Bernhard Schmidt (1879-1935), il utilisa un autre type de machine. Ses mouvements étaient activés avec le pied, en raison de ses moyens financiers limités. Ce fait ne l'empêchait pas de produire des miroirs de haute qualité.

Au XXe siècle, avec la construction de grands télescopes dans les observatoires professionnels, les polisseuses sont devenues de plus en plus gigantesques et de plus en plus sophistiquées. De ce point de vue, l'informatique a permis des avancées majeures avec la mise au point de techniques révolutionnaires perfectionnées par des firmes spécialisées (Zeiss, REOSC). Par exemple, des robots du même type que ceux utilisés dans l'industrie automobile sont entièrement pilotés par des ordinateurs pour compléter le polissage des miroirs et la figuration. Ainsi, les mouvements et les pressions sont contrôlés, tout comme les déformations du support pour le polissage du miroir et du tour (on parle alors de techniques de miroir sous contrainte ou de tour sous contrainte). En outre, l'utilisation de tels robots permet d'améliorer le programme de la machine en fonction des résultats obtenus.

Au début de l'histoire de l'astronomie amateur "moderne", nous pouvons trouver des références à l'utilisation de machines. En effet, dès août 1922, Paul Vincart en décrit une dans un numéro de la revue "Ciel et Terre", de la Société Belge d'Astronomie. Plus tard, dans les années 1930, aux États-Unis, Albert Ingalls mentionne différents types de machines dans son livre fondateur (Amateur Telescope Making). En France, on peut lire des descriptions de ces machines dans un numéro de la revue "Astronomie" de la SAF (Société Française d'Astronomie) traitant de la 108e session de la commission chargée des instruments, en février 1958.



Figure 2-5: La machine à polir de Romano Zen (Source : Paul Vincart, 1922)

Depuis longtemps, les miroitiers amateurs explorent les points positifs des machines. On peut citer les noms de Pierre Bourge, Félix Bacchi ou, plus récemment, Dany Cardoen. Pourtant, dans notre pays, ces techniques n'ont jamais été aussi populaires que de l'autre côté de l'Atlantique. Ce phénomène peut s'expliquer par le fait que la bible des miroitiers amateurs français, "La construction du télescope d'amateur", écrite par Jean Texereau, n'a jamais dit un mot sur ces outils. Grâce au développement récent des échanges sur Internet, on peut lire de nombreux témoignages d'amateurs bénéficiant de la communauté des fabricants amateurs. Machine à drainer et machine Hindle de Jean Texereau, publiée dans la revue L'Astronomie, en 1958.



Figure 2-6: La machine à polir de Jean-Marc Leclaire (Source : Jean Texereau, 1958)

Par la suite, ces machines ont également été utilisées comme alliées par des miroitiers professionnels indépendants. En France, le regretté Roger Mosser a utilisé l'une d'entre elles il y a plusieurs décennies. Il en va de même aujourd'hui pour ses disciples, Franck Grière (Miro-Sphère) et Jean-Marc Leclaire (Astrotélescope).

Aux États-Unis, un exemple est celui de Carl Zambuto, un professionnel qui partage généreusement ses connaissances et ses techniques avec la communauté des amateurs. Il faut également mentionner un autre Américain, Mike Lockwood, et un Italien, Romano Zen. [7] [8]

2.4 Types de Polisseuse :

2.4.1 Modèle MP-2B Polisseuse métallographique :

Le modèle MP-2B, machine de meulage et de polissage d'échantillons métallographiques, est équipé de doubles disques (Diamètre du disque de meulage : $\text{Ø}230\text{mm}$, Diamètre du disque de polissage : $\text{Ø}200\text{mm}$) et dispose d'une vitesse de meulage et de polissage à variation continue. Elle peut terminer l'ensemble du processus de prépolissage rugueux, de prépolissage fin, de polissage rugueux et de polissage de finition pour la préparation des échantillons. En réglant le transducteur, elle peut réaliser la vitesse de rotation du disque de prépolissage et de polissage réglable de 50 à 1000 tr/min. Cela permet à cette machine d'avoir des applications beaucoup plus étendues et de devenir l'instrument de préparation métallographique nécessaire pour la préparation des échantillons dans les usines, les instituts de recherche scientifique et les laboratoires des universités.



Figure 2-7: Modèle MP-2B Polisseuse métallographique

2.4.2 Modèle MOPAO 2DE polisseuse métallographique

MOPAO 2DE polisseuse métallographique est une machine à double plateau (Diamètre du disque de polissage 200mm (ou 250mm sur mesure)), applicable au La machine est dotée d'un système de contrôle par microprocesseur, avec une vitesse de rotation continue de 50-600 tr/min, ce qui élargit son application. La machine est dotée de deux systèmes de contrôle, de sorte qu'elle peut être utilisée par deux personnes en attendant.

La machine est dotée d'un dispositif de refroidissement pour refroidir l'échantillon pendant le broyage et le polissage, ce qui empêche les dommages de la structure métallographique causés par la surchauffe de l'échantillon.

L'appareil, facile à utiliser, sûr et fiable, est un équipement de préparation idéal pour les instituts de recherche, les universités et les écoles supérieures, etc.



Figure 2-8:Modèle MOPAO 2DE polisseuse métallographique

2.4.3 Modèle MP-1B Polisseuse métallographique :

La machine de prépolissage et de polissage d'échantillons métallographiques MP-1B est équipée d'un disque unique (Diamètre du disque de meulage et de polissage 200 mm) et présente les caractéristiques suivantes :

- Le meulage et le polissage à vitesse variable.
- La vitesse de rotation du disque de meulage et de polissage est réglable de 50 à 1000 tr/min.
- Il peut réaliser l'ensemble du processus de ponçage rugueux, de ponçage fin, de polissage rugueux et de polissage de finition pour la préparation des échantillons.

Cette machine est facile à utiliser et économique. C'est l'instrument idéal pour la préparation des échantillons à utiliser dans les usines, les instituts de recherche scientifique et les laboratoires des établissements d'enseignement supérieur.



Figure 2-9: Modèle MP-1B Polisseuse métallographique

2.4.4 Modèle MOPAO 2D polisseuse métallographique :

MOPAO 2D polisseuse métallographique à deux vitesses et à double entraînement, applicable au meulage rugueux, au meulage précis et au polissage d'un échantillon métallographique.

La machine à une vitesse de 300/600 tr/min, ce qui élargit son application.

La machine est un équipement indispensable pour la fabrication de l'échantillon métallographique.

Diamètre du disque de polissage 200mm (ou 250mm sur mesure).

La machine est dotée d'un dispositif de refroidissement pour refroidir l'échantillon pendant le prépolissage et le polissage, ce qui permet d'éviter les dommages de la structure métallographique causés par la surchauffe de l'échantillon.

L'appareil, facile à utiliser, sûr et fiable, est un équipement de préparation idéal pour les instituts de recherche, les universités et les écoles supérieures, etc.



Figure 2-10: Modèle MOPAO 2D polisseuse métallographique

2.4.5 Modèle MOPAO 260E polisseuse métallographique :

Ce modèle est l'instrument économique et pratique conçu pour la préparation des échantillons métallographiques. Il existe deux types de disques de travail en option pour le MOPAO 260E : 200 mm ou 250 mm.

Il y a deux conditions de travail pour ce modèle : le statut de changement de vitesse en continu (50-600 tr/min) ou le statut de vitesse constante à deux niveaux (150 tr/min, 300 tr/min). Il est facile de passer de l'une à l'autre des conditions de travail. Le sens de rotation du disque de travail peut également être choisi à volonté. Fonction de restauration d'une touche.



Figure 2-11: Modèle MOPAO 260E polisseuse métallographique

2.4.6 Modèle MOPAO 300SE polisseuse métallographique :

MOPAO 300SE polisseuse métallographique est conçu pour la préparation d'échantillons métallographiques.

Disques de travail doubles (D=300mm). Le disque de travail peut être changé et remplacé rapidement.

Il existe deux conditions de travail pour ce modèle : le statut de changement de vitesse en continu (50-600 tr/min) ou le statut de vitesse constante à deux niveaux (150 tr/min, 300 tr/min).

La condition de travail peut être changée de l'une à l'autre facilement.

Le sens de rotation du disque de travail peut également être choisi à volonté. Une seule touche permet de restaurer la fonction.



Figure 2-12: Modèle MOPAO 300SE polisseuse métallographique

2.4.7 Modèle MOPAO 1000 polisseuse métallographique automatique :

Six pièces $\Phi 30\text{mm}$ échantillons peuvent être polis simultanément.

Maintien pneumatique en un seul point, pas de pince de démonstration.

Les procédures de prépolissage et de polissage (rugueux et fin) sont effectuées en continu, sans transition de machine.

Commande par convertisseur de fréquence, mode vitesse constante à trois niveaux et mode vitesse variable.

Vitesses constantes à trois niveaux : le client peut définir trois vitesses communes pour le prépolissage le meulage et le polissage.

Mode de vitesse variable : vitesse de meulage 0-1000 tr/min.

Contrôle programmable en huit sections, arrêt automatique, pratique pour le client qui obtient démos métallographiques.

Diamètre du disque 250mm (ou 200mm)

Pression de l'air 0,5-0,8 MPa

Belles perspectives et bonne qualité.



Figure 2-13: Modèle MOPAO 1000 polisseuse métallographique automatique

2.4.8 Modèle MOPAO160E polisseuse métallographique :

La polisseuse est à plateau unique (diamètre du disque de polissage $\Phi 250\text{mm}$). Elle convient pour le prépolissage, le meulage et le polissage de pièces métallographique. Comme la machine est réglée par microprocesseur, elle peut fonctionner à une vitesse de 50 à 600 tr/min, ce qui favorise la machine aux larges applications.

La machine est équipée d'un système de refroidissement qui peut refroidir l'échantillon afin d'éviter la surchauffe et d'endommager la structure métallographique.

D'un fonctionnement facile et d'une performance fiable, c'est un appareil indispensable pour les usines, des instituts de recherche et des laboratoires universitaires pour préparer des échantillons métallographiques.



Figure 2-14: Modèle MOPAO160E polisseuse métallographique

2.4.9 Modèle MOPAO160 polisseuse métallographique :

Cette polisseuse est à un seul disque (diamètre du disque de polissage $\Phi 250\text{mm}$) et convient pour effectuer un prépolissage des échantillons métallographiques. La machine à deux vitesses, 300 tr/min et 600 tr/min.

La machine est équipée d'un système de refroidissement qui peut refroidir l'échantillon de manière à empêcher la surchauffe et l'endommagement de la structure métallographique.

C'est une option idéale pour les laboratoires des usines, des institutions scientifiques et de recherche et des universités.



Figure 2-15: Modèle MOPAO160 polisseuse métallographique

2.4.10 Modèle MOPAO 300S polisseuse métallographique :

MOPAO 300S polisseuse métallographique est conçu pour la préparation d'échantillons métallographiques.

Disques de travail doubles (D=300mm). Le disque de travail peut être changé et remplacé rapidement.

Le statut de vitesse constante à deux niveaux (150 tr/min, 300 tr/min).



Figure 2-16: Modèle MOPAO 300S polisseuse métallographique

2.4.11 Modèle MOPAO 300E polisseuse métallographique :

Cette polisseuse est à un seul disque (diamètre du disque de polissage $\Phi 300$ mm)

Il existe deux conditions de travail pour ce modèle : le statut de changement de vitesse en continu (50-600 tr/min) ou le statut de vitesse constante à deux niveaux (150 tr/min, 300 tr/min).

La condition de travail peut être changée de l'une à l'autre facilement.

Le sens de rotation du disque de travail peut également être choisi à volonté. Une seule touche permet de restaurer la fonction.



Figure 2-17: Modèle MOPAO 300E polisseuse métallographique

2.4.12 Modèle MOPAO 300 polisseuse métallographique :

Cette polisseuse est à un seul disque (diamètre du disque de polissage $\Phi 300$ mm) et convient pour effectuer un prépolissage des échantillons métallographiques. La machine à deux vitesses, 150 tr/min et 300 tr/min.

La machine est équipée d'un système de refroidissement qui peut refroidir l'échantillon de manière à empêcher la surchauffe et l'endommagement de la structure métallographique.

C'est une option idéale pour les laboratoires des usines, des institutions scientifiques et de recherche et des universités.



Figure 2-18: Modèle MOPAO 300 polisseuse métallographique

2.4.13 Modèle MP-2 polisseuse métallographique :

Modèle MP-2, est équipée de doubles disques et peut effectuer le prépolissage ou le polissage de finition à deux vitesses différentes. La vitesse de rotation du disque gauche (disque de meulage avec diamètre Ø230mm) est de 450 tr/min et celle du disque droit (disque de polissage avec diamètre Ø200mm) est de 600 tr/min. Avec un double disque et différents matériaux de meulage et de polissage, elle peut réaliser le processus de meulage rugueux, de meulage fin, de polissage rugueux et de polissage de finition. Cette machine se caractérise par une utilisation facile et une application économique. C'est l'instrument de préparation d'échantillons idéal pour une utilisation dans les usines, les instituts de recherche scientifique et les laboratoires des universités.



Figure 2-19: Modèle MP-2 polisseuse métallographique

2.5 Conclusion:

Après avoir étudié ces types de polisseuses, nous allons concevoir une machine qui polira le métal pour une détermination métallographique physique et également concevoir et construire une machine utilisant des matériaux disponibles localement (en respectant la contrainte du coût) pour produire une surface plane, lisse et miroitante de tout matériau métallique afin de déterminer leur structure physique par microscopie.

Chapitre 3 :
Systemes de
transmission du
mouvement

3.1 Introduction :

Les systèmes de transmission du mouvement permettent de transmettre un même type de mouvement d'une pièce mécanique à une autre. Cet élément de la chaîne d'énergie a pour fonction l'adaptation du couple et de la vitesse entre l'organe moteur et l'organe entraîné.

La transmission du mouvement est l'une des fonctions les plus courantes des éléments de la mécanique générale, c'est-à-dire des dispositifs mécaniques destinés à remplacer la main de l'homme.

Selon les mécanismes, la transmission est dimensionnée suivant des considérations concernant :

- La position d'une partie du mécanisme ;
- Le mouvement souhaité ;
- La force, ou le couple recherché ;
- La puissance.

3.2 Choix de moyens de transmission :

Les moyens de transmission les plus utilisés dans les polisseuses sont :

- Les engrenages coniques
- Les courroies de distribution
- Les chaînes de distribution

Tableau 3-1: Les avantages et les inconvénients des moyens de transmission

Moyens de transmission	Avantages	Inconvénients
Les engrenages coniques	<ul style="list-style-type: none"> - Cet engrenage permet de modifier l'angle de fonctionnement. - La différence du nombre de dents (diamètre effectif) sur chaque roue permet de modifier l'avantage mécanique. En augmentant ou en diminuant le rapport des dents entre les roues motrices et les roues menées, on peut modifier le rapport des rotations entre les deux, ce qui signifie que l'entraînement rotatif et le couple de la deuxième roue peuvent être modifiés par rapport à la première, avec une augmentation de la vitesse et une diminution du couple, ou une diminution de la vitesse et une augmentation du couple. 	<ul style="list-style-type: none"> - Nécessite généralement de la lubrification et un ajustement plus précis entre les axes à cause des dents. - Une roue de ce type est conçue pour fonctionner avec sa roue complémentaire et aucune autre. - Doit être monté avec précision. - Les paliers des arbres doivent être capables de supporter une charge importante
Les courroies de distribution	<ul style="list-style-type: none"> - Prix : son prix est beaucoup moins élevé que celui d'une chaîne de distribution. - Performances : entraîne facilement les éléments et demande moins de puissance. - Demande peu d'entretien autre que le contrôle périodique. Pas besoin de graisser les maillons. - Ce type de mécanisme sert à transmettre le mouvement entre des organes dont les axes sont éloignés. 	<ul style="list-style-type: none"> - Fréquence de remplacement élevée. - Légèreté (résiste peu aux changements de température). - La courroie peut glisser. Résistance limitée à celle de la courroie. Usure de la courroie.

<p>Les chaînes de distribution</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Longévité. - Sa durée de vie quasi infinie demande peu d'entretien, argument de taille à la revente. - Ce type de mécanisme permet un rapport de vitesse constant entre des organes distants. 	<ul style="list-style-type: none"> - Beaucoup de frottement. - Nécessite de la lubrification. - Résistance limitée à celle de la chaîne. - Poids important : il empêche d'équiper les petits moteurs. Son poids élevé pousse à une plus grande consommation. - Énergivore : son poids élevé l'amène à demander plus d'énergie à cause des efforts engendrés par la rotation. - Bruits de fonctionnement importants
------------------------------------	---	--

Il parie que le choix optimal de moyen de transmission pour notre polisseuse métallographique à double disque c'est l'engrenage conique cela c'est pour les 2 raisons principales :

- On va utiliser un seul moteur avec 2 sorties donc on a besoin de faire un changement de direction de rotation par 90°.
- On va réduire la vitesse de sortie du moteur par un rapport bien précis.

3.3 Engrenage :

Un engrenage est un système mécanique composé de deux roues dentées ou plus engrenées servant [9] :

- La transmission du mouvement de rotation entre elles.
- La propulsion d'un fluide (on parle alors de pompe à engrenages).

Les engrenages peuvent être classés en fonction de la position des axes des arbres :

a. Parallèles :

- Engrenage droit.
- Engrenage hélicoïdal.
- Crémaillère.

b. Concourants :

- Engrenage conique.

c. Non concourants et non parallèle :

- Vis sans fin.

3.4 Définition d'un engrenage conique :

C'est un groupe important utilisé pour transmettre le mouvement entre deux arbres non parallèles dont les axes sont concourants, les axes à 90° sont les plus courants.

Les surfaces primitives ne sont plus des cylindres mais des cônes (cônes primitifs). Les cônes sont tangents sur une ligne de contact MM' et leur sommet commun est le point S , c'est aussi le point d'intersection des axes de rotation des deux roues. [10]

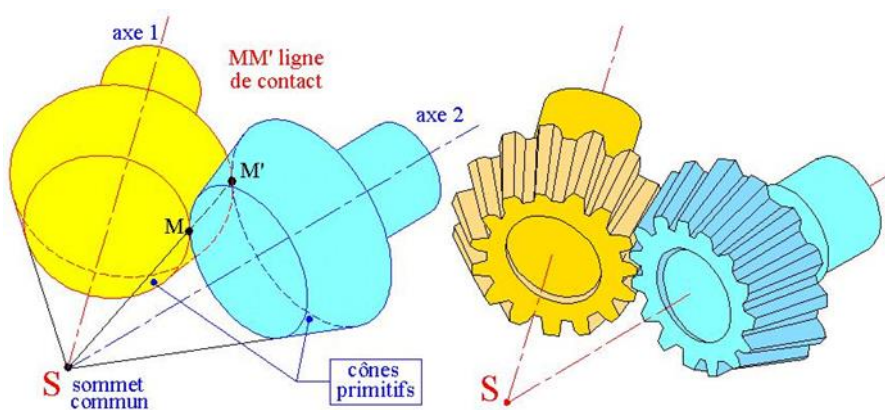


Figure 3-1: Engrenage conique

3.5 Principaux types des engrenages coniques :

3.5.1 Engrenages coniques à denture droite :

Ce sont les plus simples, la direction des génératrices du profil de la denture passe par le sommet S. Aux vitesses élevées on retrouve les mêmes inconvénients que les engrenages droits à denture droite (bruits de fonctionnement, fortes pressions sur les dents...). [10]

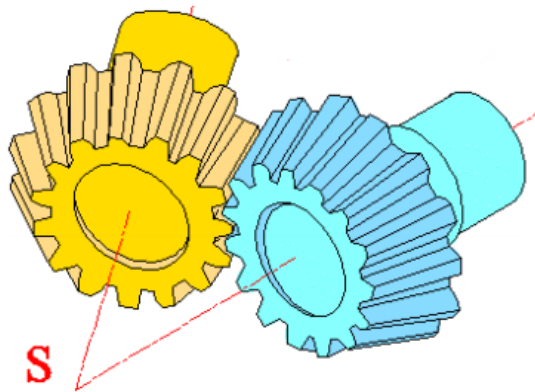


Figure 3-2: Engrenages coniques à denture droite

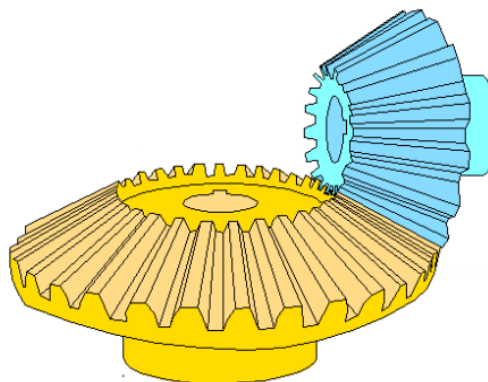


Figure 3-3: Engrenages coniques à denture droite et Arbre perpendiculaires

3.5.2 Engrenages coniques à denture spirale :

Même démarche que pour les engrenages droits, pour diminuer les bruits aux grandes vitesses, assurer une plus grande progressivité et continuité de la transmission, la denture droite est remplacée par une denture spirale ou hélicoïdale. [10]

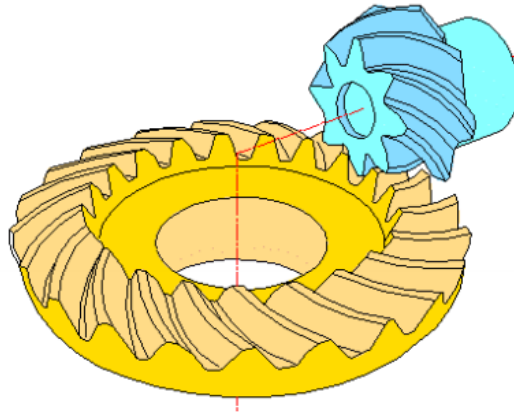


Figure 3-4: Engrenages coniques à denture spirale

3.5.3 Engrenages hypoïdes :

On peut les considérer comme une variante complexe des précédents avec les mêmes qualités générales. Ils sont à mi-chemin entre les engrenages coniques et les engrenages à roue et vis sans fin. Les axes des roues sont orthogonaux mais non concourants. Les surfaces primitives ne sont plus des cônes mais des hyperboloïdes (en forme d'hyperbole). Le glissement (ou frottement) entre les dents est élevé. [10]

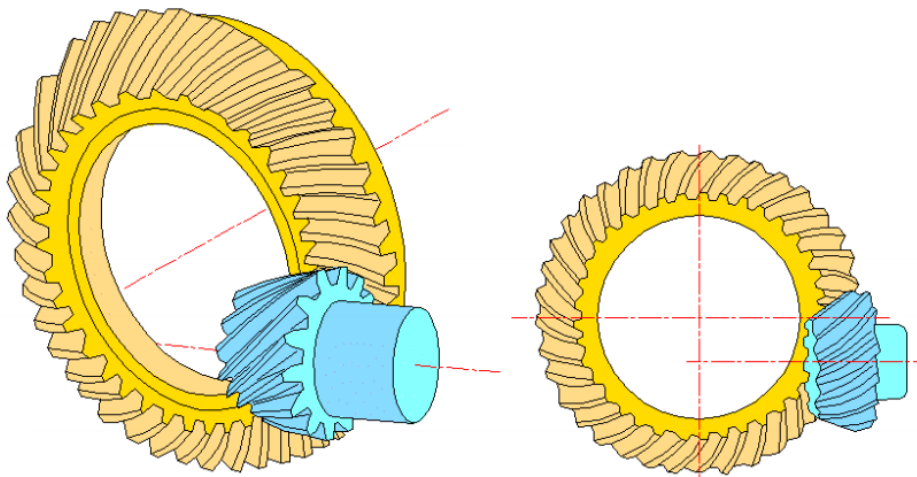


Figure 3-5: Engrenages hypoïdes

3.6 Caractéristiques des engrenages coniques à denture droite :

La taille et la forme de la dent (module m , pas p , d , d_a , d_f , h , h_a , h_f) sont définies à partir du plus grand cercle ou sur l'extrémité la plus large de la denture. [10]

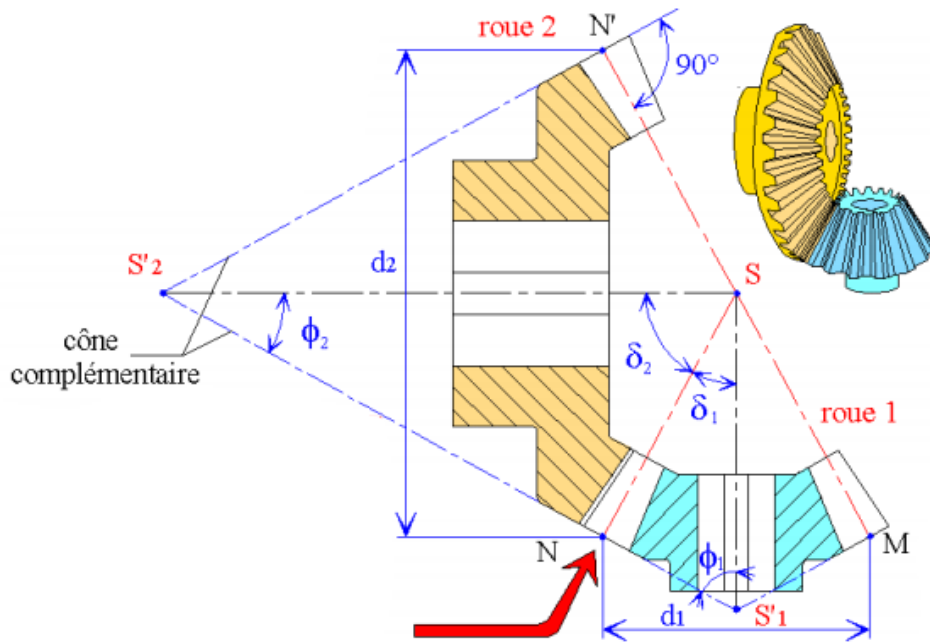


Figure 3-6: Dessin descriptif des caractéristiques des engrenages coniques à denture droite

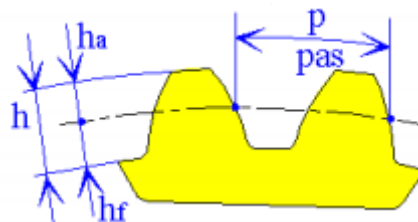


Figure 3-7: Denture en M, N et N'(grand cercle)

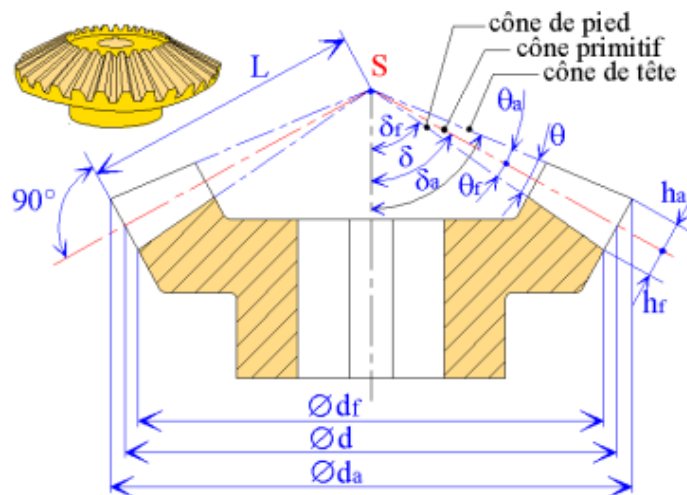


Figure 3-8 : Dessin descriptif des caractéristiques de la roue

Tableau 3-2 : Principales caractéristiques des engrenages coniques à denture droite

Caractéristique	Symbole ISO	Observations, définitions formules
Vitesse angulaire	ω	En rad. s^{-1} ; $\omega = \pi N/30$
Nombre de tours	N	n en tours par minute ou $tr.min^{-1}$
Nombre de dents	Z	Z_1 (roue1) et Z_2 (roue 2)
Module	m	Nombres normalisés : voir tableaux des valeurs des engrenages droits à dentures droites
Pas (pas primitif)	p	$p = p.m$ (remarque $p_1 = p_2 = p$)
Angle primitif	δ	δ_1 (roue1), δ_2 (roue 2)
Rayon primitif	r	$r_1 = \frac{1}{2}mZ_1 = \frac{1}{2}d_1$; $r_2 = \frac{1}{2}mZ_2 = \frac{1}{2}d_2$
Diamètre primitif	d	$d_1 = mZ_1$; $d_2 = mZ_2$
Angle de pression	α	Valeur usuelle : $\alpha = 20^\circ$
Angle de tête	δ_a	$\delta_a = \delta + \theta_a$
Angle de pied	δ_f	$\delta_f = \delta - \theta_f$
Angle saillie	θ_a	$\tan\theta_a = 2m.\sin \delta / d$
Angle de creux	θ_f	$\tan\theta_f = 2.5m.\sin \delta / d$
Angle de hauteur	θ	$\theta = \theta_a + \theta_f$
Diamètre de tête	d_a	$d_a = d + 2m.\cos \delta$
Diamètre de pied	d_f	$d_f = d - 2,5m.\cos \delta$
Saillie	h_a	$h_a = m$
Creux	h_f	$h_f = 1,25m$
Hauteur de dent	h	$h = 2,25m = h_a + h_f$
Longueur génératrice primitive	L	$L = d_1/2\sin \delta_1 = d_2/2\sin \delta_2$
Largeur de dent	b	$L/4 \leq b \leq L/3$ (raisons de taillage)
Le nombre formatif de dents	Z'	$Z' = \frac{Z}{\cos \delta}$
Le coefficient formatif de forme	Y'	$Y' = 0,154 - \frac{0,912}{Z'}$
$\delta_1 + \delta_2 = 90^\circ$	$\delta_1 + \delta_2 < 90^\circ$	$\delta_1 + \delta_2 > 90^\circ$
$\phi_1 = \delta_2$ $\phi_2 = \delta_1$ $\tan \delta_1 = \frac{Z_1}{Z_2}$ $\tan \delta_2 = \frac{Z_2}{Z_1}$	$\phi_1 = 90^\circ - \delta_1$ $\phi_2 = 90^\circ - \delta_2$	$\phi_1 = 90^\circ - \delta_1$ $\phi_2 = 90^\circ - \delta_2$

Chapitre 4 :

La conception

4.1 La conception :

4.1.1 Les étapes et les procédures de la conception :

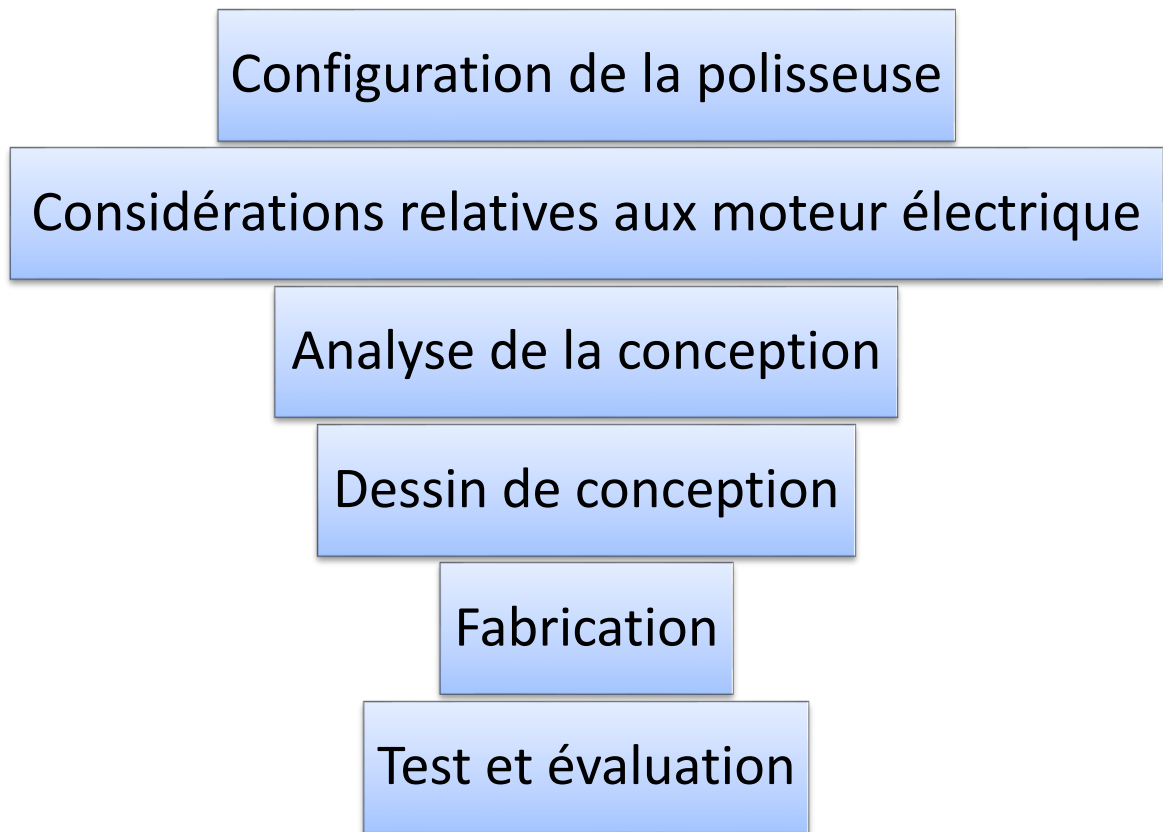


Figure 4-1: Les étapes et les procédures de la conception

4.1.2 Les paramètres techniques :

Tableau 4-1: Les paramètres techniques de la polisseuse et de moteur électriques

Polisseuse	Nombre de disques	2
	Diamètre de Plateau de polissage	203 mm
	Vitesse de rotation	50-1000 tr/min vitesse réglable en continu
Moteur électrique	Voltage	220/240 V, 50 HZ
	Puissance	750W
	Vitesse de rotation	2700 tour/min

4.1.3 Dimensionnement d'engrenage conique :

4.1.3.1 Matériaux sélectionnés et données de dimensionnement :

Dimensionnement d'une paire d'engrenages coniques utilisés pour relier deux arbres à angle droit et transmettre la puissance $P = 750\text{W}$ d'un moteur à induction à une bande transporteuse. La vitesse de rotation du pignon $N_p = 2700$ tr/min, la vitesse de rotation du roue $N_r = 1000$ tour/min. On peut supposer que le nombre de dents de pignon est de $Z_p = 12$, les matériaux du pignon et de la roue étant respectivement l'acier au carbone et la fonte.

Tableau 4-2: Matériaux sélectionnés pour le dimensionnement d'engrenages coniques

Composant	Matériau	Données
Pignon	L'acier au carbone 40C8	$\sigma_u = 600 \text{ N/mm}^2$, E = 210 Gpa
Roue	La fonte ASTM40	$\sigma_u = 310 \text{ N/mm}^2$, E = 180 Gpa
Arbre de roue et clavette	L'acier au carbone 40C8	$\sigma_s = 45 \text{ N/mm}^2$
Arbre de pignon et clavette	La fonte FG200	$\sigma_s = 50 \text{ N/mm}^2$

4.1.3.2 Données supposées :

$$b = 10\text{mm}$$

$$L = 3b$$

$$\sigma_b = \frac{\sigma_u}{3}$$

$$\text{F.O.S} = 1,5$$

$$C_S = 1$$

$$\text{BHN} = 230$$

$$K_t = 1,5$$

$$w_k = \frac{d_s}{4}$$

4.1.3.3 Calcul des paramètres d'engrenage conique :

4.1.3.3.1 Calcul de l'angle primitif :

D'après le *Tableau 3-2* on a :

$$\delta_p + \delta_r = \frac{\pi}{2} \quad (1)$$

$$\delta_p = \tan^{-1}\left(\frac{Z_p}{Z_r}\right) \quad (2)$$

$$\frac{N_p}{N_r} = \frac{Z_r}{Z_p} \quad (3)$$

Avec : $N_p=2700$ tr/min ; $N_r= 1000$ tour/min ; $Z_p= 12$

D'où : $Z_r= 32$; $\delta_p = 20,56^\circ$; $\delta_r = 69,44^\circ$

4.1.3.3.2 Nombre formatif de dents :

D'après le *Tableau 3-1* le nombre formatif de dents est donné par :

$$Z'_r = \frac{Z_r}{\cos \delta_r} ; Z'_p = \frac{Z_p}{\cos \delta_p} \quad (4)$$

$$\rightarrow Z'_r = 91,12$$

$$\rightarrow Z'_p = 12,82$$


4.1.3.3.3 Coefficient formatif de forme :

D'après le *Tableau 3-1* le coefficient formatif de forme est donné par :

$$Y' = 0,154 - \frac{0,912}{Z'} \quad (5)$$

Ainsi, nous obtenons : $Y'_r = 0,14$

$$Y'_p = 0,08$$

 $Y'_r \times \sigma_{b,r} = 14,47 < Y'_p \times \sigma_{b,p} = 16$

Nous concluons que la roue est la plus faible.

4.1.3.3.4 Charge tangentielle :

La charge tangentielle est donnée par :

$$Q_t = \frac{P}{V} \quad (6)$$

$$V = \frac{\pi \cdot m \cdot Z_r \cdot N_r}{60} \quad (7)$$

Comme le module est inconnu, nous obtenons la charge tangentielle en fonction du 'm'

$$Q_t = \frac{0,45}{m}$$

4.1.3.3.5 Charge effective:

La charge effective est donnée par :

$$Q_{eff} = \frac{C_s}{C_v} Q_t \quad (8)$$

$$C_v = \frac{3}{3 + V} \quad (9)$$

Nous obtenons également la charge effective en fonction de 'm':

$$Q_{eff} = \frac{0,45}{m} + 251,33$$

4.1.3.3.6 La force de poutre:

La force de poutre [11] est donnée par :

$$Q_b = m \times b \times Y'_r \times \sigma_{b,r} \times \left(1 - \frac{b}{L}\right) \quad (10)$$

$$\rightarrow Q_b = 96,47m$$

4.1.3.3.7 Calcul du module :

La force de poutre doit toujours être supérieure ou égale à la charge effective pour éviter la rupture de la dent, de sorte que le module peut être calculé en résolvant :

$$Q_b = Q_{eff} \times F.O.S \quad (11)$$

$$\rightarrow m = 4$$

4.1.3.3.8 Dimensions et charge d'engrenages:

$$d_r = 128mm$$

$$d_p = 48mm$$

$$b = 22,78 mm$$

$$V = 6,7 m/s$$

$$L = 68,34 mm$$

$$Q_t = 111,94 N$$

$$Q_{eff} = 361,94 N$$

$$Q_b = 879 N$$

4.1.3.3.9 Vérification de la conception :

$$Q_{eff} = 361,94 N$$

$$Q_b = 879 N$$

$$Q_{eff} \times F.O.S = 542,91 N$$

On a:

$$Q_b > Q_{eff} \times F.O.S$$

Donc notre conception est satisfaisante.

4.1.3.3.10 Charge dynamique:

La charge dynamique [12] est donnée par :

$$Q_d = C_s \times Q_t + Q_i \quad (12)$$

$$Q_i = \frac{2,1V(\varepsilon \times e \times b + Q_t)}{2,1V + \sqrt{(\varepsilon \times e \times b + Q_t)}} \quad (13)$$

Le coefficient de déformation est calculé par :

$$\varepsilon = \frac{k}{\frac{1}{E_r} + \frac{1}{E_p}} \quad (14)$$

$k = 0,111$ pour un angle de pression $\alpha = 20^\circ$

$$\rightarrow \varepsilon = 10758,46 \text{ N/mm}^2$$

Le coefficient de tolérance est calculé par :

$$\varphi = m + 0,25\sqrt{D} \quad (15)$$

$$\rightarrow \begin{cases} \varphi_p = 6 \\ \varphi_r = 7 \end{cases}$$

L'erreur est donnée par :

$$e = 2 + 0,16\varphi \quad (16)$$

$$\rightarrow \begin{cases} e_p = 2,96 \mu m \\ e_r = 3,12 \mu m \end{cases}$$

L'erreur totale est donnée par : $e = e_r + e_p = 6,08 \mu m$

En mettant toutes ces valeurs en équation (13) on aura :

$$Q_i = 416,68 \text{ N}$$

Et en calculant la charge dynamique par l'équation (12) on aura :

$$Q_d = 528,62 \text{ N}$$

Ainsi, pour que la conception soit satisfaisante :

$$Q_b \geq Q_d \times F.O.S$$

$$Q_b = 879 \text{ N}$$

$$Q_d \times F.O.S = 792,93 \text{ N}$$

→ Notre conception est satisfaisante.

4.1.3.3.11 Charge d'usure :

La charge d'usure [13] est donnée par :

$$Q_w = \frac{0,75 \times b \times n \times d_p \times K}{\cos \delta_p} \quad (17)$$

$$n = \frac{2 \times Z_r}{Z_r + Z_p \times \tan \delta_p} \quad (18)$$

$$K = 0,16 \times \left(\frac{BHN}{100} \right)^2 \quad (19)$$

Les équations (18) et (19) nous donnent :

$$\begin{cases} n = 1,75 \\ K = 0,84 \end{cases}$$

Et en mettant les valeurs dans l'équation (17) pour obtenir la charge d'usure :

$$Q_w = 1287,53 \text{ N}$$

Puisque $Q_w \gg Q_d \times F.0.S$ notre conception est satisfaisante.

4.1.4 Dimensionnement des arbres :

L'arbre est un élément de machine rotative qui est utilisé pour transmettre la puissance d'un endroit à un autre. La puissance est transmise à l'arbre par une force tangentielle et le couple résultant (ou moment de torsion) établi à l'intérieur de l'arbre permet de transférer la puissance à diverses machines reliées à l'arbre. Afin de transmettre la puissance d'un arbre à l'autre, les différents éléments tels que les poulies, les engrenages, etc., sont montés sur l'arbre.

L'arbre est un solide circulaire ou un creux de section transversale qui est toujours soumis à des charges de torsion, de flexion et des charges axiales. L'arbre utilisé dans ce projet est un matériau ductile en acier doux. Des contraintes sont induites dans l'arbre, telles que :

- Contrainte de cisaillement due aux charges de torsion.
- Contrainte de flexion (traction ou compression) due aux forces agissant sur les éléments de la machine comme les engrenages ainsi qu'au poids de l'arbre et des autres éléments devant être entraînés en rotation par l'arbre.

Hypothèses :

- La fatigue et le choc sont pris en compte.
- Les engrenages sur l'arbre sont à l'angle de 90°.

4.1.4.1 Arbre de La roue :**4.1.4.1.1 Calcule de Couple**

Le couple est donné par :

$$T_r = \frac{60 \times P}{2\pi \times N_r} \quad (20)$$

$$\rightarrow T_r = 7,17 \text{ N.m}$$

4.1.4.1.2 Calcule de diamètre :

Selon le principe de la théorie du contrainte maximale [14] :

$$\frac{\pi}{16} \times d_{sr}^3 \times \sigma_s = K_t \times T_r \quad (21)$$

Nous obtenons le diamètre de l'arbre de transmission :

$$d_{sr} = 11 \text{ mm}$$

4.1.4.1.3 Les dimensions de la clavette :

Selon le principe de la théorie du cisaillement [15] :

$$w_{kr} \times l_{kr} \times \sigma_s \times \frac{d_{sr}}{2} = T_r \quad (22)$$

$$\rightarrow \begin{cases} w_{kr} = 2,75 \text{ mm} \\ l_{kr} = 10,54 \text{ mm} \end{cases}$$

4.1.4.2 Arbre de pignon :

On reprend les mêmes calculs pour le pignon on aura :

$$T_p = 2,65 \text{ N.m}$$

$$d_{sp} = 8 \text{ mm}$$

$$w_{kp} = 2 \text{ mm}$$

$$l_{kp} = 7,36 \text{ mm}$$

4.1.5 Résultat et discussion :

Un couple d'engrenages coniques a été conçu pour transmettre une puissance de 0,75 kW à angle droit d'un moteur à les 2 disques de la polisseuse.

Le diamètre de la roue est de 128 mm avec 32 dents et celle du pignon est de 48 mm avec 12 dents ayant un module de 4.

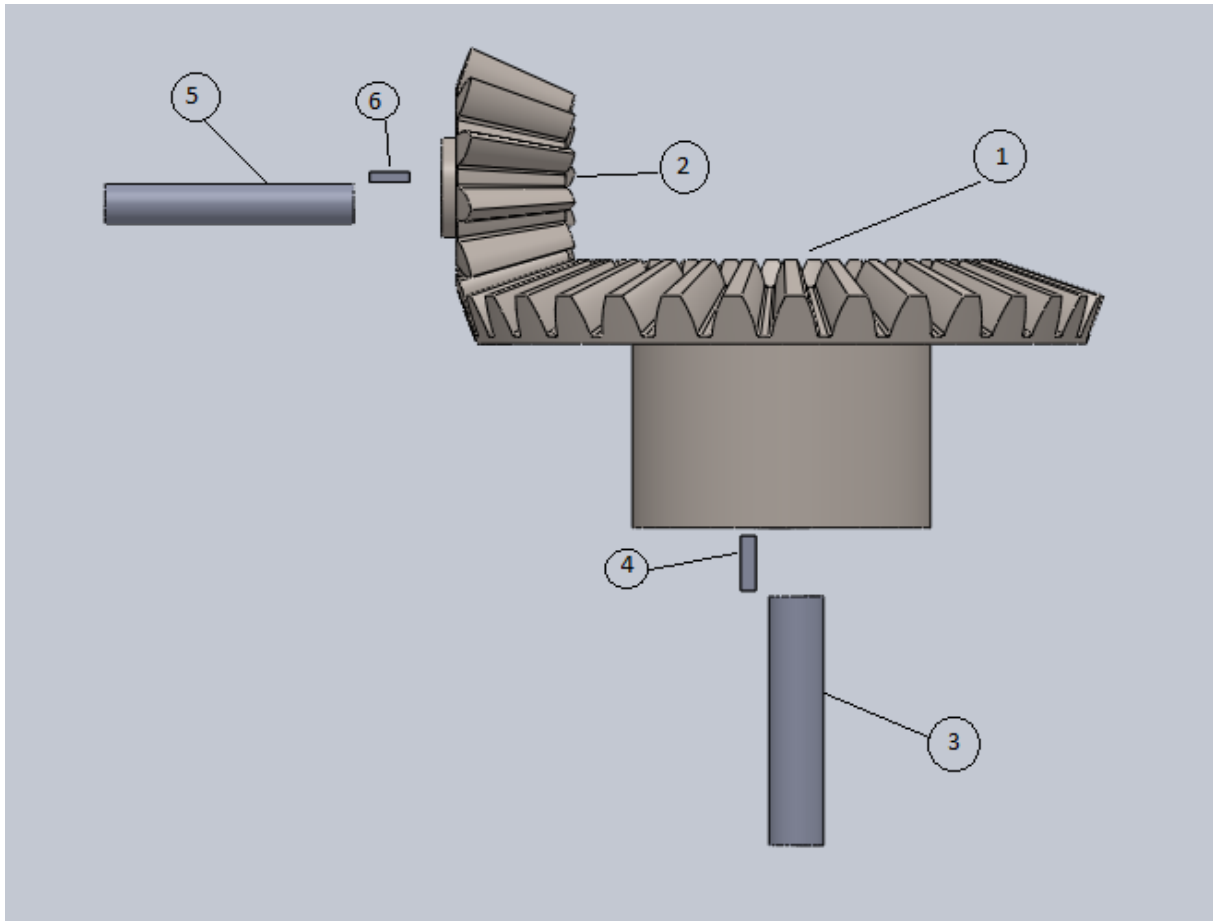


Figure 4-2: Engrenage conique

Tableau 4-3 : Engrenage conique

Numéro du composant	Composant	Matériau
1	ROUE	La fonte ASTM40
2	PIGNON	L'acier au carbone 40C8
3	ARBRE DE ROUE	L'acier au carbone 40C8
4	CLAVETTE ROUE	L'acier au carbone 40C8
5	ARBRE PIGNON	La fonte FG200
6	CLAVETTE PIGNON	La fonte FG200

4.2 Le Choix des Matériaux:

Une bonne connaissance des matériaux et de leurs propriétés caractéristiques est d'une grande importance dans la conception des machines. Les propriétés d'un matériau choisi doivent être suffisamment appropriées pour répondre aux exigences et aux conditions de fonctionnement de la machine à un coût minimum.

Voici les facteurs de base pris en compte dans le choix du matériau pour la conception :

- Coût du matériau
- Qualité du matériau
- Résistance à la compression et aux charges multiples
- Résistance à la corrosion
- Disponibilité du matériau

Plusieurs propriétés des matériaux sont prises en compte de manière adéquate en ce qui concerne leurs fonctions dans le projet.

Tableau 4-4: Matériaux choisis pour les différents composants de la polisseuse

LES COMPOSANTS DE POLISSEUSE	LES CRITÈRES DE SÉLECTION DES MATÉRIAUX	MATÉRIAU SÉLECTIONNÉ	LES RAISONS DE LA SÉLECTION
CHÂSSIS (BOITIER MÉTALLIQUE)	Devrait pouvoir résister au mouvement excentrique de la machine pendant le fonctionnement	Acier doux	Résiste aux vibrations et maintient la stabilité
Arbre de roue et clavette	Devrait pouvoir résister aux chocs et la charge des autres composants qui y sont attachés	L'acier au carbone 40C8	Résiste à la torsion due au couple et les forces de compression due au poids des autres composants qui y sont attachés. (1000 tour/min)
Arbre de pignon et clavette	Devrait pouvoir résister aux chocs et la charge des autres composants qui y sont attachés	La fonte FG200	Résiste à la torsion due au couple et les forces de compression due au poids des autres composants qui y sont attachés. (2700 tour/min)

Pignon	Devrait pouvoir surmonter le couple de la machine et de moteur	L'acier au carbone 40C8	Ajustement facile et alignement correct
Roue	Devrait pouvoir surmonter le couple de la machine et de moteur	La fonte ASTM40	Ajustement facile et alignement correct
Disque de bois	Devrait pouvoir surmonter le couple de la machine et de moteur	Bois doux	Rotation plus rapide, poids plus léger, résiste à la corrosion, facile à former, facilement accessible
Clip de fixation métallique	Devrait pouvoir surmonter le couple de la machine et de moteur	Acier galvanisé	Une prise en main facile
Coussinet	Devrait pouvoir surmonter le couple de la machine et de moteur	Acier doux	Ajustement facile et alignement correct
Plaque de recouvrement	Devrait pouvoir résister au mouvement excentrique de la machine pendant le fonctionnement	Acier galvanisé	Une Solidité, une ductilité et une ténacité appréciables
Robinet et tuyau	Devrait pouvoir faciliter le transfert d'eau du disque de polisseuse à la fin du polissage	Acier inoxydable	Solidité appréciable, résistance à la corrosion.

Boîtier de disque de polisseuse	Doit pouvoir résister au mouvement excentrique du disque de polisseuse et aussi éviter que l'eau n'atteigne le corps de la machine	Acier doux	Solidité appréciable, résistance à la corrosion
---------------------------------	--	------------	---

Chapitre 5 :
Mécanisme de
fonctionnement et
techniques de
fabrication

5.1 Mécanisme de fonctionnement (Étude cinématique) :

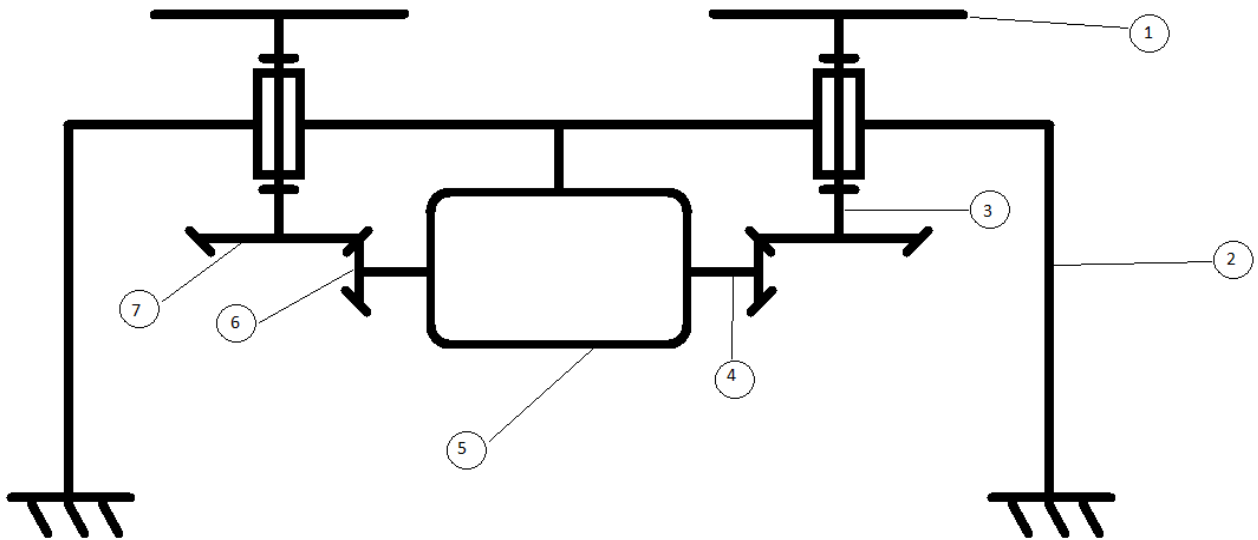


Figure 5-1:Schéma cinématique de polisseuse

1	Disque de polisseuse
2	CHÂSSIS (BOITIER MÉTALLIQUE
3	Arbre de roue
4	Arbre de pignon
5	Moteur électrique
6	Pignon
7	Roue

La polisseuse est alimentée par un moteur à courant alternatif, qui reçoit son alimentation de l'électricité. Le moteur transmet la puissance à l'arbre au moyen d'engrenages coniques, ce qui entraîne la rotation des disques de polisseuse.

La machine se compose de deux disques de polissage, l'un principal et l'autre auxiliaire, mis en rotation par chacun de leurs arbres via une transmission du moteur à l'aide d'engrenages coniques. Les arbres sont insérés dans un roulement à coussinet qui facilite le mouvement de rotation de la polisseuse.

Le disque de polissage principal sert de polisseur principal puisque la machine est une machine de polissage métallographique, tandis que le disque de polissage auxiliaire sert à la rectification si nécessaire. L'arbre du disque de polissage auxiliaire est chargé par un ressort afin de le désengager de l'engrenage du moteur lorsqu'il n'est pas utilisé. En outre, le pré-polissage et le polissage peuvent être effectués simultanément avec la polisseuse par différents opérateurs.

5.2 Processus de fabrication :

Les progrès technologiques dans le domaine de la production ont rendu le processus d'usinage très important et essentiel. Les processus d'usinage sont des processus de fabrication dans lesquels les formes, la taille et les propriétés de surface du matériau sont modifiées par l'enlèvement de sa matière constitutive (surface), de manière à répondre aux normes et spécifications de conception requises.

Bien que ce procédé soit assez coûteux, il répond donc à la précision et à la finition de surface requises. Les procédés mécaniques impliquent des températures locales élevées et un frottement à l'interface de l'outil de coupe ; c'est pourquoi des liquides de refroidissement ou de coupe sont utilisés pour réduire le frottement généré entre ces surfaces. Parmi les autres utilisations des liquides de coupe, on peut citer :

- Laver les pièces produites.
- Réduction des surfaces de frottement et d'usure.
- Protection de la surface usinée contre la corrosion.

Voici les machines utilisées lors du processus de fabrication :

- Scie à métaux électrique.
- Tour.
- Perceuse.
- Meuleuse.
- Scie à métaux.
- Scie à ruban.
- Soudeuse à l'arc.
- Table vice.
- Fraise.

5.2.1 Fabrication des arbres :

Pour la production de l'arbre, on a utilisé :

- Une tige en acier au carbone 40C8 de Ø11mm, pour la roue.
- Une tige en fonte FG200 de Ø8mm, pour le pignon.

Tableau 5-1 : Le processus et l'équipement/outil utilisé dans la fabrication des arbres

Nombre d'opérations	Processus	Équipement et outils utilisés
1	Marqué et découpé une longueur de 151 mm à partir d'une tige d'acier au carbone 40C8 de Ø15 mm et d'une longueur de 400 mm	Scie à métaux, règle pour mesurer
2	La tige est montée sur le tour et dressé des 2 extrémités	Tour, outil de dressage
3	La tige est tenue entre les deux centres, dressage et chariotage combiné	Tour, outil de chariotage
4	Le résultat est une tige de Ø11mm et une longueur de 150 mm, doucement limé	Tour, lime à main lisse
5	Élimination des bords rugueux et tranchants	Tour
6	La clavette se loge dans une rainure de clavette, la rainure peut être réalisé à l'aide d'une fraise deux tailles ou trois tailles.	Fraise
7	Insertion de l'arbre dans la roue, encastrement arbre roue par clavette	

Toutes les mesures ci-dessus ont été prises pour produire le deuxième arbre.

5.2.2 Fabrication des disques de polisseuses :

Pour la production de disques de polissage, on a utilisé :

- Bois tendre de Ø203 mm et d'une épaisseur de 25 mm
- Plaque de recouvrement en acier galvanisé

Tableau 5-2: Le processus et l'équipement/outil utilisé dans Fabrication des disques de polisseuses

Nombre d'opérations	Processus	Équipement et outils utilisés
1	Marquage Ø203mm à partir de 25 mm d'épaisseur, bois tendre.	Outil de mesure
2	Découpe pour former un cercle de Ø203 mm	Scie à ruban
3	Perçage d'un trou de Ø11mm pour le passage de l'arbre	Perceuse
4	Poncez et limez la surface du bois	Le papier de verre
5	Découpe la plaque de recouvrement à la taille et à la forme du disque en bois	Outil de mesure, scie à métaux électrique
6	Ajout d'adhésif a la plaque de recouvrement et au disque de bois	Gomme adhésive
7	Couvrir le disque en bois avec la plaque de recouvrement	Marteau doux

La même opération est effectuée pour le deuxième disque.

5.2.3 Fabrication des boîtiers des disques de polisseuse :

Pour la production des boîtiers des disques de polisseuse, on a utilisé :

- L'acier doux de Ø240 mm et d'une épaisseur de 2,5 mm.

Tableau 5-3: Le processus et l'équipement/outil utilisé la Fabrication des boîtiers des disques de polisseuse

Nombre d'opérations	Processus	Équipement et outils utilisés
1	Marquage de la barre plate	Outil de mesure
2	Couper une longueur de 280 mm	Scie à métaux électrique
3	Montage sur la table vice pour maintenir la barre plate	Table vice
4	Martelage et roulage à Ø240 mm	Marteau
5	Assemblage du joint roulé par soudage	Soudeuse à l'arc

Le même processus opérationnel est suivi pour l'autre boîtier de disque.

5.2.4 Fabrication de châssis (boîtier métallique) :

Pour la fabrication du châssis de la machine, on a utilisé :

- L'acier doux d'une longueur de 600 mm, d'une largeur de 320 mm et d'une épaisseur de 260 mm.

Tableau 5-4: Le processus et l'équipement/outil utilisé dans la Fabrication de châssis (boitier métallique)

Nombre d'opérations	Processus	Équipement et outils utilisés
1	<p>Marquage et découpage du :</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Plaque supérieure 600mm × 320mm × 7mm ❖ 2 pièces : Plaques latérales de 155mm × 600mm × 2mm ❖ 2 pièces : Plaques latérales de 155mm × 320mm × 2mm ❖ 4 pièces : CORNIÈRES (FER ANGLES) 40 mm 	Outil de mesure, scie à métaux et scie à métaux électrique
2	Perçage de 2 trous de Ø15mm pour le passage des arbres et aussi un trou de vis de Ø12mm pour accrocher le moteur.	Outil de mesure, pied à coulisse et perceuse
3	Assemblage de la plaque supérieure et de la cornière pour former le châssis de la polisseuse par soudage	Soudeuse à l'arc
4	Marquage et découpe d'une cornière pour maintenir le moteur	Outil e mesure et scie à métaux

5	Marquage de la plaque supérieure pour souder la cornière de support du moteur et soudage de la cornière à la plaque supérieure	Outil de mesure et soudeuse à l'arc
6	Placer le moteur et le visser solidement à la plaque supérieure et fixer le pignon à l'arbre du moteur.	Clé, boulon et écrou
7	Placer et souder le palier à coussinet sur la plaque supérieure pour faciliter le mouvement de rotation de l'arbre	Soudeuse à l'arc
8	Insertion des arbres dans le trou de palier de la plaque supérieure et insertion d'un ressort sur l'arbre auxiliaire pour le réglage	Marteau
9	Marquage et découpage de l'arbre pour l'ajuster	Outil e mesure et scie à métaux
10	Placer correctement les plaques latérales et frontales par soudure	Soudeuse à l'arc
11	Peinture de la machine avec de la peinture métallisée à l'aluminium	Pinceau et peinture aluminium

5.3 SolidWorks :

Pour la conception de la machine, nous avons eu recours à SolidWorks, un logiciel propriétaire de conception assistée par ordinateur en 3D fonctionnant sous Windows.

Les solutions SolidWorks abordent tous les aspects de votre processus de développement produit grâce à un ensemble d'opérations intégrées effectuées en toute transparence (conception, vérification, conception écoresponsable, communication et gestion des données).

Les concepteurs et les ingénieurs possèdent de multiples compétences, qui leur permettent de réduire le cycle de conception, d'augmenter la productivité et de commercialiser plus rapidement des produits innovants.

Le schéma de conception de la figure 5.2 ci-dessous montre la vue isométrique de la machine de polissage en montrant clairement certaines des pièces de la machine à fabriquer.

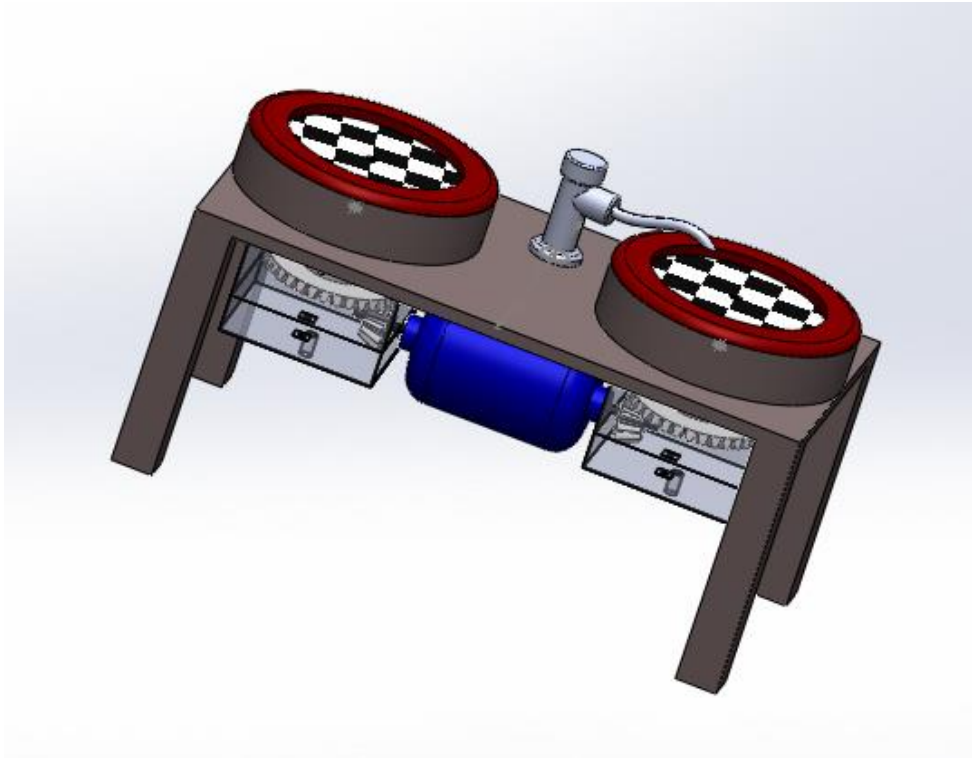


Figure 5-2: Représentation de la polisseuse

5.3.1 Les différentes composantes de polisseuse :

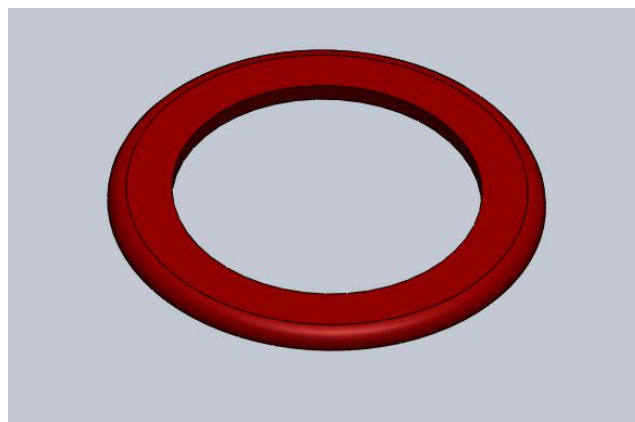


Figure 5-3: Anneau de fixation de papier abrasif

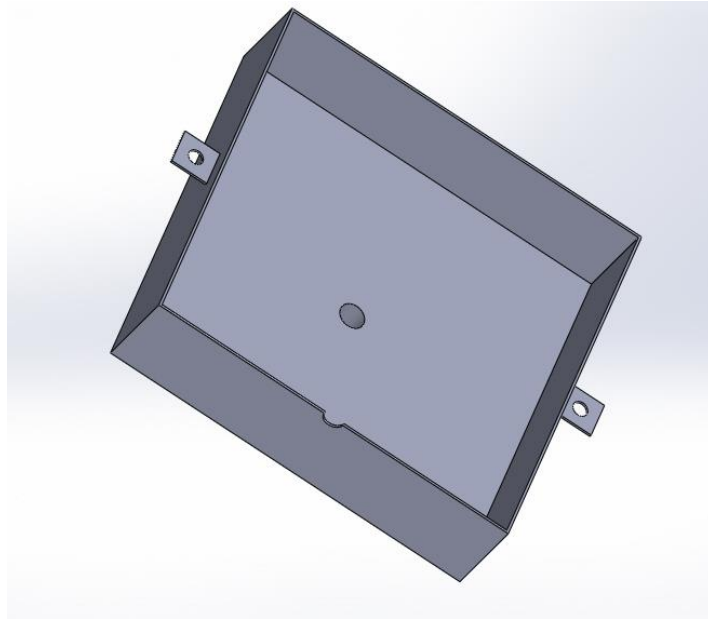


Figure 5-4: Couvre bas d'engrenage conique

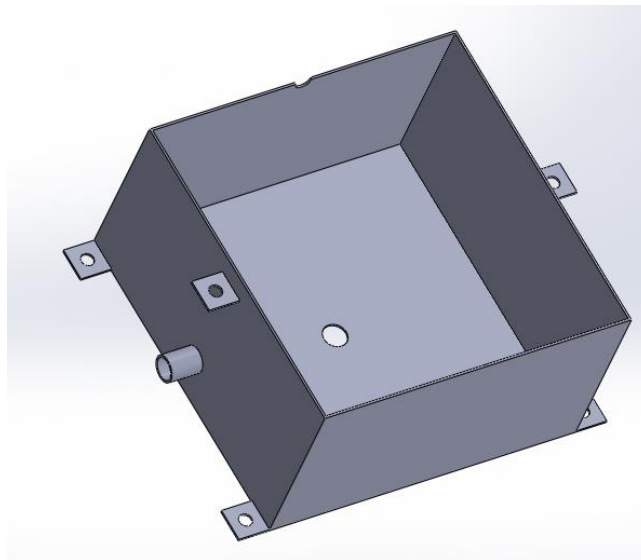


Figure 5-5: Couvre haut d'engrenage conique



Figure 5-6: Disque de polisseuse

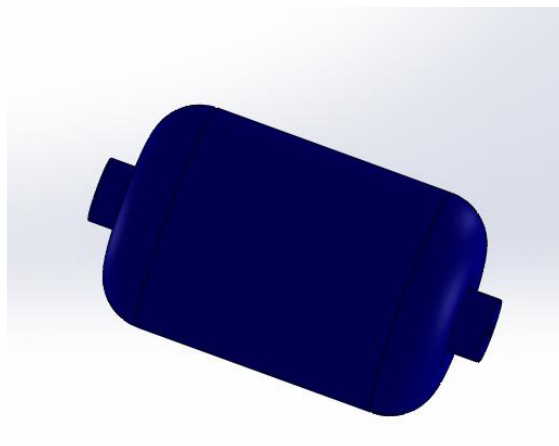


Figure 5-7: Représentation du moteur

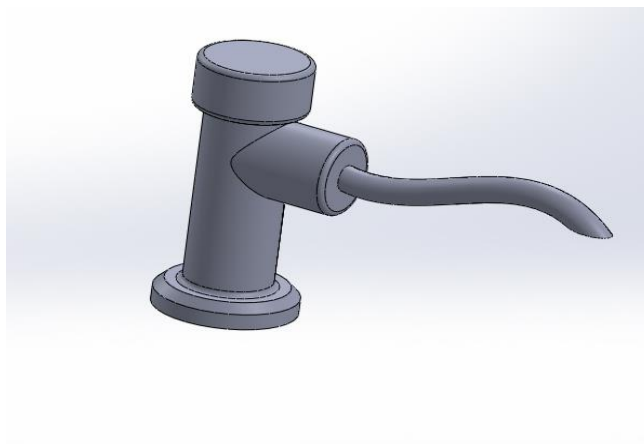


Figure 5-8: Robinet

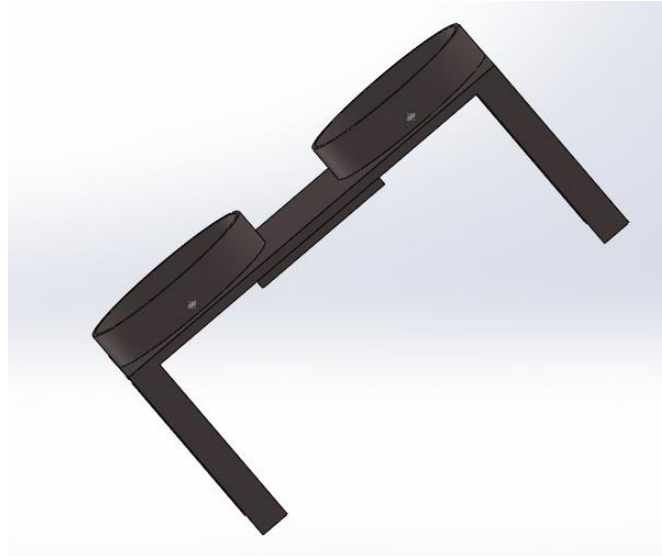


Figure 5-9: Table

Pour l'engrenage conique et les arbres, ils sont présentés dans la figure 4-2.

5.4 Test et résultat :

5.4.1 Logiciel utilisé :

Pour faire l'étude de mouvement on a utilisé l'analyse de mouvement (disponible avec le complément SOLIDWORKS Motion).

Le logiciel de simulation de mouvement permet d'étudier le déplacement, la vitesse et l'accélération des composants mobiles.

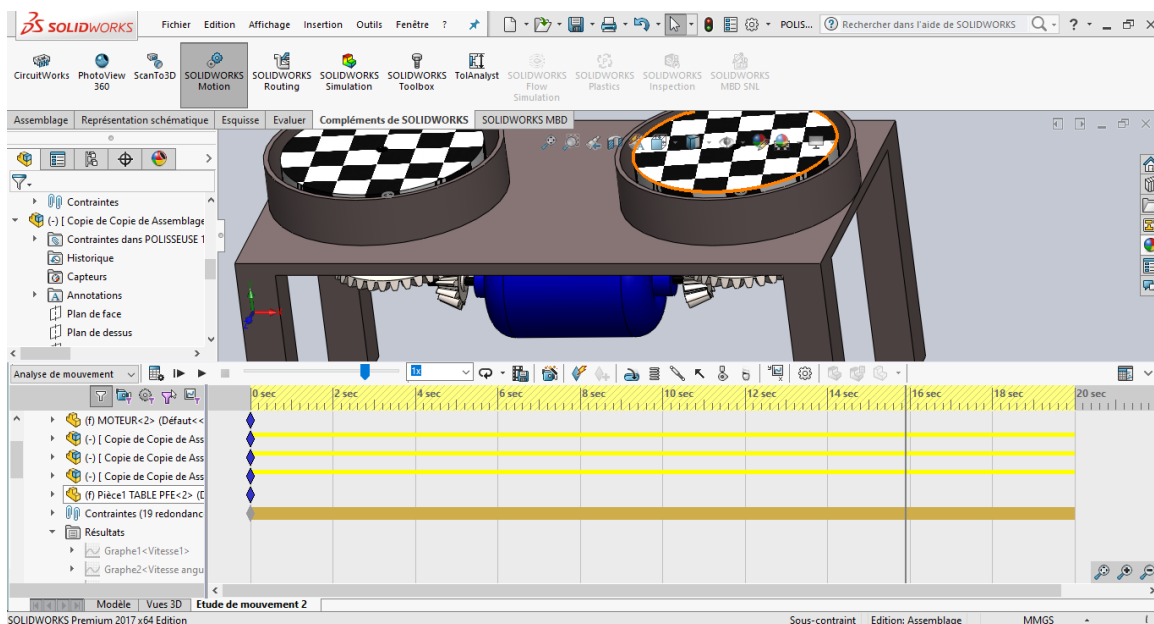


Figure 5-10: Complément SOLIDWORKS Motion

5.4.2 Résultat et discussion :

Pour une vitesse de rotation de moteur $N= 2700$ tour/min on a les résultats suivants :

❖ Pignon 1 :

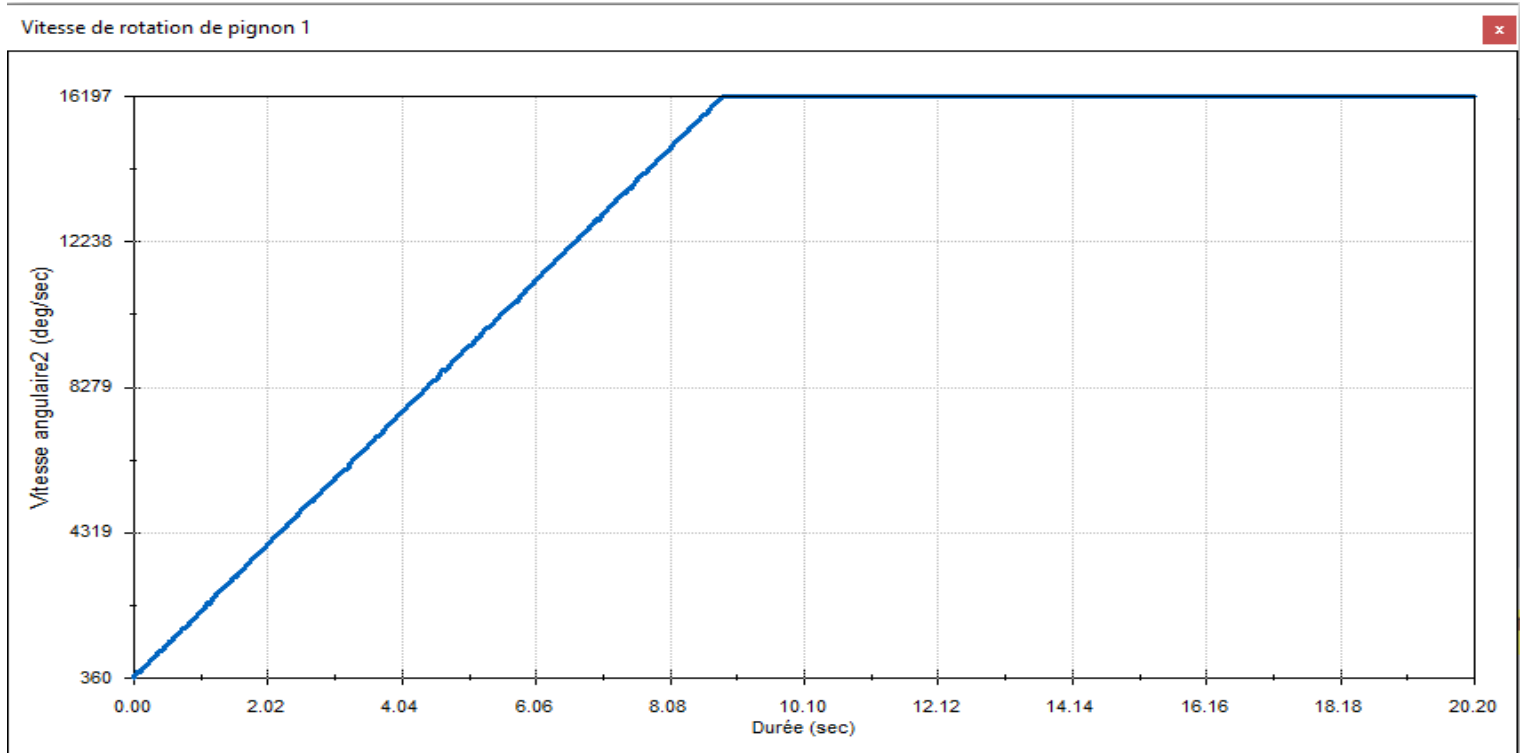


Figure 5-11: Vitesse de rotation de pignon 1

❖ Pignon 2 :

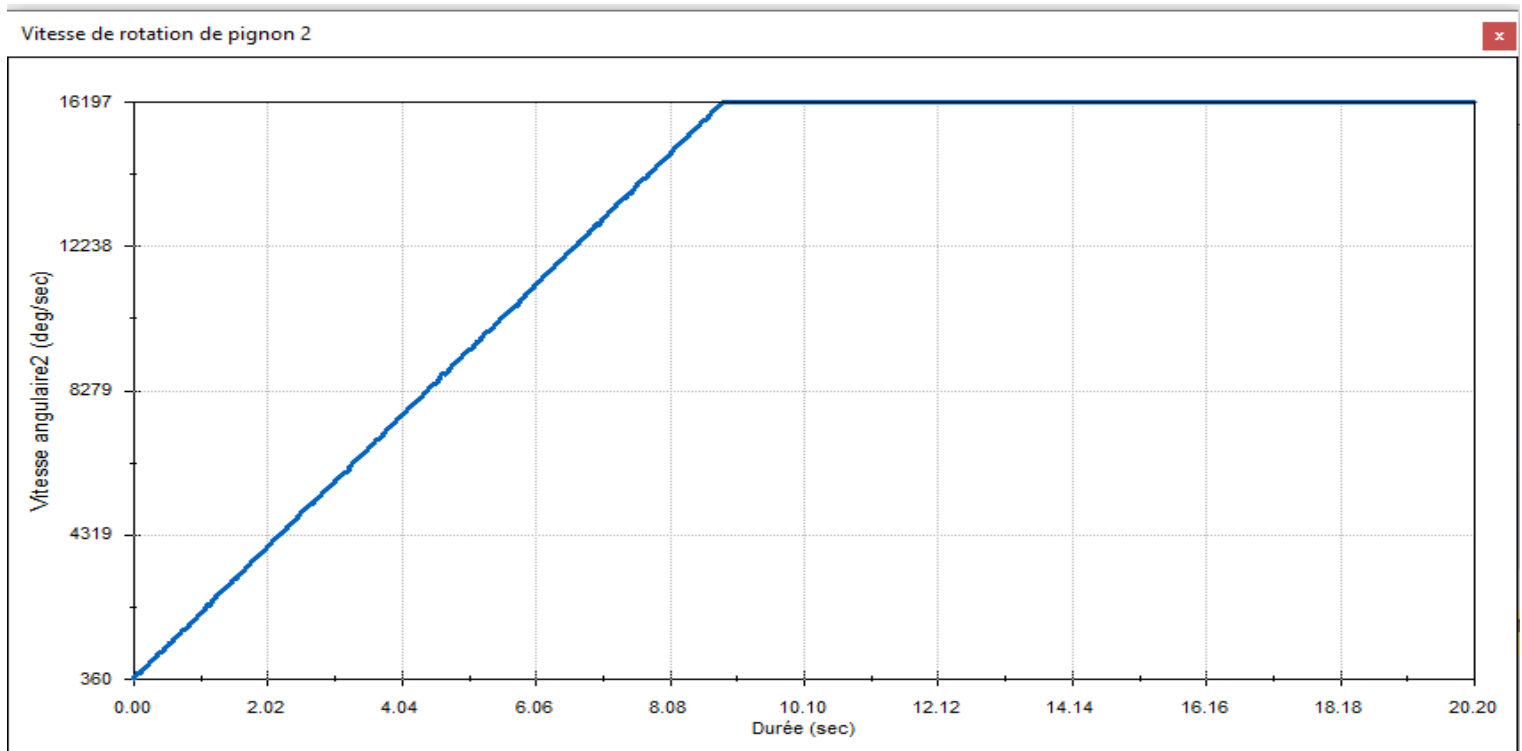


Figure 5-12: Vitesse de rotation de pignon 2

On remarque que la vitesse de rotation de deux pignon atteint sa valeur finale après 7 secondes de l'alimentation du moteur.

La valeur finale de la vitesse de rotation du pignon (1 et 2) est : 16197 deg / sec. Ce qui transforme en 2699,5 tour/min.

On remarque que toute la vitesse du moteur est transformée au pignon (1 et 2) avec une perte de 0,018 %.

❖ Disque 1 :

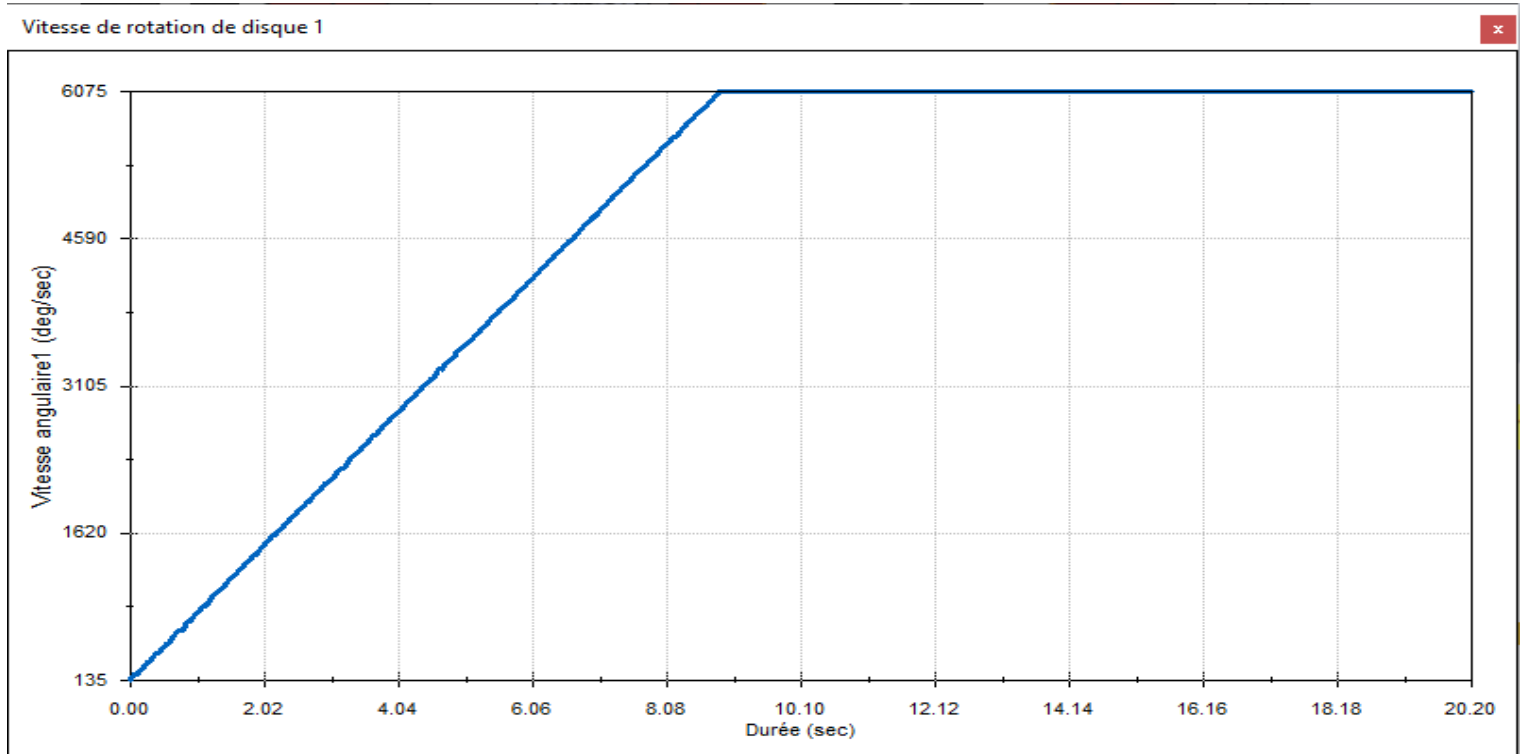
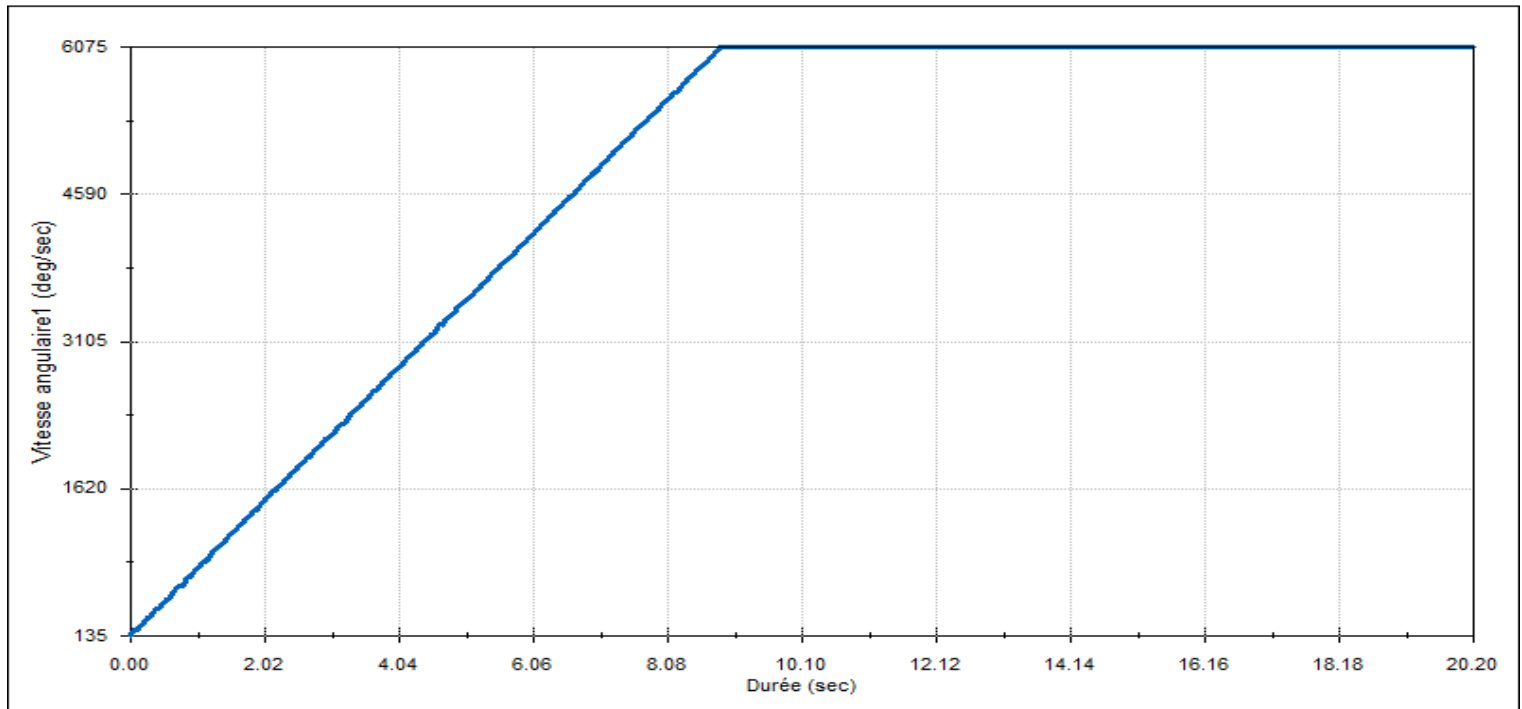


Figure 5-13: Vitesse de rotation de disque 1

❖ **Disque 2 :**

Vitesse de rotation de disque 2

**Figure 5-14:**Vitesse de rotation de disque 2

On remarque que la vitesse de rotation de deux disques atteint sa valeur finale après 7 secondes de l'alimentation du moteur.

La valeur finale de la vitesse de rotation du disque (1 et 2) est : 6075 deg / sec

Ce qui transforme en 1012,5 tour/min.

Le but de notre conception était que le rapport entre la vitesse de sortie du moteur et la vitesse des disques de polissage soit :

$$\frac{Z_P}{Z_r} = \frac{12}{32} = 0,375$$

Donc pour une vitesse de rotation de moteur $N = 2700$ tour/min on doit avoir une vitesse de rotation du disque $N_d = 1012,5$ tour /min , c'est la même valeur qu'on a obtenu dans la simulation donc notre conception est satisfaisante .

5.5 Analyse du coût de production :

Le coût total de production de la machine peut être divisé en deux parties :

- **Coût matériel** : un coût direct du matériel avant qu'il ne soit réformé.
- **Coût de la main-d'œuvre** : coût du service, en ce qui concerne la reformation du matériau à partir de sa forme brute, cela pourrait inclure : l'usinage, le soudage, le brasage, le meulage et toutes les autres vastes techniques de fabrication.

Tableau 5-5: Analyse des coûts de production de la polisseuse métallographique

Matériel	Spécification	Nombre requis	Coût à l'unité (DA)	Coût (DA)
Plaque supérieur	600mm × 320mm × 7mm	1	3500	3500
Plaque latéral	155mm × 600mm × 2mm	2	1250	2500
Plaque latéral	155mm × 320mm × 2mm	2	1000	2000
Arbres	Ø15mm × 1100mm	2	2500	5000
Coussinet		2	700	1400
Moteur électrique		1	20000	20000
Barre plate	280mm×2,5mm	2	1250	2500
CORNIÈRES (FER ANGLES)	40mm×2mm	4	650	2600

Tuyau de robinet		1	400	400
Robinet		1	1000	1000
Engrenage conique		2	6700	13400
Peinture (Peinture métallique)				1700
Usinage, peinture, soudure et divers				15000
Totale				71000

D'après le tableau ci-dessus qui indique le coût total de la Polisseuse Nous dirions que le coût de production de la machine localement est bien inférieur au coût d'importation de la machine depuis l'étranger. Le coût moyen d'achat d'une polisseuse métallographique de l'étranger est de (les droits d'importation ne sont pas inclus) :

- Polisseuse métallographique à double disque : 170000 DA
- Polisseuse à mono-disque : 100000 DA

Conclusion générale

La polisseuse, conçue et fabriquée localement, est capable de meuler et de polir n'importe quel matériau métallique en fonction de la granulométrie du papier abrasif utilisé. Le poids total de la machine est d'environ 32 kg, le disque de polissage ayant une vitesse de 1000 tours/minute.

La machine est facile à utiliser et nécessite un minimum de maintenance, elle a été conçue pour donner de bons résultats Comparé à celui importé.

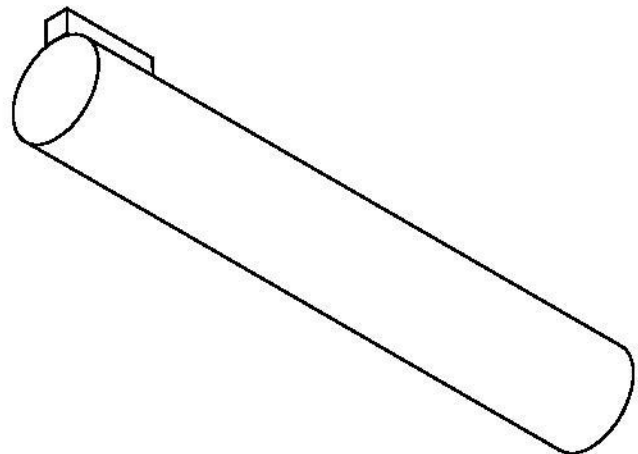
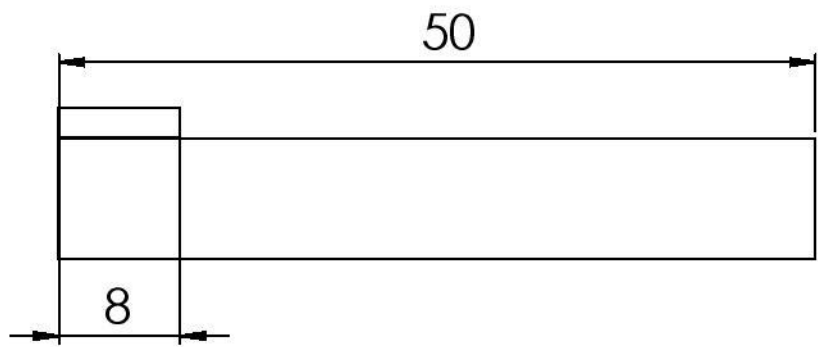
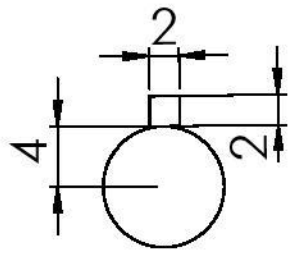
Le projet a fourni la technique de production d'une polisseuse métallographique de laboratoire avec un double disque de polissage local grâce à l'utilisation de matériaux d'origine locale.

References

- [1] F. D. K. W.-U. R. M. Geels K, *Metallographic and Materialographic Specimen Preparation, Light Microscopy, Image Analysis and Hardness Testing*, West Conshohocken: ASTM International, 2007.
- [2] E. Buiret, «filab.fr,» Filab laboratoire de chimie organique ,minérale et mtériaux, [En ligne]. Available: <https://filab.fr/caracterisation-par-coupe-metallographique>. [Accès le 25 Mars 2020].
- [3] « www.struers.com,» Struers, [En ligne]. Available: <https://www.struers.com/fr-FR/Knowledge/Cutting#cutting-troubleshooting>. [Accès le 3 Avril 2020].
- [4] "www.struers.com," Struers, [Online]. Available: <https://www.struers.com/fr-FR/Knowledge/Mounting#mounting-how-to>. [Accessed 3 Avril 2020].
- [5] «www.struers.com,» Struers, [En ligne]. Available: <https://www.struers.com/fr-FR/Knowledge/Grinding-and-polishing#>. [Accès le 4 Avril 2020].
- [6] O. A. e. O. U. T.J. Erinle, «Development of Metallographic Specimen Polishing Machine,» *The Pacific Journal of Science and Technology*, Akure, Nigeria, 2011.
- [7] «www.gap47.astrosurf.com,» Le GAP47, [En ligne]. Available: <http://gap47.astrosurf.com/index.php/a-history-of-polishing-machines/>. [Accès le 4 Avril 2020].
- [8] C. S. Smith, *History of metallography*, Ohio: Metal pak, 1990.
- [9] «joho.monsite.orange.fr,» Orange, [En ligne]. Available: <http://joho.p.free.fr/EC/COURS%20DOC/ENGRENAGES/Engrenages/ENGRENAGE%20TYPES%20DEFINITION.pdf>. [Accès le 6 Avril 2020].
- [10] «joho.monsite.orange.fr,» Orange, [En ligne]. Available: <http://joho.p.free.fr/EC/COURS%20DOC/ENGRENAGES/Engrenages/ENGRENAGE%20CONIQUES.pdf>. [Accès le 6 Avril 2020].
- [11] V. B. Bhandari, «Beam Strength of Bevel Gears,» chez *Design of Machine Elements*, Tata McGraw-Hill Education, 2010, pp. 720-722.
- [12] V. B. Bhandari, «Effective Load on Gear Tooth,» chez *Design of Machine*, Tata McGraw-Hill Education, 2010, pp. 722-723.

- [13] V. B. Bhandari, «Wear Strength of Bevel Gears,» chez *Design of Machine*, Tata McGraw Hill, 2010, p. 722.
- [14] V. B. Bhandari, "Theories of Elastic Failure," in *Design of Machine*, Tata McGraw Hill, 2010, pp. 106-108.
- [15] V. B. Bhandari, "Theories of Elastic Failure," in *Design of Machine*, Tata McGraw Hill, 2010, pp. 108-110.

Annexes



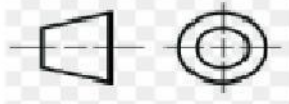
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

ECHELLE

2:1

ETUDIANT

PROMOTEUR



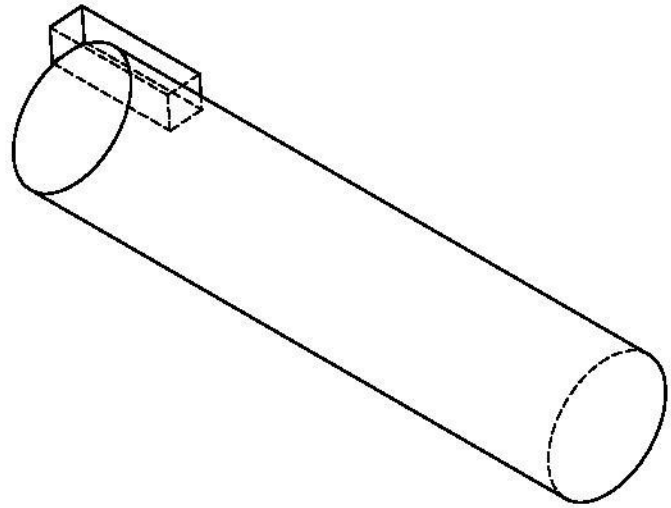
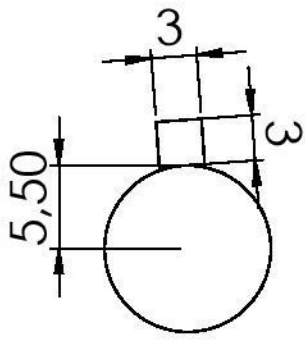
YAHIAOUI

SEDJAL

ARBRE DE PIGNON

TOLERANCE
GENERALE : 0.1

E.N.P
G.MECANIQUE



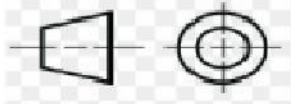
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

ECHELLE

2:1

ETUDIANT

PROMOTEUR



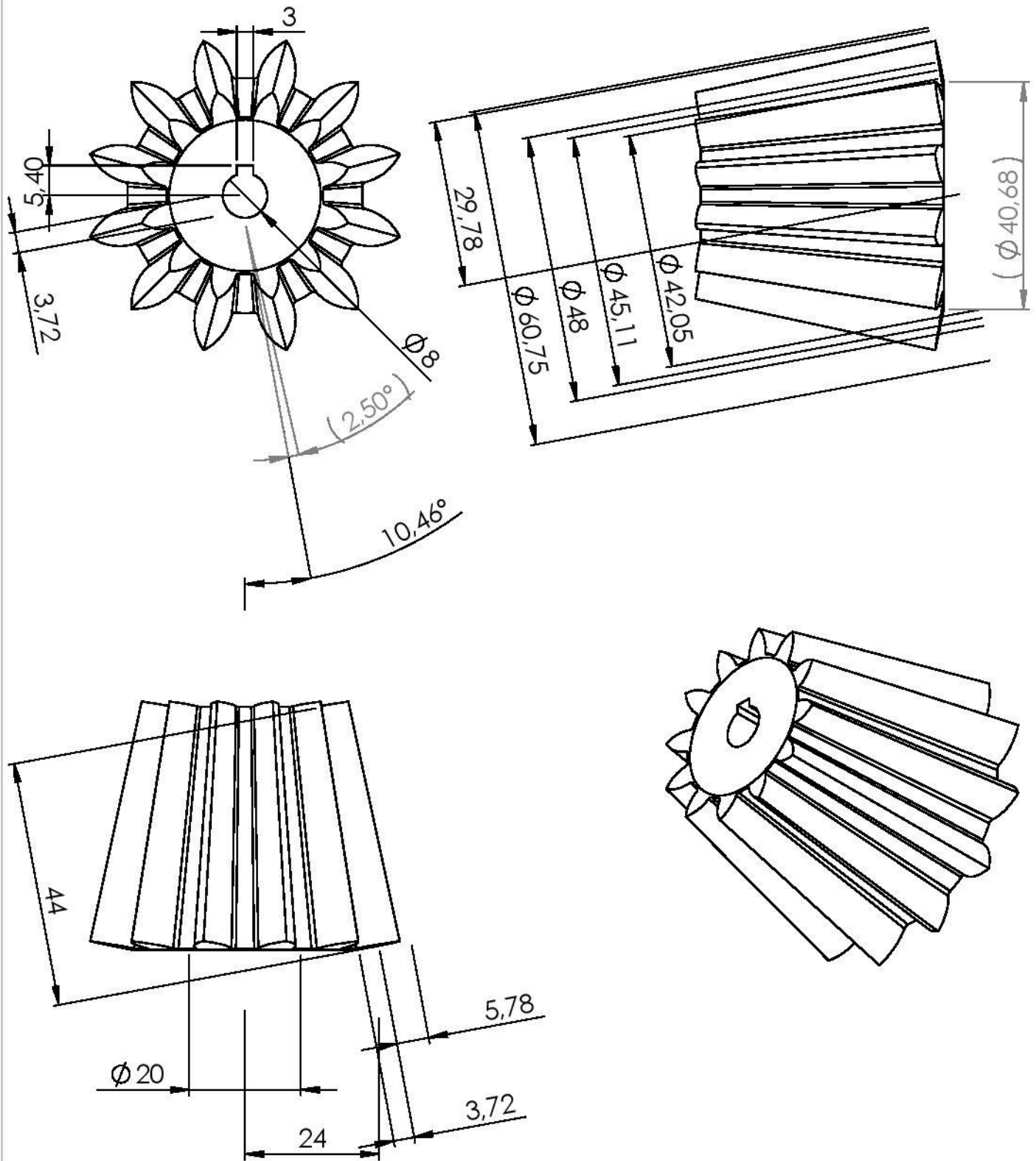
YAHIAOUI

SEDJAL

ARBRE DE ROUE

TOLERANCE
GENERALE : 0.1

E.N.P
G.MECANIQUE



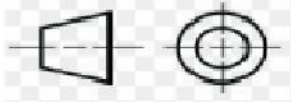
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

ECHELLE

1:1

ETUDIANT

PROMOTEUR



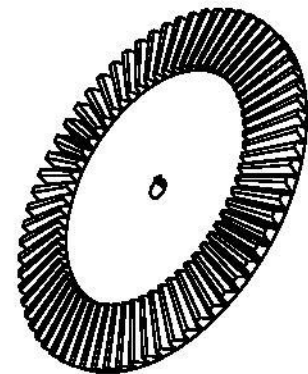
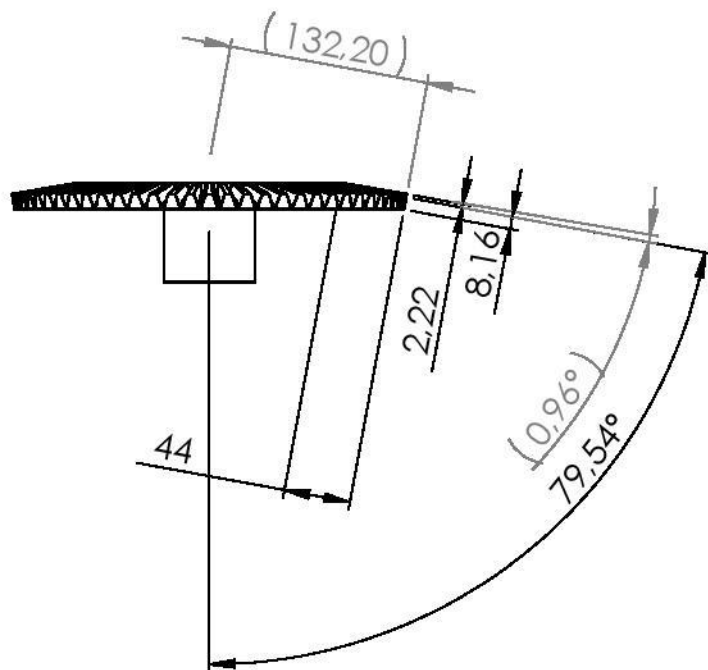
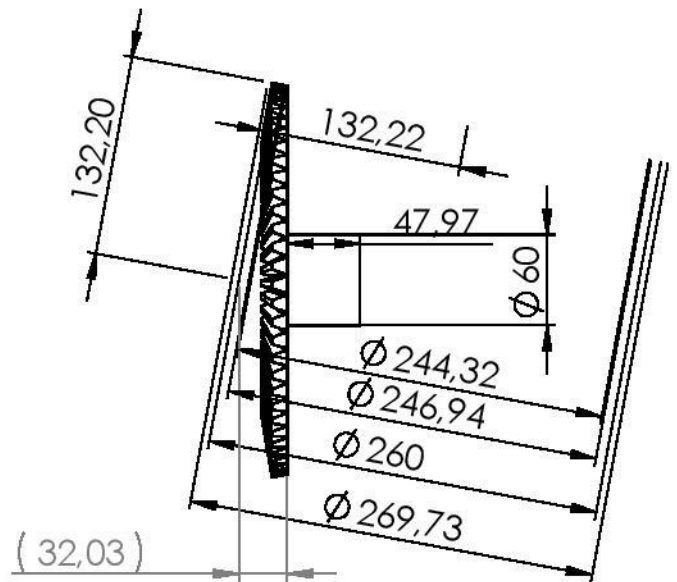
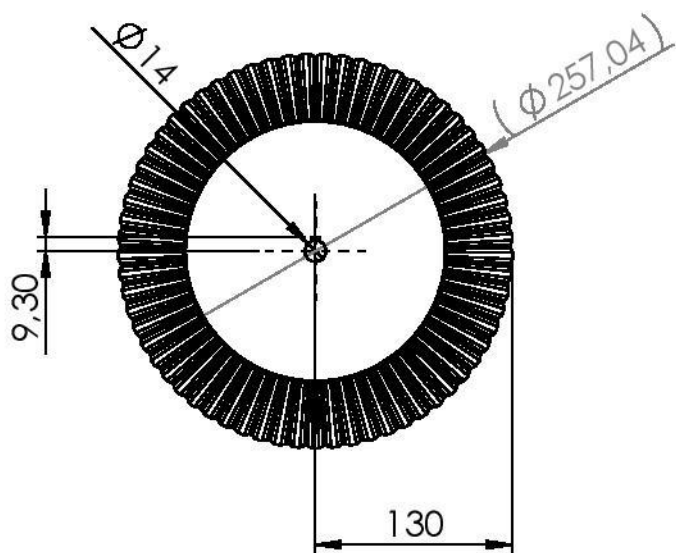
YAHIAOUI

SEDJAL

Pignon

TOLERANCE
GENERALE : 0.1

E.N.P
G.MECANIQUE



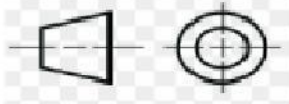
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

ECHELLE

1:5

ETUDIANT

PROMOTEUR



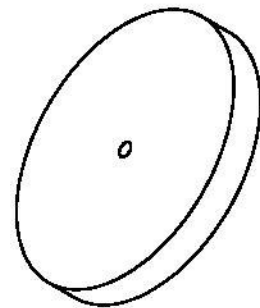
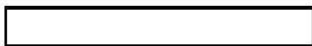
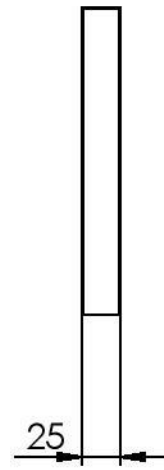
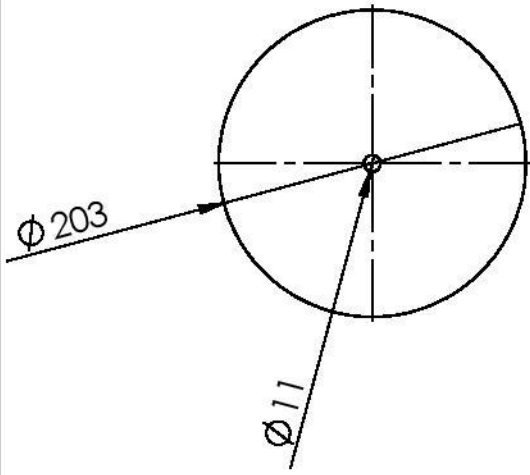
YAHIAOUI

SEDJAL

Roue

TOLERANCE
GENERALE : 0.1

E.N.P
G.MECANIQUE



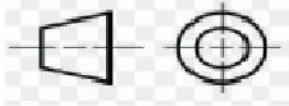
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

ECHELLE

1:5

ETUDIANT

PROMOTEUR



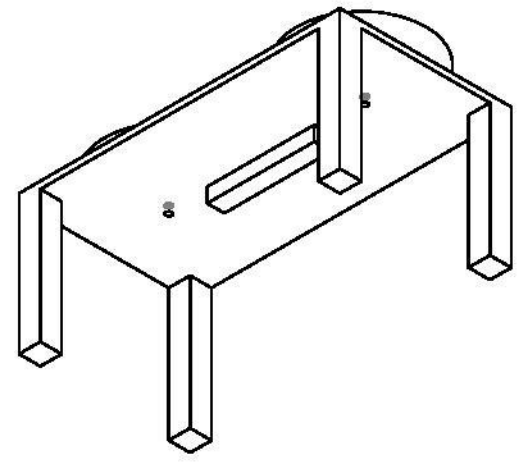
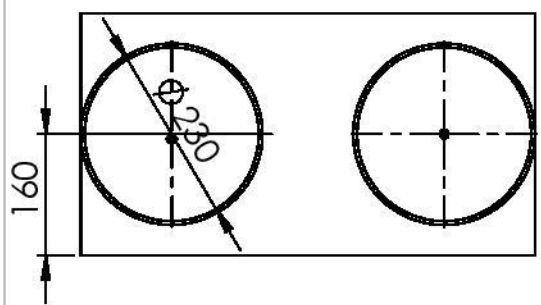
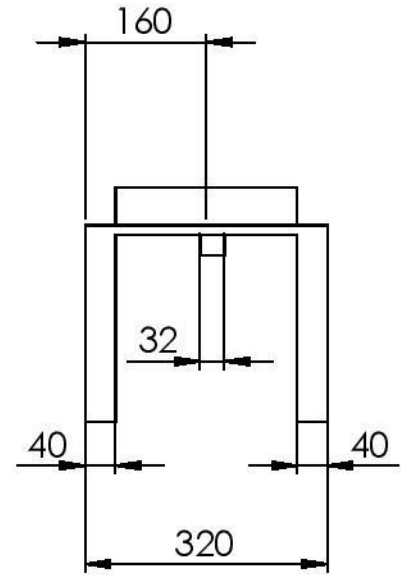
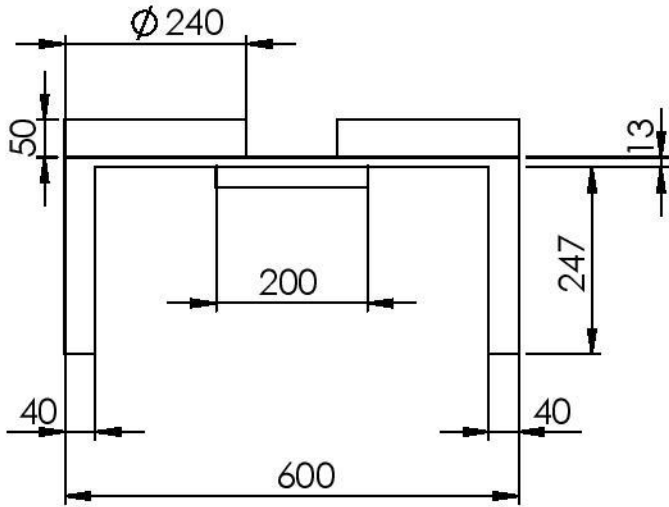
YAHIAOUI

SEDJAL

Disque

TOLERANCE
GENERALE : 0.1

E.N.P
G.MECANIQUE



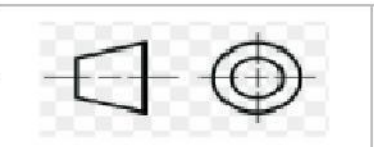
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

ECHELLE

1:10

ETUDIANT

PROMOTEUR



YAHIAOUI

SEDJAL

Table de
polisseuse

TOLERANCE
GENERALE : 0.1

E.N.P
G.MECANIQUE