République Algérienne démocratique et populaire

Ministère de l'enseignement supérieur

Et de la recherche scientifique

Universitaire Dr YAHIA FARES de Médéa

Faculté des sciences et de la technologie

Département du génie de la matière

Mémoire de projet de fin d'étude

Pour l'obtention du diplôme master en génie mécanique

Option mécatronique

Thème

Etude de conception d'un tour à commande numérique. Proposition d'un protocole De conversion d'une MO conventionnelle en une MOCN

Réaliser par:

- *Mr: BERRAF Billal*
- *Mr: TELDJOUNE Noureddine*

Dirigé par:

- *Dr: ALLICHE Mounir*
- *Mr: TCHOCATCH Kebir*

Promotion 2013-2014.

Remerciement

Louange tout d'abord à ALLAH qui nous à donné la force pour Terminer ce modeste travail. Avant tout nous remercions ALLAH De nous avoir accordé Des connaissances de la science et de nous Avoir aidés à réaliser ce travail.

Nous tenons à remercier chaleureusement et respectivement tons Ceux Qui ont contribué prés ou loin à la réalisation de ce modeste Projet de fin D'étude en particulièrement notre promoteur ALLICHE Mounir et TCHOCATCH Kebir ainsi chef département ZIRARI Mounir et monsieur BACHEN Mourad et RIBHI Ridha.

Nos vifs remerciements aux membres du jury d'avoir accepté de juger Notre travail, qu'ils trouvent ici notre gratitude à nos enseignants Faculté Des sciences de technologie en particulier qui ont contribués À notre formation.

Noureddine et Billal

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à mes très chers parents qui m'ont aidé et en Courage durant toutes mes études.

A mes cher frère ainsi que toutes mes proches la famille TELDJOUNE et SEHIL et BERRAF.

A toute mes amis les quel j'ai partagé mes meilleur moment sur tout mon Binôme Bilal, Samir, Amin, Haroun, Rabie, Mohamed, Hamid, Madjid, Badaoui, Belcasem, Hamza, Ali, Mourad, Yasser, Amour, Ahmed, Abdou, Mustapha, Amer, Dhaif, HAMZI Hamza, MADANI, Mr : Zouaouine et tout mes Amis De génie mécanique sur tous mon promo mécatronique et tous les étudient merci.



Mr : TELDJOUNE

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à mes très chers parents qui m'ont aidé et en Courage durant toutes mes études.

A toutes les familles BERRAF a mes chers frères et ma femme ainsi que Toutes mes proches la famille BERRAF.

A toute mes amis les quel j'ai partagé mes meilleur moment sur tout mon Binôme Noureddine, Mahdjoub, Bounaadja, Samir, BEZIOU Mohamed, Rabie Et tout mes Amis de génie mécanique sur toute mon promotion Mécatronique et tous les étudient merci.

Mr : BERRAF



Sommaire

Introduction générale **01**

CHAPITRE I : LES TOURS CONVENTIONNELS

I.1 Introduction **03**

I.1.1Définition des tours 03

I.2Déférant types des tours **03**

I.2.1 Tour revolver 03

I.2.2 tour frontal (ou Tour en l'air) 04

I.2.3 Tour vertical 05

I.2.4 Tour parallèle 06

I.3Caractéristiques des tours **06**

I.3.1 Caractéristiques justifiant la classe de la machine : 06

I.3.2 Caractéristiques principales: 06

I.4 les organes des tours : **07**

I.4.1 les organes support de pièce 07

I.4.2 1es organes supporte d'outille : 08

I.4.3 les organes permettant le réglage des vitesses: 09

I.5 Principe du tournage : 10

I.5.1 Opérations de base 10

I.5.1.1 En chariotage : 11

I.5.1.2 En dressage : 11

I.5.1.3 En combinant les deux types de déplacements : 12

I.6 Paramètres de coupe en tournage **13**

I.6.1 Vitesse de coupe 13

I.6.2 Vitesse d'avance v_F, Avance par tour f 14

I.6.3 Profondeur de coupe a_p 15

I.7 Conclusion **19**

CHAPITRE II : NOTION SUR LES MACHINES OUTIL A COMMANDE NUMERIQUE

II.1 Introduction : **16**

II .1.1 Généralités : 16

II.1.2 Historique : 16

II.1.3 Sécurité : 19
II.2 Définitions et structure physique de la MOCN : 19
II.2.1 Partie opérative : 19
II.2.2 Armoire électrique de relayage ou armoire de puissance : 21
II.3. Domaine d'utilisation : 21
II.4. Les différents types de MOCN : 22
II.5. Classification des MOCN : 22
II.5.1. Classification des MOCN selon le mode de fonctionnement : 23
a. Fonctionnement en boucle ouvert : 23
b. Fonctionnement avec commande adaptative : 24
II.5.3 Classification des MOCN selon le mode d'usinage 26
- Commande numérique par axial : 26
- Commande numérique de con tournage : 26
- Commande numérique de con tournage : 27

II.6. Les origines des systèmes de coordonnées : 27
Remarque : 28
II.7 Décalage et géométrie d'outil : 29
II.7.1. Décalage de l'origine machine : 29
II.7.2 Géométrie des outils : 30
❖ Données de l'outil : cas de fraisage : 30
❖ Données de l'outil don le cas de tournage : 31
II.8. La programmation : 33
II.9. Conclusion : 34

CHAPITRE III : LES MOTEURS PAS A PAS

III.1 Introduction : 35
III.2 Propriétés et applications : 35
III.2.1 Utilisations des moteurs pas à pas : 36
❖ Les moteurs bipolaires : 37
❖ Les moteurs unipolaires : 38
III.3 Les principaux types de moteurs pas à pas : 39
III.3.1 Moteur pas a pas a réluctance variable : 39
III.3.1 .1 Composition d'un moteur pas à pas à réluctance variable : 39

III.3.1.2 Technologie des moteurs pas-a-pas à réluctance variable : 39
III.3.1.3 Les modes de commande d'un moteur pas à pas à réluctance variable : 40
❖ Fonctionnement en pas entier : 40
❖ Fonctionnement en mode « High Torque » (fort couple) 40
❖ Fonctionnement en mode demi- pas 41
III.2.3 Moteur pas à pas aiment permanent (MP) : 41
III.3.2 .1 Composition d'un moteur pas à pas à aimant permanent 41
III.3.3 Les modes de commande d'un moteur pas à pas à aimant permanent : 42
III.3.3.1 Fonctionnement en pas entier : 42
III.3.3.2 Fonctionnement en mode « High Torque » (fort couple) : 42
III.3.4 Les avantages et les inconvénients des moteurs pas à pas aimant permanent : 43
III.4 Moteur pas-à-pas hybride MH : 44
III.4.1 Composition d'un moteur pas à pas hybride : 45
III.4.2 Fonctionnement d'un moteur pas à pas hybride : 45
III.4.3 Technologie des moteurs pas a pas hybride : 46
III.4.4 Commande moteur pas à pas hybride : 46
❖ Câblage 4 fils : 47
❖ Câblage 6 fils : 47
❖ Câblage 8 fils : 48
III.5 Avantages du moteur pas à pas hybride : 48
III.6 Inconvénients du moteur pas à pas hybride : 48
III.7 Comparaison entre les trois types de moteurs pas à pas : 49
III.8 Conclusion : 49

CHAPITRE IV : SIMULATION PAR LOGICIEL ISIS

IV.1Introduction : 50
IV.2 Définition des dimensions de la feuille de travail: 50
IV.2.1Définition des propriétés du dessin: 51
IV.3Placement du cartouche: 52
IV.4 Recherche des composants: 53
IV.4.1 Sélection des composants: 53
IV.4.2Placement des composants sur la feuille de travail: 54
IV.5 Utilisation de la touche édition instantanée: 55
IV.6 Placement des bornes d'entrée, de sortie et d'alimentation: 55

IV.7 Réalisation des liaisons entre composants: **57**
IV.7.1 Dénomination des liaisons: 58
IV.7.2 Edition de la liste du matériel nécessaire: 58
IV.8 Sauvegarde du fichier dessin: **59**
IV.8.1 Impression du schéma: 60
IV.9 les claviers d'Isis: 61
IV.10 Schéma de simulation par Isis proteus : **62**
IV.11 Programmation logiciel micro C **62**
IV.12 Conclusion : **64**

CHAPITRE V : CONCEPTION DE PROTO TYPE TOUR CNC

V.1 Introduction : **65**
V.2 Étude cinématique : **65**
V.2.1 Schéma cinématique : 65
V.3 Etude de mouvement : **66**
V .4 Description de la machine : **66**
V.5 Fonctionnement de la machine (partie mobile) : **67**
V.5 .1 Déplacement longitudinal : 67
V.5 .1.1 Guidage 68
V.5 .1.2 Génération de mouvement : 68
V.5 .1.3 Transmission et transformation du mouvement : **68**
V.5.1.3.1 Choit des vis : 69
❖ Le pas du filet : 69
❖ Diamètre nominaux de filetages : 70
V.5.1.3.2 Les forces appliquées dans ce mécanisme : 71
❖ Section 01 : 72
❖ Section 02 : 72
V.5 .2 Déplacement transversal : 73
V.5.2.1 Guidage : 74
V.5.2.2 Génération de mouvement : 74
V.5.2.3 Transmission et transformation du mouvement : 74
V.5.3 Guidage en rotation : 74
V.5.4 Etude dynamique : **74**
V.6 Récapitulation : Liste des pièces formant l'assemblage **78**

V.7 Problématiques de la CNC **79**
V.7.1 Choix du type de moteurs 80
V.7.2 Choix de la puissance des moteurs : 80
V.7.3 Le choix du contrôleur pas à pas dépend de plusieurs facteurs : 80
V.7.4 Le choix de l'alimentation : 80
V.8 Matériel spécifique : **81**
V.8.1 Caractéristique(s) du moteur pas a pas : 81
V.9 Motorisation de la Machine CNC : **82**
V.10. Schéma global de raccordement des éléments d'une machine CNC avec 2 axes **83**
V.10.1 Schéma de câblage d'une machine CNC : 83
V.10.2. Les capteurs de fin de course : 84
V.11. PHOTOGRAPHIES DE LA MACHINE **84**
V.12.L'emballage des composant électrique **85**
V.13 Programmation de la machine CNC : **86**
V.13.1 Langage de programmation des MOCN avec G-CODE 86
V.14 Calculer la précision de la CNC : **86**
V.15 Conclusion : **87**
Conclusion général : **88**

LISTE DES FIGURES

Chapitre I

Figure I.1 : Tour revolver 04

Figure I.2 : Tour en l'air 05

Figure I.3 : Tour Vertical 05

Figure I.4 Tour parallèle 06

Figure I.5: Caractéristiques des tours 07

Figure I.6 : Poupée fixe du tour parallèle 08

Figure I.7 : Poupée mobile 08

Figure 1.8 : Le traînard 09

Figure I.9 : Chariot transversal et chariot porte-outil 09

Figure I.10 : Opérations de base en tournage 11

Figure I.11 : Dressage d'un tube 12

Figure 1.12 : Usinage de forme 13

Figure I.13 : Vitesse de coupe 14

Figure I.14 : Définition des trois variables : vitesse de coupeV_C, diamètre D, vitesse de rotation N 14

Figure I.15 : Vitesse d'avancev_f, Avance par tour f 15

Chapitre II

Figure II .1-Evolution de la CN de 1952a1995 18

Figure II.2 : Productivité comparée de diverses machine en fonction de leur dégrée d'automatisation. 19

Figure II.3 : Eléments de partie opérative. 20

Figure II. 4 : Fonction originale d'une commande numérique. 21

Figure II.5 : Domaine d'utilisation des M.O.C.N. 22

Figure II. 6. Fonctionnement en boucle ouvert. 23

Figure II.7 : Commande adaptative. 24

Figure II. 8 : Axes Primaires Et Axes Additionnels. 25

Figure II. 9 : Axes fraiseuse et tour. 25

Figure II.10 : Axes En Centre De Fraiseuse. 26

Figure II.11 : Commande Numérique Point A Point. 26
Figure II.12 : Commande Par axiale. 27
Figure. II.13 : Commande numérique de con tournage. 27
Figure II.14 : Point de référence dans le volume d'usinage don le cas tournage. 29
Figure II.15 : Point de référence dans le volume d'usinage don le cas fraisage. 29
Figure II.16 : Décalage d'origine de l'origine machine M à l'origine de la pièce W 30
Figure.1. 17 : Longueur d'une fraise. 30
Figure II. 18 : Type de l'outil (cas de fraisage). 31
Figure II.19 : Position du bec des outils. 32
Figure II.20 : Longueur de l'outil. 32

Chapitre III

Figure III.1 : Moteur pas à pas 35
Figure III.2 schéma d'un moteur bipolaire 37
Figure III.3 schéma d'un moteur unipolaire 38
Figure III.4 Fonctionnement en pas entier à réluctance variable 40
Figure III.5 Fonctionnement en mode « High Torque » à réluctance variable 40
Figure III.6 Fonctionnement en mode demi-pas à réluctance variable 41
Figure III.7 Composition d'un moteur pas à pas à aimant permanent 42
Figure III.8 : fonctionnement en pas a pas entier a aimant permanent 42
Figure III.9 Fonctionnement en mode « High Torque » à aimant permanent 43
Figure III.10 : Fonctionnement en mode demi-pas m à aimant permanent 43
Figure III.11 Composition d'un moteur pas à pas hybride 45
Figure III.12 Moteur pas à pas hybride en fonctionnement 46
Figure III.13 Moteur pas à pas hybride 4 fils 46
Figure III.14 Moteur pas à pas hybride 6 fils 47
Figure III.15 Moteur pas à pas hybride 8 fils 47

Chapitre IV

Figure IV.1 : feuille de travail 50
Figure IV.2 : taille de feuille 51
Figure IV.3 : propriétés du dessin 51
Figure IV.4 : propriétés de la feuille 52

Figure IV.5 : Placement du cartouche 52
Figure IV.6 : Recherche des composants 53
Figure IV.7 : Sélection des composants 53
Figure IV.8 : chois pas de grille 54
Figure IV.9 : les composants dans l'écran de contrôle 54
Figure IV.10 : Edité component 55
Figure IV.11: Pick terminals 56
Figure IV.12: Edit terminal label 56
Figure IV.13 : Réalisation des liaisons 57
Figure IV.14 : Edition de la liste du matériel nécessaire 58
Figure IV.15 : traitement de texte notamment 59
Figure IV.16 : choit d'enregistrement 59
Figure IV.17 : enregistrer le dessin 60
Figure IV.18 : les claviers d'Isis 61
Figure VI.19 : schéma de simulation 62
Figure IV.20 : pièce usiné 63

Chapitre V

Figure V.1 : schéma cinématique d'un tour CNC 65
Figure V .2: Proto type de tour CNC 66
Figure V.3 :déplacement des chariots 67
Figure V.4 :déplacement logitudinal de chariot 68
Figure V.5 : Système pignon roue denté 69
Figure V.6 : transmission vis et écrou 69
Figure V.7 : filet de la vis 70
Figure V.8 : Les forces appliquées 71
Figure V.9 : Section 01 72
Figure V.10: Section 02 73
Figure V.11 : déplacement transversal du chariot 74
Figure V.12 : Bague de frottement 75
Figure V.13 : Format A4-1 d'un prototype de tour CNC 76
Figure V.14 : Format A4-2 d'un prototype de tour CNC 77
Figure V.15 : kit CNC deux axes 79

Figure V.16 : Représentation de Dimension d'un Moteur pas a pas 81
Figure V.17 : Connexion d'un driver de moteur pas à pas 82
Figure IV.18 : Schéma classique de fonctionnement 82
Figure V.19 **:** Schéma de raccordement les éléments d'une machin CNC avec 2 axes 83
Figure V.20 : Schéma de câblage de machine CNC 83
Figure V.21 : Représentation de la machine en l'axe X 84
Figure V.22 : Représentation de la machine en l'axe Z 85
Figure IV.21. Représentation les éliment de commande 85

LISTE DES TABLEAUX

Tableau II.1 : Axe des différents mouvements possibles 25
Tableau II.2 : Points utilisées dans des MOCN 28
Tableau III.1 : alimentation d'un enroulement à la fois 37
Tableau III.2 : alimentation de deux enroulements à la fois 38
Tableau III.3 : Séquence d'alimentation des enroulements 38
Tableau III-4 : Comparaison des performances pour les trois types de moteurs pas à pas 49
Tableau V.1: dimensions normalisées de la vis. 70
Tableau V.2 :liste de pièce 79

NOTATION

CN : Commande Numérique

CNC : Commande Numérique par Calculateur

MOCN : Machine Outil Commande Numérique

MIT : Machine Incité de Technologie

MO : Machine Outil

CPU : Unité centrale de traitement

UC : Unité Commande

UAL : Unité Arithmétique et Logique

MPP : Moteur pas à pas

MRV : Moteur pas à pas Réluctance Variable

MP : Moteur pas à pas aiment Permanent

MH : Moteur pas à pas Hybride

HdP : Hauteur de Point

EP : Longueur de Point

OM : Origine machine M

Om : Origine mesure R

OP : Origine Programme

Op : Origine Pièce W

T : Point de référence du logement d'outil N

DCN : Directeur de Commande Numérique

F.A.O : Fabrication Assisté par Ordinateur

W : Vitesse angulaire (rad/s)

N : Vitesse de rotation (tr/min)

V : Vitesse de coupe (mm/s)

$\mathbf{v_f}$: vitesse d'avance (mm/min)

f : avance (mm/min)

$\mathbf{a_p}$: profondeur de coupe

P : Poids (N)

$\mathbf{M_f}$: Moment fléchissant (N.m)

g : graffité (9.81 m/s^2).

ملخص:

تستخدم آلات الخراطة في عدة مجالات صناعية وخاصة آلات التحكم العددي.

الهدف من هذا العمل هو تصميم وإنشاء آلة خراطة صغيرة ذات تحكم عددي و لقد تم تصميم هذه الآلة باستعمال برنامج (SolidWorks).

وفيما يخص بطاقة التحكم في المحركات الخطوية قمنا بالمحاكات في برنامج "Isis proteus".

الكلمات الرئيسية: آلة خراطة صغيرة ذات تحكم عددي،دراسة،محرك خطوي،ازيس بروتيس

.

RESUMER :

Les machines tour plus utilisées dans secteurs industriels, en particulier les machines tour à commande numérique.

Le but de ce travail est l'étude et la conception d'un petit tour à commande numérique. La conception de cette machine est faite à l'aide du logiciel 'SolidWorks'. La carte de commande du moteur pas à pas a été simulée à l'aide du logiciel 'Isis proteus'.

Mots-clés: prototype tour CNC, étude, Moteur pas à pas, Isis proteus.

ABSTRACT:

The machines used in turn more industries, especially turn CNC machines.

The aim of this work is the study and the design of a small CNC lathe turn. The design of this machine is made with SolidWorks' software. We have done this work and that the control board stepper motor simulation program have used we Isis Proteus software.

Keywords: CNC prototype, study, stepper motor, Proteus Isis.

Introduction générale

Le développement industriel est porté par le souci permanent de trouver de nouvelles procédures de fabrication pour des produits présentant un rapport qualité/prix de plus en plus amélioré.

L'usinage de pièce se fait par enlèvement de coupeau sur les machines-outils conventionnelles. Cette fabrication prend beaucoup de temps de fabrication, et demande une grande expérience des opérateurs pour arriver à une qualité (précision) d'une pièce juste moyenne. Par contre, en utilisant une machine-outil à commande numérique, l'usinage est beaucoup bien précis et il ne demande pas beaucoup de temps mais il nécessite une maîtrise de la machine et de la programmation.

En outre, il est possible de transformer un tour conventionnel en une machine-outil à Commande Numérique en utilisant des kits CNC. Les utilisateurs auront également besoin de programmer des trajectoires d'outils nécessaires à la machine par l'intermédiaire d'une conception assistée par ordinateur ou de la fabrication (CAO / FAO) et le tester.

Dans ce contexte, ce travail a pour but de faire la conception et l'étude de fabrication d'un tour CNC prototype.

Pour ce faire, on a divisé notre travail en cinq chapitres :

Dans le premier chapitre est consacré à la définition et présentation des machines-outil et les tours conventionnels en générale. Dans ce même chapitre, on décrit en général les tours parallèles en donnant leurs caractéristiques et le principe de tournage.

Le deuxième chapitre est consacré à la présentation des machines outil à commande numérique MOCN; un aperçu général sur la technologie des MOCN, citant la classification, l'architecture, la programmation des MOCN pour différentes commandes.

Le troisième chapitre étudie les moteurs pas-à-pas. On présente leurs différents types ainsi que leurs diverses technologies et leur mode de commande.

Dans le quatrième chapitre, on donne une description du logiciel ISIS et comment utilisé et essai crée la simulation d'un deux moteur pas à pas à pic '16f877' programmé en microcontrôleur.

Le cinquième chapitre est consacré à la conception du prototype du tour en utilisant le logiciel ‘SolidWorks’ et la liaison du kit CNC avec la machine.

On termine le présent mémoire par une conclusion générale.

CHAPITRE I : LES TOURS CONVENTIONNELS

I.1 Introduction :

Le premier tour connu est celui du potier servant à former l'argile. On a ensuite travailler le bois puis les métaux. Au Moyen Âge, la pièce et l'outil sont entraînés à la main. À la fin du XVIIe siècle, ils sont entraînés par une roue hydraulique. Au XIXe siècle, le tour est entraîné par un moteur électrique et possède une boîte d'avance. [1]

Dans ce chapitre portant sur le tour parallèle (dont un modèle est représenté à la figure I.4), vous apprendrez à monter pièces et outils, à régler les vitesses et les avances ainsi qu'à contrôler l'exécution des différentes phases du travail en appliquant les mesures de sécurité.

I.1.1Définition du tour : [1]

Le tour permet de réaliser des surfaces hélicoïdales (filetage) et des surfaces de révolution : cylindres, cônes et plans (génératrice perpendiculaire à l.axe de révolution).

L'utilisation principale des ces machines est l'usinage des pièces de révolution par exemple les arbres. La pièce, généralement tenue par le mandrin, a un mouvement de rotation (mouvement de coupe) transmis par la broche. L'outil peut se déplacer en translation suivant deux directions. Ces, deux directions, perpendiculaires entre elles, appartiennent à un plan auquel l.axe de la broche est parallèle. Le premier mouvement de translation est parallèle à l.axe de la broche. Le deuxième mouvement de translation est perpendiculaire à l.axe de la broche.

Bien que très répandues dans l'industrie, nous ne donnerons pas davantage d'explications sur ces machines car elles ne font pas, pour l'instant, partie des machines pour lesquelles nous avons cherché à améliorer les performances à l'aide de structures parallèles.

Les machines de tournage rencontrées dans l'industrie sont les suivantes. Les tours traditionnelles.

- les tours parallèles ;
- les tours revolver ;
- les tours en l'air ;
- les tours verticaux ;

I.2 Déférant types des tours :

I.2.1 Tour revolver : [2]

Le **tour revolver** ou **tour à tourelle revolver** est conçu pour usiner des pièces prises dans une barre ou reprises sur plateau après un précédent usinage L'emploi de ce type de tour est réservé pour l'usinage de série de pièces dont le temps d'exécution sera plus court que sur un tour conventionnel en dépit du nombre de réglages et du temps de préparation. Son emploi est également limité à un certain diamètre de pièce. Figure I.1.

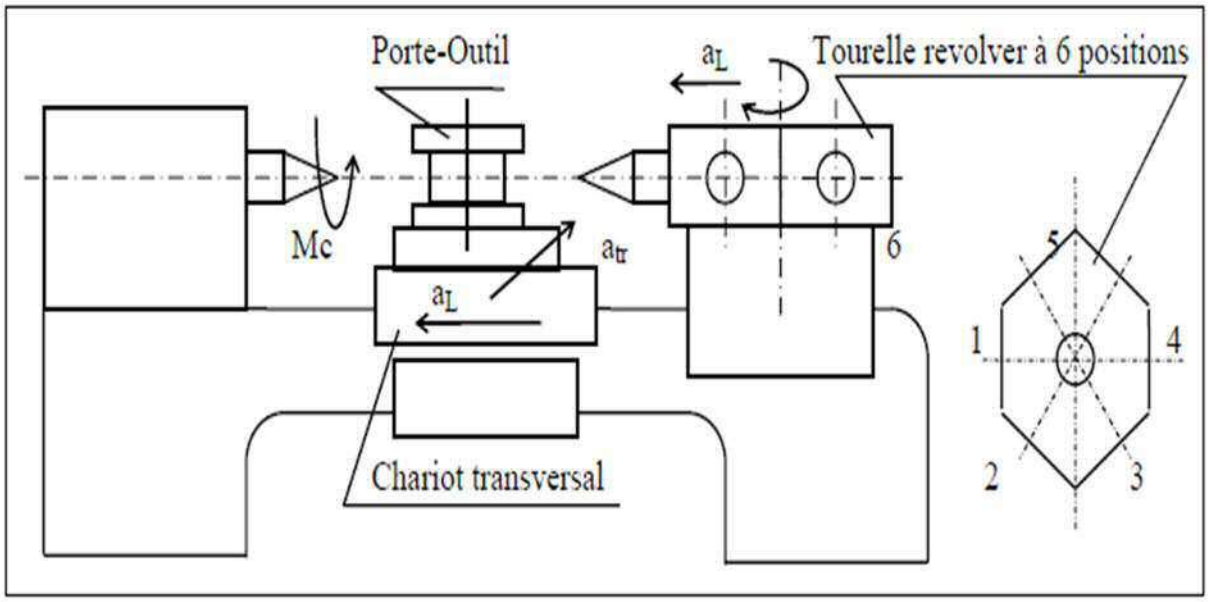


Figure I.1 : Tour revolver [2]

I.2.2 Tour frontal (ou Tour en l'air) : [2]

Sur les petites machines, les avantages sont :

- Usinage de haute précision ;
- Réglage rapide ;
- Faible encombrement au sol ;
- Broche à serrage en pince tirée, poussée, ou mandrin ;
- Le nez de broche trempé et rectifié accepte une large gamme d'outillages de broches
- (Expansible - pince cloche - tasseaux...). Sur grosse machine : banc très court, pas de poupée mobile, usinage de pièces de grand diamètre ne nécessitant pas l'usage d'un tour vertical, prise des pièces en plateau à trous ou en mandrin, le plus souvent à 4 mors indépendants. Figure I.2.

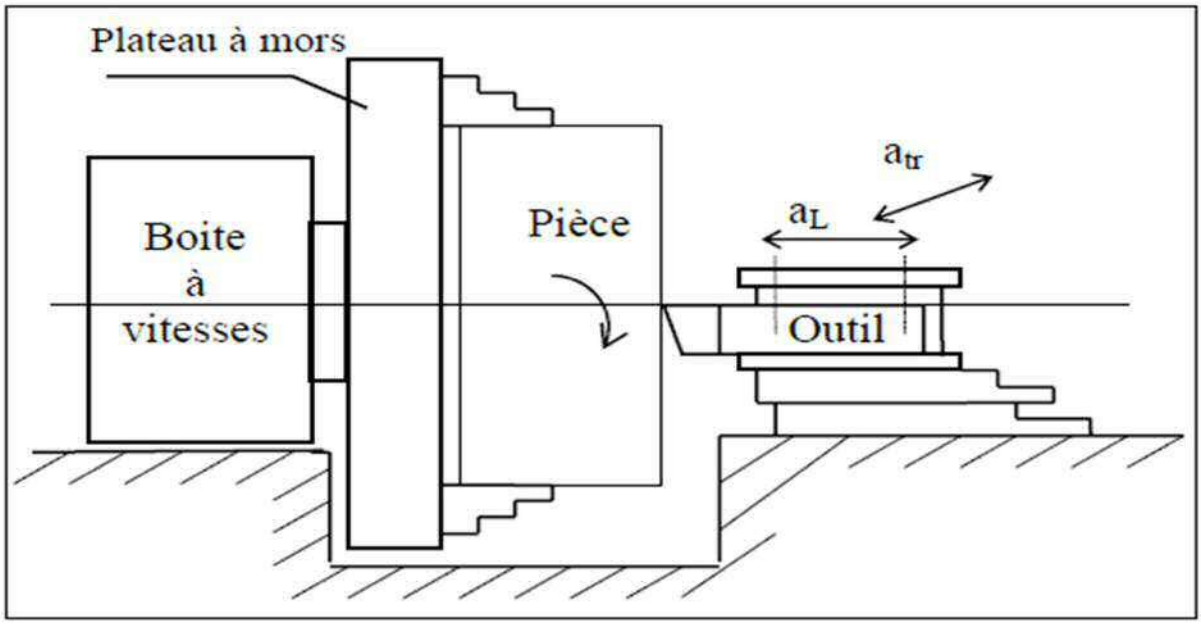


Figure I.2 : Tour en l'air [2]

I.2.3 Tour vertical : [2]

Le tour vertical est un tour dont l'axe est vertical et non horizontal. Plus généralement utilisé dans la grosse industrie, il permet d'usiner des pièces de grand diamètre en évitant la flexion due au poids des pièces et de gagner de la place dans un atelier.

Le montage et le réglage de la pièce étant souvent difficile, certains tours verticaux permettent d'exécuter des phases de pointage, perçage et fraisage. (En développement) Exemple de machine en utilisant ce lien.

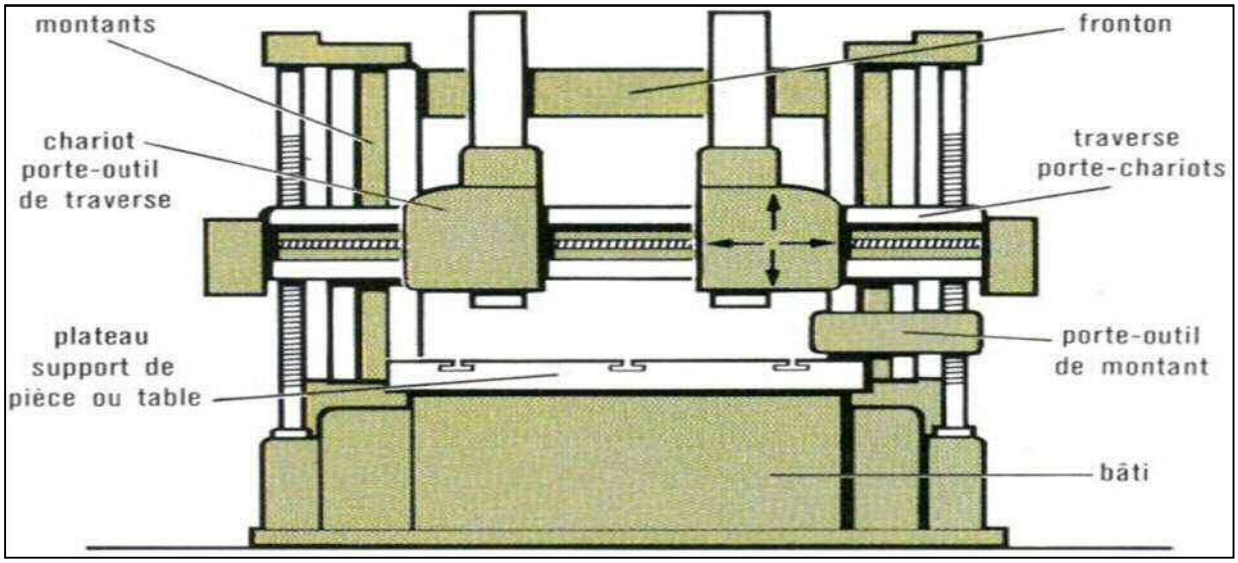


Figure I.3 : Tour Vertical [2]

I.2.4 Tour parallèle : [1]

L'appellation de tour parallèle provient de la particularité suivante ; l'automaticité du chariot longitudinal ou trainard permet l'exécution de pièces à génératrices parallèles, soit en l'air, soit entre pointes, dans ce dernier cas, après réglage préalable de la contre pointe, en effet, la glissement du trainard sur le banc s'opère toujours parallèlement à l'axe des pointes. Cette particularité est mise à profit par le compagnon tourneur chaque fois qu'il lui est demandé de produire des formes cylindriques parfaitement calibrées (Figure I.4)

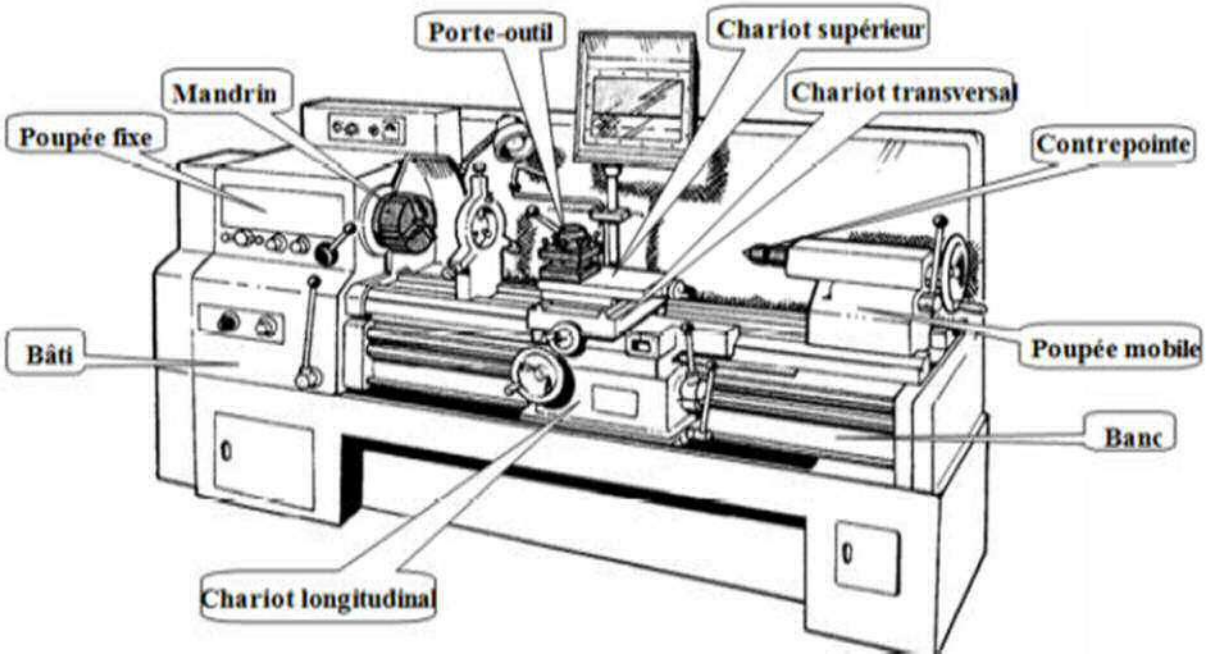


Figure I.4 Tour parallèle [1]

I.3 Caractéristiques des tours : [3]

I.3.1 Caractéristiques justifiant la classe de la machine:

- Hauteur de pointe - H.d.P ;
- Longueur entre pointes - E.P ;
- Masse ;

I.3.2 Caractéristiques principales:

- Diamètre admis au-dessus du banc ;
- Diamètre admis au-dessus des chariots ;
- Section des corps d'outil ;

- Diamètre d'alésage de la broche ;
- Type de nez de broche ;
- Emmanchement du nez de broche ;
- Gamme de vitesses de broche ;
- Gamme de vitesses d'avance et des pas ;
- Pas de la vis-mère ;
- Puissance du moteur ;

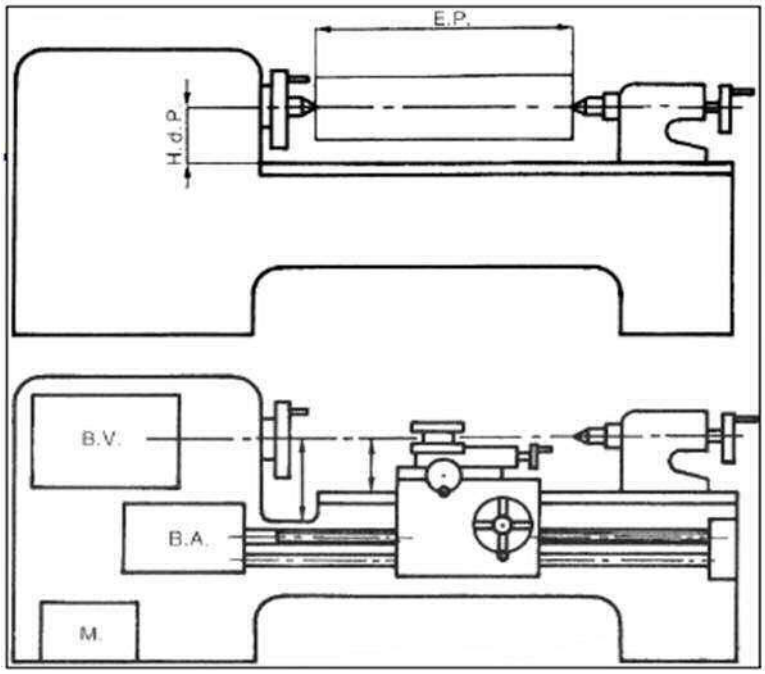


Figure I.5: Caractéristiques des tours [3]

I.4 les organes de tour parallèle : [4]

I.4.1 les organes support de pièce :

- **Poupée fixe :**

  La **poupée fixe** comporte les paliers qui supportent la broche et le dispositif de transmission de mouvement chargé d'entraîner celle-ci en rotation aux différentes vitesses de coupe requises. Elle comporte généralement la boîte de vitesses à trains baladeurs ou par variateur de vitesses (figure I.6) ainsi que les divers leviers de commande.

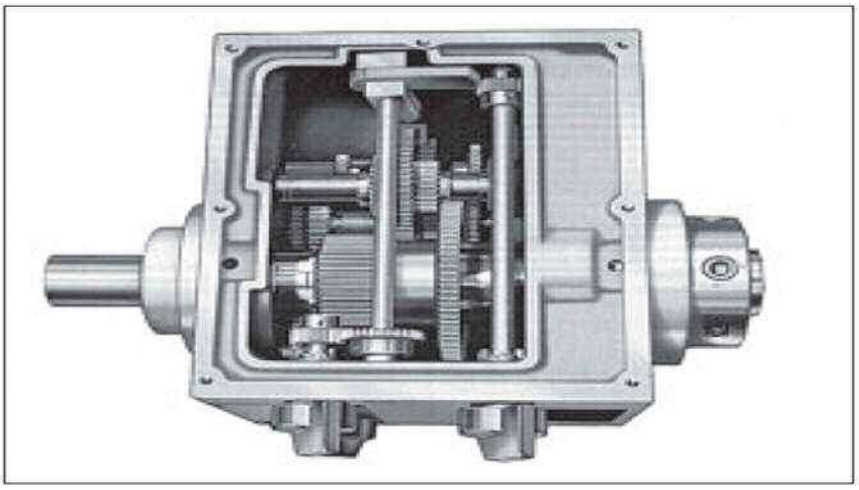


Figure I.6 : Poupée fixe du tour parallèle [4]

- **La broche :**

  C'est l'une des pièces maîtresses du tour. Elle est en acier au nickel chrome, traitée, rectifiée et montée sur roulements coniques. Elle reçoit une pointe sur l'emmanchement conique intérieur,

- **Poupée mobile :**

  Elle a un rôle de support de pièce (montages entre-pointes et mixte) et de support d'outil: perçage, alésage à alésoir, taraudage, filetage a la filière, etc. Elle est guidée par le banc et peut être immobilisée à n'importe quelle position sur celui-ci. Montée sur une semelle, guidée sur le banc, elle possède un réglage transversal qui permet d'obtenir une parfaite cylindricité. La figure (I.7) montre une poupée mobile.

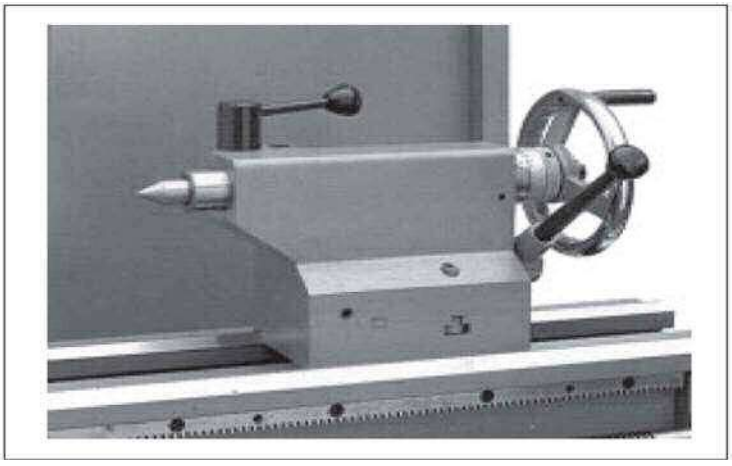


Figure I.7 : Poupée mobile [4]

I.4.2 1es organes supporte d'outille : [4]

- **Traînard :**

  En appui et guide sur le banc, il permet le déplacement de l'outil parallèlement à l'axe de la broche. Constitué par le tablier et la cuirasse, il reçoit le système mécanique de transmission des mouvements d'avance et supporte le chariot transversal et les commandes. Voir la (figure I.8).

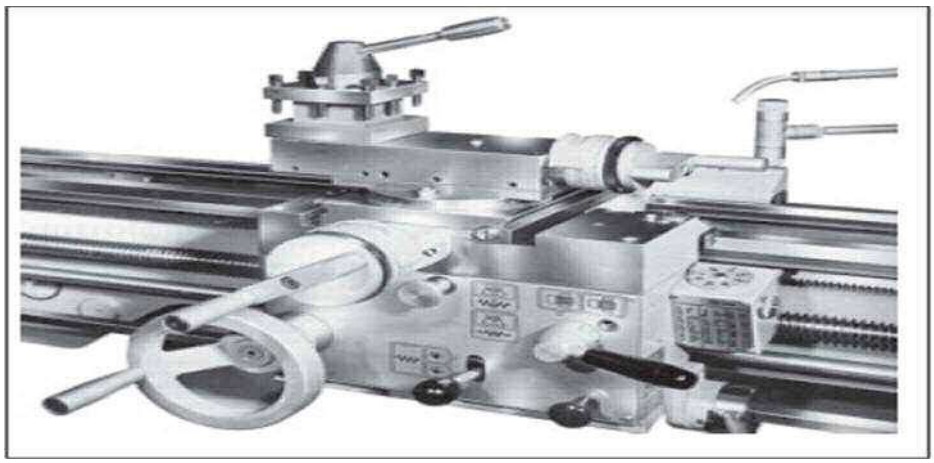


Figure 1.8 : Le traînard [4]

- **chariot transversal et le chariot porte outil :**

  Possèdent des guidages en queue d'aronde avec rattrapage d'usure par lardon réglé par vis. Le chariot transversal se déplace manuellement ou automatiquement dans un axe perpendiculaire à l'axe de la broche. Le chariot porte-outil ainsi que le porte-outil qui le surmonte pivotent dans le même axe et se bloquent dans l'angle voulu. Le chariot du porte-outil se déplace manuellement. La (figure I.9) montre ce dispositif.

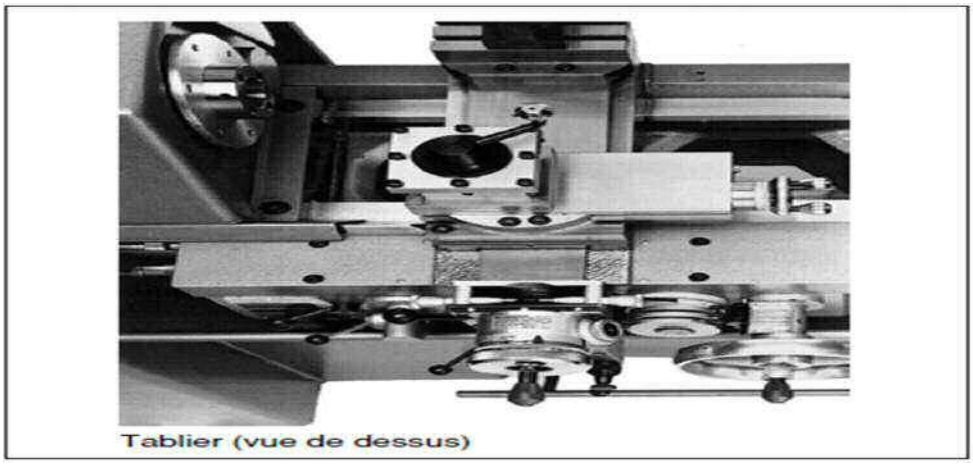


Figure I.9 : Chariot transversal et chariot porte-outil [4]

- **Tourelle :**

  Elle reçoit directement l'outil ou le porte-outil. Différents types: tourelles carrée, hexagonale, à porte-outil.

I.4.3 les organes permettant le réglage des vitesses: [4]

- **Boîte des vitesses :**

  Permet la sélection des vitesses de rotation. Sur certains tours, elle est remplacée par un variateur de vitesse permettant un choix judicieux et la possibilité d'augmenter ou de diminuer progressivement cette vitesse en fonction de la variation du diamètre en cours d'usinage (dressage de faces sur des pièces de dimensions importantes).

- **Boîte des avances et des pas :**

  Permet la sélection des avances d'outils pour chariotage et dressage (en millimètre par tour) et les pas pour les filetages.

  - Barre de chariotage :

    Elle assure le déplacement du traînard et du chariot porte-outil pour les avances automatiques.

  - Vis-mère :

    Un système vis-écrou (deux demi-écrous se refermant sur elle), elle permet le déplacement plus rapide du traînard pour l'exécution des filetages.

  - Inverseur :

    Permet d'obtenir le changement du sens d'avance automatique sans inversion du sens de rotation de la broche.

- **Le banc :**

  Supporte et permet le guidage de tous les éléments du tour. En fonte spéciale stabilisée, nervure pour assurer une déformation minimum, il est gratté ou rectifié. La tendance actuelle est de rapporter les parties frottant es de guidage (en acier traité et rectifié) qui peuvent être vissées ou collées.

I.5 Principe du tournage : [5]

I.5.1 Opérations de base :

En tournage extérieur, on peut souvent dissocier les pièces complexes en profils de coupe élémentaires pour le choix des outils et des paramètres de coupe. Pour faciliter le choix du type d'outil, on peut considérer qu'il existe, en tournage, quatre opérations de base (figure I.10) :

- tournage longitudinal, ou chariotage (1) ;
- dressage (2) ;
- tournage de cônes (3) ;
- contour nage (4).

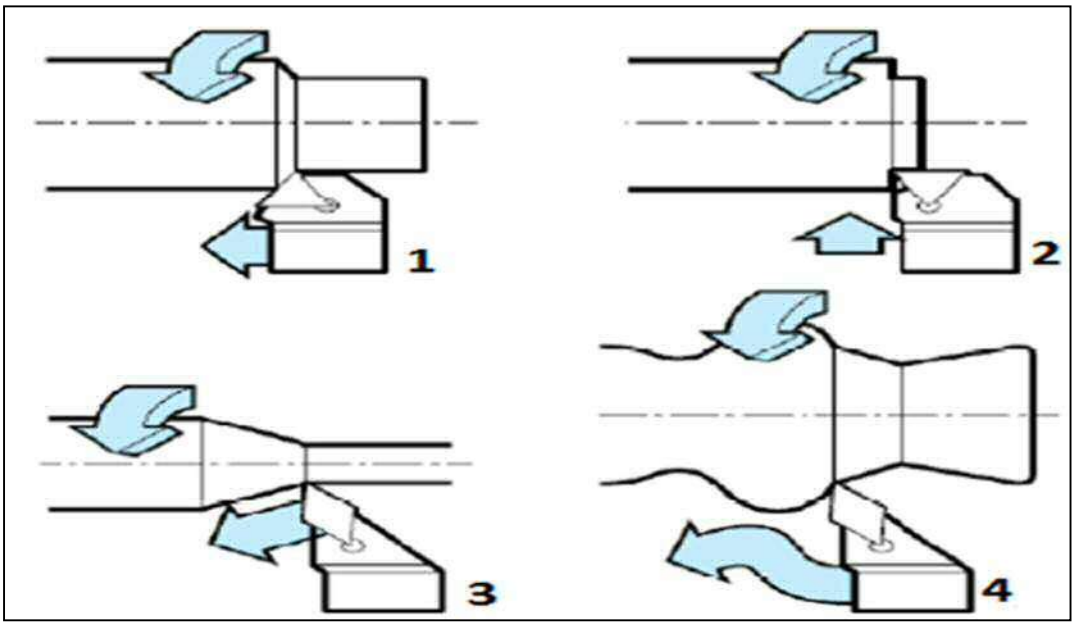


Figure I.10 : Opérations de base en tournage

I.5.1.1 En chariotage : [5]

Le mouvement d'avance (mouvement de l'outil) est une translation rectiligne parallèle à l'axe de révolution de l pièce, et cet usinage aura pour effet de réduire le diamètre de la pièce.

I.5.1.2 En dressage : [5]

Le mouvement d'avance est une translation rectiligne de l'outil perpendiculaire à l'axe qui diminue la longueur de la pièce et génère un plan orthogonal à l'axe (figure I.11).

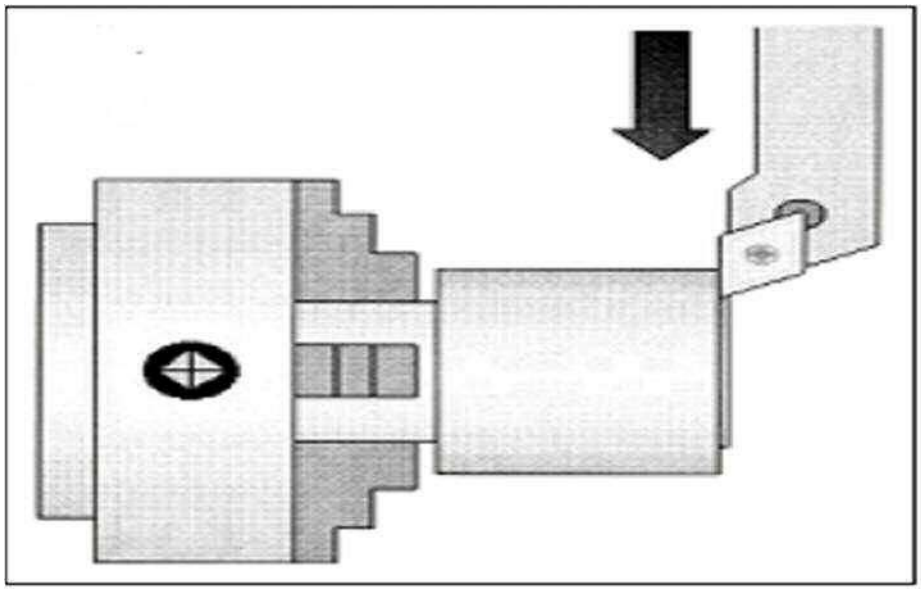


Figure I.11 : Dressage d'un tube

I.5.1.3 En combinant les deux types de déplacements :

Précédents (avance de l'outil en translation rectiligne oblique/axe), on génère des cônes de révolution. Le profil ainsi défini numériquement remplace le concept de gabarit de copiage. À l'opposé, les gorges, filetages, etc., sont obtenues par reproduction dans la pièce du profil de l'outil et sont qualifiés d'usinage « de forme » (figure I.12) :

- Travail d'enveloppe, chariotage (figure I.12a) ;
- Travail de forme typique : filetage (figure I.12b), usinage d'une gorge (figure I.12c).

Enfin, il existe bien sûr l'homologue de toutes ces opérations en travail intérieur de la pièce, de manière à réaliser aussi des alésages, chambrages... si la cinématique du procédé est semblable, les corps d'outils sont radicalement différents pour des problèmes d'accès et d'encombrement.

Les problèmes concrets relatifs aux usinages intérieurs (accès, encombrement, flexions d'outils, lubrification, évacuation de copeaux...) sont souvent beaucoup plus délicats que pour les usinages extérieurs.

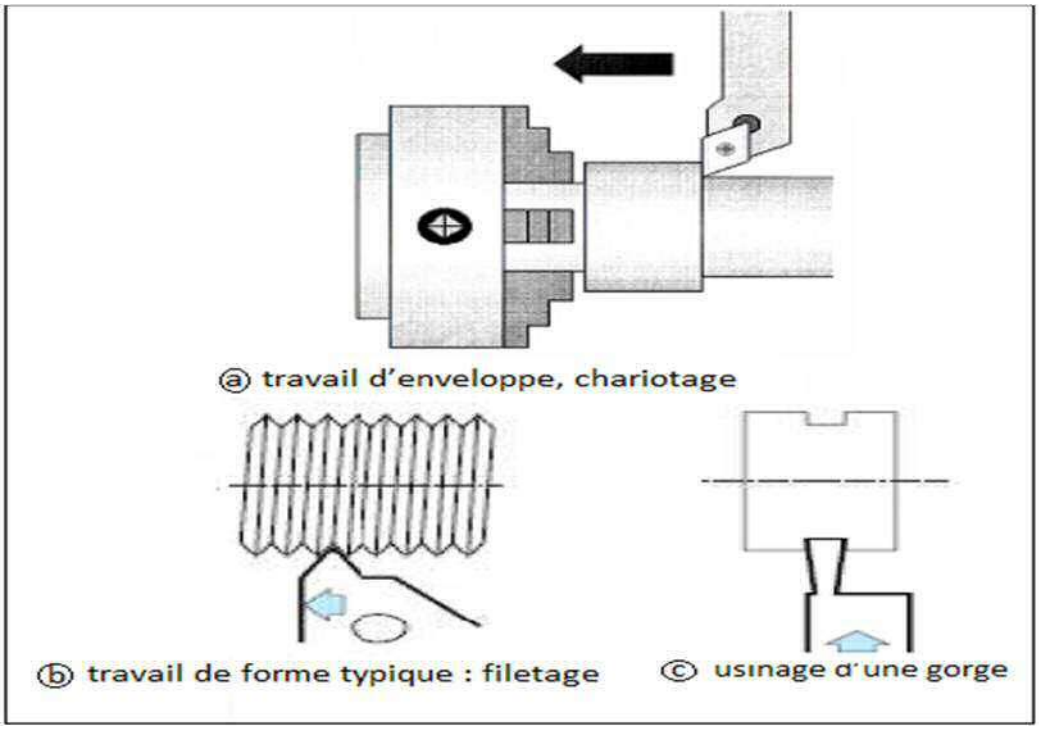


Figure 1.12 : Usinage de forme

I.6 Paramètres de coupe en tournage : [5]

I.6.1 Vitesse de coupe :

La pièce est entraînée sur le tour à une certaine vitesse w rad/s (soit N tr/min), cette vitesse angulaire étant communiquée par la broche de la machine via le porte-pièce (figure I.13). Compte tenu du diamètre de la pièce au point d'usinage situé sur un diamètre D, la vitesse relative de la pièce en ce point par rapport à l'outil (supposé fixe par rapport à la machine) vaut :

$$V_C = \frac{D}{2} \times w \qquad \text{I.1}$$

Cette vitesse est appelée vitesse de coupe ; soit, avec les unités traditionnelles de la fabrication mécanique :

$$N = \frac{1000 \times V_C}{D \times \pi} \qquad \text{I.2}$$

Il convient d'observer que la vitesse de coupe n'est constante que si la vitesse de broche et le diamètre de la pièce demeurent inchangés. En dressage, par exemple où l'outil se déplace en direction du centre, la vitesse de coupe varie continuellement si la rotation de la pièce s'effectue à une vitesse de broche constante. Or, pour une productivité maximale et une meilleure qualité des surfaces obtenues, il est souhaitable de maintenir la vitesse de coupe constante.

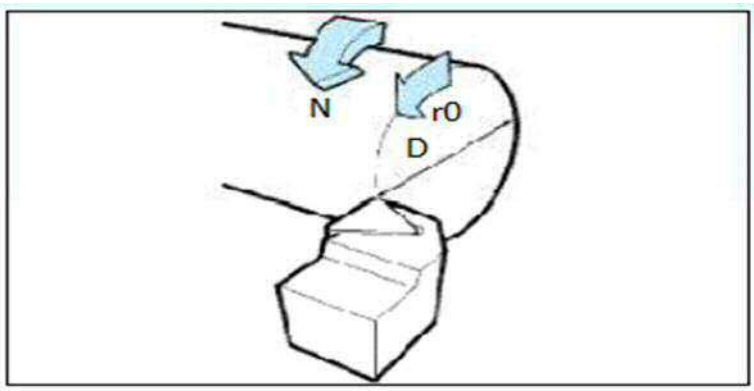


Figure I.13 : Vitesse de coupe [5]

Sur un grand nombre de tours modernes, la vitesse de broche augmente au fur et à mesure que l'outil approche de l'axe, afin de compenser ainsi la diminution de diamètre. Mais dans le cas de très petits diamètres, cette compensation se révèle impossible du fait de la plage de vitesse limitée qu'autorisent les machines. De même, lorsqu'une pièce, comme cela est souvent le cas, présente des diamètres différents ou est de forme conique ou courbe, la fréquence de rotation doit être corrigée en fonction du diamètre, pour maintenir la vitesse de coupe constante (figure I.4). Le préparateur choisit cette vitesse de coupe en fonction, notamment :

- des matériaux de la pièce et de l'outil ;
- de la lubrification ;
- de la durée de vie souhaitée pour l'outil ; des valeurs des autres paramètres de coupe (avance, profondeur de passe...).

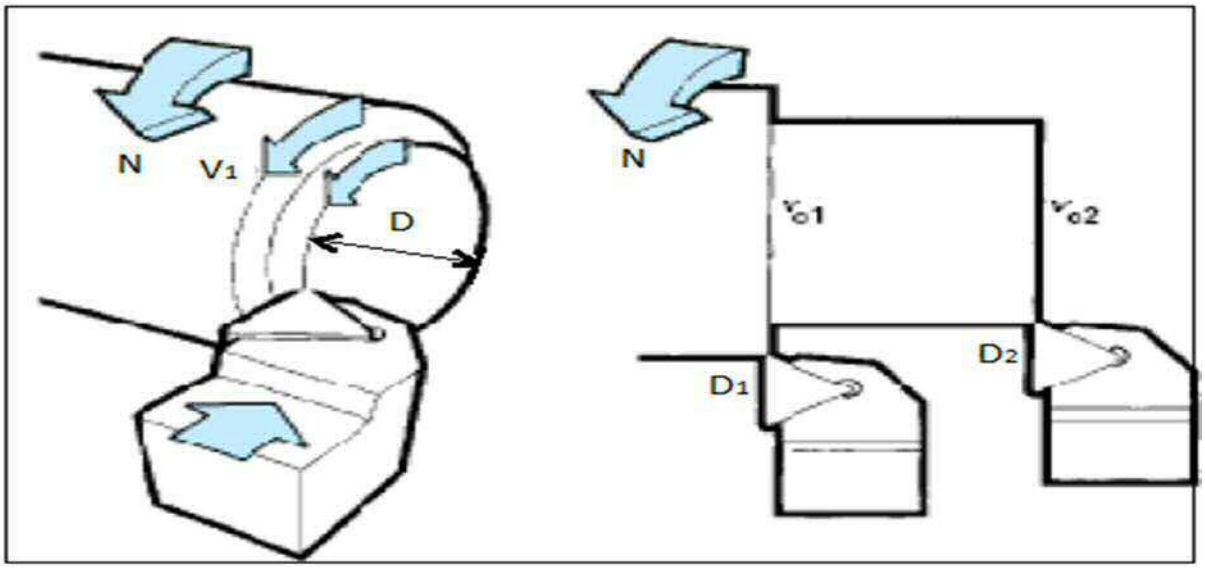


Figure I.14 : Définition des trois variables : vitesse de coupeV_C, diamètre D, vitesse de rotation N [5]

I.6.2 Vitesse d'avance v_F, Avance par tour f : [5]

La vitesse d'avance v_F (mm/min) (figure I.15) est la vitesse à laquelle la machine déplace l'outil par rapport au bâti. L'avance par tour *f* (mm/tr) est la valeur du déplacement de l'outil, lorsque la pièce a effectué une révolution. C'est une donnée clé pour la qualité de la surface usinée. L'avance influe non seulement sur l'épaisseur des copeaux, mais également sur la manière dont ils se brisent. La vitesse d'avance v_F (mm/min) est égale à f (mm) × N (tr/min).

I.6.3 Profondeur de coupe a_p : [5]

En chariotage, la profondeur de coupe a_p (mm) (figure I.15) est la différence de rayon entre la surface non usinée et la surface usinée (c'est-à-dire la moitié de la différence entre le diamètre non usiné et le diamètre usiné). La profondeur de coupe est toujours mesurée perpendiculairement à la direction de l'avance et non pas suivant l'arête de l'outil.

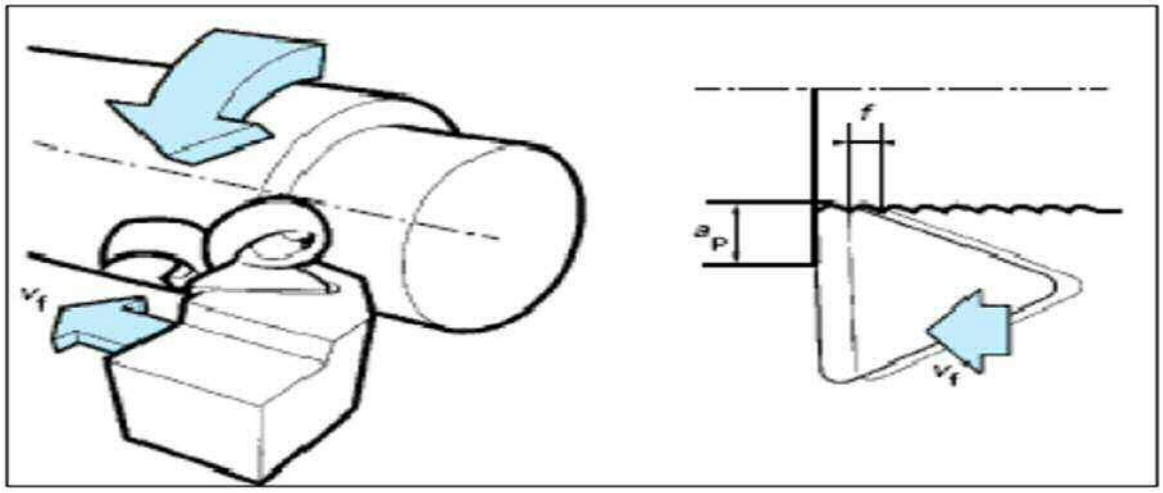


Figure I.15 : Vitesse d'avancev_f, Avance par tour f [5]

I.7 Conclusion :

Nous avons travaillé dans ce chapitre sur la définition de la plupart des machines utilisées dans les usines tournant ateliers, petits et grands. En mettant l'accent sur des machines tour parallèles (conventionnelle) par ce que cette machine plus utilisé en les usines et les ateliers.

CHAPITRE II : NOTIONS SUR LES MOCN

II.1 Introduction :

Dans ce chapitre on présente un aperçu général sur la technologie des MOCN, citant la classification, l'architecture, la programmation des MOCN pour différentes commandes

II .1.1 Généralités : [6]

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

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

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

Après une première génération de CN à logique câblée sont apparues les commandes numériques par calculateur (CNC), ou par ordinateur, qui intègrent un ou plusieurs ordinateurs spécifiques pour réaliser tout ou partie des fonctions de commande.

Tous les systèmes de CN commercialisés actuellement contenant au moins un microprocesseur, les termes CN et CNC peuvent être considérés comme des synonymes. Pour des raisons de simplicité, le terme CN sera le seul utilisé tout au long de cet article.

II.1.2 Historique : [6]

Les travaux menés par Falcon et Jacquard à la fin du XVIII^{e} siècle ont montré qu'il était possible de commander les mouvements d'une machine à partir d'informations transmises par un carton perforé. Leur métier à tisser de 1805 fut le premier équipement à être doté de cette technique et, de ce point de vue, il peut être considéré comme l'ancêtre de la commande numérique.

Il faut cependant rattacher l'exploitation industrielle de la CN au développement de l'électronique.

En 1947, à Traverse City dans l'État du Michigan, John Parsons fabrique pour le compte de l'US Air Force des pales d'hélicoptère par reproduction. Pour façonner ses gabarits, il utilise une méthode consistant à percer plusieurs centaines de trous faiblement espacés de manière à approcher le profil théorique. L'emplacement et la profondeur de chaque trou sont calculés avec précision par un ordinateur IBM à cartes perforées. La finition de la surface est obtenue par des opérations manuelles de polissage.

Mais, lorsque l'US Air Force confie à ce même Parsons la réalisation de pièces de formes encore plus complexes pour ses futurs avions supersoniques, celui-ci réalise que sa méthode est trop approximative et que seul un usinage continu en 3 dimensions sera en mesure de donner satisfaction.

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

Cette machine, une fraiseuse prototype Cincinnati à broche verticale (figure II. 1a), conçue pour exécuter des déplacements simultanés suivant 3 axes, est officiellement présentée en septembre 1952 dans le Servomechanisms Laboratory du MIT. L'information mathématique étant la base du concept, on lui donne le nom de numerical control. Il aurait pu tout aussi bien s'appeler commande symbolique !

Il faut encore attendre quelques années de vastes fonds de l'US Air Force et l'appui des chercheurs du MIT pour rendre la première MOCN réellement opérationnelle.

Les différentes étapes de développement de la CN sont les suivantes.

1954 : Ben dix acquiert le brevet de Parsons et fabrique la première CN industrielle.

1955 : à Font du Lac (Wisconsin), le constructeur américain Giddins & Lewis commercialise la première MOCN.

1959 : apparition de la CN en Europe (foire de Hanovre).

1964 : en France, la Télémécanique Électrique lance la CN NUM 100 conçue à base de relais Téléstatic.

1968 : la CN adopte les circuits intégrés ; elle devient plus compacte et plus puissante.

1972 : les mini calculateurs remplacent les logiques câblées ; la CN devient CNC.

1976 : développement des CN à microprocesseurs.

1984:apparition de fonctions graphiques évoluées et du mode de programmation conversationnel.

1986 : les CN s'intègrent dans les réseaux de communication, début de l'ère de la fabrication flexible (CIM). 1990 : développement des CN à microprocesseurs 32 bit (figure II .1b).

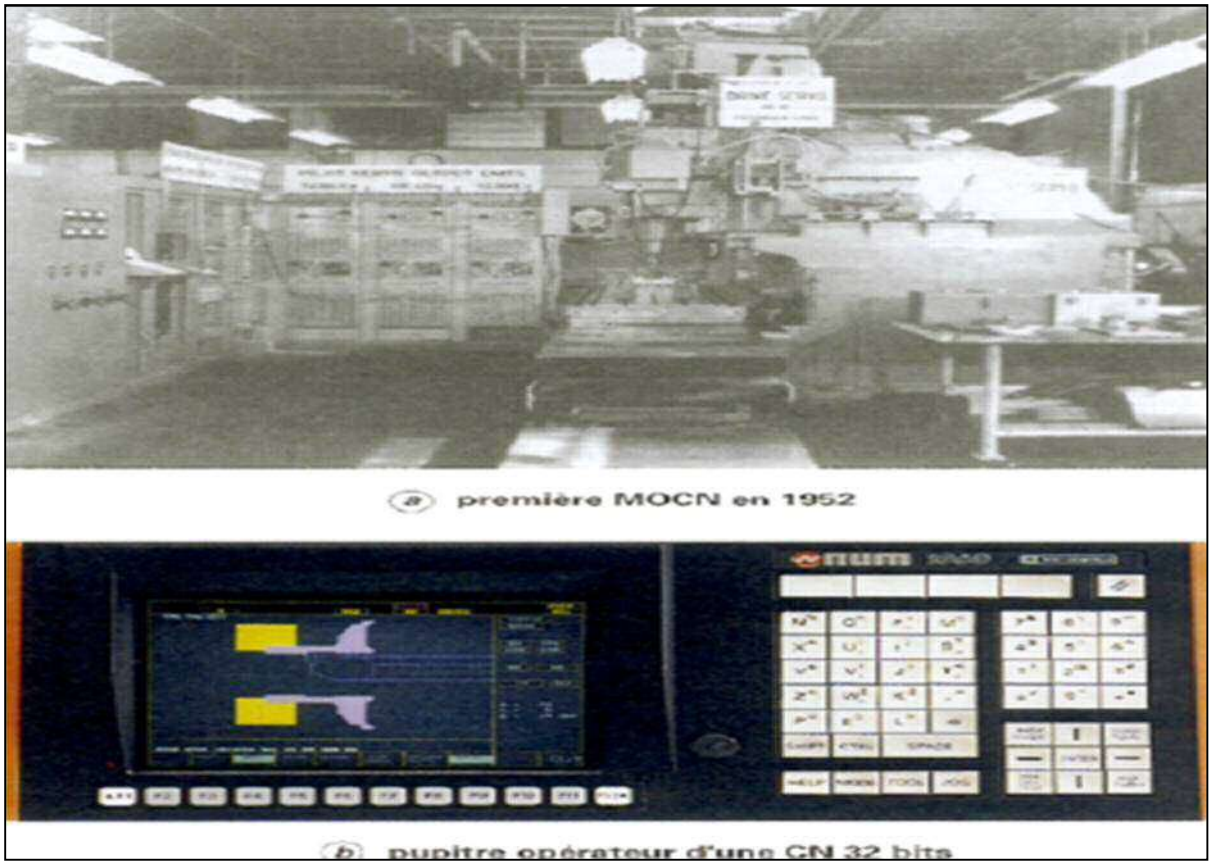


Figure II .1-Evolution de la CN de 1952a1995 [6]

II.1.3 Sécurité : [6]

La CN a beaucoup contribué à améliorer la sécurité des machines :

- en premier lieu, parce qu'elle connaît très précisément l'enveloppe de travail dans laquelle doivent évoluer les outils (possibilité de mémorisation des courses maximales des organes mobiles) ;
- ensuite, parce qu'elle permet une simulation graphique hors usinage des programmes nouvellement créés pour vérification et détection des risques éventuels de collision ;
- enfin, parce qu'en exerçant une surveillance permanente de l'usinage en cours, elle peut décider d'en interrompre le déroulement et d'alerter l'opérateur en cas d'incident.

Il est par ailleurs admis que le niveau de performances très élevé atteint par les MOCN conduit les constructeurs à prévoir des dispositifs de protection très élaborés (contre les projections de copeaux ou de liquide d'arrosage, notamment) qui ne s'imposent pas nécessairement sur une MO conventionnelle.

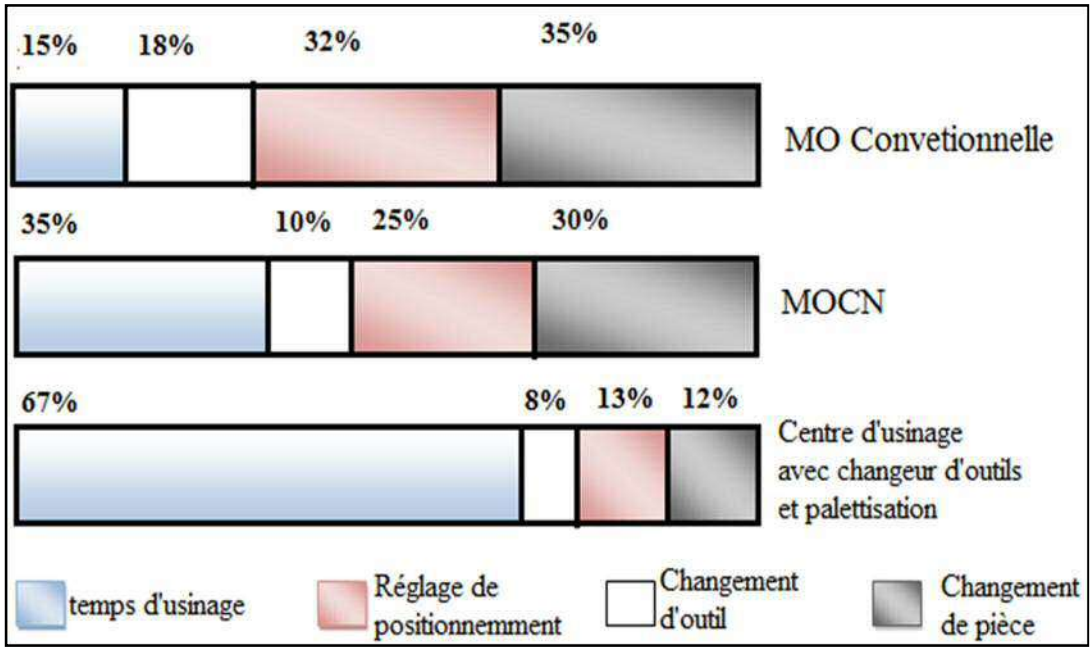


Figure II.2 : Productivité comparée de diverses machine en fonction de leur dégrée d'automatisation. [6]

II.2 Définitions et structure physique de la MOCN : [6]

La MOCN est une machine totalement ou partiellement automatique à laquelle les ordres sont communiqués grâce à des codes qui sont portés sur un support matériel (disquette, cassette, USB, ...). Lorsque la machine-outil est équipée d'une commande numérique capable de réaliser les calculs des coordonnées des points définissant une trajectoire (interpolation), on dit qu'elle est à calculateur. Elle est appelée CNC (Commande Numérique par Calculateur). La plupart des MOCN sont des CNC.

La machine-outil à commande numérique forme un ensemble comprenant :

II.2.1 Partie opérative : [7]

Les mouvements sont commandés par des moteurs ; presque comparable à une machine-outil classique, et elle comprend :

- ✓ Un socle, très souvent en béton hydraulique vibré, assurant l'indépendance de la machine au sol,
- ✓ Un bâti, un banc, dont les larges glissières sont en acier traité,
- ✓ un support outil (broche, torche, laser, jet d'eau ...),
- ✓ ne table support pièce, mobile selon 2 ou 3 axes, équipée de système de commande à vis et écrou à bille. Le granit, ou le granit reconstitué, est utilisé pour la fabrication des tables et des bâtis des machines à mesurer tridimensionnelles des rectifieuses et de certains tours,
- ✓ des moteurs chargés de l'entraînement de la table,
- ✓ Un élément de mesure ou capteur de position renseignant à tout moment sur la position du mobile sur chaque axe,
- ✓ Une dynamo tachymétrique assurant la mesure de la vitesse de rotation.

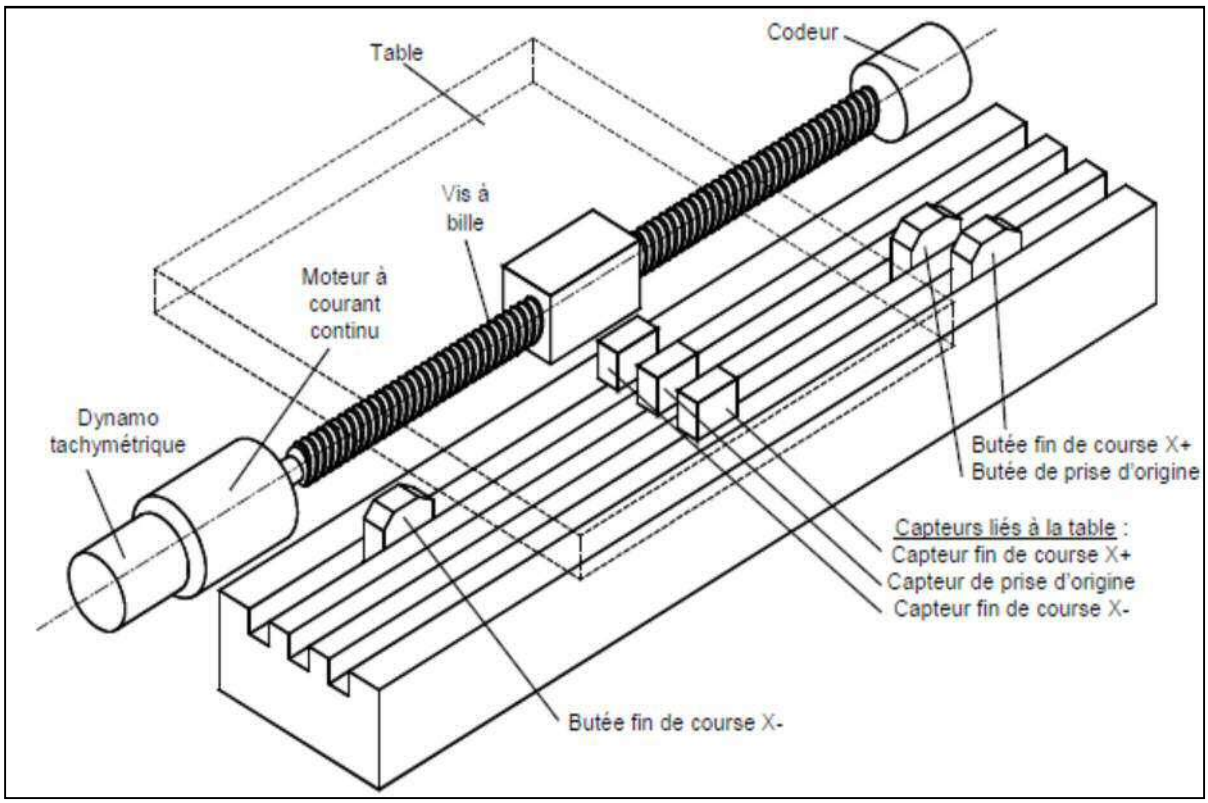


Figure II.3 : Eléments de partie opérative. [7]

Tâches effectuées

Les tâches effectuées sur le site de la partie opérative sont :

- Chargement et déchargement (pièce port pièce).
- Chargement et déchargement (outils port outils).

- Intervention manuelles nécessitées par l'usinage et l'entretient.
- Surveillance de commande.

II.2.2 Armoire électrique de relayage ou armoire de puissance : [9]

Elle est composée :

- ✓ D'un automate programmable gérant toutes les entrées - sorties,
- ✓ D'un relais,
- ✓ D'électrovannes,
- ✓ De cartes variateurs d'axes (une par axe),
- ✓ De contacteurs (1 par élément de machine : axes, broche)
- ✓ D'un interrupteur général avec sécurité.

La partie commande est alimentée par un courant faible et ne peut donc pas alimenter en direct les moteurs de la machine (voir schémas ci-dessous).

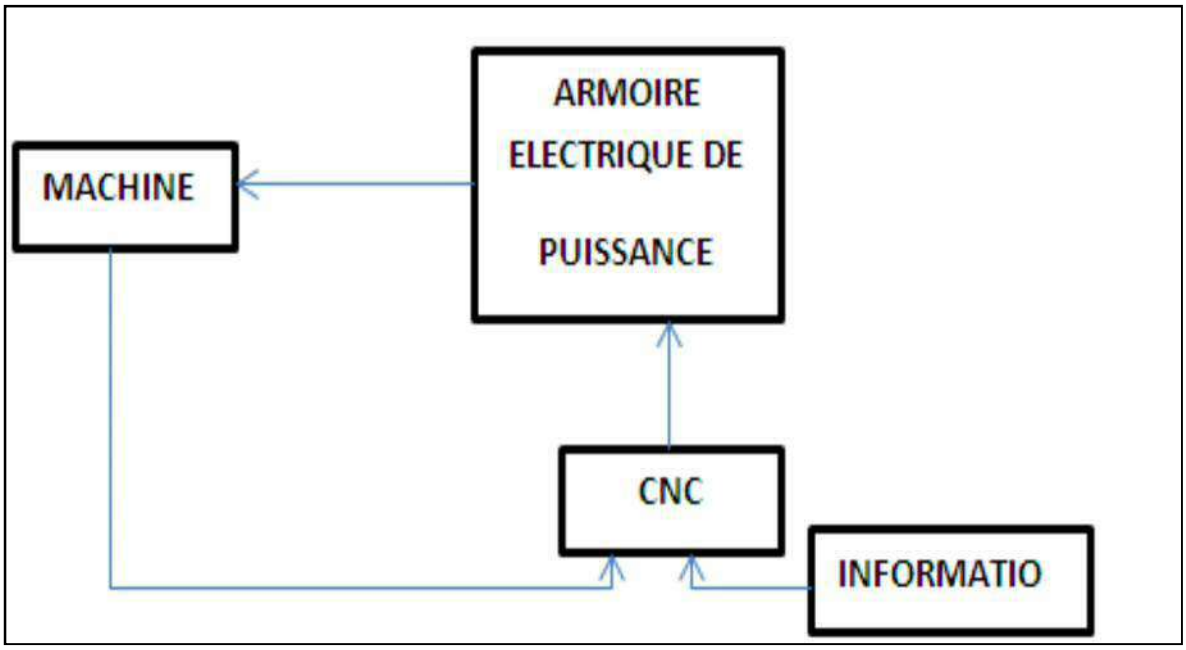


Figure II. 4 : Fonction originale d'une commande numérique. [9]

II.3. Domaine d'utilisation : [9]

Les M.O.C.N. conviennent à la fabrication en petites et moyennes séries renouvelables. Elles permettent la réalisation, sans démontage, de pièces complexes comportant beaucoup d'opérations d'usinage.

Elles se situent entre les machines conventionnelles très "flexibles" réservées aux travaux unitaires (prototypes, maintenance) et les machines transferts, très productives, réservées aux grandes séries.

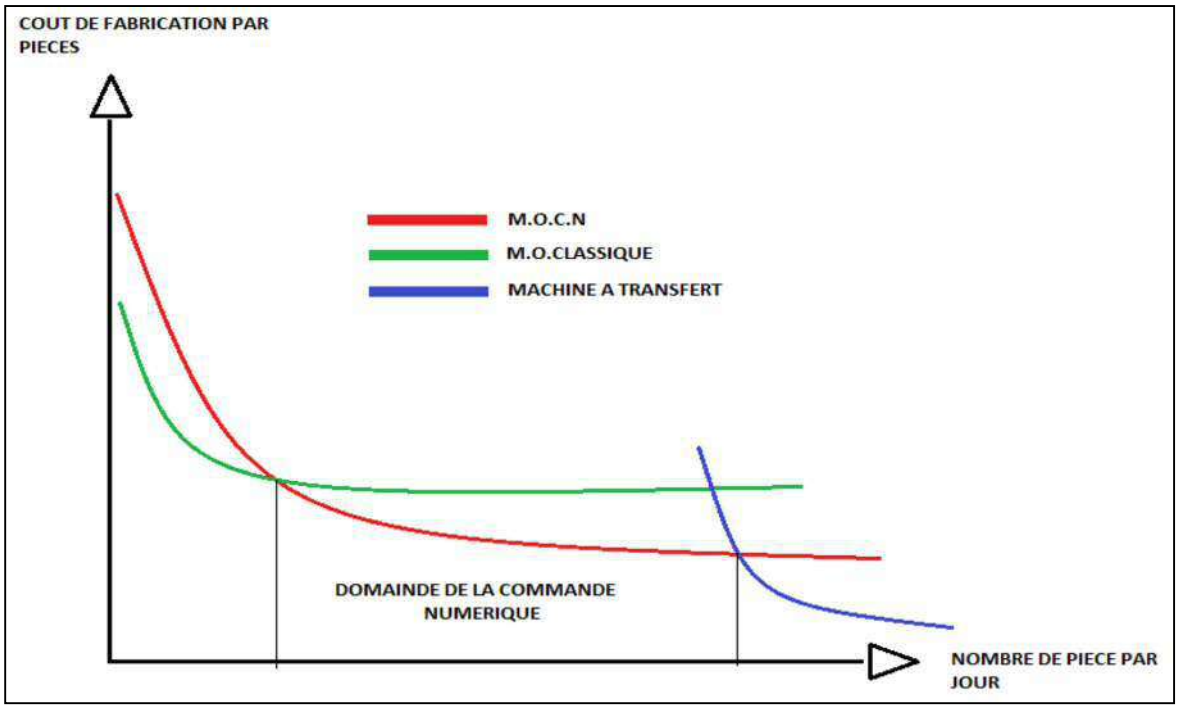


Figure II.5 : Domaine d'utilisation des M.O.C.N. [8]

II.4. Les différents types de MOCN [9] :

On distingue plusieurs types de machines :

- les machines à enlèvement de copeaux : les perceuses, les tours 2 et 4 axes, les centres de tournages 5 axes, les fraiseuses 2 axes 1/2, 3 axes, les centres d'usinage, 3 à 5 axes, les rectifieuses, les affûteuses, les machines d'usinage à très grande vitesse...
- les électroérosions : les machines à enfonçages, les machines à fil.
- les machines de découpes : oxycoupage, laser, jet d'eau...
- les presses : métal, injection plastique.
- les machines à bois : à portique ou col de cygne.
- les machines spéciales : à panneaux, à têtes multiples, de conditionnement (pour l'agroalimentaire)...

II.5. Classification des MOCN [9] :

Les machines-outils à commande numérique (MOCN) sont classées suivant :

- le mode de fonctionnement de la machine
- le nombre d'axes de la machine
- le mode d'usinage
- le mode de fonctionnement du système de mesure
- le mode d'entrée des informations

Les machines-outils à commande numérique (MOCN) peuvent être assistées d'une programmation extérieure et de mécanismes tendant à les rendre encore plus performantes, tels que :

- ordinateur et ses périphériques
- commande adaptative
- préréglage des outils
- codage des outils
- chargeur d'outils et magasin
- chargeur et convoyeur de pièces
- combinaison de type d'usinages (centre de tournage, centre d'usinage)
- table de montage
- évacuateur de copeaux
- dispositifs de contrôle de pièces

II.5.1. Classification des MOCN selon le mode de fonctionnement [9] :

a. Fonctionnement en boucle ouvert :

En boucle ouverte, comme l'illustre la figure. II.6, le système assure le déplacement du chariot mais ne le contrôle pas.

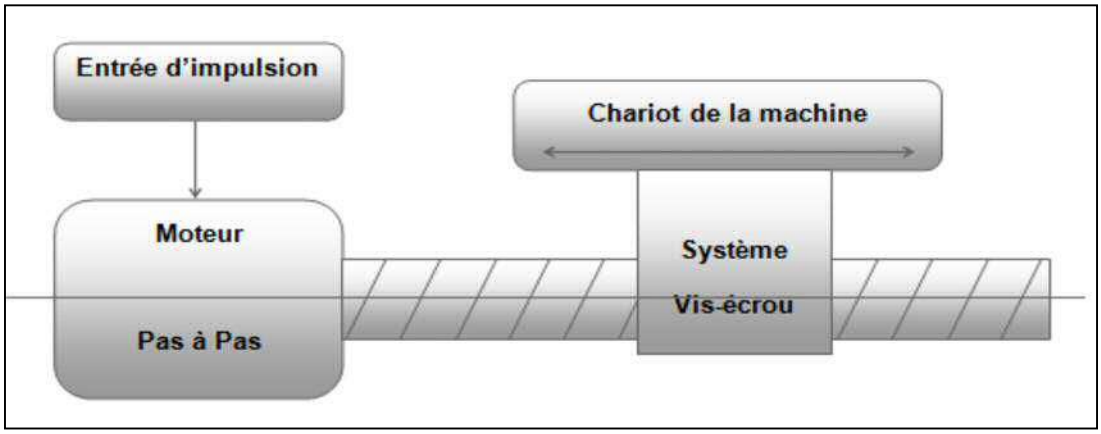


Figure II. 6. Fonctionnement en boucle ouvert. [9]

b. Fonctionnement avec commande adaptative :

La commande adaptative réalise d'une façon continue et automatique l'adaptation des conditions de coupe. Des capteurs relève les valeurs de couple de la broche, l'amplitude de vibration de la broche, la température au point de coupe. Ces information sont transmise à une unité spéciale qui les envoi vers le directeur de commande numérique qui agit selon l'analyse des informations sur les condition de coupe pour permettre une meilleur qualité de travail, une meilleur productivité et une plus grande sécurité.

La figure. II.7 illustre le fonctionnement de la commande adaptative

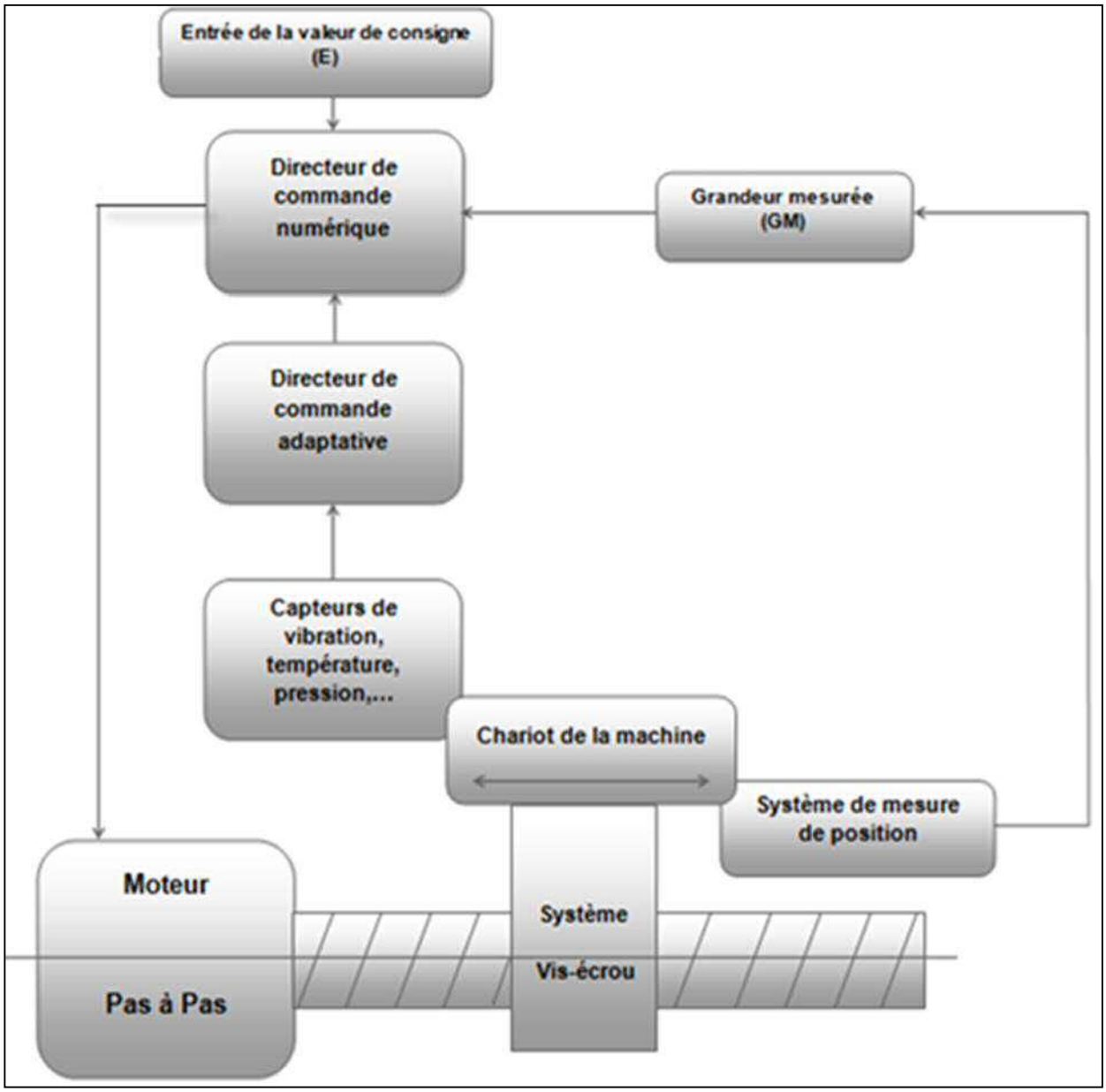


Figure II.7 : Commande adaptative. [9]

Le tableau II.1 donne les différents axes utilisés en CN.

Tableau. II.1. Axe des différents mouvements possibles. **[9]**

Translation			Rotation	
Primaire	Secondaire	Tertiaire	Primaire	Secondaire
X	U	P	A	D
Y	V	Q	B	E
Z	W	R	C	

Chaque mouvement de translation ou de rotation est donc représenté par un axe défini une lettre affectée de signe + ou - . La figure. II.8 et la montre l'ensemble des axes qu'un DCN peut contrôler.

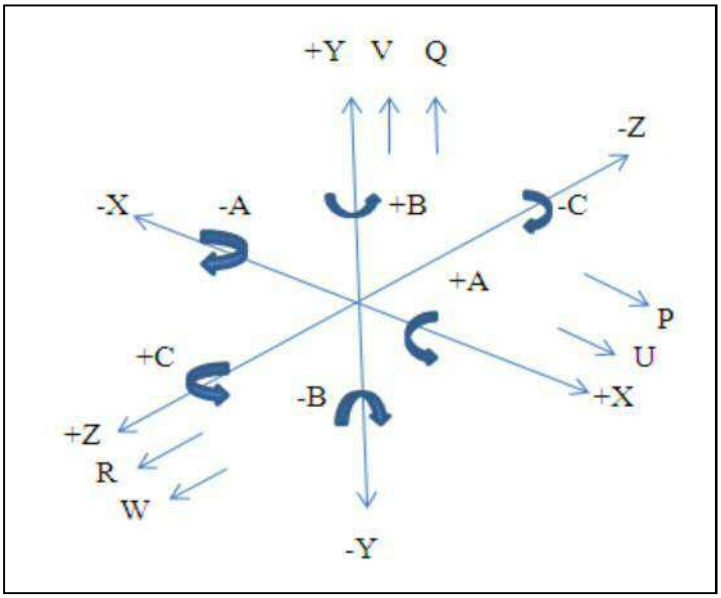


Figure II. 8 : Axes Primaires Et Axes Additionnels. [9]

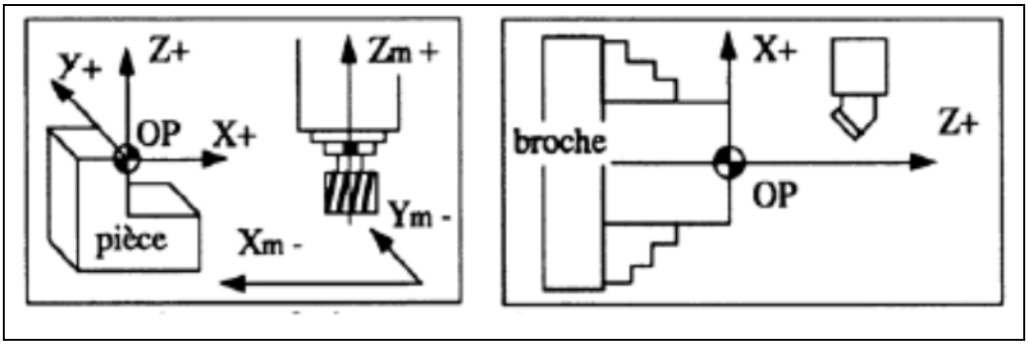


Figure II. 9 : Axes fraiseuse et tour. [7]

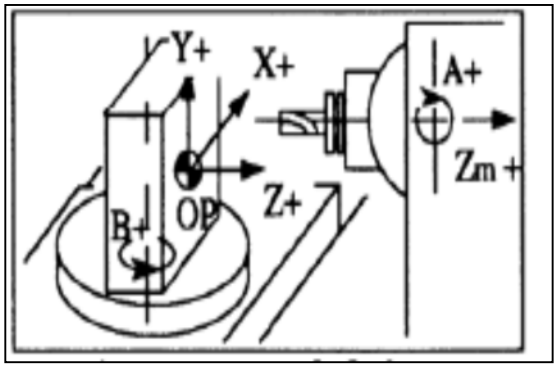


Figure II.10 : Axes En Centre De Fraiseuse. [7]

II.5.3 Classification des MOCN selon le mode d'usinage [9]

Selon le mode d'usinage on peut classer les MOCN en trois catégories :

- Commande numérique point à point
- Commande numérique par axiale
- Commande numérique de con tournage

- ***Commande numérique point à point*** **:** c'est la mise position de l'outil ou de la pièce Par déplacements non synchronises. Le mouvement de coupe (usinage) n'est possible que lorsque le mouvement de positionnement.

- Exemples d'opération d'usinage : perçage, alésage, lamage taraudage, petit fraisage.

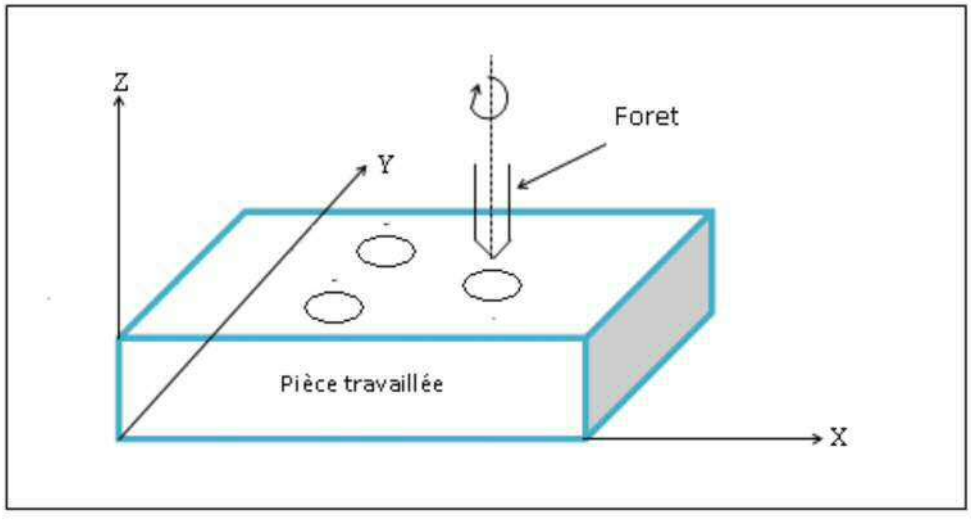


Figure II.11 : Commande Numérique Point A Point. [9]

- ***Commande numérique par axiale :*** ce sont des déplacements parallèles aux axes avec les vitesses d'avance programmée. Le mouvement de coupe et de positionnement sont

synchronises de façon à avoir un usinage selon des trajectoires parallèles aux axes de déplacement.

Exemples d'opération d'usinage : tournage, fraisage, alésage.

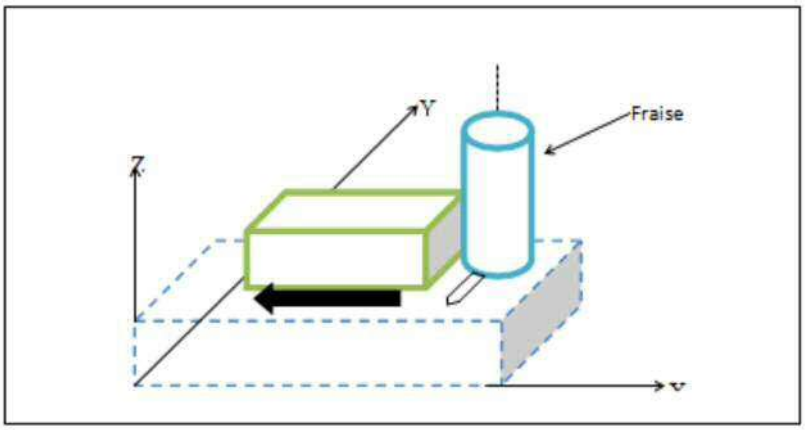


Figure II.12 : Commande Par axiale. [9]

- **Commande numérique de con tournage** : ce sont des déplacements synchronise des divers axes avec la vitesse d'avance programmée. Les trajectoires sont décomposées en éléments de droites ou de cercles dons un ou plusieurs plans.

- Exemples d'opération d'usinage : toute opération possible sur un centre de tournage ou centre d'usinage.

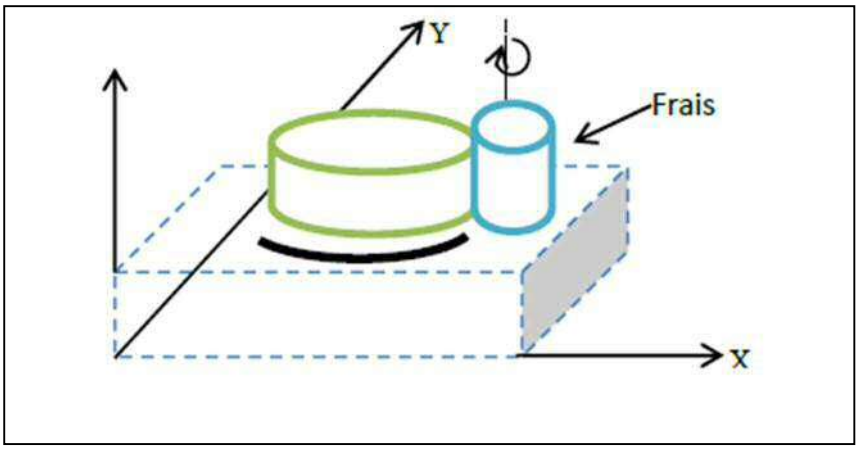


Figure. II.13 : Commande numérique de con tournage. [9]

II.6. Les origines des systèmes de coordonnées [9] :

Le processeur CN calcule tous les déplacements par rapport au point d'origine mesure de la machine.

A la mise sous tension le système ne connaît pas l'origine mesure, les courses mécaniques accessibles sur chacun des axes de la machine sont limitées par des butées fin de course mini et maxi.

Tableau II.2 : Points utilisées dans des MOCN. **[9]**

Points utilisées	Symbole	Définition
Origine machine M (OM)		C'est la référence des déplacements de la machine. C'est un point défini (sur chaque axe) par le constructeur qui permet de définir l'origine absolue de la machine. OM et om peuvent être confondues.
Origine mesure R (Om)		C'est l'origine physique des axes de la machine représentée par une butée détectée par un capteur électrique lors de l'initialisation ou prise d'origine machine (POM).
Origine Programme OP		Indépendante du système de mesure, l'OP est l'origine de trièdre de référence qui sert à établir le programme. C'est généralement un point de départ de cotation de dessin de la pièce.
Origine Pièce W (Op)		Indépendante du système de mesure, l'Op est définit par un point de la pièce sur laquelle il est possible de se positionner. OP et Op peuvent être confondues.
Point de référence du logement d'outil N (T)		Ce point N ou T est un point défini de manière fixe. Il sert de point de référence pour mesurer les outils. Ce point se trouve sur le plateau du changeur d'outil.

Remarque :

Les origines dans les machines EMCO sont présentées comme suit :
Origine machine (M), Origine mesure ou point de référence (R), et l'origine pièce (W).

II.7 Décalage et géométrie d'outil :

Don l'espace de travail d'une MOCN. Sont définis différents points de référence. Ces points sont nécessaires pour le préréglage et la programmation de la machine.

Nous présenterons les différents points ainsi que leur positionnement dans l'espace de travail d'une MOCN.

La figure. II.14, et figure.1.15, montre les points de référence dans le volume d'usinage.

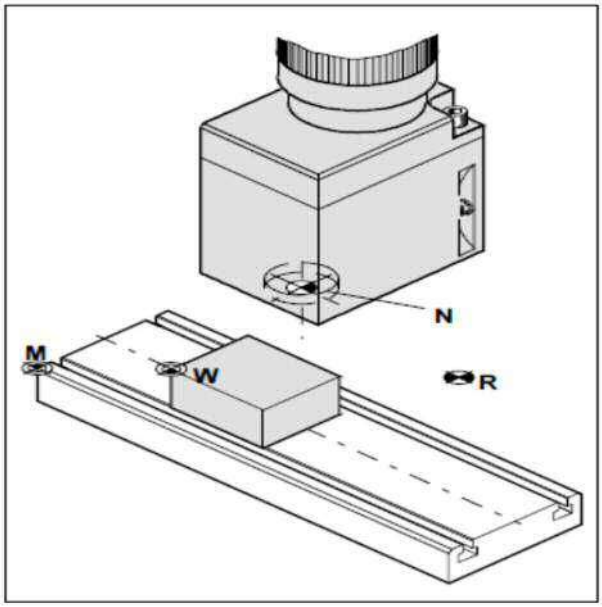


Figure II.14 : point de référence dans le D'usinage don le cas fraisage. [7]

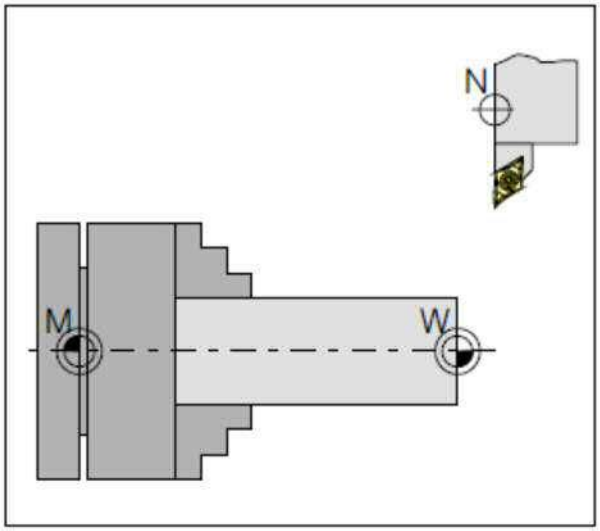


Figure II.15 : Point de référence dans le volume d'usinage don le cas tournage. [7]

II.7.1. Décalage de l'origine machine :

La position de point « M », l'origine machine, étant très éloignée de la pièce à usiner, ne convient pas en tant que point de départ de la programmation. Donc, il va falloir décaler l'origine machine vers un point qui facilite la programmation. Ce point est l'origine de la pièce.

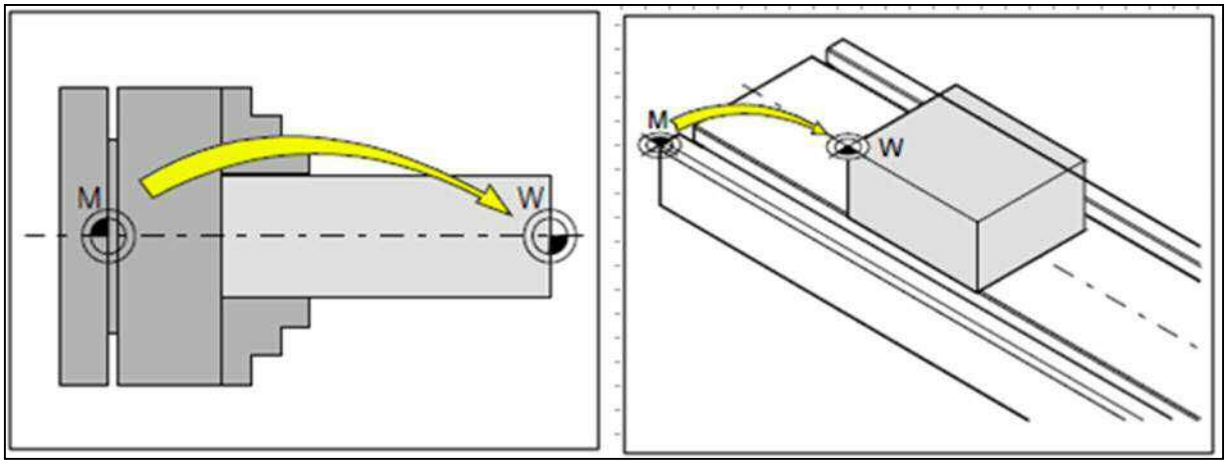


Figure II.16 : Décalage d'origine de l'origine machine M à l'origine de la pièce W dons le tournage et fraisage. [7]

II.7.2 Géométrie des outils : [9]

La saisie des données de l'outil est nécessaire pour que le logiciel utilise la pointe de l'outil (cas de tournage) ou le centre de l'outil (cas de fraisage) pour le positionnement, et non pas le point de référence du logement de l'outil « F ».

Chaque outil utilisé pour l'usinage doit être mesuré (figure.1.17).Il s'agit ici de calculer l'écart entre le point de référence du logement de l'outil et la pointe respective de l'outil. Une fois que les données sont déterminées. Nous les mémorisons dans le registre des outils. Les données spécifiques à l'outil différent d'un type d'outil à un autre.

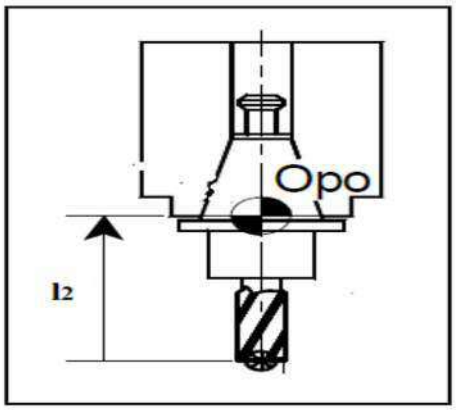


Figure.1. 17 : Longueur d'une fraise. [9]

- ***Données de l'outil : cas de fraisage***

Pour que l'outil soit reconnu par la machine, il faut définir les données suivantes :

- Type de l'outil
- Longueur en direction de X(L1)
- Longueur en direction de Z(L2)
- Rayon de l'outil

- *Type de l'outil* :

  En fraisage, doux types d'outil sont envisagés s'il s'agit d'un foret : c'est le type 10.si l'outil est une fraise axée suivant la direction de z ; c'est le type 20 et si elle est axée suivant X, Y.

En fonction du type de l'outil ; les longueurs de l'outil à mémoriser dans le registre « TOOL » sont illustrées sur la figure.1.18.

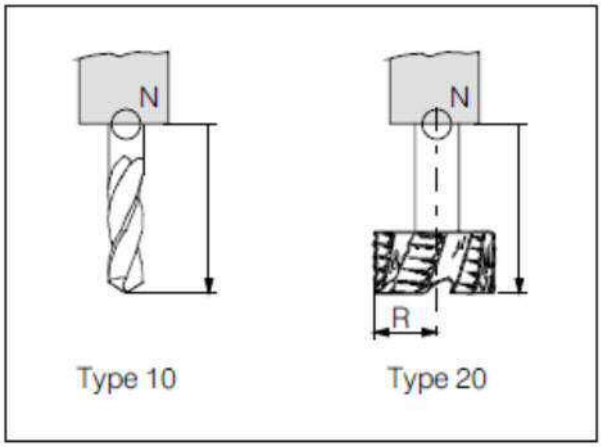


Figure II. 18 : Type de l'outil (cas de fraisage). [9]

❖ ***Données de l'outil don le cas de tournage***

De même, pour que l'outil soit reconnu par la tour, il fout définir les données suivantes :

- Type de l'outil
- Longueur en direction de X(L1)
- Longueur en direction de Z(L2)
- La Rayon de la pointe de l'outil

- *Type de l'outil*

  Pour définir le type de l'outil, nous regardons la fixation de l'outil sur le porte –outil. Les différents types sont donnés par la figure.1.19.

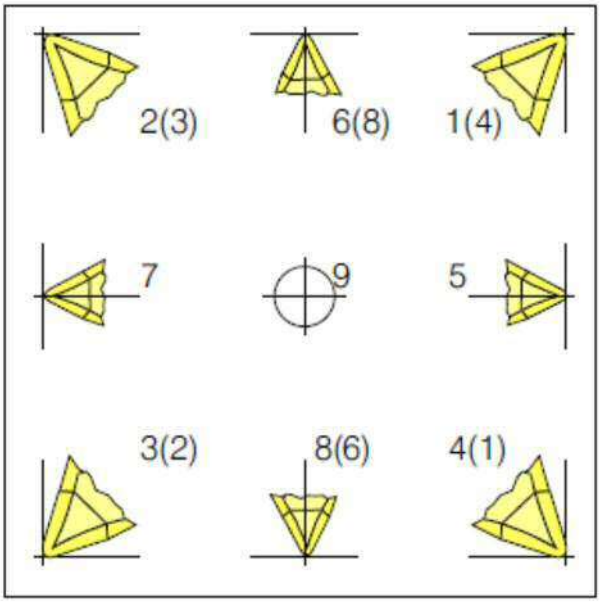


Figure II.19 : Position du bec des outils. [9]

- *Longueur de l'outil*

  Les longueurs L1 etL2 sont les distances entre le point de référence du logement de l'outil « F » et la pointe de l'outil en direction de X et de Z respectivement.

Dons le type 1a9, la saisie des données de longueur L2 en direction de Z comme c'est illustre sur la figure. II.20.

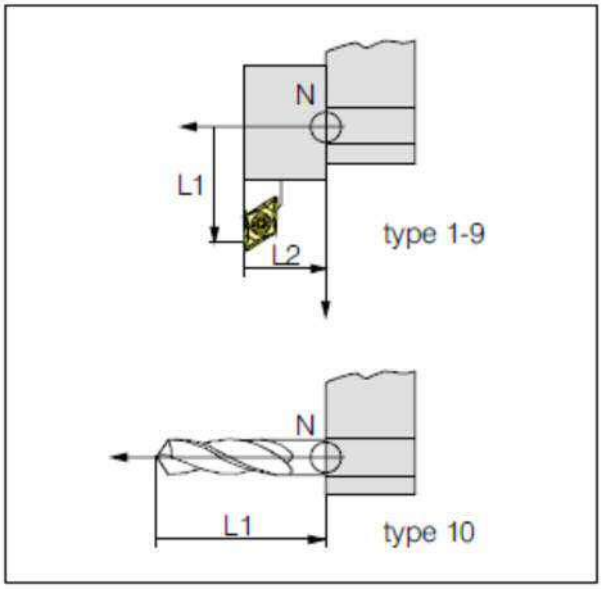


Figure II.20 : Longueur de l'outil. [9]

II.8. La programmation [6] :

La programmation des MOCN repose aussi sur des conventions, à savoir les langages de programmation normalisés. Les normes [NF ISO 6983-1], [NF Z 68-036], [NF Z 68-037], [NF ISO 4342] décrivent les langages de programmation. Il se trouve que ces normes ne sont pas complètes. Les constructeurs de commande numérique les adaptent aux spécifications de leurs machines. Ainsi, les programmations semi-automatiques du type CFAO, se font dans un autre langage nommé APT ([NF ISO 3592], [NF ISO 4343]).

Le programme est la description structurée de l'opération d'usinage. Il comporte deux types d'informations : des ordres de déplacements et des ordres auxiliaires.

Pour donner un ordre de déplacement, il faut spécifier un mode d'interpolation, un but et une vitesse de déplacement. Les types d'interpolation utilisés sont :

- interpolation linéaire, trajectoire décrite par un segment,
- interpolation circulaire, trajectoire décrite par un arc de cercle, souvent dégradée en interpolation linéaire au niveau de l'asservissement,
- interpolation hélicoïdale, trajectoire décrite par une hélice,

On assiste au développement actuel de l'interpolation polynomiale, où la trajectoire est décrite par une courbe polynomiale, ce qui permet d'assurer une meilleure dynamique de la trajectoire. Les ordres auxiliaires, sont des ordres séquentiels qui permettent soit de rendre réalisable, soit d'améliorer la réalisation de l'usinage.

Programmer consiste à transposer la gamme d'usinage en langage compris par la machine. Le langage alphanumérique précise le code. En programmation manuelle, le langage utilise est décomposé comme suit :

- Le format qui caractérise les mots utilisés,
- Les adresses, ce sont les lettres débutant un mot d'un langage machine. Celle-ci précise la fonction générale à commander (G, X, Y, Z, F, S, T, M).
- Les mots sont un ensemble de caractères comportant une adresse suivie de chiffres constituant une information (X25.236).
- Les blocs sont des groupes de mots correspondant aux instructions relatives à une séquence d'usinage (N150 GOI X200. Y 125.235 F250).

- Les fonctions sont tous les mots d'un langage machine autres que ceux définissant les cotes, et nécessaires pour assurer le fonctionnement d'une machine-outil. On trouve :
- les fonctions préparatoires G
- les fonctions vitesse d'avance F
- les fonctions vitesse de broche S
- les fonctions outil T
- les fonctions auxiliaires M (mise en route de l'arrosage, de la broche, blocage ou déblocage de plateau ...). Attention, certaines fonctions auxiliaires sont à prévoir dans le cahier des charges ou le plus tard à préciser au moment de la commande !

II.9. Conclusion :

Dans ce chapitre on a présenté une recherche bibliographique sur Les machines –outils à commande numérique (MOCN), les commandes les plus utilisées et les Classifications des MOCN, le Décalage et la géométrie d'outil.

L'utilisation des MOCN présente un grand intérêt pour la fabrication en petite et moyenne série ainsi que pour les formes complexes des pièces à usiner.

CHAPITRE III : LES MOTEURS PAS A PAS

III.1 Introduction :

Les moteurs pas à pas (MPP) sont utilisés depuis une trentaine d'années dans des applications de positionnement et d'entraînement à vitesse variable. Les raisons principales de leur succès tiennent à leur faible coût et à leur facilité de mise en œuvre pour des positionnements de précision moyenne.

Le moteur pas à pas est à la base un moteur synchrone polyphasé à plusieurs groupes de pôles. Il est devenu "pas à pas" lorsqu'on s'est avisé qu'il était facile de le faire tourner en commutant en tout ou rien l'alimentation des enroulements. Il s'est alors diversifié en trois types majeurs dont deux restent couramment employés de nos jours.

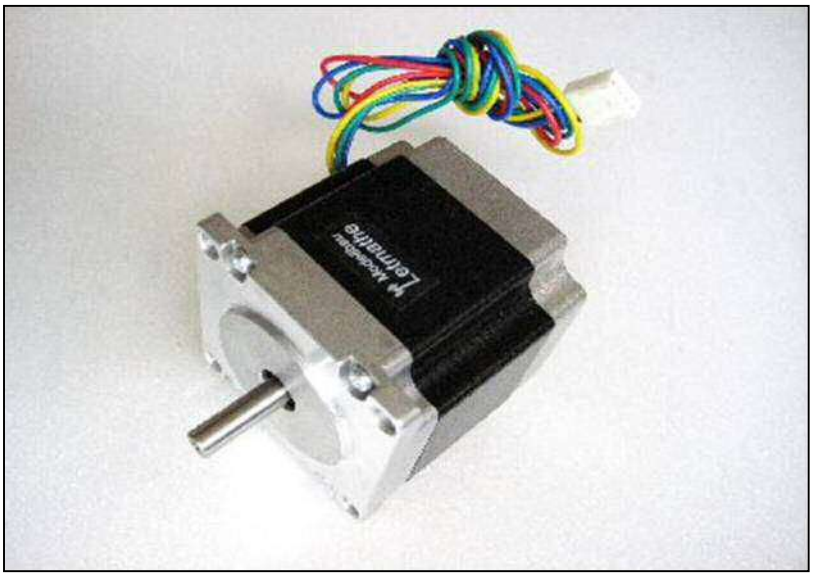


Figure III.1 : Moteur pas à pas

III.2 Propriétés et applications : [11]

Le moteur pas à pas a été conçu à partir de deux démarches logiques très différentes.
D'une part, on a cherché un moteur capable de développer un couple important à faible vitesse, voire même à l'arrêt. D'autre part, on a étudié un dispositif capable de convertir des informations de caractère discret.

Le convertisseur d'énergie à basse vitesse et le transmetteur de l'information sont devenu un moteur pas à pas moderne vers les années 1970, grâce au développement conjugué de

l'électronique de puissance et, surtout, grâce à l'apparition de l'électronique numérique à forte intégration.

Le moteur pas à pas est actuellement le principal élément intermédiaire entre les dispositifs de traitement d'information et le monde électromécanique extérieur. Par ailleurs, ses capacités à contrôler la position et la vitesse, par un train d'impulsions de commande, assurent à ce convertisseur des applications comme :

- la traction des robots mobiles.
- le fonctionnement en moteur couple de grande puissance.
- l'indexage rotatif ou linéaire.

Dans sa version classique, le moteur pas à pas est alimenté à partir d'une source (de courant ou de tension) continue et le contrôle de la vitesse ou/et de la position s'effectue en boucle ouverte.

Le pilotage en boucle ouverte, qui constitue un des principaux avantages du moteur pas à pas, aussi bien du point de vue économique (coût et fiabilité d'installation) que fonctionnel (commande naturelle par "tout ou rien" à partir d'une horloge séparée ou intégrée dans un microprocesseur), présente un certain nombre d'inconvénients comme la limitation du couple de démarrage, des instabilités de fonctionnement à certaines fréquences, des accélérations relativement modestes.

III.2.1 Utilisations des moteurs pas à pas : [10]

A l'époque de leur création, les moteurs pas à pas devaient leur succès à la simplicité du circuit de commande pour une application de positionnement.

En effet, ce sont les seuls moteurs capables de fonctionner en boucle ouverte dans les utilisations de positionnement, de ce point de vue, ils constituent la transposition dans le mouvement circulaire continu de ce que l'électro-aimant est pour le mouvement alternatif. Pour les applications d'entraînement, bien que les autres types de moteurs (continu, asynchrone) soient satisfaisants, le moteur pas à pas est beaucoup plus précis. Seul le moteur synchrone lui est comparable, mais il ne peut fonctionner qu'à vitesse fixe.

Actuellement, ces qualités sont toujours un atout majeur, mais on sait faire des circuits de commande plus raffinés qui augmentent encore les performances des moteurs ; on peut aussi les coupler à des codeurs optiques de position pour augmenter la précision du positionnement.

Les performances d'un moteur pas à pas dépendent grandement du circuit de commande. Aussi, l'étude des moteurs pas à pas est indissociable de celle des circuits de commande. C'est ce qui justifie le plan du présent exposé.

On peut classer les moteurs pas à pas en deux types selon l'alimentation de bobinage :

- **Les moteurs bipolaires :**

  Ils ont en général **4** fils et se commandent en inversant le sens du courant dans une des Deux bobines, qui sont alimentés une fois dans un sens, une fois dans l'autre sens. Ils créent une fois un pôle nord, une fois un pôle sud d'où le nom de bipolaire.

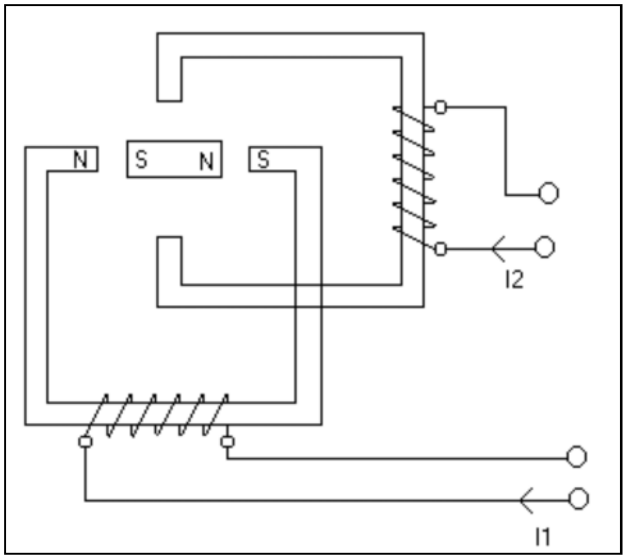


Figure III.2 schéma d'un moteur bipolaire [10]

La commande du moteur s'effectue par envoie successif, une à une, des combinaisons Suivantes :

Mode 1 *:* On alimente un enroulement à la fois :

Séquence	I1>0	I1<0	I2>0	I2<0	Angle
1	1	0	0	0	0
2	0	0	1	0	90°
3	0	1	0	0	180°
4	0	0	0	1	270°

Tableau III.1 alimentation d'un enroulement à la fois

Mode 2 *:* On alimente deux enroulements à la fois :

Séquence	I1>0	I1<0	I2>0	I2<0	Angle
1	1	0	1	0	45°
2	0	1	1	0	135°
3	0	1	0	1	225°
4	1	0	0	1	315°

Tableau III.2 alimentation de deux enroulements à la fois

- **Les moteurs unipolaires :**

  Ils ont en général 6 fils, dont deux sont reliés au milieu des bobines. Ils se commandent en les alimentant tour à tour, mais les bobinages sont alimentés toujours dans le même sens par une tension unique d'où le nom d'unipolaire.

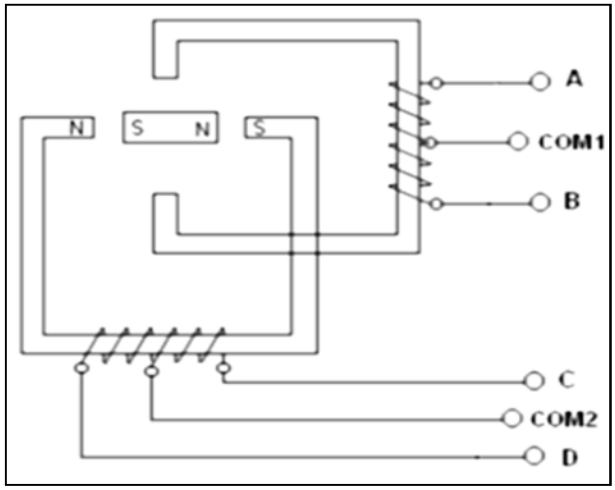


Figure III.3 schéma d'un moteur unipolaire [10]

Séquence d'alimentation des enroulements

Séquence	A	B	C	D	Angle
1	1	0	0	0	0
2	0	0	1	0	90°
3	0	1	0	0	180°
4	0	0	0	1	270°

Tableau III.3 Séquence d'alimentation des enroulements

III.3 Les principaux types de moteurs pas à pas : [10]

Trois types principaux de moteurs seront abordés, les moteurs pas-à-pas réluctances, les moteurs pas-à-pas à aimants permanents, les moteurs pas à pas réluctances polarisés.

III.3.1 Moteur pas a pas a réluctance variable (*MRV*): [10]

Il est constitué d'un rotor plein en fer doux muni de pôles saillants, non aimanté. Le stator est semblable à celui d'un moteur à courant continu à excitation avec des épanouissements polaires et une bobine sur chaque pôle. Le stator est souvent triphasé. Le nombre de systèmes de pôles est de ***6*** ou ***12*** le plus souvent.

Ce moteur est susceptible d'une grande vitesse comparativement à celui à aimant permanent. Il n'est plus utilisé car remplacé par le moteur hybride.

III.3.1 .1 Composition d'un moteur pas à pas à réluctance variable :[10]

Un moteur pas à pas à réluctance variable est composé d'un rotor feuilleté en fer doux comportant un certain nombre de dents, et d'un stator également en fer doux feuilleté comportant un certain nombre de bobines. Le nombre de bobines doit être différent du nombre de paires de dents du rotor. L'alimentation de chacune des bobines va permettre la création d'un champ magnétique dans le stator, et le rotor s'oriente suivant les lignes de champ. On peut noter que lorsque le moteur n'est pas alimenté, comme il n'y a pas d'aimant permanent, le rotor peut prendre n'importe quelle position : un moteur pas à pas à réluctance variable n'a pas de couple résiduel ou couple de détente.

III.3.1.2 Technologie des moteurs pas-a-pas à réluctance variable : [10]

Les circuits magnétiques du rotor et du stator sont assemblés à partir de tôles magnétiques de haute perméabilité (fer-silicium ou même fer-cobalt). Certaines machines, destinées au positionnement ou a une rotation très lente, peuvent avoir un rotor ou/et un stator en fer massif. Il existe un grand nombre d'astuces de construction pour augmenter le nombre de pas par tour, comme par exemple les structures bifilaires qui ne seront pas étudiées dans ce cours. Pour minimiser la force magnétomotrice et augmenter la puissance massique, l'entrefer des moteurs pas à pas à reluctance variable doit être aussi petit que possible. Plusieurs géométries du rotor et du stator ont été ainsi imaginées par les constructeurs pour remplir des cahiers des charges particuliers. On distingue trois géométries de base, à savoir :

- Les moteurs pas à pas à réluctance variable à plots statoriques non dentés

- Les moteurs pas à pas à réluctance variable à plots statoriques dentés
- Les moteurs pas à pas à réluctance variable à plots statoriques non denté décalés

III.3.1.3 Les modes de commande d'un moteur pas à pas à réluctance variable :

- **Fonctionnement en pas entier**

Comme pour le moteur pas à pas à aimant permanent, on alimente successivement les différentes bobines. Par contre, ici le sens d'alimentation n'a pas d'importance car le rotor n'est pas polarisé. Le rotor va prendre une position telle qu'une des paires de dents soit alignée avec la bobine alimentée. Figure (III.4).

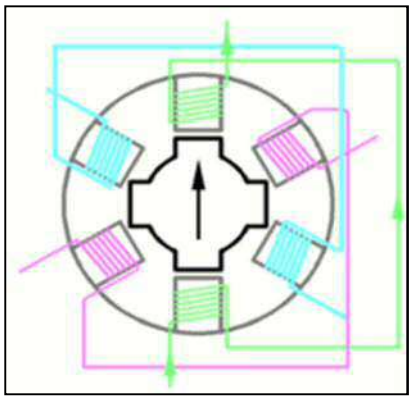


Figure III.4 Fonctionnement en pas entier à réluctance variable [10]

- **Fonctionnement en mode « High Torque » (fort couple)**

De même, on peut utiliser un moteur pas à pas à réluctance variable en mode « High torque » en alimentant ***2*** bobines. Le rotor prendra donc les positions intermédiaires, et comme pour le moteur à aimant permanent, le couple sera plus élevé dans ce mode que dans le mode précédent. Figure (III.5).

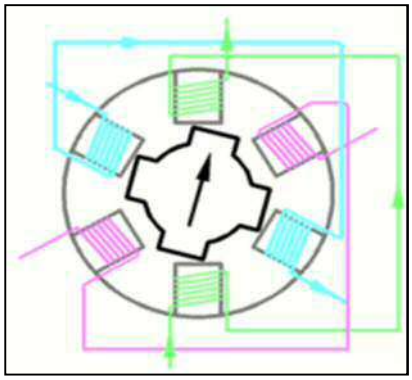


Figure III.5 Fonctionnement en mode « High Torque » à réluctance variable [10]

❖ **Fonctionnement en mode demi-pas**

En combinant les deux modes précédents, on obtient un fonctionnement en ***24 pas***, et donc une résolution de ***15°.*** Le fonctionnement est illustré par l'animation ci-contre. (Figure (III.6)) Globalement le nombre de pas (en fonctionnement pas entier) d'un moteur pas à pas ***MRV*** est donné par la formule suivante :

$$N_p = \frac{N_s - N_r}{N_s \times N_r} \qquad \text{II.1}$$

Avec :

- N_p **:** Nombre de pas.
- N_s : Nombre de dents du stator.
- N_r: Nombre de dents du rotor.

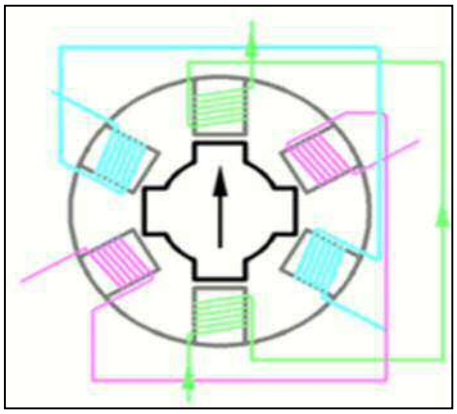


Figure III.6 Fonctionnement en mode demi-pas à réluctance variable [10]

III.3.2 Moteur pas à pas aiment permanent (MP) : [10]

C'est le modèle le plus simple dans son fonctionnement. Sa constitution est très simple, et la rotation est obtenue en contrôlant l'alimentation des bobines ainsi que le sens du courant dans celles-ci.

Il est constitué d'un rotor aimanté en ferrite à plusieurs paires de pôles (couramment ***6*** ou ***12***) et de deux stators indépendants comportant chacun une bobine cylindrique et des pièces polaires en tôle découpée donnant autant de paires de pôles qu'il y en a sur le rotor. C'est un moteur de construction économique et de performances modestes. Il n'est fabriqué que pour de petites puissances ***(<10 W).***

III.3.2 .1 Composition d'un moteur pas à pas à aimant permanent : [10]

C'est le modèle le plus simple dans son fonctionnement. Le rotor est constitué d'un aimant permanent, et le stator comporte deux bobinages (ou deux groupes de bobinages). En contrôlant l'alimentation des bobines, et le sens du courant dans celles-ci, on peut faire varier le champ dans le moteur figure (III.7).

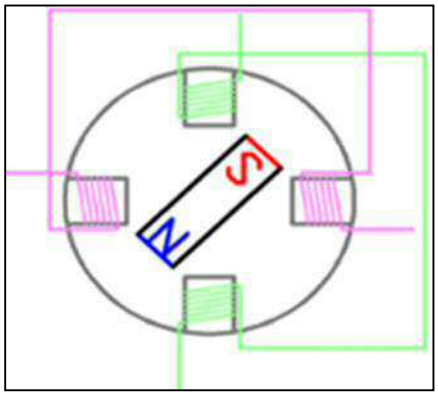


Figure III.7 Composition d'un moteur pas à pas à aimant permanent [10]

III.3.3 Les modes de commande d'un moteur pas à pas à aimant permanent : [10]

III.3.3.1 Fonctionnement en pas entier :

Dans ce mode de fonctionnement, les bobines sont alimentées l'une après l'autre dans un sens puis dans l'autre. L'aimant permanent suit le déplacement du champ magnétique créé par ces bobines et s'oriente selon une de ses 4 positions stables. Comme le rotor est aimanté, lorsque le moteur n'est pas alimenté le flux magnétique du à l'aimant permanent va à lui seul créer un couple résiduel ou couple de détente, en se mettant dans l'axe de l'une des bobines. Figure (III.8).

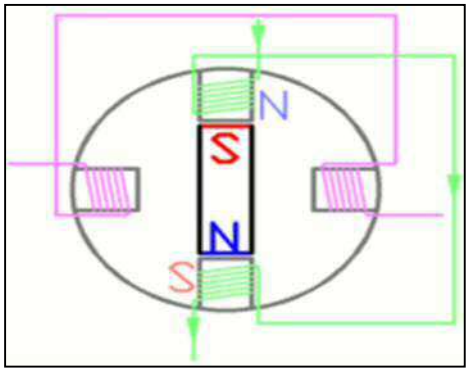


Figure III.8 : fonctionnement en pas entier a aiment permanent [10]

III.3.3.2 Fonctionnement en mode « High Torque » (fort couple) : [10]

Pour augmenter l'intensité du flux magnétique créé par le stator, et donc le couple moteur, on peut alimenter les deux bobines en même temps, en faisant varier uniquement le sens du courant dans chacune d'entre elles. Le rotor prendra donc également l'une des 4 positions de la vidéo suivante, suivant le sens d'alimentation de chacune des bobines. Figure (III.9)

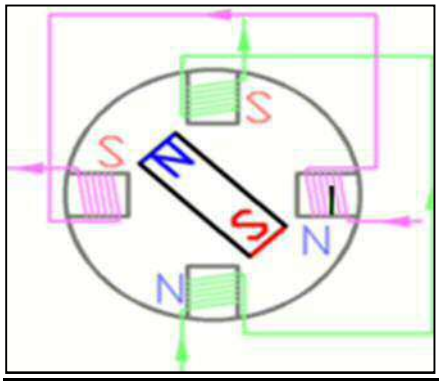


Figure III.9 Fonctionnement en mode « High Torque » à aimant permanent [10]

Pour augmenter le nombre de positions stables et donc de pas du moteur à aimant permanent, on peut combiner les deux modes précédents dans un mode de commande appelé « demi-pas ». L'animation suivante montre le fonctionnement de ce mode.

Les moteurs pas à pas à aimant permanent ont un couple moteur important, mais une résolution (nombre de pas par tour) faible, et une fréquence de rotation faible. La commande de ces moteurs pas à pas nécessite de contrôler le sens du courant dans chaque bobine Figure (III.10).

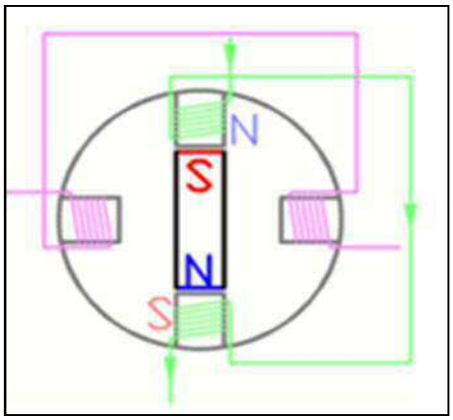


Figure III.10 : Fonctionnement en mode demi-pas à aimant permanent [10]

III.3.4 Les avantages et les inconvénients des moteurs pas à pas aimant permanent : [10]

Avantages du moteur à aimant permanent :

- Bon emmarchement.
- Dimensions réduites.
- Bon rendement.
- Bon amortissement des oscillations.
- Grand angle de pas (nombre de pas faible : 48).

Inconvénients du moteur à aimant permanent

- Puissance faible
- Paliers en bronze ou plastique (pas de roulement).
- Couple résiduel sans courant.
- Vitesse faible.

III.4 Moteur pas-à-pas hybride MH : [10]

C'est une combinaison des deux modes de construction. On utilise un rotor aimanté à pôles saillants et un stator aussi à pôles saillants. Chaque pôle (ils sont le plus souvent 8) reçoit un enroulement et ceux-ci sont associés un pôle sur deux de façon à constituer deux enroulements diphasés. Le rotor et le stator sont pourvus d'encoches constituant autant de petits pôles mais le pas angulaire est différent au stator et au rotor, de sorte que seuls certains micropôles se correspondent. Par exemple, le rotor comporte ***50 dents***, et le stator a un pas de ***1/48*** de tour entre deux dents. Ceci provoque un effet de vernier qui multiplie le nombre apparent de pôles, de sorte à avoir le plus souvent ***50*** systèmes de pôles. C'est pourquoi on les appelle parfois "moteurs vernier.

Ces moteurs ont une plus grande puissance massique que les précédents et tournent plus lentement à cause du nombre de pôles, ce qui est très souvent avantageux car l'entraînement direct de la charge (sans réducteur) est souvent possible. De plus, ils fonctionnent sur une large gamme de vitesses et existent pour des puissances variées, de ***1 W à 1 kW***.

Un nouveau mode de construction comporte un rotor en forme de disque passant dans l'entrefer du stator. Le rotor lisse comporte ***25*** paires de pôles ce qui rend ce type de moteur

comparable avec les types traditionnels mais avec des performances plus élevées, en particulier une très faible inertie qui permet de très grandes accélérations.

Les moteurs hybrides sont les plus répandus actuellement pour les applications demandant une précision et une puissance moyennes.

III.4.1 Composition d'un moteur pas à pas hybride : [10]

Le rotor présente plusieurs dents comme pour un moteur pas à pas à réluctance variable, mais chaque dent est polarisée comme pour un moteur pas à pas à aimants permanents. Physiquement le rotor est composé de deux éléments identiques à un rotor de moteur à réluctance variable (rouge et bleu ici), reliés ensemble par un aimant permanent (noir), avec un déphasage d'une ***1/2*** dent. De ce fait ces deux éléments ont une polarisation différente (nord et sud) et vont réagir à la polarisation de chacune des dents du stator. C'est cette polarisation qui permet de n'utiliser que deux bobines, qui forment en réalité ***4*** états différents puisque le sens du courant entre ici en jeu. Figure (III.11).

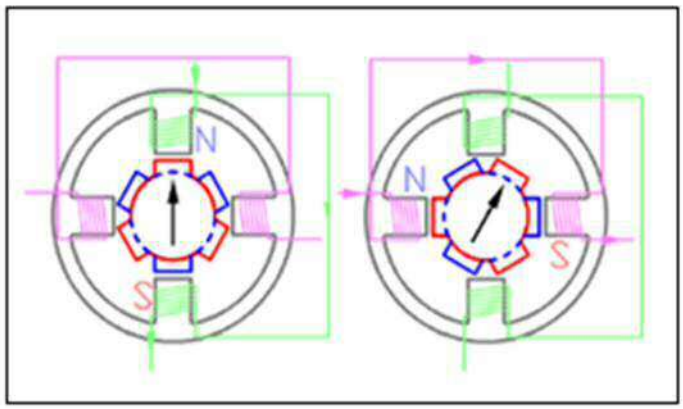


Figure III.11 Composition d'un moteur pas à pas hybride [10]

III.4.2 Fonctionnement d'un moteur pas à pas hybride : [10]

En mode pas entier, les bobines sont alimentées une par une alternativement, dans un sens puis dans l'autre. On voit bien ici l'intérêt d'avoir un rotor polarisé : quand on coupe l'alimentation de la bobine verte et qu'on alimente la bobine rose, en l'absence de polarisation du rotor on n'aurait aucun contrôle sur le sens de rotation, les deux dents bleues et rouges étant attirés de la même façon par la bobine. Avec un rotor polarisé, on peut choisir une de ces deux dents en agissant sur le sens du courant dans la bobine. Il en résulte le mouvement décrit sur l'animation suivante. Figure (III.12).

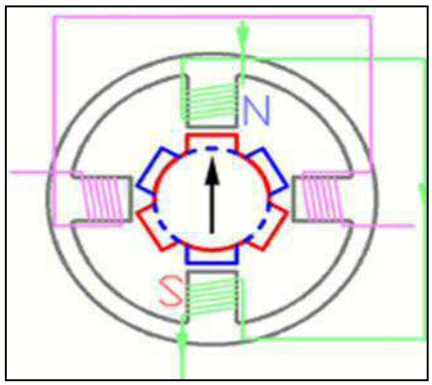


Figure III.12 Moteur pas à pas hybride en fonctionnement [10]

III.4.3 Technologie des moteurs pas a pas hybride : [10]

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

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

III.4.4 Commande moteur pas à pas hybride : [10]

Nous venons de voir que pour commander un moteur pas à pas hybride, comme pour un moteur à aimant permanent, on doit contrôler le sens courant dans chacune des bobines. En pratique, le bobinage est généralement réalisé sur une pièce en fer doux dentée, et polarise cette pièce suivant le sens du courant. Pour cela, il existe trois types de câblages pour les moteurs pas à pas figure (III.13) :

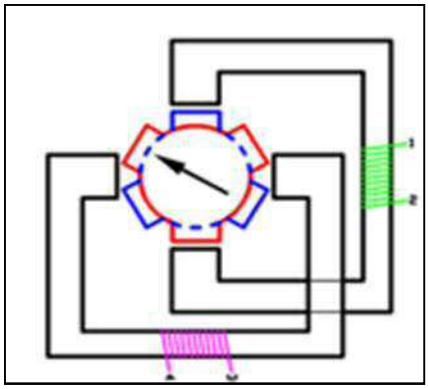


Figure III.13 Moteur pas à pas hybride 4 fils [10]

❖ **Câblage 4 fils**

Il n'y a qu'une seule bobine pour chaque pôle. Ce type de configuration impose de pouvoir changer le sens du courant au niveau du système d'alimentation. Ces moteurs sont appelés moteurs pas à pas bipolaires, car lors de leur rotation chacune des bobines va être polarisée de deux façons différentes. Figure (III.14).

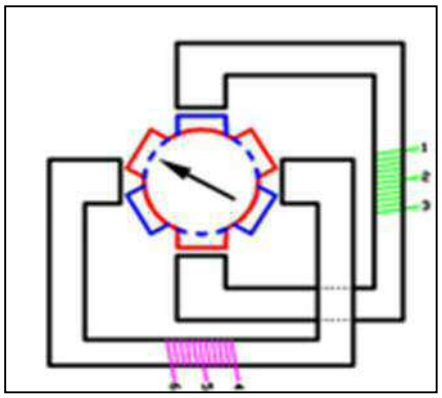


Figure III.14 Moteur pas à pas hybride 6 fils [10]

❖ **Câblage 6 fils**

Un point milieu est créé sur chacun des bobinages. Généralement ces deux points milieux (***2 et 5***) sont reliés à une borne du dispositif d'alimentation. En alimentant un des ***4*** autres points on peut choisir le sens du courant sans avoir d'inversion de polarité. L'inconvénient est qu'on n'utilise que la moitié du cuivre, ces moteurs pas à pas unipolaires ont donc un rendement massique plus faible. Figure (III.15).

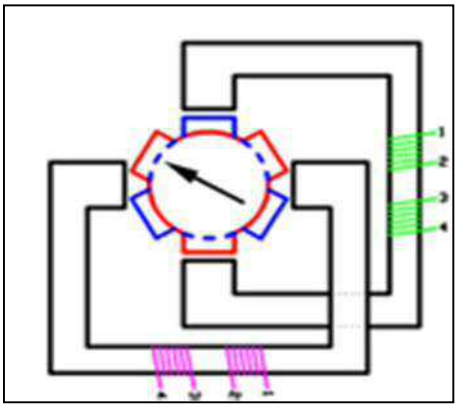


Figure III.15 Moteur pas à pas hybride 8 fils [10]

❖ **Câblage 8 fils :**

Cette configuration de moteur pas à pas permet de choisir entre les deux configurations précédentes au moment du câblage. On peut relier les bobines de chaque groupe en série ou en parallèle pour utiliser le moteur en bipolaire, ou les relier en série en gardant le point milieu pour l'utiliser en unipolaire.

III.5 Avantages du moteur pas à pas hybride [10]

- Couple important
- Plus de puissance
- Rendement assez bon
- Courbe START/STOP assez élevée
- Bon amortissement
- Adapté au fonctionnement micro-pas
- Roulement à billes pour une meilleure charge radiale et plus longue durée de vie
- Petit angle de pas.

III.6 Inconvénients du moteur pas à pas hybride : [10]

- Inertie élevée
- Couple résiduel sans courant
- Plus couteux
- Plus volumineux

III.7 Comparaison entre les trois types de moteurs pas à pas : [11]

Le Tableau III-1 donne une comparaison entre les divers 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 Watts	Quelques KWatts
Inconvénients	Pas de mémoire de position		

Tableau III-4 : Comparaison des performances pour les trois types de moteurs pas à pas

III.8 Conclusion :

Nous avons vus dans ce chapitre le moteur pas-à-pas avec ces divers et principaux types qui sont les moteurs pas-à-pas à réluctance variable '***MRV***', les moteurs pas-à-pas à aimant permanant '***MP***' et les moteurs pas-à-pas hybrides '***MH***'. En deuxième étape, on a vu le mode

de fonctionnement de chaque type en un pas entiers et en mode demi-pas. Enfin, nous avons fait une petite comparaison entre ces trois types.

CHAPITRE IV : SIMULATION PAR LE LOGICIEL ISIS

IV.1Introduction :

Pour la saisie de schéma, on utilise le logiciel ISIS.

L'écran se compose de plusieurs parties:

- la zone de travail, dans laquelle sera disposé le schéma,
- la zone de contrôle qui permet de se déplacer d'un endroit à un autre de la zone de travail,
- le clavier,
- la liste des objets sélectionnés pour réaliser le schéma.

IV.2Définition des dimensions de la feuille de travail: [12]

Sélectionnez dans le menu déroulant "Système" l'instruction "Définir taille des feuilles", puis cochez la rubrique "Perso", et donnez-lui les dimensions 8.26 in par 11.69 in, ce qui correspond au format A4 réel.

Si l'orientation souhaitée est le format dit "Paysage", il convient de permuter ces valeurs.

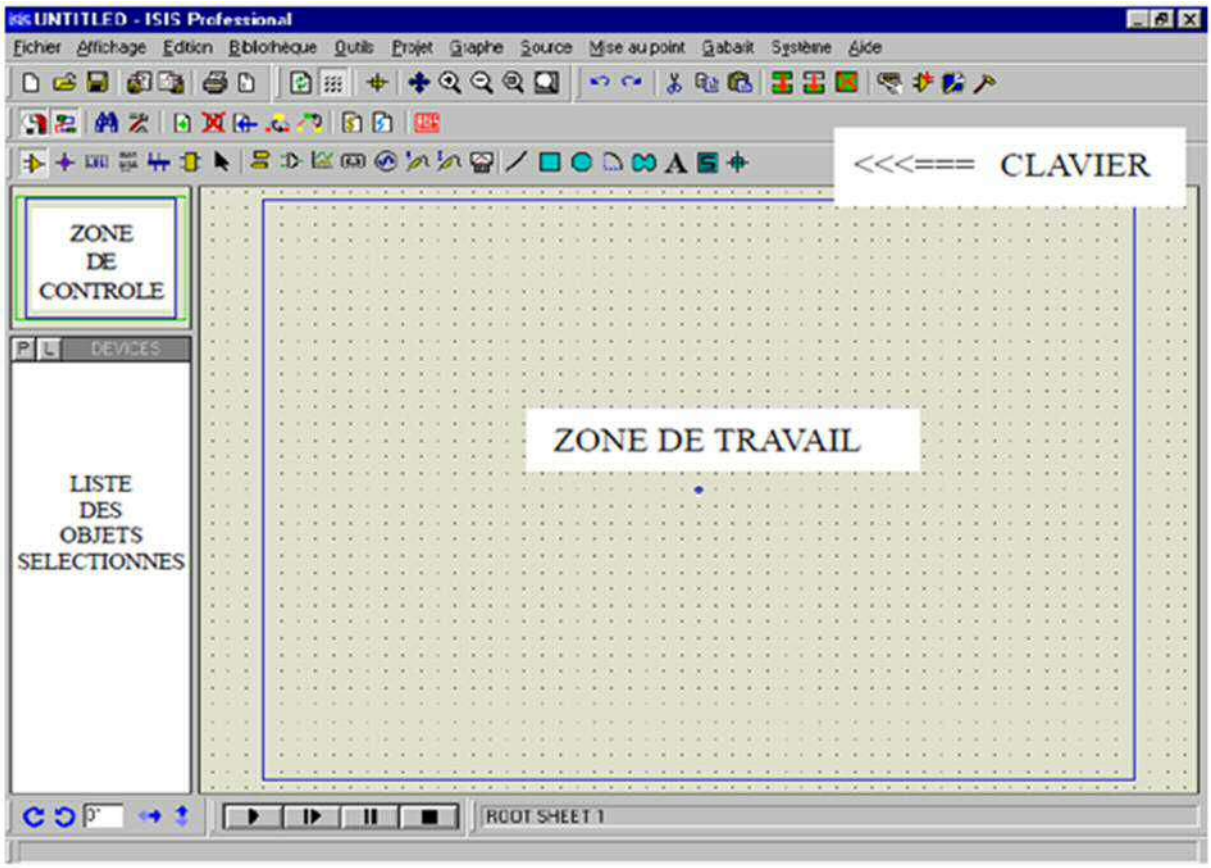


Figure IV.1 : feuille de travail

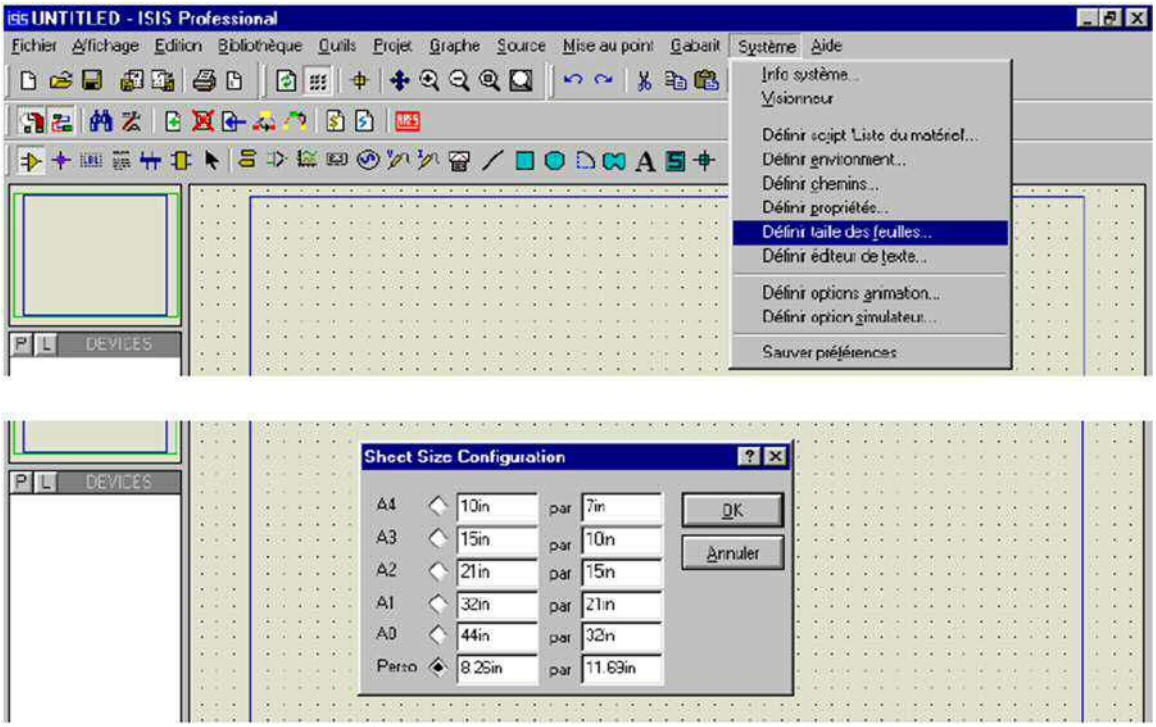


Figure IV.2 : taille de feuille

IV.2.1Définition des propriétés du dessin:

Sélectionnez dans le menu déroulant "Projet" l'instruction "Editer propriétés du projet", puis éditez les propriétés, ...

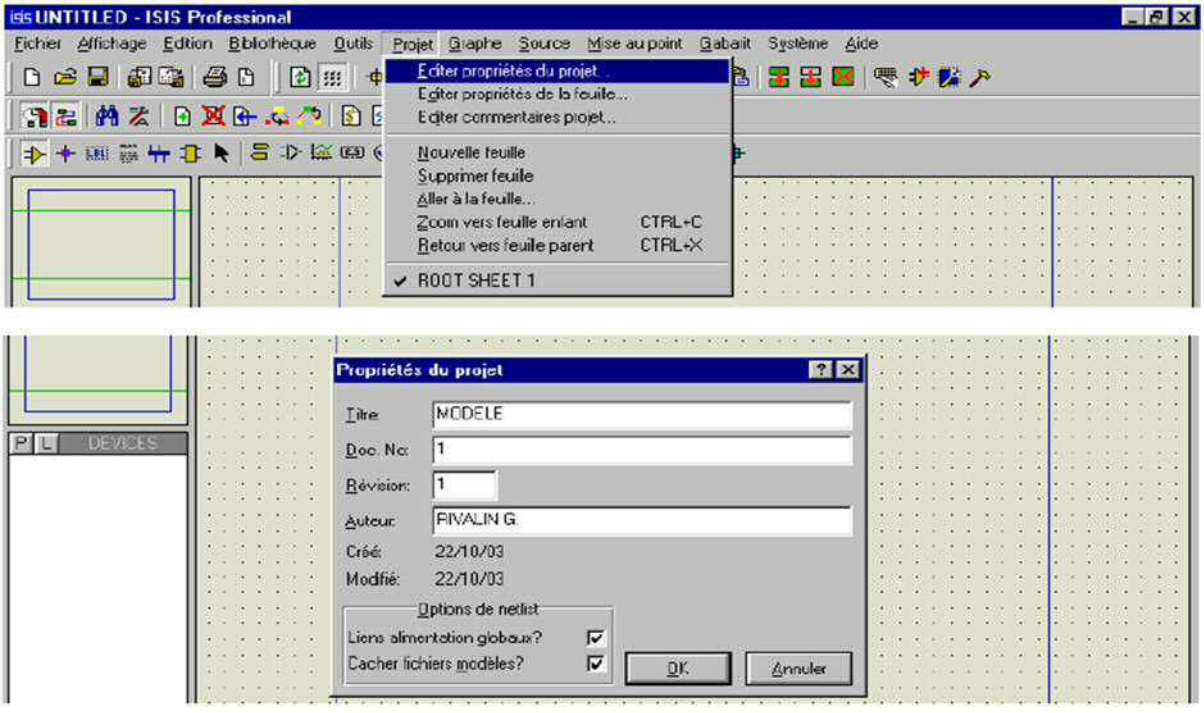


Figure IV.3 : propriétés du dessin

Celles-ci apparaîtront ensuite dans le cartouche, avec les propriétés de la feuille, qu'il faut définir de la façon suivante: sélectionnez dans le menu déroulant "Projet" l'instruction "Editer propriétés de la feuille", puis éditer les propriétés demandées.

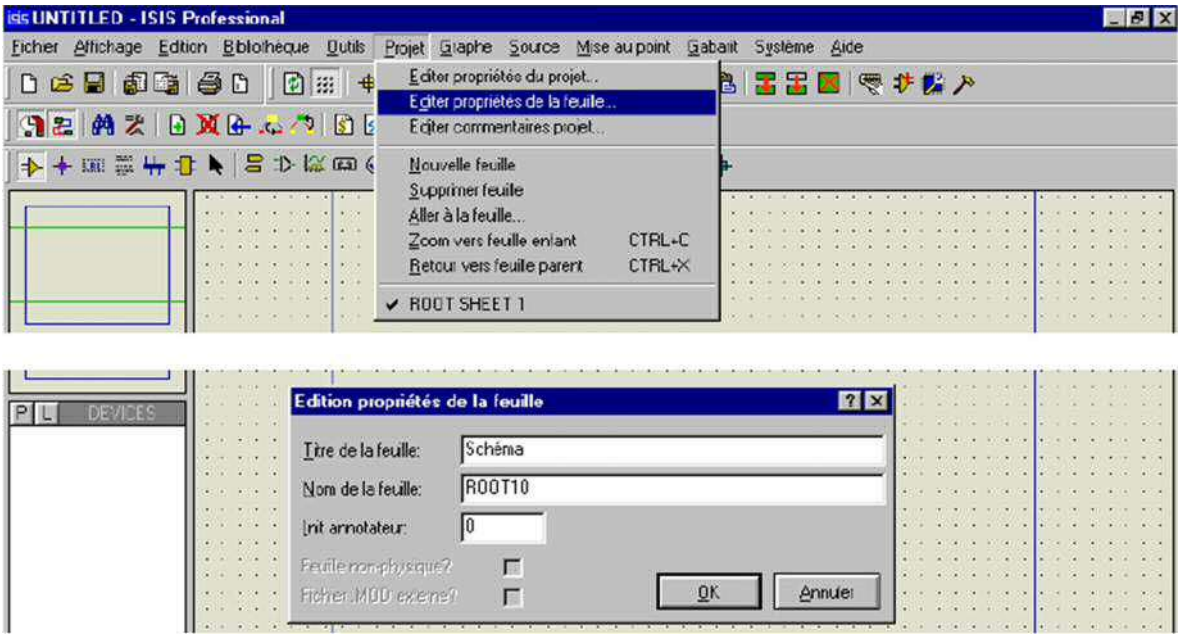


Figure IV.4 : propriétés de la feuille

IV.3 Placement du cartouche:

Sélectionnez la touche "Symbole graphique 2D" du clavier, puis cliquez sur la lettre P (Prendre symboles); les cartouches figurent dans la librairie System+, choisissez alors celui qui vous convient, double clic gauche sur le modèle souhaité qui apparait alors dans la liste des objets sélectionnés.



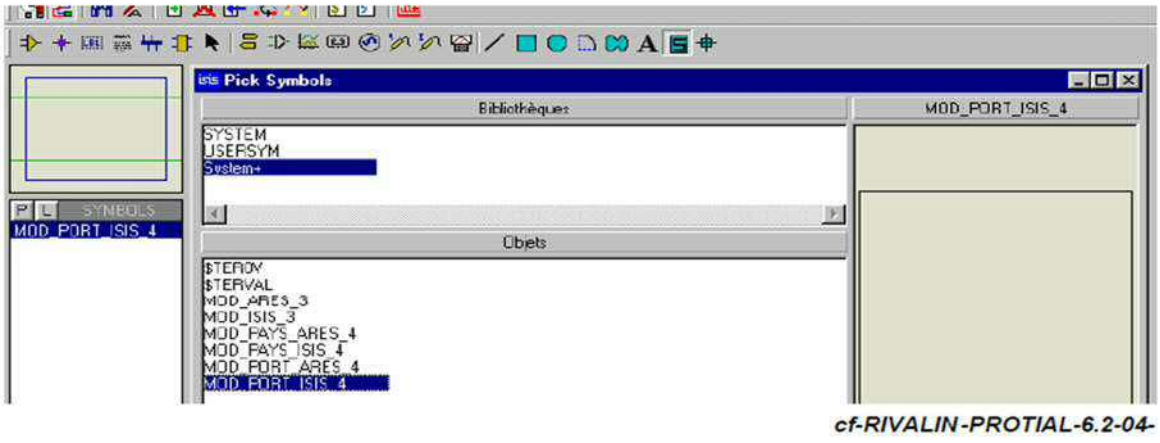


Figure IV.5 : Placement du cartouche

Pour placer ce cartouche, cliquez précisément sur la croix bleue marquant le centre de la feuille.

IV.4 Recherche des composants:

Sélectionnez la touche "Composant" du clavier, puis cliquez sur la lettre P (Prendre composants) ; les librairies contenant les composants apparaissent alors dans un ordre théoriquement alphanumérique.

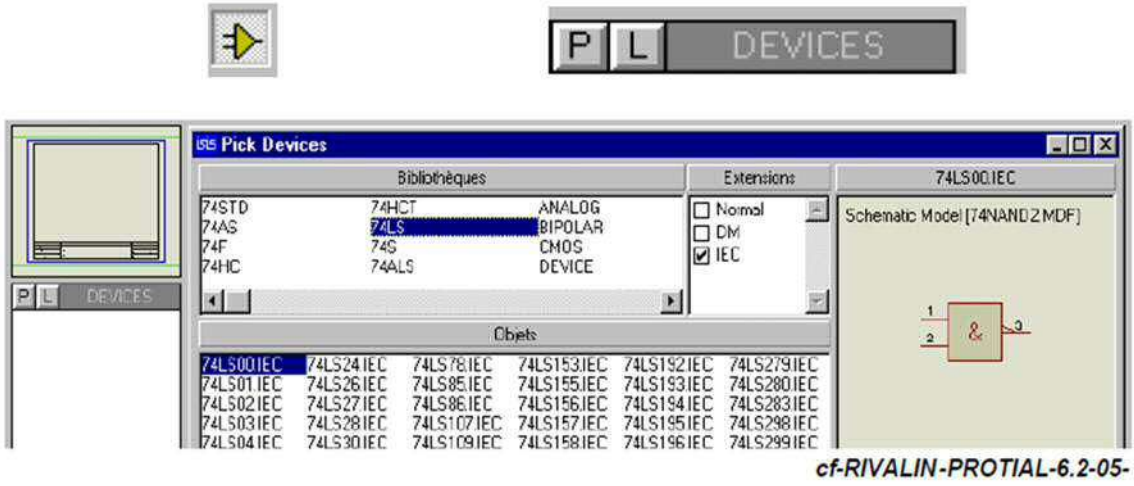


Figure IV.6 : Recherche des composants

IV.4.1 Sélection des composants:

Cliquez (gauche) sur la librairie concernée, puis cliquez (gauche) 2 fois de suite sur les composants souhaités, ceux-ci apparaissent alors dans la liste des composants sélectionnés.

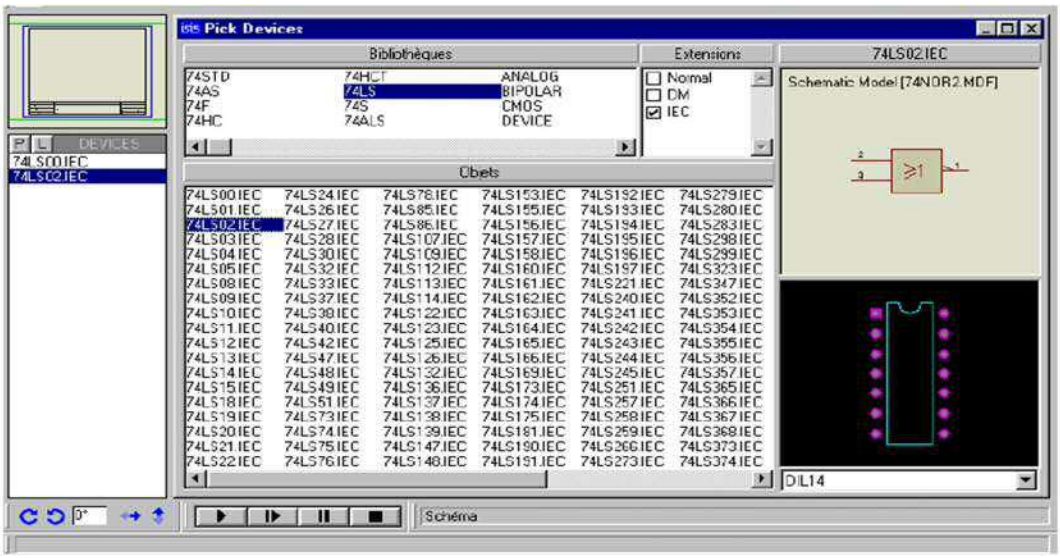


Figure IV.7 : Sélection des composants

IV.4.2Placement des composants sur la feuille de travail:



La touche "Composant" doit être préalablement sélectionnée.

De même, il est souhaitable de prendre une grille aux 50 millièmes de pouce. Sélectionnez dans le menu déroulant "Affichage" l'instruction "Pas 50th".

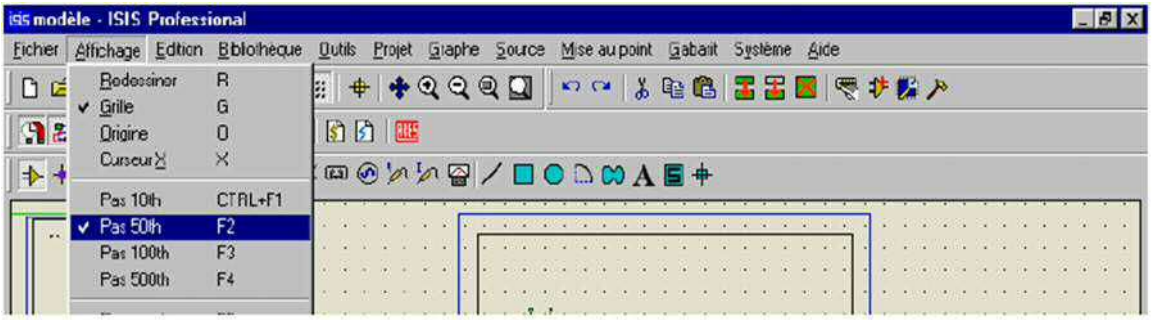


Figure IV.8 : chois pas de grille

Pour placer un composant, cliquez sur la référence du composant dans la liste des Composants sélectionnés, il apparait alors sur l'écran de contrôle,

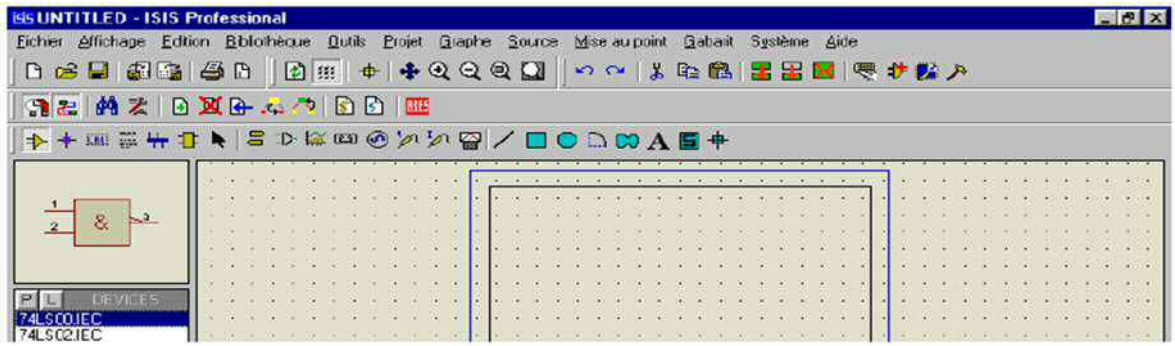


Figure IV.9 : les composants dans l'écran de contrôle

Choisissez son orientation en activant les touches suivantes, en bas de l'écran à gauche:



Cliquez alors *"gauche"* dans la zone de travail où vous souhaitez le placer, puis sélectionnez-le *(clic droit)*, il apparaît alors en surbrillance rouge, enfin éditez-le *(clic gauche)*. Donnez une référence au composant placé, CI1:A, par exemple, CI1:B pour le suivant... Les propriétés de vos composants peuvent également apparaître sous forme de texte comme sur l'écran de droite ci-dessous.

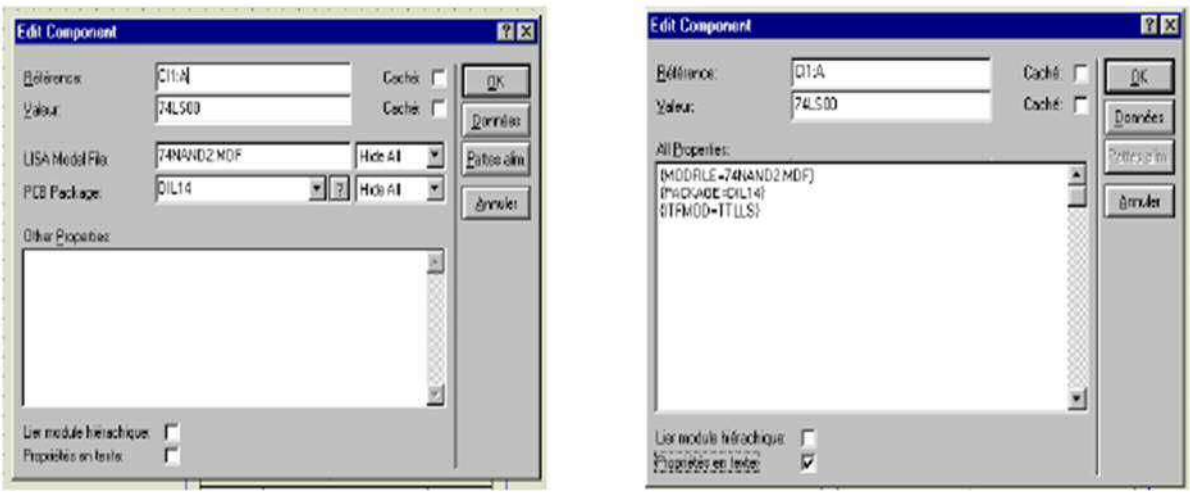


Figure IV.10 : Edité component

IV.5 Utilisation de la touche édition instantanée:

L'opération précédente peut également être réalisée à l'aide de la touche "Edition instantanée" du clavier: un simple clic gauche sur le composant choisi permet d'obtenir l'un des écrans précédents.



Il convient alors de placer tous les composants et tous les autres objets nécessaires au schéma avant de les éditer, au risque d'en oublier. Il vaut peut-être mieux garder cette option pour la rectification des erreurs constatées *in fine*.

IV.6 Placement des bornes d'entrée, de sortie et d'alimentation:

Sélectionnez la touche "Terminal inter-feuille" du clavier: 

Les bornes disponibles apparaissent dans la zone des objets sélectionnés. Si vous souhaitez en sélectionner une autre, cliquez sur la lettre P, l'écran suivant apparaît: les bornes disponibles sont dans les bibliothèques System ou System+.

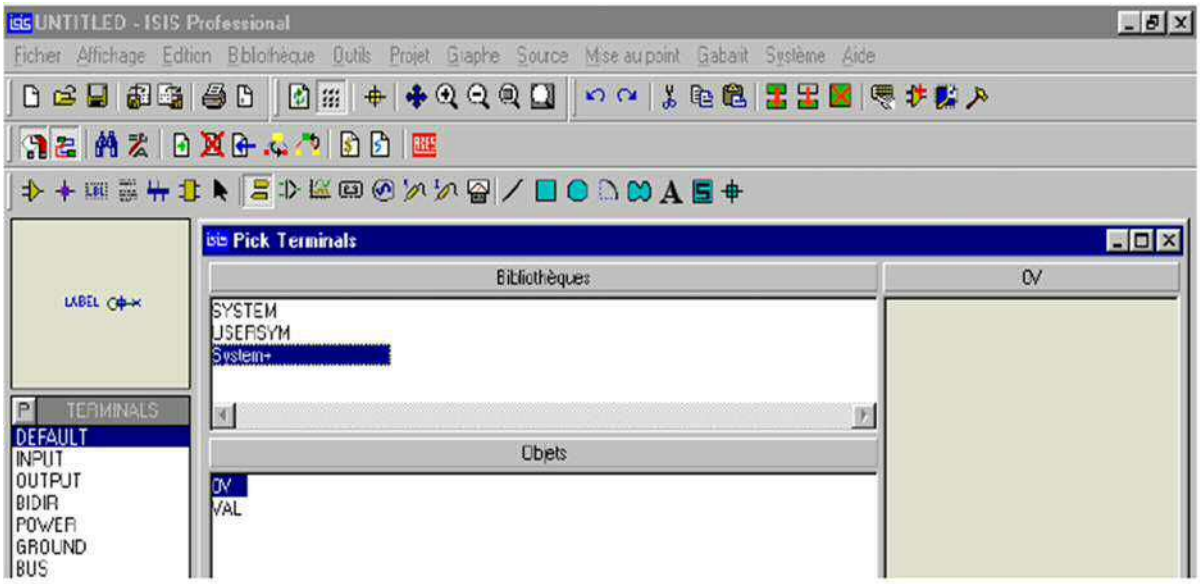


Figure IV.11 : Pick terminals

Pour placer une borne, cliquez sur le type de borne souhaitée dans la zone de sélection, elle apparait alors sur l'écran de contrôle, et on choisi son orientation en activant les touches suivantes:



Une fois la borne placée, il faut la sélectionner *(clic droit)* puis l'éditer *(clic gauche)*, ou utiliser la touche "Edition instantanée"; l'écran suivant apparait.

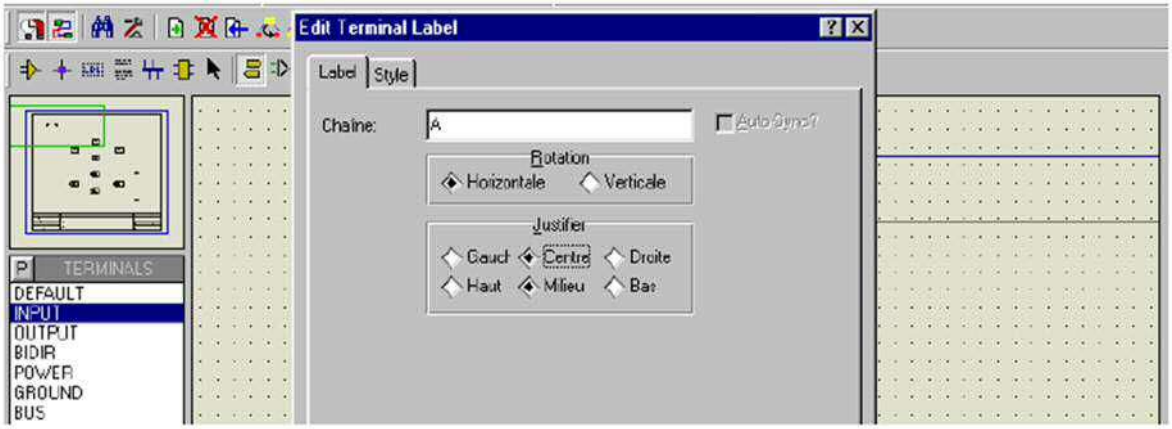


Figure IV.12 : Edit terminal label

Référencez chacune des bornes placées, et choisissez l'orientation et la disposition de cette référence par rapport à la borne.

IV.7 Réalisation des liaisons entre composants:

Placez le curseur à l'extrémité de la borne concernée, une croix matérialise la possibilité de faire une liaison; cliquez alors *"gauche"* pour débuter la liaison, tracez-la en cliquant à chaque fois que vous voulez faire un angle, puis cliquez *"gauche"* de nouveau à l'endroit où elle se termine, c'est à dire lorsqu'une nouvelle croix matérialise la possibilité de terminer la liaison.

On peut également cliquer une première fois *"gauche"* au point de départ, puis de Nouveau au point d'arrivée, et laisser le logiciel chercher un tracé; mais cette solution oblige souvent à reprendre le tracé pour obtenir une solution satisfaisant le concepteur.

— *NOTEZ BIEN:*

- *un clic droit = sélection,*
- *un clic gauche = placement*
- *un clic droit suivi d'un clic gauche = édition*
- *un double clic droit = suppression*
- *la récupération se fait par la commande CTRL + Z,*
- *un clic gauche suivi d'un clic droit = annulation du placement de liaison,*
- *un clic droit suivi d'un clic gauche "maintenu" = déplacement de l'objet Sélectionné*

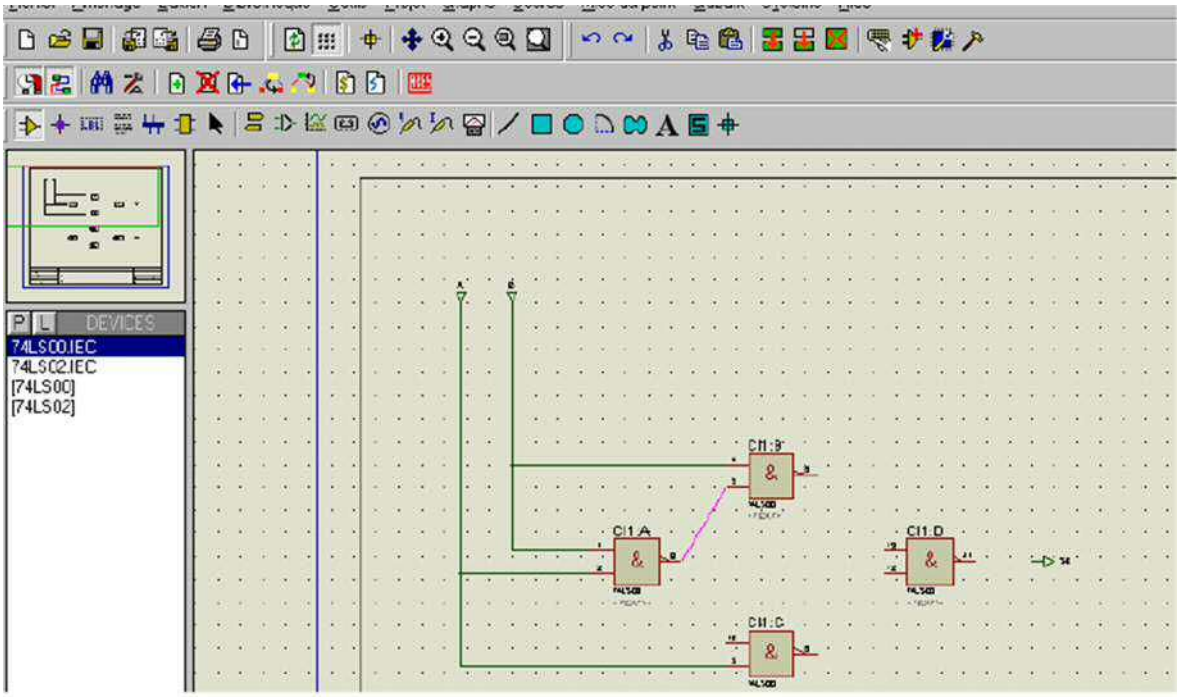


Figure IV.13 : Réalisation des liaisons

IV.7.1 Dénomination des liaisons:

Sélectionnez la touche "Label de connexion" du clavier: 

Cliquez gauche sur la liaison à nommer, puis renseignez la rubrique, comme cela a été fait dans le cas des bornes d'entrée, de sortie et d'alimentation. Ces labels assurent les liaisons équipotentielles entres les liaisons de même dénomination.

IV.7.2 Edition de la liste du matériel nécessaire:

A l'aide du menu déroulant "Outils", instruction "Liste du matériel", sous instruction "ASCII output", l'élaboration de la liste du matériel nécessaire permet de vérifier s'il n'y a pas eu de mauvaise attribution de référence à des composants, ou des valeurs de caractéristiques erronées.

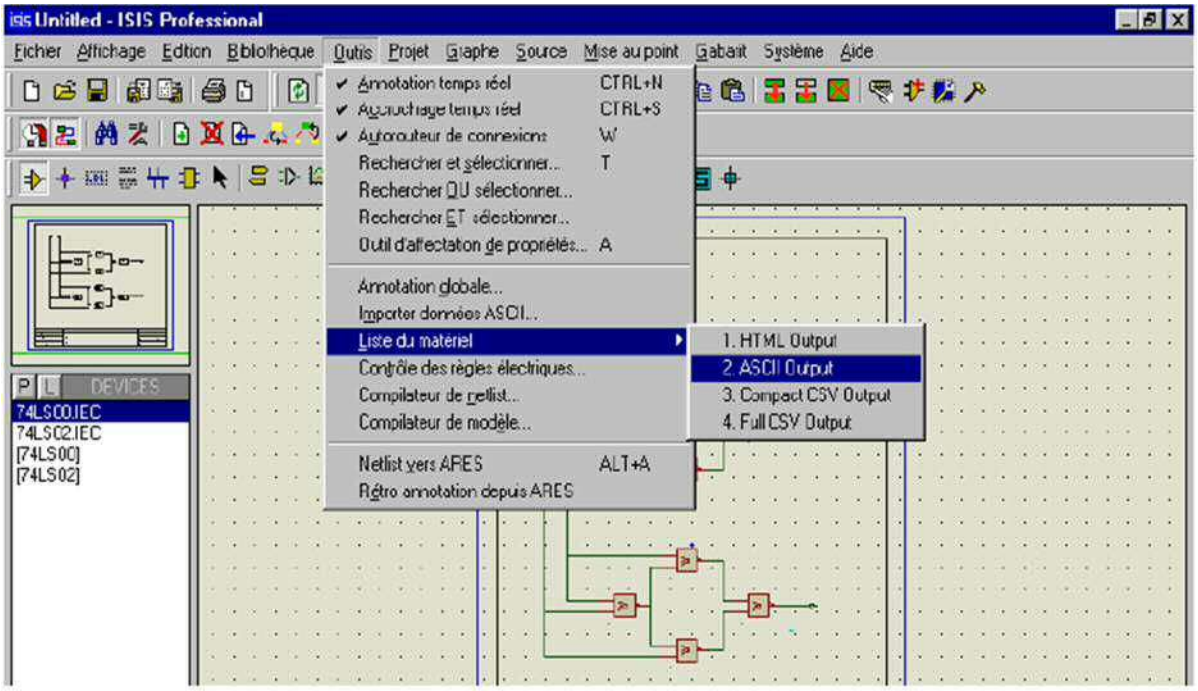


Figure IV.14 : Edition de la liste du matériel nécessaire

Cette opération très rapide permet de déceler beaucoup d'erreurs de saisie tout aussi bien avant l'impression du schéma que le routage de la carte imprimée ou la simulation. Une sauvegarde de cette liste permet la récupération sous d'autres logiciels (traitement de texte notamment).

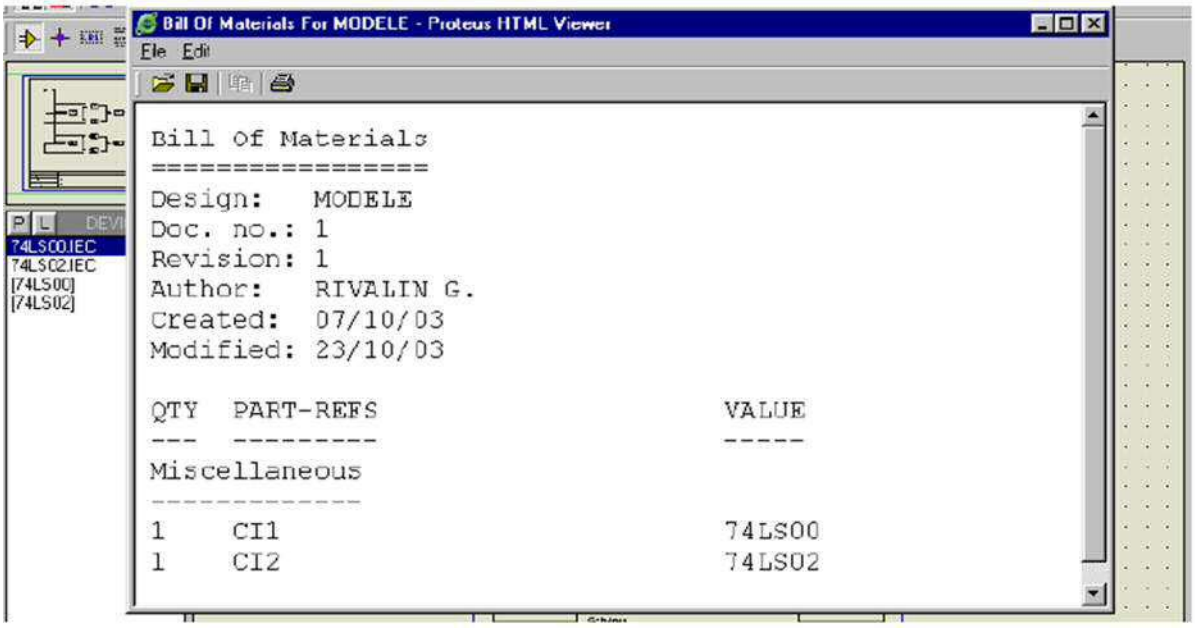


Figure IV.15 : traitement de texte notamment

IV.8 Sauvegarde du fichier dessin:

Dans le menu déroulant "Fichier", il y a deux commandes de sauvegarde; lors de la première sauvegarde d'un schéma il faut choisir "Enregistrez sous...", ensuite la commande "Enregistrez" permettra d'effectuer cette phase plus rapidement.

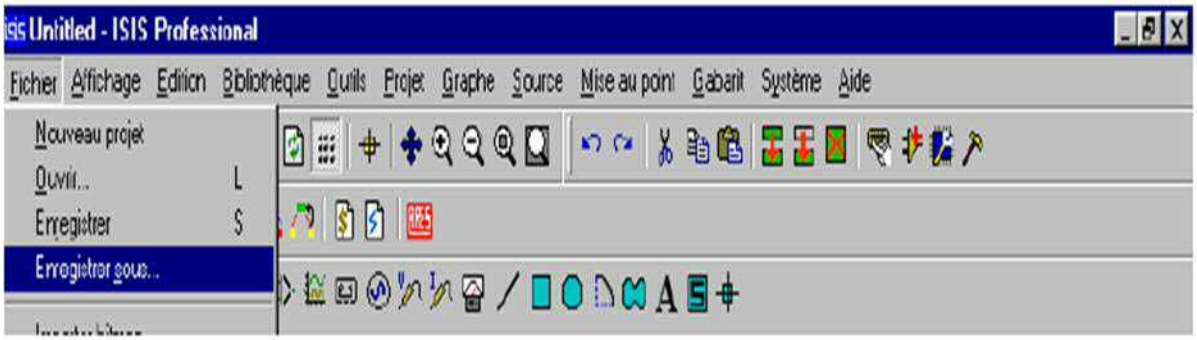


Figure IV.16 : choit d'enregistrement

Lorsque l'écran ci-dessous est apparu, vous devez choisir sur quel disque, dans quel répertoire et sous quel nom va s'effectuer la sauvegarde. Le fichier dessin porte l'extension **"DSN"** *(Design-Dessin)*.

A chaque sauvegarde ultérieure, la version antérieure reste mais sous le nom de "Last loaded ..." et antérieurement encore "Backup of..." permettant ainsi une récupération en cas de destruction ou de détérioration de fichier. Ces fichiers portent l'extension "DBK".

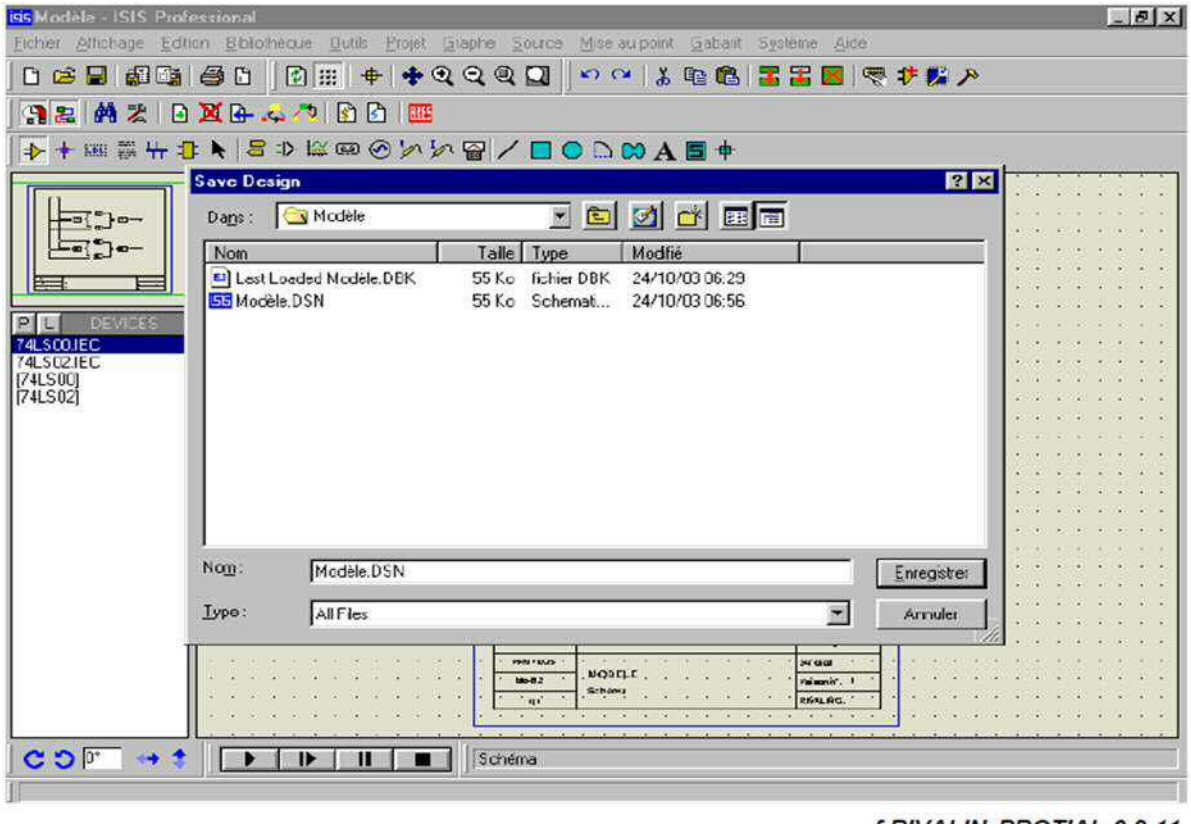


Figure IV.17 : enregistrer le dessin

IV.8.1 Impression du schéma:

L'opération commence par la configuration de l'imprimante: sélectionnez à cet effet cette commande dans le menu déroulant "Fichier", instruction "Configuration imprimante".

L'écran ci-dessous apparaît, vous n'avez généralement qu'à choisir entre les options "Portrait" ou "Paysage" selon l'orientation choisie au départ.

Ce réglage effectué, il ne reste plus qu'à lancer l'impression par la commande "Imprimer" du menu déroulant "Fichier"

IV.9 les claviers d'Isis:



Figure IV.18 : les claviers d'Isis

VI.10 Schéma de simulation par logiciel Isis proteus :

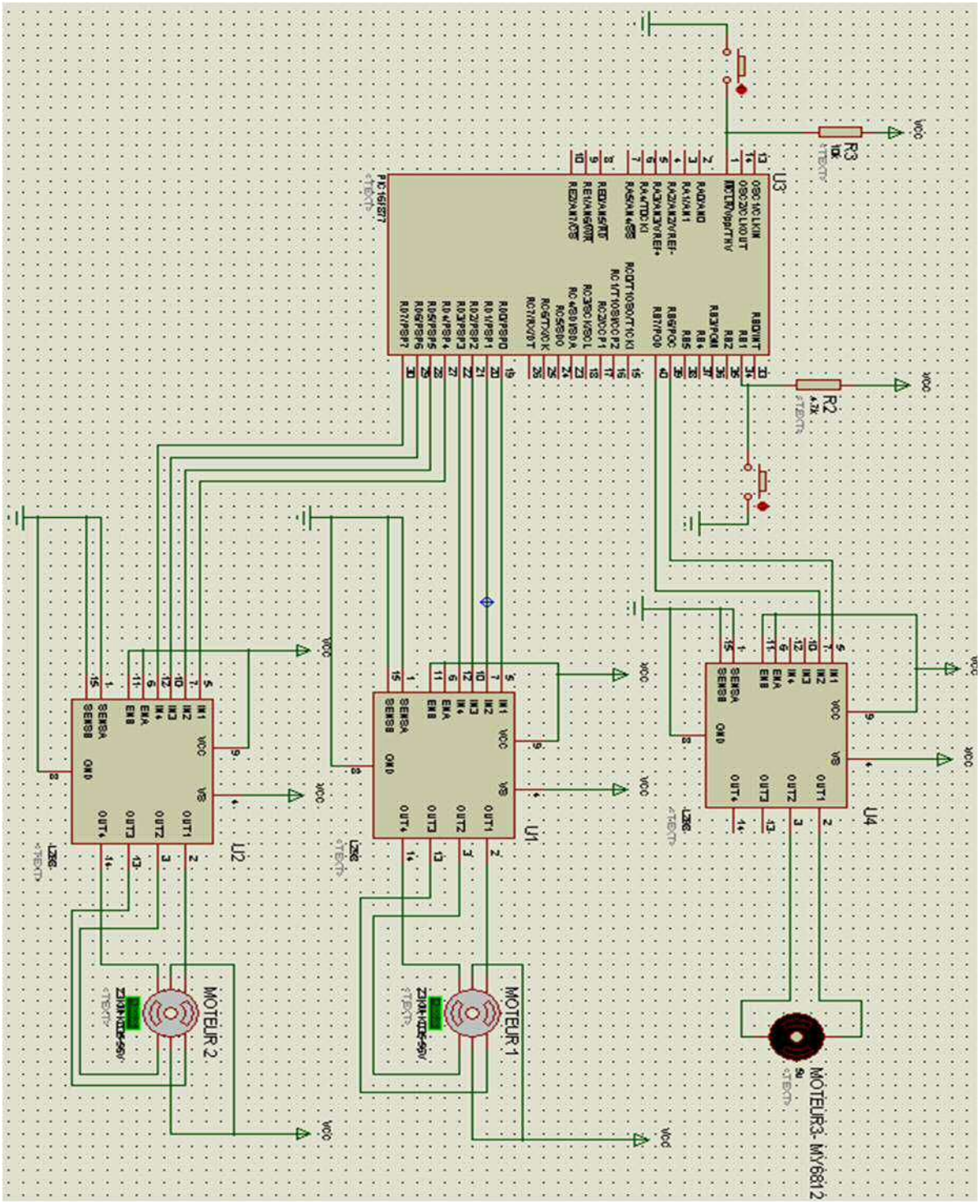


Figure IV.19 : schéma de simulation

VI.11 Programmé par micro C pour pic :

Crée un programme micro C pour usiné la pièce suivante :

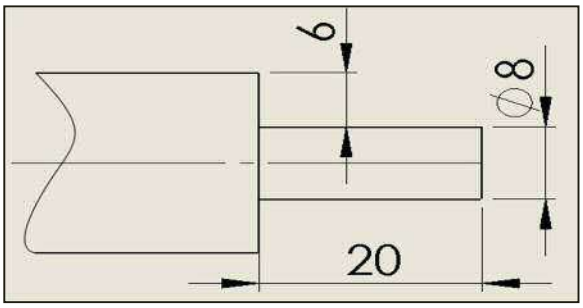


Figure IV.20 : pièce usiné

« Programme C »

```
/* EXPLICATION DU PROGRAMME
    utilisé deux moteurs pas à pas unipolaire  plus moteur courant continu avec
les résistance et pic 16f877 et deux driver L298.
*/
unsigned char seq_g1[4]={0x08,0x02,0x04,0x01};
unsigned char seq_d1[4]={0x01,0x04,0x02,0x08};
unsigned char seq_g2[4]={0x80,0x20,0x40,0x10};
unsigned char seq_d2[4]={0x10,0x40,0x20,0x80};
char i,j,k,y,v,m,e,l;
unsigned char position_g1,position_g2,position_d1,position_d2,count,position;
void init(){
         trisd= 0x00;  portd=0x00;
         trisb= 0x02;  portb=0x00;
                                    }
void marche_gauch1(){
     for (m=200;m>0;m--){
                              portd= seq_g1[m%4];
                              delay_ms (5);
                                                 }
```

```
void marche_gauch2(){
     for (v=0;v<8;v++){
     for (j=200;j>0;j--){
                              portd=seq_g2[j%4];
                              delay_ms (5);
                                                 }
                                                    }
                                                       }

  void marche_droit1(){
  for (l=0;l<4;l++){
   for (k=200;k>0; k--){
                              portd=seq_d1[k%4];
                              delay_ms (5);
                                                 }
                                                    }
                                                       }
```

```
void marche_droit2(){
     for (e=0;e<8;e++){
     for (y=200;y>0; y--){
                                portd=seq_d2[y%4];
                                delay_ms (5);
                                                  }
                                                      }
                                                          }
```

```
void main() {
         init();
         while(PORTB.RB1==1);
                              portb.f7=1;
                              marche_gauch1();
                              marche_gauch2();
                              marche_droit2();

                              marche_gauch1();
                              marche_gauch2();
                              marche_droit2();

                              marche_gauch1();
                              marche_gauch2();
                              marche_droit2();

                              marche_gauch1();
                              marche_gauch2();
                              marche_droit2();

                              marche_droit1();
```

```
                              portb.f7=0;
                                        }
```

VI.12 Conclusion:

Dans ce chapitre, nous avons parlé de l'ISIS Proteus et l'sur la façon d'utiliser celui-ci dans la simulation.

Dans ce projet, nous avons faire la simulation par logiciel Isis proteus contrôlé deux moteurs pas à pas avec deux drivers avec un moteur courant continu commandé par pic 16f877, programmé par micro C, essayé faires un program pour usiner une pièce cylindrique.

Moteur pas à pas 1 le déplacement de chariot transversal et moteur pas à pas 2 le déplacement de chariot longitudinal et en fin le moteur courant continu pour la rotation de mandrin.

CHAPITRE V : CONCEPTION DE PROTOTYPE TOUR CNC

V.1 Introduction :

Pour fabriquer une machine (tour a commande numérique), le concepteur doit faire quelques études pour confirmer la fiabilité de cette machine. Pour cela on a fait trois études :

- Étude cinématique.
- Étude statique.
- Étude dynamique.

La conception de la machine a été réalisée par le logiciel SolidWorks 2012 avec une License éducatif.

V.2 Étude cinématique : [13]

La cinématique des mécanismes présente un outil de calcul très important qui permet de valider et de vérifier les performances mécaniques d'un système donné. Le schéma cinématique est la forme la plus fondamentale. Il donne, en effet, une représentation simplifiée permettant une meilleure compréhension du fonctionnement.

Pour le cas des machines complexes, on doit fractionner le schéma cinématique globale en des parties plus simples suivant les degrés de liberté de la machine.

Dans notre cas, on a séparé les chaines cinématiques suivant les axes de translation de la tour. La vitesse de translation des chariots est en fonction de la vitesse de rotation des moteurs.

V.2.1 Schéma cinématique :

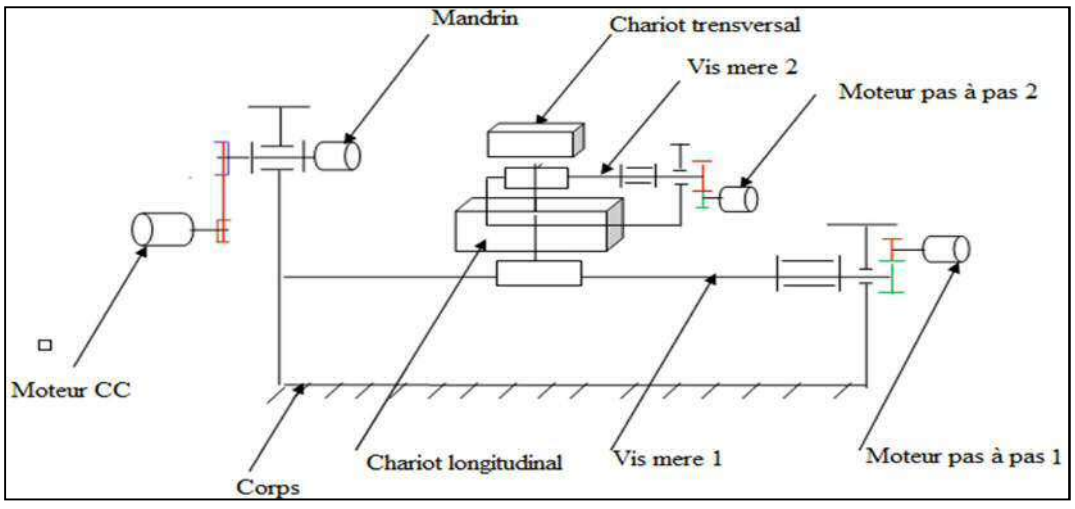


Figure V.1 : schéma cinématique d’un prototype tour CNC

V.3 Etude de mouvement :

Pour avoir une translation du chariot suivant l'axe x, on a transformé la rotation du moteur a en translation à l'aide d'un vis- écrou et déplacement du pas du filetage pour un tour de moteur crut et l'axe z. on transformé la rotation du moteur b en translation a l'aide d'un autre vis écrou et déplacement du pas du filetage pour un tour de moteur, on transformé la relation du moteur c mandrin il est tourne, le rapport de transmission égale 1 dans les axes puisque la vis et l'arbre de moteur pas à pas lie par deux roue denté mêmes diamètres extérieur et dans les deux arbres et les vis , Alor la transmission suivant l'axe (z, x) même rapport.

V .4 Description de la machine :

La machine doit présenter les qualités requises pour le tour CNC grâce à sa conception et aux choix techniques retenus pour sa réalisation :

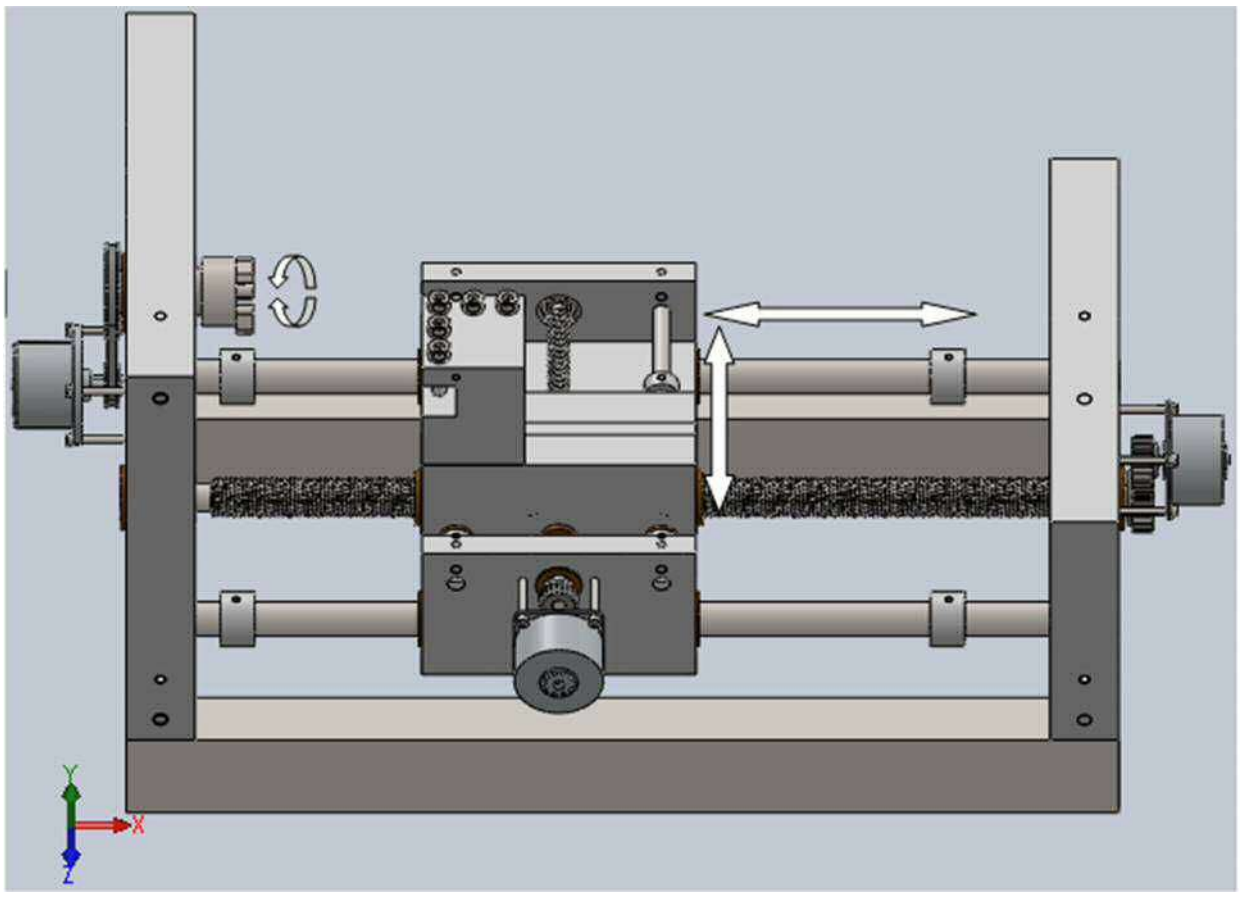


Figure V .2: Proto type de tour CNC

- **Partie fixe de la machine :** comportant les éléments suivants :

- Un châssis en acier extrêmement rigide

- deux tiges plates pour le guidage longitudinal transversal le diamètre et la longue (distance) défirent pour chaque chariot , pour guider les chariots (z, x)
- Deux bâtis défirent à l'hauteur en BTFE monté en parallèles pour faire un corps de cette machine.
- **Partie mobile :** cette partie contient le reste des pièces qu'on va indiquer dans la suite du chapitre.

V.5 Fonctionnement de la machine (partie mobile) :

Les chariots il est déplacé vers ou a partir part de la pièce suivant les deux axes de ce mécanisme de tour (z, x) et le mandrin tourner dans sans horaire, antihoraire.

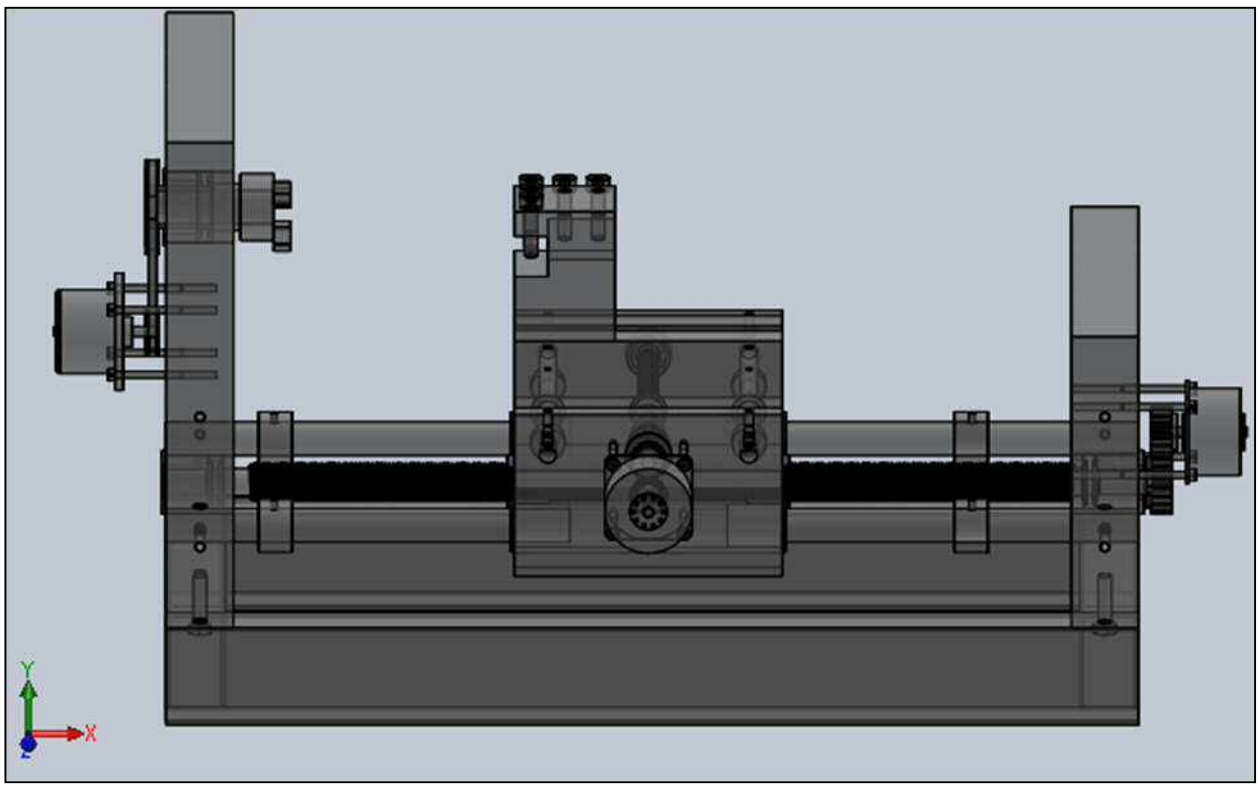


Figure V.3 :déplacement des chariots

V.5 .1 Déplacement longitudinal :

Le déplacement suivant l'axe (x) est assuré par un moteurs é MPP {moteur pas à pas} pour diviser la charge du chariot et augmenter la précision du déplacement par guidage à deux tige .

La transmission de mouvement depuis le moteur est assurée par le système deux roues denté roue de moteur, roue de la vis fileté enfin le déplacement longitudinal de chariot.

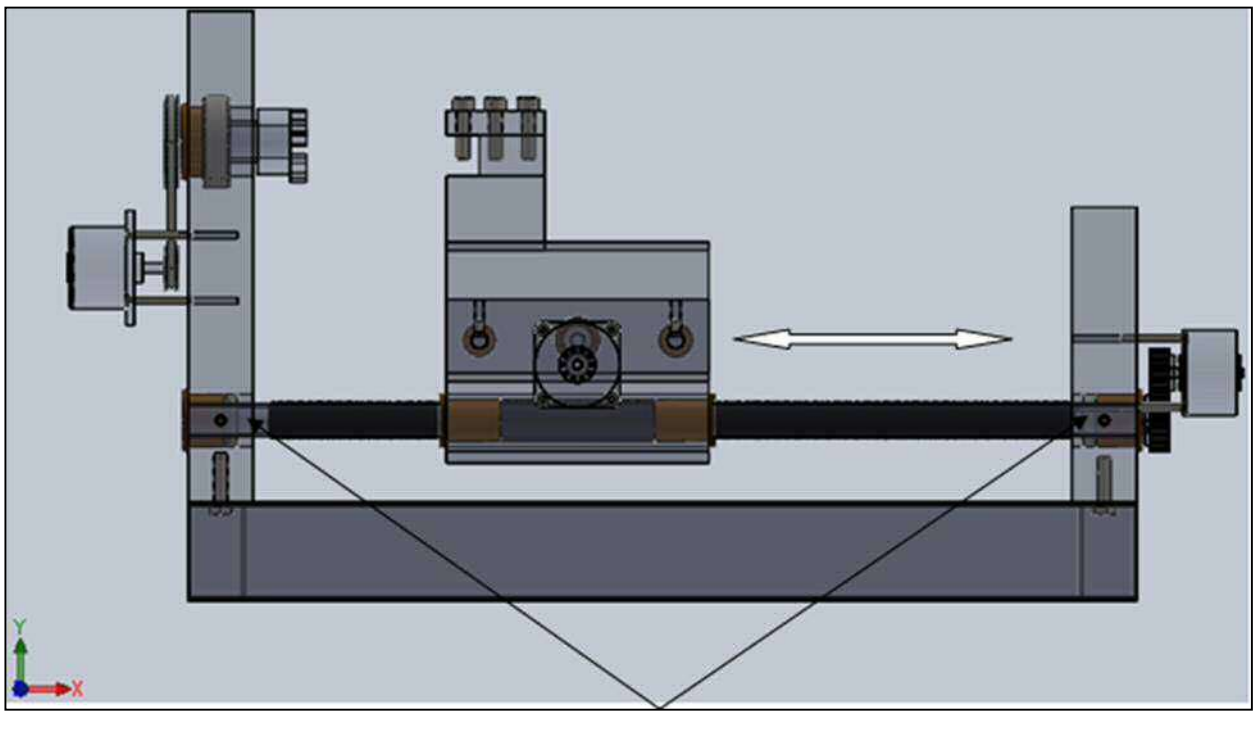


Figure V.4 :déplacement logitudinal de chariot

V.5 .1.1 Guidage :

Le guidage en translation longitudinal est assuré grâce au système deux arbres parallèle à glisser le chariot sur les arebres. Le choix de ce système dépend de la distance de guidage et du chargement imposé ; ce qui explique le choix d'un guidage par roulement.

V.5 .1.2 Génération de mouvement :

Le mouvement suivant l'axe X est actionné par un moteur MPP (pas à pas par) permettant d'avoir un faible déplacement. Ce dernier doit être précis.

V.5.1.3 Transmission et transformation du mouvement :

Un système assure la transmission d'un mouvement à distance (entre l'entrée et la sortie d'un mécanisme) Il faut au moins deux éléments et un système de transmission.

Dans ce mécanisme utilisé le système deux roue d'enté et avoir un déplacement a glissement sur de tige plat.

$Z1 = 15, Z2 = 20$; $Z3 = 15, Z4 = 21$.

Rapport de transmission :

$$\frac{N2}{N1} = \frac{W2}{W1} = \frac{Z1}{Z2} = \frac{d1}{d2} \times \frac{V2}{V1} = \frac{C1}{C2} = r \qquad (V.1)$$

$$r_1 = \frac{14}{21} = 0.66$$

$$r_2 = \frac{15}{21} = 0.71$$

$r < 1$ Réducteur de vitesse

Pour la transformation du mouvement de rotation en mouvement de translation, on a utilisé le système vis et écrou et deux roues dentées vues son rendement et la simplicité de son installation.

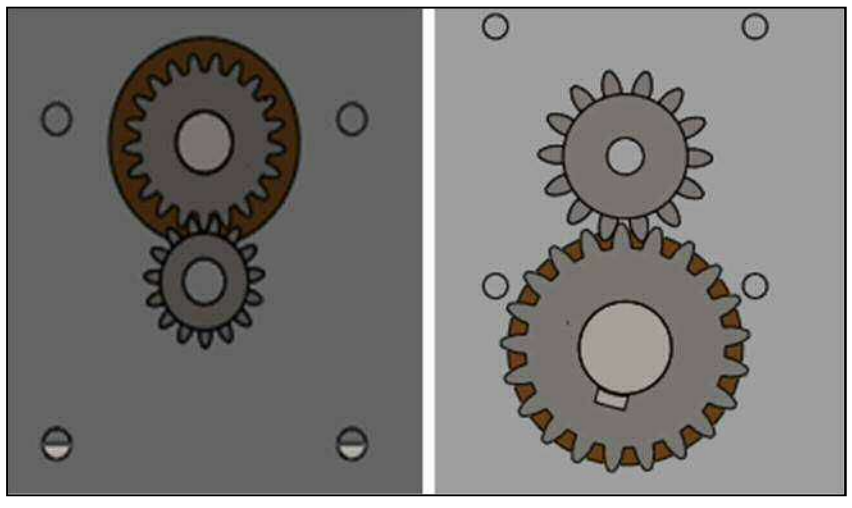


Figure V.5 : Système pignon roue denté

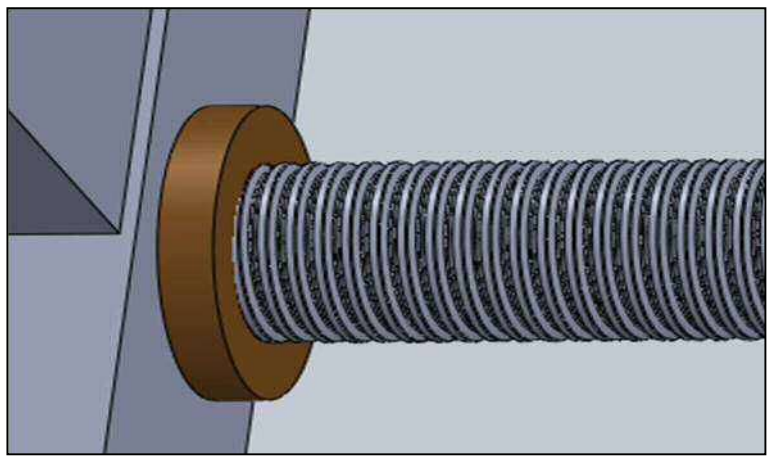


Figure V.6 : transmission vis et écrou

V.5.1.3.1 Choit des vis :

Parmi les caractéristiques mécaniques de la vis, qui permettent son choix, on note.

- **Le pas du filet**

  Le pas du filet est la distance mesurée parallèlement à l'axe de la vis, entre deux points correspondants de deux filets consécutifs.

La profondeur du filet est donnée par

$$\frac{H=(D2-D1)}{2} = 0.5412h \qquad \text{V .2}$$

D'où le pas du filet :

$$h = \frac{H1}{0.5412h} = (D2 - D1)/1.824 \qquad \text{V.3}$$

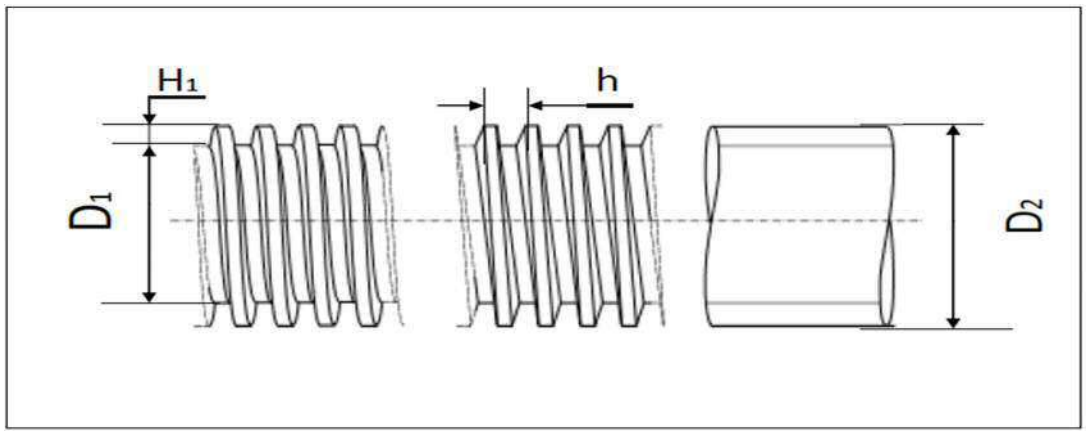


Figure IV.7 : filet de la vis [13]

- **Diamètre nominaux de filetages :**
- **Pour la vis :**
  - Diamètre nominal d mesuré aux sommets des filets.
- **Pour le taraudage :**
  - Diamètre nominal D mesuré à fond filet.

Tableau V.1: illustre les dimensions normalisées pour différents diamètres nominaux du système vis-sans fin : [14]

Diamètre nominal d =D (mm)	Pas nominal h (mm)	Section du noyau de la vis s (mm^2)
10	1.5	52.3
12	1.75	76.2
(14)	2	105
16	2	144
(18)	2.5	175
20	2.5	225

Tableau V.1: dimensions normalisées de la vis.

Dans ce travail il besoin les caractéristiques mécaniques suivantes pour la vis -écrou, choisie comme système de transmission :

- **Vis de chariot longitudinal**
- Le pas, h = 2.5 mm
- Le diamètre, D = 20 mm
- La longueur de la vis x, l_x = 580 mm
- **Vis de chariot transversal**
- Le pas, h=1.75 mm
- Le diamètre, D=12mm
- La longueur de la vis z, lz =240mm

D'où l'expression du diamètre minimal :

$$D_{min} = \sqrt[3]{\frac{32 \times M_{fi}}{\pi \times Rp}} \qquad V.4$$

La résistance pratique de l'acer XC38 est $R_p = 350 \times 10^6$ N/m^2

Le moment idéal :

$$M_{fi} = \sqrt{M_{fmax}^2 + M_t^2} \qquad V.5$$

V.5.1.3.2 Les forces appliquées dans ce mécanisme :

On à deux arbres de guidage pour le chariot longitudinal faire les forces appliquées et la charge au milieu à un seul arbre.

Calcul du diamètre minimal de tige :

- La tige de guidage repose sur les paliers A et B
  - Les forces qui sollicitent cette vis sont :
  - Le poids du mécanisme P= 67.59 N.
  - Les réactions des paliers Ra et Rb

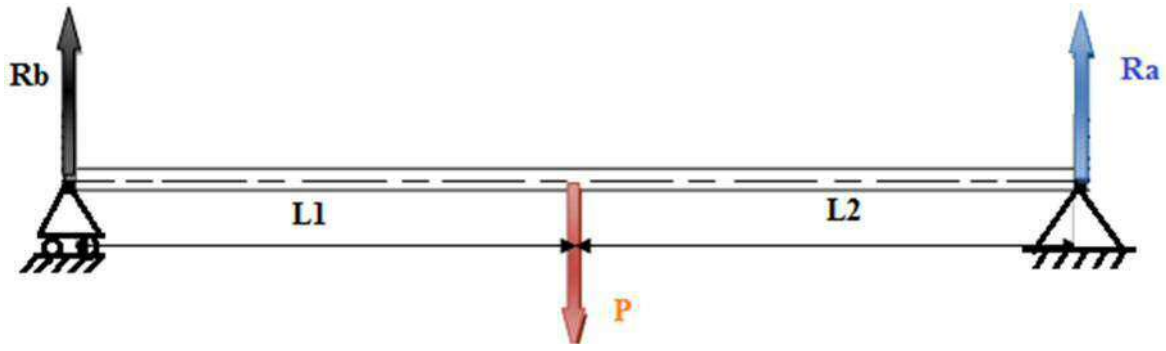


Figure V.8 : Les forces appliquées

L1=L2=290mm

$$\sum \text{Fext} = 0 \qquad \text{V.6}$$

$R_a + R_b = p$

$\sum M/b = -p \times L1 + Ra \times (L1 + L2)$

Donc :

$Ra = P \times L1/(L1 + L2)$

$R_b = \frac{65.727 \times 2\ 0}{580} = 33.795N$

$R_a + R_b = 33.795N$

- **Section 01**

  $0 \leq x \leq L1$

  $M_y = R_{by} \times X$

  Condition Limite

  $X = 0 \rightarrow M = 0$

  $X = L, My = R_{by} \times L = 33.795 \times 0.290 = 9.80Nm$

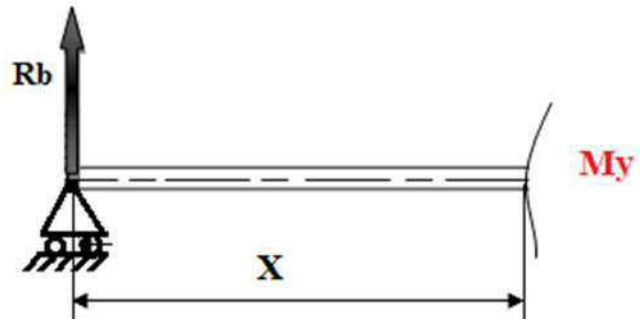


Figure IV.9 : Section 01

- **Section 02**

  $0 \leq x \leq (L_1 + L_2)$

  $M = (R_{ay} \times x) - (P \times (x - L_1))$

  Condition limit

  $X = 0 \rightarrow M_y = P \times L_1 = 67.59 \times 0.290 = 19.60Nm$

  $X = L_1 \rightarrow M_y = R_{ay} \times L_1 = 0.290 \times 33.795 = 9.80Nm$

  $X = L_1 + L_2 \rightarrow M_y = R_{ay} \times (L_1 + L_2) - P \times L_2$

  $R_{by} = 9.8 \times 0.580 - 67.59 \times 0.290 = -13.91Nm$

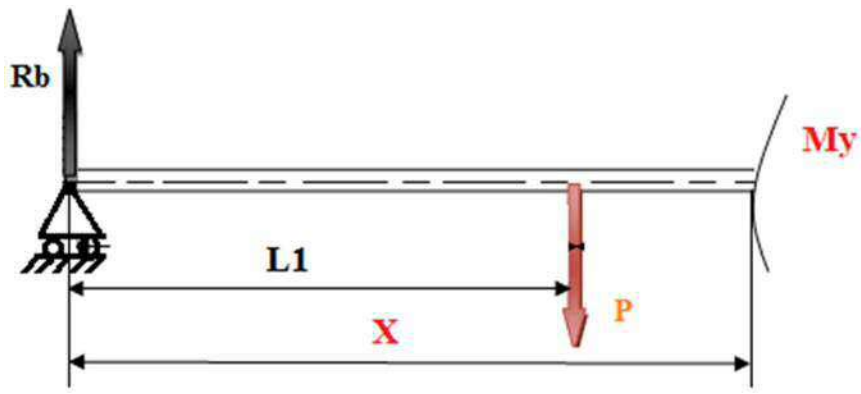


Figure V.10: Section 02

$$M_{ymax}=\sqrt{M_{ymax/v}+M_{ymax/h}} \quad \text{VI.7}$$

$M_{ymax/h}=0$

$M_{ymax}=19.06Nm$

Calculer le moment fléchissent idéal

$$M_{fideal}=\sqrt{M_t^2+M_{ymax}^2}$$

$$M_{fideal}=\sqrt{1.33^2+19.6^2}$$

$M_{fideal}=20.93Nm$

Calcule le diamètre minimal

$$D_{min}=\sqrt[3]{\frac{32\times M_{fi}}{\pi\times Rp}}$$

$$D_{min}=\sqrt[3]{\frac{32\times 20.93}{3.14\times 350\times 10^6}}$$

D_{min}=8.47mm

Donc la valeur de diamètre de mécanisme supérieur pour le diamètre minimal je prends la valeur d=20mm

V.5 .2 Déplacement transversal :

Le déplacement suivant l'axe (z) est assuré par un moteur MPP (pas à pas), une glissière sur deux axes.

Le même système de transmission que pour l'axe x est utilisé dans ce cas.

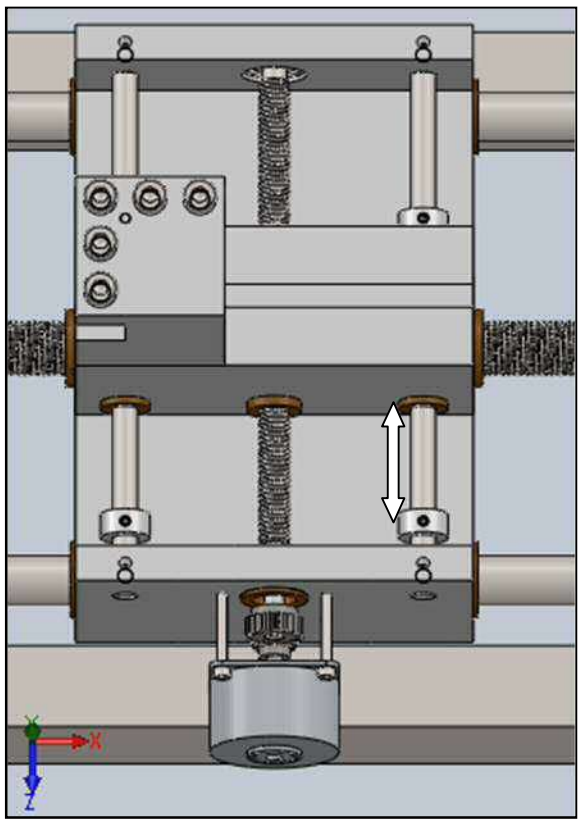


Figure V.11 : déplacement transversal du chariot

V.5.2.1 Guidage :

Le guidage en translation transversal est assuré grâce au même système de chariot longitudinal, le choix de ce système est en fonction du chargement imposé et l'encombrement des pièces.

V.5.2.2 Génération de mouvement : Le mouvement suivant l'axe z est actionné par un moteur électrique (MPP) permettant d'avoir un déplacement faible et précis.

V.5.2.3 Transmission et transformation du mouvement :

Le même système de transmission et de transformation de mouvement que pour la direction longitudinale.

Ce choix a été pris pour avoir le même rapport de transmission.

V.5.3 Guidage en rotation :

Pour le guidage en rotation des axes, on a utilisé - pour les deux directions - des bagues en bronze simple et facile à rechanger

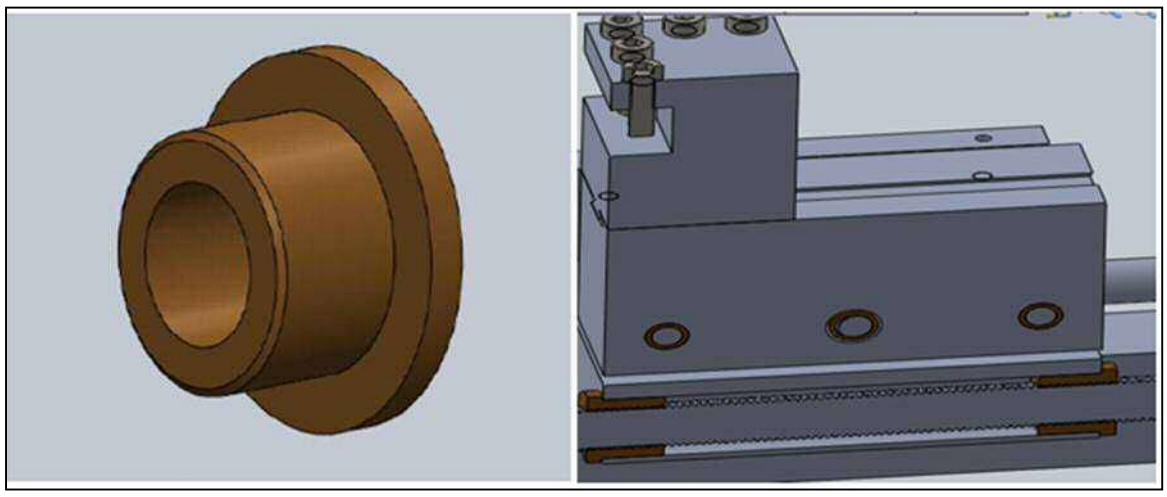


Figure V.12 : Bague de frottement

V.5.4 Étude dynamique : ‘ SolidWorks 2012’

L’analyse dynamique via SolidWorks Simulation permet aux concepteurs et aux ingénieurs de déterminer rapidement et de manière efficace l’impact des chargements variant avec le temps sur la réponse structurelle de leur conception de produit afin d’assurer ses performances, sa qualité et sa sécurité.

Entièrement intégrée aux outils de CAO SolidWorks, l’analyse dynamique via SolidWorks Simulation peut faire partie intégrante de votre processus de conception, en limitant les besoins en prototypes coûteux, en éliminant le remaniement et les retards, en gagnant du temps et en réduisant les coûts de développement.

Vue d’ensemble de l’analyse dynamique

L’analyse dynamique peut inclure des tests de fréquence, d’impact et de chute. La principale inconnue dans une analyse dynamique est le déplacement du composant au fil du temps, mais une fois calculé, les contraintes, les vitesses et les accélérations peuvent également être déterminées avec les modes de vibration naturels.

SolidWorks Simulation utilise une des deux méthodes d’analyse dynamique :

- L’analyse modale linéaire permet de déterminer les modes naturels de vibration, puis les déplacements, les contraintes, les déformations, les vitesses et les accélérations.
- L’analyse dynamique non linéaire permet de calculer le champ de déplacement à tout moment, en fonction des chargements appliqués et de la vitesse initiale des composants. Les contraintes non linéaires, les déformations, les vitesses et les accélérations sont calculées à

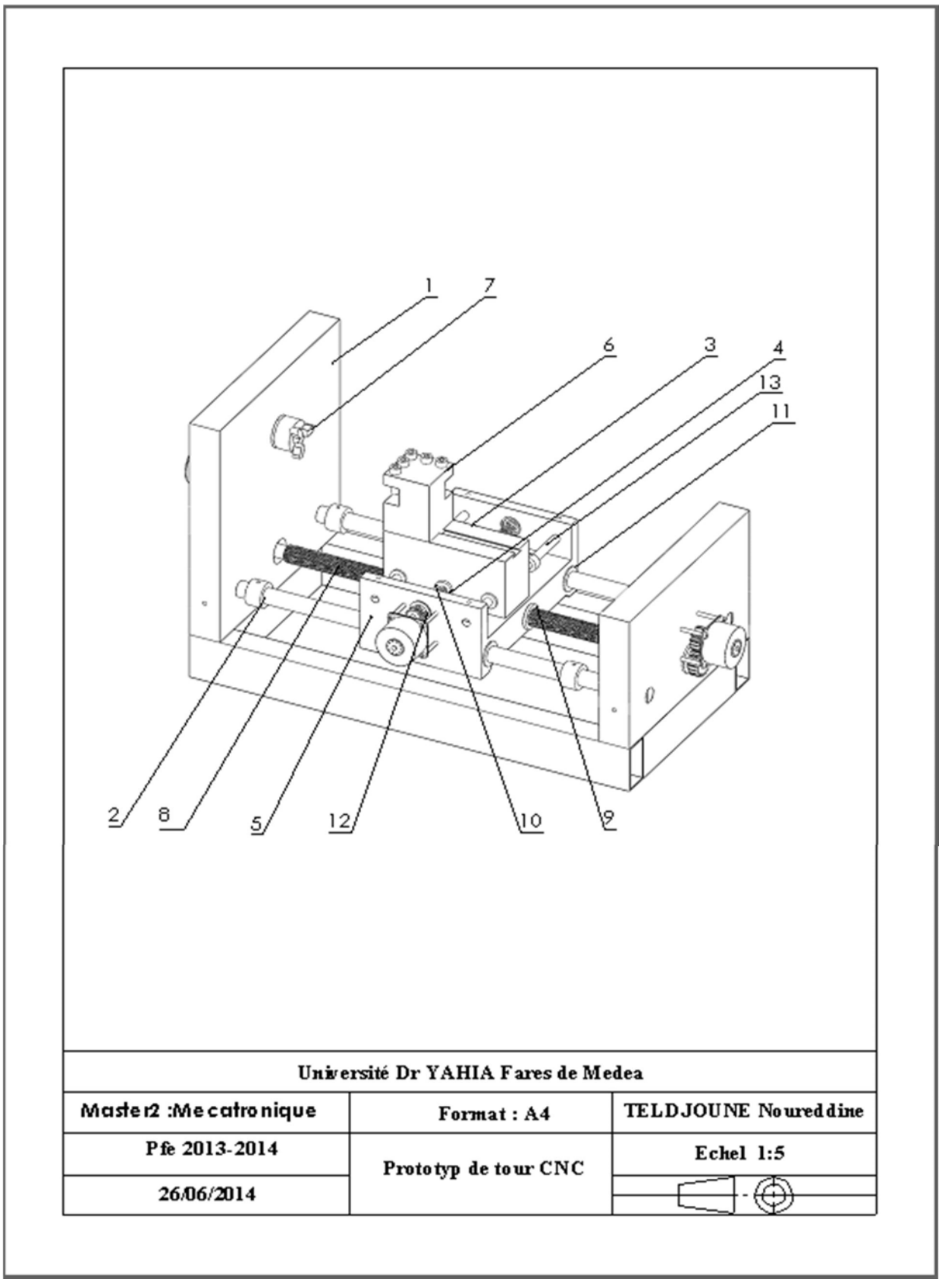


Figure V.13 : Format A4-1 d'un prototype de tour CNC

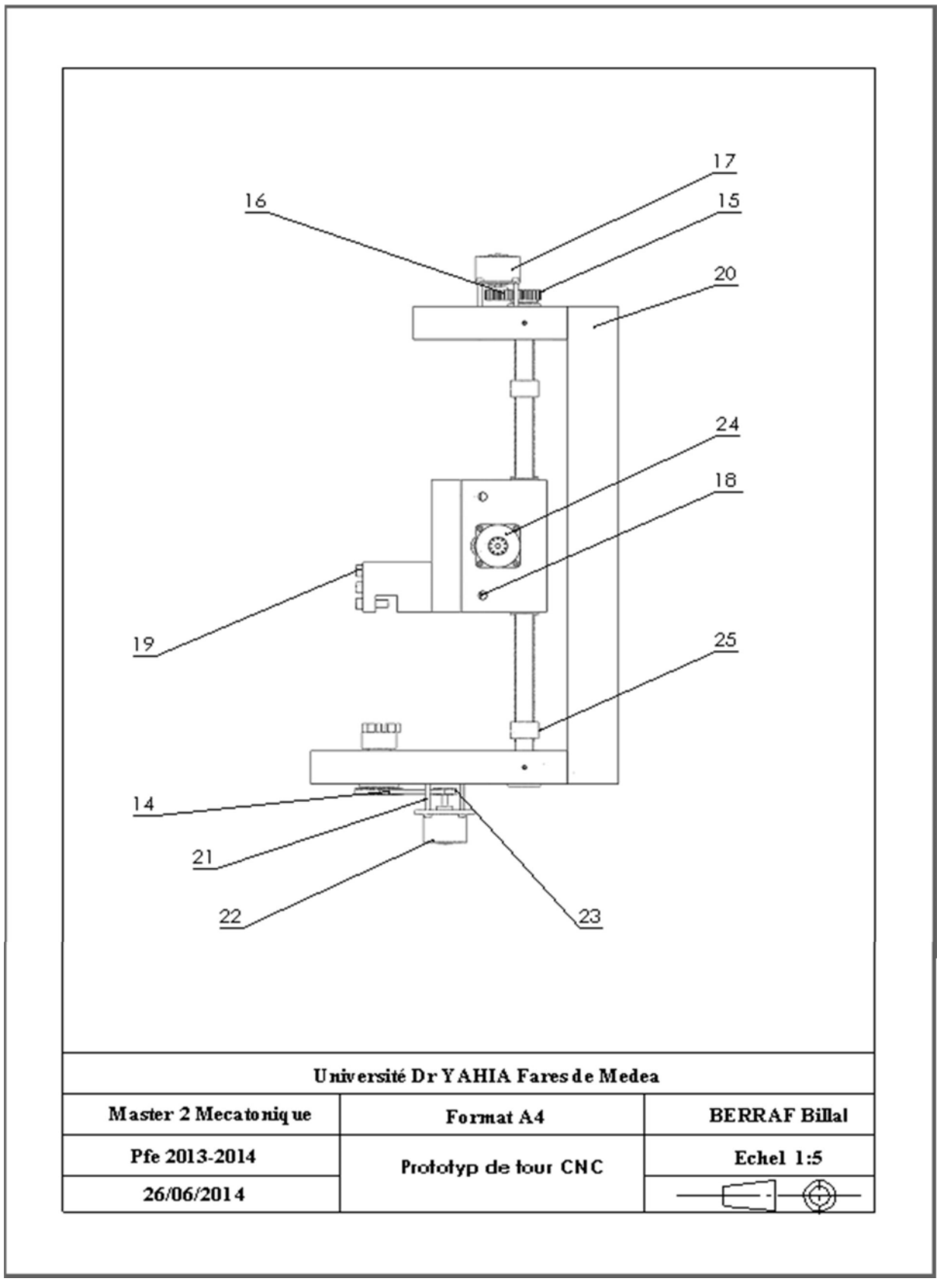


Figure V.14 : Format A4-2 d'un prototype de tour CNC

V.6 Récapitulation : Liste des pièces formant l'assemblage

Désignation	Référence	Nombre de pièce
• Eléments transmissions		
○ Tige filetée M20×580-2.5	08	01
○ Tige filetée M12×240-1.75	02	01
○ La noix (x)	09	02
○ La noix (z)	10	02
○ Rous d'enté droite cylindrique 1.75M.14T20PA12FW	16	01
○ Rous d'enté droite cylindrique 1.75M.21T20PA12FW	15	01
○ Rous d'enté droite cylindrique 1M.21T20PA8FW	//	01
○ Rous d'enté droite cylindrique 1M.15T20 PA8FW	//	01
○ Couroi	23	01
○ poulie	14	01
• Eléments de guidage		
○ Roulement a bille 6002	//	02
○ Roulement a bille 629	12	02
○ Roulement a bille 1925	//	01
○ Arbre de guidage l'axe x	02	02
○ Arbre de guidage l'axe z	13	02
○ Bague de frottement	11	13
• Elément d'assemblage		
○ Vis tête cylindrique à six pans creuxM4×40	21	12
○ Vis sans tête M6×10	18	08
○ Vis tête cylindrique à six pans creux M8×30	19	06
○ Vis hexagone M8×1×30	//	04
○ Vis sans tête M4×6	//	08

• Support et plaque géométrique		
○ Bâtie	01	01
○ Moteur pas à pas	24	02
○ Moteur de courant continu	22	01
○ Mandrin	7	01
○ Clavette	//	02
○ Porte outil	06	01
○ Chassie	20	01
○ Chariot x	05	01
○ Chariot z	03	01
○ Bague de fin cours	25	08

Tableau V.2 :liste de pièce

V.7 Problématiques de la CNC

Modifier une machine pour la CNC pose pas mal de problématiques :

- Le choix du type des moteurs ;
- Le choix de la puissance des moteurs ;
- Le choix du contrôleur pas à pas ;
- Le choix de l'alimentation ;
- L'interface CNC ;



Figure V.15 : kit CNC deux axes [15]

V.7.1 Choix du type de moteurs :

Il existe de nombreux types de moteurs pas à pas. La plupart des conversions CNC utilisent des moteurs de taille Nema 17 (42 mm) ou Nema 23 (57mm). Bien qu'il reste toujours possible de les récupérer dans des dispositifs industriels ou dans des imprimantes laser, il reste préférable d'en acheter de caractéristiques connues, car ceux récupérés sont souvent des fabrications spéciales et les documentations ne sont pas disponibles.

On y apprend notamment les différentes configurations de moteurs (unipolaires, bipolaires).

V.7.2 Choix de la puissance des moteurs :

Sur la plupart des machines CNC, des moteurs 3 ou 5 volts sont utilisés, avec un courant >= à 1A par phase. Ce sont des moteurs 200 pas par tour (les plus courants) avec un pas de 1.8 degrés.

Au passage, les couples des moteurs sont donnés dans différentes unités, ce qui n'en facilite pas la lecture. On lit parfois des Kg/cm, des N/cm (Newton par centimètre) des mN / m (milli newtons par mètres). Comme le poids en Kg est égal à la masse en Newton multipliée par 9.81 (Kg = 9.81 x N), ceci nous donne les équivalences suivantes :

3Kg / cm = 3000 g / cm = 0.03 Kg / m = 0.2943N/m = 294.3 mN / m = 2.943 mN / cm.

V.7.3 Le choix du contrôleur pas à pas dépend de plusieurs facteurs :

- Le mode de commande;
- Le niveau d'isolation souhaité avec le PC;
- La puissance des moteurs;
- Les fonctionnalités annexes fournies pas le contrôleur ;
- Les pièges ont évité...

V.7.4 Le choix de l'alimentation :

Si vous avez choisi une carte mono alimentation 24V, alors c'est du bonheur. 3 moteurs 2,5 A... donc alim 7.5A. On trouve sur Eb** des alimentations chinoises 24V / 10 A pour une trentaine de dollars port inclus. Si vous avez besoin de beaucoup moins de puissance (ex: 3 moteurs 2A ou moins) alors l'alimentation de PC portable (19V 6A) est une bonne solution. Si on peut en récupérer une, c'est bien aussi...

V.8 Matériel spécifique :

V.8.1 Caractéristique(s) du moteur pas a pas :

Moteur pas à pas bipolaire - 200 pas de 1,8°.

Dimensions : 57x57mm.

- Axe diamètre 8mm.
- Sortie 4 fils.
- Tension: 24V.
- Courant: 3A.
- Résistance: 1 Ohms.
- Inductance: 3,5mH.
- Couple: 180N.cm.
- Poids: 1050g.
- Longueur : 76 mm

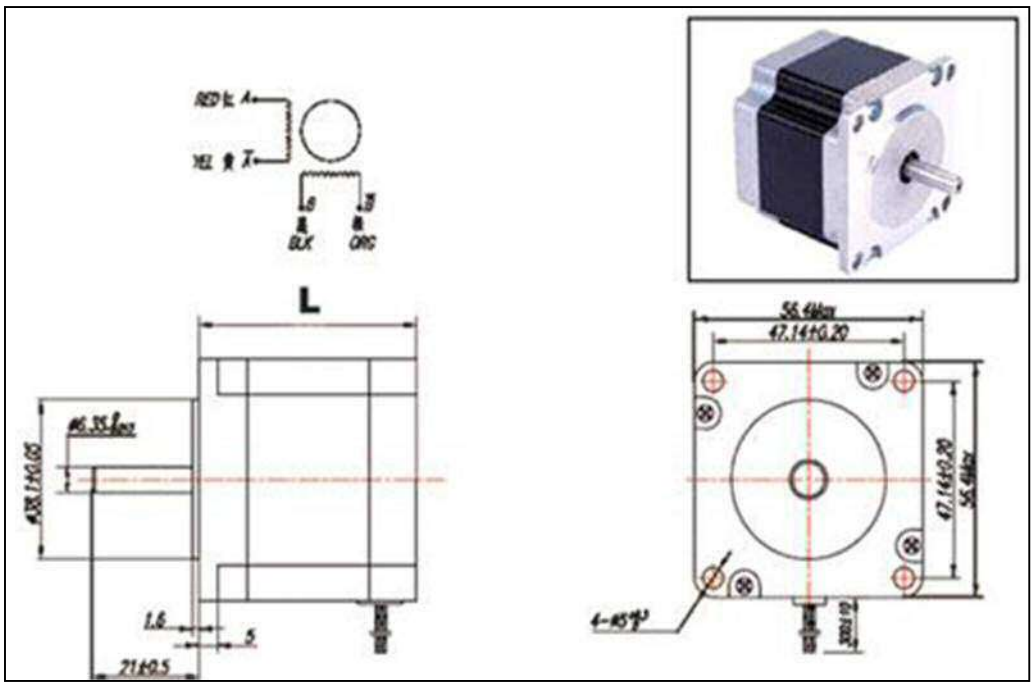


Figure V.16 : Représentation de Dimension d'un Moteur pas a pas [16]

Porte sur la simulation des axes (X, Z et/ou A). Dans les CNC les axes sont pilotés par un moteur PAP associé à son driver. Les rotations des PAP sont effectuées par l'intermédiaire des entrées des drivers (PAS, DIRECTION et ENABLE).

La Figure V.17 : Représenté la connexion d'un driver de moteur pas à pas

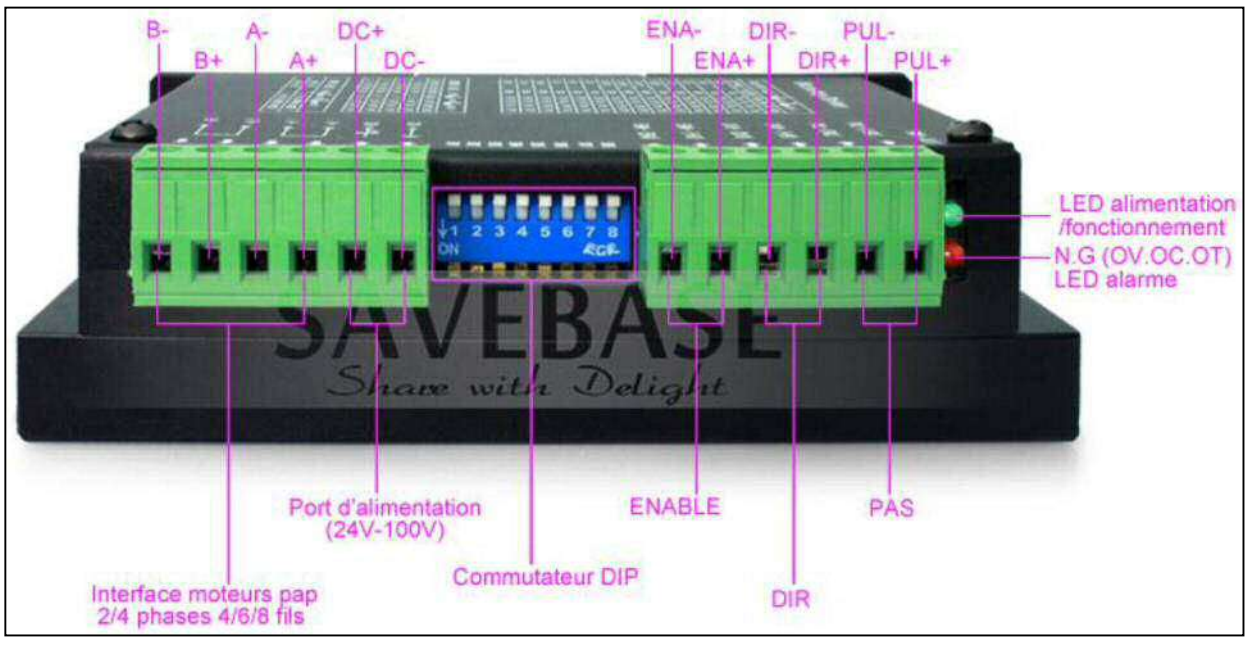


Figure V.17 : Connexion d'un driver de moteur pas à pas [16]

V.9 Motorisation de la Machine CNC :

Une CNC fonctionne classiquement de la sorte : le MACH 3 communique avec Une carte d'interface qui assure la liaison entre le PC et les cartes de commande des moteurs.

Une carte d'axe qui pilote elle-même plusieurs drivers et chaque driver pilote un moteur.

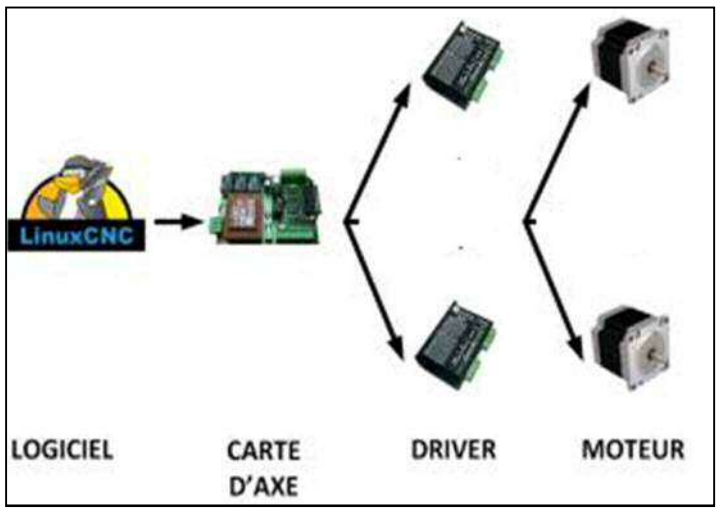


Figure IV.18 : Schéma classique de fonctionnement [16]

V.10. Schéma global de raccordement des éléments d'une machine CNC avec 2 axes :

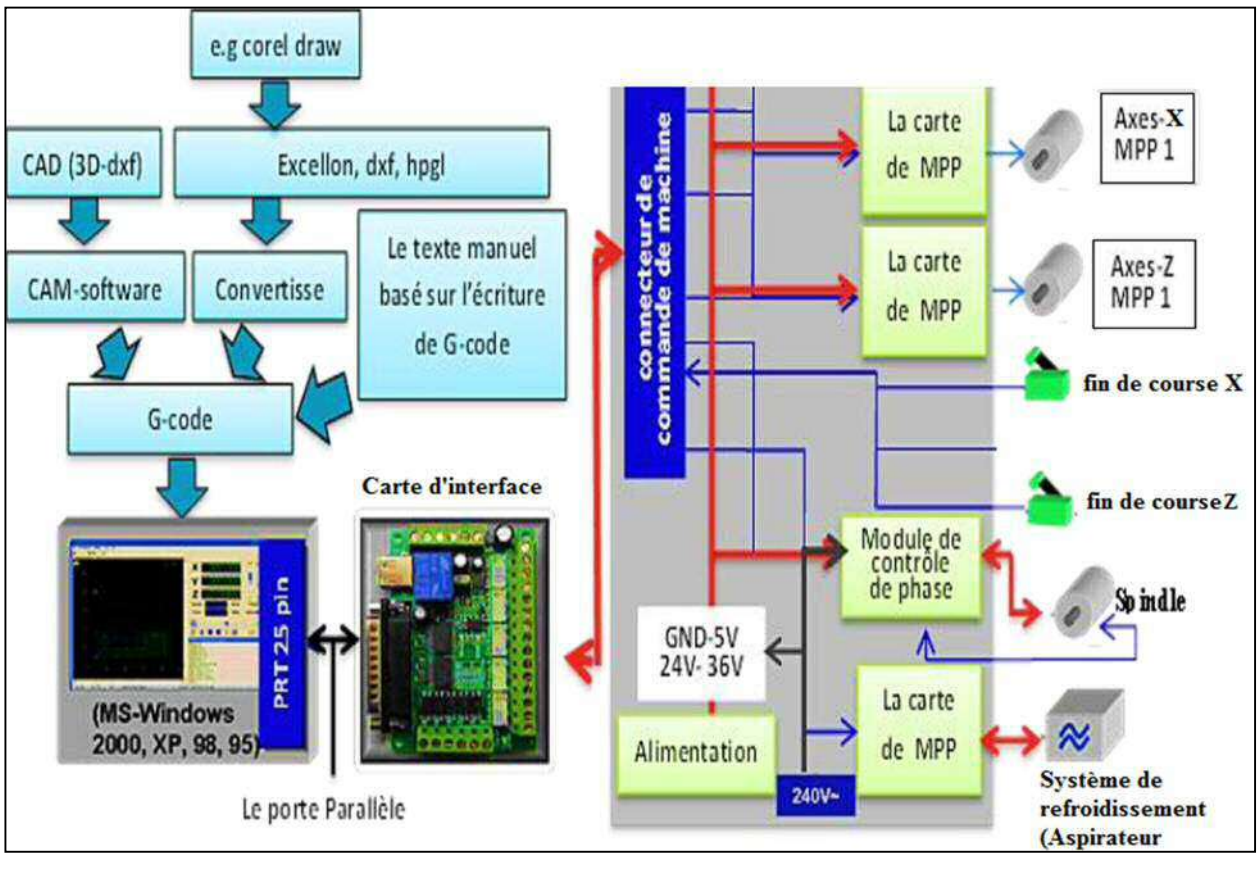


Figure V.19 **:** Schéma de raccordement les éléments d'une machin CNC avec 2 axes [16]

V.10.1 Schéma de câblage d'une machine CNC :

La **Figure V.20** Est représenter le circuit de raccordement des éléments d'une machine CNC qui utilise.

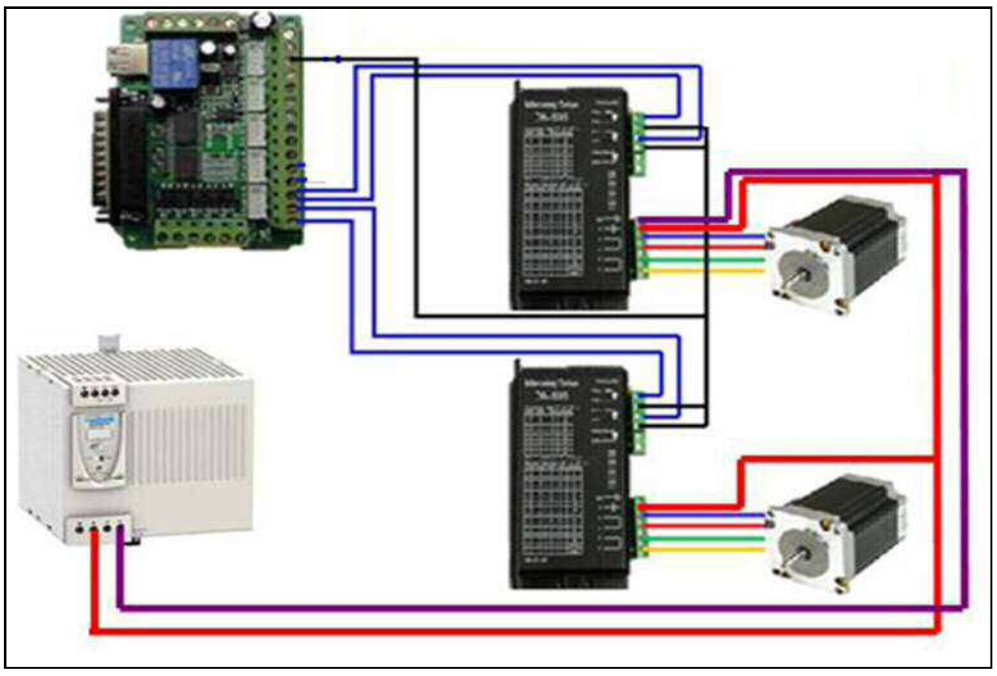


Figure V.20 : Schéma de câblage de machine CNC. [16]

V.10.2. Les capteurs de fin de course :

Afin de ne rien casser, il est plus prudent de disposer des capteurs de fin de course sur les différents axes. Ainsi, si le logiciel commande des coordonnées hors limite, les moteurs seront stoppés avant un éventuel incident. Nous avons utilisons des interrupteurs de fin de course classiques, pour éviter ce problème.

V.11. PHOTOGRAPHIES DE LA MACHINE

- **Photographies en (X)**

  Dans l'axe (X) en utiliser la longueur de 58 cm et largeur de 30 cm ; le coté mobile la longueur de 22cm et largeur de 12cm.

  La configuration du positon des fins de course ou interrupteurs et leurs supports pour éviter les accidents dans l'axe (X).

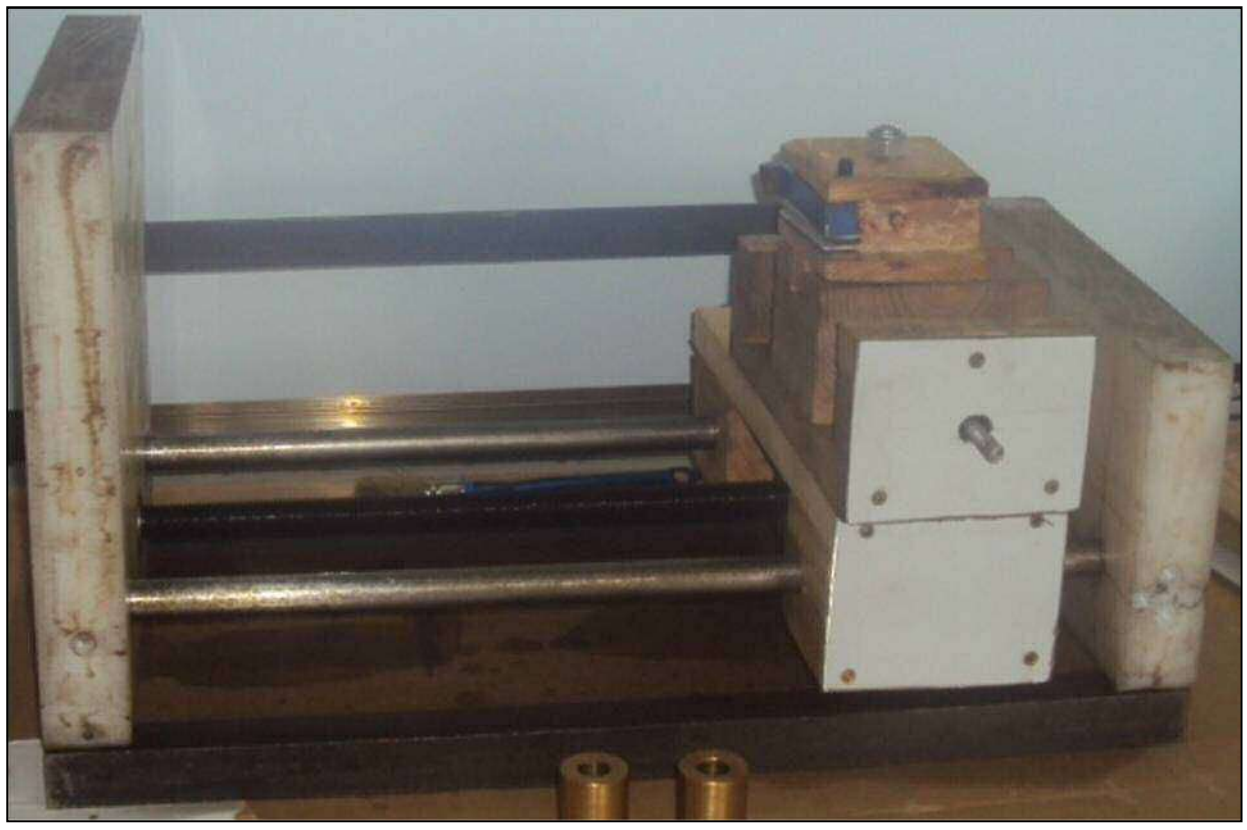


Figure V.21 : Représentation de la machine en l'axe X

- **Photographies en (Z)**

Dans l'axe (Z) en utiliser la longueur de 22 cm et largeur de 12 cm ; le coté mobile la longueur de 12cm et largeur de 7cm.

La configuration du positon des fins de course ou interrupteurs et leurs supports pour éviter les accidents dans l'axe (Z).



Figure V.22 : Représentation de la machine en l'axe Z

V.12.L'emballage des composant électrique :

La **Figure IV.21.** Représenté les éléments après le montage sur la boite. Les éléments des driver et l'alimentation et le contacteur et Bouton d'urgence et carte d'interface, le tout est placé dans un boitier.

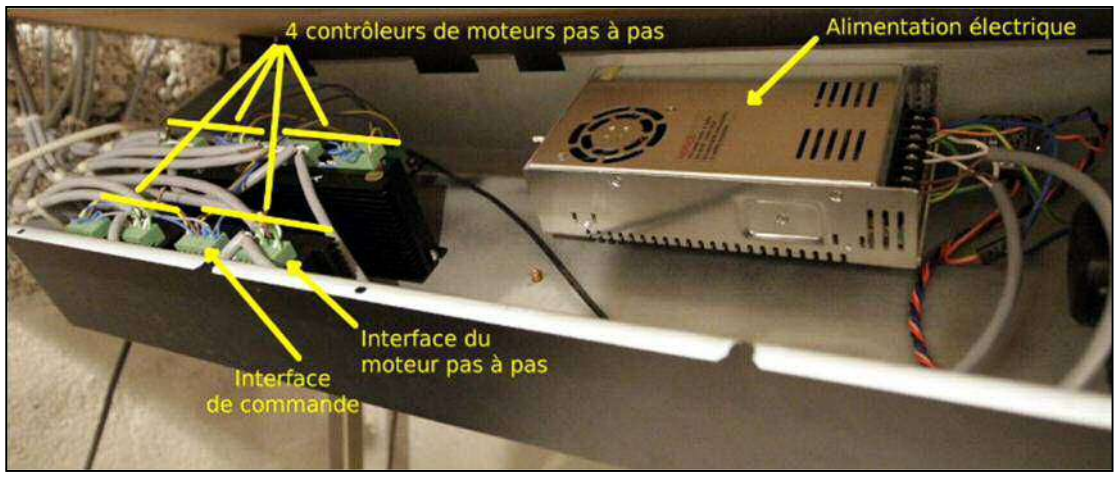


Figure IV.21. Représentation les éliment de commande. [17]

V.13 Programmation de la machine CNC :

Les instructions programmées doivent contenir toutes les données nécessaires à la commande et au séquencèrent des opérations à réaliser pour assurer l'usinage de la pièce sur la machine.

V.13.1 Langage de programmation des MOCN avec G-CODE : [18]

La programmation consiste à décrire les opérations d'usinage dans un langage codé (appelé code G) assimilable par le calculateur de la machine. C'est le langage de programmation des MOCN. Ce langage est normalisé (Norme ISO 1056) où certains codes utilisés ont les mêmes fonctionnalités pour différents contrôleurs de machines-outils (NUM, FANUC, SIEMENS...). Les autres codes peuvent avoir une interprétation différente d'un contrôleur à un autre. Le langage de programmation des MOCN possède les caractéristiques suivantes :

- la chronologie des actions.
- l'appel des outils.
- la sélection des vitesses de coupe et d'avance.
- la formulation des trajectoires.
- la définition des coordonnées de fin de trajectoire.
- les mises en ou hors fonction d'organes de la machine.
- L'ensemble des instructions nécessaire pour l'usinage d'une pièce constitue le programme CN. Ce programme est un ensemble de blocs ou lignes de programme. Chaque bloc est

V.14 Calculer la précision de la CNC :

En connaissant l'angle d'un pas du moteur pas à pas, ainsi que le pas de vis fileté et le rapport de couplage, on peut calculer la précision théorique de la CNC. Par exemple, pour les axes X, Z :

- notre moteur pas à pas peut effectuer un angle minimum de 1.8°, soient 200 pas par tour,
- Rous d'enté droite cylindrique du moteur a 15 dents
- Rous d'enté droite cylindrique la vis a 20 dents,
- les vis a un pas de 2.5mm la vis de chariot x et 1.75mm de chariot z (1 tour de vis x déplace l'écrou de 2.5mm et 1.75 pour z).

La précision théorique de les axes X, Z de la CNC est donc de :
(2.5 mm / 200 pas) * (15 / 20) = 0,0125 * 0,75 = 0,009375 mm

(1.75 mm / 200 pas) * (15 / 20) = 0,0125 * 0,75 = 0,006562 mm.

La précision de cet axe est ici théorique puisqu'aucune mesure du jeu des différentes parties mécaniques n'a été faite. Bien qu'un soin important ait été apporté aux technologies utilisées, il existera toujours une marge d'erreur lors de l'usinage dans laquelle intervient également le type d'opération, sa vitesse d'exécution, la nature du matériau, l'usure de l'outil, etc. Une autre source éventuelle d'imprécision est à évaluer également, même si aujourd'hui les chances sont faibles d'avoir ce problème, c'est la capacité électronique et surtout informatique à traiter des informations avec une grande précision, tant pour le calcul que pour la commande. [17]

Dans notre cas, il reste possible d'augmenter la précision sans trop de difficulté, soit en augmentant le rapport du couplage moteur/vis, soit en remplaçant le moteur par un moteur plus précis (attention de conserver des caractéristiques suffisantes - couple moteur, vitesse), ou plus simplement, si les moteurs pas à pas le permettent, en adaptant l'électronique de contrôle pour permettre d'augmenter le nombre de pas par rotation. [17]

V.15 Conclusion :

Dans ce chapitre, on a proposé une conception d'un prototype machine tour à commande numérique à deux axes.

Le logiciel SolidWorks nous a permis d'évaluer efficacement le travail de conception et d'améliorer les mécanismes sans la perte ou la dépense du matériel.

Dans ce travail, le coté électronique, joue un rôle important car il contrôle toutes les pièces mobiles et la direction et la vitesse de chaque pièce en plus de la précision pour le succès des travaux.

Conclusion générale

Dans ce travail, nous nous sommes intéressés à la réalisation d'un prototype de tour CNC.

L'étude, la conception et la simulation sont faites à l'aide du logiciel « SolidWorks » et la simulation deux moteurs pas à pas par logiciel Isis et la programme micro en C, pour commander les deux axes de la machine.

Nous avons tout d'abord commencé par la présentation générale de la structure de la machine tour parallèle (conventionnel) et prenons une notion sur la machine outil à commande numérique générale.

Afin de transformer une machine tour conventionnelle à machine tour à commande numérique, nous devons faire plusieurs changements. Principalement, le montage d'un kit CNC à deux axes ; se composant de 2 moteurs pas-à-pas, deux contrôleurs (drivers) des moteurs en plus dune Alimentation du contrôleur de moteur pas à pas et en fin l'interface de la MOCN.

Après l'étude théorique et la réalisation de cette machine ; on peut dire que ce projet nous permet d'élargir concrètement notre horizon de connaissance dans le domaine de la commande numérique par calculateur et surtout de faire le lien pratique entre les différentes filières (informatique, électronique et mécanique) connu sous le nom du FAO.

Le domaine de la commande numérique est très vaste et s'avère le plus impératif à cause de la rapidité de la fiabilité de ses opérations.

Le problème majeur que nous avons rencontré au cours de notre travail est l'achat des pièces électroniques qui sont très chers et souvent non disponibles dans notre pays.

Dans le domaine mécanique, on a rencontré le problème de parallélisme des axes de guidage avec le chariot en plus la torsion des vis lors du montage des roulements à billes.

Référence bibliographie

[1] MABROUKI Mohamed ; promotion 2013 ; Master : étude et réalisation d'un porte outil réglable pour le tour parallèle SN40 ; page 02.Université de TLEMCEN.

[2] Site web: http://www.lyrfac.com/soutiens/knbase/pdf/**tour**%20(machine-outil).

[3] File:///M|/Autos_Backup/Tour/nzdl.htm.

[4] Site web: Infp.gouv.ht/ Matdidact /fiche. Fr Chapitre 4.

[5] S. Benlahmidi et H. Aouici. Année 2012 – 2013 .TP Production 2. Page 02-05. Ecole Nationale Supérieure de Technologie.

[6] Techniques de l'Ingénieur, traité Génie mécanique (machine outil a command numérique).

[7] Technicien de l'enseignement technique, n°229,1981, pp. 34-37.CHEIKH Nassima, CHEIKH Abdelmadjid, and HAMOU Saïd.

[8] Œuvre des MOCN. Mars 2008. Chap. Technologie 154, P52. DALI Fodil.

[9] BENBEKHTI Ahmed. Promotion 2012-2013 Master, Etude de réalisation d'un support pour affutage des forets sur une machine à commande numérique ; page 17-33 ; Université de MEDEA.

[10] ZITOUNI Younes .HASNAOUI Hichem. Promotion 2013-2014 Master, Commande visuel d'un moteur pas-à-pas ; Page 37-57. Université de MEDEA.

[11] Site web: http:// WWW.CD\SEM\Cours\Chap7.com.

[12] Electronique.rivalin.voila.net/**manuel**s/isis**6.2**.

[13] TRAI Mustapha et GUERBA Rabeh, Promotion 2011-2012. Master : Etude d'un Système de Contrôle et de Génération de Mouvement d'une Table Multiaxe, Page 47-49. Université de MEDEA.

[14] Chevalier guide du dessinateur industriel, édition, 2004.HACHETTE.FRANCE.

[15] Site web: http : // www.automation technologiesinc.com.

[16] BENTCHIKOU Mohamed, Abdallah STOUTAH H. promotion 2013-2014 Master, Commande De Machine CNC à 3 Axes Etude Et Réalisation. Page 64-68. Université de MEDEA.

[17] Site web: http://faitmain.org/volume-1/cncs.html Le monde merveilleux des CNCs.

[18] BEN YOUNES Jalel. Année 2004 : Programmation des MOCN. Page 42. Université de TUNIS I