

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR**

**ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRA BEJAIA**

**FACULTE DE TECHNOLOGIE**

**DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE**

**MEMOIRE**

Présenté pour l'obtention du diplôme de

**MASTER**

Filière : Génie Mécanique

Spécialité : Fabrication mécanique et productique

Par :

**Cheblal Walid**

**Goudjil Yanis**

**Haddadou Dahbia**

**Thème**

---

**Etude de fabrication d'un piston de moteur de motocycle à deux temps.**

---

Soutenu le 04 juillet 2023 devant le jury composé de :

Mr. BECHEUR Abdelhamid

Mr. IDIR Abdelhek

**Année Universitaire 2022-2023**

## Remerciements

*Nous tenons à remercier Monsieur BELAMRI Abdelatif, notre encadrant, qui s'est toujours montré disponible et à l'écoute tout au long de la réalisation de ce mémoire. Nous le remercions aussi de nous avoir orientés, aidés et conseillés.*

*Nous remercions particulièrement M. HADJOU Majid (enseignant au département Génie Mécanique), TITOUN Rami, CHEBLAL Islam, BOUDOUCHE Liza et les techniciens et responsables du Hall de Technologie de l'université de Bejaïa pour leur aide apportée à la réalisation de ce projet.*

*Nos sincères remerciements s'adressent aussi à nos parents, nos frères, nos sœurs ainsi qu'à toute la famille pour leur soutien moral, leur encouragement inconditionnel et surtout pour la confiance qu'ils nous accordent.*

*Enfin, nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail, en particulier tous nos ami(e)s pour leur soutien moral et leur présence à nos côtés.*

## Dédicaces

*Ce modeste travail est dédié aux parents de chacun d'entre nous qui nous ont soutenus et encouragés tout le long de notre cursus.*

*Nos dédicaces vont également à nos frères et sœurs, à nos enseignants, à nos ami(e)s et à toute personne qui nous a aidé à en arriver là.*

*Ce mémoire est aussi dédié au défunt grand-père de GOUDJIL Yanis (que paix soit sur lui) ainsi qu'au mari de HADDADOU Dahbia.*

# Sommaire

<b>Remerciements .....</b>	<b>i</b>
<b>Dédicaces .....</b>	<b>ii</b>
<b>Sommaire .....</b>	<b>iii</b>
<b>Liste des figures .....</b>	<b>vi</b>
<b>Liste des tableaux .....</b>	<b>ix</b>
<b>Introduction Générale.....</b>	<b>1</b>
<b>Présentation du projet .....</b>	<b>2</b>
I.1. Caractéristiques de la moto .....	2
I.2. Problématique .....	2
I.3. Solution .....	3
<b>Généralités .....</b>	<b>4</b>
II.1. Moteur .....	4
II.1.1. Définition .....	4
II.1.2. Moteur à 02 temps .....	4
II.2. Piston .....	4
II.2.1. Définition .....	4
II.2.2. Historique des pistons .....	5
II.2.3. Principe du piston dans un moteur .....	6
II.2.4. Durée de vie du piston .....	7
II.2.5. Signes de fin de vie d'un piston .....	7
II.3. Classification des pistons.....	8
II.3.1. Piston à jupe complète.....	8
II.3.2. Piston à jupe courte .....	8
II.3.3. Piston flottant .....	9
II.3.4. Piston à compression élevée.....	9
II.4. Types de piston .....	9
II.4.1. Piston creux .....	9
II.4.2. Piston plat .....	9
II.4.3. Piston à dôme .....	10
II.5. Matériau du piston.....	10

II.6.	Eléments d'alliage .....	11
II.7.	Fonctionnement d'un piston .....	11
II.7.1.	Température de fonctionnement.....	13
II.7.2.	Chargement d'un piston .....	13
<b>Aspect technique.....</b>	<b>16</b>	
III.1.	Choix du matériau .....	16
III.1.1.	Composition chimique nominale (en %) de l'aluminium 2017A .....	17
III.2.	Propriétés physiques et élastiques de l'aluminium 2017A.....	17
III.3.	Dimensionnement du piston.....	18
II.3.1.	Diamètre du piston .....	18
II.3.2.	Axe du piston .....	19
II.3.3.	Course du piston.....	19
III.4.	SolidWorks.....	19
<b>Fabrication.....</b>	<b>22</b>	
IV.1.	Machines utilisées .....	22
IV.1.1.	Machine-outil tour.....	22
IV.1.2.	Machine-outil fraiseuse .....	23
IV.1.3.	Meuleuse .....	24
IV.2.	Outils de coupe.....	25
IV.2.1.	Les fraises.....	25
IV.2.2.	Les forets .....	25
IV.2.3.	Les outils de tournage .....	25
IV.2.4.	Les alésoirs .....	25
IV.2.5.	Les plaquettes de coupe.....	25
IV.2.6.	Acier rapide supérieur (ARS).....	26
IV.3.	Outils de coupe utilisés .....	26
IV.3.1.	Tournage.....	26
IV.3.2.	Perçage .....	26
IV.3.3.	Fraisage .....	27
IV.4.	Coupe des métaux .....	27
IV.4.1.	Fréquence de rotation de la broche n.....	27
IV.4.2.	Vitesse d'avance $V_f$ .....	27
IV.4.3.	Vitesse de coupe $V_c$ .....	27
IV.4.4.	Avance par dent $f_x$ .....	28
IV.4.5.	Profondeur de coupe $a_p$ .....	28
IV.5.	Usinage de l'aluminium 2017A.....	28
IV.5.1.	Fraisage de l'aluminium.....	28
IV.5.2.	Perçage de l'aluminium.....	29
IV.5.3.	Tournage de l'aluminium .....	29
IV.6.	Produit brut .....	30
IV.7.	Gamme d'usinage .....	30
IV.8.	Phases de l'usinage .....	32
IV.8.1.	Dressage et chariotage (tournage) .....	32
IV.8.2.	Création de l'intérieur du piston (perçage) .....	35
IV.8.3.	Création de la courbure au-dessus du piston (fraisage).....	37
IV.8.4.	Création du trou de l'axe de la bielle (perçage) .....	39
IV.8.5.	Création des jupes (fraisage) .....	40

IV.8.6. Finition de l'intérieur du piston (perçage de finition) .....	41
IV.8.7. Chariotage (tournage de finition) .....	42
IV.9. Pièce finie .....	44
<b>Conclusion Générale .....</b>	<b>47</b>
<b>Références Bibliographiques .....</b>	<b>49</b>
<b>ANNEXES .....</b>	<b>51</b>
Annexe A : Mise en plan de l'ancien piston générée par SolidWorks .....	52
Annexe B : Mise en plan du nouveau piston générée par SolidWorks .....	53
<b>Résumé .....</b>	<b>54</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>54</b>

## Liste des figures

Figure I.1 : La moto du Hall de Technologie l'université de Bejaïa.....	2
Figure I.2 : Piston endommagé de la moto.....	3
Figure II.1 : Schéma d'un moteur à 02 temps [5].....	4
Figure II.2 : Schéma d'un piston moteur [8].....	5
Figure II.3 : Piston fissuré [14].....	8
Figure II.4 : Piston jupe longue complète pour SoleX Ø40mm [15].....	8
Figure II.5 : Piston jupe courte.....	8
Figure II.6 : Piston flottant.....	9
Figure II.7 : Piston à compression élevée par SRP.....	9
Figure II.8 : Types de pistons.....	10
Figure II.9 : Schéma du fonctionnement d'un piston moteur à 02 temps [6].....	12
Figure III.1 : Moteur de la moto désassemblé.....	16
Figure III.2 : Chemise du moteur de la moto ( $\varnothing = 43mm$ ).....	18
Figure III.3 : Logo du logiciel SolidWorks (2023).....	20
Figure IV.1 : Machine-outil tour du Hall de Technologie.....	22
Figure IV.2 : Vitesses de rotation de la machine-outil tour.....	23
Figure IV.3 : Fraiseuse de la marque ALMO du Hall de Technologie.....	23

Figure IV.4 : Vitesses de rotation de la broche de la fraiseuse en tours par minute.....	24
Figure IV.5 : Vitesses d'avancement de la table de la fraiseuse en mètres par minute.....	24
Figure IV.6 : Meuleuse du Hall de Technologie.....	25
Figure IV.7 : Outil de coupe et plaquette utilisés pour le tournage de la pièce.....	26
Figure IV.8 : Abaque de perçage.....	29
Figure IV.9 : Abaque de tournage [1].....	30
Figure IV.10 : Première page de la gamme d'usinage du piston.....	31
Figure IV.11 : Deuxième page de la gamme d'usinage du piston.....	32
Figure IV.12 : Centrage de l'outil de la machine-outil tour grâce à la poupée.....	33
Figure IV.13 : Dressage à la machine-outil tour.....	33
Figure IV.14 : Passe de finition à 0,5mm (chariotage).....	34
Figure IV.15 : Diviseur de la machine-outil fraiseuse.....	35
Figure IV.16 : Pièce marquée au centre avec un foret à centrer avant d'être percée par un foret de 5mm de diamètre.....	36
Figure IV.17 : Perçage de l'intérieur du piston avec un foret de 5mm de diamètre.....	36
Figure IV.18 : Perçage de finition avec la fraise de 20mm de diamètre.....	37
Figure IV.19 : Inclinaison de la broche de la fraiseuse de 8° avec une fraise de 20mm de diamètre.....	38
Figure IV.20 : Fraisage de la tête du piston avec une fraise de 20mm de diamètre.....	38
Figure IV.21 : Rendu de la pièce après le fraisage de la tête du piston.....	39
Figure IV.22 : Prise de mesure du centre du trou de l'axe de la bielle suivant l'ancien piston.....	39
Figure IV.23 : Perçage du trou de l'axe de la bielle avec un foret de 10mm en ébauche.....	40

Figure IV.24 : Passe de fraisage des jupes du piston.....	40
Figure IV.25 : Fraise pour rainure en T largeur 30mm.....	41
Figure IV.26 : Perçage avec la fraise en T de 30mm de diamètre.....	41
Figure IV.27 : Fraisage de finition des jupes avec une fraise en bout de 4mm de diamètre.....	42
Figure IV.28 : Rénovation de l'ARS avec la meuleuse.....	43
Figure IV.29 : ARS de 1mm rénové avec la meuleuse.....	43
Figure IV.30 : Tournage de la pièce avec l'ARS de 1mm pour les gorges de segment.....	44
Figure IV.31 : Vue du dessous du piston fini.....	44
Figure IV.32 : Vue de côté du piston fini.....	45
Figure IV.33 : Photo du piston fini.....	45

## Liste des tableaux

Tableau III.1 : Composition chimique nominale de l'aluminium 2017A (AlCu4MgSi (AU4G)) [13].....	17
Tableau III.2 : Propriétés physiques et élastiques de l'aluminium 2017A [4].....	17
Tableau IV.1 : Paramètres de coupe CncFraises pour une fraiseuse numérique type "Hobby" [3]. ...	29



# **Introduction Générale**

# Introduction Générale

Les pistons sont des éléments clés des moteurs à combustion interne, jouant un rôle essentiel dans la conversion de l'énergie de la combustion en puissance mécanique. Ils sont présents dans une grande variété de moteurs, qu'il s'agisse de voitures, de motos, d'avions ou même de machines industrielles.

Les pistons sont soumis à des conditions extrêmes de température, de pression et de vibrations, ce qui nécessite une conception et une fabrication précisés pour garantir leur durabilité et leur performance optimales. Des avancées constantes dans les matériaux, les revêtements et les technologies de fabrication ont permis d'améliorer l'efficacité et l'endurance des pistons, contribuant ainsi aux performances globales des moteurs.

Ce rapport détaille toutes les phases théoriques et pratiques de notre projet qui est composé de quatre chapitres disposés comme suit :

- Présentation du projet : initiera à la problématique du projet ainsi que la solution que nous apporterons.
- Généralités : introduira des définitions sur le domaine de notre projet ainsi que la problématique traitée.
- Aspect technique : exposera l'aspect technique et théorique de notre projet.
- Fabrication : détaillera l'ensemble de la procédure de fabrication du piston.

Finalement, nous terminerons avec une conclusion générale qui résumera notre travail et les connaissances acquises durant sa réalisation ainsi que les perspectives pour ce projet.

# **Chapitre I**

## **Présentation du projet**

## Présentation du projet

A l'université de Bejaïa, plus exactement dans le Hall de Technologie, une moto de la marque Minarelli est tombée en panne et n'est plus fonctionnelle. Un défaut dans son piston a été trouvé et nous y remédierons donc à travers notre projet.

### I.1. Caractéristiques de la moto

Son moteur est un **Rieju AM6**. C'est un moteur de moto 02 temps de 50cc fabriqué par la société espagnole Minarelli à la fin des années 1990. Il est utilisé dans de nombreuses motos, notamment les motos Rieju.



**Figure I.1:** La moto du Hall de Technologie l'université de Bejaïa.

### I.2. Problématique

Le piston du moteur à un cylindre de la moto a été fatalement endommagé durant une séance de maintenance du moteur à cause d'une mauvaise manipulation le rendant inutilisable. Par conséquent, la moto n'est plus fonctionnelle.



**Figure I.2:** Piston endommagé de la moto.

Le piston a été endommagé en 03 niveaux :

1. Jupe totalement rompue ;
2. Gorge de segment endommagée ;
3. Logement des segments usé.

### I.3. **Solution**

La solution que vise à apporter notre projet est la conception d'un nouveau piston en aluminium 2017A pour cette machine ainsi que son montage sur le moteur. Cela rendra possible la remise en marche de la moto.

# **Chapitre II**

## **Généralités**

# Généralités

## II.1. Moteur

### II.1.1. Définition

Le moteur est une machine capable de transformer une source d'énergie, qui peut être sous forme chimique (en présence d'un carburant), électrique ou thermique, en énergie mécanique ou en travail mécaniquement continu, typiquement utilisée dans des applications de terrain avec la propulsion de différents types de véhicules. [11]

### II.1.2. Moteur à 02 temps

Plus précisément, un moteur à 02 temps (ou moteur à cycle) est un type de moteur à combustion interne qui effectue le cycle de fonctionnement en deux temps de piston. L'admission de fluide actif doit se produire pendant une fraction de la course de compression, et l'échappement doit se produire pendant une fraction de la course de travail.

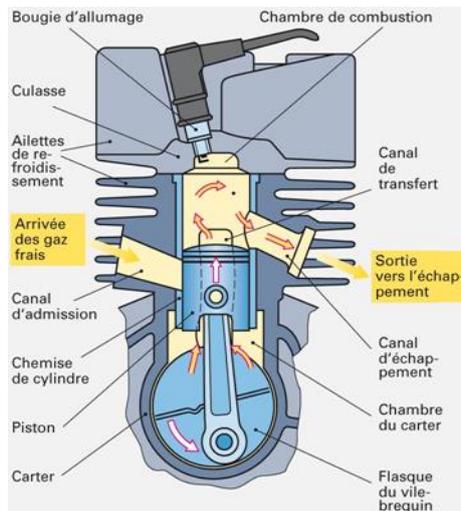


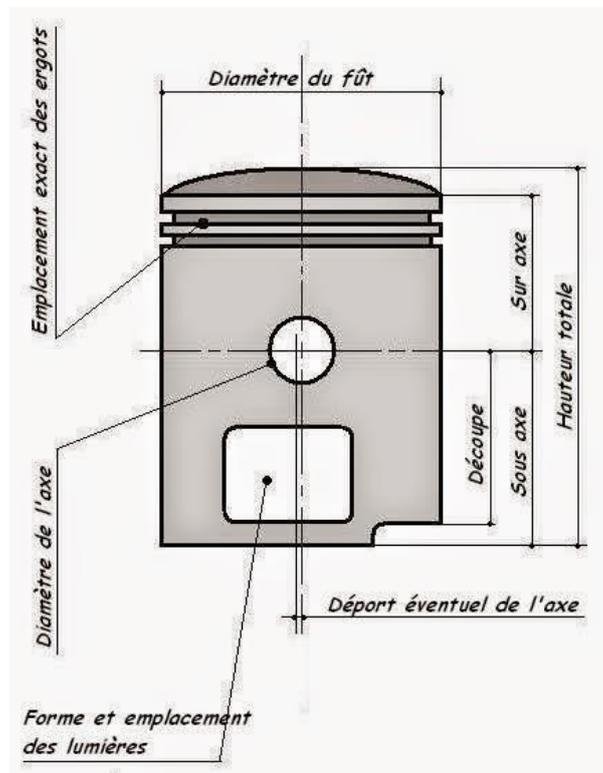
Figure II.1: Schéma d'un moteur à 02 temps [5].

## II.2. Piston

### II.2.1. Définition

Le piston est une pièce cylindrique mobile qui se déplace de manière alternée à l'intérieur du cylindre du moteur. Il est généralement fabriqué en métal résistant à la chaleur et à l'usure, tel que l'aluminium ou l'acier, et est doté de segments d'étanchéité pour maintenir la pression des gaz de combustion dans le cylindre.

Le rôle principal du piston est de comprimer le mélange air-carburant et de le faire exploser lors de la combustion. Cette explosion produit une force qui pousse le piston vers le bas, générant ainsi une puissance mécanique. En remontant, le piston évacue les gaz brûlés du cylindre pour préparer l'admission du nouveau mélange air-carburant.



**Figure II.2:** Schéma d'un piston moteur [8].

### II.2.2. Historique des pistons

L'histoire des pistons remonte à l'Antiquité, où des dispositifs rudimentaires de combustion et de conversion de l'énergie ont été développés. L'histoire des pistons se présente ainsi :

1. **Antiquité** : La première apparition du piston remonte à l'invention de l'orgue hydraulique, premier orgue de l'histoire, par Ctésibios, ingénieur grec du III<sup>e</sup> siècle av. J.-C. Le piston est dans ce cas utilisé afin de générer une bulle d'air nécessaire à la production d'un son dans le tuyau de l'orgue.

1. **Thomas Newcomen (1712)** : Le précurseur des moteurs à combustion interne était la machine à vapeur. Les premiers pistons utilisés étaient des cylindres en bois avec des garnitures d'étanchéité en cuir. Ils étaient actionnés par la pression de la vapeur, créant un mouvement alternatif.
2. **Etienne Lenoir (1859)** : Etienne a développé le premier moteur à combustion interne à pistons, connu sous le nom de moteur à gaz. Ce moteur utilisait une étincelle électrique pour allumer un mélange air-gaz dans un cylindre, provoquant l'expansion des gaz et le mouvement du piston.
3. **Nikolaus Otto (1876)** : Otto a breveté le moteur à quatre temps, qui est devenu le modèle de base pour la plupart des moteurs à combustion interne modernes. Le concept du piston à mouvement alternatif était essentiel dans le fonctionnement du moteur à quatre temps, comprimant le mélange air-carburant, le faisant exploser, et permettant l'échappement des gaz brûlés.
4. **Ere moderne** : Depuis lors, les pistons ont connu de nombreuses améliorations et évolutions. Les matériaux utilisés ont évolué, passant du bois au métal, avec des alliages d'aluminium et de fonte offrant une meilleure résistance et une plus grande légèreté. Les technologies de fabrication se sont également améliorées, permettant une précision accrue dans la conception des pistons.

### II.2.3. Principe du piston dans un moteur

Une pression est égale à une force sur une surface (force divisée par une surface). On a donc :

$$P = \frac{F}{S} \quad (2.1)$$

Avec :

- $P$  : La pression en Pascals (Pa) ;
- $F$  : La force en Newtons (N) ;
- $S$  : La surface en mètres carrés ( $m^2$ )

Cette pression  $P$  exercée sur la surface  $S$  du piston provoque le déplacement de celui-ci (appelé course  $C$ ) donc du point d'application de la force  $F$  cela crée un travail :

$$W = F \times C \quad (2.2)$$

Avec :

- $W$  : Le travail en Joules (J) ;
- $F$  : La force en Newtons (N) ;
- $S$  : La course en mètres (m).

#### **II.2.4. Durée de vie du piston**

Il faut éviter la surchauffe du moteur, ainsi que son fonctionnement permanent à des tours minute élevés car cela peut causer des dommages au piston moteur. Aussi, la pénétration de poussière dans la chambre de combustion du moteur entraîne l'usure prématurée des pistons moteur. D'autres facteurs comme le poids du véhicule, ses charges et son utilisation influent sur la durée de vie du piston.

Le piston moteur est une pièce résistante à l'usure, donc son remplacement s'effectue au besoin. En moyenne, la durée de vie de cette pièce dans une voiture est d'environ 250000 kilomètres [12].

Le piston d'une moto s'use beaucoup plus rapidement que celui d'une voiture. Il est donc recommandé de remplacer le piston d'un moteur moto tous les 15 à 20000 km. Il s'agit là d'un entretien courant [10].

#### **II.2.5. Signes de fin de vie d'un piston**

Les pistons, comme toutes les pièces mécaniques, ont une durée de vie limitée et peuvent montrer des signes de fatigue ou d'usure excessive au fil du temps. Voici quelques signes courants indiquant la fin de vie d'un piston :

- Bruits anormaux ;
- Perte de puissance et de performance ;
- Fumée d'échappement excessive (notamment de couleur bleue, blanche ou noire) ;
- Surchauffe du moteur ;
- Présence de dépôts ou de rayures sur le piston ;
- Corrosion ;
- Traces de chocs ;
- Fissures.



**Figure II.3:** Piston fissuré [14].

### II.3. Classification des pistons

#### II.3.1. Piston à jupe complète

Il s'agit de la classe de piston le plus courant. La jupe du piston est la partie qui couvre la majeure partie de la surface du cylindre. Il offre une meilleure stabilité et une meilleure résistance à l'usure.



**Figure II.4:** Piston jupe longue complète pour SoleX Ø40mm [15].

#### II.3.2. Piston à jupe courte

Dans ce type de piston, la jupe est plus courte, ce qui permet un mouvement plus libre et plus rapide du piston. Cependant, ce type de piston peut être moins stable que le piston à jupe complète.



**Figure II.5:** Piston jupe courte.

### II.3.3. Piston flottant

Sa tige est reliée au corps du piston par une broche qui permet au piston de se déplacer librement. Les pistons flottants sont souvent utilisés dans les moteurs diesel car ils peuvent mieux résister aux contraintes élevées.



**Figure II.6:** Piston flottant.

### II.3.4. Piston à compression élevée

Les pistons à compression élevée sont utilisés pour augmenter la puissance du moteur en augmentant la pression de combustion. Ces pistons doivent être utilisés avec un carburant de haute qualité pour éviter la détonation précoce.



**Figure II.7:** Piston à compression élevée par SRP.

## II.4. Types de piston

### II.4.1. Piston creux

Il a un espace creux à l'intérieur, qui peut être utilisé pour la réduire le poids ou pour permettre le passage des conduites d'eau ou d'huile.

### II.4.2. Piston plat

C'est le type de piston le plus courant, il est utilisé dans la plupart des moteurs à combustion interne. Il a une forme plate et est généralement en alliage d'aluminium ou en acier.

### II.4.3. Piston à dôme

Il a une forme concave sur la partie supérieure, ce qui permet de modifier la géométrie de la chambre de combustion et d'améliorer l'efficacité de la combustion.

Ces 03 types de pistons sont illustrés côte à côte avec (de gauche à droite) : Le piston creux, le piston plat et le piston à dôme.



**Figure II.8:** Types de pistons.

### II.5. Matériau du piston

Le matériau du piston dépend de l'application pour laquelle il est utilisé, chacun étant adapté à des applications spécifiques en fonction des exigences de performance et des contraintes techniques.

1. **Piston en fonte** : Les pistons en fonte sont robustes, durables et résistants à la chaleur, ce qui en fait un choix populaire pour les moteurs à combustion interne. Ils offrent une bonne résistance à l'usure et sont utilisés dans diverses applications, notamment les moteurs automobiles, les moteurs marins et les moteurs industriels.
2. **Piston en aluminium** : Les pistons en aluminium sont plus légers que ceux en fonte, ce qui réduit le poids total du moteur. Ils sont également plus conducteurs thermiques, ce qui aide à dissiper la chaleur plus efficacement. Les pistons en aluminium sont couramment utilisés dans les moteurs automobiles pour améliorer l'efficacité énergétique et les performances.
3. **Piston forgé** : Les pistons forgés sont fabriqués en chauffant et en martelant un bloc de métal pour lui donner une forme spécifique. Ils sont connus pour leur résistance et leur durabilité accrues, ce qui en fait un choix populaire pour les moteurs haute performance et les applications exigeantes.
4. **Piston moulé** : Les pistons moulés sont fabriqués en coulant du métal fondu dans un moule pour obtenir la forme souhaitée. Ils offrent une production plus économique et

sont utilisés dans une variété de moteurs, des moteurs automobiles aux petits moteurs industriels.

5. **Piston en acier** : Les pistons en acier sont utilisés dans des applications extrêmes où une résistance maximale est requise, comme les moteurs diesel de gros véhicules commerciaux, les moteurs marins et les moteurs de compétition.
6. **Piston en alliage léger** : Les pistons en alliage léger, tels que ceux en titane ou en alliages spécifiques, sont utilisés dans les moteurs de haute performance pour réduire le poids et augmenter la résistance à la chaleur. Ils sont souvent utilisés dans les moteurs de course où les performances maximales sont essentielles.

## II.6. Eléments d'alliage

Les éléments d'alliage sont ajoutés aux métaux de base pour améliorer leurs propriétés physiques, mécaniques et chimiques. Ils sont souvent ajoutés en petites quantités, mais ont un impact significatif sur les propriétés du matériau. Voici quelques exemples de l'impact des éléments d'alliage.

- **Résistance** : Les éléments d'alliage tels que le chrome, le molybdène et le nickel sont souvent ajoutés pour augmenter la résistance du matériau.
- **Ductilité (aptitude à se déformer)** : Les éléments d'alliage tels que le magnésium, le zinc et le cuivre peuvent augmenter la ductilité et la malléabilité du matériau.
- **Résistance à la corrosion** : Les éléments d'alliage tels que le chrome, le cuivre et le nickel sont souvent ajoutés pour améliorer la résistance à la corrosion.
- **Conductivité thermique** : Les éléments d'alliage tels que l'aluminium et le cuivre sont souvent ajoutés pour augmenter la conductivité thermique du matériau.
- **Ténacité** : Les éléments d'alliage tels que le nickel et le molybdène sont souvent ajoutés pour augmenter la ténacité du matériau.
- **Propriétés électriques** : Les éléments d'alliage tels que l'argent, le cuivre et l'or sont souvent ajoutés pour améliorer les propriétés électriques du matériau.

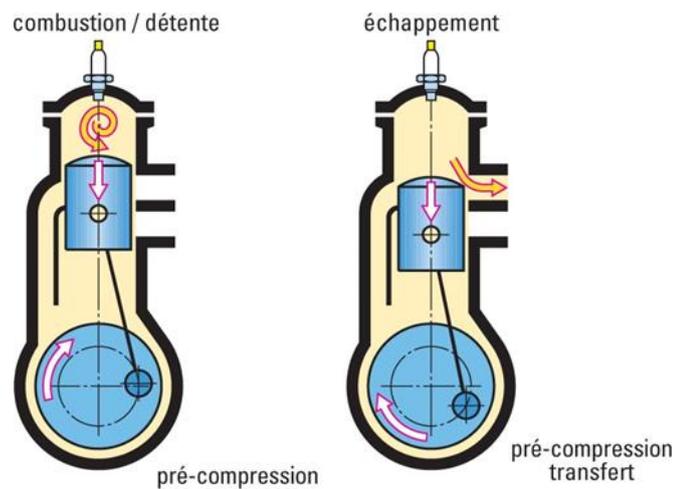
## II.7. Fonctionnement d'un piston

Le fonctionnement d'un piston se divise en 04 étapes :

1. **Admission** : Le piston est au point mort haut, la soupape d'échappement est fermée et le volume compris entre le piston et le fond du cylindre est occupé par des gaz brûlés provenant de combustions antérieures, la soupape d'admission s'ouvre pour établir la

communication entre le carburateur et le cylindre. Tiré vers le bas par le vilebrequin, le piston descend et aspire un nouveau mélange air/carburant provenant du carburateur. Près de la fin de course du piston (point mort bas), la soupape d'admission se ferme par un mécanisme liant la soupape au vilebrequin.

2. **Compression** : La course de compression commence lorsque la soupape d'admission se ferme et que le piston sous l'action du vilebrequin commence à se déplacer vers le haut du cylindre, comprimant le mélange dans un petit espace (chambre de combustion) en haut du cylindre.
3. **Combustion** : Le mélange est mis à feu par une bougie dont l'alimentation par haute tension électrique se fait par intervalles appropriés. Instantanément, le mélange commence à brûler près de la bougie et la flamme se propage très rapidement jusqu'à ce que le mélange soit entièrement consumé. Bien que la combustion soit rapide, ce n'est cependant pas une explosion. Cela provoque une augmentation de la pression dans le cylindre et force le piston vers le bas loin de la tête de cylindre, créant ainsi la force motrice qui fait tourner le vilebrequin. Lorsque le piston est proche du point bas de sa course, la soupape d'échappement s'ouvre et laisse les gaz chauds s'échapper.
4. **Echappement** : La presque totalité des gaz brûlés est rejetée par la remontée du piston vers la tête de cylindre. Juste avant que le piston atteigne le point mort haut la soupape d'admission s'ouvre et la soupape d'échappement reste ouverte quelques instants après le point mort haut. A un instant donné, par conséquent, les deux soupapes sont ouvertes en même temps (fin de la course d'échappement et début de la course d'admission répétant ainsi le cycle).



**Figure II.9:** Schéma du fonctionnement d'un piston moteur à 02 temps [6].

### II.7.1. Température de fonctionnement

La température de fonctionnement du piston d'un moteur dépend de plusieurs facteurs, tels que la conception du moteur, le type de carburant utilisé, la charge sur le moteur, la vitesse de rotation et la qualité de la lubrification.

En général, la température de fonctionnement du piston peut varier entre 150°C et 350°C. Cependant, il est important de noter que des températures de fonctionnement élevées peuvent entraîner des problèmes tels que l'usure excessive du piston, la dilatation thermique excessive, la déformation et même la fusion du métal.

Par conséquent, les ingénieurs qui conçoivent des moteurs cherchent à maintenir la température du piston aussi basse que possible, tout en assurant une combustion efficace et une performance optimale.

Les techniques de refroidissement par air ou par liquide sont souvent utilisées pour contrôler la température de fonctionnement du piston.

### II.7.2. Chargement d'un piston

Le chargement d'un piston est un terme utilisé pour décrire la force exercée sur le piston d'un moteur lorsqu'il est soumis à la combustion de l'air et du carburant à l'intérieur de la chambre de combustion. Cette force est transmise par la bielle et est utilisée pour générer le mouvement du piston, qui est finalement converti en mouvement rotatif par le vilebrequin. Il dépend de plusieurs facteurs, tels que la conception du moteur, le type de carburant utilisé, le régime moteur et la charge appliquée. Un chargement excessif peut entraîner une usure prématurée des composants du moteur, une augmentation de la consommation de carburant et une réduction de la performance globale.

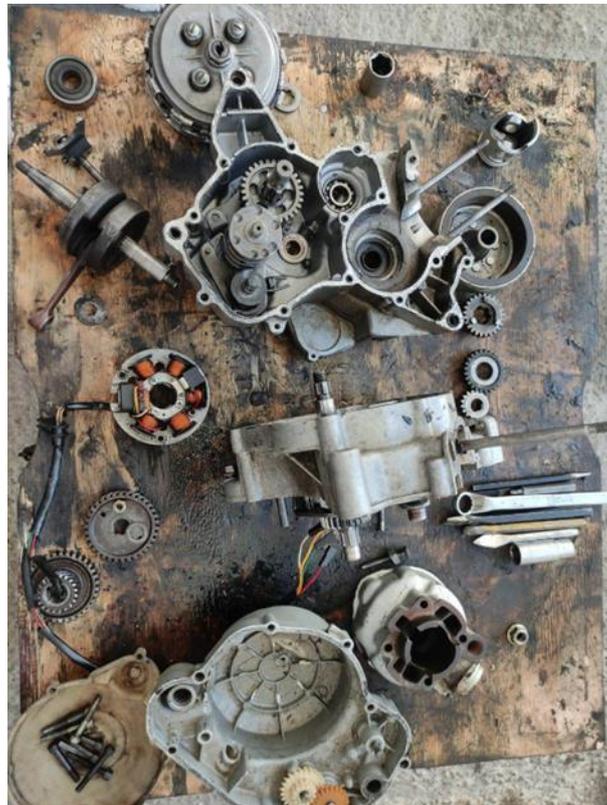
Les ingénieurs qui conçoivent des moteurs cherchent à optimiser le chargement du piston en utilisant des techniques telles que l'augmentation de la compression, l'ajustement de la taille de la chambre de combustion, l'utilisation de carburants à haut pouvoir calorifique et l'optimisation de la géométrie du piston et de la bielle.

# **Chapitre III**

## **Aspect technique**

## Aspect technique

La création d'un piston moteur implique une approche technique et théorique précise pour assurer son bon fonctionnement. L'aspect technique comprend la conception du piston en utilisant des logiciels de modélisation 3D et des outils de conception assistée par ordinateur (CAO). Les ingénieurs doivent tenir compte de nombreux facteurs, tels que la cylindrée du moteur, la course du piston, les exigences de puissance, les contraintes mécaniques et thermiques, ainsi que les propriétés des matériaux utilisés. Il faut donc bien étudier le moteur utilisé (Minarelli 50cc).



**Figure III.1:** Moteur de la moto désassemblé.

### III.1. Choix du matériau

Pour ce piston, nous avons choisi comme matériau l'**aluminium 2017A (AU4G)** (AlCu4MgSi). C'est un alliage de corroyage, traitable par durcissement structural, qui offre un bon compromis entre forte résistance et ductilité [20].

Nous avons fait ce choix car c'est le matériau le plus fidèle au matériau du piston endommagé que nous avons trouvé sur le marché. Aussi, l'aluminium 2017A convient bien à notre projet grâce à ses caractéristiques, parmi lesquelles on trouve :

- L'aluminium est très léger ;
- L'aluminium est assez solide pour les besoins de notre projet (moteur 50cc) ;
- Bonne usinabilité (facile de manipulation) ;
- Résistance à la corrosion de l'air suffisante.

Cet alliage basé sur l'aluminium possède de bonnes caractéristiques mécaniques. En effet, c'est le plus utilisé en mécanique générale (dans les secteurs de la constructions mécaniques et les machines spéciales par exemple). Il convient ainsi aux exigences de notre projet.

### III.1.1. Composition chimique nominale (en %) de l'aluminium 2017A

Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Al
0,20 à 0,80	max 0,7	3,5 à 4,5	0,40 à 1,0	0,40 à 1,0	0,1	0,25	-	Reste

**Table III.1:** Composition chimique nominale de l'aluminium 2017A (AlCu4MgSi (AU4G))

[13]

### III.2. Propriétés physiques et élastiques de l'aluminium 2017A

Elastique			Physique						
$E$	$G$	$\nu$	$T_{sol}$	$T_{liq}$	$C_p$	$A$	$\rho$	$\rho_{el}$	$\lambda$
72500	27200	0.33	510	645	873	22.9	2790	51	134

**Table III.2:** Propriétés physiques et élastiques de l'aluminium 2017A [4]

Avec :

- $E$  : Module d'élasticité en Méga Pascals (MPa) ;
- $G$  : Module d'élasticité en Méga Pascals (MPa) ;
- $\nu$  : Coefficient de Poisson ;

- $T_{sol}$  : Température de solidité en Celsius ( $C^{\circ}$ ) ;
- $T_{liq}$  : Température de fusion en Celsius ( $C^{\circ}$ ) ;
- $C_p$  : Chaleur spécifique ( $J \cdot Kg^{-1} \cdot K^{-1}$ ) ;
- $\alpha$  : Coefficient de dilatation thermique ( $\mu m \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ ) ;
- $\rho$  : Densité ( $Kg \cdot m^{-3}$ ) ;
- $\rho_{el}$  : Résistivité ( $n \cdot \Omega m$ ) ;
- $\lambda$  : Conductivité thermique ( $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ ).

### III.3. Dimensionnement du piston

Les dimensions du piston dépendent de la chemise du moteur. Celle-ci possède un diamètre de 43mm.



**Figure III.2:** Chemise du moteur de la moto ( $\varnothing = 43\text{mm}$ ).

#### II.3.1. Diamètre du piston

La tolérance entre le piston et la chemise d'un moteur dépend du type de moteur et des spécifications du fabricant. Les tolérances spécifiques peuvent varier en fonction de la conception du moteur, du matériau utilisé et d'autres facteurs.

Dans de nombreux moteurs, la tolérance entre le piston et la chemise est généralement comprise entre  $0,03\text{mm}$  et  $0,15\text{mm}$ . Cependant, il est important de noter que ces valeurs peuvent varier en fonction de la taille du moteur, de l'application et des spécifications du fabricant.

Dans notre cas, la chemise est d'un diamètre de  $43\text{mm}$ , ainsi :

$$\varnothing_{\text{piston}} = 43_{-0,03}^{+0,15}\text{mm} \quad (3.1)$$

### II.3.2. Axe du piston

L'axe du piston est **creux**.

Nous avons fait ce choix car l'utilisation d'un piston creux diminue le poids total du piston le rendant ainsi plus léger (d'une dizaine de grammes) offrant ainsi une meilleure réactivité du moteur. L'axe creux permet aussi une meilleure lubrification à l'intérieur du piston et aussi son refroidissement grâce au passage d'huile et de liquide de refroidissement.

### II.3.3. Course du piston

La course du piston «C» est la distance parcourue en millimètres (mm) du piston dans la cylindrée entre son point le plus bas et son point le plus haut.

Celle-ci est calculée grâce au volume  $V$  de la cylindrée est donnée par l'équation :

$$V = \pi \cdot \left(\frac{\varnothing_{\text{chemise}}}{2}\right)^2 \cdot C \quad (3.2)$$

Avec :

- $V$  : Volume de la cylindrée ;
- $\varnothing_{\text{chemise}}$  : Diamètre de la chemise (ou du piston) ;
- $C$  : Course.

Avec les valeurs  $V = 50\text{cc}$  et  $\varnothing_{\text{chemise}} = 43\text{mm}$ , on déduit la valeur de la Course :

$$C = 34\text{mm} \quad (3.3)$$

## III.4. SolidWorks

SolidWorks est un logiciel de conception de CAO 3D (conception assistée par ordinateur) pour modéliser des plans et des assemblages 3D et 2D. Le logiciel proposant une gamme de solutions pour couvrir les aspects impliqués dans le processus de développement de produits. Ses produits offrent la possibilité de créer, de concevoir, de simuler, de fabriquer, de publier et de gérer les données du processus de conception [2].

SolidWorks Corp. a été fondée en 1993 par Jon Hirschtick au Massachusetts avant d'être acquise par la société Dassault Systèmes (éditeur de logiciels spécialisé dans la conception 3D, le maquettisme numérique 3D et les solutions pour la gestion du cycle de vie d'un produit (PLM) [16]) en 1997, devenant ainsi une filiale à Dassault Systèmes.



**Figure III.3:** Logo du logiciel SolidWorks (2023).

La version de SolidWorks utilisée dans ce projet est celle de 2014. Elle a permis la création des deux mises en plan (du piston endommagé et de notre piston).

# **Chapitre IV**

## **Fabrication**

# Fabrication

Après une étude de l'aspect technique et théorique du piston (qui nous a permis de produire sa mise en plan avec ses dimensions exactes). Nous passerons à l'étape de la fabrication en respectant une gamme d'usinage et en utilisant les machines adéquates avec les configurations conformes au matériau utilisé (aluminium 2017A, notamment) pour obtenir un produit propre et fini pour finalement l'installer dans le moteur.

## IV.1. Machines utilisées

### IV.1.1. Machine-outil tour

Le tour est une machine-outil permettant la production de pièces mécaniques par enlèvement de copeaux (usinage) [19]. La plupart du temps la pièce tourne à une vitesse calculée (vitesse de rotation en tours/minute) accompagnée d'un avance travail (en mètres/minute).

La machine-outil tour utilisée dans ce projet est celle disponible au Hall de Technologie, qui est de la marque TOS (référence SN 40 C). Ses caractéristiques sont [7] :

- Distance entre les centres : 1000mm.
- Passage max au-dessus du banc : 400mm.
- Passage dans la broche : 58mm.



**Figure IV.1:** Machine-outil tour du Hall de Technologie.



**Figure IV.2:** Vitesses de rotation de la machine-outil tour.

#### IV.1.2. Machine-outil fraiseuse

Une fraiseuse est une machine-outil utilisée pour usiner tous types de pièces mécaniques, à l'unité ou en série, par enlèvement de matière à partir de blocs ou parfois d'ébauches estampées ou moulées, à l'aide d'un outil coupant nommé fraise. En dehors de cet outil qui lui a donné son nom, une fraiseuse peut également être équipée de foret, de taraud ou d'alésoir [17].



**Figure IV.3:** Fraiseuse de la marque ALMO du Hall de Technologie.



**Figure IV.4:** Vitesses de rotation de la broche de la fraiseuse en tours par minute.



**Figure IV.5:** Vitesses d'avance de la table de la fraiseuse en mètres par minute.

### IV.1.3. Meuleuse

C'est une machine principalement utilisée pour polir, ébavurer, affûter des outils, nettoyer et surfacer des matériaux. Elle marche en entrainant en rotation un outil meule.



**Figure IV.6:** Meuleuse du Hall de Technologie.

## **IV.2. Outils de coupe**

### **IV.2.1. Les fraises**

Ce sont des outils rotatifs munis de dents coupantes sur leurs bords. Les fraises sont principalement utilisées sur les fraiseuses pour réaliser des opérations de fraisage, telles que l'enlèvement de matière sur des surfaces planes ou la création de rainures et de cavités complexes.

### **IV.2.2. Les forets**

Ce sont des outils cylindriques dotés d'une pointe conique et de cannelures hélicoïdales. Les forets sont utilisés pour percer des trous précis dans les pièces. Ils peuvent être utilisés sur des machines-outils telles que les perceuses ou les centres d'usinage.

### **IV.2.3. Les outils de tournage**

Ces outils sont utilisés sur les tours pour donner la forme souhaitée aux pièces en rotation. Ils sont fixés sur un porte-outil et peuvent être utilisés pour réaliser des opérations de coupe longitudinale, transversale et de filetage.

### **IV.2.4. Les alésoirs**

Ces outils sont utilisés pour réaliser des trous de précision et obtenir une finition de surface lisse et régulière. Les alésoirs sont souvent utilisés après le perçage initial pour ajuster les dimensions du trou.

### **IV.2.5. Les plaquettes de coupe**

Ce sont des éléments interchangeables utilisés dans divers outils de coupe tels que les fraises, les forets et les outils de tournage. Les plaquettes de coupe sont généralement en carbure

de tungstène ou en céramique, et elles permettent une usure plus lente de l'outil principal tout en offrant des performances de coupe optimales.

#### IV.2.6. Acier rapide supérieur (ARS)

C'est un terme qui sert à désigner les aciers outils ayant la capacité de conserver leur trempe à haute température. Ils sont surtout employés pour la découpe à haute vitesse.

### IV.3. Outils de coupe utilisés

#### IV.3.1. Tournage

L'outil utilisé dans le tournage est un outil de la référence **DKJNR 2020K 16** sur lequel est montée une plaquette **KNUX 160405R**.



**Figure IV.7:** Outil de coupe et plaquette utilisés pour le tournage de la pièce.

En outre, nous avons utilisé un outil en ARS de référence **UK ISO7R1212P 30** (rénové).

#### IV.3.2. Perçage

Les outils de coupe utilisés pour le perçage sont :

- Foret de 5mm de diamètre ;
- Foret de 10mm de diamètre ;
- Foret de 14mm de diamètre ;
- Foret de 18mm de diamètre ;

- Fraise en bout de 12mm de diamètre ;
- Fraise en bout de 20mm de diamètre ;
- Fraise pour rainure en T de 30mm de diamètre.

### IV.3.3. Fraisage

Les outils de coupe utilisés pour le fraisage sont :

- Fraise en bout de 4mm de diamètre ;
- Fraise en bout de 20mm de diamètre.

## IV.4. Coupe des métaux

Après le choix du matériau, il est important de choisir les bons **paramètres de coupe** pour ce dernier. Ceci se réalise en suivant la théorie des coupes des matériaux et les formules mathématiques suivantes avec :

- $V_c$  : vitesse de coupe en mètres par minute ( $m \cdot \text{min}^{-1}$ ) ;
- $V_f$  : vitesse d'avance en millimètres par minute ( $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ) ;
- $f_z$  : avance par tour en millimètres par dent ;
- $n$  : fréquence de rotation de l'outil en tour par minute ( $\text{tr} \cdot \text{min}^{-1}$ ) ;
- $D$  : diamètre de l'outil (mm) ;
- $Z$  : nombre de dents de la fraise ;
- $a_p$  : profondeur de passe en millimètres (mm) ;

$K$  : coefficient de calcul de la profondeur de passe.

### IV.4.1. Fréquence de rotation de la broche $n$

$$n = \frac{1000.V_c}{\pi.D} \quad (4.1)$$

### IV.4.2. Vitesse d'avance $V_f$

$$V_f = n.f_z.Z \quad (4.2)$$

### IV.4.3. Vitesse de coupe $V_c$

$$V_c = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000} \quad (4.3)$$

#### IV.4.4. Avance par dent $f_x$

$$f_z = \frac{V_f}{z \cdot n} \quad (4.4)$$

#### IV.4.5. Profondeur de coupe $a_p$

$$a_p = K \cdot D \quad (4.5)$$

Le coefficient  $K$  est donné par le fournisseur du matériau. Sa valeur classique est  $K = 0.4$ , il dépend cependant de la **lubrification** et de l'outil utilisé.

La lubrification sert à éviter la surchauffe du matériau et de l'outil par frottement et des éventuels problèmes qui en découlent, notamment :

- Mauvais surfaçage ;
- Fragiliser ou endommager la pièce usinée ;
- Diminuer la durée de vie de l'outil ;
- Reste des copeaux dans l'outil et la pièce ;
- Soudage de l'outil avec la pièce.

La lubrification est primordiale dans le perçage. Elle se fait avec une matière grasse liquide comme de l'huile ou de la graisse. **SAFECUT M 140** est exempt de formaldéhyde ; Ce liquide possède d'excellentes propriétés pour la lubrification et le refroidissement des opérations d'usinage les plus courantes [9].

Pour déterminer les valeurs de base pour usiner un matériau, l'opérateur aura recours à un **abaque** (fourni par les fabricants) qui donnera pour une matière donnée les deux paramètres :  $V_c$  et  $f_x$ .

### IV.5. Usinage de l'aluminium 2017A

#### IV.5.1. Fraisage de l'aluminium

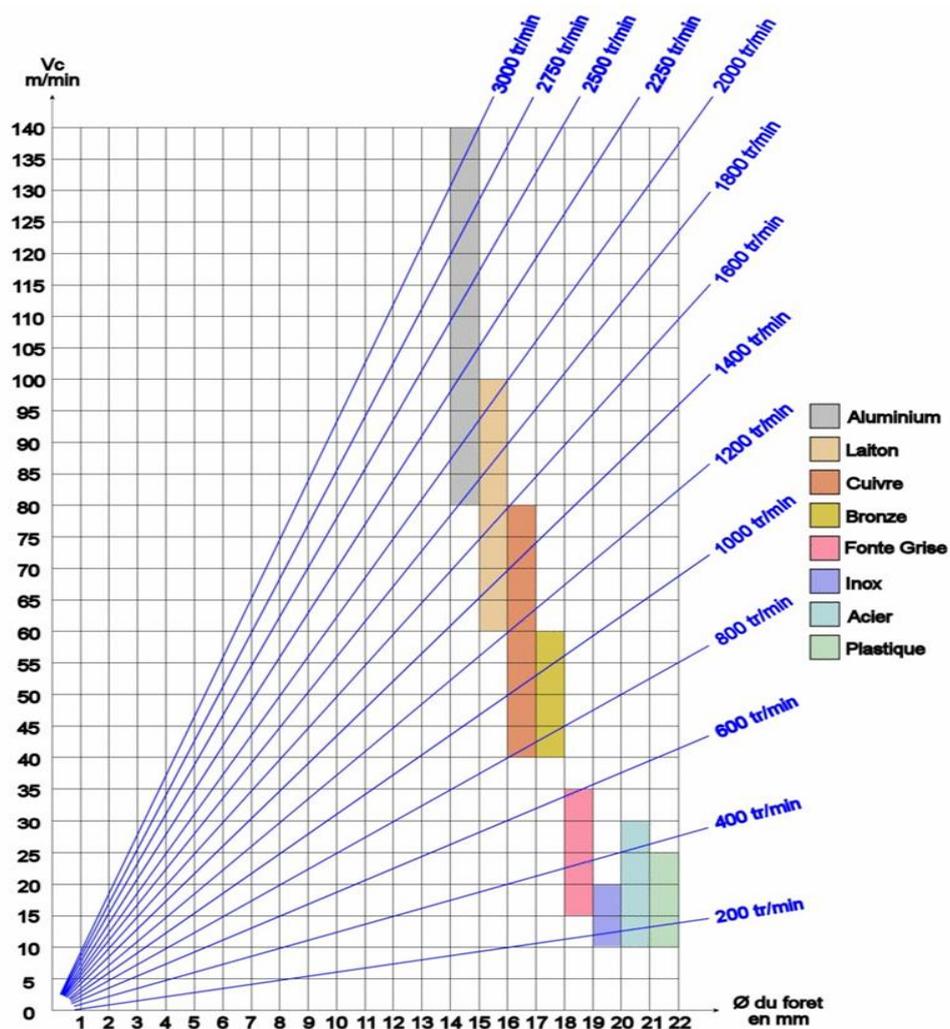
Dans le fraisage, l'aluminium possède une vitesse de coupe  $V_c$  entre 100 et 150 m/min. Pour trouver l'avance par dent  $f_x$  suivant le diamètre de coupe  $D$ , il suffit de lire les valeurs du tableau suivant :

Matériau	$V_c$ en (m/min)	Diamètre de coupe de l'outil $D$ en (mm)						
		$\geq 1$ mm	$\geq 2$ mm	$\geq 3$ mm	$\geq 4$ mm	$\geq 5$ mm	$\geq 6$ mm	$\geq 8$ mm
		Avance par dent $f_x$ en (mm/dent)						
Aluminium (2017A, 5083, etc.)	100-150	0.010	0.010	0.010	0.015	0.015	0.020	0.030

**Tableau IV.1:** Paramètres de coupe CncFraises pour une fraiseuse numérique type "Hobby" [3].

### IV.5.2. Perçage de l'aluminium

La vitesse de coupe  $V_c$  de l'aluminium pour perçage est de 80 à 140 mm/min. Suivant le diamètre du foret, il suffit de trouver le point d'intersection avec la valeur de la  $V_c$  et la ligne indiquant la vitesse de rotation du foret en tr/min.



**Figure IV.8 :** Abaque de perçage.

### IV.5.3. Tournage de l'aluminium

L'aluminium possède une vitesse de coupe  $V_c$  entre 100 et 150 m/min dans le tournage. Suivant le diamètre de la pièce à tourner et la  $V_c$  du matériau, on en déduit la vitesse de rotation en tr/min.

Diamètre de tournage en mm	Tournage : Vitesses de coupe (m/min)																	
	10	15	20	25	30	40	50	75	100	125	150	175	200	225	250	300	400	500
	Tours par minutes																	
5	637	955	1273	1592	1910	2546	3183	4775	6366	7958	9549	11141	12732	14324	15915	19099	25465	31831
10	318	477	637	796	955	1273	1592	2387	3183	3979	4775	5570	6366	7162	7958	9549	12732	15915
15	212	318	424	531	637	849	1061	1592	2122	2653	3183	3714	4244	4775	5305	6366	8488	10610
20	159	239	318	398	477	637	796	1194	1592	1989	2387	2785	3183	3581	3979	4775	6366	7958
25	127	191	255	318	382	509	637	955	1273	1592	1910	2228	2546	2865	3183	3820	5093	6366
30	106	159	212	265	318	424	531	796	1061	1326	1592	1857	2122	2387	2653	3183	4244	5305
35	91	136	182	227	273	364	455	682	909	1137	1364	1592	1819	2046	2274	2728	3638	4547
40	80	119	159	199	239	318	398	597	796	995	1194	1393	1592	1790	1989	2387	3183	3979
45	71	106	141	177	212	283	354	531	707	884	1061	1238	1415	1592	1768	2122	2829	3537
50	64	95	127	159	191	255	318	477	637	796	955	1114	1273	1432	1592	1910	2546	3183
60	53	80	106	133	159	212	265	398	531	663	796	928	1061	1194	1326	1592	2122	2653
70	45	68	91	114	136	182	227	341	455	568	682	796	909	1023	1137	1364	1819	2274
80	40	60	80	99	119	159	199	298	398	497	597	696	796	895	995	1194	1592	1989
90	35	53	71	88	106	141	177	265	354	442	531	619	707	796	884	1061	1415	1768
100	32	48	64	80	95	127	159	239	318	398	477	557	637	716	796	955	1273	1592
110	29	43	58	72	87	116	145	217	289	362	434	506	579	651	723	868	1157	1447
120	27	40	53	66	80	106	133	199	265	332	398	464	531	597	663	796	1061	1326
130	24	37	49	61	73	98	122	184	245	306	367	428	490	551	612	735	979	1224
140	23	34	45	57	68	91	114	171	227	284	341	398	455	512	568	682	909	1137
150	21	32	42	53	64	85	106	159	212	265	318	371	424	477	531	637	849	1061
160	20	30	40	50	60	80	99	149	199	249	298	348	398	448	497	597	796	995
170	19	28	37	47	56	75	94	140	187	234	281	328	374	421	468	562	749	936
180	18	27	35	44	53	71	88	133	177	221	265	309	354	398	442	531	707	884
190	17	25	34	42	50	67	84	126	168	209	251	293	335	377	419	503	670	838
200	16	24	32	40	48	64	80	119	159	199	239	279	318	358	398	477	637	796
210	15	23	30	38	45	61	76	114	152	189	227	265	303	341	379	455	606	758
220	14	22	29	36	43	58	72	109	145	181	217	253	289	326	362	434	579	723
230	14	21	28	35	42	55	69	104	138	173	208	242	277	311	346	415	554	692
240	13	20	27	33	40	53	66	99	133	166	199	232	265	298	332	398	531	663
250	13	19	25	32	38	51	64	95	127	159	191	223	255	286	318	382	509	637

Figure IV.9: Abaque de tournage [1].

#### IV.6. Produit brut

Le produit brut utilisé est un cylindre d'aluminium 2017A de 50mm de diamètre pour une hauteur de 120mm.

#### IV.7. Gamme d'usinage

La gamme d'usinage est une feuille donnant l'ordre chronologique des différentes opérations d'usinage d'une pièce en fonction des moyens d'usinage.

La feuille résume l'étude et doit [18] :

- Permettre l'identification de la pièce étudiée ;
- Présenter très clairement la succession des phases ;
- Préciser les surfaces usinées à chaque phase ;
- Indiquer le temps alloué pour l'usinage de la pièce

Il doit y avoir autant de gammes que de pièces dans l'ensemble à fabriquer. Dans notre cas, il s'agit que d'une seule pièce qui est le piston, nous aurons donc une gamme d'usinage.

La gamme d'usinage commence par l'identification de la pièce c'est-à-dire son nom, l'organe auquel elle appartient, le mécanisme à réaliser, la nature du métal à usiner et son état brut.

Les phases représentées dans la gamme d'usinage sont numérotées de 10 en 10 (ce qui permet l'introduction d'une phase mal placée ou oubliée). Elles comportent la machine-outil utilisée, un croquis de la pièce, l'outillage, le contrôle et le temps alloué à la phase.

Nous avons élaboré une gamme d'usinage de 02 pages pour une unique pièce (le piston) composée de 08 phases illustrées par des croquis à l'échelle 1 : 1 sur un total de 18 opérations. Celle-ci est présentée dans la figure suivante :

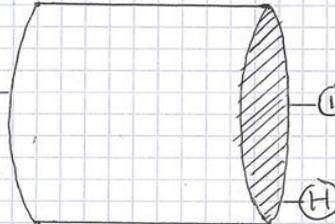
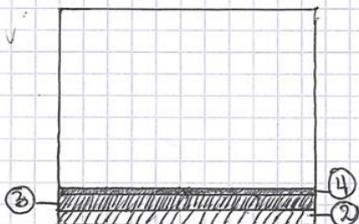
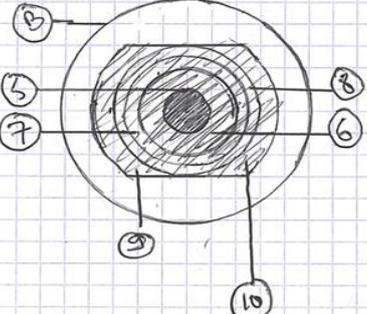
GAMME D'USINAGE				
Élément	Piston	Matériau	Aluminium 2017A	
Organe	Cylindre	Brut	Aluminium 2017A	
Ensemble	Moteur Moto-cyclo	Nombre	1	
Phase	Désignation	M.O	Croquis	Outil
10	Dressage ①	Tour		DKJNR 2020k 16 KNUX
20	Chariotage ② à 3mm et ③ à 3mm et ④ à 0,1mm (finition)	Tour		DKJNR 2020k 16 KNUX
30	Perçage ⑤ à 5mm et ⑥ à 10mm et ⑦ à 14mm et ⑧ à 20mm avec décalage 7,1mm gauche et droit ⑨ et ⑩	Frais.		Forets 5, 10 et 14mm et Fraise 20mm

Figure IV.10 : Première page de la gamme d'usinage du piston.

40	Fraisage incliné de 8° (11)	Frais.		Fraise 20mm
50	Perçage 5mm à (12) et 10mm à (13) et 12mm à (14) (Finition)	Frais.		Forets 5 et 10mm Fraise 12mm
60	Fraisage (15) 7 x 2mm	Frais.		Fraise 20mm
70	Perçage (16) 30mm			Fraise en T 30mm Ø
80	Tournage (17) 1,5mm et (18) 1,3mm	Tour		ARS 1mm

Figure IV.11 : Deuxième page de la gamme d'usinage du piston.

## IV.8. Phases de l'usinage

### IV.8.1. Dressage et chariotage (tournage)

#### Centrage de l'outil

La poupée est une partie de la machine qui soutient l'extrémité opposée de la pièce à usiner pendant l'opération de tournage. Elle est généralement située à l'extrémité opposée de la broche principale.

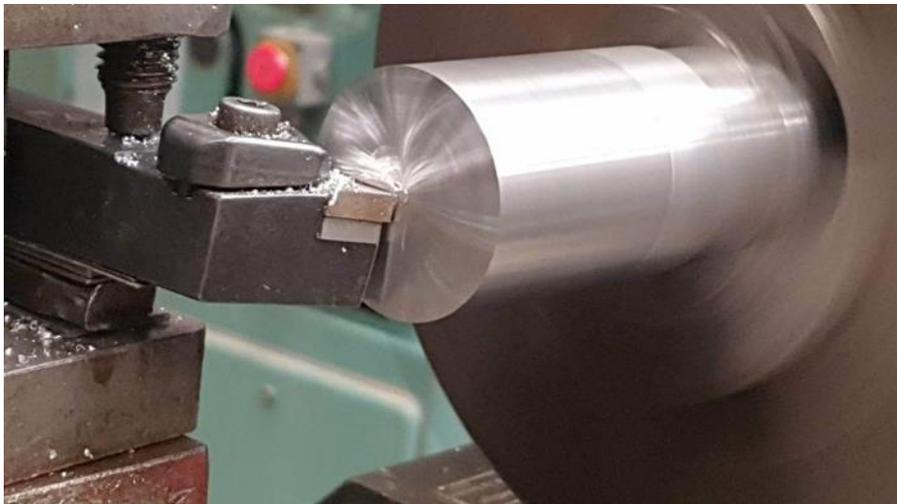
En utilisant la poupée, nous avons pu centrer l'outil par rapport à la pièce comme suit :



**Figure IV.12 :** Centrage de l'outil de la machine-outil tour grâce à la poupée.

### **Dressage**

Le dressage est une opération consistant à usiner des faces plates sur une machine-outil. Plus particulièrement sur un tour, le dressage correspond à un déplacement de l'outil suivant un axe **perpendiculaire** à l'axe de rotation de la pièce.



**Figure IV.13 :** Dressage à la machine-outil tour.

### **Chariotage**

Le chariotage est une opération consistant à usiner sur une machine-outil tour un cylindre d'un certain diamètre par déplacement de l'outil de coupe suivant un axe **parallèle** à l'axe de rotation de la pièce.

Le diamètre initial du produit brut est de 50mm, nous voulons arriver à 43mm ; La différence vaut donc 7mm. Nous avons les deux profondeurs de passes (ébauche et finition) :

$$a_p \text{ ébauche} = 4 \times \epsilon_p = 3,2\text{mm} \quad (4.6)$$

$$a_p \text{ finition} = 0,7 \times \epsilon_p = 0,56\text{mm} \quad (4.7)$$

Donc, nous avons pris  $a_p \text{ ébauche} = 3\text{mm}$  et  $a_p \text{ finition} = 0,5\text{mm}$ .

Le nombre de passes en ébauche  $n_{\text{ébauche}}$  se calcule comme suit :

$$n_{\text{ébauche}} = 7 \text{ div } 3 = 2 \quad (4.8)$$

Le nombre de passes  $n_{\text{finition}} = 1$  se fera sur le millimètre restant.

Nous allons donc effectuer deux passes en ébauche de 3mm chacune, obtenant ainsi un cylindre de 44mm, puis une passe de finition de 0,5mm pour un cylindre de 43,5mm. Le 0,5mm restant a été épargné pour ne pas affecter l'état de surface du piston durant les prochaines (notamment sur le diviseur).



**Figure IV.14 :** Passe de finition à 0,5mm (chariotage).

Le dressage et le chariotage ont été faits en utilisant la plaquette KNUX 160405R montée sur l'outil DKJNR 2020K 16.

Vitesses de coupe

Dans la machine-outil tour, l'aluminium 2017A possède une  $V_c$  entre 100 et 150m/min. Nous allons considérer la  $V_c = 125\text{m/min}$ . La pièce possède un diamètre initial de  $D = 50\text{mm}$ .

En utilisant l'équation de la vitesse de rotation de la broche (4.1) et celle de la vitesse d'avance (4.2), on trouve avec les valeurs  $V_c = 125\text{m/min}$ ,  $D = 50\text{mm}$ ,  $f_{\text{ébauche}} = 0,4 \times 0,8 = 0,32\text{mm/tr}$  et  $f_{\text{finition}} = 0,2 \times 0,8 = 0,16\text{mm/tr}$  :

- $n = \frac{1000 \times 125}{\pi \times 50} \Rightarrow n = 796, 17\text{tr/min.}$
- $V_f \text{ ébauche} = 796, 17 \times 0,32 \Rightarrow V_f \text{ ébauche} = 254,77\text{mm/min.}$
- $V_f \text{ finition} = 796, 17 \times 0,16 \Rightarrow V_f \text{ finition} = 127,39\text{mm/min.}$

Suivant les valeurs des vitesses de rotation et d'avance de la machine-outil tour les plus proches, on trouve :

$n = 710\text{tr/min}$  et  $f \text{ ébauche} = 0,32\text{mm/tr}$  et  $f \text{ finition} = 0,16\text{mm/tr}$ .

#### **IV.8.2. Création de l'intérieur du piston (perçage)**

##### **Dans la machine-outil tour**

Nous avons utilisé un foret à centrer (ou foret à pointer) pour déterminer le centre de la base du cylindre en aluminium pour ainsi entamer le perçage en dessous du piston dans la machine-outil fraiseuse.

##### **Dans la machine-outil fraiseuse**

Nous avons d'abord fixé la pièce sur le diviseur.



**Figure IV.15 :** Diviseur de la machine-outil fraiseuse.

Dans un premier temps, nous avons utilisé un foret de  $5\text{mm}$  de diamètre, ensuite, un foret de  $10\text{mm}$  avant de percer encore avec un foret  $14\text{mm}$  pour enfin percer avec un foret de  $18\text{mm}$ . La profondeur du perçage sur chacun des forets était de  $44\text{mm}$ .



**Figure IV.16 :** Pièce marquée au centre avec un foret à centrer avant d’être percée par un foret de 5mm de diamètre.



**Figure IV.17 :** Perçage de l’intérieur du piston avec un foret de 5mm de diamètre. Pour faire la finition, nous avons fixé la pièce sur un diviseur et continuer le perçage avec une fraise de 20mm de diamètre sur 44mm. La fraise a été utilisée pour la finition grâce à sa précision.



**Figure IV.18 :** Perçage de finition avec la fraise de 20mm de diamètre.

Après avoir percé l'intérieur du piston, au bout du trou, un fraisage sur l'axe horizontale (avec la fraise de 20mm de diamètre) décalé de 7,5mm à gauche et décalé une seconde fois de 7,5mm à droite pour créer un creux au fond du piston (illustré dans la figure 3.5 décrivant la mise en plan du nouveau piston).

#### **Lubrification**

Tout le long de cette phase de perçage, la lubrification était constante et soigneusement faite pour avoir le meilleur rendu possible. Elle a été effectuée avec un lubrifiant liquide fourni par le Hall de Technologie.

#### **IV.8.3. Création de la courbure au-dessus du piston (fraisage)**

En utilisant la machine-outil fraiseuse avec une fraise de 20mm de diamètre, nous avons fixé la pièce sur un diviseur et incliné la broche de la fraiseuse de 8°.



**Figure IV.19 :** Inclinaison de la broche de la fraiseuse de  $8^\circ$  avec une fraise de 20mm de diamètre.

Nous avons continué à tourner la pièce sur le diviseur pendant le fraisage et déplacer la table vers la fraise (pour qu'elle se rapproche du centre de la tête du piston) jusqu'à avoir un bon surfaçage.



**Figure IV.20 :** Fraisage de la tête du piston avec une fraise de 20mm de diamètre.

La tête est bombée pour offrir une plus grande surface de combustion qu'un piston plat et ainsi plus de force. Si l'on se réfère à l'équation (2.1) on trouve :

$$F = P \times S \quad (4.9)$$



**Figure IV.21** : Rendu de la pièce après le fraisage de la tête du piston.

#### IV.8.4. Création du trou de l'axe de la bielle (perçage)

Nous avons tourné la broche de la machine-outil fraiseuse de sorte à la rendre parallèle à la table. Ensuite, nous avons repris les mesures de l'ancien piston pour déterminer le point où percer avec un foret à centrer. Ceci a été réalisé en mettant l'ancien piston sur le diviseur, nous avons élevé la table jusqu'à la broche de la fraiseuse puis pris la hauteur table.



**Figure IV.22** : Prise de mesure du centre du trou de l'axe de la bielle suivant l'ancien piston.

Dans un premier temps, nous avons percé avec un foret de 5mm de diamètre jusqu'à l'autre bout du piston. Cette opération a été répétée avec un foret de 10mm de diamètre avant de terminer sur une finition avec une fraise de 12mm de diamètre.



**Figure IV.23 :** Perçage du trou de l'axe de la bielle avec un foret de 10mm en ébauche.

#### **IV.8.5. Création des jupes (fraisage)**

Dans la machine-outil fraiseuse, après avoir fixé le piston sur le diviseur (par la tête du piston), nous avons effectué un fraisage avec une **fraise en bout** de 20mm de diamètre possédant 2 dents.

Suivant les dimensionnements de l'ancien piston, la hauteur de la jupe vaut 14mm. Nous avons donc fait **7 passes** de 2mm chacune.



**Figure IV.24 :** Passe de fraisage des jupes du piston.

De retour aux lois des coupes des métaux précédente, avec un diamètre de la pièce  $D = 20\text{mm}$ ,  $V_c = 125\text{m/min}$ ,  $f_z = 0,03$  et  $Z = 2$  nous trouvons :

- $n = \frac{1000 \times 125}{\pi \times 20} \Rightarrow n = 1989,43\text{tr/min}$ .
- $V_f = 1989,43 \times 0,03 \times 2 \Rightarrow V_f = 119,36\text{mm/min}$ .

Suivant les valeurs des vitesses les plus proches de la machine-outil fraiseuse on trouve :  $n = 2000\text{tr/min}$  et  $V_f = 125\text{mm/min}$ .

Vu la profondeur de passe (2mm) trop grande, nous avons choisi une vitesse de rotation  $n = 1400\text{tr/min}$ .

#### IV.8.6. Finition de l'intérieur du piston (perçage de finition)

Pour cette opération, nous avons pris une **fraise pour rainures en T** (fraise en T). Elle sert à usiner les deux parties qui sont en retrait dans une rainure en T.



**Figure IV.25 :** Fraise pour rainure en T largeur 30mm.

Pour la finition de l'intérieur du piston, nous avons une fraise en T d'un diamètre de 30mm le long de la longueur de la jupe, c'est-à-dire, 14mm.



**Figure IV.26 :** Perçage avec la fraise en T de 30mm de diamètre.

Ensuite, un second fraisage avec une fraise en bout de 4mm a été effectué le long de la jupe pour une meilleure finition. Cette opération a été effectuée en fixant la fraise sur la broche et

en tournant la pièce manuellement sur le diviseur pour obtenir deux jupes de 4mm de largeur (1mm plus larges que les jupes de l'ancien piston qui faisaient 3mm de large) pour une meilleure solidité.



**Figure IV.27 :** Fraisage de finition des jupes avec une fraise en bout de 4mm de diamètre.

#### **IV.8.7. Chariotage (tournage de finition)**

A ce moment de l'usinage, le diamètre de la pièce vaut toujours 43,5mm tandis que celui de la chemise vaut 43mm. Ainsi, un dernier chariotage de finition a été effectué sur la pièce pour qu'elle fasse 43mm de diamètre et finalement obtenir un montage juste avec la chemise. Cette opération a été réalisée avec les mêmes outils que le premier chariotage.

#### **IV.8.8. Création des gorges de segment (tournage)**

Nous avons rénové un ancien outil en ARS dans le Hall de Technologie grâce à la meuleuse pour en obtenir une épaisseur de 1mm. Ce dernier a servi à faire les gorges de segments.



**Figure IV.28 :** Rénovation de l'outil en ARS avec la meuleuse.



**Figure IV.29 :** Outil en ARS de 1mm rénové avec la meuleuse.

Suivant la mise en plan de l'ancien piston, la première gorge de segment commence 3mm en dessous de la tête du piston. Suivie par une deuxième gorge de segment 3mm plus bas que la première.

La première gorge de segment fait 1,3mm de large pour une profondeur de 2,2mm tandis que la deuxième fait 1,5mm de large pour une profondeur de 2,2mm. Ainsi on en déduit la valeur de  $a_p$  :

$$a_p = 2,2\text{mm} \quad (4.10)$$

Dans un premier temps, nous plaçons la pièce dans la machine-outil tour montée avec l'ARS de 1mm puis effectuée une première passe. Ensuite, nous avons décalé l'ARS de 0,3mm pour effectuer une deuxième passe pour ainsi obtenir la première gorge de segment de 1,3mm de largeur.

Pour la deuxième gorge de segment, la même première passe a été effectuée avec cette fois-ci un décalage de 0,5mm de l'outil pour obtenir une gorge de segment de 1,5mm de largeur.



**Figure IV.30 :** Tournage de la pièce avec l'outil en ARS de 1mm pour les gorges de segment.

#### **IV.9. Pièce finie**

Voici les photos de la pièce finie :



**Figure IV.31 :** Vue du dessous du piston fini.



**Figure IV.32 :** Vue de côté du piston fini.



**Figure IV.33 :** Photo du piston fini.

# **Conclusion Générale**

# Conclusion Générale

En conclusion, ce mémoire sur la fabrication d'un piston pour un moteur à 02 temps motocycle a permis d'acquérir de précieuses connaissances et compétences dans le domaine de l'ingénierie mécanique et de la conception assistée par ordinateur. En utilisant SolidWorks comme outil de modélisation 3D, nous avons pu créer un modèle virtuel détaillé du piston, en prenant en compte les spécifications techniques requises.

Grâce à l'utilisation d'une gamme d'usinage, nous avons pu traduire ce modèle virtuel en instructions pratiques pour les machines-outils. Cette approche a permis d'optimiser le processus de fabrication, en réduisant les erreurs potentielles et en améliorant l'efficacité globale.

La collaboration avec des experts du domaine, ainsi que les recherches et les tests réalisés, nous ont permis d'approfondir notre compréhension des différentes techniques d'usinage et de sélectionner les méthodes les plus appropriées pour fabriquer le piston. Nous avons également pu explorer les matériaux disponibles et leurs propriétés, ce qui nous a aidés à choisir le matériau optimal pour assurer les performances et la durabilité du piston.

Les résultats obtenus ont démontré que la combinaison de l'outil de modélisation de la gamme d'usinage et des machines-outils appropriées peut conduire à la fabrication d'un piston de haute qualité, répondant aux exigences spécifiques du moteur étudié.

Les perspectives pour l'avenir incluent l'exploration de techniques avancées telles que l'impression 3D métallique, qui offrent des avantages potentiels en termes de personnalisation, de légèreté et de complexité géométrique. L'utilisation de simulations numériques et de l'intelligence artificielle pourrait également contribuer à optimiser davantage le processus de conception et de fabrication, en réduisant les délais et les coûts.

En conclusion, ce mémoire a été une opportunité précieuse pour acquérir des compétences pratiques dans la fabrication de pièces mécaniques, tout en explorant les avancées technologiques et en identifiant les perspectives d'amélioration. Ces connaissances sont indispensables pour faire face aux défis futurs de l'industrie mécanique et pour continuer à innover dans le domaine de la fabrication mécanique.

# **Références Bibliographique**

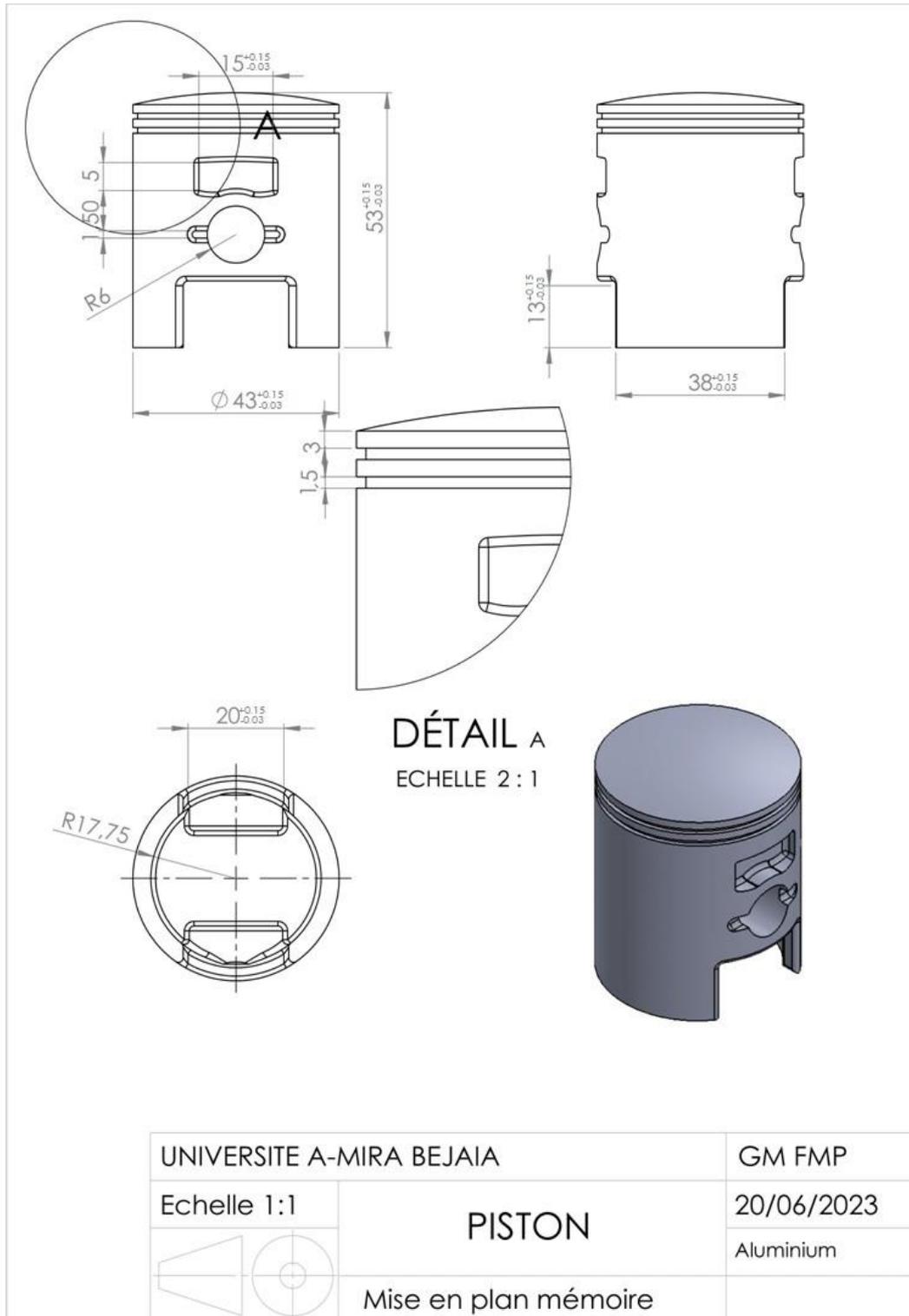
## Références Bibliographiques

- [1] Calcul de la vitesse de coupe pour une opération de tournage. URL: <https://www.toutcalculer.com/usinage/vitesse-de-coupe-tournage.php#calcul>. (consulté le 14/06/2023).
- [2] Administrateur du site-web clmgf.be. SolidWorks. Qu'est-ce que c'est et qu'est-ce ce que c'est pour? Oct. 18, 2020. URL: <https://clmgf.be/solidworks-quest-ce-que-cest-et-quest-ce-que-cest-pour>. (consulté le 07/06/2023).
- [3] CncFraises. Paramètres de coupe V 1.1. URL: [https://projets.cohabit.fr/redmine/attachments/download/4422/Parametres%5C%20DeCoupe\\_V1.1.pdf](https://projets.cohabit.fr/redmine/attachments/download/4422/Parametres%5C%20DeCoupe_V1.1.pdf). (consulté le 14/06/2023).
- [4] Euralliage. 2017A (AW-AlCu4MgSi (A)). URL: <https://www.euralliage.com/2017A.htm>. (consulté le 06/06/2023).
- [5] Europa-Lehrmittel. Moteur à combustion interne. URL: <http://www.educauto.org/ressources-mediatheque/moteur-2-temps-0>. (consulté le 04/06/2023).
- [6] Europa-Lehrmittel. Motorisation, Moteur à combustion interne. URL: <http://www.educauto.org/ressources-mediatheque/cycle-2-temps-0>. (consulté le 04/06/2023).
- [7] APT International. Tos SN 40 c. URL: [https://www.aprint.com/fr/machines-outil-occasion/tours-paralleles/tos-sn-40-c\\_2064](https://www.aprint.com/fr/machines-outil-occasion/tours-paralleles/tos-sn-40-c_2064). (consulté le 12/06/2023).
- [8] CHAFIKI Issam. Les organes des moteurs:3 le piston. URL: <https://chafiki.blogspot.com/2014/05/les-organes-des-moteurs-3le-piston.html>. (consulté le 05/06/2023).
- [9] Unil Lubricants. LUBRIFIANTS POUR LE SECTEUR DU TRAVAIL DES METAUX. URL: [https://unil.be/\\_library/\\_files/Folders%5C%20niewu/smeermiddelen\\_voor\\_de\\_metaalbewerkingindustrie\\_website\\_FR.pdf](https://unil.be/_library/_files/Folders%5C%20niewu/smeermiddelen_voor_de_metaalbewerkingindustrie_website_FR.pdf). (consulté le 13/06/2023).
- [10] Auteurs spécialisés Ooreka. Piston forgé. URL: <https://entretien-voiture.ooreka.fr/astuce/voir/623409/piston-forge>. (consulté le 03/06/2023).
- [11] spécialité mécanique Oriol Planas - Ingénieur Technique Industriel. Qu'est-ce qu'un moteur? Concept et définition. May 21, 2018. URL: <https://fr.demotor.net/blog/qu-est-ce-qu-un-moteur>. (consulté le 03/06/2023).
- [12] PiecesAuto24. 4 conseils sur le fonctionnement du piston moteur. URL: <https://www.piecesauto24.com/piston>. (consulté le 03/06/2023).

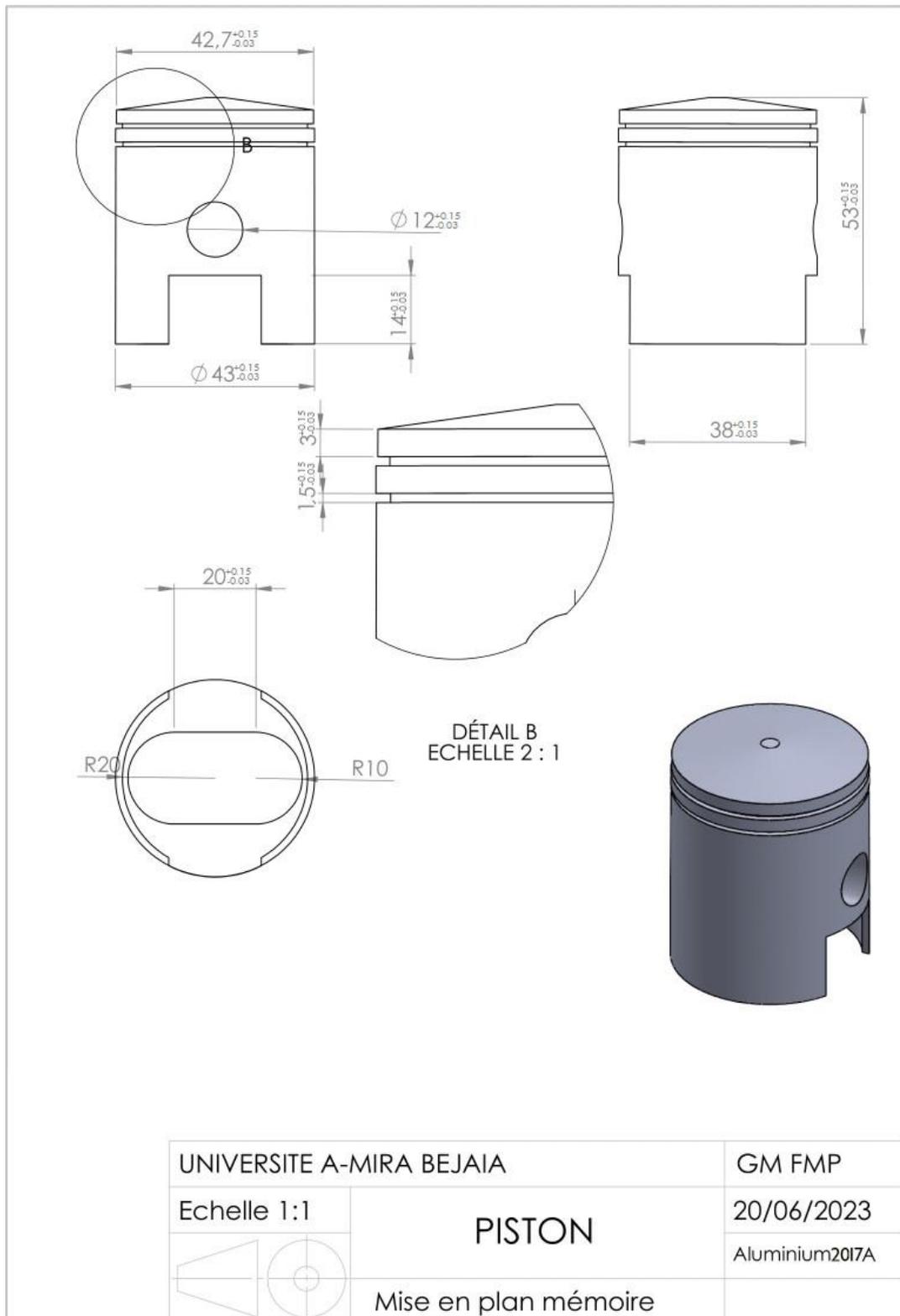
- [13] Metaux Detail Services. 2017A (AU4G). URL: <http://www.metaux-detail.com/pdf/alu/2017A.pdf>. (consulté le 06/06/2023).
- [14] Rheinmetall TECHNIPedia. Rupture du piston et des segments. URL: <https://www.ms-motorservice.fr/technipedia/post/rupture-du-piston-et-des-segments/>. (consulté le 12/06/2023).
- [15] SoleX-MotoBecane VSX. Piston Jupe Longue complet pour SoleX Ø40mm. URL: <https://www.solex-motobecane.com/3-pieces-pour-velosolex/pieces-detachees-pour-solex-flash-6000/piston-jupe-longue-complet-pour-solex-o40mm-14-1504.htm>. (consulté le 07/06/2023).
- [16] Wikipédia. Dassault Systèmes. URL: [https://fr.wikipedia.org/wiki/Dassault\\_Syst%C3%A8mes](https://fr.wikipedia.org/wiki/Dassault_Syst%C3%A8mes). (consulté le 07/06/2023).
- [17] Wikipédia. Fraiseuse. URL: <https://fr.wikipedia.org/wiki/Fraiseuse>. (consulté le 12/06/2023).
- [18] Wikipédia. Gamme d'usage. URL: [https://fr.wikipedia.org/wiki/Gamme\\_d%27usage](https://fr.wikipedia.org/wiki/Gamme_d%27usage). (consulté le 19/06/2023).
- [19] Wikipédia. Tour (machine-outil). URL: [https://fr.wikipedia.org/wiki/Tour\\_\(machine-outil\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Tour_(machine-outil)). (consulté le 12/06/2023).
- [20] Xometry. Aluminium 2017A / 3.1325 / Al-Cu4Mg. URL: <https://xometry.eu/fr/materials/aluminium-2017a/>. (consulté le 06/06/2023).

# **ANNEXE**

### Annexe A : Mise en plan de l'ancien piston générée par SolidWorks.



### Annexe B : Mise en plan du nouveau piston générée par SolidWorks.



## **Résumé**

### **Etude de fabrication d'un piston de moteur de motocycle à deux temps.**

Ce travail a été réalisé dans le cadre d'un projet de Master, Il détaille l'étude, la conception et la fabrication d'un piston ainsi que son installation dans un moteur.

**Mots clés : Mécanique, Moteur, Motocycle, Piston, Fabrication, Usinage.**

---

## **Abstract**

### **Study of the manufacture of a piston for a two-stroke motorcycle engine.**

This work has been carried out as part of a Master's project. It details the study, design, and manufacturing of a piston, as well as its installation in an engine.

**Keywords: Mechanics, Engine, Motorcycle, Piston, Manufacturing, Machining.**

## **Résumé**

### **Etude de fabrication d'un piston de moteur de motocycle à deux temps.**

Ce travail a été réalisé dans le cadre d'un projet de Master, Il détaille l'étude, la conception et la fabrication d'un piston ainsi que son installation dans un moteur.

**Mots clés : Mécanique, Moteur, Motocycle, Piston, Fabrication, Usinage.**

---

## **Abstract**

### **Study of the manufacture of a piston for a two-stroke motorcycle engine.**

This work has been carried out as part of a Master's project. It details the study, design, and manufacturing of a piston, as well as its installation in an engine.

**Keywords: Mechanics, Engine, Motorcycle, Piston, Manufacturing, Machining.**