

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF DE M'SILA

FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE GENIE ELECTRIQUE



FILIERE : AUTOMATIQUE
OPTION : AUTOMATIQUE ET
SYSTEMES

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE
MASTER EN GENIE ELECTRIQUE**

Par :

- Faris AMROUNE

THEME

***Etude et Réalisation d'une Machine CNC
Remplissage par Soudage***

Soutenu devant le jury composé de:

Fouad BERRABAH

Mohamed Zinelaabidine Ghellab

Aib Abdalghani

Eloualid ZOUGGAR

Pr_ Université de M'sila

MCA_ Université de M'sila

MCA_ Université de M'sila

MCA_ Université de M'sila

Président

Encadreur

Co-Encadreur

Examineur

Année universitaire : 2024/2025

Remerciements



Je tiens tout d'abord à remercier Dieu, le Tout-Puissant et Miséricordieux, qui m'a donné la force, la patience et la volonté d'aller jusqu'au bout de ce travail.

Je tiens ensuite à exprimer ma profonde gratitude à mon encadreur Monsieur Aib Abdelghani pour son accompagnement, ses conseils avisés et son soutien constant tout au long de ce projet. Je remercie également Dr. Ghellab Mohamed pour ses conseils précieux et son suivi pédagogique.

J'adresse mes sincères remerciements aux membres du jury pour avoir accepté d'évaluer mon mémoire, et pour le temps qu'ils y ont consacré.

Je remercie chaleureusement tous les enseignants de mon parcours, qui ont su me transmettre leur savoir et m'ont guidé tout au long de ma formation.

Enfin, j'exprime toute ma reconnaissance à ma famille, ainsi qu'à toutes les personnes qui, de près ou de loin, m'ont soutenu dans l'accomplissement de ce projet.

Merci à toutes et à tous.

Dédicaces



Je dédie ce mémoire

À ma mère

et à toute ma famille,
pour leur soutien et toutes les valeurs qu'ils
ont su m'inculquer.

À mes amis et collègues qui
ont été un précieux soutien.

À l'enseignant encadreur qui a
été un véritable appui.

À tous les enseignants,
employés et à la grande famille universitaire.

ملخص

يتناول هذا المشروع دراسة وتصميم آلة CNC مخصصة لعملية التعبئة عن طريق اللحام. وقد تم التركيز بشكل أساسي على الجانب النظري والتحليلي، بالإضافة إلى محاكاة النظام تقنياً. تم تصميم النموذج ثلاثي الأبعاد للآلة باستخدام برامج النمذجة الميكانيكية مثل SolidWorks، مع الأخذ بعين الاعتبار الجوانب التقنية الواقعية، لا سيما ثلاثة محاور للحركة (X، Y، Z)، محركات خطوة بخطوة من نوع NEMA 34، مشغلات (drivers) من نوع DM860H، حساسات نهاية الشوط (fin de course)، بالإضافة إلى رأس لحام من نوع MIG. كما تمك المحاكاة أيضاً سلوك النظام في ظروف تشغيل مختلفة لضمان فعالية التصميم.

تمت دراسة إمكانية استخدام برنامج MACH3 لمحاكاة تحركات المحاور والتحقق من مدى توافق أوامر التحكم مع الهيكل الميكانيكي..
كلمات مفتاحية: آلة التحكم الرقمي بالحاسوب، رأس لحام MIG، محرك خطوي NEMA 34، درايفر DMA860H، برنامج MACH3

Abstract

This project focuses on the study and design of a CNC machine dedicated to filling by welding. The emphasis was primarily placed on the theoretical and analytical aspects, as well as the technical simulation of the system.

The 3D model of the machine was designed using mechanical modeling software such as SolidWorks, taking into account real technical aspects, including: three axes of movement (X, Y, Z), NEMA 34 stepper motors, DM860H drivers, limit switches, and a MIG welding head. The simulation also covered the system's behavior under different operating conditions to ensure the design's efficiency.

The use of MACH3 software was considered to simulate axis movements and check the compatibility between control commands and the mechanical structure.

Keywords: CNC Machine, MIG welding torch, Stepper motore NEMA 34, Driver DMA860H, MACH3.

Résumé

Ce projet porte sur l'étude et la conception d'une machine CNC dédiée au remplissage par soudage. L'accent a été mis principalement sur l'aspect théorique et analytique, ainsi que sur la simulation technique du système. Le modèle 3D de la machine a été conçu à l'aide de logiciels de modélisation mécanique tels que SolidWorks, en tenant compte des aspects techniques

réels, notamment : trois axes de déplacement (X, Y, Z), des moteurs pas-à-pas de type NEMA 34, des drivers DM860H, des capteurs de fin de course, ainsi qu'une tête de soudage de type MIG.

La simulation a également couvert le comportement du système dans différentes conditions de fonctionnement afin de garantir l'efficacité du design.

L'utilisation du logiciel MACH3 a été envisagée pour simuler les déplacements des axes et vérifier l'adéquation entre les commandes et la structure mécanique

Mots clés : Machine CNC, tête de Soudage MIG, Moteur Pas à pas nema 34, Driver DMA860H, MACH3.

Sommaire



Sommaire	i
Liste des Figures	iii
Liste des Tableaux	v
Introduction générale	1
1 Généralités Sur Les Machines CNC	3
1.1 Historique.....	3
1.2 Définition De La Commande Numérique	4
1.3 Définition d'une machine CNC	4
1.4 Fonctionnement D'une CNC.....	4
1.5 Domaine d'utilisation	6
1.6 les Différents Types De Machine CNC.....	6
1.7 Classification des MOCN.....	6
1.7.1 Classification des MOCN selon le mode de fonctionnement	7
1.7.2 Classification des MOCN selon le mode d'usinage.....	8
1.7.3 Classification des MOCN selon le nombre d'axe	8
1.8 Domain d'application de CNC sur les tâches de Soudage.....	9
1.9 Avantages des machines CNC.....	9
1.10 Inconvénients des machines CNC	10
2 Conception De La Machine CNC	11
2.1 Architecture Hardware D'une CNC.....	12
2.2 Partie électronique (La partie commande)	12
2.2.1 La Carte MACH 3.....	12

2.2.2	Driver de moteur pas à pas.....	16
2.2.3	Fin de course.....	18
2.3	La Partie électrique (partie operative)	18
2.3.1	Moteur Pas à Pas	18
2.3.2	Tête de soudage MIG	21
2.3.3	Alimentation (Power supply).....	22
2.3.4	arrêt d’urgence (E-STOP)	22
2.4	Partie Logiciel	23
2.4.1	CAO et FAO (CAD /CAM).....	23
2.4.2	G-Code	25
2.5	Partie Mécanique.....	27
2.5.1	La Structure Mécanique De CNC.....	28
2.5.2	Transformation du mouvement	28
2.5.3	Les Axes de Déplacement (X, Y, Z)	29
3	Réalisation De La Machine CNC	32
3.1	Conception Hardware.....	32
3.1.1	Partie électique et commande.....	32
3.2	Conception Software.....	35
3.2.1	Intégration du processus CAD / CAM / G-code dans le projet.....	35
3.3	Modélisation 3D finale et assemblage de la machine	38
	Conclusion générale	42
	Bibliographie	43
	Glossaire	

Liste des Figures



1.1	Diagramme fonctionnement d'une CNC	5
1.2	Fonctionnement en boucle ouvert.....	7
1.3	Fonctionnement en boucle fermée.....	7
1.4	Commande Numérique point à point.....	8
1.5	Commande numérique de contournage	8
2.1	Architecture hardware d'une cnc	12
2.2	Carte Mach3	13
2.3	Carte Mach3 5 Axis	14
2.4	La Constitution De La Carte Mach3 5 Axis	15
2.5	Driver DMA860H.....	16
2.6	Driver DMA860H.....	17
2.7	Fin de course	18
2.8	Moteur pas à pas	19
2.9	Conception de rotor, stator et circuit stepper.....	19
2.10	Types de moteur pas à pas	20
2.11	moteur pas à pas NEMA 34	20
2.12	Dimension du moteur NEMA 34	21
2.13	Tête de soudage MIG.....	21
2.14	Bloc d'alimentation (Power supply).....	22
2.15	Bouton d'arrêt d'urgence (E-STOP)	23
2.16	Interface de CoralDraw	24
2.17	Interface de MasterCam.....	25
2.18	G-CODE pour l'usinage CNC	26
2.19	Le bâti (châssis) de CNC	28
2.20	vis-écrou.....	29
2.21	La Forme de Système vis-écrou	29

2.22	Les Axes de Déplacement (X, Y, Z).....	30
3.1	Schéma de réalisation d'une carte mach3 avec les composants	33
3.2	Schema Electrique de Machine CNC.....	34
3.3	Interface de CoralDraw	35
3.4	Interface de MasterCam.....	36
3.5	Interface Mach3.....	37
3.6	Les étapes de mode d'emploi.....	38
3.7	système de contrôle numérique typique.....	38
3.8	Vue en perspective de la machine CNC avec l'identification des composants principaux. 39	
3.9	Vue de Face de la machine CNC	39
3.10	Vue Droite de la machine CNC.....	40

List des Tableaux

1.1	Types de MOCN selon le nombre d'axes	9
2.1	Caractéristiques techniques de la carte Mach3 5 axes	15
2.2	Caractéristiques techniques du driver DMA860H.....	17
2.3	Les principales fonctions des codes G.....	27
3.1	Chaîne numérique utilisée.....	37

Introduction générale



Contexte du projet

L'évolution rapide des technologies numériques et des systèmes automatisés a profondément transformé le monde industriel. Aujourd'hui, la majorité des processus de fabrication tend vers l'automatisation, non seulement pour améliorer la productivité, mais aussi pour garantir la précision et la répétabilité. Ce changement s'accompagne aussi d'un agrandissement des machines et de la complexification des tâches qu'elles accomplissent. Dans ce contexte, la commande numérique par ordinateur (CNC) s'est imposée comme un pilier incontournable dans de nombreux secteurs.

Cependant, malgré les progrès réalisés dans le domaine des machines CNC, il existe encore un manque flagrant de solutions accessibles et abordables, notamment lorsqu'il s'agit d'effectuer des tâches spécifiques comme le soudage automatique. La majorité des machines industrielles dédiées à cette fonction sont onéreuses, complexes à configurer, et donc difficilement accessibles aux petites structures, ateliers indépendants, ou institutions éducatives.

Problématique

La problématique réside dans: Comment réaliser et développer une machine CNC spécialisée dans le soudage, qui soit à la fois fonctionnelle, accessible et capable d'être adaptée selon différents besoins techniques ?

L'objectives et Solutions proposées

L'objectif général de ce travail est de concevoir et modéliser une machine CNC pour le soudage automatique fiable et simplicité d'utilisation, en utilisant des composants standards

et une chaîne logicielle cohérente.

Aussi remédier au manque de solutions accessibles dans le domaine du soudage automatique par CNC.

Objectifs spécifiques :

1. Réaliser une architecture CNC fonctionnelle basée sur une carte Mach3 5 axes et des moteurs pas à pas NEMA 34 .
2. Créer un système capable de réaliser des soudages précis et automatisés à partir de trajectoires préprogrammées .
3. Mettre en place une chaîne logicielle complète (CAO, FAO, G-code) pour passer du dessin à l'exécution .
4. Utiliser le logiciel SolidWorks pour modéliser la machine en 3D et anticiper les contraintes mécaniques .

Plan du manuscrit

Ce mémoire est structuré en trois chapitres principaux :

▶ **Chapitre 1 : Généralités sur les machines CNC**

Ce chapitre présente les fondements des technologies CNC historique, fonctionnement, types de machines, domaines d'application, ainsi que les avantages et les limites de l'automatisation dans le soudage.

▶ **Chapitre 2 : Conception De La Machine CNC**

Il détaille le développement technique de la machine : choix des composants électroniques, structure mécanique, parties logicielles de commande, et justification des choix retenus pour répondre aux besoins fonctionnels du projet.

▶ **Chapitre 3 : Réalisation De La Machine CNC**

Ce dernier chapitre est consacré à la modélisation de la machine à l'aide du logiciel SolidWorks. Il présente l'assemblage virtuel de la plateforme, les simulations de mouvement, ainsi que l'analyse des contraintes mécaniques, le tout dans le but de valider la cohérence du système avant toute mise en œuvre physique.

Généralités Sur Les Machines CNC

Introduction

1.1 Historique

Le contrôle numérique a vu le jour en 1947, grâce à l'invention de John C. Parsons, de la Parsons Corporation à Traverse City, Michigan. Ce dernier, fabricant de pales de rotor pour hélicoptères, faisait face à des délais de production trop longs pour ses modèles. Il a donc créé un moyen d'intégrer l'informatique aux gabarits de perçage. Pour ce faire, il utilisa des cartes perforées pour faire fonctionner son système numérique[1].

Dans **les années 1960**, les machines CNC se sont progressivement répandues, en raison des avancées technologiques en informatique et en électronique. En 1967, le premier système CNC commercial a vu le jour. Ces machines, grâce à l'utilisation des ordinateurs, permettent de contrôler les outils avec une précision exceptionnelle et ont été adaptées au fil du temps à de nombreux secteurs industriels.

Les Années 1970-1980 : Amélioration de la Précision et de la Flexibilité

Au cours de cette période, les machines CNC ont bénéficié de progrès significatifs grâce à l'intégration des technologies électroniques et au développement de logiciels de contrôle plus performants. Ces évolutions ont permis une plus grande flexibilité des systèmes, facilitant la production de pièces complexes avec une précision supérieure. De plus, la programmation des machines est devenue plus facile grâce à des interfaces utilisateurs simplifiées et plus intuitives.

Les Années 1990-2000 : L'Intégration des Technologies CAO/FAO

Dans les années 1990, l'intégration des logiciels de Conception Assistée par Ordinateur (CAO) et de Fabrication Assistée par Ordinateur (FAO) avec les machines CNC a permis d'atteindre une production encore plus rapide et précise. Cette connexion facilite le transfert direct des modèles numériques vers les machines, réduisant ainsi les risques, les erreurs humaines et augmentant

l'efficacité globale du processus de fabrication.

Aujourd'hui : L'ère de l'Industrie

Les machines CNC actuelles sont au cœur de l'Industrie, une ère où l'automatisation et la connectivité transforment les processus de production. Ces machines, désormais plus autonomes et sophistiquées, sont capables de traiter des matériaux divers et complexes. Elles sont essentielles dans la fabrication de pièces de précision pour des industries variées, telles que l'aéronautique et l'automobile [1].

1.2 Définition du commande numérique

La commande numérique est un mode de commande dans lequel les valeurs désirées d'une variable commandée sont définies selon un code numérique (la machine outil constitue le principal domaine d'application de la commande numérique). C'est une somme d'automatismes dans laquelle les ordres de mouvement ou de déplacement, la vitesse de ces déplacements et leur précision, sont donnés à partir d'informations numériques. Ces informations sont codées sur des supports tels que : Rubans perforés, cassettes ou disquettes magnétiques ou simplement sauvegardés en « mémoires » dans les cas des dernières générations de commandes numériques à calculateur intégré [2].

1.3 Définition d'une machine CNC

Les machines CNC sont des outils automatisés qui utilisent la programmation informatique pour contrôler leurs mouvements et leurs opérations. Ils sont largement utilisés dans les processus de fabrication pour produire des pièces précises et complexes avec une précision et une efficacité élevées. En général, les machines CNC peuvent créer de nombreux produits en utilisant des actionneurs, des entraînements et des logiciels.

En utilisant un logiciel de conception assistée par ordinateur (CAO), les opérateurs peuvent créer des conceptions détaillées et les convertir dans un langage que les machines CNC peuvent comprendre, comme le G-code. Ce code sert est un ensemble d'instructions pour la machine, la guidant tout au long de la fabrication. Les machines CNC offrent de nombreux avantages, notamment une productivité accrue, une précision améliorée et une réduction des erreurs humaines [3].

1.4 Fonctionnement de CNC

Une machine CNC est une technologie révolutionnaire qui automatise la découpe, le fraisage, la gravure et d'autres processus. Son fonctionnement repose sur un système complexe, mais précis. Elle est essentiellement orchestrée par des instructions numériques. Tout commence par la

programmation. L'utilisateur crée un modèle numérique de la pièce à fabriquer en utilisant un logiciel de conception assistée par ordinateur (CAO).

Ce modèle est ensuite converti en instructions spécifiques pour la machine CNC. Ces instructions, souvent sous forme de code G ou M, décrivent les mouvements, les vitesses, les coordonnées et les opérations nécessaires pour façonner la pièce. Une fois les instructions prêtes, elles sont envoyées à la machine CNC. Le cerveau de la machine est le contrôleur qui interprète les codes et coordonne les mouvements. Les moteurs pas à pas ou les servomoteurs sont responsables de la précision des déplacements selon les axes X, Y et Z.

Ces moteurs sont dirigés par le contrôleur pour déplacer la tête de coupe, de gravure ou de fraisage.

Pendant le processus, la machine surveille en permanence les paramètres clés tels que la vitesse, la profondeur de coupe et la position. Les capteurs et les encodeurs fournissent des retours en temps réel, permettant à la machine de s'ajuster si nécessaire pour garantir une découpe précise.

L'un des avantages majeurs des machines CNC est leur capacité à produire des pièces répétables et complexes avec une grande précision. Les machines peuvent travailler avec une variété de matériaux, du bois au métal en passant par le plastique et la mousse [10].

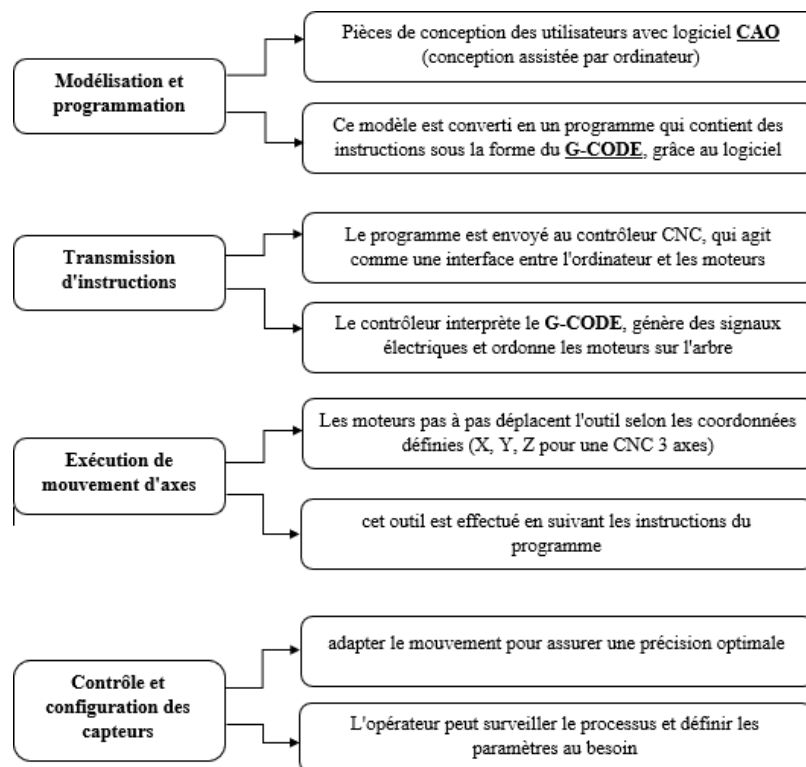


Figure 1.1: Diagramme fonctionnement d'une CNC

1.5 Domaine d'utilisation

Les machines CNC sont largement utilisées dans plusieurs domaines industriels et technologiques. Voici quelques uns des principaux domaines d'utilisation :

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

1.6 les différents types de machine CNC

Il existe de nombreuses méthodes de classer les machines CNC. Le type le plus élémentaire est basé sur la conception et la fonctionnalité de la machine . Cette classification divise les machines CNC dans les types suivants:

1. **Machine de fraisage CNC** : Fabrication de moules, pièces mécaniques, prototypes.
2. **Tournage CNC** : : Fabrication d'arbres, axes, vis, pièces symétriques.
3. **Découpeuses CNC**: ces machines utilise plusieurs méthodes pour découper des matériaux avec précision :
 - ▶ **Découpe au laser CNC** : Signalétique, découpe fine, gravure artistique.
 - ▶ **Découpe au jet d'eau CNC**:Découpe de matériaux sensibles à la chaleur.
4. **Imprimantes 3D**:Prototypage rapide, médical, automobile.
5. **Machines combinées (multifonctionnel)**:Fabrication de pièces complexes et sophistiquées en un seul étape [3].

1.7 Classification des MOCN

Les machine outils à commande numérique (MOCN) sont classées suivant le :

- ▶ **Le mode fonctionnement de la machine**
- ▶ **Le mode d'usinage**
- ▶ **Nombre d'axes de la machine**

1.7.1 Classification des MOCN selon le mode de fonctionnement

Ce critère est basé sur la façon dont une machine reçoit et exécute des commandes .

1.7.1.1 fonctionnement en boucle ouverte

En boucle ouverte comme la figure suivante ,le système assure le déplacement du chariot mais ne le contrôle pas. il n'y a pas de capteurs pour vérifier si le mouvement est bien réalisé

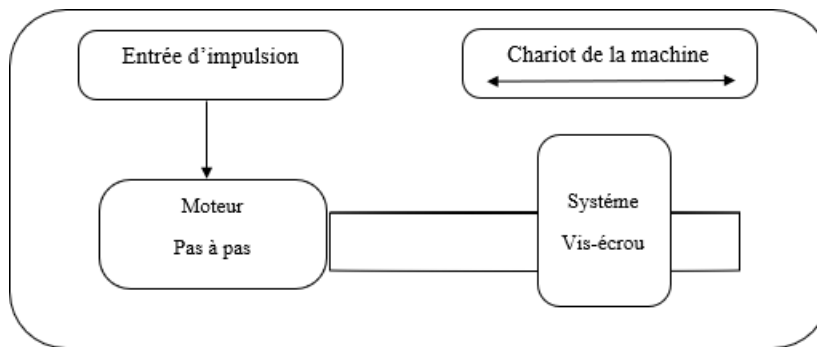


Figure 1.2: Fonctionnement en boucle ouvert

Ce type de commande est simple et économique, mais manque de précision. Exemple: Perceuse CNC de base [2].

1.7.1.2 fonctionnement en boucle fermée

En boucle fermée, le système de contrôle automatisé ajuste son fonctionnement en fonction des données de retour fournies par les capteurs[2].

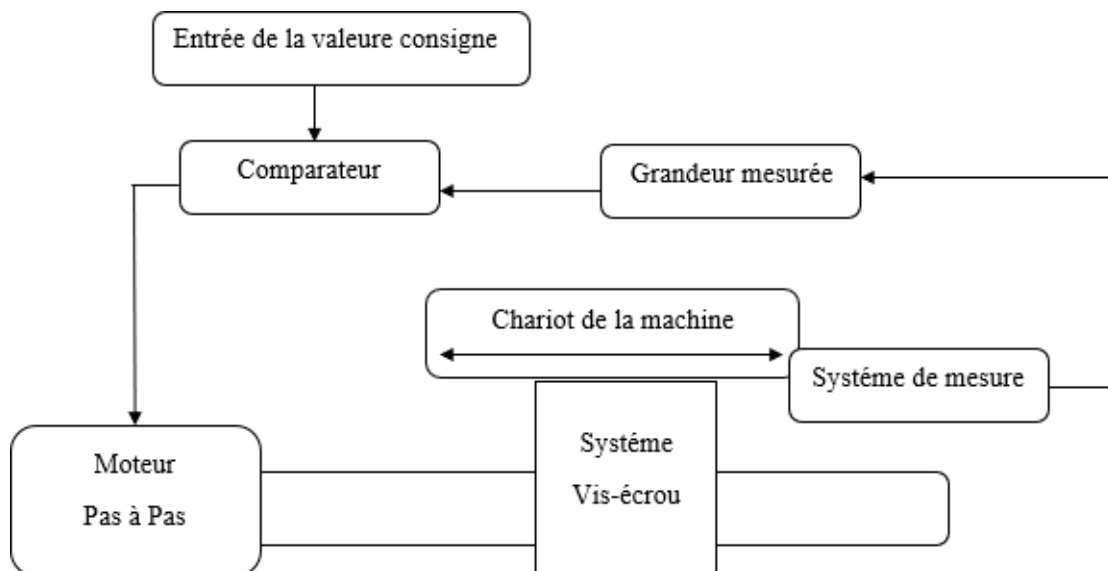


Figure 1.3: Fonctionnement en boucle fermée

1.7.2 Classification des MOCN selon le mode d'usinage

Selon le mode d'usinage, les machines Machines Outils à commande numérique (MOCN) peuvent être classées en trois catégories principales :

1. Commande Numérique Point à Point (PTP - Point to Point)

C'est un mode de déplacement où l'outil ou la pièce est positionné sans synchronisation des axes. L'usinage ne commence qu'une fois le positionnement entièrement achevé. Exemples d'opération d'usinage : perçage, alésage, lamage taraudage, petit fraisage [2].

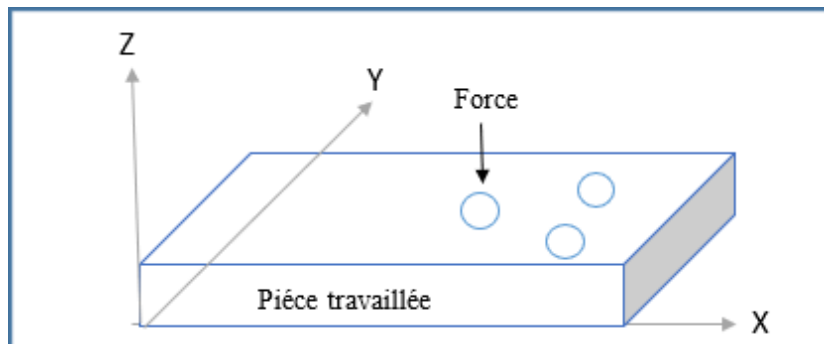


Figure 1.4: Commande Numérique point à point

2. Commande Numérique de Contournage

Correspond à un mode de déplacement où les axes de la machine se meuvent de manière simultanée et coordonnée, selon une vitesse d'avance préétablie. Exemples d'opération d'usinage : Perçag, Alésage, Filetage [2]

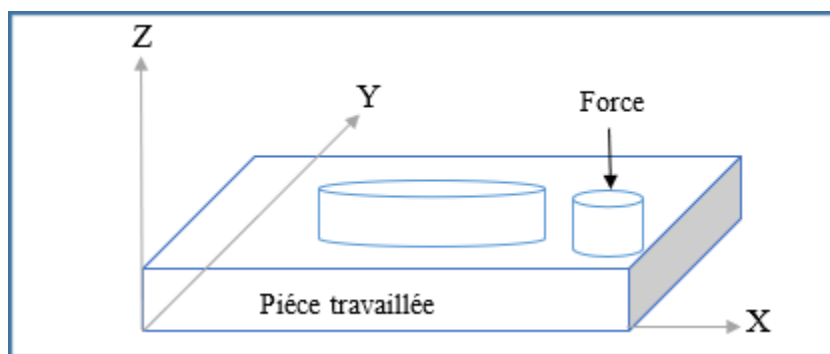


Figure 1.5: Commande numérique de contournage

1.7.3 Classification des MOCN selon le nombre d'axe

Les machines-outils à commande numérique sont classées selon le nombre d'axes, qui correspond au nombre de mouvements élémentaires qu'elles peuvent effectuer. On distingue généralement

les MOCN à 2 axes, 3 axes, 4 axes et plus [4].

Table 1.1: Types de MOCN selon le nombre d'axes

Type de MOCN	Description
MOCN à 2 axes	Réalisent des mouvements en X et Y , utilisées principalement pour des opérations simples comme le perçage ou le fraisage à plat.
MOCN à 3 axes	Permettent des mouvements en X, Y et Z , ce qui rend possible l'usinage de pièces en trois dimensions.
MOCN à 4 axes	Ajoutent une rotation à l'usinage (X, Y, Z + axe rotatif), permettant la fabrication de pièces plus complexes avec des formes in-courvées.
MOCN à 5 axes et plus	Offrent une flexibilité maximale pour l'usinage de formes très complexes, utilisées dans des domaines exigeants comme l' aérospatiale et l' automobile .

1.8 Domain d'application de CNC sur les tâches de Soudage

L'utilisation des machines à commande numérique dans les tâches de soudage s'est largement répandue dans plusieurs secteurs industriels en raison de leur capacité à automatiser, optimiser et fiabiliser les procédés de fabrication. Dans le domaine de l'industrie automobile, les machines CNC permettent d'effectuer des soudures précises et répétitives sur les structures de carrosserie, réduisant les temps de cycle et assurant une qualité constante. En aéronautique, où la précision est cruciale, elles sont utilisées pour le soudage de composants en matériaux légers avec des tolérances strictes. De plus, dans le domaine de la microélectronique, les CNC sont appliquées à des tâches de microsoudage sur des composants sensibles, nécessitant un contrôle extrême de la température et de la position. Enfin, le couplage des machines CNC avec des robots industriels permet d'atteindre un haut niveau d'automatisation, notamment dans les lignes de production où la cadence et la précision sont primordiales [11].

1.9 Avantages des machines CNC

1. Peut fonctionner sans interaction constante de l'opérateur .
2. Ils ont des taux de production élevés .
3. Les machines CNC ont un niveau de précision répétable et élevé .
4. Peut produire des pièces avec un écart dimensionnel minimal .

5. Peut produire des pièces avec des caractéristiques complexes qui ne seraient pas possibles avec des machines manuelles .
6. Les programmes CNC peuvent être modifiés facilement pour s'adapter aux changements de conception .
7. Réduit le risque d'erreur humaine et augmente la sécurité [4] .

1.10 Inconvénients des machines CNC

1. Les machines CNC coûtent beaucoup plus cher que les machines manuelles .
2. L'utilisation de machines CNC nécessite une main d'œuvre qualifiée coûteuse .
3. Les machines CNC nécessitent un entretien régulier pour garantir leurs performances optimales .
4. Les temps d'arrêt pour réparation ou maintenance peuvent perturber les calendriers de production et entraîner des coûts supplémentaires [4].

Conclusion

Ce chapitre m'a permis de poser les bases théoriques de mon projet . À travers cette exploration, l'évolution de la commande numérique a été explorée au cours de cette étude., ses avantages pratiques, ainsi que sa place essentiel dans les industries modernes.

Nous avons compris que ces machines ne sont pas simplement des outils de fabrication, mais des systèmes intelligents capables d'automatiser des tâches complexes avec une précision remarquable. L'étude s'est particulièrement intéressée au lien entre la CNC et le soudage., car il représente exactement le cœur de mon projet : Combiner précision, automatisation et efficacité dans un seul appareil.

Conception De La Machine CNC

Introduction

La conception de CNC représente une étape clé dans le développement de solutions de fabrication automatisées. Elle nécessite une coordination rigoureuse entre les aspects électroniques , mécaniques et logiciels, dans le but d'assurer un fonctionnement à la fois précis, fiable et adapté aux exigences techniques.

Dans ce chapitre, l'attention est portée sur les choix fondamentaux qui ont guidé la conception de la plateforme CNC. L'étude débute par une analyse des besoins techniques et fonctionnels de la machine, permettant de cerner les contraintes et objectifs du projet.

S'en suit une sélection réfléchie des matériaux et des composants, en lien avec les performances attendues et les conditions d'utilisation.

Enfin, un schéma de principe vient illustrer l'organisation générale du système, posant ainsi les bases nécessaires pour les étapes de modélisation et de réalisation détaillées dans le chapitre suivant.

2.1 Architecture Hardware D'une CNC

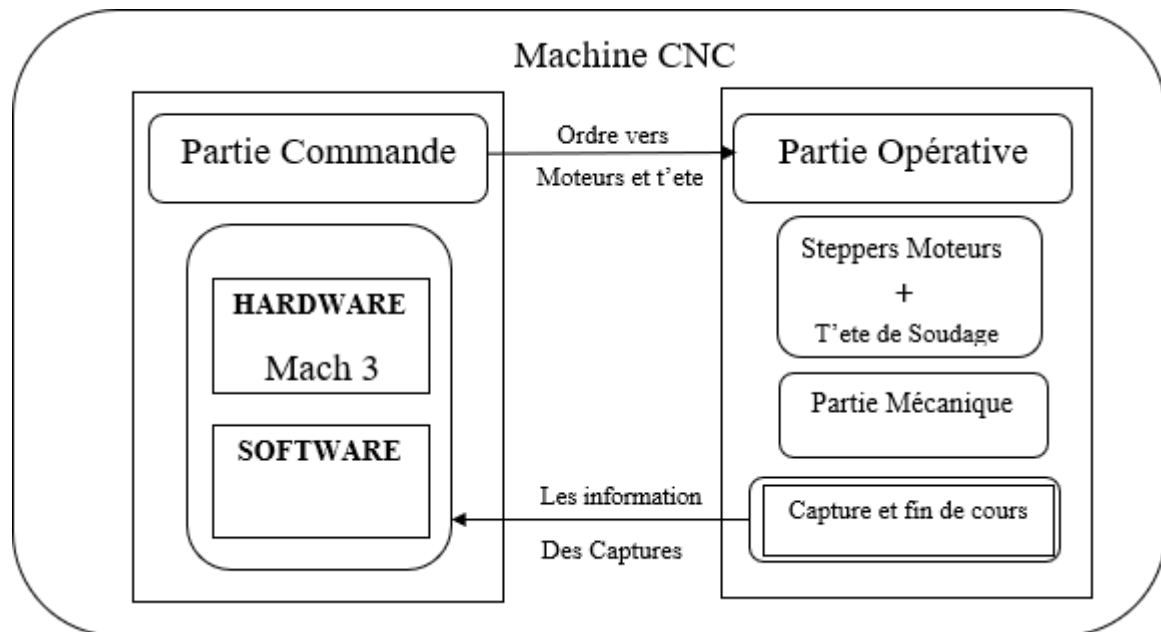


Figure 2.1: Architecture hardware d'une cnc

2.2 Partie électronique (La partie commande)

Pour réaliser un système capable de contrôler une machine CNC, deux éléments de base sont indispensables : une carte de commande, qui permet de gérer intelligemment les sorties (comme les moteurs ou la broche), et des actionneurs, qui assurent le déplacement des différents axes. Dans ce projet, je choisis d'utiliser la carte Mach3 et des moteurs pas à pas, en raison de leur simplicité, de leur fiabilité, et de leur intégration aisée dans les systèmes de commande numérique. Ainsi, le système repose essentiellement sur ces deux composants clés.

2.2.1 La Carte MACH 3

2.2.1.1 Définition

La carte Mach3 est une interface électronique utilisée dans les systèmes de commande numérique par ordinateur (CNC). Elle permet de relier un ordinateur exécutant le logiciel Mach3 aux composants matériels d'une machine CNC, tels que les moteurs pas à pas, les interrupteurs de fin de course et les broches. Cette carte traduit les signaux numériques générés par le logiciel en impulsions électriques compréhensibles par les moteurs et autres dispositifs de la machine, assurant ainsi un contrôle précis et synchronisé des mouvements.

Selon le site officiel de Mach3, une carte d'interface (également appelée "breakout board") est un matériel utilisé pour interfacier l'ordinateur ou un dispositif de mouvement externe avec les entrées/sorties de la machine. De nombreuses cartes offrent également d'autres avantages, tels que l'isolation optique [6].



Figure 2.2: Carte Mach3

2.2.1.2 Fonctionnement de la carte mach3

Mach3 CNC fonctionne en interprétant les codes G (ou ISO), qui sont le langage universel des machines CNC. Les codes G sont des instructions qui indiquent à la machine comment se déplacer, quelle vitesse adopter, quel outil utiliser, etc. Vous pouvez écrire vous-même les codes G dans l'éditeur intégré à Mach3 CNC, ou utiliser un logiciel de CAO/FAO pour générer automatiquement ces codes à partir d'un dessin. Une fois les codes G chargés dans Mach3 CNC, vous pouvez lancer le cycle d'usinage en appuyant sur le bouton "Cycle Start". Vous pouvez également arrêter, mettre en pause, reprendre ou modifier le cycle à tout moment [6].

► **Observation**

dans ce projet Nous avons choisi **La Carte Mach3 5 Axis** .

► **Pourquoi Mach3 5 Axis**

Cette carte a été choisie car elle s'est révélée la plus adaptée aux besoins de la machine CNC. Elle se distingue par sa durabilité, sa fiabilité, ainsi que sa compatibilité directe avec le logiciel Mach3, ce qui facilite son intégration et sa configuration dans l'ensemble du système

On peut dire qu'elle est spécialement conçue pour ce type d'application et qu'elle est pleinement compatible avec les composants matériels utilisés, tels que les moteurs pas à pas, les drivers, les capteurs de fin de course et l'alimentation .

Un autre avantage important est sa capacité à gérer jusqu'à cinq axes, ce qui offre une certaine liberté pour les évolutions futures du système. Même si notre machine actuelle n'utilise que deux ou trois axes, cette carte permet d'ajouter facilement d'autres axes sans changer toute l'architecture de contrôle .

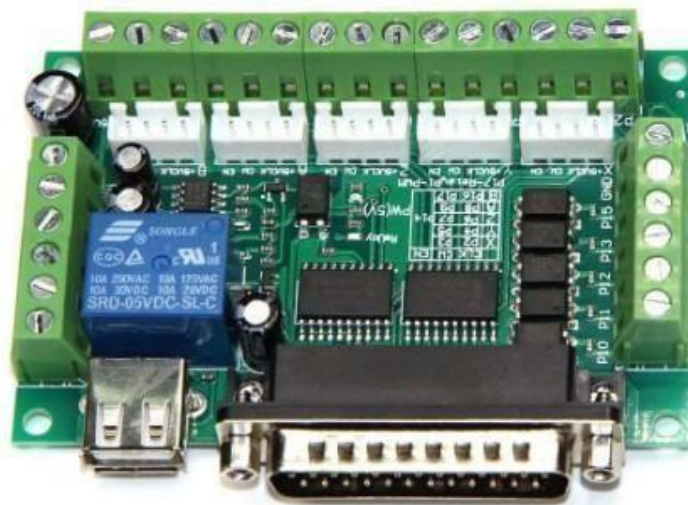


Figure 2.3: Carte Mach3 5 Axis

2.2.1.3 La Constitution De La Carte Mach3 5 Axis

Généralement tout module électronique qui possède une interface de programmation est basé toujours dans sa construction sur un circuit programmable ou plus .

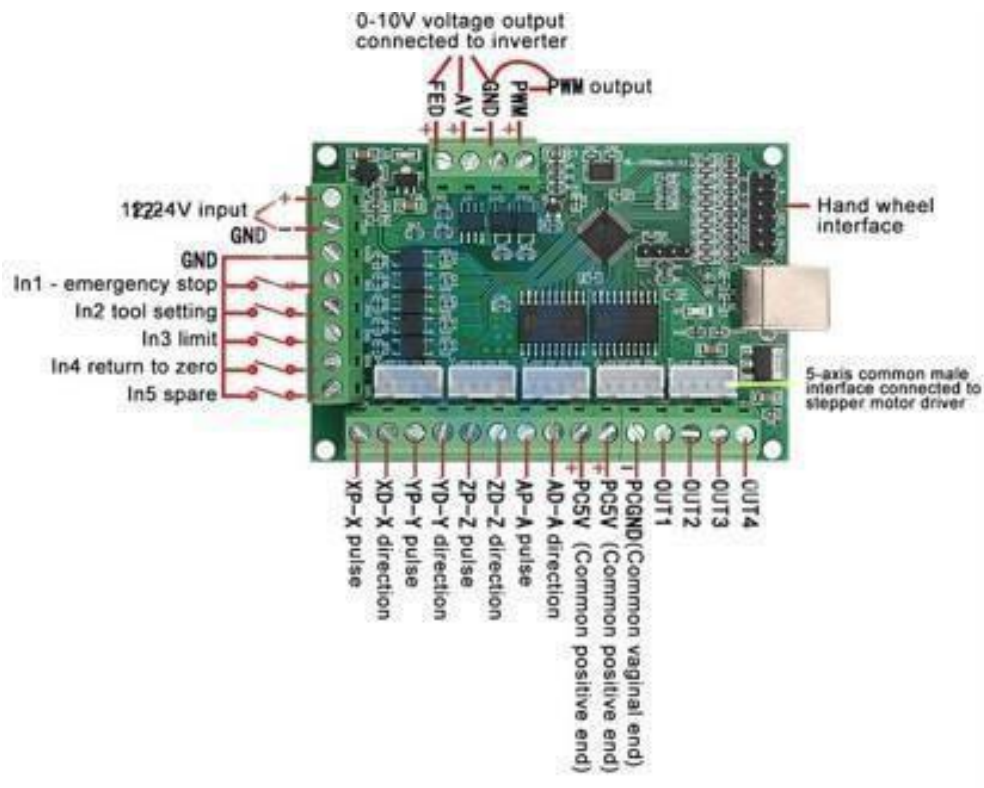


Figure 2.4: La Constitution De La Carte Mach3 5 Axis

2.2.1.4 Caractéristiques de mach3 5 axis

Table 2.1: Caractéristiques techniques de la carte Mach3 5 axes

Caractéristique	Description
Nombre d'axes	Jusqu'à 5 axes contrôlables (X, Y, Z, A, B)
Connexion PC	Interface port parallèle (DB25) ou via USB selon les modèles
Compatibilité logicielle	Fonctionne avec le logiciel Mach3
Alimentation	En général 5V DC , parfois jusqu'à 24V selon les cartes
Isolation optique	Oui, pour protéger les signaux d'entrée/sortie
Entrées numériques	12 à 16 entrées isolées optiquement pour capteurs de fin de course , bouton d'arrêt, etc.
Sorties numériques	8 à 10 sorties pour piloter les relais, broches, etc.
Commande de moteur	Contrôle des drivers de moteurs pas à pas via signaux step/dir
Logiciels supportés	Mach3, parfois compatibles avec LinuxCNC ou Mach4 (selon la version)

[7]

2.2.2 Driver de moteur pas à pas

2.2.2.1 Définition

Un driver de moteur pas à pas est un dispositif électronique qui fournit le courant et la tension nécessaires pour entraîner un moteur pas à pas, en convertissant des signaux numériques d'impulsions en mouvements progressifs de l'arbre du moteur. Il contrôle la séquence et le moment de l'alimentation des enroulements du moteur afin d'obtenir un positionnement et une commande de vitesse précis [7].



Figure 2.5: Driver DMA860H

2.2.2.2 Fonction principale du driver

Le driver reçoit des signaux "Step" et "Dir" (pas et direction) d'une carte de commande (ex : Mach3, Arduino, ou automate), et les convertit en courants électriques synchronisés pour faire tourner les bobines du moteur de manière précise [7].

2.2.2.3 Types de Drivers

Il existe deux types de driver :

1. Le Driver DMA860H
2. Le Driver TB6600

► Observation

Dans ce projet on a choisi le driver **DMA860H**.

► Pourquoi DMA8600 :

le choix du driver dépend surtout des caractéristiques électriques du moteur (tension, courant) et des exigences de l'application (précision, vitesse, couple) , car le **DMA860H** est très puissant que **TB6600** .

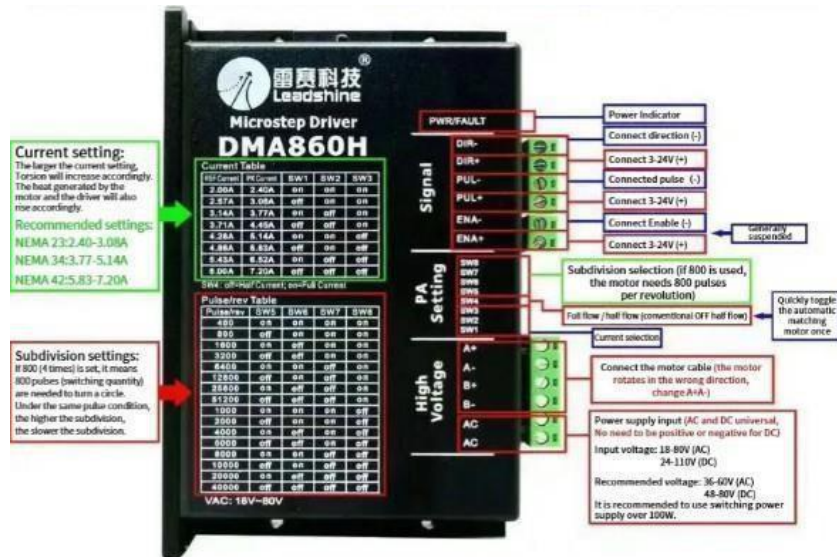


Figure 2.6: Driver DMA860H

2.2.2.4 Caractéristique techniques du driver DMA860H

Table 2.2: Caractéristiques techniques du driver DMA860H

[7]

Caractéristique	Description
Tension d'alimentation	18 à 80 VDC ou 36 à 60 VAC
Courant de sortie	2,4 A à 7,2 A (réglable par commutateurs DIP)
Type de moteur supporté	Moteurs pas à pas bipolaires (ex : NEMA 23, 24, 34)
Micro-pas	Jusqu'à 51200 pas/tr (réglable via DIP switches)
Entrées de contrôle	Signaux STEP, DIR, ENA (niveau TTL ou opto-isolé)
Mode de fonctionnement	Contrôle en boucle ouverte
Protection	Surchauffe, surtension, sous-tension, court-circuit
Température de fonctionnement	0 °C à 50 °C
Dimensions	Environ 118 x 75,5 x 34 mm
Poids	Environ 350 g

2.2.3 Fin de course

La fin de course ou capteur de position initiale des axes X, Y et Z, équipé d'un coupleur optique à fente, permet une détection facile et précise sans problème. Il nécessite généralement un minimum de 2 capteurs pour machine CNC. Il fait également partie de la protection car il empêche les pièces mobiles de sortir de leur amplitude de mouvement. Ils sont idéaux pour assembler des machines Reprap ou Cnc, et peuvent être utilisés pour construire n'importe quelle autre machine ou robot [8].



Figure 2.7: Fin de course

2.3 La Partie électrique (partie operative)

2.3.1 Moteur Pas à Pas

2.3.1.1 Définition

Un moteur pas à pas (en anglais stepper motor) est un moteur électrique à commande numérique qui convertit des impulsions électriques en mouvements angulaires discrets. À chaque impulsion reçue, le rotor se déplace d'un angle fixe prédéterminé appelé « pas ». Ce type de moteur permet un positionnement précis sans système de rétroaction, ce qui le rend très utilisé dans les systèmes automatisés tels que les machines CNC, les imprimantes 3D, et les robots [9].

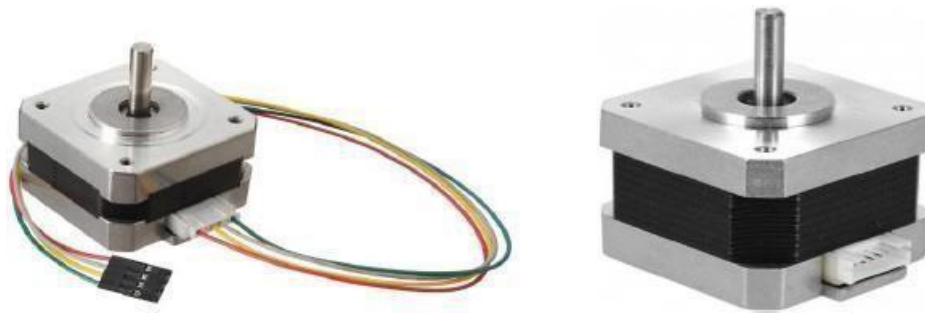


Figure 2.8: Moteur pas à pas

2.3.1.2 Principe de fonctionnement

Le moteur pas à pas, représenté à droite, est constitué d'un rotor aimanté (en gris) avec deux pôles, Nord et Sud, ainsi que d'un double-stator (une partie en bleu, l'autre en vert) : le moteur pas à pas fonctionne en convertissant des impulsions électriques en mouvements mécaniques, en se déplaçant par pas précis. Il est constitué d'un stator avec des bobines qui créent des champs magnétiques et d'un rotor qui est attiré par ces champs. En commutant l'alimentation des bobines, le rotor est déplacé par pas de rotation [9].

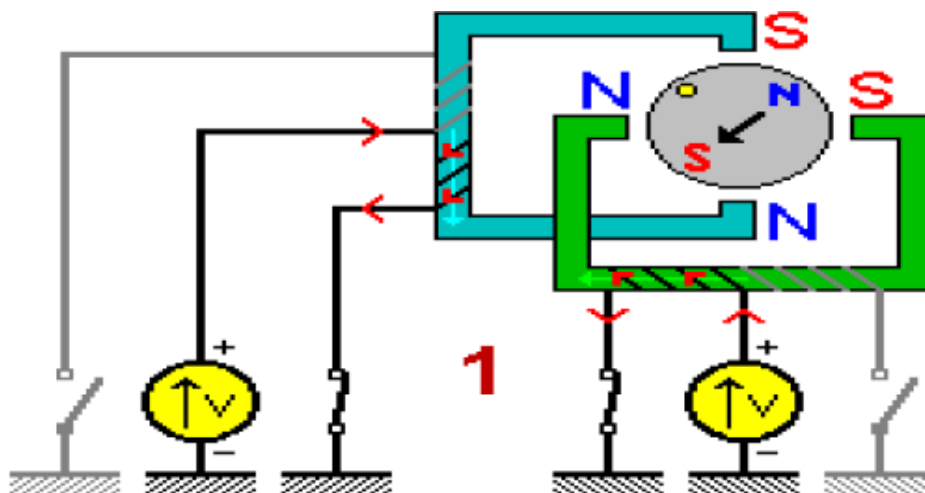


Figure 2.9: Conception de rotor, stator et circuit stepper

2.3.1.3 types des moteurs pas à pas

Il existe une grande variété de types de moteurs pas à pas, dont certains nécessitent des pilotes très spécialisés. Pour nos besoins, nous nous concentrerons sur les moteurs pas à pas qui peuvent être entraînés avec des pilotes couramment disponibles. Ce sont: des moteurs pas à pas à aimant permanent ou hybrides, bipolaires biphasés ou unipolaires 4 phases [9].

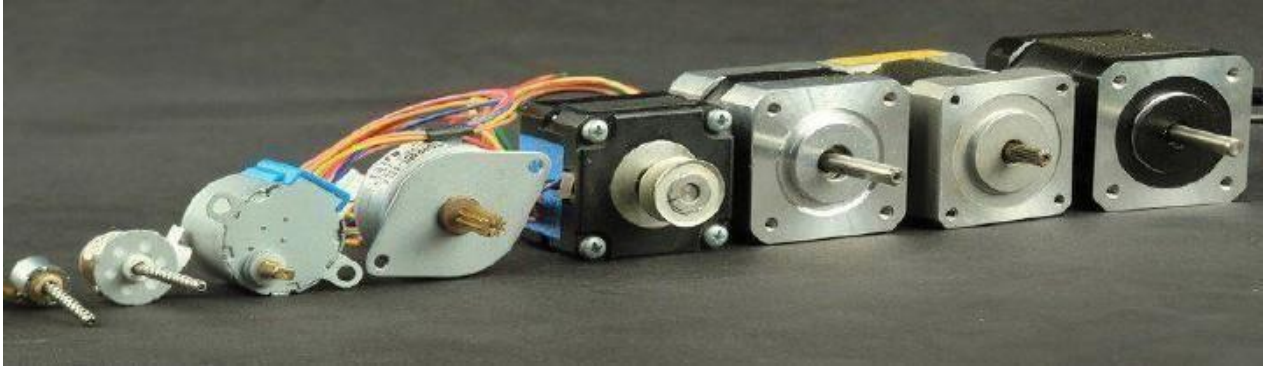


Figure 2.10: Types de moteur pas à pas

► **Observation :**

Nous avons dans ce projet le Moteur pas à pas **NEMA 34**.

► **Pourquoi :**

Le choix du moteur **NEMA 34** s'explique par sa robustesse et son couple élevé et leur efficacité, particulièrement adaptées aux tâches de soudage dans la machine **CNC** .



Figure 2.11: moteur pas à pas NEMA 34

2.3.14 Moteur NEMA 34

Le Moteur pas à pas hybride NEMA 34 est un type spécifique de moteur pas à pas qui adhère à la norme NEMA (National Electrical Manufacturers Association) pour les tailles de châssis de moteur. Le « 34 » dans NEMA 34 indique la taille du cadre du moteur, en particulier une bride carrée de 3,4- pouces (86x86 mm). Les moteurs pas à pas hybrides, y compris ceux de la catégorie NEMA 34, combinent les caractéristiques des moteurs pas à pas à aimant permanent (PM) et à réluctance variable (VR), d'où le terme « hybride ».

[9] .

NEMA : National Electrical Manufacturers Association [9].

2.3.1.5 Dimension du moteur NEMA 34

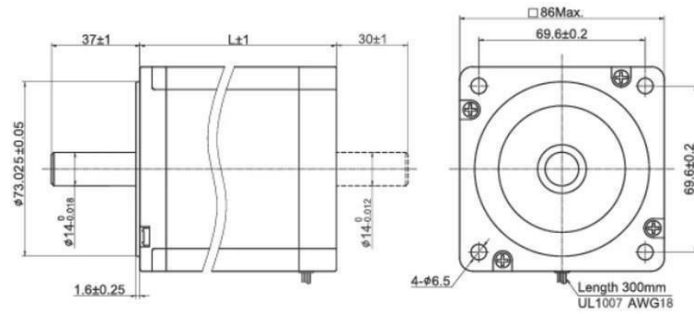


Figure 2.12: Dimension du moteur NEMA 34

2.3.2 Tête de soudage MIG

La "tête de soudage MIG", c'est le pistolet ou la torche que le soudeur tient pour diriger le filélectrode et le gaz de protection lors du soudage MIG (Metal Inert Gas). Elle fait partie intégrante du processus de soudage semi automatique ou automatique.

Le principe de fonctionnement repose sur la création d'un arc électrique entre le filélectrode (qui sert également de métal d'apport) et la pièce à souder. Cet arc, protégé par un gaz inerte (MIG) ou actif (MAG), fait fondre le métal et permet de réaliser la soudure [11].



Figure 2.13: Tête de soudage MIG

2.3.3 Alimentation (Power supply)

Une alimentation électrique est un dispositif au appareil qui fournit de l'énergie électrique à une charge. Son principal objectif est de convertir le courant électrique provenant d'une source en une tension, un courant et une fréquence appropriés pour alimenter cette charge. C'est pourquoi les alimentations sont parfois appelées convertisseurs de puissance électrique. Certaines alimentations sont des équipements autonomes distincts, tandis que d'autres sont intégrées aux appareils qu'elles alimentent [12].

les sources d'énergie sont parfois appelées transformateurs de puissance électrique. Certains blocs d'alimentation sont des équipements autonomes séparés, tandis que d'autres sont inclus dans des chargeurs qui les entraînent.

Le boîtier d'alimentation est prévu pour une sortie 220V- 50Hz et 60Hz norme française. Il peut servir pour toutes les utilisations qui nécessitent une transformation 24V/12V [8].



Figure 2.14: Bloc d'alimentation (Power supply)

2.3.4 arrêt d'urgence (E-STOP)

Un bouton d'arrêt d'urgence (E-STOP) est un dispositif de sécurité qui permet d'arrêter rapidement et de manière fiable une machine ou un système en cas d'urgence. Il est conçu pour être facilement accessible et actionné par une personne, même en situation stressante, pour prévenir des accidents potentiels [12].



Figure 2.15: Bouton d'arrêt d'urgence (E-STOP)

2.4 Partie Logiciel

2.4.1 CAO et FAO (CAD /CAM)

2.4.1.1 Le CAO (CAD)

Définition et Caractéristiques CAO : ces trois lettres signifient « **conception assistée par ordinateur** ». En anglais **CAD (Computer-Aided Design)**) Les logiciels de CAO sont principalement utilisés par les concepteurs et les designers. Ils offrent une modélisation en 2D (deux dimensions) ou en 3D (trois dimensions) d'un objet. Cela permet d'avoir une meilleure visualisation du produit avant qu'il soit mis en fabrication. Ainsi, certaines erreurs de conception peuvent être évitées à un stade précoce. Ceci fait ainsi économiser temps, argent et matières premières. Utiliser un bon logiciel de conception assistée par ordinateur est primordial pour une entreprise. Le logiciel de conception assistée par ordinateur peut être couplé à un logiciel de GPAO, c'est-à-dire de gestion de la production assistée par ordinateur. Cela permet de voir, en amont, le processus nécessaire à la fabrication en série [1].

Exemple : CoralDraw , Solidworks

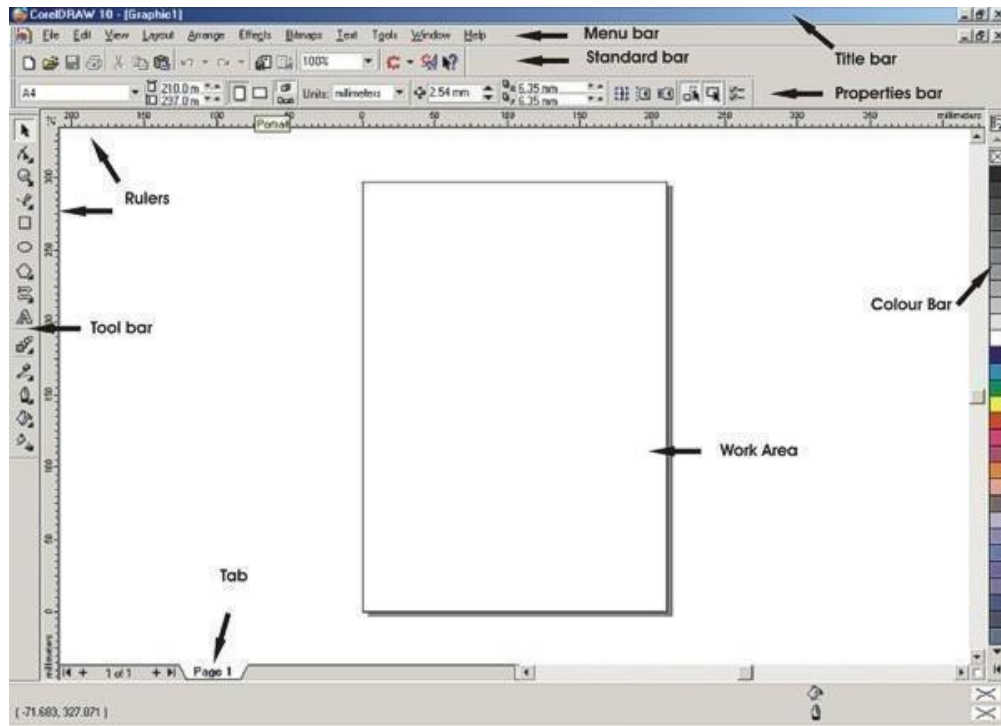


Figure 2.16: Interface de CoralDraw

2.4.1.2 La FAO (CAM)

définition et caractéristiques FAO: L'acronyme FAO veut dire « **fabrication assistée par ordinateur** ». En anglais **CAM (Computer Aided Manufacturing)** Il s'agit en réalité des logiciels de programmation. La fabrication assistée par ordinateur consiste à envoyer à une machine outil un programme informatique. En exécutant ce programme, la machine va réaliser elle même certaines tâches pour produire un objet. Dans la plupart des entreprises, la fabrication assistée par ordinateur est intégrée à la conception grâce à un logiciel de CFAO (conception et fabrication assistées par ordinateur).

La plupart des ingénieurs maîtrisent les logiciels de CAO, mais une bonne connaissance de l'interaction entre les logiciels de CAO et de FAO est fondamentale. Elle permet d'apporter des améliorations dans les phases de conception et d'analyse de la planification des produits. L'idéal est de pouvoir bénéficier d'une solution globale, qui intègre les différents logiciels. Ainsi, les données sont partagées par tous les intervenants, à chaque stade [5].

Exemple: Mastercam , SolidCAM , Fusion 360 (Autodesk)

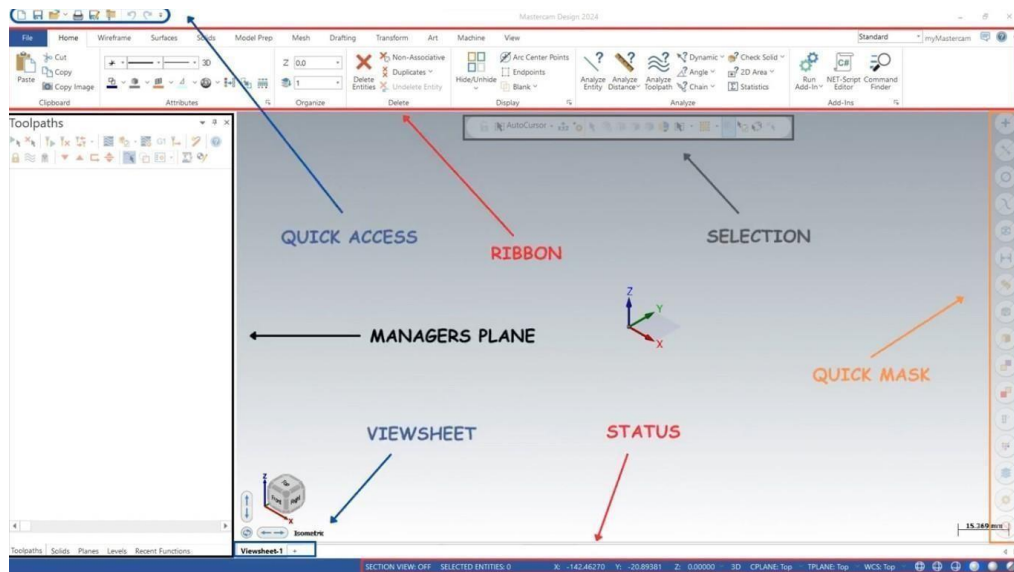


Figure 2.17: Interface de MasterCam

2.4.2 G-Code

2.4.2.1 Définition

un G-code est un ensemble d'instructions entre l'ordinateur et la CNC. Puisque le G-code souligne le rôle de des machines-outils' mouvement géométrique, il est parfois appelé Gestalt Code.

Ils sont rédigés sous la forme d'un plan d'action étape par étape, chaque code représentant une fonction. En vérité, il existe toutes sortes de Commandes de code G, couvrant en profondeur tout, du mouvement sur l'axe X au contrôle de la vitesse de broche et aux changements d'outils. Ces codes, en fait un ensemble d'instructions pour les machines elles mêmes, décrivent comment manœuvrer et utiliser divers outils de coupe afin que les matières premières puissent être transformées en produits finis.

Les techniques de production manufacturière impliquent automatisation et répétition, le G-code est donc une première étape importante. Grâce au code G fourni par les ingénieurs et les concepteurs utilisant des commandes numériques informatisées, le logiciel de FAO produit une chaîne d'instructions pour des opérations de fabrication spécifiques. Cela conduit à un langage commun compris par tous Machines CNC, avec la capacité de produire également des composants complexes pour divers domaines [6].

2.4.2.2 Applications du G-CODE

Le langage de programmation le plus tendance pour Usinage CNC, tels que les fraiseuses, les tours et les routeurs, est un code G. L'ordinateur indique à la machine comment les couper morceaux de matières premières en produits finis.

Le G-code est au cœur de l'impression 3D, où il indique à l'imprimante quelle séquence utiliser lors du placement du matériau couche par couche pour créer un objet en trois dimensions. Chaque commande G-code fait référence au mouvement d'une partie de la tête d'impression et à l'expulsion du matériau.

De plus, G-code gère réglages de température par exemple, la température de la buse et la température du lit chauffé sont toutes définies en fonction des exigences de dépôt de matériau et d'adhésion.

Les structures de support peuvent également être scriptées dans le code G pour aider à stabiliser les éléments en surplomb pendant l'impression [6].



Figure 2.18: G-CODE pour l'usinage CNC

2.4.2.3 Liste de G-CODE

Table 2.3: Les principales fonctions des codes G

G CODE	FONCTION
G00	Positionnement rapide (Rapid positioning)
G01	Interpolation linéaire (Linear interpolation)
G02	Interpolation circulaire sens horaire (CW)
G03	Interpolation circulaire sens antihoraire (CCW)
G04	Pause / Attente (Dwell)
G20	Unité en pouces (Input in inch)
G21	Unité en millimètres (Input in mm)
G28	Retour au point de référence (Return to reference point)
G40	Annulation de la compensation outil (Cutter compensation cancel)
G41	Compensation outil à gauche (Cutter compensation left)
G42	Compensation outil à droite (Cutter compensation right)
G43	Compensation de longueur outil (+)
G44	Compensation de longueur outil (-)
G49	Annulation de la compensation de longueur
G73	Cycle de perçage à répétition (Peck drilling cycle)
G74	Cycle de taraudage (Counter tapping cycle)
G76	Cycle d'alésage de précision (Fine boring cycle)
G80	Annulation des cycles fixes (Canned cycle cancel)
G81	Cycle de perçage / alésage (Drilling cycle, spot boring)
G82	Cycle de perçage avec pause (Counter boring)
G83	Cycle de perçage à répétition profond (Peck drilling cycle)

2.5 Partie Mécanique

du mouvement. La majorité des déplacements sont linéaires, bien que certains axes puissent impliquer des mouvements rotatifs. Ces mouvements sont générés grâce à des moteurs pas à pas qui transmettent leur rotation à travers des vis à billes, des rails de guidage et d'autres éléments mécaniques. L'ensemble permet un positionnement précis et fluide des différents axes de la machine, assurant ainsi la qualité du travail réalisé.

2.5.1 La Structure Mécanique De CNC

2.5.1.1 Le bâti (châssis)

Le "bâti" ou "châssis" d'une machine CNC est la structure physique qui supporte tous les autres composants de la machine, comme le banc, la colonne, les rails de guidage et la table de travail. Il est crucial pour la stabilité, la précision et la robustesse de la machine, car il doit résister aux forces générées pendant l'usinage. En d'autres termes, le bâti est le squelette de la machine CNC, tout comme le châssis l'est pour une voiture [13].

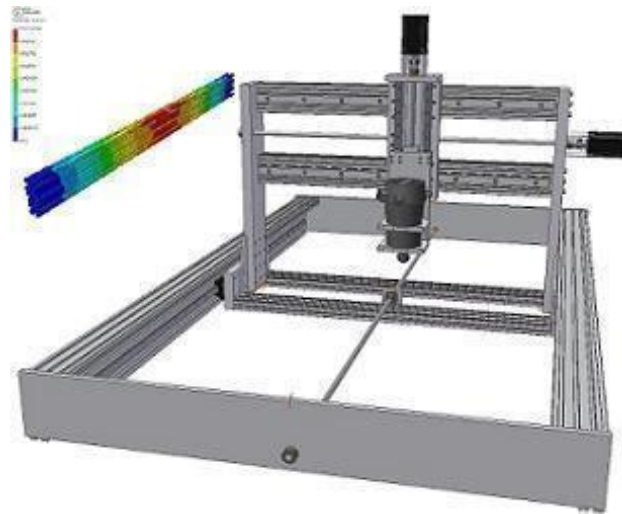


Figure 2.19: Le bâti (châssis) de CNC

2.5.2 Transformation du mouvement

Il existe 3 types de Transformation du mouvement:

1. **Vis-écrou**
2. **Vis à billes**
3. **Pignons et Crémaillères**

► **Observation**

Nous avons choisi le système **vis-écrou** dans les trois axes de la machine repose sur sa précision, sa stabilité, sa sécurité mécanique en axe vertical et sa simplicité d'intégration, tout en ayant un coût réduit. Comparé à la vis à billes, il est sensible à la chaleur et complexe à monter. En ce qui concerne le système pignon-crémaillère, il est plutôt adapté aux mouvements longs, mais il nécessite un système de lubrification ainsi qu'une maintenance régulière.

2.5.2.1 vis-écrou

Un système vis-écrou est un dispositif mécanique qui permet de transformer un mouvement de rotation en un mouvement de translation, ou inversement. Il est constitué d'une vis (une tige filetée) et d'un écrou (une pièce avec un filetage interne) qui se l'un à l'autre [14].



Figure 2.20: vis-écrou

La vis tournant autour de son axe principal qui entraîne un écrou en translation.

Relation : Pour un tour de vis, l'écrou avance du pas de l'hélice.

$$v = \text{Pas} \times \omega$$

- ▶ v : vitesse linéaire (m/s)
- ▶ Pas: en (m)
- ▶ ω : vitesse angulaire (rad/s) [8]

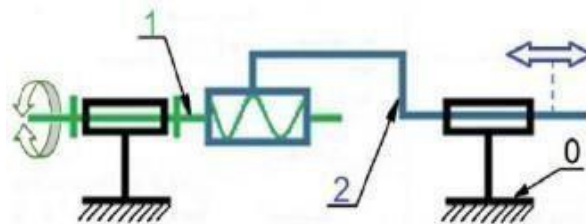


Figure 2.21: La Forme de Système vis-écrou [8]

2.5.3 Les Axes de Déplacement (X, Y, Z)

En CNC, les axes X, Y et Z représentent les mouvements de l'outil ou de la pièce en trois dimensions. L'axe X est le mouvement horizontal de gauche à droite, l'axe Y est le mouvement horizontal d'avant en arrière, et l'axe Z est le mouvement vertical de haut en bas.

▶ Axe X:

Le mouvement horizontal de gauche à droite, le long de la longueur de la machine.

► **Axe Y:**

Le mouvement horizontal d'avant en arrière, le long de la largeur de la machine.

- **Axe Z:** Le mouvement vertical de haut en bas, souvent associé à la profondeur de l'usinage.



Figure 2.22: Les Axes de Déplacement (X, Y, Z)

Conclusion

Dans ce chapitre, Nous avons eu l'opportunité de plonger dans la conception de la machine. À travers le choix des composants électroniques, la réflexion sur la structure mécanique, et l'architecture de commande, on a construit une vision globale du système qui sera mis en place.

Ce travail m'a permis de faire des choix techniques éclairés., en intégrant des éléments compatibles entre eux (carte Mach3, drivers, moteurs NEMA 34, capteurs de fin de course...). Nous avons aussi commencé à voir comment chaque pièce, même la plus simple, joue un rôle essentiel dans le fonctionnement global de la machine. Cette étape a amélioré ma capacité à passer de la théorie à la construction d'un système réel.

Réalisation De La Machine CNC

Introduction

Ce chapitre est dédié à l'étude de la partie conception de projet de la machine CNC remplissage par soudage. L'approche adoptée repose sur la modélisation d'un prototype 3D à l'aide du logiciel SolidWorks, permettant ainsi de visualiser l'architecture générale de la machine et de définir les principaux composants mécaniques. Même si aucune réalisation physique n'a été effectuée, cette étape de conception joue un rôle essentiel dans l'évaluation de la faisabilité technique du projet et dans l'anticipation des éventuelles contraintes liées à la fabrication.

3.1 Conception Hardware

3.1.1 Partie électrique et commande

Le schéma électrique montre la connexion entre la carte Mach3 (interface de commande), les drivers DMA860H, les moteurs pas à pas NEMA 34 ainsi que les fins de course. Ces éléments sont alimentés via une source de 24V DC. La carte reçoit les signaux du logiciel Mach3 sur PC et les transforme en impulsions électriques interprétées par les drivers, permettant un positionnement précis de chaque axe.

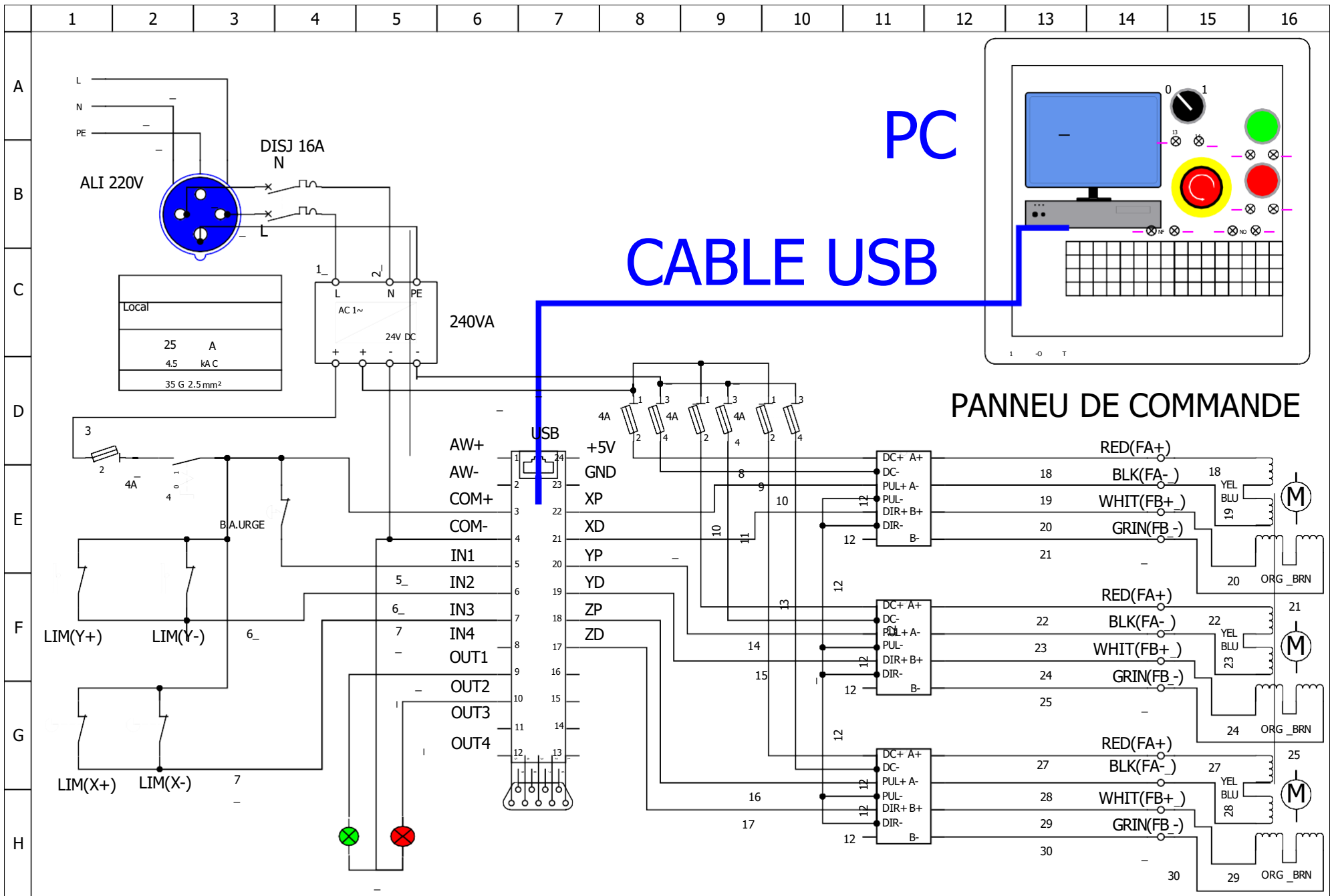
Mach3: Permet la distribution des signaux de commande numériques vers les drivers de moteurs pas à pas. Elle reçoit les signaux du logiciel (Mach3, par exemple) via le port parallèle.

Drivers de moteurs pas à pas : Reçoivent les signaux PUL (Pulse), DIR (Direction), et ENA (Enable) pour contrôler les moteurs selon les instructions reçues.

Moteurs pas à pas (Stepper Motors) : Assurent les déplacements des axes (X, Y, Z) de manière précise et contrôlée

Alimentation électrique : Fournit les tensions nécessaires au bon fonctionnement des moteurs .

Capteur de fin de course: Permettant de détecter les limites de chaque axe .



3.2 Conception Software

3.2.1 Intégration du processus CAD / CAM / G-code dans le projet

Au cours du développement de ce projet, Nous avons eu l'occasion d'appliquer concrètement une chaîne numérique complète, partant de la conception de la pièce jusqu'à l'exécution finale via la machine CNC. Cette chaîne repose sur trois étapes fondamentales : la conception (**CAO**), la fabrication assistée (**FAO**), et l'exécution via **G-code**, avec l'appui du logiciel de commande **Mach3** [1].

3.2.1.1 Conception de la pièce (CAO)

Avant toute chose, il a fallu modéliser la pièce sur laquelle sera effectuée l'opération de remplissage par soudage. par un logiciel de dessin technique comme **CoralDraw** Ce travail permet de définir de manière très précise

- ▶ Les dimensions réelles
- ▶ Les points et lignes de soudage
- ▶ les Limites du parcours que devra suivre la tête de soudage

Cette modélisation est essentielle car elle garantit une fidélité entre le besoin technique et le mouvement réel de la machine. Une fois le dessin terminé, je l'ai enregistré au format **.dxf**, un format standard très utilisé pour l'échange entre logiciels de CAO et FAO.

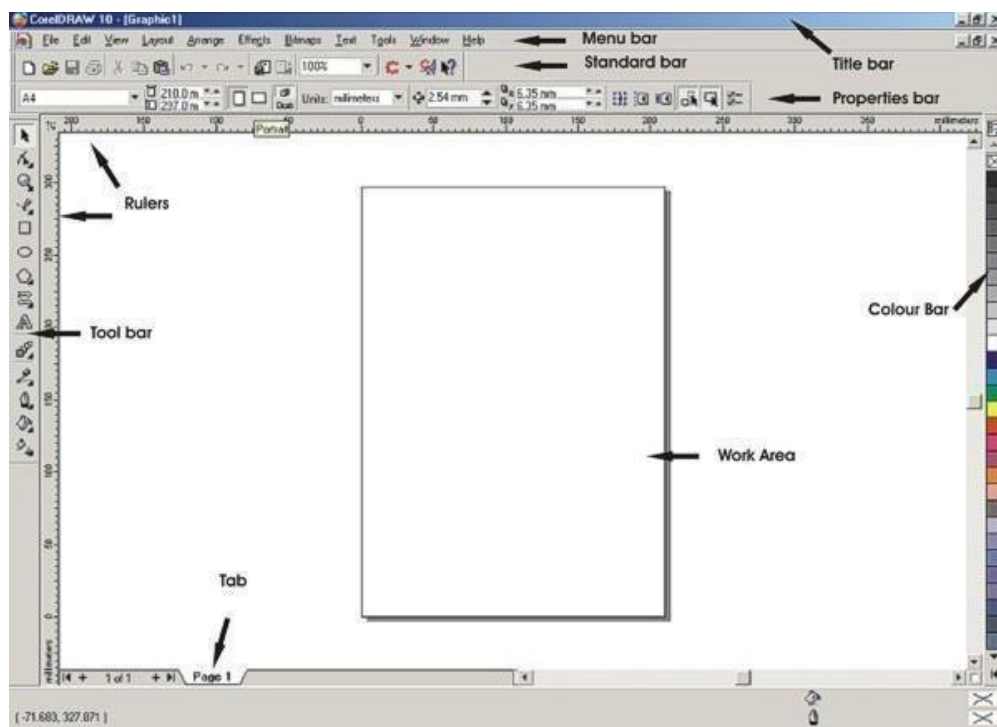


Figure 3.3: Interface de CoralDraw

3.2.1.2 Génération des trajectoires (FAO)

Le fichier **.dxf** a ensuite été importé dans un logiciel **FAO (MasterCam)** pour transformer ce simple dessin en instructions que la machine peut réellement comprendre. Cette étape est très importante car elle me permet de :

- ▶ configurer le sens et la vitesse de déplacement de chaque axe (X, Y, Z)
- ▶ choisir le point de départ de la soudure
- ▶ définir quand l'outil doit s'activer ou s'arrêter

Le logiciel **FAO** génère ainsi un fichier de commande numérique appelé **G-code**, lequel est sauvegardé généralement au format **.txt** ou **.nc, .tap**, en fonction du logiciel utilisé. Ce fichier contient l'ensemble des commandes que la machine doit suivre ligne par ligne, avec une précision au dixième de millimètre [1].

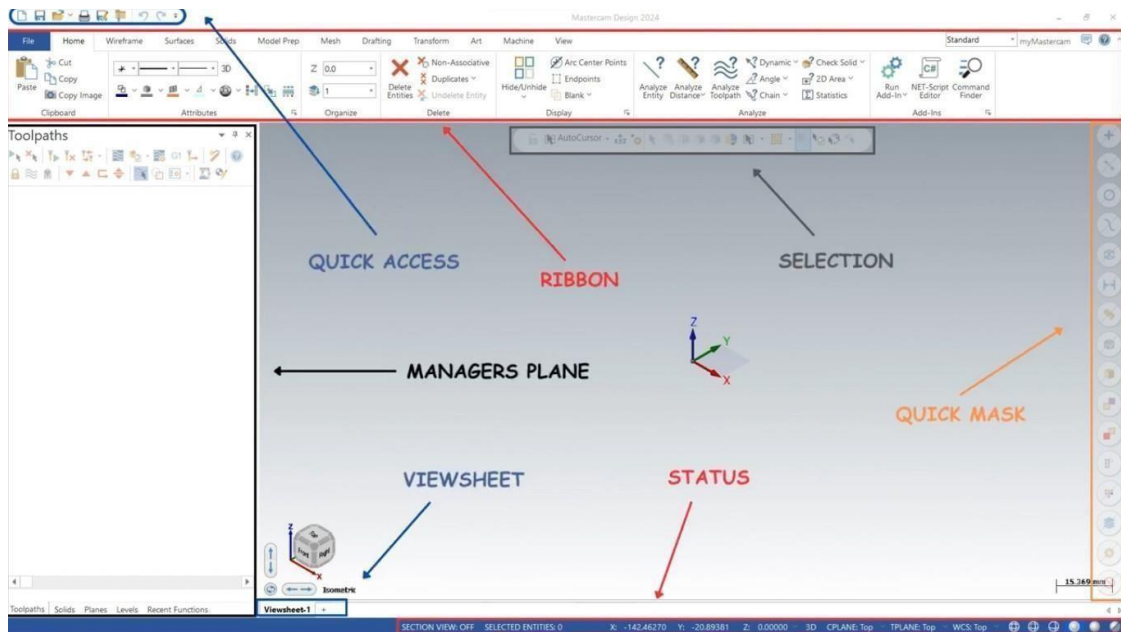


Figure 3.4: Interface de MasterCam

3.2.1.3 Exécution du programme via Mach3

Une fois le **G-code** généré, il est importé dans le logiciel **Mach3**, une interface puissante utilisée pour piloter les machines **CNC**. Le fichier est chargé via la fonction **"Load G-code"**, après l'utilisateur peut :

- ▶ Simuler le parcours de l'outil
- ▶ Définir le point zéro (origine de la pièce)
- ▶ Ajuster les vitesses et les accélérations
- ▶ Lancer l'exécution réelle du programme

Mach3 se charge ensuite d'interpréter le G-code ligne par ligne et d'envoyer des signaux précis vers la carte électronique (**carte Mach3**), laquelle dirige à son tour les drivers des moteurs pas à pas [1].

Ce processus assure une coordination fluide et synchronisée entre le logiciel et la partie matérielle de la machine, garantissant ainsi une exécution précise de l'opération de soudage.

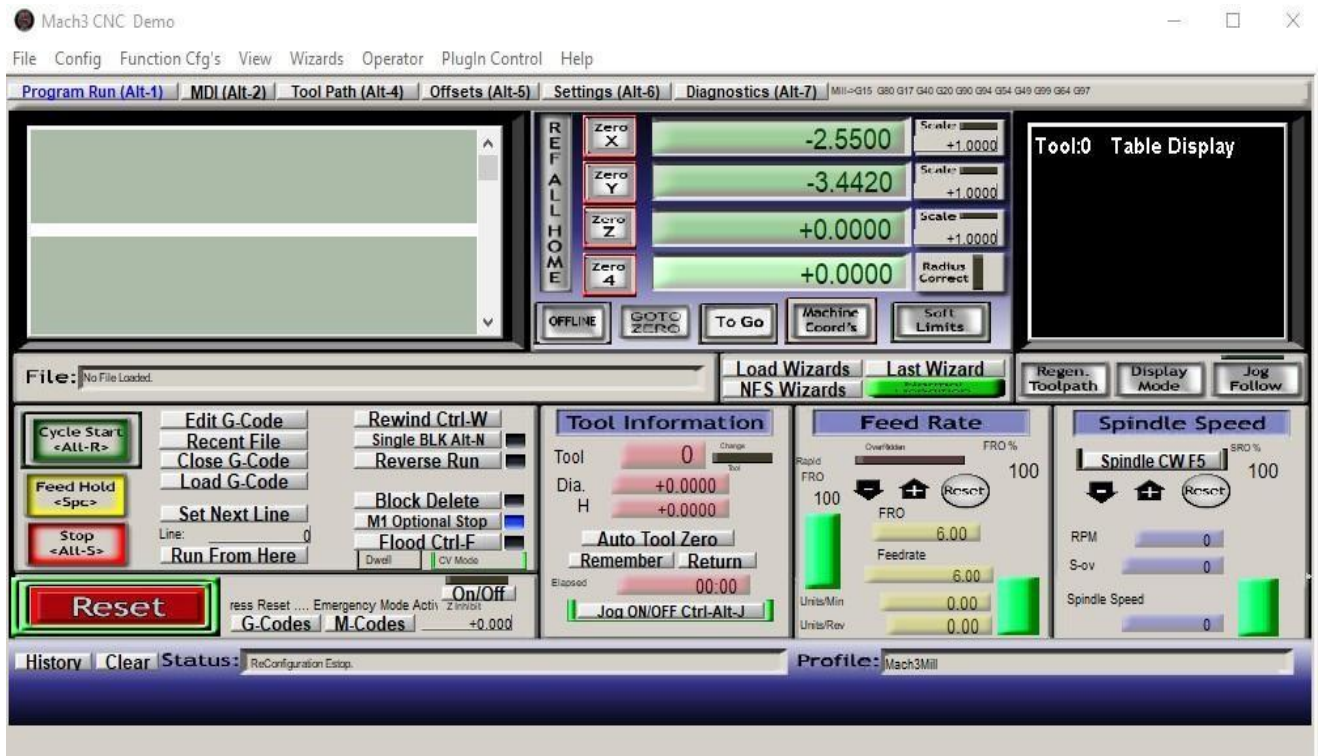


Figure 3.5: Interface Mach3

3.2.1.4 Tableau du processus CAD / CAM / G-code

Étape	Fichier généré	Logiciel utilisé
Conception CAO	.dxf	SolidWorks, CorelDRAW
Génération FAO	.nc, .tap, .txt	MasterCAM, Fusion 360
Exécution machine	G-code	Mach3

Table 3.1: Chaîne numérique utilisée

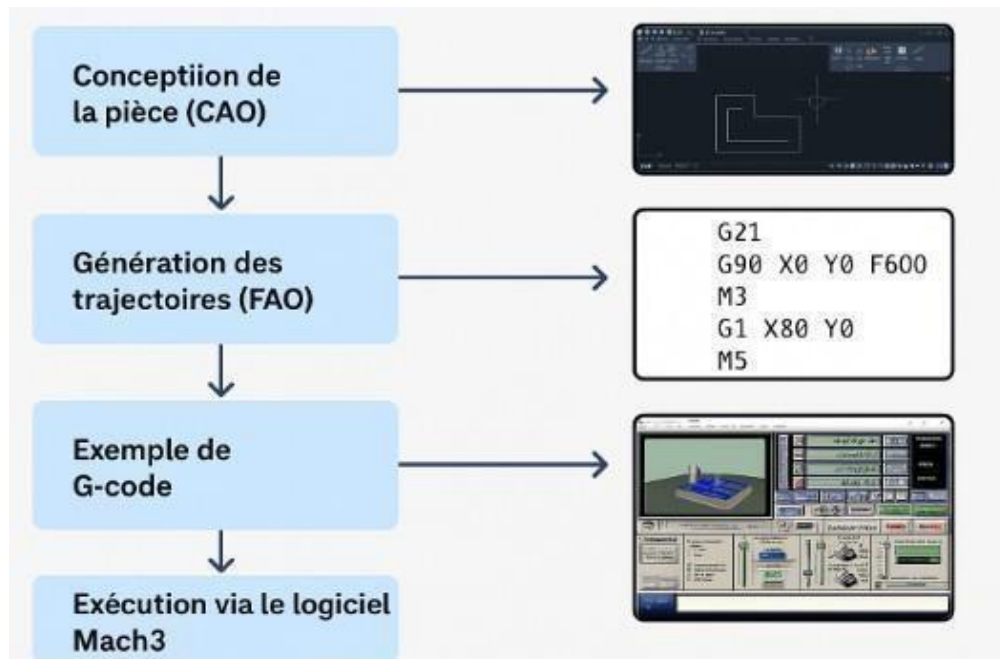


Figure 3.6: Les étapes de mode d'emploi

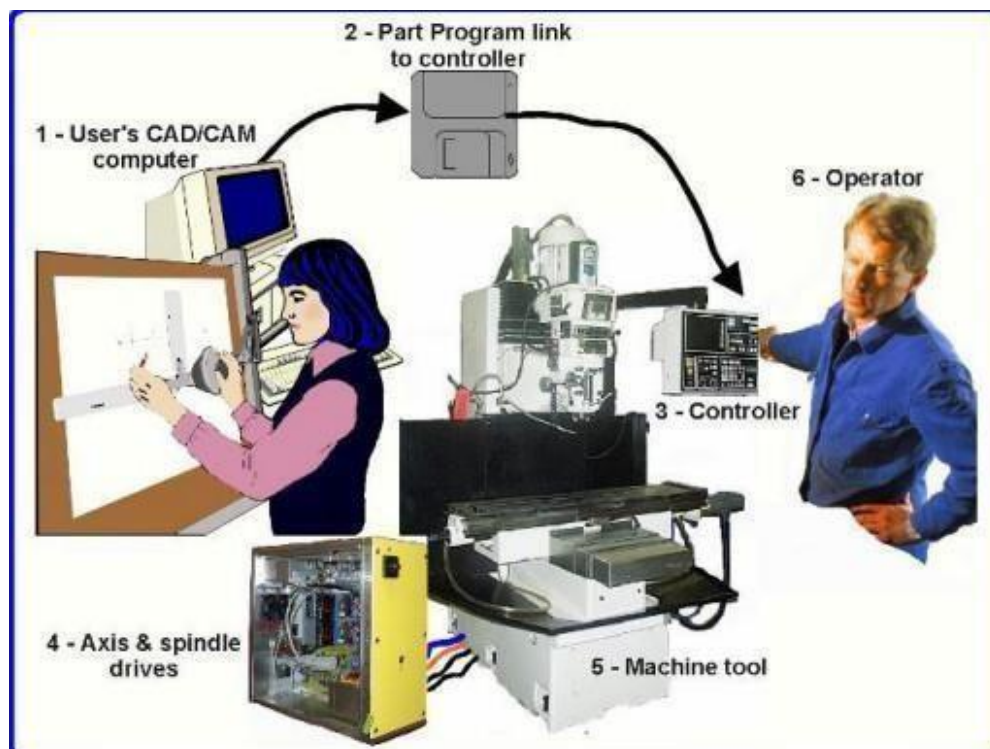


Figure 3.7: système de contrôle numérique typique

3.3 Modélisation 3D finale et assemblage de la machine

Après avoir bien défini les besoins techniques et fonctionnels de la machine CNC pour le soudage, on a commencé la phase de modélisation 3D à l'aide de SolidWorks. Cette

étape m'a permis de visualiser concrètement la structure de la machine, Pour visualiser comment chaque composant allait s'intégrer et plus important encore est vérifier que tout fonctionne bien ensemble avant de passer à la réalisation. vérifier que tout fonctionne bien ensemble avant de passer à la réalisation.

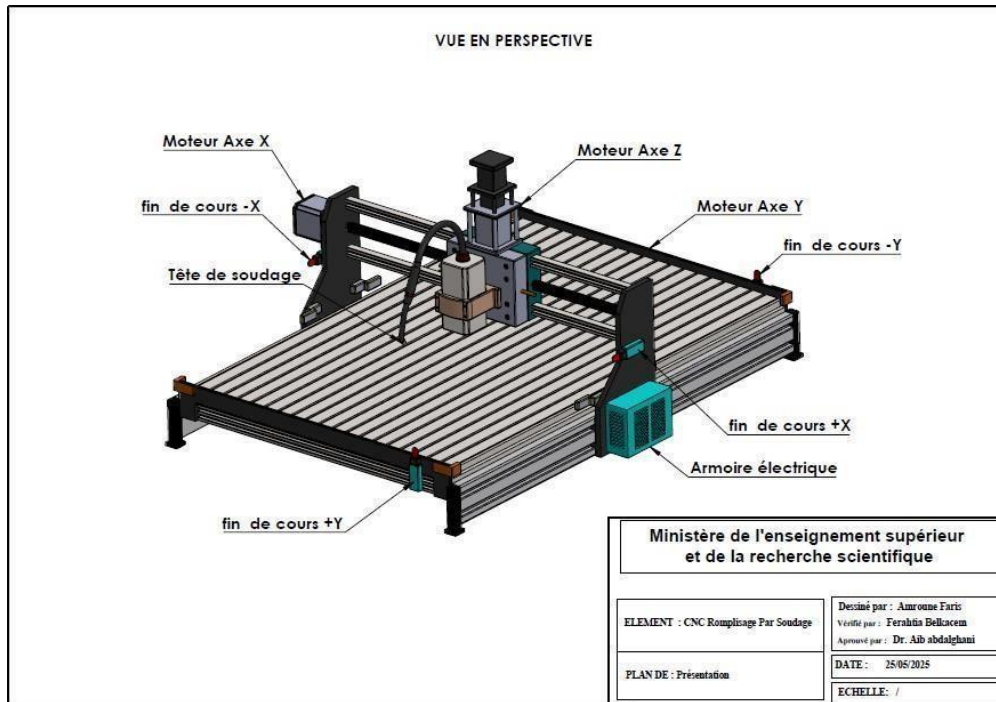


Figure 3.8: Vue en perspective de la machine CNC avec l'identification des composants principaux

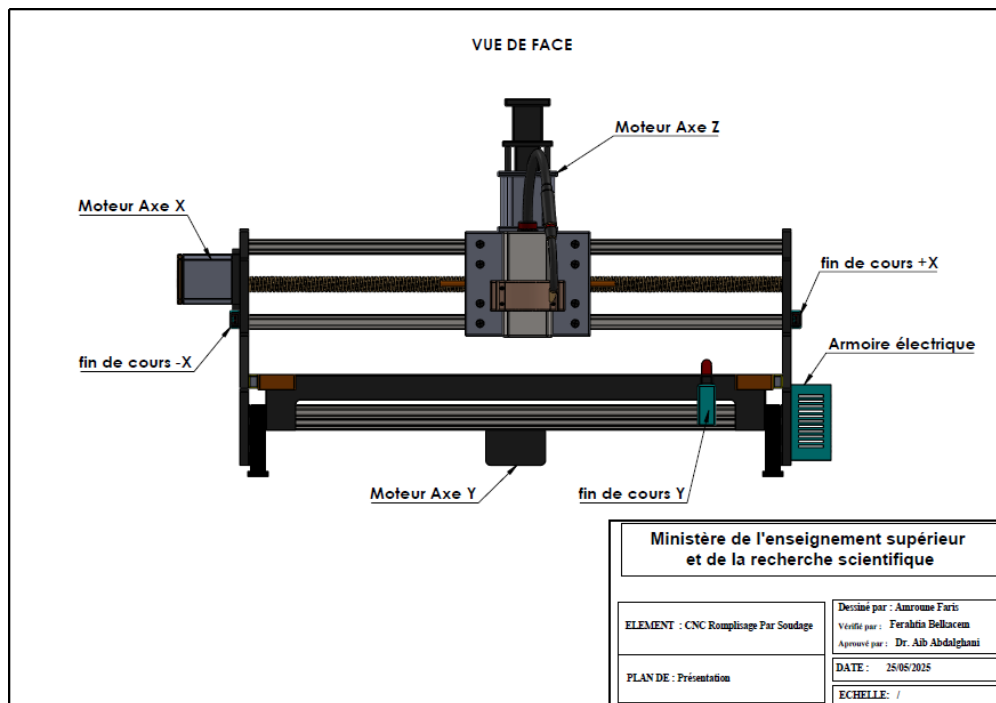


Figure 3.9: Vue de Face de la machine CNC

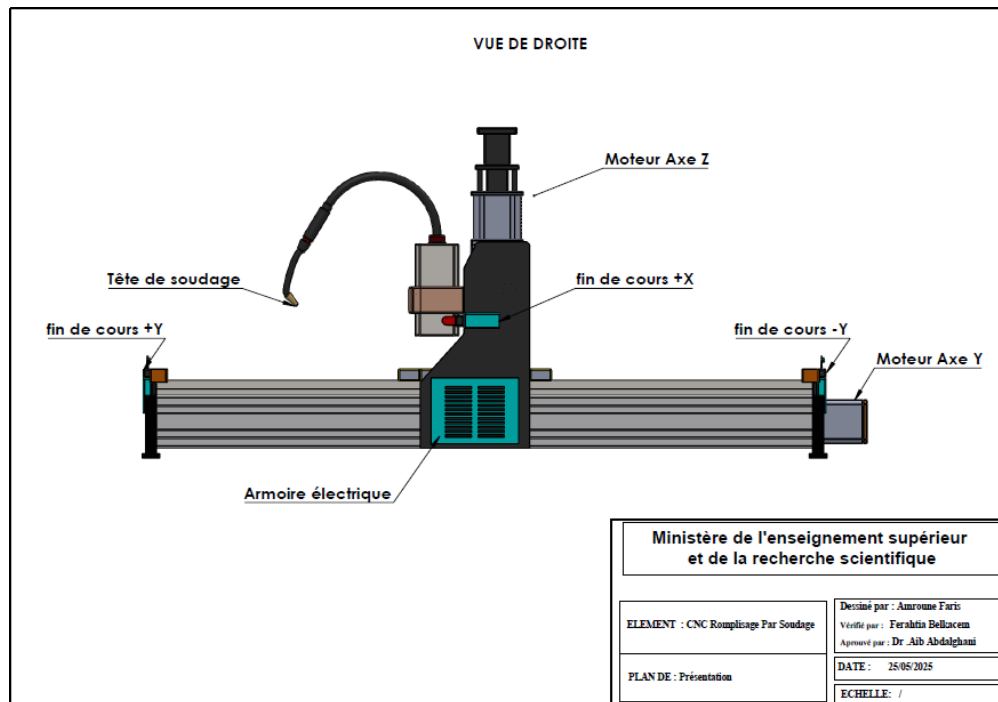


Figure 3.10: Vue Droite de la machine CNC

Conclusion

Ce dernier chapitre a permis de concrétiser les choix techniques établis précédemment, à travers une modélisation détaillée de la plateforme CNC dédiée au soudage. Grâce à l'utilisation de SolidWorks, il a été possible de visualiser l'ensemble de la structure, d'assurer la cohérence de l'assemblage, et d'anticiper les éventuelles difficultés techniques avant toute mise en œuvre réelle.

Bien que le système n'ait pas encore été fabriqué, cette phase de conception virtuelle a offert une vision claire de la faisabilité du projet, tout en renforçant le lien entre théorie et pratique.

Elle représente ainsi une étape déterminante, posant les bases nécessaires à toute évolution ou réalisation future, et venant clore la phase de développement technique du projet

Conclusion générale



Ce mémoire a présenté l'ensemble du travail mené autour de la conception et de la modélisation d'une machine CNC dédiée au soudage automatique. Le projet est né d'un constat clair : le manque de solutions accessibles combinant simplicité, efficacité et facilité d'utilisation dans ce domaine spécifique.

L'objectif principal consistait à développer une machine capable de suivre automatiquement un trajet de soudage avec précision, en s'appuyant sur des composants disponibles sur le marché tels que la carte Mach3 et les moteurs NEMA 34.

La modélisation 3D de la structure, réalisée à l'aide du logiciel SolidWorks, a permis de vérifier la cohérence du design et d'anticiper les éventuelles contraintes avant toute phase de réalisation concrète.

Le travail a constitué une occasion d'appliquer de manière intégrée les compétences acquises au cours de la formation, notamment en électricité, électronique, automatisation, informatique industrielle et mécanique. Il a également permis d'aborder la gestion de projet en contexte réel, face à diverses contraintes techniques, tout en favorisant une approche globale et interdisciplinaire.

Perspectives

Même si la machine n'a pas encore été réalisée physiquement, ce travail ouvre plusieurs perspectives :

- ▶ La réalisation physique de la machine .
- ▶ Ajouter plus d'axes pour augmenter les capacités de la machine .
- ▶ Amélioration de la précision et de la stabilité .
- ▶ Utilisation des matériaux plus robustes pour la structure .
- ▶ Intégration dans des lignes de production .
- ▶ Extension vers d'autres procédés de fabrication .

Bibliographie



- [1] Zeid. I, « Mastering CAD/CAM. McGraw-Hill Education», 2004.
- [2] Roza Ait Rahmane, « Étude et conception d'une machine CNC (découpeuse laser) », Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 2018.
- [3] Industrial Centre, The Hong Kong Polytechnic University. Computer Numerical Control (CNC), Training Material, 2006.
- [4] Groover. M..P, « Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing», Pearson Education, 2007.
- [5] P.N.Rao, « CAD/CAM Principles and Applications», Tata McGraw-Hill, 2010.
- [6] A.Leiva., & de M. Vinck, «CNC Robotics, Build Your Own Workshop Bot», McGraw-Hill Education, 2011.
- [7] Austin Hughes and Bill Drury, *Electric Motors and Drives: Fundamentals, Types and Applications*, Elsevier, Oxford, 4th edition, 2013.
- [8] Ahmed Ouanani., «conception et réalisation d'une machine à commande numérique cnc», Mimeoie final master , Université Mohamed Boudiaf - M'sila 2023.
- [9] J. David Gibson. *Modern Stepper Motor Technology*. Delmar Cengage Learning, 2001.
- [10] P.Radhakrishnan, Subramanyan., «CAD/CAM/CIM», 3^e édition, New Age International Publishers, 2008.
- [11] H. David Phillips,«Welding Engineering: An Introduction», Wiley, 2016.
- [12] <https://www.google.com>,.
- [13] P. Smid, «CNC Programming Handbook», 3^e édition, Industrial Press Inc., 2007.
- [14] R. C Juvinall, & K. M. Marshek, « Fundamentals of Machine Component Design», 5^e édition, Wiley, 2012.

Glossaire



CNC	Commande Numérique par Calculateur
CAO	Conception Assistée par Ordinateur
FAO	fabrication Assistée par Ordinateur
G-CODE	Code de Commande Utilisé par les machines CNC
CAD	Computer Aided Design
CAM	Computer Aided Manufacturing
MIG	Metal Inert Gas
XYZ	Axes Cartésiens
3D	Trois Dimensions
USB	Universal Serial Bus