République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



UNIVERSITE DE MEDEA
Faculté de technologie Département de
Génie Mécanique

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

En vue de l'obtention du Diplôme de Master en Eléctro Mécanique

Spécialité : Mécatronique

Thème

Simulation et commande d'une machine CNC à 3 axes Etude Et Réalisation

Réalisé par :
TADJROUNA Yahia

Dirigé par :
Mr. KHELILI Tahar
Mr. OULD CHERCHALI .N

Promotion : 2017/2018

Remerciment

Je tiens à remercier :

A notre dieu par allah qui nous a donné la force et la santé pour accomplir ce travail.

A ma mère, mon père ainsi que tous les membres de ma famille pour leur soutien financier et moral durant tout mon cursus estudiantin.

Puis notre promoteur: ***khelili tahar*** *et* ***OULD CHERCHALI .N*** *pour l'aide et le soutien qui 'ils m'ont offert le long de mon étude de ce projet. Ensuite, les enseignants du département Génie mécanique pour la qualité de la formation qu'ils m'ont assuré, ainsi que tous les enseignants, le corps administratif et le personnel de l'université Dr Yahia FARES a Médéa .*

Enfin, nos amis : ***NaNa*** *et* ***Salah*** *et* ***Said*** *et* ***Sabiha*** *et* ***Abdo*** *et tous ceux et celles qui ont contribué de près ou de loin pour réaliser ce modeste travail.*

Yahia

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

Mes très chers parents.

Mes frères et soeurs.

Ainsi qu'à tous ceux qui me sont chers

Sans oublier tous les membres de la famille qui avance.

Mes amis de mécanique

Mes amis d'enfance et tous mes amis.

Yahia

الملخص

في إطار المذكرة قمنا بدارسة المحركات خطوة بخطوة من أجل التحكم في آلة التحكم الرقمي أي بمعنى:

- محاكاة التحكم في ثلاثة محركات خطوة بخطوة باستخدام برنامج بروتوس وباستعمال لوحة اردوينو ولوحة التحكم الرقمي.
- لقد استعملنا برامج لتشغيل الة التحكم الرقمي من اجل قراءة صورة للوحة دائرة كهربائية ثم القيام باستخراج ملف Gcode وإرساله عن طريق برنامج universel Gcode sender الى لوحة اردوينو.
- استخدمنا لوحة اردوينو ولوحة التحكم الرقمي في التطبيق العملي.

في الجزء الأخير من المذكرة، قمنا بتصنيع واجراء اختبارات تشغيل على آلة التحكم الرقمي.

الكلمات المفتاحية: المحركات خطوة بخطوة، الة التحكم الرقمي، لوحة اردوينو، لوحة تحكم الرقمي.

Résumé

Le travail développé dans le cadre de ce mémoire a porté sur l'étude des différents moteurs pas à pas en vue de commander une machine CNC, c'est à- dire :

- La simulation de la commande de trois moteurs pas à pas avec le logiciel proteus « isis», en utilisant la carte Arduino Uno et la carte CNC V3 " shields".
- On a exploité les logiciels de commande de la machine CNC pour vectoriser une image de Circuit Imprimé et générer le fichier G-code. Puis nous avons choisi le logiciel Gcode Sender pour transférer le fichier G-code vers la carte Arduino Uno.
- Nous avons utilisé la carte Arduino Uno et la carte CNC V3 " shields" dans la réalisation pratique.

Dans la dernière partie du mémoire, nous présentons la fabrication de la machine CNC et les tests sur le fonctionnement de cette machine.

Les mots clé : Moteur pas à pas, CNC machine, Arduino , Carte CNC V3 " shields".

Abstract

The developed work in this memory is taking over the study of different stepper Motors to command a machine CNC , it means :

- The simulation of the command of three stepper Motors with the Proteus software <isis> using the Arduino Uno board and the CNC V3 " Shields" board.
- The control software of the CNC machine has been used to vectorize an PCB image and generate the G-code file. Then we have choose the Gcode Sender software to transfer the G-code file to the Arduino Uno board.
- We used the Arduino Uno board and the CNC V3 board "shields" in the practical realization.

In the last part of the memory, we present the manufacture of the CNC machine and the tests over the functioning of this machine.

Keywords: Stepper motors, CNC machine, Aduino, CNC V3 board " Shields".

Sommire

Introduction générale ……..1

Chapitre I : Généralité sur la Machine CNC

I.1 Introduction……4

I.2. Historique……...7

I.3.Définition……8

I.4 Domaine d'utilisation……..8

I.5 Principe de fonctionnement……8

I-6 La structure d'une machine à commande numérique……9

I.7 La commande numérique par calculateur(CNC)……..10

I.8 Les types de la machine CNC à 3 axes……..…12

I.9. Programmation de commande numérique……..…14

I.10. Conclusion……..15

Chapitre II : Partie électrique de la machine cnc

II.1. Introduction……18

II.2. Les Moteurs Pas à Pas……18

II.2.1 Historique……18

II.3. Domaines d'application d'un moteur pas à pas……..18

II.4. Les types de moteurs pas à pas…….....19

II .4.1. Les moteurs pas a pas à réluctance variable…….…19

II.4.2. Moteur pas a pas à aimants permanents…….……...20

II.4.3. Moteur pas-à-pas hybride MH…….…..21

II.5. Comparaison entre les différents types des moteurs pas à pas……23

II.6. Avantages et inconvénients des moteurs pas à pas……..23

II.7. Définition du module Arduino……24

II.7.1. Les différents types des cartes ‘Arduino’……..……..24

II.7.2. Les gammes de la carte Arduino……..……...25

II.7.3. La carte Arduino Uno et Duemilanove……..…..…25

II.7.4. Caractéristiques techniques de l’Arduino UNO……..…26

II.7.5. Schéma simplifié de la carte Arduino UNO……...27

II.7.6. Description matérielle…….……....28

II.7.8. Présentation du logiciel…….…..….32

II.8. Les drivers……...……..…34

II.8.1 Commande moteur pas à pas……..……..…34

II.8.2. la carte CNC V3 " shields"…….…….....34

II.8.3. Carte EasyDriver 4.4……...…….…….….36

II.9. Conclusion……...38

Chpitre III Partie programmation de la machine CNC

III.1. Introduction…….…..40

III.2. Langue de contrôleurs numériques « G-code »……40

III.2.1. Description……..…40

III.2.2 Format d’une ligne……..40

III.2.3 Les principales fonctions de G-code……...41

III.3. L’éditeur du texte ou image compilateur de langage CNC……..42

III.3.1 Définition Inkscape……..…….……...…..43

III.3.2. La fenêtre Inkscape…….…….……..…43

III.3.3. Création du document…….……..……..…….…44

III.4. Définition de Universal G code Sender……47

III.4.1. Logiciel de pilotage de la machine CNC……..……...48

III.4.1.1. Modes de commande……..49

III.4.1.2. Mode Configuration……52

III.4.1.3 mode manuel……..52

III.4.1.4 mode automatique……...52

III.5. Langage de programmation la machine CNC……..53

III.5.1. Programme Grbl……..……53

III.6 Conclusion…….……55

Chpitre IV Simulation et Réalisation de la machine CNC

IV.1. Introduction…….…...57

IV.2 Schéma synoptique…….……57

IV.3. Simulation électrique sous Porteuse Professionnel……..……..61

IV.3.1. Présentation générale……..……..….61

IV.3.2. ISIS…….……..……...….61

IV.3.4. Simulation et test le programme……...….61

IV.4.fabrication de cnc machine 2D…….……...63

IV.4.1. Photographies de la machine…….……..……65

IV.4.2. L'emballage des composant électrique…….……..69

IV.4. Conclusion…….70

Conclusion générale……..71

Bibliographie

ANNEXE

Sommire

Liste des figures

Figure I.1 : Impriment 3d……..…4

Figure I.2: Fraiseuse numérique…….…..5

Figure I.3: Tour numérique…….…….5

Figure I.4: machine de découplage……..…6

Figure I.5: Mini traceur……...6

Figure I.6 : Première MOCN en 1955……...7

Figure I.7 Décomposition d'une machine numérique……..….9

Figure I.8: machine à trois axes……10

Figure I.9 : Cycle d'une pièce fabriquée par une commande numérique (CFAO)…….12

Figure I.10: machine CNC à 3 axes……..12

Figure I.11 : machine CNC à 3 axes…….…13

Figure I.12 : machine CNC à 3 axes……13

Figure II.1: moteur à réluctance variable……..…19

Figure II.2: Representation schematique d'un moteur unipolaire……..21

Figure II.3 : Representation schematique d'un moteur bipolaire……...21

Figure II.4 : Moteur hybride (MH)……22

Figure II.5:Carte Arduino "Duemilanove" et "Uno"…….25

Figure II.6 : Module ARDUINO ATMEL UNO……..27

Figure II.7: Schéma simplifié de la carte Arduino UNO……..28

Figure II.8: Entrées/sorties numériques D0 à D13……30

Figure II.9: entrées analogiques A0 à A5……..31

Figure II.10 : Interface du logiciel Arduino……32

Figure II.11: présentation des boutons de la carte Arduino……33

Liste des figures

Figure II.12 . La carte Arduino-CNC-Shield-V3.0……..…35

Figure II.13. le matérielle utilisées……35

Figure II.14. Le schéma de montage……..…36

Figure II.15 : le circuit EasyDriver……...37

Figure II.16 : commande moteur par Easy Driver…….….37

Figure.III.1 l'interface principale d'Inkscape……..….43

Figure III.2: Importation d'une image bitmap……..…...44

Figure III.3 : Vectorisation d'une image bitmap……..…45

Figure III.4:image vectoriel à vocation "artistique……..…45

Figure III.5: vectorielle et image bitmap……..…...46

Figure III.6 : points d'orientations……..…46

Figure III.7: bibliothèque d'outils……47

Figure III.8 : chemin vers G-code……47

Figure III.9 : Universel Gcode Sender……48

Figure III.10 : Onglet « Machine Control »de l'UGC……49

Figure III.11: l'interface de "G-code Sender" on mode manuel……..50

Figure III.12: l'interface de "Gcode sender" choisir le fichier Gcode…….…50

Figure III.13: l'interface de "g code sender" on mode automatique……....51

Figure III.14: envoyé fichée G code……....52

Figure III.15 : Installations de **GRBL** dans l'arduino…….…....54

Figure. III.16 : ouvrire le GRBL……..…55

Figure IV.1 : Schéma synoptique de la commande……...…….57

Figure IV.2 : Une partie du fichier circuits.nrg……58

Figure IV.3 : Chargement du fichier circuits.nrg par universel Gcode sender……...59

Liste des figures

Figure IV.4 : visualisation du fichier circuits.nrg par universel Gcode sender……..59

Figure IV.5 : Chargement de fichier GRBL……..…60

Figure IV.6 : Envoyé le fichier vers la machine CNC……..….60

Figure IV.7: Logiciel ISIS…….61

Figure IV.8 : Montage électronique dans Proteus…….…...62

Figure IV.9 : simulation cnc machine……...62

Figure IV.10 : Arduino Uno……..63

Figure IV.11 : carte CNC V3 shields……63

Figure IV.12 : moteurs pas à pas…….…..63

Figure IV.13 : plaque de contreplaque pour la base du Mini Traceur (axe X)…….….64

Figure IV.14 : des fils……64

Figure IV.15 : alimentation……64

Figure IV.16. Représentation du côté face avant de la machine en axe (X)……..65

Figure IV.17. Représentation du côté gauche de la machine en axe (X)……..65

Figure IV.18. Représentation de la face avant de la machine en axe (Y)…….….66

Figure IV.19. Représentation de la face haute de la machine en axe (Y)…….…66

Figure IV.20. Représentation du face avant de la machine en axe (Z)…….……67

Figure IV.21. Représentation du face avant de la machine en axe (Z)…….……67

Figure IV.22. Représentation du côté gauche de la machine en axe (z)……...68

Figure IV.23. Représentation du côté gauche de la machine……..…..68

Figure IV.24. Représentation du côté haute de la machine……..…69

Figure IV.25. Représentation les éliment de commande……..…69

Liste des tableaux

Tableau II.1 : le mode monophasé biphasé ou demi-pas……..20

Table II.2: Comparaison entre les différents types des moteurs pas à pas…23

Table II.3: les avantages et les Inconvénients des moteurs pas à pas…..…..23

Table II.4: Tableau comparatif des différentes cartes Arduino…….25

Tableau III.1: Tableau d'index du G-code…….……...42

Abréviation

CNC	Commande Numérique par Calculateur
FAO	Fabrication Assisté par Ordinateur
MOCN	Machine-Outil à Commande Numérique
OP	Origine pièce
IGES	Initial Graphics Exchange Specification
STEP	Standard pour l'échange de données de produit (STandard for the Exchange of Product model data en anglais)
DXF	Drawing eXchange Format
DCN	Directeur de Commande Numérique

Introduction Générale

Aujourd'hui, les machines commande numérique par calculateur (CNC) permettent une production économique et rentable. Le contrôle des coûts reste une préoccupation importante. La diminution des quantités des séries et le raccourcissement de la longévité des produits finaux demandent des déroulements de production de plus en plus flexibles.

En résumé, la commande CNC va générer des mouvements selon des consignes numériques et réguler ces derniers par des systèmes en boucle fermée. À noter que les données reçues en entrées par l'automate sont également exploitable par la commande numérique et inversement.

Notre projet est une machine CNC à 3 axes avec la norme ISO de commande numérique (code G). Concevoir la partie commande de cette machine fait appel à des algorithmes d'interpolation, commande des moteurs pas à pas, asservissement, interfaçage Homme-Machine…

Le présent travail s'articule autour des quatre chapitres suivants :

Le premier chapitre, est généralité sur les Machine CNC (commande numérique), dont le but de montrer la définition et l'historique et le principe de fonctionnement et types de la machines CNC à 3 axes et La programmation de commande numérique(CN).

Le deuxième chapitre est consacré à la description des composants électroniques en vue de la commande des moteurs pas à pas, basée sur de la carte Arduino Uno et la carte CNC V3 " shields".

Le troisième chapitre concerne l'étude de la programmation et interface graphique et son application à la machine CNC. La présentation du logiciel Inkscape est un logiciel de dessin vectoriel qui offre une interface graphique de gestion des images vectorielles.

Dans le dernier chapitre, nous allons présenter le lien entre la partie hardware et la partie software puis un test par le logiciel proteus.

Et on termine par une conclusion générale.

CHAPITRE I
GENERALITE SUR MACHINE CNC

I.1. Introduction

La commande numérique (CN) est une technique utilisant des données composées de codes alphanumériques pour représenter les instructions géométriques et technologiques nécessaires à la conduite d'une machine ou d'un procédé.

C'est également une méthode d'automatisation des fonctions des machines ayant pour caractéristique principale une très grande facilité d'adaptation à des travaux différents. À ce titre, la commande numérique constitue l'un des meilleurs exemples de pénétration du traitement de l'information dans les activités de production.

Exploitant au maximum les possibilités de la micro-informatique, toutes les données sont traitées en temps réel, c'est-à-dire au moment où elles sont générées, de manière à ce que les résultats du traitement contribuent également à piloter le processus.

Après une première génération de commandes numériques à logique câblée sont apparues les commandes numériques par calculateur (CNC), ou par ordinateur, qui intègrent un ou plusieurs ordinateurs spécifiques pour réaliser tout ou partie des fonctions de commande. Tous les systèmes de commande numérique commercialisés actuellement contenant au moins un microprocesseur, les termes CN et CNC peuvent être considérés comme des synonymes.

Une CNC est une machine pilotée par des moteurs pas à pas.



Figure I.1 : moteurs pas à pas.

Ces derniers permettent de convertir directement un signal électrique numérique en un positionnement angulaire de caractère incrémental, par exemple :

- **Impriment 3d.**



Figure I.2 : Impriment 3d.



Figure I.3: **a**: Fraiseuse numérique **b**: Tour numérique

- **La machine de découplage.**



Figure I.4: machine de découplage.

- **Mini traceur.**



Figure I.5: Mini traceur**.**

Ce premier chapitre présente le contexte d'étude à travers une description de la machine CNC.

I.2 . Historique . [1]

1942 aux Etats-Unis que la CN a commencé à être exploitée, pour permettre l'usinage de pompes à injection pour moteurs d'avions

1955 - John Parsons et l'US Air Force définissent un besoin de développer une machine-outil capable d'usiner pièces d'aéronefs tolérance complexes et étroits avec le même temps de qualité après le temps (reproductibilité). MIT est le sous-traitant et construit la machine pour le projet. **(Figure I.6)**

1959 - MIT annonce automatiques Outils programmée (APT) de langage de programmation.

1960 - Commande numérique directe (DNC). Ceci élimine des programmes de perforation de bandes de papier et permet programmeurs pour envoyer des fichiers directement aux machines-outils.

1968 - machine-outil constructeurs marché le premier centre d'usinage Kearney & Trecker.

1970 - machines-outils CNC et commande numérique distribuée.

1980 - systèmes FAO basés graphiques introduit. UNIX et PC basés les systèmes disponibles.

1990 - baisse des prix dans la technologie CNC.

1997 - PC-Windows / NT repose "Open Control architecture modulaire (OMAC)" systèmes mis en place pour remplacer les contrôleurs «firmware».

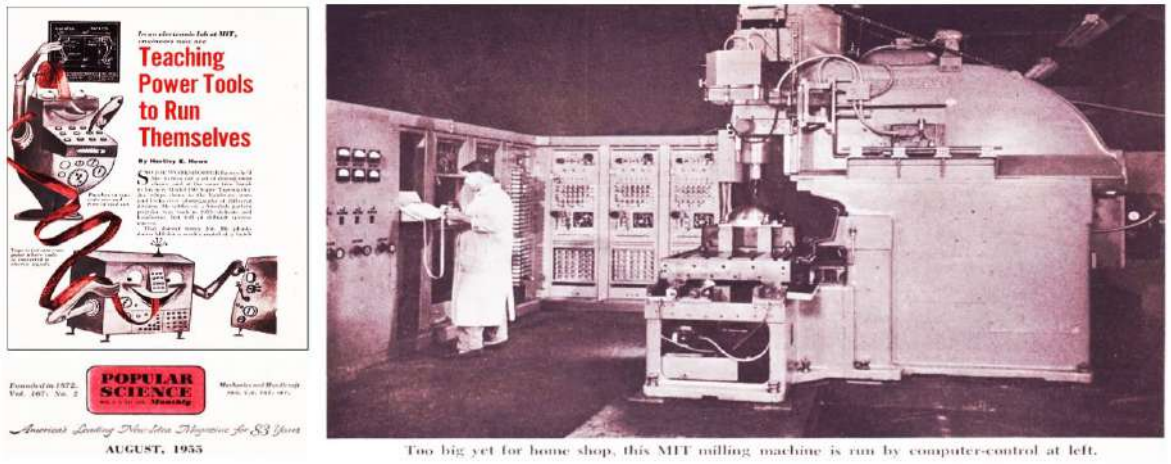


Figure I.6 : Première MOCN en 1955

I.3. Définitions

Les machines à outils commande numérique (MOCN) est une machine totalement ou partiellement automatique à laquelle les ordres sont communiqués grâce à des codes qui sont portés sur un support matériel.

Lorsque la machine-outil est équipée d'une commande numérique capable de réaliser les calculs des coordonnées des points définissant une trajectoire (interpolation), on dit qu'elle est à calculateur. Elle est appelée CNC (Commande Numérique par Calculateur). La plupart des MOCN sont des CNC.[1]

I.4 . Domaine d'utilisation

Les machines à outils commande numérique (MOCN) conviennent surtout à la fabrication en petites et moyennes séries renouvelables. Elles permettent la réalisation, sans démontage, de pièces complexes comportant beaucoup d'opérations d'usinage.

Ce type de machine se situe à mi-chemin entre les machines conventionnelles très "flexibles" (souple d'utilisation) réservées aux travaux unitaires (prototypes, maintenance) et les machines transferts, très productives, réservées aux grandes séries.

On utilise les machines CNC dans divers domaines

- Le modélisme avion ou bateau
- Les maquettes de bâtiments et les maisons de poupées
- Les meubles
- Les bateaux ou les avions en taille grandeur nature

- fabrication des moules d'injection plastique
- La réalisation de cartes électroniques

I.5. Principe de fonctionnement :

La machine CNC travaille avec des systèmes de contrôles en boucle fermée.
Des ordres vont être générés vers la commande par le biais d'un programme pièce ou par action manuelle de l'opérateur.

La commande va traiter ces informations et générer des consignes afin d'obtenir les déplacements voulus par le biais des moteurs d'axes. Des contrôles de vitesse et de position seront alors effectués de manière continue par la machine

La position sera régulée par la commande numérique alors que la vitesse sera le plus souvent régulée par le système d'asservissement moteur. On se trouve donc en face d'un système à deux boucles et l'on parle de système asservi. [2]

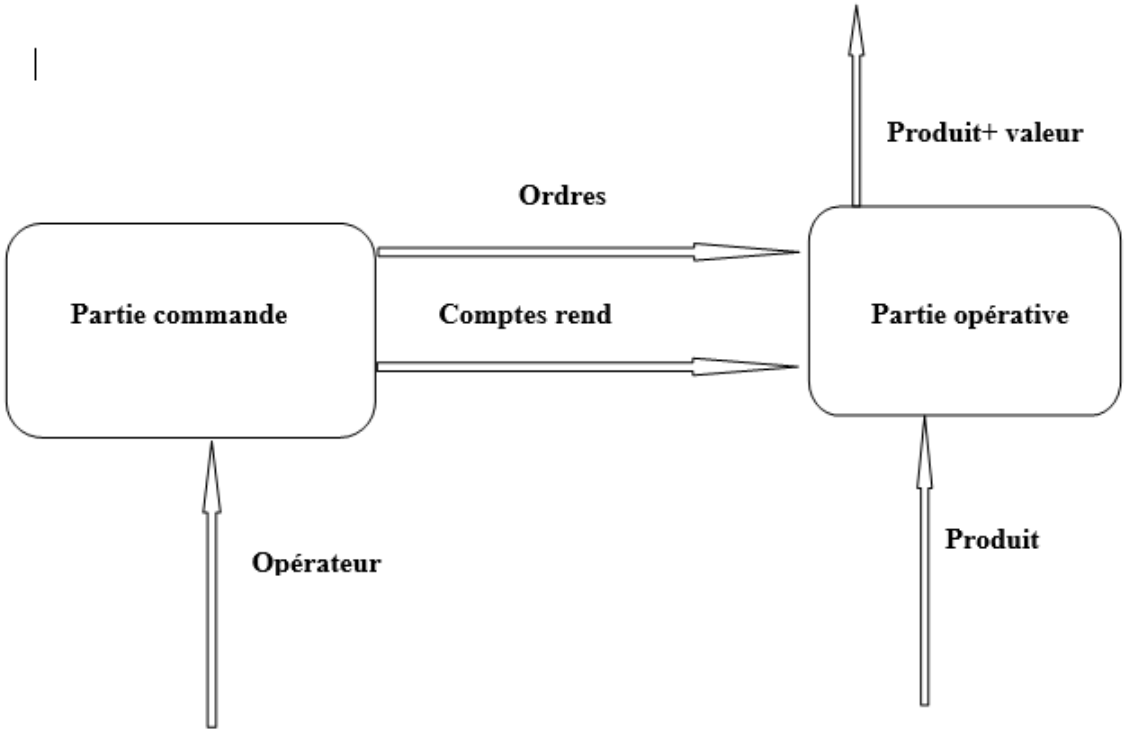


Figure I.7 Décomposition d'une machine numérique

I-6 La structure d'une machine à commande numérique :

Les programmes d'usinage sont réalisés à partir d'une origine appelée « origine pièce » (OP) positionnée par le programmeur. Le programme commande les déplacements relatifs entre le brut et les outils dans le but de réaliser l'usinage de la pièce finale. Ces déplacements sont réalisés dans un repère orthonormé normalisé (**O,** $\vec{x}$ **,** $\vec{y}$**,** $\vec{z}$) basé sur la structure de la machine.

La détermination de l'axe $\vec{x}$ entre les 2 axes restants se fait en identifiant celui qui permet le plus grand déplacement. Le sens positif de $\vec{x}$ est déterminé par le sens logique d'éloignement de l'outil par rapport à la pièce.

L'axe $\vec{y}$ est déterminé à partir de $\vec{x}$ et $\vec{z}$ grâce à la règle du trièdre direct.

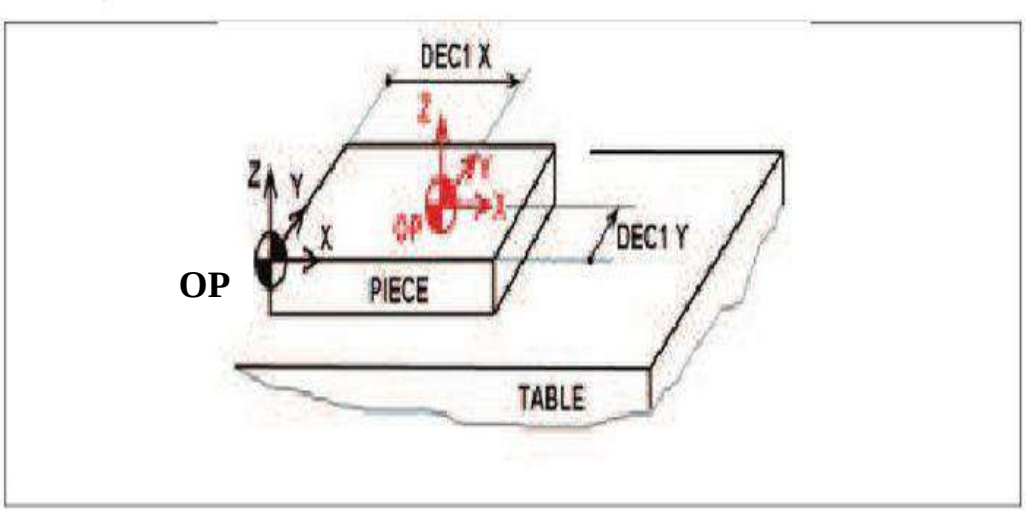


Figure I.8: machine à trois axes

I.7. La commande numérique par calculateur(CNC) :

C'est en 1942 aux Etats-Unis que la CN a commencé à être exploitée, pour permettre l'usinage de pompes à injection pour moteurs d'avions. Il s'agissait en fait de cames, dont le profil complexe était irréalisable au moyen d'une machine traditionnelle. La commande numérique a pour tâche de générer des mouvements d'axes. Ces instructions qui viennent du programme pièce ou de l'opérateur machine consisteront en une position et une vitesse de déplacement. Le processeur de la commande numérique va alors générer une consigne

afin qu'on puisse commander les moteurs d'axes. Elle aura également pour tâche, lors du déplacement des axes, de Vérifier la position de ces derniers et dans certain cas, la vitesse de déplacement. Les commandes numériques actuelles sont capables d'effectuer des mouvements en combinant simultanément les positions sur les axes X, Y et Z. Elles s'appellent commande numérique par calculateur. De plus, elles sont capables de gérer plusieurs axes simultanément. On parle alors d'interpolation. Cette dernière peut être linéaire ou circulaire selon la consigne générée par le microcontrôleur de la partie commande. Le rôle de ce processeur est d'interpréter un code machine que l'on appelle un code G, puis de générer les signaux de commande des axes et de la broche.

I.7.a. La Conception Assistée par Ordinateur (CAO)

« La CAO permet de concevoir des systèmes dont la complexité dépasse la capacité de l'être humain comme par exemple en micro-électronique ». Dans notre cas, on s'intéresse à la conception des formes de deux dimensions. Un progiciel tel que inkscape génère un fichier qui simule la surface, et qui est compatible par d'autre progiciel de fabrication assisté par ordinateur par exemple (Solidworks).

I.7.b. La Fabrication Assisté par Ordinateur (FAO)

La conception de schéma électronique par exemple à obtenir est donc réalisée à l'aide d'un progiciel de conception assistée par ordinateur (CAO): on nomme le fichier ainsi obtenu "DFN" pour Définition de Formes Numérisées. Cette modélisation est ensuite « exportée » dans un fichier intermédiaire en utilisant un standard d'échange comme IGES, STEP, DXF ou autre. Certains outils de FAO sont capables de relire directement les fichiers des grands fournisseurs de CAO. Dans d'autres cas, la CAO et la FAO sont complètement intégrées et ne nécessitent pas de transfert. Pour ces progiciels, on parle de CFAO.

I.7.c. Le post-processeur

C'est un petit programme utilitaire qui transforme des trajectoires en format neutre en trajectoires en repère MOCN (machine-outil à commande numérique). Ce traducteur tien compte de la cinématique de la machine, de ses courses et de ses capacités. Il signale les erreurs et exprime les trajectoires dans le langage spécifique à la machine. Chaque machine possède donc son propre post-processeur.

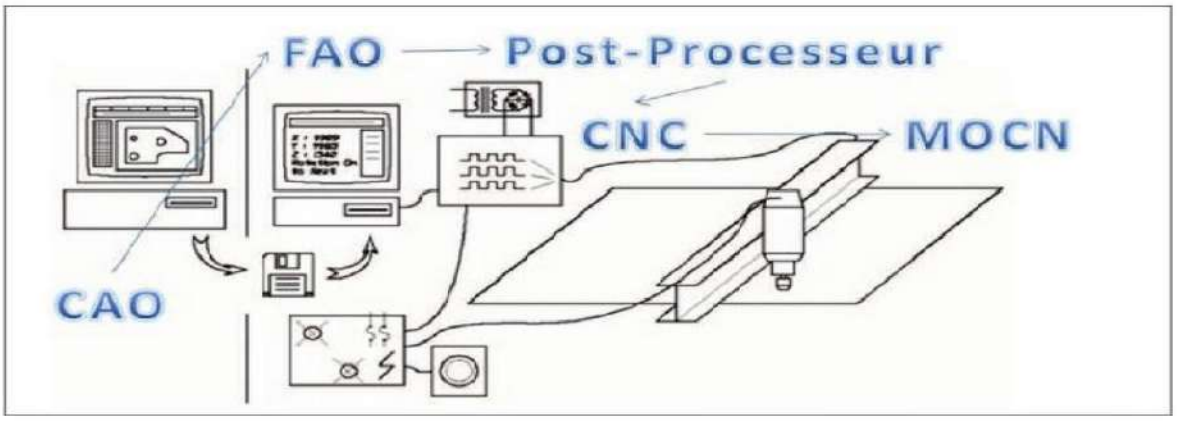


Figure I.9 : Cycle d'une pièce fabriquée par une commande numérique (CFAO)

I.8 Les types de la machine CNC à 3 axes :

Il y a plusieurs types de machines CNC à 3 axes et ces types sont classés selon les trois déplacements des axes de la machine CNC. [3]

Comme la montre les figures suivantes :

Type 1: la broche de la machine et son support se déplacent selon le trois axes .

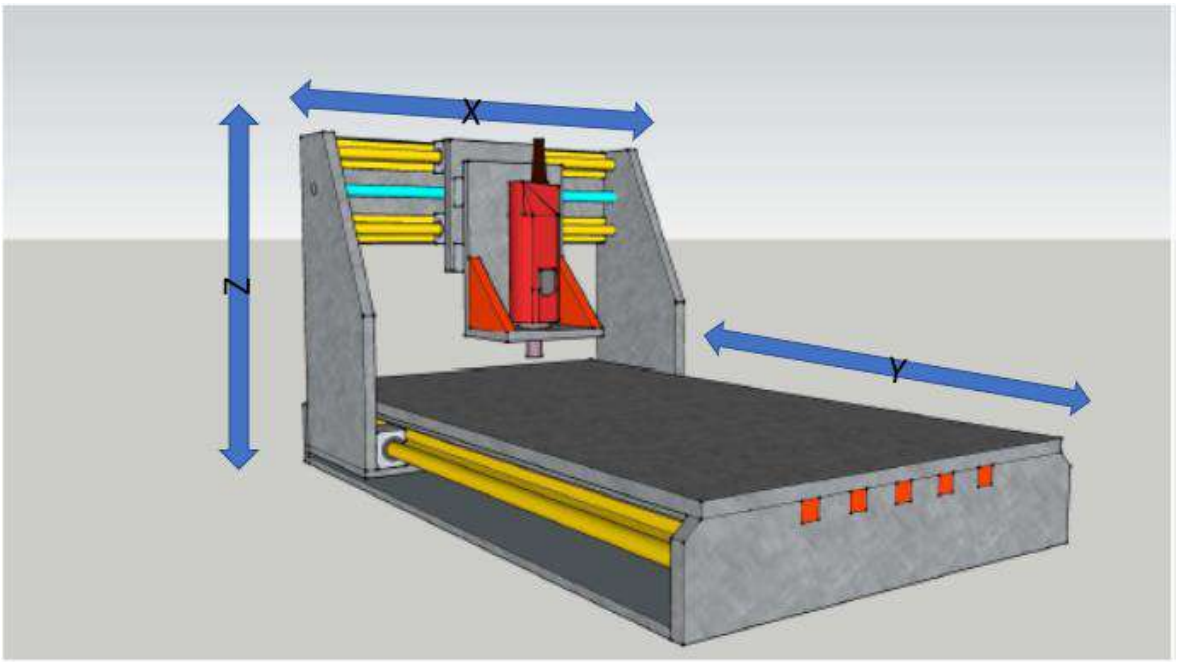


Figure I.10: machine CNC à 3 axes

Type 2: la broche de la machine se déplace uniquement selon **Z** et la table se déplace dans les directions **X** et **Y**.

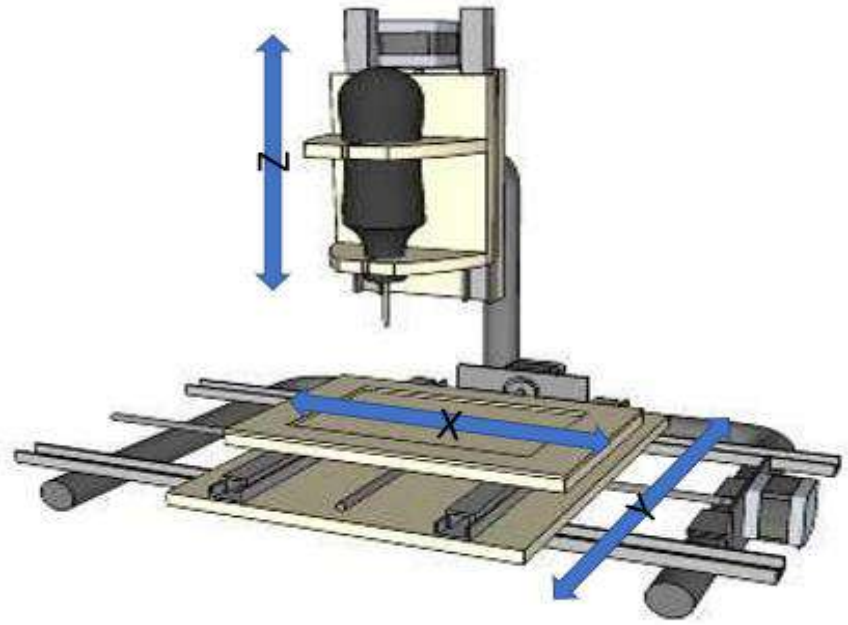


Figure I.11 : machine CNC à 3 axes

Type 3 : la broche de la machine se déplace selon **X** et **Z** et la table se déplace dans la direction **Y .**

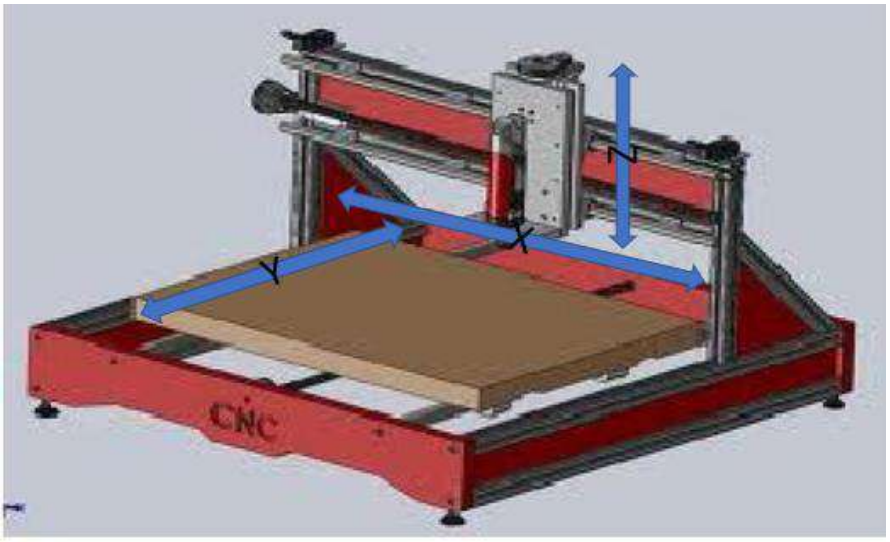


Figure I.12 : machine CNC à 3 axes

I.9.Programmation de commande numérique

La programmation de commande numérique (CN) permet de commander numériquement, avec des instructions, les déplacements des différents organes mobiles.

C'est le directeur de commande numérique (DCN) qui interprète les instructions, reçoit les informations des capteurs et agit (par l'intermédiaire d'un variateur électronique) sur les moteurs.

Il existe plusieurs fabricants de DCN : Fanuc, , Heidenhain , Makino, Fagor, Selca, Fidia, MAZAK.

I.9.a.Langage :

Depuis l'établissement de la norme ISO 6983, et les technologies évoluant rapidement, de nombreuses extensions sont été ajoutées pour tenir compte des nouveautés et des nouvelles capacités des machines-outils. Ces extensions, bien que souvent utiles chez des constructeurs différents de Directeur de Commande Numérique, n'entrent pas dans la norme et compliquent la tâche des logiciels de Fabrication assistée par ordinateur, qui doivent créer les lignes de ce langage pour un DCN particulier. A côté de l'ISO, de nouveaux codes sont apparus, différents selon le Directeur de Commande Numérique. Ils intègrent de plus en plus, en plus de l'ISO, des langages propres aux constructeurs de DCN (symbolique, C, etc.) ainsi que des interfaces de programmation conversationnelle destinées à simplifier la programmation (voir CN Mazak, Heidenhain ou Selca).

- Fonctions préparatoires (G), fonctions d'appel de mode d'interpolation (G 0), cycles machine.
- Coordonnées de points (X, Y, Z… I, K…)
- Vitesses, avances… (S, F…)
- Fonctions auxiliaires (M…) qui permettent d'enclencher la lubrification, de Changer d'outil, ou de déclencher des accessoires.

I.9.b. Fonctions préparatoires G

La fonction d'interpolation linéaire rapide G 0 (ou G0) (avance rapide de l'outil : quand l'outil se déplace sans usinage).

La fonction d'interpolation linéaire (à la vitesse programmée) G 01 (ou G1) (avance travaille: c'est à dire quand l'outil usine la pièce).

La fonction d'interpolation circulaire G 02 (ou G2) dans le sens horaire) et G 03 (ou G3) dans le sens trigonométrique.

La fonction de temporisation (programmable avec F, X(ou P) G 04 (ou G4). La fonction d'arrêt précis en fin de bloc G 09 (ou G9).

Il est aussi possible sur certains pupitres de programmation d'utiliser ces deux codes (G2 G3) pour créer une interpolation circulaire.

Sur les fraiseuses équipées de tête bi rotative les codes G17, G18, G19 définissent l'axe des cycles de perçage, taraudage...et le plan dans lequel seront réalisées les interpolations circulaires et activé le correcteur de rayon d'outil.

- **G17** : Axe d'outil Z , interpolations G2,G3 et correction rayon dans le plan X Y.
- **G18** : Axe d'outil Y , interpolations G2,G3 et correction rayon dans le plan Z X.
- **G19** : Axe d'outil X , interpolations G2,G3 et correction rayon dans le plan Y Z.

Les codes de la famille **G54, G57...**sont utilisés pour :

- Programmer un **décalage d'origine.**
- Définir que les déplacements sont relatifs à **l'origine machine**.
- Choisir le numéro de **l'origine pièce**.

Certains codes G de la famille **G60, G70** peuvent être utilisés par les fabricants de DNC pour :

- Le choix de la programmation **cartésienne** ou **polaire**.
- L'activation d'un **facteur d'échelle**.
- La mise en action d'une fontion miroire.
- La programmation en mesure métrique ou en pouce.

Les codes **G90, G91** définissent la programmation **absolue** ou **incrémentale** des cotes. Des cycles préprogrammés sont également accessibles sur la plupart des machines : **G 81, 82, 83**... Pour les cycles de perçage, taraudage, etc. avec l'annulation par **G 80**.

I.10. Conclusion :

Nous avons présenté dans ce chapitre une vue générale sur les machines-outils à commande numérique, dont le but de montrer la définition et l'historique et les différents organes et techniques du CNC et le principe de fonctionnement de ce dernier.

En fin on donne quelques exemples pour les machines outil à commande numérique dans l'industrie.

CHAPITRE II
PARTIE ELECTRIQUE DE LA MACHINE CNC

II.1. Introduction

Dans ce chapitre, on présente les différents composants utilisés pour la realisation de la partie électrique de la machine CNC à savoir :

Le moteur pas à pas, la carte de commande électronique et les porte de communication ainsi que d'autre élément nécessaire.

II.2. Les Moteurs Pas à Pas

Le moteur pas à pas est un convertisseur électromécanique qui assure la transformation d'un signal électrique impulsionnel en un déplacement mécanique (angulaire ou linaire). Sa structure de base se présente sous la forme de deux pièces séparées mécaniquement, le stator et le rotor.

L'interaction électromagnétique entre ces deux parties assure la rotation. Dans cette première partie de l'étude nous présenterons les principales caractéristiques des différents types de moteur pas à pas, et leur principe de fonctionnement.

II.2.1. Historique

Les premiers moteurs pas -à- pas à réluctances variable ont été utilisés par la marine de guerre britannique dans les années 1920 pour déplacer les indicateurs de direction de lance -torpilles et des canons. Dans les annees 1930, l'ingenieur Marius Lavet a decouvert un type particulier de moteur pas à pas à aimant, connu maintenant sous le nom de moteur Lavet , qui a permis le développement de ce dispositif dans les domaines de l'hodologie grace a sa miniaturisation et à son faible cout.

Il équipe aujourd'hui presque toutes les montres a aiguilles. Le moteur pas a pas classique est apparu dans les annees 1940, mais c'est l'avenement de l'electronique numerique dans les années 1960 qui a permis son développement.[4]

II.3. Domaines d'application d'un moteur pas à pas :

En peut utiliser les moteurs pas à pas dans les applications suivantes :

- péri-informatique:
- avance des têtes de lecture de disques mémoire (dans les disques durs actuels, on utilise des actionneurs à bobine mobile plus rapides)

- imprimantes, scanners, machines à écrire...
- distributeurs automatiques:
  - billets de banques
  - boissons, alimentation
- lecteurs: de cartes magnétiques (tickets métro, publiphones...)
- tables de positionnement X, Y, scanners médicaux
- certains appareils photos et caméscopes

II.4. Les types de moteurs pas à pas

Il y a trois principaux types de moteurs :

- Moteur à réluctance variable
- Moteur à aimant permanent
- Moteur hybride

II .4.1. Les moteurs pas a pas à réluctance variable

Les moteur à réluctance variable fonctionnent selon un principe différent de celui des moteur à aiment permanent. Ils possèdent bien évidemment un stator, mais ce dernier est fabriqué en acier doux non magnétique. Il n'est pas lisse et possède plusieurs dents. Ce type de moteur est représenté en (figure I.1). On peut voir, dans cet exemple, que le stator est composé de 8 plots sur lesquels enroulés les bobinages, ce qui donne 4 phase. le rotor, quant à lui, ne comporte que 6 dents .[5]

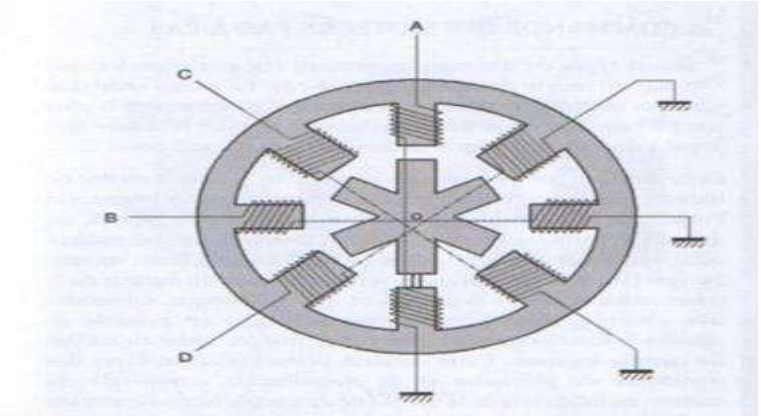


Figure II.1: moteur à réluctance variable

II.4.1.1. Le principe de fonctionnement est très simple

Le principe de fonctionnement est très simple l'un des phases alimentant deux des plots opposés du stator est traversée par un courant afin d'aligner deux des dents du rotor avec ces plots. Le mode de commande peut dans ce cas, de la même façon que pour les autres moteurs, être monophasé, biphasé ou demi-pas. Les séquences de commandes sont présentées dans le tableau suivent :

Mode monophasé	Mode biphasé	Mode demi-pas
A B C D	AC CB BD DA	A AC C BD D DA

Tableau II.1 : le mode monophasé biphasé ou demi-pas

II.4.2. Moteur pas a pas à aimants permanents :

Les moteurs pas à pas à aimant permanent courant sont biphasés : ils sont constitués de deux enroulements (deux bobines distinctes) sur le stator, tandis que le rotor est un aimant permanent (un pôle nord et un pôle sud). Lorsqu'un enroulement est alimenté, il crée un champ magnétique avec lequel l'aimant permanent va tenter de s'aligner (le sud attirant le nord et vice/ versa).

En alimentant les enroulements successivement dans le bon ordre et dans le bon sens, on peut alors faire tourner le rotor dans le sens désiré. Cette succession d'alignement est ce qu'on appelle le pas. On distingue deux familles dans les moteurs pas à pas aimant permanent :

- Les moteurs unipolaires: le courant circule dans un seul sens dans des demi- bobines attirant toujours le même pole.

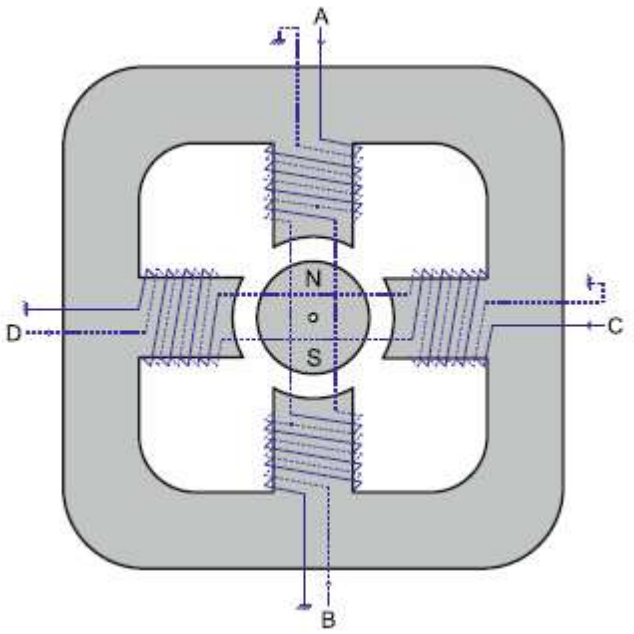


Figure II.2: Representation schematique d'un moteur unipolaire.

- Les moteurs bipolaires : le courant circule dans les deux sens dans des bobines, attirant tantôt le NORD tantôt le SUD. [6]

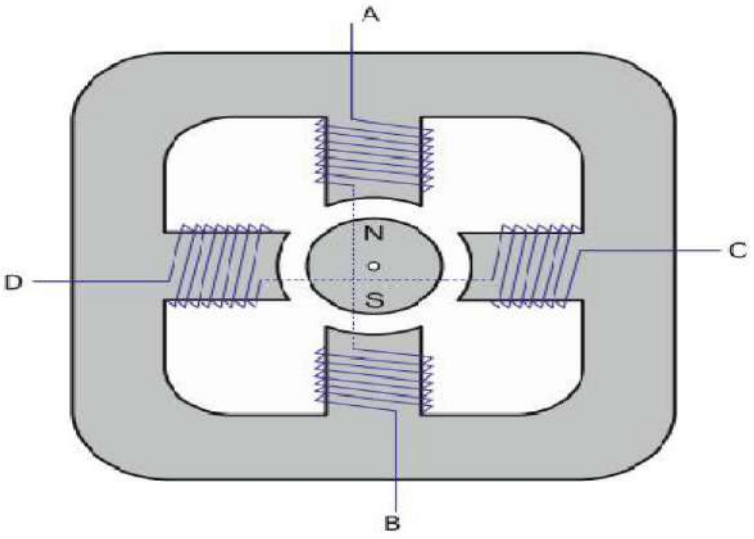


Figure II.3 : Representation schematique d'un moteur bipolaire

II.4.3. Moteur pas-à-pas hybride MH :

On superposant le principe du moteur à réluctance variable et à aimant permanent on obtient un moteur hybride qui combine les avantages des deux moteurs. Le rotor est constitué de deux disques dentés décalés mécaniquement. Entre ces deux disques est

inséré un aimant permanent. Le nombre de dents du rotor est différent de celui du stator. Lorsqu'on alimente une bobine, le rotor place les dents Nord et Sud de telle façon à ce que le flux traversant le rotor soit maximal. [5]

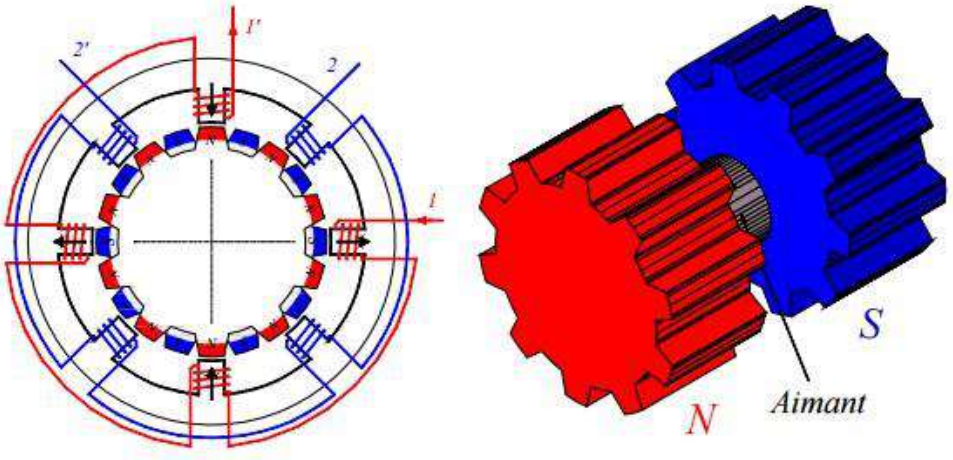


Figure II.4 : Moteur hybride (MH)

II.4.3.1. Technologie des moteurs pas à pas hybrids

Les moteurs pas à pas hybrides réunissent, au moins en partie, les avantages des moteurs pas à pas à réluctance variable et à aimants permanents, à savoir :

- un grand nombre de pas par tour,
- une fréquence propre mécanique importante,
- un couple massique élevé,
- un amortissement interne important,
- une mémoire de position.

Dans sa configuration de base le moteur pas à pas hybride comporte un stator en fer feuilleté à plots saillants et deux couronnes rotoriques dentées en matériau ferromagnétique géométriquement identiques et réunies par un aimant permanent cylindrique magnétisé axialement.

Les lignes de champs de l'aimant se ferment à travers les dents du rotor. Vu du stator, le rotor présente autant de pôles magnétiques actifs qu'il possède de dents. Les dents sur une des couronnes sont décalées par rapport aux dents de l'autre d'un demi pas dentaire 1/2τdr . [9]

II.5. Comparaison entre les différents types des moteurs pas à pas

Cette comparaison peut se résumer selon le tableau suivant :

Critère de comparaison	Moteur pas à pas aiment permanent	Moteur pas à pas reluctance variable
Couple de travail	Elevé	faible
Vitesse de fonctionnement	Faible	faible
Pas exécuté	faible	Elevé
Inertie propre	Elevé	faible
Couple de maintien	Non négligeable	négligeable
Amortissement des oscillations	Plus important	Moins important

Table II.2: Comparaison entre les différents types des moteurs pas à pas

II.6. Avantages et inconvénients des moteurs pas à pas

Les caractéristiques de ces moteurs sont particulièrement intéressantes,
Le Tableau II.5 Résume les avantages et les inconvénients de ces actionneurs. [10]

Avantages	Inconvénients
• Asservissement de position ou de vitesse en boucle ouverte • Fort couple à basse vitesse • Simplicité de mise en oeuvre • Positionnement statique • Fiabilité • Faible prix	• Positionnement discret • Faible vitesse maximale • Faible puissance • Bruyant, source d'oscillations • Faible rendement

Table II.3: les avantages et les Inconvénients des moteurs pas à pas

II.7. Définition du module Arduino

Les cartes Arduino font partie de la famille des **microcontrôleurs**. Un microcontrôleur est une petite unité de calcul accompagné de mémoire, de ports d'entrée/sortie et de périphériques permettant d'interagir avec son environnement. Parmi les périphériques, ont recense généralement des Timers, des convertisseurs analogique-numérique, des liaisons Séries, etc. On peut comparer un micro contrôleurs à un ordinateur classique, mais système d'exploitation et avec une puissance de calcul considérablement plus faible.[11]

Les microcontrôleurs sont inévitables dans les domaines de l'informatique embarquée, de l'automatique et de l'informatique industrielle. Ils permettent de réduire le nombre de composant et de simplifier la création de cartes électroniques logiques.

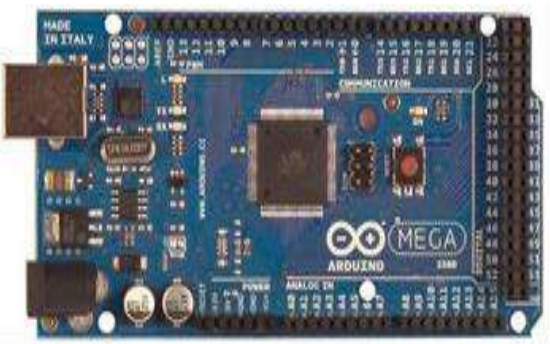
II.7.1.Les différents types des cartes 'Arduino'

Il y a trois types de cartes :

- Les « officielles » qui sont fabriquées en Italie par le fabricant officiel : Smart Projets.
- Les « compatibles » qui ne sont pas fabriqués par Smart Projets, mais qui sont totalement compatibles avec les Arduino officielles.
- Les « autres »fabriquées par diverse entreprise et commercialisées sous un nom différent (Freeduino, Seeduino, Femtoduino, ...) [12].



carte Uno



carte Mega

II.7.2.Les gammes de la carte Arduino

Cette comparatif peut se résume selon le tableau suivant :

Cartes Arduino / Caractéristiques	UNO R3 (classique & CMS)	UNO R3 Ethernet (classique & POE)	Leonardo	Mega 2560	Mega ADK	DUE	Esplora	Mini	Nano	Yun (classique & POE)	Zero PRO
Microcontrôleur	ATmega328P	ATmega328P	ATmega32u4	ATmega2560	ATmega2560	AT91SAM3X8E	ATmega32u4	ATmega328P	ATmega328P	ATmega32u4	ATSAMD21G18
Cadencement Horloge	16 MHz	16 MHz	16 MHz	16 MHz	16 MHz	84 MHz	16 MHz	16 MHz	16 MHz	16 MHz	48 Mhz
Tension d'entrée	7 - 12V	7 - 12V	7 - 12V	7 - 12V	7 - 12V	7 - 12V	7 - 12V	7 - 9V	7 - 9V	5V	5V
Tension de fonctionnement	5V	5V	5V	5V	5V	3,3V	5V	5V	5V	5V	3,3V
Entrée/Sortie Numérique	14/6	14/4	20/7	54/15	54/15	54/12	✗	14/6	14/6	20/7	14/12
Entrée-Sortie (PWM) Analogique	6/0	6/0	12/0	16/0	16/0	12/2 (DAC)	✗	8/0	8/0	12/0	6/1 (DAC)
Mémoire vive (Flash)	32 Ko	32 Ko	32 Ko	256 Ko	256 Ko	512 Ko	32 Ko	32 Ko	32 Ko	32 Ko	256 Ko
Mémoire vive (SRAM)	2 Ko	2 Ko	2,5 Ko	8 Ko	8 Ko	96 Ko	2,5 Ko	2 Ko	2 Ko	2,5 Ko	32 Ko
Mémoire morte (EEPROM)	1 Ko	1 Ko	1 Ko	4 Ko	4 Ko	✗	1 Ko	1 Ko	1 Ko	1 Ko	16 Ko
Interface USB	USB-B mâle	USB-B mâle	Micro-USB	USB-B mâle	USB-B mâle & USB-A pour Android	2 ports micro-USB (Native et programming)	Micro-USB	✗	Mini-USB	Micro-USB	2 ports micro-USB (Native et programming)
Port UART	1	1	1	4	4	4	✗	✗	1	1	2
Carte SD	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗
Ethernet	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗
Wi-Fi	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗
Dimensions	68x53mm	68x53mm	68x53mm	101x53mm	101x53mm	101x53mm	165x60mm	30x18mm	45x18mm	68x53mm	68x53mm

Table II.4: Tableau comparatif des différentes cartes Arduino. [13]

II.7.3.La carte Arduino Uno et Duemilanove

Nous choisirons d'utiliser la carte portant le nom de « Uno » ou « Duemilanove ». Ces deux versions sont presque identiques.

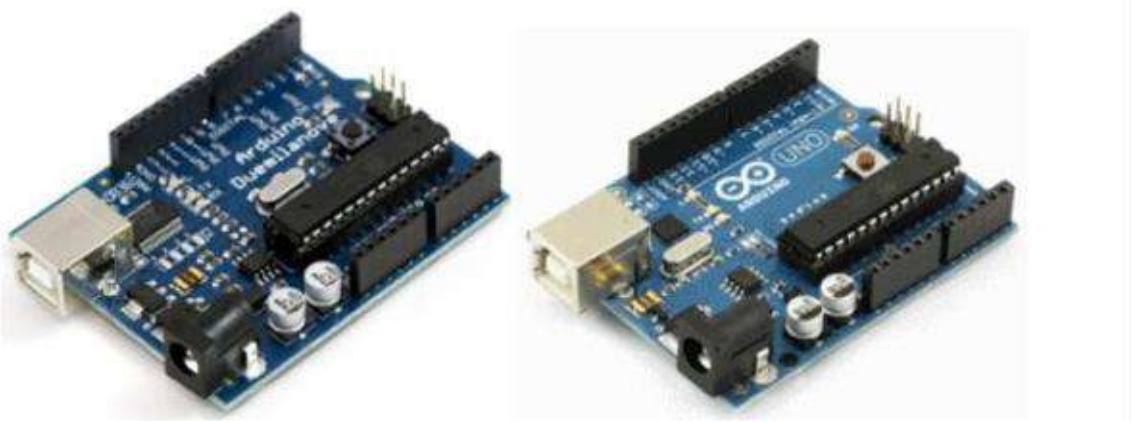


Figure II.6:Carte Arduino “Duemilanove” et “Uno”

II.7.4. Caractéristiques techniques de l'Arduino UNO

La carte Arduino Uno, prêtée est une carte à microcontrôleur basée sur un Atmega328p. Cette carte dispose:

- Broches numériques d'entrées/sorties,
- Entrées analogiques,
- Quatre UART (port série matériel),
- Quartz 16Mhz,
- Connexion USB,
- Connecteur d'alimentation jack,
- Connecteur ICSP,
- Bouton de réinitialisation.

Elle contient tout ce qui est nécessaire pour le fonctionnement du microcontrôleur. Pour pouvoir l'utiliser et se lancer, il suffit simplement de la connecter à un ordinateur à l'aide d'un câble USB (ou de l'alimenter avec un adaptateur secteur ou une pile, mais ceci n'est pas indispensable, l'"alimentation est fournie par le port USB).

La carte Arduino Uno dispose de toute une série de facilités pour communiquer avec un ordinateur, une autre carte Arduino, ou avec d'autres microcontrôleurs. L'Arduino Uno se dispose de quatre UARTs (Universal Asynchrones Receiver Transmitter ou émetteur-récepteur asynchrone universel en français) pour une communication en série de niveau TTL (5V) et qui est disponible sur les broches 0 (RX) et 1 (TX). Un circuit intégré Atmega16U2 sur la carte assure la connexion entre cette communication série de l'un des ports série de l'Atmega Uno vers le port USB de l'ordinateur qui apparaît comme un port COM virtuel pour les logiciels de l'ordinateur. Le code utilisé pour programmer l'Atmega8U2 utilise le driver standard USB COM, et aucun autre driver externe n'est pas nécessaire.[14]

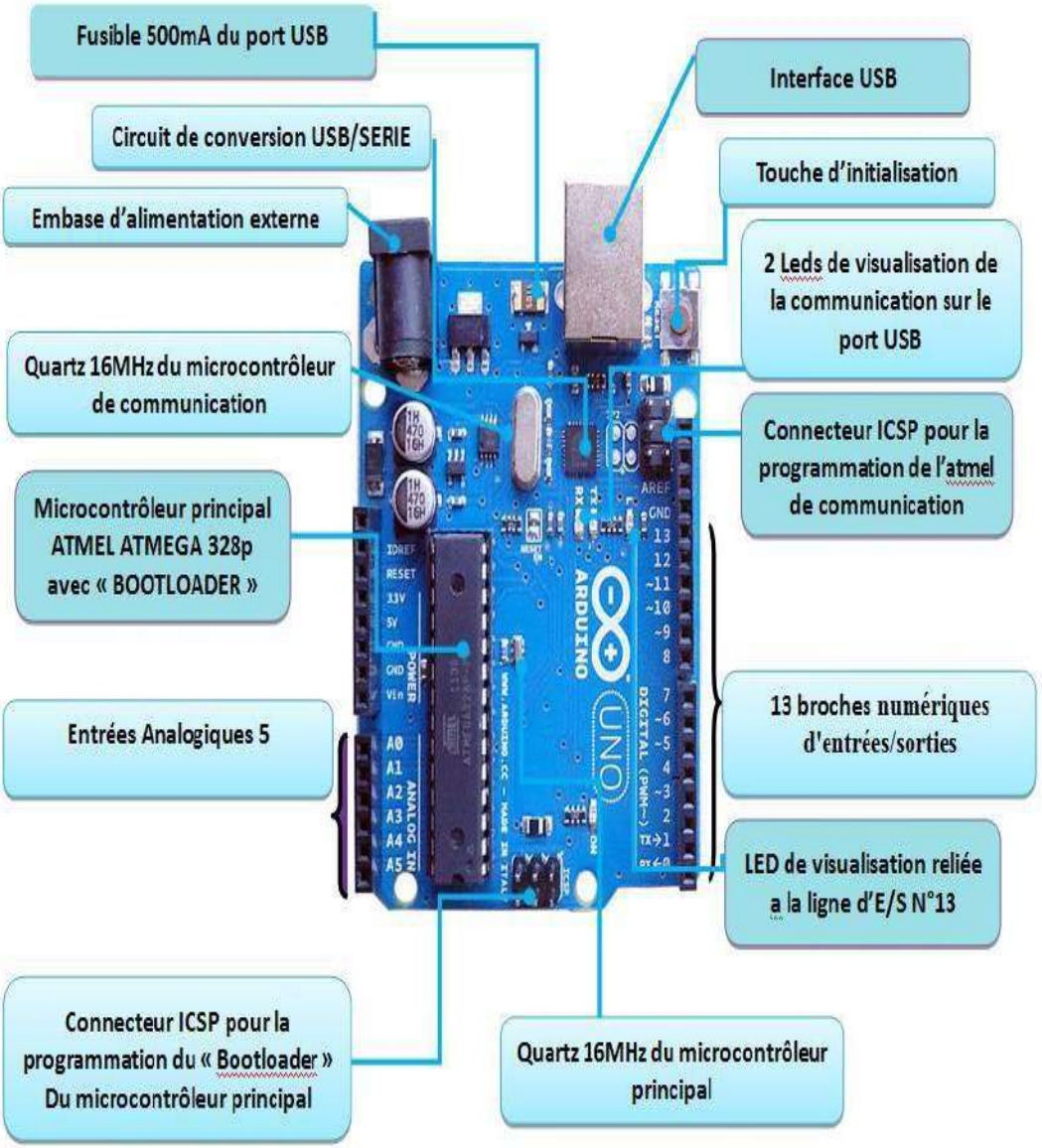


Figure II.7 : Module ARDUINO ATMEL UNO.[15]

II.7.5. Schéma simplifié de la carte Arduino UNO

Les broches du microcontroleur sont reliees a des connecteurs selon le schema ci-dessous.

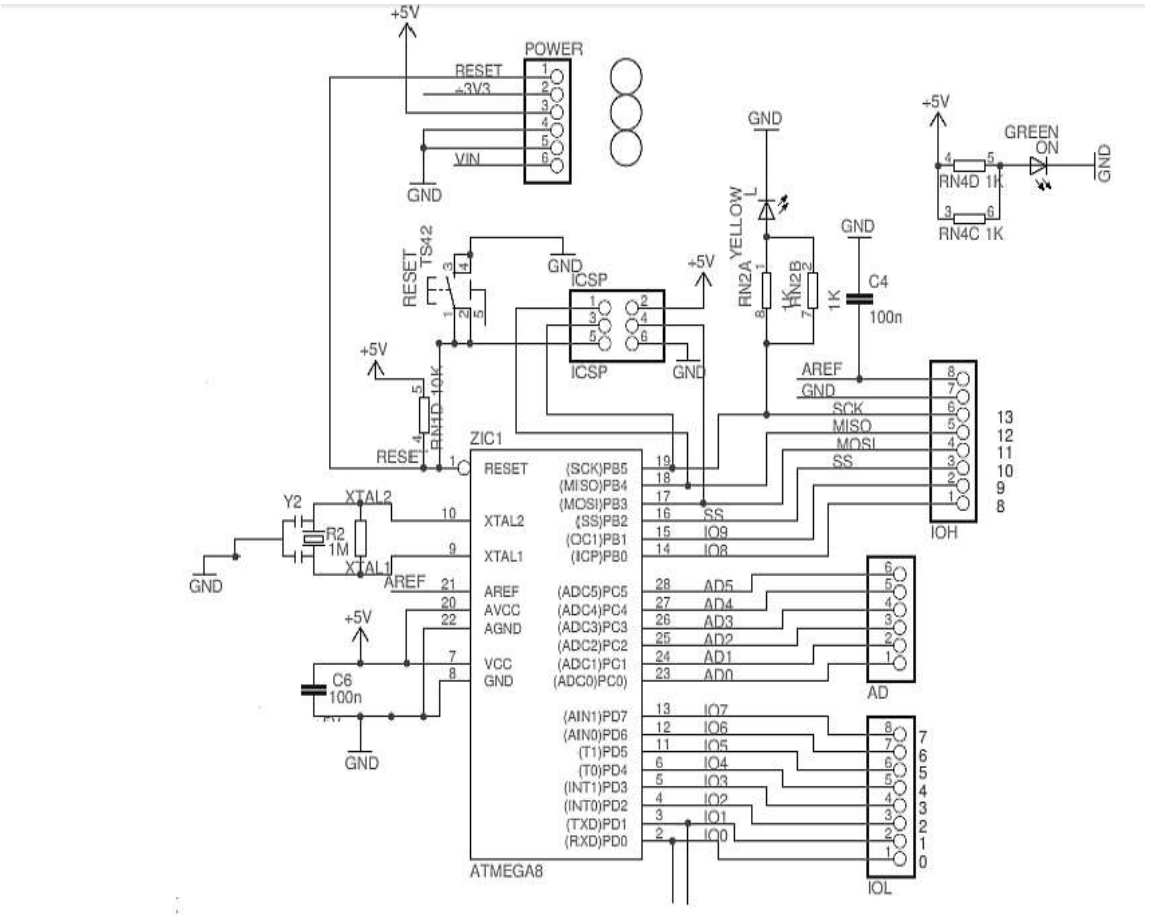


Figure II.8: Schéma simplifié de la carte Arduino UNO.[33]

II.7.6.Description matérielle

Un module Arduino est généralement construit autour d'un microcontrôleur famille ATMEGA en technologie CMOS sont des modèles à 8 bits AVR. En exécutant des instructions dans un cycle d'horloge simple, l'ATMEGA réalise des opérations s'approchent de 1 MIPS par 1 MHZ permettent de réaliser des systèmes à faible consommation électrique et simple au niveau électronique et des composants complémentaires qui facilitent la programmation et l'interfaçage avec d'autres circuits. Chaque module possède au moins un régulateur linéaire 5V et un oscillateur à quartz 16 MHz (ou un résonateur céramique dans certains modèles).[16]

Le microcontrôleur est préprogrammé avec un bootloader de façon à ce qu'un programmateur dédié ne soit pas nécessaire. Mais les connexions permettent cette programmation différente selon les modèles. Les premiers Arduino possédaient un port série, puis l'USB est apparu sur les nouveaux modèles, tandis que certains modules destinés à une utilisation portable se sont affranchis de l'interface de programmation, relocalisée sur un module USB-série dédié (sous forme de carte ou de câble).

La composition des éléments internes d'un microcontrôleur :

- **La mémoire Flash :** C'est celle qui contiendra le programme à executer. Cette mémoire est effacable et re-inscriptible.
- **RAM** : c'est la memoire dite "vive", elle va contenir les variables de votre programme. Elle est dite "volatile" car elle s'efface si on coupe l'alimentation du micro-controleur.
- **EEPROM :** C'est le disque dur du microcontroleur. Vous pourrez y enregistrer des infos qui ont besoin de survivre dans le temps, meme si la carte doit etre arretee. Cette memoire ne s'efface pas lorsque l'on eteint le microcontroleur ou lorsqu'on le reprogramme.
- **Les registres :** c'est un type de memoire utilise par le processeur.
- **La memoire cache :** c'est une memoire qui fait la liaison entre les registres et la RAM.
- **Le processeur :** C'est le composant principal du microcontrôleur. C'est lui qui va exécuter le programme que nous lui donnerons à traiter. On le nomme souvent le CPU . [17]

A) Les sources de l'alimentation de la carte :

On peut distinguer deux genres de sources d'alimentation (Entree Sortie) et cela Comme suit **:**

- **Vin.** La tension d'entrée positive lorsque la carte Arduino est utilisée avec une source de tension externe (à distinguer du 5V de la connexion USB ou autre source 5Vrégulée). On peut alimenter la carte à l'aide de cette broche,

ou, si l'alimentation est fournie par le jack d'alimentation, accéder à la tension d'alimentation sur cette broche.

- **5V.** La tension régulée utilisée pour faire fonctionner le microcontrôleur et les autres composants de la carte (pour info : les circuits électroniques numériques nécessitent une tension d'alimentation parfaitement stable dite "tension régulée" obtenue à l'aide d'un composant appelé un régulateur et qui est intégré à la carte Arduino). le 5V régulé fourni par cette broche peut donc provenir soit de la tension d'alimentation Vin via le régulateur de la carte, ou bien de la connexion USB (qui fournit du 5V régulé) ou de toute autre source d'alimentation régulée.
- 3V3. Une alimentation de 3.3V fournie par le circuit intégré FTDI (circuit intégré faisant l'adaptation du signal entre le port USB de votre ordinateur et le port série de l'ATmega) de la carte est disponible : ceci est intéressant pour certains circuits externes nécessitant cette tension au lieu du 5V. L'intensité maximale disponible sur cette broche est de 50mA. [18]

B) Les entrées/sorties numériques : de D0 à D13

Chacun des connecteurs D0 a D13 peut etre configuré par programmation en entrée ou en sortie, nous pouvons donc avoir par exemple les connecteurs 2 et 3 configures comme des entrees et les connecteurs 7, 8 et 9 configures comme des sorties.

Il est par consequent possible de connecter cote a cote des capteurs logiques (interrupteurs par exemple) aux connecteurs 2 et 3 et des actionneurs aux connecteurs 7, 8 et 9.

Les signaux vehicules par ces connecteurs sont des signaux logiques, c'est-a-dire qu'ils ne peuvent prendre que deux etats : HAUT (5 Volts) ou BAS (0 Volt), par rapport au connecteur de masse GND, qui lui est toujours, par definition, a 0 Volt. [19]



Figure II.9: Entrées/sorties numériques D0 à D13

C) Les entrées analogiques A0 à A5

Contrairement aux entrees/sorties numeriques qui ne peuvent prendre que deux etats HAUT et BAS, ces six entrees peuvent admettre un millier de valeurs (1024 exactement) analogiques comprises entre 0 et 5 Volts. Nous pourrons donc avoir des valeurs de tension precises a 5 mV pres (≈5V/1024) .

Exemple d'utilisation d'une entrée analogique : faire varier la luminosite d'une DEL Si nous tournons le potentiometre, le curseur se deplace d'un bout a l'autre de la resistance, et la tension de l'entree A0 varie de 0 V a 5 V (0V en bas, 5V en haut sur le schema).

Cette valeur analogique peut etre ici utilisee par le programme pour faire varier la luminosite de la diode lumineuse.

On pourrait ainsi commander la vitesse de rotation d'un moteur ou la position d'un servo-moteur.[19]



Figure II.10: entrées analogiques A0 à A5

II.7.7.1. Connecteurs E/S

Suivant les types de cartes celles-ci disposent d'un nombre de connecteurs plus ou moins importants, soit de type digital, soit de type mixte analogique / digital. Ces entrées / sorties possèdent les caractéristiques suivantes :

- Courant d'entrée : Environ 1µA
- Valeur résistance de Pull Up optionnelle : 20 a 50 KHo
- Courant de sortie : 40 mA max, 200 mA total microcontrôleur
- Tension d'entrée : Ne pas dépasser Vcc.
- Caractéristique convertisseur AD : Par approximation successives, 10bits, temps de conversion 13 a 260µs.
- Référence de tension interne : 1.1 ou 2.56 V.

II.7.7.2. Leds externs

Les cartes standards sont généralement équipées de quatre leds.

- Vert : Alimentation 5v
- Jaune Tx : Commandée par l'interface USB, transmission au PC
- Jaune Rx : réception du PC
- Jaune : Utilisateur, généralement connectée à la sortie digitale 13.

II.7.8. Présentation du logiciel

Au jour d'aujourd'hui, l'electronique est de plus en plus remplacee par de l'electronique programmee. On parle aussi d'electronique embarquee ou d'informatique embarquee.

a) L'interface

L'interface du logiciel Arduino se presente de la facon suivante :

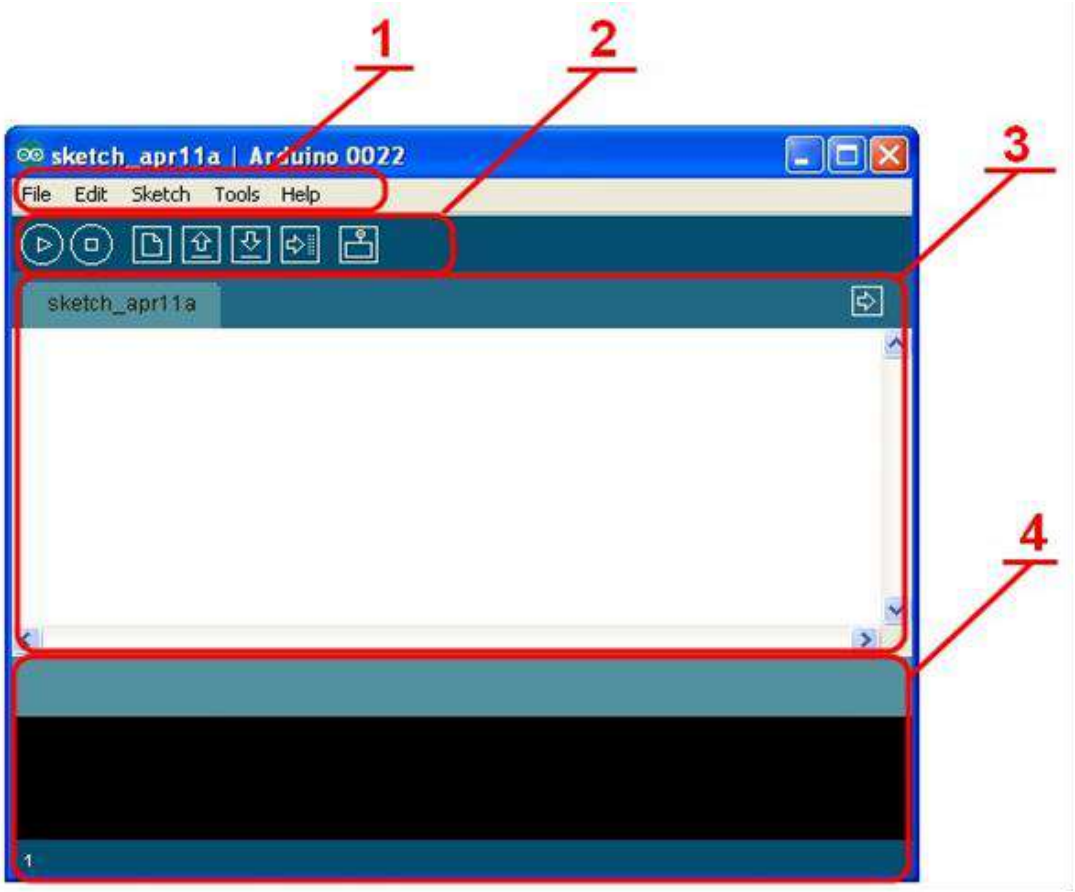


Figure II.11 : Interface du logiciel Arduino

1. options de configuration du logiciel
2. boutons pout la programmation des cartes
3. programme a creer
4. debogueur (affichage des erreurs de programmation)

b) Les boutons :

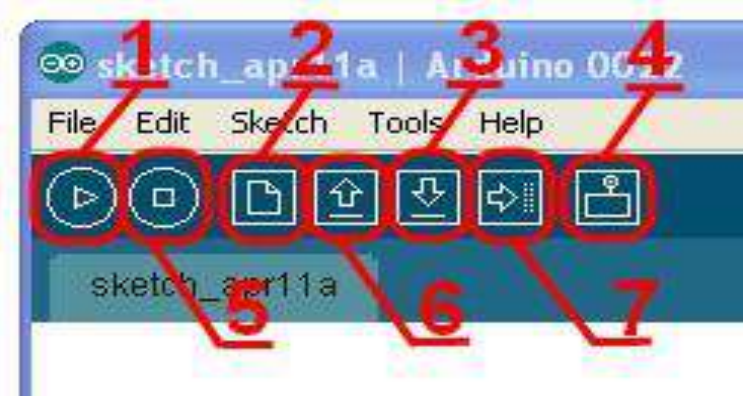


Figure II.12: présentation des boutons de la carte Arduino

Bouton 1:. permet de verifier le programme, il actionne un module qui cherche les erreurs dans leprogramme

Bouton 2:. Creer un nouveau fichier

Bouton 3:. Sauvegarder le programme en cours

Bouton 4:. Liaison serie

Bouton 5:. Stoppe la verification

Bouton 6:. Charger un programme existant

Bouton 7:. Compiler et envoyer le programme vers la carte

c) Le langage Arduino

Le projet Arduino etait destine a l'origine principalement a la programmation multimedia interactive en vue de spectacle ou d'animations artistiques. C'est une partie de l'explication de la descendance de son interface de programmation de Processing.

Processing est une librairie java et un environnement de developpement libre. Le logiciel fonctionne sur Macintosh, Windows, Linux , BSD et Android.

II.8. Les Driver

II.8.1 Commande moteur pas à pas

Plusieurs types de commandes peuvent être envisagés quand il s'agit d'un moteur pas à pas. Parmi ces commandes nous citons:

- La commande dir/step avec la carte shields ou EASY DRIVER Pour réaliser une commande numérique de trois moteurs pas à pas on étudie comment commande un seul moteur.

Nous avons divisé ce projet en divers unités :

- Une alimentation.
- Une unité principale.
- Un interfaçage entre l'unité principale et la partie opérative de moteur.

II.8.2 la carte CNC V3 " shields"

II.8.2.1 Description

La carte CNC V3 est une carte "shields" qui se connecte à la carte Arduino Uno ou équivalent.

Elle fut crée spécialement pour les machines à découpe numérique (CNC). C'est la carte d'interface qui distribue la puissance à l'aide des pilotes (driver A4988 ou DVR8825) enfichable. Elle va commander les moteur pas à pas de votre Cnc, sur les axe X,Y,Z + A, ainsi que la commande rotation. Elle permet également de traiter les signaux du refroidissement, ainsi que des fin de courses mini et maxi.



Figure II.13 . La carte Arduino-CNC-Shield-V3.0

II.8.2.2 CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

- Compatible Arduino Uno
- Compatible GRBL 0.8c.(Firmware Open Source https ://github .com / grbl/ grbl)
- Tension d'entrée : 12V -36V
- Axes à piloter : X, Y, Z,A
- Commande pour le liquide de refroidissement : Oui
- Entrées de fin de course : 6 (X, Y, Z, sur mini et maxi)



Figure II.14. le matérielle utilisées

II.8.2.3 Le schéma théorique du montage

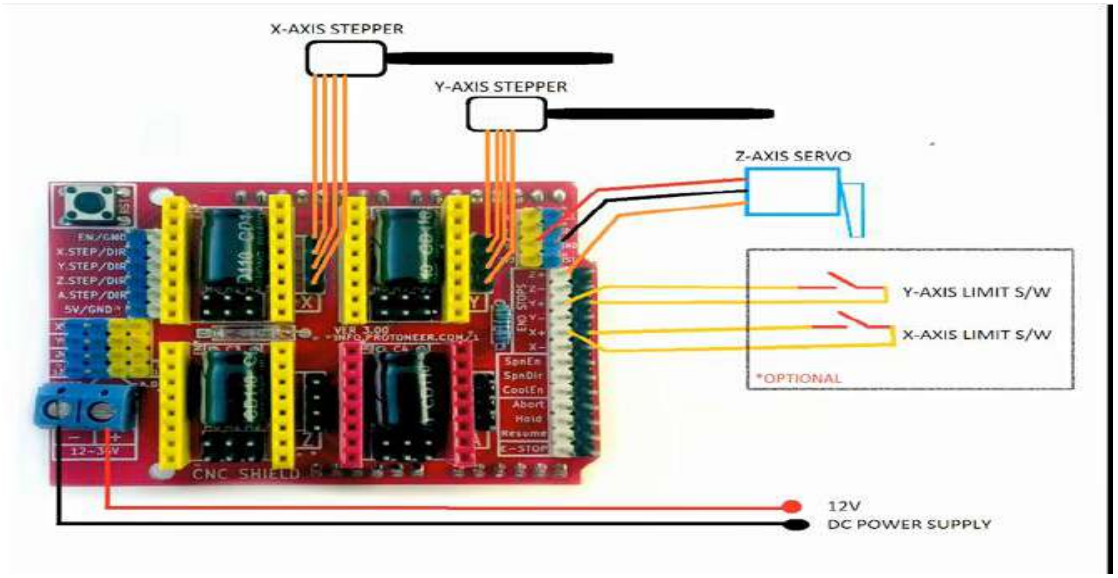


Figure II.15. Le schéma de montage

II.8.3. Carte EasyDriver 4.4:

Cette carte de commande permet de contrôler facilement un moteur pas-à-pas bipolaire jusqu'à 750 mA par phase. Elle fonctionne par défaut avec 8 micro-pas.

Elle est basée sur le circuit Allegro A3967 et permet de contrôler un moteur pas-à-pas (par ex: ITC-VNC-2) très facilement à partir d'un microcontrôleur (deux broches pour le mode, une broche pour la direction et une pour la vitesse). Le module permet de fonctionner en mode pas complet, demi-pas, quart de pas ou 1/8 de pas (mode par défaut).[20]

Pour simplifier la connectique, elle peut être installe sur une carte mini Shield.

- Alimentation: 7 à 30 Vcc maxi
- Commande: via un microcontrôleur 0 - 5 Vcc (mode, direction et vitesse)
- Sortie: 150 à 750 mA maxi par phase
- Dimensions: 48 x 21 x 18 mm
- Schéma : EasyDriver v4.4
- Fiche technique: : EasyDriver Stepper Motor Driver
- Distributeur: GOTRONIC

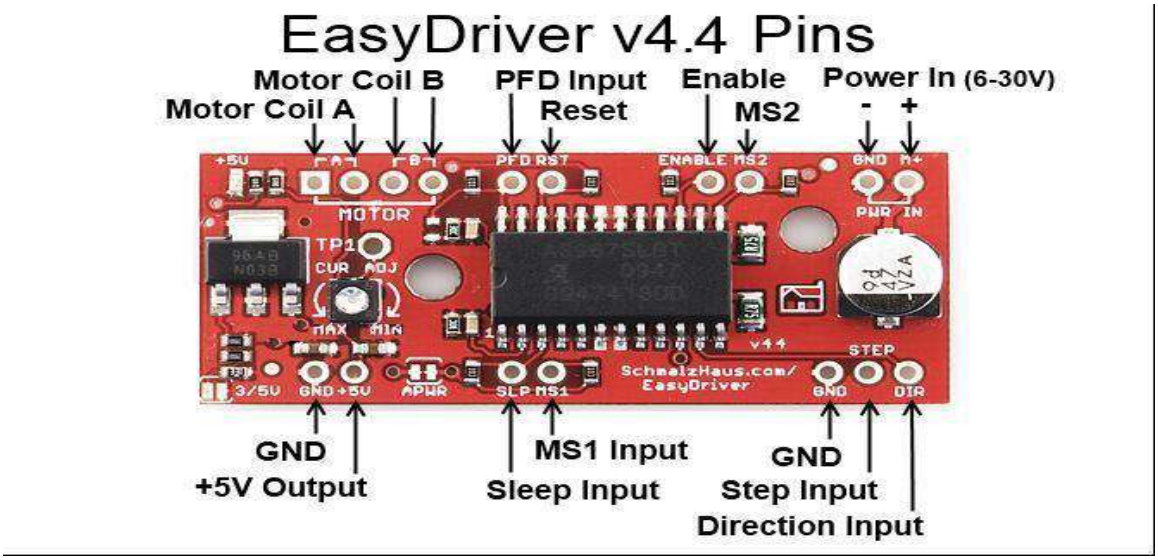


Figure II.16 : le circuit EasyDriver

II.8.3.1 Le schéma du montage Easy Driver

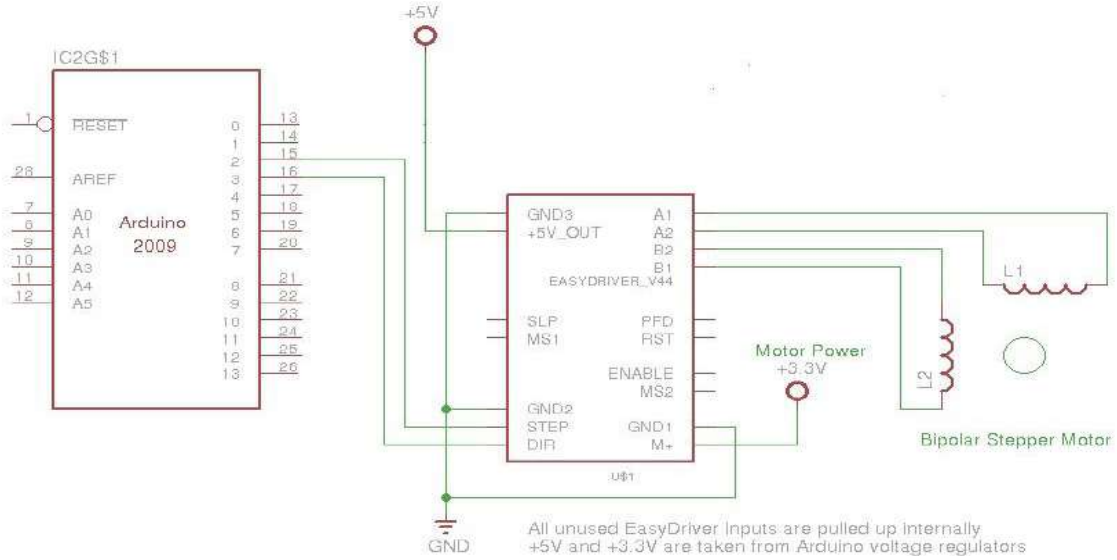


Figure II.17 : commande moteur par Easy Driver.[34]

II.9. Conclusion

Ce chapitre est un portail pour notre réalisation et conception matérielle. Ce travail nous a permis de maîtriser les options de notre carte arduino Uno avec circuit de commande et ses caractéristiques afin de les exploiter d‟une manière correcte. Nous avons présenté également des principes et des fonctions différentes de la programmation dédiée à la carte Arduino Uno, le plus populaire et le plus célèbre de la gamme. Une brève description, ainsi qu'une figure montrant l‟interconnexion des autres composants qui permettent de mener et apprendre plus traiter de multiples techniques et périphériques entrées numériques et analogiques. Nous avons sélectionné la carte Arduino Uno pour son aspect économique, sa popularité et sa puissance de traitement. Ensuite nous avons présenté aussi une étude sur les circuits intégrés de commande des moteurs pas à pas utilisées dans notre carte électronique.

CHAPITRE III
PROGRAMMATION DE LA MACHINE CNC

III.1. Introduction

Trois logiciels sont utilisés pour piloter notre machine CNC à savoir :

- **Le logiciel Inkspace :**

  c'est un logiciel de dessin et d'écriture permettant la génération le **code G** d'une image.

- **Universel G code Sender :**

  Il permet la conversion des coordonnées cartésiennes (X, Y, Z) en **code G** et de les envoyer manuellement l'un après l'autre vers le port série ou en série sous forme d'un fichier.

- **Interpréteurs Grbl :**

  Ce programme est charge au préalable dans la mémoire de la carte Arduino afin d'interprété les instructions du **code G** et les transformés à des commandes sous forme signaux numériques.

III.2. Langue de contrôleurs numériques « G-code »

III.2.1. Description

Le G-code est un langage de programmation des machines numériques est basé sur des lignes de code. Chaque ligne (également appelée un bloc) peut inclure des commandes pour faire produire diverses actions à la machine. Plusieurs lignes de code peuvent être regroupées dans un fichier pour créer un programme G-code. [26]

III.2.2 Format d'une ligne

Une ligne de G-code typique est construite de la façon suivante, dans l'ordre avec la restriction à un maximum de 256 caractères sur la même ligne.

1. Un caractère optionnel d'effacement de bloc, qui est la barre oblique.
2. Un numéro de ligne optionnel.
3. Un nombre quelconque de mots, valeurs de paramètres et commentaires.
4. Un caractère de fin de ligne (retour chariot ou saut de ligne ou les deux).

III.2.3 Les principales fonctions de G-code

III.2.3.1 Les fonctions préparatoires, instructions G

Le tableau **III.3.** Représente Les instructions G

G0	Positionnement à vitesse rapide
G1	Interpolation linéaire
G2	Interpolation circulaire/hélicoïdale en sens horaire
G3	Interpolation circulaire (sens anti-horaire, trigo)
G10	Définition de l'origine du système de coordonnées
G12	Poche circulaire en sens horaire
G13	Poche circulaire en sens antihoraire
G15/G16	Déplacement sur des coordonnées polaires selon G0/G1
G17	Sélection du plan XY
G18	Sélection du plan XZ
G19	Sélection du plan YZ
G20/G21	Unités en pouces/mm
G28	Retour à l'origine
G30	Retour à l'origine
G31	Trajectoire directe du palpeur
G40	Pas de compensation de rayon d'outil
G41/42	Démarrer compensation de rayon d'outil à gauche/droite
G43	Appliquer la compensation de longueur d'outil (positif)

G49	Désactive la compensation de longueur d'outil
G50	Réinitialise les facteurs d'échelle à 1.0
G51	Activation du facteur d'échelle pour les valeurs d'axes saisies
G52	Décalage temporaire du système de coordonnées
G53	Déplacement dans le système de coordonnées absolu machine
G54	Utilisation décalage du gabarit 1
G55	Utilisation décalage du gabarit 2
G56	Utilisation décalage du gabarit 3
G57	Utilisation décalage du gabarit 4
G58	Utilisation décalage du gabarit 5
G59	Utilisation décalage du gabarit 6 / utilisation du gabarit général
G61/G64	Arrêt précis / Vitesse constante
G68/G69	Programmer système de Coordonnée des axes rotatifs
G70/71	Unités en pouces/mm
G73	Cycle préprogrammé : perçage par à-coups
G80	Annuler les modes de déplacement (y compris les cycles préprogrammés)
G81	Cycle préprogrammé : perçage
G82	Cycle préprogrammé : perçage avec pauses
G83	Cycle préprogrammé : perçage par à-coups

Tableau III.1. Tableau d'index du G-code **[22]**

III.3. L'éditeur du texte ou image compilateur de langage CNC :

L'éditeur de texte est une interface graphique sur l'ordinateur où l'opérateur peut traiter le G-code à exécuter s'appelé « Inkscape ». Ensuite, ce texte doit être compilé, s'il y a des

erreurs ; l'opérateur est prévu afin de les corriger. Une fois compilé, le code est prêt à envoyer a la carte Arduino Uno ou à simuler sur l'ordinateur

III.3.1 Définition Inkscape

Inkscape est un puissant logiciel de dessin vectoriel à vocation "artistique", le dessin y est enregistré sous forme d'équations de courbes (chemins) et non par des pixels comme les images bitmap. Ce programme est vaste (mais très bien fait), les fonctions qui nous intéresse dans le cadre de ce tutoriel c'est qu'il permet d'ouvrir un nombre très important de type d'image (PS, DXF, PDF, SVG, PNG, JPG, BMP, XCF,...) et qu'il est capable de transformer des images bitmap en image vectorielle [23].

- **Interface**

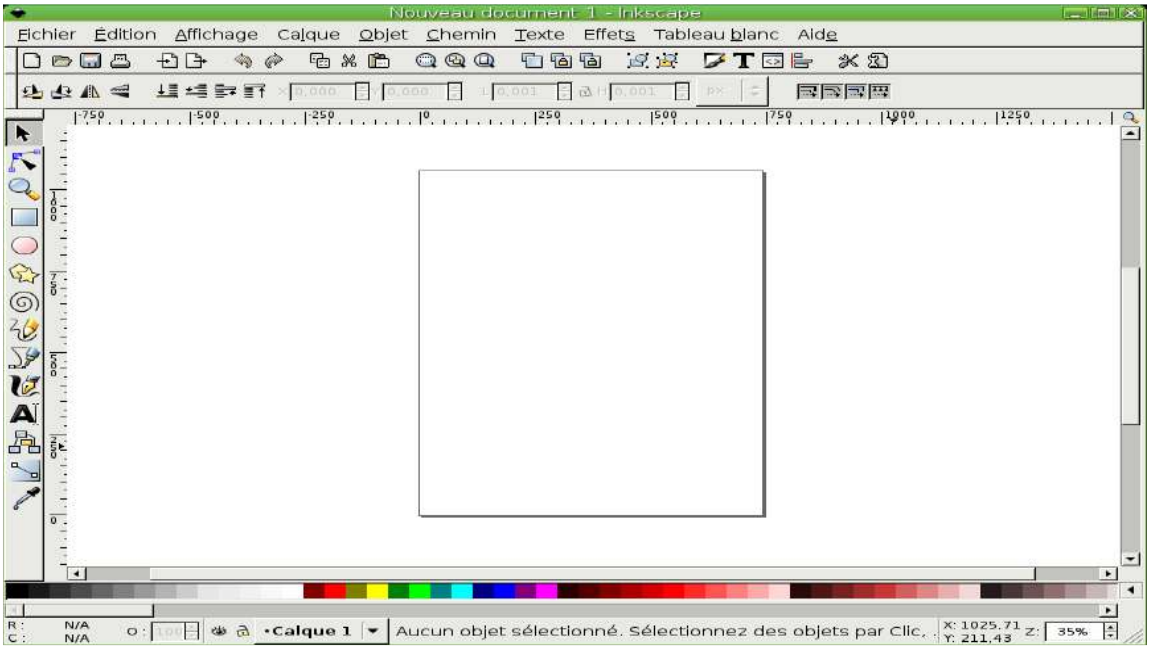


Figure.III.1 l'interface principale d'Inkscape

III.3.2. La fenêtre Inkscape

L'interface d'Inkscape est constituée d'un ensemble d'éléments originaux permettant un travail simple, harmonieux et contextuel.

Elle est constituée principalement de la fenêtre de document dans laquelle le dessin peut être créé. Cette fenêtre contient elle-même plusieurs zones qu'il est important de bien identifier pour se repérer aisément dans l'application.

On peut la diviser en sinque grandes zones :

- le menu situé tout en haut;
- la barre des commandes;
- la barre de contrôles des outils;
- les boutons de la boîte à outils; [24]

.

III.3.3. Création du document

A. Paramétrer le format souhaité

La première étape consiste à formater la page de travail comme suite: **F**ichier / Propriété du document, ce qui provoque l'ouverture de la fenêtre dialogue ci-dessous **:**

- dans l'onglet Page**,** cocher les unités souhaitées :
- dans ce cas précis **mm**
- format de page **A4.**

Une fois le formatage terminé, deux choix sont envisageables :

✓ Soit dessinée manuellement.

✓ Soit l'image est importée comme il est montré dans la figure suivante :

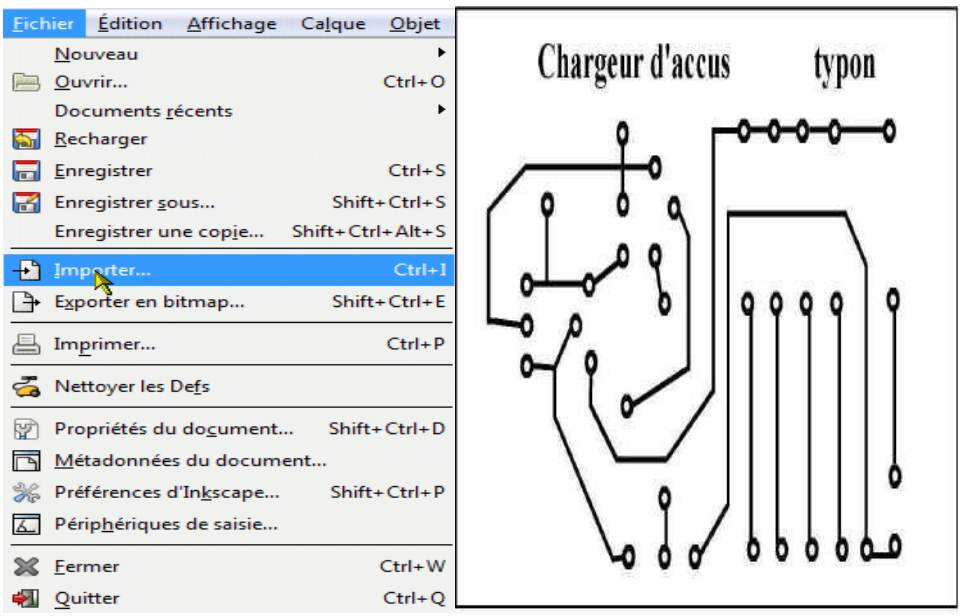


Figure III.2: Importation d'une image bitmap

B. Vectorisation d'une image bitmap :

Cette étape permet de vectorisé une image bitmap :

Chemin =>Vectoriser puis valider

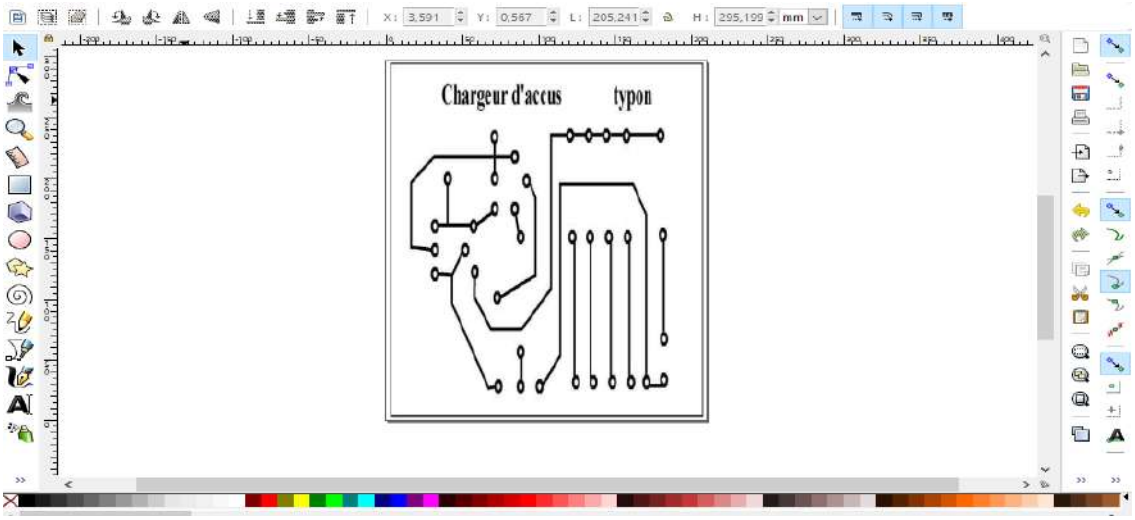


Figure III.3 : Vectorisation d'une image bitmap

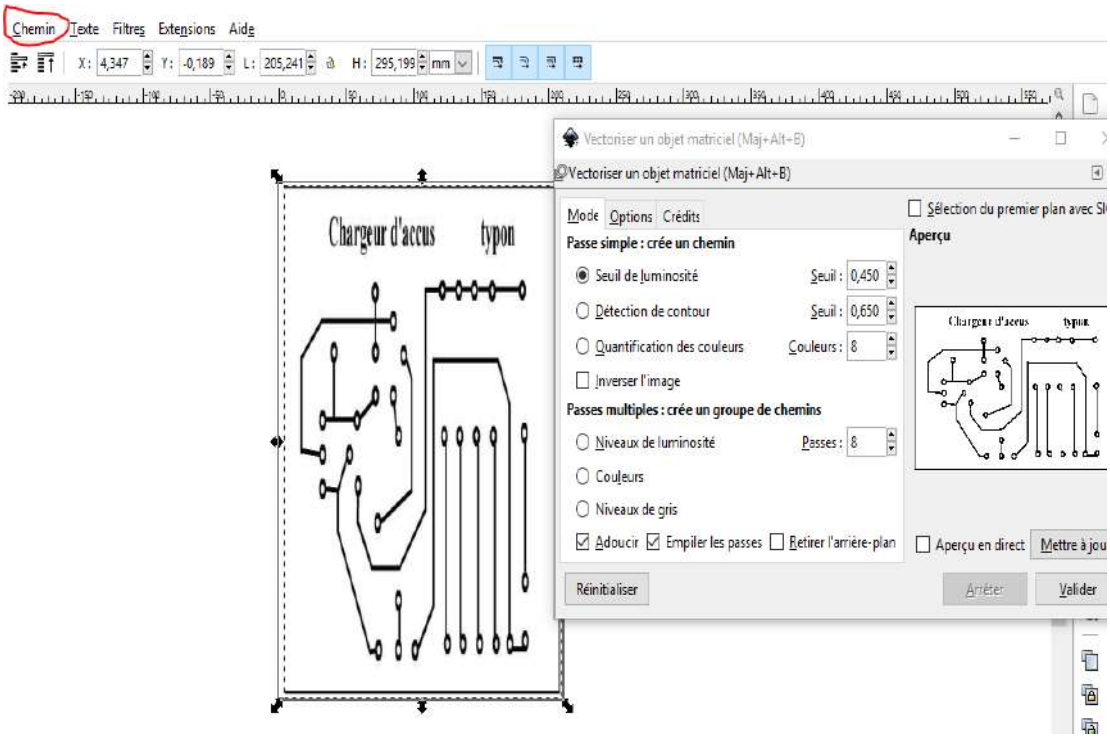


Figure III.4:image vectoriel à vocation "artistique

Une fois valider, on aura deux images superposés (l'image bitmap et l'image vectorielle).On les sépare par un simple "glissez déposé" (Vous pouvez zoomer en gros plan pour apprécier la différence entre une image vectorielle et une image bitmap).

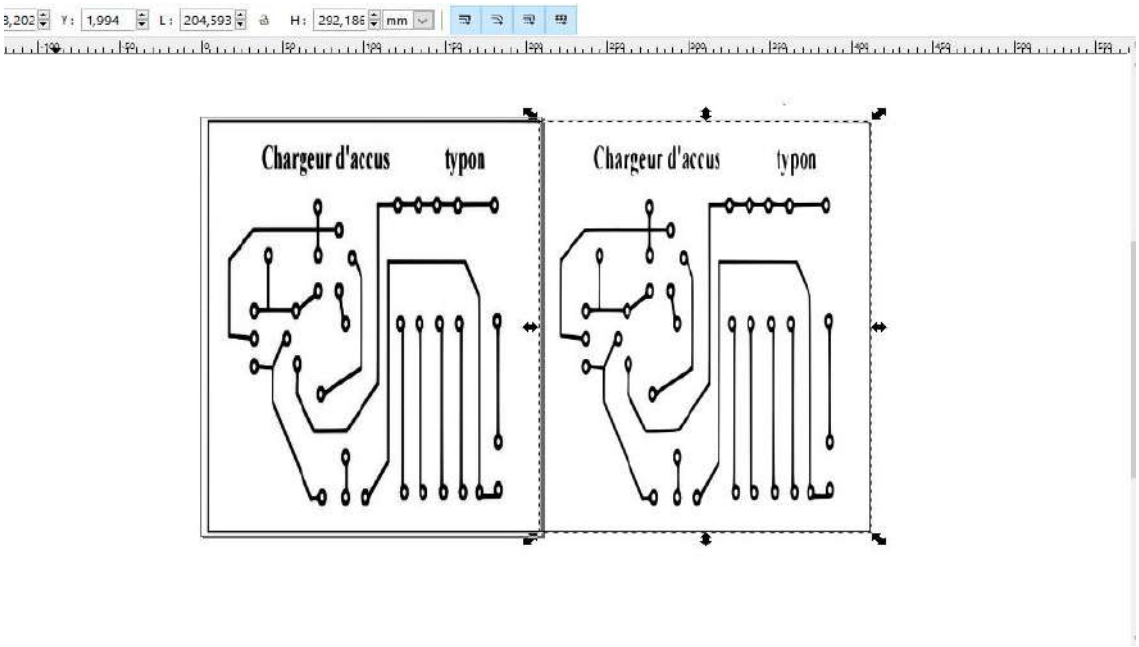


Figure III.5: vectorielle et image bitmap.

C. Génération du G code

On clique sur la barre de menu **Extensions** puis sur **G code tools**, ensuite, nous choisissons de bibliothèques d'outils.

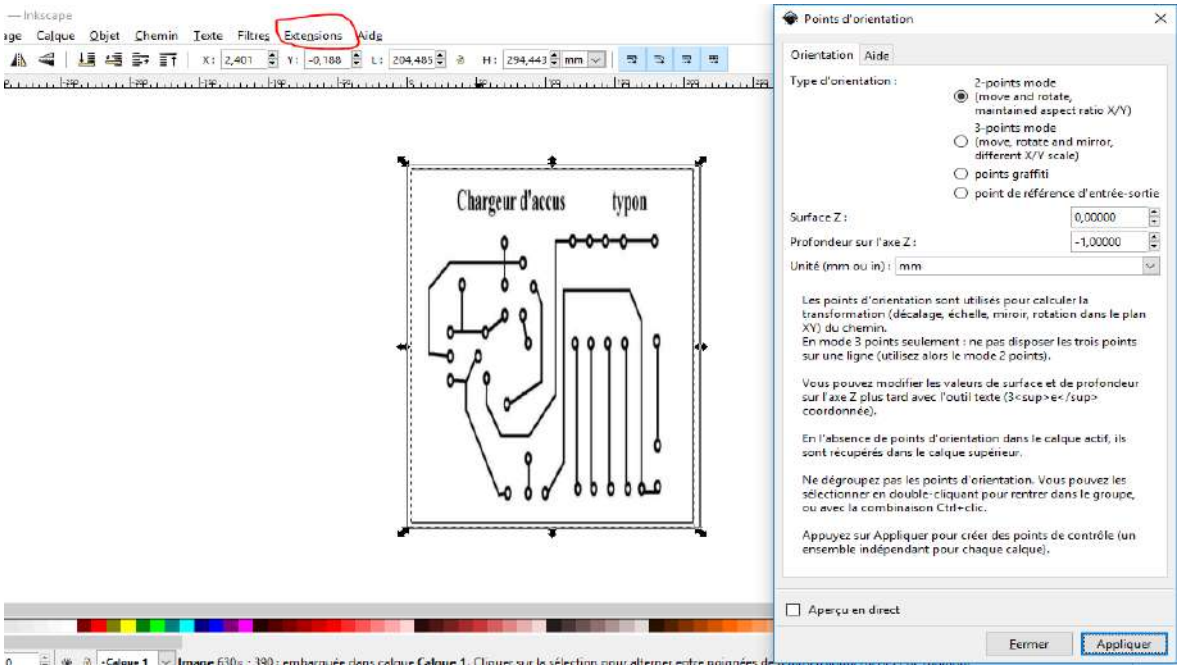


Figure III.6 : points d'orientations.

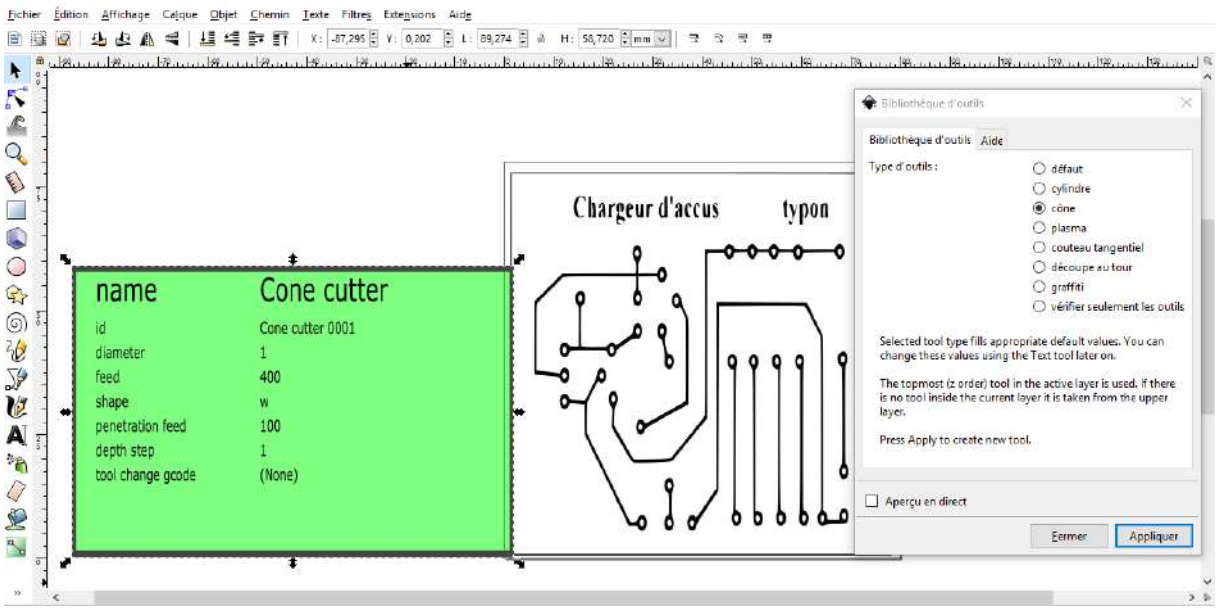


Figure III.7: bibliothèque d'outils

Pour générer le fichier **.ngc**, nous appuyons sur l'onglet **Extensions** puis sur la commande **Chemin vers Gcode.**

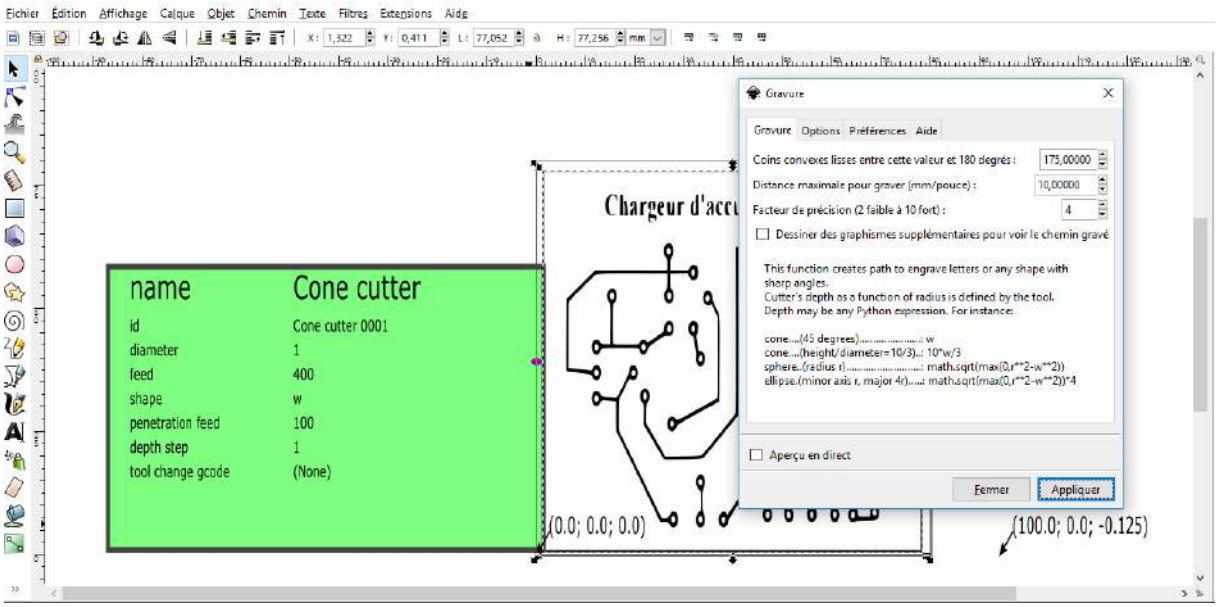


Figure III.8 : chemin vers G-code

III.4. Définition de Universal G code Sender :

Ce logiciel permet d'écrire et d'envoyer des instructions en **code G** via le port série vers une carte de type arduino dont cette dernière contient en mémoire un interpréteur dite GRBL.

III.4.1. Logiciel de pilotage de la machine CNC

La solution la plus fonctionnelle que nous avons trouvée une évolution pour le pilotage d'une CNC se fait à l'aide de séquences d'instructions en Gcode Sender vers ARDUINO UNO d'interpréter et contrôler par GRBL, qui est cours de développement par Winder. [25]

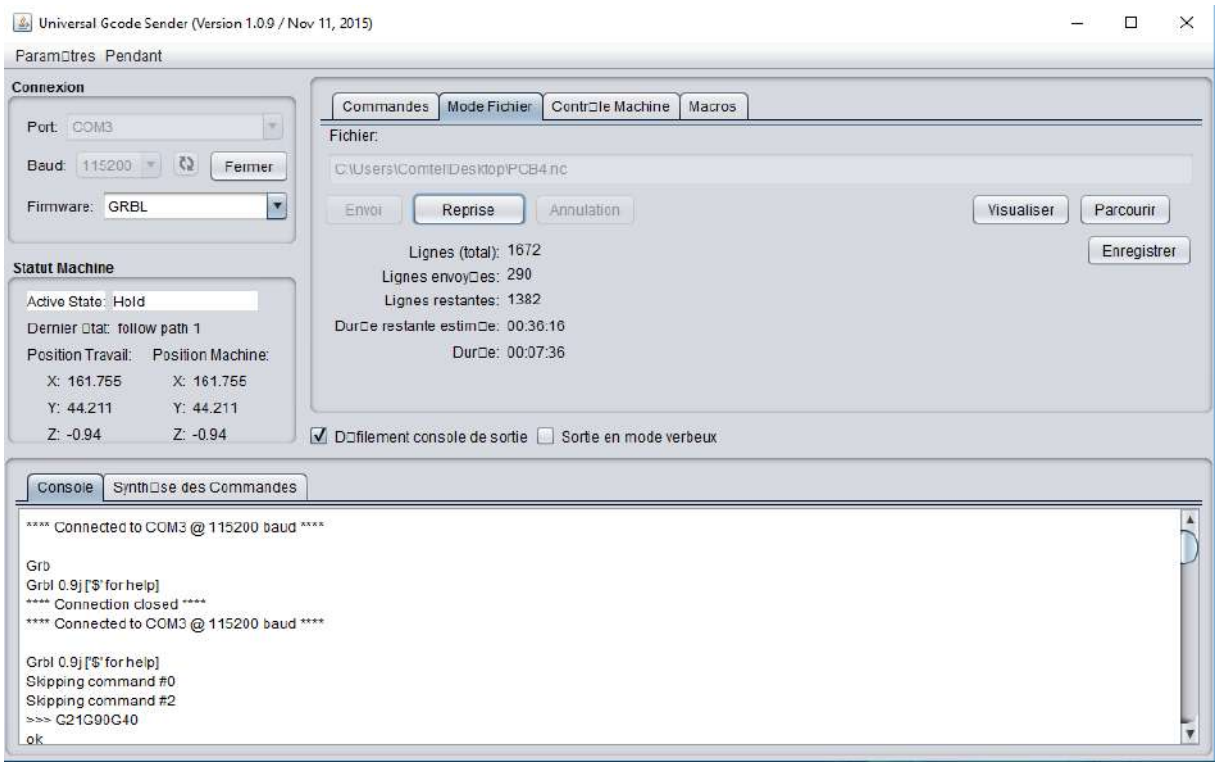


Figure III.9 : Universel Gcode Sender

Nous avons sélectionnées le port COM sur lequel est branché votre Arduino (pour moi COM3) et nous allons réglées la vitesse à sur **115200 baud** et on clique sur Open pour ouvrir la connexion.

Trois onglets sont à votre disposition **:**

- **Commands** afin d'envoyer directement du G Code à la machine ou pour configurer GRBL comme avec le moniteur série (avec $$).
- **File Mode** pour envoyer un fichier G Code à la CNC.
- **Machine Control** pour piloter manuellement votre CNC.

Voyons voir de plus près le dernier onglet.

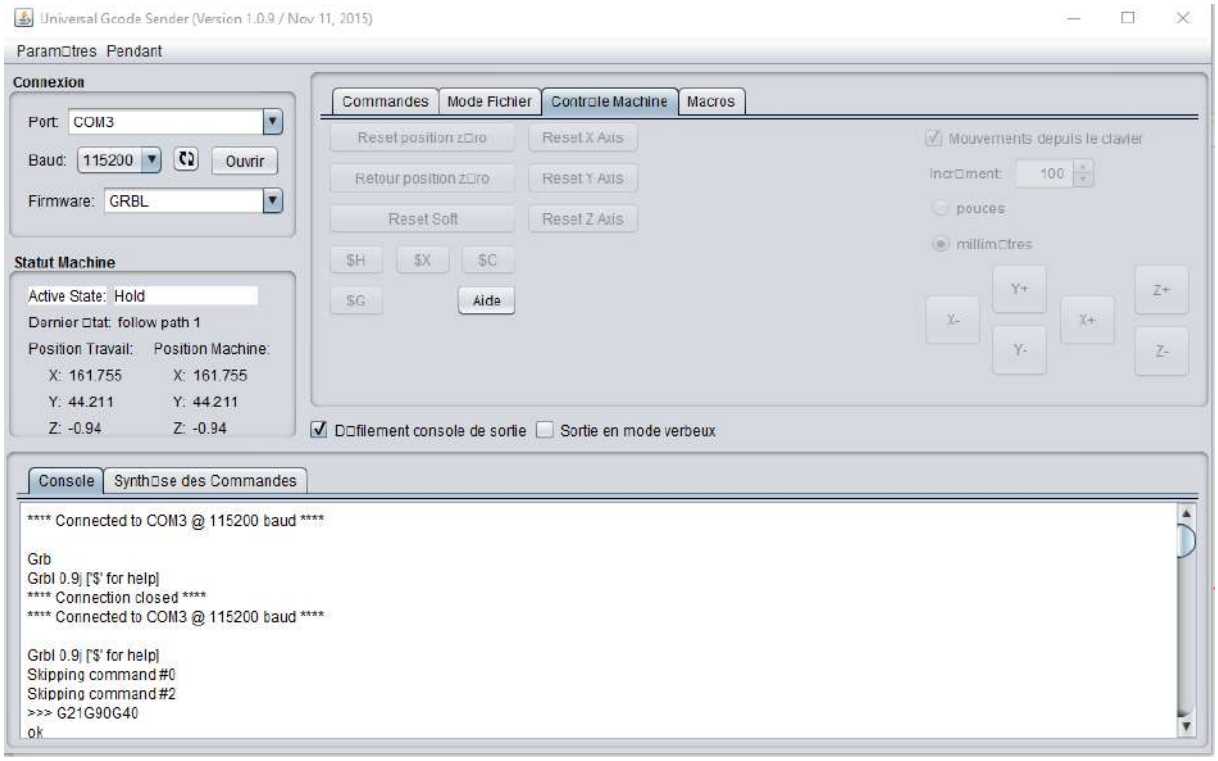


Figure III.10 : Onglet « Machine Control »de l'UGC

En cliquant sur les touches, vous pouvez faire tourner votre moteur pas à pas, en indiquant avec step size la distance parcourue pour un pas. C'est la manière la plus simple de vérifier que vos moteurs fonctionnent correctement avant de les fixer définitivement dans la CNC et de voir si vous avez bien configuré GRBL.

Une fois que tout fonctionne bien avec le pilotage manuel, vous pouvez aller dans **File Mode** et envoyer directement votre fichier G code.

III.4.1.1. Modes de commande

Il y'a deux mode utilise dans ce programme soit mode manuel ou mode automatique pour commande le machine CNC, Le programme fournit spéciale boutons dans l'interface de base qui contrôle chaque moteur séparément, Ce qui fonctionne ces boutons après choisi le mode manuel.

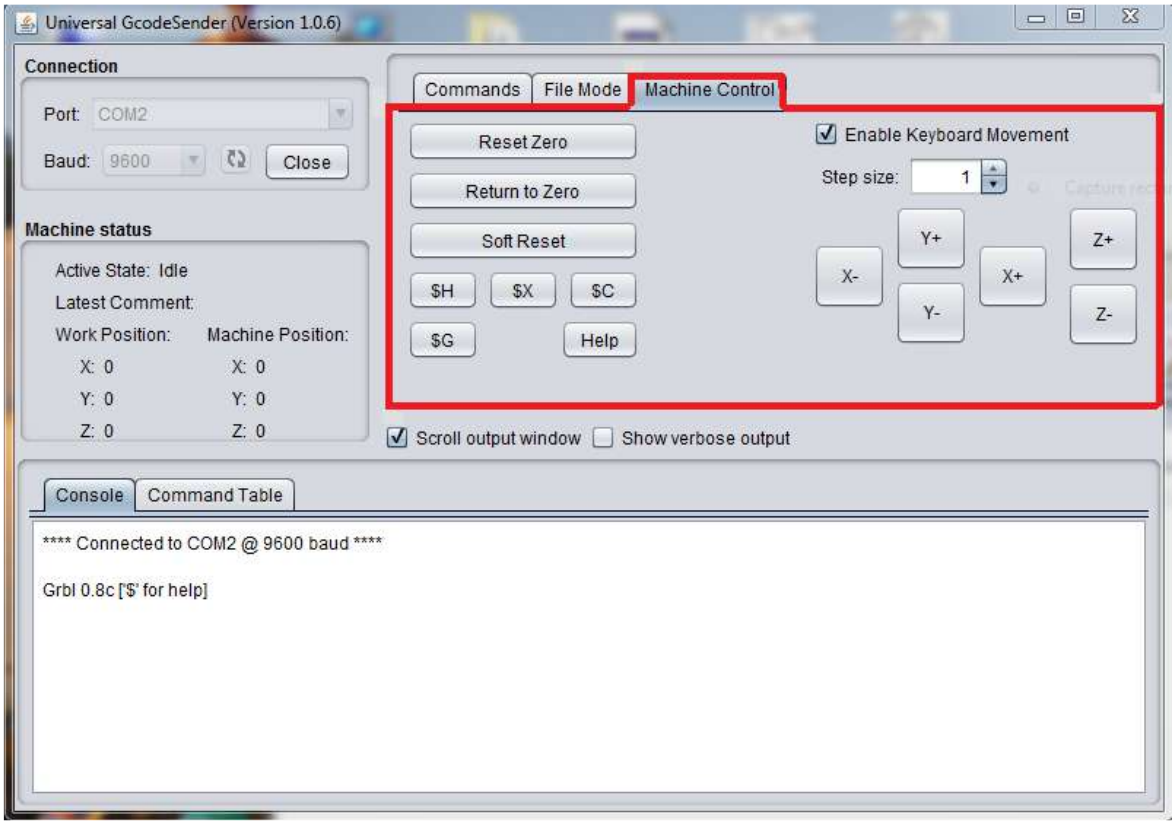


Figure III.11: l'interface de “G-code Sender” on mode manuel.

Pour l’utilisation graphique : le mode automatique, Charge notre fichier G-code: dans l'onglet "file mode" faites "browse" et sélectionnez fichier G-code (.ngc) précédemmentcréé. En faisant "visualize" nous pourrons vérifier notre tracé et le chemin emprunté par l'outil: en rouge les zone de travail (Z<0); en bleu les déplacements (Z>0).

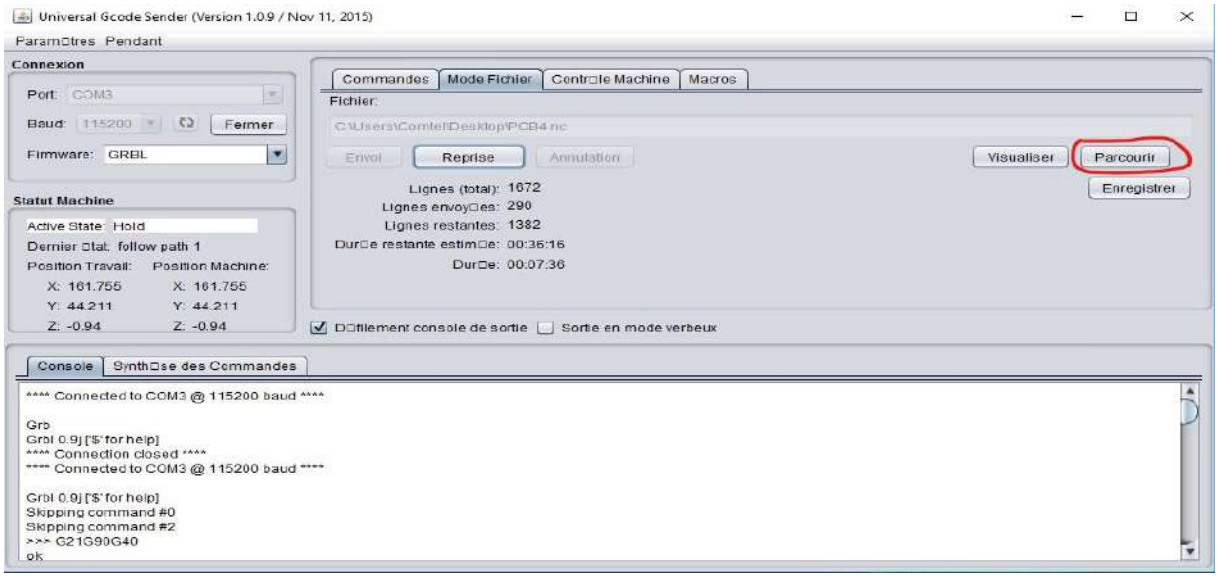


Figure III.12: l'interface de “Gcode sender” choisir le fichier Gcode.

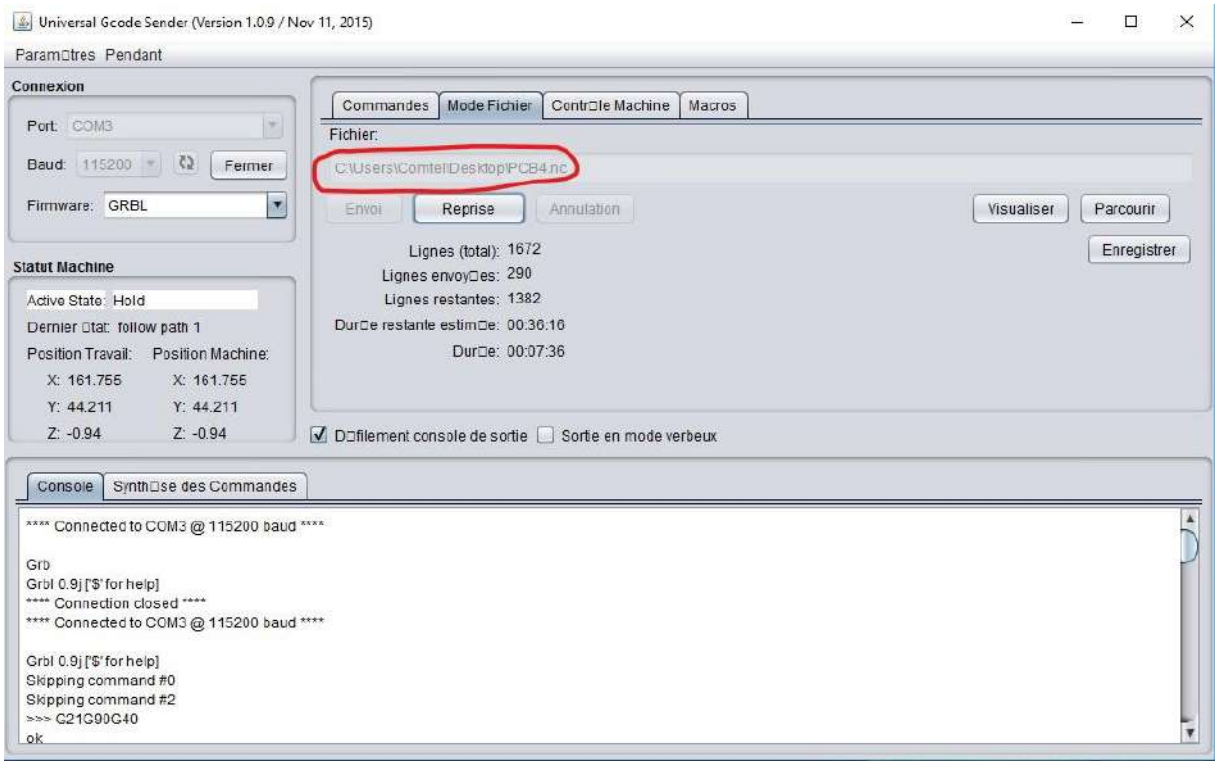
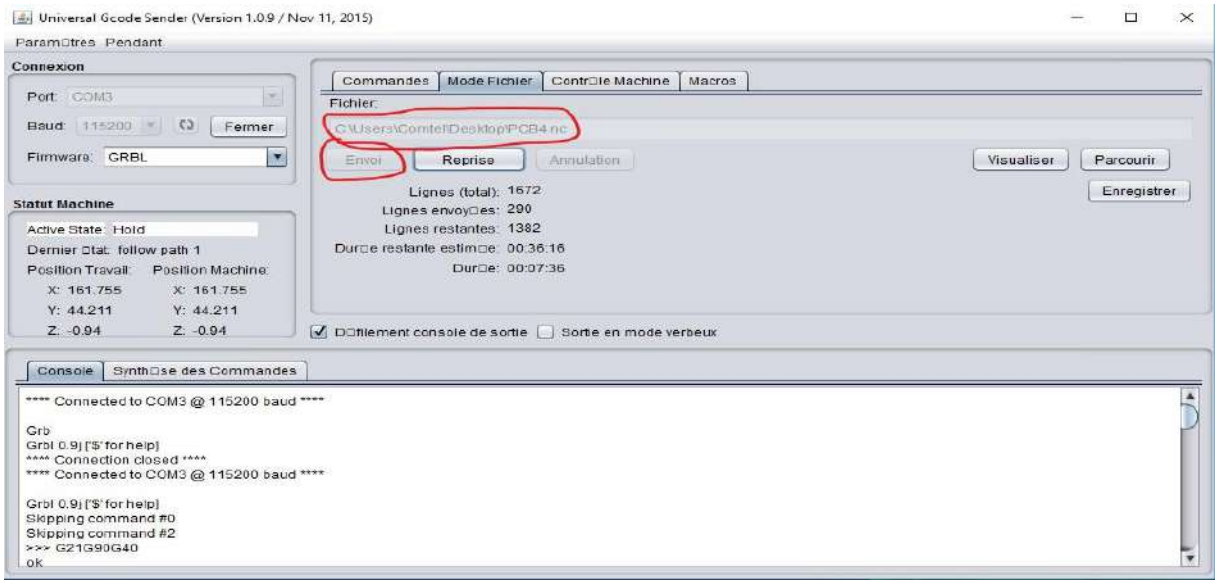


Figure III.13: l'interface de “g code sender” on mode automatique.

Faire le zéro (le "home"): dans l'onglet "machine control" déplacez l'outil avec les boutons X, Y et Z. Nous pouvons modifier le pas de déplacement en modifiant le "step size". Une fois l'outil positionner là où vous souhaitez établir le zéro (en contact avec notre support) cliquez sur "reset zéro". Pour lancer le travail: retournez dans l'onglet file mode et cliquez sur "Send".



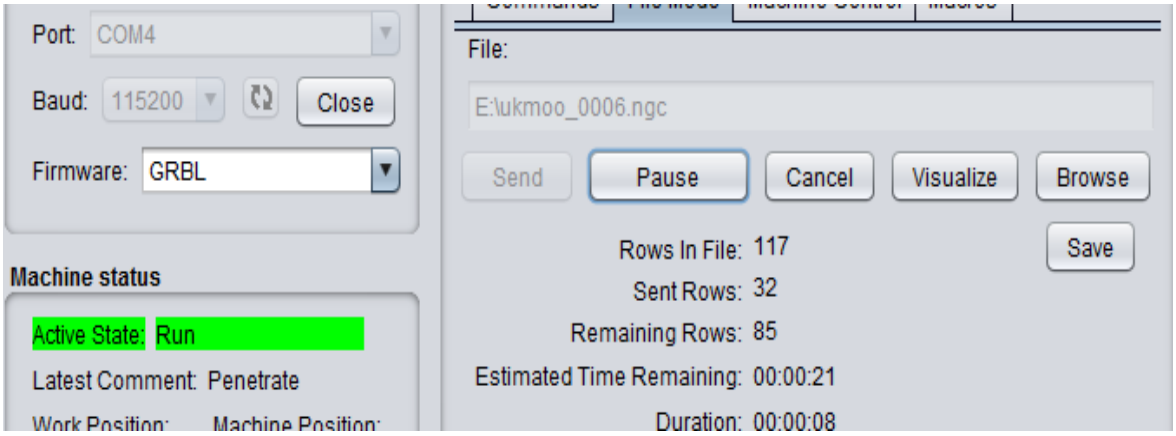


Figure III.14: envoyé fichée G code

III.4.1.2. Mode Configuration

Autre que le mode manuel et le mode automatique, il y a le mode configuration. Dans ce mode, nous pouvons configurer les dimensions de la table. Afin de configurer les dimensions, l'opérateur est appelé à mettre la tête aux coins inverses de l'origine table après le lancement d'une prise d'origine. Cela est nécessaire pour mémoriser les distances maximales des axes X et Y. et la vitesse et nombre de pas par unité de tel moteur. Ainsi, ces paramètres sont enregistrés dans la mémoire EEPROM.

III.4.1.3 mode manuel

En mode manuel, l'opérateur peut commander les moteurs directement par les boutons (X+,X-,Y+,Y-,Z+,Z-,..) dans la programme de transfert G-code , si En cliquant sur ses boutons nous générons un instruction de code G qui envoyé à la carte de commande pour commander le moteur connecté avec ce bouton.

III.4.1.4 mode automatique

En mode automatique, la carte Arduino Uno reçoit les instructions en G-code et les exécute l'une après l'autre. Il y a plusieurs étapes pour achever cette tâche. Commençant par la réception de l'instruction jusqu'à la commande des moteurs et de la tête. Si l'opérateur clique sur le bouton « send » après le chargement de fichier G-code (soit texte ou image) dans le programme de transfert, l'arduino fonctionne en mode automatique, le arduino entre dans une boucle et prêt pour recevoir les données.[25]

L'arduino fait l'enregistrement dans la mémoire RAM, Puis fait la compilation pour savoir l'opcode (code de l'opération) et évidement ses paramètres s'ils existent. Chaque opcode de code G a une fonction spécifique, s'il s'agit d'un paramétrage, l'instruction affecte une variable en EEPROM tels que l'origine programme, origine pièce, vitesse de déplacement…et s'il s'agit d'un déplacement, l'arduino fait appel à la fonction qui contient l'interpolation de Bressenham liée à ce déplacement (interpolation linéaire et interpolation circulaire). Enfin, le arduino envoi le mot ' »' pour indiquer au PC qu'il est prêt à recevoir l'instruction suivante. L'appui sur le bouton 'cancel' termine le dialogue.

III.5. Langage de programmation la machine CNC

Un langage de programmation est un langage permettant à un être humain d'écrire un ensemble d'instructions (code source) qui seront directement converties en langage machine grâce à un compilateur (c'est la compilation). L'exécution d'un programme Arduino s'effectue de manière séquentielle, c'est-à-dire que les instructions sont exécutées les unes à la suite des autres.

Voyons plus en détail la structure d'un programme écrit en Arduino. Le programme utilise l'équipe de Grbl est une le programme de commande dans la carte Arduino.

III.5.1. Programme Grbl

Grbl est un micrologiciel libre développé sur Arduino pour contrôler des graveuses CNC (Computer Numerical Control), i.e. des fraiseuses munis d'une tête mobile contrôlée en X, Y et Z par un ordinateur. Grbl interprète du G-code (cf. plus bas) et déplace en conséquence un outil sur 3 axes (X, Y et Z). Il comprend de multiples optimisations sur l'usage et le déplacement des moteurs afin de gérer correctement les accélérations, les trajectoires... l'organigramme qui assure ce micrologiciel .[26]

- **Installation de Grbl**

Le pilotage d'une CNC se fait à l'aide de séquences d'instructions en Gcode. GRBL estun outil pratique qui permet d'interpréter le Gcode et de piloter très simplement une CNC avec Arduino.

- Téléchargez la dernière version .zip de GRBL sur github.
- Décompressez le dossier **Grbl-master**

Nous allons maintenant inclure GRBL aux bibliothèques Arduino. Pour cela, deux méthodes sont possibles.

- Via le logiciel Arduino, on clique sur Croquis puis Inclue une bibliothèque et on ajouter la bibliothèque .ZIP. Puis nous sélectionnons le dossier Grbl situé dans le dossier Grbl-master.

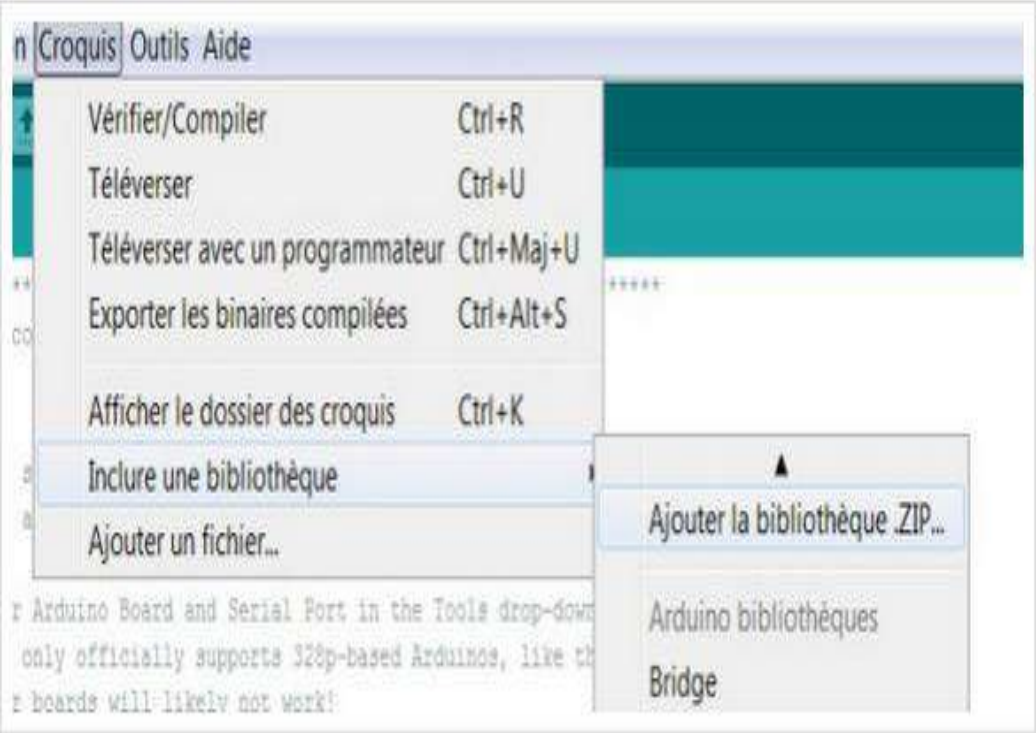


Figure III.15 : Installations de **GRBL** dans l'arduino.

- Autre méthode : nous allons vers C:\Program Files\ Arduino. puis Cliquez sur **Arduino** puis **librairies** et on colle le dossier **Grbl** situé dans le dossier **Grbl-master**.

nous redémarrons ensuite l'IDE Arduino.

Pour implémenter GRBL sur l'Arduino, rien de plus simple. Il suffit d'aller dans **:**

Fichier => Exemples => grbl = > grbl-upload

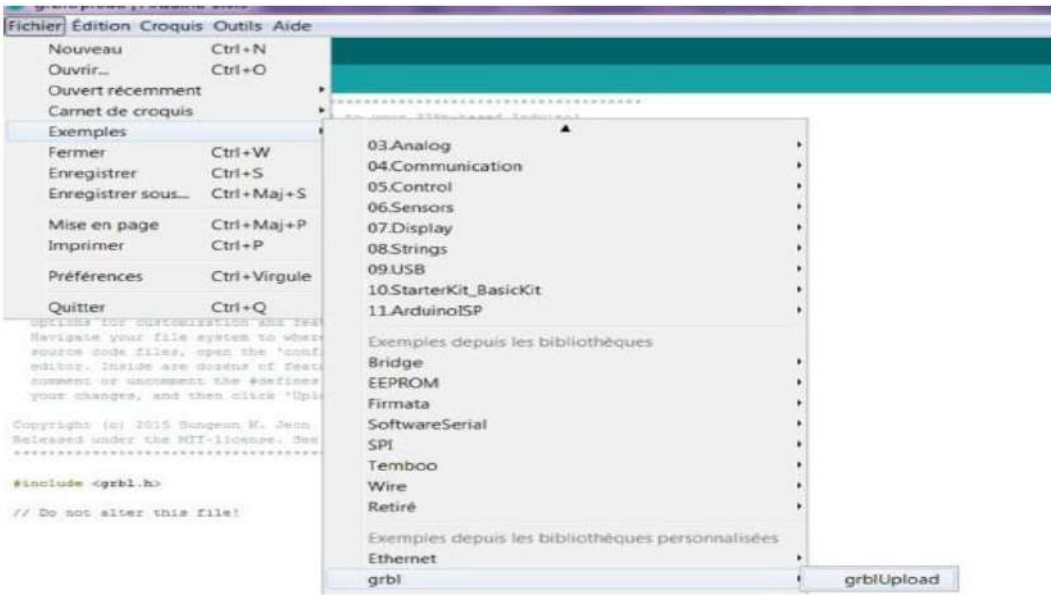


Figure. III.16 : ouvrire le GRBL

III.6. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté un language de programmation G-code et le logiciel de dessin 2D **Inkscape**.

Ce chapitre a été consacrée au logiciel **Universel G code sender** qui a la tâche du transfert des instructions Gcode vers la carte Arduino Uno via le port série.

CHAPITRE IV

Simulation et Réalisation de la machine CNC

IV.1. Introduction

Ce chapitre est consacré à la fabrication et l'application d'une machine CNC Pour cette raison, plusieurs étapes ont été envisagées :

✓ Simulation sur logiciel Isis Proteus : pour valider la faisabilité et le bon fonctionnement des circuits déjà développées théoriquement. Implémentation des circuit simulés sur la plaque à essais (plaque à trous) afin de s'assurer de son fonctionnement.

✓ Une fois la simulation est bien vérifiée, on passe à l'étape de routage en utilisant l'outil ARES. Réalisation de la carte électronique en imprimant les circuits et la soudure des composants sur une carte principale (carte de commande) dont le rôle principal est de gérer les moteurs pas à pas.

✓ Essayé d'employer des matériaux que l'on peut se procurer facilement et des composants les moins chers possibles pour la fabrication de la machine CNC. Pour piloter les moteurs pas à pas des axes X et Y, nous avons utilisé la carte Arduino Uno.

✓ Faire un test avec la machine CNC traceur .

IV.2 Schéma synoptique :

Le schéma suivant montre le cheminement à faire pour arriver à un produit fini.

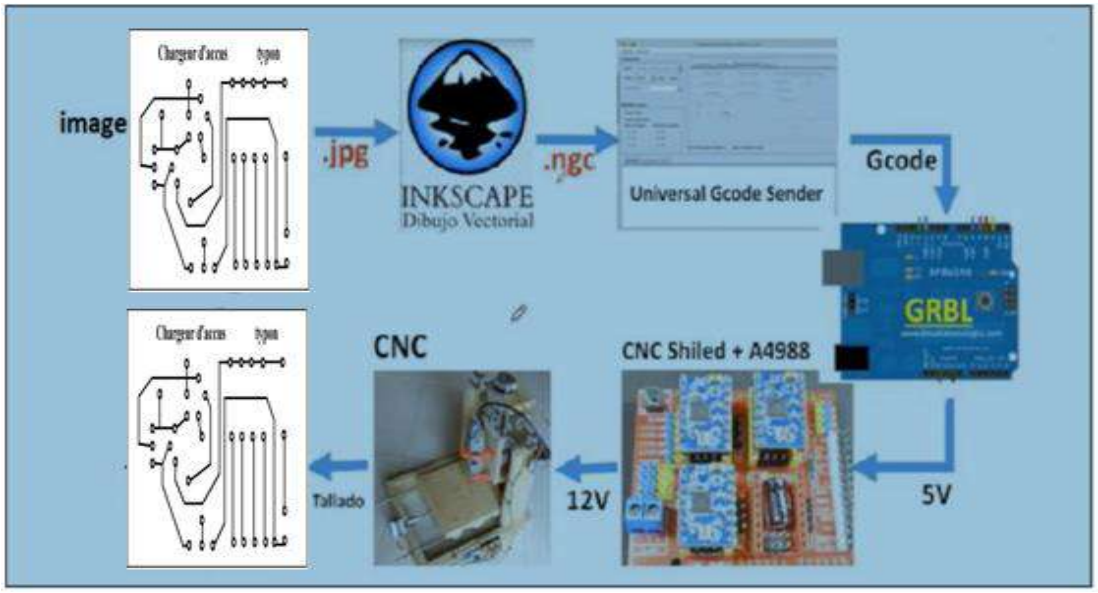


Figure IV.1 : Schéma synoptique de la commande.

D'après ce schéma, l'image de type .**JPG** ou .**BMP** passe tout d'abord par le logiciel Inkscape afin de générer le Code-G de cette image sous forme d'un fichier, ce fichier est ensuite pris en charge par le logiciel Universel Gcode sender pour le transmettre à la carte Arduino via le port série (ou USB), par la suite cette dernière interprète les instructions de Code-G à l'aide d'un interpréteur (GRBL) qui est chargé au préalable dans la mémoire du microcontrôleur de la carte, et les faire (instructions) sortir sous forme des signaux numérique afin de piloter les drivers qui sont relier aux moteurs.

Etape1 : Générer le G code avec inkscape

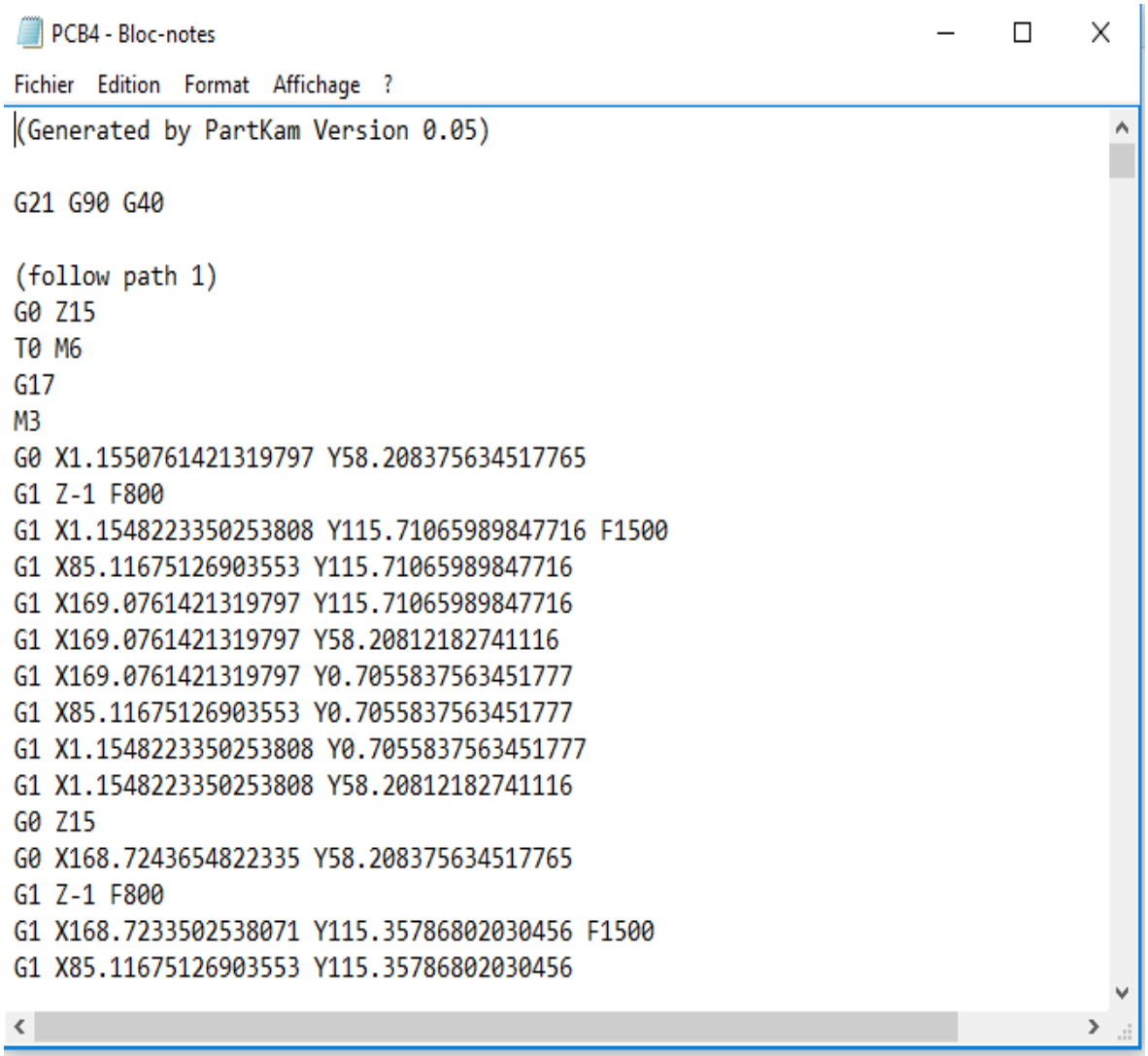


Figure IV.2 : Une partie du fishier circuits.nrg

Etape 2 : Chargement et visualisation du fichier G code par universel Gcode sender

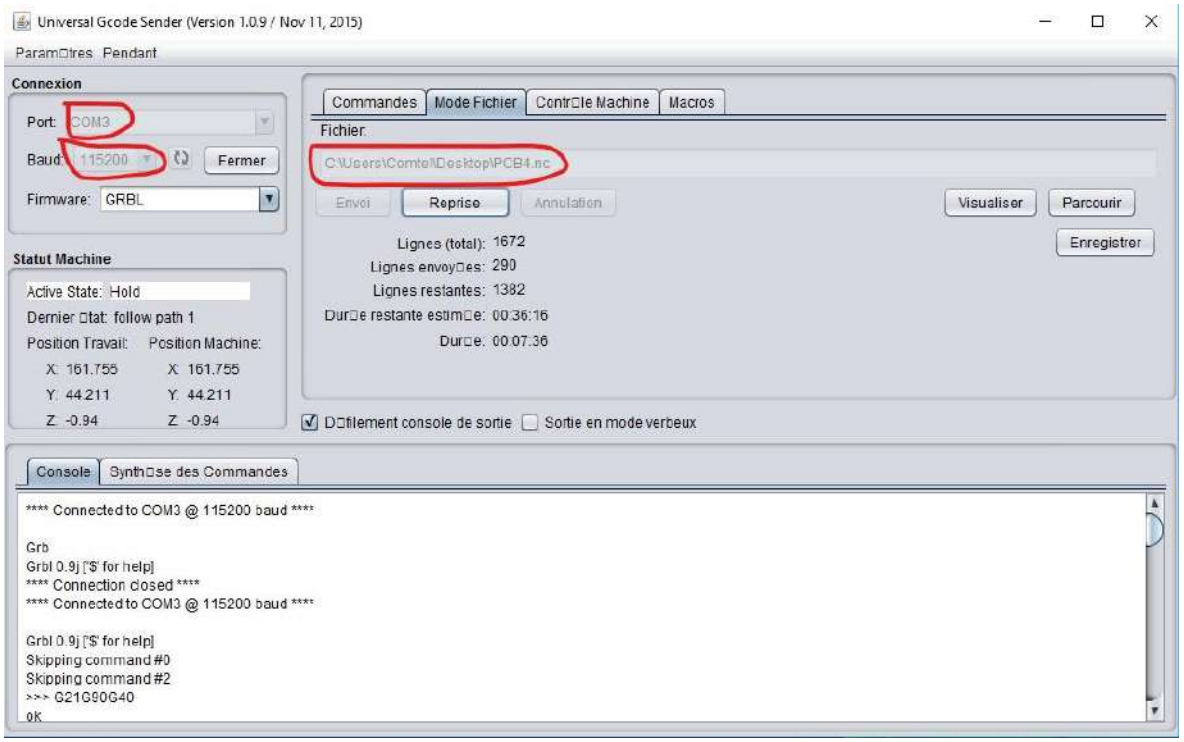


Figure IV.3 : Chargement du fishier circuits.nrg par universal Gcode sender

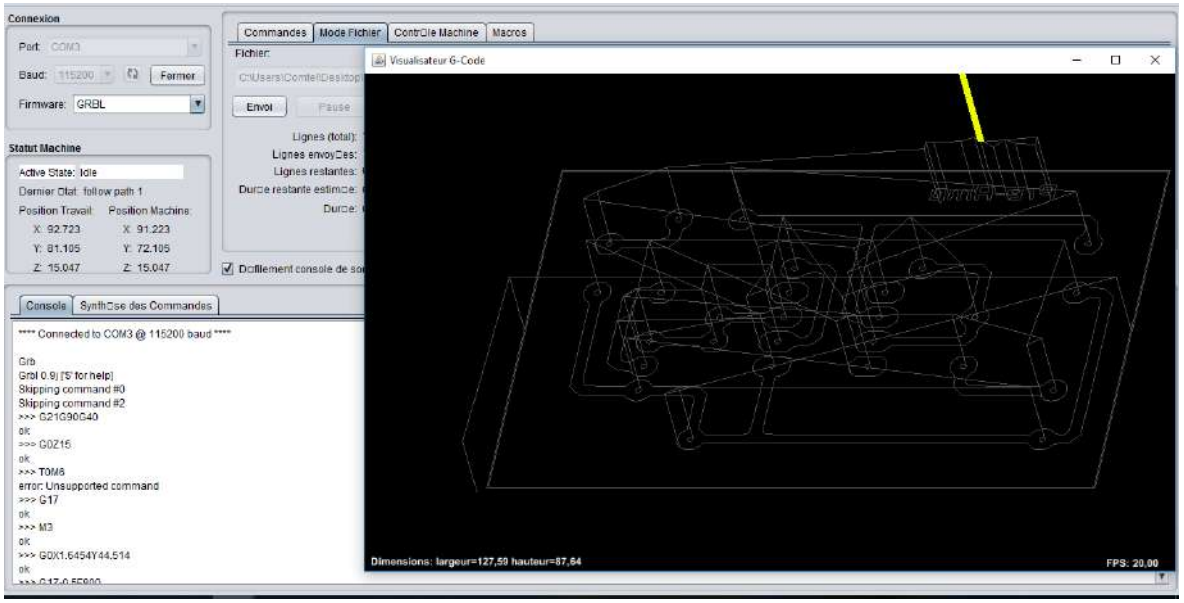


Figure IV.4 : visualisation du fishier circuits.nrg par universal Gcode sender

Etape 3 : chargement de fichier GRBL

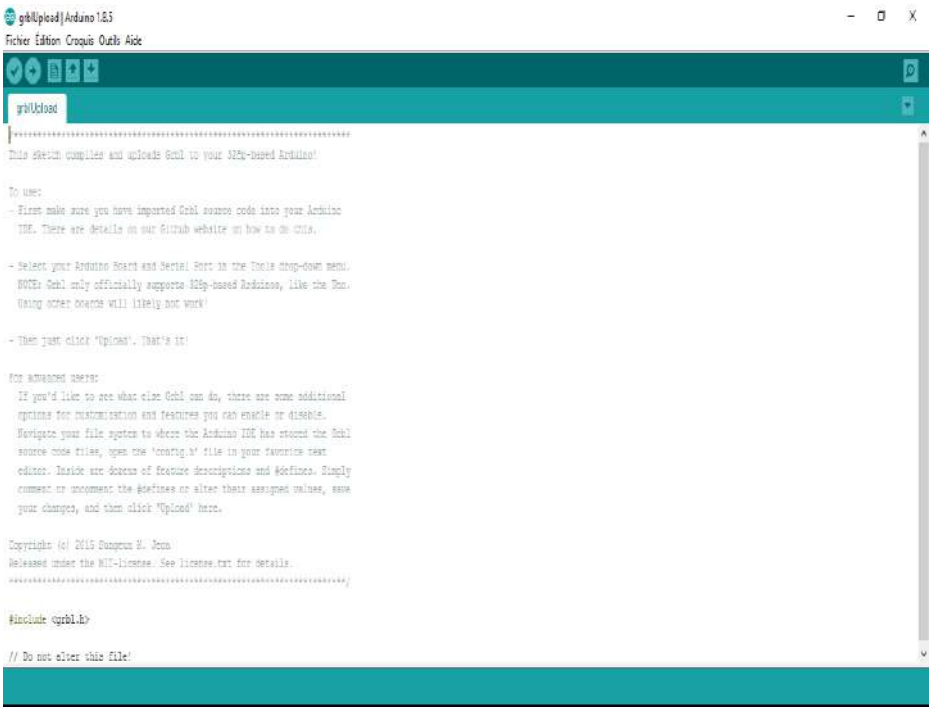


Figure IV.5 : Chargement de fishier GRBL

Etape 4 :l'envoi du fichier rosa_001.nrg (voir chapitre III)

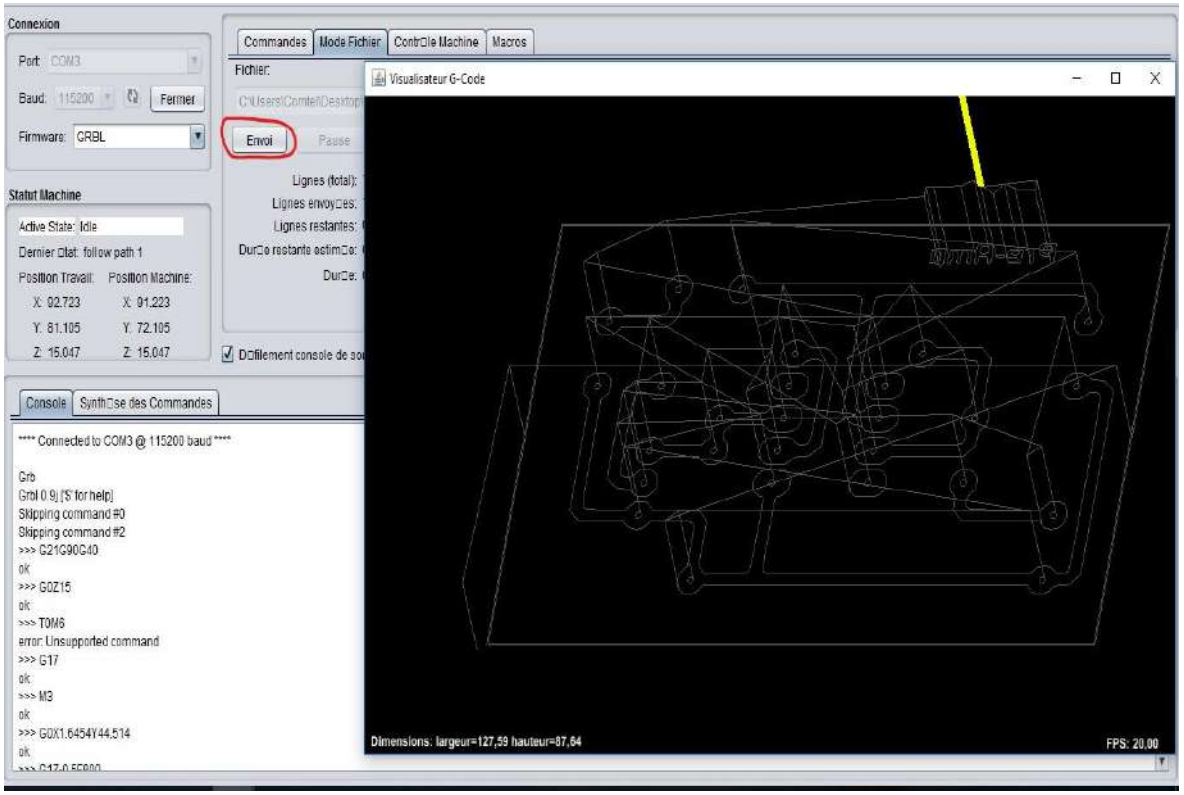


Figure IV.6 : Envoy le fishier vers la machine CNC

IV.3. Simulation électrique sous Porteuse Professionnel

Proteus est une suite logicielle destinée à l'électronique. Développé par la société Labcenter Electronics, les logiciels incluent dans Proteus permettent la CAO dans le domaine électronique. logiciels principaux composent cette suite logiciel : ISIS.

IV.3.1. Présentation Générale

Cette suite logicielle est très connue dans le domaine de l'électronique. De nombreuses entreprises et organismes de formation (incluant lycée et université) utilisent cette suite logicielle. Outre la popularité de l'outil, Proteus possède d'autres avantages.

IV.3.2. ISIS

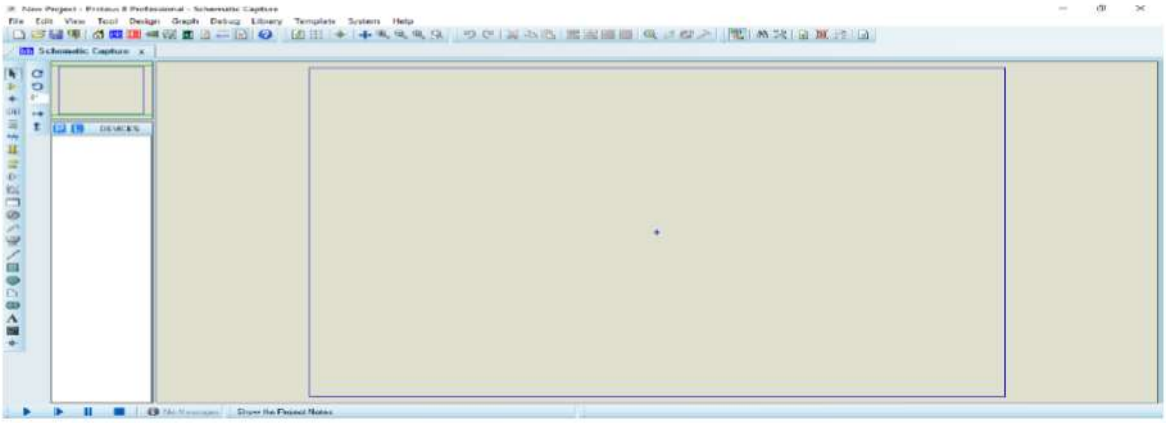


Figure IV.7: Logiciel ISIS.

Le logiciel ISIS de Proteus est principalement connu pour éditer des schémas électriques. Par ailleurs, le logiciel permet également de simuler ces schémas ce qui permet de déceler certaines erreurs dès l'étape de conception. Indirectement, les circuits électriques conçus grâce à ce logiciel peuvent être utilisé dans des documentations car le logiciel permet de contrôler la majorité de l'aspect graphique des circuits.

IV.3.4. Simulation et test le programme

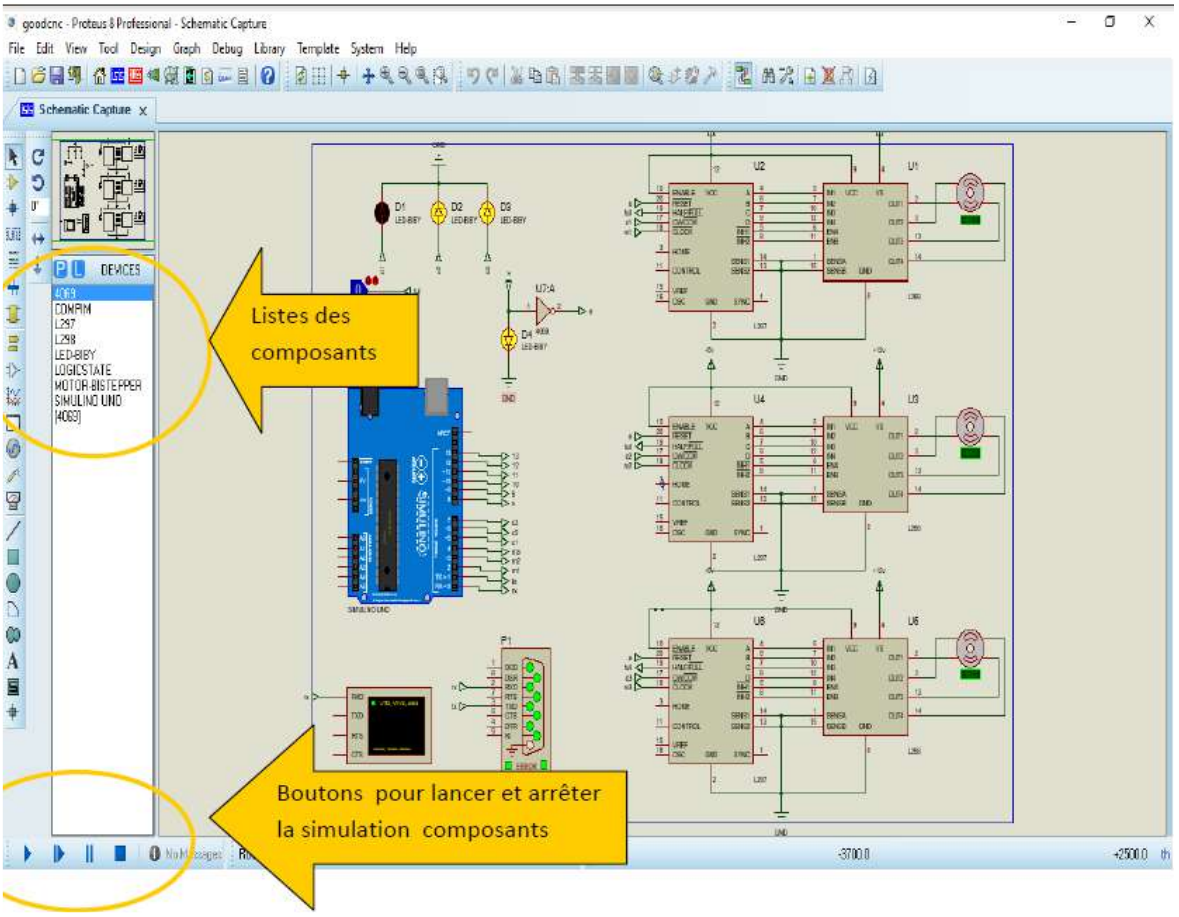


Figure IV.8 : Montage électronique dans Proteus.

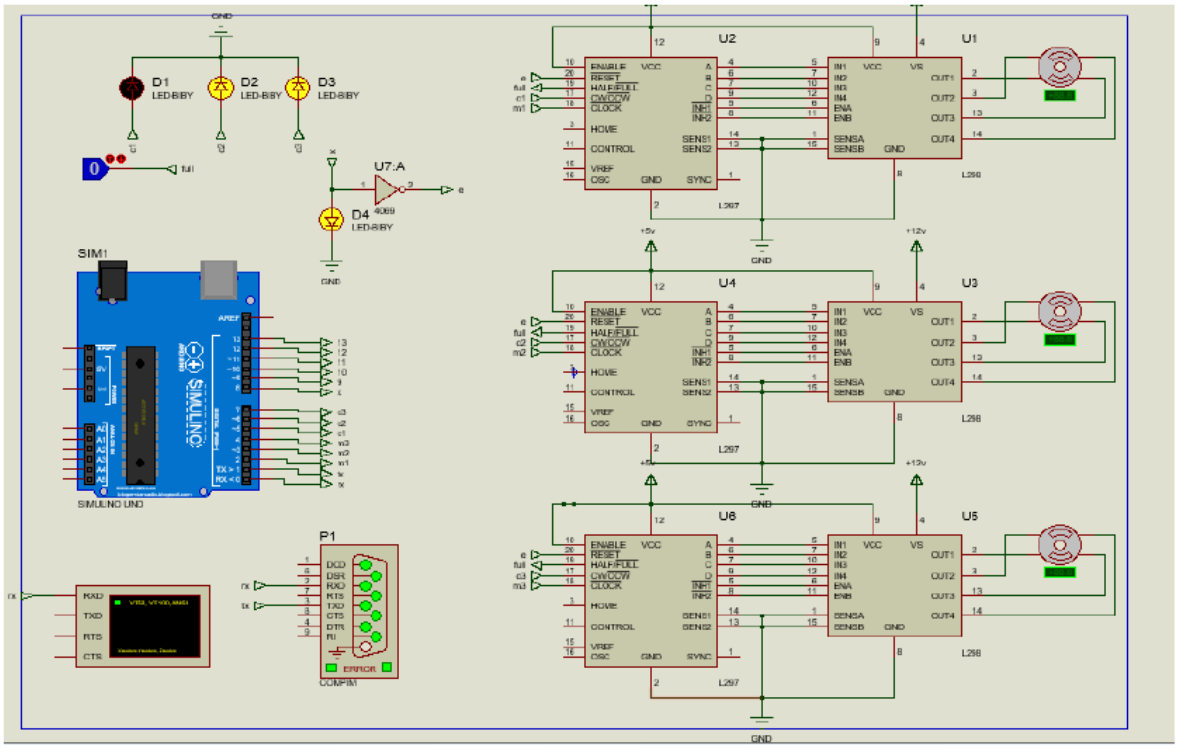


Figure IV.9 : simulation cnc machine.

IV.4.fabrication de cnc machine 2D

Etape 1 : matériel nécessaire pour réaliser le machine CNC

Nous essayons d'employer des matériaux que l'on peut se procurer facilement en magasin de bricolage et des composants les moins chers possibles pour la fabrication de la machine CNC. Pour piloter les moteurs pas à pas des axes X , Yet Z, nous avons deux possibilités. Soi utiliser La carte CNC V3 shields , ou on utilise trois carte Easy Driver pour Arduino.

- **1x Arduino Uno**



Figure IV.10 : Arduino Uno

- **1 carte CNC V3 shields**



Figure IV.11 : carte CNC V3 shields

- **3x moteurs pas à pas**

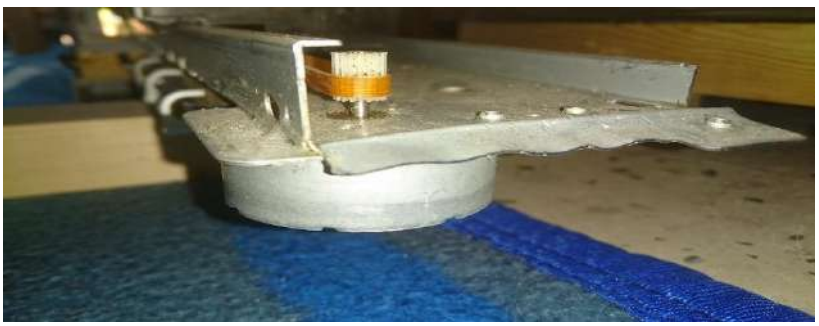


Figure IV.12 : moteurs pas à pas

- **plaque de contreplaque pour la base du Mini Traceur (axe X)**

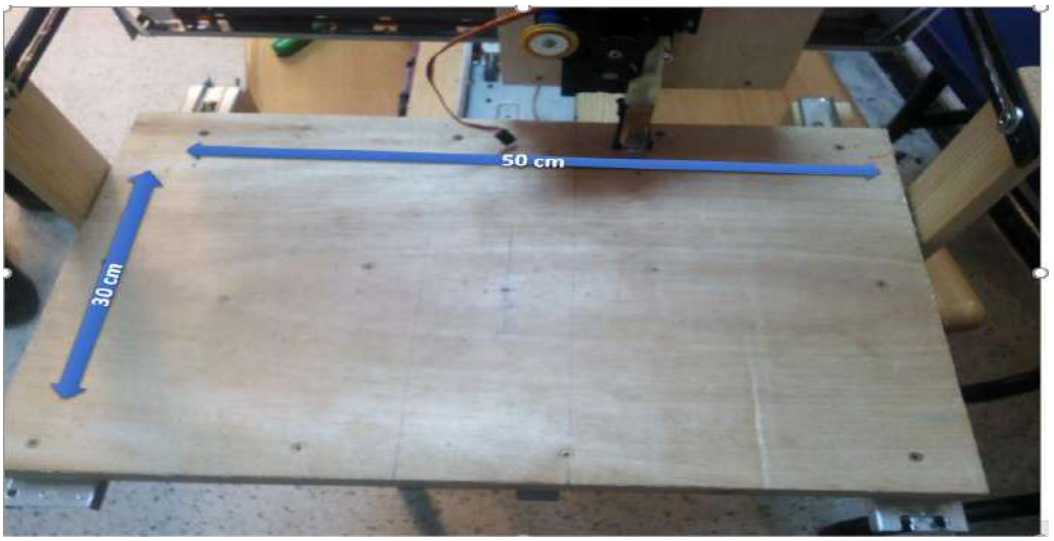


Figure IV.13 : plaque de contreplaque pour la base du Mini Traceur (axe X)

- **Des rondelles**
- **des écrou**
- **des fils**

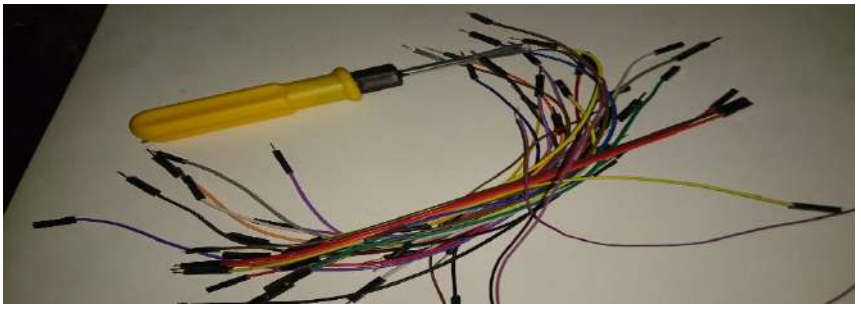


Figure IV.14 : des fils

- **1 alimentation**



Figure IV.15 : alimentation

IV.4.1. PHOTOGRAPHIES DE LA MACHINE

Photographies en axe (x)

Dans l'axe (X) en utiliser la longueur de 50 cm et largeur de 30 cm.



Figure IV.16. Représentation du côté face avant de la machine en axe (X)

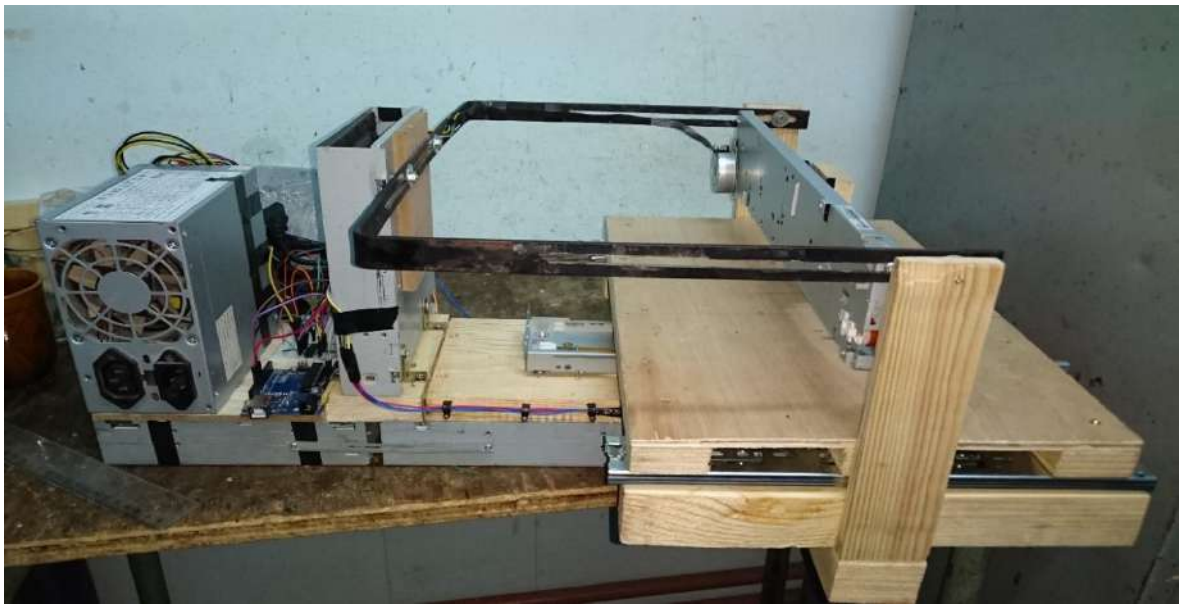


Figure IV.17. Représentation du côté gauche de la machine en axe (X)

Photographies-en axe (y)

Dans l'axe (Y) en utiliser la longueur de 40 cm et largeur de 10 cm pour les deux Coté du table



Figure IV.18. Représentation de la face avant de la machine en axe (Y)

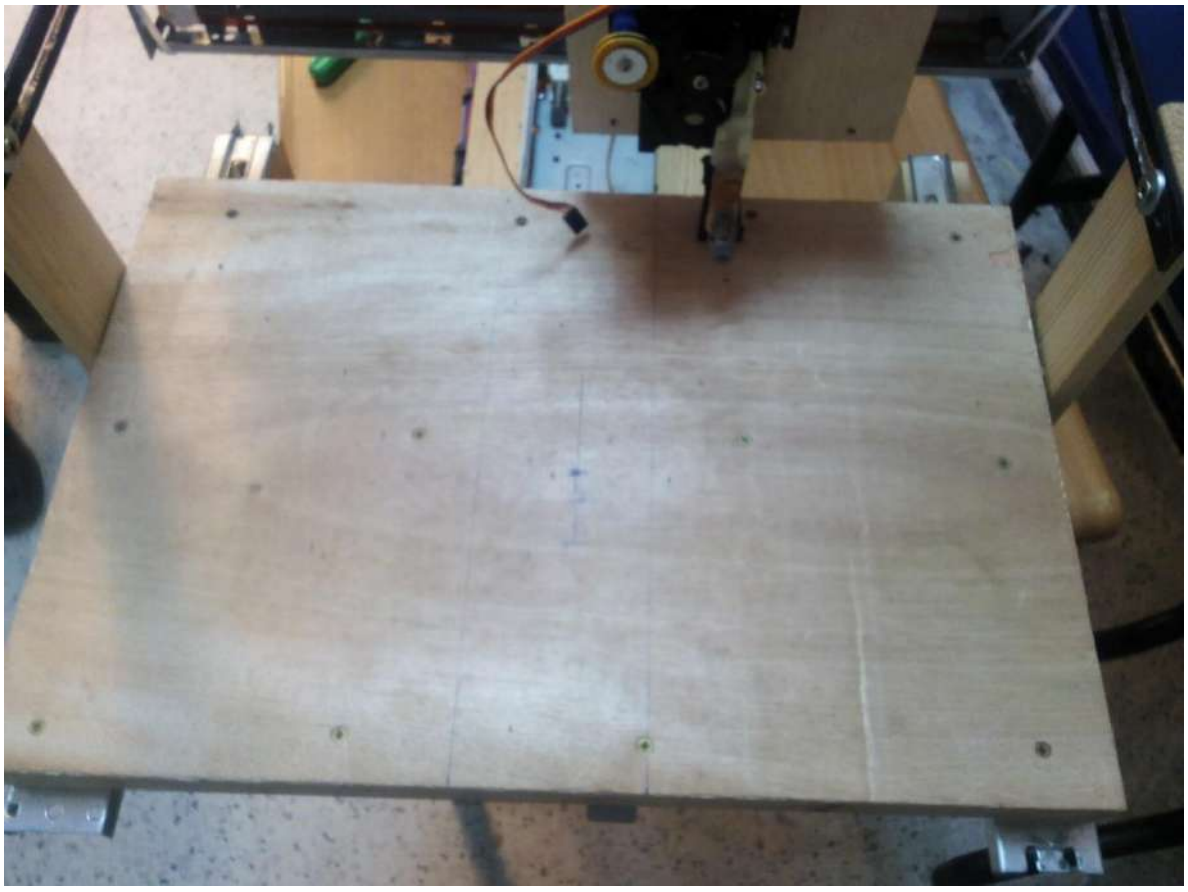


Figure IV.19. Représentation de la face haute de la machine en axe (Y)

Photographies en axe (z)



Figure IV.20. Représentation du face avant de la machine en axe (Z)

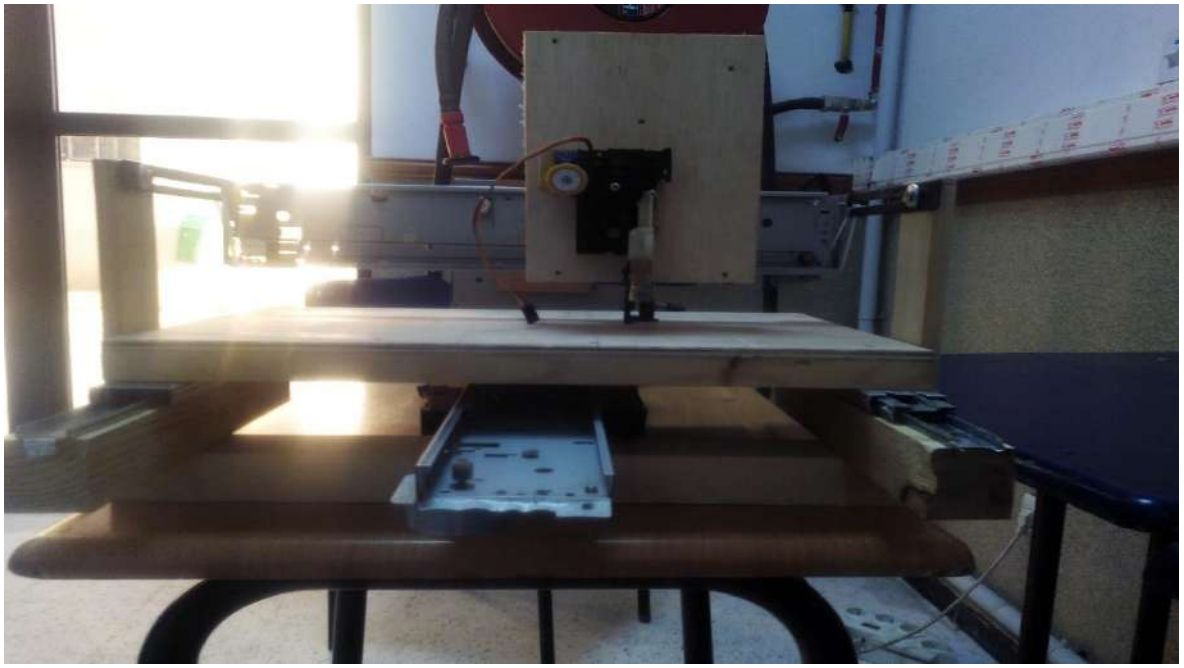


Figure IV.21. Représentation du face avant de la machine en axe (Z)

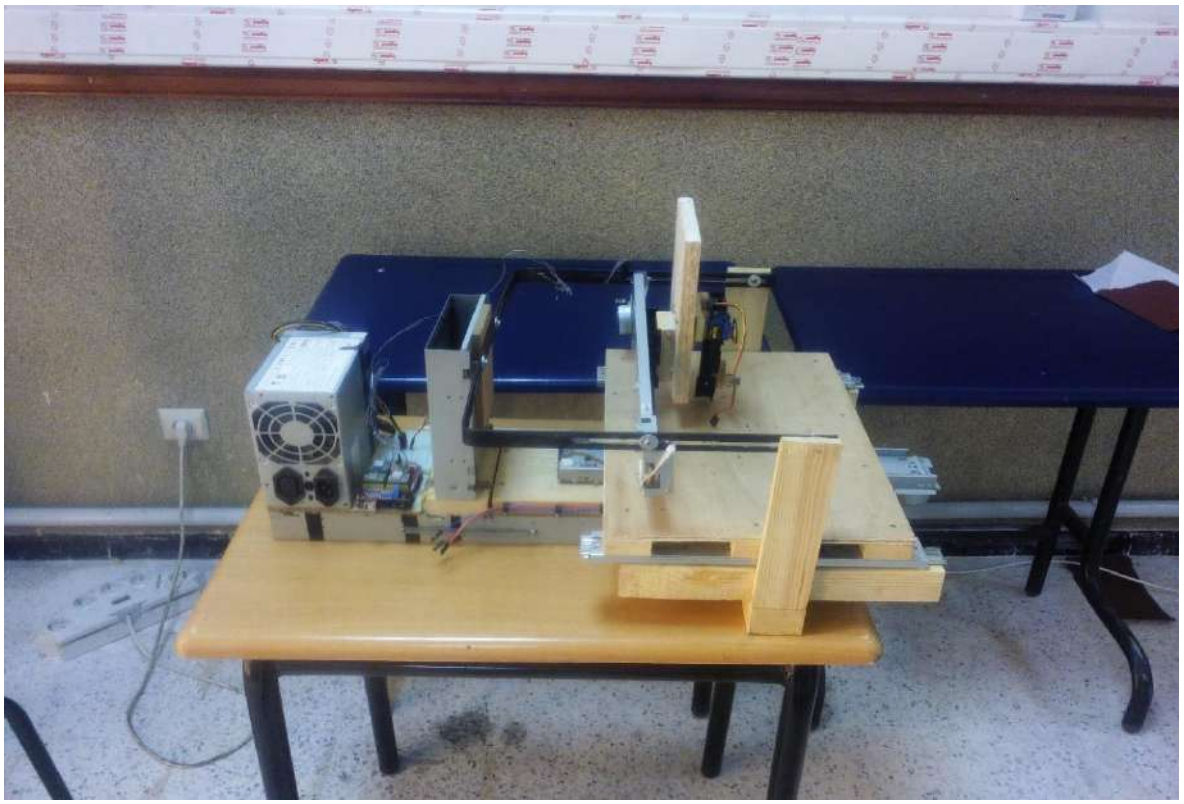


Figure IV.22. Représentation du côté gauche de la machine en axe (z)

Photographies de la machine en Générale



Figure IV.23. Représentation du côté gauche de la machine

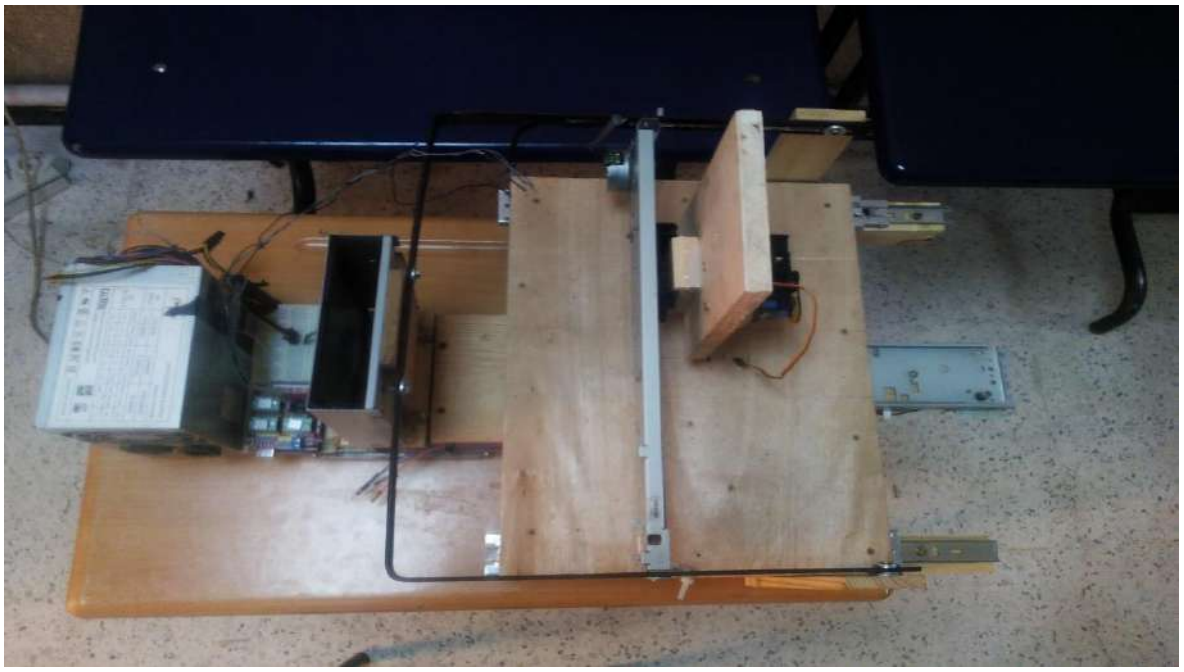


Figure IV.24. Représentation du côté haute de la machine

IV.4.2. L'emballage des composant électrique

La **Figure IV.20.** Représenté les éléments après le montage. Les éléments des driver et l'alimentation et le contacteur et carte d'interface…. .

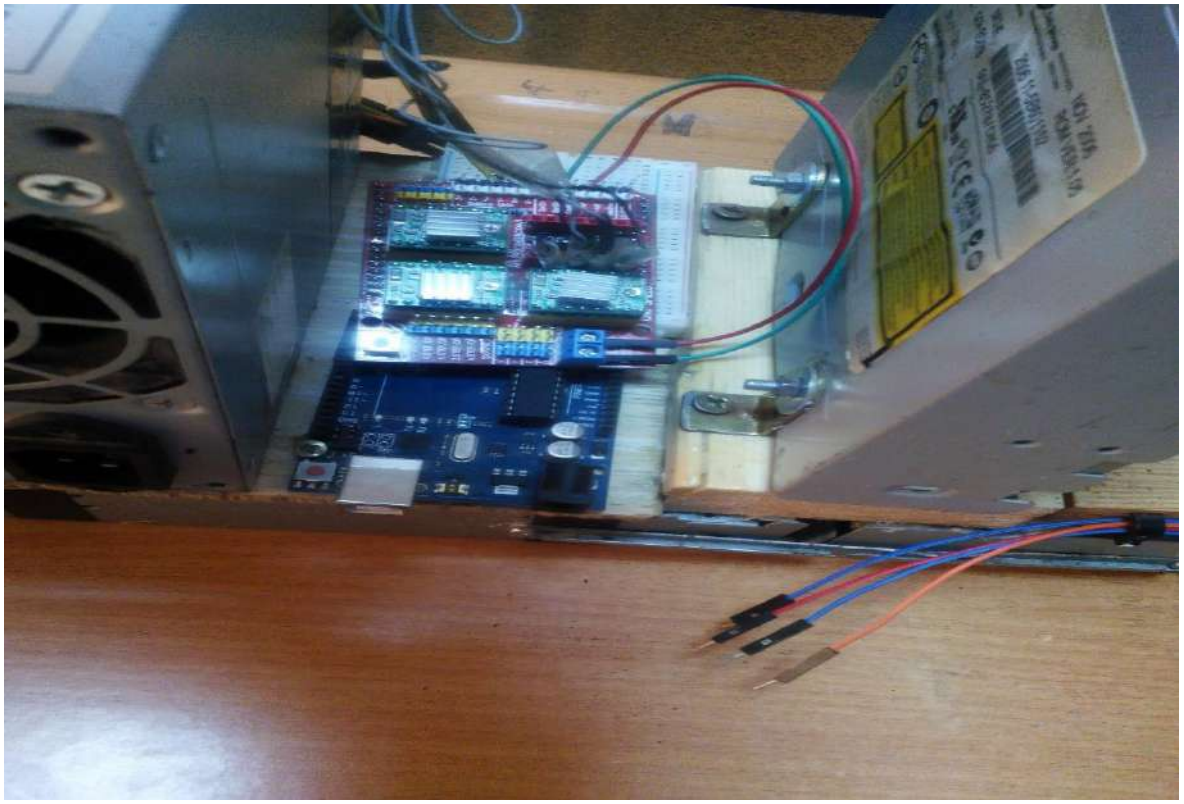


Figure IV.25. Représentation les éliment de commande

IV.5. Conclusion :

Comme nous venons de le voir dans ce chapitre, beaucoup de travaux ont été réalisés concernant la machine CNC, nous avons présenté plusieurs types de logiciels utilisés pour simulation et la commande de machine CNC. Pour réaliser cette commande on ait utilisé une carte microcontrôleur "Arduino Uno" qui possède un espace de programmation qu'est très claire et simple et les carte CNC V3 shields . Cette carte sert à contrôler les moteurs pas à pas bipolaire. A l'aide du logiciel " Inkscape " nous avons stoker les codes G dans la carte arduino Uno. Pour finir, nous branchons les moteurs pas à pas, et nous testons la carte de commande des moteurs pas à pas. La machine CNC fonctionne correctement et répond aux différentes commandes.

Conclusion générale

Le domaine des machines CNC est très riche et très demandé dans le marché la machine CNC à 3 axes. Cela est dû à la grande importance des MOCN car ces dernières permettent de faire des multitudes d'opérations sur les matériaux come le sculptage, fraisage, moulage …etc.

L'objectif de ce travail est l'étude et réalisation de la machines à outil à commande numérique MOCN. Pour cela nous avons utilisé 3 moteur pas à pas bipolaire, carte arduino et 3 drivers L297 ET L298, une alimentation, de fin de course et la commande est réalisé autour du logiciel Inkscape et Gcode Sender.

Dans le premier chapitre, nous avons entamé une généralité sur les machines-outils à commande numérique, le principe de fonctionnement de ce dernier et la conception assistée par ordinateur (CAO) et (FAO).

Dans la deuxième chapitre, nous avons entamé la sur Composants matériels de la machine CNC à 3 axes, consiste sur les moteurs pas à pas que nous avons étudié en détail.

Cette partie est essentielle au fonctionnement des machines à commande numérique. Fait une description et la mise en oeuvre de la carte Arduino Uno et les circuits intégrés (L297, L298), pour tester les différentes, Interfaces électroniques d'acquisition de données et de commandes des moteurs pas à pas.

la troisième chapitre, est consacrée à des logiciels du pilotage du CNC de simulation pour cette raison, plusieurs parties ont été envisagées :

- La première partie a été consacrée au logiciel de dessin 2D **Inkscape** et les étapes de la vectorisation des images bitmap en image vectorielle afin de générer leur fichier Gcode.

- La deuxième partie a été consacrée au logiciel **Universel G code sender** qui a la tâche du transfert des instructions Gcode vers la carte Arduino Uno via le port série.

Enfin, dans la dernière partie nous avons essayé de rassembler ce qui a été étudié dans les chapitres précédent. Nous avons vu détaillée tous les étapes pour reporter une image ou une écriture sur un support on passant par l'éditeur de dessin et générateur du code-G Inkspace ensuite par le universel Gcode Sender pour transmettre le code G vers la carte arduino dont Cette dernière est reliée aux moteurs pas à pas à travers des drivers. Puis on a terminé notre travail par un test à travers Proteus, la simulation elle nous a donné une bon resultat.

En perspective, plusieurs points sont à approfondir et ouvrent la voie à de nouveaux axes de travaux :

- Contrôle des autres axes (imprimante 3D).
- Application de la commande avec modèle intelligent.
- L'utilisation de la communication sans fils entre le système d'acquisition et le PC.

[1] AFNOR - Cônes d'emmanchement, - norme AFNOR NF E 60-023 - Mai 1985.

[2] Abdennadji Youssef, Ahmadi Anouar « **Conception et réalisation d'une commande numérique d'une machine de decouplaser** », Ingénieurd'école nationale de Gabés, juin 2010.

[3] Mohammed Maatou, Abderrahman Bellagh «**Automatisation et realisation a petite echelle (maquette) d'une chaine transporteuse de briques**» mémoire master Universite Hassiba Benbouali de Chlef, Juin 2016.

[4] Pierre Mayé **«Moteurs électriques pour la robotique»** ; 2éme édition, octobre 2013

[5] ***Takashi Kenjo and Akira Sugawara , «stepping motors and their microprocessor controls »*** Oxford University Press , ISBN 0-19-859385-6.

[6] Ammar.Adel, Guehria, Amine, **« Conception et réalisation d'une carte de commande pour un moteur pas à pas** », Université des Sciences.

[7] http://www.positron-libre.com/electronique/moteur-pas-a-pas/sequence-commande moteur-pas-a-pas.php

[8] Gérad Yvraut **«Les Moteurs Pas a Pas»**

[9] http://www.positron-libre.com/electronique/moteur-pas-a-pas/sequence commande Moteur-pas-a-pas.php.

[10] Takashi Kenjo and Akira Sugawara, «**stepping motors and their microprocessor controls »** Oxford University Press, ISBN 0-19-859385-6.

[11] Site web : http://www.moteur-industrie.com/moteurs-pas-a-pas/technique.html

[12] ***Takashi Kenjo and Akira Sugawara , «stepping motors and their microprocessor controls »*** Oxford University Press , ISBN 0-19-859385-6.

[13] Ait Dahmane Kahina, Ait Ziane Meziane« **Conception et Réalisation d'un Bras Manipulateur Commandé par API »** mémoire fin d'etude master, Université de Khemis miliana 2014/2015.

[14] http://www.generationrobots.com/fr/152-arduino. consulter le : mars 2015.

[15] http://projet.eu.org/pedago/sin/tutos/arduino.pdf

[16] http:// www.txrobotic.com

[17] http://www.ELECTRONIQUEPRATIQUE.com

[18] http://arduino.cc/en/Main/AruinoBoardMega2560

[19] www.reality.be/elo/labos2/files/AtMega32DocFr.pdf

[20]www.jp79dsfr.free.fr/_.../Elec%20_%20Arduino%20%20Memo%20et%20condense.pdf

[21] S.V.D. Reyvanth, G. Shirish, « **PID controller using Arduino** ».

[22] SINUMERIK 810D/840D Fraisage Réf.No.FR 1814 Edition G2007 -06

[23] Christian Tavernier « Arduino Maitrise sa programmation et ses cartes d'interface (shield) », paris 2011, DUNOD

[24] Patrique Oguic « Moteur pas à pas et PC deuxième édition » dunod, Paris, 2004

[25] http://webge.github.io/EasyDriverStepperMotor/

[26] Steve Krar, Arthur Gill, *«Computer numerical control programming basics»*

[27] Steve Krar, Arthur Gill, **«Computer numerical control programming basics»** 200 Madison Avenue, New York, NY 1001.6.

[28] http://inkscape.fr/

[29] http://www.civade.com/post/2014/01/02/Arduino-et-GRBL-l-incontournable solution pour-piloter-une-petite-CNC ,2016.

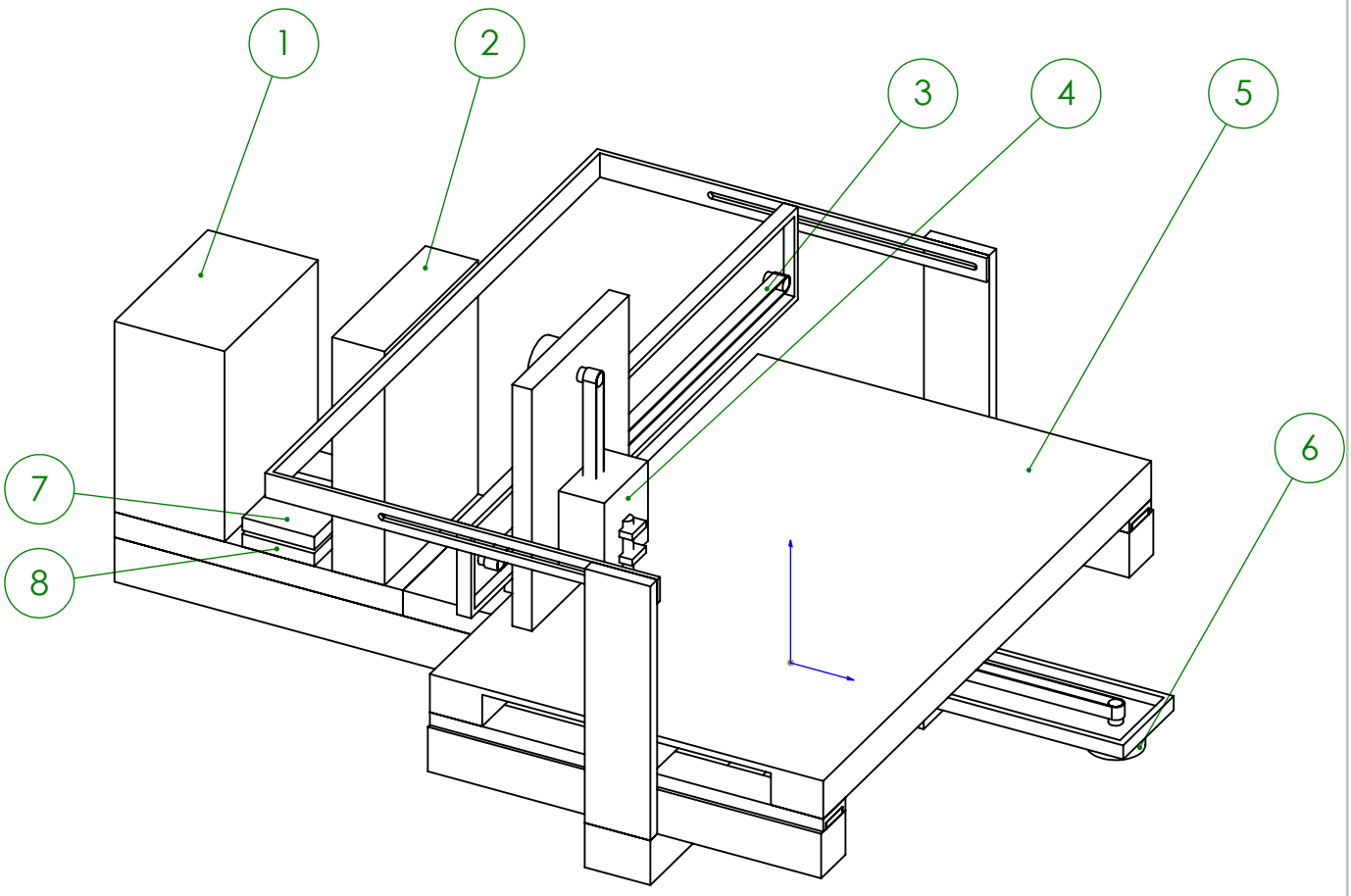
[30] John Kennedy **« Bresenham's Integer Only Line Drawing Algorithm»** Santa Monika college 1900 pico blvd.

[31] Torjus Spilling *« Self-Improving CNC Milling Machine »*,master ,university oslo,2014

[32] Arduino Lesson . The Serial Monitor Created by Simon Monk 2013-06-22

[33] Microcontrôleurs EI3 AGI 2016-2017 ISTIA

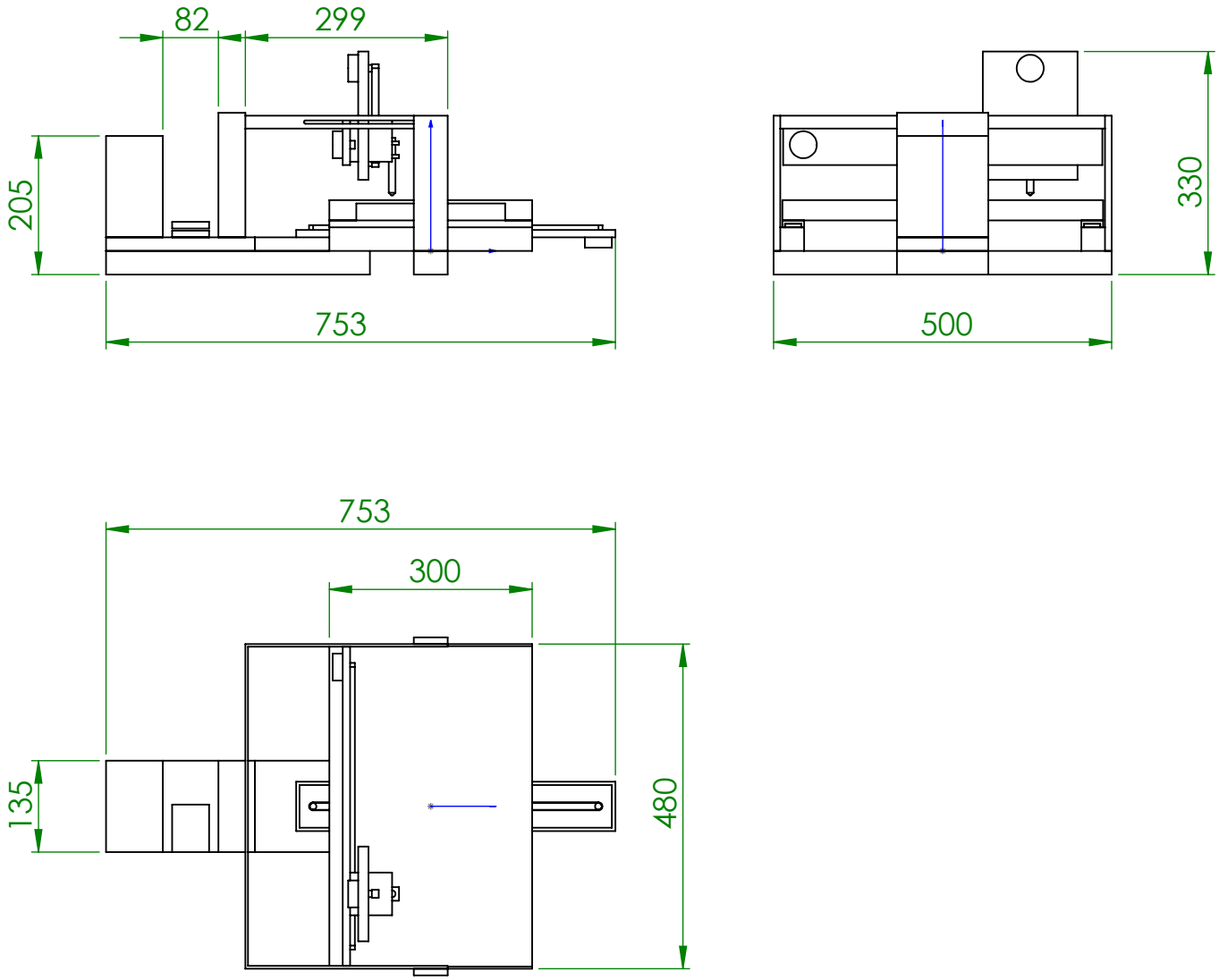
[34] Par X. HINAULT - Créé le 10/03/2010



N°	DESIGNATION	Qte
1	ALIMENTATION	1
2	SUPPORT	1
3	COURROIE DE TRANSMISSION	3
4	BROCHE	1
5	TABLE	1
6	MOTEUR PAS A PAS	3
7	CARTE CNC V3 SHIELDS	1
8	CARTE ARDUINO UNO	1

UNIVERSITE DE MEDEA

PFE	MACHINE CNC	G.M
MASTER		ECHELLE:1/5
2017/2018	TADJROUNA Yahia	



UNIVERSITE DE MEDEA

PFE	MACHINE CNC	G.M
MASTER		ECHELLE:1/10
2017/2018	TADJROUNA Yahia	