République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Yahia Farés Médéa
Faculté de la technologie
Département de Génie mécanique

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Electromécanique

Spécialité : Mécatronique

Thème

Conception et réalisation d'un découpeur laser à commande numérique

Présenté par

M. BOURABIA Fares Abdelmotalib

M. KHALDI Redhouane

Encadré par

Dr. AMOURA Nasreddine

Dr. BENTOUATI Smain

Promotion : Juin 2023

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à exprimer notre profonde gratitude envers toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire de master. Le chemin parcouru n'aurait pas été possible sans leur soutien, leurs encouragements et leurs précieux conseils.

Nous souhaitons exprimer notre reconnaissance envers nos encadrants, Dr Nasreddine AMOURA et Dr Smain BENTOUATI pour leur patience, leur expertise et leur précieuses orientations tout au long de ce projet. Leurs conseils éclairés et leur disponibilité constante nous ont permis de progresser et d'approfondir nos connaissances dans le domaine de la conception de machines CNC.

Nous tenons également à remercier les membres de notre jury de soutenance, Dr Adel ZEMIRLINE et Dr Khoukha BERRAHAL, pour avoir consacré leur temps et leur expertise à l'évaluation de ce mémoire.

Nos remerciements vont également à nos enseignants, dont les connaissances et les enseignements nous ont guidé tout au long de notre parcours universitaire. Leur passion pour l'enseignement et leur engagement envers leurs étudiants ont été une source d'inspiration et ont nourri notre passion pour la recherche.

Nous souhaitons également adresser nos remerciements à nos familles et à nos proches pour leur soutien indéfectible tout au long de nos études. Leur encouragement et leur confiance ont été des piliers essentiels dans la réalisation de ce mémoire.

Enfin, Nous voudrions remercier tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce projet. Leur aide, leurs conseils et leur motivation ont été d'une valeur inestimable.

La rédaction de ce mémoire de master a été une expérience enrichissante et gratifiante. Grâce à l'appui et à l'implication de chacun d'entre vous, nous avons pu repousser nos limites et atteindre nos objectifs académiques. Votre confiance en nous a été un moteur qui nous a poussé à donner le meilleur de nous-même.

En conclusion, nous sommes profondément reconnaissant envers tous ceux qui ont contribué à ce mémoire de master. Votre soutien inconditionnel et votre implication ont été essentiels dans la réalisation de ce travail. Nous vous adressons nos plus sincères remerciements pour votre précieuse contribution à notre parcours académique.

Dédicaces

إلى من أفضلها على نفسي ولم ال فؤد ضحت من أجلي، ولم تدخر جهدا في سبيل إسعادي على الدوام)أمي الحبيبة(.

للعائلة الكبيرة جدي المجاهد الحاج الشريف وجدتي أطال هلا في أعمارهم.

À mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs pri è res tout au long de mes é tudes,

À ma ch è re sœur pour son encouragement permanent, et son soutien moral,

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

Et mes fr è res qui ont toujours é t é l à pour moi.

À notre professeur AMOURA Nasreddine sur Sa motivation pour nous et sa fatigue avec nous et sa patience sur nous.

À tous mes amis Youcef, Aimen, Zino, Fathi, Abdallah ……

Merci à tous pour votre patience et pour avoir r é pandu l' espoir pour moi

FARES Abdelmotalib

Dédicaces

إلى من أفضلها على نفسي ولم ال فؤد ضحت من أجلي، ولم تدخر جهدا في سبيل إسعادي على الدوام
)أمي الحبيبة(.

À mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs pri è res tout au long de mes é tudes,

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

Et mes fr è res qui ont toujours é t é l à pour moi.

À notre professeur AMOURA Nasreddine sur Sa motivation pour nous et sa fatigue avec nous et sa patience sur nous.

Merci à tous pour votre patience et pour avoir r é pandu l’ espoir pour moi

Redhouane

ملخص

هذا المشروع، كجزء من رسالة الماستر في الهندسة الميكاترونية، يندرج ضمن المرسوم رقم 1275 المؤرخ في 27 سبتمبر2022 المتعلق ببرنامج" شهادة تخرج، شركة ناشئة "الذي أطلقته وزارة التعليم العالي والبحث العلمي الجزائرية .الهدف منه هو تطوير جهاز قطع بالليزر بالتحكم الرقمي قادر على قص الأشكال المعقدة على مواد مختلفة، سواء كانت معدنية أو غير معدنية .ولقد جاءت فكرة المشروع لتلبية احتياجات الصناعة المحلية لهذا النوع من الآلات.

من خلال دمج تقنيات الميكاترونيات المتقدمة، يهدف مشروعنا إلى إنشاء نظام آلي يتيح القص الدقيق، ويوفر حلاً متعدد الاستخدامات وفعالًا لاحتياجات التصنيع والإنتاج .سيتم تزويد قاطع الليزر بواجهة سهلة الاستخدام وبديهية، مما يتيح للمشغلين برمجة الأشكال المراد قصها بسهولة، مع ضمان الدقة والقابلية لإعادة التكرار المثلى.

بالإضافة إلى الجوانب التقنية، يأخذ هذا المشروع منظورًا ريادياً، حيث أننا ندرك أهمية إنشاء الشركات الناشئة والابتكار في التنمية الاقتصادية للبلاد .من خلال تلبية احتياجات الصناعة المحلية بتكنولوجيا متقدمة، نهدف من خلال هذا المشروع إلى تعزيز نمو القطاع التصنيعي وتشجيع روح ريادة الأعمال.

الكلمات المفتاحية :الة التحكم الرقمي، المتحكم الرقمي، المحرك الخطوي، صوليد وركس

Résume

Ce projet de fin d'études de Master en Mécatronique s'inscrit dans le cadre de l'arrêté n° 1275 du 27 septembre 2022, relatif au programme "un diplôme, une startup" initié par le ministère algérien de l'Enseignement supérieur et de la Recherche scientifique. Son objectif principal est de concevoir et développer un découpeur laser à commande numérique capable d'effectuer des découpes précises sur divers supports, qu'ils soient métalliques ou non métalliques. Cette initiative trouve sa raison d'être dans la demande croissante de l'industrie locale en matière de machines de ce type.

En intégrant des technologies de pointe en mécatronique, notre projet vise à créer un système automatisé qui permettra la réalisation de découpes complexes, offrant ainsi une solution polyvalente et efficace pour les besoins de fabrication et de production. Le découpeur laser sera doté d'une interface conviviale et intuitive, permettant aux opérateurs de programmer facilement les formes à découper, tout en garantissant une précision et une reproductibilité optimales.

Outre son aspect technique, ce projet s'inscrit dans une perspective entrepreneuriale. Nous sommes conscients de l'importance de la création de startups et de l'innovation dans le développement économique du pays. En répondant aux besoins de l'industrie locale avec une technologie avancée, nous visons à favoriser la croissance du secteur manufacturier et à encourager l'entrepreneuriat.

Mots-clés : machine à commande numérique, contrôleur numérique, moteur pas à pas, SolidWorks.

Abstract

This project, as part of the final thesis for a Master's degree in Mechatronics, is in line with Decree No. 1275 dated September 27, 2022, related to the "One Degree, One Startup" program initiated by the Algerian Ministry of Higher Education and Scientific Research. The objective is to develop a CNC laser cutter capable of cutting complex shapes on various materials, both metallic and non-metallic. The idea for the project arose in response to the local industry's need for this type of machine.

By incorporating advanced mechatronics technologies, our project aims to create an automated system that enables precise cutting, providing a versatile and efficient solution for manufacturing and production needs. The laser cutter will feature a user-friendly and intuitive interface, allowing operators to easily program the desired shapes while ensuring optimal accuracy and reproducibility.

In addition to its technical aspects, this project embraces an entrepreneurial perspective. We recognize the importance of startup creation and innovation in the country's economic development. By addressing the needs of the local industry with advanced technology, we aim to promote the growth of the manufacturing sector and encourage entrepreneurship.

Keywords: CNC machine, digital controller, stepper motor, SolidWorks.

Sommaire

Remerciements 2
Dédicaces… 3
Résumés 5
Liste des figures 9
Introduction générale 11
SOMMAIRE 6
I. Généralité sur les machines à commande numérique par calculateur 13
I.1 Introduction 14
I.2 Définition de la commande numérique 14
I.3 Définition d'une machine MOCN 14
I.4 Schéma de la machine-outil à commande numérique 15
I.5 Domaine d'utilisation 15
I.6 Principe de fonctionnement 16
I.6.1 Particularités de fonctionnement 16
I.7 Les différents types de MOCN 17
I.7.1 Classification des MOCN 18
I.8 Aperçu sur les lasers 21
I.8.1 Introduction 21
I.8.2 Principes de fonctionnement 22
I.8.3 Types de lasers 22
I.9 Domaines d'application des lasers dans l'industrie 24
I.10 Conclusion 25
II. Catre MKS DLC32 V2 et moteur pas à pas 26
II.1 Introduction 27
II.2 Carte MKS DLC32 V2 27
II.3 Entrée d'alimentation 28
II.4 Interface USB-PC 28
II.5 Emplacement pour carte mémoire TF 29

II.6 Connexion du module laser 29
II.7 Les moteurs pas à pas 30
II.7.1 Définition 30
II.7.2 Principes de fonctionnement des moteurs pas à pas 30
II.8 Types des moteurs pas à pas 31
II.8.1 Moteurs bipolaires 32
II.8.2 Moteurs unipolaires 32
Avantages et inconvénients des Motors pas à pas 35
II.935
II.9.1 Avantages 35
II.9.2 Inconvénients 35
II.10 Conclusion 35
III. Conception et Réalisation de la machine 36
III.1 Introduction 37
III.2 La commande de la machine 37
III.2.1 Description des composants 37
III.3 Le Logiciel : LASERGRBL 38
III.3.1 Définitions 38
III.3.2 Interface de GRBL 38
III.3.3 La barre de menu 38
III.3.4 Menu principal 39
III.3.5 Gestion de la CNC 40
III.4 Conception et réalisation de la machine 40
III.4.1 Le châssis 40
III.4.2 Les supports de portiques 41
III.4.3 La Table 42
III.4.4 Accouplements 42
III.4.5 Les actionneurs 42

III.4.6 Palier linéaire 43
III.4.7 Écrou à glissière 43
III.4.8 Les tiges de guidage 44
III.4.9 Vues de la machine assemblée 45
III.5 Mise en marche de la machine 50
III.5.1 Gravure sur un support rigide 50
III.5.2 Gravure sur un support souple 51
III.6 Conclusion 52
Conclusion générale 53
Références bibliographiques 55

Liste des figures

Figure I-1 : Structure d'une machine-outil à commande numérique [2] 15
Figure I-2 mécanisme d'avance [2] 17
Figure I-3 Fonctionnement en boucle ouverte [4] 18
Figure I-4 Commande en boucle fermée [4] 19
Figure I-5: Systèmes d’axes [4] 21
Figure I-6: Représentation mathématiques d’un oscillateur laser [5] 21
Figure I-7: Lasers YAG dopés au néodyme, utilisés pour le micro usinage [6] 23
Figure I-8: Schéma de principe d'un laser au dioxyde de carbone (CO2) [6] 24
Figure II-1 Présentation de l'interface MKS DLC32 [7] 27
Figure II-2 Zoom sur l’entrée d’alimentation [7] 28
Figure II-3 Zoom sur l’entrée USB [7] 28
Figure II-4 Zoom sur l’emplacement de carte SD [7] 29
Figure II-5 Câblage du Laser (3Pin) sur carte MKS [7] 29
Figure II-6 **C**âblage de Laser (2Pin) sur carte MKS [7] 30
Figure II-7 Section transversale d’un moteur pas à pas [8] 31
Figure II-8 Les phases d’un moteur pas à pas [8] 31
Figure II-9 Moteur pas à pas bipolaire [9] 32
Figure II-10 Moteur pas à pas unipolaire [9] 32
Figure II-11 Moteur pas à pas à aimant permanente [9] 33
Figure II-12 Moteur pas à pas à reluctance variable [9] 34
Figure II-13 Moteur hybride [9] 34
Figure III-1 Carte électronique MKS DL C32 V2 37
Figure III-2 Moteur pas à pas : Nema 17 37
Figure III-3 Interface de GRBL 38
Figure III-4 Barre de menu 38
Figure III-5 Fenêtré GRBL 39
Figure III-6 Fenêtre « Fichier » 39
Figure III-7 Interface de gestion 40
Figure III-8 Le JOG 40
Figure III-9 Rendu 3D du châssis de la machine 41
Figure III-10 Rendu 3D des supports des portiques 41
Figure III-11 Les supports de portiques fixés sur le châssis 41

Figure III-12 Rendu 3D de la table seule et fixée sur le châssis....42
Figure III-13 Rendu 3D de l'accouplement moteur....42
Figure III-14 Rendu 3D du moteur pas à pas et les emplacements sur la machine....43
Figure III-15 Rendu 3D d'un palier linéaire et l'emplacement dans la machine....43
Figure III-16 Rendu 3D de l'écrou à glissière et l'emplacement sur la table....44
Figure III-17 Rendu 3D des tiges de guidage et leurs emplacements sur la machine....45
Figure III-18 Rendu 3D de la vue de droite de l'assemblage final....45
Figure III-19 Vu en perspective de la machine assemblée....46
Figure III-20 Les différents composants de la machine avant assemblage....46
Figure III-21 Montage du châssis et de la table de travail....47
Figure III-22 Montage des supports porte portiques....47
Figure III-23 Montage de l'axe vertical....48
Figure III-24 Montage de l'axe transversal....48
Figure III-25 Montage des composants de la commande....49
Figure III-26 forme final de la machine....49
Figure III-27 Insertion du logo de l'université de Médéa dans l'interface de GRBL pour effectuer le premier test....50
Figure III-28 Gravure du logo sur du bois....51
Figure III-29 Téléchargement du motif à graver pour le second test....51
Figure III-30 Gravure sur support souple....51
Figure III-31 La machine en action sur du cuir synthétique....52

Introduction générale

Introduction générale

L’automatisation des machines industrielles permet : l’amélioration de la qualité des produits, la simplification du travail humain et l’amélioration de la vitesse de production. Parmi les machines automatisées on trouve les machines CNC (machines commandées numériquement par calculateur). Les machines CNC permettent de réaliser des tâches qui sont complexes à effectuer manuellement de façon économique et rentable, à savoir : la fabrication de pièces mécaniques de précision (coupe, usinage…), la couture et la broderie, métier du plâtre, la production en petites séries.

En analysant les machines CNC existantes dans le marché, on peut constater que :

- Ces machines CNC sont des boites noires (les programmes sources ne sont pas accessibles).
- Le coût de la machine CNC est élevé.
- L'indispensabilité de la machine dans le marché durant la période de besoin.
- La nécessité de quelques fonctions spécifiques qui ne sont pas disponibles dans la machine.
- Machine CNC existant dans le marché (selon le cahier des charges rétabli par l’industriel).

Ce mémoire est structuré en trois chapitres :

- Le premier chapitre offre un aperçu détaillé des machines à commande numérique. Il explique les principes de fonctionnement de ces machines, présente les différents types disponibles et fournit une définition claire de la commande numérique. Le chapitre se conclut par une présentation des lasers utilisés à la fois pour la gravure et la découpe, offrant ainsi une vue d'ensemble complète.
- Le deuxième chapitre se focalise sur la description de la partie commande de la machine. Il offre une présentation détaillée des caractéristiques de la carte MKS DL C32Bit ainsi que des moteurs pas à pas utilisés.
- Le troisième chapitre présente en détail les étapes de conception et de fabrication des différentes pièces mécaniques de la machine, ainsi que l'assemblage final des composants mécaniques et de commande. En outre, deux exemples concrets sont fournis à la fin du chapitre afin de tester le bon fonctionnement de la machine. Ces exemples servent d'illustration pratique du processus.

Enfin, le mémoire se termine par une conclusion et une annexe comportant les dessins de définition des différentes pièces de la machine.

Chapitre I

I. Généralité sur les machines à commande numérique par calculateur

I.1 Introduction

Les machines à commande numérique, ou machines CNC (Computerized Numerical Control), fonctionnent en déplaçant un outil de coupe le long d'un ou plusieurs axes. Elles permettent, ainsi, d'usiner n'importe quelle pièce avec des opérations comparables à une imprimante 3D. Sauf que dans ce cas on enlève de la matière et on en ajoute à l'aide de l'imprimante 3D.

Ces machines sont particulièrement adaptées à la gravure et au perçage de circuits imprimés, à la fabrication de petites pièces mécaniques, au traçage et à la découpe de pièces de modèles réduits.

Elles peuvent être contrôlées avec une variété de logiciels open source sur des ordinateurs exécutant Linux ou Windows. Ces logiciels permettent d'envoyer des commandes de déplacement à l'outil de coupe à partir de fichiers graphiques générés par le logiciel de dessin. [1]

Dans ce chapitre on présente un aperçu général sur la technologie des CNC, citant la classification, l'architecture, la programmation des machines CNC pour différentes commandes.

I.2 Définition de la commande numérique

La commande numérique est une forme de commande dans laquelle la valeur souhaitée de la variable commandée est définie en termes de codes numériques (les machines-outils constituent le principal domaine d'application de la commande numérique).

C'est la somme des automatismes dans lesquels les commandes de mouvement ou de déplacement, la vitesse de ces déplacements et leur précision sont données par des actualités numériques. Ces informations sont encodées sur des supports ou simplement conservées en "mémoire" dans la dernière génération de systèmes CNC à calculateur intégré (CNC). Toutes ces informations de contrôle de la machine-outil (MO) sont développées sous la forme de programmes exécutés séquentiellement. Les temps de réponse pour de telles commandes approchent la dizaine de microsecondes, et il est naturellement possible de vouloir piloter une machine suivant des trajectoires, des vitesses et des positions plus ou moins complexes . [2]

I.3 Définition d'une machine MOCN

Une machine à commande numérique (MOCN) est une machine entièrement ou partiellement automatique à laquelle des ordres sont transmis grâce à un code porté sur un support matériel (HDD, USB, etc.). Une machine-outil est dite informatisée lorsqu'elle est équipée d'un système CNC capable de calculer (interpoler) les coordonnées des points qui définissent la trajectoire. C'est ce qu'on appelle CNC (Computerized Numerical Control). [2]

I.4 Schéma de la machine-outil à commande numérique

Ce type de machines se compose de deux parties : (Figure I-1)

- **La partie opérative**

Représente la machine elle-même. Elle a la même fonction de "traitement" que les machines traditionnelles, mais avec des performances supérieures. Elle peut comporter plusieurs têtes d'usinage motorisées selon un ou plusieurs systèmes d'axes indépendants, et elle comprend également des éléments auxiliaires de commande des dispositifs de serrage et de lubrification [2]

- **La partie commande**

C'est le cerveau de la machine, appelé directeur de commande numérique (DCN). Ce dernier envoie des ordres de commande de rotation et de déplacement aux parties mobiles de la machine selon les consignes décrites dans le programme de commande. [2]

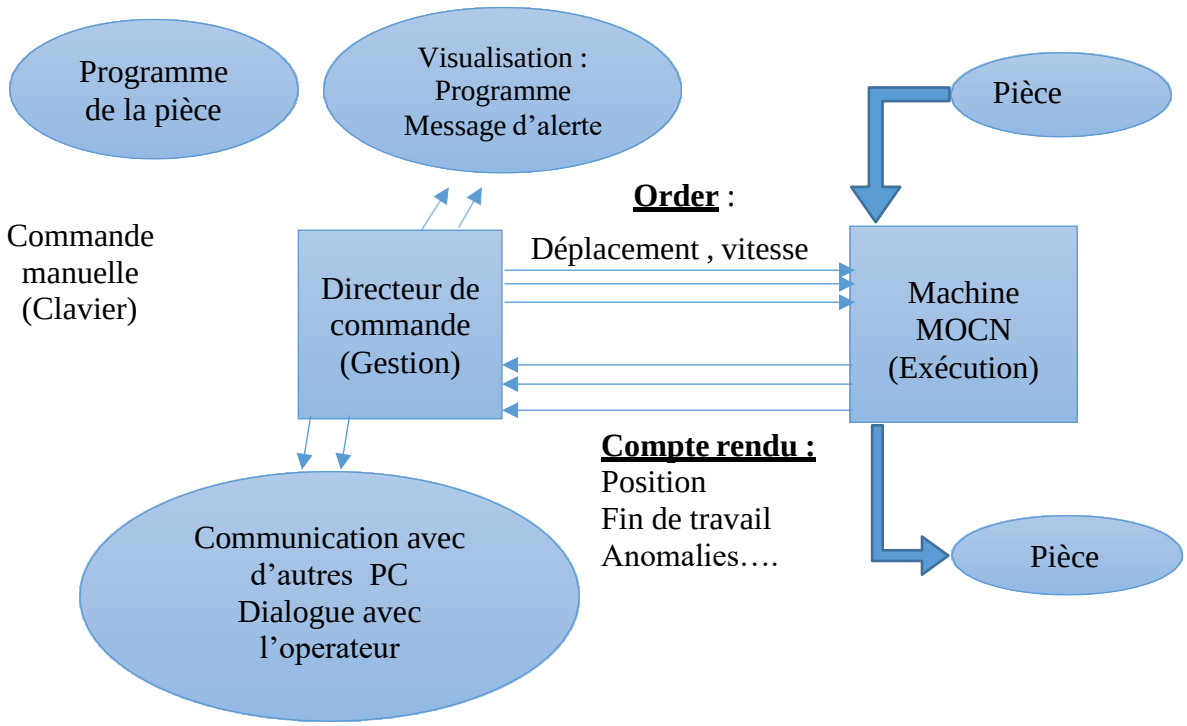


Figure I-1 : Structure d'une machine-outil à commande numérique [2]

I.5 Domaine d'utilisation

Les domaines d'emploi des commandes numériques sont en principalement les suivants [3]:

- Machines utilisées dans les ateliers de construction de machines.
- Perceuses pour percer et aléser les pièces les plus diverses.
- Tour avec une disposition et une taille variable, selon la forme et la taille de la pièce à produire.
- Fraiseuses largement utilisées pour former des pièces.

- Les raboteuses sont utilisées pour redresser des pièces telles que les bâtis de machines et les plaques de fondation. Largement utilisées dans les ateliers d'ajustage où les pièces sont usinées.

I.6 Principe de fonctionnement

Le fonctionnement des machines à commande numérique se résume principalement à la réception de signaux déclenchés par des instructions contenues sur support de stockage ou par la saisie de programmes au clavier.[2]

I.6.1 Particularités de fonctionnement

I.6.1.1 Éléments de la commande principale

La commande des broches des machines est essentiellement confiée à des moteurs asynchrones. Ces moteurs sont conçus pour fonctionner à puissance constante sur la plage de régime la plus large possible, délivrant plus de 100 kW de puissance et capables de fonctionner à des vitesses allant jusqu'à 12 000 tr/min. Une faible vitesse nominale (généralement 750 tr/min) est également disponible pour les applications nécessitant un couple élevé à basse vitesse. Les moteurs synchrones à courant alternatif automoteurs sont les plus couramment utilisés aujourd'hui. Plus connus sous le nom de moteurs brushless, ces moteurs offrent une excellente robustesse, une très bonne dissipation thermique, une vitesse élevée (4000-10000 tr/min), quasiment sans entretien, et un rapport puissance/poids élevé (même couple dans un moteur plus compact). Très faible moment d'inertie du rotor. Le principe de commande le plus couramment utilisé pour ces moteurs est le principe de commande sinusoïdal, qui offre une bonne stabilité à basse vitesse . [2]

I.6.1.2 Éléments du mécanisme d'avance

Le mécanisme d’avance qui assure le mouvement de la machine CNC est très simple, mais il préserve une bonne précision. Il doit assurer le mouvement des parties mobiles et doit être le plus court et le plus direct possible. Pour déplacer le chariot, la vis est entraînée directement si les caractéristiques et les dimensions du moteur le permettent. Sinon, un étage de réduction sans jeu peut être réalisé à l'aide d'un couple d'engrenages ou d'une transmission par courroie crantée.(figureI.2)

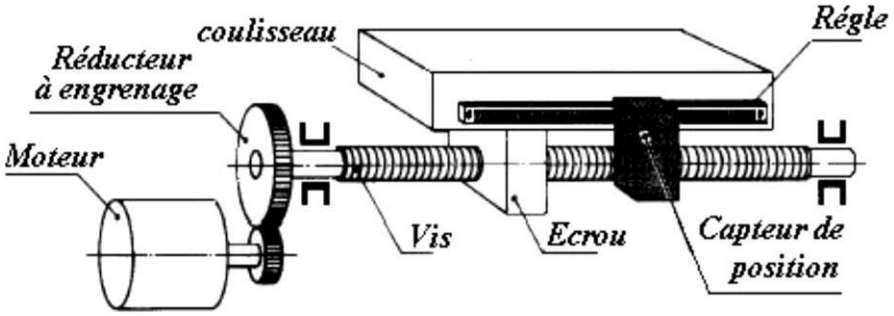


Figure I-2 mécanisme d'avance [2]

Un moteur pas à pas est conçu de telle manière qu'il tourne d'une valeur d'angle fixe donnée à chaque impulsion transmise par son électronique de commande. Le contrôle du nombre d'impulsions permet des mouvements très précis. Ces moteurs peuvent apporter un couple élevé à des vitesses modérées. En revanche, ils ont attitude à chauffer rapidement et à perdre leur capacité d'accélération à grande vitesse.

Des régulateurs de vitesse électroniques peuvent être installés pour maintenir constante la vitesse de déplacement de l'unité mobile indépendamment des changements de la charge qui lui est appliquée. Le plus courant est le raccordement direct à un réseau triphasé 380V. Ils bénéficient de la technologie de contrôle vectoriel de flux, qui leur permet de contrôler parfaitement la vitesse et le couple du moteur électrique et offre la possibilité de freiner jusqu'à l'arrêt complet, même en cas d'interruption prématurée du réseau électrique.

Au niveau du mobile, le dispositif le plus souvent utilisé est le type vis à billes et écrou .Il se compose d'un filetage de précision, d'un jeu de billes de recirculation et de deux écrous précontraints pour compenser la dilatation thermique. Lorsque la précharge est choisie correctement, cette résolution permet d'obtenir un frottement minimum et pas un jeu. [2]

I.7 Les différents types de MOCN

On distingue plusieurs types de machine [4]:

- Convoyeurs à copeaux : Perceuses, Tours 2 et 4 axes, Centres de tournage 5 axes, Fraiseuses 2 1/2 axes, 3 axes, Centres d'usinage, 3 à 5 axes, Rectifieuses, Affûteuses
- Machines d'usinage ultra haute vitesse
- Machines de découpe : oxycoupage, laser, jet d'eau, etc.
- Les presses : métal, injection plastique.
- Les machines à bois : à portique ou col de cygne.

- Les machines spéciales : à panneaux, à têtes multiples, de conditionnement (pour l'agroalimentaire) ...

I.7.1 Classification des MOCN

Les machines-outils à commande numérique (MOCN) sont classées suivant :

- La nature du déplacement
- Le mode de fonctionnement de la machine
- Le nombre d'axes de la machine

I.7.1.1 Classification selon la nature du déplacement

La classification des machines est nécessaire car elle aide au choix des machines lors de l'étude du périmètre de fabrication. Les machines sont traditionnellement classées selon la forme de la surface à réaliser : cylindrique / parallélépipédique, tournage/fraisage. Cette classification a été remise en cause car l'adaptation des structures CNC et machine rompt le lien entre les deux couples. [4]

I.7.1.2 Classification des MOCN selon le mode de fonctionnement [4]

a. Fonctionnement en boucle ouverte

Dans une boucle ouverte, comme le montre (figure I-3) le système déplace le chariot mais ne le contrôle pas.

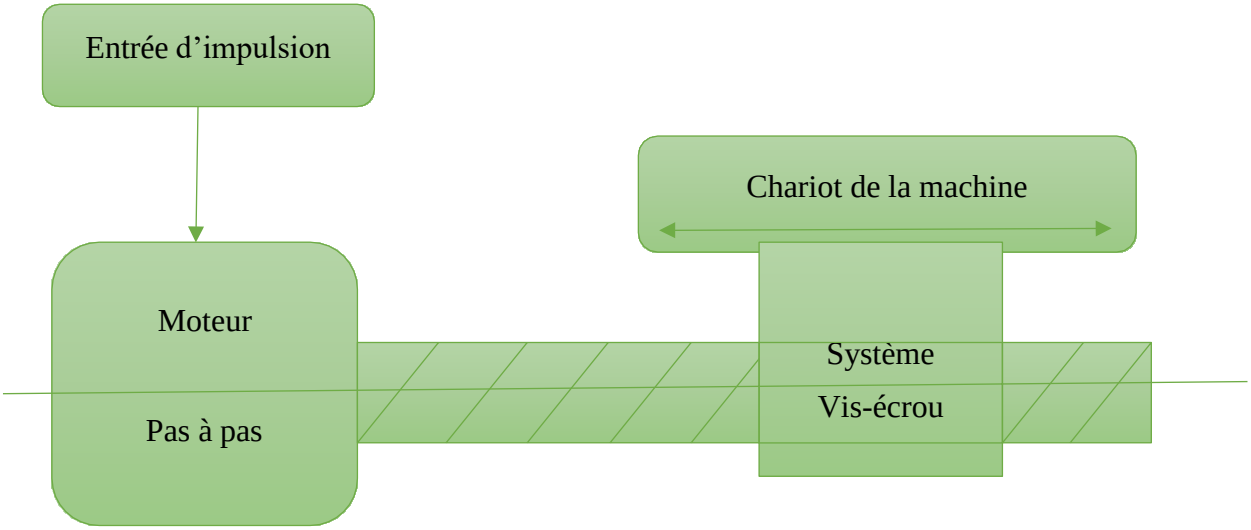


Figure I-3 Fonctionnement en boucle ouverte [4]

b. Fonctionnement avec commande adaptative

Le contrôle adaptatif s'adapte en continu et automatiquement aux conditions de coupe. Le capteur enregistre la valeur du couple de broche, l'amplitude de vibration de la broche et la température du point de coupe. Ces informations sont transmises à une unité spéciale, qui les transmet au superviseur de la CNC, qui agit en fonction de l'analyse des informations sur les

conditions de coupe pour obtenir une meilleure qualité de travail, une productivité plus élevée et une sécurité accrue.

c. Fonctionnement en boucle fermée

En boucle fermée, le système contrôle le déplacement ou la position jusqu'à ce que la grandeur programmée (E) soit égale à la grandeur mesurée (Gm). Comme le montre la Figure I-4

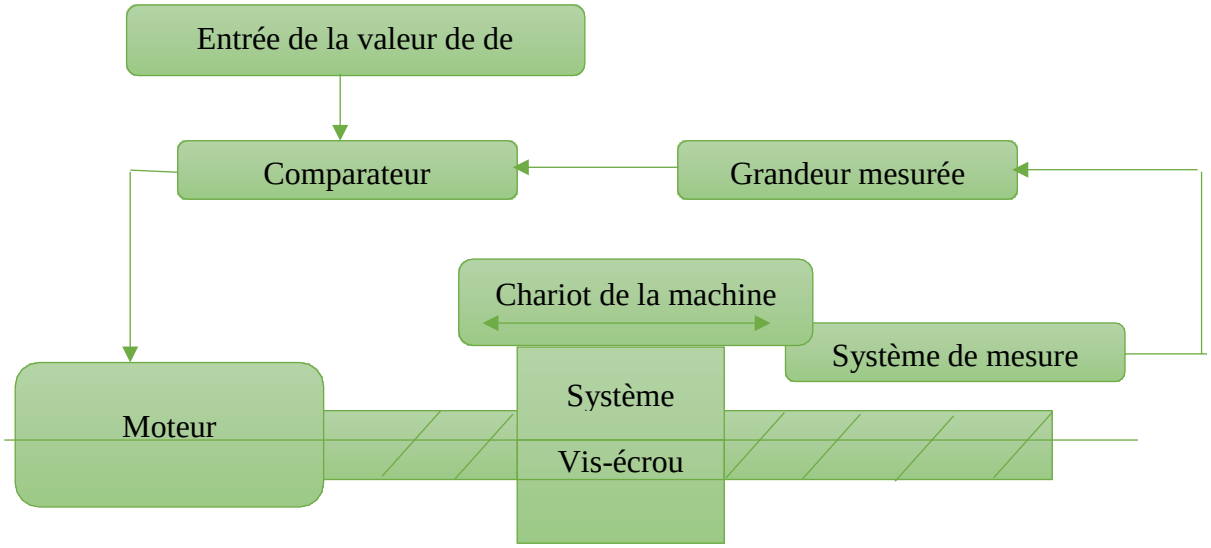


Figure I-4 Commande en boucle fermée [4]

I.7.1.3 Classification des MOCN selon le nombre d'axe

Les machines-outils sont désormais classées en fonction du nombre de mouvements de base qu'elles peuvent effectuer lors du déplacement de l'outil par rapport à la pièce de table. 1.1. Seul le nombre d'axes est compté. L'utilisation simultanée de plusieurs outils augmente le nombre d'axes. Cette classification ne relie pas directement une forme usinable à une classe de machines car elle ne reflète pas la cinématique de l'outil. Par exemple, un tour à cinq axes ne vous permet pas de fabriquer des pièces différentes d'un tour à trois axes [4].

I.7.1.3.1 Systèmes d'axes

Le déplacement de l'outil ou du porte-pièce est réalisé par une combinaison de translation et/ou de rotation.

Chaque mouvement de base (axe) est identifié par une lettre avec un signe + ou -, indiquant le sens du mouvement. [4]

- **Les translations primaires** s'effectuent suivant les axes **X**, **Y**, **Z** formant ainsi le trièdre de référence.
- **Les rotations primaires** sont les trois rotations **A**, **B**, **C** autour de ces trois axes. L'axe Z : est celui de la broche.

- **Les translations primaires (U, V, W)** sont parallèles à X, Y et Z.

Nb d'Axes	Mouvement	Type d'usinage et des opération possibles
1	Z	Brochage ,presse
2	X ,Z	Tournage : toute les formes obtenues ont le même axe de système
3	X ,Y,Z	Fraisage : surfaçage, perçage, fraisage de poches, de rainures et de surfaces gauches. Axe outil reste parallèle à une directions fixe par rapport a la pièce
4	X,Z,C	Fraisage, surfaçage, perçage, fraisage de poches de rainures et de surfaces gauches. l'axe outil reste contenu dans un plan fixe par rapport à la pièce
4 fraisage	X,Y,Z,B	(cf, X,Y,Z,B)
4	X,Y,Z,C	tournage
4 tournage	2x(X,Z)	Deux tourelles
5	2x(X ,Z),C	Deux tourelles est asservissement de la broches, (cf X,Z,C)
5	X ,Y,Z,A,C	Fraisage de formes gauches : Fraisage avec le flanc de l'outil , fraisage avec dépicage , perçage en toutes directions
5	X,Y,Z,B,C	Fraisage de formes gauches (cf,X,Y,Z,A)
5	X,Y,Z,A,B	Fraisage de formes gauches (cf,X,Y,Z,A)

Tableau 1 : Classification des machines-outils [4]

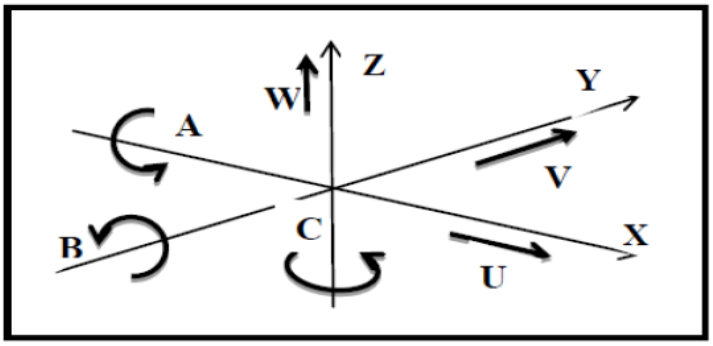


Figure I-5: Systèmes d'axes [4]

I.8 Aperçu sur les lasers

I.8.1 Introduction

Un laser est un équipage qui produit un rayonnement cohérent Couvre les longueurs d'onde dans les régions infrarouge (IR), visible et ultraviolette (UV) du spectre électromagnétique. Les masers rayonnent dans la gamme hertz selon le même principe. Ces dispositifs utilisent une grande variété de matériaux et de méthodes d'amplification et ont une myriade d'applications pratiques ou d'applications potentielles.

Malgré cette diversité, on peut définir quatre éléments de base des lasers, comme schématisé sur la (Figure I-6**).** [5]

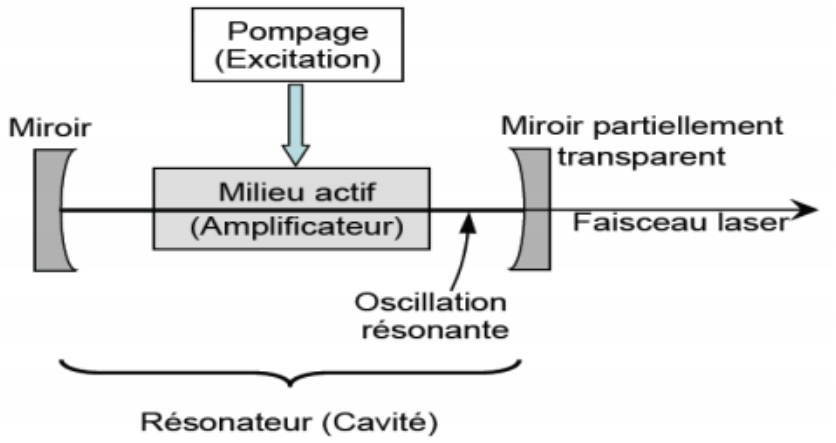


Figure I-6: Représentation schématique d'un oscillateur laser [5]

Un système laser se compose de quatre composants principaux.

- **Le milieu actif du laser** : Il est constitué d'atomes que nous excitons (ou pompons). Ce milieu peut être solide, liquide ou gazeux.
- **Une source de pompage :** En apportant de l'énergie, les atomes du milieu actif peuvent être excités. Cette source peut être électrique ou lumineuse (comme un autre laser).

- **Un miroir** : qui réfléchit tous les photons incidents.
- **Un miroir semi-réfléchissant** : Cela permet des photons incidents de traverser et au reste du rayonnement d'être réfléchi.

I.8.2 Principes de fonctionnement

L'inversion de entraîne le processus d'émission stimulée. Ainsi, les photons se propageant dans le milieu actif sont plus susceptibles de désexciter les atomes excités que d'être absorbés par des atomes de niveau inférieur. L'émission stimulée produit plus de photons qu'il n'en est perdu dans divers processus d'absorption. Une réaction en chaîne se produit alors, entraînant la multiplication des photons au sein du milieu actif. L'inversion decontribue donc à l'amplification de la lumière dans le laser. Cependant, ce processus seul n'est pas suffisant pour générer un faisceau laser. Pour cette raison, le milieu actif est placé à l'intérieur d'un résonateur optique, également appelé résonateur à cavité. La cavité est constituée de deux miroirs parallèles avec un milieu actif placé entre eux. Le premier miroir, le réflecteur, est entièrement réfléchissant, tandis que le second miroir, le coupleur, est translucide. Il permet à la lumière de sortir de la cavité. Les cavités contribuent grandement à l'amplification optique des lasers. Un photon réfléchi par un miroir peut traverser plusieurs fois le milieu actif, provoquant l'émission stimulée de plus de photons. Le processus d'amplification qui se produit dans un laser est appelé oscillation. [6]

I.8.3 Types de lasers

Il existe de nombreux types de lasers médicaux. Selon la nature du milieu d'excitation, ils sont globalement classés en cinq familles.

I.8.3.1 Lasers à solide

Les lasers à solides utilisent des cristaux, des céramiques ou des verres dopés avec divers atomes comme supports d'amplification de la lumière. Les premiers lasers étaient des lasers à solide utilisant du rubis. Ce sont les lasers les plus puissants. En fait, ils fonctionnent généralement de manière discontinue (par exemple, des impulsions de 0 à 15 secondes
Ils peuvent émettre non seulement dans la lumière visible, mais aussi dans le domaine des UV ou des rayons X. Le laser le plus couramment utilisé est le laser Nd. Dans Y AG (Figure I-7), le chrome est remplacé par du néodyme et une partie des atomes d'aluminium est remplacée par de l'yttrium (Y3A15012 au lieu de 4 AI203). Le pompage optique est effectué par une lampe flash. Ses performances sont nettement supérieures au "vieux" laser à rubis. [6]

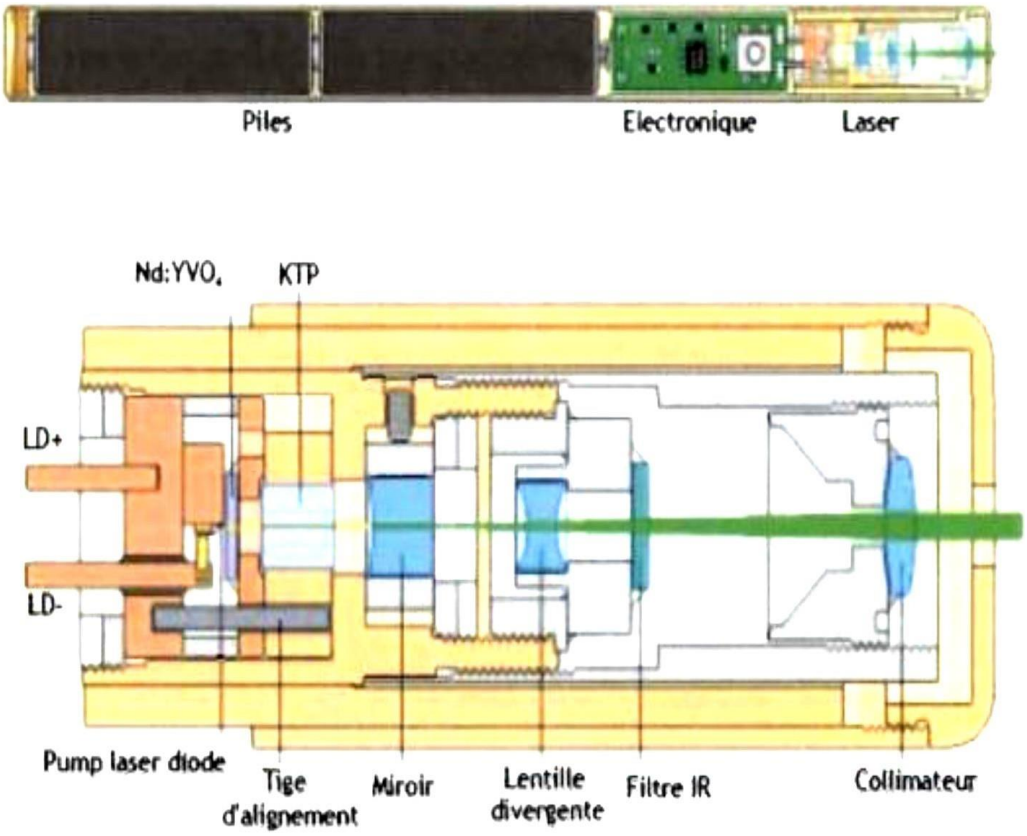


Figure I-7: Lasers YAG dopés au néodyme, utilisés pour le micro usinage [6]

I.8.3.2 Lasers à liquide

Les lasers liquides sont caractérisés par un milieu luminescent liquide sous la forme de nombreux colorants organiques. Selon le colorant, la longueur d'onde varie de l'ultraviolet à l'infrarouge. Selon le mode de pompage, le rayonnement émis peut être continu ou discontinu . [6]

I.8.3.3 Lasers à gaz

Comme son nom l'indique, le milieu de génération d'un laser à gaz est un gaz isolé dans un tube de verre, de quartz ou de céramique. Le faisceau émis est particulièrement cohérent et les fréquences émises sont très pures. Les exemples les plus connus sont le laser hélium-néon et le laser argon-ion. Les lasers CO2 au dioxyde de carbone (Figure I-8)peuvent produire une puissance très élevée à une longueur d'onde de 10 μ . [6]

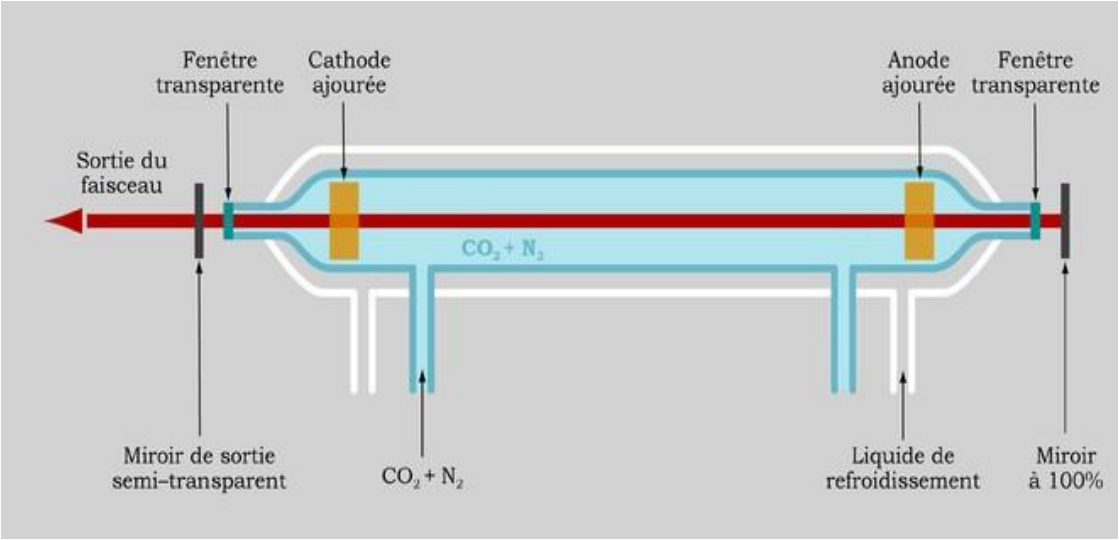


Figure I-8: Schéma de principe d'un laser au dioxyde de carbone (CO2) [6]

I.8.3.4 Les lasers à ions

Les lasers à gaz rares ionisés (ions argon, ions krypton) produisent un grand nombre de longueurs d'onde. Il est compact et a une longue durée de vie pour ses performances. [6]

I.8.3.5 Lasers chimiques

Le rayonnement laser est produit par l'énergie libérée lors d'une réaction chimique exothermique. En général, les fréquences vibrationnelles correspondent à des transitions de produits de réaction formés dans des états d'énergie interne hautement excités. Le premier laser chimique a été développé par l'armée américaine. Ils étaient basés sur la réaction du fluor et de l'oxygène. Ces premiers lasers étaient très puissants, mais ils étaient gros, horriblement corrosifs et polluants, et très peu fiables. En fait, toute réaction chimique qui émet de la lumière lorsqu'elle est refroidie peut être utilisée pour construire un laser. Actuellement, des lasers très puissants sont basés sur l'oxydation de l'iode. Un mélange de peroxyde d'hydrogène et de chlore gazeux produit des molécules d'oxygène excitées. Ces molécules sont mélangées à de l'iode moléculaire pour produire de l'iode moléculaire gazeux excité, qui est un milieu de photo-amplification . [6]

I.9 Domaines d’application des lasers dans l’industrie

Dans l'industrie, les lasers sont utilisés dans des domaines d’usinage tels que le marquage, la gravure, le soudage, le découpage, le perçage et le soudage par recouvrement. Ces dernières sont utilisées comme alternative aux technologies traditionnelles en raison de leur précision, de leur flexibilité, de leur rapidité et de leur faible coût . [6]

I.10 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons analysé de manière générale une machine ordonnée numérique et montré l'intérêt de chaque partie constituante. Nous avons mentionné les types de commandes les plus couramment utilisées et parlé des classifications des machines CNC. De même, nous avons donné une description des types de lasers et de leurs principes de fonctionnement et les domaines d'utilisation.

Chapitre II

II. Catre MKS DLC32 V2 et moteur pas à pas

II.1 Introduction

Les moteurs pas à pas et la carte MKS DL32 V2 sont des éléments importants de notre projet, car ils sont à la base de la commande des mouvements. Dans ce chapitre, nous discuterons plus en détail de leurs différentes caractéristiques et avantages.

II.2 Carte MKS DLC32 V2

MKS DLC32 est une carte de commande principale de gravure hors ligne spécialement conçue pour les machines de gravure de bureau. Équipé d'un module ESP32 32 bits, fonction WIFI intégrée. Prend en charge l'écriture à grande vitesse et le contrôle Web, le contrôle de l'application mobile . [7]

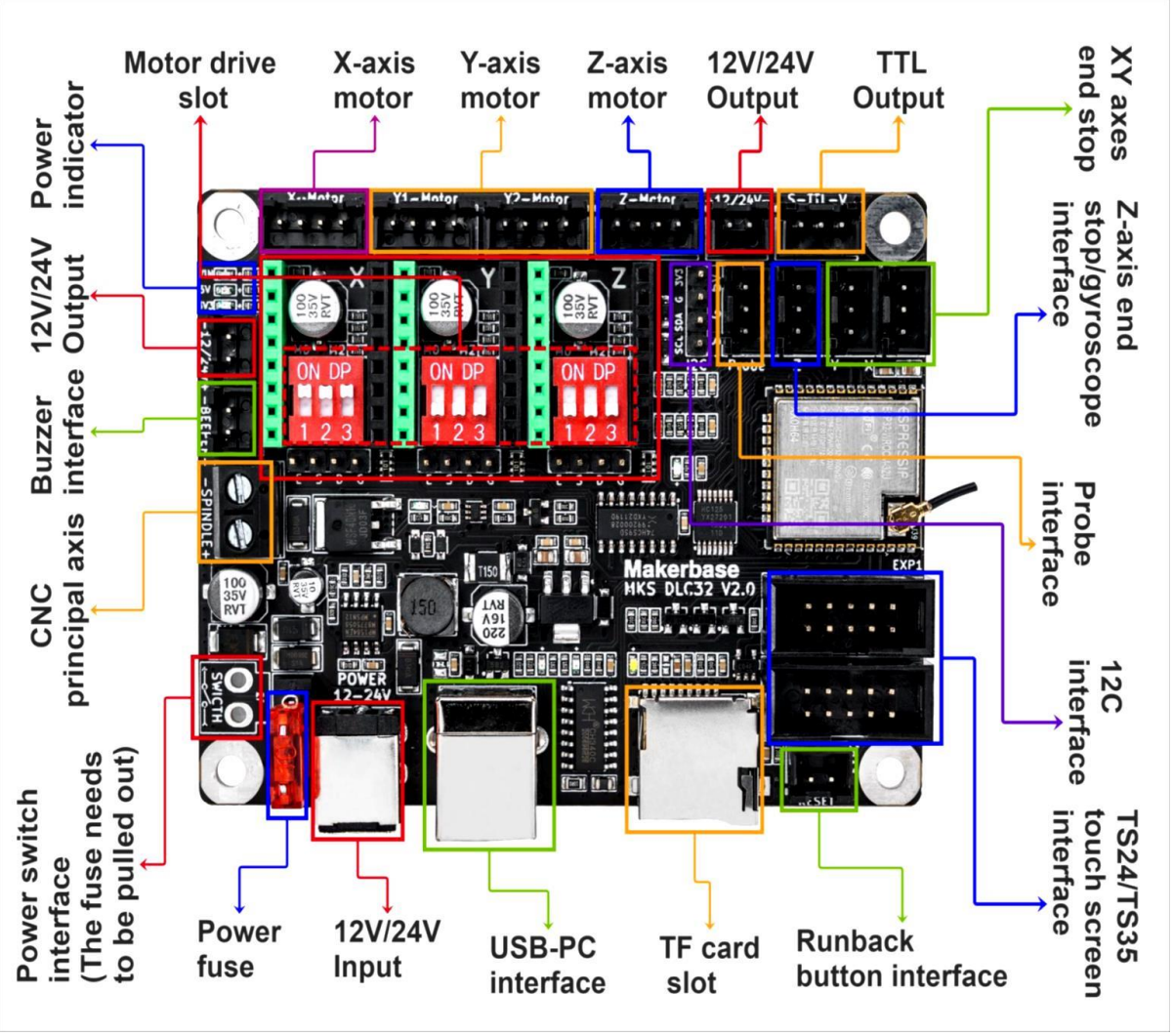


Figure II-1 Présentation de l'interface MKS DLC32 [7]

II.3 Entrée d'alimentation

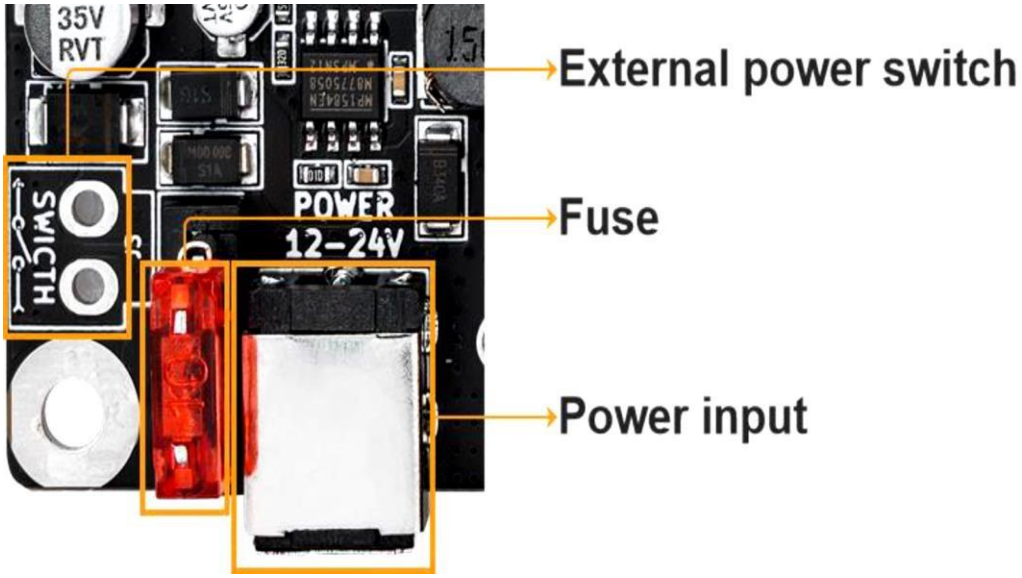


Figure II-2 Zoom sur l'entrée d'alimentation [7]

Entrée d'alimentation : plage de tension 12-24 V ; Courant maximal 5A ; Modèle de borne d'entrée d'alimentation : « DC-007B-2.1mm ».

Fusible : fusible 10A . [7]

Interrupteur d'alimentation externe : Il peut être utilisé pour contrôler l'alimentation avec un interrupteur externe . [7]

II.4 Interface USB-PC

Interface USB-PC : Utilisé pour la programmation et le contrôle en ligne

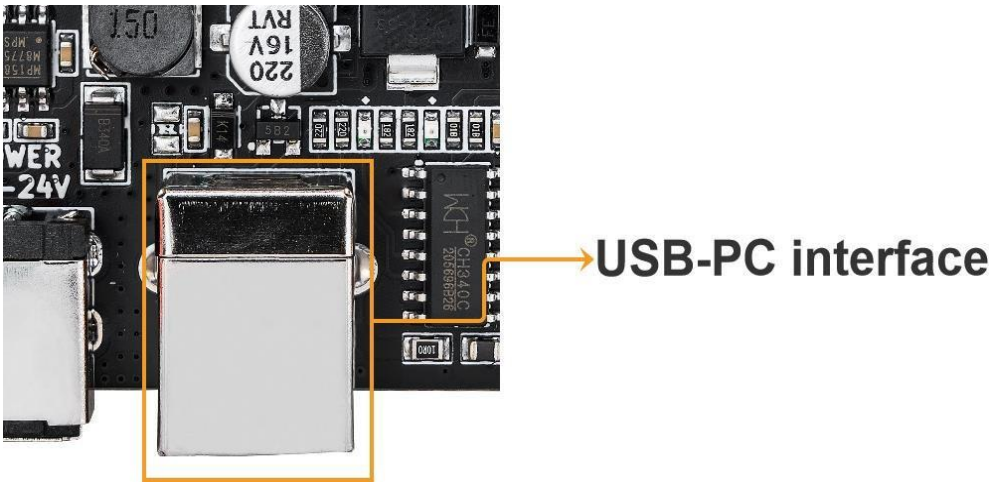


Figure II-3 Zoom sur l'entrée USB [7]

Si l'interface USB ne fournit pas d'alimentation,

II.5 Emplacement pour carte mémoire TF

Fente pour carte mémoire : utiliser Pour le stockage des fichiers de gravure ou découpe hors ligne.

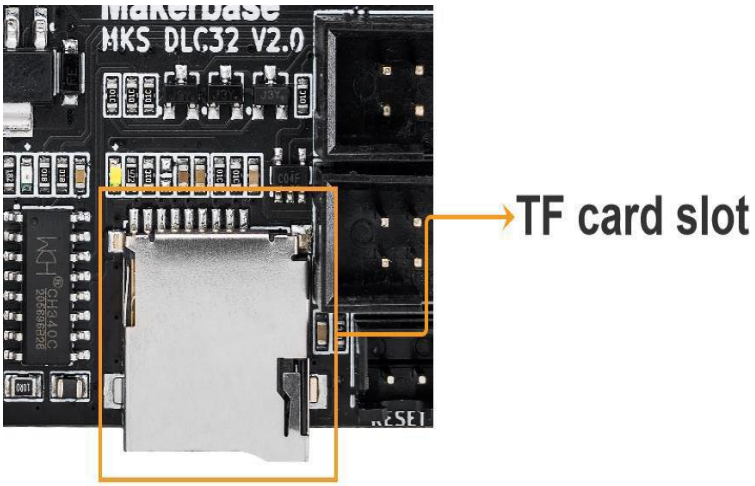


Figure II-4 Zoom sur l'emplacement de carte SD [7]

II.6 Connexion du module laser

Ce qui suit montre deux types de laser :

1- Type TTL-PWM (3PIN).
2- 12-24v-PWM (2PIN)

Le câblage pour le type TTL-PWM (3PIN) est donné ci-dessous :

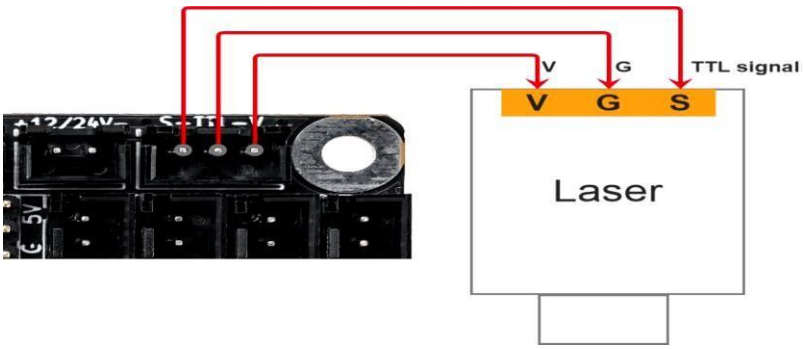


Figure II-5 Câblage du Laser (3Pin) sur carte MKS [7]

Le câblage pour le type 12-24V-PWM (2PIN), est donné ci-dessous :

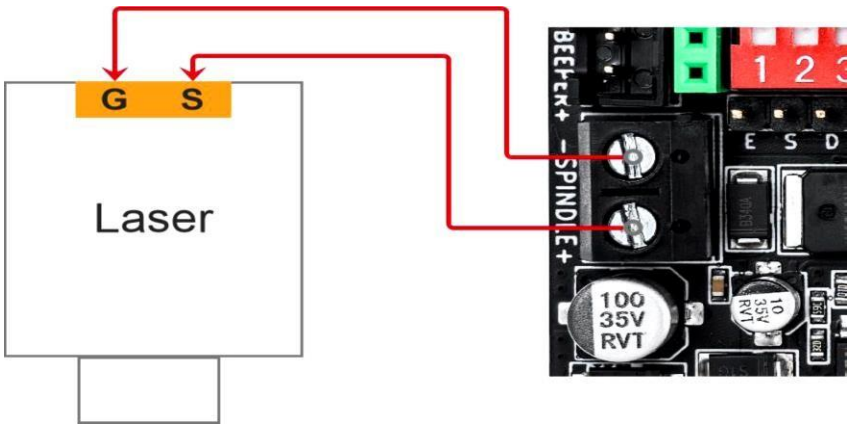


Figure II-6 **C**âblage de Laser (2Pin) sur carte MKS [7]

II.7 Les moteurs pas à pas

II.7.1 Définition

Un moteur pas à pas est un moteur électrique dont la caractéristique principale est que son arbre tourne par pas. Cette caractéristique est due à la structure interne du moteur et permet de connaître la position angulaire exacte de l'arbre en comptant simplement le nombre de pas effectués sans avoir besoin d'un capteur. Cette caractéristique le rend également adapté à une large gamme d'applications. [8]

II.7.2 Principes de fonctionnement des moteurs pas à pas

Comme tous les moteurs électriques, les moteurs pas à pas ont une partie fixe (le stator) et une partie mobile (le rotor). Le stator a des dents sur lesquelles sont fixées les bobines et le rotor est un aimant permanent ou Noyau à réluctance variable. Nous approfondirons les différentes configurations de rotor plus tard. La (Figure II-7) montre Un schéma représentant la partie du moteur est montré sur la figure, où le rotor est un fer à réluctance variable noyau.

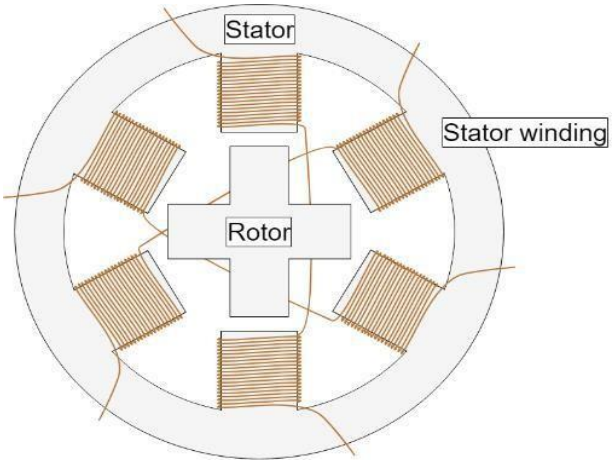


Figure II-7 Section transversale d'un moteur pas à pas [8]

Le principe de fonctionnement de base d'un moteur pas à pas est le suivant : en alimentant un ou plusieurs stators, le courant circulant dans les bobines crée un champ magnétique sur lequel le rotor s'aligne. En fournissant les différentes phases de manière séquentielle, le rotor peut être tourné d'une quantité spécifique pour atteindre la position finale souhaitée. La (Figure II-8) montre une représentation du principe de fonctionnement. Initialement, la bobine A est excitée et le rotor est aligné avec le champ magnétique qu'il génère. Lorsque la bobine B est excitée, le rotor tourne de 60° dans le sens des aiguilles d'une montre pour s'aligner avec le nouveau champ magnétique. La même chose se produit lorsque la bobine C est excitée. Dans l'image, la couleur des dents du stator indique la direction du champ magnétique généré par les enroulements du stator . [8]

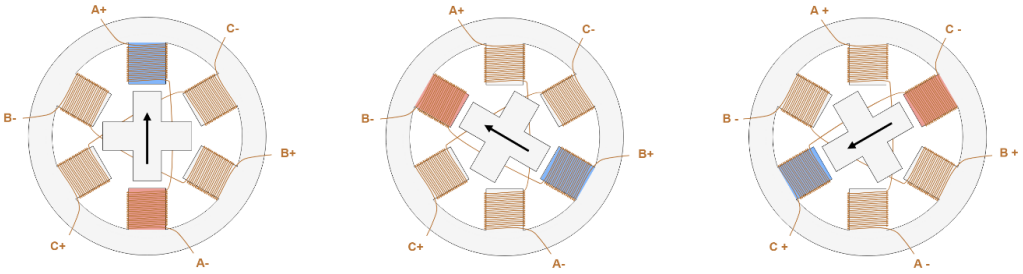


Figure II-8 Les phases d'un moteur pas à pas [8]

II.8 Types des moteurs pas à pas

Tous les moteurs pas à pas sont constitués d'un stator avec des bobines dans lesquelles le courant est commuté par une électronique de commande. En revanche, des différences apparaissent au niveau du rotor. Selon l'alimentation des bobines, il existe deux types :

II.8.1 Moteurs bipolaires

Les phases d'un moteur bipolaire sont alimentées une fois dans un sens et une fois dans le sens opposé. Parfois, il crée le pôle Nord et d'autres fois le pôle Sud, d'où le nom de bipolaire [9].(Figure II-9)

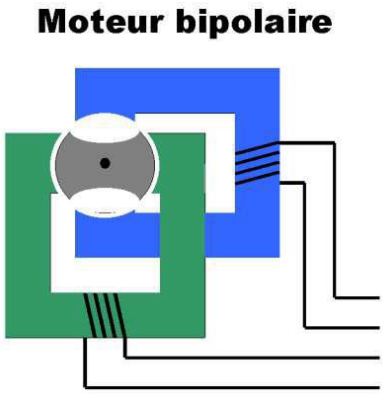


Figure II-9 Moteur pas à pas bipolaire [9]

II.8.2 Moteurs unipolaires

Les phases sont alimentées dans un seul sens. Généralement les moteurs bipolaires possèdent 2 phases et les moteurs unipolaires possèdent 4 phases. (Figure II-10)

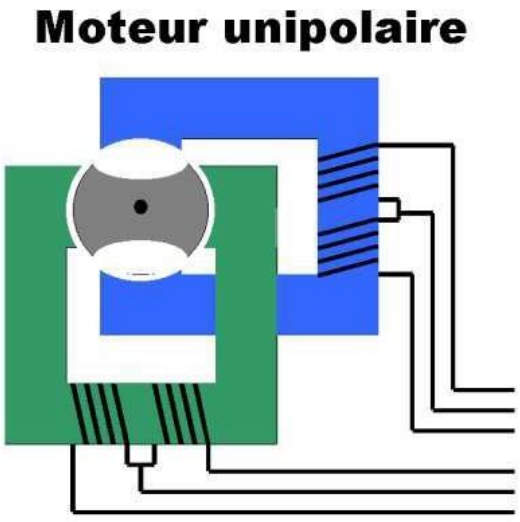


Figure II-10 Moteur pas à pas unipolaire [9]

Selon la conception on distingue 3 types :

- Moteurs à aimant permanent.
- Moteurs à reluctance variable.
- Moteurs hybrides.

a) Moteurs à aimant permanent

Le rotor porte des aimant permanents et considérons le stator comporte quatre bobines et le rotor est un aimant bipolaire En l'absence de courant dans la bobine, le rotor est placé en position d'équilibre stable, sa paire de phases opposée à la paire tampon du rotor. Parce que Pour déplacer le rotor hors de sa position de repos, un couple appelé couple de freinage doit être appliqué. Les quatre bobines peuvent être alimentées de différentes manières. Le plus simple est de mettre un courant, toujours dans le même sens, dans une bobine à la fois. Les positions d'équilibre stables correspondent à l'axe magnétique du rotor opposé à l'axe des bobines, le pôle nord relié au pôle sud. (Figure II-11) possède donc quatre positions d'équilibre. Pour obtenir une rotation d'un tour, il faut effectuer quatre commutations . [9]

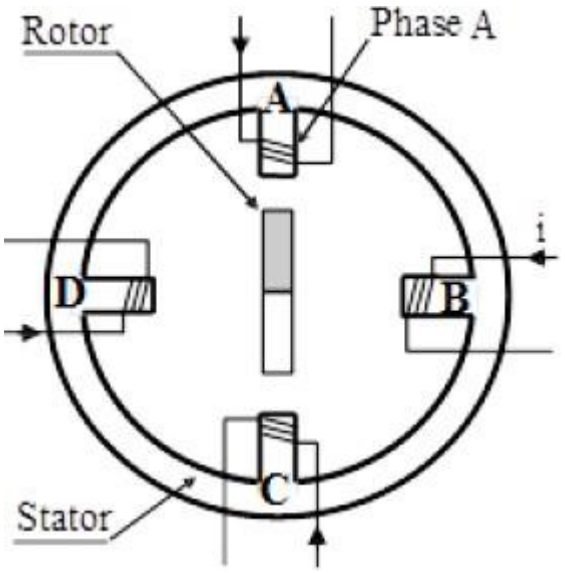


Figure II-11 Moteur pas à pas à aimant permanente [9]

a) Moteurs à reluctance variable

Le moteur pas-à-pas réluctant (Variable Reluctance Motor VR) comporte n_b bobines distinctes au stator et un rotor ferromagnétique sans aimant (n_a=0). Sans courant dans les bobinages statoriques, ce type de moteur ne présente pas de couple réluctant. Les circuits magnétiques du rotor et du stator sont assemblés à partir de tôles magnétiques de haute perméabilité (fer-silicium ou même fer-cobalt). Certaines machines, destinées au positionnement ou à une rotation très lente, peuvent avoir un rotor ou/et un stator en fer massif. Il existe un grand nombre d'astuces de construction pour augmenter le nombre de pas par tour, comme par exemple les structures bifilaires qui ne seront pas étudiées dans cette recherche. Pour minimiser la force magnétomotrice et augmenter la puissance massique, l'entrefer des moteurs pas à pas à reluctance variable doit être aussi petit que possible. Plusieurs géométries du rotor et du stator ont été ainsi imaginées par les constructeurs pour remplir des cahiers des charges particulières. On distingue trois géométries de base [9], à savoir :

- Les moteurs pas à pas à réluctance variable à plots statoriques non dentés
- Les moteurs pas à pas à réluctance variable à plots statoriques dentés
- Moteurs pas à pas à réluctance variable à plots statoriques non dentés décalés

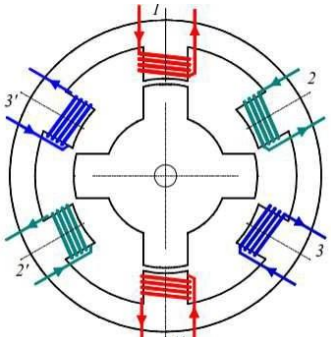


Figure II-12 Moteur pas à pas à reluctance variable [9]

a) Moteurs hybrides

En combinant la structure des deux moteurs précédents, c'est-à-dire en plaçant l'aimant du moteur à aimants permanents dans un circuit ferromagnétique, un nouveau type de moteur est créé, qui est appelé moteur à réluctance différentielle à pôles ou moteur hybride (Hybrid Motor : HB). Dans ce cas, il existe un couple réticent provoqué par la variation du champ magnétique approprié relatif à chaque aimant et à chaque bobine.

- p : nombre de pôles magnétiques vu par le stator
- Ndr Nombre de dents sur une couronne rotorique
- m : nombre de phases (doit être pair)

L'augmentation du nombre de plots statoriques alimentés simultanément permet d'augmenter le nombre de dents du rotor, et donc de diminuer le pas angulaire du rotor. Le même résultat s'obtient par la subdivision des plots en plusieurs dents. Les moteurs pas à pas hybrides comptent parmi les moteurs pas à pas les plus fabriqués. Ils existent aussi bien en structure aux circuits simples (single stack), qu'en structure multiple (multi stack) . [9]

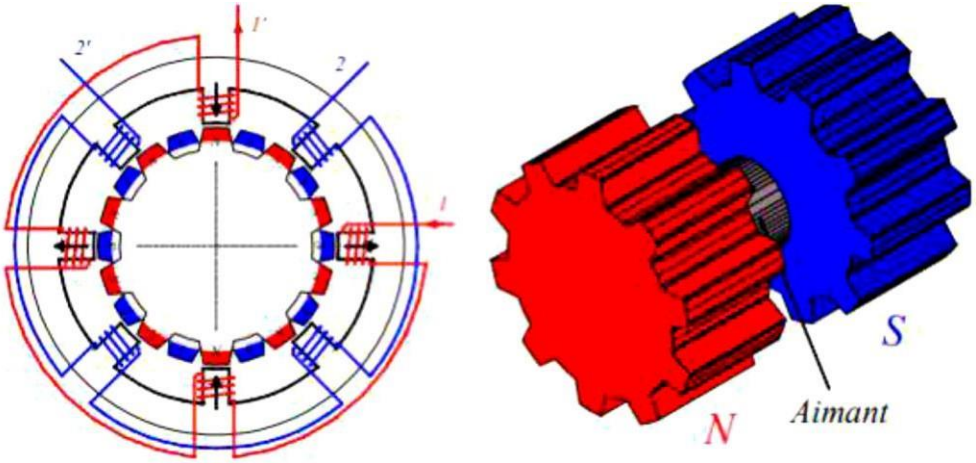


Figure II-13 Moteur hybride [9]

II.2 Avantages et inconvénients des Motors pas à pas

II.2.1 Avantages

- En raison de leur structure interne, les moteurs pas à pas ne nécessitent pas de capteur pour détecter la position du moteur. Puisque le moteur se déplace en effectuant des « pas », en comptant simplement ces pas, vous pouvez obtenir la position du moteur à un moment donné.
- Les moteurs pas à pas fournissent un bon couple à basse vitesse, sont parfaits pour maintenir des positions et ont également tendance à avoir une longue durée de vie.
- De plus, le contrôle du moteur pas à pas est assez simple. Le moteur a besoin d'un pilote, mais ne nécessite pas de calculs ou de réglages complexes pour fonctionner correctement. En général, l'effort de commande est moindre par rapport aux autres moteurs. Avec le micro pas, vous pouvez obtenir une précision de position élevée, jusqu'à environ 0,007°.

II.2.2 Inconvénients

- Ces moteurs tirent toujours le courant maximum même à l'arrêt, ce qui réduit l'efficacité et peut provoquer une surchauffe.
- Ils peuvent manquer un pas si le couple de charge est trop élevé. Cela a un impact négatif sur le contrôle, car il n'y a aucun moyen de connaître la position réelle du moteur. L'utilisation de micro pas à pas rend les moteurs pas à pas encore plus sensibles à ce problème.

II.3 Conclusion

Nous concluons que la carte MKS DLC32 est ce qui a facilité la mise en œuvre de notre projet, que le moteur pas à pas est le composant responsable du mouvement des axes de la machine CNC grâce à ces caractéristiques de rotation.

Chapitre III

III. Conception et Réalisation de la machine

III.1 Introduction

Ce chapitre sera consacré à l'explication du logiciel de commande et à la conception et la réalisation de la machine. Nous expliciterons les composants de la machine à fabriquer puis, nous passerons en revue les différentes étapes de réalisation de la machine.

III.2 La commande de la machine

III.2.1 Description des composants

Pour la commande de la machine, MKS DL C32 V2.1

Figure III-1).

Les drivers des moteurs réceptionnent les ordres, de vitesse de sens de rotation et de position, provenant de l'électronique de commande. Dans notre cas la care MKS DLC2 V2.1 peut transformer ces ordres en série d'impulsions électriques qu'elle transmet au moteur (**Erreur !**

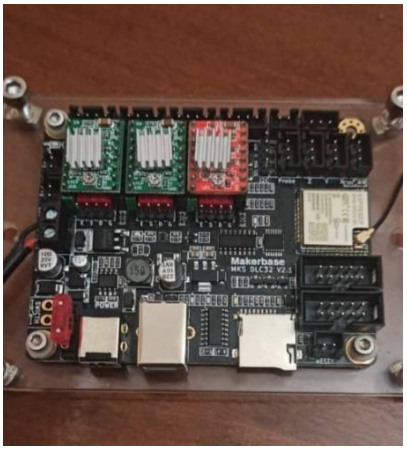


Figure III-1 Carte électronique MKS DL C32 V2

Pour la motorisation nous allons utiliser des moteurs Nema17 (Figure III-2)qui sont des moteurs pas à pas, 200 pas par révolution. Ce sont des moteurs utilisés dans 99% des imprimantes 3D et CNC grand public qu'on peut trouver facilement chez les fournisseurs de ce type de composant.

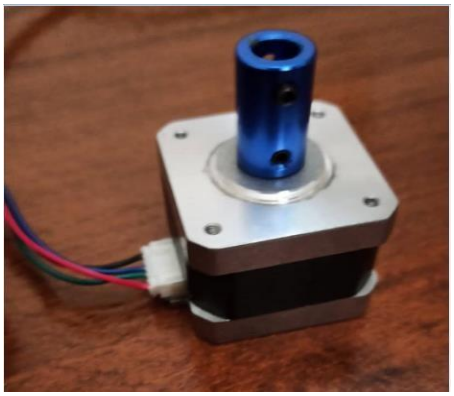


Figure III-2 Moteur pas à pas : Nema 17

III.3 Le Logiciel : LASERGRBL

III.3.1 Définitions

LASERGRBL est un logiciel open source qui offre de nombreuses fonctionnalités pour les CNC basées sur des cartes électroniques. Il permet de charger et d'envoyer facilement du G-code, tout en offrant un outil de conversion intégré qui permet d'utiliser directement des images, des photos et des logos. Grâce à cette fonctionnalité, il devient simple d'exploiter des éléments visuels dans un projet CNC.

III.3.2 Interface de GRBL

L'interface graphique du logiciel LASERGRBL présente une conception conviviale et intuitive, facilitant son utilisation pour les utilisateurs de toutes compétences techniques (Figure III-3).

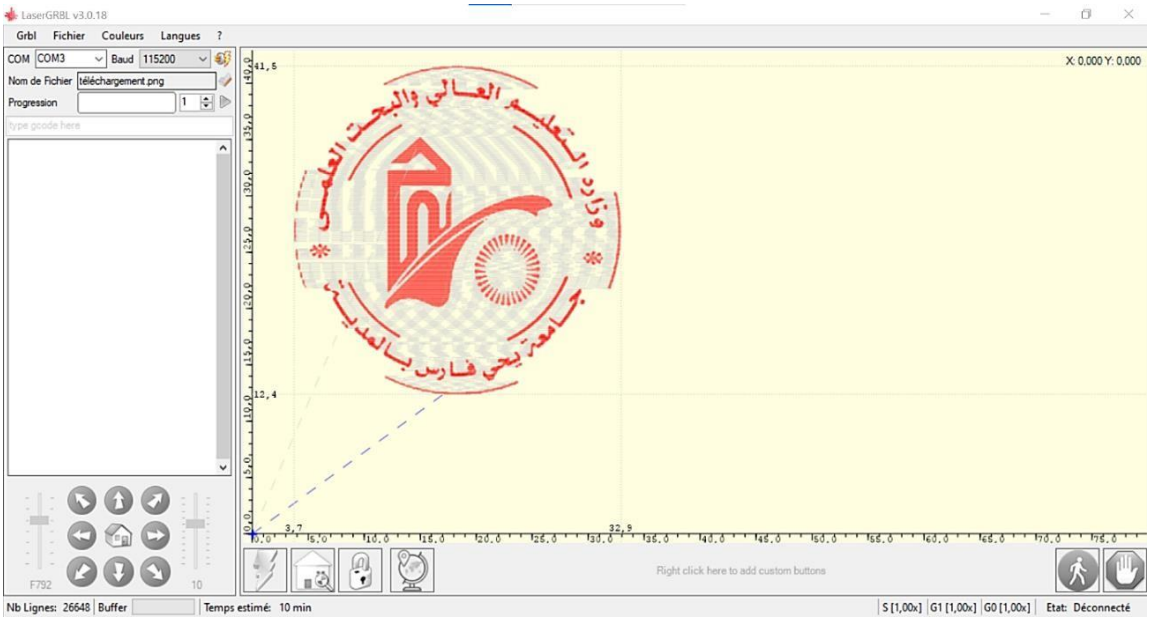


Figure III-3 Interface de GRBL

Au premier abord, vous trouverez une disposition claire avec des menus et des icônes bien organisés.

III.3.3 La barre de menu



Figure III-4 Barre de menu

La barre de menu en haut de la fenêtre offre un accès rapide à toutes les fonctionnalités principales du logiciel (Figure III-4). Vous pouvez y trouver des options telles que "Fichier" pour ouvrir, enregistrer et exporter des fichiers G-code, "Affichage" pour personnaliser l'apparence de l'interface, "Paramètres" pour configurer les paramètres de la machine, ainsi que d'autres options pour l'édition et la gestion des projets.

Le panneau principal de l'interface affiche généralement une zone de travail représentant la surface de la CNC. Vous pouvez visualiser votre dessin ou votre image importée dans cette

zone, et utiliser des outils de dessin pour créer ou modifier vos projets. Le logiciel offre des fonctionnalités telles que le tracé de lignes, le dessin de formes, le texte, le redimensionnement et le déplacement des objets, ainsi que d'autres outils d'édition pour affiner votre projet.

Une caractéristique importante de LASERGRBL est la possibilité de prévisualiser le rendu de votre projet avant de l'envoyer à la machine CNC. Cela vous permet de vérifier et d'ajuster les paramètres de découpe, tels que la vitesse, la puissance du laser et la profondeur de gravure, pour obtenir le résultat souhaité.

III.3.4 Menu principal

III.3.4.1 Fenêtre GRBL (Figure III-5)



Figure III-5 Fenêtré GRBL

- **Connecter :** Permet de connecter la machine.
- **Remise à zéro (Ctrl + X) :** Faire un reset de la Machine.
- **Repositionner à l'origine (Homing) :** Si vous avez des interrupteurs de fin de course, vous pouvez envoyer votre laser au point d'origine.
- **Déverrouiller :** Permet de déverrouiller la machine si celle-ci est en mode alarme.
- **GRBL configuration :** Permet de configurer les paramètres de GRBL et les envoyer vers la machine.
- **Paramètres :** voir section paramètres.
- **Matériel DB :** Base donnée pour les réglages de différents lasers et matériaux, vous pouvez ajouter les vôtres.
- **Raccourcis clavier :** Liste des raccourcis claviers disponibles.
- **Quitter le logiciel** : sortie du programme.

III.3.4.2 Fenêtre fichier (Figure III-6)

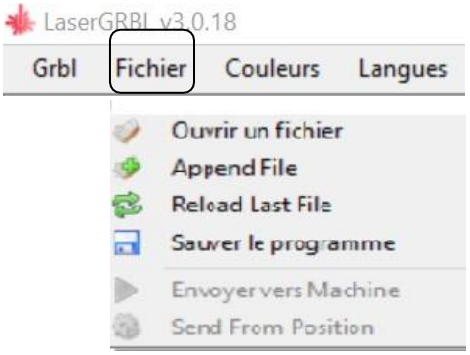


Figure III-6 Fenêtre « Fichier »

- **Ouvrir un fichier :** Pour ouvrir les fichiers G code : NC, G code, ou les images, JPG, GIF, PNG, BMP.
- **Ajouter un fichier :** Ajouter un fichier au projet en cours.
- **Recharger le dernier fichier :** Recouvre le dernier fichier ouvert.
- **Sauvegarder le programme** : pour enregistrer le travail.
- **Envoyer vers la machine** : Démarrer la gravure depuis le début.
- **Envoyer depuis la position** : Pour commencer la gravure à partir d'un point donné.

III.3.5 Gestion de la CNC

a) Connection

La première étape c'est la sélection du port COM (le port USB qui est branché avec la machine) comme (Figure III-7) et la vitesse en Baud (115200 pour la CNC).

Cliquez sur l'icône pour importer un fichier. Laser GRBL permet d'importer du G-code (G code) et des image (/ JPG / PNG / GIF).

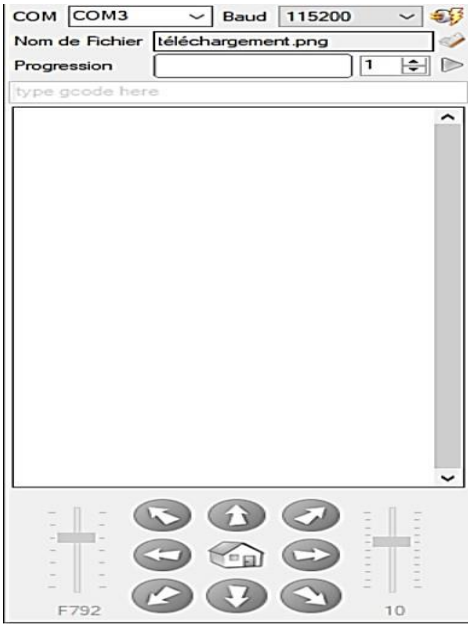


Figure III-7 Interface de gestion

b) **Progression :** affiche une barre de progression lors de la gravure.

c) **Multiples passes :** indiquez le nombre de passes que doit effectuer le Laser.

d) **Lancer la gravure :** cliquez sur le triangle pour lancer la gravure.

e) **Le JOG :** Permet de déplacer votre laser manuellement dans toutes les directions (Figure III-8). Les 2 curseurs contrôlent la vitesse en mm/min (à gauche) et le nombre de pas en mm (à droite). Le bouton home renvoi au point d'origine avec la commande « G0 X0 Y0 »



Figure III-8 Le JOG

III.4 Conception et réalisation de la machine

La conception mécanique de la machine a été réalisée sur le logiciel SolidWorks, dans cette partie nous exposerons les éléments de la machine avec les dessins techniques des pièces.

III.4.1 Le châssis

Le châssis est le support principal de la machine auquel tous les autres composants sont attachés (Figure III-9).



Figure III-9 Rendu 3D du châssis de la machine

III.4.2 Les supports de portiques

Les supports des portiques sont des pièces découpées sur des plaques en PVC (Figure III-10et Figure III-11). Ils servent à fixer les axes, transversal (OY) et vertical (OZ).

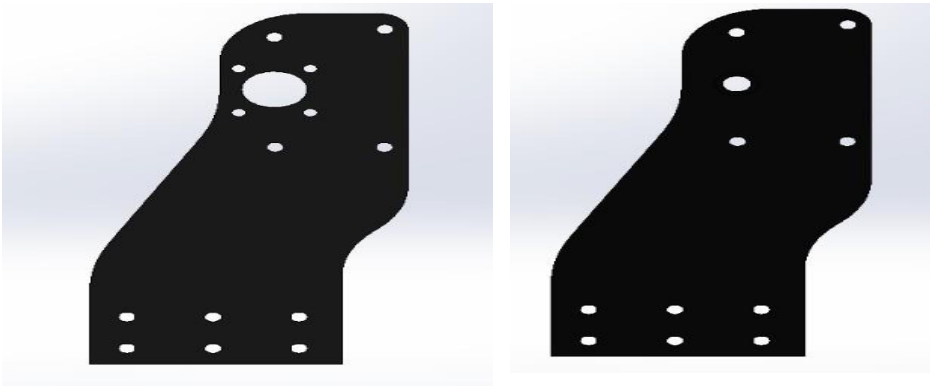


Figure III-10 Rendu 3D des supports des

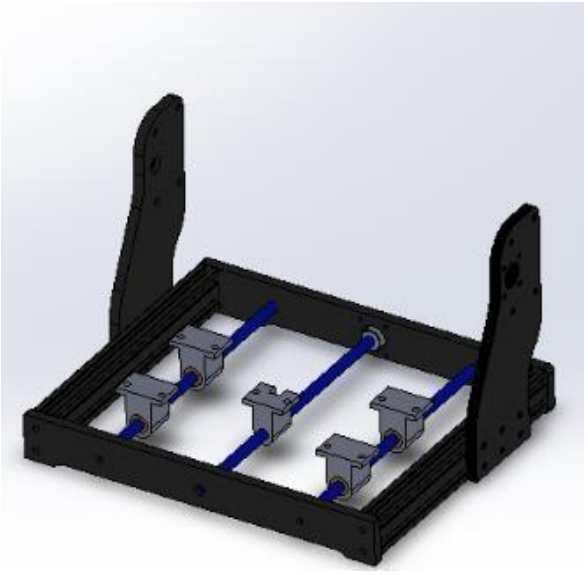


Figure III-11 Les supports de portiques fixés sur le châssis

III.4.3 La Table

La table de découpe (ou gravure) est en aluminium et est considérée comme notre surface de travail (Figure III-12).

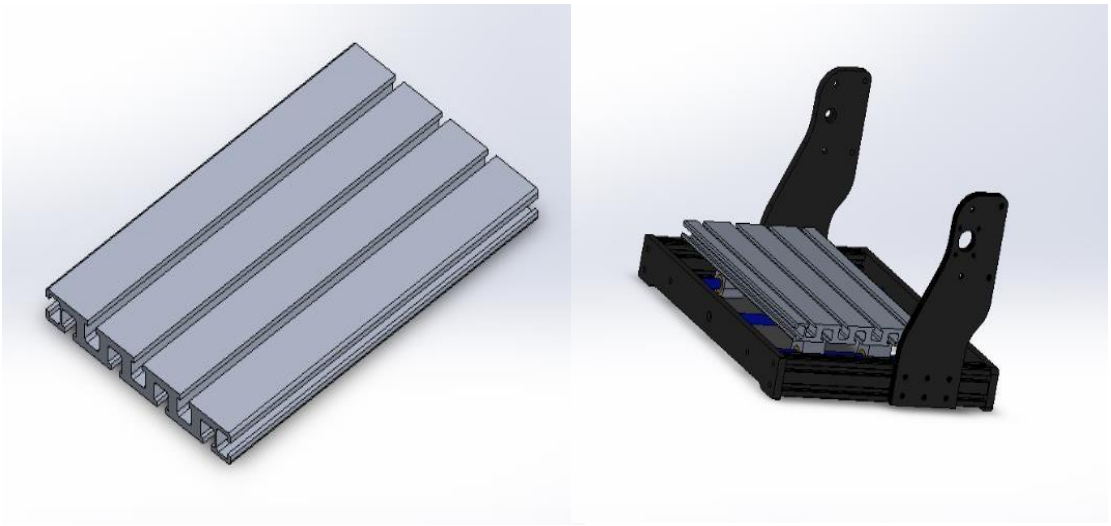


Figure III-12 Rendu 3D de la table seule et fixée sur le châssis

III.4.4 Accouplements

L'accouplement moteur est conçu pour connecter l'arbre du moteur à l'arbre de la charge de manière solide et fiable, tout en permettant une certaine flexibilité pour compenser les désalignements, les vibrations et les variations de charge. Il joue un rôle essentiel dans la transmission efficace et sans à-coups de la puissance du moteur à la charge (Figure III-13)

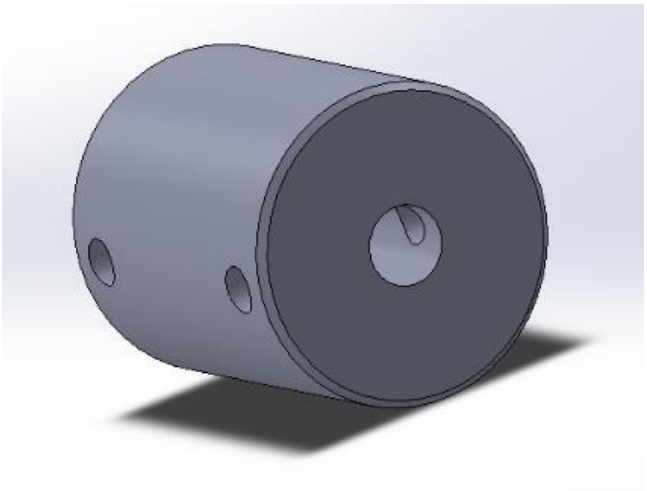


Figure III-13 Rendu 3D de l'accouplement moteur

III.4.5 Les actionneurs

Les actionneurs sont du type : moteur pas à pas (Figure III-14). La machine est équipée de trois moteurs pour assurer les mouvements selon es différents axes (Longitudinal, transversal et vertical).

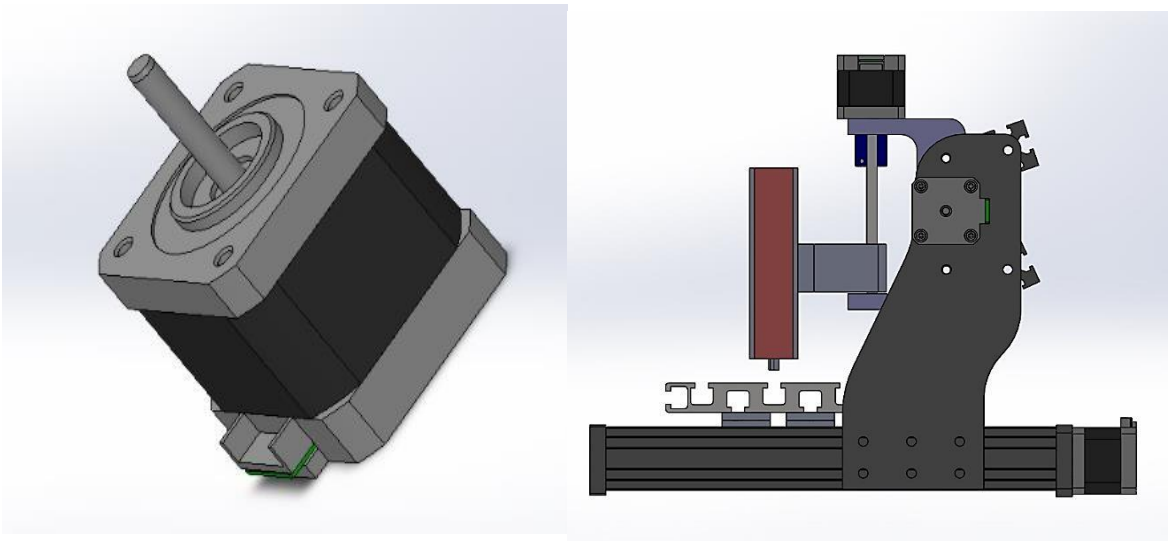


Figure III-14 Rendu 3D du moteur pas à pas et les emplacements sur la machine

III.4.6 Palier linéaire

L'objectif principal du palier linéaire est de fournir un support et un guidage précis pour un mouvement linéaire dans la direction longitudinale (Figure III-15). Il permet de réduire les frottements, les vibrations et les jeux indésirables, tout en garantissant un positionnement précis et répétable.

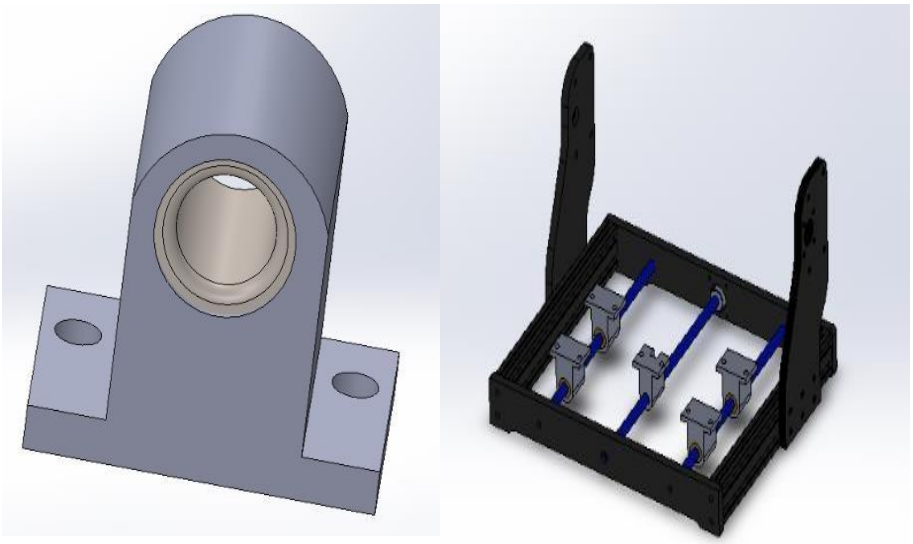


Figure III-15 Rendu 3D d'un palier linéaire et l'emplacement dans la machine

III.4.7 Écrou à glissière

L'écrou à glissière est utilisé pour la fixation et le serrage de la table (Figure III-16).

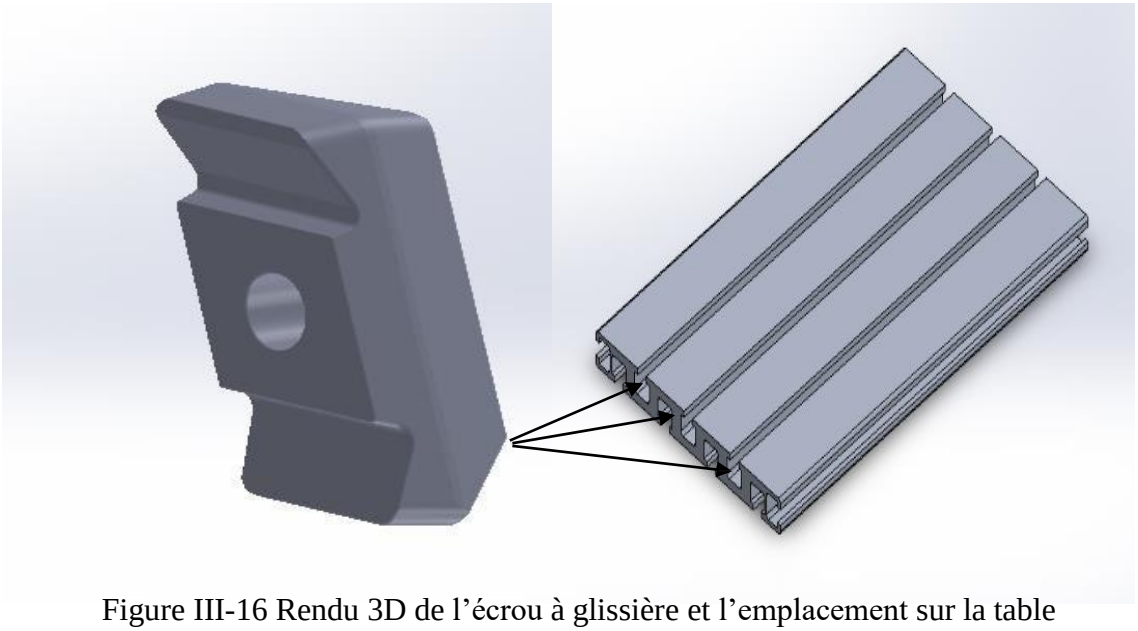


Figure III-16 Rendu 3D de l’écrou à glissière et l’emplacement sur la table

III.4.8 Les tiges de guidage

Les tiges de guidage sont des composants utilisés dans de nombreux systèmes mécaniques pour guider et stabiliser le mouvement d'un élément par rapport à un autre. Elles sont conçues pour fournir un support linéaire et réduire les frottements, assurant ainsi un mouvement fluide et précis.

La tige de guidage est une barre cylindrique, en aluminium, dotée d'une surface lisse et d'une grande précision dimensionnelle. Elle est intégrée à la structure de la machine, tandis que l'élément à guider, la table, est en contact avec la surface de la tige via des paliers lisses.

L'objectif principal de la tige de guidage est de minimiser les mouvements indésirables tels que les vibrations, les oscillations et le jeu excessif entre les éléments. Elle offre une référence stable pour le mouvement linéaire, permettant un positionnement précis et répétable. De plus, elle réduit les frottements, ce qui contribue à une usure minimale et à une longue durée de vie des composants.

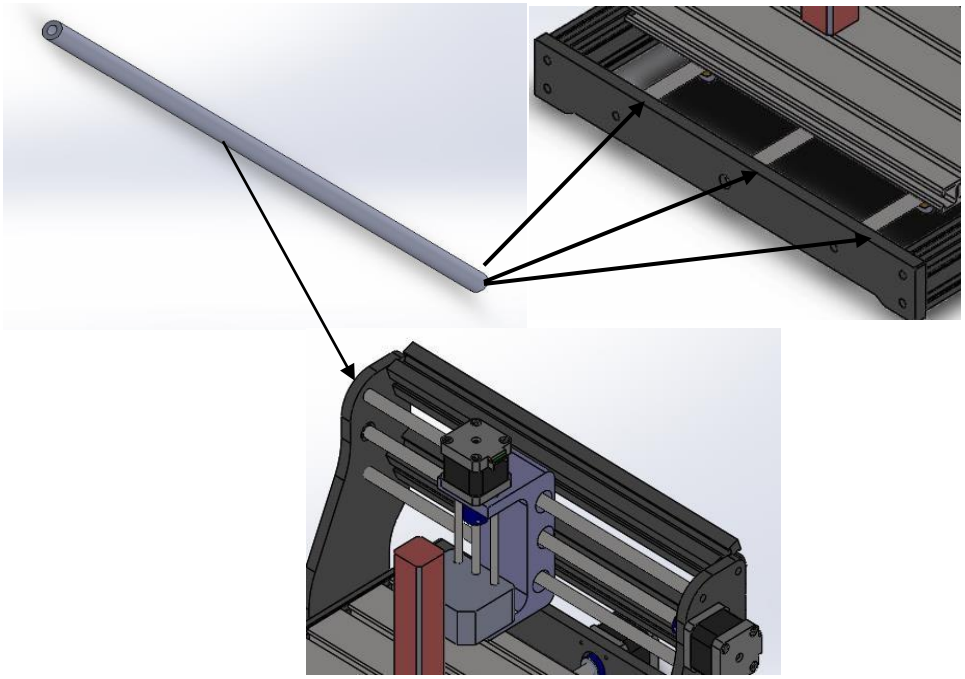


Figure III-17 Rendu 3D des tiges de guidage et leurs emplacements sur la machine

III.4.9 Vues de la machine assemblée

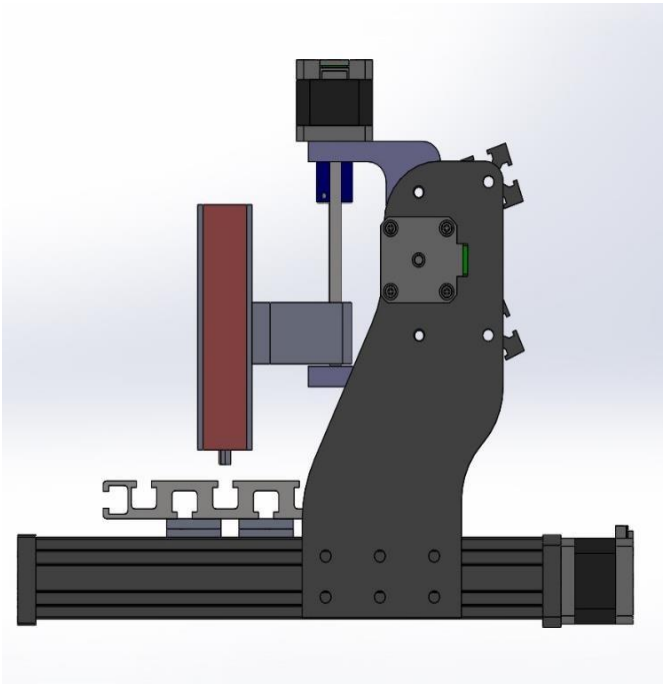


Figure III-18 Rendu 3D de la vue de droite de l’assemblage final

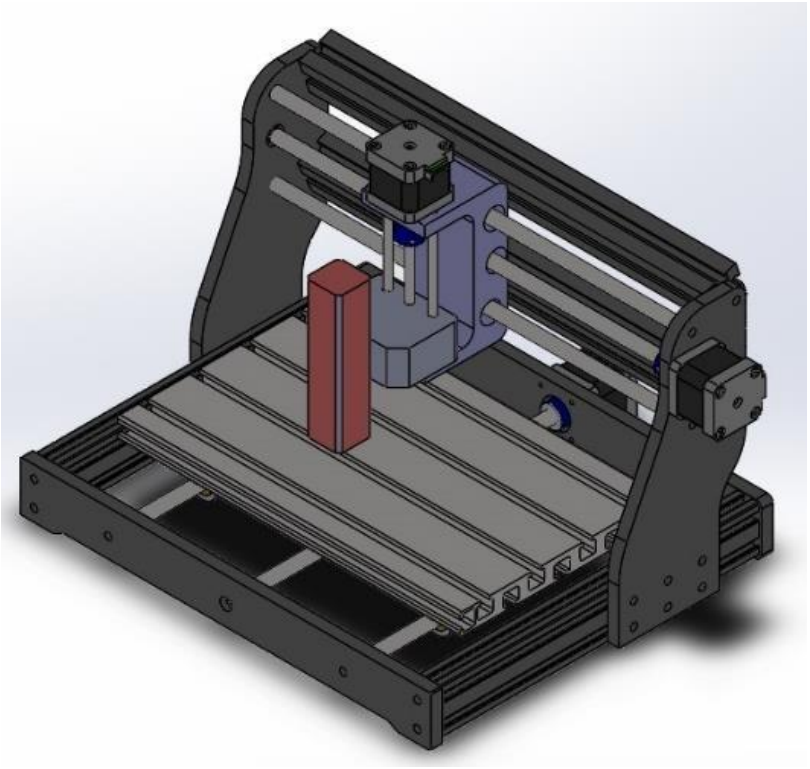


Figure III-19 Vu en perspective de la machine assemblée

III.4.9.1 La réalisation de la machine

Pour la réalisation de la machine, les pièces en PVC ont été découpées sur des plaques de même épaisseur. L'axe vertical (OZ) et les paliers de la table, réalisés par impression 3D. Les tiges



Figure III-20 Les différents composants de la machine avant assemblage

filetées, la visserie, les accouplements, les barres de guidage et profilés en aluminium sont des pièces standards que l'on peut trouver dans le commerce.

Pour la partie actionneurs et commande, toutes les pièces peuvent être acquise en kit dans les magasins spécialisés en composants électroniques.

Après avoir regrouper toutes les pièces nécessaires (Figure III-20), nous avons procédé au montage en suivant l'ordre suivant :

- Montage du châssis et de la table de travail, portée par ses paliers (Figure III-21)
- Montage des supports pote portiques



Figure III-21 Montage du châssis et de la table de travail

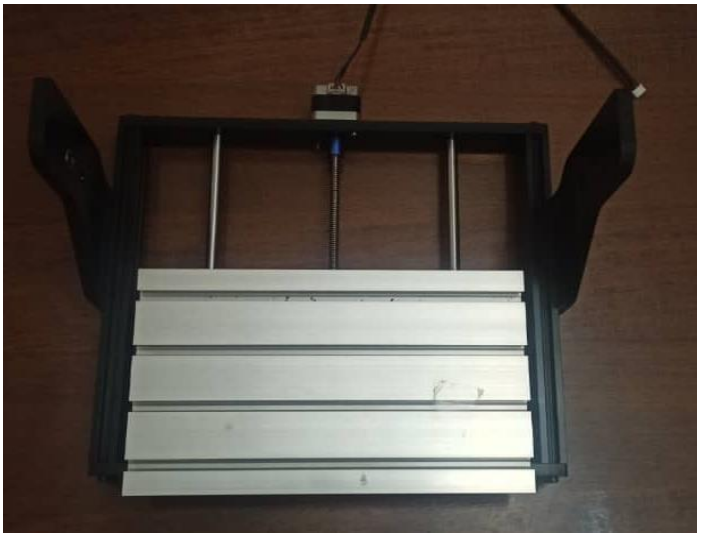


Figure III-22 Montage des supports porte portiques

- Montage de l’axe vertical (OZ) (Figure III-23)

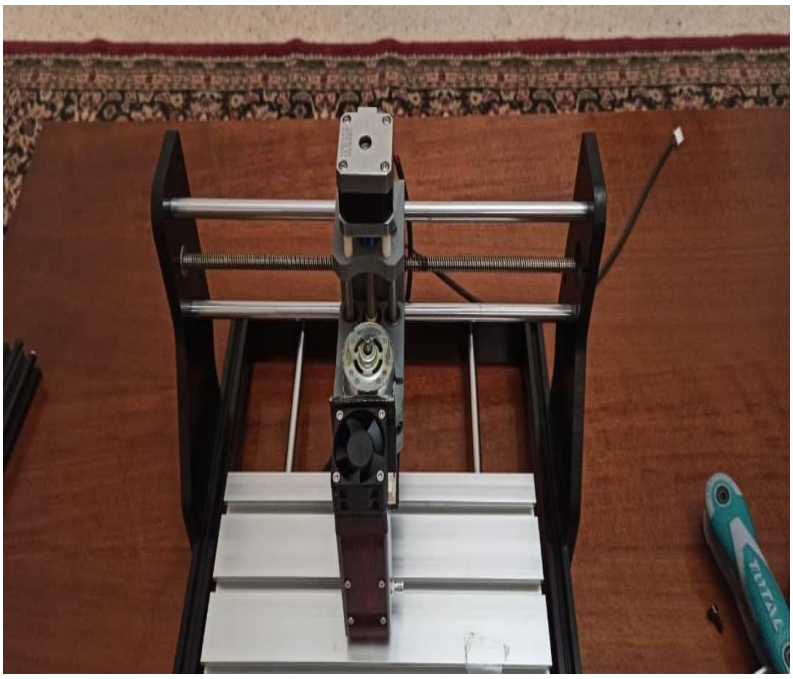


Figure III-23 Montage de l’axe vertical

- Montage de l’axe transversal (OY) (Figure III-24)

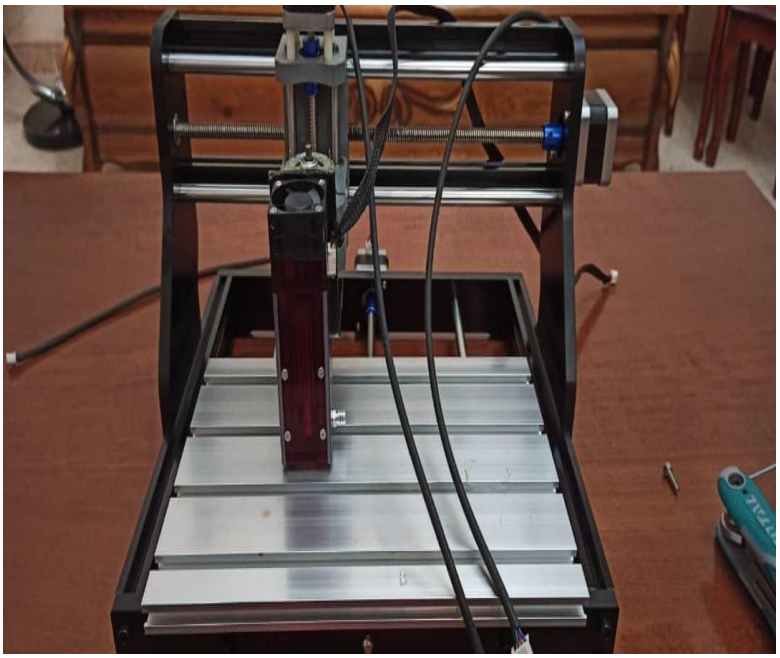


Figure III-24 Montage de l’axe transversal

- Montage de la commande et du câblage électrique(Figure III-25)

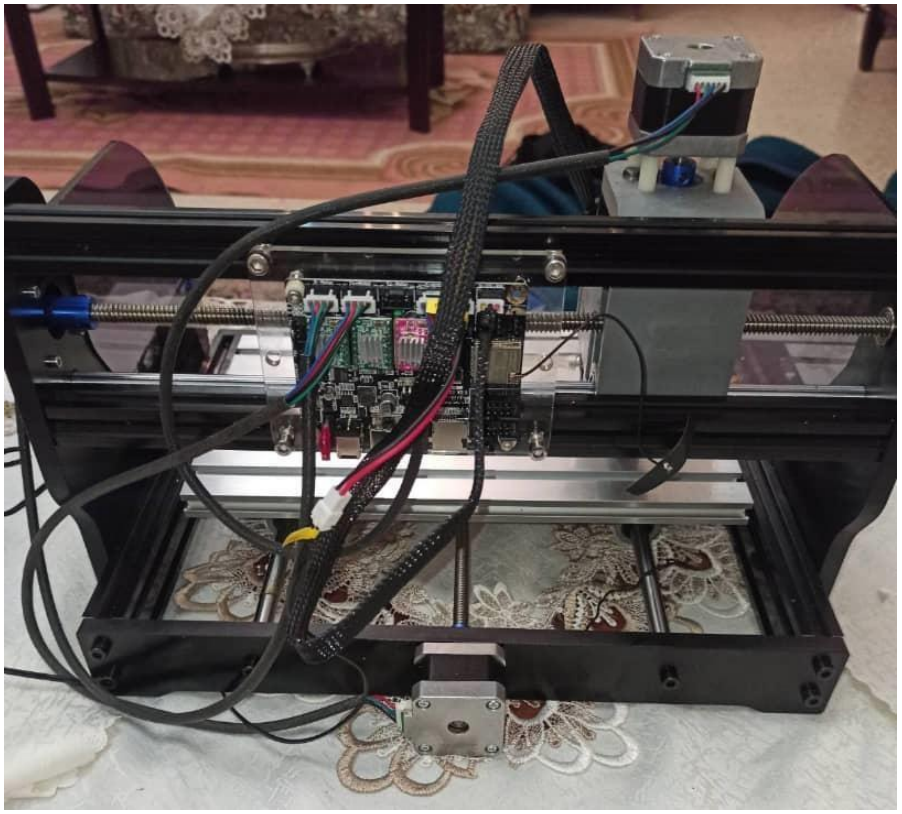


Figure III-25 Montage des composants de la commande

- Forme finale de la machine (Figure III-26)



Figure III-26 forme final de la machine

III.5 Mise en marche de la machine

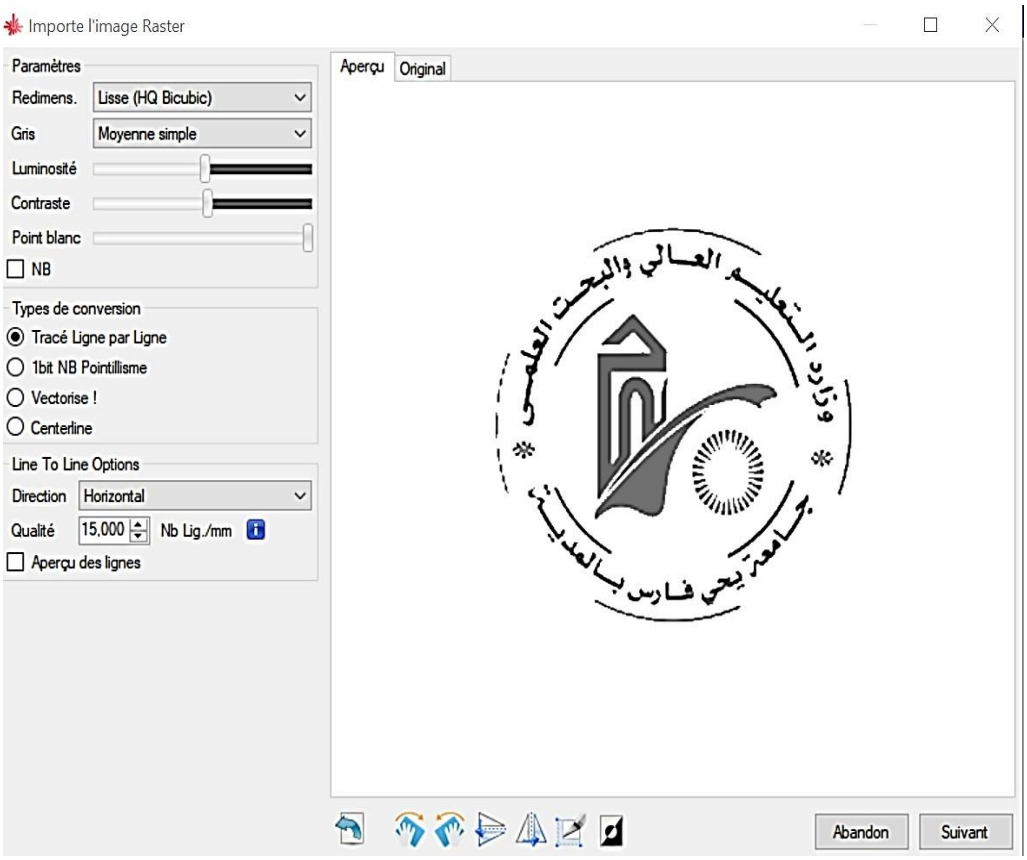


Figure III-27 Insertion du logo de l'université de Médéa dans l'interface de GRBL pour effectuer le premier test

Nous avons effectué deux gravures sur bois pour tester la précision de la machine ainsi que sa sensibilité aux vibrations parasites. Le premier travail consistait à graver le logo de l'université de Médéa sur un support rigide, tandis que le second était un dessin comportant des détails fins gravé sur un support souple. Il est important de souligner que cette machine peut également effectuer des découpes sur des pièces métalliques en réalisant plusieurs passages sur le même chemin. Toutefois, pour le découpage de pièces métalliques, un laser plus puissant que celui dont nous disposons est nécessaire.

III.5.1 Gravure sur un support rigide

Pour réaliser le premier test, nous avons télécharger le dessin à graver dans l'interface du logiciel LASERGRBL (Figure III-27). Ensuite nous avons lancé l'opération de gravure qui a duré environ cinq minutes. Le résultat obtenu est illustré par l'image de la (Figure III-28).



Figure III-28 Gravure du logo sur du bois

III.5.2 Gravure sur un support souple

Dans notre deuxième test, nous avons effectué une gravure sur un support souple en cuir synthétique (Figure III-30). Après avoir importé le dessin dans l'interface de LASERGRBL (Figure III-29), nous avons ajusté les vitesses d'avance de la broche. Ensuite, nous avons lancé l'opération de gravure, qui a duré environ dix minutes.

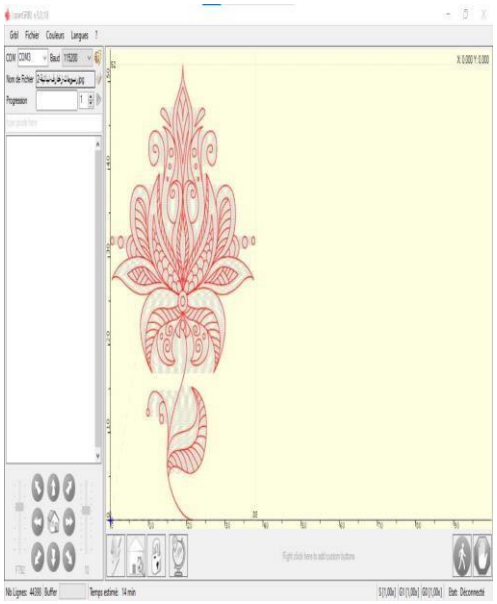


Figure III-29 Téléchargement du motif à graver pour le second test



Figure III-30 Gravure sur support souple

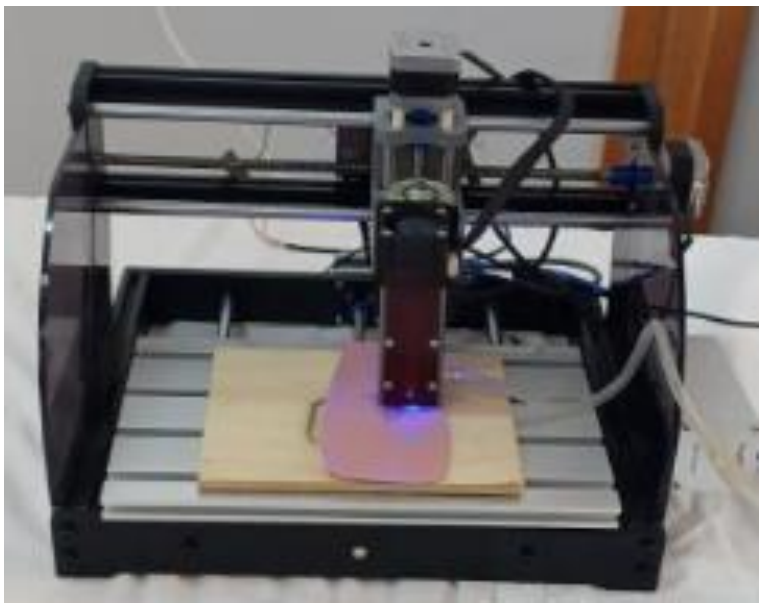


Figure III-31 La machine en action sur du cuir synthétique

III.6 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons entrepris la conception des différentes pièces mécaniques de la machine en utilisant principalement des pièces standard disponibles chez la plupart des fournisseurs. Nous avons réalisé cette conception à l'aide du logiciel SolidWorks®. Pour les composants électroniques, nous avons opté pour des choix qui répondaient aux besoins sans nécessiter un budget important. Une fois la machine assemblée, nous avons effectué deux tests de gravure. Le premier test a été réalisé sur un support rigide en bois, tandis que le second a été effectué sur un support synthétique en cuir. Les deux essais se sont révélés très concluants en ce qui concerne la stabilité de la machine face aux vibrations et la précision des mouvements d'avance.

Conclusion générale

Conclusion générale

L‘idée de ce projet a germé pour répondre à un besoin de l’industrie local de la wilaya de Médéa et en particulier les PME activant dans l’industrie de la chaussure.

À travers ce projet de conception et de réalisation d'une machine de découpe à commande numérique par laser, nous avons fait de notre mieux pour développer une machine, simple d’utilisation, avec un encombrement réduit et pouvant être déplacée puisque démontable. La réalisation de ce projet nous a permis de développer des compétences en conception tridimensionnelle et en contrôle de moteurs pas à pas par programmation de carte électronique. En conclusion, le projet de fin d'études portant sur la conception et la réalisation d'un découpeur laser, adapté aux besoins des PME a été une expérience enrichissante et gratifiante.

Ce projet nous a permis d'explorer les différentes étapes de conception, de développement et de fabrication d'un découpeur laser, en tenant compte des contraintes et des besoins spécifiques des PME.

En travaillant sur ce projet, nous avons acquis une expertise approfondie dans les domaines de la conception mécanique, de l'électronique, de la commande numérique et de l'utilisation des lasers pour la découpe. Pour les composants électroniques, nous avons opté pour des choix qui répondaient aux besoins sans nécessiter un budget important. Une fois la machine assemblée, nous avons effectué deux tests de gravure. Le premier test a été réalisé sur un support rigide en bois, tandis que le second a été effectué sur un support synthétique en cuir. Les deux essais se sont révélés très concluants en ce qui concerne la stabilité de la machine face aux vibrations et la précision des mouvements d'avance.

La conception et la réalisation de ce découpeur laser offrent aux PME la possibilité d'accéder à une technologie de pointe pour répondre à leurs besoins de découpe de matériaux avec précision et efficacité.

En outre, ce projet nous a permis de développer des compétences en gestion de projet, en travail d'équipe et en résolution de problèmes. Nous avons dû faire preuve de créativité, de rigueur et d'adaptabilité pour surmonter les défis techniques et mener le projet à terme avec succès.

IT Doctor
2023-06-13 02:10:19
---
1)Dans l'annexe plusieurs dessins n'ont pas pu être lus (fichier endommagé je crois)
2) il a fallu terminer votre ˆ'tude par un petit passage pour les travaux a venir (exemple amˆ'liorˆ' la prˆ'cision, la vitesse de gravure, faire des essais sur la dˆ'coupe- sur tous que le thˆ¤me portˆ' sur la dˆ'coupe que vous n’avez pas e
3) une petite étude de dimensionnement serais la bienvenue, une petite simulation en utilisant Ansys pour la résistance de l'assemblage par exemple. 4) la transmission du mouvement entre les moteurs et les organes mobiles?
5) les choix effectués pour le type d'accouplement, matériaux de construction se basés sur quels critères?
6) Vous dites en conclusion " Les deux essais se sont révélés très concluants en ce qui concerne la stabilité de la machine face aux vibrations et la précision des mouvements d'avance. " comment ça ? expliquer comment avez vous effectuer ces testes ? 7) Vôtre machine se classifie en 3 ou 2,5 Axes ? expliquer!
8) pour améliorer la précision, sur quoi doit on agir?

Références bibliographiques

[1] «https://www.dunod.com/sciences-techniques/construisez-votre-machine-cnc 06/03/2023,» [En ligne]. [Accès le 06 03 2023].

[2] H. Dr Zahia , *"Machines-outils à commande numerique" chapitre 2*, 2016.

[3] . R. AROUR et . O. AOUF , *"conception d'un découpeur plasma CNC à trois AXES"*, 2018/2019.

[4] S.-M. .Y et RAMDANE.D, *"Conception de l'Outil de Forage PDC 10"et Génération du G-Code pour Sa Fabrication"*, 2019/2020.

[5] B. FABIEN et D. CYRIL , *"Cours de physiques des Lasers" version 1 ;*, ORSAY, 2008.

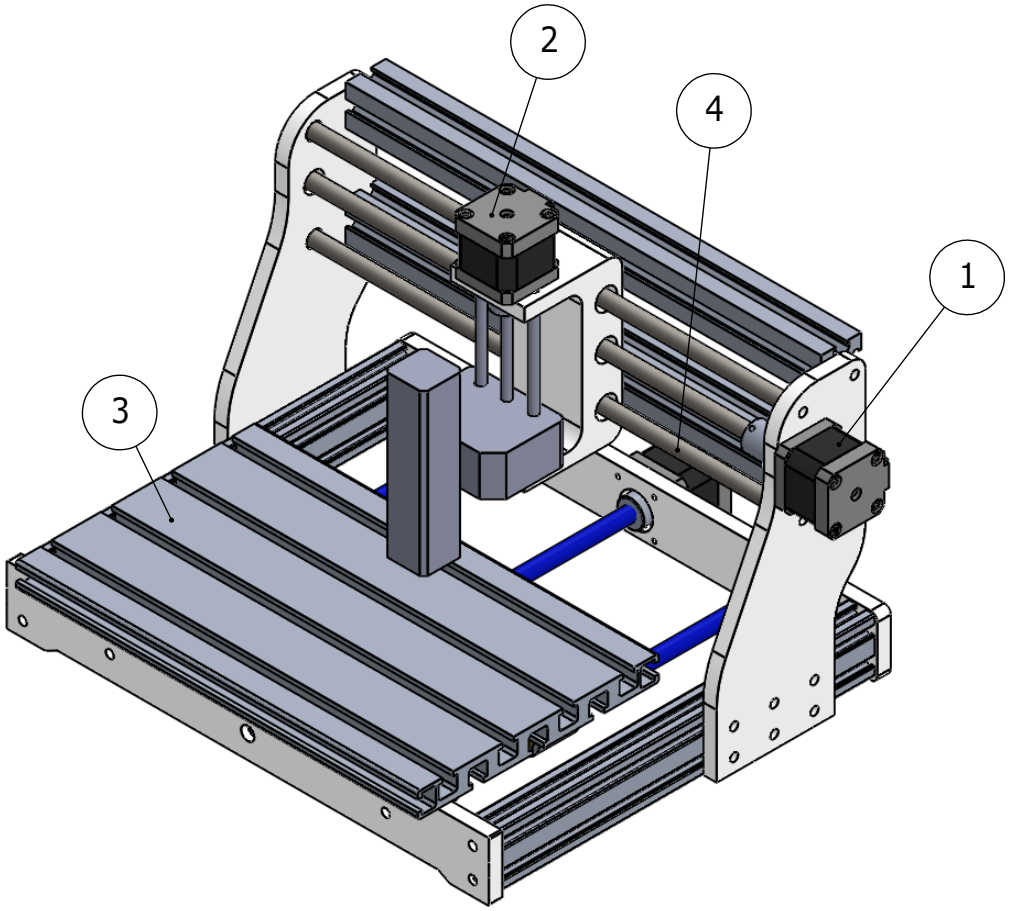
[6] B. BOUFADENE.J et AMIROUCHE.R, *"Modélisation de la trempe superficielle de l'acier par laser Co2"*, 2020/2021.

[7] 24 12 2021. [En ligne]. Available: https://github.com/makerbase-mks/MKS-DLC32 . [Accès le 15 05 2023].

[8] CARMINE.F, «STEPPER MOTORS BASICS:TYPES, USES, AND WORKING PRINCIPLES,» n° %1A-0040 , 2022.

[9] L. e. DAOUDI.M, *"Conception et réalisation d'une machine CNC"*, 2021/2022.

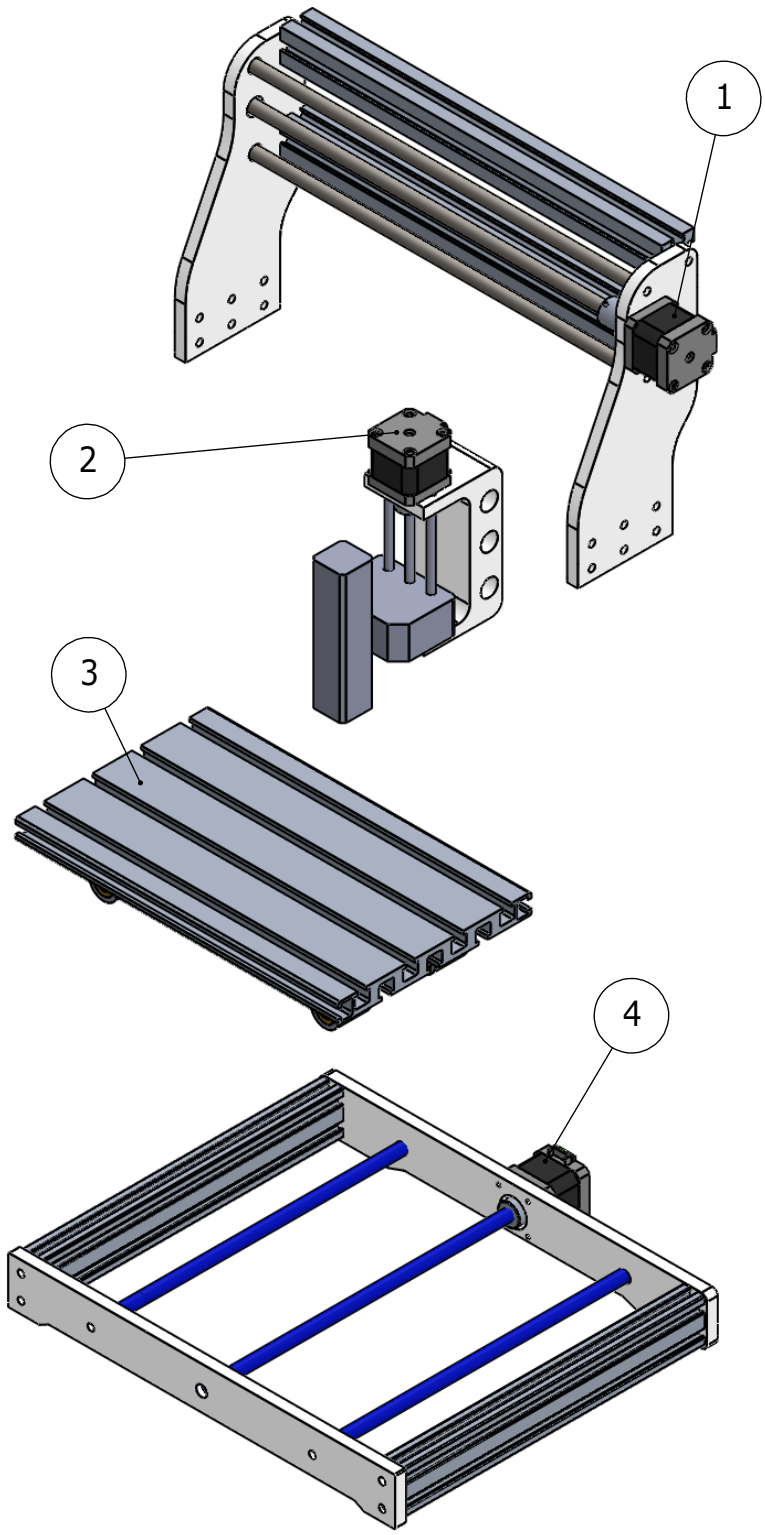
ANNEXES



ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	Axe X	1
2	Axe Z	1
3	Table	1
4	Chassis et axe Y	1

Université Dr Yahia Farés de Médéa

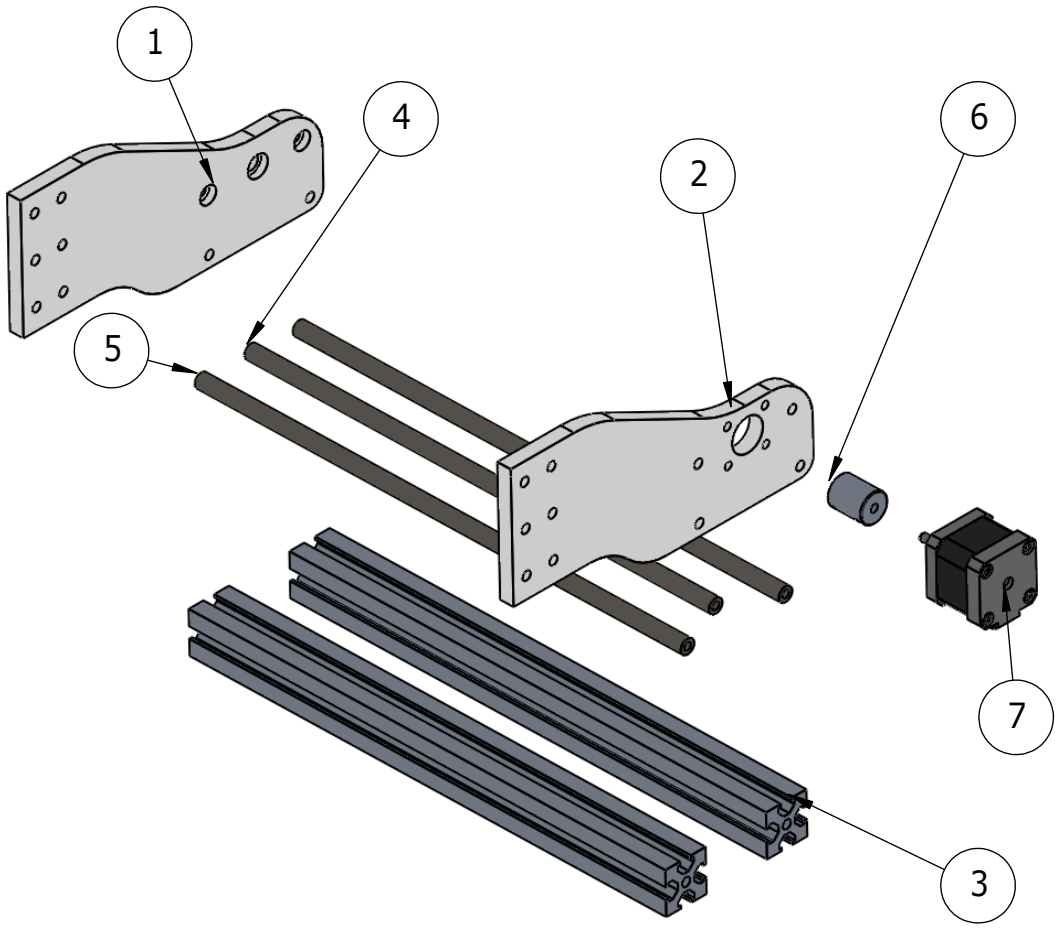
Quantite: 1	Conception et réalisation d'un découpeur laser à commande numérique	KHALDI/BOURABIA
	VUE EN PERSPECTIVE DE LA MACHINE ASSEMBLEE	JUIN - 2023
Format: A4		Ehelle 1:4



ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	Axe X	1
2	Axe Z	1
3	Table	1
4	Chassis et axe Y	1

Université Dr Yahia Farés de Médéa

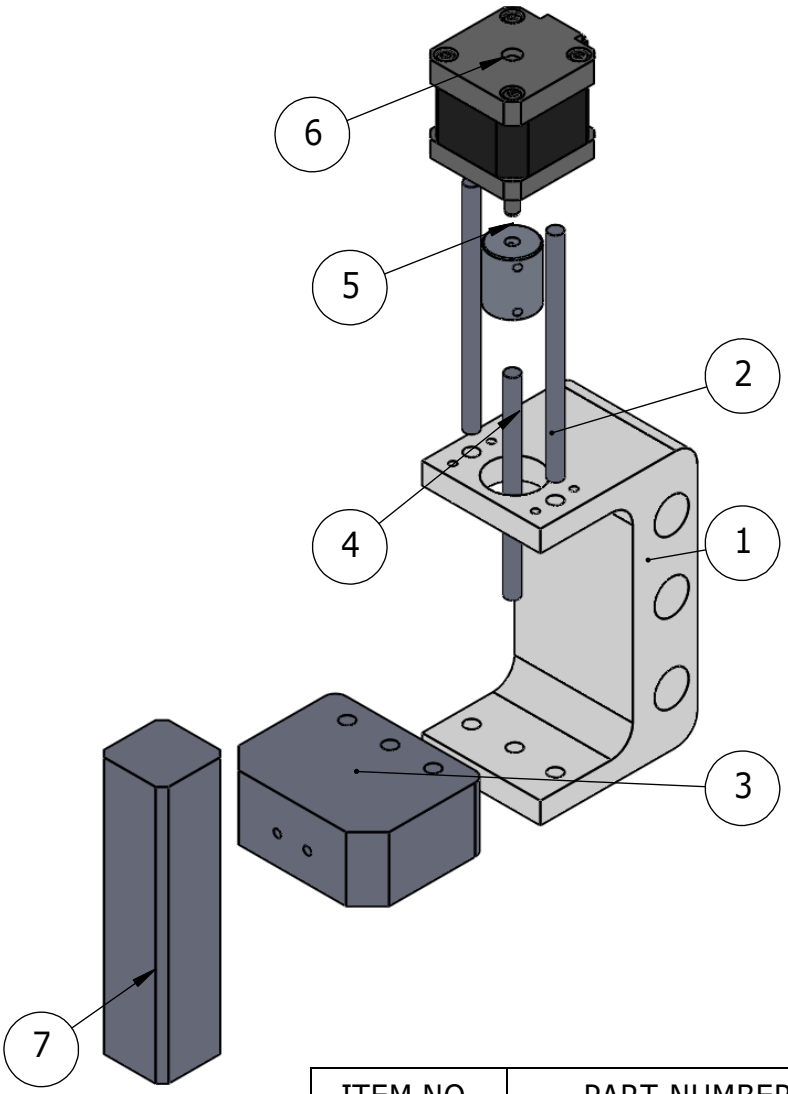
Quantite: 1	Conception et réalisation d'un découpeur laser à commande numérique	KHALDI/BOURABIA
	VUE ECLATEE DE LA MACHINE Sous assemblages principaux	JUIN - 2023
Format: A4		Ehelle 1:5



ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	Support portiaue	1
2	Support portique	1
3	Profil	2
4	Tige filetée	1
5	Tige	2
6	Accouplement	1
7	Motor pas pas ms17hd2p_4200-10_01	1

Université Dr Yahia Farés de Médéa

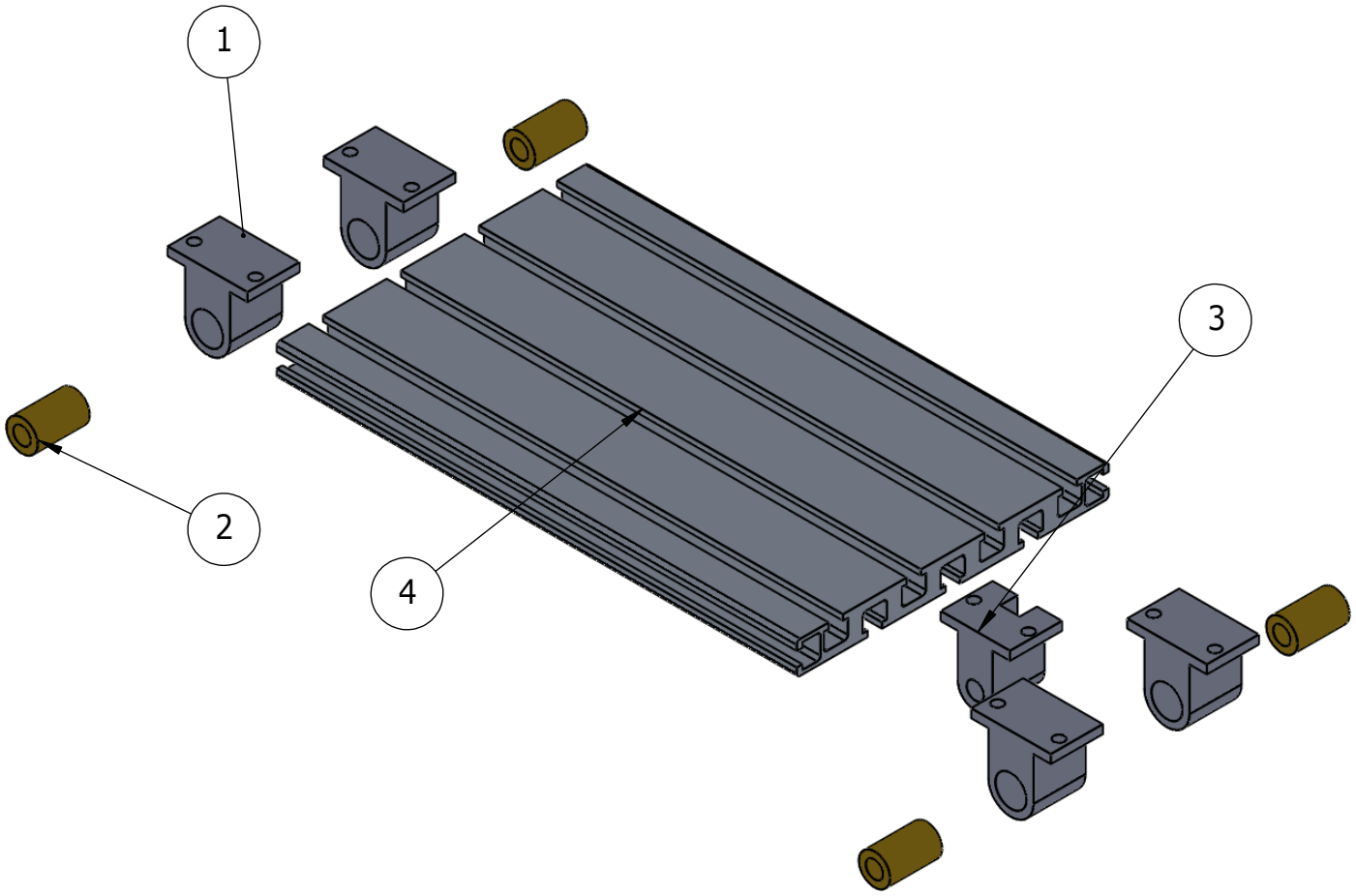
Quantite: 1	Conception et réalisation d'un découpeur laser à commande numérique	KHALDI/BOURABIA
	Vue éclatée du sous assemblage N°1	JUIN - 2023
Format: A4		Ehelle 1:4



ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	Axs z	1
2	Tige	2
3	Support de laser	1
4	Tige filetée	1
5	Accouplement	1
6	Motor pas pas ms17hd2p_4200-10_01	1
7	Laser	1

Université Dr Yahia Farés de Médéa

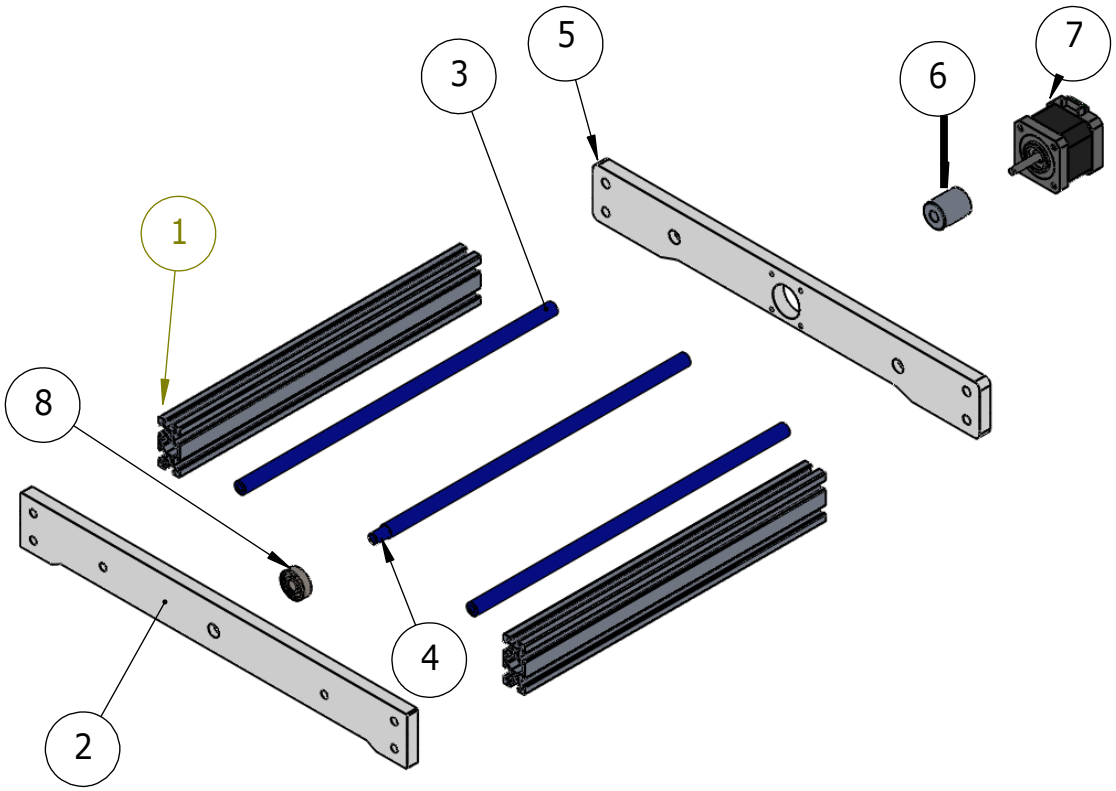
Quantite: 1	Conception et réalisation d'un découpeur laser à commande numérique	KHALDI/BOURABIA
	Vue éclatée du sous assemblage N°2	JUIN - 2023
Format: A4		Ehelle 2:5



ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	Écrou coulissant	4
2	Douille	4
3	Siège d’écrou	1
4	Table 18_5x180-300	1

Université Dr Yahia Farés de Médéa

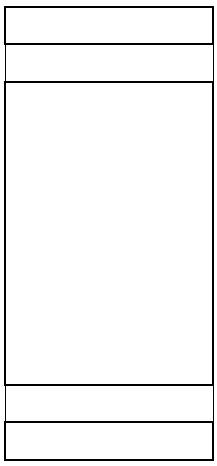
Quantite: 1	Conception et réalisation d'un découpeur laser à commande numérique	KHALDI/BOURABIA
	Vue éclatée du sous assemblage N°3	JUIN - 2023
Format: A4		Ehelle 1:3

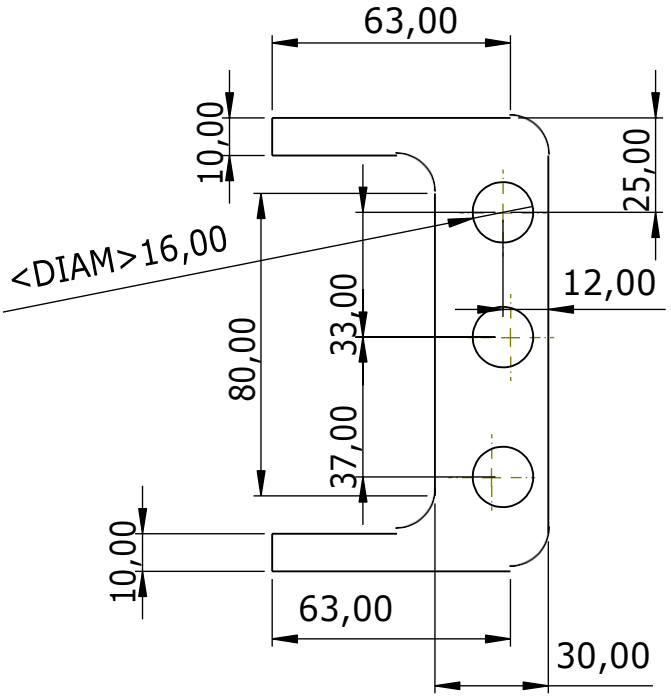


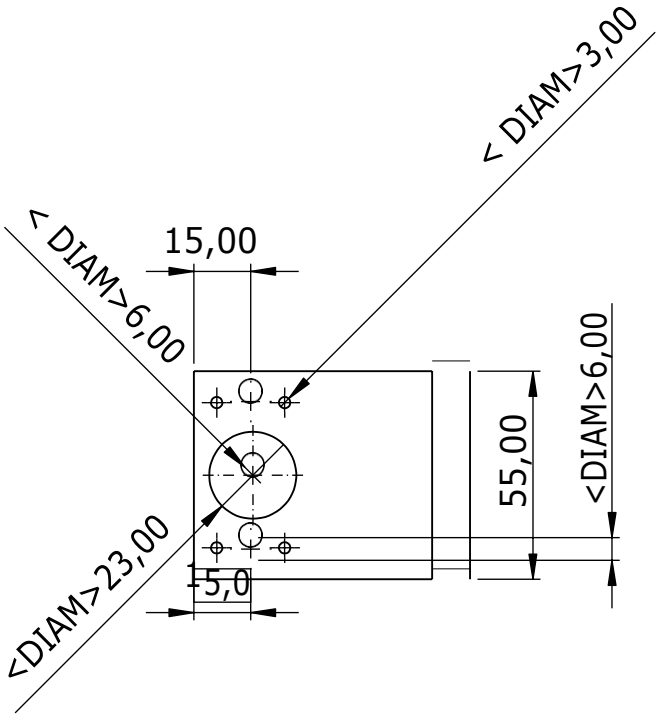
ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	Element de chassis	2
2	Element de chassis	1
4	Tige de guidage	1
3	Tige filetée	2
5	Element de chassis	1
6	Accouplement	1
7	Motor pas pas ms17hd2p_4200-10_01	1
8	SKF - 608 - 8,SI,NC,8_68	1

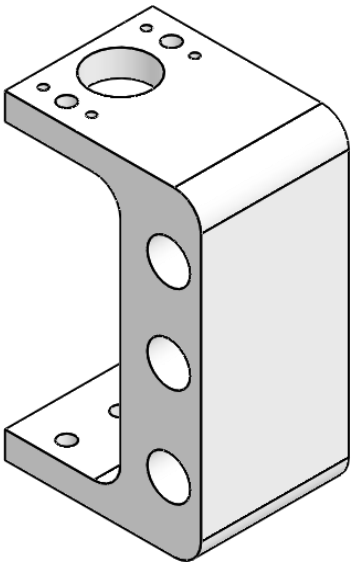
Université Dr Yahia Farés de Médéa

Quantite: 1	Conception et réalisation d'un découpeur laser à commande numérique	KHALDI/BOURABIA
	Vue éclatée du sous assemblage N°4	JUIN - 2023
Format: A4		Ehelle 1:1



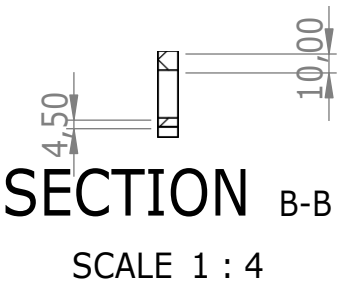






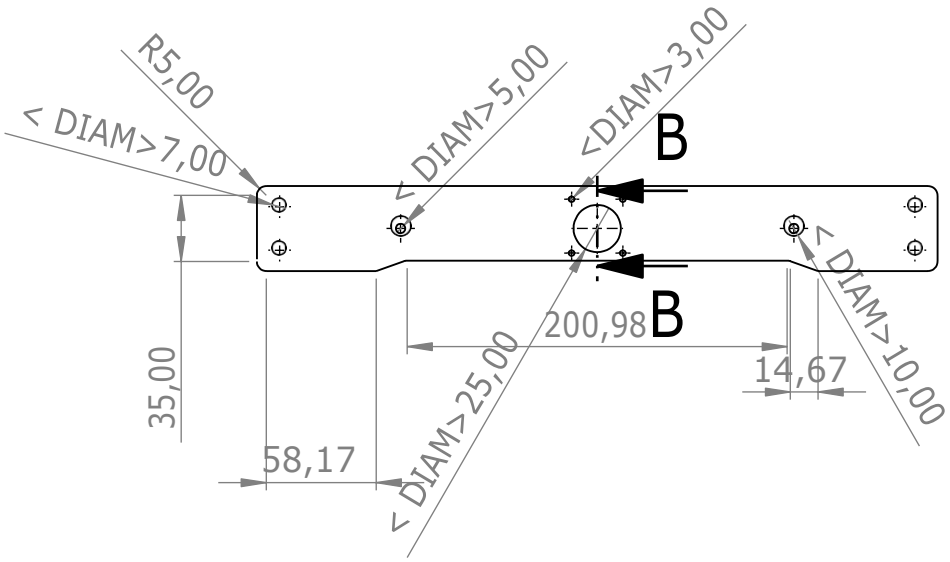
Université Dr Yahia Farés de Médéa

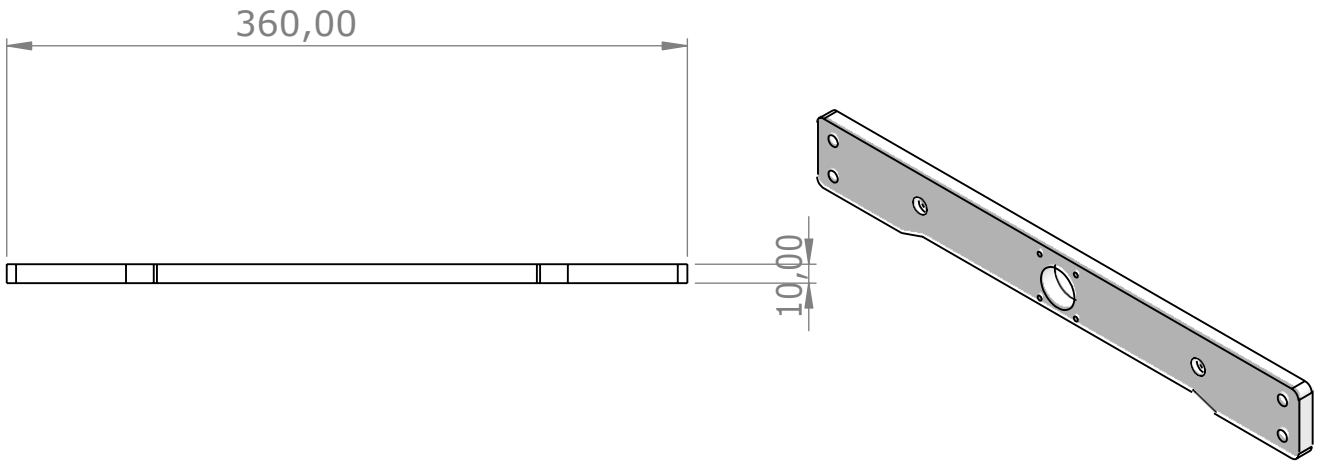
Quantite: 1	Conception et réalisation d'un découpeur laser à commande numérique	KHALDI/BOURABIA
	Axs Z	JUIN - 2023
format:A4		Ehelle 1:2



SECTION B-B

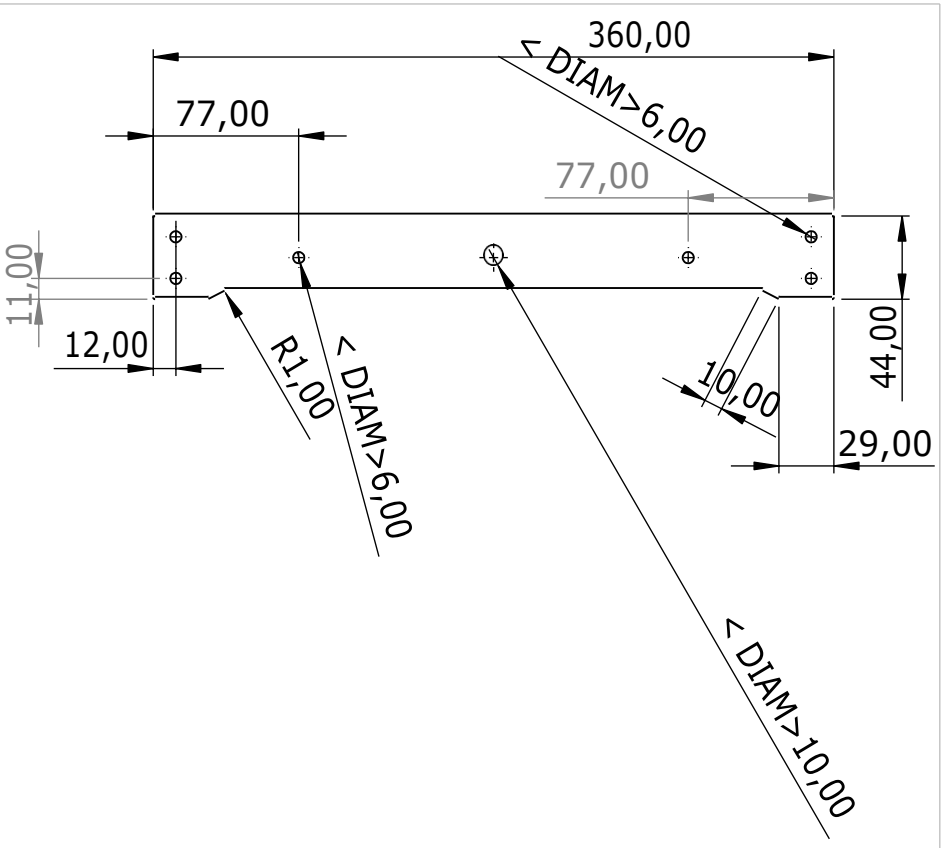
SCALE 1 : 4

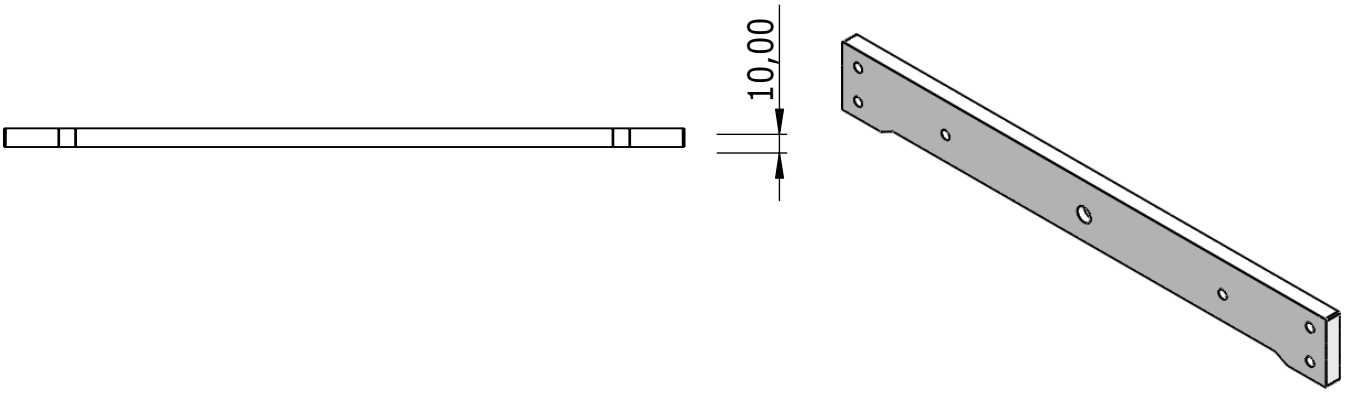




Université Dr Yahia Farés Médéa		
Quantite: 1	Conception et réalisation d'un découpeur laser à commande numérique	KHALDI/BOURABIA
	Element de chassis	JUIN - 2023
format:A4		Ehelle 1:4

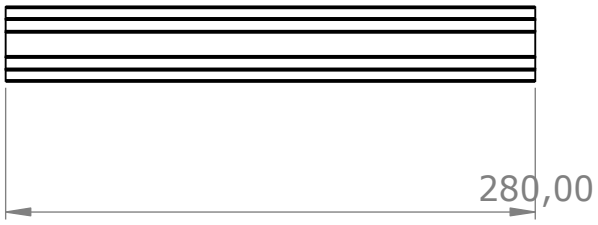


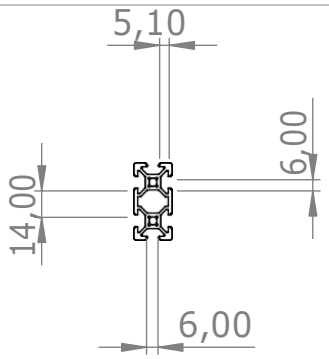


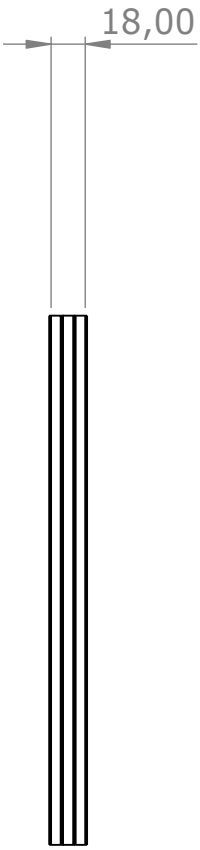


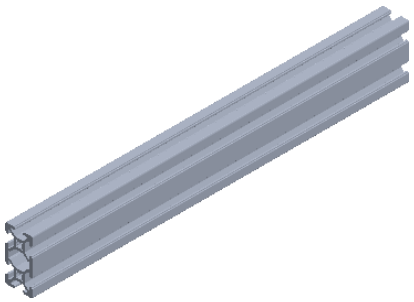
Université Dr Yahia Farés de Médéa

Quantite: 1	Conception et réalisation d'un découpeur laser à commande numérique	KHALDI/BOURABIA
	Element de chassis	JUIN - 2023
format:A4		Ehelle 1:4

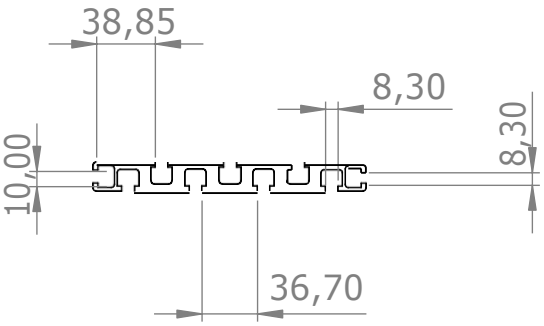


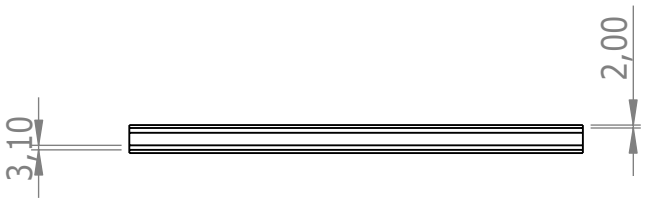


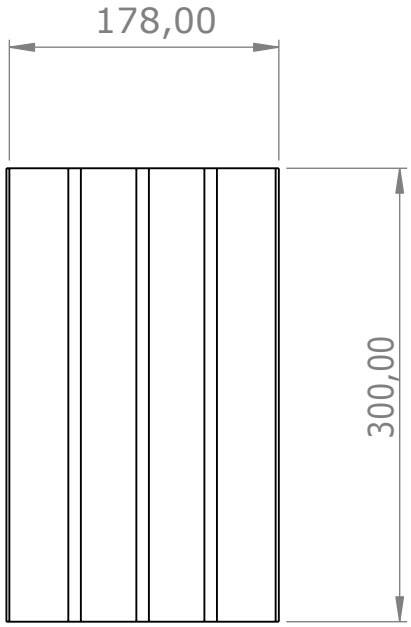


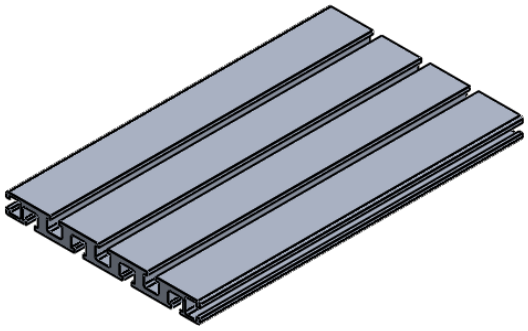


Université Dr Yahia Farés de Médéa		
Quantite: 2	Conception et réalisation d'un découpeur laser à commande numérique	KHALDI/BOURABIA
	Element de chassis	JUIN - 2023
format:A4		Ehelle:1:4



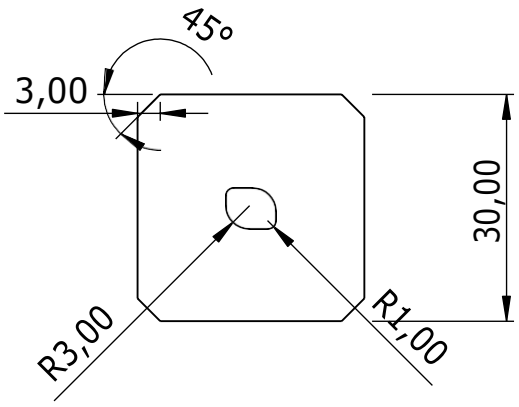


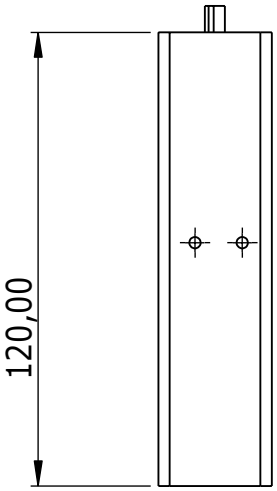


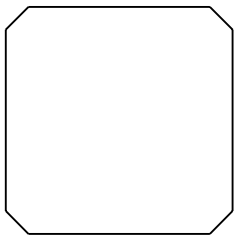


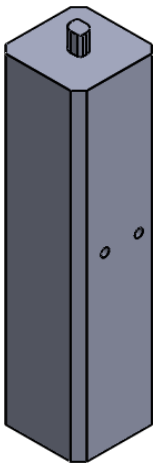
Université Dr Yahia Farés de Médéa

Quantite: 1	Conception et réalisation d'un découpeur laser à commande numérique	KHALDI/BOURABIA
	Table	JUIN - 2023
format:A4		Ehelle:1:5



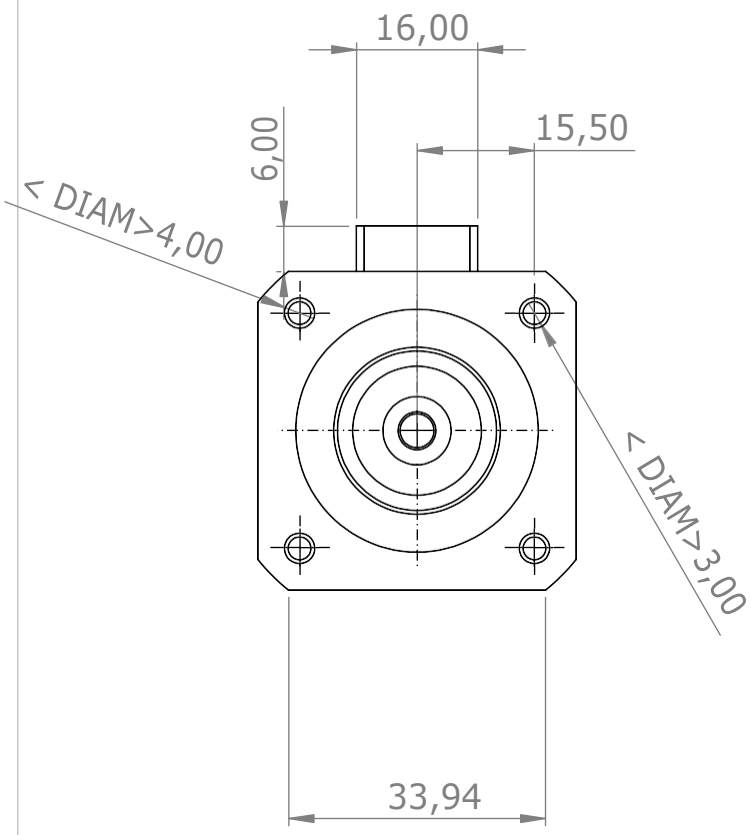


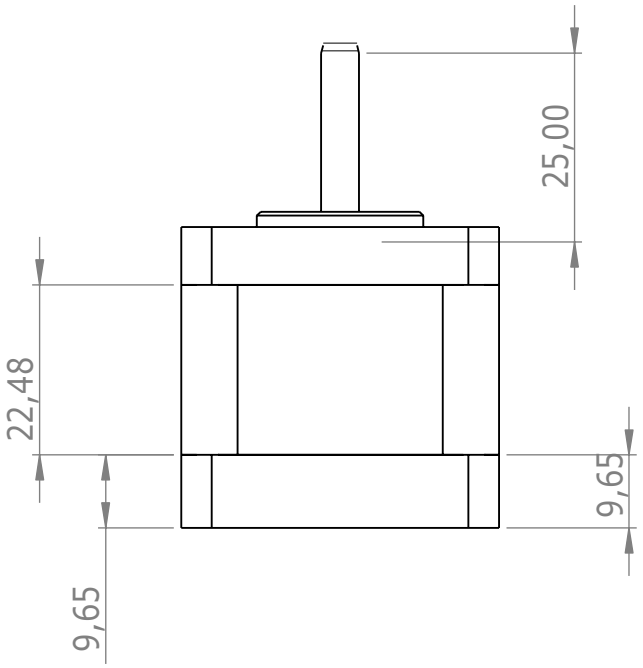


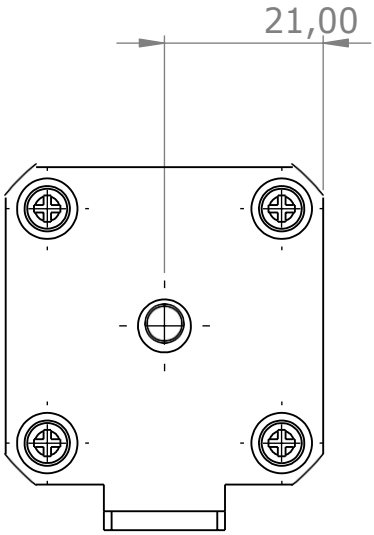


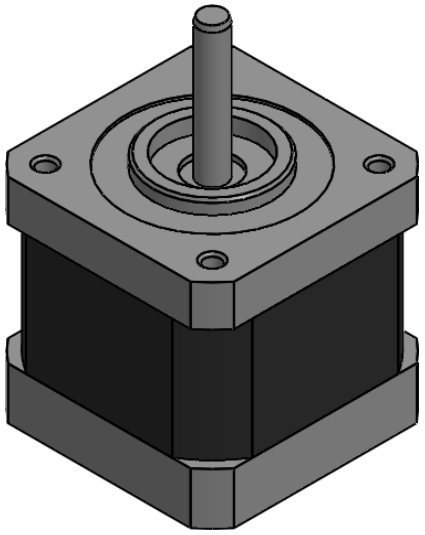
Université Dr Yahia Farés de Médéa

Quantite: 1	Conception et réalisation d'un découpeur laser à commande numérique	KHALDI/BOURABIA
	Laser	JUIN - 2023
format:A4		Ehelle 1:2



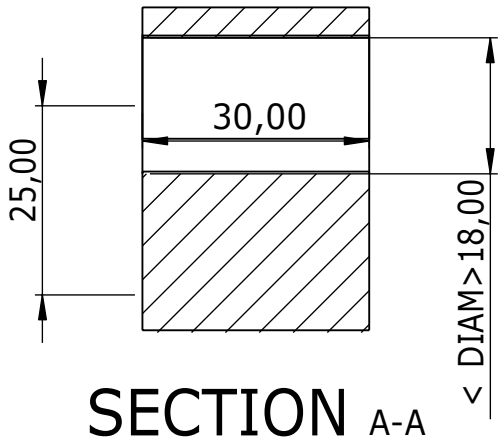




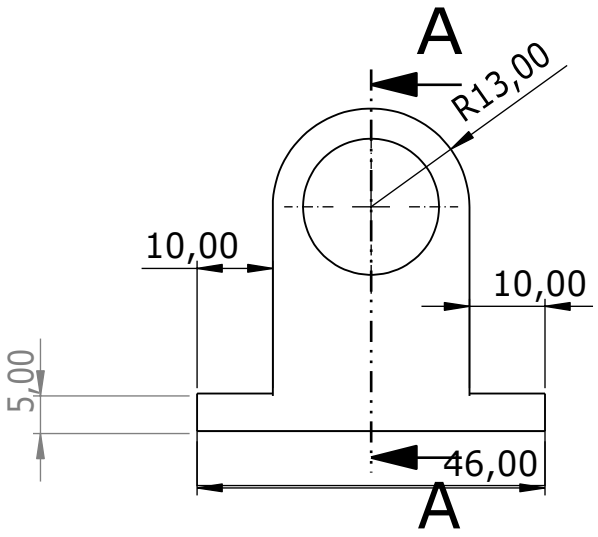


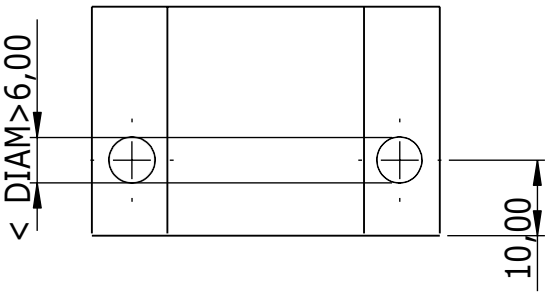
Université Dr Yahia Farés de Médéa

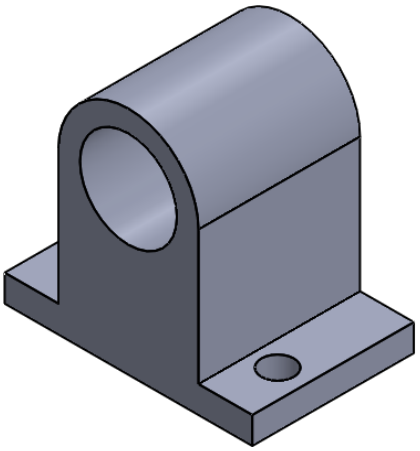
Quantite: 3	Conception et réalisation d'un découpeur laser à commande numérique	KHALDI/BOURABIA
	Motor pas à pas	JUIN - 2023
format:A4		Ehelle1: 1



SECTION A-A







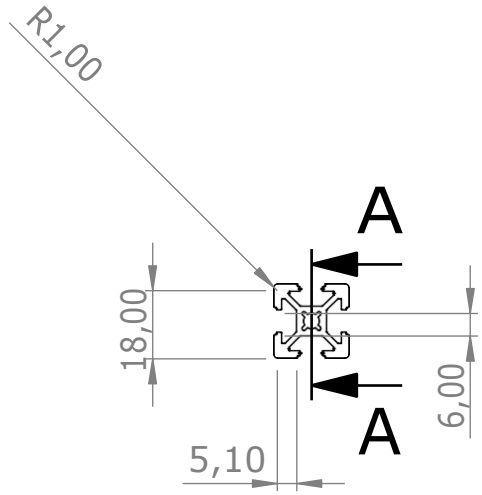
Université Dr Yahia Farés de Médéa

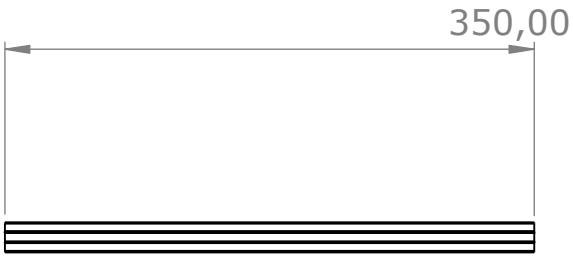
Quantite: 4	Conception et réalisation d'un découpeur laser à commande numérique	KHALDI/BOURABIA
	Paliers linéaires	JUIN - 2023
format:A4		Ehelle 1:1

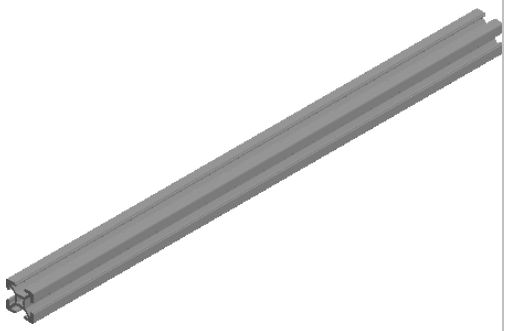


SECTION A-A

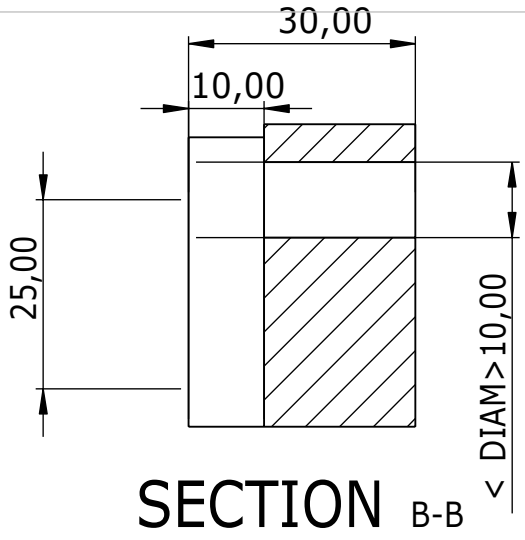
SCALE 1 : 4



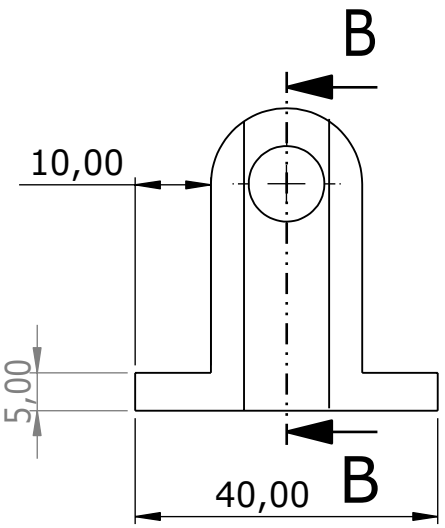


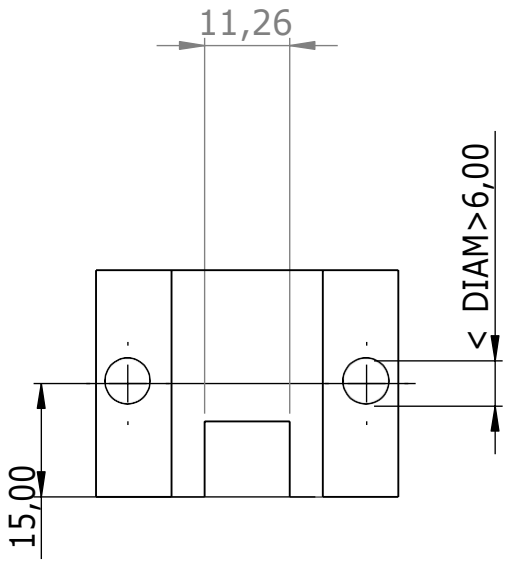


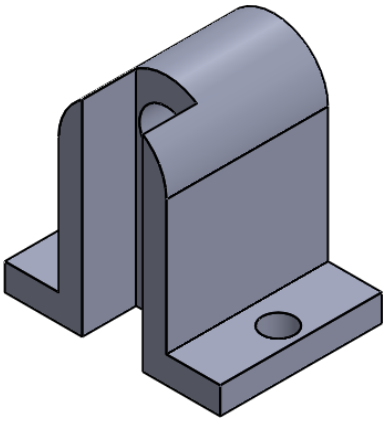
Universit Yahia fares Medea		
Quantite: 2	Conception et réalisation d'un découpeur laser à commande numérique	KHALDI/BOURABIA
	profilé aluminium	JUIN - 2023
format:A4		Ehelle:1:3



SECTION B-B

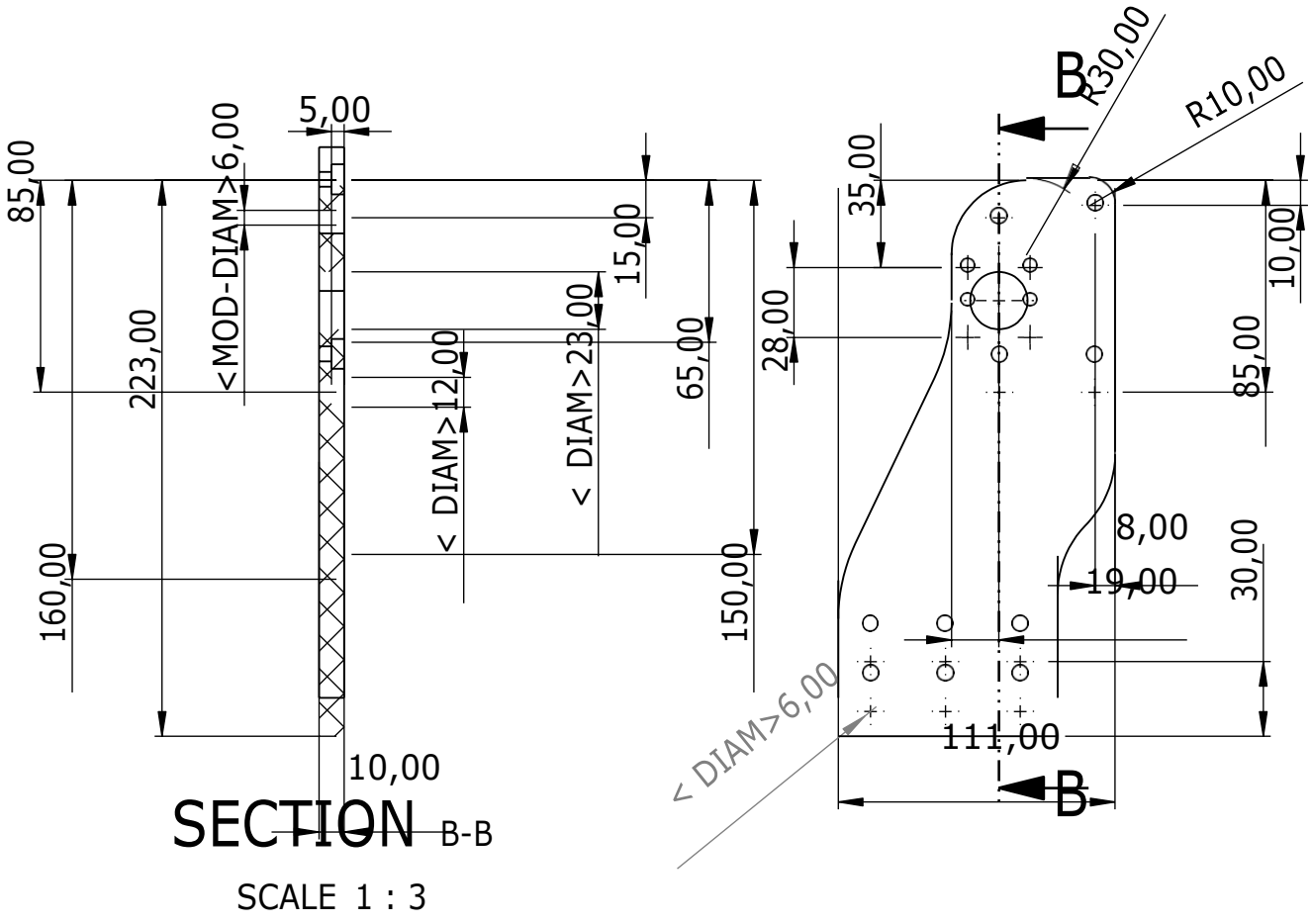


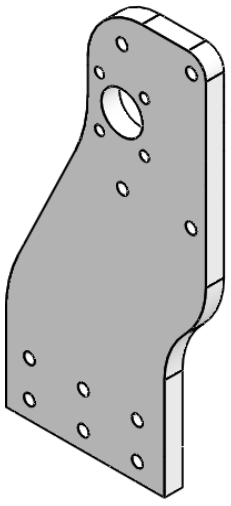




Université Dr Yahia Farés de Médéa

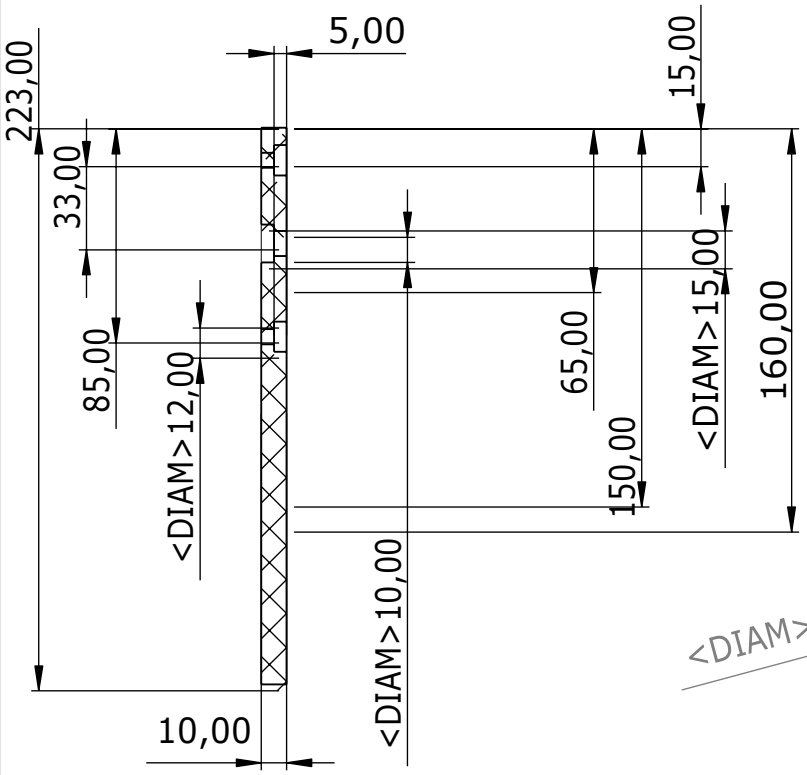
Quantite: 1	Conception et réalisation d'un découpeur laser à commande numérique	KHALDI/BOURABIA
	Siège d'écrou	JUIN - 2023
format:A4		Ehelle 1:1





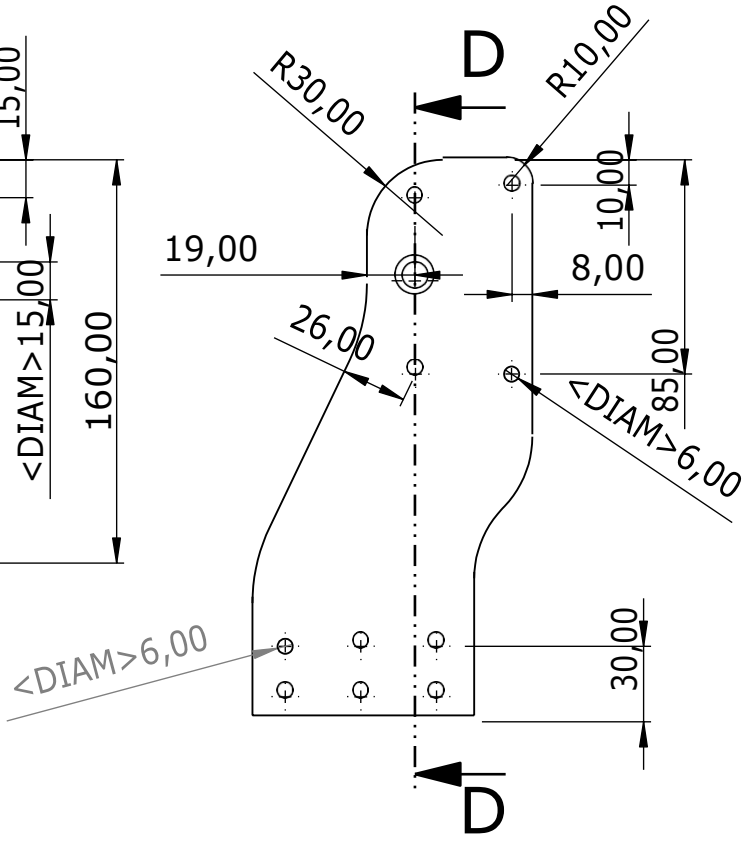
Université Dr Yahia Farés de Médéa

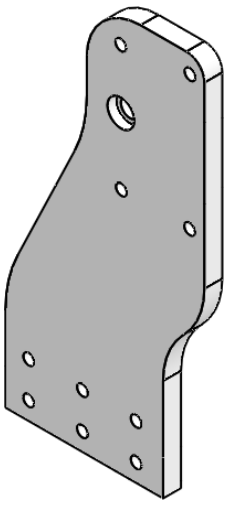
Quantite: 1	Conception et réalisation d'un découpeur laser à commande numérique	KHALDI/BOURABIA
format:A4	Support du portique	JUIN - 2023 Ehelle 1:3



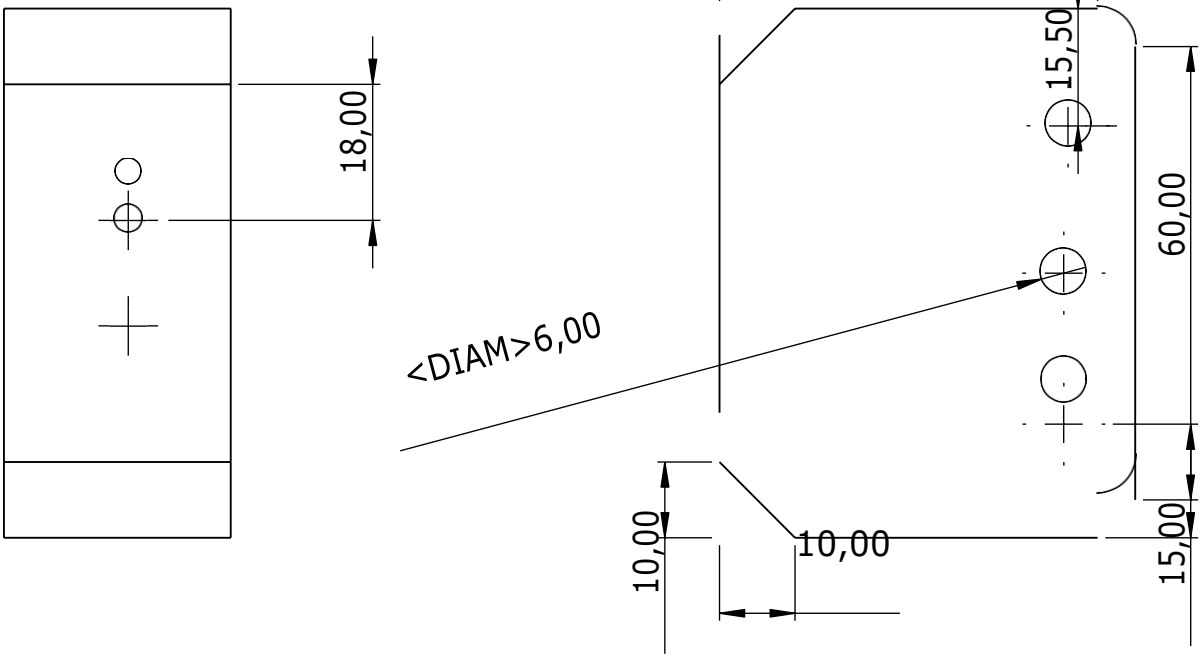
SECTION D-D

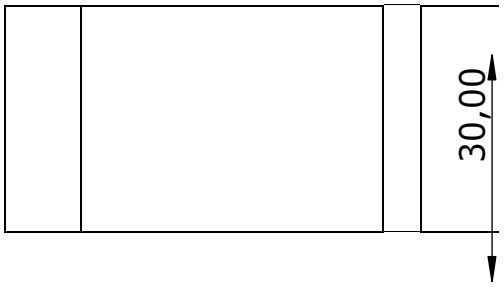
SCALE 1 : 3

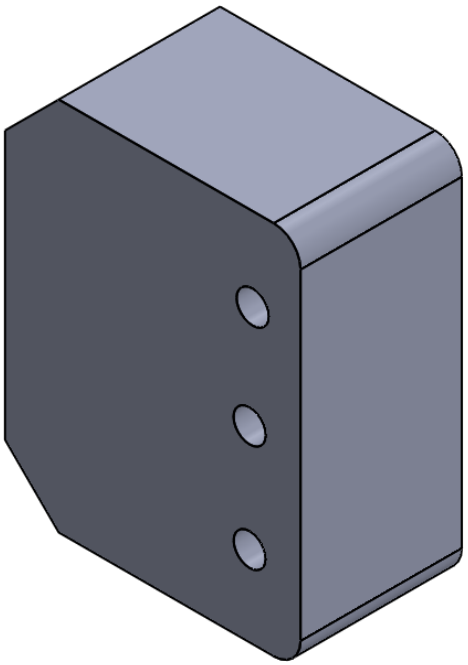




Université Dr Yahia Farés de Médéa		
Quantite: 1	Conception et réalisation d'un découpeur laser à commande numérique	KHALDI/BOURABIA
	Support du portique	JUIN - 2023
format:A4		Ehelle 1:3







Université Dr Yahia Farés de Médéa

Conception et réalisation d'un découpeur laser à commande numérique

Quantite: 1

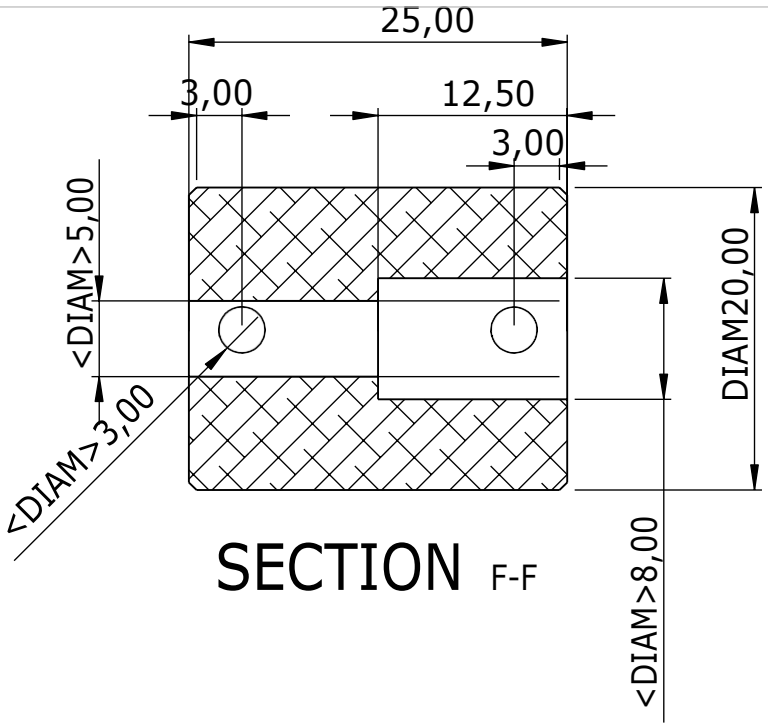
KHALDI/BOURABIA

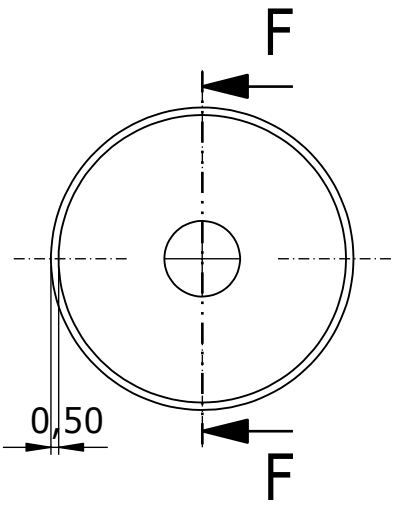
Suppout du laser

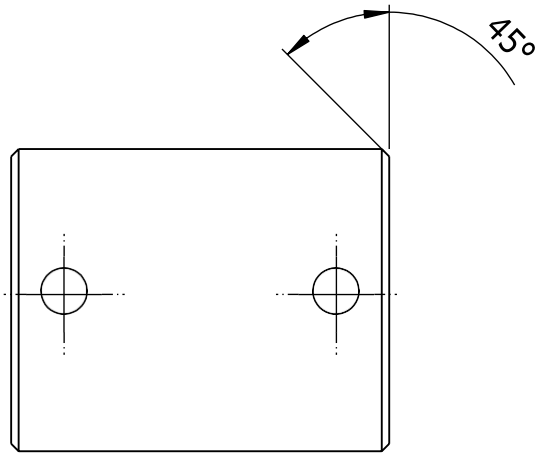
JUIN - 2023

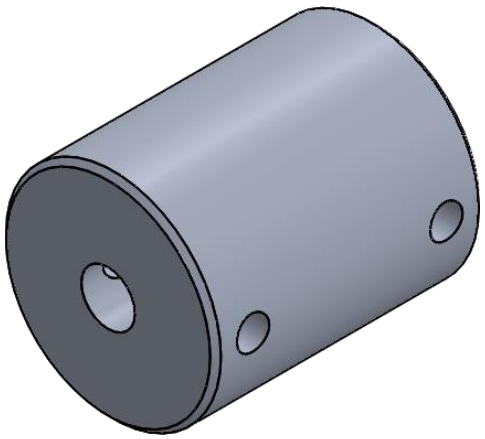
format:A4

Ehelle 1:1









Université Dr Yahia Farés de Médéa

Quantite: 1	Conception et réalisation d'un découpeur laser à commande numérique	KHALDI/BOURABIA
	Acouplement	JUIN - 2023
format:A4		Ehelle 2:1