



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique
جامعة وهران 2 محمد بن أحمد
Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed

معهد الصيانة والأمن الصناعي
Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle

Département de Maintenance en Instrumentation

MÉMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Génie Industriel
Spécialité : Génie Industriel

Thème

Conception d'un système de reproduction d'images en
format physique imprimable par la machine.

Présenté et soutenu publiquement par :

FAROUI Amira

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade	Etablissement	Qualité
Dr. ROUAN-SERIK Mehdi	MCB	IMSI-Univ. D'Oran2	Président
Dr. BELKHODJA Leila	MCB	IMSI-Univ. D'Oran2	Encadrante
Dr. AISSANI Nassima	MCA	IMSI-Univ. D'Oran2	Examinatrice

Année 2021/2022

Résumé :

De nos jours, le marché de la broderie est devenu très prometteur surtout avec le développement rapide des technologies. Cependant, les machines brodeuses sont très coûteuses, raison pour laquelle nous avons pensé à fabriquer une machine CNC qui consiste en un système embarqué basée sur des composants très simples, qui minimise le coût et pouvant être ajouté à n'importe quelle machine à coudre manuelle.

Ce système est représenté par une table, qui est contrôlée à travers des axes X, Y et l'axe Z pour gérer l'aiguille de la machine à coudre en utilisant un circuit avec arduino, des moteurs pas à pas comme base, et des logiciels pour atteindre notre objectif qui est la reproduction de l'image sous format imprimable par la machine.

ملخص

يعد سوق التطريز مهمًا في الوقت الحاضر، لكن التطريز يستغرق الكثير من الوقت وآلة التطريز باهظة التي تتكون من نظام مدمج يعتمد على مكونات CNC الثمن، وهذا هو السبب في أننا فكرنا في صنع آلة بسيطة للغاية ويقلل من التكلفة التي يمكن إضافتها إلى أي آلة خياطة يدوية.

لإدارة إبرة axeZ، ومع ذلك فإن X يتم تمثيل هذا النظام في جدول، يتم التحكم فيه من خلال المحاور آلة الخياطة باستخدام دائرة بها محركات أردوينو وستاير كقاعدة، وبرامج لتحقيق هدفنا المتمثل في إعادة إنتاج الصورة في شكل قابل للطباعة.

G-code، Grbl، لوحة Grbl، الدرع، CNC الكلمات الرئيسية: التطريز بمساعدة الكمبيوتر،

Abstract

The embroidery market is important nowadays, but the embroidery takes a lot of time and the embroidery machine is very expensive, This is the reason why we thought of making a cnc machine that consists of an embedded system based on very simple components and that minimizes the cost that can be added to any manual sewing machine.

This system is represented in a table, which is controlled through the axes X, Y and the axis Z to manage the needle of the sewing machine using a circuit with Arduino and stepper motors as base, and software to achieve our goal of reproducing the image in a printable format.

Keywords: Computer-aided embroidery, CNC, shield, Grbl, Grblpanel, G-code

Remerciements

Tout d'abord, je remercie "Allah" le Tout-Puissant qui m'a donné le courage, la volonté et la force de faire ce modeste travail.

Je tiens à remercier chaleureusement la merveilleuse encadrante Dr. BELKHODJA Leila pour l'aide et pour ses conseils précieux pendant mes études et la réalisation de ce travail. Je tiens également à remercier tous les professeures et les enseignants de département du génie industriel

Mes plus profonds remerciements vont à mes parents. Tout au long de mon cursus, ils m'ont toujours soutenu, encouragé et aidé. Ils ont su me donner toutes les chances pour réussir

Je remercie mes sœurs qui m'ont apporté leur soutiens moraux et intellectuels tout au long de ma démarche.

Je remercie mon frère Hamoud qui a tout fait pour moi, et d'ailleurs c'est lui qui m'a introduit au monde de l'industrie, cette expérience m'a permis de voir l'impact que pouvait avoir l'université sur l'industrie.

Je dédie ce modeste travail à ma mère et mon frère qui m'ont offert le plus grand soutien dans ma vie

Table des matières

<i>Résumé</i>	II
<i>Remerciements</i>	III
LISTE DES ABREVIATIONS.....	IX
Introduction Générale.....	1
CHAPITRE 1: CONTEXTE ET GENERALITES	
1. Introduction.....	3
2. L'art et la couture.....	3
3. Machine à coudre.....	3
3.1. La machine à coudre mécanique.....	4
3.1.1. L'Anatomie d'une Machine à Coudre Mécanique.....	4
3.2. La machine à coudre électronique.....	5
3.3 La machine industrielle.....	6
3.4. La machine à coudre programmable.....	7
4. La broderie.....	7
4.1. Les principales techniques de broderie.....	8
4.1.1. La broderie traditionnelle.....	8
4.1.2. Le point de croix.....	9
4.1.3. La peinture à l'aiguille.....	10
4.1.4. Sashiko : la broderie japonaise.....	11
4.1.5. La broderie au ruban.....	12
4.1.6. La broderie au fil d'or	13
4.1.7. La broderie Lunéville.....	14
4.1.8. La broderie à la machine.....	15
5. L'image numérique.....	16
5.1. DEFINITIONS.....	16
5.2. Quelques traitements sur l'image.....	19

5.2.1.	Changer le contraste d'une image.....	19
5.2.2.	La résolution d'une image.....	21
5.2.3.	Réduction du bruit d'une image	22
5.2.4.	Détection de contours.....	24
6.	Conclusion	25
CHAPITRE 2: OUTILS DE DEVELOPPEMENT		
1.	Introduction	27
2.	Qu'est-ce que Arduino ?.....	27
2.1.	Carte Arduino UNO.....	28
2.2.	Pourquoi l'Arduino UNO ?	28
2.3.	Caractéristiques.....	29
2.4.	Composant de la carte ArduinoUno.....	31
2.4.1.	Le port USB a 2 actions	31
2.4.2.	Prise Jack	32
2.4.3.	Régulateur de tension.....	31
2.4.4.	Oscillateur à quartz.....	31
2.4.5.	Arduino Reset.....	32
2.4.6.	Broches (3.3, 5, GND, Vin)	32
2.4.7.	Broches analogiques.....	32
2.4.8.	Microcontrôleur ATMEL ATmega328.....	32
2.4.9.	Connecteur ICSP.....	32
2.4.11.	LEDs TX et RX.....	32
2.4.12.	Entrées et sorties numériques (digital)	32
2.4.13.	Broche AREF.....	33
2.5.	Versions des cartes ARDUINO.....	33
2.6.	Applications Arduino.....	35
3.	Y'a-t-il une seule manière pour pour programmer avec arduino.....	35
3.1.	Programmation sur IDE	35
3.2.	Programmation sur Tinkercad.....	36

3.2.1. QU'est que Tinkercad	36
3.2.2. Avantages et inconvénients de tinkercad.....	36
3.3. L'arduino web Editor.....	37
4.CNC shield pour arduino uno.....	38
5. Pilote des moteurs pas à pas :.....	38
5.1. Pourquoi on a besoin de chauffeur	39
5.2. Types de pilotes.....	39
6.LE DRV8825 :	39
7. L e TB660.....	41
8.Moteur pas à pas	42
8.1. Les moteurs à 4 fils	42
8.2. Les moteurs à 5 fils	43
8.3. Le moteurs pas à pas nema 17 et le moteur pas à pas nema 23	43
9.Roulements	44
10.Courroie	45
11.Système de courroie.....	45
12. Les fils de liaison :.....	45
13.Adaptateur de puissance de commutation.....	46
14. Multimètre :.....	46
15.Tournevis.....	46
16.Conclusion.....	47
CHAPITRE 3: CONCEPTION ET REALISATION	
1. Introduction.....	49
2.Problématique et description de l'approche proposée	49
2.1. Le G-code	50
2.1.1. Le fonctionnement du G-code	50

2.2. Le Grbl.....	51
2.3. Le Grbl panel.....	52
2.4. Inkscape.....	52
3.Etapes de réalisation	52
3.1. Conception de la table et axes X,Y,Z.....	52
3.1.1.L'axe Z.....	52
3.1.2.Conception de la table des axes X/Y.....	54
3.2.Hardware	56
3.3. Software	56
3.3.1. Test de fonctionnement de la table chariot seule	57
3.3.2.Test de fonctionnement de la table/chariot avec l'aiguille(proposition1).....	58
3.3.3. Test de fonctionnement de la table/chariot avec l'aiguille(proposition2)	58
5. Conclusion	66
Conclusion générale	67
Annexe.....	71

Liste de figures

Chapitre1 :

Figure réparations de tous types de -transformations - ogo d'un magasin de retouches .. 1-1 vêtements	3
Figure1-2. L'Anatomie d'une Machine à Coudre Mécanique	5
Figure 1-3. La machine à coudre électronique	6
Figure 1-4. La machine à coudre industrielle.	6
Figure1-5 La machine à coudre programmable.	7
Figure 1-6. La broderie à la mai.	8
Figure 1-7 La broderie traditionnelle.-	9
Figure1-8. La broderie du point de croix.	10
Figure 1-9. Broderie de la peinture à l'aiguille.	11
Figure1-10. Broderie japonaise.-	12
Figure1-11 La broderie au ruban.-	13
Figure1-12. La broderie au fil d'or.-	14
Figure1-13. La brdoerie de lunéville.-	15
Figure1-14 . La broderie à la machine.	16
Figure1-15 Exemple d'une image numérique.	16
Figure1-16 .Représentation matricielle d'une fenêtre 5x5 de l'image précédente.-	17
Figure1-17 Représentation.- d'une image couleur selon RVB	18
Figure1-18 Luminance de l'image.-	18
Figure1-19 Représentation d'une image couleur selon CMJ.£	19
Figure 1-20 Négatif d'une image.	20
Figure1-21 Carré d'une image.-	20
Figure1-22 Racine carrée d'une image.	21
Figure1-23 Réduction de la résolution.-	21
Figure1-24 (Réduction de la résolution(moins de lignes et colonnes.-	22
Figure1-25 Image bruitée.	22
Figure1-26 Exemple d'un voisinage 9 pixels.	23
Figure1-27 Moyenne d'une image.	23
Figure1-28 Opération médiane sur 9 pixel.-	24
Figure1-29 Détection de bord1	24

Chapitre2 :

Figure 2- 1.LOGO d'Arduino	28
Figure 2- 2.Une carte Arduino UNO.	28
Figure 2- 3.Les composants de la carte Arduino UNO.	31
Figure 2- 4.Quelques exemples de cartes ARDUINO.	34
Figure 2- 5.Aperçu sur l'IDE ARDUINO	36
Figure 2- 6.Interface Web Arduino	37
Figure 2- 7.CNC ET 3DP A4988 SHIELD POUR ARDUINO	38
Figure 2- 8.Le pilote pas à pas DRV8825	40
Figure 2- 9.Datasheet du DRV8825	41
Figure 2- 10.Le driver TB6600	42
Figure 2- 11. Moteurs bipolaires et unipolaires	43
Figure 2- 12.Moteurs pas à pas Nema 23 et Nema 17 respectivement	44
Figure 2- 13.Roulement LM8UU	44
Figure 2- 14.Roulement 624ZZ	45
Figure 2- 15.Fils de liaisons.	46
Figure 2- 16.Le multimètre pour régler la tension du potentiomètre du drv8825	46
Figure 2- 17.Différentes tailles de tournevis utilisés	47

Chapitre3 :

Figure 3- 1.Modification sur la machine à coudre chez le réparateur	52
Figure 3- 2.Machine à coudre prête pour notre réalisation	53
Figure 3- 3.Les pieces en 3D utilisées	54
Figure 3- 4.Visite chez le tourneur pour la finition	54
Figure 3- 5.Installation des moteurs sur la table	55
Figure 3- 6.Branchement de hardware	56
Figure 3- 7.Un schéma synoptique résumant comment commander	57
Figure 3- 8.Extrait de notre programme Arduino	58
Figure 3- 9.Schéma illustrant le processus à l'aide de Grbl	59
Figure 3- 10.Utilisation deGrbl comme bibliothèque	59
Figure 3- 11.Interface de logiciel Inkscape	60
Figure 3- 12.Lettrage comme choix	61
Figure 3- 13.La lettre "i" avec l'écriture « kaushan script MAM »	61
Figure 3- 14.Forme choisie agrandie	62
Figure 3- 15.Simulation de la broderie	62
Figure 3- 16.Enregistrer le fichier	63
Figure 3- 17.Copie sur le fichier sous format G-Code	63
Figure 3- 18.Configuration de Grbl Panel	64
Figure 3- 19. Résultat final de la lettre i brodé automatiquement avec notre système proposé	65
Figure 3- 20.Résultat final de la lettre i brodé automatiquement avec notre système proposé	65
Figure 3- 21.Résultat final d'un petit triangle automatiquement avec notre système proposé	66

Annexes

Figure A. 1.Datasheet de la carte arduino pour programmer les moteurs pas à pas	71
Figure A. 2.DATASHEET DE LA CNC & 3DP A4988 SHIELD POUR ARDUINO	72
Figure A. 3.Dessin technique du moteur pas à pas nema 23	74
Figure A. 4.Dessin technique du moteur pas à pas Nema 23	75

LISTE DES TABLEAUX

Tableau II.1.Caractéristiques techniques de microcontrôleur [14].....	30
Tableau III. 1.Les principales fonction de G-code.....	51
Tableau A. 1.CARACTERISTIQUES DE LA CARTE CNC SHIELD	75
Tableau A. 2.Caractéristiques du moteur pas à pas nema17 utilisé.....	76.
Tableau A. 3.Caractéristiques du moteur poas à pas Nema 23.....	77

LISTE DES ABREVIATIONS

BAO : Broderie Assistée par Ordinateur

IDE : Integrated Development Environment

CNC : Commande Numérique par Calculateur.

HT : Hors Taxe

UGS : Universal G-code Sender

LCD : l'Ecran à cristaux liquides

DC : Direct Current

GRBL : *Garble*

IT : Information Technology

Introduction générale

Introduction Générale

La couture est une passion et un merveilleux passe-temps relaxant qui laisse libre cours à la créativité. Mais pas pour tout le monde, car pour d'autres, la couture à la main fait le gagne-pain de beaucoup de personnes malgré qu'elle demeure une activité très prenante et fastidieuse.

Etant issue d'une descendance de couturiers, les rituels de cette passion m'ont permis de grandir entre les machines, le fil, les aiguilles, les tissus, les cerceaux de broderie, etc. Le bagage assez lourd acquis lors de ma formation à l'Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle d'Oran pouvait servir à exhauser un des rêves de ma mère : Reproduire les designs conçus, sur le tissu mais d'une manière automatique sans faire intervenir l'humain et avec le minimum de coûts.

Cette idée relève du domaine de la BAO « Broderie Assistée par Ordinateur », aussi appelé broderie machine ou broderie numérique. C'est une technique de design et fabrication numérique. Elle trouve son origine au 19e siècle et représente donc une des premières formes de fabrication par ordinateur. L'incohérence de cette machine réside dans son coût élevé, ça peut atteindre 17.700.00 € HT, mais. Cependant, une fois qu'elle devienne juste un peu ancienne, elle ne servira à rien ou plutôt posera comme un décor à cause de ces pièces introuvables.

C'est dans ce contexte, que nous avons fixé les objectifs de notre projet de fin d'études qui s'articulera autour de la réalisation d'un prototype de système de reproduction d'images dans un format physique imprimable par la machine, en se basant sur Arduino et une machine CNC pour minimiser le coût.

Dans le cadre de ce travail final, notre mémoire sera présenté en trois chapitres:

Le premier chapitre est dédié aux généralités sur l'environnement de la couture et l'image numérique .

Le 2ème chapitre contiendra la description des outils et matériels ainsi que quelques comparaisons.

Introduction générale

Dans le 3ème chapitre,nous présenterons la partie conception et réalisation du prototype final de la machine brodeuse.

Nous finirons par donner une conclusion générale et quelques perspectives.

Chapitre I

Contexte et Généralités

1. Introduction :

On ne peut pas se servir à une machine à broder correctement si on a pas de notions sur la couture en général et la broderie spécifiquement , les types de machine a coudre et l'image bien sûr. Tel est l'objectif de ce chapitre qui va présenter l'essentiel du contexte sur lequel est basé notre projet

2. L'art et la couture :

La couture est un métier, mais aussi un loisir. C'est l'assemblage de pièces à l'aide d'un fil soit manuellement à l'aide d'une aiguille, soit à l'aide d'une machine à coudre ou à l'aide d'une surjeteuse. La couture a pour tâche principale la confection, la retouche ou l'ajustement. Mais quand il s'agit de haute couture et de mode, c'est de l'art et de la créativité.

Mode ou art contemporain, il y a beaucoup de chevauchement entre les deux disciplines. Aujourd'hui, certains artistes créent des œuvres qui sont aussi des vêtements, mais les couturiers créent des vêtements qui ne sont pas destinés à être portés.



Figure1- 1Logo d'un magasin de retouches –réparation de tous types,transformations

3. Machine à coudre :

Une machine à coudre est un appareil à usage domestique ou industriel qui pique le textile et aligne des points de couture de façon mécanique ou automatique [1].

Les principaux types de machines à coudre sont : la machine à coudre mécanique, la machine à coudre électronique , la machine à coudre programmable et la machine à coudre industrielle.

3.1. La machine à coudre mécanique

Une machine à coudre mécanique contient un moteur électrique mais ne contient pas de composant électronique [2].

Connaitre le fonctionnement de notre machine à coudre est une partie essentielle de l'apprentissage de la couture. Bien qu'il existe d'innombrables fabricants et modèles de machine à coudre, leurs caractéristiques fondamentales reste de réaliser un point de couture.

3.1.1. L'Anatomie d'une Machine à Coudre Mécanique

1. Le levier releveur de fil

Comme pour les griffes d'entraînement, le levier releveur de fil est synchronisé avec le mouvement de l'aiguille qui se lève et s'abaisse pendant la couture. Il permet de maintenir le fil en place.

2. Le guide-fil

Comme son nom l'indique, il permet de guider le fil destiné à l'aiguille depuis la bobine jusqu'au chas de l'aiguille en suivant un parcours précis et numéroté. Le chas est le trou de l'aiguille par lequel on passe le fil à coudre. Sur les machines à coudre, le trou se situe en bas (coté pointu) à l'inverse d'une aiguille à coudre traditionnelle où le trou se situe en haut (côté non pointue).

3. La molette de réglage de la tension du fil

Il permet d'ajuster la tension exercée sur le fil de l'aiguille pour réaliser de jolis points de coutures. La tension du fil est réglable en utilisant la molette placé à l'avant de la machine. La tension est généralement indiquée par des chiffres. Plus le chiffre utilisé est grand, plus la tension exercée sur le fil sera importante.

4. Le porte bobine

C'est une tige située sur le dessus de la machine à coudre. Elle permet de placer la bobine de fil destinée à l'aiguille ou fil supérieur. Selon les modèles de machine à coudre, le porte bobine peut être vertical ou horizontal.

5. Le bobineur de canette ou dévidoir

C'est l'emplacement qui permet de remplir sa canette avec le fil de la bobine et qui servira de fil inférieur lors de la couture. Selon les modèles, la canette vient ensuite se

placer sous la plaque d'aiguille (canette horizontale) ou alors à l'intérieur du compartiment accessible en enlevant le plateau amovible (canette verticale).

6. Le volant

Le volant sert à faire descendre ou remonter l'aiguille manuellement sans avoir à utiliser la pédale. Il est utile pour réaliser des finitions délicates, piquer l'aiguille dans le tissu au démarrage puis une fois la piqûre terminée, faire pivoter le tissu sous l'aiguille, vérifier que l'aiguille ne bute sur rien ou encore pour enfiler votre machine à coudre[3].

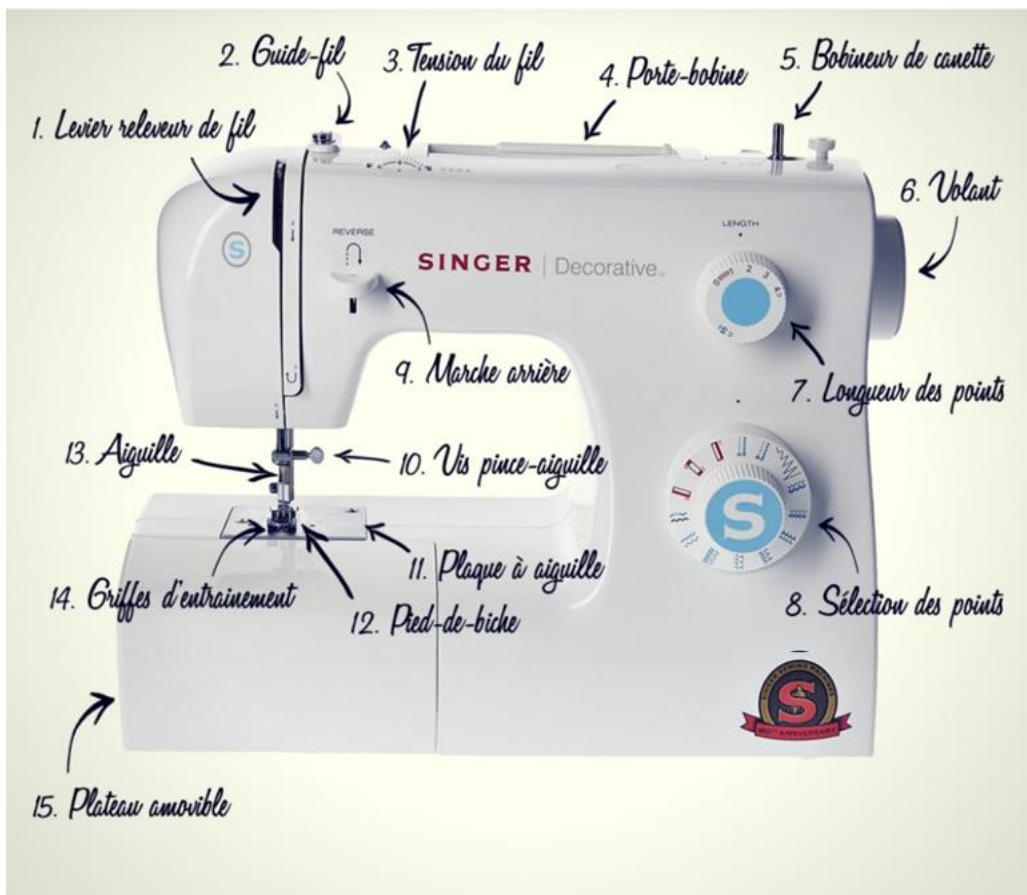


Figure1- 2..L'Anatomie d'uneMachine à CoudreMécanique

3.2. La machine à coudre électronique

Comme son nom l'indique, ces machines à coudre utilisent un fonctionnement électronique, une sorte d'ordinateur interne qui permet d'automatiser un certain nombre de fonctions comme l'enfilage, par exemple, ou le point arrière [2].



Figure1- 3La machine à coudre électronique

3.3. La machine industrielle

Ces machines sont généralement conçues pour réaliser un type de point spécifique, qu'il s'agisse du point noué, du point chaîné, du point "overlock", du point invisible ou du point zigzag.[4]



Figure1- 4.La machine à coudre industrielle

3.4. La machine à coudre programmable

De forme identique à la machine à coudre, elles possèdent en plus un boîtier permettant la programmation des coutures tout en tenant compte des paramètres de la piqûre., Autrefois pilotées par des rubans perforés, ces machines fonctionnent aujourd'hui à l'aide d'un ordinateur. Elles permettent la reproduction rapide et précise des motifs de couture.

La programmation peut être interne ou externe à la machine. Dans le deuxième cas, les informations stockées sur disquette ou carte magnétique pourront être transférées d'un site de production à l'autre .[5]Ce qui différencie ce genre de machine aussi, Lorsque la rupture du fil est détectée, l'opération de couture est arrêtée automatiquement et un avertissement est donné à l'opérateur .[6]



Figure1- 5.La machine à coudre programmable

4. La broderie :

La broderie est un art de décoration des tissus qui consiste à ajouter sur un tissu un motif plat ou en relief fait de fils simples (figure 1-6) , parfois en intégrant des matériaux tels que des paillettes, des perles, voire des pierres précieuses [7].

Elle désigne une décoration exécutée à la main ou à la machine, sur un tissu en applications diverses ou en points de fantaisie [8].



Figure1- 6..La broderie à la main

Depuis une époque très reculée la broderie existe, puisque la plus ancienne toile brodée connue provient d'Égypte. En effet, les Égyptiens, à l'instar d'autres peuples méditerranéens de l'Antiquité, ont été de talentueux brodeurs [9].

4.1. Les principales techniques de broderie

4.1.1. La broderie traditionnelle

Elle consiste à broder simplement avec un fil et une aiguille en suivant un motif. Pour donner du relief et du caractère à la création, il faut varier les différents points (figure 7).

L'avantage de la broderie traditionnelle est qu'elle offre une multitude de points broderie et qu'elle s'adapte à tous les textiles. On peut l'appliquer sur du lin, des nappes, des objets du quotidien, des t-shirts à messages, des serviettes de table, etc .



Figure1- 7.La broderie traditionnelle

4.1.2. Le point de croix

C'est un style de broderie répertoriant une quinzaine de points de croix différents, des variantes plus ou moins complexes. Les croix doivent toujours être de même hauteur et même largeur (figure 8).



Figure1- 8.La broderie du point de croix

4.1.3.La peinture à l'aiguille

C'est une technique de broderie qui reprend également d'autres points de base en utilisant un tambour pour éviter que le tissu ne bouge durant l'opération. A l'aide de fils de soie ou de coton, le motif est rempli en reproduisant un dessin imité d'une peinture, photo ou même d'une toile (figure 9).



Figure1- 9..Broderie de la peinture à l'aiguille

4.1.4. Sashiko : la broderie japonaise

Sashiko consiste à réaliser une broderie minimaliste, où la délicatesse des lignes est de mise. Pour la pratiquer, il suffit de maîtriser sur le bout des doigts (et des aiguilles) un certain type de point nommé le point avant régulier. Il n'empêche que, la broderie japonaise n'est pas à prendre à la légère. La technique consiste donc à broder une ligne de points avant en une seule fois. Lignes droites ou courbes sont réalisables et vous permettront ainsi de broder une série de motifs graphiques et minimalistes (Figure 10) .



Figure1- 10. Broderie japonaise

4.1.5. La broderie au ruban

L'outil de base de ce type de broderie est le ruban ou le lacet et non pas un fil de coton. Les points sont les mêmes que pour la broderie traditionnelle mais le ruban étant plus épais, l'ouvrage est plus délicat. Il se travaille soit à plat, soit torsadé selon l'effet recherché (figure 11).



Figure1- 11.La broderie au ruban

4.1.6. La broderie au fil d'or :

Grâce à la canetille, un fil enroulé semblable à un ressort, coupé puis enfilé comme une perle sur un fil, on réalise ce qu'on appelle de la broderie au fil d'or. Une technique de broderie très ancienne, qui tombe en désuétude, mais qui apporte relief et éclats métalliques aux costumes d'apparats ou créations haute-couture (figure 12).



Figure1- 12..La broderie au fil d'or

4.1.7. La broderie Lunéville

Très ancienne comme technique, la broderie Lunéville se réalise sur l'envers du tissu à l'aide d'un crochet de Lunéville. Une technique de broderie rare et précieuse qui demande une certaine maîtrise pour être explorée (figure 13). [9]



Figure1- 13.La broderie de lunéville

4.1.8. La broderie à la machine

La broderie à la machine , est aussi la technique préférée des paresseuses. Elle consiste à réaliser des ouvrages à l'aide d'une brodeuse électronique (figure 14) et d'un logiciel spécifique.

Appelée aussi broderie numérique, cette technique regroupe le savoir-faire du brodeur à la compétence technique de l'informaticien graphiste. Le rôle de ce dernier est de produire l'image sur un support numérique lisible par la machine.[10]



Figure1- 14..La broderie à la machine

5. L'image numérique :

5.1. Définitions

Une image, langage commun de l'humanité, est une représentation visuelle, voire mentale, de quelque chose (objet, être vivant ou concept) [11].

Une image numérique est un tableau de valeurs, nommées **pixels (Picture Element)**. En notant n le nombre de lignes et p le nombre de colonnes de l'image, on manipule ainsi un tableau de n fois p pixels.

La figure 14 ci-dessous montre une visualisation d'un tableau à deux dimensions avec $n=p=240$, ce qui représente n fois 240 pixels , en total 57600 pixels.



Figure1- 15..Exemple d'une image numérique

Les valeurs des pixels sont enregistrées sur un support numérique sous forme de nombres entiers entre 0 et 255, codés en binaire. Ce qui fait 256 valeurs possibles pour chaque pixel.

La valeur 0 correspond au noir, et la valeur 255 correspond au blanc. Les valeurs intermédiaires correspondent à des niveaux de gris allant du noir au blanc, d'où l'appellation "**image en niveaux de gris**". Une image en noir et blanc est appelée "**image binaire**".

La figure 1-16 ci-dessous montre un sous-tableau de 5x5 pixels extrait de l'image précédente. On peut voir à la fois les valeurs qui composent le tableau et les niveaux de gris qui permettent d'afficher l'image à l'écran .



Figure1- 16.Représentation matricielle d'un fenêtre 5x5 del'image précédente

Quant à l'image couleur, elle est composée en réalité de trois images ou plusieurs, suivant le mode de représentation (RVB, CMJ, etc ...).

La figure suivante montre la décomposition d'une image couleur en ses trois canaux constitutifs selon le modèle de représentation RVB.



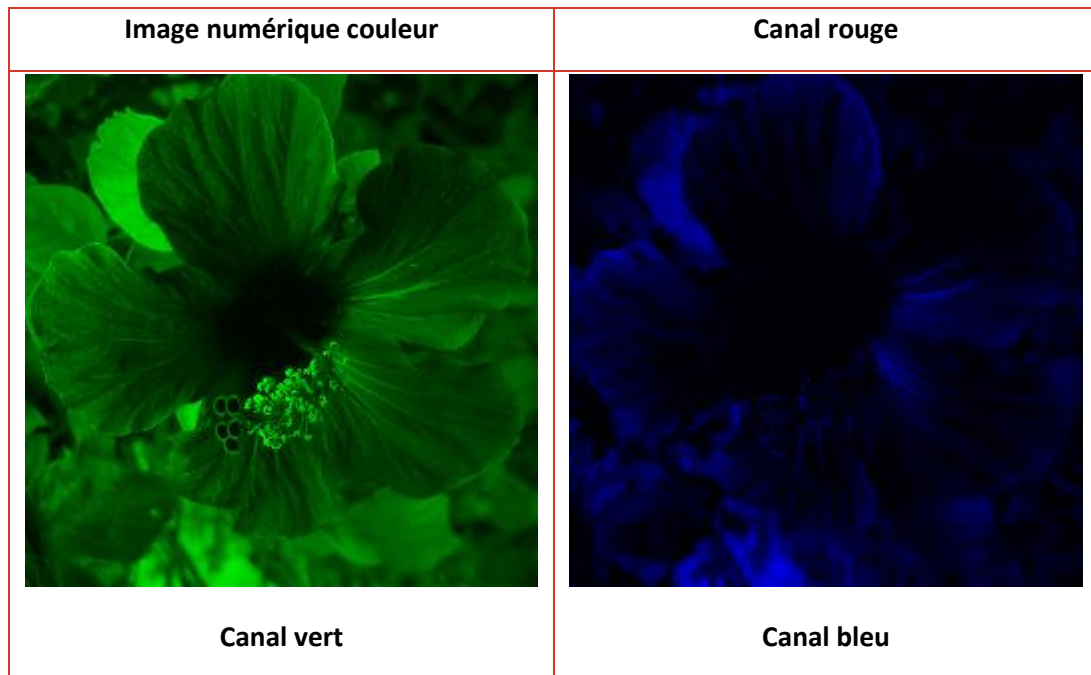


Figure1- 17..Représentation d'une image couleur selon RVB

Chaque pixel de l'image couleur contient ainsi trois nombres (r,v,b) , chacun étant un nombre entier entre 0 et 255. Si le pixel est égal à $(r,v,b)=(255,0,0)$, il ne contient que de l'information rouge, et est affiché comme du rouge. De façon similaire, les pixels valant $(0,255,0)$ et $(0,0,255)$ sont respectivement affichés vert et bleu.

On peut calculer une image en niveaux de gris à partir d'une image couleur en moyennant les trois canaux. La valeur calculée est appelée la luminance de la couleur. La figure 1-18 montre l'image de luminance associée à une image couleur.



Figure1- 18.Luminance de l'image

Une autre représentation courante pour les images couleurs utilise comme couleurs de base le cyan, le magenta et le jaune. La figure 1-19 montre un exemple sur les trois canaux (c,m,j) d'une image couleur.



Figure1- 19.Représentation d'une image couleur selon CMJ

5.2. Quelques traitements sur l'image

Nous présentons dans ce qui suit quelques opérations de traitements pouvant être effectuées sur une image numérique.

5.2.1. Changer le contraste d'une image

Il est possible de faire subir différentes modifications à l'image afin de changer son contraste.

Un exemple simple consiste à remplacer chaque valeur x d'un pixel d'une image par $255-x$, ce qui correspond au niveau de gris opposé. Le blanc devient noir et vice-versa, ce qui donne un effet similaire à celui du négatif d'un appareil photo.



Figure -120.Négatif d'une image

On peut aussi assombrir une image en remplaçant la valeur x de chaque pixel par son carré x^2 (figure 20).



Figure1-21.Carré d'une image

Le traitement inverse, qui permet d'éclaircir l'image, est effectué en remplaçant chaque valeur x par sa racine carrée. La figure 1-22 montre l'éclaircissement obtenu.



Figure 1-22. Racine carrée d'une image.

5.2.2. La résolution d'une image

Afin de réduire la place de stockage d'une image, on peut réduire sa résolution, c'est-à-dire diminuer le nombre de pixels à afficher par unité de mesure sur écran..

La façon la plus simple d'effectuer cette réduction consiste à supprimer des lignes et des colonnes dans l'image de départ.

La figure 1-23 montre ce que l'on obtient si l'on retient une ligne sur 4 et une colonne sur 4.



Figure1-23..Réduction de la résolution

La figure suivante montre les résultats obtenus en gardant de moins en moins de lignes et de colonnes. Ce qui dégrade rapidement la qualité de l'image .

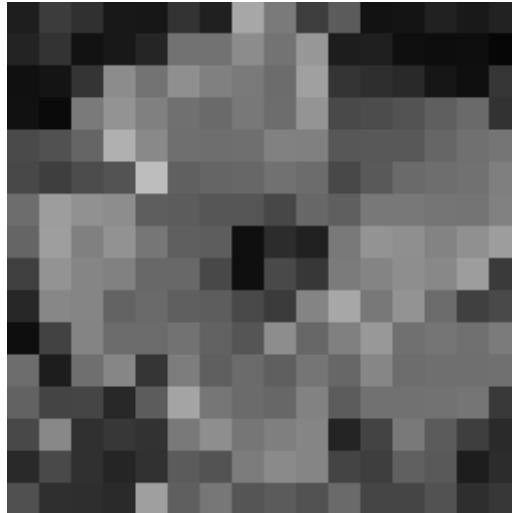


Figure1- 24;.Réduction de la résolution(moins de lignes et colonnes)

5.2.3.Réduction du bruit d'une image

Les images sont parfois de mauvaise qualité. Un exemple typique de défaut est le bruit qui apparaît quand une photo est sous-exposée, c'est-à-dire qu'il n'y a pas assez de luminosité. Ce bruit se manifeste par de petites fluctuations aléatoires des niveaux de gris. Un exemple d'une image bruitée est mentionné dans la figure 1-25

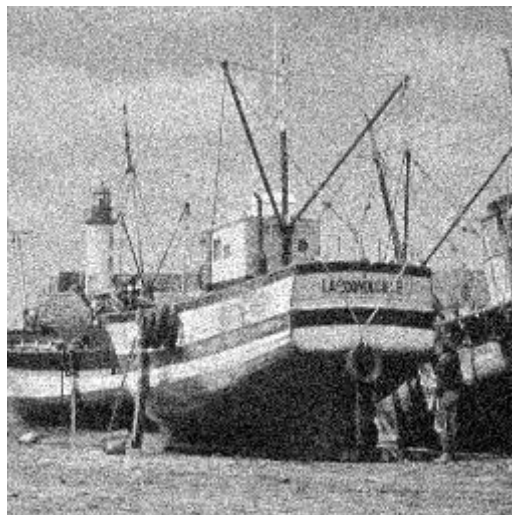


Figure1-25-Image bruitée.

Afin d'enlever le bruit dans les images, il convient de faire subir une modification aux valeurs de pixels. L'opération la plus simple consiste à remplacer la valeur a de chaque pixel par la moyenne des 8 pixels voisins de a .

La figure 1-26 montre un exemple de voisinage de 9 pixels.

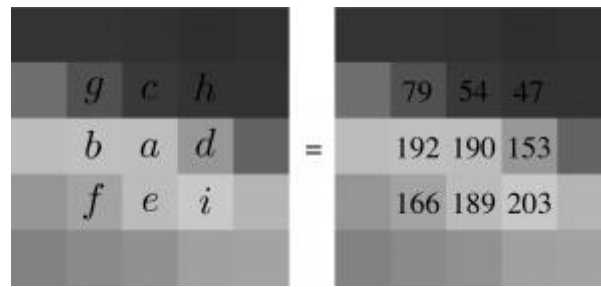


Figure1-26..Exemple d'unvoisinage 9 pixels

En effectuant l'opération de moyenne pour chaque pixel, on supprime une partie du bruit, car ce bruit est constitué de fluctuations aléatoires, qui sont diminuées par un calcul de moyennes. La figure ci-dessous montre l'effet d'un tel calcul.

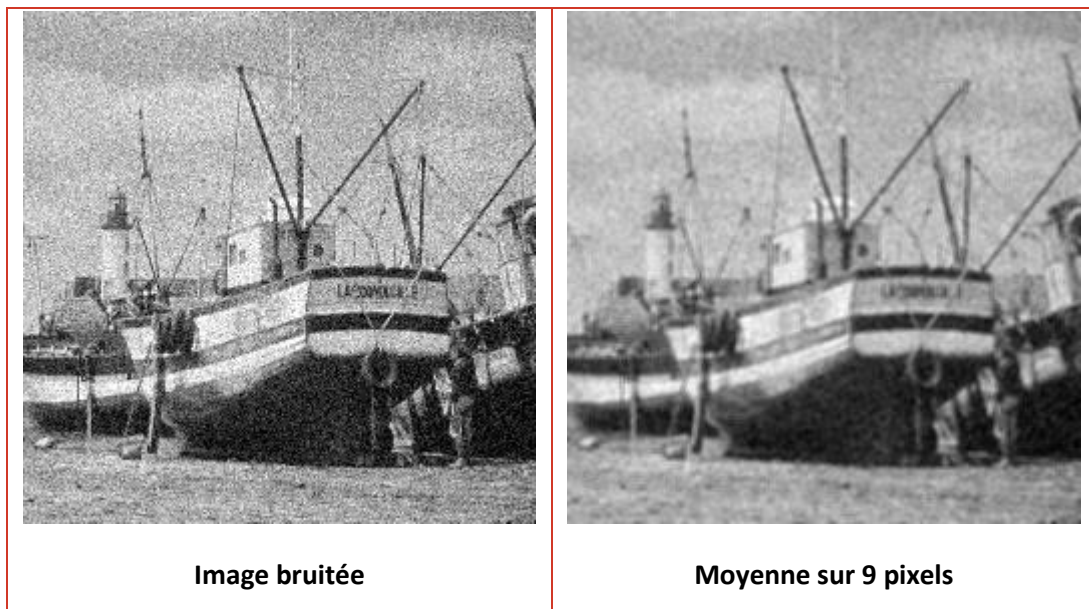


Figure1-27.Moyenne d'une image

Le calcul de moyenne de pixels est très efficace pour enlever le bruit dans les images. Malheureusement il détruit également une grande partie de l'information de l'image. On peut en effet s'apercevoir que les images obtenues par moyennes sont floues. Ceci est en particulier visible près des contours .

Afin de réduire le flou introduit par les moyennes locales, il faut remplacer le calcul de moyenne par une opération un peu plus complexe, que l'on nomme médiane. Le pixel mis à jour est remplacé par la médiane des valeurs des pixels voisins.

La figure ci-dessous compare le débruitage obtenu en effectuant la moyenne et la médiane de 9 pixels voisins.



Figure1-28. Opération médiane sur 9 pixels

5.2.4. Détection de contours

Afin de localiser des objets dans les images, il est nécessaire de détecter les bords de ces derniers. Ces bords correspondent à des zones de l'image où les valeurs des pixels changent rapidement. Plusieurs techniques procèdent à cette opération dont, par exemple, le gradient, le filtre de Prewitt, le filtre de Sobel, etc...

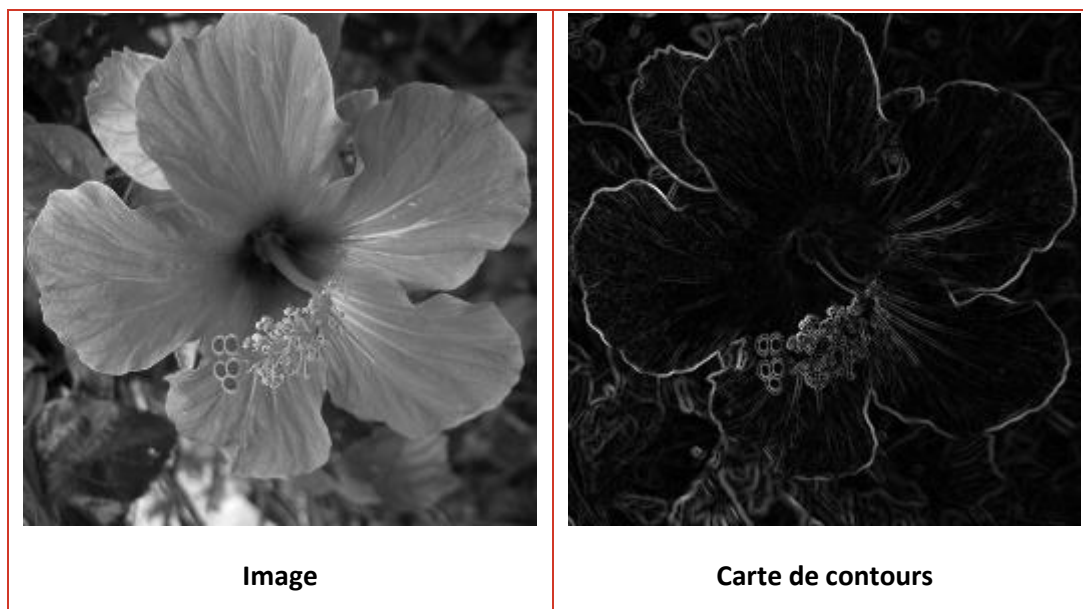


Figure1- 29..Détection de bords

On peut voir, dans l'image de droite dans la figure 1-29, que les contours des objets ressortent en blanc, car ils correspondent aux grandes valeurs [12].

6. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présenté le contexte dans lequel s'inscrit notre projet de fin d'études. Nous avons survolé quelques notions sur la broderie par machine et présenté quelques notions de bases sur l'image numérique et quelques traitements mathématiques opérés sur cette dernière. Le chapitre suivant va être consacré aux outils hardware et software utilisés pour la mise en œuvre de notre travail.

Chapitre 2

Outils de développement

1. Introduction :

Avec le grand développement de la technologie informatique, des matériaux de départ tels que les microcontrôleurs Arduino, les cartes de blindage et les pilotes sont disponibles, ce qui permet de fabriquer des *machines de Commande Numérique par Calculateur* (machines CNC), à un coût modéré. Cela réduit considérablement le temps de prototypage et le développement des prototypes CNC 3 axes.

Dans ce chapitre, nous allons examiner les composants de l'outil hardware utilisé, à savoir la carte ArduinoUno. Ceci est considéré comme un facteur déterminant de la transition de la théorie à la pratique. En règle générale, nous allons rechercher des solutions techniques qui doivent répondre aux besoins des utilisateurs de machines, en utilisant également les différents matériels et logiciels nécessaires pour supporter l'utilisation des outils et la décision de choisir la meilleure solution pour améliorer les performances et faciliter la réalisation de notre projet.

2. Qu'est-ce que Arduino ?

Arduino est un ensemble matériel et logiciel qui permet d'apprendre l'électronique tout en se familiarisant avec la programmation informatique[13].

L'Arduino, dont le logo est donné dans (figure 2-1), est une plateforme de prototypage électronique open-source, basée d'une part sur du matériel et d'autre part sur un ensemble de logiciels faciles à utiliser. Il a été développé par une équipe de développeurs composée de Massimo Banzi, David Cuartielles, Tom Igoe, Gianluca Martino, David Mellis et Nicholas Zambetti a imaginé un projet répondant au doux nom de *Arduino*.



Figure 2-1.LOGO d'Arduino

Une carte Arduino (figure 2-2) est une petite carte électronique équipée d'un microcontrôleur. Ce dernier permet, à partir d'événements détectés par des capteurs, de programmer et commander des actionneurs.

Cette carte est donc un circuit imprimé qui repose sur deux piliers :

- Le premier s'agit de la carte électronique programmable (Hardware), composée de plusieurs composants semi-conducteurs, de circuits intégrés et des périphériques,

- Le deuxième s'agit de l'interface de programmation (Software), qui possède un langage de programmation très spécifique, basé sur les langages C et C++, adaptée aux possibilités de la carte.

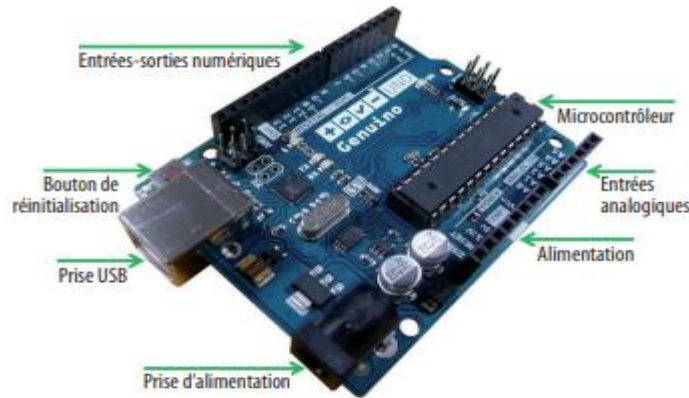


Figure 2- 2. Une carte Arduino UNO.

2.1. Carte Arduino UNO

La carte Arduino UNO s'adresse tout spécialement aux débutants. Elle contient tout ce qu'il faut pour tirer pleinement parti du microcontrôleur : 14 entrées/sorties, connexion USB, cristal à 16 MHz, en-tête ICSP. Elle se décline en plusieurs versions. La carte UNO offre une meilleure résistance, notamment aux vibrations.

2.2. Pourquoi l'Arduino UNO ?

L'un des avantages indéniables de ce microcontrôleur est sa facilité d'utilisation qui fait qu'il est accessible à tous. Pas besoin d'être calé en technologies de l'information (IT), même les amateurs pourront s'en sortir aisément grâce aux explications claires distribuées un peu partout sur internet. La carte se connecte très facilement à un ordinateur via un câble USB fourni.

Parmi les avantages de la carte Arduino UNO :

- **Coûts réduits** : C'est une carte qui est relativement peu coûteuse comparativement aux autres plates-formes.
- **Logiciel Open Source et extensible** : Publiés sous licence open source, le logiciel Arduino et son langage sont disponibles pour être complétés par des

programmeurs expérimentés. Le logiciel de programmation des modules Arduino est une application JAVA multi plateformes (fonctionnant sur tout système d'exploitation), servant d'éditeur de code et de compilateur, et qui peut transférer le programme au travers de la liaison série (RS232, Bluetooth ou USB selon le module).

- **Multi plateforme** : Le logiciel Arduino, écrit en JAVA, tourne sous les systèmes d'exploitation Windows, Macintosh et Linux. La plupart des systèmes à microcontrôleurs sont limités à Windows .
- **Un environnement de programmation clair et simple** : L'environnement de programmation de l'Arduino (le logiciel Arduino IDE) est facile à utiliser par des débutants, tout en étant assez flexible pour que les utilisateurs avancés puissent en tirer profit également. Nombreux conseils, tutoriaux et exemples sont mis en ligne (forums, site perso, etc.) et nombreuses bibliothèques sont disponibles avec diverses fonctions implémentées.
- **Possibilité de se connecter avec des Shields** : qui sont des cartes électroniques supplémentaires comme les afficheurs graphiques en couleur et les GPS.

2.3. Caractéristiques

Nous résumons les caractéristiques de la carte Arduino UNO dans le tableau II.1 suivant :

Tableau II.1. Caractéristiques techniques de microcontrôleur [14]

Catégorie	Valeur
Microcontrôleur	ATmega328
Tension de service	5 V
Tension d'entrée (recommandée)	7-12 V
Tension d'entrée (limites)	6-20 V
Ports numériques	14 entrées et sorties (6 sorties commutables en MLI – modulation de largeur d'impulsion)
Ports analogiques	6 entrées analogiques
Courant maxi. Par broche d'E/S (cc.)	40 Ma
Courant maxi. Par broche 3,3 V	50 Ma
Mémoire	32 Ko (ATmega328), dont 0,5 Ko est utilisé par le chargeur d'amorçage
SRAM	2 Ko (ATmega328)
EEPROM	1 Ko (ATmega328)
Fréquence d'horloge	16 MHz
Longueur	68,6 mm
Largeur	53,4 mm
Poids	25 g

2.4. Composant de la carte ArduinoUno

Les composants de la carte ArduinoUno sont détaillés dans la figure 2-3

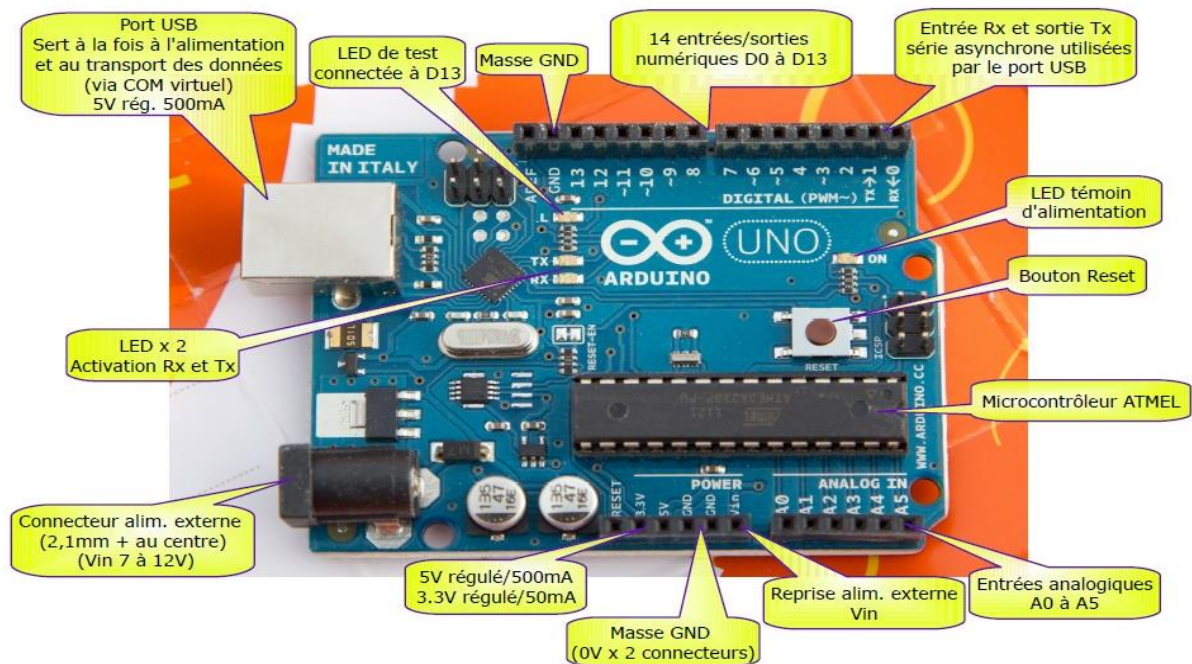


Figure 2- 3. Les composants de la carte Arduino UNO.

2.4.1. Le port USB a deux actions

- Alimenter la carte en énergie électrique (5V).
- Téléverser le programme dans la carte.

2.4.2. Prise jack

- Permet de brancher une alimentation (pile, batterie, adaptateur secteur) comprise entre 5 et 12 V.
- Elle est reliée au régulateur de tension intégré à la carte.
- Connexion USB.

2.4.3. Régulateur de tension

La fonction du régulateur de tension est de contrôler la tension d'alimentation de l'Arduino pour la stabiliser à la bonne tension du microcontrôleur et de chaque élément de la carte. La tension de stabilisation est de 5 Volts sur les cartes UNO.

2.4.4. Oscillateur à quartz

Un oscillateur à quartz est un élément électronique qui a la particularité de posséder un quartz à l'intérieur qui vibre sous l'effet piézoélectrique. Les propriétés électromécaniques du quartz sont telles qu'on arrive à faire vibrer le quartz à une fréquence très précise. C'est l'horloge de l'Arduino, il cadence son fonctionnement. Sur le

dessus du composant, on peut lire 16.000H9H. Cela signifie que la fréquence est de 16 MHz.

2.4.5. Arduino Reset

Permettent de redémarrer un Arduino avec un "Reset". Cela aura pour effet de réinitialiser la carte Arduino. Il existe deux manières de redémarrer un Arduino UNO : soit en utilisant le bouton "Reset", soit en connectant un bouton externe sur la broche de la carte Arduino mentionnée.

2.4.6. Broches (3.3, 5, GND, Vin)

- 3.3V Broche d'alimentation de tension 3.3 Volts.
- 5V Broche d'alimentation de tension 5 Volts.
- La plupart des composants destinés à fonctionner avec Arduino fonctionnent bien en 3.3 Volts ou 5 Volts.
- GND (Ground / Masse) : il y a plusieurs broches de ce type présentes sur la carte Arduino, elles sont toutes communes et peuvent être utilisées comme masse (potentiel 0 Volts) pour les circuits.
- Vin : cette broche permet d'alimenter l'Arduino depuis une source de tension extérieure. Elle est reliée au circuit d'alimentation principale de la carte Arduino.

2.4.7. Broches analogiques

Elles permettent de brancher des capteurs et des détecteurs analogiques. La carte Arduino utilise un convertisseur analogique/numérique (CAN) pour permettre la lecture du signal par le microcontrôleur. Un signal sera converti sur 10 bits. Ces six entrées peuvent donc admettre 1024 valeurs analogiques comprises entre 0 et 5 Volts.

2.4.8. Microcontrôleur ATMEL ATmega328

Le microcontrôleur utilisé sur la carte Arduino UNO est un microcontrôleur ATmega328. C'est un microcontrôleur ATMEL (un fabricant mondial de composants à semi-conducteur) de la famille AVR 8bits. Il permet de stocker le programme et de l'exécuter. En effet c'est le cerveau de la carte.

2.4.9. Connecteur ICSP

Il permet à l'Arduino de communiquer avec des composants externes via le protocole SPI (Serial Peripheral Interface), qui est un bus de données série synchrone baptisé ainsi par Motorola .

2.4.10. Indicateur LED d'alimentation

C'est un voyant qui indique l'alimentation de la carte.

2.4.11. LEDs TX et RX

- TX clignote lors de l'envoi des données série.
- RX clignote pendant le processus de réception.

2.4.12. Entrées et sorties numériques (digital)

- Broches numériques d'entrée pour lire des valeurs logiques (0 ou 1) ou numériques
- Broches numériques de sortie pour piloter différents modules.

2.4.13. Broche AREF

AREF est l'acronyme anglais de "référence analogique". Cette broche est parfois utilisée pour définir une tension de référence externe (entre 0 et 5 Volts) comme limite supérieure pour les broches d'entrée analogiques [14].

2.5. Versions des cartes ARDUINO

Dix-huit versions des cartes de type Arduino ont été produites et vendues dans le commerce à ce jour et sont citées dans l'ordre chronologique ci-dessous (voir quelques exemples en figure II.4):

1. Serial Arduino programmé avec une connexion série par connecteur DB9 et utilisant un ATmega8.
2. ArduinoExtreme, programmable via une connexion USB et utilisant un ATmega8.
3. *Arduino Mini(2008)*, une version miniature de l'Arduino utilisant un ATmega168 de type CMS.
4. Arduino Nano (2008), une version encore plus petite de l'Arduino alimenté par USB et utilisant un ATmega168 (avant la version 3) ou ATmega328 (à partir de la version 3.0) de type CMS.
5. LilyPadArduino (2007), une conception de type minimaliste pour permettre une application portable utilisant un ATmega168 de type CMS, cette carte se remarque par son vernis violet.
6. Arduino NG, programmable via une connexion USB et utilisant un ATmega8.
7. Arduino NG plus, programmable via une connexion USB et utilisant un ATmega168.
8. Arduino Bluetooth(BT), programmable via une connexion Bluetooth et utilisant un ATmega 328.
9. ArduinoDiecimila (2007), possède une interface USB et utilise un ATmega168 dans un boîtier format DIL28. (16 ko flash, 1 ko SRAM, 0,5 ko EEPROM)
10. ArduinoDuemilanove (2009) utilise un ATmega168 et est alimenté en électricité par le connecteur USB ou une alimentation externe avec commutation

automatique. La nouvelle version est équipée d'un ATmega328 (32 ko de flash, 2 ko de SRAM, et 1 ko d'EEPROM).

11. ArduinoMega (2009) est équipé d'un ATmega1280 de type CMS pour avoir des Entrées/Sorties supplémentaires et de la mémoire (128 ko flash, 8 ko SRAM, 4 ko EEPROM).
12. ArduinoUno (2010) utilise un ATmega328 comme les derniers modèles de Duemilanove, mais alors que le Duemilanove utilisait une puce FTDI pour la programmation via un connecteur USB, le Uno utilise une puce ATmega8U2 programmée comme un convertisseur série.
13. Arduino Mega2560 (2010) est équipé d'un ATmega2560 de type CMS, augmentant la mémoire totale disponible à 256 ko. Il est équipé aussi de la nouvelle puce USB ATmega8U2.
14. Arduino Ethernet (2011) est une carte Arduino UNO intégrant un chip Wiznet W5100 pourrajouter la connectivité Ethernet intégré.
15. Arduino Leonardo (2012) est une version bas coût de l'Arduino UNO à base d'un ATmega32U4.
16. Arduino DUE (2011) est une évolution de l'Arduino Mega2560 avec un micro-contrôleur 32 bits Atmel SAM3X (ARM 32 bits Cortex-M3).
17. ArduinoEsplora (2012) est une carte dérivée de l'Arduino Leonardo. Elle a la forme d'une manette de jeu. Contrairement aux autres Arduino, c'est une carte « tout-en-un » qui comporte de nombreux capteurs (température, accélération, lumière, microphone, potentiomètre...) ainsi que quatre boutons poussoirs, un potentiomètre et un joystick analogique.
18. Arduino MKR (2017) est une famille de cartes au format réduit, destinée à l'loT : la carte est déclinée sous plusieurs déclinaisons, disposant chacun d'une fonctionnalité de connectivité IoT différente: Sigfox, LoRa, Wi-Fi, etc [15].

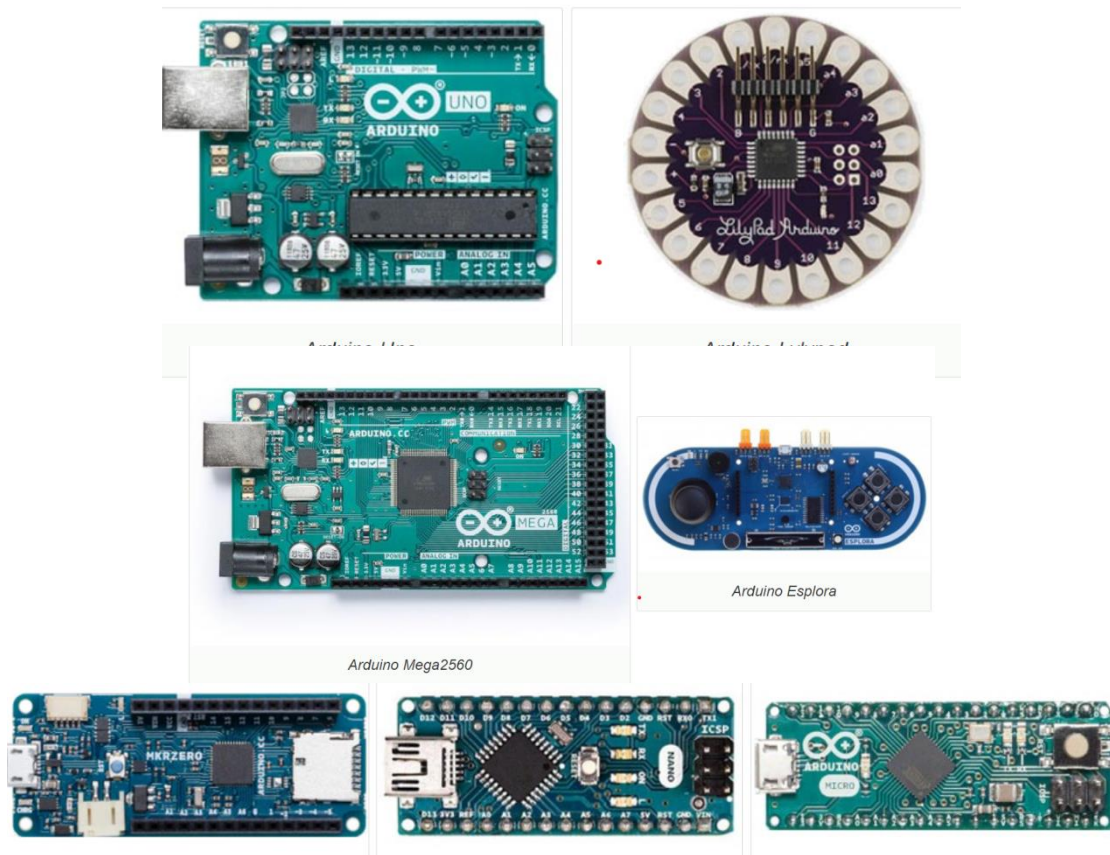


Figure 2- 4. Quelques exemples de cartes ARDUINO.

2.6. Applications Arduino

Voici quelques applications possibles pour l'Arduino[16] :

- Mesure et détection
 - Station météorologique automatisée.
 - détecteur de foudre.
 - suivi du soleil pour orientation des panneaux solaires.
 - moniteur de radiation.
 - détecteur automatique de la faune.
 - système de sécurité domestique ou professionnel.
- Contrôle
 - Petits robots.
 - maquette de fusée ou d'avion.
 - drones multi-rotor.
 - CNC simple pour petites machines-outils.
- Automatisation
 - Serre automatisée.

- aquarium automatisé.
- robot navette d'échantillon de laboratoire.
- enceinte thermique de précision (couveuse, yaourtière, étuve, séchoir...).
- système de test électronique automatisé.
- Art
 - contrôle d'éclairage et sonore dynamique
 - structures cinématiques
 - œuvre d'art

3. Y'a-t-il une seule manière pour programmer avec arduino ?

Pour programmer la carte Arduino il y a beaucoup de choix : ArduinoIDE , ARDUINO Create sur TINKERCAD et ARDUINO ONLINE ce qu'on appelle Web Editor sur le site officiel d'Arduino.

Bien sûr chaque méthode a ses avantages et ses inconvénients, par ex : IDE (le plus utilisé) n'est pas à jour comme celui du web editor mais par contre on peut compiler n'importe quelle bibliothèque. CREATE Tinkerkadest forcément recommandé si on veut faire de la simulation, mais ce qui n'est pas pratique c'est qu'on ne peut pas importer la bibliothèque qu'on désire. Avec le WEB EDITOR , la mise à jour est fortement présente, l'interface du site est juste merveilleuse et pratique pour l'utilisateur, avec des couleurs et des espaces automatiques mais toujours le seul souci reste dans l'impossibilité de l'installation des bibliothèques qui ne sont pas stockées déjà.

3.1. Programmation sur IDE

Les créateurs d'Arduino ont développé un logiciel pour que la programmation des cartes Arduino soit visuelle, simple et complète à la fois.

C'est ce que l'on appelle une IDE (Integrateddevelopment environnement)

L'IDE (figure 2.5) affiche une fenêtre graphique qui contient un éditeur de texte et tous les outils nécessaires à l'activité de programmation, où on peut saisir, enregistrer, compiler , vérifier et transférer sur une carte Arduino toutes les instructions à faire exécuter [16].

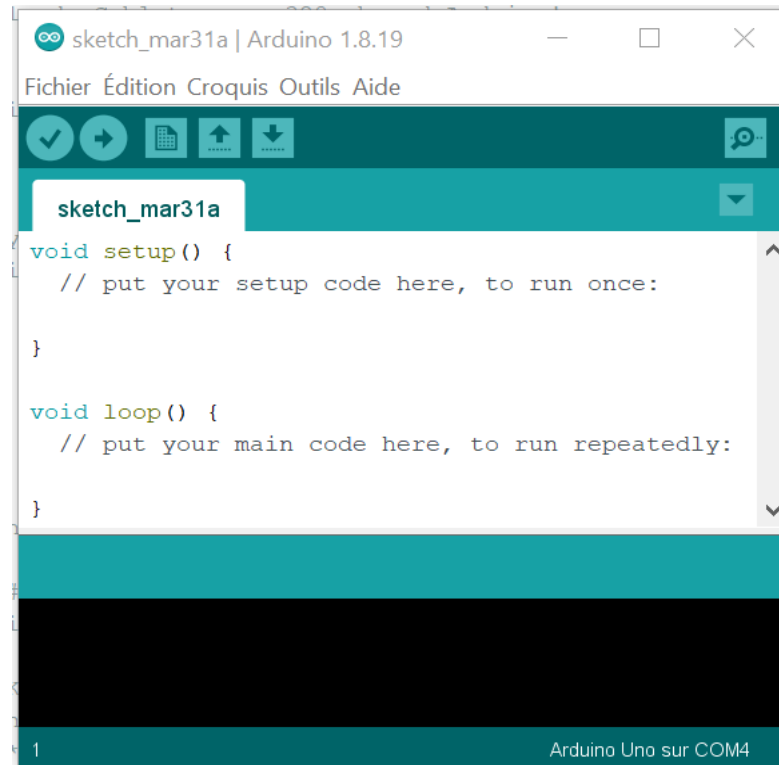


Figure 2- 5. Aperçu sur l'IDE ARDUINO

3.2. Programmation sur Tinkercad

3.2.1. Qu'est-ce que c'est Tinkercad ?

Tinkercad est un logiciel en ligne qui permet de réaliser des projets de conception 3D, d'électronique ou de programmation. Il est un très bon outil pour découvrir Arduino car il est en français, simple à utiliser et il possède un mode de simulation qui permet la mise au point d'un montage et de son programme SOURCE.

3.2.2. Avantages et inconvénients de Tinkercad

La simplicité d'emploi de Tinkercad fait qu'il est limité dans ses possibilités, mais c'est justement cela qui en fait un excellent outil pour les débutants.

Quelques **avantages de Tinkercad** :

- Il n'y a rien à installer sur l'ordinateur, ni logiciel, ni driver.
- Les projets développés sont accessibles depuis n'importe où.
- Il n'y a aucun composant électronique à acheter puisque les projets ne sont que virtuels ; une fois votre montage au point, vous pourrez le refaire avec de vrais composants.

- Le logiciel est en français et est très facile à prendre en main.
- Chaque projet peut être défini comme privé (vous êtes le seul à y accéder) ou bien public.
- Le site est très riche en projets publics ou en tutos d'apprentissage.

Parmi les **inconvenients de Tinkercad**, sont cités:

- Les projets sont stockés dans le cloud, donc ils ne sont pas vraiment confidentiels.
- Les composants électroniques sont limités en nombre et parfois, même des composants simples ne sont pas proposés comme des matrices de LED par exemple. La liste des composants proposés permet tout de même de réaliser les exemples d'Arduino (servomoteur, écran à cristaux liquides LCD, etc.).
- Onze bibliothèques seulement sont proposées : 8 bibliothèques standard d'Arduino (sur les 13 possibles) et 3 autres (IRremote, Keypad et NeoPixel). Il ne semble pas possible d'en ajouter d'autres.
- Quand on veut écrire du code, c'est le programme Blink qui est proposé. Il suffit de l'effacer en totalité pour écrire ou copier du code.
- Aucune possibilité de créer un programme multi-fichiers [17]

3.3. L'Arduino Web Editor

L'Arduino Web Editor (figure II.6) vous permet de programmer l'Arduino sans avoir installé l'IDE. L'éditeur Web Arduino est un remplacement en ligne de l'IDE. Il est utilisé pour compiler des croquis et les télécharger sur des cartes compatibles Arduino. Il suffit d'installer un plugin qui s'occupera de la connexion avec la carte Arduino [18] .

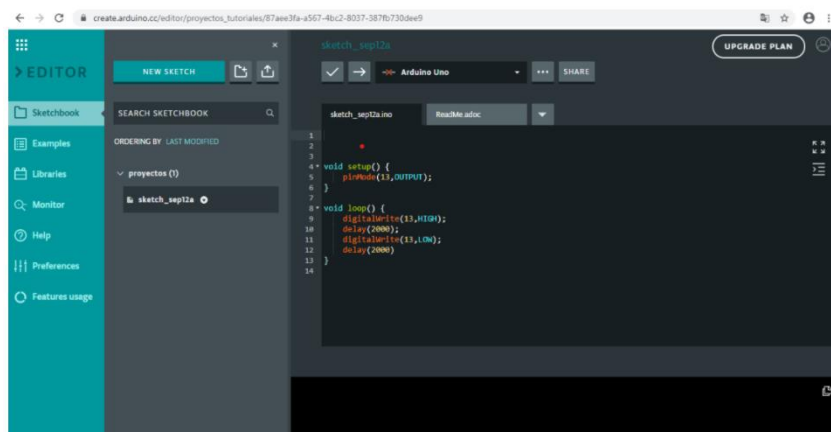


Figure 2- 6.Interface Web Arduino

4. CNC Shield pour Arduino Uno:

La carte CNC V3 est une carte « shields » qui se connecte à la carte Arduino Uno ou autres (figure II.7). Elle est spécialement utilisée 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 DRV8825) enfilable. Elle va commander les moteurs pas à pas de la CNC, sur les axes X, Y, Z, A¹, ainsi que la commande rotation. Elle permet également de traiter les signaux du refroidissement, ainsi que des fins de courses mini et maxi. (c'est une configuration dans GRBL Panel (GRBL : garble en anglais qui est un software utilisé généralement pour gérer les CNC) . Pour activer ces fins de courses ce l'on appelle le homing il faut configurer le placement de ces dernières pour que la machine aille dans la bonne direction de nos recherches. Les configurations associés à ceci sont :

- \$5=1 : activer les début/fin de courses en Normally Close au lieu de Normally Open
- \$21=1 : pour activer l'utilisation des switches de fin de course [19])

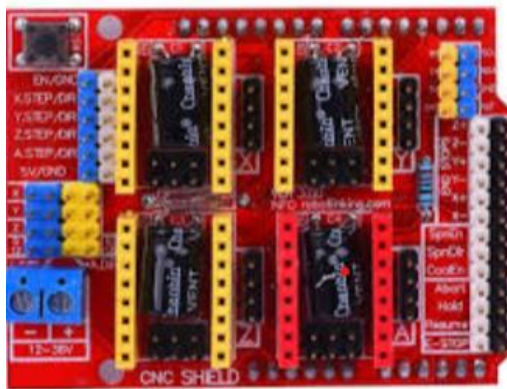


Figure 2- 7.CNC ET 3DP A4988 SHIELD POUR ARDUINO

Caractéristiques

- Compatible Arduino Uno
- Compatible GRBL 0.8c.
- 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)

¹ A sert à cloner ou dupliquer le mouvement de un des axes en utilisant des jumpers sur la shield V3

5. Pilote des moteurs pas à pas :

Un **conducteur de moteur** c'est un circuit qui permet de contrôler les moteurs à courant continu de manière très simple. Ces contrôleurs permettent de gérer les tensions et courants auxquels le moteur est alimenté afin de contrôler la vitesse de rotation. De plus, ils servent de moyen de protection pour éviter d'endommager l'électronique des moteurs en limitant le courant qui circule (hachage) .

5.1. Pourquoi on a besoin de chauffeur !

La carte Arduino et son microcontrôleur ne sont pas capables d'alimenter le mouvement du moteur. Il est simplement conçu pour les signaux numériques, mais il ne fonctionnerait pas bien lorsqu'un peu plus de puissance doit être fournie comme celle exigée par ces types de moteurs. C'est pourquoi vous devez avoir cet élément entre la carte Arduino et les moteurs.

5.2. Types de pilotes

Le type de pilotes est choisi selon le type de moteur auquel ils sont destinés. Il est important de savoir comment le différencier pour obtenir le bon pilote:

- **Driver pour moteur unipolaire:** ce sont les plus simples à contrôler, car le courant traversant les bobines va toujours dans le même sens. Le travail du conducteur doit simplement savoir quelles bobines il doit activer à chaque impulsion. Un exemple de ce type de contrôleur serait l'ULN2003A.
- **Driver pour moteur bipolaire:** ces moteurs sont plus complexes et leurs pilotes le sont aussi, comme le DRV8825, A4988 et TB6600. Dans ce cas, ils peuvent être activés avec du courant dans un sens ou dans l'autre . C'est le conducteur qui décide de la direction pour changer la polarité du champ magnétique qui est produit à l'intérieur du moteur. Le circuit le plus connu pour l'inversion de sens est appelé Pont en H, permettant au moteur de tourner dans les deux sens. Ce pont en H est composé de plusieurs transistors [20].

6. LE DRV8825 :

Le DRV8825 est une version améliorée de l'A4988 (figure II.8). Ce pilote n'a besoin que de deux sorties numériques du microcontrôleur pour pouvoir gérer correctement le moteur. Seulement avec cela, vous pouvez contrôler la direction et le pas du moteur avec ces deux signaux.

Le DRV8825 permet de travailler avec des tensions supérieures, car il peut atteindre 45v au lieu du 35v de l'A4988. Il peut également gérer des courants plus élevés, en particulier 2.5A, soit un demi-ampère de plus que le A4988. En plus de tout cela, ce nouveau driver ajoute un nouveau mode micropas au 1/32 (1/16 pour l'A4988) pour pouvoir déplacer plus précisément l'arbre du moteur pas à pas.

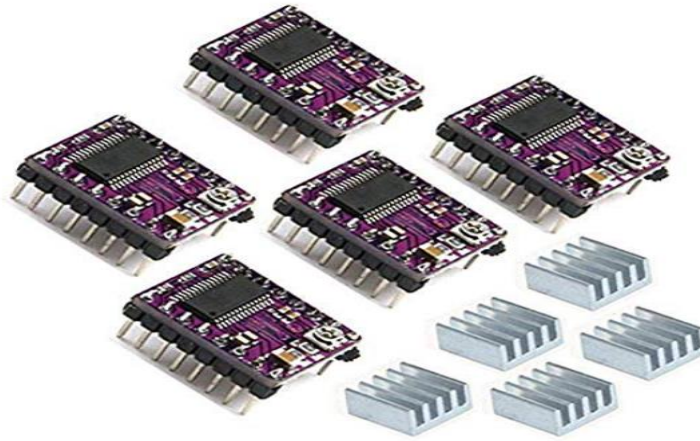


Figure 2- 8. Le pilote pas à pas DRV8825

Il peut atteindre des températures de fonctionnement élevées sans problème. Par conséquent, si on l'accompagne d'un petit dissipateur thermique, ça serait beaucoup mieux (de nombreux modèles l'incorporent déjà), surtout si on compte l'utiliser au-dessus de 1A.

Le DRV8825 a une **protection contre les problèmes** de surintensité, court-circuit, surtension et surchauffe. Par conséquent, ce sont des appareils très fiables et résistants. Et tout pour un prix assez bas dans les magasins spécialisés où vous pouvez trouver ce composant.

Les signaux de ce driver sont numériques, c'est pourquoi ceux-ci doivent être traités pour essayer de simuler le signal analogique par de petits sauts dans le signal électrique. La résolution du moteur en dépendra: 1/4, 1/8, 1/16, 1/32, ...

Pour sélectionner la résolution souhaitée, nous devons contrôler les broches M0, M1 et M2 du module. Les broches sont connectées à la terre ou GND par des résistances de rappel, donc si rien n'est connecté, elles seront toujours LOW ou 0. Pour changer cette valeur, nous devons forcer une valeur de 1 ou HIGH. Les **valeurs de M0, M1, M2** respectivement ceux qui doivent être en fonction de la résolution, sont:

- Pas complet: bas, bas, bas
- 1/2: haut, bas, bas
- 1/4: bas, haut, bas

- 1/8: haut, haut, bas
- 1/16: faible, faible, élevé
- 1/32: toutes les autres valeurs possibles

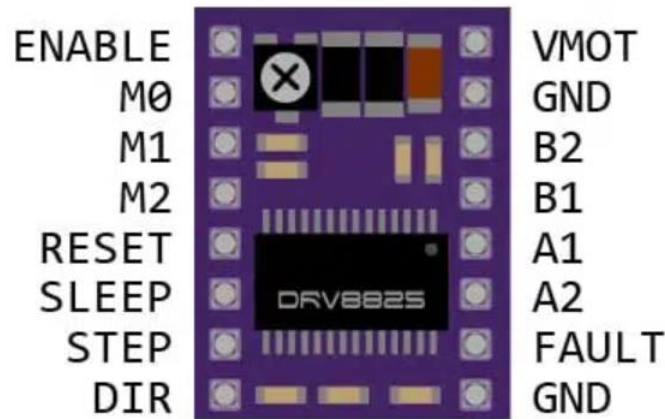


Figure 2- 9. Datasheet du DRV8825

Comme recommandation de connecter le pilote, il est conseillé d'ajuster et d'étalonner correctement l'appareil en suivant les étapes ci-dessous pour un fonctionnement correct et ne pas l'endommager:

- Connectez le pilote à la tension alimentation sans moteur connecté ou micropas.
- Mesurer avec un multimètre la tension qui existe entre GND et le potentiomètre.
- Ajuster le potentiomètre jusqu'à ce que ce soit la valeur appropriée.
- Couper l'alimentation.
- En ce moment le moteur peut être connecté. Rebranchez l'alimentation du plongeur.
- Avec la mesure multimètre l'intensité entre le conducteur et le moteur étape par étape et un réglage plus fin du potentiomètre peut être effectué.
- Coupez à nouveau l'alimentation et vous pouvez maintenant le connecter à Arduino.

7. LE TB6600 :

Ceci est un driver de moteur à pas d'axe de qualité professionnelle, compatible avec le microcontrôleur, évalué à 5A.

Le driver de moteur step TB6600 est un moteur professionnel à moteur pas-à-pas facile à utiliser, qui pourrait contrôler un moteur pas à pas en deux phases. Il est compatible avec Arduino et d'autres microcontrôleurs pouvant délivrer un signal d'impulsion numérique

5V. Le pilote de moteur pas à pas TB6600 a une entrée d'alimentation large gamme, alimentation 9 ~ 42VDC. Et il est capable de générer un courant de crête 4A, ce qui est suffisant pour la plupart des moteurs pas à pas.

Le pilote pas à pas supporte le contrôle de vitesse et de direction. Vous pouvez configurer son micro pas et le courant de sortie avec 6 commutateurs DIP (Un *commutateur* de boîtier en ligne double). Il existe 7 types de micro étapes (1, 2 / A, 2 / B, 4, 8, 16, 32) et 8 types de contrôle de courant (0.5A, 1A, 1.5A, 2A, 2.5A, 2.8A, 3.0 A, 3.5A) en tout. Et tous les terminaux de signaux adoptent l'isolation à grande vitesse du optocoupleur, améliorant ainsi sa capacité d'interférence anti-haute fréquence. En tant que périphérique professionnel, il est capable de conduire un moteur pas à pas à deux phases, à quatre phases et à quatre phases, de type 57, 42.[21]

Le radiateur de type radiateur assure une gestion efficace de la chaleur.

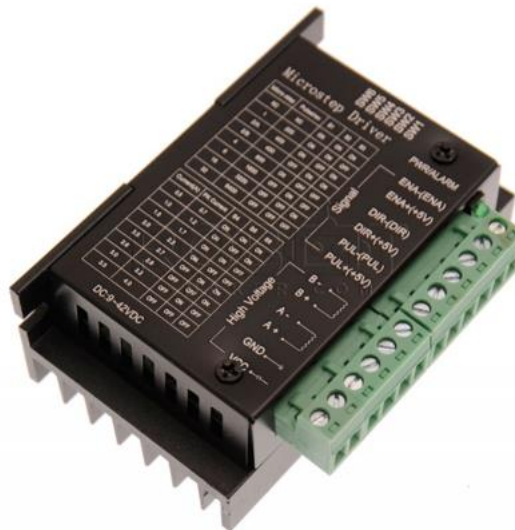


Figure 2- 10. Le driver TB6600

Caractéristiques [21]

- Tension: 12-40VDC
 - Courant: 0,6-4,5A
 - Fréquence max: 200kHz
 - 118 x 87 x 35 mm
 - 253g.

8. Moteur pas à pas : [22]

Les moteurs pas à pas sont des hybrides entre les moteurs à aimant permanent et les moteurs à réluctance variable. Ils combinent les principes d'opération de ces deux types de moteurs.

8.1. Les moteurs à 4 fils (bipolaires)

Bien que sur le schéma(Figure 2.11), 4 bobines ont été représentées, ce moteur agit comme s'il ne possédait que 2 bobines. Ce moteur oblige d'alimenter soit une bobine à la fois, ou les deux en même temps. À tout moment, donc, le moteur a la moitié ou la totalité de ses bobines alimentées, ce qui a comme avantage de lui donner plus de force. Par contre, il est plus complexe de contrôler un moteur bipolaire, au niveau de l'interface de puissance, puisqu'il faut inverser la polarité de la bobine.

8.2. Les moteurs à 5 fils (unipolaires)

Le moteur unipolaire (Figure 2.11) est conçu de sorte que l'interface de puissance soit grandement simplifiée, mais au détriment de la force. Le moteur comporte en quelque sorte deux bobines à points centraux, ces derniers étant communs. Habituellement, on relie ces points centraux, et on applique l'alimentation à un des 4 autres fils.

Il est toutefois possible d'ignorer les points centraux et de faire fonctionner le moteur unipolaire comme un moteur bipolaire, mais il faut être davantage rigoureux car contrairement au moteur bipolaire, ici les deux bobines sont capables d'interagir entre elles. Par exemple, si on alimente une des deux bobines, et qu'on relie une borne de l'autre bobine à la masse, le courant se répartit maintenant dans trois demi-bobines, au lieu de deux demi-bobines pour le moteur bipolaire .

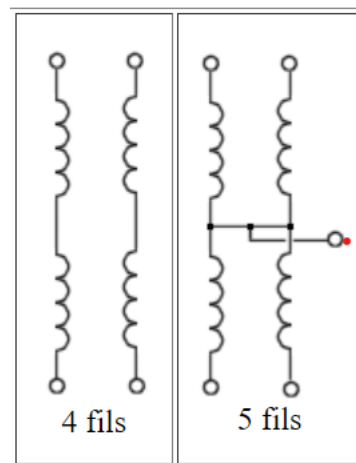


Figure 2- 11. Moteurs bipolaires et unipolaires

8.3. Le moteur pas à pas Nema17 et le moteur pas à pas Nema23

Des moteur pas à pas Nema17 et NEMA23 sont des moteurs pas à pas avec une plaque frontale de 1,7 x 1,7 pouces et 2,3 x2,3 pouces respectivement. Ces moteurs sont conçus pour fournir le couple le plus élevé possible tout en minimisant les vibrations et le bruit audible [23].

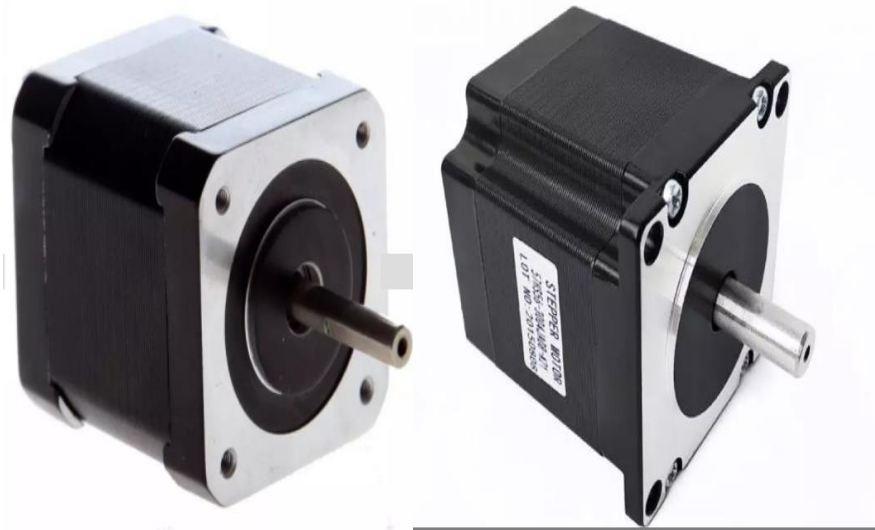


Figure 2- 12.Moteurs pas à pas Nema 23 et Nema 17 respectivement

9. Roulements :

En mécanique, un roulement est un dispositif destiné à guider un assemblage en rotation, c'est-à-dire permettre à une pièce de tourner par rapport à une autre selon un axe de rotation défini. Le roulement est donc un palier [24].

Les roulements utilisés sont :

- **Roulement Linéaire LM8-UU** :utilisé pour garantir la linéarité de coulisse des axes. Ses caractéristiques sont : diamètre intérieur 8 mm, diamètre extérieur 15 mm, Epaisseur 24 mm [25].



Figure 2- 13.Roulement LM8UU

- **Roulement à Billes 624-ZZ** : utilisé pour le système poulie, dont le diamètre intérieur est de 4 mm, le diamètre extérieur est de 13 mm, et d'une épaisseur de 5 mm [26].



Figure 2- 14. Roulement 624ZZ

10. Courroie:

La courroie est une pièce utilisée pour la transmission du mouvement. Elle est construite dans un matériau souple [27].

11. Système poulie courroie :

Une poulie est une machine simple, c'est-à-dire un dispositif de mécanique élémentaire. Elle est constituée d'une pièce en forme de roue servant à la transmission du mouvement. La poulie est utilisée avec une courroie, une corde, une chaîne ou un câble et la forme de la jante étant adaptée aux cas d'utilisation.[28]

12. Les fils de liaison :

C'est des fils de couleurs assez fins qui sont destinés à faire la jonction entre les composants électroniques et la breadboard [14] (figure II.15).



Figure 2- 15.Fils de liaisons.

13. Adaptateur de puissance de commutation :

Il s'agit d'un type de convertisseur de puissance spécial doté d'une sortie qui répond aux exigences du dispositif de puissance en tant que charge [29].

14. Multimètre :

Un multimètre est un ensemble d'appareils de mesures électriques regroupés en un seul boîtier, généralement constitué d'un voltmètre, d'un ampèremètre et d'un ohmmètre(figure II.16) . Les fonctions voltmètre et ampèremètre sont disponibles en continu et en alternatif [30].

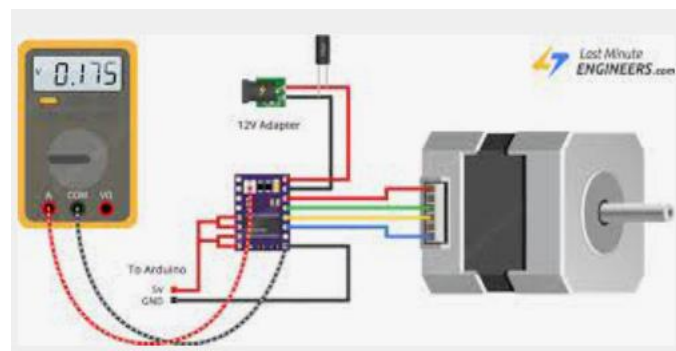


Figure 2- 16.Le multimètre pour régler la tension du potentiomètre du drv8825

15. Tournevis :

Le tournevis est un outil de poing utilisé entre autres pour l'insertion et le retrait des vis dans les matériaux[31] (figure II.17). Le tournevis est conçu pour visser des vis à petite échelle comme le driver TB6600, le shield Arduino V3 et pour régler le potentiomètre du drv8825.



Figure 2- 17. Différentes tailles de tournevis utilisés

16. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons étudié une présentation générale sur la sélection et les caractéristiques des composants et des normes utilisées dans notre projet. Nous avons fait une comparaison entre les pilotes, les différentes manières dont nous pouvons programmer avec Arduino, chose qui nous facilitera la prise de décision sur le choix des outils.

Après une vague étude, nous avons sélectionné le drv8825 pour sa grande précision et pour mieux piloter notre moteur pas à pas (car le moteur pas à pas Nema 17 demande une tension élevée) et l'arduino IDE pour ces bibliothèques disponibles. Dans le prochain chapitre, nous discuterons les différentes étapes de la conception et de la réalisation de notre système de broderie automatique, puis nous tenterons d'effectuer quelques expériences pour valider notre prototype.

CHAPITRE 3 :

Conception et réalisation

1. Introduction :

Après une présentation détaillée du contexte et des outils de base nécessaires à la conception de notre projet, passons dans ce chapitre à la phase la plus importante qui complètera le cycle de vie du système proposé : la réalisation.

Les idées qui peuvent être développées, pour atteindre cet objectif, sont juste infinies. Nous avons choisi les plus pertinentes qui iront avec les contraintes matérielles et logicielles de la carte ARDUINO et de la CNC machine, qui vont être les outils de base pour la mise en œuvre de notre système.

Nous allons présenter, au cours de ce chapitre, notre idée pour la conception et la réalisation d'un système de reproduction d'images dans un format imprimable par la machine, qui sera dédié à la broderie automatique. On vise par cette réalisation une rapidité et une simplicité des broderies sophistiquées aussi bien qu'un travail personnalisé parfait réalisé par les professionnels de la couture.

2. Problématique et description de l'approche proposée :

Ayant vécu dans une famille de couturiers, l'idée de penser à un système de broderie automatique n'est pas venue par hasard. Afin de faciliter cette lourde tâche à l'humain, nous proposons de l'automatiser en minimisant le coût.

Pour cela nous avons choisi de proposer un **système embarqué** pouvant être ajouté à n'importe quelle machine à coudre manuelle et de travailler sur un **chariot** qui va porter le cerceau de broderie. *Le problème maintenant est comment reproduire l'image numérique en utilisant le chariot ?*

Afin de résoudre cette problématique, nous avons choisi de travailler sur des images simples binaires (représentant des lettres de l'alphabet), et de déplacer en fonction de celles-ci le chariot avec une commande de deux axes X et Y, sans oublier la sensibilité de l'axe Z (chargé du mouvement de l'aiguille) qui doit être **asynchrone** par rapport au mouvement du chariot.

L'algorithme proposé au début était classique. L'idée était de lire l'image pixel par pixel, par ligne ou par colonne et d'actionner l'aiguille avant chaque passage au pixel suivant. Cependant, l'application de ce principe uniquement par Arduino était complexe puisque la CNC machine ne peut le faire qu'à travers un G-Code entre eux.

Pour cela on s'est inspiré du travail de *Naveed Amir* [36] qui a développé un générateur de G-Code impressionnant mais non adapté à nos besoins à cent pour cent. Nous nous sommes alors orientés vers la bibliothèque GRBL. Un aperçu sur ces deux notions est donné dans ce qui suit.

2.1. Le G-Code :

Le G-CODE est un langage de programmation simple dédié à la programmation des machines à commandes numériques par ordinateur. L'appellation G-CODE vient de la syntaxe des instructions *G xx*(xx étant le type d'opération qu'on veut faire). Il nous permet de faire des programmes simples pour les envoyer au microcontrôleur ARDUINO.

2.1.1. Le fonctionnement du G-Code :

Le principe est simple, il s'agit d'écrire une suite de lignes comportant quelques instructions et commandes qui vont demander à la machine de réaliser des mouvements dans l'espace, en 3 dimensions. On va pour cela utiliser un repère cartésien dont les 3 axes de référence sont les axes X - Y - Z. Voici quelques codes individuels communs, que lorsqu'ils sont combinés, guident le mouvement d'une machine :

- G00: Positionnement rapide. Ce code provoque un fonctionnement rapide sur la machine.
- Interpolation linéaire : G01 La machine se déplacera en ligne droite, effectuer l'usinage approprié (fraisage, coupe, etc.).
- G02 : mouvement circulaire. La machine se déplace vers la droite dans un mouvement circulaire ou d'effectuer le procédé d'usinage approprié
- G03 : mouvement circulaire antihoraire. Ce code est le même que G02, mais de l'autre sens
- G17 : Sélection du plan XY
- G18: Sélection du plan XZ
- G19: Sélection du plan YZ. Ces codes font manœuvrer la machine sur des plans différents pour le mouvement coordonné.
- G20: Programmation en pouces
- G21: Programmation en mm.

Voici un petit tableau récapitulatif des codes de base :

Tableau III. 1. Les principales fonction de G-code

G00	Déplacement rapide
G01	Interpolation linéaire
G02	Interpolation circulaire (sens horaire)
G03	Interpolation circulaire (sens antihoraire)
G04	Arrêt programme et ouverture carter (pour nettoyer) (temporisation - suivi de l'argument F ou X en secondes)
G10/G11	Écriture de données/Effacement de données
G17	Sélection du plan X-Y
G18	Sélection du plan X-Z
G19	Sélection du plan Y-Z
G20	Programmation en pouces
G21	Programmation en mm
G28	Retour à la position d'origine
G31	Saute la fonction (utilisé pour les capteurs et les mesures de longueur d'outil)
G33	Filetage à pas constant
G34	Filetage à pas variable
G40	Pas de compensation de rayon d'outil
G41	Compensation de rayon d'outil à gauche
G42	Compensation de rayon d'outil à droite
G90	Déplacements en coordonnées absolues
G91	Déplacements en coordonnées relatives
G94/G95	Déplacement en Pouces par minute/Pouce par tour
G96/G97	Vitesse de coupe constante (vitesse de surface constante)/Vitesse de rotation constante ou annulation de G96.
M00/M01	Arrêt du programme, arrêt optionnel ou avec condition
M06	Changement d'outil
M30	Fin du programme, réinitialisation, rembobinage

En général, le Gcode est généré à partir de fichiers 3D ou 2D, à l'aide des programmes générateurs de GCode.

2.2. Le Grbl :

Grbl est un logiciel qui fonctionne sur des cartes à microcontrôleur de type Arduino, et qui transfère du G-Code à travers un port USB d'un ordinateur au contrôleur de moteurs pas à pas de machine à commande numérique (imprimantes 3D, découpe lazer, ...).

GRBL est le centre de contrôle pilotant avec précision le mouvement des moteurs pas à pas de la machine en envoyant à haute fréquence un flot continu de pulsions électriques en faisant de petits incréments qui effectivement déplacent l'outil[32].

2.3. Le Grbl Panel

Est un software utilisé généralement pour gérer les cnc, le panneau contrôle la configuration, le chargement d'un fichier, le jogging, les décalages de réglage pour le travail à exécuter, l'interface entre l'homme et la machine. Ce sont toutes les fonctions qui interfacent via l'interface série à Grbl[33].

2.4. Inkscape :

C'est un open source, c'est-à-dire un programme spécialement conçu pour l'édition ou la création de graphisme vectoriel. Le logiciel est intégré à la liste des logiciels libres préconisés par l'État français dans le cadre de la modernisation globale de ses systèmes d'information[34].

3. Etapes de la réalisation :

3.1. Conception du chariot et axes X Y Z

Avant de penser à la conception du chariot qui va porter le cerceau de broderie, nous devons étudier le déplacement dans les 3 dimensions de l'espace ainsi :

3.1.1. L'axeZ

Cet axe est obtenu en modifiant la machine à broder (figure 3.1). La raison pour laquelle on a choisi d'utiliser la machine à coudre **Pickling** était principalement parce qu'elles sont très bon marché, fiables et disponibles.

La première étape de l'altération apportée consiste à s'assurer que la machine à coudre fonctionne correctement pour la couture (lubrifier, enfiler la bobine et l'aiguille, ajuster la tension, vérifier les vitesses)

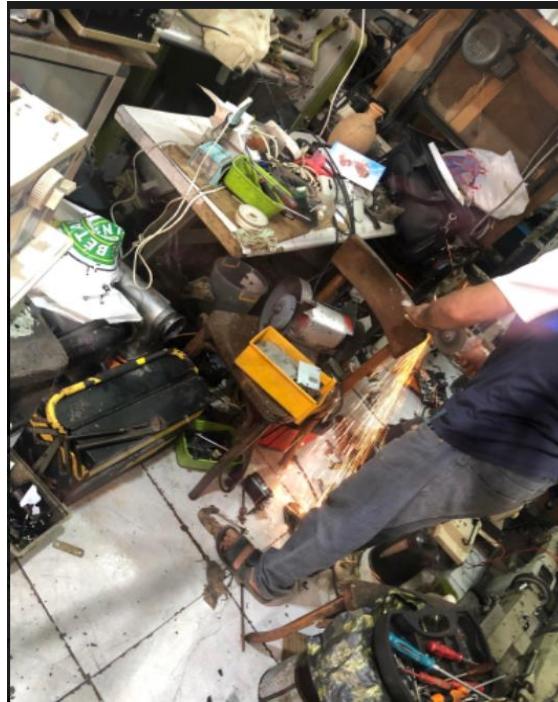


Figure 3- 1.Modification sur la machine à coudre chez le réparateur

On a ensuite réglé la plaque de l'aiguille dans la position de broderie pour s'assurer que le cercle de broderie serait en mesure de se déplacer sans restriction et on a remplacé la poulie d'entraînement de la courroie par une poulie dentée et une courroie connectée à un moteur pas à pas NEMA 23. Ce sont toutes les modifications qui ont été nécessaires sur la machine à coudre réelle (figure 3.2).



Figure 3- 2.Machine à coudre prête pour notre réalisation

3.1.2. Conception de la table et des axes X/Y

L'outil qui va faire bouger l'aiguille est maintenant prêt, il s'agit maintenant de faire déplacer le tissu à broder à travers le déplacement de table.

Cette phase est une procédure relativement simple, il suffit de trouver des modèles 3D pour impression. Nous avons fait usage des fichiers stl² des pièces 3D (voir figure 3.3) de **James Kolme** disponible sur [35]. Ensuite à partir de ces fichiers, ces pièces ont été imprimées en utilisant une imprimante 3D.

Une fois ces éléments rassemblés, nous avons pu procéder au montage final de la table chariot de broderie qui a nécessité en plus quelques vis, roulements, tiges, poulies et courroies.

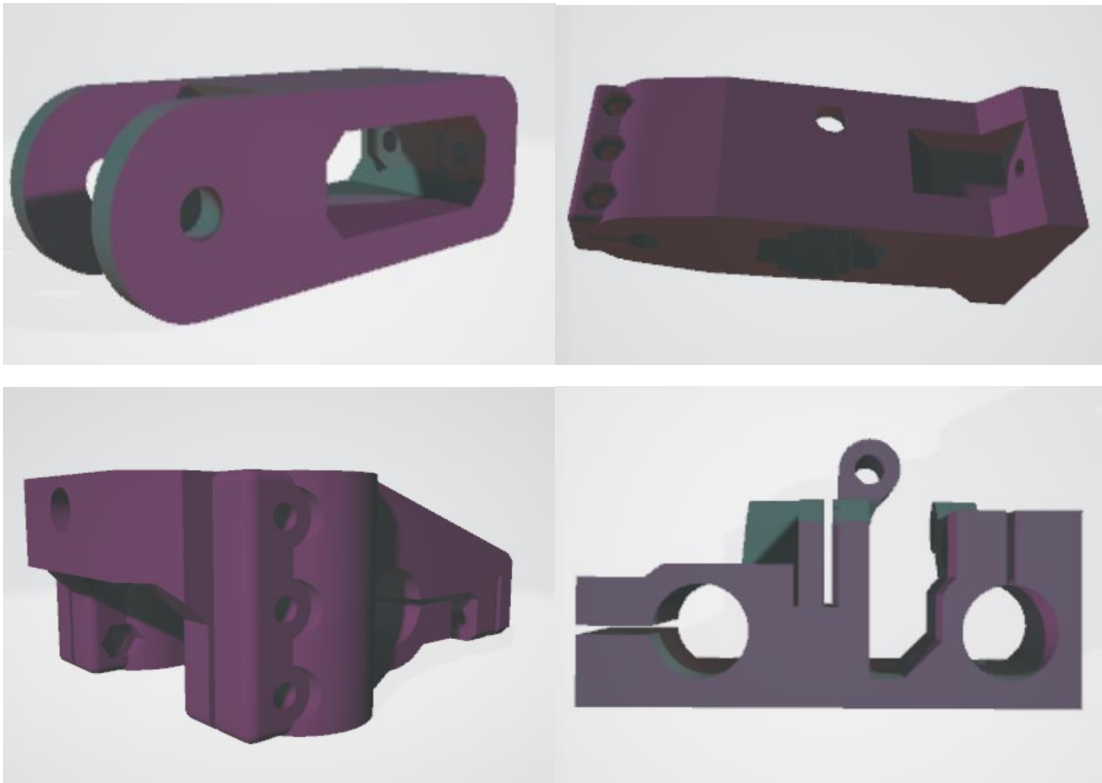


Figure 3- 3. Les pièces en 3D utilisées

² Format de fichiers utilisé dans stéréolithographie pour faire du prototypage rapide dans la fabrication assistée par ordinateur



Figure 3- 4. Visite chez le tourneur pour la finition

L'entraînement par courroie a été choisi en raison du coût, de la capacité à faire face à de légers désalignements, de la facilité de réglage et de la simplicité d'installation.

Ensuite, on a installé des moteurs pas à pas NEMA 17 sur les deux axes (figure 3.5).

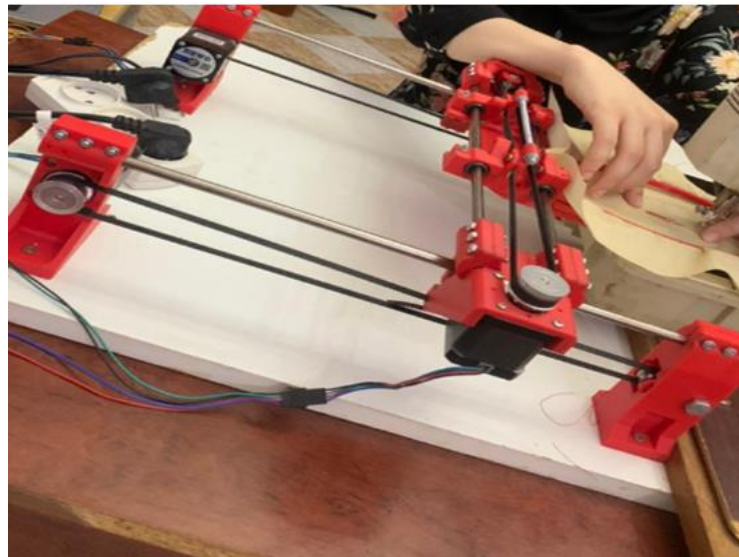


Figure 3- 5. Installation des moteurs sur la table

3.2. Hardware

Nous avons présenté dans le chapitre précédent les outils hardware que nous visions utiliser. Voyons dans cette section leurs branchements (figure 3.6).

La démarche est très simple, il suffit de placer la shieldV3 sur la carte arduinoUno qui est branchée au pc (via USB) . Ensuite nous mettons les jumpers,3 dans chaque axe pour le meilleur microstepping dont le but est d'avoir une très grande précision. Nous ajoutons par la suite nos pilotes(drv8825 et TB6600) est enfin nous branchons les moteurs pas à pas.

Afin qu'ils soient compatible avec les moteurs pas à pas, nous utilisons deux adaptateurs pour l'alimentation. Le premier pour la shield V3 et le second pour le driver TB6600. Ces derniers sont de différentes caractéristiques (voltage et ampérage)

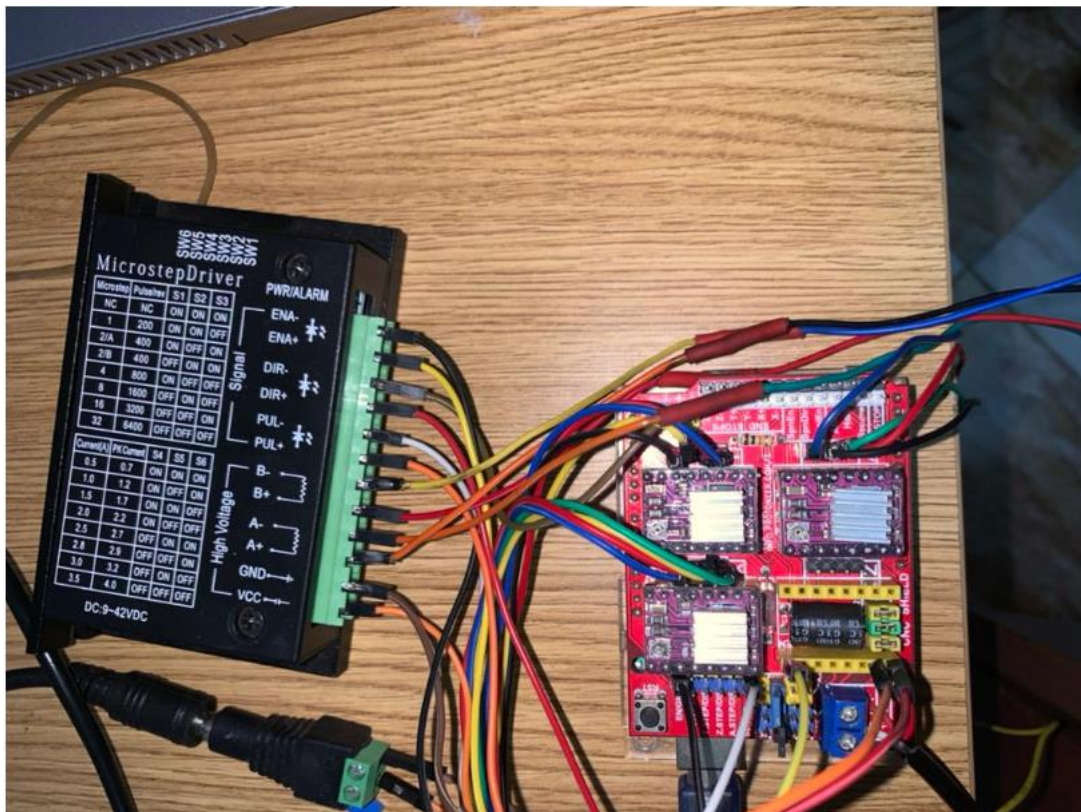


Figure 3- 6. Branchement de hardware

3.3. Software

C'est la dernière phase pour la mise en marche de notre système. Un schéma synoptique du fonctionnement général est donné dans la figure 3.7

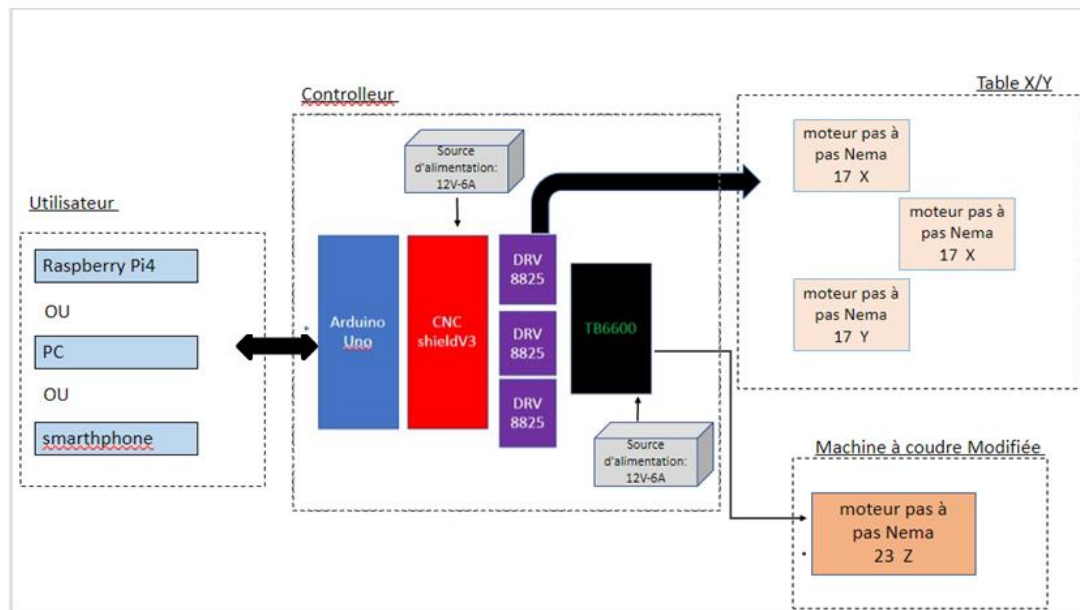


Figure 3- 7.Un schéma synoptique résumant comment commander

3.3.1. Test de fonctionnement de la table/chariot seule

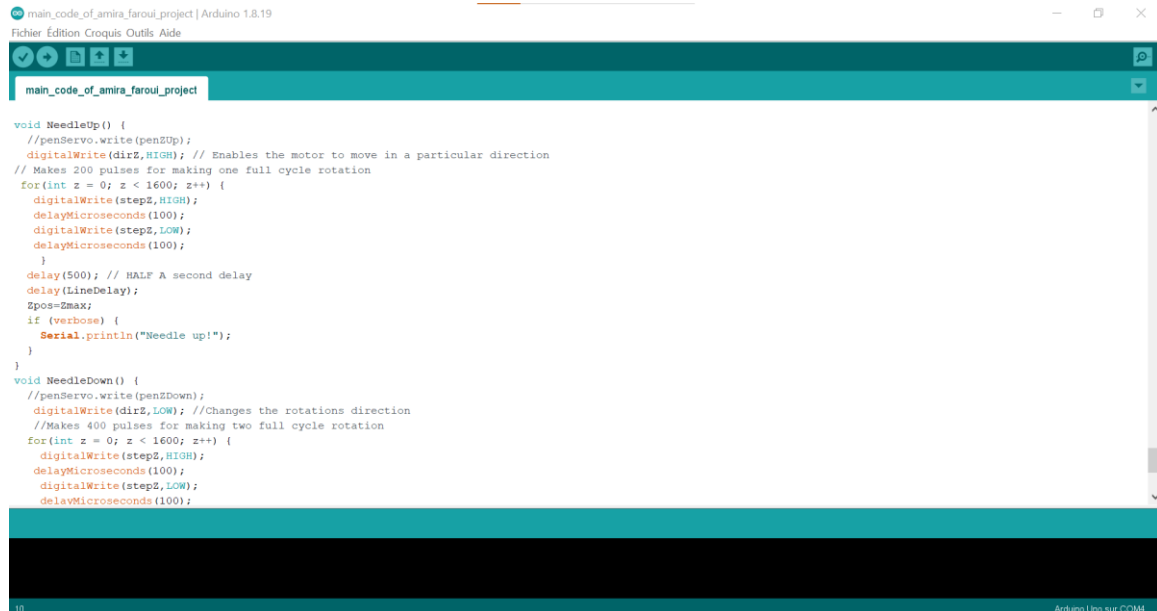
Le contrôle du système proposé se fait par ordinateur portable via l'IDE de Arduino. Avant d'exécuter le GRBL, une étape de vérification en boucle while du G-code d'entrée est exécutée. Si la ligne G-code est valide, elle donne l'ordre d'actionner vers l'avant autrement, cette ligne est ignorée.

Nous avons aussi utilisé le moniteur série (serial monitor), pour nous assurer que le programme est correct. Voici quelques G-codes tests lancés pour vérifier le mouvement de la table :

- G1 X60 Y30**(l'axe déplace vers l'avant avec 60mm et Y avec 30mm)
- G1 X30 Y50**(l'axe déplace vers l'avant avec 30mm et Y avec 50mm)
- 000M300 S30** (aiguille vers le bas)
- M300 S50** (aiguille vers le haut)

La réponse du moniteur série est reconnue par la fonction **Serial.available**. Tant que sa valeur est supérieure à zéro (l'envoi de données images correct), la ligne G-code est exécutée, autrement dit rien ne va se passer (voir extrait du programme dans la figure 3.8).

Il s'agit d'une boucle principale pour filtrer toutes les données entrantes d'un ordinateur portable, une fois que la ligne G-code est valide, une autre fonction Processing Line, que nous avons développée, est appelée pour exécuter le mouvement convenable.



```

main_code_of_amira_farouf_project | Arduino 1.8.19
Fichier Édition Croquis Outils Aide

main_code_of_amira_farouf_project

void NeedleUp() {
  //penServo.write(penZUp);
  digitalWrite(dirZ,HIGH); // Enables the motor to move in a particular direction
  // Makes 200 pulses for making one full cycle rotation
  for(int z = 0; z < 1600; z++) {
    digitalWrite(stepZ,HIGH);
    delayMicroseconds(100);
    digitalWrite(stepZ,LOW);
    delayMicroseconds(100);
  }
  delay(500); // HALF A second delay
  delay(LineDelay);
  Zpos=Zmax;
  if (verbose) {
    Serial.println("Needle up!");
  }
}

void NeedleDown() {
  //penServo.write(penZDown);
  digitalWrite(dirZ,LOW); //Changes the rotations direction
  //Makes 400 pulses for making two full cycle rotation
  for(int z = 0; z < 1600; z++) {
    digitalWrite(stepZ,HIGH);
    delayMicroseconds(100);
    digitalWrite(stepZ,LOW);
    delayMicroseconds(100);
  }
}

```

Figure 3- 8.Extrait de notre programme Arduino

3.3.2. Test de fonctionnement de la table/chariot avec l'aiguille (proposition1)

A ce stade-là, les tests sur la table fonctionnent correctement. En lançant le G-Code Generator, qui va générer un G-Code à partir de l'image et l'envoyer à la CNC via la connexion COM avec le microcontrôleur, on se rend compte qu'il y a zéro asynchronicité et des mouvements aléatoires entre la table et l'aiguille.

Après plusieurs tentatives de changements de paramètres de délais, nous avons abandonné cette piste puisque les résultats sont restés les mêmes. Selon ce qu'on a déduit la brodeuse automatique n'est pas comme les mini traceurs ou machines à graver, car pour ces dernières, il suffit d'une base de l'axe z au début puis le travail se fera, avec le niveau réglé une seule fois. Par contre pour notre machine l'axe z monte et descend toute la durée de l'opération.

3.3.3. Test de fonctionnement de la table/chariot avec l'aiguille (proposition2)

Dans la proposition 2, nous avons emprunté une deuxième piste qui est un peu plus longue. Elle consiste à convertir l'image en lignes G-code en utilisant le logiciel INKSCAPE(voir détails ultérieurement)) puis les sélectionner, les visualiser et les envoyer à nouveau en utilisant un logiciel GCODE_SENDER ou équivalent

(ex :Grblhoming,UGS (universal g-code sender),Grbl Panel, Grblcontroller ..) au micro-contrôleur. Ce processus est si pénible et long mais ça reste la solution la plus garantie.

Résumons le 2^{ème} essai dans le schéma de la figure 3.9 suivante :

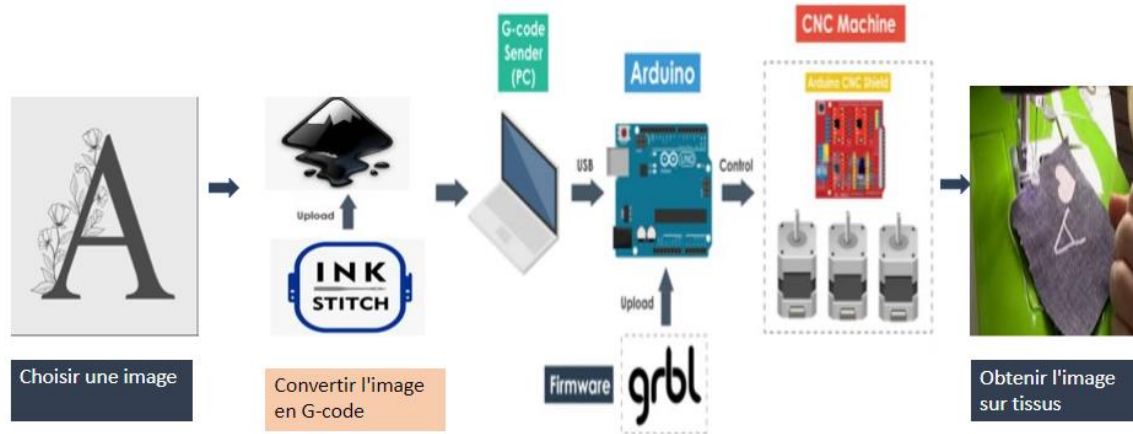


Figure 3- 9.Schéma illustrant le processus à l'aide de Grbl

Voici la démarche adoptée du second essai :

A. Installer GRBL dans la carte Arduino

C'est la 1^{ère} étape à exécuter. Nous rappelons que le **Grbl** est un micro-logiciel libre installé sur la carte Arduino qui fera l'interface entre les instructions en G-Code envoyées à la machine et le pilotage des moteurs pas à pas en fonctions de ces instructions (paragraphe 2.2).



Figure 3- 10.Utilisation deGrbl comme bibliothèque

B. Inkscape

La 2^{ème} étape consiste à lancer l'interface de Inkscape comme mentionné dans la figure 3.11

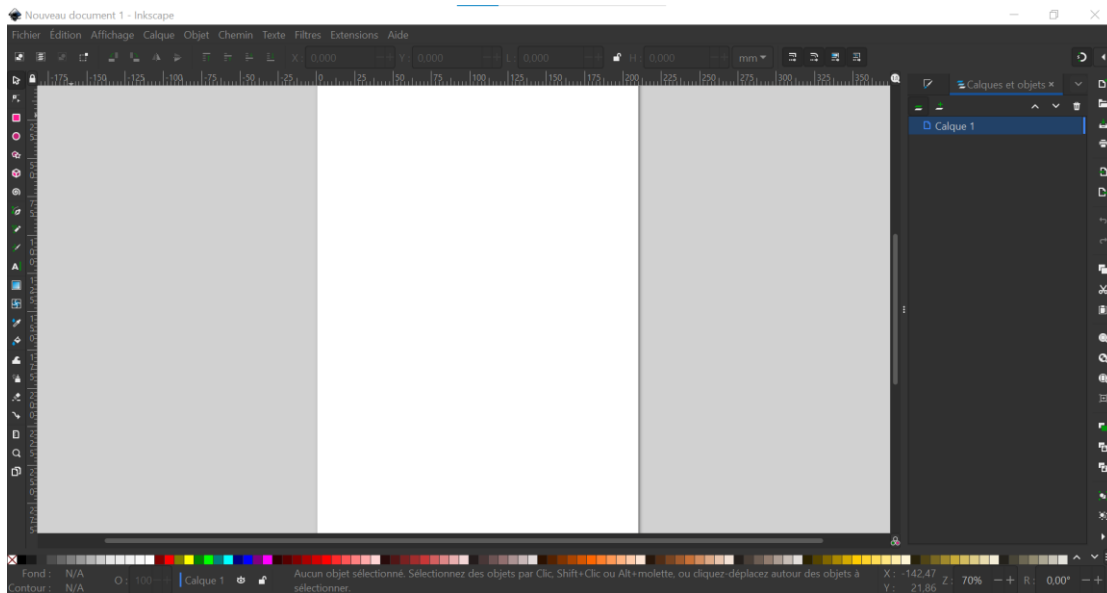


Figure 3- 11.Interface de logiciel Inkscape

C. Allez à l'extension Inkstitch

InkStitch est une plateforme open source de création de motifs de broderie machine qui vise à être une plateforme à part entière de création de motifs de broderie basée entièrement sur du logiciel libre open source.

Cette dernière doit être installée par défaut car elle n'est pas incluse avec Inkscape. Les machines à broder utilisent généralement cette extension (stitch est un mot anglais qui signifie broderie, couture extérieure, etc.). Brother par exemple utilise ces extensions dans leurs boîtiers de machines programmables.

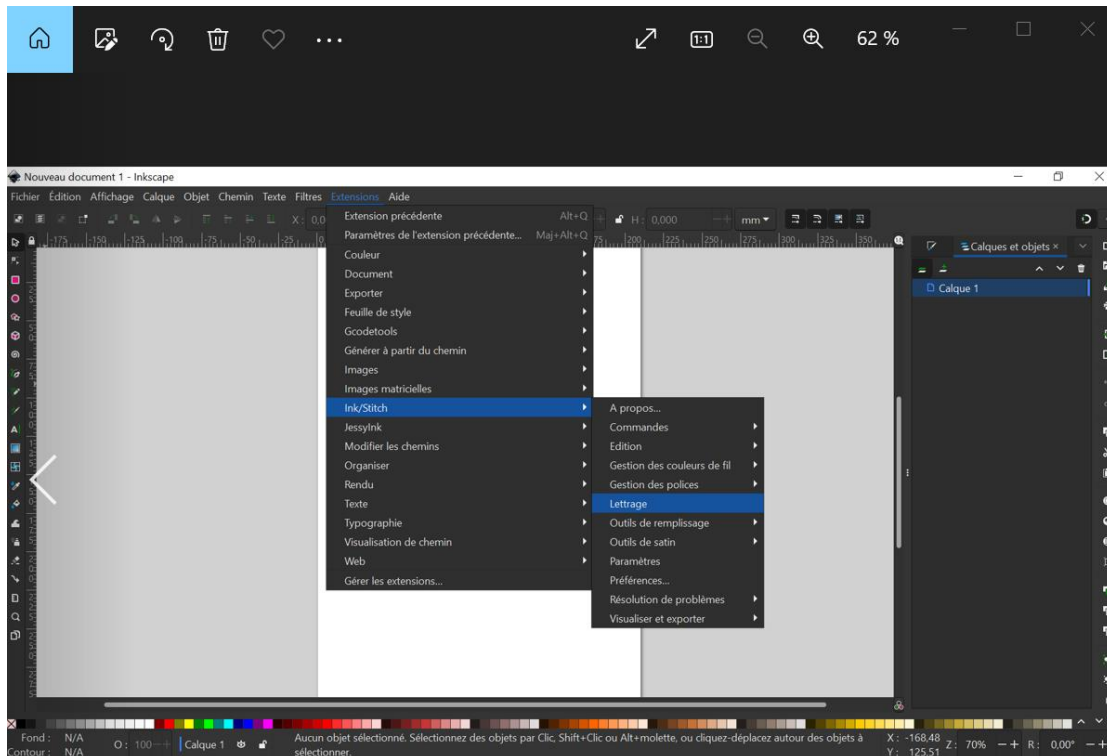


Figure 3- 12.Lettrage comme choix

Ses Options sont innombrables, on a débuté avec un type d'images binaires « *image de lettrage* » (figure 3.12), où le choix est porté sur la lettre i (figure 3.13). D'ailleurs c'est le plus simple et aussi si on considère juste des formes basiques comme le triangle ou le carré, il faudra changer quelques configurations comme **set fill** et **remove stroke** (le fond et les contours) sans oublier le message d'erreur qui informe que l'objet contient plusieurs origines. Ceci revient aux versions utilisées qui sont nombreuses et ne fonctionnent pas toutes de la même façon.

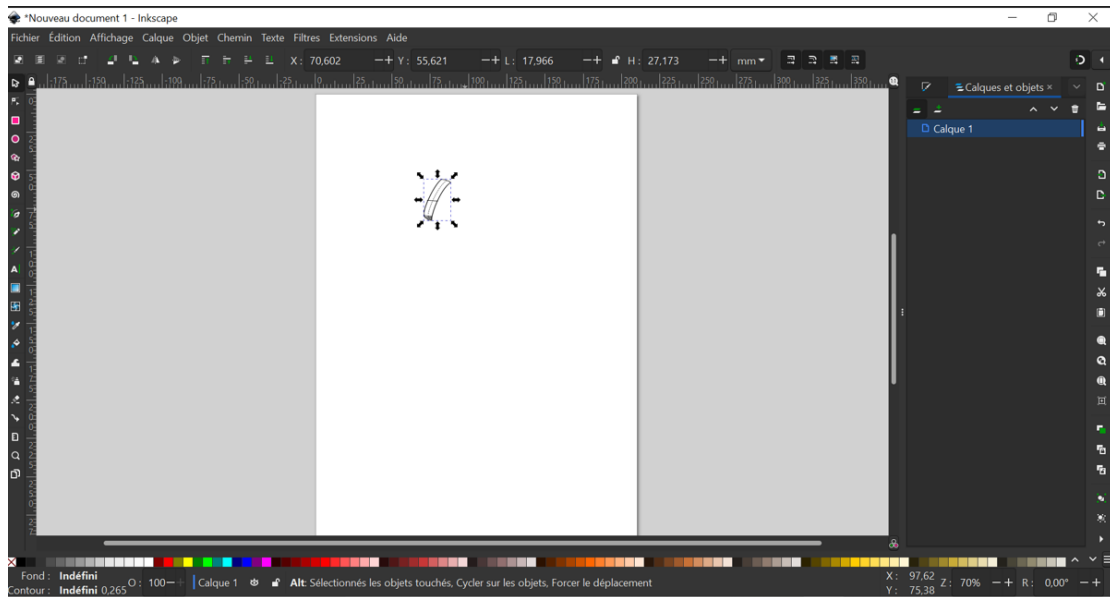


Figure 3- 13.La lettre ‘I ’ avec l’écriture « kausan script MAM »

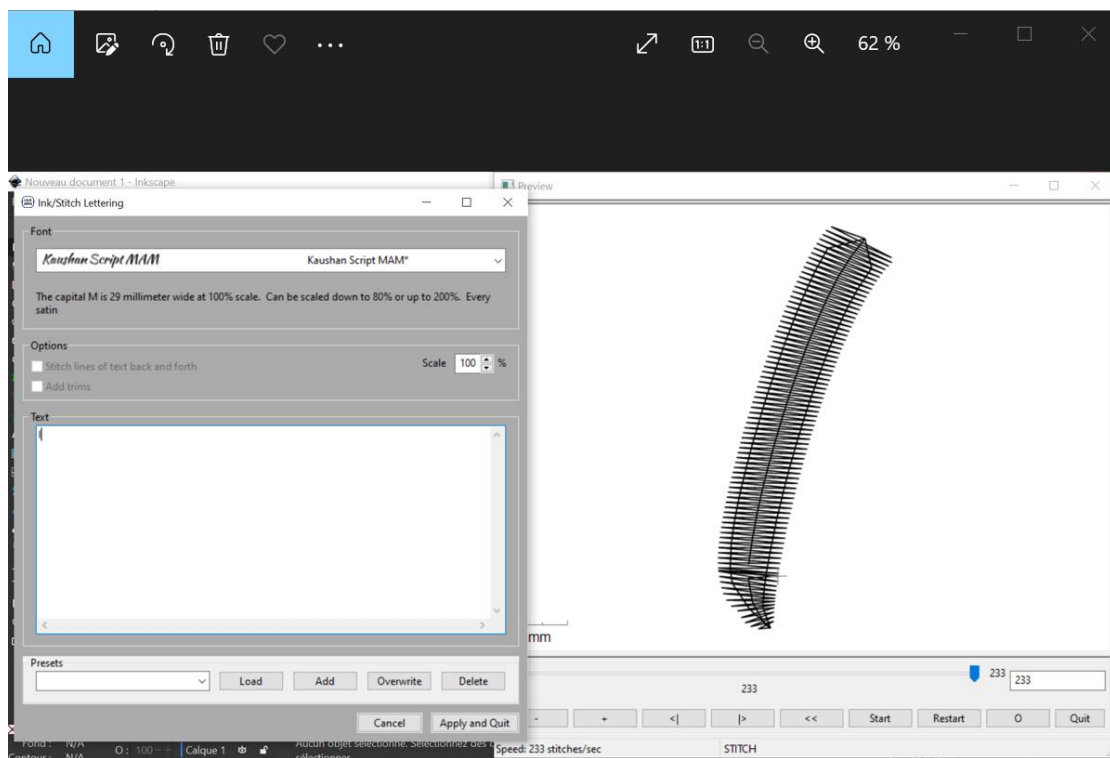


Figure 3- 14.Forme choisie agrandie

Ce n’est pas obligatoire mais cette étape de simulation, dans la figure 3.15, est pour notre intérêt. Ceci va nous guider à connaître le point de départ de la broderie.

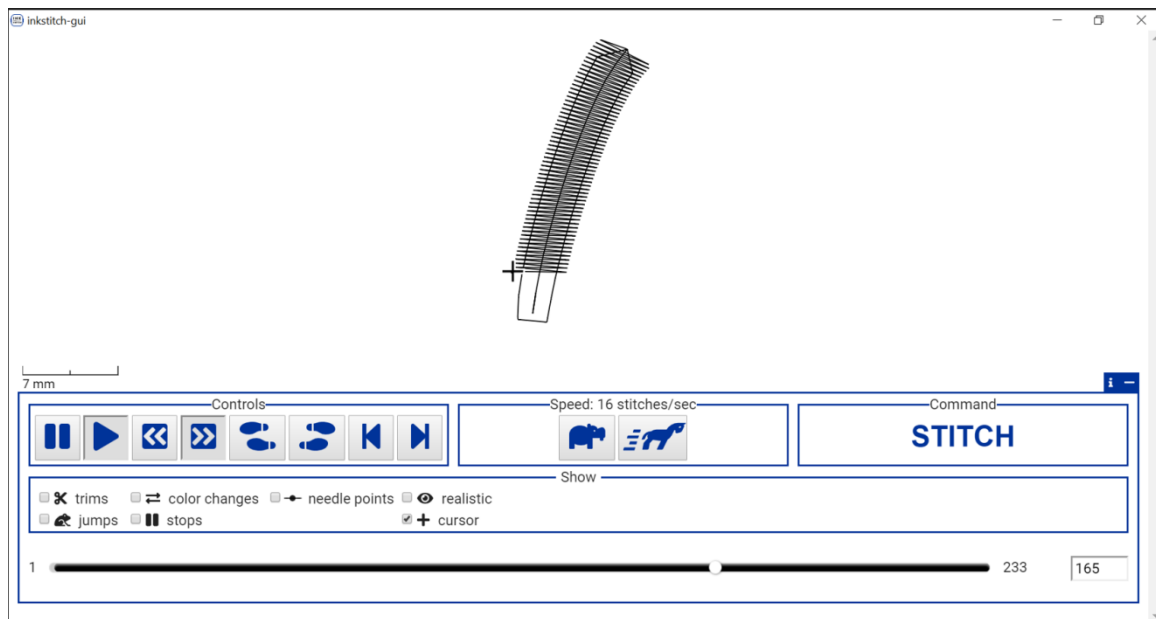


Figure 3- 15.Simulation de la broderie

Faites juste une copie mais sous forme de G-Code comme condition pour que l'étape qui suit marchera bien (figure 3.16-17).

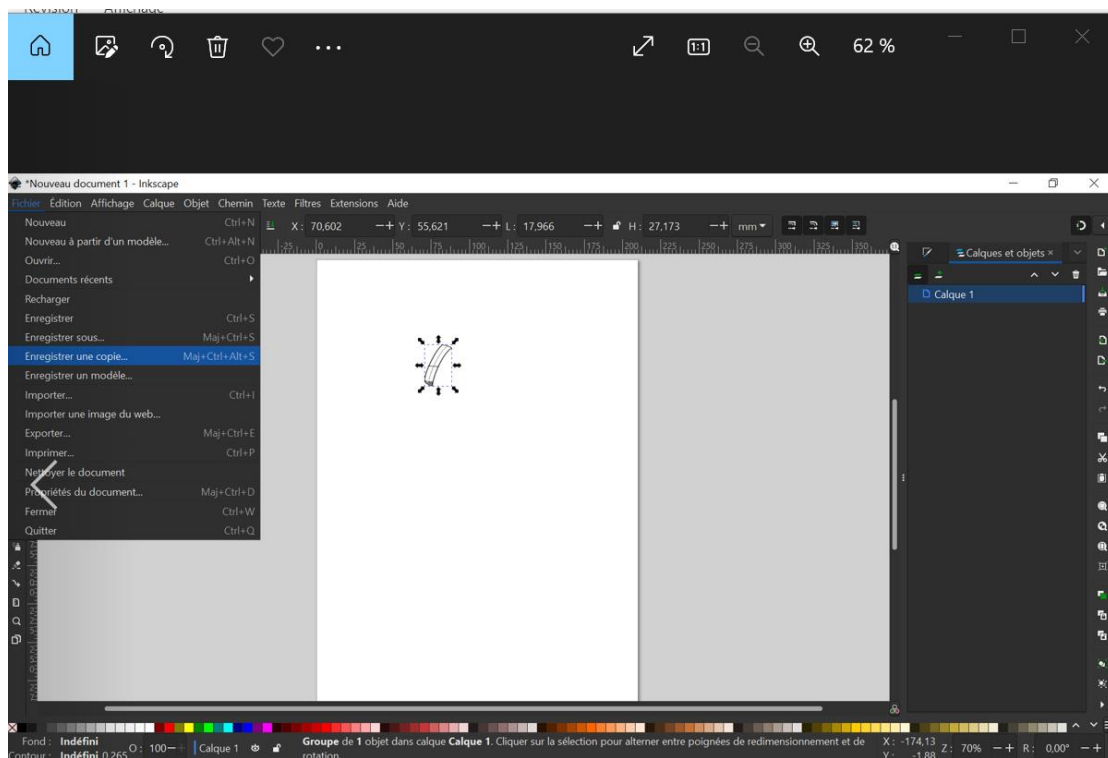


Figure 3- 16.Enregistrer le fichier

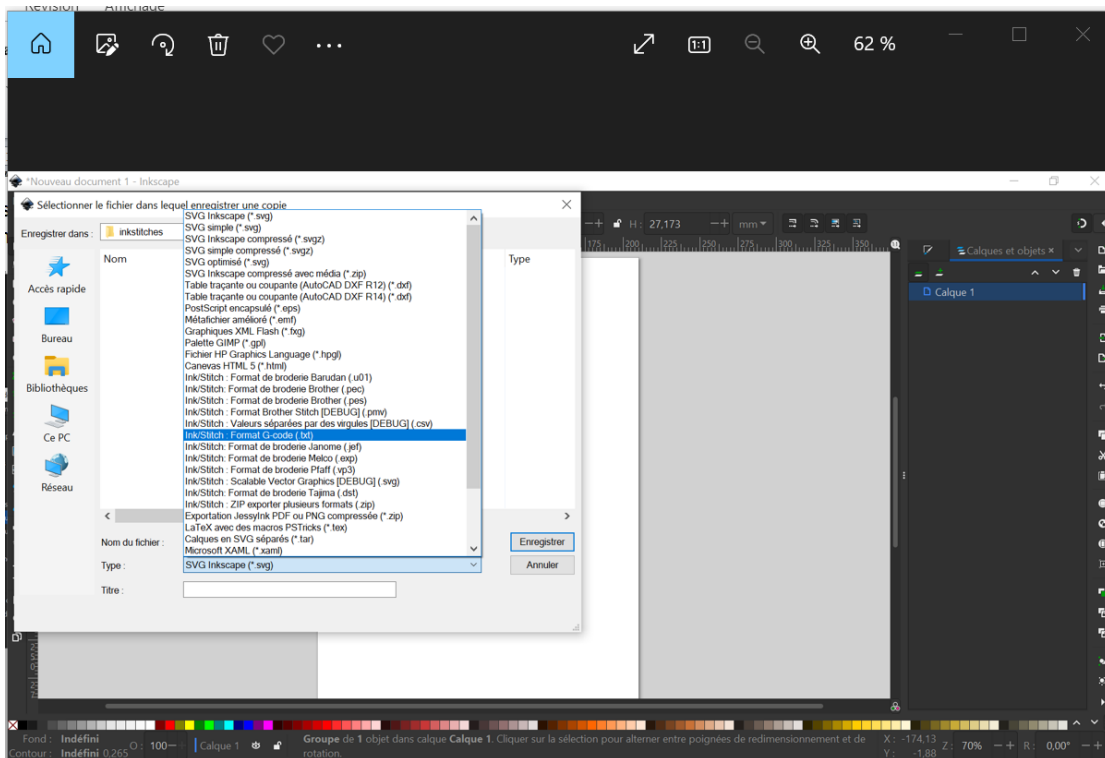


Figure 3- 17.Copie sur le fichier sous format G-Code

Après avoir obtenu une copie tradatée en G-code ,il nous faudra un logiciel qui translate le G-Code en un mouvement des axes,ce qui est notre objectif final.

D. Configuration dans GRBL Panel

Cette étape est très importante mais aussi très délicate. Une erreur d'un chiffre peut causer l'endommagement de notre machine ou casser notre aiguille. Cette configuration dépend de la machine à coudre qu'on a en notre disposition, du système poulie courroie et des valeurs des caractéristiques de nos moteurs pas à pas. On doit prendre tous ces derniers en considération pour arriver au bon paramétrage et donc un bon décalage entre l'axe z et la table des axes X,Y.

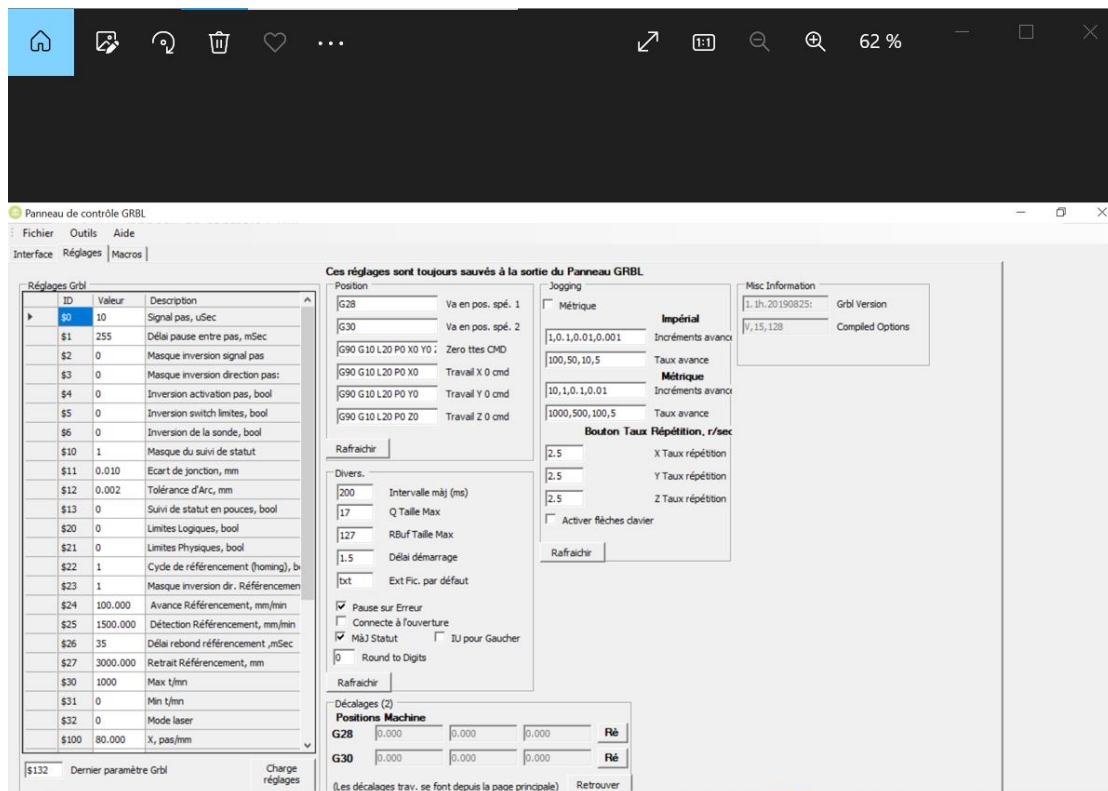


Figure 3- 18. Configuration de Grbl Panel.

Passons maintenant à l'importation de notre fichier G-code et et la mise en marche de notre table-chariot qui va suivre des mouvements asynchrones avec l'aiguille. Le point réalisé avec le fil s'est fait automatiquement sans l'intervention de l'humain. Les figures 3.19-20-21 présentent des résultats des lettres i, M et triangle brodés respectivement..



Figure 3- 19. Résultat final de la lettre i brodé automatiquement avec notre système proposé



Figure 3- 20. Résultat final de la lettre M brodé automatiquement avec notre système proposé



Figure 3- 21. Résultat final d'un petit triangle automatiquement avec notre système proposé

Le problème rencontré avec la lettre M et le triangle est la matière du cerceau de broderie (plastic au lieu du bois) qui se desserre lors du mouvement de la table. Ce qui provoque un décalage important lors du passage de l'aiguille.

5. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté l'essentiel de notre projet de fin d'étude qui consiste à reproduire dans un format imprimable par la machine. Le prototype que nous avons conçu a connu plusieurs challenges mais a fini enfin par voir le jour.

La conception de la table chariot, aussi bien que le choix des logiciels, n'ont pas été des tâches faciles. Les étapes d'essai/erreur nous ont permis d'approfondir nos connaissances sur les outils de reproduction d'images à l'aide de la CNC machine et de Arduino.

Conclusion Générale

Ce projet nous a donné l'opportunité de découvrir le domaine de la Broderie Assistée par Ordinateur et d'approfondir nos connaissances en programmation avec Arduino, de se rapprocher du matériel, du monde de la visserie, des roulements et du soudage. Aussi ça nous a permis de manipuler de très près les pièces 3D pour la conception de la table-chariot, élément important dans notre brodeuse prototype.

Durant la réalisation, nous nous sommes heurtés à plusieurs difficultés pratiques comme la non disponibilité des composants, le manque de qualité avec parfois un coût élevé, le manque de compétences et de conseillers pour une bonne linéarisation de la table-chariot. Malgré tous ces défis nous avons réussi en un minimum de temps à faire naître le prototype de reproduction d'images dans un format physique sous forme de brodeuse automatique.

En appliquant les concepts théoriques, nous avons pu découvrir ce qu'est réellement le génie industriel. Un ingénieur de ce secteur, ne doit pas seulement superviser ou diriger, il doit aussi penser, concevoir, créer des idées, gérer le temps et les coûts, effectuer les diagnostics et savoir décider au bon moment.

Nul d'être parfait, ce travail n'est qu'un début. Etant limité à l'image binaire Les compléments à ce projet sont sans fin. En voici quelques perspectives :

- Changer les fils de connexion qui sont plus fiables pour traiter d'autres types d'images, pas seulement les lettres et augmenter la vitesse.
- Remplacer les 2 moteurs de Y par un seul.
- Travailler sur des images en couleur en utilisant le inkstitchcolors ou bien faire une altération sur la machine à coudre carrément, pour avoir une 2^{ème} aiguille.
- Brancher le raspberry Pi4 pour remplacer le pc.
- Remplacer tout le software par une application mobile.

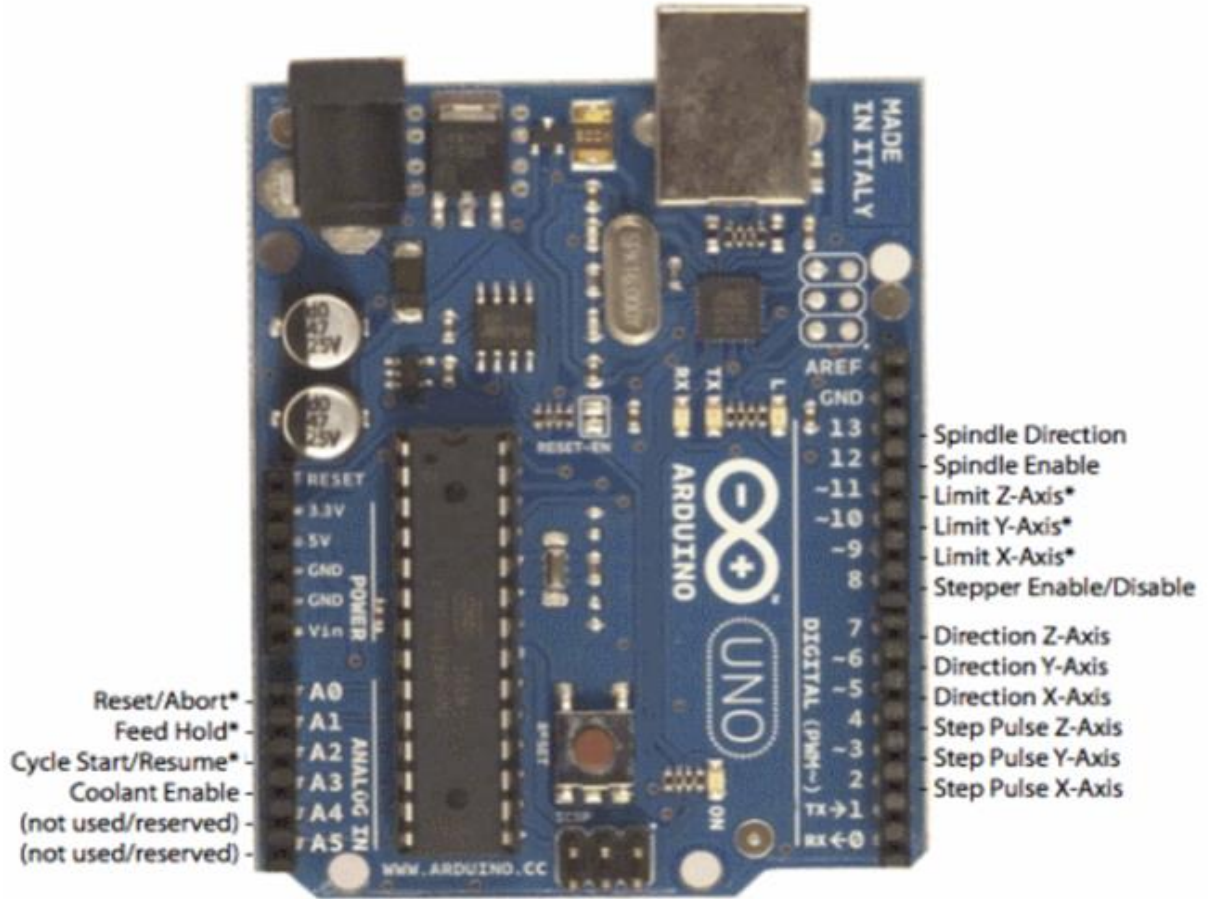
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] <https://www.futura-sciences.com/maison/definitions/maison-machine-coudre-11087/>
- [2] <https://www.guide-machine.fr/machine-a-coudre/mecanique-vs-electronique/>
- [3] <https://www.mamachineacoudre.fr/anatomie-complete-machine-a-coudre/>
- [4] <https://www.pantheoncentredaffaires.com/production-industrielle/machines-coudre/>
- [5] <https://arts.savoir.fr/les-machines-programmables/>
- [6] https://industrialsewingmachine.global.brother/fremea/e_pattern/bas326h/index.aspx
- [7] <http://www.ideeidentification.ch/Machines.htm>
- [8] <https://www.linternaute.fr/dictionnaire/fr/definition/broderie/>
- [9] <https://www.dresscodepro.com/personnalisation/>
- [10] <https://www.lyon-entreprises.com/entreprise/info/broderie-numerique>
- [11] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Image>
- [12] <http://images.math.cnrs.fr/Le-traitement-numerique-des-images.html>
- [13] <https://www.positron-libre.com/electronique/arduino/arduino.php>
- [14] BENYEKHELF yasmine., "Application à la conception d'un système de surveillance pour les prématurés dans une couveuse", „Mémoire de Maaster en Génie industriel ,IMSI,Université d’Oran 2 Septembre 2020/ 2021
- [15] <http://etudeetprogrammationcartearduinouno.blogspot.com/2016/>
- [16] <https://www.positron-libre.com/electronique/arduino/arduino.php>
- [17] <https://www.locoduino.org/spip.php?article294>
- [18]-<https://paradacreativa.es/fr/como-programar-arduino-con-arduino-web-editor/>
- [19] http://lesporteslogiques.net/wiki/outil/cnc_colinbus-configuration

- [20] -<https://www.hwlibre.com/fr/drv8825/>
- [21]-<https://abra-electronics.com/electromechanical/motors/motor-controllers/tb6600-stepper-motor-driver-5a.html>
- [22] <http://www.cougam.com/StappenMotor/index.htm>
- [23]<https://www.omc-stepperonline.com/fr/nema-17-moteur-pas-a-pas>.
- [24] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Roulement>
- [25] www.123roulement.com/roulements-LM8-UU-ZEN#container-tech-schema
- [26] <https://www.123roulement.com/roulements-624-ZZ>
- [27] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Courroie>
- [28] <https://www.google.com/search>
- [29]-<https://www.digikey.fr/fr/articles/how-to-correctly-apply-the-right-power-devices-to-meet-industrial-power-supply-requirements>
- [30] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Multimètre>
- [31] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Tournevis>
- [32] ACHOUR Mohammed Oussama et BOUKHALFA Merouane. , ‘‘Contrôle sans-fil d’une machine à graver 3D (réalisation)’’ ,Mémoire de Maaster en Génie industriel ,IMSI,Université d’Oran 2,Septembre 2020/ 2021.
- [33] <https://www.google.com/search>
- [34] <https://www.encyclopedie.fr>
- [35]<https://www.thingiverse.com/thing:3216283>
- [36] <https://github.com/naveedamir484/GcodeGen>

Annexes

Annexe-A- :Carte Arduino Uno



* - Indicates input pins. Held high with internal pull-up resistors.

Figure A. 1 Datasheet de la carte arduino pour programmer les moteurs pas à pas

Annexe-B- :CNC shield

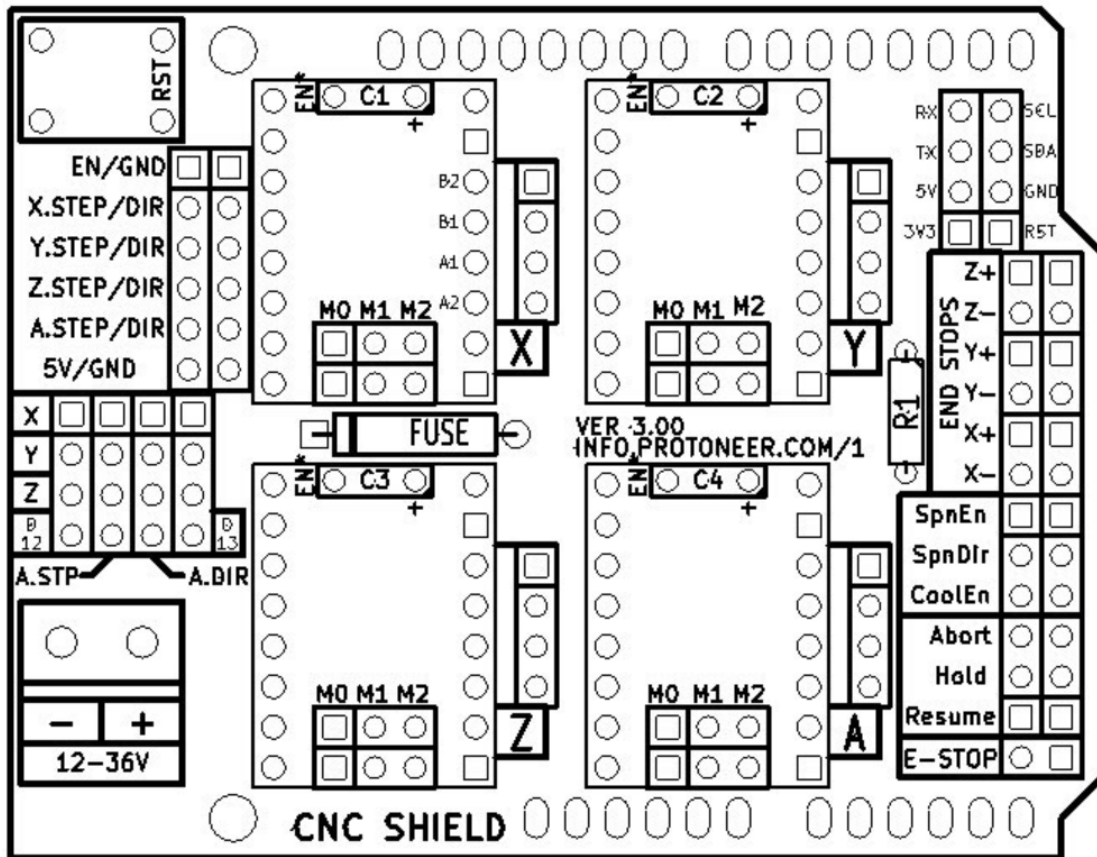


Figure A. 2.DATASHEET DE LA CNC & 3DP A4988 SHIELD POUR ARDUINO

Tableau A. 1.CARACTERISTIQUES DE LA CARTE CNC SHIELD

Modèle	CNC shield V3
Puissance	12-36V
Tension de fonctionnement	8 à 35 volts
Courant maximum par bobine	2A
Intensité	2 A
Support pour 4 axes	(X, Y, Z, A)
Fonction micro-step	jusqu'à 1/16 de pas
Dimensions	D=53 mm
	L=68 mm
	H=18 mm

Remarque : Lors de l'insertion du module A4988, doit être prudent de ne pas insérer opposé.

Câblage du moteur pas à pas de la manière suivante:

2A, 2B est un groupe (rouge, vert), 1A, 1B est un groupe (bleu, jaune), si vous voulez changer de direction, peut être changer la position d'un groupe, par exemple 2A, 2B mutuellement échangées.

Annexe –C- :Moteur pas à pas Nema 17

Tableau A. 2. Caractéristiques du moteur pas à pas nema17 utilisé

Article	Caractéristiques
Précision d'angle de pas	± 5%
Précision de résistance	± 10%
Précision de l'inductance	± 20%
Hausse de température	80 Max
Température ambiante	-20 + 50 °C
La resistance d'isolement	100MΩMin.500VDC
Résistance diélectrique	500VAC pour une minute
Jeu radial d'arbre	0.02Max. (Charge 450g)
Jeu axial de l'arbre	0.08Max. (Charge 450g)

Modele	Angle de pas (°)	Tension nominale (V)	Courant nominal (A)	Résistance de phase (Ω)	Inductance de phase (mH)	Couple de maintien (Kg.cm)	Couple de détente (g.cm max)	Inertie du rotor (g.cm ²)	Longueur du moteur (mm)	Nombre de prospectus	Poids du moteur (kg)
42H548-1504	1.8	4.2	1.5	2.8	5.5	5.5	280	68	48	4	0.38

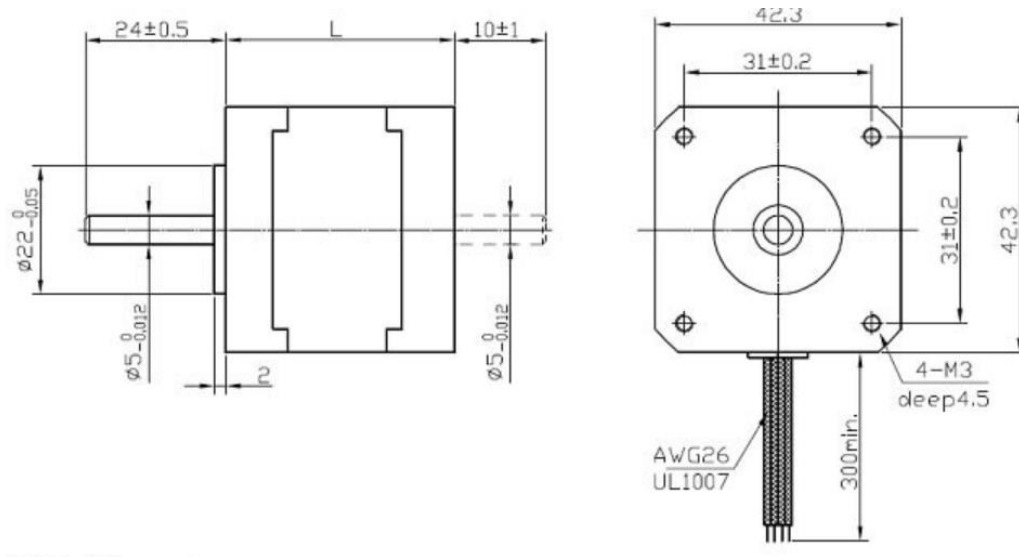


Figure A. 3. Dessin technique du moteur pas à pas nema 23

Annexe –D-Moteur pas à pas Nema 23

Tableau A. 3. Caractéristiques du moteur pas à pas Nema 23

Article	Caractéristiques
Précision d'angle de pas	± 5%
Précision de résistance	± 10%
Précision de l'inductance	± 20%
Hausse de température	80 Max
Température ambiante	-20 + 50 °C
La résistance d'isolement	100MΩMin.500VDC
Résistance diélectrique	500VAC pour une minute
Jeu radial d'arbre	0.02Max. (Charge 450g)
Jeu axial de l'arbre	0.08Max. (Charge 450g)

Numéro de modèle	Angle de pas (°)	Tension nominale (V)	Courant nominal (A)	Résistance de phase (Ω)	Inductance de phase (mH)	Couple de maintien (Kg.cm)	Couple de détente (g.cm max)	Inertie du rotor (g.cm ²)	Longueur du moteur (mm)	Nombre de prospectus	Poids du moteur (kg)
57H556-3004	1.8	2.85	3	0.95	2.8	12	400	300	56	4	0.7

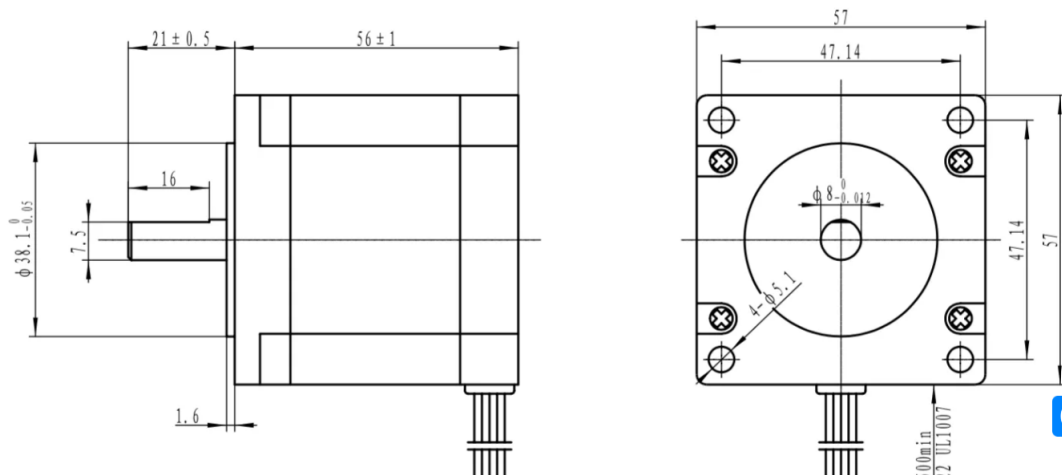


Figure A. 4. Dessin technique du moteur pas à pas Nema 23

Annexe –E- :Pilote pas à pas Drv8825

Caractéristiques :

1. Interface simple de contrôle de pas et de direction
2. Six résolutions d'étapes différentes: étape intégrale, demi-étape, 1/4-step, 1/8-step, 1/16-step et 1/32-step
3. Peut interagir directement avec les systèmes 3.3 V et 5 V
4. Arrêt thermique de surchauffe, arrêt de surintensité et verrouillage sous tension
5. Protection contre les courts-pieds et les courts-circuits
6. PCB en cuivre de 4 couches et 2 oz pour une meilleure dissipation de chaleur
7. Plaque de sol soudée exposée sous l'IC du conducteur au bas de la PCB
8. Le contrôle de courant réglable vous permet de régler la sortie de courant maximal avec un potentiomètre qui vous permet d'utiliser des tensions au-dessus de la tension nominale de votre moteur pas à pas pour obtenir des vitesses plus élevées
9. Contrôle de coupure intelligent qui sélectionne automatiquement le mode de désintégration actuel correct (décomposition rapide ou décroissance lente)
10. tension d'alimentation maximale de 45 V
11. Régulateur intégré (pas d'alimentation de tension logique externe nécessaire)