République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Dr YAHIA FARES de MEDEA
Faculté des sciences et de la technologie
Département du Génie de la matière

Projet de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme MASTER en génie mécanique

Option : mécatronique

Etude et réalisation d'une machine à commande numérique CNC à 3 axes

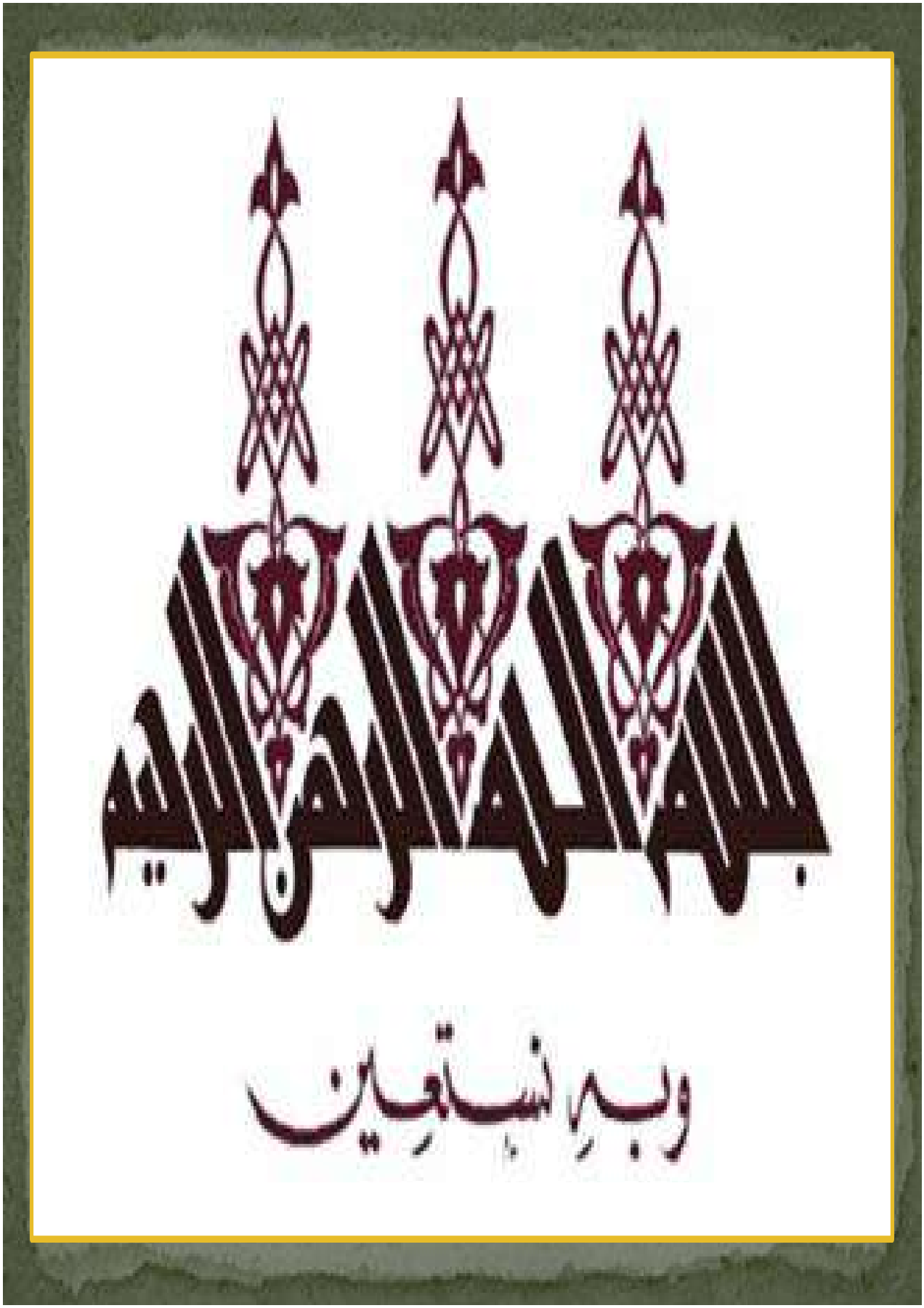
Réalisé par :

OUKACI Mourad
BEZIOU Mohamed

Dirigé par :

Mr : OULD CHERCHALI Nourddine

2012-2013


بسم الله الرحمن الرحيم
وبه نستعين

Remerciements

Je tiens à remercier :

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

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

Puis notre promoteur : oueld cherchali nourddine pour l'aide et le soutien qui 'ils m'ont offert le long de mon étude de ce projet.

Ensuite, les enseignants du département Génie mécanique pour la qualité de la formation qu'ils m'ont assuré, ainsi que tous les enseignants, le corps administratif et le personnel de l'université Dr Yahia FARES a Médéa .

Enfin, nos amis : Samir, rabia, Hicham, Younes, amine, Haroun et tous ceux et celles qui ont contribué de près ou de loin pour réaliser ce modeste travail.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

- *Mes très chers parents.*
- *Mes frères et sœurs.*
- *Ainsi qu'à tous ceux qui me sont chers*
- *mon binôme Mourad*

- *Sans oublier tous les membres de la famille qui avance.*
- *Mes amis de mécanique : Samir, Rabia, Nour adine, Amine, Haroun, Hicham, Younes.*
- *Mes amis d'enfance : Zaki, Madjid, Hessine, Moussa takh et Moussa smina, Billel, Hamza, et tous mes amis.*

Mohamed

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à toutes les personnes qui me sont très Chères :

À mère qui a tout fait pour que ma vie soit un empire.

À mon père sans qui je n'aurais jamais accompli ce que j'ai fait jusqu'à présent.

À mes frères et sœurs qui ont toujours été à mes cotés et à qui je souhaite le bonheur et la réussite dans leurs vie à chacun

À tous les membres de ma famille : oncles et cousins des deux cotés et Sans oublier mon binôme Mohamed.

À tous les étudiants de mécatronique et plus précisément : Samir, Rabia, Hicham, Younece.

À mes vrais amis qui embellissent ma vie tous les jours.

MOURAD

Sommaire

Introduction générale…….2

Chapitre 1 : généralité sur les machines-outils à commande numérique

1.1Introduction …….4

1.2 Historique ……5

1-3 Définition.…….6

1-4 Généralités……...6

1.5 Principe de fonctionnement ……7

1-6 La structure d'une machine à commande numérique ……7

1.7 Composants d'une CNC.…….7

1.7.1 La commande numérique (CN)…….…….7

1.7.2 Amplificateur moteur ……8

1.7.3 Les moteurs d'axe …….…....9

1.7.4 Automate programmable (AP) ……..……..10

1.8 Les types de la machine CNC à 3 axes.……...……..10

1.9 Conclusion ……..……...11

Chapitre 2 : Etude sur les moteurs pas à pas

2.1 Introduction ……..…13

2.2 Principe de fonctionnement ……...…13

2.3 Les avantages et les inconvénients du moteur pas à pas ……..13

2.3.1 Les avantage ……13

2.3.2 Les inconvénients ……...….14

2.4 Domaines d'application d'un moteur pas à pas ……14

2.5 Type des moteurs pas à pas ……..15

2.5.1 Moteurs à aimants permanents ……...…15

2.5.2 Moteurs à réluctance variable ……16

2.5.3 Moteurs hybrides ……....16

2.6 Comparaison entre les trois types de moteurs pas à pas …….....17

2.7 Les modes de commande du moteur pas à pas biphasés …….18

2.7.1 Mode 1 : commande en pas entier, une phase ON .....…..18

2.7.2 Mode 2 : commande symétrique en pas entier, deux phases ON …….….19

2.7.3 Mode 3 : commande asymétrique en demi pas, une ou deux phases ON...19
2.7.4 Mode 4 : commande symétrique en demi-pas, une ou deux phases O.……20
2.7.5 Mode 5 : commande micro pas ……....21
2.8 Conclusion ……..…23

Chapitre 3 : le port parallèle et le code G

3.1- le port parallèle……..25
3.1.1 Introduction…….25
3.1.2 Définitions……...…25
3.1.3 Historique……...….26
3.1.4 Caractéristiques principales ……27
3.1.5 Le nom de périphérique associé……...……...27
3.1.6 Les connecteurs……...……28
3.1.7 Évolution ……...…….28
3.1.8 Le support physique utilisé ……...…….28
3.1.9 Les registre de commande ……..….31
3.2- le code G ……..32
3.2.1 Introduction ……32
3.2.2 Interpolation ……..…..32
*G00 : interpolation linéaire en avance rapide…….32
*G01 : interpolation linéaire en avance travail ……33
*G02 : interpolation circulaire en sens horaire ……33
* G03 : interpolation circulaire en sens antihoraire …….34
* G04 : pause ……34
3.2.3 Les cycles de perçages G81 à G89……34
3.2.4 G80 Révocation des codes modaux ……..….35
3.2.5 G81 Cycle de perçage ……...36
3.2.6 G82 Cycle de perçage avec temporisation ……....37
3.2.7 G83 Cycle de perçage avec débourrage ……....37
3.2.8 Mots communs ……....….38
3.2.9 Mots *sticky* ……..*38*
3.2.10Répétition de cycle ……..……...….38
3.2.11 Mode de retrait ……..…….39
3.2.12 Erreurs des cycles de perçage ……..……39

3.2.13 Mouvement préliminaire et Intermédiaire …….…….39
3.2.14 Pourquoi utiliser les cycles de perçage? ……..…….…..…40
3.2.15 Conclusion …….……42

Chapitre 4 : partie réalisation

Partie mécanique

Cahier de charge …….....44
4.1 Premier croquis…….….45
4.2 Taille de la machine …….….45
4.3 Matériau utilisé …….……45
4.3.1 Châssis…….…46
4.3.2 Support de perceuse ……...46
4.4 Mécanisme de mouvement ……...47
4.4.1. Les engrenages …….…..…47
4.4.2. Poulies et courroies …….....47
4.4.3. Tige fileté.....48
4.5 Propriétés de la machine CNC …….…….....48

Partie électronique

4.5 Fabrication du circuit imprimé …….50
4.5.1 La conception sur ordinateur …….50
4.5.1.1Schéma électronique de moteur pas à pas ……..50
4.5.1.2 Réalisation du schéma ……..……51
4.5.1.3 Carte électronique de commande …….51
4.6 Vue générale de la machine …….….53
4.7 Conclusion ……54
Conclusion générale……..…...56
Perspectives……..56
Annexe ……...…….58
Bibliographier ……..71

Listes des figures

Chapitre 1 :

Figure 1.1 : Une machine-outil à commande numérique MOCN

Figure 1.2 : Première MOCN en 1952

Figure 1.3 : La commande numérique (CN)

Figure 1.4 : Amplificateur moteur

Figure 1.5 : les moteurs d'axe

Figure 1.6 : Automate programmable Siemens

Figure 1.7 : machine CNC à 3 axes

(La perceuse se déplace verticale uniquement et la table se déplace sur tout les sens)

Figure 1.8 : machine CNC à 3 axes

(La perceuse se déplace horizontale et la table sur une seul sens)

Figure 1.9 : machine CNC à 3 axes

(La perceuse et son support se déplace et la table fixée)

Chapitre 2 :

Figure 2.1 : Moteur pas à pas

Figure 2.2 : principe de fonctionnement du Moteurs à aimants permanents

Figure 2.3 : moteur pas à pas à aimants permanents

Figure 2.4 : principe de fonctionnement d'un moteur à réluctance variable

Figure 2.5 : Moteur hybride (MH)

Figure 2.6 : la séquence des alimentations de phases pour un moteur à aimants permanents (mode 1)

Figure 2.7 : Commande dans le mode 1

Figure 2.8 : la séquence des alimentations de phases pour un moteur à aimants permanents (mode 2)

Figure 2.9 : Commande dans le mode 2

Figure 2.10 : la séquence des alimentations de phases pour un moteur à aimants permanents (mode 3)

Figure 2.11 : Commande dans le mode 3

Figure 2.12 : la séquence des alimentations de phases pour un moteur à aimants permanents (mode 4)

Figure 2.13 : la séquence des alimentations de phases pour un moteur à aimants permanents (mode 5)

Chapitre 3 :

Figure 3.1 : port parallèle (CENTRONICS)

Figure 3.2 : port parallèle (DB 25 femelle)

Figure 3.3 : DB25

Figure 3.4 : Centronics

Chapitre 4 :

Figure 4.1 : premier croquis de la machine

Figure 4.2 : Matériaux utilisé pour la conception de châssis (fer)

Figure 4.3 : la conception du support de perceuse (aluminium)

Figure 4.4 : engrenages à la fonderie

Figure 4.5 : courroies

Figure 4.6 : tige fileté

Figure 4.7 : roulement zz 6001

Figure 4.8 : tiges d'amortisseur

Figure 4.9 : les bagues de bielles

Figure 4.10 : Schéma électronique de moteur pas à pas

Figure 4.11 : schéma commande moteur pas à pas sur TCI 4

Figure 4.12 : montage du moteur pas à pas avec la carte commande

Figure 4.13 : vue de face de la machine CNC à 3 axes

Figure 4.14 : vue de coté de la machine CNC à 3 axes

Figure 4.15 : vue en arrière de la machine CNC à 3 axes

Figure 4.16 : vue dessus de la machine CNC à 3 axes

Liste des tableaux

Tableau 2.1 : Comparaison des performances pour les trois types de moteurs pas à pas

Tableau 3.1 : description des broches dans Centronics et DB 25

Tableau 3.2 : les registres de commande

Tableau 4.1 : taille de la machine CNC

ملخص :

سيشمل المشروع تصميم ودراسة آلة تحكم رقمية ذات 3 محاور باستخدام الحاسوب .سيكون الجزء الأول من المشروع حول تاريخ التحكم الرقمي بالحاسوب في جميع الحالات. والجزء الثاني من المشروع يشمل نوع المحرك الذي سنستعمله للتحكم و في الجزء الثالث سنقوم بدراسة حول المنفذ التوافقي و معجم G (Code G) . في الأخير لدينا جزء تصميم و إنشاء الآلة و تحليل التصنيع حول الآلة .

كلمات مفتاحية: التحكم الرقمي بالحاسوب; محرك خطوة بخطوة ; المخرج التوافقي ; لغة البرمجة ; معجمG

Résumé :

Ce projet inclura la conception et la réalisation d'une machine de commande numérique à 3 axes par ordinateur. La première partie du projet inclura une histoire de commande numérique par ordinateur en cas générale. La deuxième partie du projet inclura le type de moteur qui nous avons utilisé pour la commande du machine. Après on a fait une étude sur le port parallèle et code G. en fin, une partie réalisation et analyse d'industrialisation sur la machine.

Mots clés : CNC, Moteur pas à pas ; le port parallèle ; langage de programmation ; le code G.

Abstract:

This project will include the design and study CNC machine to make PCB (Printed Circuit Board). The first portion of the project will include a history of CNC in general case. The second part of the project will include the analysis about design our machine. Next, we will explain mechanical stage in detail with photos. Next, Will show the movement mechanism of our machine and what type of motor we use with driven circuit. At last, software stage to explain how we program our micro controller.

Key Word: CNC, Moteur pas à pas ; The Parallel Port; langage de programmation; code G

Introduction Générale



Le premier rôle d'une machine CNC (Computorized Numerical Control), est de générer des mouvements. Elle recevra des valeurs de positionnement, de vitesse et d'accélération et générera, des consignes numériques en sortie suite à un traitement. Elle dispose d'une grande puissance de calcul et d'une plus grande souplesse d'utilisation qu'un automate programmable. Ce dernier est néanmoins un complément de la commande CNC pour ce qui est de la gestion des entrées telles que : interrupteur, bouton d'arrêt d'urgence, butée« hard », etc. et l'activation de sorties binaires telles que : alimentation de groupe hydraulique, colonne lumineuse, etc...

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

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

Notre objectif est d'avoir l'initiative de proposer une conception ainsi que la réalisation d'un prototype.

Notre projet est constitué de 4 chapitres :

Chapitre 1 : généralité sur les machines-outils à commande numérique

Chapitre 2 : étude sur les moteurs pas à pas

Chapitre 3 : le port parallèle et le code G

Chapitre 4 : partie réalisation de notre machine CNC.

Chapitre 1

Généralité sur la commande numérique



1.1 Introduction :

Une machine-outil à commande numérique (MOCN, ou simplement CN) est une machine-outil dotée d'une commande numérique. Lorsque la commande numérique est assurée par un ordinateur, on parle parfois de machine CNC pour computer numerical command, francisé en « commande numérique par calculateur » [1].

Le premier rôle d'une machine CNC (Computorized Numerical Control), est de générer des mouvements. Elle recevra des valeurs de positionnement, de vitesse et d'accélération générera, suite à un traitement, des consignes numériques en sortie.

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



Figure 1.1 : Une machine-outil à commande numérique MOCN

1.2 Historique :

1955 - John Parsons et l'US Air Force définissent un besoin de développer une machine-outil capable d'usiner pièces d'aéronefs tolérance complexes et étroits avec le même temps de qualité après le temps (reproductibilité). MIT est le sous-traitant et construit la machine pour le projet.
1959 - MIT annonce automatiques Outils programmée (APT) de langage de programmation.
1960 - Commande numérique directe (DNC). Ceci élimine des programmes de perforation de bandes de papier et permet programmeurs pour envoyer des fichiers directement aux machines-outils.
1968 - machine-outil constructeurs marché le premier centre d'usinage Kearney & Trecker.
1970 - machines-outils CNC et commande numérique distribuée.
1980 - systèmes FAO basés graphiques introduit. UNIX et PC basés les systèmes disponibles.
1990 - baisse des prix dans la technologie CNC.
1997 - PC-Windows / NT repose "Open Control architecture modulaire (OMAC)" systèmes mis en place pour remplacer les contrôleurs «firmware».

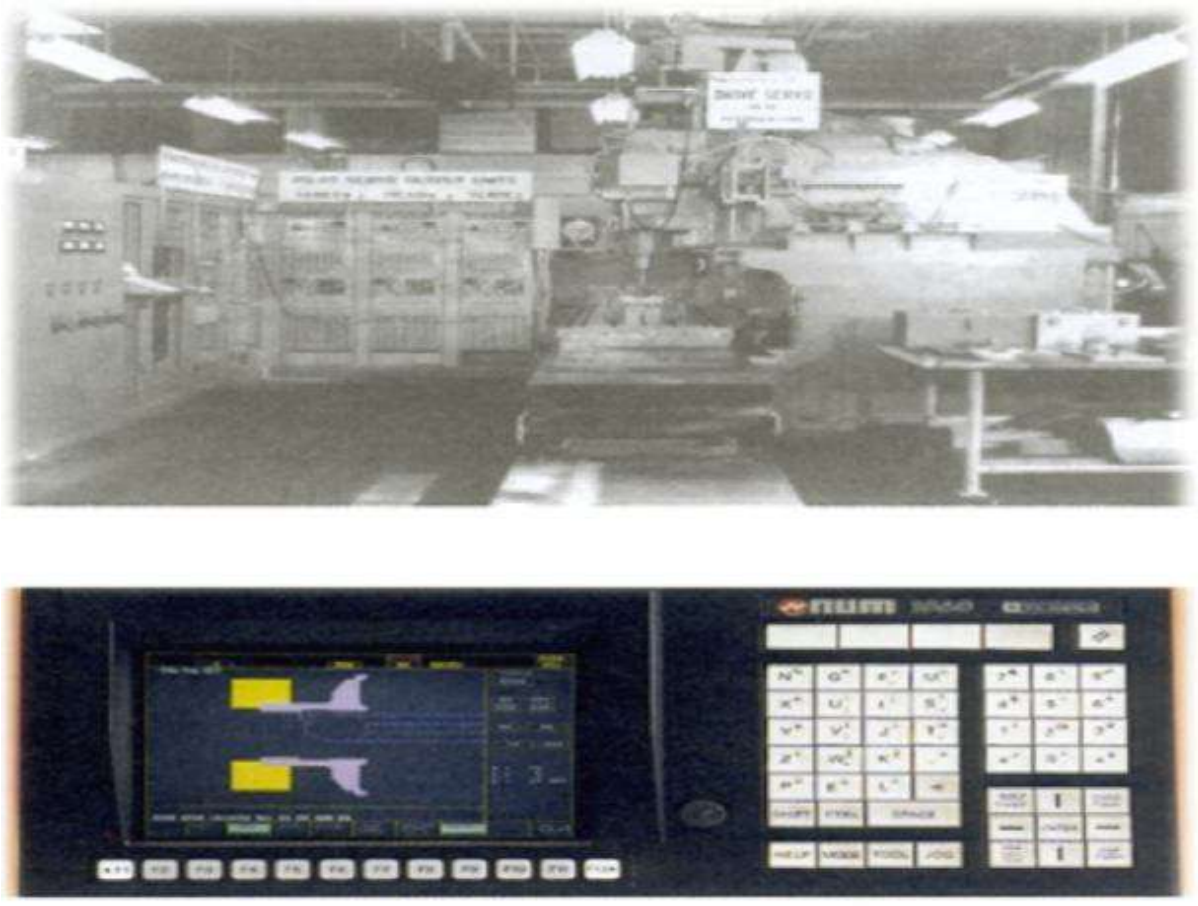


Figure 1.2 : Première MOCN en 1952

1-3 Définition :

Dans le domaine de la fabrication mécanique, le terme « commande » désigne l'ensemble des matériels et logiciels ayant pour fonction de donner les instructions de mouvements à tous les éléments d'une machine-outil :

• l'outil (ou les outils) d'usinage équipant la machine,

• les tables ou palettes où sont fixées les pièces,

• les systèmes de magasinage et de changement d'outil,

• les dispositifs de changement de pièce,

• les mécanismes connexes, pour le contrôle ou la sécurité, l'évacuation des copeaux, …

On peut aussi découper la famille des commandes numériques en quatre sous familles de machines :

•• Fraisage à commande numérique (FCN) ;

•• Tournage à commande numérique (TCN) ;

•• Usinage à commande numérique (CUCN) ;

•• Rectification à commande numérique ;

•• électro-érosion à commande numérique.

Dans chaque famille, les méthodes de montage et de travail sont totalement différentes, mais elles se rejoignent sur le principe de programmation, la grande majorité des machines utilisant un langage ISO. À cela peuvent se rajouter des interfaces dites conversationnelles ou par apprentissage qui simplifient l'utilisation de la machine.

La notion de commande numérique s'étend aussi au domaine de la chaudronnerie : découpage plasma, presse plieuse.

1-4 Généralités :

Par extension, on appelle « commande numérique » l'armoire de commande recevant le programme d'usinage sous forme d'un ruban perforé, d'une bande magnétique, ou de données issues d'un ordinateur. On désigne parfois ainsi la machine complète équipée d'un tel dispositif. On parle d'un tour à commande numérique, ou d'une fraiseuse à commande numérique, par opposition à un tour conventionnel ou une fraiseuse conventionnelle, dont les mouvements sont commandés manuellement ou par un dispositif automatisé d'une façon figée.

Les machines-outils spécialisées (aléseuses-perceuses, fraiseuses) à commande numérique ont évolué en centres d'usinage à commande numérique permettant d'usiner des formes complexes sans démontage de la pièce. Ces centres d'usinage sont généralement équipés de magasins d'outils

(tourelles, tables, chaînes) sur lesquels sont disposés les différents outils. Les changements d'outils équipant la (ou les) tête(s) d'usinage sont programmés en fonction de ***la définition numérique*** de la pièce.

1.5 Principe de fonctionnement :

La machine CNC travaille avec des systèmes de contrôles en boucle fermée.

Des ordres vont être générés vers la commande par le biais d'un programme pièce ou par action manuelle de l'opérateur.

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

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

1-6 La structure d'une machine à commande numérique :

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

L'axe $\vec{z}$ de ce repère est un axe confondu avec celui de la broche de la machine — axe de rotation de la fraise en fraisage, axe de rotation de la pièce en tournage. Le sens positif de cet axe est donné par le sens d'éloignement de l'outil par rapport à la pièce. La détermination de l'axe $\vec{x}$ entre les 2 axes restants se fait en identifiant celui qui permet le plus grand déplacement. Le sens positif de $\vec{x}$ est déterminé par le sens logique d'éloignement de l'outil par rapport à la pièce.

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

1.7 Composants d'une CNC :

1.7.1 La commande numérique (CN) :

Comme expliqué au *« Introduction »*, la commande numérique a pour tâche de générer des mouvements d'axes. Ses instructions viendront du programme pièce ou de l'opérateur machine.



Figure 1.3 : La commande numérique (CN)

Ces instructions consisteront en une position et une vitesse de déplacement. Le processeur de la CN va alors générer une consigne auprès du groupe d'asservissement afin que ce dernier puisse commander les moteurs d'axes. Elle aura également pour tâche, lors du déplacement des axes, de vérifier la position de ces derniers et dans certain cas, la vitesse de déplacement (cette dernière tâche incombe généralement au groupe d'asservissement d'axe).

Les CN actuelles sont capables d'effectuer des mouvements en combinant simultanément les positions sur les axes X, Y et Z. Elles s'appellent commande numérique par contournage. De plus, elles sont capables de gérer plusieurs axes simultanément. On parle alors d'interpolation.

1.7.2 Amplificateur moteur :

Il s'agit d'un des éléments de ce qu'on appelle l'asservissement d'axe. Ce dernier sous-ensemble comporte :

• Amplificateur et variateur moteur (décrit dans ce sous-chapitre)

• Servomoteur ou moteur pas à pas

• Génératrice tachymétrique ou resolver

• Codeur de position

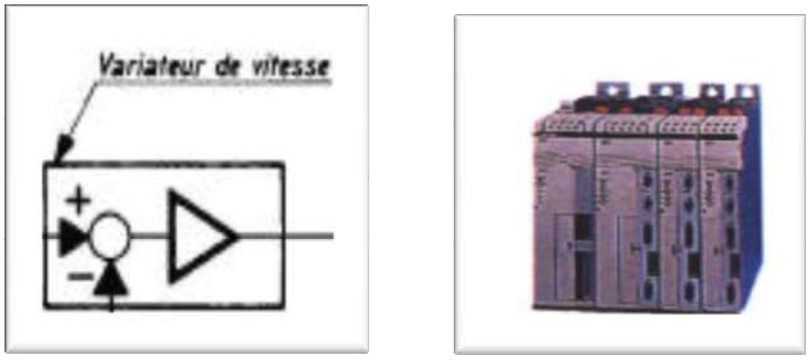


Figure 1.4 : Amplificateur moteur

Les autres éléments seront décrits dans les sous-chapitres suivants.

L'amplificateur à la fonction suivante : Commander le moteur d'axe selon la consigne de la commande numérique. Il génère la rampe d'accélération et de décélération à destination du moteur et contrôle sa vitesse de rotation. Le retour de l'information se fait par une génératrice tachymétrique ou le resolver [2].

1.7.3 Les moteurs d'axe :

Trois sortes de moteurs sont utilisés pour le déplacement d'axes CNC :

• Moteur pas à pas

• Moteur à courant continu

• Moteur à courant alternatif (incluant moteurs synchrone et asynchrone)



Figure 1.5 : les moteurs d'axe

Les moteurs pas à pas sont plus utilisés de nos jours pour les mouvements d'axes CNC. Leur faible dynamisme et faible couple ne permettent plus de répondre aux conditions actuelles des machines-outils.

Les moteurs à courant continu deviennent également obsolète de part la conception mécanique peu fiable. En effet, une maintenance est nécessaire sur les éléments à contact (collecteurs ou balais). De plus, leur fréquence de rotation se limite aux environ de 4'000 tr/min.

Les moteurs d'actualité sont donc les moteurs à courant alternatif. Ils sont plus coûteux, mais ne nécessite quasiment aucun entretien. De plus, leur couple est très grand et ils peuvent atteindre des vitesses de rotation de l'ordre de 10'000 tr/min.

Les moteurs synchrones sont encore beaucoup utilisés. Ils permettent un déplacement précis mais sont sujet à une plus grande limitation de couple que les moteurs asynchrone. Ces derniers par contre, nécessitent un système d'asservissement efficace pour combler le glissement entre rotor et stator.

1.7.4 Automate programmable (AP) :

L'automate programmable est liés à la commande numérique et a pour rôle l'activation de sorties généralement binaires ; telles que arrosage, fermeture des portes, enclenchement de groupes hydraulique, etc.

Il permet également de recevoir des informations en entrée tels que boutons poussoir, bouton d'arrêt d'urgence, détection de fin de course, etc.

Il fonctionne selon un programme autonome. Cependant, ces entrées–sorties peuvent interagir avec le programme CN et inversement.



Figure 1.6 : Automate programmable Siemens

1.9 Les types de la machine CNC à 3 axes :

Il y a plusieurs types de la machines CNC à 3 axes et ces types se classer par le déplacement des axes de la machine CNC, et en a quelques images qui montre ces types :

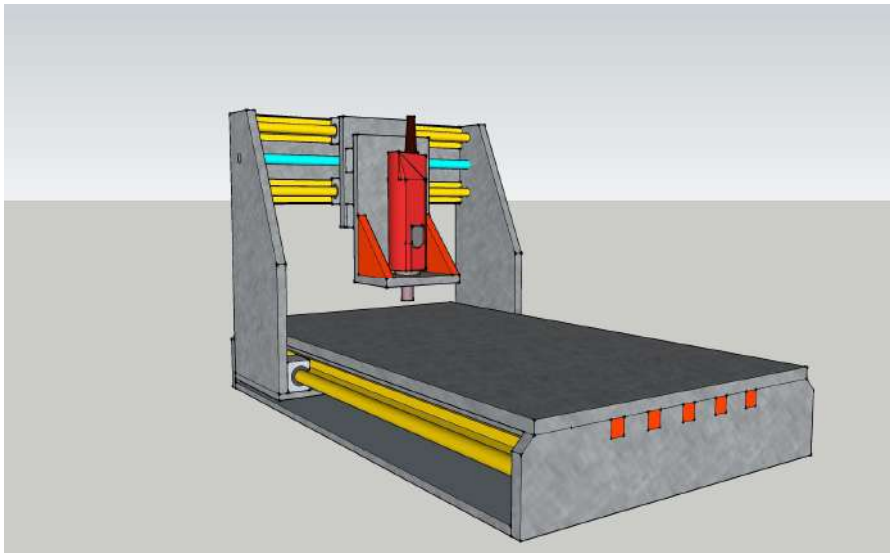


Figure 1.7 : machine CNC à 3 axes
(La perceuse et son support se déplace et la table fixée)

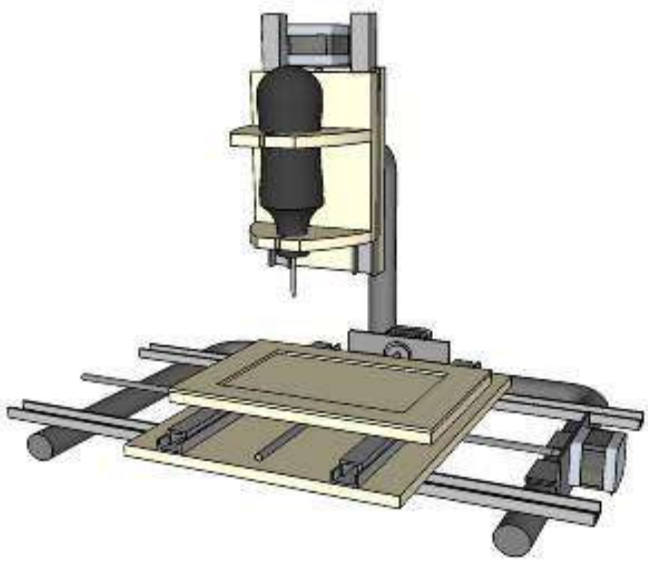


Figure 1.8 : machine CNC à 3 axes
(La perceuse se déplace verticale uniquement et la table se déplace sur tout les sens)

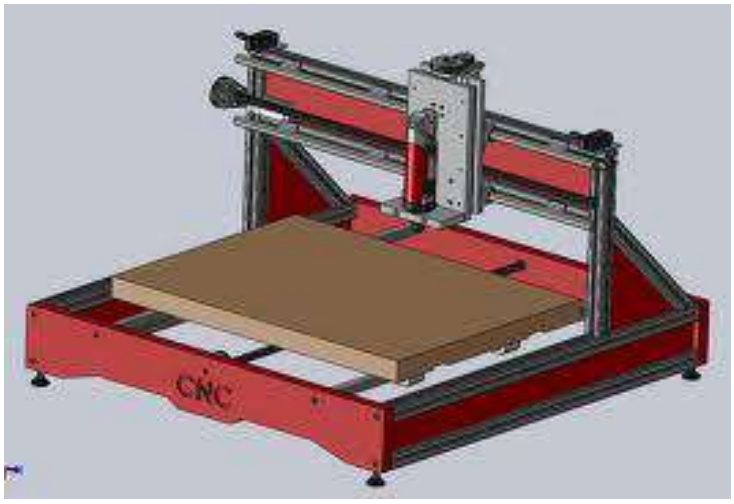


Figure 1.9 : machine CNC à 3 axes
(La perceuse se déplace horizontale et la table sur une seul sens)

1.9 Conclusion :

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

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

Chapitre 2

Etude Sur les moteurs pas à pas



2.1 Introduction :

Un moteur pas-à-pas (stepping motor en anglais) est un moteur à Courant alternative Les moteurs pas-à pas sont des micro-moteurs à réluctance (dits également à réluctance variable), qui fonctionne grâce à l'attraction d'une masse polaire (le rotor) par un champ magnétique [3]**.**



Figure 2.1 : Moteur pas à pas

2.2 Principe de fonctionnement :

Le moteur pas à pas est un système électromagnétique qui convertit des impulsions d'entrée en un nombre égal d'éléments d'angle de rotation.

La tension d'alimentation est commutée d'un enroulement statorique à l'autre par un circuit électronique de commande.

Il existe une limite maximum de vitesse lorsque le moteur démarre, s'arrête ou inverse sa rotation.

Cette limite dépend de la tension d'alimentation, de la logique de commande, de l'inertie et des frottements de l'ensemble entraîné.

2.3 Les avantages et les inconvénients du moteur pas à pas :

2.3.1 Les avantage :

Son avantage principal est la possibilité d'un positionnement exact en boucle ouverte. Un automate ou un PC envoie un nombre précis d'impulsions (ordre) à la commande des moteurs pas à pas. A chaque impulsion correspond une rotation d'angle défini. De ce fait, on connaît son positionnement. Il n'y a donc pas besoin de détecteur de position ni de vitesse.

De ce fait ces moteurs sont employés dans les systèmes de positionnement rapides à 1, 2 ou 3 axestels que les tables traçantes, les robots, les machines outils à commande numériques etc.

Un point d'initialisation permet de vérifier si des pas n'ont pas « sautés » par exemple suite à un positionnement manuel.

Les autres avantages des moteurs pas à pas sont:

- temps de réponse rapide (accélération en 60msec par exemple)
- grand couple mécanique
- vitesse de rotation variable infiniment entre les limites prévues
- couple de maintien en position d'arrêt (alimentation sans commutation)
- grande fiabilité (choc, durée de vie etc.).

2.3.2 Les inconvénients :

Les inconvénients du moteur pas à pas sont :

• risque de perte de pas (et donc de dysfonctionnement du contrôle en position) en cas de perturbation anormale notamment de la charge ou de fréquence excessive des impulsions, notamment eu égard au moment d'inertie des parties tournantes (ou de la masse déplacée).

• consommation d'énergie anormalement élevée car on développe un effort à la fois au moment du déplacement mais également durant l'arrêt. Il en résulte une alimentation plus coûteuse et un moteur plus gros. Il est cependant possible d'optimiser la consommation grâce à l'auto synchronisation (autopilotage sommaire) ou, en mode pas à pas à courant optimisé si la charge est bien connue et sans dérive.

• vibrations souvent génératrices de bruit acoustique (sauf en commande micro-pas).

2.4 Domaines d'application d'un moteur pas à pas :

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

- horlogerie (moteurs de type Lavet ou variantes, monophasés à aimants)
- péri-informatique :
  - avance des têtes de lecture de disques mémoire (dans les disques durs actuels, on utilise des actionneurs à bobine mobile plus rapides)
  - imprimantes, scanners, machines à écrire...
- distributeurs automatiques :
  - billets de banques
  - boissons, alimentation
- lecteurs : de cartes magnétiques (tickets métro, publiphones...)
- tables de positionnement X, Y, scanners médicaux
- accessoires automobiles

- orientation d’antennes
- certains appareils photos et caméscopes

2.5Types des moteurs pas à pas :

Les moteurs pas à pas peuvent être rangés en trois catégories constructives.

- A aimants permanents
- A réluctance variable
- Hybride

Chaque catégorie de moteurs possède ses propres caractéristiques, le choix du type dépend de l'application envisagée. De plus ces moteurs comportent 2-3-4-5-6 phases statoriques [4]**.**

2.5.1 Moteurs à aimants permanents:

Le rotor comporte des aimants permanents radiaux et le stator est constitué de bobinages. Lorsque chaque phase statorique est alimentée séquentiellement, le flux statorique réagit avec le flux rotorique des aimants ce qui tend à aligner les deux flux le long d'un axe de réluctance minimum (loi d'attraction des pôles de noms contraires).

Le rotor se met en mouvement rotatif pas à pas pour suivre l'alimentation successive des phases statoriques.

Ces moteurs sont assez efficaces, souples et délivrent un couple relativement important même lorsque le moteur n'est plus alimenté.

Cependant, l'inertie du rotor est assez élevée ce qui limite leur gamme de vitesse.

L'alimentation du bobinage A va créer un NORD en 1 et un SUD en 3, donc une rotation d'un"pas" de 90°dans le sens trigonométrique. En alimentant successivement A, B, C, D... on obtient Une rotation pas par pas de 90°dans le sens trigonométrique.

En alimentant C, B, A, D..., la rotation est inverse.

Si l'on maintient l'alimentation même réduite d'un bobinage, le rotor est maintenu à l'arrêt par uncouple puissant.

Grâce à l'aimant, même si l'on coupe l’alimentation de toutes les bobines, le rotor reste dans saposition avec un couple de maintien plus faible mais non négligeable.

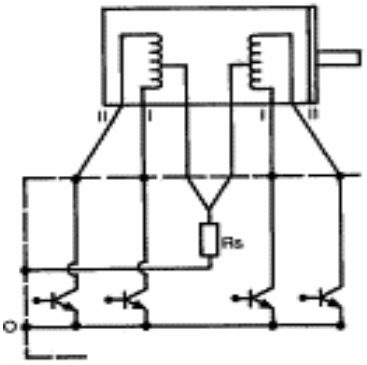


Figure 2.2 : principe de fonctionnement du Moteurs à AP



Figure 2.3 : moteur pas à pas à AP

2.5.2 Moteurs à réluctance variable :

Le stator est également un bobinage à plusieurs phases, mais ici le rotor est un cylindre métallique garni de dents dont le nombre est différent de celles du stator.

Lorsqu'une phase est alimentée, la loi de moindre réluctance tend à aligner la dent rotorique la plus proche sur la dent statorique dont le bobinage est alimenté.

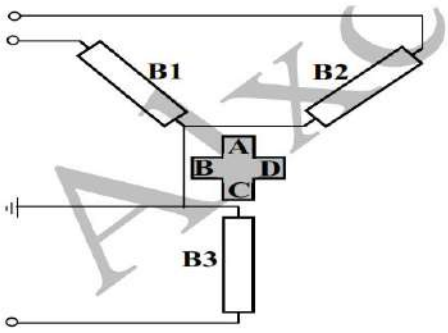


Figure 2.4 : principe de fonctionnement d'un moteur à réluctance variable

Stator 3 phases et rotor 4dents, pas de 30°

Lorsque l'enroulement 2 est alimenté, la dent D qui est la plus proche va s'aligner (rotation dans le sens trigonométrique) de manière à offrir une moindre réluctance. La rotation sera d'un angle de 30°.

Si le rotor ne conserve pas d'aimantation rémanente, il n'y a pas de couple lorsque le moteur n'est plus alimenté.

La faible inertie possible du rotor permet à ces moteurs de travailler à grande vitesse aux faibles charges. Ces moteurs sont sensibles aux oscillations et résonances dues au manque de souplesse.

2.5.3 Moteurs hybrides :

C'est une combinaison des 2 types précédents. Leur construction est plus compliquée et leurs caractéristiques sont:

- possibilité de ‘pas’ d'angles faibles.
- couple important
- possibilité de travailler à grande vitesse.

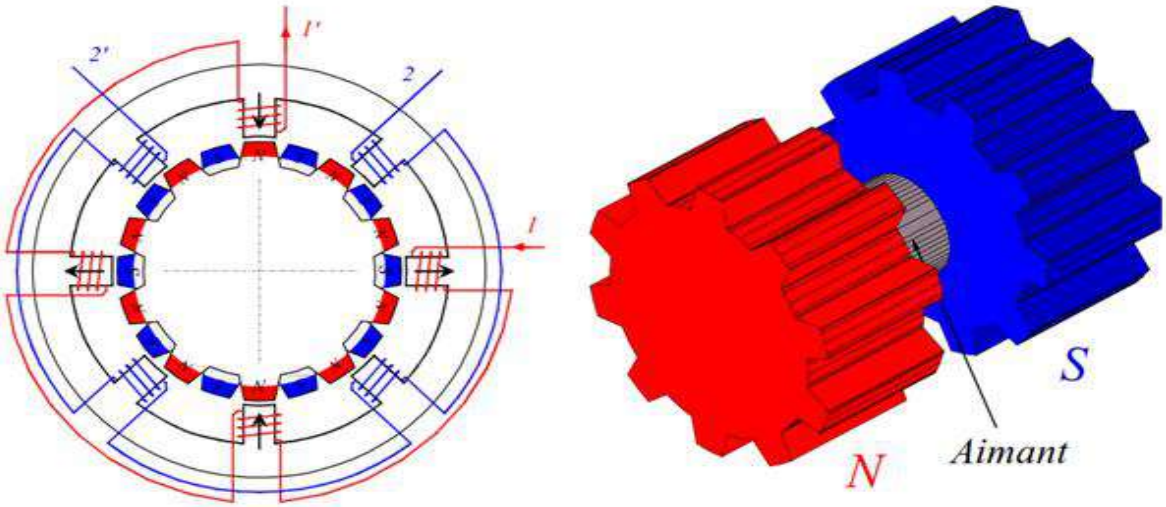


Figure 2.5 : Moteur hybride (MH)

2.6Comparaison entre les trois types de moteurs pas à pas :

Le Tableau suivant donne une comparaison entre les divers types de moteurs pas à pas.

Tableau 2.1 : Comparaison des performances pour les trois types de moteurs pas à pas

Type de moteur pas à pas	*Moteur à réluctance variable*	*Moteur à aimants permanents*	*Moteur hybride*
Résolution (nb de pas par tour)	Bonne	Moyenne	Elevée
Couple moteur	Faible	Elevée	Elevée

Sens de rotation	Dépend : *- de l'ordre d'alimentation des phases*	Dépend : *- de l'ordre d'alimentation des phases* *- du sens du courant dans les bobines*	Dépend : *- de l'ordre d'alimentation des phases* *- du sens du courant dans les bobines*
Fréquence de travail	Grande	Faible	Grande
Puissance	Quelques Watts	Quelques dizaines de Wa	Quelques KWatts
Inconvénients	Pas de mémoire de position		

2.7 Les modes de commande du moteur pas à pas biphasés :

La rotation du moteur s'effectue par une séquence d'alimentation des divers enroulements de phases en unipolaire ou en bipolaire.

La génération d'un couple est intimement liée aux courants circulant dans les phases.

Chaque commutation entraîne d'une phase transitoire dontla durée peut varier selon le type de contrôle (tension ou courant). Dans cette section seule le régime quasi statique est étudié. Par quasi statique on entend le comportement du moteur autour de ses points d'équilibre. Pour des raisons pédagogiques et vu leur forte utilisation, nous nous limiterons ici aux moteurs biphasés et par conséquent aux moteurs pas à pas à aimants permanents et hybrides [5].

2.7.1Mode 1 : commande en pas entier, une phase ON :

Une seule phase est alimentée à la fois par injection d'un courant nominal In. C'est dans ce mode que le fabricant définit le pas angulaire du moteur. La Figure 2.6 illustre la séquence des alimentations de phases pour un moteur à aimants permanents.

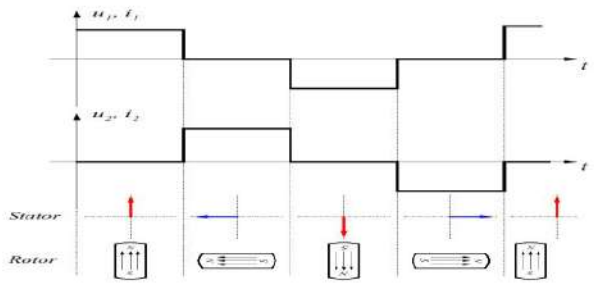


Figure 2.6 : la séquencedes alimentations de phases pour un moteur à aimants permanents (mode 1)

.

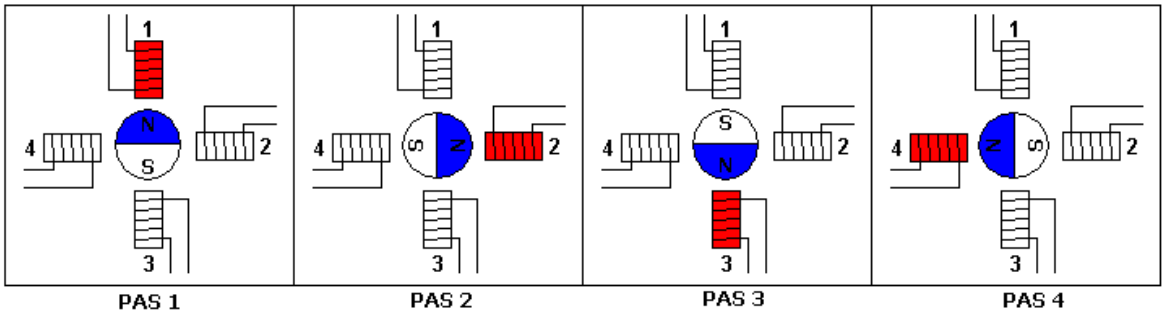


Figure 2.7 : Commande dans le mode 1

2.7.2 Mode 2 : commande symétrique en pas entier, deux phases ON :

Deux phases du moteur sont alimentées simultanément par un courant nominal In. Le couple moteur est multiplié par √2 par rapport au contrôle selon le mode 1. Le pas angulaire est identique au mode 1 mais les positions d'équilibre sont intermédiaires aux précédentes. La Figure 2.8 illustre la séquence des alimentations de phases pour un moteur à aimants permanents.

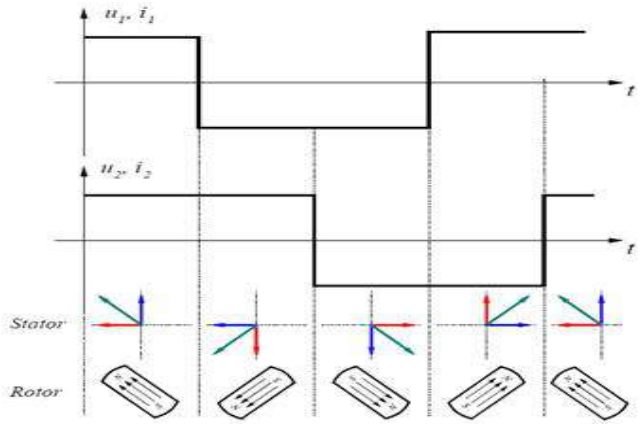


Figure 2.8 : la séquence des alimentations de phases pour un moteur à aimants permanents (mode 2)

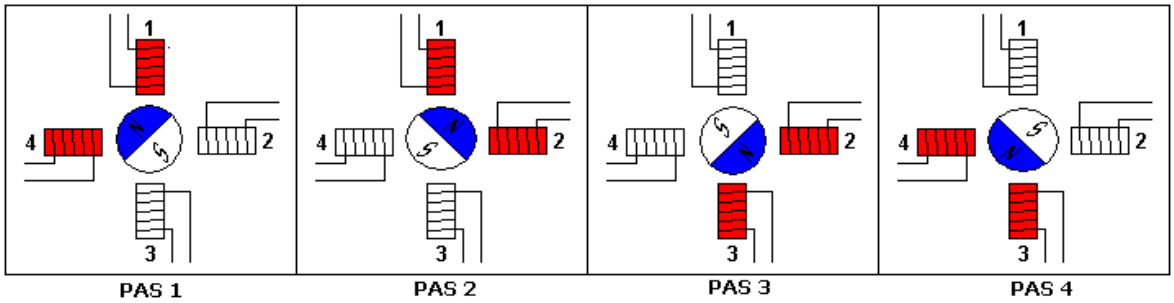


Figure 2.9 : Commande dans le mode 2

2.7.3 Mode 3 : commande asymétrique en demi pas, une ou deux phases ON :

La combinaison en alternance du mode 1 et du mode 2 permet le fonctionnement en demi-pas. Pour effectuer un déplacement donné, il faut doubler le nombre d'impulsions de commande. Les couples quasi statiques ne sont pas identiques selon si une ou les deux phases sont alimentées. La Figure 2.10 illustre la séquence des alimentations de phases pour un moteur à aimants permanents.

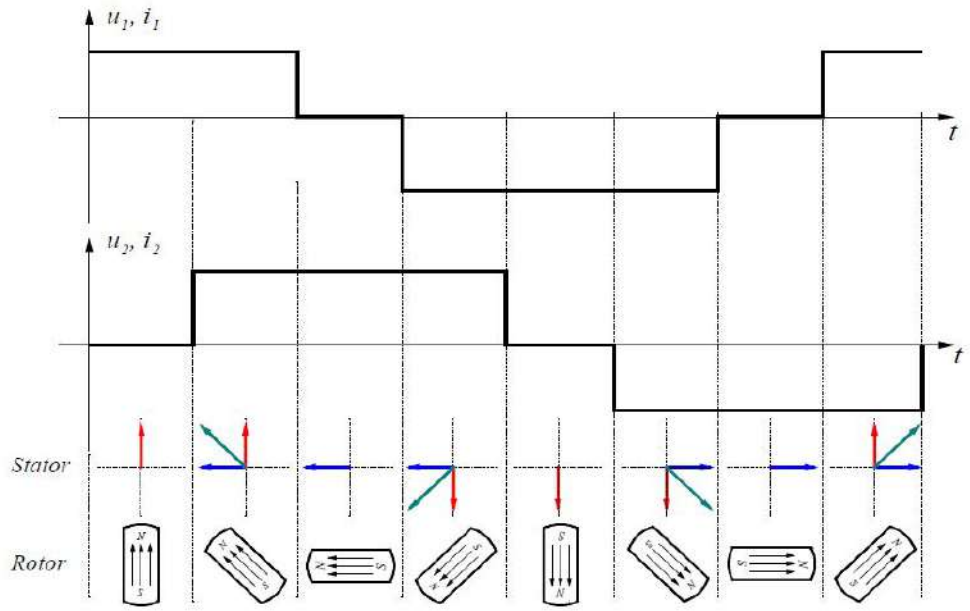


Figure 2.10 : la séquence des alimentations de phases pour un moteur à aimant permanents (mode 3)

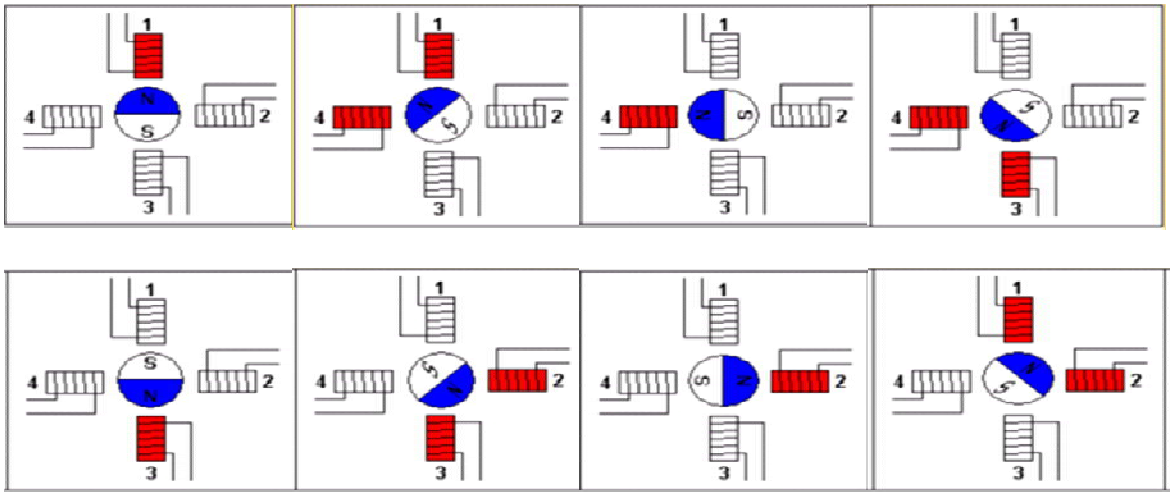


Figure 2.11 : Commande dans le mode 3

2.7.4 Mode 4 : commande symétrique en demi pas, une ou deux phases ON :

Pour un fonctionnement régulier en demi-pas, il faut augmenter le courant d'un facteur √2 lorsqu'une seule phase est alimentée. On a ainsi les performances de couple du mode 2 mais avec deux fois plus de pas. La Figure 2.12 illustre la séquence des alimentations de phases pour un moteur à aimants permanents.

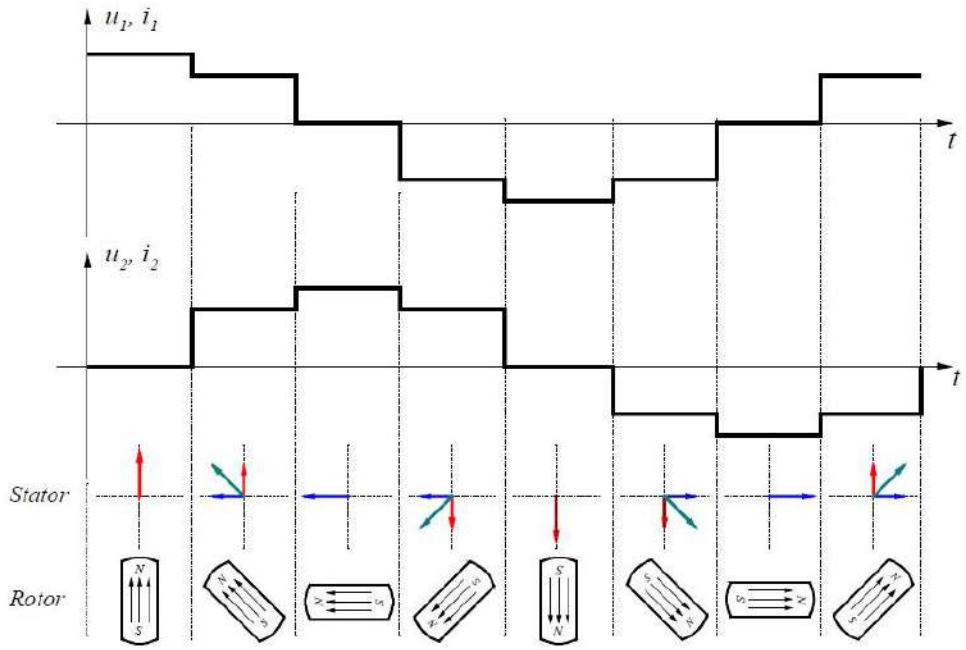


Figure 2.12 : la séquence des alimentations de phases pour un moteur à aimant permanents (mode 4)

2.7.5 Mode 5 : commande micro pas :

Ce mode consiste à multiplier les positions intermédiaires en asservissant le courant de chaque phase. Il constitue une généralisation du mode 4. Si l'on contrôle les courants de phases dans le moteur selon les lois :

$i1 = \sqrt{2}\, I n \cos(\theta e\, 0)$ ..... (2.1)

$i2 = \sqrt{2}\, I n \sin(\theta e\, 0)$ ..... (2.2)

Et en admettant des distributions des constantes de couple suivantes :

$K1\ (\theta e) = -\ KT\ \sin\ (\theta\ e)$…… (2.3)

$K\,2(\theta e) = KT\ cos\ (\theta\ e)$…… (2.4)

Le couple devient :

$T = -\sqrt{2}\ I\ nKT\ \sin\ ((\theta\ e - \theta\ e\ 0))$…… (2.5)

θe0 représente la position angulaire électrique d'équilibre pour des courants définis par les relations (2.1 et 2.2). En donnant à θe0 n valeur équidistante de $2n/\pi$, on multiplie par n le nombre déposition d'équilibre en mode 1.

On obtient apparemment une précision aussi grande que l'on veut, mais celle-ci n'a de sens que si le couple de charge est très bien connu et sans fluctuation. De plus, une telle précision

ne peut être atteinte qu'avec une loi de couple moteur parfaitement sinusoïdale, donc avec des moteurs spécialement construits et avec une alimentation en courant très précise, parfois réalisée avec des amplificateurs de puissance linéaires. Pour des moteurs classiques, le mode

5 permet une rotation continue entre deux positions d'équilibre, en amortissant les oscillations à basse fréquence de vitesse, causes de certaines instabilités dans une rotation incrémentale.

En conclusion le mode 5, très performant, n'est pas économique.

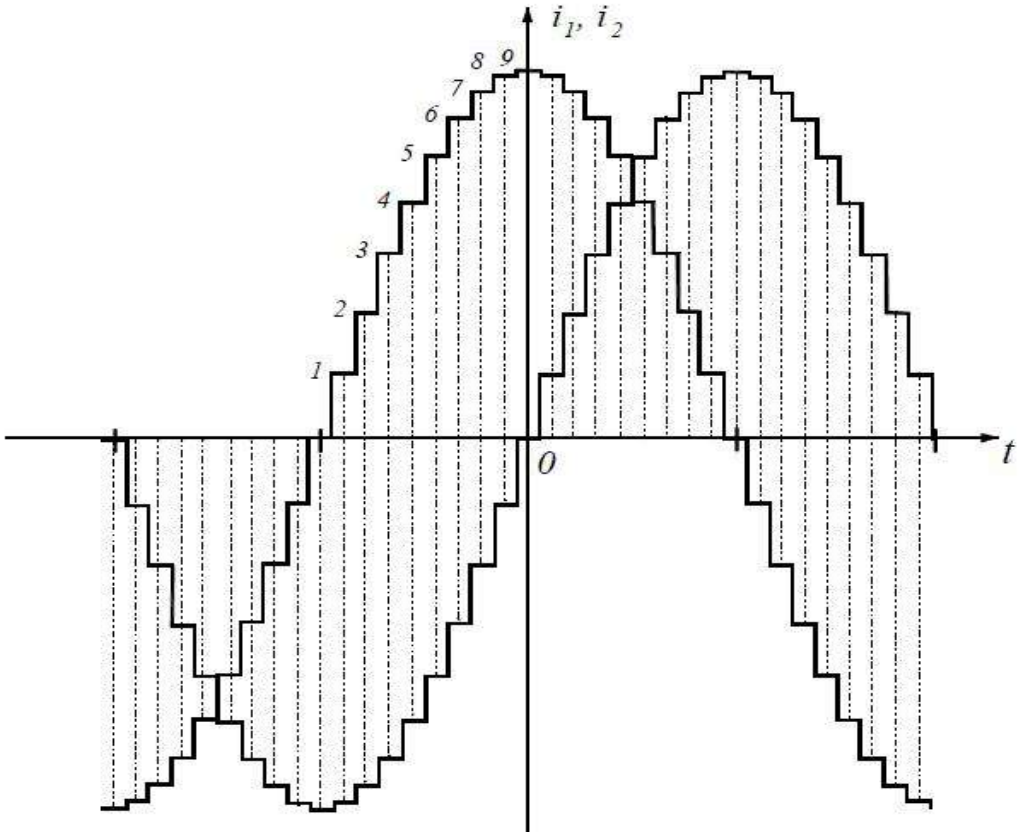


Figure 2.13 : la séquence des alimentations de phases pour un moteur à aimant permanents (mode 5)

2.8 Conclusion :

Cette première partie a été consacrée à l'étude de différents types de moteurs pas à pas ainsi que de différents modes de commande.

Cette étude a montré que pour générer un mouvement incrémental de translation. Le moteur pas à pas linéaire à attaque directe représente. En effet, cette solution se distingue de celle utilisant un moteur pas à pas rotatif par l'absence d'organe de transmission, réduisant le nombre de composant augmentant ainsi la flexibilité du système.

Les modes de commande présentés dans cette partie pour des moteurs pas à pas rotatifs peuvent être adoptés et adaptés au cas des structures linéaires.

Chapitre 3

Le port parallèle et le code G



3.1- Le port parallèle :

3.1.1 Introduction :

Pour commander notre perceuse cnc par l'ordinateur il faut accorder cette perceuse avec l'ordinateur par port de commande, et nous avons plusieurs ports dans le pc :

- Le port parallèle
- Le port série
- Le port USB

  Alors, pour notre commande en choisir le port parallèle.

3.1.2 Définitions :

Le Port parallèle est un connecteur situé à l'arrière des ordinateurs compatibles PC reposant sur la communication parallèle. Il est associé à l'interface parallèle Centronics.

La communication parallèle a été conçue pour une imprimante imprimant du texte, caractère par caractère. Les imprimantes graphiques (pouvant imprimer des images) ont ensuite continué à utiliser ce système pour profiter de l'interface parallèle normalisée.

Le port parallèle est à l'origine unidirectionnel. Ce type d'interface a évolué vers le standard IEEE 1284, à la fois bidirectionnel et plus rapide.



Figure 3.1 : port parallèle (CENTRONICS)

Cette interface comme on a dit se trouve à l'arrière du PC les plus anciens et est utilisé pour connecter des périphériques externes tels que des imprimantes ou d'un scanner. Il utilise un connecteur à 25 broches (DB-25) et est assez grande par rapport à la plupart des nouvelles interfaces. Le port parallèle est parfois appelé une interface Centronics, depuis Centronics est la société qui a conçu la norme originale du port parallèle. Il est parfois aussi appelé un port d'imprimante, car l'imprimante est le dispositif le plus souvent branché sur le port parallèle. La dernière norme du port parallèle, qui prend en charge les mêmes connecteurs que l'interface Centronics, est appelé le port parallèle EPP (Enhanced). Cette norme prend en charge la communication bidirectionnelle et peut transférer des données jusqu'à dix fois plus rapide que le port Centronics originale. Toutefois, depuis le port parallèle est une technologie plutôt daté, ne soyez pas surpris de voir les interfaces USB ou Firewire remplacer complètement les ports parallèles à l'avenir.



Figure 3.2 : port parallèle (DB 25 femelle)

3.1.3 Historique :

• Le port parallèle a été introduit en 1981 par IBM afin de contrôler des imprimantes à ruban (dot matrix printer). Ce port est plus rapide que le port série et il a été créé afin de suppléer au manque de vitesse de ce dernier.

• Par la suite, le port parallèle a été utilisé pour des disques portables, des tape backups, des lecteurs de CD-ROM et dans plusieurs applications maisons.

• La version standard du protocole pour le port parallèle (SPP = Standard Parallel Port), sortie en 1981, avait plusieurs faiblesses: manque de spécifications électriques, bus de donnée unidirectionnel, lent, très exigeant au niveau software (E/S programmée nécessitant une séquence de plusieurs opérations d'E/S). Pour ces raisons, différents protocoles de

communication ont été créés afin de communiquer avec un appareil connecté au port parallèle.

• Le comité IEEE1284 a standardisé le port parallèle en 1994. Ce comité, constitué de gros joueurs dans l'industrie de l'ordinateur (Lexmark, IBM, Texas Instruments et autres), a établi la norme IEEE1284.Cette norme définit cinq protocoles utilisables sur le port parallèle, incluant le protocole standard, afin de rester compatible avec le passé. Ces protocoles sont décrits plus loin.

3.1.4 Caractéristiques principales :

• Le port parallèle est un port point-à-point. Il sert à relier un unique périphérique à un PC.

• La vitesse maximale de communication sur le port parallèle est autour de 2Mbps. La vitesse maximum de communication sur le port parallèle en utilisant le premier protocole établi en 1981 était autour de 150kbps.

• Le port parallèle utilise habituellement un connecteur DB25 femelle sur le PC et un connecteur Centronics 36 broches mâle sur le périphérique.

• Il y a 8 lignes de données sur les 25 lignes du port parallèle. Ce port est donc parallèle.

• La longueur maximum des câbles utilisés sur ce port est de 10 pieds. Avant 1994, elle était autour de 6 pieds.

• Les premières versions du port étaient unidirectionnelles: le PC envoyait des données à une imprimante! Les protocoles les plus récents pour le port parallèle sont bidirectionnels.

3.1.5 Le nom de périphérique associé :

Sous les systèmes d'exploitation de Microsoft (MS-DOS puis Windows), le port parallèle est désigné par les lettres **LPT** pour *Line Printing Terminal*. Ce nom vient des limitations de l'imprimante qui ne pouvait à l'origine imprimer que du texte, une ligne après l'autre.

De manière semblable, ce port est désigné sous les systèmes d'exploitation de type UNIX et Linux par le « fichier spécial » **/dev/lp**.

3.1.6 Les connecteurs :

Du côté de l'ordinateur, le port parallèle est constitué par un connecteur DB25 à 25 broches. On y branche le câble de l'imprimante.

Du côté de l'imprimante, le connecteur Centronics comporte 36 broches. Il a une très grande robustesse mécanique, ce qui a conduit à l'utiliser aussi pour brancher une multitude d'autres appareils : scanner, lecteur de disques amovibles, lecteur de type Iomega Zip, caméra de vidéoconférence, lecteur de sauvegarde sur bandes, graveur de CD-Rom ou disques en rack.

3.1.7 Evolution :

Le port parallèle fut remplacé par des interfaces de type USB et *FireWire* (IEEE 1394) qui permettent de plus grands débits, sont plus maniables, moins coûteuses et surtout bien moins encombrantes. Ce ne sont pas seulement les connecteurs qui changent, mais aussi la logique de flux sous-jacente, qui de parallèle devient série et multiplexée, ce qui demande davantage d'électronique, mais se traduit par une nette baisse de la quantité de matières premières nécessaires à la fabrication.

3.1.8 Le support physique utilisé :

Le port parallèle des PC et compatibles se présente sous la forme d'un prise DB25 femelle, alors que côté imprimante, un connecteur de type Centronics à 36 broches est généralement utilisé. Ce port ayant été avant tout pensé pour communiquer avec une imprimante, la plupart de ses signaux ont un rapport avec ce périphérique. Il possède 17 broches utilisables, les broches restantes étant reliées à la masse.

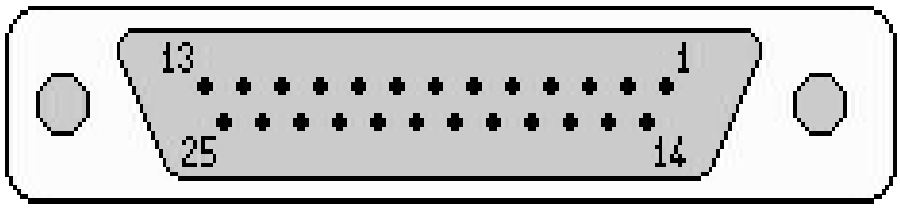


Figure 3.3 : DB25

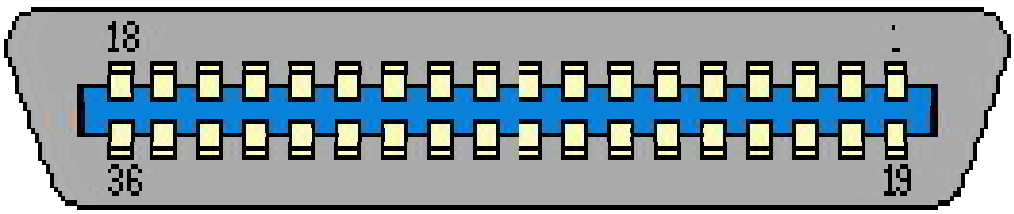


Figure 3.4 : centronics

Broche		Nom	Type	Description
DB25	Centronics			
1	1	STROBE	S	Un 0 logique (impulsion) doit être envoyé sur cette ligne pour signaler à l'imprimante que des données valides sont présentes sur les lignes D0 à D7. Le signal doit normalement durer au moins 0,5 µs.
2	2	D0	S/(E)	C'est le bus de données sur lequel véhicule la valeur à imprimer. On ne peut écrire sur ce port, à moins d'avoir un port parallèle étendu (ECP/EPP).
3	3	D1	S/(E)	
4	4	D2	S/(E)	
5	5	D3	S/(E)	
6	6	D4	S/(E)	
7	7	D5	S/(E)	
8	8	D6	S/(E)	
9	9	D7	S/(E)	
10	10	ACK	E	L'imprimante envoie une impulsion negative sur cette ligne pour indiquer qu'elle a bien reçu le caractère transmis et que la transmission peut continuer.
11	11	BUSY	E	Cette ligne est mise à 0 par l'imprimante lorsque son buffer de réception est plein. L'ordinateur est ainsi averti que celle-ci ne peut plus recevoir de données. Il doit attendre que cette ligne revienne à 1 pour recommencer à émettre.
12	12	PE	E	Signifie "Paper End". L'imprimante indique par cette ligne que l'alimentation en papier a été interrompue.
13	13	SELECT	E	Cette ligne indique à l'ordinateur est "on line" ou "off line".

14	14	AUTOFEED	S	Lorsque ce signal est à 0, l'imprimante effectue un saut de ligne à chaque caractère CR (Carrier Return = #13) reçu. Dans le cas contraire, le saut de ligne doit être envoyé explicitement par l'ordinateur via le caractère LF (Line Feed = #10).
15	32	ERROR	E	Cette ligne indique à l'ordinateur que l'imprimante a rencontré une erreur.
16	31	INIT	S	Un 0 logique (impulsion) peut être envoyé sur cette ligne pour réinitialiser l'imprimante.
17	36	SELECT IN	S	L'ordinateur peut mettre l'imprimante hors ligne en plaçant un 0 sur cette ligne. Il peut aussi servir à sélectionner un deuxième périphérique si le port parallèle est partagé entre deux périphérique (cas d'un scanner par exemple).
18-25	16, 17, 19-30, 33	GND	-	C'est la masse du PC.
-	35	-	-	Mis au +5V par l'imprimante, par l'intermédiaire d'une résistance de 4,7 kohms.

Tableau 4.1 : Description des Broches dans Centronics et DB25

Au point de vue des performances électriques, chaque broche du port est capable de fournir un courant maximal de 12 mA environ. Il faut donc faire attention à la charge que l'on applique et calculer les résistances de limitations adéquates. Une solution pour éviter tout problème de consommation est de placer un circuit buffer juste à la sortie du port. Les niveaux de tension sont compatibles TTL : cela signifie qu'un bit mis à 1 provoquera une mise à +5V sur la broche correspondante, et un 0 logique mettra cette broche à 0V (la masse du

PC). Pour la lecture de données, il faut faire un peu plus attention car cela dépend de la technologie utilisée. En effet, certaines broches du port possèdent une résistance interne dite de "pull-up" (tirage au +5V) sur leurs broches tandis que d'autres ont leurs sorties dites en "collecteur ouvert" (sans aucune résistance). Une résistance de pull-up à l'entrée de ces broches, de l'ordre de 4,7 K Ohms, rendra votre montage comptatible sur tous les ports parallèles.

3.1.9 Les registres de commande :

Ces lignes sont commandées directement par un bit, dans **trois registres différents**, comme précisé dans la dernière colonne, et dans le tableau suivant, et le niveau de repos correspond au niveau de la ligne lorsque le bit dans le registre est à 0, c'est à dire que si le niveau de repos est un le niveau de la ligne et le bit correspondant dans le registre sont inversés :

Tableau 4.2 : Les registres de commande

Registre de données *Adresse 888*	bit 0	D0
	bit 1	D1
	bit 2	D2
	bit 3	D3
	bit 4	D4
	bit 5	D5
	bit 6	D6
	bit 7	D7
Registre d'état *Adresse 889*	bit 3	Error
	bit 4	Select
	bit 5	Paper end

	bit 6	Acknowledge
	bit 7	Busy
Registre de contrôle *Adresse* *890*	bit 0	Strobe
	bit 1	Autofeed
	bit 2	Initialize
	bit 3	Select input
	bit 4	Autorisation d'interruption
	bit 5	direction données (0 = sortie, 1 = entrée)

3.2- Le code G :

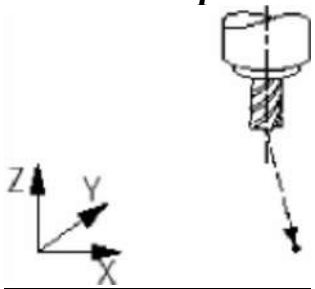
3.2.1 Introduction :

Le code G est un langage de programmation, ce langage est très simple est très entendu pour les machines outils à commande numérique et guider la machine pour sa fonction.

Pour notre machine nous utilisons les cycles de perçage uniquement.

3.2.2 Interpolation :

G00 : interpolation linéaire en avance rapide



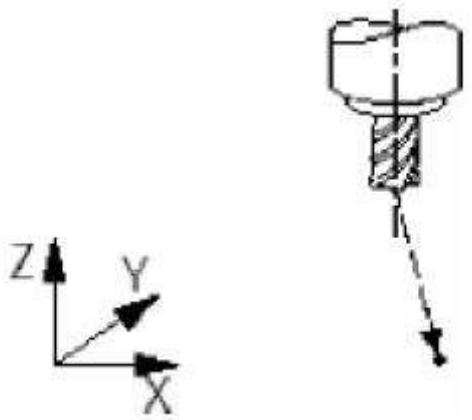
G00 X_ Y_ Z_

Déplacement linéaire en rapide depuis la position courante jusqu'au point de coordonnées X, Y, Z. seules les axes à déplacer est à indiquer.

Exemple :

G00 X12 Y3 ; déplacement rapide à (X=12 et Y=3)

**G01 : interpolation linéaire en avance travail :*



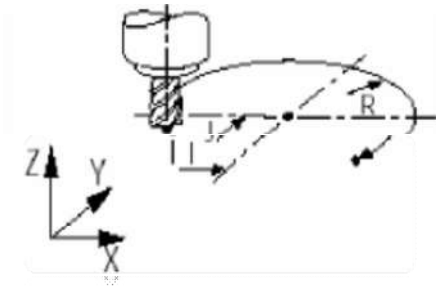
G01 X_Y_Z_F_

Interpolation linéaire en avance travail (donnée par F) depuis la position courante jusqu'au point de coordonnées X, Y, Z. seules les axes à déplacer sont à indiquer, si F n'est pas donné, la dernière avance travail utilisée sera reprise.

Exemple :

G01 X12 Y3 F300 ; déplacement à (X=12, Y=3) à 300 mm/min

**G02 : interpolation circulaire en sens horaire :*



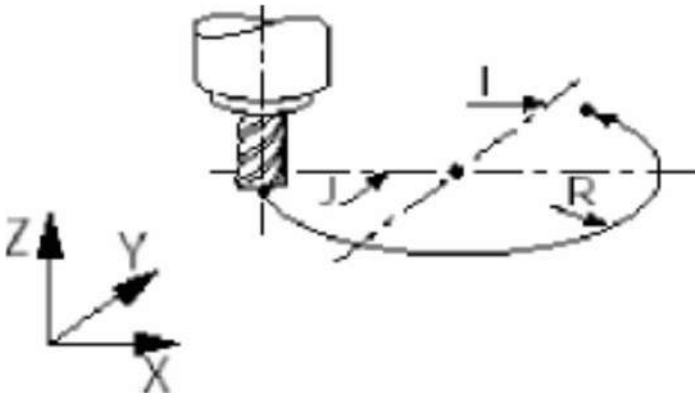
G02 X Y I J F

Interpolation circulaire en X, Y dans le sens horaire en avance travail (donnée par F) depuis la position courante jusqu'au point de coordonnées X, Y en décrivant un arc centré en I, J. si F n'est pas donné, la dernière avance travail utilisée sera reprise.

Exemple :

G02 X10 Y10 I05 J05 F200.0 ; Arc à (10,10) avec le centre à l'origine

**** G03 : interpolation circulaire en sens antihoraire :***



G03 X Y Z I J

Identique à G02, mais l'arc est parcouru dans le sens antihoraire.

Exemple :

G03 X10 Y10 I05 J05 F200.0

**** G04 : pause :***

Interpolation l'exécution pendant un nombre de nombre entier de secondes.

Exemple :

G04 #6 ; pause de 6 secondes

Remarque : il existe d'autres fonctions G code.

3.2.3 Les cycles de perçage G81 à G89 :

Les cycles de perçage de *G81* à *G89* et la révocation de ces cycles *G80*, sont décrits dans cette section. Des exemples sont donnés plus bas avec les descriptions.

Tous les cycles de perçage sont effectués dans le respect du plan de travail courant. N'importe lequel des six plans de travail peut être choisi. Dans cette section, la plupart des descriptions supposeront que le plan de travail XY est le plan courant. Le comportement reste analogue pour les autres plans de travail et les mots corrects doivent être utilisés. Par exemple, dans le plan G17.1, l'action de retrait s'effectue parallèlement à l'axe W et les positions ou incréments sont donnés avec U et W. Dans ce cas, substituer U, V, W avec X, Y, Z dans les instructions suivantes.

Les mots d'axes rotatifs ne sont pas autorisés dans les cycles de perçage. Quand le plan actif est X, Y, Z, les mots d'axes U, V, W ne sont pas autorisés. De même, si le plan actif est U, V, W, les mots d'axes X, Y, Z ne sont pas autorisés.

3.2.4 G80 Révocation des codes modaux :

- *G80* - Permet de s'assurer qu'aucun mouvement d'axe ne surviendra sans G-code modal.

C'est une erreur si:

- Des mots d'axes sont programmés quand G80 est actif.

Dans l'interpréteur de Linux CNC, G80 est un code modal révoqué par tout autre G-code. Les résultats des lignes suivantes sont identiques:

```
G90 G81 X1 Y1 Z1.5 R2.8 (cycle de perçage en mode de déplacement absolu)
G80 (révoque G81)
G0 X0 Y0 Z0 (active les mouvements en vitesse rapide et déplace le mobile
en X0, Y0 et Z0)
```

Produit le même déplacement et le même état final de la machine que :

```
G90 G81 X1 Y1 Z1.5 R2.8 (cycle de perçage en mode de déplacement absolu)
G0 X0 Y0 Z0 (active les mouvements en vitesse rapide et déplace le
mobile en X0, Y0 et Z0)
```

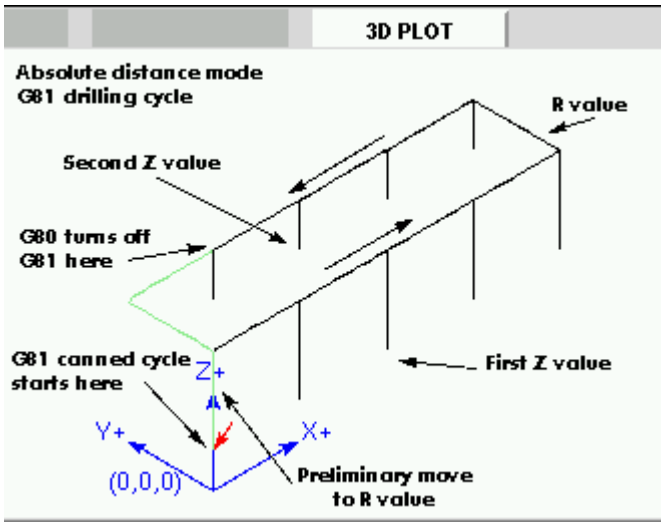
L'avantage du premier programme, la ligne du G80 révoque clairement le cycle G81. Avec ce premier programme, le programmeur doit revenir en mode mouvement avec G0, comme c'est fait sur la ligne suivante, ou tout autre mot G de mouvement.

Autre exemple, Utilisation d'un cycle de perçage avec un code de mouvement modal.

Si un cycle de perçage n'est pas révoqué avec G80 ou un autre mot G de mouvement, le cycle de perçage attend de se répéter en utilisant la prochaine ligne de code contenant un (ou plusieurs) mot d'axe X, Y ou Z. Le fichier suivant perce (G81) un ensemble de huit trous. Noter que la position de Z change après les quatre premiers trous.

```
G90 G0 X0 Y0 Z0 (coordonnées d'origine)
G1 X0 G4 P0.1
G81 X1 Y0 Z0 R1 (cycle de perçage)
X2
X3
X4
Y1 Z0.5
X3
X2
```

```
X1
G80 (révocation du cycle G81)
G0 X0 (mouvement en vitesse rapide)
Y0
Z0
M2 (fin du programme)
```



L'utilisation de G80 est facultative puisqu'il y a un G0 sur la ligne suivante qui révoque le cycle G81. Mais utiliser G80, comme l'exemple le montre, donne une meilleure lisibilité au code du cycle de perçage.

Si G80 est utilisé sans placer un code de mouvement modal juste derrière, un de ces messages pourra s'afficher:

```
Cannot use axis commands with G80
Coordinate setting given with G80
```

Ils rappellent qu'un nouveau mot de mouvement doit être écrit.

3.2.5 G81 Cycle de perçage :

```
G81 (X- Y- Z-) ou (U- V- W-) R- L-
```

Le cycle *G81* est destiné au perçage.

1. Un mouvement préliminaire.
2. Un déplacement de l'axe Z seul à la vitesse programmée, vers la position Z programmée.
3. Retrait de l'axe Z en vitesse rapide jusqu'au plan de retrait R.

3.2.6 G82 Cycle de perçage avec temporisation :

```
G82 (X- Y- Z-) ou (U- V- W-) R- L- P-
```

Le cycle *G82* est destiné au perçage. Les mouvements du cycle G82 ressemblent à ceux de G81 avec une temporisation supplémentaire en fin de mouvement Z. La longueur de cette temporisation, exprimée en secondes, est spécifiée par un mot P# sur la ligne du G82.

1. Un mouvement préliminaire.
2. Un déplacement de l'axe Z seul en vitesse programmée, vers la position Z programmée.
3. Une temporisation de *P* secondes.
4. Retrait de l'axe Z en vitesse rapide jusqu'au plan de retrait *R*.

```
G90 G82 G98 X4 Y5 Z1.5 R2.8 P2
```

Sera équivalent à l'exemple 3 ci-dessus mais avec une temporisation de 2 secondes en fond de trou.

3.2.7 G83 Cycle de perçage avec débourrage :

```
G83 (X- Y- Z-) or (U- V- W-) R- L- Q-
```

Le cycle *G83* est destiné au perçage profond ou au fraisage avec brise-copeaux. Les retraits, au cours de ce cycle, dégagent les copeaux du trou et fragmentent les copeaux longs (qui sont fréquents lors du perçage dans l'aluminium). Ce cycle utilise la valeur *Q* qui représente un incrément *delta* le long de l'axe Z.

Donnera:

1. Un mouvement préliminaire.
2. Un mouvement de l'axe Z seul, en vitesse travail, sur la position la moins profonde entre, un incrément delta, ou la position de Z programmée.
3. Un mouvement en vitesse rapide au plan de retrait.
4. Une plongée en vitesse rapide dans le même trou, presque jusqu'au fond.
5. Répétition des étapes 2, 3 et 4 jusqu'à ce que la position programmée de Z soit atteinte à l'étape 2.

6. Un mouvement de l’axe Z en vitesse rapide vers le plan de retrait.

C’est une erreur si:

- La valeur de Q est négative ou égale à zéro.

3.2.8 Mots communs :

Tous les cycles de perçage utilisent les groupes X, Y, Z ou U, V, W selon le plan sélectionné, ainsi que le mot *R*. La position de R- (signifiant retrait) est perpendiculaire au plan de travail courant (axe Z pour le plan XY, axe X pour le plan YZ, axe Y pour le plan XZ, etc.). Quelques cycles de perçage utilisent des arguments supplémentaires.

3.2.9 Mots *sticky :*

Dans les cycles de perçage, un nombre est qualifié de *sticky* (persistante, collant) si, quand le même cycle est répété sur plusieurs lignes de code en colonne, le nombre doit être indiqué la première fois, mais il devient facultatif pour le reste des lignes suivantes. Les nombres *sticky* conservent leur valeur tant qu’ils ne sont pas explicitement programmés avec une nouvelle valeur. La valeur de R est toujours *sticky*.

En mode de déplacements incrémentaux (G91), les valeurs X, Y, est R sont traitées comme des incréments depuis la position courante, Z est un incrément depuis la position de l’axe Z avant le mouvement impliquant l’axe Z. En mode de déplacements absolus, les valeurs de X, Y, R, et Z sont des positions absolues dans le système de coordonnées courant.

3.2.10 Répétition de cycle :

Le mot L est facultatif et représente le nombre de répétitions. L=0 n’est pas permis. Si les fonctionnalités de répétition sont utilisées, elles le sont normalement en mode relatif, de sorte que la même séquence de mouvements se répète à plusieurs emplacements régulièrement espacés le long d’une ligne droite. Quand L>1 en mode relatif et XY comme plan courant, les positions X et Y sont déterminées en ajoutant les valeurs X et Y de la commande à celles de la position courante, pour le premier trajet ou ensuite, à celles de la position finale du précédent trajet, pour les répétitions. Ainsi, si vous programmez `L10`, vous obtiendrez 10 cycles. Le premier cycle sera la distance X, Y depuis la position d’origine. Les positions de R- et Z- ne changent pas durant toutes les répétitions. En mode absolu, L>1 signifie : faire le même cycle à la même place plusieurs fois, omis, le mot L est équivalent à L=1. La valeur de L n’est pas *sticky*.

3.2.11 Mode de retrait :

La hauteur du mouvement de retrait à la fin de chaque répétition (appelée *plan de retrait* dans les descriptions suivantes) est déterminée par le mode de retrait: retrait sur la position initiale de Z, si elle est au dessus de la valeur de R et que le mode de retrait est *G98*, OLD_Z, sinon, à la position de R.

3.2.12 Erreurs des cycles de perçage :

Il y a une erreur si :

- Tous les mots X, Y et Z sont manquants durant un cycle de perçage.
- Des mots d'axes de différents groupes (XYZ) (UVW) sont utilisés.
- Un nombre P est requis mais un nombre P négatif est utilisé.
- Un nombre L est utilisé mais n'est pas un entier positif.
- Un mouvement d'axe rotatif est utilisé durant un cycle de perçage.
- Une vitesse inverse du temps est activée durant un cycle de perçage.
- La compensation d'outil est activée durant un cycle de perçage.

Quand le plan XY est actif, la valeur de Z est *sticky*, et c'est une erreur si:

- La valeur de Z est manquante alors qu'un même cycle de perçage n'a pas encore été activé.
- La valeur de R est inférieure à celle de Z.

Si un autre plan est actif, les conditions d'erreur sont analogues à celles du plan XY décrites ci-dessus.

3.2.13 Mouvement préliminaire et Intermédiaire :

Le mouvement préliminaire est un ensemble de mouvements commun à tous les cycles de perçage.

Tout au début de l'exécution d'un cycle de perçage, si la position actuelle de Z est en dessous de la position de retrait R, l'axe Z va à la position R. Ceci n'arrive qu'une fois, sans tenir compte de la valeur de L.

En plus, au début du premier cycle et à chaque répétition, un ou deux des mouvements suivants sont faits:

1. Un déplacement en ligne droite, parallèle au plan XY, vers le position programmée.
2. Un déplacement en ligne droite, de l'axe Z seul vers la position de retrait R, si il n'est pas déjà à cette position R.

Si un autre plan est actif, le mouvement préliminaire et intermédiaire est analogue.

3.2.14Pourquoi utiliser les cycles de perçage ? :

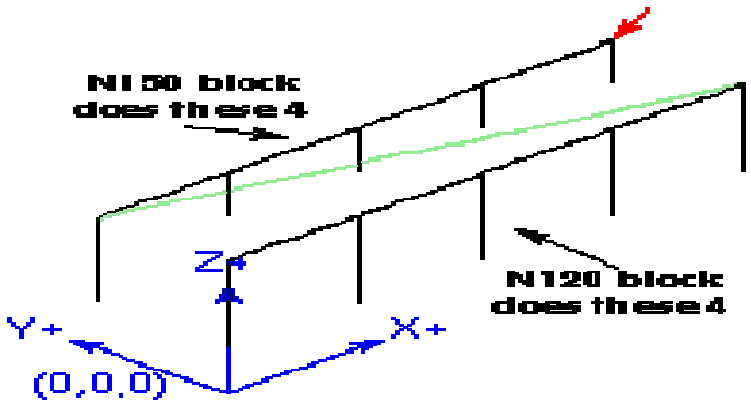
Il y a au moins deux raisons :

La première : est l'économie de code. Un simple trou demande plusieurs lignes de code pour être exécuté.

Nous avons montré plus hautes, comment les cycles de perçage peuvent être utilisés pour produire 8 trous avec dix lignes de code. Le programme ci-dessous permet de produire le même jeu de 8 trous en utilisant cinq lignes pour le cycle de perçage. Il ne suit pas exactement le même parcours et ne perce pas dans le même ordre que l'exemple précédent, mais le programme a été écrit de manière économique, une bonne pratique qui devrait être courante avec les cycles de perçage.

Exemple : perçage de huit trous, réécrit :

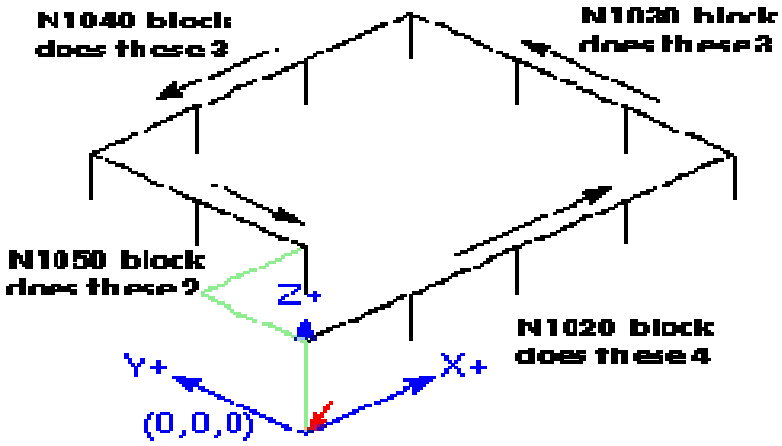
```
G90 G0 X0 Y0 Z0 (coordonnées d'origine)
G1 F10 X0 G4 P0.1
G91 G81 X1 Y0 Z-1 R1 L4 (cycle de perçage)
G90 G0 X0 Y1
Z0
G91 G81 X1 Y0 Z-.5 R1 L4 (cycle de perçage)
G80 (révocation du cycle G81)
M2 (fin de programme)
```



Exemple : Douze trous en carré :

Cet exemple montre l'utilisation du mot L pour répéter une série incrémentale de cycles de perçage pour des blocs de code successifs dans le même mode mouvements G81. Ici, nous produisons 12 trous au moyen de cinq lignes de code dans le mouvement modal.

```
G90 G0 X0 Y0 Z0 (coordonnées d'origine)
G1 F50 X0 G4 P0.1
G91 G81 X1 Y0 Z-0.5 R1 L4 (cycle de perçage)
X0 Y1 R0 L3 (répétition)
X-1 Y0 L3 (répétition)
X0 Y-1 L2 (répétition)
G80 (révocation du cycle G81)
G90 G0 X0 (retour vers l'origine en vitesse rapide)
Y0
Z0
M2 (fin de programme)
```



La deuxième : raison d'utiliser les cycles de perçages, c'est qu'ils produisent un mouvement préliminaire et retournent à une position prévisible et contrôlable, quel que soit le point de départ du cycle.

3.2.15 Conclusion :

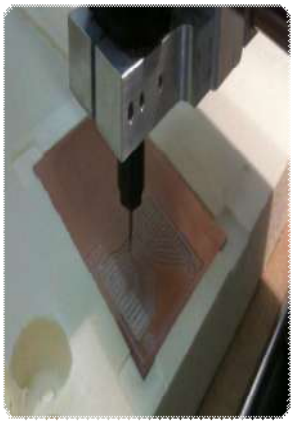
Dans ce chapitre, nous avons veux deux partie :

La première partie c’est le port parallèle et dans cette partie on a fait une étude simple pour le port parallèle et sa fonction.

La deuxième partie c’est le code G et dans cette partie on le présente tous les code de perçage et certain exemple de la programmation en perçage.

Chapitre 4

Partie réalisation



Partie mécanique :

Cahier de charge :

Réalisation d'une machine CNC à 3 axes

Espace de travail :

→ 30 cm * 20 cm * 10 cm

Utilisation de 3 moteurs pas à pas type hybride 200 pas (1,8°)

Le port parallèle : registre de données : D0, D1 pour le 1er axe X

D2, D3 pour le 2ème axe Y

D4, D5 pour le 3ème axe Z

Type de transmission du mouvement : à tige fileté

4.1Premier croquis :

On a fait un petit croquis de notre machine CNC dans le programme de sketchUp
Nous besoin de 3 axes (x y z) ; deux axes pour la translation (x et y) ; et un axe (z) pour le fait de perçage. Comme on vus dans cette figure :

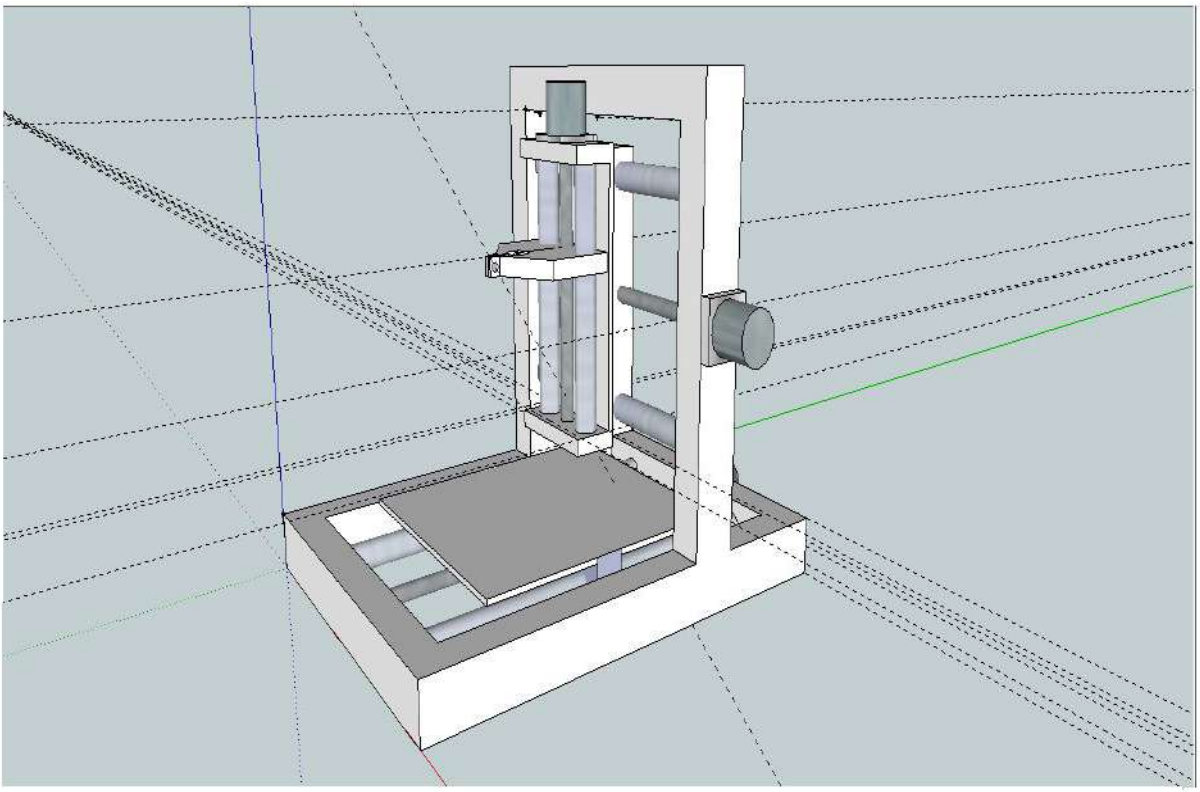


Figure 4.1 : premier croquis de la machine

Il y a six (6) directions (x,-x, y, -y, z, -z)

4.2 Taille de la machine :

axes	axe x	axe y	axe z
longueur (mm)	260	360	360

Tableau 4.1 : taille de la machine CNC

4.3 Matériau utilisé :

On a besoin de fer et d'aluminium pour la conception de notre machine :

Le fer : pour le châssis

L'aluminium : pour le support de perceuse

4.3.1 Châssis :



Figure 4.2 : Matériaux utilisé pour la conception de châssis (fer)

4.3.2 Support de perceuse :

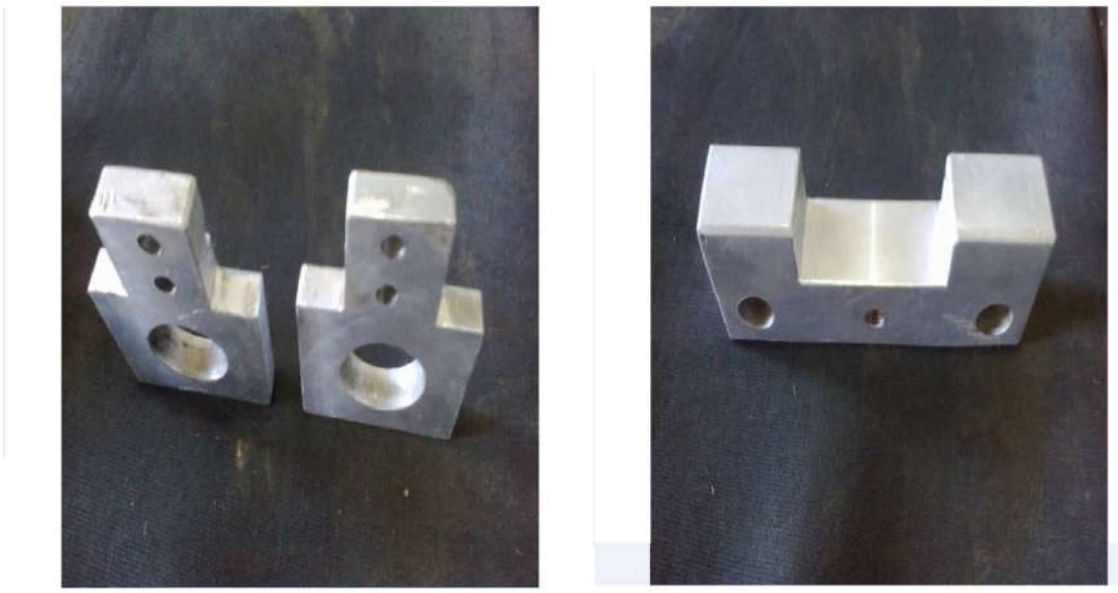


Figure 4.3 : la conception du support de perceuse (aluminium)

4.4 Mécanisme de mouvement :

Nous allons aborder différents mécanismes de transmission du mouvement. Nous présentons ici les plus courants :

4.4.1. Les engrenages :

Il s'agit d'un dispositif composé de deux ou plusieurs roues dentées tournant autour d'axes fixes.

Ils servent à transmettre le mouvement d'un axe à l'autre au moyen des dents venant au contact l'une après l'autre.

Dans l'engrenage, la roue motrice transmet le mouvement et la roue menée le subit.



Figure 4.4 : engrenages à la fonderie

4.4.2. Poulies et courroies :

La courroie est une bande de matière souple permettant la transmission d'un mouvement de rotation d'un arbre vers un autre relativement éloigné. Elle est utilisée avec des poulies.

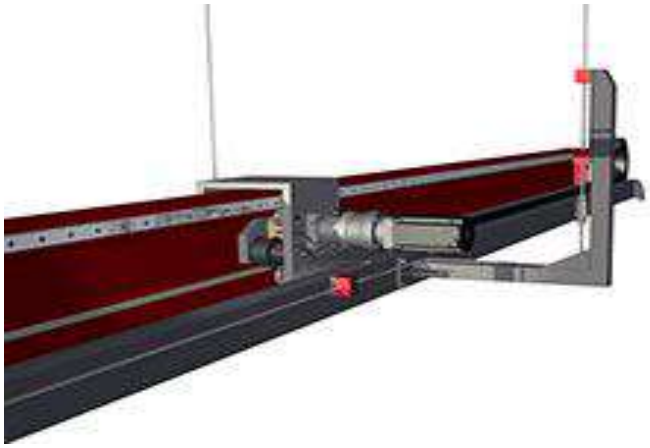


Figure 4.5 : courroies

4.4.3. Tige filetée :

Une tige filetée est un composant élémentaire mâle d'un système vis/écrou destiné à l'assemblage de pièces ou à la transformation de mouvement. Son complément, pièce femelle est l'écrou.

Cette tige comporte un noyau de section circulaire, avec sur sa périphérie un filetage forme générée par le balayage d'une section le long d'une hélice. La tige peut être réalisée en métal dans la plupart des cas. Elle peut aussi être en matière plastique dure pour les pièces de petite dimension (industrie de précision) ou ayant des contraintes techniques particulières (légèreté notamment).

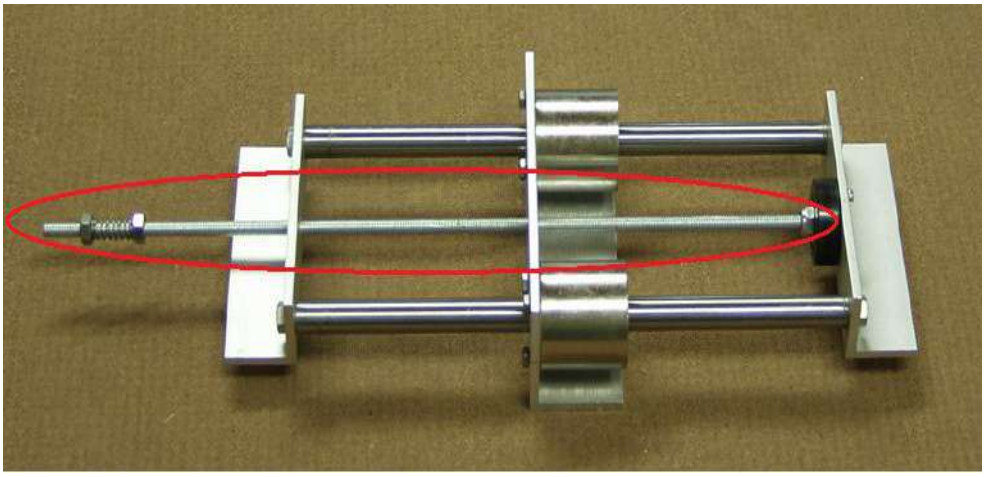


Figure 4.6 : la tige filetée

4.5Propriétés de la machine CNC :

Il y a quelques propriétés il faut obtenu dans chaque axes de la machine :

- surface lisse
- La facilité
- La même fabrication



Figure 4.7 : roulement zz 6001

Le support de perceuse et constitué de tiges d’amortisseur et des bagues de bielles pour un bien mouvement de perceuse :



Figure 4.8 : tiges d’amortisseur



Figure 4.9 : les bagues de bielles

Parie électronique

4.5 Fabrication du circuit imprimé :

4.5.1 La conception sur ordinateur :

4.5.1.1Schéma électronique de moteur pas à pas :

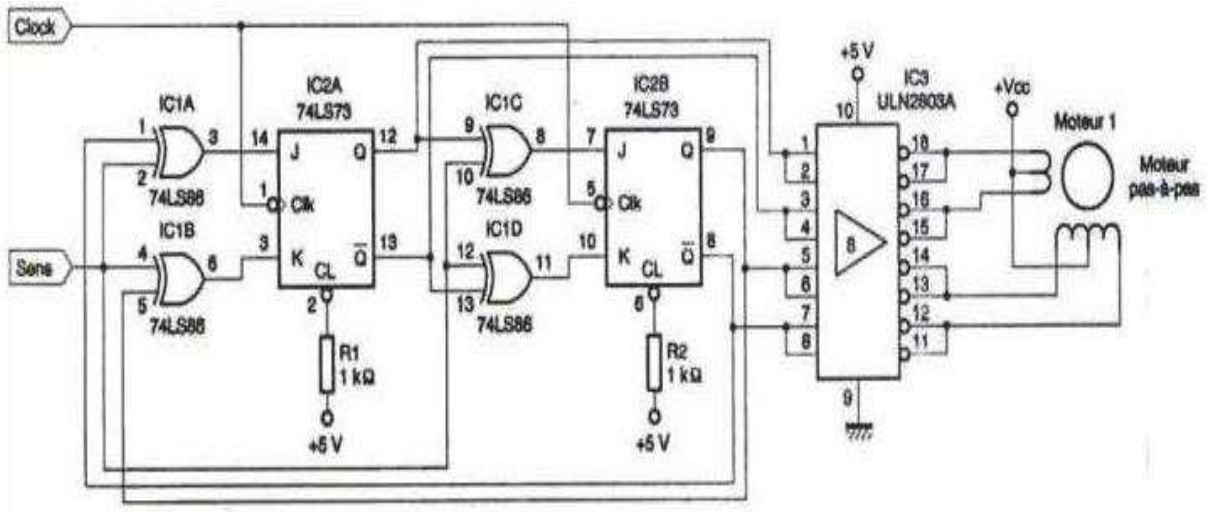


Figure 4.10 : Schéma électronique de moteur pas à pas

4.5.1.2 Réalisation du schéma :

Une fois le besoin analysé et le cahier des charges validé la première grande Etape dans la réalisation d'une carte électronique est la conception et la simulation des différentes fonctions de celle-ci (voir l'annexe).

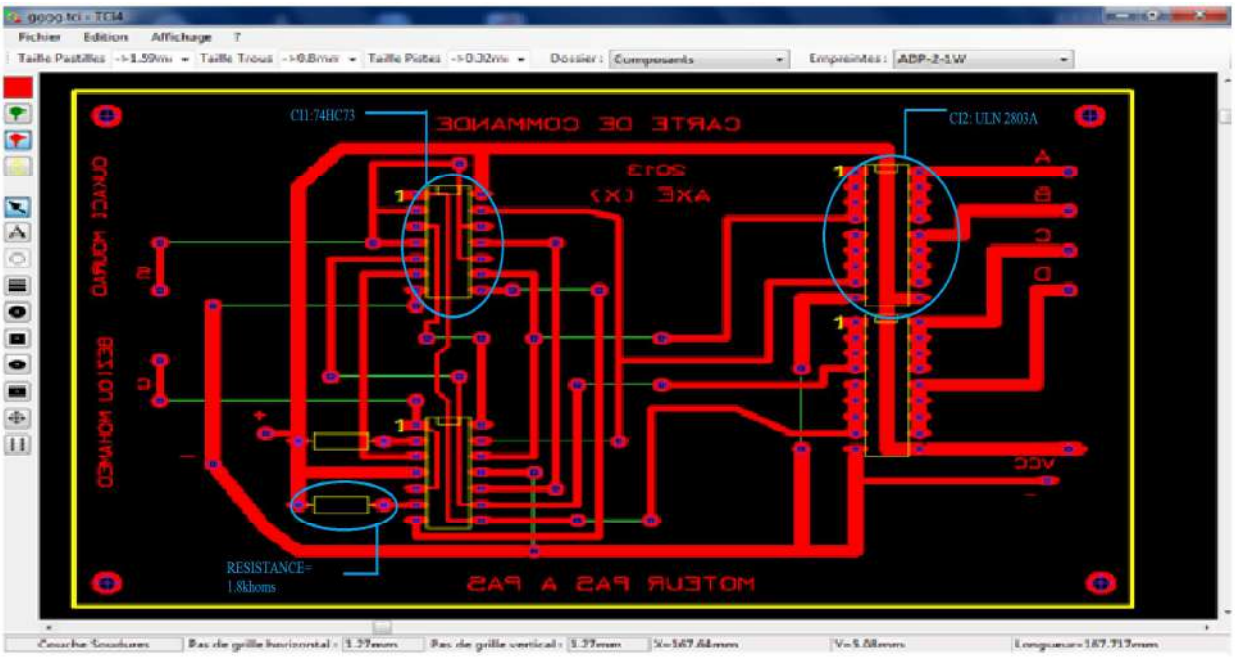


Figure 4.11 : schéma commande moteur pas à pas sur TCI 4

Comme on peut le voir ci-dessus on dessine avec des logiciels tel que TCI4 le schéma électrique en utilisant les bibliothèques de composants incluses dans ceux- ci. Ainsi nous pouvons tester le comportement du circuit grâce aux modes de simulations proposé par ces différents outils de CAO.

Pour réalisé les deux cartes électroniques nous utilisons les composants électroniques suivants :

-(2) bascules GK ULN 2803A

-(2) xhors PC74HC73P

-(2) leds rouges et (2) leds vers

-(4) résistances de 1.8 kOhms

4.5.1.3 Carte électronique de commande :

Le montage des Moteurs pas à pas avec les carte commande c'est comme le figure suivante :

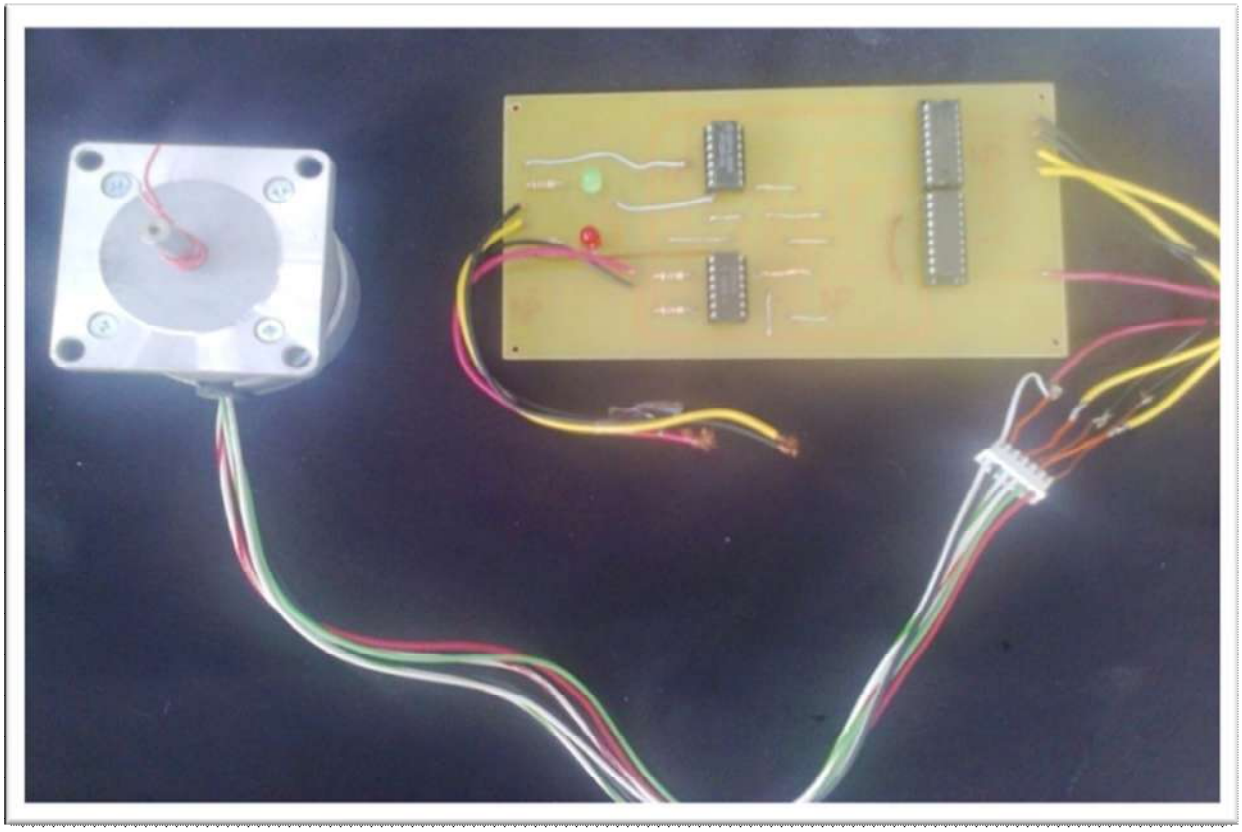


Figure 4.12 : montage du moteur pas à pas avec la carte commande

4.6 Vue générale de la machine :

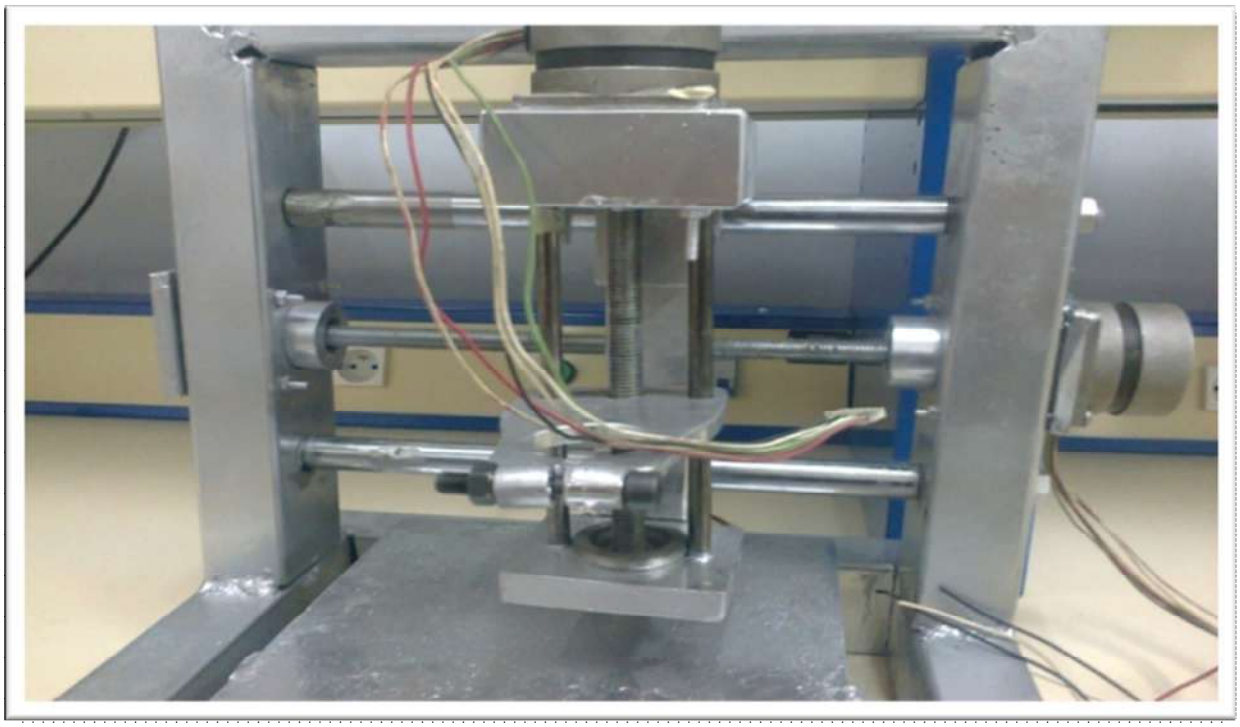


Figure 4.13 : vue de face de la machine CNC à 3 axes

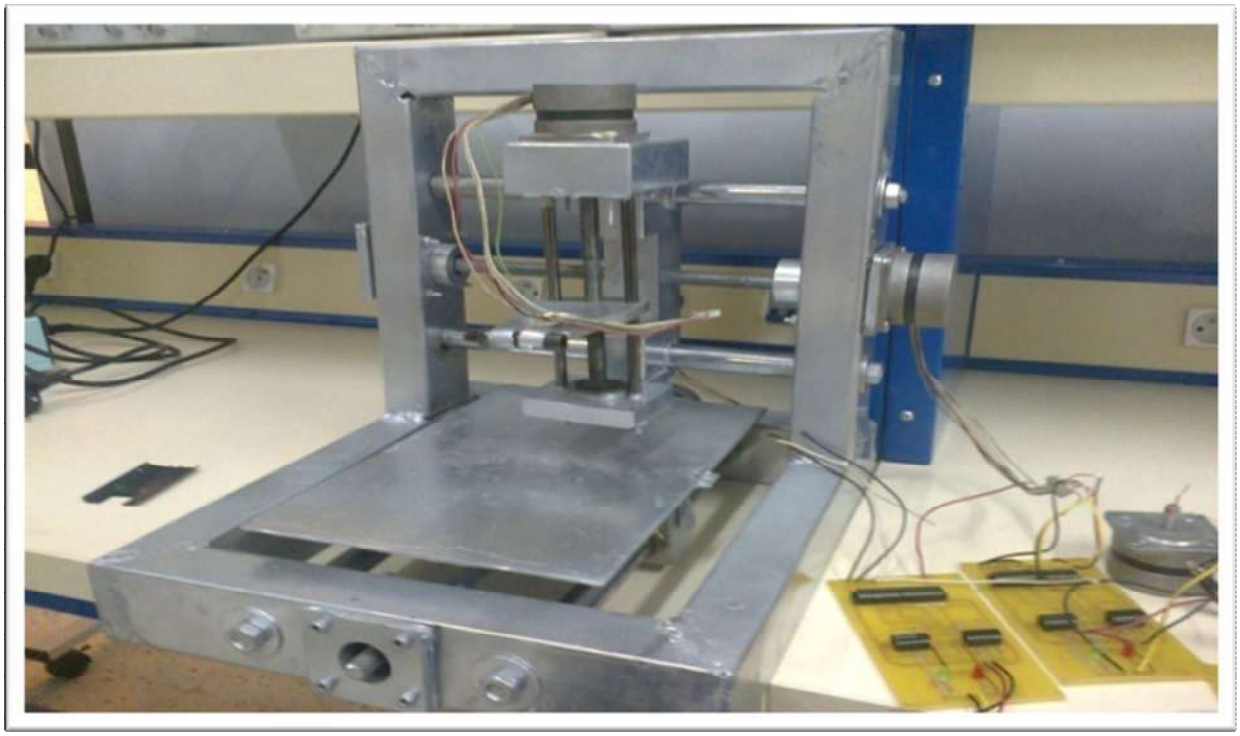


Figure 4.14 : vue de coté de la machine CNC à 3 axes



Figure 4.15: vue en arrière de la machine CNC à 3 axes

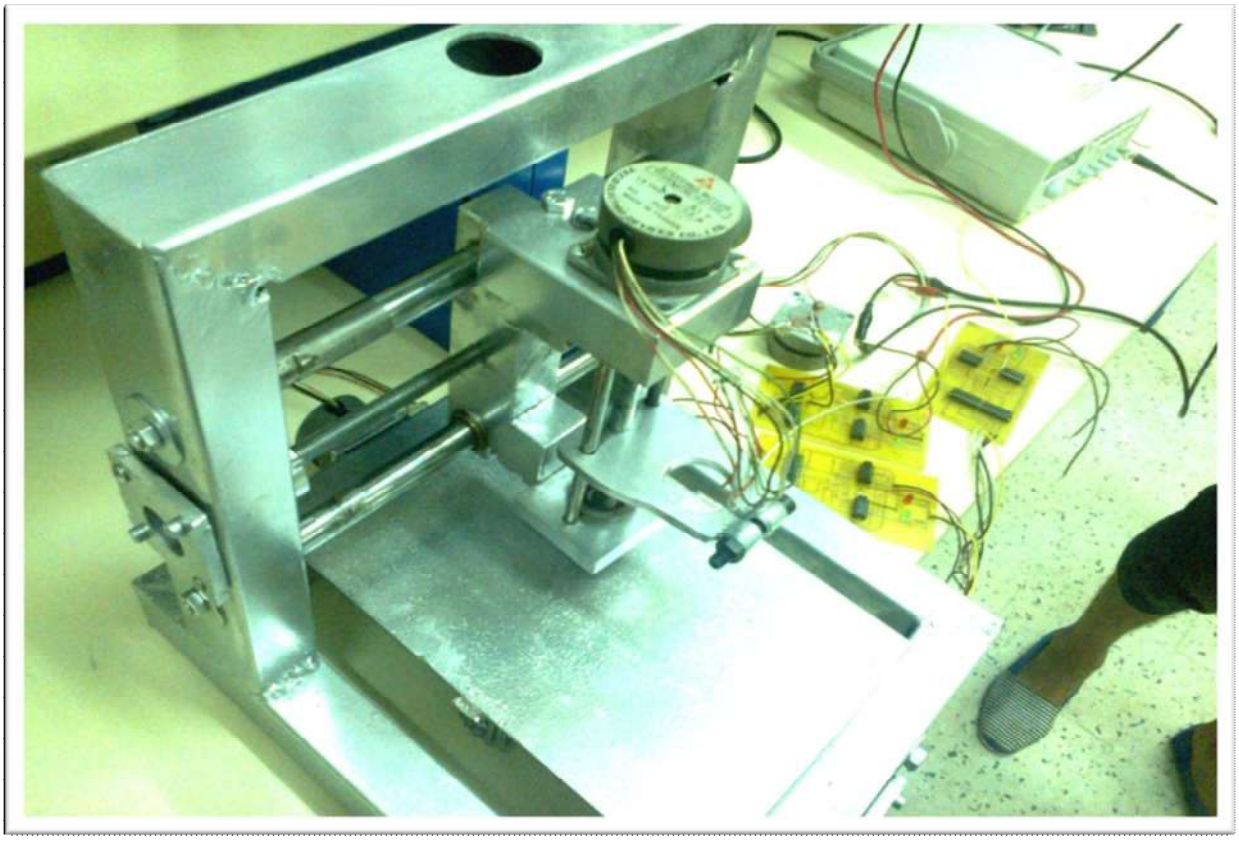


Figure 4.16 : vue dessus de la machine CNC à 3 axes

4.7 Conclusion :

En conclusion nous avons étudié toutes les étapes dans la réalisation d'une carte électronique de sa conception jusqu'à sa fabrication (partie annexe). Pour cela nous avons étudié toute l'étape de conception grâce à des logiciels spécialisés permettant de réaliser facilement des schémas fonctionnels et électriques puis de gérer le routage du circuit.

Ensuite nous avons détaillé les différentes étapes dans la fabrication du circuit imprimé, à savoir l'impression du typon, l'insolation, la révélation puis la gravure ainsi que les différentes techniques pour mettre en œuvre cette procédure de fabrication.

Conclusion Générale



Après la réalisation pratique, et le test des différentes cartes assemblées, nous affirmons que nous avons achevé notre tâche demandée:

La commande d'un prototype d'une machine CNC à 3 axes. L'avantage de notre commande est qu'elle est à la norme ISO de la commande numérique des machines à trois axes.

Toute fois, elle peut être facilement exploitée pour ajouter un quatrième et même un cinquième axe. Nous avons rencontré plusieurs problèmes durant la conception de la commande et la réalisation pratique (protocole de communication, couple des moteurs et leurs vitesses…), mais grâce à ce que nous avons appris durant nos études académiques et l'assistance de nos encadrant, nous pouvions confronter ces difficultés.

Perspectives :

Peut être utilisée pour :

- réalisation des circuits imprimés comme fraiseuse

-commande la machine par microcontrôleurs ou par le port USB le plus utilise dans le pc portable.

Annexe



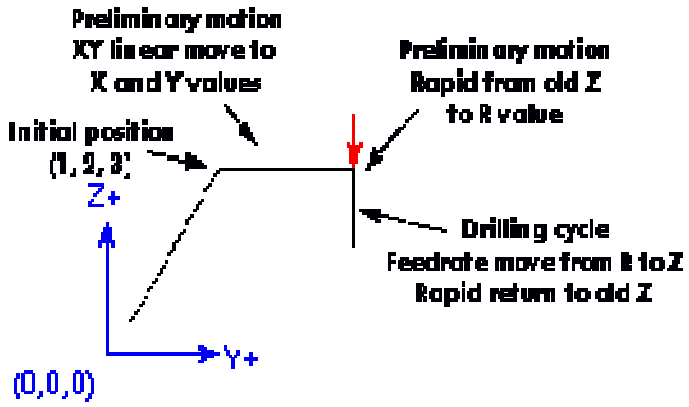
Annexe du code G :

Exemple 1: G81 en position absolue :

Supposons que la position courante soit, X1, Y2, Z3 dans le plan XY, la ligne de code suivante est interprétée:

G90 G81 G98 X4 Y5 Z1.5 R2.8

Le mode de déplacements absolus est appelé *(G90)*, le plan de retrait est positionné sur OLD_Z *(G98)*, l'appel du cycle de perçage *G81* va lancer ce cycle une fois. La position X deviendra celle demandée, X4. La position de Y deviendra celle demandée, Y5. La position de Z deviendra celle demandée, Z1.5. La valeur de R fixe le plan de retrait de Z à 2.8. La valeur d'OLD_Z est 3. Les mouvements suivants vont se produire.



- Un mouvement en vitesse rapide, parallèle au plan XY vers X4, Y5, Z3
- Un mouvement en vitesse rapide, parallèle à l'axe Z vers X4, Y5, Z2.8
- Un mouvement en vitesse travail, parallèle à l'axe Z vers X4, Y5, Z1.5
- Un mouvement en vitesse rapide, parallèle à l'axe Z vers X4, Y5, Z3

Exemple 2:

Supposons que la position courante soit, X1, Y2, Z3 dans le plan XY, la ligne de codes suivante est interprétée:

G91 G81 G98 X4 Y5 Z-0.6 R1.8 L3

Le mode de déplacements incrémentaux est appelé *(G91)*, le plan de retrait est positionné sur OLD_Z *(G98)*, l'appel du cycle de perçage *G81* demande 3 répétitions du cycle. La valeur demandée de X est 4, la valeur demandée de Y est 5, la valeur demandée de Z est -0.6 et le

retrait R est à 1.8. La position initiale de X sera 5 (1+4), la position initiale de Y sera 7 (2+5), le plan de retrait sera positionné sur 4.8 (1.8+3) et Z positionné sur 4.2 (4.8-0.6). OLD_Z est à 3.

Le premier mouvement en vitesse rapide le long de l'axe Z vers X1, Y2, Z4.8), puisque OLD_Z est inférieur au plan de retrait.

La première répétition produira 3 mouvements.

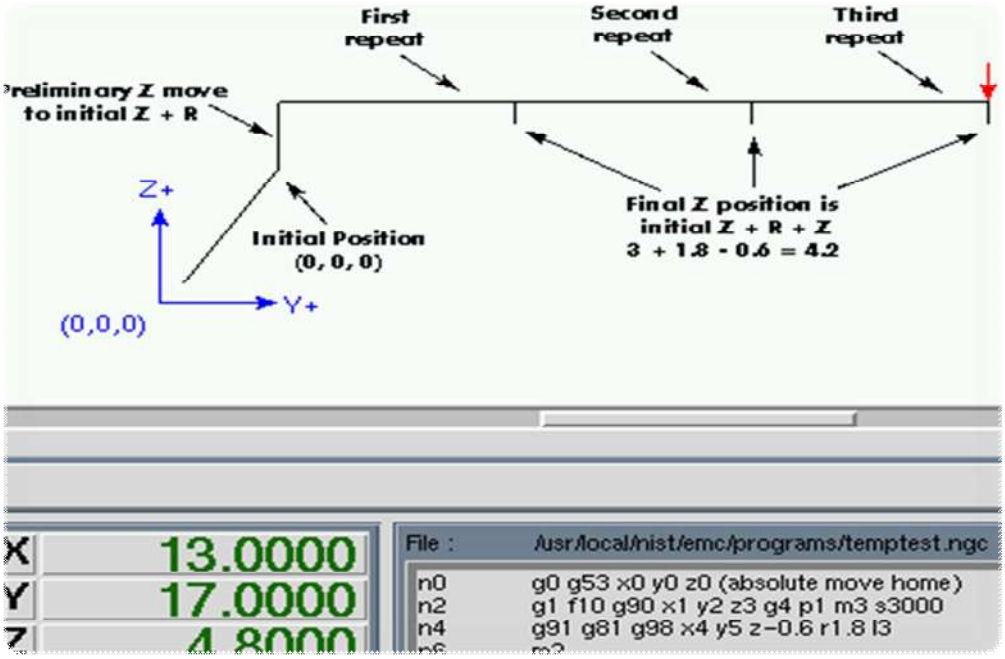
1. Un déplacement en vitesse rapide, parallèle au plan XY vers X5, Y7, Z4.8
2. Un déplacement en vitesse travail, parallèle à l'axe Z vers X5, Y7, Z4.2
3. Un déplacement en vitesse rapide, parallèle à l'axe Z vers X5, Y7, Z4.8

La deuxième répétition produira 3 mouvements. La position de X est augmentée de 4 et passe à 9, la position de Y est augmentée de 5 et passe à 12.

1. Un déplacement en vitesse rapide, parallèle au plan XY vers X9, Y12, Z4.8
2. Un déplacement en vitesse travail, parallèle à l'axe Z vers X9, Y12, Z4.2
3. Un déplacement en vitesse rapide, parallèle à l'axe Z vers X9, Y12, Z4.8

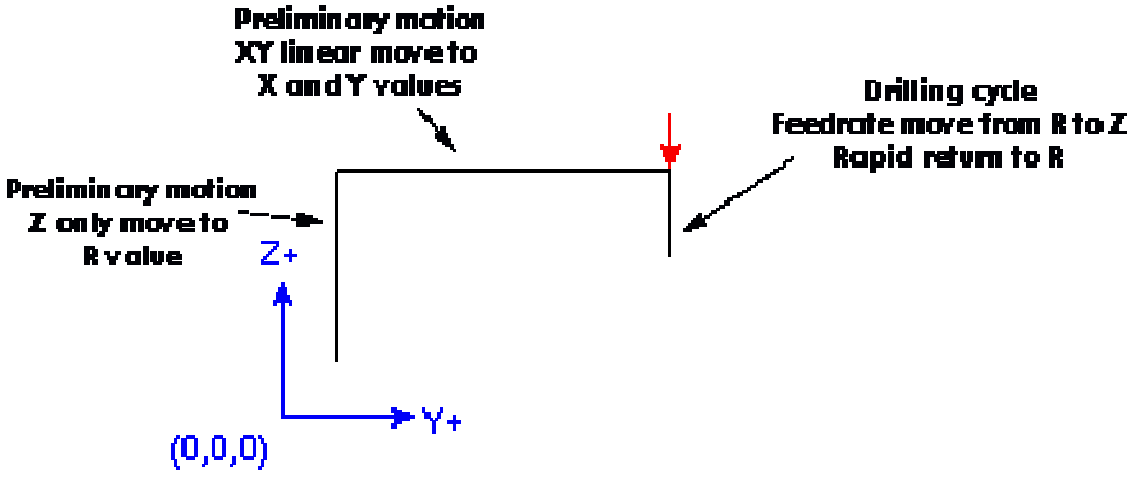
La troisième répétition produira 3 mouvements. La position de X est augmentée de 4 et passe à 13, la position de Y est augmentée de 5 et passe à 17.

1. Un déplacement en vitesse rapide, parallèle au plan XY vers X13, Y17, Z4.8
2. Un déplacement en vitesse travail, parallèle à l'axe Z vers X13, Y17, Z4.2
3. Un déplacement en vitesse rapide, parallèle à l'axe Z vers X13, Y17, Z4.8



Exemple 3: G81 en position relative :

Supposons maintenant que le premier g81 de la ligne de code soit exécuté, mais de (0, 0, 0) plutôt que de (1, 2, 3). G90 G81 G98 X4 Y5 Z1.5 R2.8 Depuis OLD_Z est inférieur à la valeur de R, il n'ajoute rien au mouvement, mais puisque la valeur initiale de Z est inférieure à la valeur spécifiée dans R, un premier mouvement de Z sera effectué durant le mouvement préliminaire.

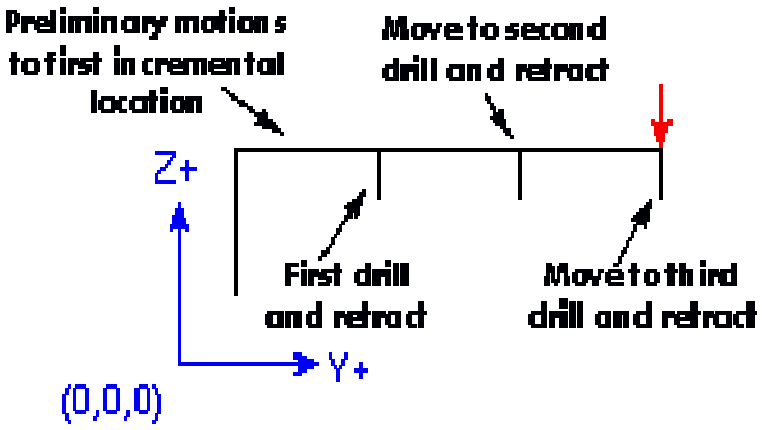


Exemple 4: G81 en absolu avec R > Z :

Il s'agit de la trajectoire pour le second bloc de code de G81.

```
G91 G81 G98 X4 Y5 Z-0.6 R1.8 L3
```

Cette trajectoire commence en (0, 0, 0), l'interpréteur ajoute les valeurs initiales Z0 et R 1.8 et déplace le mobile en vitesse rapide vers cet emplacement. Après ce premier déplacement initial de Z, la répétition fonctionne de manière identique à celle de l'exemple 3 avec le mouvement final de Z à 0.6 en dessous de la valeur de R.



Exemple 5: G81 en relatif avec R > Z

```
G90 G98 G81 X4 Y5 Z-0.6 R1.8
```

Puisque ce tracé commence en (X0, Y0, Z0), l'interpréteur ajoute R1.8 au Z0 initial et déplace le mobile en vitesse rapide à cet emplacement, comme dans *l'exemple 4*. Après ce mouvement initial à une hauteur Z0.6, le mouvement en vitesse rapide se terminera en X4 Y5. Alors la hauteur Z sera à 0.6 en dessous de la valeur de R. La fonction de répétition fera encore déplacer Z au même emplacement.

Annexe du circuit imprimé :

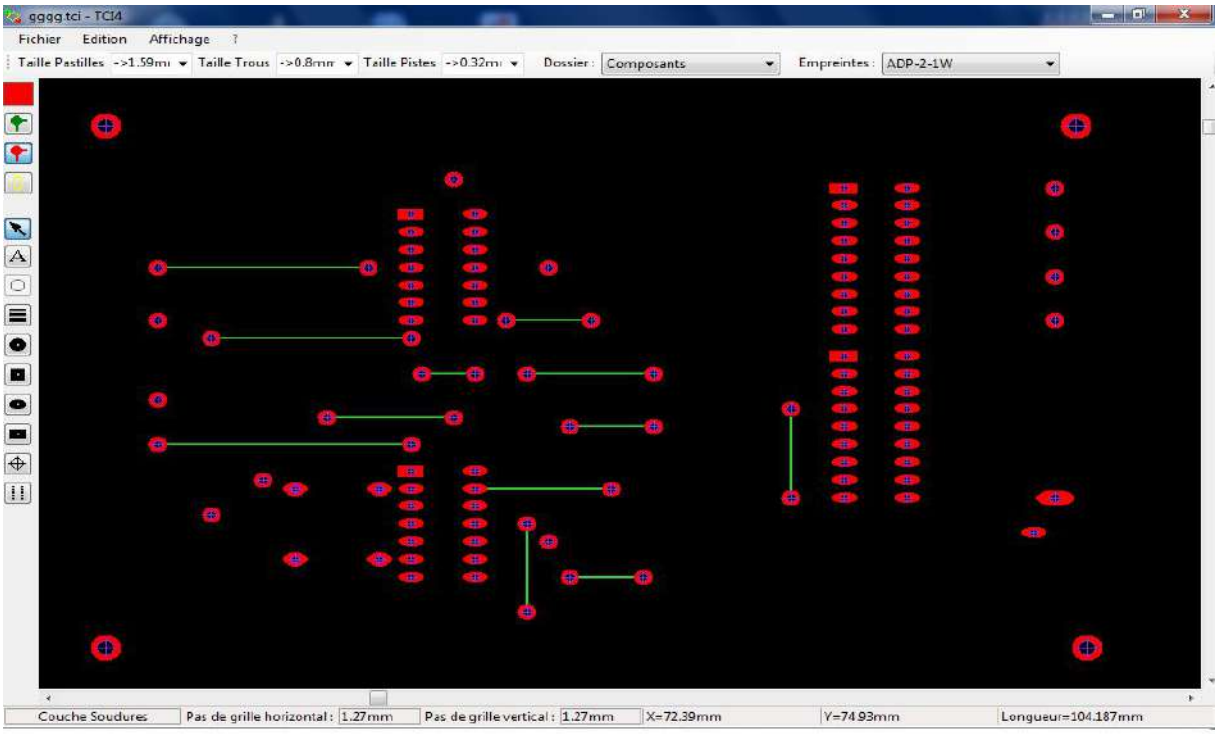


Schéma électronique de couche composants sur logiciel TCI 4

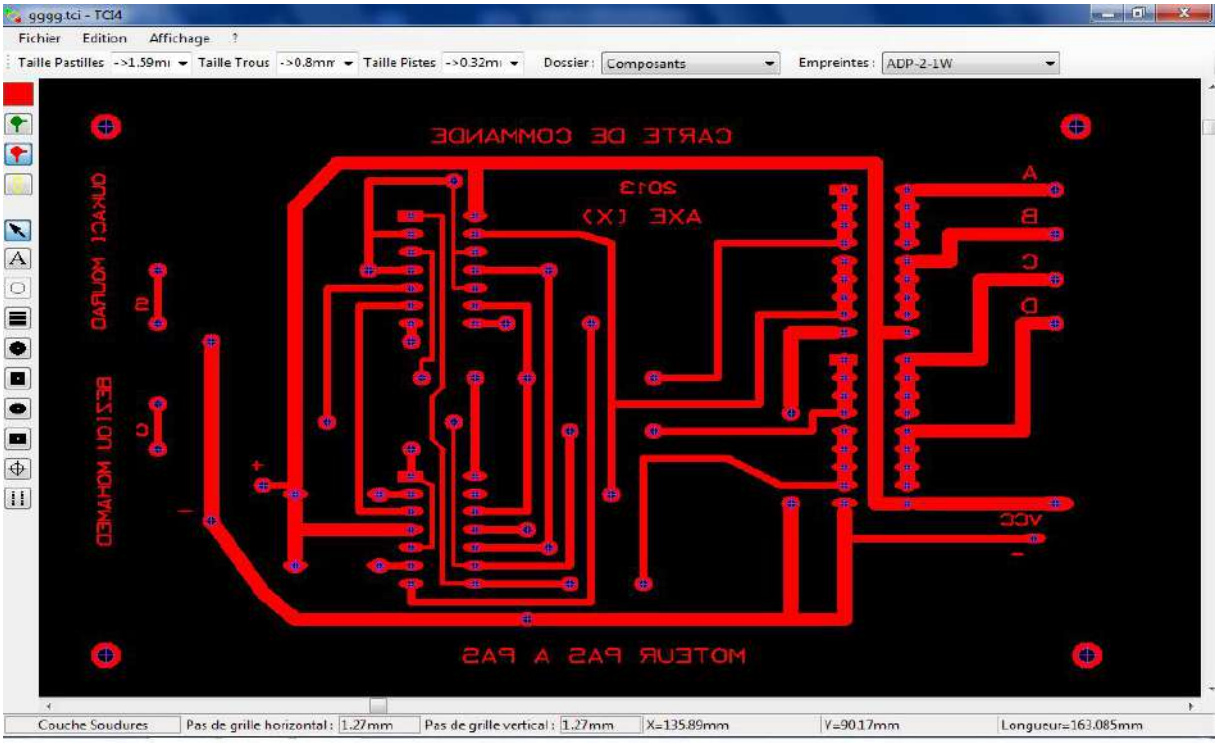


Schéma électronique de couche soudures sur logiciel TCI 4

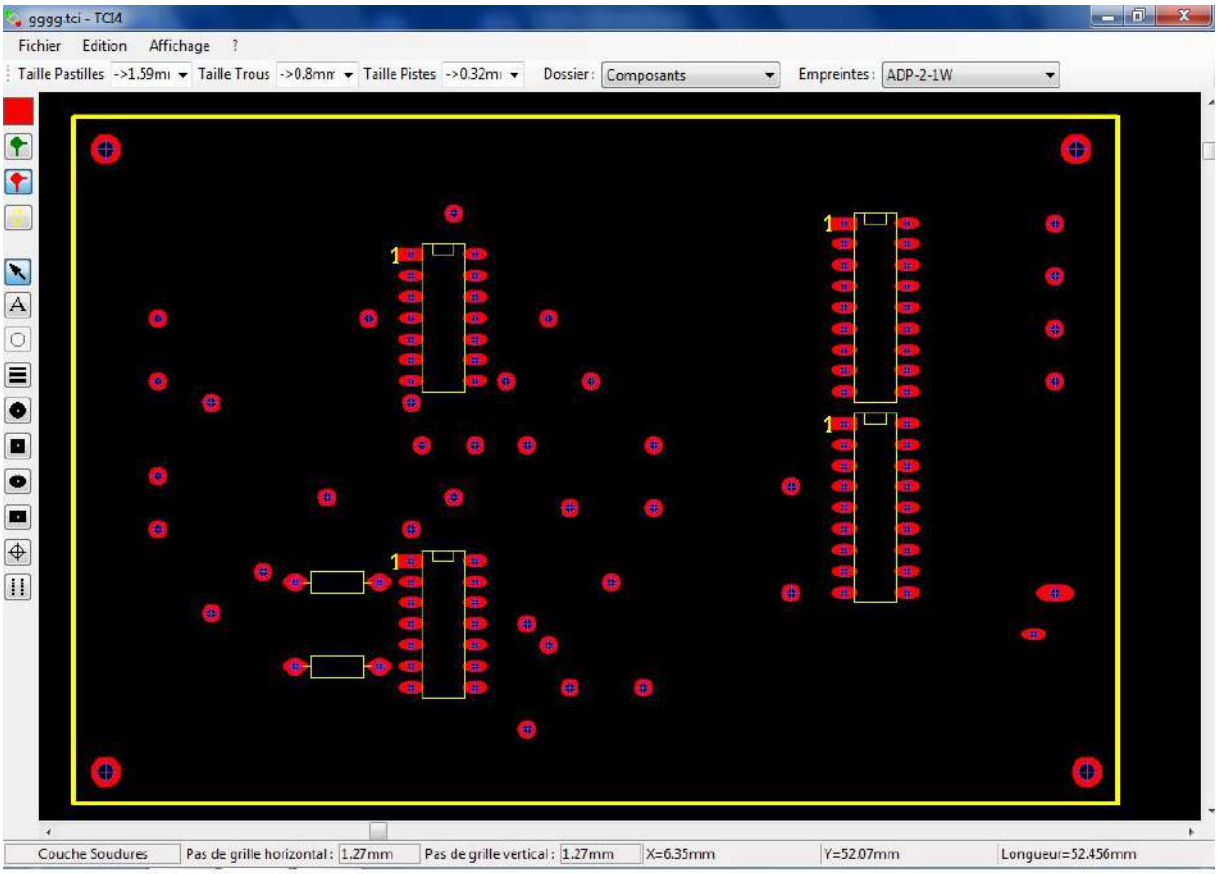


Schéma électronique de couche sérigraphie sur logiciel TCI 4

Fabrication de circuit imprimé

4.5.2Fabrication circuit imprimé :

4.5.2.1 Pré requis :

Le support des cartes électroniques est un circuit imprimé. Celui-ci est une plaque en époxy à la surface de laquelle des pistes en cuivre sont gravées.

Il ne faut pas confondre « circuit imprimé » qui désigne la plaque et les pistes sur lesquelles seront soudés les composants et « circuit électronique » qui désigne l'ensemble de la carte électronique.

Circuit Imprimé et Circuit électronique :

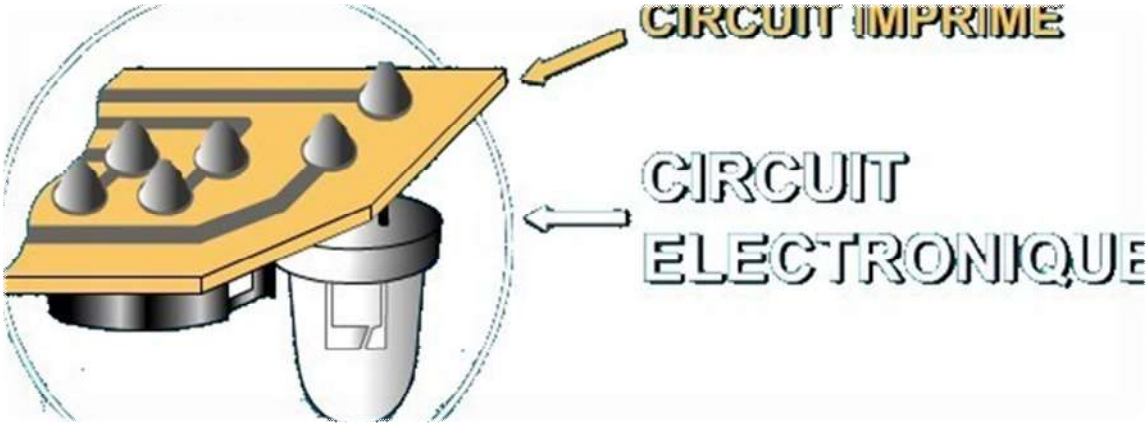


Figure 3.2 : schéma d'un circuit imprimé et circuit électronique

Pour bien comprendre cette partie il est important de visualiser comment estconstitué la plaque qui deviendra le circuit imprimé.

Constitution de la plaque :

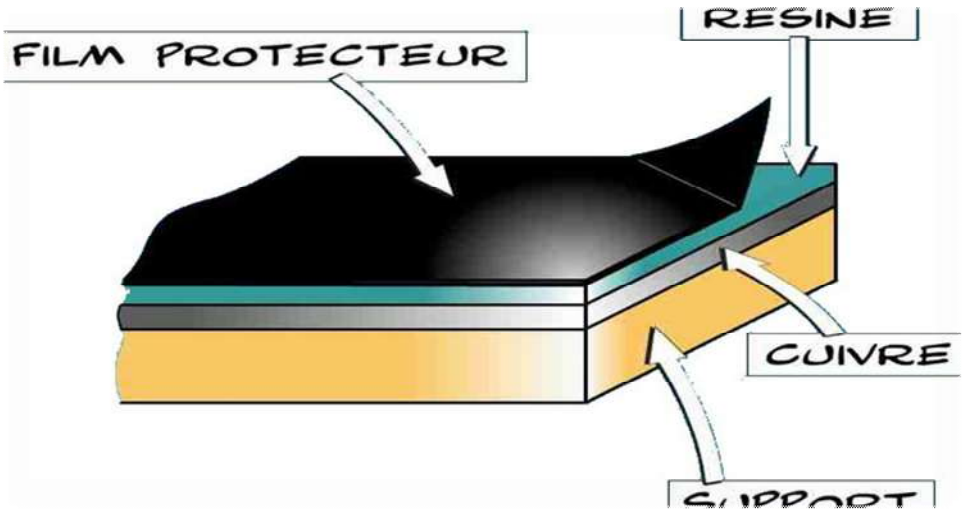


Figure 3.3 : constitution de la plaque

Toute la phase de préparation de la plaque a pour but d'enlever la résine puis une partie de la couche de cuivre pour que le cuivre restant forme les pistes que nous avons définies dans l'étape précédente.

4.5.2.2 Imprimer le typon :

Le typon est un dessin du circuit imprimé (pistes et pastilles) effectué sur un film transparent. Le typon sera utilisé pour réaliser le circuit imprimé parphotogravure (prochaine étape). Le typon est donc produit d'après le routage effectué précédemment.

Le typon par rapport à la simulation :

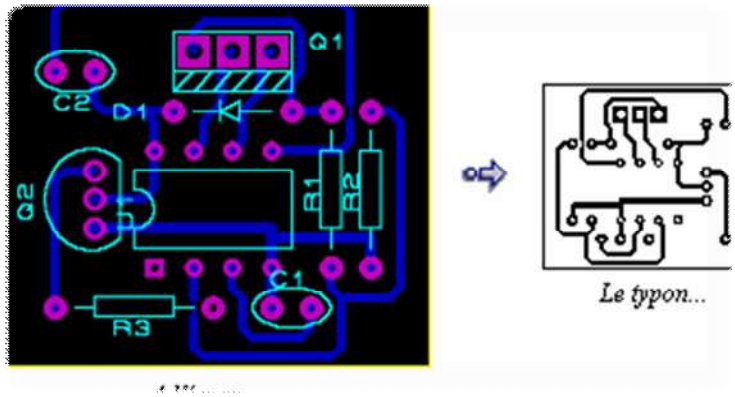


Figure 3.4 : schéma de typan par rapport à la simulation

4.5.2.3 Insolation de la plaque époxy :

Après avoir retiré le film protecteur de la plaque époxy, la résine se trouve à la surface. Cette résine a pour propriété de se modifier lorsqu'elle est exposée aux rayonnements Ultra Violet (UV), elle est dite photosensible. Cette propriété est intéressante car il suffit d'isoler des UV certaines parties de cette résine pour qu'elle ne soit pas modifiée. On comprendra l'intérêt d'avoir modifié une partie de cette résine lors de la révélation (étape suivante).

Il va donc falloir exposer notre plaque aux UV (c'est ce qu'on appelle l'insolation de la plaque).

Pour cela on utilise une insoleuse.

Une insoleuse :

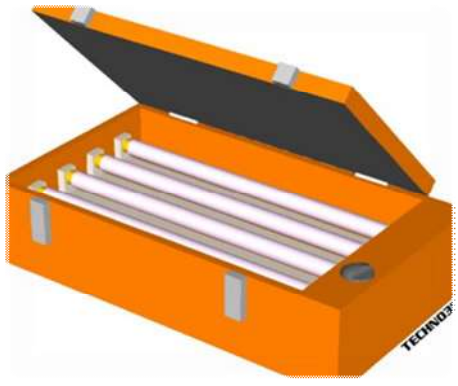


figure 3.5 : l'insoleuse

• Une insoleuse est principalement constituée de puissants tubes néon UV et d'une vitre totalement transparente sur laquelle on déposera la plaque.

• Une fois fermée elle ne laisse pas passer la lumière car les UV présentent un

danger particulièrement pour nos yeux.

Maintenant nous allons utiliser le typon que nous avons obtenu dans la phase précédente. On l'intercale entre les tubes UV et le côté résine de la plaque comme illustré ci-dessous.

Placement des différents éléments pour l'insolation :

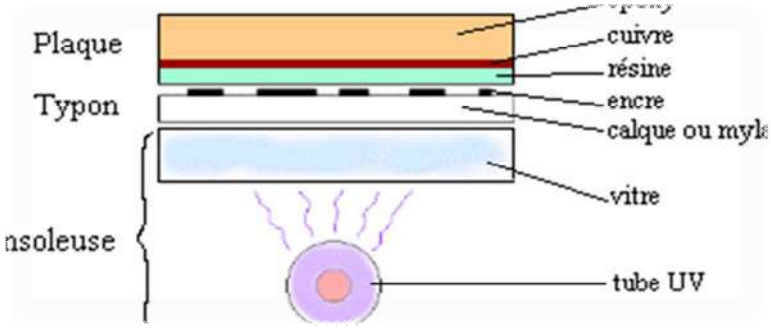


Figure 3.6 : Placement des différents éléments pour l'insolation

On comprend à présent mieux pourquoi il faut que les pistes imprimées sur le typon soit très noires et donc très opaques aux UV et le reste du support très transparent afin de laisser la voie libre aux UV. Ainsi la résine sera modifiée pendant la phase d´insolation uniquement sur les zones de la plaque exposées aux UV donc toutes celle où il n'y aura pas de piste dessinée, alors que les parties non exposées resteront intactes.

4.5.2.4 La révélation :

Le révélateur est un produit chimique que l'on peut le fabriquer soi-même, puisqu´il s´agit d´une simple solution de soude caustique à 7g/l comme le Destop(produit pour déboucher les canalisations). Cependant on la trouve à l'achat déjà dosée. Sa manipulation nécessite des précautions comme le port de gants. L'efficacité du révélateur est meilleure quand il est tiède.

On doit maintenant placer la plaque dans un bac contenant le révélateur.

Le révélateur :

• On utilise une cuvette pour placer le révélateur puis la plaque.

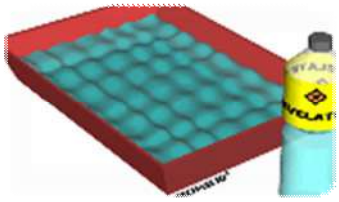


Figure 3.7 : le révélateur

Le révélateur va dissoudre les zones de la résine qui ont été détruites pendant l'insolation. La couche de cuivre va progressivement apparaître autour des pistes qui sont encore protégées par la résine .

Une fois la plaque révélée elle est sortie du bac et rincée à l'eau.

Maintenant que nous avons fait apparaître la couche de cuivre autour des pistes protégées par la résine, il faut la détruire.

4.5.2.5 Graver le circuit imprimé :

Notre plaque est plongée dans un bac à graver qui contient un produit acide : le perchlorure de fer. Cet acide va dissoudre le cuivre autour des pistes protégées par la résine. Le Perchlorure de Fer suractivé est un liquide de couleur marron très foncé. On l´utilise pour graver les circuits imprimés car il a la particularité de détruire (par réaction chimique) tout le cuivre qui n´est pas recouvert de résine photosensible. Cela a pour conséquence de ne laisser sur la platine que les pistes qui nous intéressent.

Pour cette étape on utilise un bac à graver :

• Il peut contenir une résistance de chauffage et un bulleur pour accélérer la réaction chimique

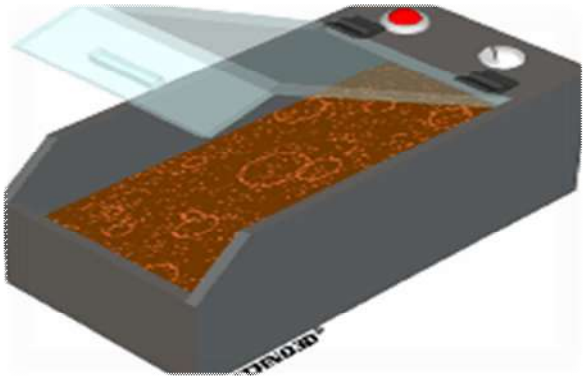


Figure 3.7 : le bac à graver

Une fois votre circuit gravé, il reste à enlever les traces de résine qui subsistent sur les pistes protégées. Nous utiliserons pour cela du dissolvant, ou encore de l´acétone. Le but est d'obtenir un circuit avec des pistes bien nettes et sans aspérités.

Circuit Imprimé Final :



Figure 3.8 : schéma de circuit imprimé final

Notre circuit imprimé est maintenant terminé il ne reste plus qu'à souder les composants pour former le circuit électronique.

4.6 Mise en place et soudure des composants :

Il existe plusieurs technologies de composants, le circuit imprimé que nous avons conçu dans les étapes précédentes est destiné à accueillir des composants dit traditionnels. Mais il existe aussi des composants SMD*.

A - Percer le circuit :

Avant de souder les composants, il nous faut percer les pastilles. Ces trous correspondent à l'emplacement des pâtes des composants. Pour cela on utilise une perceuse à colonne.

Une perceuse à colonne :

- On place le circuit imprimé sur le support.
- On choisit la taille du foret en fonction des composantsqui devront être soudés (entre 0.6mm et 1.5mm)



Figure 3.10 : une perceuse à colonne

Une fois toutes les pastilles percées au bon diamètre on va pouvoir souder les composants.

B - Souder les composants :

A présent on doit placer les composants sur la plaque en s'aidant du schéma. Pour souder on utilise un fer à souder et de l'étain car c'est un métal facilement manipulable et que sa température de fusion est assez basse (il fond facilement).

Un fer à souder :

- La partie métallique s'appelle la panne, c'est la partie qui chauffe.
- On utilise l'extrémité de la panne pour faire fondre l'étain lors de la soudure



Figure 3.11 : un fer à souder

Cependant les soudures doivent respecter quelques règles.

Les 4 étapes d'une soudure :

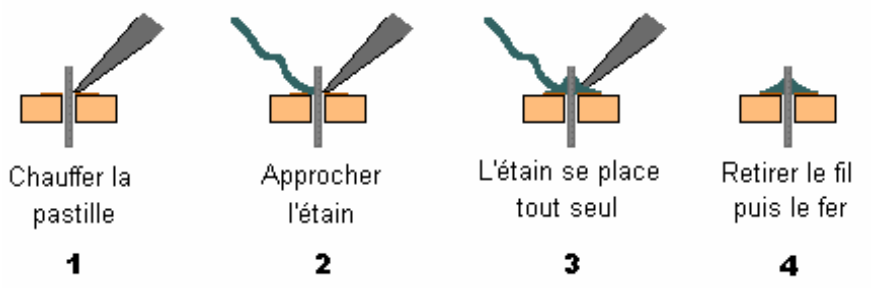


Figure 3.12 : les quatre (4) étapes d'une soudure

Une mauvaise soudure peut par exemple conduire à des courts circuits si deux pistes sont reliées par erreur.

Bibliographie



[1] **Gilles Prod'Homme**, « *Commande numérique des machines-outils* » 1989

[2] ***Prof. Marcel Jufer,*** *« traite d'électricité électromécanique »* Volume IX ISBN 2-88074-285-4

[3] ***J.R. Hendershot Jr and Tje Miller,*** *« magna physics publications – magnet motors »* ISBN 1-881855-03-1

[4] ***Takashi Kenjo and Akira Sugawara*** « *stepping motors and their microprocessor controls* » ISBN 0-19-859385-6

[5] ***Dr Nicolas Wavre*** **ECOLE** « technique de l'ingénieur, traité génie mécanique », B 7130, pp.3, 1997

[6] ***Patrice Oguic ,*** *« Moteurs pas-à-pas et PC »* 2004 - 2ème édition ISBN 2-10-007174-2

Liens internet :

www.lelectronique.com

www.techno-flash.com

www.abcelectronique.com

http://membres.lycos.fr/techno3d/

http://lewebelectronique.free.fr/

http://www.aurel32.net/elec/port_parallele.php

http://www.fapo.com/1284int.htm