République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
UNIVERSITÉ YAHIA FARÈS DE MÉDÉA
Département de Génie Mécanique



Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de Master
Filière : Électromécanique
Spécialité : Mécatronique

Thème :

Conception et réalisation d'une machine CNC de découpe plasma

Encadré par :

- **Pr**. BACHENE MOURAD
- **Pr**. ABDELLAH EL-HADJ ABDELLAH

Réalisé par :

- OUABEL ISMAIL
- RAHALI ABDELLAH RABAH

Promotion : 2023/2024

Remerciements et dédicaces

Remerciements

Nous tenons à remercier tout d'abord notre créateur {Allah} pour nous avoir donné de la force à accomplir ce travail.

Spécialement nos chers parents pour qui ont toujours étaient là pour nous, que Dieu les préservent et les sauvegardent.

Nous adressons nos remerciements à tous nos professeurs honorés depuis plus de 5 ans … ,

Nos encadreurs : ***Dr. ABDELLAH EL HADJ*** *et* ***Dr. BACHENE MOURAD*** *pour leur aide et conseils.*

Tous les membres du jury pour l'honneur qu'ils nous font En acceptant d'examiner ce mémoire et pour leur Bienveillante attention.

Enfin, nous adressons nos sincères remercîments à tous Nos proches et amis qui nous ont toujours soutenus et Encouragés au cours de la réalisation de ce mémoire.

Dédicaces

*Je dédie ce projet de fin d'étude à plusieurs personnes qui ont joué un rôle crucial dans mon parcours académique et personnel. Tout d'abord, à ma famille [**RAHALI**] [**OUABEL**], dont le soutien inébranlable et l'amour indéfectible ont été les piliers de mon travail.*

À mes parents, qui ont toujours cru en moi, m'ont soutenu dans les moments difficiles et m'ont inculqué des valeurs de persévérance et de détermination. Leur sacrifice et leur dévouement m'ont permis de poursuivre mes études dans les meilleures conditions possibles.

À mes frères et sœurs, qui ont su m'apporter la joie et encouragements tout au long de ce parcours d'étude. Leur présence et leurs mots réconfortants ont souvent été une source d'inspiration et de motivation.

Je souhaite également, exprimer ma profonde gratitude à mes amis, dont l'amitié et le soutien m'ont aidé à traverser les périodes de stress et de doute. Leur camaraderie a été un véritable refuge, et les moments partagés avec eux resteront gravés dans ma mémoire.

À mes enseignants et encadrants, je tiens à leur adresser mes remerciements les plus sincères. Leur expertise, leurs conseils avisés et leur passion pour l'enseignement ont été des éléments déterminants dans la réalisation de ce projet. Leur patience et leur engagement m'ont permis de développer les compétences nécessaires pour mener à bien cette étude.

Je remercie particulièrement mes encadreurs,

*[**Dr. BACHENE MOURAD** et **Dr. ABDELLAH EL HADJ**], pour leur accompagnement et leur soutien tout au long de ce projet. leur disponibilité, leur conseils pertinents et leur encouragements ont été essentiels pour mener à bien ce projet.*

Enfin, je n'oublie pas toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la réussite de ce projet. Que ce soit par un mot d'encouragement, une aide ponctuelle ou simplement par leur présence, leur contribution a été précieuse.

À tous, je vous dédie ce travail avec reconnaissance et gratitude.

Résumé

الملخص :

يتكون العمل المقدم في هذه الأطروحة من معالجة آلات CNC ، وخاصة قواطع البلازما. إنها دراسة وتصميم قاطع بلازما محمول بسطح عمل 1200 × 1200 مم. ينقسم هذا المشروع إلى عدة فصول ، بما في ذلك الفصل 1 الذي سيتناول المكونات المختلفة ل CNC ، سواء كان الجزء الميكانيكي (الهيكل ، التوجيه ، أدوات تحويل الحركة) ، والجزء الكهربائي (محركات السائر ، السائقين ، لوحة التحكم ، إلخ). وكذلك توصيل هذه المكونات) وأخيرا برنامج الكمبيوتر (Mach3) الذي يسمح بتوصيل الجهاز بالحواسيب الصغيرة. سيتناول الفصل 2 الجانب المالي للمشروع

الكلمات المفتاحية : الة قطع البلازما , الة محمولة , اوتاماتيكية

Abstract :

The work presented in this thesis consists of processing CNC machines, particularly plasma cutters. It is a study and design of a portable plasma cutter with a working surface of 1200 x 1200 mm. This project is divided into several chapters, including chapter 1 which will deal with the different components of a CNC, whether it is the mechanical part (chassis, guidance, motion transformation tools), and the electrical part (stepper motors, drivers, control board, etc.). as well as the connection of these components) and finally the computer software (Mach3) which allows the connection of the machine with the microcomputer. Chapter 2 will deal with the financial aspect of the project in its part on the commercial cost of the machine and how to market this machine on the market.

keywords:cnc plasma , plasma cutter , metal cutter

Résumé :

Le travail présenté dans ce mémoire consiste à traiter les machines CNC, particulièrement les découpeurs plasma. Il s'agit d'une étude et conception d'un découpeur plasma portatif avec une surface de travail de 1200 x 1200 mm.

Ce projet est divisé sur plusieurs chapitres dont le chapitre 1 qui traitera les différents composants d'une CNC, que ce soit la partie mécanique (châssis, guidage, outils de transformation de mouvements), et la partie électrique (moteurs pas à pas, drivers, carte de commande... ainsi que le raccordement de ces composants) et finalement le logiciel informatique (Mach3) qui permet la liaison de la machine avec le micro-ordinateur.

Le chapitre 2 qui traitera l'aspect financier du projet dans sa partie sur le coût commercial de la machine et comment commercialisé cette machine sur le marché.

mots clés: cnc plasma , decouper plasma , cnc portable

Sommaire

Remerciements

Dédicaces

Résumé V

Sommaire VII

Introduction Générale 02

CHAPITRE I

PARTIE I : Généralités sur les MOCN

I. Introduction 05

II. Historique de la Commande Numérique 06

III. La commande numérique 07

III.1. Définition de la commande numérique 07

III.2. Domaines d'utilisation 08

III.3. Le principe d'une machine à commande numérique 09

III.4. Structure d'une MOCN 09

III.5. La partie opérative 09

III.6. La partie commande 10

III.7. Avantages et inconvénients liés aux MOCN 11

III.8. Types des machines CNC 11

III.9. Plasma 13

III.9.1. Qu'est-ce qu'un arc électrique ? 13

III.9.2. Comment fonctionne la découpe au plasma ? 13

III.9.3. Comment fonctionne une machine de découpe au plasma ? 14

III.9.4. Que se passe-t-il à l'intérieur d'un dispositif de découpe au plasma ?.. 14

IV. Conclusion 15

PARTIE II : CNC PLASMA MACHINE PARTIE MECANIQUE

I. Introduction 17

I.1. Structure mécanique 17

I.2. Axes automatiques (X et Y) 17

I.3. Axe manuel (Z) 17

I.4. Torche plasma 17
I.5. Système de contrôle CNC 17
II. La conception mécanique de la machine 18
II.1. Le mouvement de la machine des axes X et Y 19
II.2. Le mouvement de la machine de l'axe Z 20
III. Moteurs pas à pas 20
III.1. Principes de fonctionnement du moteur pas à pas 21
III.2. Moteurs pas à pas à aimant permanent (également connus sous le nom de moteurs pas à pas PM) 22
III.3. Moteurs pas à pas à réluctance variable (VR Steppers) 22
III.4. Moteurs pas à pas hybrides (moteurs pas à pas hybrides synchrones) 23
III.5. Moteurs pas à pas à aimant permanent (PM Steppers) 23
III.6. Moteurs pas à pas à réluctance variable (pas à pas VR) 23
III.7. Moteurs pas à pas hybrides (pas à pas synchrones hybrides) 24
III.8. Moteurs pas à pas bipolaires 25
III.9. Moteurs pas à pas unipolaires 25
III.10. Moteurs pas à pas multi phasés 25
IV. Servomoteurs 26
IV.1. Servomoteurs à courant continu 26
IV.2. Servomoteurs à courant alternatif 26
IV.3. Servomoteurs sans balais 26
IV.4. Servomoteurs linéaires 26
IV.5. Servomoteurs à couple élevé 27
IV.6. Servomoteurs à courant alternatif 27
IV.7. Définition et composants 27
IV.8. Principe de fonctionnement 28
IV.8.1. Réception du signal 28
IV.8.2. Traitement du signal 28
IV.8.3. Activation du moteur 28
IV.8.4. Mesure de la position 28
IV.8.6. Correction des erreurs 28

IV.8.7. Correction continue 28
IV.9. Control servomoteurs ? 29
IV.10. AC Servomoteurs 30
IV.11. DC Servomoteurs 30
IV.12. Servomoteurs CC sans balais (moteurs BLDC) 30
IV.13. Servomoteurs linéaires 31
IV.14. Servomoteurs à rotation continue 31
IV.15. Servomoteurs à rotation de position 31
IV.16. Servomoteurs de treuil 31
V. Les moteurs que nous utilisons 31
V.1. Spécifications du moteur pas à pas NEMA 23 32
VI. Linéaire guides 33
VI.1. Guide à billes 33
VI.2. Guides à rouleaux 33
VI.2.1. Capacité de charge plus élevée 34
VI.2.2. Possibilité de réduire les effectifs 34
VI.3. Guides à glissière linéaire 34
VI.4. Guides à rouleaux croisés 35
VI.5. Roulements à air linéaires 35
VI.6. Roulements à lévitation magnétique 36
VII. Guide linéaire à utiliser 37
VII.1. L'importance de MX 37
VII.2. Utilisation dans notre projet 38
VIII. Les mécanismes utilisés pour transformer le mouvement de rotation en mouvement linéaire 38
VIII.1. Types de mécanismes de transformation du mouvement 39
VIII.1.1. Vis et écrou 39
VIII.1.2. Comment fonctionne une Vis et écrou ? 39
VIII.1.3. Composants de Vis et écrou 39
VIII.1.4. Avantages et inconvénients des vis-mères 40
IX. Courroies crantées 40

IX.1. Transmissions par courroie et leurs applications 40
IX.2. Avantages et inconvénients des Courroies crantées 41
X. Crémaillères et pignons 41
X.1. COMMENT FONCTIONNE UNE CRÉMAILLÈRE ET PIGNON 41
X.2. Avantages et inconvénients 42
XI. Types de mouvements utilisés dans notre projet pour les mécanismes de transformation du plasma CNC 42
XI.1. Indice de précision : vis à billes roulées C7 43
XII. Les roulements 44
XII.1. Le processus de sélection des roulements 44
XII.2. Types de roulements rotatifs 44
XIII. Conclusion 45

PARTIE III : Partie commande

I. Introduction 47
II. L'électronique de base d'un découpeur plasma CNC 47
II.1. Le contrôleur 47
II.2. Les drivers 47
II.2.1. Qu'est-ce qu'un pilote de moteur pas à pas ? 48
II.2.2. Driver de moteurs pas-à-pas DM860 48
III. L'alimentation 60
III.1. Phase o ABL8 - alimentation à découpage - 10A - 200 à 500V mono/biphasé - 24Vcc : ABL8RPS24100 61
II.1.1. Principales 61
III.1.2. Environnement 62
III.1.3. Fiche technique du produit ABL8RPS24100 63
III.1.4. Les types de l'alimentation 63
III.1.5. Schémas de raccordement 63
IV. Les relais 64
IV.1. Les relais électromécaniques 64
V. Les moteurs 65
V.1. Moteur pas à pas et caractéristiques 65
V.2. Moteur pas à pas unipolaire Nema 23 (6 Fils) 65

VI. Les capteurs de fin de course 66
VII. Les connecteurs 67
VIII. Le poste de plasma 68
IX. MACH3 4 Axis 69
IX.1. Spécification 69
IX.2. Les nomes des composent de mach 3 70
IX.3. Dimensions 70
IX.4. Schéma de câblage 71
IX.5. G code 72
X. Conclusion 73

CHAPITRE II : PRESENTATION DU PROJET

I. L'idée du projet (solution proposée) 75
I.1. L'idée du projet (Les valeurs proposées) 75
I.2. L'idée de projet (l'équipe de travaille) 75
I.3. L'idée de projet (les objectifs du projet) 76
I.4. Calendrier de réalisation du projet 76
II. ASPECTS INNOVANTS 77
II.1. Nature des innovations 77
II.2. Domaines d'innovation 77
III. Analyse stratégique du marché 78
III.1. Le segment du marché 78
III.2. Mesure de l'intensité de la concurrence 78
III.3. La stratégie marketing 79
IV. Plan de production et d'organisation 80
IV.1. Le processus de production 80
IV.2. L'Approvisionnement 80
IV.3. La main d'œuvre 80
IV.4. Les Principaux partenaires 80
V. Plan financier 81
V.1. Tableau des matières premières 81

V.2. Tableau des matières premières 82

V.3. Modes et sources d'obtention de financement 82

V.4. Comment obtenir un remboursement 82

V.5. Le Chiffre d'affaires 83

V.6. Les Comptes de résultats escomptés 83

VI. Prototype expérimental 84

VI.1. Prototype 84

VI.2. Parte électronique 85

VI.3. Partie électronique 85

CONCLUSION GENERALE 87

***Références* 89**

NOMENCLATURE 92

Annexes

Liste de figure

Figure 1 : Les composants de MOCN 05
Figure 2 : Première MOCN en 1952 07
Figure 3 : Quelques machines de CNC 08
Figure 4 : Structure d'une MOCN 09
Figure 5 : Schéma de fonctionnement du dispositif de découpe au plasma 14
Figure 6 : L'intérieur de La Torche 15
Figure 7 : Que se passe-t-il à l'intérieur 15
Figure 8 : Bases de conception 18
Figure 9 : Conception 3D dans SolidWorks 18
Figure 10 : Dimensions de la mobilité x et y 19
Figure 11 : La course par rotation d'une vis à billes 19
Figure 12 : Le mouvement de la machine de l'axe Z 20
Figure 13 : Moteurs pas à pas 20
Figure 14 : Pièces de Moteurs pas à pas 21
Figure 15 : Coupe transversale d'un moteur pas à pas 21
Figure 16 : Étapes du moteur pas à pas 22
Figure 17 : Moteurs pas à pas à aimant permanent 23
Figure 18 : Moteurs pas à pas à réluctance variable 24
Figure 19 : Hybride moteur 25
Figure 20 : Bipolaires et unipolaires Moteurs pas à pas 26
Figure 21 : Servomoteurs commende 27
Figure 22 : Servomoteurs Principe de fonctionnement 29
Figure 23 : Control servomoteurs 29
Figure 24 : La position angulaire du servomoteur 30
Figure 25 : AC servomoteurs 30
Figure 26 : Servomoteurs linéaires 31
Figure 27 : Nema 23 32
Figure 28 : HGH liner guide 33
Figure 29 : Guides à rouleaux 33
Figure 30 : Capacité de charge plus élevée 34
Figure 31 : Guides à glissière linéaire 35
Figure 32 : Guides à rouleaux croisés 35

Figure 33 : Roulements à air linéaires 36
Figure 34 : HGH 15 guide linéaire 37
Figure 35 : Paramètre de HGH 15 37
Figure 36 : Placement de HGH dans la machine 38
Figure 37 : Vis et écrou 39
Figure 38 : Composants de Vis et écrou 39
Figure 39 : Composants de Vis et écrou 40
Figure 40 : Courroies crantées 41
Figure 41 : Composant de SFU1204 43

Figure 43 : Roulements HP 44
Figure 44 : Sélection des roulements 44
Figure 45 : Les roulements 44
Figure 46 : Le contrôleur 47
Figure 47 : Démontions mécanique de driver 49
Figure 48 : Connexions en collecteur ouvert (anode commune) 52
Figure 49 : Connexions en PNP (cathode commune) 52
Figure 50 : Raccordement d'un moteur à 4 fils 52
Figure 51 : Raccordement d'un moteur 6 fils en ''half coil'' (vitesse élevée) 53
Figure 52 : Raccordement d'un moteur 6 fils en ''full coil'' (couple élevé) 53
Figure 53 : Raccordement d'un moteur 8 fils en série 54
Figure 54 : Raccordement d'un moteur 8 fils en parallèle 54
Figure 55 : Switch 57
Figure 56 : Raccordement standard 58
Figure 57 : Signaux de commande 58
Figure 58 : La dimension du produit ABL8RPS24100 63
Figure 59 : Schéma de câblage interne 63
Figure 60 : Schéma de câble de l'alimentation 64
Figure 61 : Les relais et la démentions 64
Figure 62 : Un moteur 65
Figure 63 : Moteur Néma 23 66
Figure 64 : La partie mécanique de moteur 66
Figure 65 : Nema 23 66

Figure 66 : Capteur de fin de course 67
Figure 67 : Les connecteurs 67
Figure 68 : Poste de plasma 68
Figure 69 : Le jet plasma 68
Figure 70 : Le matériel 68
Figure 71 : Les types des torches 68
Figure 72 : Les équipements de protection 69
Figure 73 : Mach3 4 axis 69
Figure 74 : Les nomes des composent de mach 3 70
Figure 75 : Les démontions de mach3 70
Figure 76 : Schéma de câblage de mach 3 71
Figure 77 : Schéma de prototype 72
Figure 78 : 3D model CNC plasma 75
Figure 79 : Le processus de production 80
Figure 80 : CNC plasma prototype 84
Figure 81 : CNC plasma prototype on marche 84
Figure 82 : Boit électrique de machine 85
Figure 83 : Icon des programmes 85

Liste de table

Tableau 1 :	Avantages et inconvénients liés aux MOCN ……	11
Tableau 2 :	Types des machines CNC ……	11
Tableau 3 :	Avantage de chaque type de moteur pas à pas ……	25
Tableau 4 :	Avantages et inconvénients des vis-mères ……	40
Tableau 5 :	Avantages et inconvénients des Courroies crantées ……	41
Tableau 6 :	Avantages et inconvénients de Crémaillères et pignons ……	42
Tableau 7 :	Spécifications électriques Driver de moteurs pas-à-pas DM860 ……	49
Tableau 8 :	Caractéristique d'environnement de DM860 ……	50
Tableau 9 :	Configuration du connecteur P1 ……	50
Tableau 10 :	Configuration du connecteur P2 ……	51
Tableau 11 :	Sélection de la résolution Micros tep ……	56
Tableau 12 :	Réglage du courant de sortie dynamique ……	57
Tableau 13 :	Les erreurs attendues ……	60
Tableau 14 :	Principal de l'alimentation ……	61
Tableau 15 :	Connexion de moteur bipolaire et unipolaire ……	66
Tableau 16 :	Les noms des blocs de G code ……	72
Tableau 17 :	Calendrier de réalisation du projet ……	76
Tableau 18 :	Tableau des matières premières ……	81
Tableau 19 :	Tableau des matières premières ……	82
Tableau 20 :	Tableau des paiements ……	82

INTRODUCTION GENERALE

Introduction Générale :

La découpe CNC plasma représente une technologie de pointe dans le domaine de la fabrication industrielle, caractérisée par l'utilisation de systèmes de commande numérique (CNC) pour diriger un jet de plasma à haute température capable de découper des matériaux conducteurs. Cette technologie s'inscrit dans une dynamique de précision accrue, de réduction des coûts de production et d'amélioration de la qualité des produits finis. Dans un contexte industriel où l'efficacité et la précision sont cruciales, l'adoption de la découpe plasma CNC s'avère être une avancée significative.

Ce mémoire vise à explorer les divers aspects de la technologie de découpe CNC plasma, notamment ses principes de fonctionnement, ses applications, et ses avantages comparés à d'autres méthodes de découpe. En particulier, nous nous pencherons sur les améliorations apportées par cette technologie en termes de précision et d'efficacité, ainsi que sur les défis techniques et économiques associés à son implémentation.

Pour atteindre ces objectifs, une approche méthodologique combinant revue de la littérature, études de cas et analyses comparatives sera adoptée. La revue de la littérature permettra de dresser un état des lieux des connaissances actuelles et des avancées technologiques récentes dans le domaine de la découpe CNC plasma. Les études de cas offriront des exemples concrets d'applications industrielles, mettant en lumière les bénéfices et les limitations observés sur le terrain.

Enfin, les analyses comparatives avec d'autres technologies de découpe, telles que la découpe laser et la découpe à l'eau, fourniront une perspective critique sur les performances relatives de la découpe CNC plasma.

Le mémoire est structuré en plusieurs chapitres. Le premier chapitre traitera des bases théoriques de la découpe plasma et des principes de fonctionnement des systèmes CNC. Le deuxième chapitre traitera la conception mécanique et électrique d’une machine CNC plasma, identifier les composants mécaniques et commande et comment les utilisés ; et la programmation (G code) et contrôle. Enfin, le dernier chapitre abordera les startups et la manière de commercialiser et de fixer le prix du produit.

En somme, ce mémoire vise à fournir une compréhension approfondie de la technologie de découpe CNC plasma, en mettant en évidence ses avantages, ses applications et les défis qu'elle présente. En éclairant les divers aspects de cette technologie, nous espérons contribuer à une meilleure adoption et optimisation de la découpe CNC plasma dans les différents domaines de l'industrie.

CHAPITRE I :

PARTIE I :
Généralités sur les MOCN

I. Introduction

La machine-outil et son évolution actuelle, la machine-outil à commande numérique représentent encore le moyen de production le plus important des pièces mécaniques. De par l'avancée des techniques, la machine-outil a subi des modifications, et le couple outil machine-outil s'est adapté aux exigences de productivité modernes.

Une Machine-Outil à Commande Numérique (MOCN) est une machine d'usinage à cycle automatique programmable.

Le terme "commande numérique" est générique et a été retenue parce que la machine est commandée par des "consignes" numériques fournies par un calculateur. En d'autres termes, on peut dire que les organes mobiles de la machine sont motorisés et qu'un automatisme assure la commande et dans la plupart des cas, le contrôle de la position et/ou de la vitesse.

La commande numérique est l'ensemble des systèmes de positionnement dans lesquels les ordres relatifs au déplacement d'un mobile à positionner sont élaborés par un processus entièrement automatique à partir d'informations numériques définies, soit manuellement ou par l'intermédiaire d'un programme.

Utilisée pour la première fois à la fin de la deuxième guerre mondiale aux USA puis implantée en Europe et maintenant en Asie, elle apporte des avantages techniques et économiques importants.

Ce type de machine se compose ainsi de deux parties complémentaires :

- la partie opérative ou mécanique (c'est la machine-outil : elle agit directement sur le produit à réaliser),
- la partie commande (c'est la commande numérique : elle permet d'élaborer des ordres en fonction des consignes et des comptes-rendus). [1]

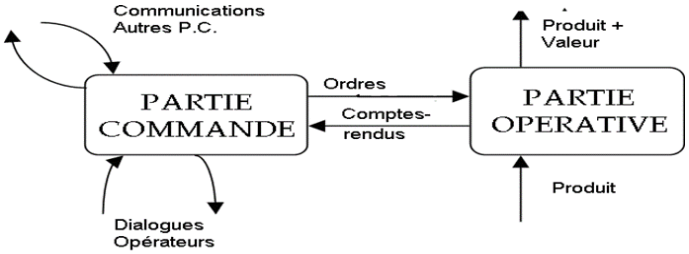


Figure 1 : Les composant de MOCN [1]

II. Historique de la Commande Numérique [3]

En 1947, dans l'État du Michigan, John Parsons fabrique pour le compte de l'US Air Force des pales d'hélicoptère par reproduction. Pour façonner ses gabarits, il utilise une méthode consistant à percer plusieurs centaines de trous faiblement espacés de manière à approcher le profil théorique. Mais, lorsque l'US Air Force confie à ce même Parsons la réalisation de pièces de formes encore plus complexes pour ses futurs avions supersoniques, celui-ci réalise que sa méthode est trop approximative et que seul un usinage continu en 3 dimensions sera en mesure de donner satisfaction.

Au printemps 1949, il confie alors au MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY (MIT) le soin de développer des asservissements capables de piloter une machine qui recevra des instructions intermittentes à partir d'un lecteur de cartes.

Cette machine, une fraiseuse prototype Cincinnati à broche verticale, conçue pour exécuter des déplacements simultanés suivant 3 axes, est officiellement présentée en septembre 1952 dans le Servomécanisme Laboratoire du MIT. L'information mathématique étant la base du concept, on lui donne le nom de NUMERICAL CONTROL.

Il faut encore attendre quelques années de vastes fonds de l'US Air Force et l'appui des chercheurs du MIT pour rendre la première MOCN réellement opérationnelle. Les différentes étapes de développement de la CN sont les suivantes.

- 1954 : BENDIX acquiert le brevet de Parsons et fabrique la première CN industrielle
- 1955 : à Font du Lac (Wisconsin), le constructeur américain GIDDINS & LEWIS commercialise la première MOCN.
- 1959 : apparition de la CN en Europe (foire de Hanovre).
- 1964 : en France, la Télémécanique Électrique lance la CN NUM 100 conçue à base de relais Téléstatic.
- 1968 : la CN adopte les circuits intégrés ; elle devient plus compacte et plus puissante.
- 1972 : les mini-calculateurs remplacent les logiques câblées ; la CN devient CNC.
- 1976 développements des CN à microprocesseurs.
- 1984 : apparition de fonctions graphiques évoluées et du mode de programmation conversationnel.

- 1986 : les CN s'intègrent dans les réseaux de communication, début de l'ère de la fabrication flexible (CIM).
- 1990 : développement des CN à microprocesseurs 32 bits.

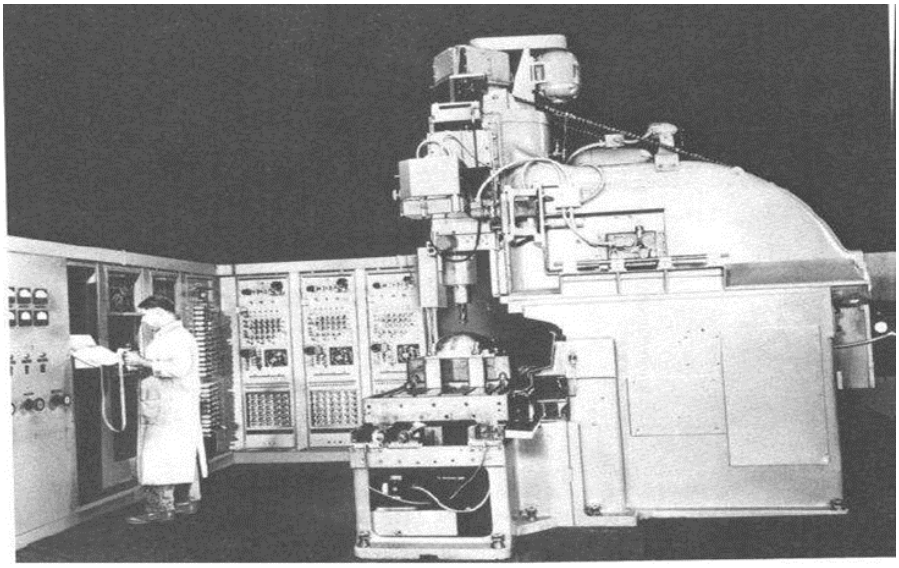


Figure 2 : Première MOCN en 1952 .**[3]**

III. La commande numérique :

III.1. Définition de la commande numérique :

Machine-outil à commande numérique (MOCN) : machine-outil programmable équipée d'une commande numérique par calculateur (CNC).

La machine-outil à commande numérique est un appareil spécifique piloté par commande numérique constitue son principal champ d'utilisation, permettent d'effectuer automatiquement de nombreuses tâches dans divers domaines d'activité :

La gravure et le Perçage des circuits imprimés, la réalisation de petites pièces mécaniques, le traçage et la découpe des divers éléments constituants les modèles réduits, et bien d'autres Choses encore**. [2]**

Globalement, la commande numérique gère complètement la machine-outil de manière automatique.

– **Centre d'usinage :** machine-outil à commande numérique équipée d'un chargeur d'outil. On distingue les centres de tournage, les centres de fraisage et les centres de perçage.

– **Cellule flexible d'usinage :** centre d'usinage équipé d'un système automatique de chargement déchargement des pièces. [1]

III.2. Domaines d'utilisation

Les MOCN sont employées dans de nombreux secteurs industriels (Métallurgie, Bois, Textile). Elle est aussi associée à de nouvelles technologies de façonnage (Laser, Electroérosion, Jet d'eau).

➢ **Les principaux procédés de fabrication sont concernés** :

- Perçage, taraudage
- Tournage, alésage
- Fraisage
- Rectification
- Oxycoupage, soudure en continu, par points
- Poinçonnage, cisaillage [3]

		
Coupeur à commande numérique	Presse à commande numérique	Centre de tournage à commande numérique

Figure 3 : Quelques machines de CNC [3]

➢ **Les fabricants de commandes numériques les plus utilisés et connus sont :**

- FANUC (Japon)
- SIEMENS (Allemagne)
- HEIDENHAIN (Allemagne)
- MISTUBISHI (Japon)

III.3. Le principe d'une machine à commande numérique :

La machine à commande numérique fonctionne alors grâce à des programmes prédéfinis via des logiciels. La programmation contient les instructions d'usinages à chaque tâche à effectuer. Elle ordonne la machine sur les positions, les angles d'attaque et les courses à faire à chaque opération à effectuer. Chaque trajectoire est alors prédéfinie dans le programme. Elle instruit également sur les changements d'outils et le nettoyage des résidus. Ce système se trouve dans un champ bien sécurisé et qui ne nécessite pas l'intervention humaine.

Les déplacements sont réalisés sur la base d'un repère orthonormé de la machine. Et cet axe se positionne comme celle de la broche de la machine. Le sens de l'outil pour l'attaque de la pièce est défini par la règle du trièdre direct, le sens positif éloigne l'outil de la pièce, le sens négatif fait le contraire. [4]

III.4. Structure d'une MOCN :[2]

Comme pour tout système automatisé, nous pouvons décomposer la structure d'une MOCN en deux parties principales.

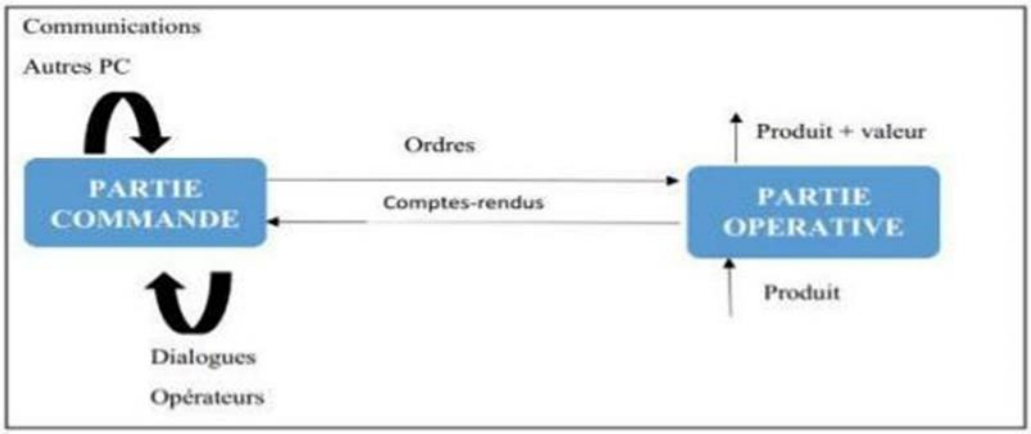


Figure 4 : Structure d'une MOCN.[2]

III.5. La partie opérative : [2]

La partie opérative (notée PO) comprend principalement un ou plusieurs mobiles, appelé stables ou chariots, liés au bâti ou entre eux par des liaisons glissières ou pivots. La position des mobiles est détectée par un capteur de position, et leur vitesse est mesurée en permanence. Les mouvements sont commandés par des moteurs presque comparables à une machine-outil classique,

➢ **La partie opérative est composé de la :**

- Table support de pièce, équipée de systèmes de commande (vis et écrou à billes), mobile selon deux ou trois axes.
- Moteurs d'entrainement de la table suivant les divers axes.
- L'élément de mesure ou capteur de position qui informe à tout instant sur la position du mobile (sur chaque axe).
- Capteur de vitesse qui mesure la vitesse de rotation.

III.6. La partie commande : [2]

Différente d'une machine conventionnelle, une MOCN est constituée d'une armoire qui transforme les informations codées du programme en ordres aux servomécanismes de la partie opérative, afin d'obtenir les déplacements des organes mobiles.

Contrairement au bac électronique qui est la plupart du temps incorporé dans l'armoire électrique de la machine, le pupitre opérateur est facilement accessible, car il fait office d'élément de dialogue homme-machine. Son ergonomie constitue, de ce fait, un facteur déterminant d'acceptation auprès des utilisateurs de MOCN.

Un pupitre opérateur est un terminal à partir duquel s'effectue l'exploitation de la CN. Conçu pour être intégré à la machine, encastré en armoire ou installé en pendentif.

➢ **Il regroupe essentiellement :**

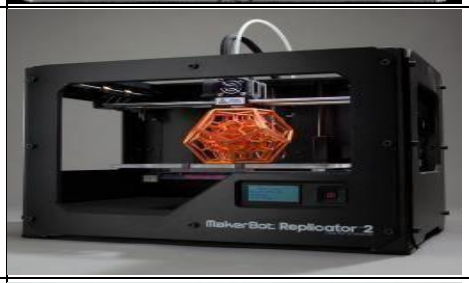
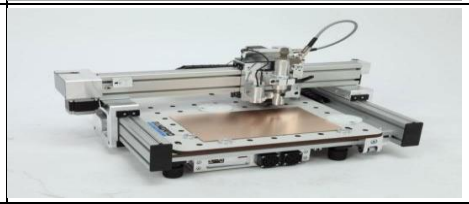
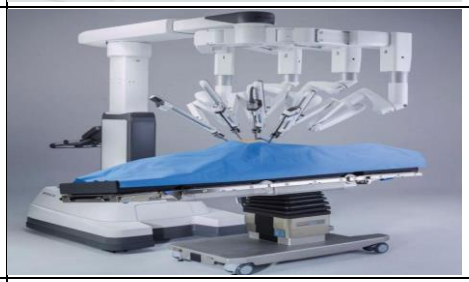
- Un clavier alphanumérique.
- Un écran de visualisation.
- Un certain nombre de touches de fonction d'aide à l'opérateur. [2]

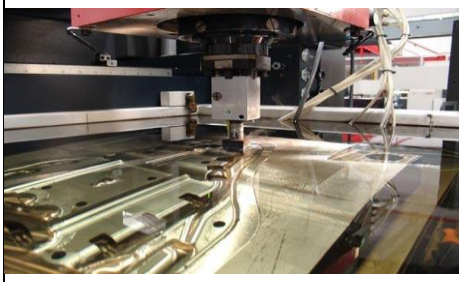
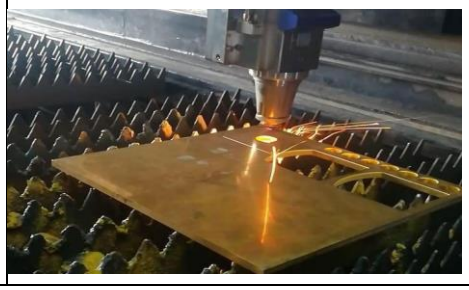
III.7. Avantages et inconvénients liés aux MOCN : [3]

Avantages	Inconvénients
- Permet la réalisation d'usinages impossibles sur les machines conventionnelles : • Surfaces complexes. • Très grand nombre d'opérations • Favorise les très petites séries et les pièces unitaires ; Prototypes : • Pièces en cours de conception ou modifiées fréquemment. • Production à la demande ou juste à temps (réduction de la taille des lots). - Précision : • Machines de meilleure qualité en général • Moins de montage, démontage de la pièce. - Fidélité de reproduction : • Répétabilité (pas d'opérateur humain dans la chaîne de pilotage).[3]	• Pour bénéficier de la majorité des avantages précédents, il faut que tout le parc machine de l'entreprise soit des MOCN. • Investissement initial plus important. • Rentabilité pas immédiate. • Amortissement impose souvent un travail en 2 ou 3 équipes. • Programmation et électronique demandant de la qualification. • Fausse fragilité de l'électronique. • -Équipement annexe : ordinateur, logiciel, banc de réglage des outils, changeur d'outils. • Changement dans les méthodes de préparation et de fabrication. • Réticence du personnel au changement.

III.8. Types des machines CNC : [2]

Fraiseuses : Comme nous le savons, fraisage est un processus d'enlèvement de métal en alimentant la pièce passe à travers la coupe multipoint rotatif	
Tours : Les tours sont des machines qui coupent des morceaux de métal en rotation	
Machine CNC de gravure en bois : Il fonctionne de la même manière que d'autres machines CNC comme le tour ou le Fraisage, La principale différence est, il fait tous les travaux de menuisier manuellement.	

Machine CNC à 5 axes : C'est une machine dans laquelle il y a un total de 5 axes. Initialement, il s'agissait de 3 axes (X, Y et Z) le fonctionnement de coupe de n'importe quel instrument a été fait dans la 3 direction mais 2 axes supplémentaires ajoutés (A, B) ce qui signifie qu'il y a au total 5 axes, les travaux sont coupés sont effectués dans la direction 5.	
Machine CNC Coupe-jet d'eau : Un coupe-jet d'eau, aussi connu sous le nom de jet d'eau, est un outil capable de couper le métal ou d'autres matériaux (comme le granit) en utilisant un jet d'eau à haute vitesse et pression, ou un mélange d'eau et d'une substance abrasive, comme le sable.	
Machine CNC d'impression 3D : L'impression 3D ou fabrication additive regroupe les procédés de fabrication de pièces en volume par ajout de matière en couches successive depuis une modélisation 3D, par opposition à la fabrication soustractive	
Machine CNC de routage de PCB : La machine CNC pour effectuer le routage d'isolement, perçage et fraisage pour PCB selon la conception indiquée.	
Machine CNC de chirurgie : L'utilisation de machines-outils CNC de précision dans le domaine médical est devenue de plus en plus large. Les parties des dispositifs médicaux sont caractérisées par une structure complexe, des matériaux résistants et un traitement difficile.	
Machine CNC Découpe laser : Comme le nom lui-même indique « Découpe au laser », cela signifie que l'opération de découpe est effectuée au laser et que le code d'opération est introduit automatiquement dans les parcours de la machine, on l'appelle machine de découpe au laser CNC.	

Usinage à décharge électrique : Usinage par décharge électrique (EDM), parfois familièrement aussi appelé usinage par étincelles, érosion par étincelles, la combustion, l'enfoncement des matrices ou l'érosion des fils, est un processus de fabrication dans lequel une forme désirée est obtenue en utilisant décharges électrique (étincelles).	
Machine CNC Coupe-plasma : La machine de découpe de plasma est définie comme étant un processus qui coupe à travers des matériaux conducteurs électriquement à l'aide d'un jet accéléré de plasma chaud.	

III.9. Plasma :

Comment fonctionne la découpe plasma ?

- **L'idée de base du fonctionnement du plasma :**

III.9.1. Qu'est-ce qu'un arc électrique ?

L'arc électrique est un type de décharge électrique qui se produit lorsque des électrons circulent entre deux conducteurs, généralement métalliques, dans un environnement gazeux ou sous vide.

Les conducteurs peuvent être des fils, des tiges ou d'autres objets capables de transporter un courant électrique.

- **L'essentiel :** La machine de découpe plasma dépend entièrement de l'arc électrique et de l'apparition d'étincelles électriques.

III.9.2. Comment fonctionne la découpe au plasma ?

- Les découpeurs plasma fonctionnent en envoyant un arc électrique à travers un gaz qui passe par une ouverture rétrécie (buse).
- Le gaz peut être de l'air, de l'azote, de l'argon, de l'oxygène, etc.
- La température du gaz est élevée au point qu'il entre dans un quatrième état de la matière (solide, liquide, gazeux, plasma). (Solide, liquide, gaz, plasma).

- Les scientifiques appellent cet état supplémentaire le plasma. Comme le métal découpé fait partie du circuit, la conductivité électrique du plasma entraîne le transfert de l'arc vers la pièce.
- L'ouverture restreinte (buse) par laquelle passe le gaz le fait passer à grande vitesse. Ce gaz à grande vitesse coupe le métal en fusion.
- Le gaz est également dirigé autour du périmètre de la zone de coupe pour protéger la coupe.

III.9.3. Comment fonctionne une machine de découpe au plasma ?

Un découpeur plasma complet se compose d'une

- Une alimentation électrique.
- D'une pince de mise à la terre.
- Et d'une torche manuelle.

La principale fonction de l'alimentation est de convertir la tension secteur en un courant continu régulé (continu) réglable par l'utilisateur.

La torche manuelle contient une gâchette pour contrôler la coupe et une buse par laquelle l'air comprimé est soufflé. Une électrode est également montée à l'intérieur de la torche manuelle, derrière la buse.

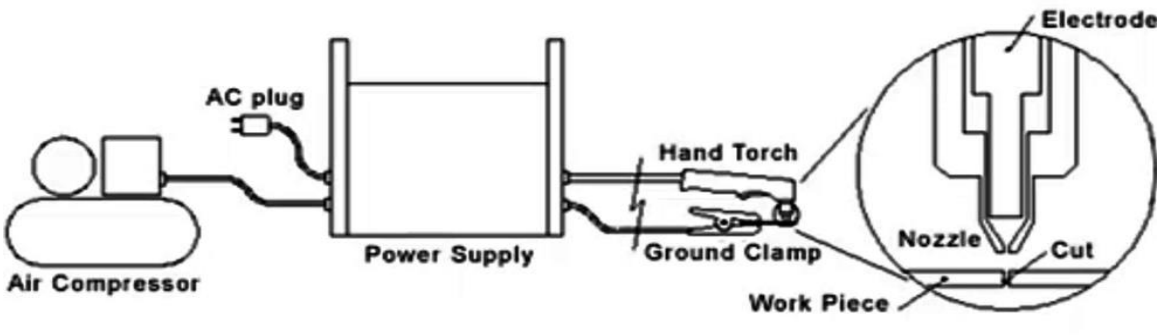


Figure 5 : Schéma de fonctionnement du dispositif de découpe au plasma .[5]

III.9.4. Que se passe-t-il à l'intérieur d'un dispositif de découpe au plasma ?

- Au départ, l'électrode est en contact avec la buse.
- Lorsque l'on appuie sur la gâchette, un courant continu traverse ce contact.

- Ensuite, l'air comprimé commence à essayer de se frayer un chemin à travers le joint et de sortir par la buse.
- L'air fait reculer l'électrode et crée un espace fixe entre elle et la pointe.
- L'alimentation électrique augmente automatiquement la tension afin de maintenir un courant constant à travers le joint - un courant qui passe maintenant à travers l'entrefer et transforme l'air en plasma.
- Enfin, le courant continu régulé est commuté de sorte qu'il ne traverse plus la buse mais circule entre l'électrode et la pièce à usiner. Ce courant et ce flux d'air se poursuivent jusqu'à ce que la découpe soit inter rompue. [5]

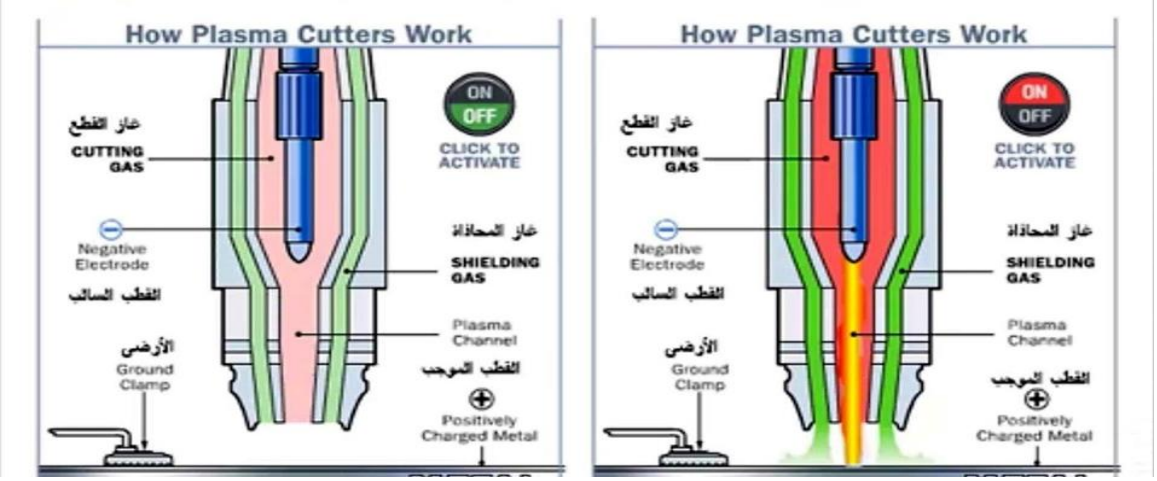


Figure 6: L'intérieur de La Torche[5]

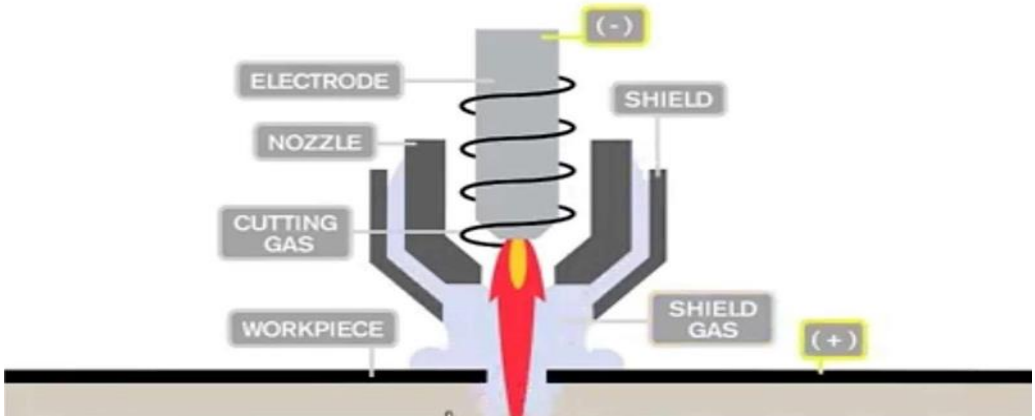


Figure 7 : Que se passe-t-il à l'intérieur[5]

IV. Conclusion :

Ainsi, parmi tous ces types de CNC, nous avons choisi la machine plasma, qui est la machine de découpe plasma la plus utilisée dans l'industrie et le choix idéal pour découpe des plaques métalliques épaisses, en économisant du temps et des coûts.

CHAPITRE I :

PARTIE II :
CNC PLASMA MACHINE PARTIE MECANIQUE

I. Introduction

Un découpeur plasma mécanique CNC avec 2 axes automatiques et 1 axe manuel est une machine qui allie une technologie avancée guidée par ordinateur avec la compétence pratique de l'opérateur.

I.1. Structure mécanique :

La construction mécanique de ces machines comprend généralement un châssis robuste qui supporte les différents composants nécessaires à une découpe de précision. Dans le cas du découpeur plasma, cela comprendra le portique (qui se déplace le long de l'axe X), le chariot (qui se déplace le long de l'axe Y) et un porte-torche (qui se déplace le long de l'axe Z).

I.2. Axes automatiques (X et Y) :

Les axes X et Y sont contrôlés par des moteurs pas à pas ou des servomoteurs, qui reçoivent des instructions de mouvement précises du système CNC. Cela permet à la torche à plasma de se déplacer avec précision dans un plan 2D, en suivant le chemin requis pour découper les formes souhaitées dans la pièce métallique.

I.3. Axe manuel (Z) :

L'axe manuel fait généralement référence au mouvement vertical de la torche à plasma (de haut en bas le long de l'axe Z). Ce mouvement est ajusté par l'opérateur, qui place la torche à la distance optimale de la pièce métallique pour obtenir la meilleure qualité de coupe.

I.4. Torche plasma :

La torche à plasma elle-même crée un flux de gaz ionisé à grande vitesse (plasma) qui conduit l'électricité de la torche à la pièce. Cet arc fait fondre le métal et le matériau en fusion est expulsé pour créer une coupure.

I.5. Système de contrôle CNC :

Le système de contrôle se compose d'une interface informatique dans laquelle l'opérateur saisit le programme de coupe. Ce système traduit la conception en commandes de signalisation qui contrôlent les mouvements du moteur

II. La conception mécanique de la machine :

L'essence de l'innovation réside souvent dans la simplicité et l'accessibilité. Cette introduction présente un concept de conception mécanique pour un découpeur plasma CNC à 2 axes adapté aux passionnés soucieux des coûts et aux opérateurs à petite échelle. Mettant l'accent sur l'abordabilité et la facilité d'utilisation, cette conception donne stratégiquement la priorité à une configuration compacte et conviviale. La machine, caractérisée par son système de portique simple et sa commande manuelle de l'axe Z, est conçue pour être placée directement au-dessus du matériau à couper. Ses composants modulaires et son fonctionnement sans fioritures en font un candidat idéal pour un large éventail d'applications de coupe des métaux, des projets éducatifs aux ateliers amateurs. Ce concept de conception vise à démocratiser le découpage plasma CNC en fournissant une solution robuste mais simple qui promet de rationaliser les opérations sans se ruiner.

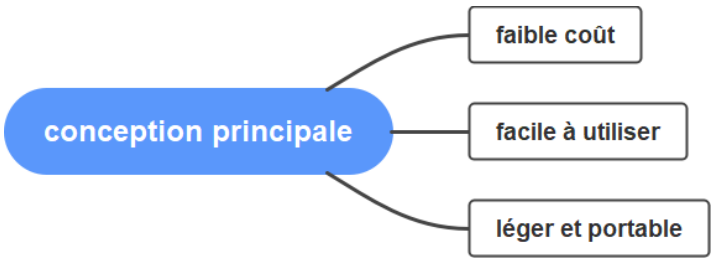


Figure 8 : Bases de conception

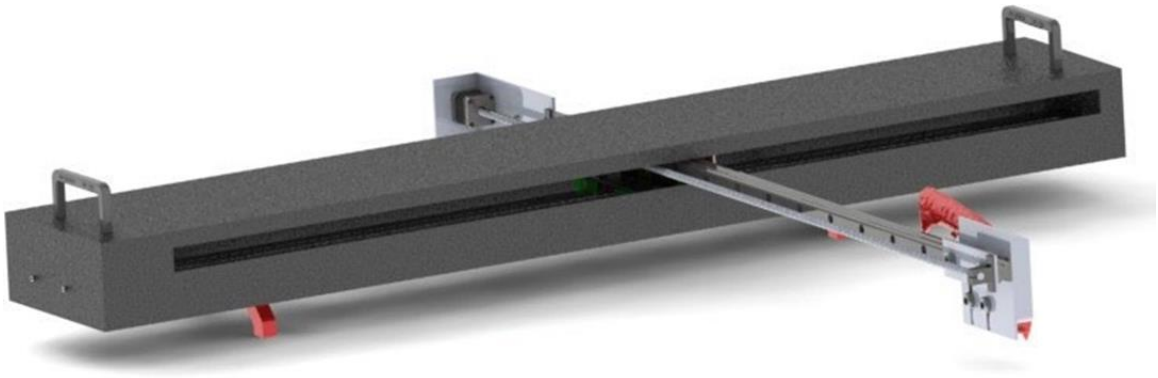


Figure 9 : Conception 3D dans SolidWorks

Et également dans la conception de notre machine de découpe plasma CNC, nous avons utilisé des matériaux ignifuges de bonne qualité pour garantir la sécurité et la durabilité. Chaque composant est conçu pour résister à la chaleur intense générée pendant le processus de coupage au plasma, garantissant ainsi la sécurité de l'opérateur et améliorant la longévité de la machine. En choisissant les bons matériaux, nous garantissons que notre machine offre des performances fiables dans diverses conditions de travail.

II.1. Le mouvement de la machine des axes X et Y :

La distance de déplacement maximale pour l'axe X sur notre découpeur plasma CNC est de 875 mm, et pour l'axe Y, elle est de 730 mm. La machine est capable d'une vitesse de coupe maximale de 15 mm/s sur une plaque de 3 mm d'épaisseur. Lorsqu'il n'est pas en train de couper, il peut se déplacer à une vitesse maximale de 40 mm/s. Cette performance est alimentée par des moteurs pas à pas NEMA 23, réputés pour leur précision et leur fiabilité.

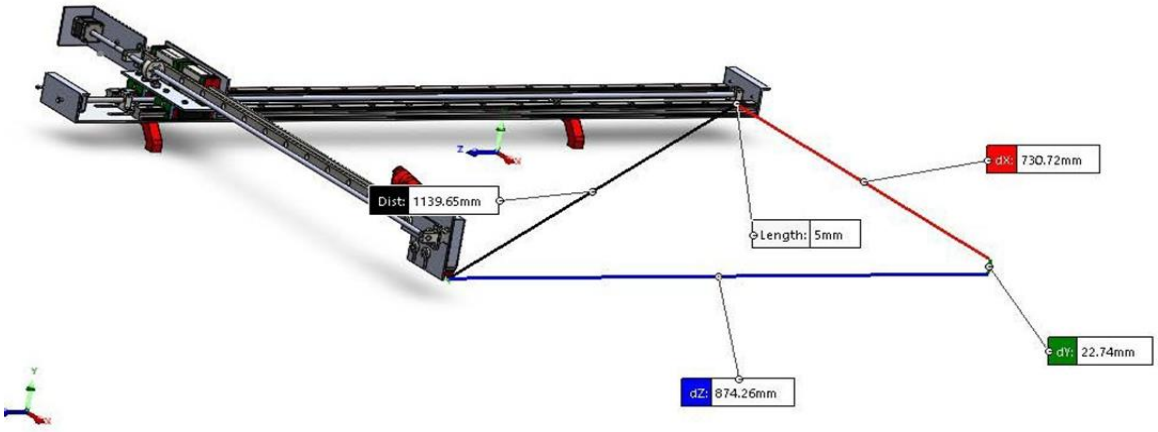


Figure 10 : Dimensions de la mobilité x et y

La course par rotation d'une vis à billes, en particulier d'une SFU1204, fait référence à la distance parcourue par la vis ou l'écrou avec un tour complet de vis. La désignation « 1204 » dans le modèle SFU1204 indique le diamètre et le pas de la vis. "12" indique que le diamètre de la vis est de 12 mm et "04" signifie que le pas est de 4 mm.

Ainsi, pour une vis à billes SFU1204, la course par rotation est de 4 mm. Cela signifie qu'à chaque rotation complète de 360 degrés de la vis, l'écrou se déplacera linéairement de 4 mm sur la longueur de la vis.

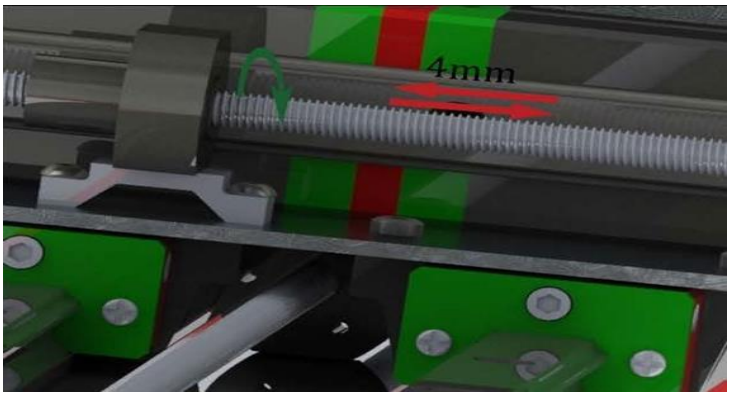


Figure 11 : La course par rotation d'une vis à billes

À l'aide d'une vis à billes SFU1204 avec un pas de 4 mm par rotation, vous pouvez calculer le nombre maximum de rotations nécessaires pour atteindre les distances de déplacement spécifiées sur les axes X et Y comme suit :

$$MAX\ ROTAION\ X = \frac{875}{4} \approx 218 \quad MAX\ ROTAION\ Y = \frac{730}{4} \approx 182$$

Ainsi, pour l'axe X, la vis devrait effectuer environ 218,75 rotations complètes pour parcourir 875 mm, et pour l'axe Y, environ 182,5 rotations pour parcourir la distance de 730 mm.

II.2. Le mouvement de la machine de l'axe Z

Le mouvement maximum sur l'axe Z manuel est de 22 mm, ce qui nécessite de dévisser les deux vis pour régler la plaque Z vers le haut ou vers le bas. Ce réglage manuel permet d'affiner la hauteur de la torche à plasma pour s'adapter à différentes épaisseurs de matériau ou pour atteindre la distance optimale par rapport à la pièce à usiner pour une découpe précise.

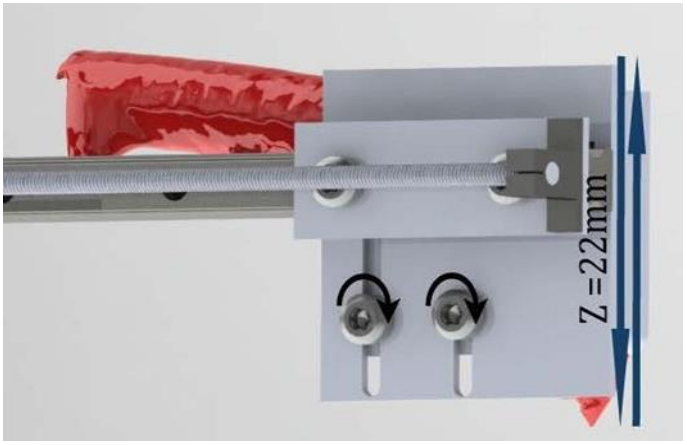


Figure 12 : Le mouvement de la machine de l'axe Z

Les machines CNC utilisent généralement les types de moteurs suivants pour divers mouvements et opérations :

III. Moteurs pas à pas :

Il s'agit du type de moteur le plus couramment utilisé dans les machines CNC pour les applications amateurs et semi-professionnelles.

- Ils se déplacent par étapes discrètes, offrant un contrôle précis du mouvement.
- Les moteurs pas à pas sont privilégiés pour leur simplicité, leur faible coût et leur contrôle en boucle ouverte.



Figure 13 : Moteurs pas à pas [34]

Dans les applications industrielles, les moteurs pas à pas ne sont largement utilisés comme entraînement principal de robot ou de machine-outil, mais ils sont largement utilisés comme entraînement auxiliaire ou dans un périphérique informatique. Un domaine dans lequel les moteurs pas à pas ont été largement utilisés est celui des entraînements des petits robots éducatifs ; cela est dû en grande partie à leur simplicité de contrôle et au faible coût du système. La caractéristique essentielle d'un moteur pas à pas est sa capacité à traduire les changements d'excitation de l'enroulement du stator en changements, étapes, précisément définis de la position du rotor. Le positionnement est moteur pas à obtenu par l'alignement magnétique entre les dents du stator et du rotor d'un moteur pas à pas.

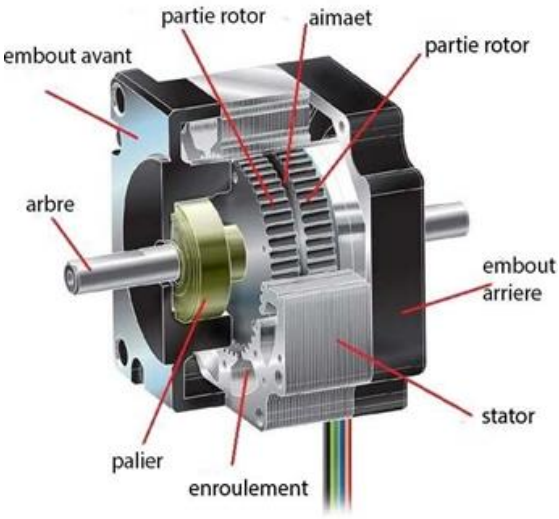


Figure 14 : Pièces de Moteurs pas à pas [34]

Existe une large gamme de moteurs pas à pas sur le marché, mais ce sont tous des variantes de deux conceptions de base : les moteurs pas à pas à réluctance variable ou les moteurs pas à pas hybrides. Les moteurs pas à pas à réluctance variable peuvent également être trouvés sous forme de moteurs multi-stack ou single-stack. Hybride conception à réluctance variable, le flux magnétique est fourni uniquement par l'excitation du stator, tandis que la conception hybride utilise l'interaction entre le flux magnétique produit par un aimant permanent monté sur le rotor et celui résultant de l'excitation de l'enroulement du stator.

III.1. Principes de fonctionnement du moteur pas à pas :

Comme tous les moteurs électriques, les moteurs pas à pas comportent une partie fixe (le stator) et une partie mobile (le rotor). Sur le stator se trouvent des dents sur lesquelles sont câblées les bobines, tandis que le rotor est soit un aimant permanent, soit un noyau de fer à réluctance variable. Nous approfondirons plus tard les différentes structures du rotor. La figure 1 montre un dessin représentant la section du moteur, où le rotor est un noyau de fer à réluctance variable. [14]

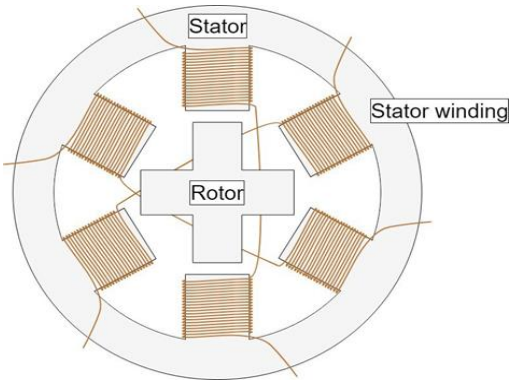


Figure 15: Cross-Section of a Stepper Motor [14]

Le principe de fonctionnement de base du moteur pas à pas est le suivant : en alimentant une ou plusieurs phases du stator, un champ magnétique est généré par le courant circulant dans la bobine et le rotor s'aligne sur ce champ. En fournissant différentes phases en séquence, le rotor peut être tourné d'une quantité spécifique pour atteindre la position finale souhaitée. La figure 2 montre une représentation du principe de fonctionnement. Au début, la bobine A est alimentée et le rotor est aligné avec le champ magnétique qu'il produit. Lorsque la bobine B est alimentée, 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 alimentée. Sur les images, les couleurs des dents du stator indiquent la direction du champ magnétique généré par le bobinage du stator. [14]

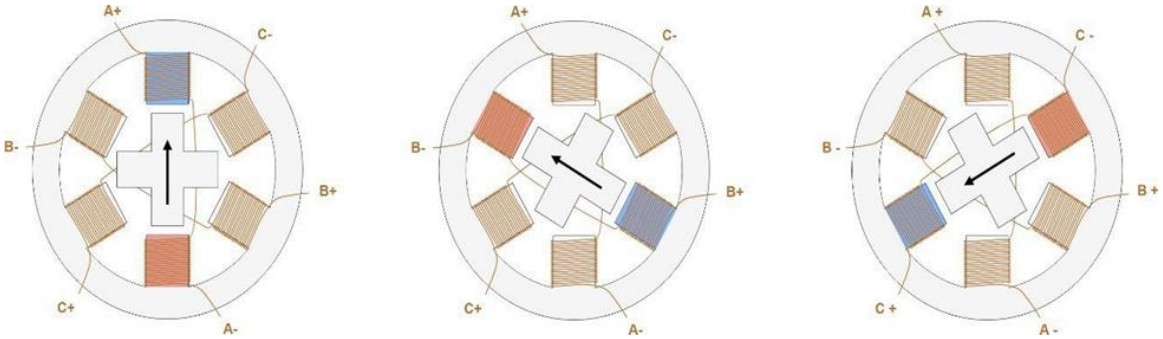


Figure 16 : Étapes du moteur pas à pas [14]

Les moteurs pas à pas sont disponibles en différents types, chacun adapté à différentes applications en fonction de leur construction, de leurs caractéristiques de performance et de la manière dont ils sont contrôlés. Voici les principaux types de moteurs pas à pas :

III.2. Moteurs pas à pas à aimant permanent (également connus sous le nom de moteurs pas à pas PM) :

- Utiliser des aimants permanents sur le rotor.
- Offre un bon couple à bas régime.
- Avoir une construction plus simple, ce qui les rend rentables pour de nombreuses applications.

III.3. Moteurs pas à pas à réluctance variable (VR Steppers) :

- Avoir un rotor en fer ordinaire sans aimants permanents.
- Fonctionner selon le principe de la réluctance variable, c'est-à-dire le chemin magnétique avec le la moindre résistance est recherchée par le champ magnétique
- Ils ont généralement plus de pas par tour que les steppers PM.

III.4. Moteurs pas à pas hybrides (moteurs pas à pas hybrides synchrones) :

- Combinez les meilleures qualités des moteurs pas à pas PM et VR.
- Avoir à la fois un aimant permanent et des dents en fer doux sur le rotor.
- Fournit un couple élevé et une bonne résolution de pas.

Les moteurs pas à pas sont disponibles en différents types, chacun adapté à différentes applications en fonction de leur construction, de leurs caractéristiques de performance et de la manière dont ils sont contrôlés. Voici les principaux types de moteurs pas à pas :

III.5. Moteurs pas à pas à aimant permanent (PM Steppers) :

- Utiliser des aimants permanents sur le rotor.
- Offre un bon couple à bas régime.
- Avoir une construction plus simple, qui les rend rentables pour de nombreuses applications.

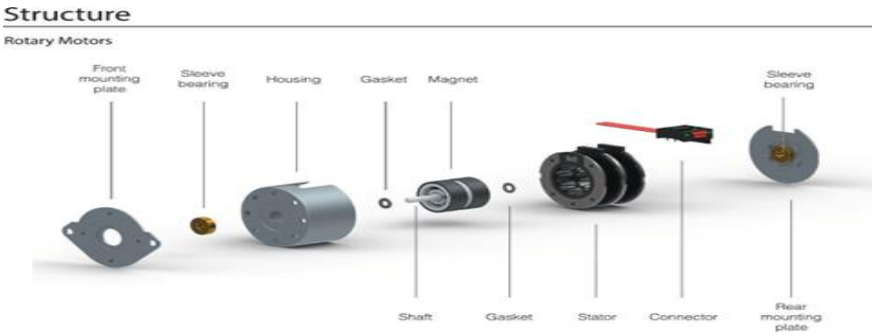


Figure 17: moteur pas à pas à aimant permanent [15]

III.6. Moteurs pas à pas à réluctance variable (pas à pas VR) :

- Avoir un rotor en fer ordinaire sans aimants permanents.
- Fonctionner selon le principe de réluctance variable, ce qui signifie que le chemin magnétique présentant la moindre résistance est recherché par le champ magnétique.
- Ils ont généralement plus de pas par tour que les steppers PM.
- Une pile simple quadri phasée ou (4/2 pôles).
- Le moteur pas à pas à réluctance variable est indiqué ci-dessous. Ici, (4/2 pôles) signifie que le stator a quatre pôles et le rotor a deux pôles. [16]

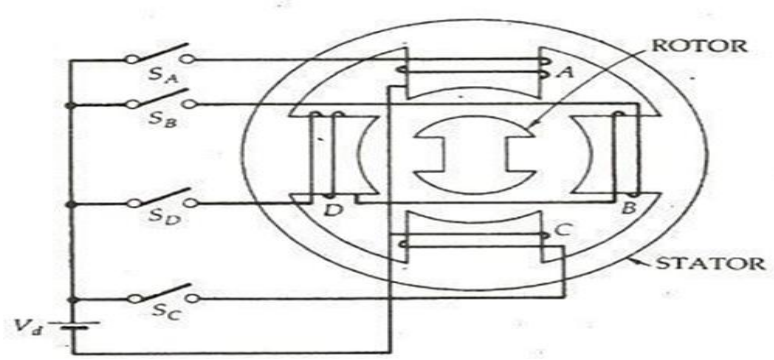


Figure 18 : Moteurs pas à pas à reluctonce variable [16]

Les quatre phases A, B, C et D sont connectées à la source CC à l'aide d'un semi-conducteur, des commutateurs SA, SB, SC et SD respectivement, comme le montre la figure ci-dessus. Les enroulements de phase du stator sont alimentés dans la séquence A, B, C, D, A. Le rotor s'aligne avec l'axe de la phase A lorsque l'enroulement A est alimenté. Le rotor est stable dans cette position et ne peut pas bouger tant que la phase A n'est pas mise hors tension.

Désormais, la phase B est excitée et la phase A est déconnectée. Le rotor se déplace de 90 degrés dans le sens des aiguilles d'une montre pour s'aligner avec le champ d'entrefer résultant qui se trouve le long de l'axe de la phase B. De même, la phase C est alimentée et la phase B est déconnectée, et le rotor se déplace à nouveau de 90 degrés pour s'aligner. Avec l'axe de la phase. [16]

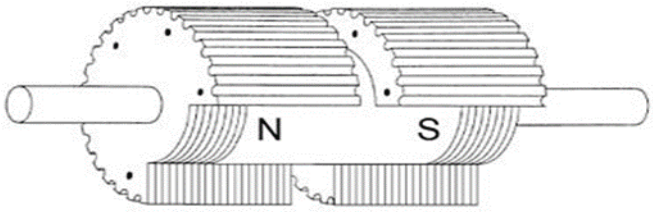
Ainsi, lorsque les phases sont excitées dans l'ordre A, B, C, D, A, le rotor se déplace de 90 degrés à chaque pas de transition dans le sens des aiguilles d'une montre. Le rotor effectue un tour en 4 étapes. Le sens de rotation dépend de la séquence de commutation de phase et ne dépend pas du sens du courant circulant dans la phase. Ainsi, la direction peut être inversée en changeant la séquence de phases comme A, D, C, B, A. 3 L'amplitude de l'angle de pas du moteur à réluctance variable est donnée comme suit : [16]

$$\alpha = \frac{360^\circ}{m_s N_r}$$

- **α** est l'angle de pas
- **m_s** est le nombre de phases du stator
- **N_r** est le nombre de dents du rotor

III.7. Moteurs pas à pas hybrides (pas à pas synchrones hybrides) :

- Combinez les meilleures qualités du PM et de la VR moteurs pas à pas.
- Avoir à la fois un aimant permanent et des dents en fer doux sur le rotor.
- Fournit un couple élevé et une bonne résolution de pas.



Hybrid Stepper Motor Rotor

Figure 19 : Hybride Moteur [30]

Advantages / Types of Stepper Motor [27]	Permanent Magnet	Variable Reluctance	Hybrid
Step Angle	7.5° or larger	1.8° or smaller	1.8° or smaller
Output Torque	Moderate	Low	High
Detent Torque	Yes	No	Yes
Pulse Rate / Speed	Low	High	High
Acceleration / Response	Slow	Fast	Fast
Noise	Quiet	Loud	Quiet
Microstep	Yes	No	Yes
Design	Simple	Moderate	Complex

Chaque type de moteur pas à pas aura également différents sous-types en fonction de la disposition des enroulements et de la manière dont ils sont entraînés :

III.8. Moteurs pas à pas bipolaires :

- Avoir deux bobines par phase, ce qui nécessite un circuit de contrôle plus complexe.
- Fournit généralement plus de couple que les moteurs unipolaires en raison de l'utilisation plus efficace du bobinage. [16]

III.9. Moteurs pas à pas unipolaires :

- Avoir une prise centrale supplémentaire sur chaque enroulement, ce qui permet de les piloter plus simplement manette
- Peut avoir un couple légèrement inférieur aux versions bipolaires mais est plus facile à contrôler [16]

III.10. Moteurs pas à pas multi phasés :

- Bien que la plupart des moteurs pas à pas soient biphasés, il existe également des moteurs pas à pas triphasés et même cinq phases moteurs pour applications hautement spécialisées.

Lors de la sélection d'un moteur pas à pas pour une application particulière, il est essentiel de prendre en compte des facteurs tels que le précision, couple, vitesse et complexité de contrôle requis. Le type de moteur pas à pas utilisé dépendra d'un équilibre entre ces exigences et ces considérations de coûts. [16]

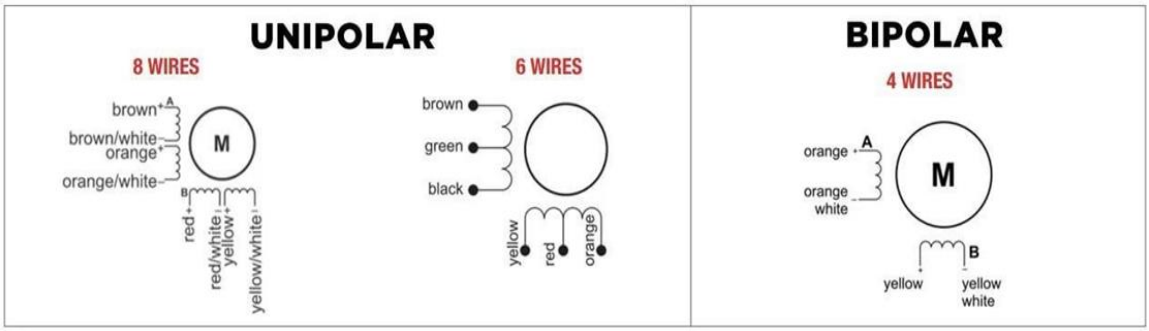


Figure 20 : Bipolaires et unipolaires Moteurs pas à pas [16]

IV. Servo moteurs :

Les servomoteurs sont des moteurs spécialisés utilisés dans diverses applications où un contrôle précis du mouvement est essentiel. Ils font généralement partie d'un système en boucle fermée qui comprend un circuit de commande et des dispositifs de rétroaction tels que des encodeurs ou des potentiomètres. Les servomoteurs sont disponibles en différents types, chacun présentant des caractéristiques uniques adaptées à des applications spécifiques :

Il existe plusieurs types de servomoteurs, notamment :

IV.1. Servo moteurs à courant continu :

Ce sont des servomoteurs simples et faciles à contrôler, couramment utilisés dans la robotique et l'automatisation.

IV.2. Servomoteurs à courant alternatif :

Ces servomoteurs sont utilisés dans les applications industrielles et offrent une puissance et un couple plus élevés par rapport aux servomoteurs à courant continu.

IV.3. Servomoteurs sans balais :

Ces servomoteurs sont sans entretien et offrent une efficacité et une durée de vie plus longue par rapport aux servomoteurs balais.

IV.4. Servomoteurs linéaires :

Au lieu d'un mouvement rotatif, ces servomoteurs offrent un mouvement linéaire, ce qui les rend adaptés aux applications requérant un positionnement linéaire précis.

IV.5. Servomoteurs à couple élevé :

Ces servomoteurs sont conçus pour fournir un couple élevé à basse vitesse, ce qui les rend adaptés aux applications nécessitant un couple de maintien élevé.

Chaque type de servomoteur a ses propres avantages et est utilisé dans différentes applications en fonction des besoins.

IV.6. Servomoteurs à courant alternatif :

Un servomoteur est un entraînement rotatif ou un entraînement linéaire qui permet un contrôle précis de la position angulaire ou linéaire, de la vitesse et de l'accélération. Il s'agit généralement d'un moteur approprié couplé à un capteur pour un retour de position. Les servomoteurs font partie d'un système en boucle fermée et sont utilisés dans de nombreuses applications où un contrôle précis est nécessaire.

IV.7. Définition et composants :

- **Moteur :** Les servomoteurs peuvent être des moteurs à courant alternatif ou à courant continu. Ils fournissent le dynamisme nécessaire pour contrôle précis du mouvement.
- **Contrôleur :** Il s'agit du cerveau du servomoteur, souvent un processeur numérique sophistiqué, qui envoie les signaux de commande.
- **Variateur :** Le variateur amplifie les signaux de commande et les envoie au moteur.
- **Encodeur ou résolveur (dispositif de rétroaction) :** Ce composant mesure la position, la vitesse et parfois le couple de la sortie du moteur (généralement l'arbre) et renvoie ces informations au contrôleur.

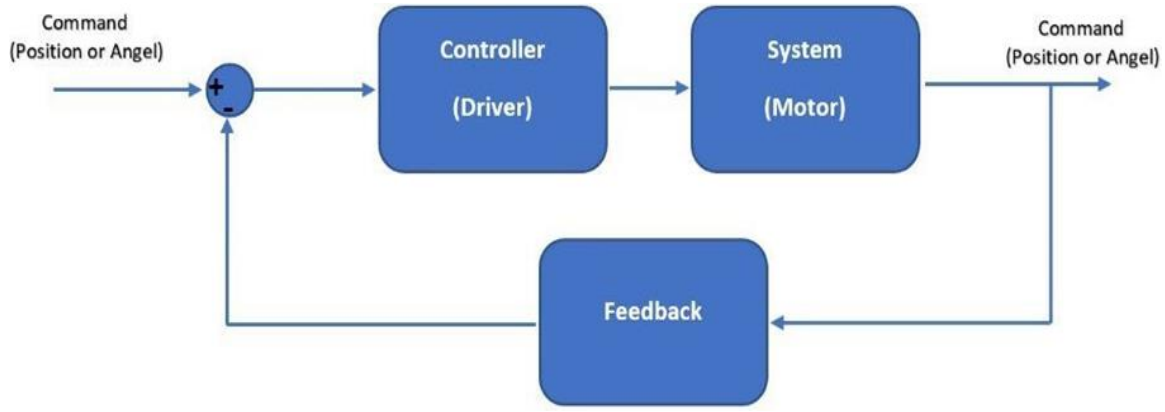


Figure 21 : Servomoteurs commende [31]

IV.8. Principe de fonctionnement :

Le servomoteur fonctionne selon le principe du système de contrôle par rétroaction. Voici un processus étape par étape de son fonctionnement :

IV.8.1. Réception du signal :

Le système de contrôle (qui peut être un ordinateur ou un microcontrôleur dédié) envoie un signal de commande au servomoteur, indiquant une position de sortie ou une vitesse souhaitée.

IV.8.2. Traitement du signal :

Le contrôleur interprète le signal et envoie des signaux de commande au variateur (amplificateur).

IV.8.3. Activation du moteur :

Le variateur amplifie le signal et active le moteur pour se déplacer vers la position souhaitée.

IV.8.4. Mesure de la position :

Lorsque l'arbre du moteur tourne, l'encodeur connecté envoie une série de signaux électriques au contrôleur, indiquant la position réelle du moteur.

IV.8.5. Comparaison des commentaires :

Le servo contrôleur compare la position réelle du moteur (telle que rapportée par l'encodeur) avec la position souhaitée (le signal de commande).

IV.8.6. Correction des erreurs :

S'il y a un écart (un signal d'erreur) entre les positions réelles et souhaitées, le contrôleur calcule et envoie des signaux correctifs pour minimiser la différence.

IV.8.7. Correction continue :

Ce processus de lecture de l'encodeur, de comparaison avec la position souhaitée et de correction de la position se poursuit à grande vitesse, créant efficacement un mouvement fluide contrôlé avec une haute précision.

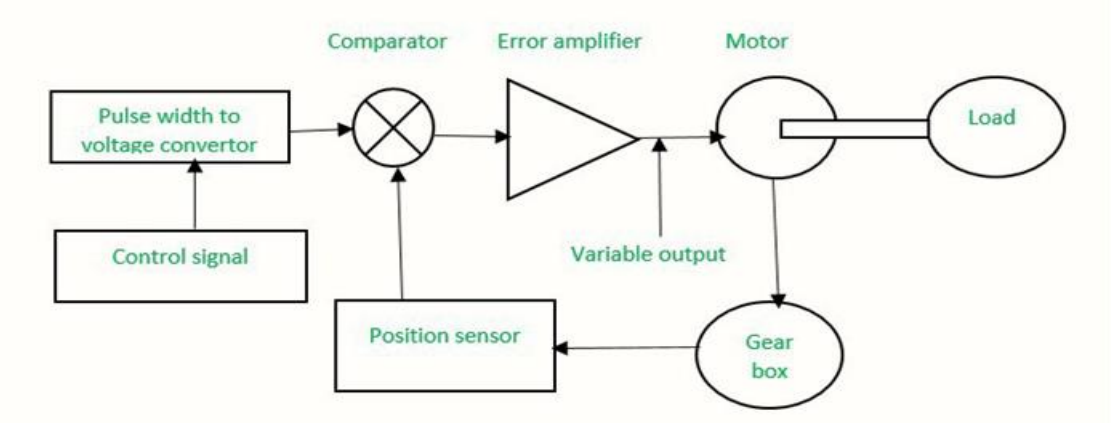


Figure 22 : Servomoteurs Principe de fonctionnement [17]

IV.9. Control servomoteurs ?

La figure ci-dessous montre les pièces constituées de servomoteurs RC dans lesquels de petits moteurs à courant continu sont utilisés pour entraîner les charges à une vitesse et une position précise.

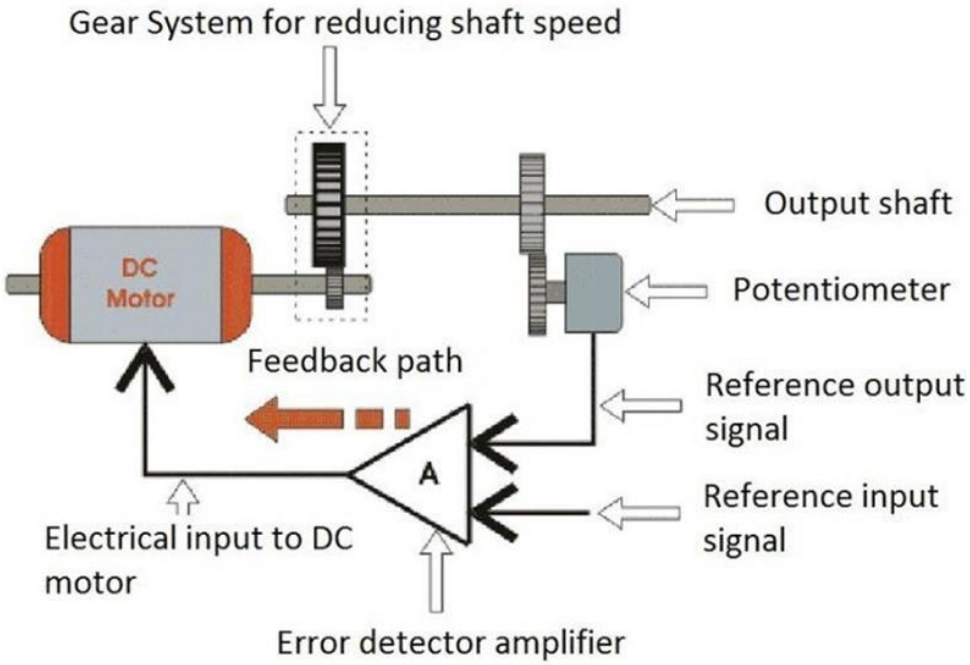


Figure 23 : Control servo Moteurs [17]

La largeur d'impulsion détermine la position angulaire du servomoteur. Dans certains circuits, une impulsion de commande est utilisée pour produire une tension de référence CC correspondant à la position ou à la vitesse souhaitée du moteur. Et cela s'applique à un convertisseur de largeur d'impulsion en tension.

Dans ce convertisseur, le condensateur commence à se charger à un rythme constant lorsque l'impulsion est élevée. Lorsque l'impulsion est faible, la charge du condensateur alimente l'amplificateur tampon. Ainsi, la longueur de l'impulsion détermine la tension appliquée à l'amplificateur d'erreur comme tension souhaitée pour produire le voulu vites ou position.[17]

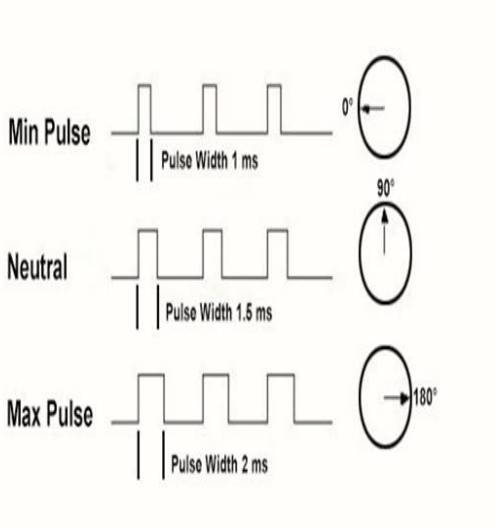


Figure 24 : La position angulaire du servomoteur [17]

IV.10. AC Servomoteurs :

- · Fonctionner en courant alternatif (AC).
- Idéal pour les applications à grande vitesse et à couple élevé.
- Souvent utilisé dans les machines industrielles, la robotique et les machines CNC.

IV.11. DC Servomoteurs :

- Fonctionne en courant continu (DC).

- Connus pour leur réponse démarrage/arrêt rapide et leur couple de démarrage élevé.
- Couramment utilisé dans des applications plus petites comme radiocommandées dispositifs.



Figure 25 : AC Servomoteurs [32]

IV.12. Servomoteurs CC sans balais (moteurs BLDC) :

- Ne pas avoir de balais, ce qui réduit l'entretien et augmente la durée de vie du moteur.
- Off réuni rapport puissance/taille et une efficacité élevée.
- Fréquemment utilisé dans les drones, les véhicules électriques et les équipements médicaux.



Figure 26 : Servomoteurs linéaires [18]

IV.13. Servomoteurs linéaires :

- Fournit un mouvement linéaire direct au lieu d'un mouvement de rotation.
- Peut atteindre des vitesses et une précision de positionnement élevées.

IV.14. Servomoteurs à rotation continue :

- Sont modifiés pour fournir une rotation complète et continue tout en offrant un contrôle sur la vitesse et la direction.
- Souvent trouvé dans les robots mobiles ou les applications où un moteur à vitesse variable est nécessaire.

IV.15. Servomoteurs à rotation de position :

- Le type le plus courant, capable de se déplacer vers une position spécifique dans une plage de 90 à 180 degrés.
- Utilisé dans les modèles réduits d'avions pour contrôler les gouvernes, en robotique pour l'actionnement des articulations, etc.

IV.16. Servomoteurs de treuil :

- Ceux-ci ont un tambour intégré autour duquel l'enroulement d'un câble peut fournir un mouvement linéaire.
- Particulièrement utile dans les applications telles que les systèmes de remorquage, de levage ou de tension.

V. Les moteurs que nous utilisons :

Dans la conception de notre découpeur plasma CNC, nous avons choisi d'utiliser des moteurs pas à pas NEMA 23 en raison de leurs excellentes propriétés et de leur rentabilité. Ces moteurs sont connus pour leur équilibre entre couple, vitesse et précision, qui sont des caractéristiques essentielles pour le mouvement et le contrôle précis requis dans l'usinage

CNC. Les moteurs pas à pas NEMA 23 conviennent parfaitement aux applications nécessitant une plage de puissance modérée, et leur taille de châssis standardisée les rend compatibles avec une large gamme d'équipements et d'accessoires. Leur coût inférieur à celui des moteurs plus puissants en fait un choix attrayant pour les projets de petite et moyenne taille où les contraintes budgétaires sont prises en compte sans compromettre les performances. Cette sélection s'aligne sur notre objectif de fournir une solution CNC accessible qui maintient des normes élevées de fiabilité et d'efficacité.

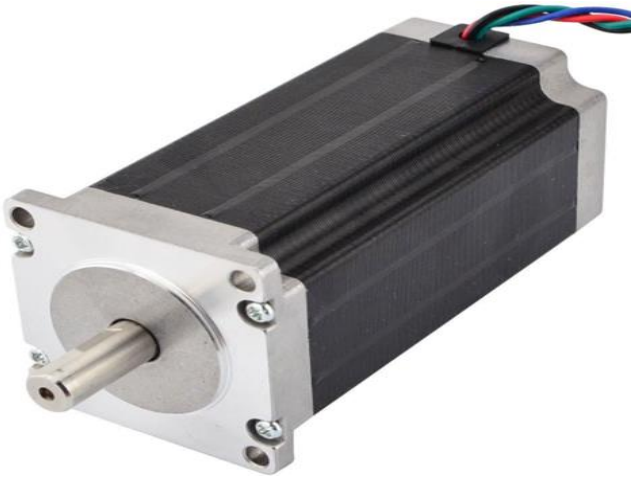


Figure 27 : NEMA 23 [19]

NEMA 23 est un moteur pas à pas avec une plaque frontale de 2,3 × 2,3 pouces (58,4 × 58,5 mm) et un angle de pas de 1,8° (200 pas/tour). Chaque phase consomme 2,8 A à 3,2 V, permettant un couple de maintien de 19 kg-cm. Le moteur pas à pas NEMA 23 est généralement utilisé dans les imprimantes, les machines CNC, les actionneurs linéaires et les disques durs.

V.1. Spécifications du moteur pas à pas NEMA 23 : [19]

- Angle de pas : 1.8 °
- Courant nominal : 2.8A DC
- Tension nominale : 3.36V
- Résistance cc d'enroulement (25 ° C) : 1,2 Ω ± 10%
- Inductance de bobinage : 2.3mH ± 20%
- Couple de maintien : ≥ 1,26 N.m
- Diamètre de l’arbre : 6.35mm (1/4")
- Longueur de câble : 150 mm avec connecteur EDG-4P 4 pin

VI. Linéaire guides :

Guides linéaires, également connus sous le nom de guidages linéaires ou de roulements linéaires, sont des systèmes mécaniques qui permettent un mouvement linéaire fluide et précis dans une direction spécifique. Ils sont couramment utilisés dans les machines industrielles, les systèmes d'automatisation et les machines CNC pour guider et soutenir le mouvement des composants le long d'un chemin droit.

Il existe plusieurs types de guides linéaires couramment utilisés dans les machines industrielles et les systèmes d'automatisation. Voici quelques-uns des types les plus courants :

VI.1. Guide à billes :

Roulement à billes Guides, aussi connus sous le nom de guides linéaires à billes, sont des composants mécaniques utilisés pour guider et soutenir le mouvement linéaire dans les machines et les systèmes automatisés. Ces guides comportent des billes de roulement en circulation qui roulent le long d'un rail de guidage pour assurer un mouvement fluide, précis et à faible friction.



Figure 28 : HGH linéaire guide [33]

Il existe plusieurs types de guides linéaires à billes, chacun adapté à des applications spécifiques en fonction des exigences de charge, de vitesse et de précision. Voici quelques-uns des types de guides linéaires à billes les plus couramment utilisés :

- Guide à billes à circulation interne
- Guide à billes à circulation externe
- Guide Ã billes Ã contact oblique

VI.2. Guides à rouleaux :

Les guides linéaires à rouleaux, qui utilisent des rouleaux cylindriques ou en forme de baril plutôt que des billes sphériques comme éléments de support de charge, sont typiquement associés aux applications d'outillage machine. Cependant, les avantages de performance que les rouleaux apportent aux centres d'usinage peuvent également être précieux dans d'autres applications. Lors de la conception d'une machine ou d'un système nécessitant un mouvement linéaire, considérez les trois avantages que les guides linéaires à rouleaux offrent.

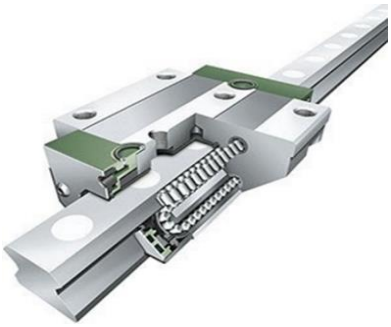


Figure 29 : Guides à rouleaux [20]

VI.2.1. Capacité de charge plus élevée

Lorsqu'ils sont soumis à une charge, les rouleaux forment un contact linéaire avec la surface de guidage, qui est beaucoup plus grande que le contact ponctuel formé lorsque les billes sont soumises à une charge. Cela confère aux guides linéaires à rouleaux une capacité de charge plus élevée que les guides linéaires à billes de même taille.

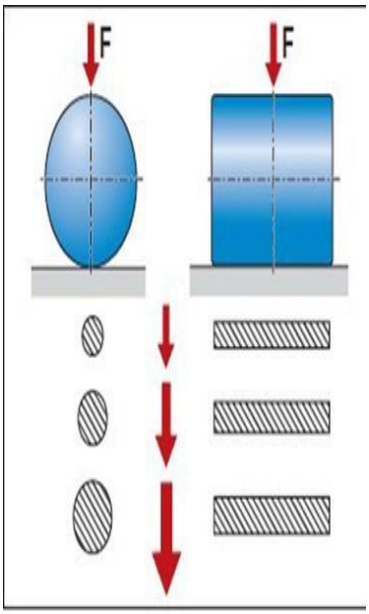


Figure 30 : Capacité de charge plus élevée [20]

VI.2.2. Possibilité de réduire les effectifs

Comme le montre l'exemple ci-dessus, la plus grande capacité de charge et la plus longue durée de vie des roulements à rouleaux signifient que les concepteurs peuvent souvent utiliser des roulements à rouleaux qui sont d'une ou deux tailles plus petites (par exemple, taille 25 au lieu de taille 45) que les roulements à billes qui seraient nécessaires pour atteindre la même durée de vie de déplacement.

Cette réduction de la taille des roulements linéaires peut être particulièrement avantageuse dans les applications multiaxes ou portique, où le poids économisé sur un axe a un effet d'entraînement sur les axes de support, permettant potentiellement des économies [1.9]

VI.3. Guides à glissière linéaire :

Les guides linéaires à glissière sont des composants mécaniques utilisés pour guider et supporter le mouvement linéaire dans les machines et les systèmes automatisés. Ces guides utilisent des éléments de glissement, tels que des patins ou des rails, pour assurer un mouvement linéaire précis et fluide.

Les guides linéaires à glissière sont largement utilisés dans une variété d'applications industrielles, y compris dans la fabrication, l'automobile, l'aérospatiale et la robotique. Ils sont souvent choisis pour leur capacité à supporter des charges élevées, tout en offrant une grande précision et une faible friction lors du déplacement.



Figure 31 : Guides à glissière linéaire [21]

VI.4. Guides à rouleaux croisés :

Les guides à rouleaux croisés, également connus sous le nom de guides à rouleaux croisés ou guides à rouleaux à rouleaux croisés, sont des composants mécaniques utilisés pour fournir un mouvement linéaire précis et fluide dans les applications industrielles. Ces guides utilisent des rouleaux croisés pour réduire les frottements et assurer un mouvement linéaire stable.

Les guides à rouleaux croisés sont souvent utilisés dans les machines-outils, les robots industriels, les équipements de manutention et d'autres applications nécessitant un mouvement linéaire précis et une capacité de charge élevée. Leur conception à rouleaux croisés offre une plus grande capacité de charge, une plus grande rigidité et une meilleure résistance à la poussée latérale par rapport à d'autres types de guidages linéaires.



Figure 32 : Guides à rouleaux croisés [22]

Ces guides peuvent être proposés sous forme de rails rectilignes ou de rails incurvés, en fonction des exigences de l'application. Ils offrent une grande précision de positionnement, une faible friction et une durabilité élevée, ce qui en fait un choix populaire pour de nombreuses applications industrielles exigeantes.

VI.5. Roulements à air linéaires :

Les roulements à air linéaires sont un type de système de roulement qui utilise un film mince d'air comprimé pour soutenir et guider le mouvement d'une charge le long d'un chemin

linéaire. Ces roulements offrent un frottement extrêmement faible et permettent un mouvement linéaire hautement précis et fluide dans diverses applications industrielles et de précision.

Les roulements à air linéaires fonctionnent en créant un coussin d'air entre la surface du roulement et la charge en mouvement, éliminant ainsi le contact physique et le frottement. Ce coussin d'air réduit l'usure du système, augmente l'efficacité et minimise les vibrations.



Figure 33 : Roulements à air linéaires [23]

Les roulements à air linéaires sont souvent utilisés dans des applications où une haute précision, une grande vitesse et un environnement propre sont requis, tels que la fabrication de semi-conducteurs, les équipements métrologiques et l'usinage de précision. Ils conviennent également aux applications où la contamination due aux lubrifiants traditionnels pourrait être un problème. Ces roulements offrent des avantages tels qu'une grande rigidité, un faible entretien et la capacité de supporter des charges lourdes avec une consommation d'énergie minimale. Cependant, ils peuvent nécessiter un environnement propre et sec pour fonctionner efficacement.

VI.6. Roulements à lévitation magnétique

Les roulements à lévitation magnétique sont des composants mécaniques qui utilisent des forces magnétiques pour maintenir la distance entre les éléments en mouvement, permettant ainsi un mouvement sans contact et sans frottement. Ces roulements offrent une solution idéale pour des applications nécessitant une haute précision, un fonctionnement fluide et une absence d'usure due au frottement.

Les roulements à lévitation magnétique fonctionnent en exploitant les propriétés magnétiques pour suspendre et guider les charges sans aucun point de contact physique. Ils utilisent des aimants ou des bobines magnétiques pour générer des forces de lévitation et de guidage, ce qui permet de maintenir une stabilité et une précision élevées dans le mouvement linéaire ou rotatif.

VII. Guide linéaire à utiliser

Nous utilisons le guide linéaire HGH 15 ça pour sa précision et sa haute qualité dans notre système CNC plasma. Ce guide linéaire est capable de supporter le poids des axes Y et X, assurant ainsi la stabilité et la précision de nos opérations d'usinage.

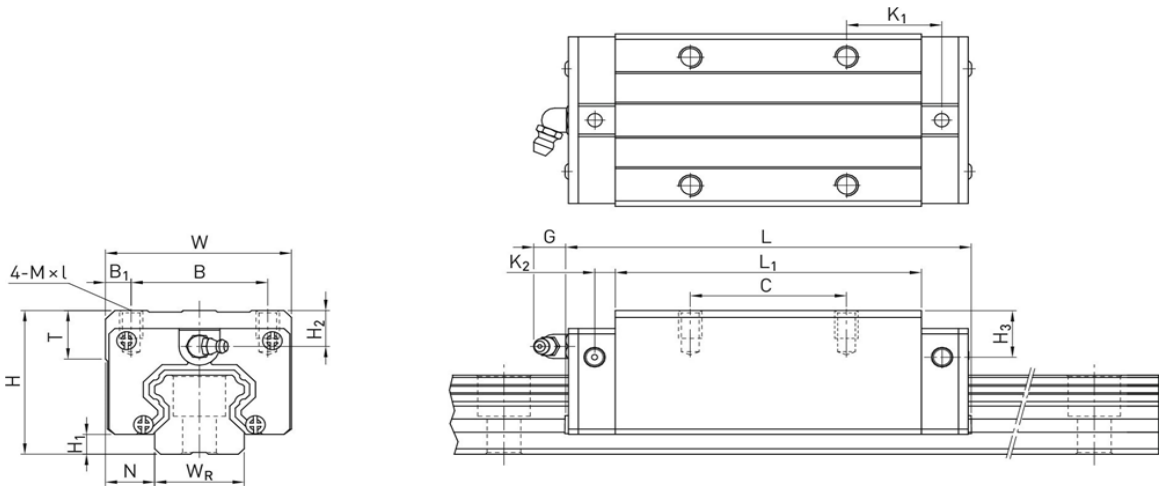
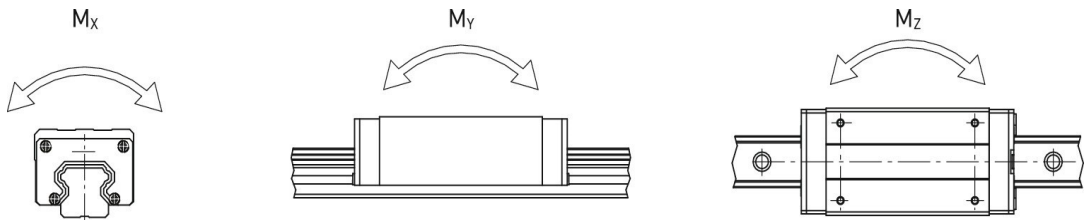


Figure 34 : HGH 15 guide linéaire [24]

Série/ Taille	Dimensions de montage [mm]			Taux de charge [N]		Poids [kg]
	H	H_1	N	C_{dyn}	C_0	m
HGH15CA	28	4.3	9.5	11380	16970	0.18

serie/ Taille	Dimensions du bloc [mm]																		
	W	B	B_1	C	C_1	L_1	L	K_1	K_2	M	G	G_n	T	T_1	T_2	H_2	H_3	L_K	L_{K1}
HGH15CA	34	26	4	26	- 39.		61.4	10	4.85	M4 5.3	- 6			-	-	7.95	7.7	-	-



Series/ Size	Dynamic load rate C_{dyn} [N] 1)	Static load rate C_0 [N]	Dynamic moment [Nm]			Static moment [Nm]		
			M_X	M_Y	M_Z	M_{0X}	M_{0Y}	M_{0Z}
HG_15C	11380	16970	76	67	67	120	100	100

Figure 35 : Paramètre de HGH 15 [25]

VII.1. L'importance de MX

Pour la découpe au plasma, le chalumeau doit être réglé à la bonne hauteur au-dessus de la pièce à travailler pour garantir une coupe propre et précise. La distance idéale ou "stand

off" pour le chalumeau peut varier en fonction du matériau à découper, de l'épaisseur du matériau, de la vitesse de coupe et de la puissance de la découpeuse au plasma.

En général, il est recommandé de régler la distance de stand off du chalumeau à environ 1,5 à 3 mm pour la plupart des applications. Cependant, il est recommandé de consulter les directives du fabricant pour votre découpeuse au plasma spécifique et le matériau à découper.

VII.2. Utilisation dans notre projet :

- Nous utilisons 3 mètres de guide linéaire et 4 unités de HGH 15 pour les mouvements CNC dans notre système de découpe au plasma.
- Nous utilisons 4 unités de guides linéaires HGH 15 pour assurer un support adéquat et un alignement correct des axes X et Y dans notre système CNC de découpe au plasma.



Figure 36 : Placement de HGH dans la machine

VIII. Les mécanismes utilisés pour transformer le mouvement de rotation en mouvement linéaire :

Le processus de conversion du mouvement de rotation généré par les moteurs pas à pas en mouvement linéaire implique une série de mécanismes qui facilitent cette transformation. Les mécanismes à vis mère utilisent un agencement de vis et d'écrous pour traduire le mouvement rotatif en mouvement linéaire, fournissant ainsi un mouvement précis et contrôlé. Les actionneurs linéaires sont des dispositifs qui convertissent le mouvement rotatif en mouvement linéaire, offrant polyvalence et précision dans diverses applications. Les mécanismes de courroie de distribution utilisent des courroies dentées avec des dents pour convertir l'énergie de rotation en mouvement linéaire de manière efficace et fiable. Les mécanismes à crémaillère et pignon se composent d'une crémaillère (engrenage linéaire) et d'un pignon (roue dentée) qui fonctionne ensemble pour convertir le mouvement de rotation en mouvement linéaire, garantissant un mouvement fluide et cohérent. L'utilisation de guides linéaires en conjonction avec ces mécanismes améliore les performances globales du système en offrant stabilité, précision et fonctionnement fluide dans les applications d'ingénierie nécessitant un mouvement linéaire précis et contrôlé.

VIII.1. Types de mécanismes de transformation du mouvement

Il existe plusieurs types de mécanismes de transformation du mouvement de rotation en mouvement linéaire. Voici quelques-uns des types les plus courants :

VIII.1.1. Vis et écrou :

Ce type de mécanisme utilise une vis entraînée par un moteur rotatif et un écrou fixé sur la vis. Lorsque la vis tourne, l'écrou se déplace le long de la vis, ce qui génère un mouvement linéaire.

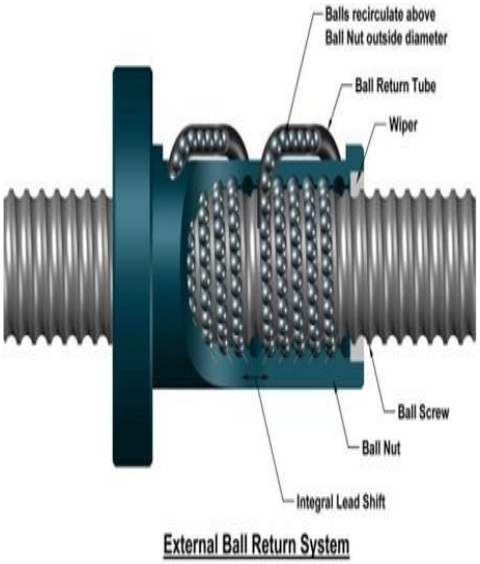


Figure 37: Vis et écrou [26]

VIII.1.2. Comment fonctionne une Vis et écrou ?

Une vis mère fonctionne de deux manières :

- L'arbre est stationnaire et la puissance est fournie à l'écrou
- L'arbre tourne et transfère la puissance à l'écrou

Dans le premier cas, une force appliquée manuellement ou un moteur fait tourner l'écrou. Cela pousse l'écrou le long de l'axe de l'arbre. En fin de compte, le couple appliqué à l'écrou est transformé en mouvement linéaire.

Dans le second cas, le mouvement de rotation de l'écrou est limité et l'arbre de la vis tourne. L'écrou se déplace le long de l'axe de la vis au cours du processus. Ainsi, le couple sur l'arbre de la vis se transforme en mouvement linéaire de l'écrou. [27]

VIII.1.3. Composants de Vis et écrou [27] :

La vis mère elle-même est un petit composant dans de nombreux assemblages complexes. Mais même une vis mère de base peut être décomposée en trois composants / caractéristiques principales. Ceux-ci sont :

- Arbre à vis
- Sujets
- Noix

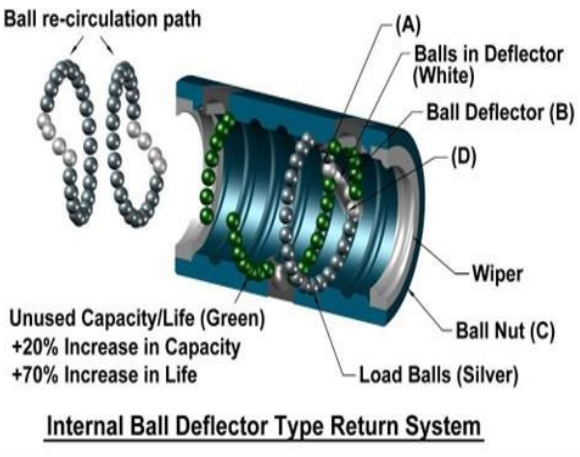


Figure 38 : Composants de Vis et écrou [26]

VIII.1.4. Avantages et inconvénients des vis-mères [27] :

Avantages	Inconvénients
• Moindre coût • Précision et répétabilité de position supérieures • Large gamme de diamètres • Réponse rapide • Autolubrifiant • Plus fluide et plus silencieux • Écrous en polymère léger • Matériaux non corrosifs. • Autobloquant	• Capacités de charge limitées • Vitesse limitée. • Précisions de vis limitées

IX. Courroies crantées

Les courroies crantées, également connues sous le nom de courroies synchrones ou courroies de distribution, sont des éléments de transmission de puissance utilisés dans les machines CNC pour convertir le mouvement rotatif des moteurs pas à pas en mouvement linéaire. Ces courroies sont dotées de dents qui s'engrènent avec des poulies dentées pour assurer un mouvement précis et synchronisé. Dans les applications CNC, les courroies crantées sont souvent utilisées pour leur capacité à transmettre le mouvement de manière fiable, tout en offrant un fonctionnement silencieux et une précision élevée pour le positionnement des axes linéaires.

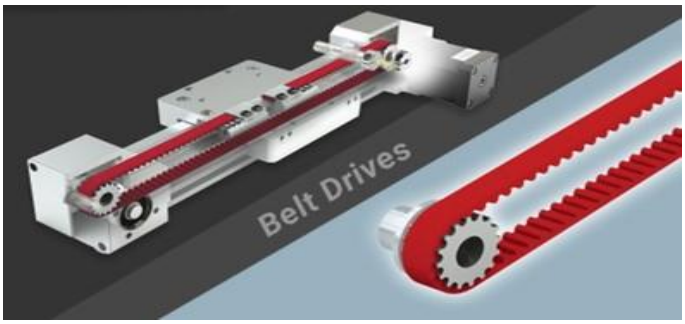


Figure 39 : Composants de Vis et écrou [27]

IX.1. Transmissions par courroie et leurs applications :

- Capacités de charge limitées
- Vitesse limitée.
- Précisions de vis limitées

Un actionneur entraîné par courroie convertit le mouvement rotatif en mouvement linéaire à l'aide d'une courroie de distribution. La courroie de distribution contient des dents qui se verrouillent sur les poulies dentées, appliquant un couple et empêchant le glissement. Souvent, la transmission par courroie est enfermée dans un boîtier de protection et fixée à un chariot. L'arbre de transmission et le moteur sont souvent situés perpendiculairement de chaque côté de l'actionneur (support moteur horizontal) ou perpendiculairement au sommet de l'actionneur (support moteur vertical). Les avantages et les inconvénients de l'utilisation d'entraînements par courroie, en fonction des besoins de l'application, comprennent :

IX.2. Avantages et inconvénients des Courroies crantées [27]

Avantages	Inconvénients
• Coups longs • Vitesse de déplacement linéaire élevée. • Une plus grande efficacité. • RPM d'entrée inférieur • Devoir cycles	• Coût plus élevé • Précision et répétabilité de position inférieures • Ondulation de vitesse • Plus de couple d'entrée requis

X. Crémaillères et pignons

Le système d'engrenage à crémaillère et à pignon est responsable du déplacement de la machine CNC sur son châssis. C'est un système en deux parties. La crémaillère est attachée au châssis de la machine CNC, et le pignon est attaché à la partie mobile de la machine.

X.1. COMMENT FONCTIONNE UNE CRÉMAILLÈRE ET PIGNON

Comme son nom l'indique, il s'agit d'un système en deux parties composées de la crémaillère et du pignon. Ils fonctionnent comme suit :

Crémaillère - une bande dentée sur laquelle le pignon se déplace pour déplacer le corps de la machine CNC d'un endroit à un autre. Elle est généralement fixée à la base de la CNC, soit la table de travail elle-même, soit un cadre qui y est attaché.

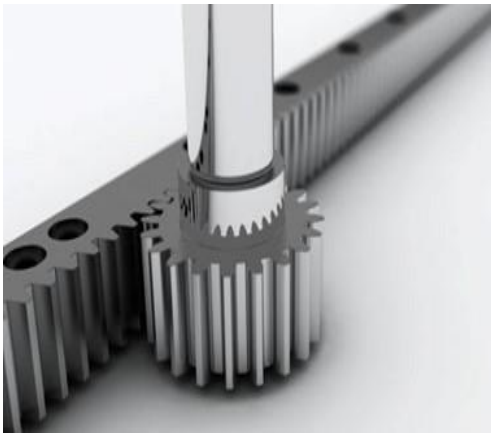


Figure 40 : Courroies crantées [29]

X.2. Avantages et inconvénients [28]

Avantages	Inconvénients
• Est extrêmement rentable • A des niveaux de précision moyens à élevés • Possède deux pièces mobiles qui se déplacent l'une sur l'autre, sans être verrouillées ensemble • Connaît des niveaux de glissement modérés, en particulier sur les supports droits • Est bien adapté aux processus de fabrication à grande vitesse • Gère les transferts d'énergie avec une grande efficacité	• Jeu • Longueur limitée • Bruit et vibrations • Usure

XI. Types de mouvements utilisés dans notre projet pour les mécanismes de transformation du plasma CNC

L'utilisation de deux vis à billes de 1 mètre de long avec la spécification SFU1204 et des supports d'extrémité BK10/BF10 dans une machine CNC à plasma est une configuration courante pour plusieurs raisons :

- **Avantage :**

1. **Capacité de charge supérieure :** L'utilisation de deux vis à billes au lieu d'une permet de répartir de manière plus uniforme la charge du processus de découpe, ce qui peut entraîner une capacité de charge plus élevée et de meilleures performances.

2. **Stabilité améliorée :** Avec deux vis à billes fonctionnant en parallèle, la machine CNC peut obtenir une meilleure stabilité et précision lors du processus de découpe, réduisant le risque de vibrations ou d'erreurs dans les coupes.

3. **Distance de déplacement plus longue :** Le fait d'avoir deux vis à billes de 1 mètre de long chacune permet à la machine de couvrir une distance de déplacement plus longue, ce qui est essentiel pour gérer efficacement des pièces ou des zones de découpe plus grandes.

4. **Redondance :** L'utilisation de deux vis à billes offre un niveau de redondance. En cas de défaillance d'une vis à billes, l'autre peut continuer à fonctionner, réduisant les temps d'arrêt et assurant une production continue.



Figure 41 : Composant de SFU1204 [30]

XI.1. Indice de précision : vis à billes roulées C7 [30].

- Numéro de pièce industrielle : SFU1204-500.
- Diamètre de la tige de vis à billes : Ø12 mm
- Plomb : 4 mm.
- Diamètre de la boule Ø2,381mm.
- Charge nominale dynamique : 400 kg/statique 670 kg.
- Diamètre de la bride : Ø42mm.
- Canon à bride : Ø22mm.
- Plats de bride (surface à surface) : 34 mm.
- Longueur de l'écrou : 36 mm.
- 6 trous de montage sur l'écrou à bride, utilisez le matériel M4.

XII. Les roulements

En génie mécanique, un roulement à éléments roulants, également connu sous le nom de roulement, est un roulement qui supporte une charge en plaçant des éléments roulants (tels que des billes ou des rouleaux) entre deux bagues concentriques rainurées appelées courses. Le mouvement relatif des pistes fait rouler les éléments roulants avec très peu de résistance au roulement et avec peu de glissement.

Il existe deux principaux types de roulements

- Roulements pour mouvement de rotation
- Roulements pour mouvement linéaire



Figure 43 : Roulements HP [25]

XII.1. Le processus de sélection des roulements :

Lorsque vous choisissez des roulements pour une application donnée, votre but est d'optimiser les performances de votre équipement et cela à moindre coût. Pour affiner votre sélection, un certain nombre de facteurs clés sont à prendre en compte

. Le processus de sélection des roulements vous aide à les évaluer.



Figure 44 : Sélection des roulements [36]

XII.2. Types de roulements rotatifs :

Il existe différents types de roulements, chacun ayant des caractéristiques qui le distinguent du reste des roulements

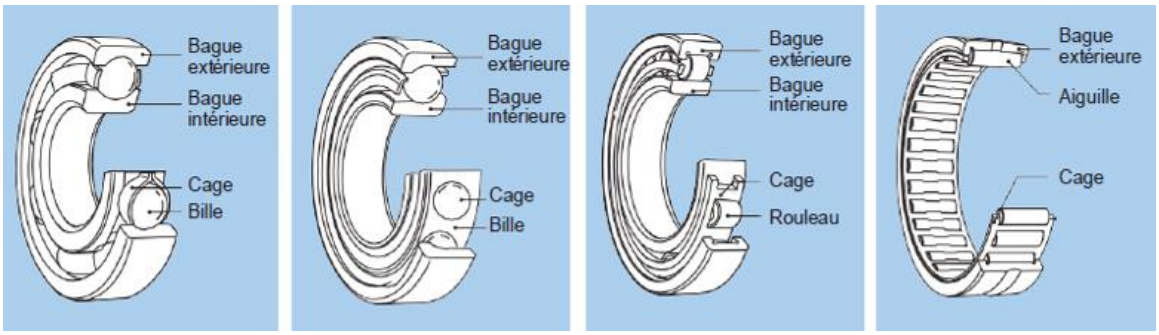


Figure 45 : les roulements

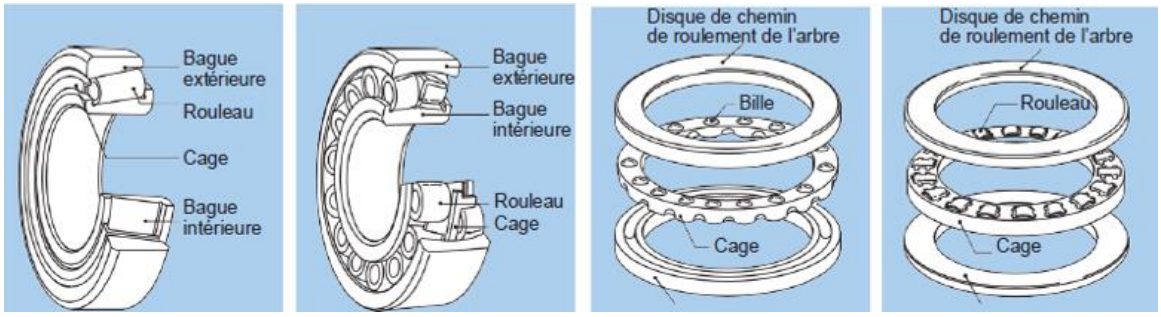


Figure 45 : les roulements

XIII. Conclusion

Les machines de découpe CNC plasma à deux axes utilisent des vis à billes positionnées de manière indépendante sur les axes X et Y pour fournir un mécanisme de déplacement précis et efficace pour la torche de découpe. Les avantages clés de cette configuration sont :

Précision et contrôle : Les vis à billes offrent une précision élevée dans le positionnement de la torche, ce qui est crucial pour la qualité des coupes dans les matériaux.

Flexibilité de conception : La simplification des mouvements sur deux axes au lieu de trois (ou plus) peut faciliter la conception et la construction de la machine, ainsi que la maintenance.

Efficacité opérationnelle : L'utilisation de deux axes réduit la complexité de la programmation et des calculs nécessaires lors de la conception de pièces, tout en offrant une précision adéquate pour de nombreuses applications.

Réduction des coûts : Grâce à sa conception mécanique simplifiée avec moins de composants nécessaires par rapport aux systèmes à plusieurs axes, la solution à deux axes présente une réduction significative des coûts.

En conclusion, une machine CNC plasma portatif à deux axes avec des vis à billes sur les axes X et Y est bien adaptée pour des tâches de découpe qui exigent de la précision et de l'efficacité, et bénéficie d'une configuration mécanique optimisée pour un fonctionnement fluide, stable et économique. Bien que cela puisse être limitant pour des applications nécessitant une complexité tridimensionnelle, pour la découpe plane de nombreux matériaux, c'est une solution très pratique et performante.

CHAPITER I :

PARTIE III :
Partie commande

I. Introduction :

Sur ce chapitre on définira les composants de la partie électrique de notre machine CNC plasma

Le câblage électrique d'une machine CNC est complexe et peut être à l'origine de plusieurs pannes et source de sinistre des équipements générant des coûts élevés de dommage et d'indisponibilité des moyens de production. Dans notre solution CNC plasma le schéma de câblage est très simplifié avec une maintenabilité très facile.

Nous rappelons ci-dessous quelques composants avec leurs caractéristiques utilisés dans la solution CNC plasma :

II. L'électronique de base d'un découpeur plasma CNC :

II.1. Le contrôleur :

La pièce maitresse d'une CNC est son contrôleur. Il en existe plein, de toutes les marques, de tous les prix et avec des caractéristiques variées. Cette carte permet de créer une connexion entre un ordinateur et le découpeur plasma CNC.



Figure 46 : Le contrôleur

II.2. Les drivers :

Pour contrôler les moteurs, il va nous falloir des composants spéciaux. On les appelle des « drivers », ce qui se traduit par « pilote » en français.

II.2.1. Qu'est-ce qu'un pilote de moteur pas à pas ?

Le pilote de moteur pas à pas est un actionneur qui peut transformer le signal d'impulsion en signal de déplacement angulaire. Les pilotes pas à pas entraînent les moteurs pas à pas pour qu'ils tournent à un angle appelé angle de pas dans la direction définie lors de la réception d'un signal d'impulsion. La vitesse du moteur est jusqu'à la fréquence d'impulsion donnée par le contrôleur, et le déplacement est décidé sur la quantité d'impulsion donnée par le contrôleur. Le système pas à pas se compose d'un moteur pas à pas et d'un pilote pas à pas. Les performances d'un système pas à pas dépendent non seulement du moteur, mais aussi du pilote pas à pas.

Les moteurs de notre machine sont puissants, demandent un courant assez important (3/4 ampères) et sont assez compliqués à contrôler. Il n'est pas possible de le faire directement depuis la carte de contrôle. C'est pour cela que l'on utilise des composants intermédiaires, les drivers. Ces drivers sont disponibles à tous les prix.

II.2.2. Driver de moteurs pas-à-pas DM860 :[7]

1. Introduction

Le DM860 est un driver digital de moteurs pas-à-pas basé sur un circuit DSP fabriqué par Lead shine. Il fait partie de la dernière génération de contrôleurs de moteurs pas-à-pas et apporte un niveau unique de fluidité de mouvement, procure un couple optimum et une bonne stabilité. Les moteurs peuvent fonctionner plus silencieusement, avec moins d'échauffement et un mouvement plus régulier qu'avec les drivers classiques. Ses caractéristiques uniques font du DM860 une solution idéale pour des applications exigeantes.

- **Caractéristiques**
  - Anti-résonance et couple optimum
  - Résolution fine grâce au mode multi-step
  - Résolution paramétrable jusque 40000 pas /tour
  - Démarrage 'soft-start' à la mise sous tension
  - Tension d'alimentation de 24 à 80 Vcc (incluant les fluctuations et la force contre électromotrice)
  - Courant de sortie paramétrable de 2,4 à 7,2 A
  - Fréquence maxi des impulsions de 200KHZ

- Entrées compatibles TTL et isolées optiquement
- Réduction automatique du courant au repos
- Convient pour moteurs unipolaires et bipolaires
- Supporte les modes PUL /DIR et CW/CCW
- Protection contre les surtensions et les surintensités
- Pas de protection contre les inversions de polarité du drive

- **Applications**

Convient pour une large gamme de moteurs pas-à-pas des tailles NEMA 17 à 34. Il peut être utilisé dans des applications multiples, telles que imprimantes, robots, tables X- Y, machines à étiquettes, etc.

2. Spécifications électriques (Tj = 25 °C)

Paramètres	DM860			
	Min	Typique	Max	Unité
Courant de sortie	1	-	7,2 (pointe)	A
Tension d'alimentation	24	68	80	Vcc
Intensité signal logique	7	10	16	mA
Fréquence d'impulsion	0	-	200	kHz
Largeur d'impulsion	2,5	-	-	µs
Tension d'impulsion	-	5	-	Vcc
Résistance d'isolation	500			M ohms

- **Dimensions mécaniques (en mm et pouces)**

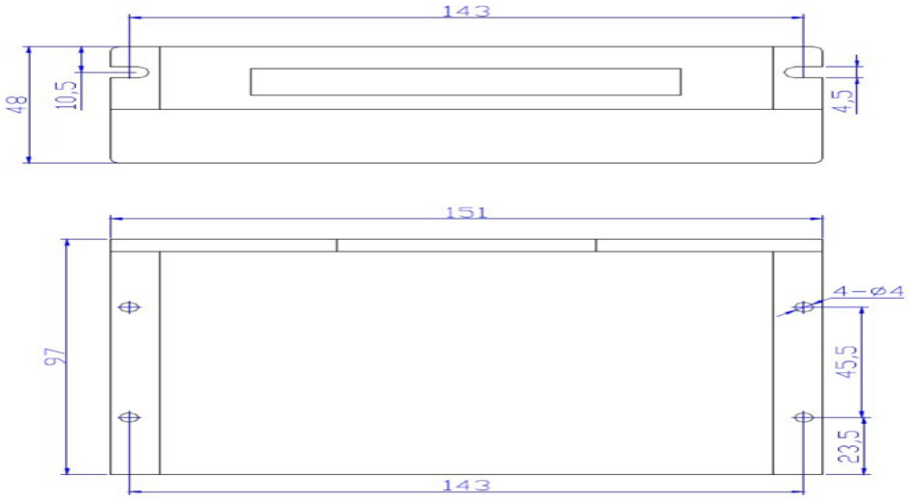


Figure 47 : les Dimensions mécanique [7]

- **Refroidissement**

- La température du driver ne doit pas dépasser 70°C et la température de fonctionnement du moteur ne doit pas dépasser 80°C.
- Il est recommandé d'utiliser la fonction de réduction automatique du courant de repos, ce qui diminue l'échauffement du driver et du moteur.
- Il est recommandé de monter le boîtier du driver verticalement pour maximiser la surface du refroidisseur. Une ventilation forcée peut être nécessaire.
- **Environnement**

Refroidissement	**Refroidissement naturel ou ventilation forcée**	
Environnement de travail	Environnement	Eviter la poussière, les vapeurs d'huile et les gaz corrosifs
	Température ambiante	0°C à 50°C
	Humidité	40 à 90% RH
	Température de service	70°C maxi
	Vibration	5,9 m/s² maxi
Température de stockage	-20°C à +65°C	
Poids	Environ 620 g	

3. Description des broches

Le DM860 est équipé de 2 connecteurs débrochables : le connecteur P1 pour les signaux de contrôle et le connecteur P2 pour l'alimentation et le raccordement du moteur.

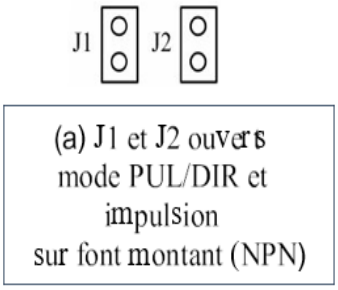
- **Configuration du connecteur P1**

Fonction	**Détails**
PUL+	Pulse signal : en mode impulsion simple (pulse/direction), une impulsion montante ou descendante (cavalier interne J1) sur cette entrée fait avancer le moteur d'un pas. La tension de l'impulsion doit être de 4,5 à 5 V pour un état HAUT et 0 à 0,5 V pour un état BAS. En mode CW/CCW (cavalier interne J2), cette entrée représente une impulsion dans le sens des aiguilles d'une montre (CW). La largeur d'impulsion doit être de minimum 2,5 µs pour un fonctionnement correct.
PUL-	
DIR+	DIR signal : en mode impulsion simple, ce signal a des niveaux de tension hauts et bas qui représentent les deux directions de rotation du moteur. En mode CW/CCW (cavalier interne J2), cette entrée représente une impulsion

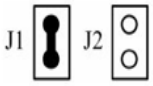
DIR-	dans le sens contraire des aiguilles d'une montre (CW). Pour un fonctionnement fiable, ce signal doit être appliqué minimum 5 µs avant le signal PUL. La tension du signal DIR doit être de 4,5 à 5 V pour un état HAUT et 0 à 0,5 V pour un état BAS. La rotation dépend également du câblage.
ENA+	Enable signal : ce signal est utilisé pour permettre ou interdire l'utilisation du driver. Un signal haut permet d'utiliser le driver tandis qu'un sugnal bas le bloque. Ces broches sont habituellement laissées déconnectées
ENA-	

- **Sélection du type d'impulsion et du mode de contrôle du driver**

Le DM860 dispose de 2 cavaliers internes J1 et J2. Le réglage par défaut est le mode PUL/DIR et une impulsion sur front montant. (Note : le cavalier J3 est utilisé pour inverser le sens de rotation du moteur)



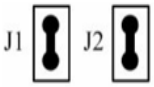
(a) J1 et J2 ouvers mode PUL/DIR et impulsion sur font montant (NPN)



(b) J1 fermé, J2 ouvert mode PUL/DIR et impulsion sur font descendant (NPN)



(c) J1 ouvert et J2 fermé mode CW/CCW Et impulsion Sur font montant (NPN)



(d) J1 et J2 fermés mode CW/CCW et impulsion Sur font descendant (NPN)

- **Configuration du connecteur P2**

Fonction	Détails
+ Vcc	Tension d'alimentation : 24 à 80 Vcc (fluctuations de l'alimentation et force contre-électromotrice incluses)
GND	Masse
A+, A-	Phase A du moteur
B+, B-	Phase B du moteur

4. Signaux de contrôle (connecteur P1)

Le DM860 peut accepter des signaux différentiels et des signaux uniques (collecteur-ouvert et sortie PNP). Le DM890 dispose de 3 entrées logiques isolées optiquement situées sur le connecteur P1 destinées à recevoir les signaux de commande. Les connexions en collecteur ouvert et PNP sont décrites dans les schémas ci-dessous :

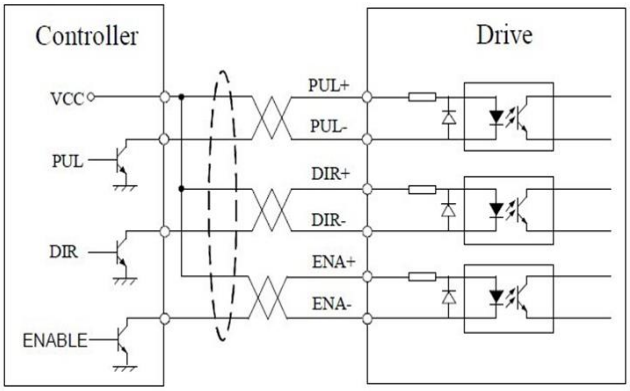


Figure 48 : Connexions en collecteur ouvert (Anode commune) . [7]

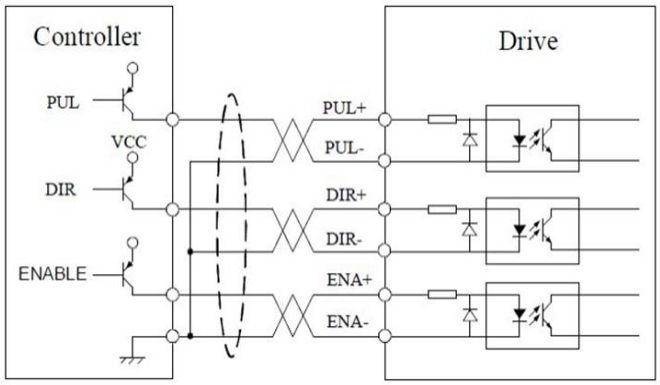


Figure 49 : Connexions en PNP (cathode commune).[7]

5. Raccordement du moteur

Le DM860 peut piloter des moteurs pas-à-pas bipolaires et unipolaires.

Ne jamais raccorder ou déconnecter le moteur lorsque le driver est sous tension.

- **Connexions 4 fils**

Les moteurs bipolaires à 4 fils sont les plus faciles à câbler. La vitesse et le couple dépendent de l'inductance du bobinage. Lors de la sélection du courant de sortie du driver, il faut multiplier le courant de phase par 1,4 pour déterminer le courant de pointe.

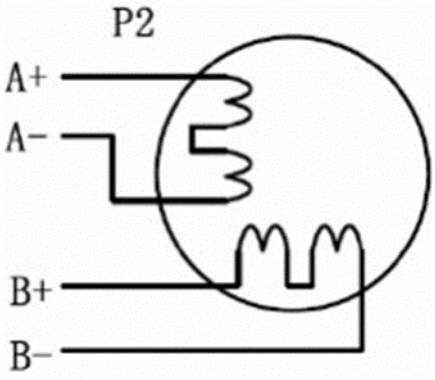


Figure 50 : Raccordement d'un moteur à 4 fils .[7]

- **Connexions 6 fils**

De même que pour les connexions à 8 fils, les moteurs à 6 fils peuvent être configurés pour obtenir des vitesses ou un couple élevé. La configuration ''half coil'' n'utilise que la moitié du bobinage et favorise les vitesses élevées, tandis que la configuration ''full coil'' utilise tout le bobinage et privilégie le couple.

- **Configuration ''half coil''**

La moitié du bobinage est utilisée, ce qui donne une impédance plus faible et par conséquent moins de couple. Le couple sera plus stable à haute vitesse. Cette configuration est aussi appelée ''half chopper''. Lors de la sélection du courant de sortie du driver, il faut multiplier le courant par phase (ou unipolaire) par 1,4 pour déterminer le courant de pointe.

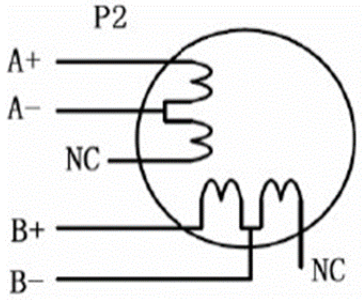


Figure 51 : raccordement d'un moteur 6 fils en ''half coil'' (vitesse elevée).[7]

- **Configuration ''full coil''**

La configuration ''full coil'' sur un moteur à 6 fils doit être utilisée pour des applications nécessitant un couple élevé à faible vitesse. En mode ''full coil'', le moteur doit fonctionner à seulement 70% de son courant nominal pour éviter la surchauffe.

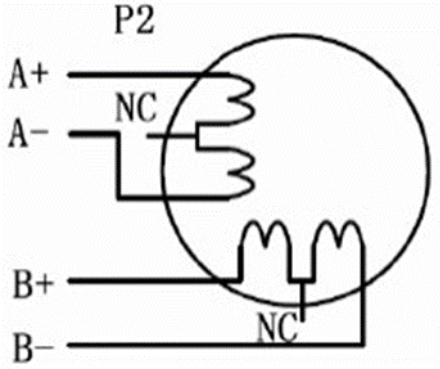


Figure 52 : Raccordement d'un moteur 6 fils en ''full coil'' (couple élevé). [7]

- **Connexions 8 fils**

Les moteurs à 8 fils offrent un haut degré de flexibilité au concepteur car ils peuvent être raccordés en série ou en parallèle.

- **Connexions séries**

Un raccordement en série est utilisé dans des applications nécessitant un couple élevé à faible vitesse. Cette configuration procure l'inductance la plus élevée ce qui entraîne une dégradation des performances à haute vitesse. En mode série, le moteur doit fonctionner à seulement 70% de son courant nominal pour éviter la surchauffe.

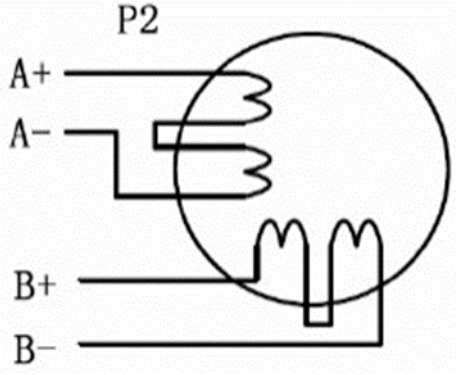


Figure 53 : raccordement d'un moteur 8 fils en série. [7]

- **Connexions parallèles**

Un raccordement en parallèle offre un couple plus stable mais plus faible à faible vitesse. En raison de l'inductance plus faible, le couple sera plus élevé à haute vitesse. Lors de la sélection du courant de sortie du driver, il faut multiplier le courant par phase (ou unipolaire) par 1,96 pour déterminer le courant de pointe.

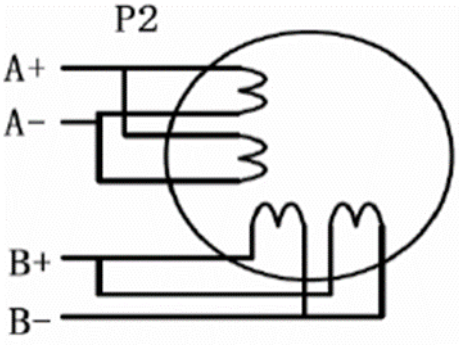


Figure 54 : Raccordement d'un moteur 8 fils en parallèle. [7]

6. Choix de l'alimentation

Le DM860 convient pour des moteurs de moyenne et grandes tailles de NEMA 17 à 34. La tension d'alimentation détermine les performances du moteur à haute vitesse tandis que le courant détermine le couple de sortie du moteur spécialement à faible vitesse. Un tension d'alimentation élevée permettra d'atteindre des vitesses élevées, mais l'échauffement et le bruit seront plus importants. Si la vitesse demandée est faible, il est préférable d'utiliser une

tension d'alimentation plus faible pour diminuer le bruit et l'échauffement et améliorer la fiabilité de fonctionnement.

- **Alimentation régulée ou non-régulée**

Il est possible d'alimenter le driver avec une alimentation continue régulée ou simplement redressée et filtrée (non-régulée). Cependant, les alimentations non-régulées sont plus aptes à procurer un courant important instantanément.

Lors de l'utilisation d'une alimentation régulée, il faut prévoir une réserve de puissance suffisante pour assurer un fonctionnement correct en toutes circonstances (par exemple prendre une alim de 4A pour un courant nécessaire de 3A).

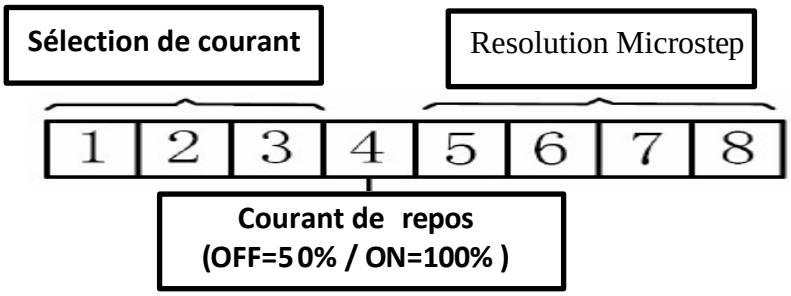
- **Choix de la tension d'alimentation**

Les MOSFETS de puissance du DM860 peuvent fonctionner de 24 à 80 Vcc, fluctuations et force contre-électromotrice générée par le moteur inclus. Une tension d'alimentation élevée augmente le couple à haute vitesse, ce qui permet d'éviter de perdre des pas. Cependant, une tension d'alimentation élevée peut causer des vibrations du moteur à vitesse réduite et une surtension peut mettre le driver en protection ou l'endommager.

Il est donc conseillé de choisir la tension d'alimentation suffisamment haute pour l'application envisagée, et de ne pas sortir de la plage 24 Vcc à 68 Vcc.

7. Sélection de la résolution et du courant

La résolution et le courant de sortie sont sélectionnables à l'aide de dip-switches. Un mode de configuration par logiciel existe mais nécessite un câble spécifique non disponible.



- **Sélection de la résolution Micros tep**

Microstep	Pas/tour (pour moteurs à 1,8°)	SW5	SW6	SW7	SW8
2	400	ON	ON	ON	ON
4	800	OFF	ON	ON	ON
8	1600	ON	OFF	ON	ON
16	3200	OFF	OFF	ON	ON
32	6400	ON	ON	OFF	ON
64	12800	OFF	ON	OFF	ON
128	25600	ON	OFF	OFF	ON
256	51200	OFF	OFF	OFF	ON
5	1000	ON	ON	ON	OFF
10	2000	OFF	ON	ON	OFF
20	4000	ON	OFF	ON	OFF
25	5000	OFF	OFF	ON	OFF
40	8000	ON	ON	OFF	OFF
50	10000	OFF	ON	OFF	OFF
100	20000	ON	OFF	OFF	OFF
200	40000	OFF	OFF	OFF	OFF

- **Réglage du courant**

Pour un moteur donné, plus le courant du driver est élevé, plus le couple est élevé, mais cela entraîne plus d'échauffement dans le moteur et le driver. Par conséquent, le courant de sortie est en général ajusté de façon à éviter une surchauffe du moteur lors d'une utilisation prolongée. Le raccordement en série ou en parallèle des bobinages modifie de manière significative les inductances et résistance résultantes d'où l'importance d'en tenir compte lors du choix du courant de sortie.

L'intensité communiquée par le fabricant du moteur est importante pour sélectionner le courant, mais il faut également tenir compte du mode de raccordement.

Les 3 premiers inters du dip-switch permettent de régler le courant de sortie.

- **Réglage du courant de sortie dynamique**

Intensité de REF	Intensité de pointe	SW1	SW2	SW3
2,00 A	2;40 A	ON	ON	ON
2,57 A	3,08 A	OFF	ON	ON
3,14 A	3,77 A	ON	OFF	ON
3,71 A	4,45 A	OFF	OFF	ON
4,28 A	5,14 A	ON	ON	OFF
4,86 A	5,83 A	OFF	ON	OFF
5,43 A	6,52 A	ON	OFF	OFF
6,00 A	7,20 A	OFF	OFF	OFF

Note : en raison de l'inductance du moteur, l'intensité réelle dans les bobinages peut être plus faible que l'intensité de sortie dynamique sélectionnée, notamment en haute vitesse.

- **Réglage du courant de repos**

SW4 permet de choisir entre un courant de repos réduit ou non. La position OFF permet de réduire le courant dans les bobinages à la moitié du courant de sortie sélectionné tandis que la position ON laisse le courant inchangé.

Le courant est automatiquement réduit à 50% de la valeur sélectionnée une seconde après la dernière impulsion. Cela doit diminuer l'échauffement théorique à 36% de sa valeur initiale.

- **Autoréglage par SW4**

Pour obtenir des performances optimisées, il suffit d'actionner 2 fois SW4 en une seconde pour identifier les paramètres du moteur après l'avoir alimentée lors de sa première utilisation. Les paramètres du moteur sont identifiés et les paramètres de courant en boucle du driver sont calculés automatiquement sur SW4 est activé. L'axe du moteur va vibrer pendant l'auto-configuration. Ne pas oublier de répéter l'opération en cas de changement de moteur.

- **Procédure d'autoconfiguration**

1) Raccorder le moteur au driver
2) Raccorder l'alimentation au driver
3) Brancher l'alimentation
4) S'assurer qu'aucune impulsion n'est envoyée au driver
5) Actionner SW4 2 fois en 1 seconde (OFF-ON-OFF ou ON-OFF-ON)

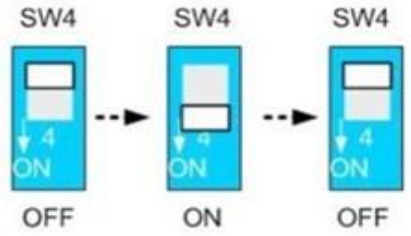


Figure 55 : switch.[7]

8. Remarques concernant le câblage

- Il est recommandé d'utiliser du câble blindé torsadé pour éviter les interférences
- Pour éviter de perturber les signaux PUL et DIR, il est fortement déconseillé de placer les câbles de commande et de puissance à proximité les uns des autres (une distance de 10 cm entre les câbles de puissance et de commande est conseillée)
- La connexion ou déconnexion du connecteur P2 lorsque le driver est sous tension (même si le moteur est au repos) endommagera le driver et annulera la garantie

9. Connexions

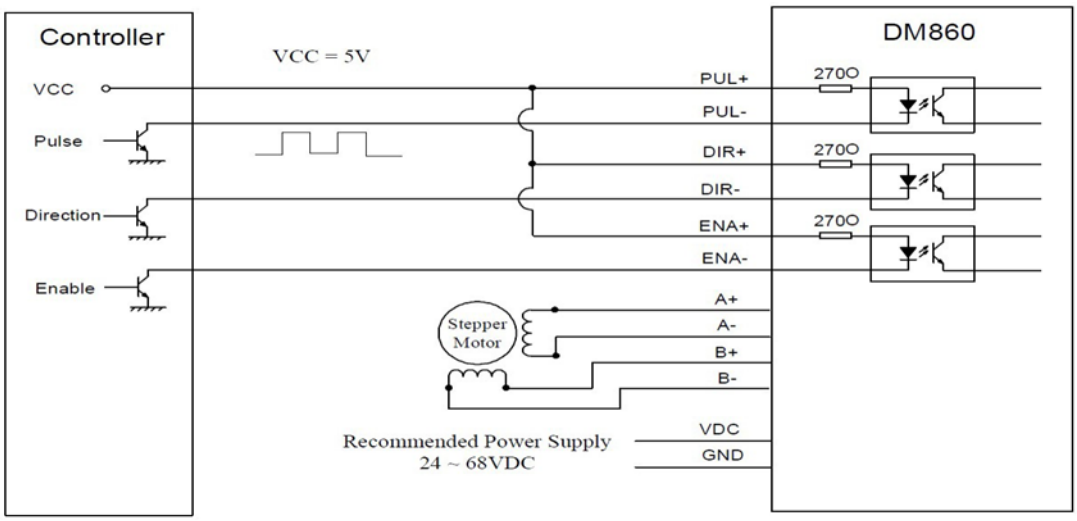


Figure 56 : Raccordement standard . [7]

10. Signaux de commande

Afin d'éviter toutes perturbations de fonctionnement, les signaux de commande doivent respecter les règles ci-dessous :

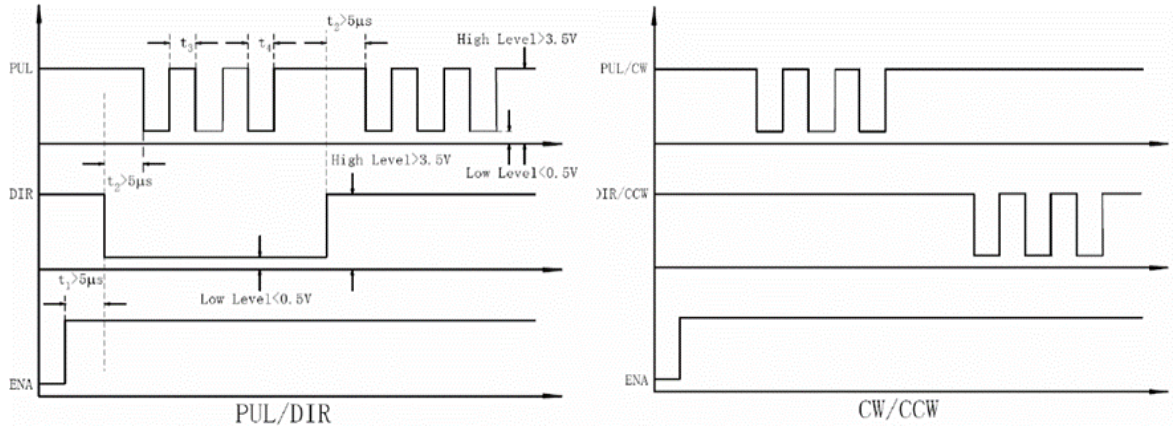


Figure 57 : Signaux de commande. [7]

- **Remarque :**

- **t1 :** ENA doit précéder DIR de minimum 5 µs. En règle générale, ENA+ et ENA- ne sont pas connectées.
- **t2 :** DIR doit précéder PUL de minimum 5 µs pour assurer la rotation dans le bon sens.
- **t3 :** la largeur de l'impulsion doit être de 2,5 µs minimum
- **t4 :** la largeur de l'impulsion basse doit être de 2,5 µs minimum

11. Protections

Le driver est équipé de protections et utilise une LED rouge pour indiquer quelle protection a été activée. La période de la LED est de 3 secondes et le nombre de clignotements indique le type de protection activé. Etant donné qu'une seule protection peut être indiquée par la led, le driver indique la protection en fonction des priorités.

- **Protection contre les surintensités**

La protection contre les surintensités sera activée si le courant est trop élevé ou en cas de court-circuit entre les bobinages du moteur et la masse. La LED rouge s'allumera 1 fois toutes les 3 secondes.

- **Protection contre les surtensions**

Si la tension dépasse 96 ± 1 Vcc, la protection contre les surtensions sera activée et la LED rouge s'allumera 2 fois toutes les 3 secondes.

ATTENTION : lorsque les protections ci-dessus sont activées, l'axe du moteur sera libre ou la LED rouge restera allumée. Lorsque les problèmes sont résolus, il faut redémarrer le driver en l'alimentant à nouveau. Le driver n'est pas protégé contre les inversions de polarité, une inversion de polarité détruira le driver instantanément et annulera la garantie.

12. Questions fréquemment posées

Symptômes	Causes possibles
Le moteur ne tourne pas	Pas d'alimentation
	Mauvaise résolution Microstep
	Mauvais choix de courant de sortie
	Erreur en cours (LED rouge clignote)
	Driver inhibé (voir ENA)
Le moteur tourne dans le mauvais sens	Mauvais raccordement des bobinages
Driver en sécurité	Mauvais choix de courant de sortie
	Problème avec les bobinages du moteur
Fonctionnement erratique du moteur	Signal de commande trop faible
	Interférence dans le signal de contrôle
	Mauvais raccordement du moteur
	Problème avec les bobinages du moteur
	Courant sélectionné trop faible, perte de pas
Le moteur cale à l'accélération	Courant sélectionné trop faible
	Moteur sous-dimensionné pour l'application
	Accélération trop élevée
	Tension d'alimentation trop faible
Echauffement excessif du moteur et du driver	Refroidissement inadéquat
	Réduction automatique du courant non utilisé
	Courant de sortie trop important

III. L'alimentation :

Un élément très important, mais souvent négligé est l'alimentation générale de tous les composants électroniques. Il est possible de faire tourner tout sous 24 V, 36 V ou 48 V, dépendant de nos composants et du comportement de la machine qu'on recherche (vitesse ou couple).

III.1. Phase o ABL8 - alimentation à découpage - 10A - 200 à 500V mono/biphasé - 24Vcc : ABL8RPS24100 : [8]

III.1.1. Principales :

Gamme De Produit	Alimentation Modicon
Type De Produit Ou Équipement	Alimentation puissance
Type D'Alimentation	Mode commutation régulée
Tension D'Entrée Nominale	100...120 V CA monophasé, raccordement(s) : N-L1 200...500 V CA phase-phase, raccordement(s): L1-L2
Puissance Nominale En W	240 W
Tension De Sortie	24 V CC
Courant De Sortie Module D'Alimentation	10 A
Amplification De Courant Temporaire Admissible	1,5 x In (pendant 4 s)
Filtre Anti-Harmoniques	Courants harmoniques basse fréquences
Limites De La Tension D'Entrée	170...550 V CA 85...132 V CA
Courant À L'Appel	30 A
Pas De 18 Mm	0,68 at 240 V CA et 0,69 at 120 V CA
Rendement	87 %
Réglage Tension De Sortie	Réglable de 24 à 28,8 V
Puissance Dissipée En W	31 W
Equipement Fournis	Filtre de correction du facteur de puissance
Type De Protection En Sortie	Contre la surcharge, protection technologique : réinitialisation manuelle ou automatique Contre la surtension, protection technologique : 30 à 32 V, réinitialisation manuelle Contre les courts-circuits, protection technologique : réinitialisation manuelle ou automatique Contre la sous-tension, protection technologique : déclenchement si U < 21,6 V Thermique, protection technologique : remise à zéro automatique

Mode De Raccordement	Bornier débrochable à vis : 2 x 2,5 mm², pour relais de diagnostic Bornes de type vis : 3 x 0, 5 à 3 x 4 mm², (AWG 22 à AWG 12) pour connexion entrée Bornes de type vis: 1 x 0,5 à 1 x 4 mm², (AWG 22 à AWG 12) pour branchement à latere de l'entrée Bornes de type vis: 4 x 0,5 à 4 x 4 mm², (AWG 22 à AWG 12) pour connexion sortie Bornes de type vis: 1 x 0,5 à 1 x 4 mm², (AWG 22 à AWG 12) pour raccordement de sortie à la terre
Etat Led	1 LED (vert et rouge) tension de sortie 1 LED (vert, rouge et orange) courant de sortie
Profondeur	145 mm
Hauteur	125 mm
Largeur	86 mm
Poids Du Produit	1 kg
Couplage De Sortie	Parallèle Séries
Marquage	CE
Support De Montage	Profilé symétrique 35x7,5mm profilé symétrique 35x15mm
Position De Montage	Verticale
Alimentation	SELV se conformer à CEI 60950-1 SELV se conformer à CEI 60204-1 SELV se conformer à CEI 60364-4-41
Tenue Diélectrique	3500 V avec entre entrée et terre 4000 V avec entre entrée et sortie 500 V avec entre sortie et terre

III.1.2. Environnement :

50…60 °C avec facteur de réduction position de montage A < 2000 m -25…50 °C sans déclassement position de montage A < 2000 m.

III.1.3. Fiche technique du produit ABL8RPS24100 :

- **Dimensions :**

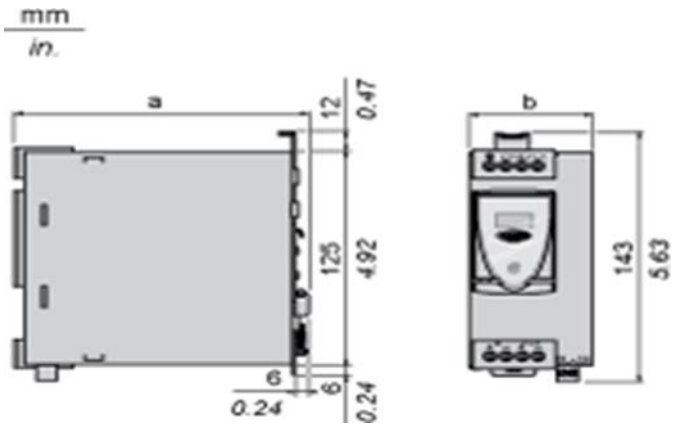


Figure 58 : La dimension du produit ABL8RPS24100.[8]

III.1.4. Les types de l'alimentation :

- ABL8RPS24100
- RPS24030
- RPS24050
- RPS24100
- RPM24200
- WPS24200
- WPS24400

III.1.5. Schémas de raccordement :

- Schéma de câblage interne :

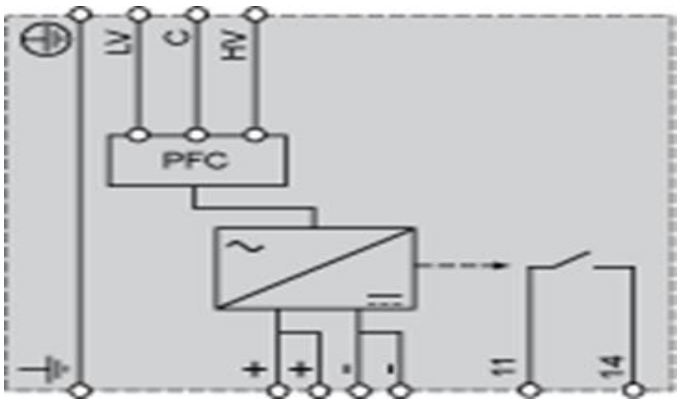


Figure 59 : Schéma de câblage interne.[8]

- **Schéma de câble de l'alimentation réseau :**

- Alimentation monophasée (L-N) 100 V à 120 V
- Alimentation phase à phase (L1-L2) 200V à 500V
- Alimentation monophasée (L-N) 200 V à 500 V

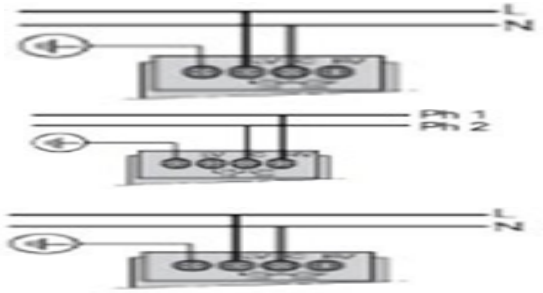


Figure 60 : Schéma de câble de l'alimentation .[8]

IV. Les relais :

C'est un appareil composé d'une bobine (électroaimant) qui lorsqu'elle est parcourue par un courant électrique agit sur un ou plusieurs contacts.

IV.1. Les relais électromécaniques : [12]

Un relais électromécanique, c'est un interrupteur commandé par un électroaimant. On l'utilise pour isoler l'un de l'autre le circuit de commande (qui actionne l'électroaimant) et le circuit de puissance (qui est contrôlé par l'interrupteur). Il n'existe alors aucune liaison conductrice qui permettrait au courant circulant dans le circuit de puissance d'endommager le circuit de commande.



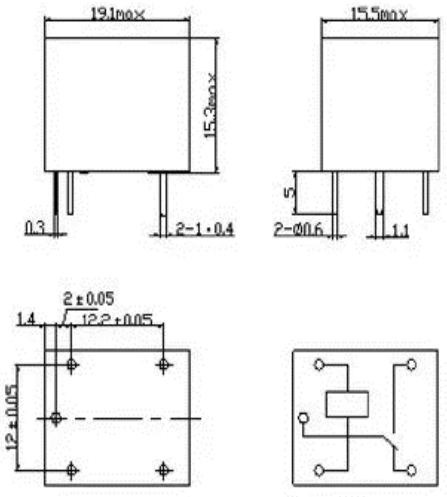


Figure 61 : Les relais et la démentions .[12]

V. Les moteurs :

V.1. Moteur pas à pas et caractéristiques :

Les moteurs pas à pas sont des moteurs spéciaux, composés simplement d'un stator réunissent des pièces polaires et des bobinages, et utilisés pour commander avec grande précision le déplacement et la position d'un objet. Comme leur nom l'indique, ces moteurs tournent par incrément discret. Chaque incrément de rotation est provoqué par une impulsion de courant fournie à l'un des enroulements du stator.

Le moteur pas à pas est l'organe de positionnement et de vitesse travaillant généralement en boucle ouverte.

Souvent on utilise des nema23. Le chiffre 23 correspond à la taille de la face avant du moteur, qui fait 2,3 pouces de côté, soit 58,4 mm. Ces moteurs sont peu chers et très robustes. Ils sont disponibles dans différentes puissances (126 Ncm, 189 Ncm, 260 Ncm, 300 Ncm, …) et offrent différents niveaux de précision (1,8° ou 0,9°). L'axe de sortie du moteur se décline également en plusieurs diamètres (6,3 mm, 8 mm…).



Figure 62 : un moteur. [6]

V.2. Moteur pas à pas unipolaire Nema 23 (6 Fils) : [6]

Ce moteur pas à pas unipolaire Nema 23 avec Angle de pas 1.8deg et taille 57x57x54mm. Il a 6 fils, chaque phase dessine 0.44A, Couple de maintien 0.6Nm(84.97oz.in).

Spécification électrique :

- Numéro de pièce du fabricant : 23HS21-0446S
- Type de moteur : Unipolar Stepper
- Angle de pas : 1.8deg
- Couple de maintien : 0.6Nm(84.97oz.in)
- Courant/phase : 0.44A
- Tension : 11.88V
- Résistance/phase : 27ohms
- Inductance : 40mH±20%(1KHz)



Figure 63 : moteur Néma 23. **[6]**

Spécification physique

- Dimensions : 57 x 57mm
- Longueur du moteur : 54mm
- Diamètre d'arbre : Φ6.35mm (1/4 inch)
- Longueur de l'arbre : 20.6mm
- Longueur de D-cut : 18mm
- Nombre de Cable : 6
- Longueur de Cable : 1400mm

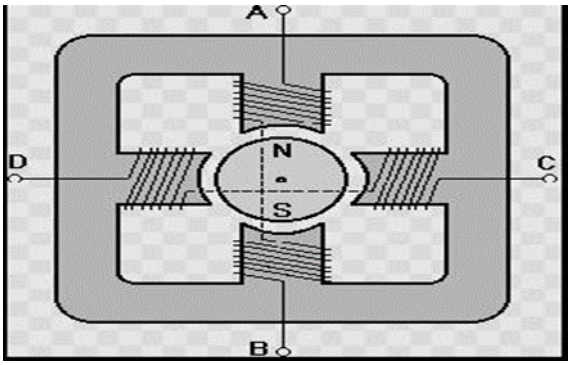


Figure 64 : la partie mécanique de moteur. [6]

Connexion

- Bipolaire

A+	A-	B+	B-
Noir	Vert	Rouge	Bleu

- Unipolaire

A+	O+	A-	B+	O-	B-
Noir	Jaune	Vert	Rouge	Blanc	Bleu



Figure 65 : Nema 23 .[6]

VI. Les capteurs de fin de course :

De course Dans notre système il faut deux capteurs de fin de course un pour chaque axe ils servent à déterminer la position initiale de l'axe et pour éviter les dépassements imprévus de l'outil en dehors de son espace de travail. A chaque initialisation le système viendra dans le sens opposé de l'axe. Elle sera la position au zéro.

Le capteur de fin de course électrique est constitué d'un microcontact à commande mécanique. Le microcontact est actionné par pression du levier à galet au moyen de la came d'un vérin p. ex. Les contacts ouvrent et ferment un circuit électrique. Lorsque la came libère le levier à galet, le microcontact revient en position initiale. [9]

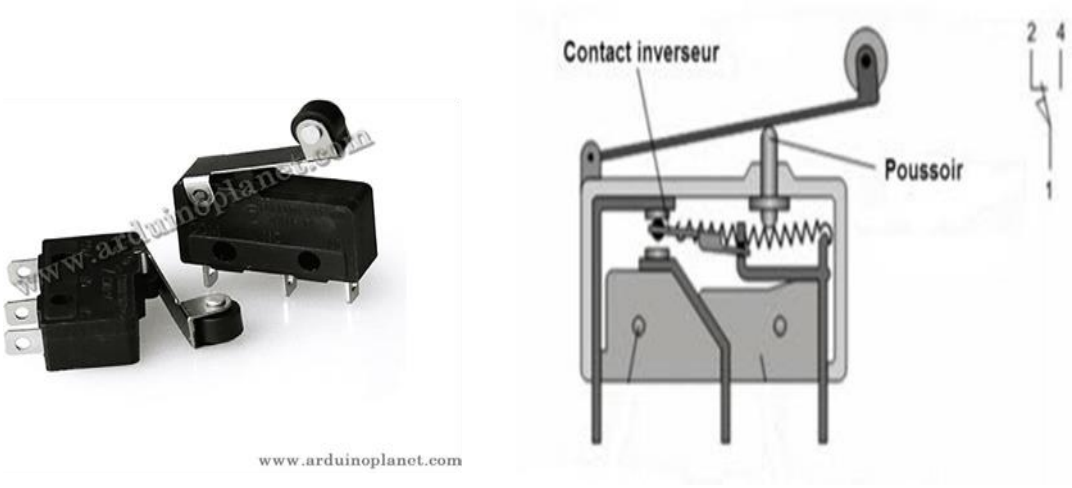


Figure 66 : Capteur de fin de course [10]

VII. Les connecteurs :[9]

Les connecteurs XLR sont le type le plus utilisé dans les machines CNC. Ce type de fiches est utilisé pour relier différents appareils professionnels. Ces connecteurs sont de section circulaire et possèdent entre trois et sept broches.

Il est important de noter que le nombre de broches du connecteur correspond au nombre de fils des moteurs (donc leur type). C'est également le même principe pour les capteurs de fin de course.



Figure 67 : Les connecteurs [9]

VIII. Le poste de plasma [37]

Un poste de découpe plasma est un outil de coupe utilisant un jet de plasma pour couper des matériaux métalliques. Il peut être utilisé pour couper des formes complexes dans des tôles d'acier, d'aluminium et d'autres métaux.



Figure 68 : poste de plasma

1. PRINCIPE :

Le jet plasma par sa température, fait fondre la matière, et par sa vitesse (énergie cinétique) chasse le métal fondu.

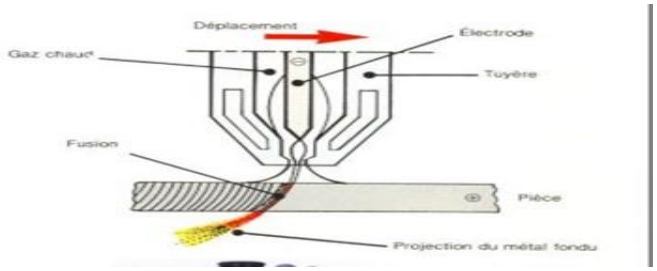


Figure 69 : Le jet plasma

2. LE MATERIEL :

- L'installation : Il existe deux types d'installation :
  - Poste manuel.
  - Les machines automatiques.



Figure 70 : le matériel. [37]

- **La torche :**
  Types des torches :



Figure 71 : les types des torches.[37]

3. SECURITE :

a) **Les équipements de protections collectives :** Mettre en fonctionnement un aspirateur de fumée car la production de celles-ci sont importantes. Délimiter l'aire de travail (surtout pour les machines automatiques). Protéger l'aire de travail par des paravents pour éviter les rayonnements d'arc.

b) **Les équipements de protection individuelle :** Tenue de travail (Bleu, chaussures de sécurité). Mettre des gants de protection pour les pièces chaudes. Mettre un masque ou lunettes pour les projections et les rayonnements. Prévoir le matériel de manutention pour petits et grands formats de tôle.



Figure 72 : Les équipements de protection. [37]

IX. MACH3 4 Axis : [11]

Pour la **(**figure:73**)**qui présente le MACH3 4axis , Ce contrôleur USB CNC 4 axes est conçu pour être utilisé pour les ordinateurs portables et les tablettes, configuration et compatibilité simples. Il peut être utilisé pour contrôler diverses machines telles que des routeurs CNC, des fraiseuses et des tours. Le contrôleur de carte USB Mach3 a une fréquence d'impulsion de sortie de 100 KHz.

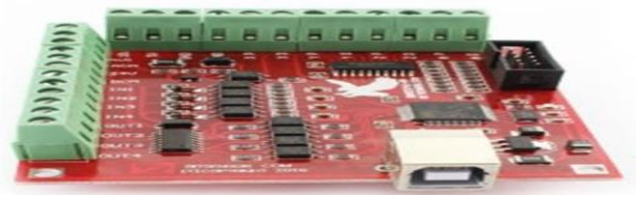


Figure 73 : MACH3 4 Axis. [11]

IX.1. Spécification :

1. Prise en charge de la liaison à 4 axes, vous pouvez connecter quatre moteurs pas à pas ou servomoteurs
2. La fréquence maximale d'impulsion de pas est de 100 KHz, ce qui convient au servomoteur ou au moteur pas à pas ;
3. Prise en charge de l'outil de sonde automatique
4. Prise en charge de l'entrée d'urgence
5. Prise en charge de l'interrupteur de fin de course
6. Support pour connecter le volant électronique
7. Besoin d'utiliser une alimentation externe 24V DC pour isoler le port USB et externe, et pour rendre le système plus stable
8. Avoir un port de sortie 0-10V, vous pouvez utiliser le logiciel mach3 pour contrôler la vitesse du moteur de broche.

9. 4 entrées à usage général, vous pouvez connecter l'interrupteur de fin de course, l'interrupteur stop, l'interrupteur de sonde, le retour à zéro et un autre appareil
10. 4 interfaces de sortie de relais isolées à usage général, peuvent piloter quatre relais pour contrôler les démarrages de la broche, la rotation avant et arrière, les pompes et autres appareils
11. 1 LED d'état, indique l'état de la connexion sur la carte
12. Taille : 8x7.7cm/3.15x3.03 pouces
13. Câble USB

IX.2. Les nomes des composent de mach 3 :

Tous les câbles de communication proches de câbles ayant une fréquence et une tension plus élevées doivent être blindés pour éviter toute induction vers la carte et toute brûlure

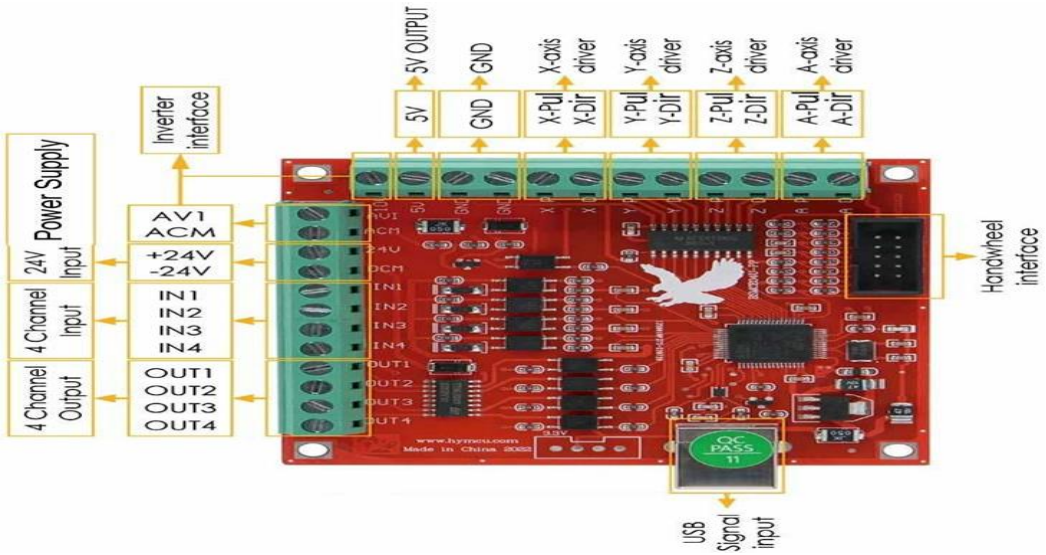


Figure 74 : Les nomes des composent de mach 3. [11]

IX.3. Dimensions :

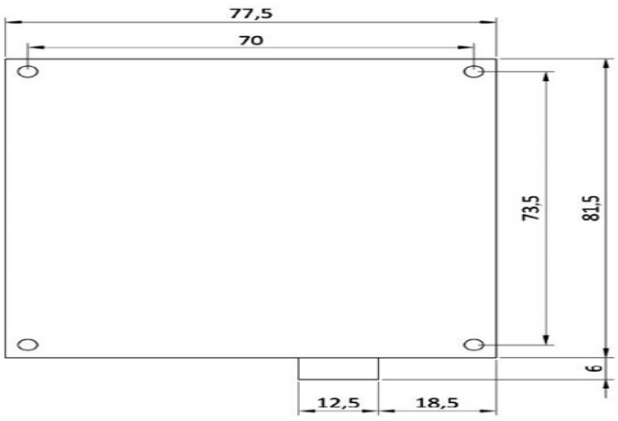


Figure 75 : Les dimensions (mm) de mach3. [11]

IX.4. Schéma de câblage :

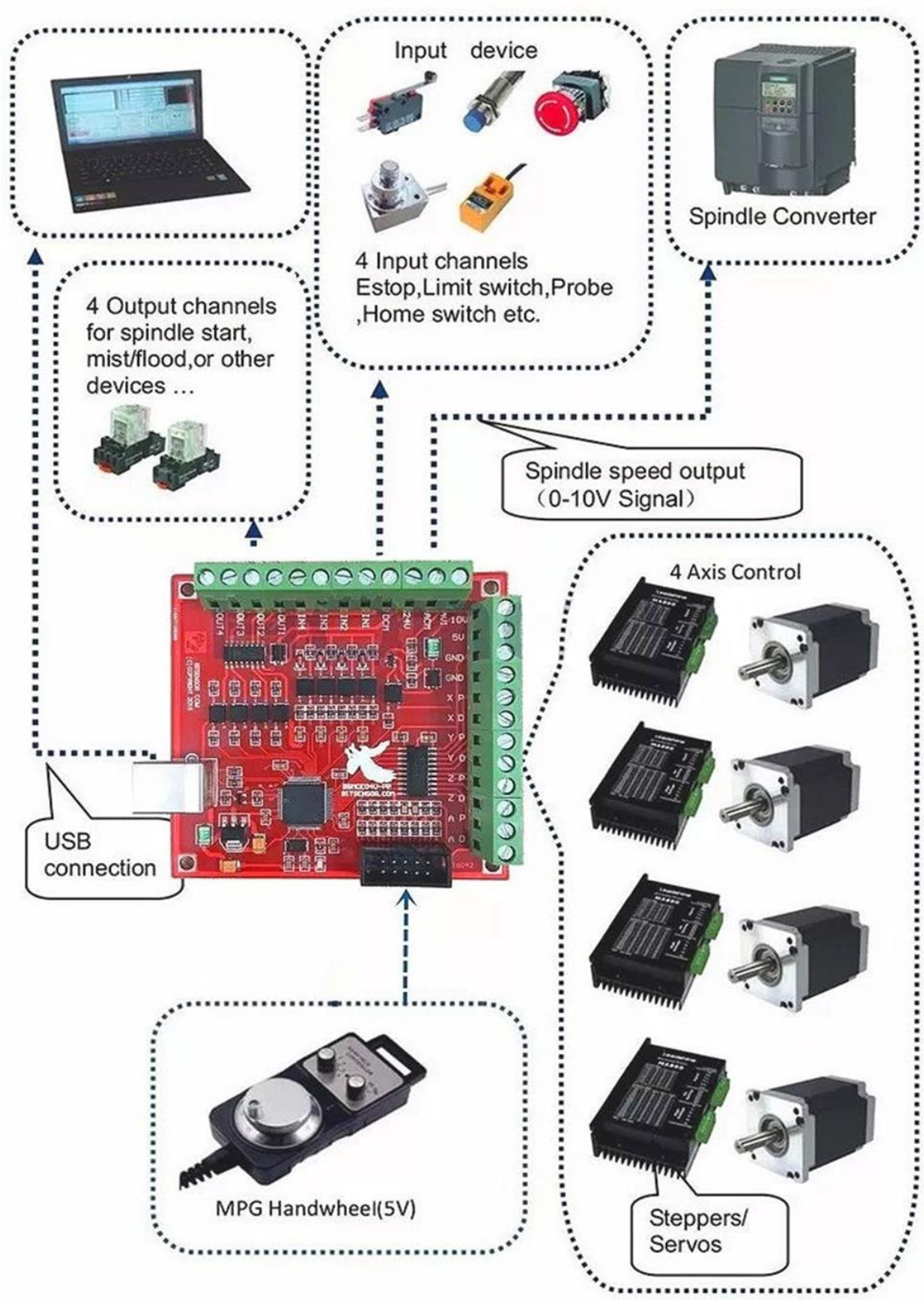


Figure 76 : Schéma de câblage de mach 3 .[11]

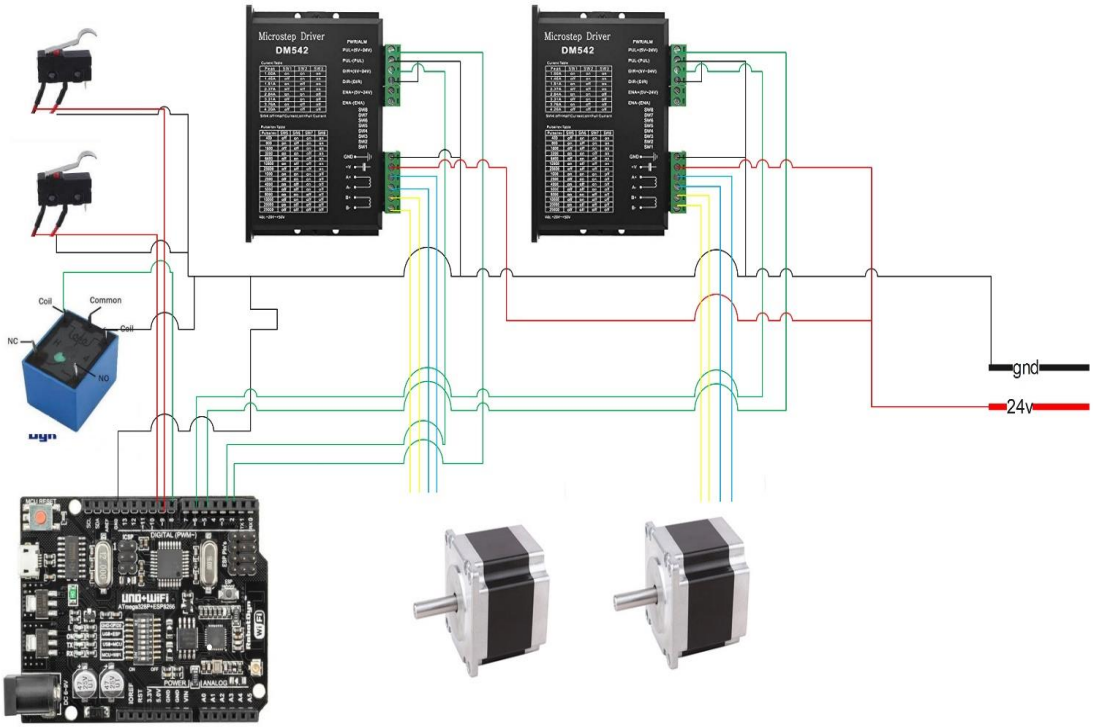


Figure 77 : Schéma de prototype

IX.5. G code :

Les G-codes sont un langage utilisé pour contrôler les machines CNC (Commande Numérique par Calculateur). Ces codes indiquent à la machine comment se déplacer et effectuer des tâches telles que la découpe, le perçage, le fraisage ou l'impression 3D. Chaque commande G-code se compose d'une lettre (généralement "G") suivie d'un numéro, et parfois de paramètres supplémentaires pour spécifier les actions exactes. Voici quelques G-codes courants et leur signification :

G00 : Positionnement rapide	**G19** : Sélection du plan YZ
G01 : Interpolation linéaire	**G20** : Réglage des unités en pouces
G02 : Interpolation circulaire (sens horaire)	**G21** : Réglage des unités en millimètres
G03 : Interpolation circulaire	**G28** : Retour à la position de référence
G04 : Temporisation	**G54** : Systèmes de coordonnées de travail
G17 : Sélection du plan XY	**G90** : Positionnement absolu
G18 : Sélection du plan ZX	**G91** : Positionnement incrémental

X. Conclusion :

Dans la conception des systèmes de découpe au plasma CNC, la partie électrique est fondamentale dans le but de garantir la performance et la fiabilité du système, aussi d'assurer l'efficacité et la précision des opérations de découpe avec un niveau de sécurité élevé des opérateurs.

Le choix des composants du système électrique de haute qualité contribuera à un prolongement de la durée de vie de l'équipement et avec une maintenance régulière réduira la fréquence des pannes et assurera une gestion optimale de l'énergie.

Ainsi, un système électrique robuste et bien conçu contribue directement au succès des opérations de découpe au plasma CNC, offrant des résultats constants et de haute qualité dans un environnement industriel de plus en plus exigeant.

CHAPITRE II :

PRESENTATION DU PROJET

I. L'idée du projet (solution proposée) :

Développer une mini découpeuse plasma CNC portable spécifiquement conçue pour les petites entreprises et les ateliers, leur permettant d'effectuer facilement des projets de fabrication métallique à petite échelle. Cette machine sera compacte et légère, garantissant qu'elle peut être facilement déplaçable et exploitée dans divers endroits. Avec la recherche de rentabilité à l'esprit, elle fournira des capacités de découpe précises verticales et angulaires. Son interface conviviale sera simple pour que les opérateurs l'apprennent et l'utilisent, facilitant un taux d'adoption rapide. Le plan de déploiement comprend une recherche complète, une conception méticuleuse, des prototypages et des tests approfondis, suivis d'une production efficace et d'un marketing ciblé pour s'assurer qu'elle atteint les bons utilisateurs.

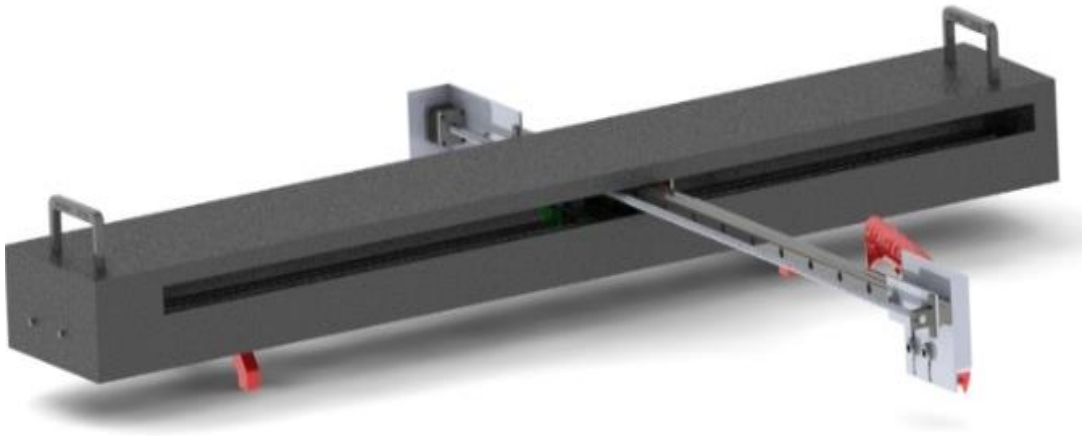


Figure 78 : 3D model CNC plasma

I.1. L'idée du projet (Les valeurs proposées) :

La valeur ajoutée proposée de la machine réside dans sa performance et son adaptabilité, offrant une facilité d'utilisation et un coût réduit, tout en étant un appareil portable et léger avec son utilisation dans un espace réduit. Son petit format permet des coûts de transport et de livraison très bas

I.2. L'idée de projet (équipe du travail) :

- Étudiant OUABEL Ismail : Responsable de la conception mécanique, de l'installation et de la programmation de la machine

- Étudiant RAHALI Abdallah Rabah : Responsable du côté électronique de la machine et commercialisation

I.3. L'idée de projet (les objectifs du projet) :

Les objectifs du projet consistent à concevoir une machine dont le coût est très faible, ce qui permet notamment de réduire partiellement la dépendance à l'importation de telles machines.

I.4. Calendrier de réalisation du projet :

	Mois							
	01	02	03	04	05	06	07	
Études préalables choix de l'implantation de l'unité de production, préparation des documents nécessaires	✓	✓						
Construction d'un siège de production (usine)			✓	✓				TRAVAUX
Achat de matières premières			✓					
Faire la publicité du produit et Réalisation du prototype			✓	✓	✓			

II. ASPECTS INNOVANTS

II.1. Nature des innovations :

La nature de cette innovation réside dans la conception et le développement d'une machine de découpe plasma CNC portable et économique, permettant aux petites entreprises et aux ateliers d'exécuter des projets de fabrication de métaux avec facilité et précision. Cette machine se distingue par sa petite taille et sa légèreté, ce qui la rend facile à déplacer et à utiliser dans différents endroits à un coût réduit pour le transport et la livraison. L'objectif est de proposer une solution pratique pour les entreprises qui dépendent de la découpe au plasma en fournissant une machine abordable et portable qui améliore la productivité et l'efficacité.

II.2. Domaines d'innovation :

Les domaines d'innovation dans votre projet incluent :

1. Concevoir une machine de découpe plasma CNC de petite taille et portable, offrant une solution pratique et efficace pour les petites entreprises et les ateliers.
2. Fournir un appareil permettant une découpe précise des métaux avec la technologie plasma de manière simple et économique.
3. Proposer un appareil polyvalent pouvant être utilisé dans une variété d'applications industrielles et artisanales.
4. Concevoir un modèle pouvant être fabriqué à faible coût, le rendant accessible aux petites entreprises ayant des contraintes budgétaires.

III. Analyse stratégique du marché

III.1. Le segment du marché :

Le marché ciblé, comprend les activités de soudage soudeurs, les fabricants en décoration et l'industrie métallurgique, où la machine de découpe plasma CNC portable et à faible coût peut améliorer la productivité et la qualité dans ces secteurs. Les soudeurs peuvent utiliser cet appareil pour couper des pièces avec une grande précision avant leur assemblage par soudage, tandis que les fabricants en décoration peuvent créer des designs métalliques complexes de manière plus efficace et précise. Quant à l'industrie métallurgique, elle peut utiliser cette machine pour fabriquer différentes pièces métalliques de manière rapide et économique. Grâce à sa petite taille et sa portabilité, la machine peut être utilisée facilement dans divers environnements de travail pour répondre aux besoins de ces segments de marché.

III.2. Mesure de l'intensité de la concurrence :

Quant aux concurrents, ce sont des fournisseurs d'entreprises chinoises qui occupent l'essentiel du marché

1. Point fort des concurrents

- L'expérience des entreprises chinoises sur le marché est considérée comme un facteur positif, car elle leur permet de mieux comprendre les besoins des clients et d'y répondre.
- Fournir des machines précises peut constituer un avantage concurrentiel pour les entreprises chinoises.

2. Point faible des concurrents

- Le coût élevé des machines fournies peut constituer un obstacle pour de nombreuses petites entreprises.
- Les frais d'expédition élevés dus à la taille des machines sont un autre facteur qui peut affecter l'attraction des clients.
- Le manque de flexibilité dans la modification des machines selon les besoins des clients peut constituer un inconvénient majeur, en particulier pour les entreprises qui nécessitent une conception personnalisée.
- Le service après-vente (main d'œuvre et pièce de rechange) est long

III.3. La stratégie marketing :

Notre stratégie de marketing produit pour le marché national est axée sur une concurrence des prix très bas, de faibles frais d'expédition et une grande flexibilité dans la fourniture de produits personnalisés qui présente de nombreux avantages et de la présence d'un service après-vente, tous ces facteurs peuvent aider à attirer de nouveaux clients et avoir une réussite sur le marché national.

- Promotion à bas prix : veiller sur les prix de nos produits qui soient toujours inférieur à celui de nos concurrents et de proposer des offres spéciales et des remises pour attirer plus de clients et surtout, ceux en difficulté budgétaire.
- Mettez en avant les frais d'expédition : La concurrence propose des produits dépendants des coûts et des délais d'expédition qui sont élevés et peuvent être un facteur dissuasif pour les clients, alors la solution proposée est locale avec un certain pourcentage d'intégration d'où le produit est peu coûteux qui le rend plus attractif pour un éventail plus large de Client.
- Promouvoir la flexibilité dans la fourniture de produits personnalisés : fournir un service de conception personnalisé aux clients, où ils peuvent adapter la conception et choisir les matériaux et les tailles en fonction de leurs propres besoins spécifique.
- Utilisez des stratégies de marketing numérique : créez un site Web attrayant et des comptes de réseaux sociaux pour promouvoir votre produit et interagir avec des clients potentiels.
- Concentrez-vous sur la qualité des produits : bien que les prix soient bas, il faut prêter attention à la qualité des produits et fournir des produits de haute qualité pour maintenir la satisfaction du client et rester à l'écoute des besoins des clients pour développer un service après-vente qui répond aux exigence du marché.

IV. Plan de production et d'organisation

IV.1. Le processus de production :

Le processus de production est le suivant :

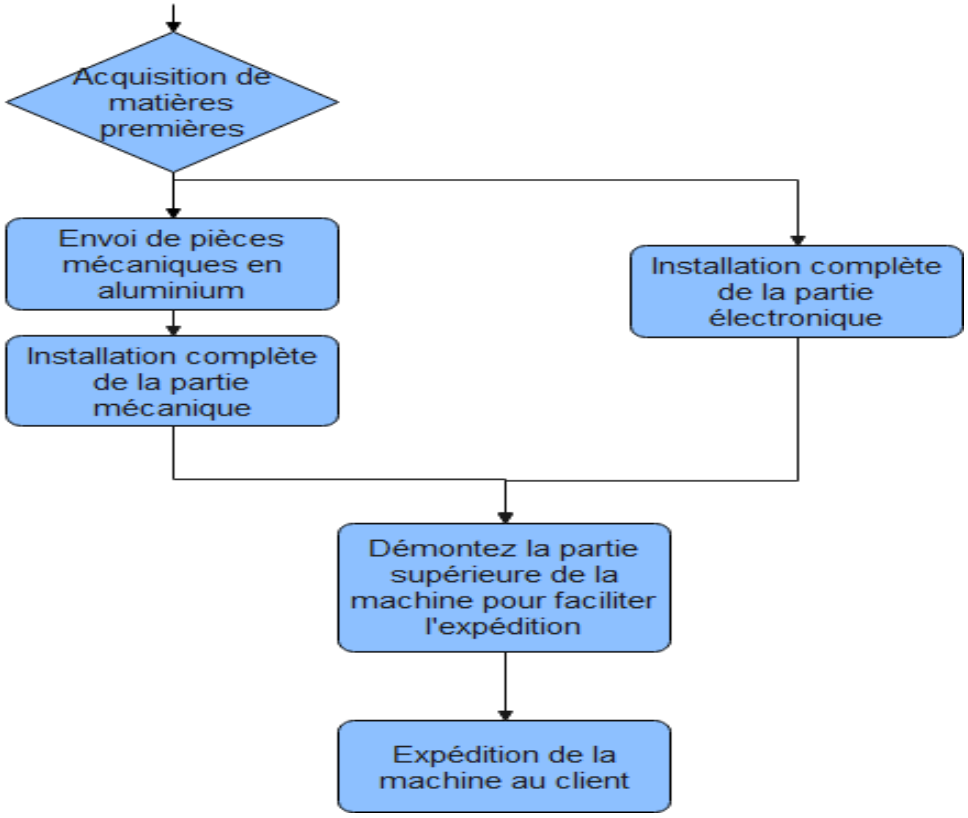


Figure 79 : Le processus de production

IV.2. L'Approvisionnement

Nous obtenons les matières premières auprès des détaillants, où nous fabriquons les produits sur commande. Le paiement s'effectue directement à la réception des matériaux, et certaines pièces mécaniques sont produites localement grâce à un contrat avec des ateliers de l'industrie.

IV.3. La main d'œuvre :

Dans la première phase du projet, environ 4 emplois indirects seront créés pour les artisans qui fabriqueront les pièces mécaniques requises.

IV.4. Les Principaux partenaires :

Les parties qui peuvent soutenir le projet comprennent les fournisseurs et les propriétaires d'ateliers.

V. Plan financier

V.1. Tableau des matières premières :

Les coûts des matières premières pour fabriquer notre propre CNC plasma, y compris les frais d'expédition, s'élèvent à 211 800 DA.

ITEM #	QUNT	COST (DA)	SHIPING	TOTAL (DA)
Nema 23	2	5200	500	10900
Driver Modules Leadshine DM542	2	4200	500	8900
Mach 3. 4 axic	1	6000	500	6500
POWER SUPPLY 12V15A	1	2200	500	2700
Limité Switches	4	200	500	1300
3m rails+ 4x HGH15CA	1	14000	500	19000
Ballscrew/SFU1204	2	1400	500	19000
Cutter 35 kf	1	110000	2000	112000
Aluminium plaque	2	2000	500	2500
Aluminium plaque	1	6000	1000	7000
M5 M6 M8 304 Stainless Stee	30	10	0	300
M3 M4 M5 M6 M8 M10 M12 304 Stainless Steel Flat Washer	30	10	0	300
M8/M10/M12/M14 External Hexagon Combination Screw	30	10	0	300
Électrice câble 1.5mm	15m	2000	0	2000
Électrice câble 1.5mm	15M	2000	0	2000
Électrice câble 1.5mm	15M	2000	0	2000
Electric Box	1	3000	500	3500
Relay	1	400	500	900
TOTAL				**211 800**

V.2. Tableau des matières premières :

Les coûts totaux de la machine CNC sont les suivants dans le tableau :

Nom du coût	Le coût/ 1unt (DA)
Matières premières	211800
Location du magasin	250 0
Expédition et livraison	3000
Annonces	7000
Autres	10000
Emploi	10000
TOTAL	**244 300**

V.3. Modes et sources d'obtention de financement :

L'autofinancement est l'une des meilleures méthodes de financement car il permet un contrôle total du projet sans être impliqué dans des obligations financières futures. Toutefois, l'autofinancement peut retarder le projet si les fonds disponibles sont insuffisants pour achever le projet à temps.

V.4. Comment obtenir un remboursement :

Obtenir un remboursement (tableau des paiements)" se présente comme suit dans le tableau suivant.

CNC plasma standard	390000 DA
Plasma électrodes x4	2000 DA
Table de plasma standard	15000 DA
Pc portable + mach3 plasma specific + Sheet Cam pro	30000 DA

V.5. Le Chiffre d'affaires :

Supposons que le chiffre d'affaires prévu soit de 2 machines CNC par mois, et supposons qu'il s'agisse de la machine standard sans ajouts, le profit net par machine serait de 145 700 DA, ce qui signifie un profit mensuel total de 291 400 DA. Quant à la production maximale sans augmenter la main-d'œuvre, elle est de 4 machines par mois, ce qui représente un bénéfice total de 582 800 DA

V.6. Les Comptes de résultats escomptés :

En supposant que nous ne vendions que des machines standard à un rythme de 3 machines par bimestre, cela signifierait 18 machines vendues par an. Sachant que le coût de production d'une seule machine est de 244 300 DA, cela porte le coût total de production à environ 4 397 400 DA par an (18 machines x 244 300 DA). Avec un prix de vente global de 7 020 000 DA (18 machines x 390 000 DA, en supposant que le prix de vente unitaire est 390 000 DA), le profit net s'élèverait à environ 2 622 600 DA (7 020 000 DA - 4 397 400 DA)

Production bimensuelle	Production Annuelle	Prix Unitaire machine	Coût total de production	Profit Net par machine	Prix de vente Unitaire	Prix de vente global
3,00	18,00	244 300,00	4 397 400,00	145 700,00	390 000,00	7 020 000,00
Le profit Net	**2 622 600,00**					

VI. Prototype expérimental

VI.1. Prototype :

Le premier prototype est un modèle qui démontre la capacité de fabriquer la machine avec un budget très limité, tout en étant capable de produire des résultats très satisfaisants. Le fer a été utilisé à la place de l'aluminium, et certaines caractéristiques ont été supprimées, telles que la capacité de découpe verticale et la facilité d'extraction des câbles électriques. La distance a été considérablement réduite uniquement à des fins d'expérimentation.

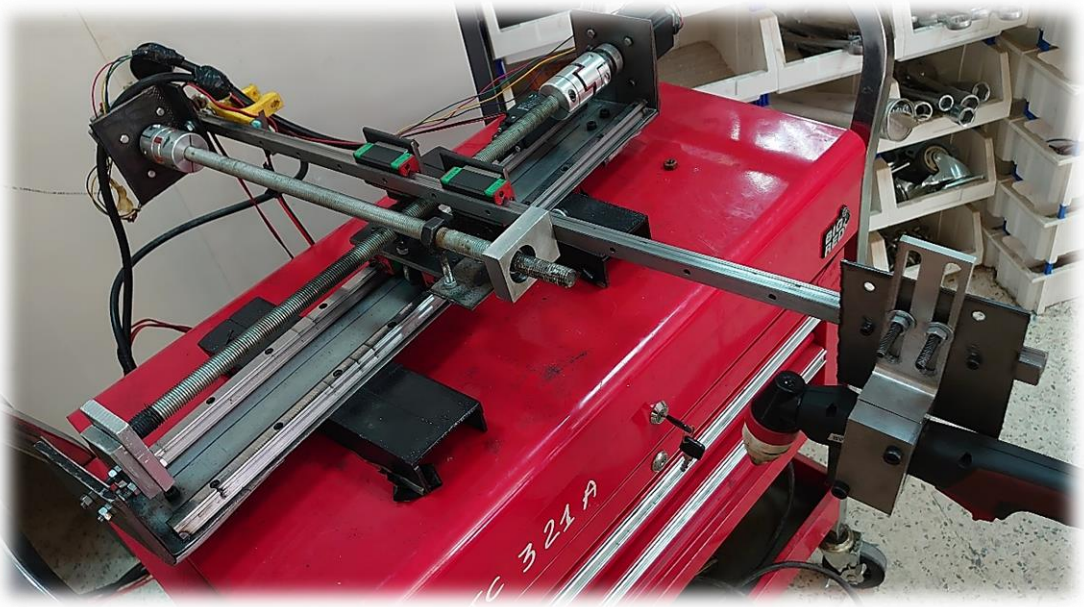


Figure 80 : CNC plasma prototype



Figure 81 : CNC plasma prototype on marche

VI.2. Parte électronique

Nous utilisons Arduino UNO à la place de Mach 3, ainsi que le driver DM52, une alimentation de 24V et un relais 5V pour le système

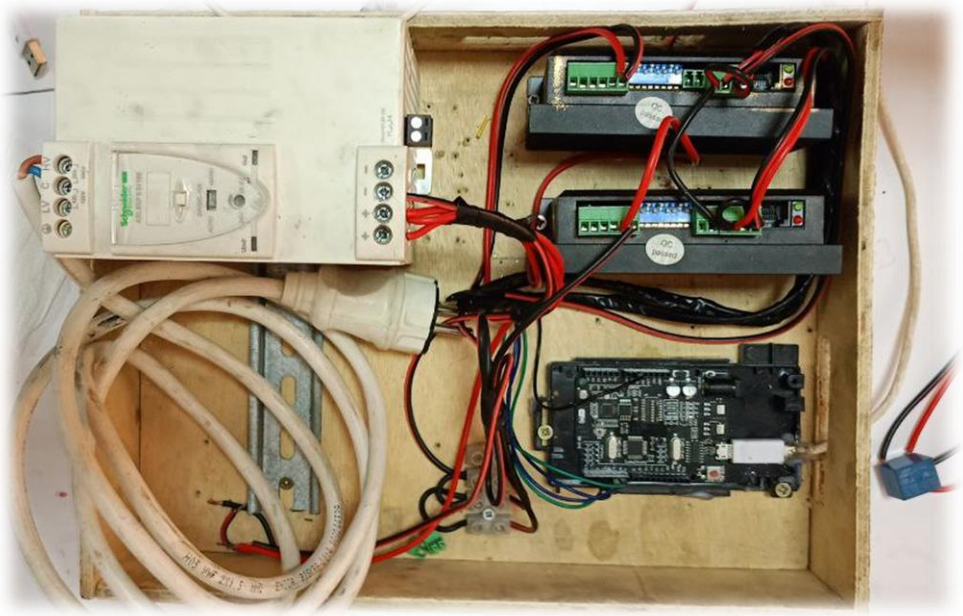


Figure 82 : Boit Electric de la machine

VI.3. Partie électronique

Nous utilisons la commande GRBL avec Universal Gcode Sender et Inkscape pour créer les codes G du design

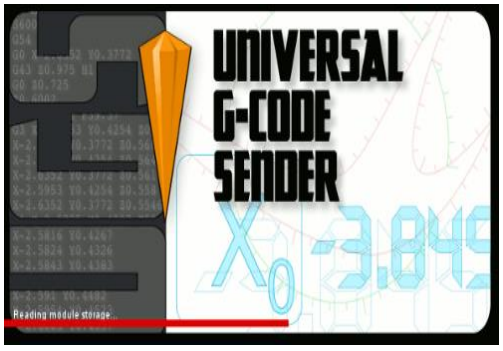




Figure 83 : Icon des programs

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale :

En conclusion, notre aventure dans la conception, la réalisation et la commercialisation de la machine CNC de découpe plasma a été une expérience gratifiante et formatrice. Nous avons non seulement réussi à créer un produit innovant, mais nous avons également développé une expertise précieuse dans le domaine de la fabrication de machines-outils. Ce projet a pour but d'apporter des solutions réelles à un besoin spécifique en Algérie. Ce projet nous a permis de repousser nos limites, de surmonter des défis et de faire preuve de créativité et de résilience.

Nous sommes fiers des progrès accomplis jusqu'à présent, mais nous restons conscients que le chemin vers le succès est un processus continu. Nous sommes déterminés à rester à l'écoute de nos clients, à perfectionner notre produit et à explorer de nouvelles opportunités de croissance. Notre équipe reste unie dans son engagement envers l'innovation et la qualité, et nous sommes excités à l'idée de ce que l'avenir nous réserve.

Nous tenons à exprimer notre gratitude envers toutes les personnes qui ont contribué à cette entreprise, qu'il s'agisse de membres de l'équipe, de mentors, de partenaires ou de clients. Ensemble, nous avons réalisé quelque chose de remarquable, et nous sommes impatients de continuer à repousser les frontières de l'ingénierie et de la technologie.

Références

[1] https://fr.scribd.com/doc/50946192/cours-de-MOCN .page 3 . **LE 24/2/2024 .**

[2] PFE_Final_M2_FMP_Hadjab_et_Bouaouira , de thème [CONTRIBUTION A L'ETUDE DE G-CODE DANS L'USINAGE DES CIRCUITS IMPRIMES (PCB)]. Chapitre **I** .Page 3….8 . **LE 24/2/2024 .**

[3] chapitre-1-generalites-machines-outils-commande-numerique COURS conception et fabrication assistées par ordinateur CFAO ,Par M. ABDELLAH Elhadj ABDELLAH . UNIV.médea Année d'étude **2023/2024.**

[4] https://www.industries-services.com/utilisation-et-fonctionnement-de-la-machine-a-commande-numerique/ . **LE 20/2/2024**

[5] https://www.youtube.com/watch?v=gq3wKLhQZoE . **LE 1/3/2024**

[6] https://www.omc-stepperonline.com/fr/pilote-numerique-pas-a-pas-1-0-3-2a-18-30vdc-pour-nema-17-23-moteur-pas-a-pas-dm332t **LE 3/4/2024**

[7] https://www.gotronic.fr/pj-783.pdf **LE 3/4/2024**

[8] https://www.se.com/dz/fr/product/ABL8RPS24100/phaseo-alim-en-mode-commutation-r%C3%A9gul%C3%A9-mono-biphas%C3%A9-200-500v-24v-10a/ **LE20/4/2024**

[9] https://theses-algerie.com/4823912434009787/memoire-de-master/universite-abderrahmane-mira---bejaia/etude-d-un-d%C3%A9coupeur-plasma-cnc-%C3%A0-trois-03-axes.page 26 -27 ;CHAPITRE II . **LE 5/5/2024 .**

[10] https://www.motionsquare.fr/capteur-de-fin-de-course-quelle-technologie-choisir/. **LE 5/5/2024 .**

[11] https://vallder.com/fr/product/usb-mach3-4-axis-controller/ **LE 10/5/2024 .**

[12] https://rtmfm.cnrs.fr/wp-content/uploads/2022/01/Tutoriel-11-comprendre-les-relais. pdf

[13] https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780750667401500090?via%3Dihub

[14] https://www.monolithicpower.com/stepper-motors-basics-types-uses le 11/5/2024 wep

[15] https://circuitglobe.com/variable-reluctance-stepper-motor.html le 11/5/2024 wep

[16] https://www.portescap.com/en/newsroom/whitepapers/2021/07/difference-between-bipolar-drives-and-unipolar-drives-for-stepper-motors

[17] https://robu.in/servo-motor-working/ le 12/5/2024 wep

[18] https://www.faulhaber.com/en/products/linear-motors/ le 12/5/2024

[19] https://www.systeal.com/fr/electronique/1387-moteur-pas-a-pas-nema-23-126-nm.html le 12/5/2024

[20] https://www.linearmotiontips.com/three-reasons-use-roller-rail-guides/ le 12/5/2024 w

[21] https://www.amazon.com/Mssoomm-7-87inch-SGB10EUU-3-Bearing-Compact_/dp/B09CTLVW29

[22] https://www.thk.com/?q=fr_fr/node/11085

[23] https://www.google.com/search?q=5.+Roulements+%C3%A0+air+lin%C3%A9aires+%3A&rlz=1C1YTUH_enDZ1036DZ1036&oq=5.%09Roulements+%C3%A0+air+lin%C3%A9aires+%3A&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOdIBBzE2N2owajSoAgCwAgE&sourceid=chrome&ie=UTF-8#vhid=5NxLfp7Kpj6WVM&vssid=l&ip=1

[24] https://reiman.pt/pub/media/technical_data/hiwin/datasheets/hgh15caz0h.pdf

[25] http://www.barnesballscrew.com/how-a-ball-screw-works/ le 12/5/2024

[26] https://fractory.com/lead-screws/ le 15/5/2024

[27] https://pbclinear.com/blog/2020/february/lead-screw-or-belt-drives le 15/05/2024

[28] https://torkcnc.com/blogs/articles/cnc-rack-and-pinion ***le 15/5/2024 wep***

[29] https://redexusa.com/product/racks-and-pinions/ le 15/5/2024

[23] https://www.handsontec.com/dataspecs/linear%20motion/SFU1204-Ball%20Screw-Kit.pdf

[31] https://www.orientalmotor.com/stepper-motors/technology/hybrid-stepper-motors-v-hybrid-control.html le 15/5/2024

[32] https://www.solomotorcontrollers.com/blog/servo-motor/ le 16/05/2024

[33] https://www.ato.com/1-5-kw-ac-servo-motor-15-nm-3000-rpm le 16/05/2024

[34] https://www.nskautomation.com/products/linear-guides/ le 18/05/2024

[35] https://www.soprolec.com/en/shop/m86hs45-86hs45-nema-34-4-5nm-stepper-motor-6-0a-2318#attr=400,401,1681,402,404,408,407,409,406,410,1758,403 le 20/05/2024

[36] https://cdn.skfmediahub.skf.com/api/public/0901d1968094ddb3/pdf preview medium /0901d1968094ddb3_pdf_preview_medium.pdf

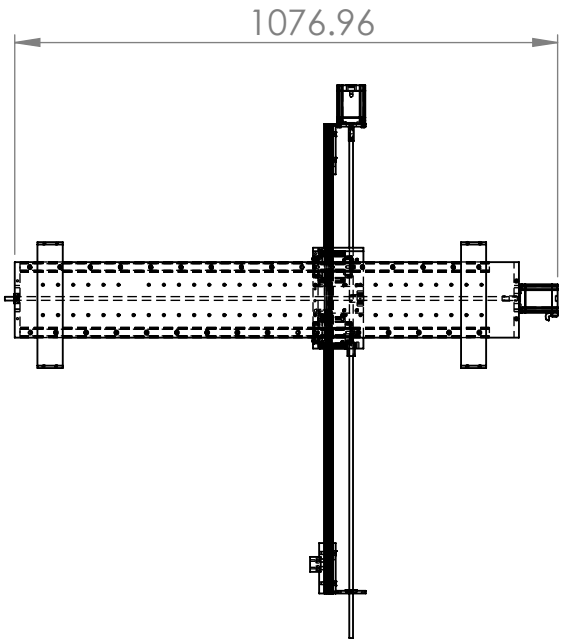
[37]https://s071d161912beb7dc.jimcontent.com/download/version/1475501400/module/7625033776/name/%28Le%20d%C3%A9coupage%20plasma1%29.pdf. Page 2 ,4,5.

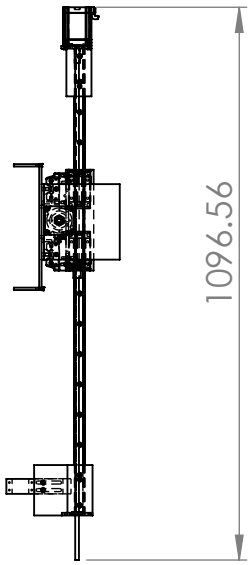
[30]https://www.handsontec.com/dataspecs/linear%20motion/SFU1204-Ball%20Screw-Kit.pdf le 24/05/2024 pdf

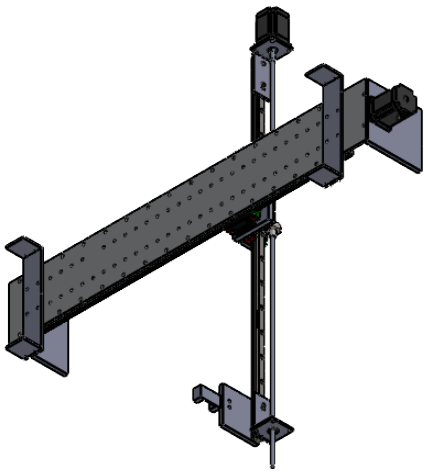
NOMENCLATURE

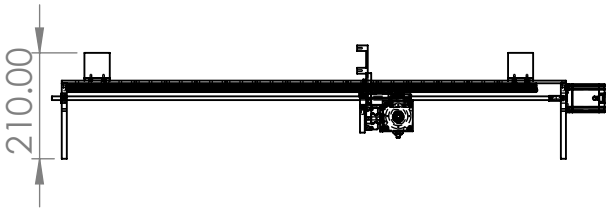
Symboles		Définition	Unité (SI)
I	**:**	Courant	Ampère (A)
V	**:**	Tension	Volt (V)
R	**:**	Résistance	Ohms
F	**:**	Fréquence	Hertz (Hz)
P	**:**	Puissance	Wat (W)
L	**:**	Inductance	Henry (H)
V	**:**	Tension d'alimentation	Vcc
AC	**:**	Courant alternatif	Volt(V)
DC	**:**	Courant continu	Volt (V)
T	**:**	Température	°C
M	**:**	Masse	Kg
L	**:**	Longueur	mm
n	**:**	Vitesse de rotation	T/min
Ms	**:**	le nombre de phases du stator	
Nr	**:**	le nombre de dents du rotor	
α	**:**	l'angle de pas	Degré (°)
F	**:**	La force	Newton (N)
C	**:**	Le couple de moteur	N.m

Annexes

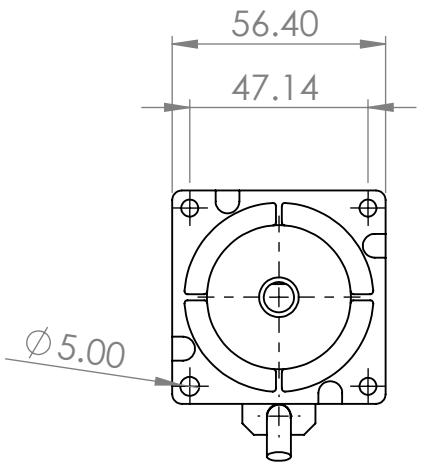


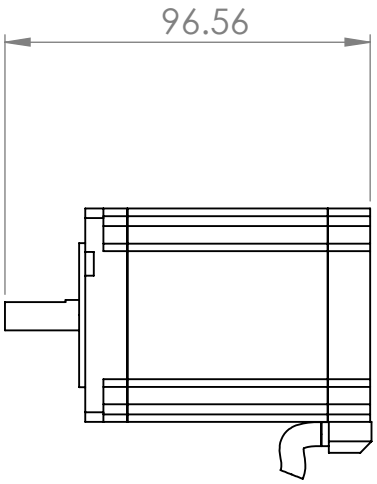


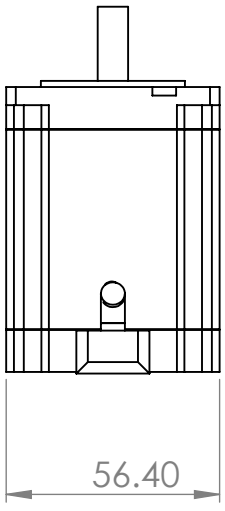


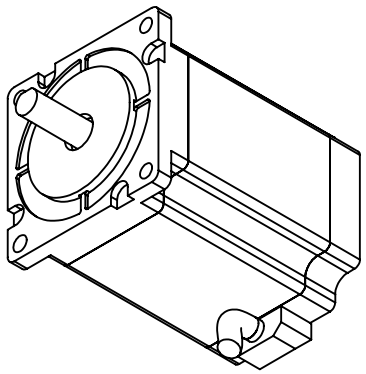


FR	OUABEL ISMAIL	nema 23	1:1
	DATE 06/06/2024		
1/1	NM:1256	yahia fares inversity of medea	

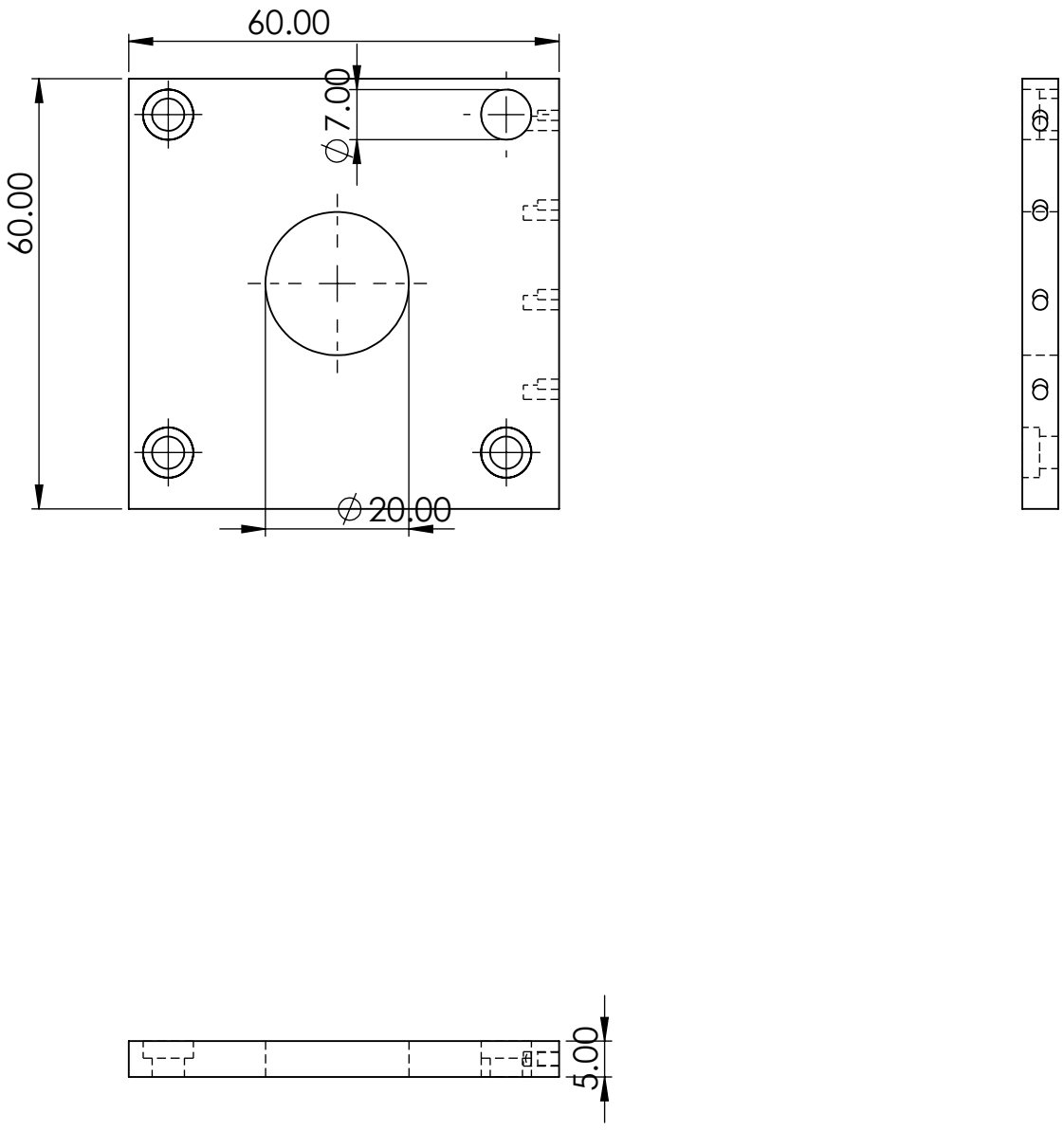




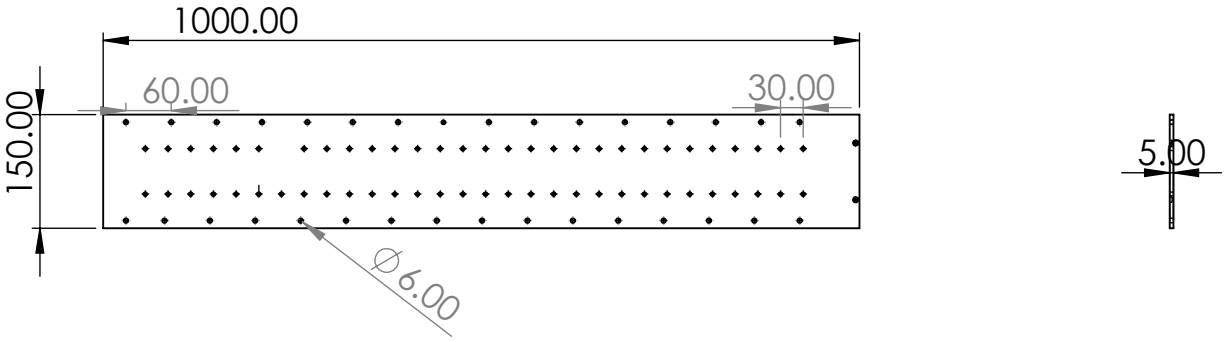




FR	OUABEL ISMAIL	nema 23	1:1
	DATE 06/06/2024		
1/1	NM:1256	yahia fares inversity of medea	



FR	OUABEL ISMAIL	cader de CNC plasma	1:1
	DATE 06/06/2024		
1/1	NM:1256	yahia fares inversity of medea	



FR	OUABEL ISMAIL	cader de CNC plasma	1:1
	DATE 06/06/2024		
1/1	NM:1256	yahia fares inversity of medea	

Business Model Canvas

Conçu pour:	Conçu par:	Date :	Version:
Startup,	ouabel, rahalli, …	2024	X.Y

Partenaires clés

Fournisseurs de matières premières

Propriétaires d'ateliers

Activités Clés

Conception et Développement

Production

Logistique et Gestion de la Chaîne d'Approvisionnement

Ressources clés

Inventaire

Installations

Personnel

Propositions de valeur

CNC plasma portable

petite taille

bon marché

Relation Client

formation et un support technique.

Communication régulière

Canaux

Réseaux sociaux

Clients

Petites entreprises

Amateurs

Ateliers de prototypage

Coûts

Coûts de fabrication et de matériaux.

Frais de marketing et de vente.

Coûts opérationnels.

Frais de location d'atelier

Revenus

Vente de machines de découpe plasma CNC

Vendre des améliorations et des accessoire

Fournir des services de formation et d’accompagnement