

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de L'Enseignement Supérieur Et de La Recherche scientifique



Université de Ghardaïa  
Faculté des sciences et Technologies

N° d'ordre :

N° de série :

Département d'automatique et électromécanique

**Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de**

## **MASTER**

**Domaine :** Sciènes et Technologies

**Filière :** électromécanique

**Spécialité :** Maintenance Industriel

**Par :** REZZAG Moussa Et HINANA Hadj Mohammed

## **Thème**

Etude la manipulation du fraiseuse EMCO F1 CNC et tour EMCO  
COMPACT 5 CNC par le programme MFI

**Soutenu publiquement le 03/10/2020**

**Devant le jury :**

ZARZOUR Ali	PRR	Université Ghardaïa	<b>président</b>
HAMED Boukhari	MCB	Université Ghardaïa	<b>Examineur</b>
MOSBAH Charaf Abdelkarim	MAB	Université Ghardaïa	<b>Examineur</b>
FENNICHE Abd errazak	PRC	Université Ghardaïa	<b>Encadreur</b>

**Année universitaire 2019/2020**

## الملخص

يهدف التطور التكنولوجي الخاص بالميكانيك إلى الاعتماد على الآلات ذات التحكم الرقمي لربح الوقت و زيادة الأرباح مثل المفرزة EMCO F1 CNC و المخرطة EMCO COMPACT 5 CNC

في هذا العمل قمنا باستخدام برنامجين ، الأول AutoCAD من أجل نمذجة القطع و الثاني هو برنامج MFI من أجل إدخال التعليمات التحضيرية و المساعدة ، يتم إرسال هذه التعليمات إلى جهاز EMCO بواسطة كابل RS232 ثم تتحرك الماكينة وفقاً للمعلومات الواردة.

**الكلمات المفتاحية :** الآلات ذات التحكم العددي, التحكم الرقمي, واجهة آلة الحاسوب , كابل RS232 , مكتب تسيير البيئية

## Résumé

Le développement technologique de mécanique vise à s'appuyer sur les Machine-outil à commande numérique pour gagner du temps et augmenter ses profits, comme la fraise EMCO F1 CNC et le tour EMCO COMPACT 5 CNC.

Dans ce travail, nous avons utilisé deux logiciels le premier-ci AutoCAD pour la modélisation des pièces et le deuxième-ci Mike's free interface pour le rentre les instructions préparatoire et auxiliaire ; cette instruction se transmettre à la machine EMCO par un câble rs232 ensuite la machine se déplace suivant de les informations reçu.

**Mots clés :** MOCN, CN, MFI, câble rs232 , EMCO

## Abstract

Technological development mechanical aims to rely on CNC machine tools to save time and increase profits, such as the EMCO F1 CNC milling cutter and the EMCO COMPACT 5 CNC lathe.

In this work, we used two software, the first one for part modeling and the second one Mike's free interface to the and auxiliary instructions; this instruction is transmitted to the EMCO machine by an RS232 cable then the machine moves according to the information received..

**Key words:** MOCN, CN, MFI, RS232 cable , EMCO

## Dédicace

Je dédie ce mémoire à :

Mes parents

Ma mère, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, et tous les sacrifices pour me. Elle est aussi l'aboutissement de conseils et d'encouragements de mon père qui elle est toujours m'a assuré que je sois au premier rang de réussite.

Mes frères et sœurs qui ceux que j'aime le plus et aidez-moi à étude Surtout mon frère Moustapha Rabi yarhmo .

Mes amies et toute famille Rezzag .

Tous mes professeurs qui m'ont aidé et encouragé

Tous mes collègues de la promotion 2020 maintenance industrielle

*Moussa*

## Dédicace

Je dédie ce mémoire à :

A mes parents.

A tout ma famille.

A tous mes professeurs.

A tous mes amis

*Mohammed*

## **Remerciements**

Nous Remerciement vont à Dieu le tout-puissant qui nous a aidé à réalise ce travail.

Ensuite à notre encadreur monsieur Fennich abderrazak grâce à les conseils et l'orientation  
Qui nous ont aidés à l'accomplissent de ce travail.

Nous Remerciement vont aussi au président du jury et aux membres du jury examinateur qui  
nous fait l'honneur de participer au jury de ce travail.

Et enfin nous Remerciement l'ensemble enseignant et collègues de notre promotion et chaque  
personne qui nous ont aidé à réaliser ce travail.

2019/2020

## Table des matières

Résumé.....	I
Dédicace.....	II
Remerciements.....	IV
Table des matières.....	V
Liste des figures.....	XI
Liste des tableaux.....	XIV
Liste des Abréviations.....	XV
<b>Introduction Générale.....</b>	<b>1</b>

### Chapitre I

## Machine-Outil à Commande Numérique

<b>I.1.introduction.....</b>	<b>2</b>
<b>I.2.Historique.....</b>	<b>2</b>
<b>I.3.les principe de contrôle numérique.....</b>	<b>4</b>
I.3.1.Automaticité.....	4
I.3.2. Flexibilité.....	5
I.3.3 Sécurité.....	6
I.3.4. Nécessités économiques et techniques.....	6
<b>I.4.cout de domaine d'utilisation.....</b>	<b>7</b>
<b>I.5. Définitions et structure physique de la MOCN.....</b>	<b>8</b>
I.5.1 Définition.....	8
I.5.2 Structure physique de MOCN.....	9

I.5.2.1 Partie opérative.....	10
I.5.2.2. Partie commande.....	11
<b>I.6. Origines de MOCN.....</b>	<b>12</b>
<b>I.7. Repérage des axes d'un MOCN .....</b>	<b>13</b>
<b>I.8. Types des machines-outils à commande numérique.....</b>	<b>13</b>
I.8.1. Centres de tournage.....	15
I.8.1.1.Centre de tournage à trois axes.....	15
I.8.1.2. Centre de tournage à cinq axes.....	16
I.8.2. Centres de fraisage.....	16
I.8.3. Cellule flexible.....	17
I.8.3.1. Principe de la cellule élémentaire d'usinage.....	17
I.8.3.2. Nomenclature de la Cellule élémentaire d'usinage.....	18
<b>I.9. Classification des machines-outils à commande numérique.....</b>	<b>18</b>
I.9.1.Classification selon la nature de déplacement.....	18
I.9.2. Positionnement point à point.....	19
I.9.2.1. Opération point par point .....	19
I.9.2.2. Autre Opération.....	20
I.9.3. Déplacement par axial.....	20
I.9.4.Déplacement en continu (trajectoires de contournage).....	21
I.9.5 Classification suivant le nombre d'axes.....	22
<b>I.10. Décalage et géométrie d'outil.....</b>	<b>24</b>
I.10.1. Décalage de l'origine machine.....	24
I.10.2. Géométrie des outils.....	25

<b>I.11. Conclusion.....</b>	<b>25</b>
------------------------------	-----------

## Chapitre II

### **La partie cinématique de la fraiseuse EMCO F1 CNC et le tour EMCO COMPACT 5 CNC**

<b>II.1 Définition.....</b>	<b>26</b>
<b>II.2 Le fraisage.....</b>	<b>26</b>
II.2.1 la fraiseuse EMCO F1 CNC.....	26
II.2.1.1 le principe de fonction de la fraiseuse EMCO F1 CNC.....	26
II.2.1. 2 L'axes de déplacements de fraisage.....	27
II.2. 2 Opération de fraisage.....	28
II.2.3 Les matériaux à outil.....	28
II.2.3.1 acier rapide supérieur (ARS).....	28
II.2.3.2 Carbure.....	29
<b>II.3 Le tournage.....</b>	<b>29</b>
II.3.1 Le tour EMCO COMPACT 5 CNC.....	29
II.3.1.1 le principe de fonction de Le tour EMCO COMPACT 5 CNC.....	29
II.3.1.2 les composants mobile d'un tour EMCO COMPACT 5 CNC.....	30
II.3.2 Les différents types d'opérations.....	31
II.3.2.1 Tournage extérieur.....	31
II.3.2.2 Tournage intérieur.....	31
II.3.2.3 Tournage de pièces métalliques.....	32
II.3.3 L'axes de déplacements de Tournage.....	33
II.3.4 Opération de Tournage.....	34

<b>II.4 le mouvement possible de composant de la fraiseuse EMCO F1 CNC et le tour EMCO COMPACT 5 CNC.....</b>	<b>35</b>
<b>II.5 Conditions de coupe.....</b>	<b>36</b>
II.5.1 Vitesse de coupe.....	36
II.5.2 Vitesse d'Avance.....	37
<b>II.6 conclusion.....</b>	<b>37</b>

### Chapitre III

## La programmation de la machine-outil à commande numérique

<b>III.1 Définition.....</b>	<b>38</b>
<b>III.2 Langages d'une machine-outil à commande numérique.....</b>	<b>38</b>
III.2.1 Le langage ISO.....	38
III.2.2 Le langage FANUC.....	38
III.2.3 Le langage NUM.....	38
III.2.4 Le langage SIEMENS.....	38
III.2.5 Le langage HEIDENHAIN.....	39
III.2.6 Le langage PROFORM.....	39
<b>III.3 le principe fondamental de la programmation de MOCN.....</b>	<b>39</b>
III.3.1. Instructions programmées et leurs supports.....	39
III.3.1.1 Codification des instructions.....	40
III.3.1.2 Le contexte de la programmation.....	42
III.3.1.3 Le Programme.....	43
III.3.1.4 Structure d'un programme.....	43

III.3.1.4.1 Exemple de structure d'un programme.....	44
<b>III.4 Les repère.....</b>	<b>44</b>
III.4.1 Le repère de programmation.....	45
III.4.2 description du déplacement de l'outil.....	45
III.4.2.1 Interpolation linéaire.....	46
III.4.2.2 Interpolation circulaire et hélicoïdale.....	46
III.4.2.3 La réalisation de déplacement le long de courbes splines se fait aussi dans un plan particulier.....	46
III.4.3 Programmation de l'outil.....	46
<b>III.5 Méthodes de Programmation des MOCN.....</b>	<b>47</b>
III.5.1.Programmation manuelle.....	47
III.5.2.Programmation automatique.....	48
<b>III.6 Les principales fonctions.....</b>	<b>49</b>
III.6.1 Les fonctions préparatoires, instructions G.....	49
III.6.2 Les fonctions auxiliaires M.....	51
<b>III .7 Conclusion.....</b>	<b>51</b>

## Chapitre IV

### La manipulation par le programme MFI

<b>IV.1 Définitions .....</b>	<b>52</b>
IV.1.1 Mike's free interface.....	52
IV.1.2 La manipulation.....	52
<b>IV.2 L'interface de MFI.....</b>	<b>52</b>
<b>IV.3 transfert des données à la MOCN.....</b>	<b>53</b>

IV.3.1 transfert des données manuellement.....	53
IV.3.2 transfert des données par câble RS232.....	53
IV.3.3 transfert des données par carte mémoire.....	54
<b>IV.4 applications sur la fraiseuse EMCO F1 CNC par MFI.....</b>	<b>54</b>
IV.4.1 La modélisation.....	54
IV.4.2 la programmation.....	55
IV.4.3 l’organigramme de programmation.....	57
IV.4.4 l'explication de programme.....	57
IV.4.5 réglages de clavier de commande de la fraiseuse EMCO F1 CNC.....	61
<b>IV.5 applications sur le tour EMCO COMPACT 5 CNC par MFI.....</b>	<b>62</b>
IV.5.1 La modélisation.....	62
IV.5.2 la programmation.....	62
IV.5.3 l’organigramme de programmation.....	65
IV.5.4 l'explication de programme.....	66
IV.5.5 réglages de clavier de commande du tour EMCO COMPACT 5 CNC.....	71
<b>IV.5 Résultat et discussion.....</b>	<b>72</b>
<b>Conclusion Générale.....</b>	<b>73</b>
<b>Références Bibliographiques.....</b>	<b>74</b>
<b>Annexe</b>	

## Liste des figures

### Chapitre I

#### Machines Outil à Commande Numérique

<b>Figure I.1</b> Evolution de la CN de 1952 à 1995.....	4
<b>Figure I.2</b> Productivité comparée de diverses machines en fonction de leur degré d'automatisation.....	5
<b>Figure I.3</b> Domaine d'utilisation des MOCN.....	8
<b>Figure I.4</b> Machine-outil à commande numérique.....	9
<b>Figure I.5.</b> Architecture D'une MOCN.....	9
<b>Figure I.6</b> : Eléments de la partie opérative.....	10
<b>Figure I.7</b> : Fonction originale d'une commande numérique.....	11
<b>Figure I.8</b> : Cas du tournage et du fraisage.....	12
<b>Figure I.9</b> : Système de coordonnées normalisé.....	13
<b>Figure I.10</b> Centre d'usinage.....	14
<b>Figure I.11</b> Représentation d'un contre à CN horizontal à 5 axe.....	15
<b>Figure I.12</b> Représentation d'un contre à CN vertical à 3 axe.....	15
<b>Figure I.13</b> Centre de tournage à 3 axes.....	15
<b>Figure I.14</b> Centre de tournage à 5 axes.....	16
<b>Figure I.15</b> Identification des axes pour un centre de fraisage.....	17
<b>Figure I.16</b> Cellule élémentaire d'usinage.....	17
<b>Figure I.17</b> Trajectoires en positionnement point à point.....	19
<b>Figure I.18</b> Perçage d'une entretoise.....	19

<b>Figure I.19</b> Trajectoires en déplacement par axial.....	20
<b>Figure I.20</b> Opération par axiale fraisage.....	20
<b>Figure I.21.</b> Tournage par axiale.....	21
<b>Figure I.22.</b> Opération de contournage en fraisage.....	21
<b>Figure I.23</b> Opération de contournage en tournage.....	22
<b>Figure I.24</b> : Point de référence dans le volume d’usinage (fraisage et tournage).....	24
<b>Figure I.25</b> : Décalage d'origine de l'origine machine M à l'origine de la pièce W dans le tournage et le fraisage.....	24

## **Chapitre II**

### **La partie cinématique de la fraiseuse EMCO F1 CNC et le tour EMCO COMPACT 5 CNC**

<b>Figure II.1</b> Le principe de fonction de la fraiseuse .....	26
<b>Figure II.2</b> Les axes de la fraiseuse EMCO F1 CNC.....	27
<b>Figure II.3</b> Les différents types des outils en ARS.....	28
<b>Figure II.4</b> Le tour EMCO COMPACT 5 CNC.....	30
<b>Figure II.5</b> Les composants mobile d’un tour EMCO COMPACT 5 CNC.....	30
<b>Figure II.6</b> Usinage externe sur tour.....	31
<b>Figure II.7</b> Usinage interne sur tour.....	32
<b>Figure II.8</b> Les axes de déplacement de tour EMCO COMPACT 5 CNC.....	33

## **Chapitre III**

### **La programmation de la machine-outil à commande numérique**

<b>Figure III.1</b> Méthodes comparées de programmation.....	40
<b>Figure III.2</b> Structure d’un programme d’usinage avec l’organisation d’un bloc.....	40

<b>Figure III.3</b> Repère de programmation.....	45
<b>Figure III.4</b> Les correcteurs.....	47

## Chapitre IV

### La manipulation par la programme MFI

<b>Figure IV.1</b> L'interface de MFI pour le tour EMCO COMPACT 5 CNC.....	52
<b>Figure IV.2</b> Clavier de la partie commande du tour EMCO COMPACT 5 CNC.....	53
<b>Figure IV.3</b> Le connecteur mâle et femelle de câble RS232.....	53
<b>Figure IV.4</b> Transfert des données par carte mémoire.....	54
<b>Figure IV.5</b> Brides rhombe.....	54
<b>Figure IV.6</b> La Choissant de la fraiseuse EMCO F1 CNC par MFI.....	55
<b>Figure IV.7</b> Applications sur la fraiseuse EMCO F1 CNC par mike's free interface.....	56
<b>Figure IV.8</b> Schéma de la forme de bride sur MFI.....	56
<b>Figure IV.9</b> La programmation de bride par MFI.....	57
<b>Figure IV.10</b> L'instruction G code et M de brides sur MFI.....	58
<b>Figure IV.11</b> Clavée de la partie commande d'une fraiseuse EMCO F1 CNC.....	61
<b>Figure IV.12</b> Pièce fabrique par EMCO COMPACT 5 CNC.....	62
<b>Figure IV.13</b> La Choissant de le tour EMCO COMPACT 5 CNC par MFI.....	63
<b>Figure IV.14</b> Applications sur le tour EMCO COMPACT 5 CNC par MFI.....	64
<b>Figure IV.15</b> Schéma de forme de coupe sur le tour EMCO COMPACT 5 CNC par MFI....	65
<b>Figure IV.16</b> Programmation de la pièce par MFI.....	65
<b>Figure IV.17</b> L'instruction G code et M de la pièce sur MFI.....	67
<b>Figure IV.18</b> Clavée de la partie commande d'une tour EMCO COMPACT 5 CNC.....	71
<b>Figure IV.19</b> La forme de MFI sur l'écran de pc de tour EMCO COMPACT 5 CNC.....	72

---

## Liste des tableaux

### Chapitre I

#### Machines Outil à Commande Numérique

<b>Tableau I.1</b> Point utilisées dans des MOCN.....	12
<b>Tableau I.2</b> Classification suivant le nombre d'axe.....	22

### Chapitre II

#### La partie cinématique de la fraiseuse EMCO F1 CNC et le tour EMCO COMPACT 5 CNC

<b>Tableau II.1</b> Opération de fraisage.....	28
<b>Tableau II.2</b> Opération de Tournage.....	34
<b>Tableau II.3</b> Le tableau représente les mouvements possibles de certaine pièce de fraiseuse EMCO F1 CNC et tour EMCO COMPACT 5 CNC.....	35

### Chapitre III

#### La programmation des MOCN

<b>Tableau III.1</b> Les instructions G.....	49
<b>Tableau III.2</b> Fonctions auxiliaires M.....	51

---

**Liste des Abréviations**

<b>MOCN</b>	machine-outil à commande numérique
<b>CN</b>	commande numérique
<b>FAO</b>	la fabrication assistée par ordinateur
<b>CIM</b>	computer integrated manufacturing
<b>MO</b>	machine-outil
<b>CNC</b>	Commande Numérique par Calculateur
<b>CEU</b>	la cellule élémentaire d'usinage
<b>DCN</b>	Direct numerical control
<b>PP</b>	repère porte-pièce
<b>Pos</b>	repère de posage
<b>P</b>	repère pièce
<b>SP</b>	repère support des pièces,
<b>SO</b>	repère support des outils
<b>PO</b>	repère porte-outil
<b>Mc</b>	mouvement de coupe
<b>Ma</b> ou <b>MF</b>	mouvement d'avance
<b>MP</b>	mouvement de pénétration
<b>ARS</b>	acier rapide supérieur
<b>CETIM</b>	Centre technique des industries mécaniques

<b>APT</b>	Automatically Programmed Tools
<b>MIT</b>	Massachusetts Institute of Technology
<b>CAO</b>	Conception assistée par ordinateur
<b>ISO</b>	Organisation internationale de normalisation
<b>CFAO</b>	Conception fabrication assistée par ordinateur

# Introduction Générale

## Introduction Générale

La Technologie moderne a joué un rôle important dans la vie quotidienne de l'être humain en l'utilisant dans divers domaines et les secteurs militaires, commercial, économique, des services et industriel .....etc.

Les industries Technologiques de pointe sont les uns des moyens les plus importants disponibles et utilisés à notre époque pour réaliser les objectifs souhaités par les propriétaires de ces moyens tels que les robots et la machines industrielles programmées et contrôlées numériquement qui fait l'objet de notre étude.

La fraiseuse EMCO F1 CNC et le tour EMCO COMPACT 5 CNC considéré comme une machine-outil à commande numérique et fonctionne par des programmes comme mikes free interface **MFI**.

L'objective de notre travail est le contrôle et guidage de la fraiseuse EMCO F1 CNC et le tour EMCO COMPACT 5 CNC par un programme MFI.

Cette étude comprend à quatre chapitres :

Le chapitre un est un aperçu général sur les machines-outils à commande numérique

Le chapitre deux consacré de partie cinématique et les axes de mouvement de la fraiseuse EMCO F1 CNC et le tour EMCO COMPACT 5 CNC.

Ensuite, le troisième chapitre présente la programmation et leurs principales fonctions.

Enfin, quatrième chapitre, nous avons appliqué le programme MFI sur la fraiseuse EMCO F1 CNC et le tour EMCO COMPACT 5 CNC et ceci est pour l'étude cinématique des différents composants des machines.

# **Chapitre I**

## **Machine-Outil à Commande Numérique**

## I.1.introduction

Dans le premier chapitre on présente la technologie des MOCN, citant la classification l'architecture et la programmation des MOCN pour différentes commandes.

## I.2.Historique

Les travaux menés par Falcon et Jacquard à la fin du XVIIIe 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. [1]

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. [1]

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 I.1), 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 faut encore attendre quelques années de vastes fonds de l'US Air Force et l'appui des chercheurs du MIT pour rendre la première Machine-outil commande numérique (MOCN) réellement opérationnelle. [1]

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

1954 Bendix 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 apparitions de la CN en Europe (foire de Hanovre). Le MIT annonce la création du langage de programmation APT (Automatic Programed Tools).

1960 apparitions du système DNC (Direct Numerical Control).

1964 en France, la Télémécanique Electrique 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. Le Premier centre d'usinage est mis en vente par Kearney & Trecker (USA).

1972 les minicalculateurs remplacent les logiques câblées ; la CN devient CNC.

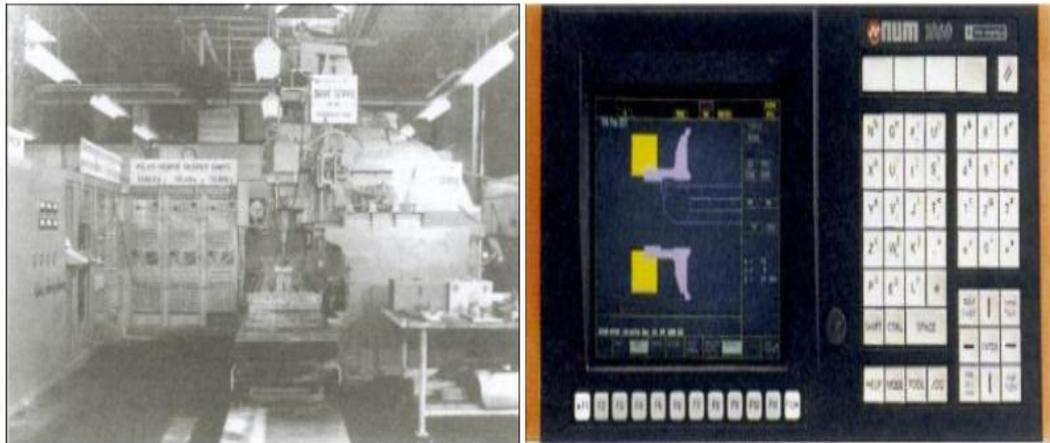
1976 développements des CN à microprocesseurs.

1984 apparitions de fonctions graphiques évoluées et du mode de programmation

Conversationnel, début de l'ère de la fabrication assistée par ordinateur (FAO).

1986 les CN s'intègrent dans les réseaux de communication, début de l'ère de la fabrication flexible (CIM : computer integrated manufacturing).

1990 développements des CN à microprocesseurs 32 bits. [1]



**Figure I .1.**Evolution de la CN de 1952 à 1995 [2]

### **I.3.les principe de contrôle numérique**

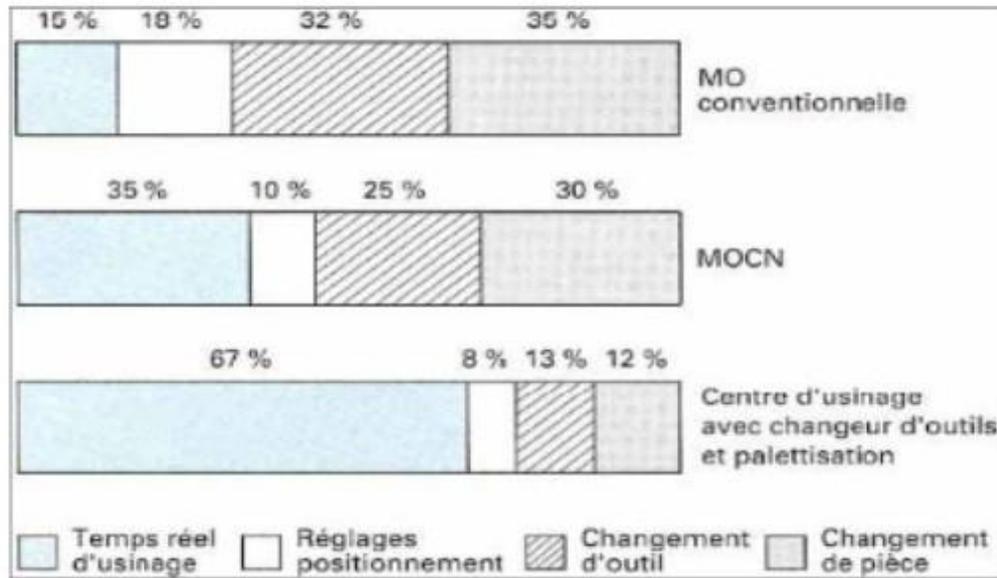
#### **I.3.1.Automaticité**

Le premier avantage d'une CN est d'offrir aux machines qui en sont équipées un très haut niveau d'automaticité. Sur de telles machines, l'intervention de l'opérateur nécessaire pour assurer la production de pièce peut être considérablement réduite voire supprimée. [2]

De nombreuses MOCN peuvent ainsi fonctionner sans aucune assistance pendant toute la durée de leur cycle d'usinage , laissant l'opérateur libre d'accomplir d'autres tâches en dehors du poste de travail. Cette caractéristique présente par ailleurs un certain nombre d'avantages moins palpables mais tout aussi importants, tels qu'une diminution notable de la fatigue de l'opérateur, moins d'erreurs d'origine humaine et un temps d'usinage constant et prévisible pour chaque pièce d'une même série. [2]

Si l'on compare une MO conventionnelle et une MOCN, on peut considérer que le temps copeau est assez voisin sur les deux types de machines. En revanche, la productivité comparée de diverses catégories de machines de niveaux d'automatisation différents, c'est-à-dire ce même temps copeau ramené au temps effectif de production, est très différente compte tenu

de la réduction importante des temps non productifs que l'on enregistre sur les machines à fort taux d'automatisation (Figure I .2). [2]



**Figure I .2.**Productivité comparée de diverses machines en fonction de leur degré d'automatisation [2]

### I.3.2. Flexibilité

Puisqu'elles sont pilotées à partir d'un programme, les MOCN peuvent usiner des pièces différentes aussi facilement que l'on charge un nouveau programme. Une fois vérifié puis exécuté pour la première série, ce programme peut être facilement rappelé lorsque la même série se représente.

Une MOCN se caractérise en outre par des temps de réglage très courts qui répondent parfaitement aux impératifs de la production en flux tendus.

La grande souplesse d'utilisation de la CN entraîne une quantité non négligeable d'autres avantages [2] :

- ❖ Changement aisé du programme d'usinage des pièces.
- ❖ Réduction des coûts de fabrication .
- ❖ Réduction des outillages et suppression des gabarits.
- ❖ Diminution du nombre des outils spéciaux et des outils de forme .
- ❖ Réduction des temps de préparation et de réglage du poste de travail (la plupart des réglages, en particulier des outils, étant effectués hors machine) .

- ❖ Prise en compte rapide des modifications d'usinage (il est plus facile de modifier une ligne de programme qu'un outillage spécial ou un gabarit) .
- ❖ Définition plus rapide et plus fiable des conditions optimales d'usinage .
- ❖ Réduction du nombre de prises de pièces du fait de l'universalité de la machine .
- ❖ Diminution du temps d'attente entre les diverses machines d'usinage d'un atelier .
- ❖ Gain sur les surfaces au sol occupées dans l'atelier .
- ❖ Possibilité de réaliser des pièces complexes en gérant des déplacements simultanés sur plusieurs axes.
- ❖ Contrôle automatique des outils et des dimensions de pièces avec prise en compte par la CN des corrections à effectuer.

### **I.3.3 Sécurité**

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 [2] .

### **I.3.4. Nécessités économiques et techniques**

Symbole de précision, de répétabilité, de fiabilité et de flexibilité, qualités primordiales dans une économie de marché où les produits se caractérisent en termes de prix, de qualité et de délai de mise à disposition, la CN se montre économiquement intéressante pour produire à l'unité ou en série toutes les sortes de pièces, même les plus simples.

Une fois vérifié et validé, un programme assure la réalisation de 2, 10 ou 1 000 pièces identiques avec la même régularité de précision et la même qualité d'usinage, sans que

l'habileté de l'opérateur n'intervienne.

Il convient, en outre, de souligner que la CN ouvre de nouvelles perspectives en permettant la définition de pièces complexes qu'il est pratiquement impossible de concevoir et de fabriquer sur des MO conventionnelles [2] .

#### **I.4.cout de domaine d'utilisation**

Le système de fabrication le plus rentable est celui qui engendre le coût d'une pièce le plus bas. Ce coût est calculé par la formule suivante [2] :

$$C = C_u + C_r / L + C_p / ZL$$

Avec :

**C**: coût total de fabrication pour une pièce,

**C<sub>u</sub>**: cout d'usinage d'une pièce (matière, main d'œuvre directe, cout machine).

**C<sub>r</sub>**: coût de lancement de la série et des réglages des outils et de la machine.

**L**: nombre de pièces d'une série.

**C<sub>p</sub>**: cout de préparation (gammes et programmes d'usinage).

**Z** : nombre de séries.

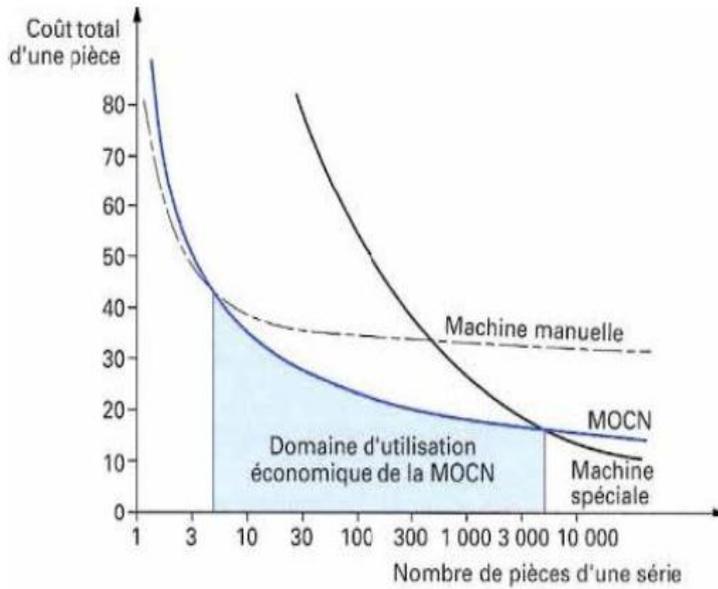
**ZL** : nombre total de pièces fabriquées.

On constate que le coût total de fabrication par pièce varie en fonction de la quantité ZL d'une manière hyperbolique.

Si l'on considère le nombre de pièces usinées, le domaine d'utilisation économique de la MOCN se situe dans la petite et la moyenne séries. Les MO conventionnelles restent rentables pour des opérations simples où elles ont malgré tout tendance à être remplacées par des MOCN d'entrée de gamme.

Pour les grandes séries, le recours à des machines spéciales à automatisation rigide (machines Transfert, tours à cames, fraiseuses de copiage) se montre encore très avantageux.

Si l'on représente le coût d'une pièce en fonction du nombre d'exemplaires à fabriquer, on peut déterminer les limites économiques d'utilisation de la CN. Dans l'exemple de la Figure I-3 ; au-dessus de 5 pièces par série, l'usinage sur une MO à commande manuelle est plus rentable que sur une MOCN, de la même façon, une machine spéciale sera au-dessus de 5000 pièces par série [2] .



**Figure I-3:** Domaine d'utilisation des MOCN [2]

## I.5. Définitions et structure physique de la MOCN

### I.5.1 Définition

La MOCN est une machine totalement ou partiellement automatique à laquelle les ordres sont communiqués grâce à des codes dans un programme CN. 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 Commande Numérique par Calculateur (CNC). La plupart des MOCN sont des CNC. La figure ci-dessous montre une machine à commande numérique. [3]



**Figure I.4 :** Machine-outil à commande numérique [3]

### I.5.2 Structure physique de MOCN

Une machine-outil à commande numérique est composée de deux principales parties :

- ❖ Partie commande
- ❖ Partie opérative

La figure I.5 ci-dessous montre Architecture D'une MOCN .

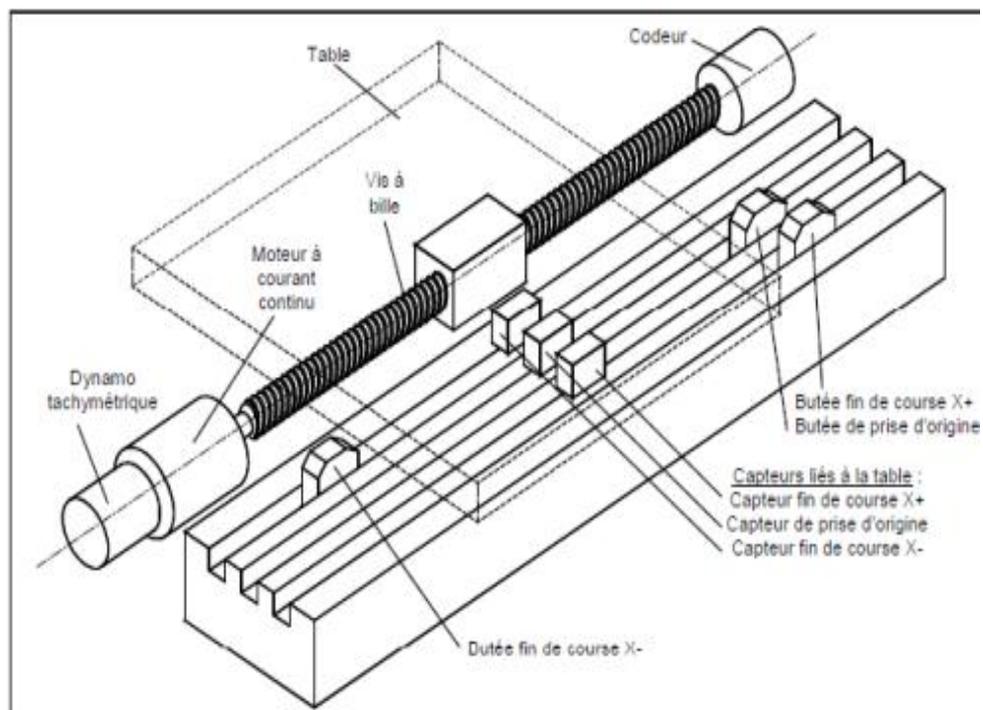


**Figure I.5.**Architecture D'une MOCN [3]

### I.5.2.1 Partie opérative

Les mouvements sont commandés par des moteurs Figure.I.6; 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 ...).
- ❖ Une 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. [4]



**Figure I.6** : Eléments de la partie opérative. [4]

## Tâches effectuées

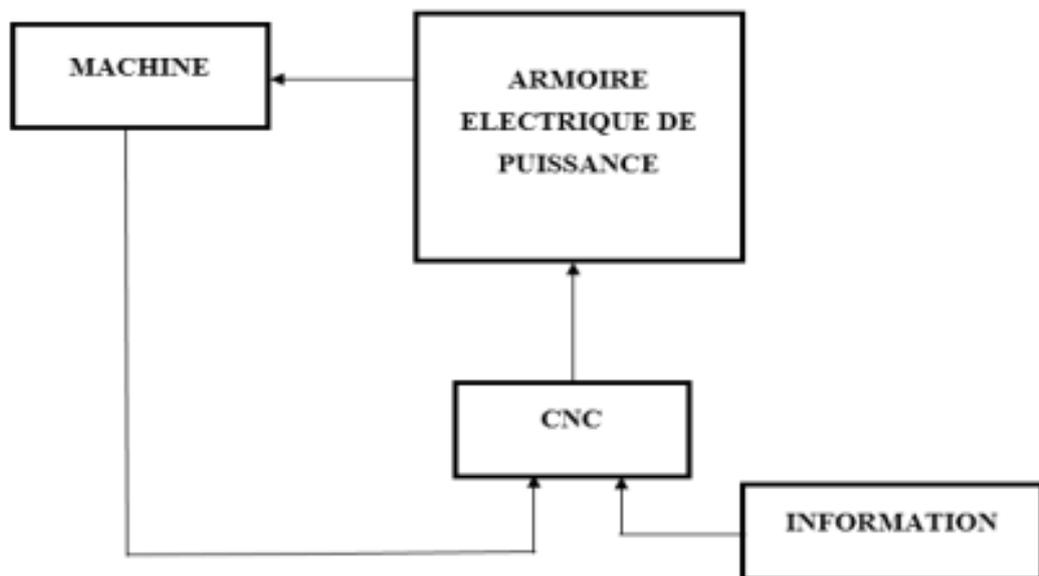
Les tâches effectuées sur le site de la partie opérative sont :

- ❖ Chargement et déchargement (pièce port pièce).
- ❖ Chargement et déchargement (outils port outils).
- ❖ Intervention manuelles nécessitées par l'usinage et l'entretien.
- ❖ Surveillance de commande.

### I.5.2.2. Partie commande

Différente d'une machine conventionnelle et constituée d'une armoire dans laquelle on trouve:

- ❖ Le pupitre permettant de rentrer les commandes à l'aide d'un clavier,
- ❖ Le lecteur de données (ce lecteur peut être une option lors de l'achat de la machine),
- ❖ La sortie RS 232 pour les liaisons avec les Périphériques externes,
- ❖ L'écran de visualisation de toutes les données enregistrées,
- ❖ Le calculateur,
- ❖ les cartes électroniques (commandes d'axes, mémoire ...).
- ❖ La partie commande est alimentée par un courant faible et ne peut donc pas alimenter en direct les moteurs de la machine (Figure I.7) .



**Figure I.7** : Fonction originale d'une commande numérique [4]

## I.6. Origines de MOCN

Tableau I.1 : Points utilisés dans des MOCN [3]

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 le point de départ de toutes les mesures dans l'espace machine
Origine Programme OP		C'est le point de départ de toutes les cotes.
Origine Pièce W (Op)		origine de la mise en position (isostatique de la pièce)

La figure suivante représente la répartition des origines en tournage et en fraisage (**Figure I.8**)

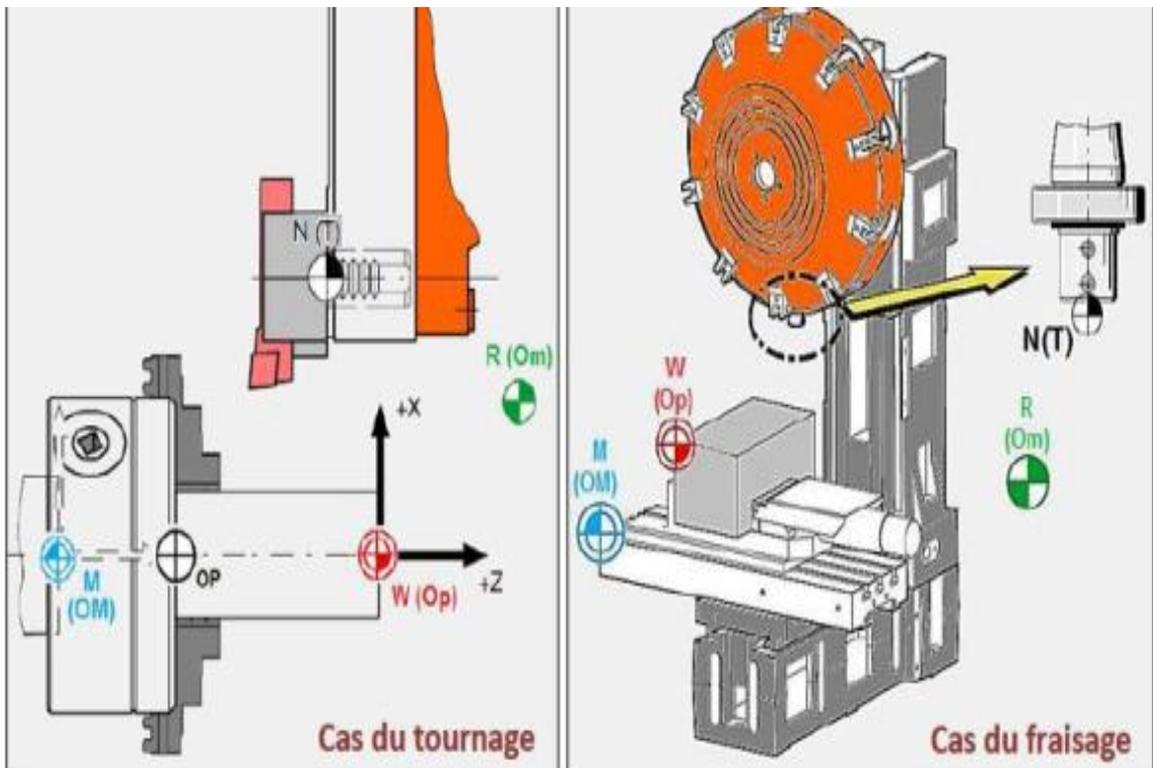


Figure I.8 : Cas du tournage et du fraisage [3]

## I.7. Repérage des axes d'un MOCN

Défini par la norme (NF ISO 841), le système de coordonnées est montré sur Figure I.9.

Le Système de coordonnées est un trièdre trirectangle de sens direct, lié à la pièce. Afin de Placer convenablement les X, Y et Z avec leur sens positif ou négatif, on utilise aussi la règle des trois doigts de la main droite.

- ❖ Axes primaires : X, Y, Z
- ❖ Axes secondaires : U, V, W
- ❖ Axes Rotatifs : A, B, C

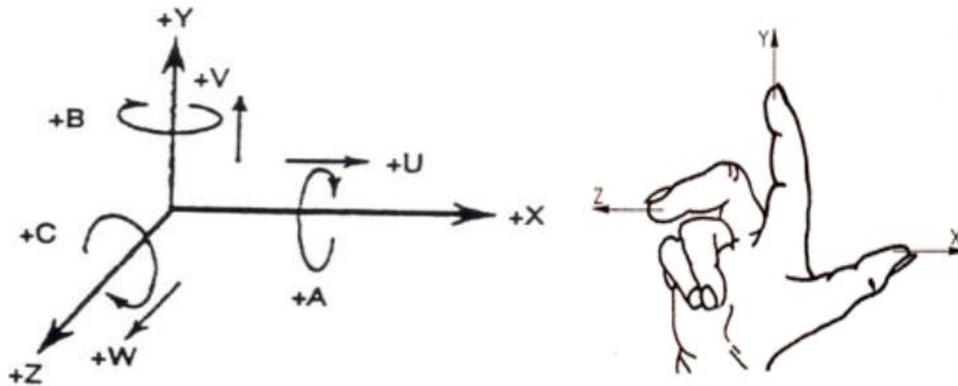
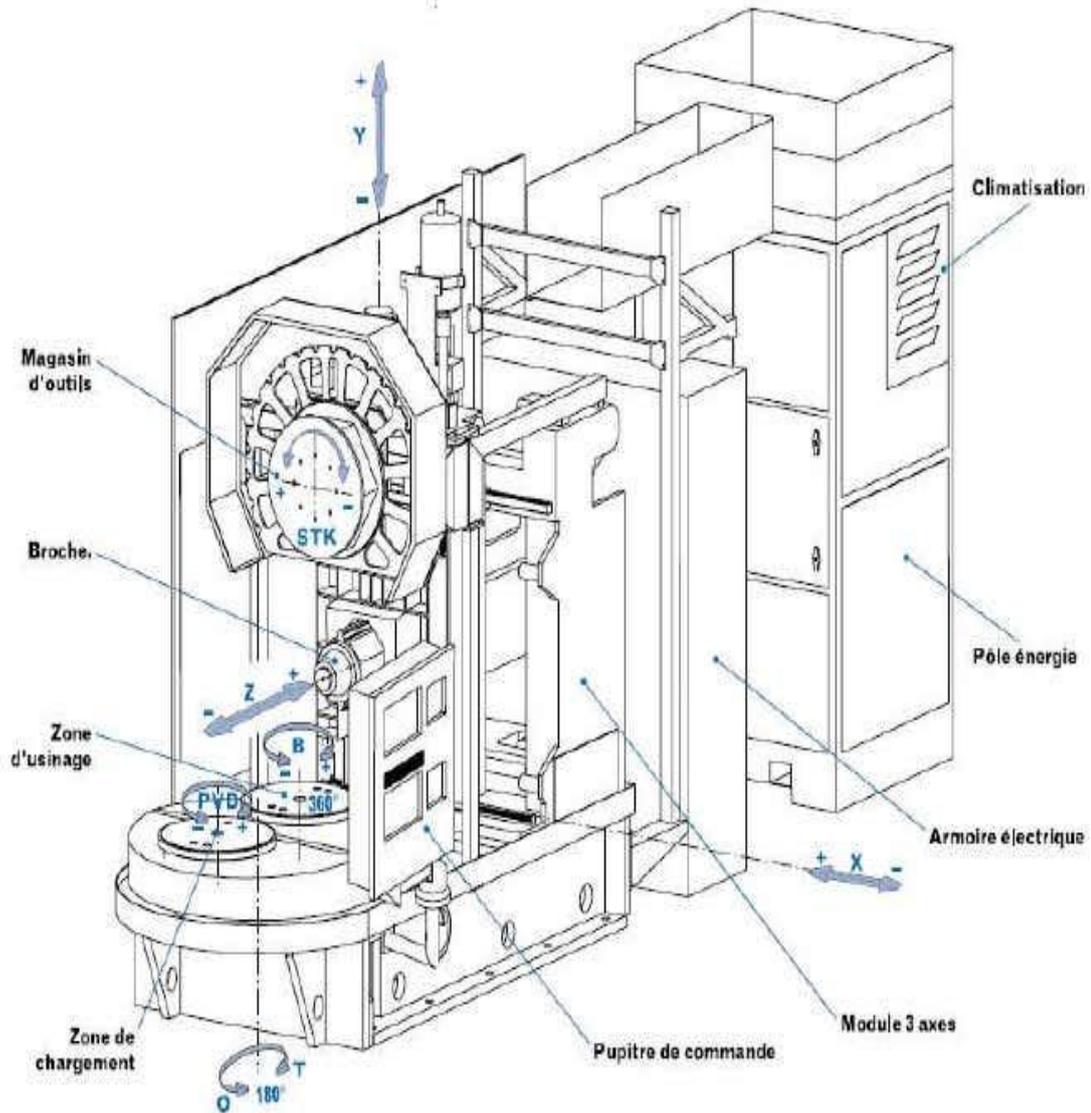


Figure I.9 : Système de coordonnées normalisé [5]

## I.8. Types des machines-outils à commande numérique

Les centres d'usinage **Figure I.10** sont des machines-outils qui travaillent par enlèvement de matière et permettent de réaliser automatiquement des opérations de fraisage, alésage, perçage, taraudage. Elles possèdent un magasin d'outils avec changeur automatique et peuvent être équipées d'un dispositif automatique de chargement des pièces. L'ensemble de ces fonctions est géré par un ou plusieurs systèmes électroniques programmables (commande numérique (CN), ordinateur, automate programmable...).[5]

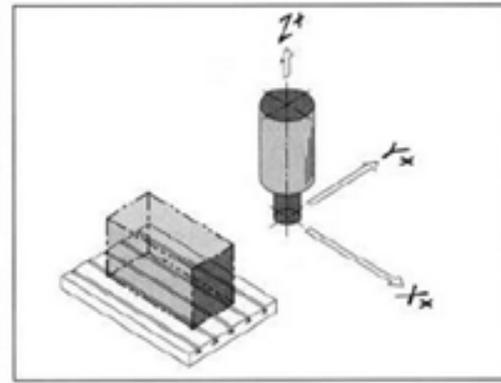
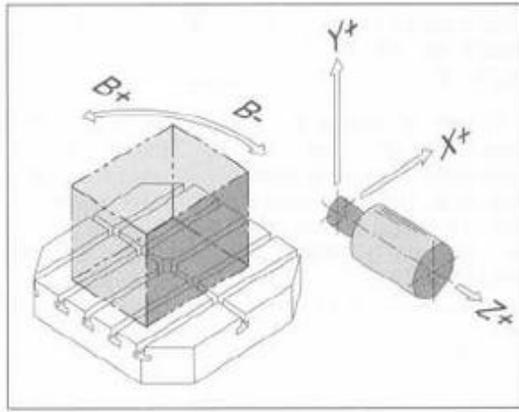


**Figure I.10** Centre d'usinage[4]

Le centre d'usinage est une MOCN équipée d'équipements périphériques qui assurent :

- ❖ Le changement automatique d'outils stockés dans les magasins d'outils.
- ❖ Le changement automatique de pièces (palettisation).
- ❖ Éventuellement le convoyage des copeaux (convoyeur).

Il est dédié à des fabrications variées de pièces différentes. (Figure I.11 et Figure I.12)



**Figure I.11** Représentation d'un centre **Figure I.12** Représentation d'un centre

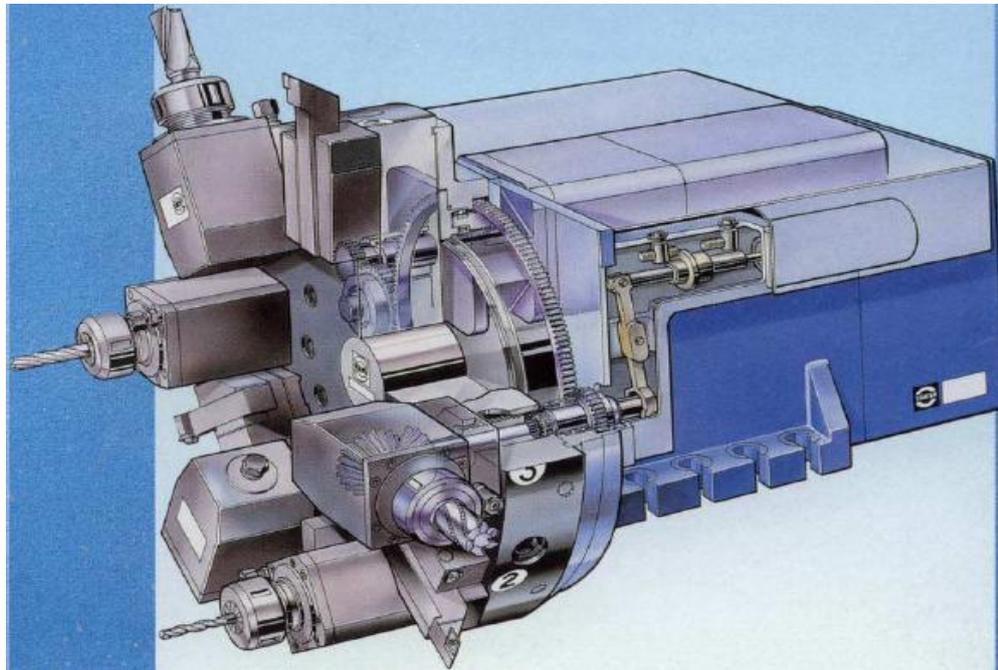
à CN horizontal à 5 axe [4]

à CN vertical à 3 axe [4]

## I.8.1. Centres de tournage

### I.8.1.1. Centre de tournage à trois axes

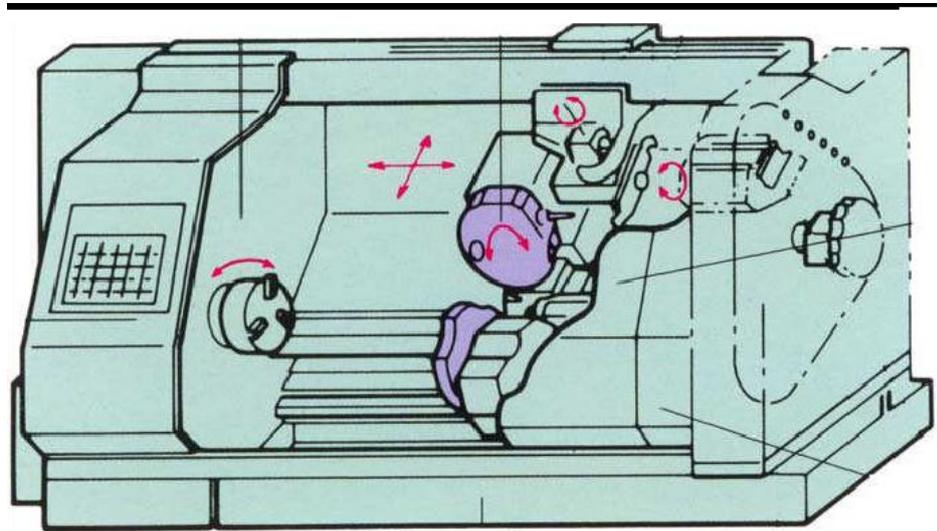
Centre de Tournage : 3 axes (X, Z, C) Figure I.13 [commande de la rotation et contrôles de la vitesse et de la position de la broche porte-pièce (broche asservie, interpola blé avec les autres axes) permettant des perçages différents de l'axe de la broche et des fraisages grâce à des outils motorisés montés sur la tourelle]. [4]



**Figure I.13** Centre de tournage à 3 axes . [4]

### I.8.1.2. Centre de tournage à cinq axes

Centre de Tournage à 2 tourelles : 5 axes (X, Z, U, W, C) comme Figure I.14



**Figure I.14** Centre de tournage à 5 axes . [4]

### I.8.2. Centres de fraisage

Centre de fraisage : Fraiseuse avec changement automatique d'outils  
 Centre d'Usinage : Fraiseuse avec changement automatique d'outils, changement automatique de pièces et convoyeur de copeaux. [4]

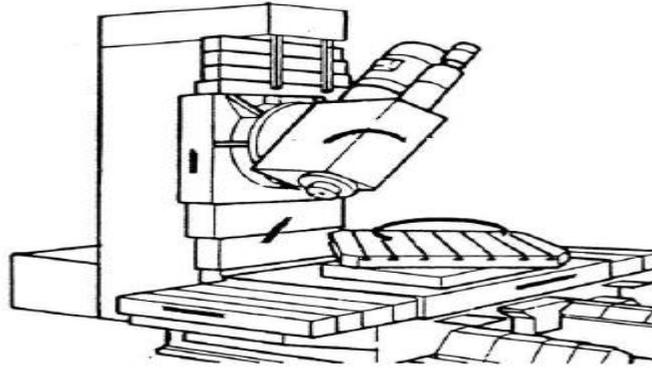
Attention à la nature de l'axe de rotation :

- ❖ rotation rapide par incrément (axe indexé = axe positionné = axe de positionnement).
- ❖ positionnement en rapide en l'absence d'usinage rotation (lente ou rapide) en continu (axe continu = vrai axe) généralement 360 000 positions pour un tour.

2 axes 1/2 :

3 axes asservis mais seulement 2 axes interpolés. Par exemple (X, Y) et Z sur fraiseuse verticale : le déplacement de l'outil peut être interpolé suivant les axes X et Y; le déplacement en Z n'a lieu qu'en l'absence de déplacement dans le plan (X, Y).

- ❖ 3 axes (X, Y, Z)
- ❖ 4 axes par ex (X, Y, Z, B)
- ❖ 5 axes par ex (X, Y, Z, A, C)



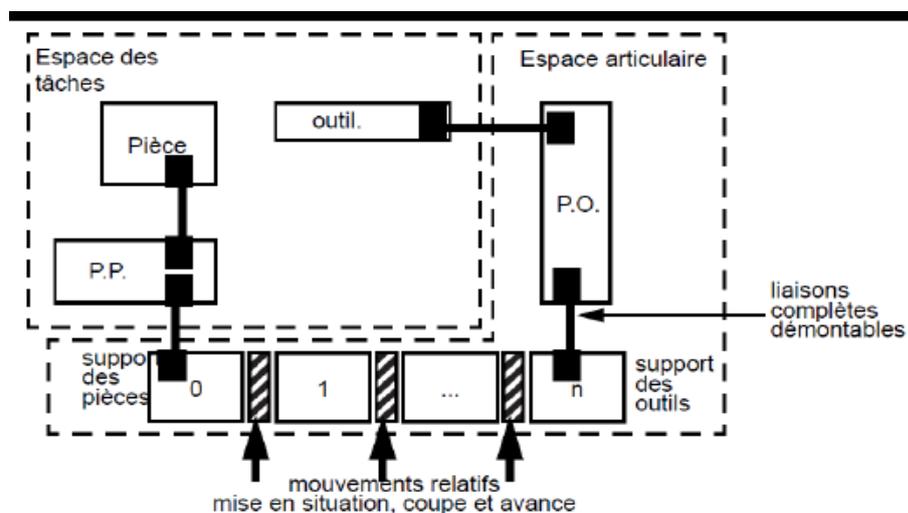
**Figure I.15** Identification des axes pour un centre de fraiseuse[4]

### I.8.3. Cellule flexible

#### I.8.3.1. Principe de la cellule élémentaire d'usinage CEU

On considère que la situation relative de l'outil par rapport à la pièce est assurée par un «assemblage» de corps solides. La liaison entre ceux-ci peut être complète, mais démontable, ou autoriser un mouvement de rotation ou de translation, que ce soit un mouvement de réglage ou d'avance.

On distingue deux espaces de description : l'espace des tâches et l'espace articulaire. La géométrie des surfaces à usiner et les dimensions du porte-pièce sont décrites dans l'espace des tâches. C'est un espace à trois dimensions. Les mouvements relatifs des organes de la machine et leurs dimensions intrinsèques sont représentés dans l'espace articulaire. C'est un espace à autant de dimensions que d'axes de mouvement. [4]



**Figure I.16** Cellule élémentaire d'usinage [4]

### **I.8.3.2. Nomenclature de la Cellule élémentaire d'usinage**

Sous le terme de Cellule Elémentaire d'Usinage est nommé un ensemble composé des éléments suivants : [4]

- ❖ La structure mécanique articulée, pourvue de ses motorisations .
- ❖ Le DCN.
- ❖ Un porte-pièce, susceptible de recevoir la pièce à usiner.
- ❖ Un outil, partie active et support.

La pièce à usiner ne fait pas partie de la cellule élémentaire d'usinage. On définit dans l'espace des tâches, les repères suivants :

<PP> : repère porte-pièce, construit sur les éléments géométriques du dispositif matérialisant la liaison complète démontable avec la machine.

<Pos> : repère de posage, construit sur les éléments géométriques servant à la mise en position de la pièce.

<P> : repère pièce. Coïncidant avec <Pos>, il est construit sur les surfaces de posage de la pièce.

On définit dans l'espace articulaire les repères suivants :

<0> ou <SP> : repère support des pièces, construit sur le dispositif matérialisant la liaison complète démontable entre le solide machine appelé «support des pièces» et le porte-pièce.

<I> ou <SO> : repère support des outils construit sur le dispositif matérialisant la liaison complète démontable entre le solide machine appelé «support des outils» et le porte-outil.

<PO> : repère porte-outil, il est construit sur les surfaces de l'attachement de l'outil ou du porte outil.

## **I.9. Classification des machines-outils à commande numérique**

### **I.9.1. Classification selon la nature de déplacement**

Le classement des machines est nécessaire car il aide au choix de machines, lors d'étude de gammes de fabrication. Traditionnellement, on a classé les machines en fonction des

formes de surfaces à réaliser : cylindriques / parallélépipédiques, tournage / fraisage. Cette classification est remise en cause, car la commande numérique et l'adaptation des structures de machine cassent le lien entre les deux couples. [6]

### I.9.2. Positionnement point à point

Le passage d'un point à un autre s'effectue en programmant la position finale et le trajet Parcours pour atteindre cette position n'est pas contrôlé par le directeur de commande numérique. [6]

Par exemple, les trajectoires planes d'un point A vers un point B peuvent s'exécuter de Manières différentes schématisées Figure I.17:

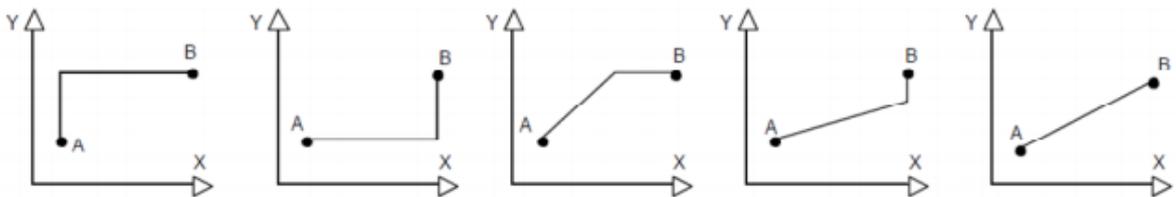


Figure I.17 Trajectoires en positionnement point à point.[6]

#### I.9.2.1. Opération point par point

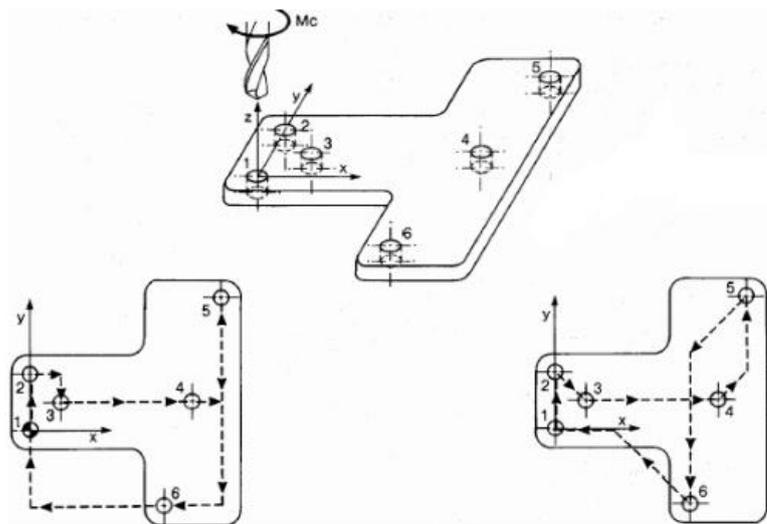


Figure I.18 Perçage d'une entretoise. [6]

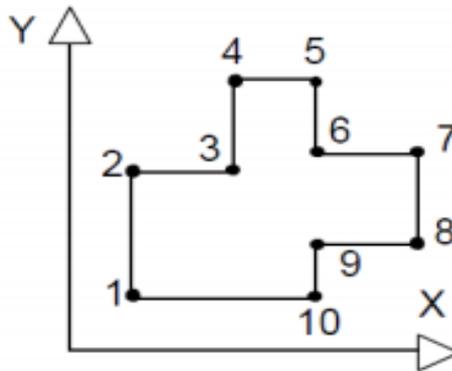
### I.9.2.2. Autre Opération

Pointeuses, perceuses, taraudeuses, poinçonneuse, soudeuse point à point. [6]

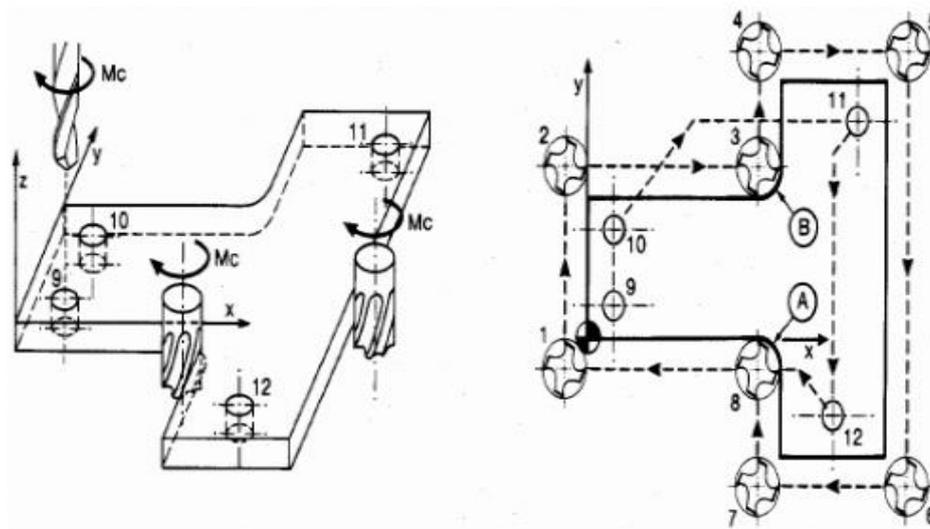
### I.9.3. Déplacement par axial

Les trajectoires sont parallèles aux axes de déplacement Figure I.19 et la vitesse de déplacement (programmable) est contrôlée. Ce type de déplacement permet par exemple des fraisages précis à vitesses imposées. [6]

L'opération fraisage et Tournage par axiale comme **Figure I.20** et **Figure I.21**



**Figure I.19** Trajectoires en déplacement par axial. [6]



**Figure I.20** Opération par axiale fraisage[6]

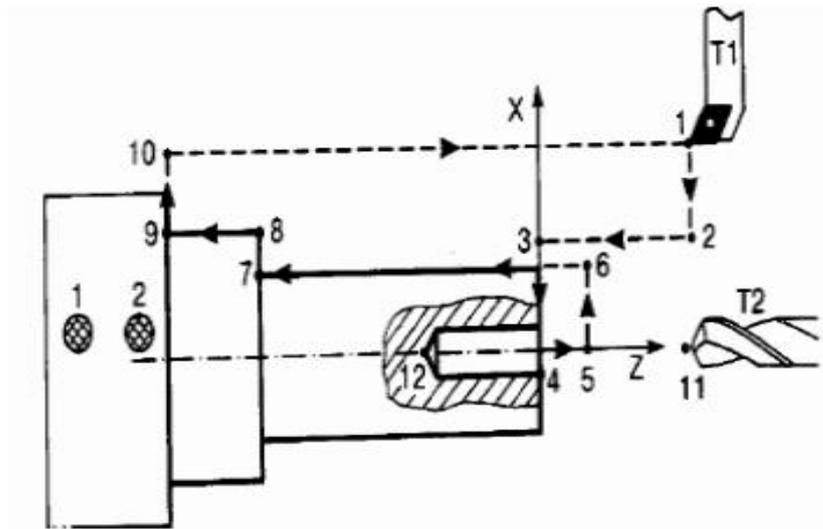


Figure I.21. Tournage par axiale. [6]

#### I.9.4. Déplacement en continu (trajectoires de contournage)

Des interpolateurs linéaires et circulaires permettent de réaliser des trajectoires linéaires et circulaires dans le plan ou dans l'espace (Certains D.C.N. n'autorisent pas l'interpolation circulaire dans l'espace). Les différents axes exécutant la trajectoire sont contrôlés en vitesse et en position pour assurer une synchronisation permanente des mouvements. Figure I.22 et Figure I.23

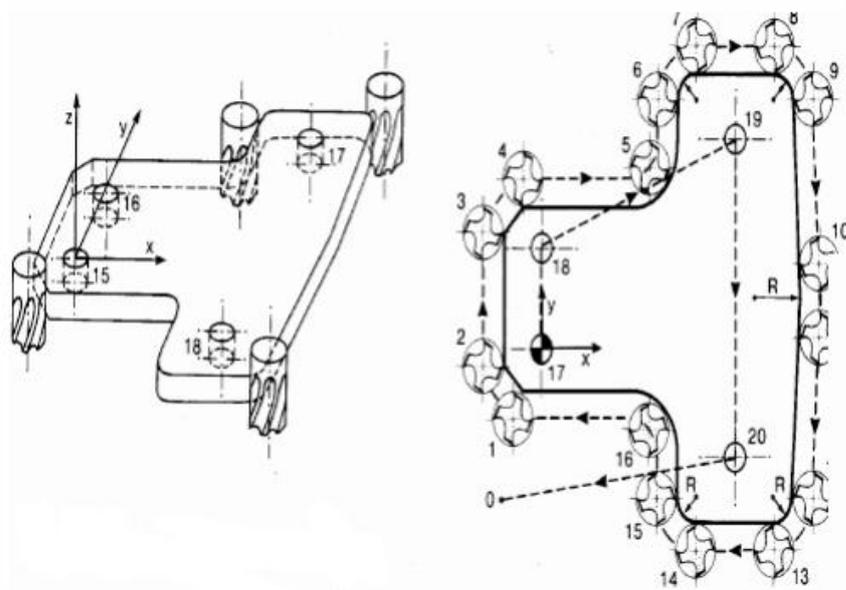


Figure I.22. Opération de contournage en fraisage. [6]

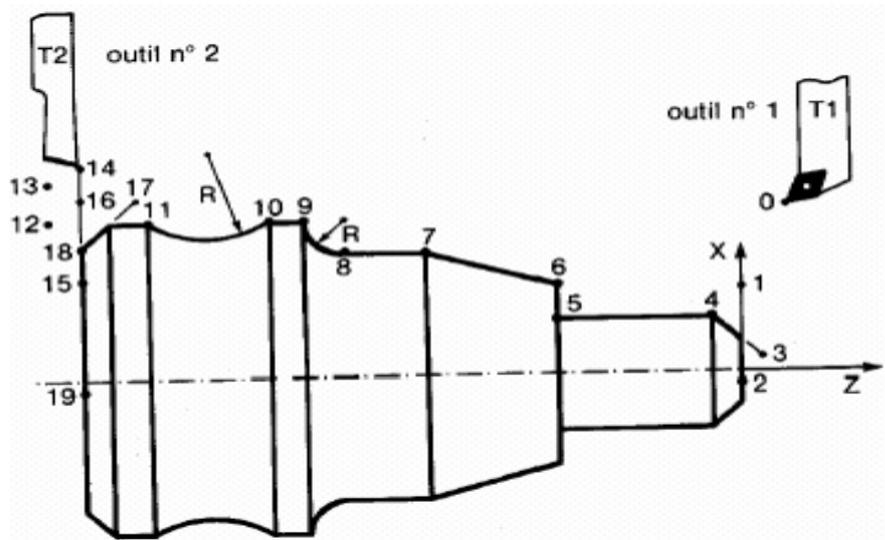


Figure I.23. Opération de contournage en tournage. [6]

### I.9.5 Classification suivant le nombre d'axes

On classe maintenant les machines-outils par le nombre de mouvements élémentaires qu'elles peuvent mettre en œuvre lors du déplacement de l'outil par rapport à la pièce. Seuls les axes sont décomptés. La mise en œuvre simultanée de plusieurs outils entraîne l'augmentation du nombre d'axes. Cette classification ne permet pas d'associer directement un type de forme usinable à une classe de machine, car elle ne reflète pas la cinématique de l'outil. Par exemple un tour à cinq axes ne permet pas de faire des pièces différentes par rapport à un tour à trois axes. [6]

Tableau I.2 : Classification suivant le nombre d'axe. [6]

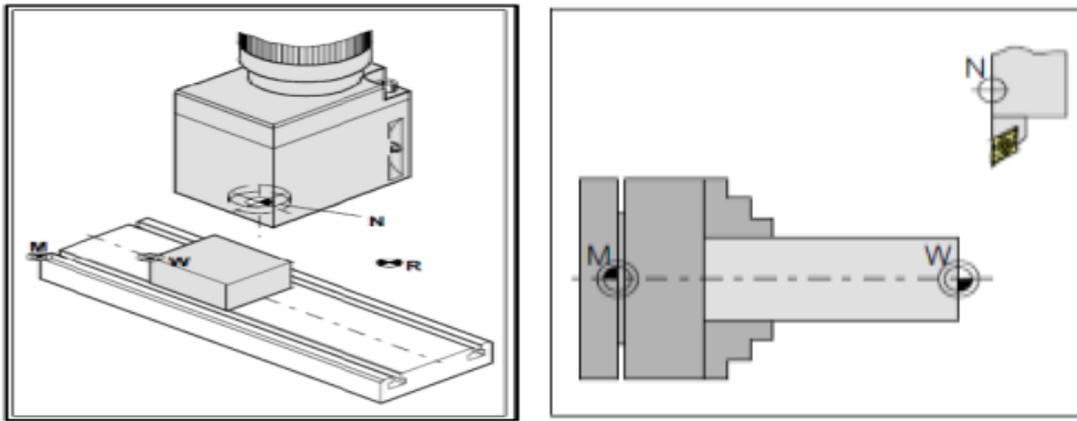
Nb d'axes	mouvements	Désignation du type d'usinage et des opérations possibles
1	Z	brochage, presse
2	X, Z	tournage : toutes les formes obtenues ont le même axe de symétrie
3	X, Y, Z	fraisage : surfacage, perçage, fraisage de poches, de rainures et de surfaces gauches.

3	X, Y,Z	L'axe outil reste parallèle à une direction fixe par rapport à la pièce.
3	X, Z ,C	tournage, avec asservissement de la broche ,permet le fraisage sur tour : tournage général, fraisage à l'outil tournant, perçage hors axe. La broche est asservie en position.
4	X, Y, Z, B	fraisage : surfaçage, perçage, fraisage de poches, de rainures et de surfaces gauches. L'axe outil reste contenu dans un plan fixe par rapport à la pièce.
4	X, Y, Z, C	fraisage (cf X, Y, Z, B)
4	X, Y, Z, C	tournage
4	2 (X, Z)	tournage à deux tourelles
5	2 ( X, Z) C	Tournage à deux tourelle set asservissement de la broche, (cf. X, Z, C)
5	X, Y, Z, A	fraisage de formes gauches : fraisage avec le flanc de l'outil, fraisage avec d'épînage, perçage en toutes directions.
5	X, Y, Z, B, C	fraisage de formes gauches (cf X, Y, Z, A, C)
5	X, Y, Z, A, B	fraisage de formes gauches (cf X, Y, Z, A, C)

## I.10. Décalage et géométrie d'outil

Dans l'espace de travail d'une MOCN, sont définis différents points de référence, ces points sont nécessaires pour le pré réglage et la programmation de la machine.

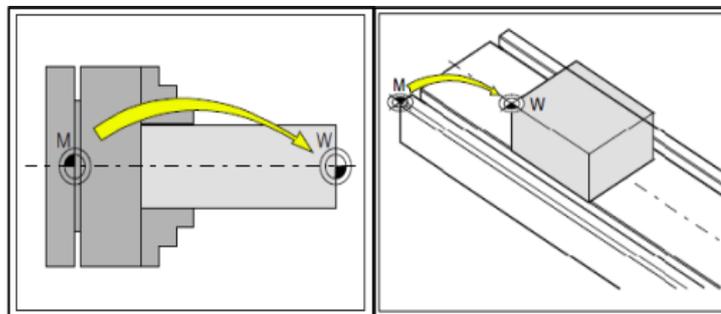
Nous présenterons les différents points ainsi que leur positionnement dans l'espace de travail d'une MOCN. (Figure I.24) [7]



**Figure I.24** : Point de référence dans le volume d'usinage (fraisage et tournage).[6]

### I.10.1. 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 Figure I.25. Donc, il va falloir décaler l'origine machine vers un point qui facilite la programmation. Ce point est l'origine de la pièce. [7]



**Figure I.25** : Décalage d'origine de l'origine machine M à l'origine de la pièce W dans le tournage et le fraisage. [7]

### **I.10.2. Géométrie des outils**

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. 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 diffèrent d'un type d'outil à un autre. [7]

### **I.11. Conclusion :**

Dans ce chapitre on a donné un aperçu historique sur l'évolution de la machine-outil à commande numérique.

Les caractéristiques de la machine à commande numérique :

- ❖ Automaticité, fonctionnée sans assistance
- ❖ Flexibilité, la machine pilotée à partir d'un programme
- ❖ Sécurisé, pour protégée les personnes et la machine

La machine-outil à commande numérique est divisée en deux parties :

- ❖ Partie commande pour rentrer les commande à l'aider d'un clavier
- ❖ Partie opérative pour exécuter et applique cette commande (partie cinématique).

## **Chapitre II**

# **La partie cinématique de la fraiseuse EMCO F1 CNC et le tour EMCO COMPACT 5 CNC**

## II.1 Définition

La cinématique généralement c'est une branche de la mécanique qui étudie le mouvement et les forces. [8]

La partie cinématique des machines est l'ensemble de pièces qui mouvez suivant des axes prédéterminé pour assurer la bonne fonction.

## II.2 Le fraisage

Le fraisage est un procédé d'usinage réalisable sur des machines-outils appelées fraiseuses. Il permet la réalisation des pièces prismatiques ou de révolution, de profils spéciaux tel qu'hélices, cames, engrenages... [9]

### II.2.1 la fraiseuse EMCO F1 CNC

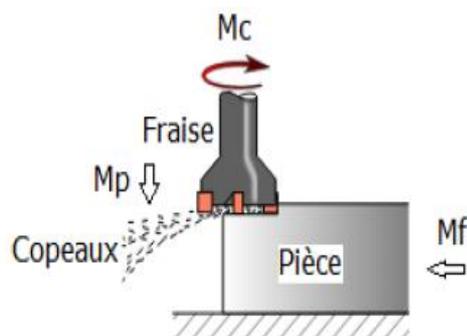
#### II.2.1.1 le principe de fonction de la fraiseuse EMCO F1 CNC

La fraiseuse EMCO F1 CNC c'est une machine qui contrôlé par le programme d'exploitation par ordinateur ou parfois manuellement.

L'outil est toujours animé d'un mouvement de rotation autour de son axe  $M_c$  (mouvement de coupe). Il est situé et bloqué sur une porte - fraise, lui-même fixé dans la broche de la machine.

Un ensemble de chariots se déplaçant suivant trois axes orthogonaux, permet d'animer la pièce d'un mouvement d'avance dans l'espace  $M_a$  (mouvement d'avance) noté encore MF.

Un mouvement de pénétration (MP) donné à la pièce (et dans certaines machines particulières à l'outil) est indispensable pour régler la surépaisseur à enlever à chaque passe. Figure II.1 [9]



**Figure II.1** Le principe de fonction de la fraiseuse [9]

**Remarque**

Dans le fraisage, la pièce est déplacée par rapport à l'outil.

**II.2.1.2 L'axes de déplacements de fraisage**

En fraisage, l'axe de broche correspond à l'axe de rotation de l'outil.

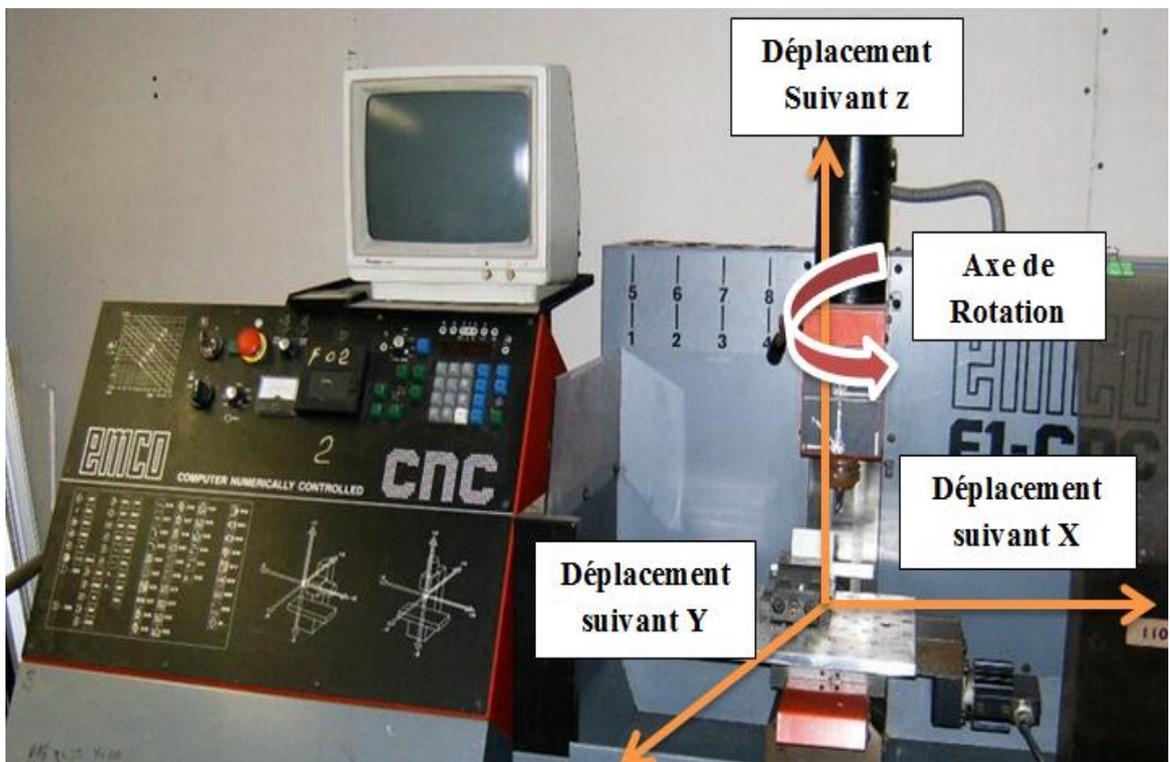
L'axe Z correspond à l'axe de broche. C'est l'axe de rotation de la fraise pour l'usinage.

L'axe X correspond à l'axe perpendiculaire à Z qui permet le plus grand déplacement de la table de la fraiseuse.

L'axe Y correspond à l'axe perpendiculaire à Z et X.

Le sens positif est donné suivant cette règle : la pièce étant la référence, l'outil s'éloignant de la pièce est en mouvement suivant le sens positif des axes.

Les axes Z, X et Y définissent une base en 3 dimensions. [10] comme Figure II.2



**Figure II.2** Les axes de la fraiseuse EMCO F1 CNC

**Remarque**

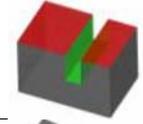
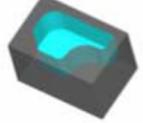
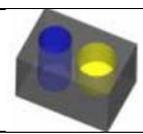
Déplacement suivant X appelé le déplacement longitudinale.

Déplacement suivant Y appelé le déplacement transversale.

Déplacement suivant Z appelé le déplacement vertical.

## II.2. 2 Opération de fraisage

Tableau II.1: Opération de fraisage. [10]

Dessin	Opération
	<b>Surfaçage</b> Le surfaçage c'est l'usinage d'un plan par une fraise. (surface rouge)
	<b>plans épaulés</b> C'est l'association de 2 plans perpendiculaires (surfaces vertes)
	<b>rainure</b> C'est l'association de 3 plans. Le fond est perpendiculaire au deux autres plans. (surfaces vertes)
	<b>poche</b> La poche est délimitée par des surfaces verticales quelconque (cylindre et plan). C'est une forme creuse dans la pièce. (surface cyan)
	<b>perçage</b> Ce sont des trous. Ils sont débouchants (surface bleu) ou borgnes (surface jaune).

## II.2.3 Les matériaux à outil

### II.2.3.1 acier rapide supérieur (ARS)

Les outils en ARS sont constitués le plus souvent d'un barreau monobloc en acier rapide supérieur, l'arête de coupe est affûtée. Si l'outil est usé, il suffit de réaffûter l'arête de coupe.

Dans l'atelier, les outils suivant sont en ARS : les forets et les fraises 2 tailles ... La Figure II.3 montre les différents types des outils en ARS [10]

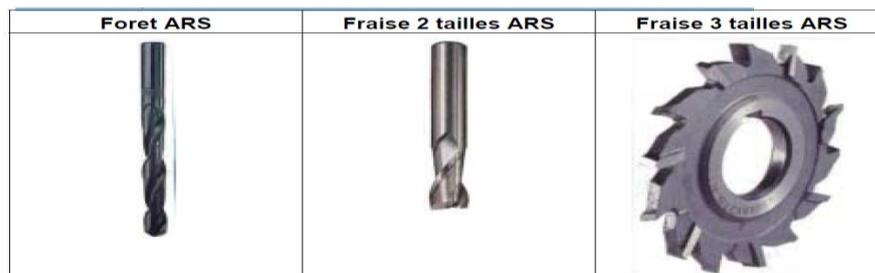


Figure II.3 Les différents types des outils en ARS [10]

### **II.2.3.2 Carbure**

Pour améliorer les performances des outils, l'arête de coupe est placée sur une plaquette amovible en carbure. Ce matériau est très résistant par rapport à ARS. La plaquette carbure est obtenue en compressant différentes poudres de carbure. Dès que l'arête de coupe est usée, il suffit de changer la plaquette.

Dans l'atelier, les outils suivant sont à plaquettes carbures : fraise à surfacer, fraise 2 tailles.[10]

## **II.3 Le tournage**

Le tournage est un procédé d'usinage par enlèvement de copeaux qui consiste à l'obtention de pièces de forme cylindrique ou/et conique à l'aide d'outils coupants sur des machines appelées tours. La pièce à usiner est fixée dans une pince, dans un mandrin, ou entre pointes. Il est également possible de percer sur un tour, même si ce n'est pas sa fonction première. [11]

### **II.3.1 Le tour EMCO COMPACT 5 CNC**

#### **II.3.1.1 le principe de fonction de Le tour EMCO COMPACT 5 CNC**

En tournage, le mouvement de coupe est obtenu par rotation de la pièce serrée entre les mors d'un mandrin ou dans une pince spécifique, tandis que le mouvement d'avance est obtenu par le déplacement de l'outil coupant. La combinaison de ces deux mouvements permet l'enlèvement de matière sous forme de copeaux. [11]

Le principe qui utilise dans Le tour EMCO COMPACT 5 CNC Figure II.4



Figure II.4 Le tour EMCO COMPACT 5 CNC

### II.3.1.2 les composants mobile d'un tour EMCO COMPACT 5 CNC

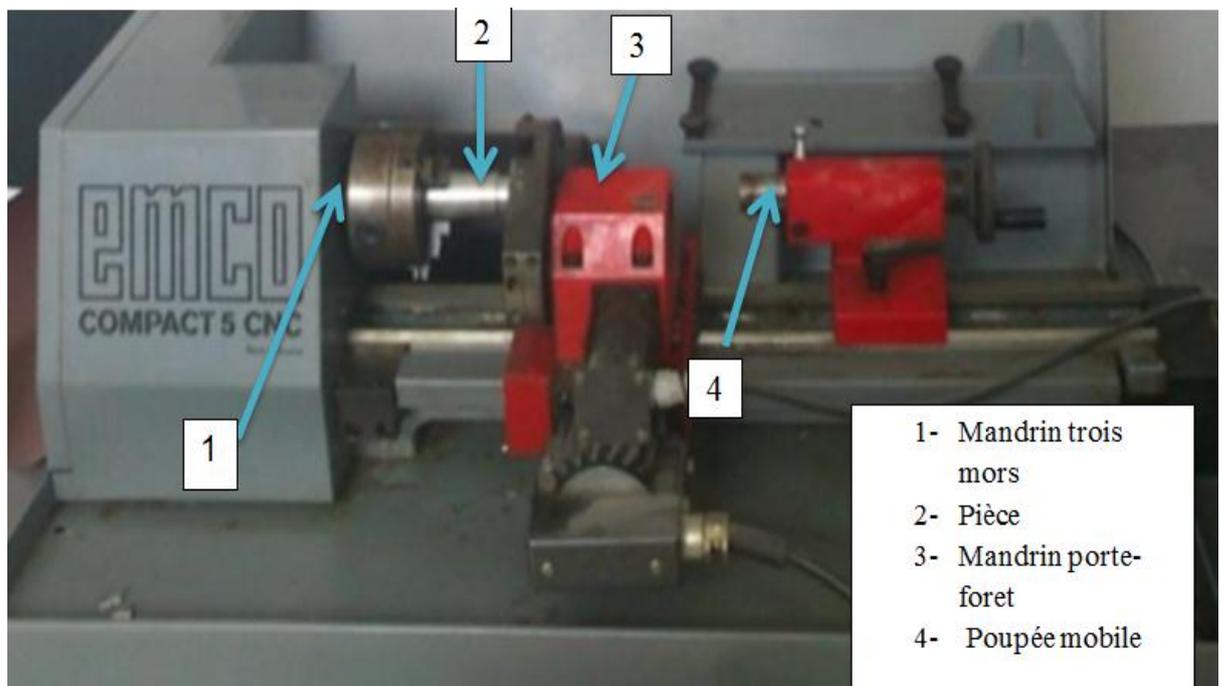


Figure II.5 Les composants mobile d'un tour EMCO COMPACT 5 CNC

### II.3.2 Les différents types d'opérations

#### II.3.2.1 Tournage extérieur [11]

- ❖ Tournage longitudinal (chariotage, axe z), réalisation d'un diamètre ;
- ❖ tournage transversal (dressage, axe x), réalisation d'une face, d'un épaulement ;
- ❖ tournage par profilage ou contournage, réalisé par copiage ou utilisation d'une commande numérique ;
- ❖ tournage de gorges, dégagements ;
- ❖ filetage, réalisation d'un pas de vis ;
- ❖ tronçonnage.

La figure suivante Figure II.6 montre Usinage externes sur le tour

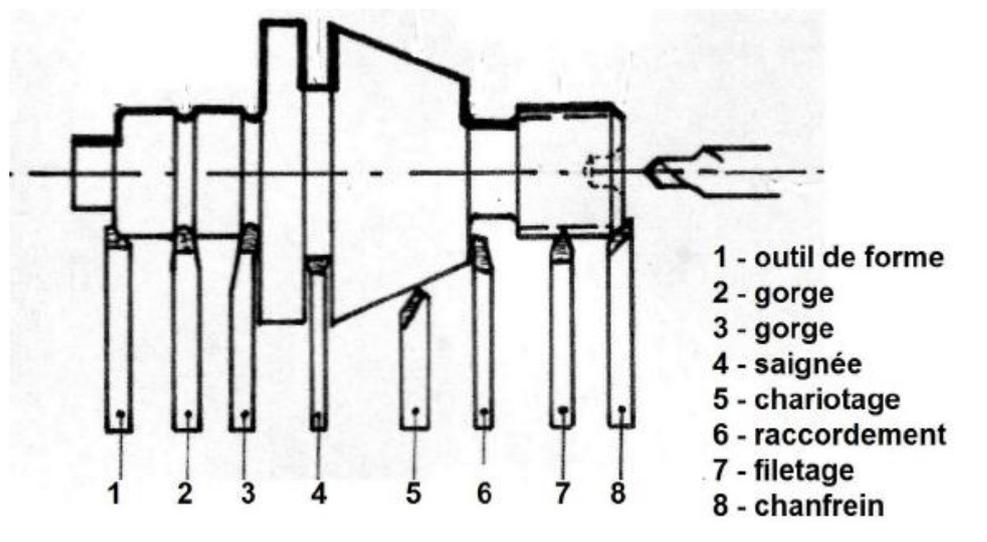


Figure II.6 Usinage externe sur tour [9]

#### II.3.2.2 Tournage intérieur [11]

- ❖ Alésage ;
- ❖ dressage ;
- ❖ tournage intérieur par contournage ;
- ❖ tournage de dégagement, gorges ;
- ❖ taraudage, réalisation d'un filetage intérieur;
- ❖ chambrage ;

La figure suivante Figure II.7 montre Usinage interne sur le tour

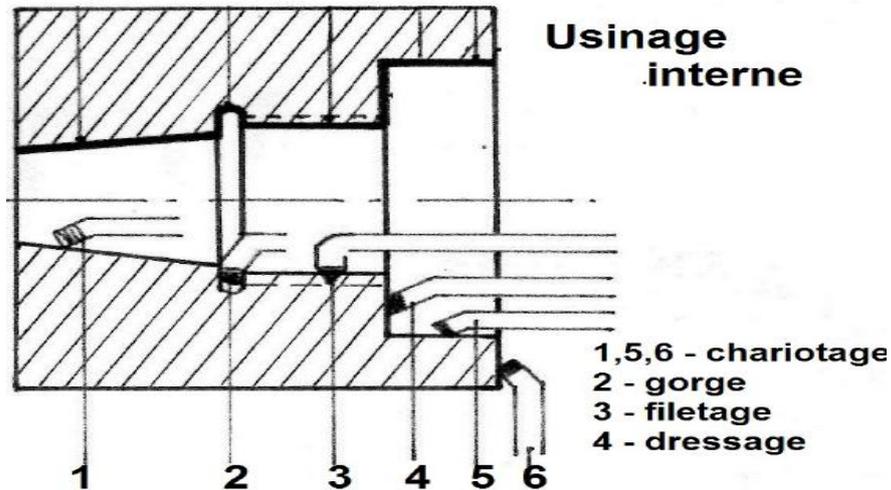


Figure II.7 Usinage interne sur tour [11]

### II.3.2.3 Tournage de pièces métalliques

Le chariotage d'une pièce métallique brute en tournage conventionnel se fait typiquement en cinq opérations :

1. Écroûtage du brut : on enlève la couche extérieure, qui a un mauvais état de surface et contient de nombreux défauts (calamine, corrosion, fissures, inclusions, écrouissage important, ...) ; il s'agit d'une passe d'environ 0.5 à 1 mm .
2. Contrôle du diamètre obtenu (au pied à coulisse voire au micromètre), ce qui permet de déterminer combien il faut enlever de matière pour arriver à la cote visée.
3. Passes d'ébauche d'une profondeur de plusieurs mm, pour enlever la matière.
4. Contrôle du diamètre avant finition.
5. Passe de finition, d'une profondeur inférieure à 0.5 mm mais supérieure au copeau minimum, afin d'avoir une bonne tolérance dimensionnelle et un bon état de surface.

Si l'on doit réaliser un épaulement, on chariote en laissant une surépaisseur de 0.5 mm ; celle-ci est enlevée en dégageant l'outil lors de la passe de finition. On assure ainsi la planéité et la perpendicularité de la surface par rapport à l'axe, puisque la surface finale est réalisée en une seule passe. [11]

#### **Remarque**

Dans le tournage, l'outil est déplacé par rapport à la pièce.

### II.3.3 L'axes de déplacements de Tournage

En tournage, l'axe de broche correspond à l'axe de rotation de la pièce.

L'axe Z correspond à l'axe de broche. C'est aussi l'axe de rotation du mandrin.

L'axe X correspond à l'axe perpendiculaire à Z.

Le sens positif est donné suivant cette règle : la pièce étant la référence, l'outil s'éloignant de la pièce est en mouvement suivant le sens positif des axes.

Les axes Z et X définissent un plan. Cela est suffisant pour décrire une trajectoire plane, et donc générer un volume de révolution autour de l'axe de révolution (qui est l'axe de broche) comme la figure II.8 [10] .



**Figure II.8** Les axes de déplacement de tour EMCO COMPACT 5 CNC

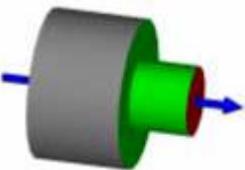
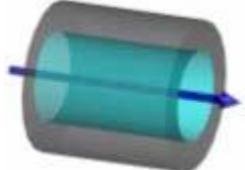
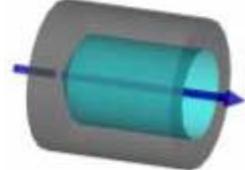
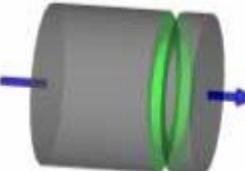
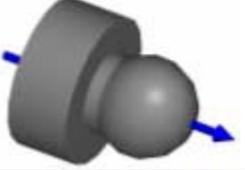
**Remarque**

Déplacement suivant X appelé le déplacement transversale.

Déplacement suivant Z appelé le déplacement longitudinale.

**II.3.4 Opération de Tournage**

**Tableau II.2:** Opération de Tournage. [10]

<b>Dessin</b>	<b>Opération</b>
	<p><b>Dressage</b>                      C'est la réalisation d'un plan perpendiculaire à l'axe de la pièce.                      (surface rouge)</p>
	<p><b>Chariotage</b>                      C'est la réalisation d'un cylindre ayant le même axe que celui de la pièce. (surface grise)</p>
	<p><b>Plan épaulé</b>                      C'est l'association d'un dressage et d'un chariotage.                      (surface verte)</p>
	<p><b>Perçage</b>                      C'est un trou dans la pièce. Il peut être débouchant ou borgne. Attention en tournage, l'axe du trou est confondu avec l'axe de la pièce.</p>
	
	<p><b>les gorges</b>                      C'est l'association de 2 plans parallèles avec un cylindre                      (surface vertes)</p>
	<p><b>Quelconque</b>                      C'est l'association de plusieurs surfaces élémentaires :                      sphère, cylindre, plan, cône ...</p>

## II.4 le mouvement possible de composant de la fraiseuse EMCO F1 CNC et le tour EMCO COMPACT 5 CNC

**Tableau II.3:** Le tableau représente les mouvements possibles de certaine pièce de fraiseuse EMCO F1 CNC et tour EMCO COMPACT 5 CNC.

<b>La Fraiseuse EMCO F1 CNC</b>		<b>Le Tour EMCO COMPACT 5 CNC</b>	
<b>Le composant</b>	<b>Le mouvement possible</b>	<b>Le composant</b>	<b>Le mouvement possible</b>
L'outil	Un mouvement vertical sur l'axe Z dans le sens positif Z + et le sens négatif Z -	Le mandrin	Rotation dans le sens horaire
			Rotation dans le sens anti-horaire
La table de la fraiseuse	Déplacement longitudinal sur l'axe X Le sens positif X+ Le sens négatif X-	Le chariot	un mouvement longitudinal sur l'axe Z par déplacement parallèle à l'axe de bouche Le sens positif Z+ Le sens négatif Z-
	Déplacement Transversal sur l'axe Y Le sens positif Y+ Le sens négatif Y-		un mouvement transversal sur l'axe X perpendiculaire à la bouche Le sens positif X+ Le sens négatif X-
		Le chariot porte-outil	Déplacement sur l'axe Z Le sens positif Z+ Le sens négatif Z-

### **Remarque :**

La table d'EMCO F1 CNC ne déplace pas verticalement. Il y a quelques types de fraiseuse ; la table de fraisage est déplacée verticalement.

## II.5 Conditions de coupe

### II.5.1 Vitesse de coupe

En tournage, la vitesse de coupe est la vitesse relative de l'outil par rapport à la pièce. Il s'agit donc de la vitesse tangentielle au point de la pièce coïncidente avec la pointe de l'outil. Cette vitesse qui s'exprime toujours en mètres par minute (m/min) se calcule ainsi:

$$V_C = (\pi \times d \times N) / 1000 \quad (\text{II .1})$$

Avec :

$V_C$  : vitesse de coupe en m/min

$d$  : diamètre en mm au point d'usinage

$N$  : correspond à la fréquence de rotation de la pièce en tours par minute

En permutant les termes de la formule précédente, on obtient :

$$N = (1000 \times V_C) / (\pi \times d) \quad (\text{II .2})$$

Et c'est cette vitesse de rotation  $N$  que l'on règle sur la machine. Il faut donc connaître  $V_C$  dont la valeur est le plus souvent issue de méthodes empiriques. Certains organismes, comme le CETIM pour l'industrie mécanique, ont établi des tableaux de référence.

La vitesse de coupe est déterminée en fonction de différents facteurs: [11]

- ❖ de la matière à usiner : en général plus elle est tendre et plus la vitesse est élevée
- ❖ de la matière de l'outil de coupe
- ❖ de la géométrie de l'outil de coupe
- ❖ du type d'usinage: ébauche, finition, filetage, etc
- ❖ du lubrifiant, qui permet une augmentation de la vitesse
- ❖ de la qualité du tour : plus il est rigide, plus il supportera des vitesses élevées

En fraisage on a la même formule de tournage sauf que le symbole  $d$  il exprime le diamètre de fraise

### **II.5.2 Vitesse d'Avance**

En tournage, l'avance est la vitesse avec laquelle progresse l'outil suivant l'axe de rotation pendant une révolution de la pièce, cette vitesse est déterminée expérimentalement en fonction des critères précédemment cités. Cela correspond, en première approximation à l'épaisseur du copeau. On règle l'avance directement sur la machine. [11]

À ne pas confondre avec la formule de calcul de l'avance en fraisage, qui est:

$$V_f = f_z \times Z \times N \quad (\text{II .3})$$

Avec :

$V_f$  = avance en mm/min

$f_z$  = avance par dent en mm/(dent. Tour)

$Z$  = nombre de dents de la fraise

$N$  = fréquence de rotation réglée sur la machine en tr/min

En tournage, si on veut calculer la vitesse d'avance de l'outil, on applique cette formule :

$$V_f = f \times N \quad (\text{II .4})$$

Avec :

$f$  = avance en mm/tour

$N$  = fréquence de rotation réglée sur la machine en tr/min

### **II.6 conclusion**

Dans ce chapitre de la partie cinématique de la fraiseuse EMCO F1 CNC et Le tour EMCO COMPACT 5 CNC on a parlé sur la principe de fonctionnement et les axes de mouvement et les différents opération de cette machine.

La fraiseuse EMCO F1 CNC et le tour EMCO COMPACT 5 CNC Ils sont considérés comme des machines-outils dépend à programmation (Commande Numérique) qui Contrôle et Gérer pour assurer le bon fonctionnement.

## **Chapitre III**

# **La programmation de la machine-outil à commande numérique**

### **III.1 Définition :**

La programmation des Machines-Outils à Commande Numérique (MOCN) considérée Comme relation entre la modélisation des pièces et leur réalisation partielle ou totale.

De très nombreuses technologies de fabrication sont maintenant pilotées par des commandes numériques : tournage, fraisage, électroérosion, rectification, affûtage, pliage, poinçonnage, découpes, etc...

### **III.2 Langages d'une machine-outil à commande numérique**

#### **III.2.1 Le langage ISO**

À l'origine, le langage de programmation était le G-code, développé par l'EIA au début des années 1960, et finalement normalisé par l'ISO en 1980 sous la référence RS274D/ (ISO 6983). Le langage ISO est encore énormément répandu surtout sur les petites Machines commandes numériques. [12]

#### **III.2.2 Le langage FANUC**

Le langage FANUC prend pour base le langage ISO de 1980. Il ajoute des fonctions supplémentaires ce qui en fait un langage unique. Les spécificités du langage sont:

- ❖ Parenthèses pour les commentaires.
- ❖ Appel de sous programmes avec M98.
- ❖ Points virgules en fin de blocs.

#### **III.2.3 Le langage NUM**

Le langage NUM prend pour base le langage ISO. Il ajoute des fonctions supplémentaires ce qui en fait un langage unique. Les spécificités du langage sont:

- ❖ Parenthèses pour les commentaires.
- ❖ Appel de sous programmes avec G77.

#### **III.2.4 Le langage SIEMEMS**

Le langage SIEMEMS prend pour base le langage ISO. Il ajoute des fonctions supplémentaires ce qui en fait un langage unique. Les spécificités du langage sont:

- ❖ Points virgules pour les commentaires.
- ❖ Des appels de cycles un peu compliqué.

### **III.2.5 Le langage HEIDENHAIN**

Le langage HEIDENHAIN est un langage inventé par les allemands pour animer Principalement des robot CNC conversationnels.

### **III.2.6 Le langage PROFORM**

Le langage PROFORM a été inventé de toute pièces pour les robots charmillé.

Langage devenu totalement obsolète.

## **III.3 le principe fondamental de la programmation de MOCN:**

Le principe de la programmation de machine juste Est basé sur tous les données et les instructions nécessaires pour assurer l'usinage de la pièce sur la machine. Elles regroupent :

- ❖ les données géométriques pour calculer les positions successives par la forme et les dimensions de pièce.
- ❖ les données technologiques comme performances de la machine et les conditions de coupe optimales.

### **III.3.1. Instructions programmées et leurs supports**

La programmation est le travail de préparation qui consiste à transposer, sous forme de texte Alphanumérique, la gamme d'usinage de la pièce en un ensemble ordonné d'instructions comprises et exécutées par la CN en vue de réaliser son usinage. Ce travail peut être effectué manuellement ou avec l'assistance d'un ordinateur utilisant un langage de programmation évolué. À titre indicatif, **Figure III-1** classe différentes méthodes de programmation en fonction des compétences du programmeur et de la complexité des machines à piloter. [2]

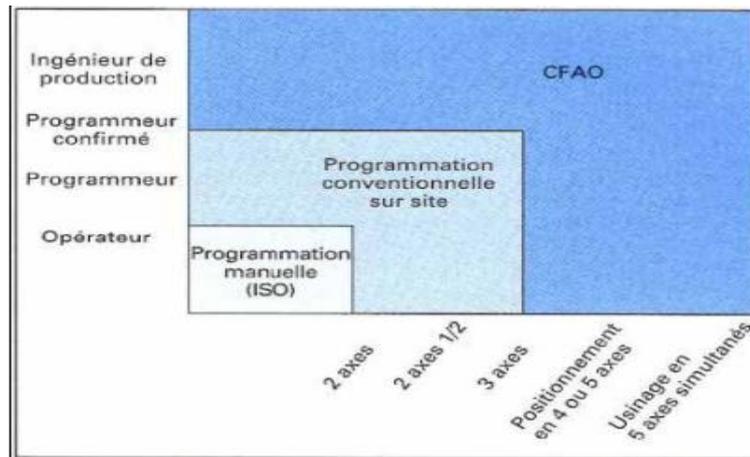


Figure III.1 Méthodes comparées de programmation [2]

### III.3.1.1 Codification des instructions

Les instructions d'un programme sont écrites dans un langage codé appelé langage machine dont le format variable et les adresses répondent aux normes internationales : **ISO 6983-1**.

Ce langage utilisé pour décrire les opérations d'usinage sur une MOCN comporte un certain nombre de lignes d'écriture appelées blocs d'information, chaque ligne correspondant à une étape particulière du processus d'usinage **Figure III-2**.

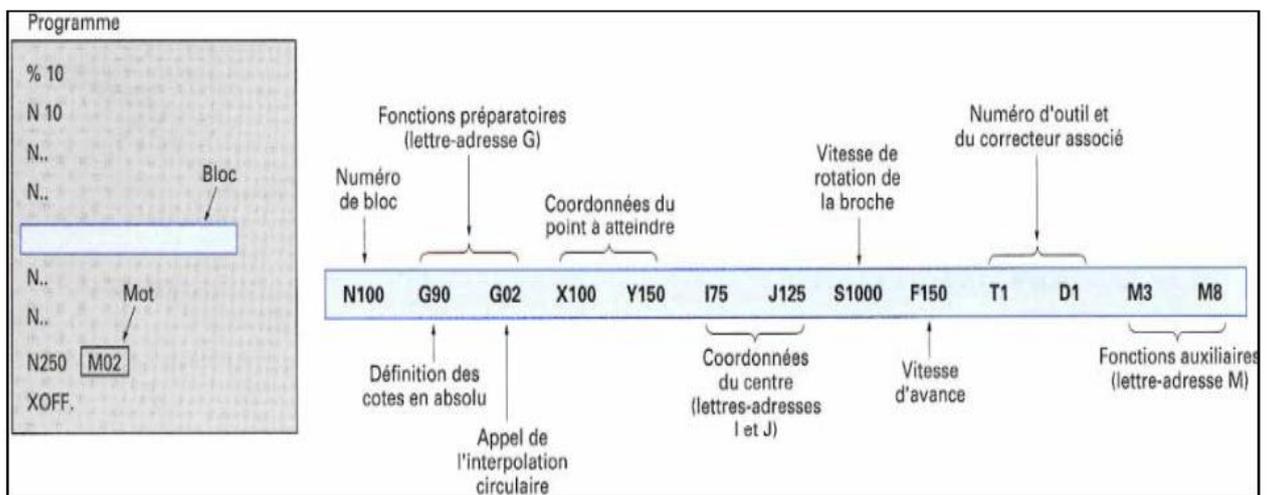


Figure III.2 Structure d'un programme d'usinage avec l'organisation d'un bloc [2]

Chaque bloc, ou séquence d'usinage, contient plusieurs mots qui sont la combinaison de lettres d'identification appelées adresses et d'une série de chiffres accompagnés ou non d'un signe (+) ou (-).[2]

La plupart des machines actuelles acceptent des blocs à format variable dans lesquels ne figurent que les seules instructions nécessaires à leur exécution. Celles déjà fournies et encore actives n'ont pas à être répétées.

Chaque fabricant de CN spécifie dans son manuel de programmation la façon d'écrire les données numériques allouées aux différentes lettres-adresses (nombre de chiffres avant et après la virgule, mode de séparation des entiers et des décimales, etc.).

À titre d'exemple, les lettres-adresses usuelles retenues par NUM sont indiquées sur la Figure III-2 : [2]

- ❖ les mots numéro de bloc (adresse N suivie d'un nombre de 1 à 5 chiffres) figurent obligatoirement au début de chaque bloc. Un numéro de bloc précédé du signe / permet de sauter le bloc correspondant si l'opérateur le désire .
- ❖ les mots fonction préparatoire (adresse G suivie d'un nombre de 1 à 3 chiffres) définissent le déroulement de certaines fonctions de commande et préparent la CN à exécuter une action bien précise. Ce sont généralement des ordres de déplacement, de décalage, d'appels de cycles spécifiques d'usinage, etc. Les fonctions G peuvent être modales, c'est-à-dire auto maintenues tant qu'elles ne sont pas révoquées par une fonction contradictoire, ou non modales lorsqu'elles ne sont actives que dans le bloc où elles sont programmées. Un bloc d'information peut contenir plusieurs fonctions préparatoires G si elles ne sont pas contradictoires.
- ❖ les mots de dimensions ou d'ordre de déplacement, composés d'une adresse accompagnée de sa valeur formatée, sont les suivants :
  - X, Y, Z pour les mouvements principaux.
  - U, V, W pour les mouvements secondaires.
  - I, J, K pour les paramètres d'interpolation.
  - A, B, C pour les coordonnées angulaires .
- ❖ les mots correspondant aux fonctions diverses sont appelés par les adresses :
  - S pour la vitesse de rotation de la broche.
  - F pour la vitesse d'avance demandée aux organes mobiles.

- T pour le numéro d'outil.
  - D pour le numéro du correcteur d'outil.
  - R pour la programmation d'un cercle par son rayon en interpolation Circulaire.
- ❖ les mots fonctions auxiliaires (adresse M suivie d'un nombre de 1 à 3 chiffres) servent essentiellement à la programmation des fonctions de commutation de la machine. Les fonctions auxiliaires peuvent être modales ou non modales, ou encore des fonctions avant ou après selon qu'elles sont exécutées avant ou après le déplacement programmé dans le bloc.

### III.3.1.2 Le contexte de la programmation

Il existe une norme définissant la désignation des mouvements des machines et un autre définissant le langage de programmation. Ce langage est appelé ISO ou G-code.

La norme est ancienne (1969), et le langage qu'elle définit est inadapté à une programmation propre et structurée. Ceci explique la prolifération de langage dit de **FAO (Fabrication Assisté par Ordinateur)**.

La norme ne définit que des fonctions de base, mais ne propose pas de syntaxe pour ce qui est des commentaires, des structure de contrôles (boucles, si alors sinon, sous-programme, . . .), des structures de données. . .

En conséquence, lorsque l'on écrit un programme il faut le préparer comme si on pouvait utiliser un langage performant et ensuite essayer de le traduire au mieux en langage machine. C'est du reste l'esprit dans lequel travaillent la plupart des systèmes de Fabrication Assistée par Ordinateur.

On peut aussi remarquer que la plupart des machines à mesurer ont un langage qui ne s'appuie pas sur la norme.

En effet les calculs que nécessite le contrôle seraient très difficiles à programmer dans un tel langage. Il en est de même pour de nombreux types de machines : robots, machines de stéréolithographie [13].

### III.3.1.3 Le Programme

Il doit être lisible. De nombreux opérateurs différents sont amenés à le lire : [13]

- ❖ programmeurs
- ❖ régleurs
- ❖ opérateurs
- ❖ opérateurs de maintenance

### Commenter et structurer le programme

Un programme vit:

- ❖ Série renouvelables;
- ❖ Pièces de mêmes familles;

Le prix de la mémoire et les temps de transferts ont fortement diminués. Il existe maintenant des éditeurs puissants. En conséquence, on ne cherchera pas à compacter les programmes (notamment par l'utilisation de décalages, miroirs, . . .) [13].

### III.3.1.4 Structure d'un programme

Le programme ne définit pas uniquement la trajectoire de l'outil. Il permet de commander l'automate pour réaliser des fonctions auxiliaires telles que mise en route et arrêt de la broche et de l'arrosage, changements d'outils ou de pièces. . . Il définit aussi les unités, les modes de travail, les différents repères [13]

On peut énoncer des règles de base pour la structuration des programmes:

- ❖ Le programme doit faire clairement apparaître la gamme de fabrication;
- ❖ Le programme doit être constitué de parties indépendantes;
- ❖ Le programme et chaque partie du programme doivent être clairement structurés en: Initialisation, partie principale et remise en configuration standard.

La dernière règle découle des progrès fait en programmation depuis l'apparition de la norme (1969). Les langages modernes (C, C++, pascal, ADA, langages dynamiques...) propose des solutions pour traiter un sous-programme indépendamment du reste du programme. Pour programmer en langage CN, nous avons intérêts à recréer artificiellement ces mécanismes. On peut par exemple définir une configuration standard de la machine.

Chaque portion de programme débute et se termine dans cette configuration.

#### **III.3.1.4.1 Exemple de structure d'un programme:**

%10 (EXEMPLE DE STRUCTURE D'UN PROGRAMME)

(INITIALISATION GENERALE)

(EBAUCHE)

(DEMI-FINITION)

(FINITION)

L'ébauche peut encore se décomposer en: initialisation, usinage avec le premier outil d'ébauche, usinage avec le deuxième outil d'ébauche, . . . usinage avec le dernier outil d'ébauche et remise en configuration standard.

Chacune de ces parties peut encore être structurée de la même manière. [13]

### **III.4 Les repère**

Dans une première étape la programmation est essentiellement géométrique :

décrire la trajectoire de l'outil par rapport à la pièce.

On se place classiquement dans l'espace affine euclidien.

Pour représenter la position relative de deux solides:

- ❖ associer un repère à chaque solide;
- ❖ donner la position relative des deux repères: translation et rotation.

Un repère affine est défini par:

- ❖ un point origine O;

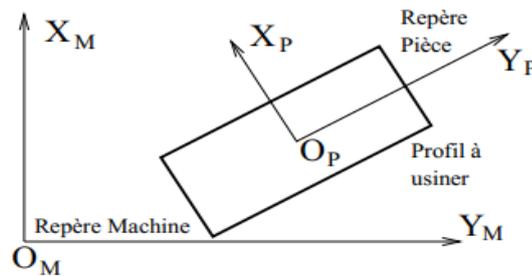
Une base orthonormée de l'espace vectoriel associe. C'est à dire 3 vecteurs (  $i j k$  ).  
La translation entre deux repères R1 et R2 se définit aisément par le vecteur  $O_1O_2$   
La rotation pose quelques problèmes que nous aborderons plus loin. Il n'y a pas de solution idéale. Nous utiliserons la matrice de passage qui est fortement redondante, mais qui présente l'avantage de simplifier les calculs.

La programmation est donc: la description de la trajectoire d'un repère lié à l'outil par rapport à un repère lié à la pièce. Nous voyons ici la très grande importance des repères. Nous allons voir comment les choisir. [13]

### III.4.1 Le repère de programmation

Le choix du repère outil est en général assez limité du fait de la géométrie de l'outil. Par contre le choix du repère pièce ou de programmation est libre.

Le programmeur peut choisir de placer le repère de programmation où il veut. Il le placera donc là où ça l'arrange. Il peut aussi en utiliser plusieurs car les langages de programmation permettent de changer le repère de programmation. Figure III.3



**Figure III.3** Repère de programmation. [13]

#### **ATTENTION:**

Le choix du repère de programmation ne conditionne en rien l'orientation de la pièce par rapport aux axes de la machine. On a intérêt à placer les cotes précises parallèles aux axes de la machine. Elles ne dépendront alors que d'un seul axe asservi.

Sur la machine, le réglage permettra de définir la relation de changement de repère entre le repère du porte pièce et le repère pièce ou de programmation.

### III.4.2 description du déplacement de l'outil

Les types de trajectoires réalisables sont assez limités :

- ❖ segments de droites.
- ❖ portions de cercles situés dans des plans particuliers.
- ❖ portions d'hélices d'axes particuliers.
- ❖ courbes splines planes situées dans des plans particuliers.

Comme le générateur de trajectoire calcule une consigne toutes les T secondes (T est le temps de cycle de base du générateur de trajectoire), la courbe n'est pas exécutée directement. On parle d'interpolation.

Il existe une variante des courbes splines, elles peuvent être définies dans l'espace et sont utilisées pour lisser un ensemble de points [13].

#### **III.4.2.1 Interpolation linéaire:**

L'interpolation linéaire permet de faire exécuter un segment de droite à la machine.

La durée minimale d'exécution d'un mouvement est égale au temps de cycle T.

L'interpolation linéaire peut servir pour exécuter une approximation d'une courbe quelconque

L'interpolation linéaire peut aussi inclure des mouvements sur des axes de rotation de la machine (plateau tournant). [13]

#### **III.4.2.2 Interpolation circulaire et hélicoïdale :**

L'interpolation circulaire n'est possible qu'entre deux axes de translation de la machine pour réaliser des cercles dans le plan défini par ces deux axes. Elle permet de réaliser des hélices en associant le troisième axe.

Il existe un rayon minimum réalisable, il est fonction de la vitesse. [13]

#### **III.4.2.3 La réalisation de déplacement le long de courbes splines se fait aussi dans un plan particulier:**

La réalisation d'un déplacement se déroule en trois phases: accélération, déplacement à la vitesse constante programmée, décélération.

Dans le cas de déplacements enchaînés, la machine ne s'arrête pas entre chaque mouvement. Elle fait un lissage afin de parcourir la trajectoire à vitesse constante [13].

#### **III.4.3 Programmation de l'outil**

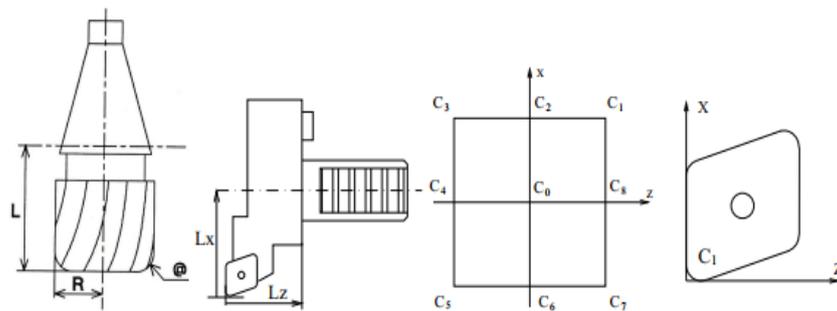
Afin de simplifier les interventions en cas d'incident, la programmation de chaque paramètre doit être indépendante.

C'est pourquoi on programme la trajectoire de l'outil de manière indépendante de la position relative entre l'outil et le chariot porte-outil [13].

Les différents paramètres qui caractérisent la position de l'outil par rapport au chariot sont :

- ❖ En tournage rayon, longueur en X et Z et position de l'arête de coupe par rapport au centre du cercle.
- ❖ En fraisage longueur, et rayon en bout de fraise.

La figure ci-dessous (Figure III.4) montre Les correcteurs de programmation de l'outil



**Figure III.4** Les correcteurs [13]

### III.5 Méthodes de Programmation des MOCN

La fabrication d'une pièce sur une machine-outil à commande numérique nécessite l'écriture d'un programme rédigé directement par la programmation manuelle et réalisé à l'aide de l'ordinateur par la programmation automatique.

#### III.5.1. Programmation manuelle

La programmation manuelle consiste à écrire, ligne par ligne, les étapes successives nécessaires à l'élaboration d'une pièce donnée.

Après décomposition du cycle de travail, le programmeur calcule les coordonnées des points intermédiaires, définit tous les déplacements pour chaque passe d'usinage et réalise lui-même la codification des instructions en respectant le format spécifique prévu pour la CN et la machine.

Ce mode de programmation requiert une profonde connaissance du langage ISO, des mathématiques (en particulier la géométrie et la trigonométrie) et des techniques d'usinage (limitations machine, outils, matières, etc.).

Pour un opérateur qualifié, la programmation manuelle peut être un moyen efficace d'effectuer des opérations simples. Mais lorsque les pièces deviennent compliquées et qu'elles nécessitent un grand nombre de mouvements, cette méthode devient vite fastidieuse avec des risques d'erreur importants.

De plus, certaines surfaces complexes sont extrêmement difficiles, voire impossibles à programmer en manuel.

C'est pourquoi les CN modernes disposent de logiciels intégrés d'aide à la programmation et de cycles fixes d'usinage. [2]

### **III.5.2.Programmation automatique**

Lorsque la définition de l'usinage devient trop complexe ou lorsque le volume de programmation est tel qu'il exclut la programmation manuelle, on fait appel à un langage de programmation spécialisé généré à partir d'un système informatique extérieur à la machine. Ce langage comporte généralement deux phases de traitement des programmes.

- ❖ La première phase, appelée programme processeur, permet de calculer les coordonnées de tous les points définissant la forme de la pièce puis, en tenant compte de certaines données technologiques d'usinage (vitesse, avance, profondeur de passe en fonction des matières usinées et des outils utilisés, état de surface exigé, etc.), de décrire les diverses trajectoires suivies par l'outil pour parvenir à la pièce finie. Le traitement par ordinateur de cette phase conduit à un fichier image des positions successives des outils ou CLFILE (Cutter Location File), indépendant de la machine et de la CN.
- ❖ Une seconde phase, dite programme post-processeur, personnalise ces données en langage ISO en tenant compte des caractéristiques de la machine (courses, limitations) et de celles de la CN utilisée (format, fonctions particulières, etc.). Ce post-processeur permet de compenser les différences d'écriture qui existent entre des matériels de provenance diverse, un programme écrit pour une machine donnée étant rarement

Opérationnel sur une autre machine sans quelques aménagements préalables.

Le langage de programmation assistée le plus universel est le langage APT (Automatically Programmed Tools ) du Massachusetts Institute of Technology. Très souple, ce langage autorise l'écriture de programmes d'usinage de géométries tridimensionnelles complexes, y compris sur les machines conçues pour travailler en cinq axes simultanés .

Les systèmes de FAO (fabrication assistée par ordinateur) suivent un processus similaire mais ils assurent, en plus, la reprise automatique des données de définition de profils de contournage ou de surfaces évolutives générés par des logiciels de CAO. La communication entre les différents logiciels applicatifs fait l'objet de standards d'échange. [2]

### III.6 Les principales fonctions

#### III.6.1 Les fonctions préparatoires, instructions G

**Tableau III-1:** Les instructions G [14]

Code	Désignation	Révocation	Tour - Fraisage
G00	Interpolation linéaire à la vitesse rapide.	G01-G02-G03	T - F
G01	Interpolation linéaire à la vitesse programmée	G00-G02-G03	T - F
G02	Interpolation circulaire sens anti-trigo. G2 X-Y-I-J ou R..	G00-G01-G03	T - F
G03	Interpolation circulaire sens trigo. G3-X-Y-I-J ou R..	G00-G01-G02	T - F
G33	Cycle de filetage G33 X- Z- K- EA- EB- R-P- F-S-Q...	G00-G01- G02-G03	T
G40*	Annulation d'une correction d'outil suivant le rayon.	G41-42	T - F
G41	Positionnement de l'outil à gauche de la trajectoire programmée d'une valeur égale au rayon.	G40-42	T - F
G42	Positionnement de l'outil à droite de la trajectoire programmée d'une valeur égale au rayon.	G40-41	T - F

G52	Programmation absolue des coordonnées par rapport à l'origine mesure.	Fin de bloc	T - F
G59	Changement d'origine programme.	Fin de bloc	T - F
G64	Cycle d'ébauche paraxial G64 Nn I- K Nm – P- F	G80	T
G65	Cycle d'ébauche de gorge	G80	T
G 77	Appel inconditionnel d'un sous-programme G77 H ... ou d'une suite de séquences avec retour. G77N – N .	Fin de bloc	T - F
G79	Saut conditionnel ou inconditionnel à un séquence sans retour. G79N	Fin de bloc	T - F
G80*	Annulation d'un cycle d'usinage.	Tout cycle	T - F
G81	Cycle de perçage - centrage. G81 Y- X- Z- ER...	G80	F
G82	Cycle de perçage - chambrage. Y G82 X –Z- FR.- EF.	G80	F
G83	Cycle de perçage avec déburrage G83 X- Y- Z-ER- P-Q	G80	T - F
G84	Cycle de taraudage. G84 X-Y- ER- Z (F S x pas)	G80	F
G85	Cycle d'alésage. G85 X-Y-Z-ER...	G80	F
G86	Cycle d'alésage avec arrêt de broche en fond de trou.G86 X-Y-Z-ER...	G80	F
G87	Cycle de perçage avec brise-copeaux. G87 Y- Z-ER-P-Q-ER...	G80	F
G88	Cycle d'alésage et dressage de face. G88 X-Y- Z-ER...	G80	F
G89	Cycle d'alésage avec arrêt temporisé en fond de trou. G89 X-Y-Z-ER-EF...	G80	F
G90*	Programmation absolue des coordonnées.	/	T - F
G91	Programmation relative des coordonnées.		T - F

G92	Limitation de la fréquence de rotation (N) en tr/min	M02	T - F
G94	Vitesse d'avance en mm/min	G95	T - F
G95	Vitesse d'avance en mm/tr	G94	T - F
G96	Vitesse de coupe (Vc) constante en m/min	G97	T
G97	Fréquence de rotation (N) constante en tr/min	G96	T - F

### III.6.2 Les fonctions auxiliaires M

**Tableau III .2** Fonctions auxiliaires M. [14]

Code	Désignation	Révocation
M00	Arrêt programmé	Action sur DCY
M02	Fin de programme pièce	%
M03	Rotation de broche sens horaire	M0-M4-M5
M04	Rotation de broche sens anti-horaire	M0-M3-M5
M05	Arrêt de broche	M3-M4
M06	Changement d'outil	Compte rendu
M07	Arrosage N°1	M0-M9
M08	Arrosage N°2	M0-M9
M09	Arrêt des arrosages	M8
M41	Gamme de rotation 1	
M42	Gamme de rotation 2	

### III .7 Conclusion

Ce chapitre nous a permis d'étudier et d'expliquer le principe de programmation et les méthodes de programmation utilisées par de nombreux programmes de contrôle numérique comme Mike's free interface.

## **Chapitre IV**

# **La manipulation par le programme MFI**

## IV.1 Définitions

### IV.1.1 Mike's free interface

Mike's free interface c'est un Programme gratuit pour les machines de la marque EMCO Tours Compact 5 CNC et fraiseuses F1 CNC.

Permet de préparer et d'éditer le code CNC spécifique à ces machines, de les transférer vers les machines et vice versa par liaison sérielle (RS 232) et de faire la simulation du code CNC.

La première version était écrit par Mike North des USA, repris par Roger Moons de Belgique et finalement perfectionné par Henk Verschuren des Pays Bas. [15]

### IV.1.2 La manipulation

Il est de la responsabilité du programme dans le comportement cinématique de certaines extrémités et parties de la machine (la machine F1 CNC et COMPACT 5 CNC) à travers lequel les processus de fabrication sont réalisés.

## IV.2 L'interface de MFI

L'interface de mike's free interface MFI comme tous les programmes Apparaissent plusieurs fenêtres pour chaque fenêtre de fonction spéciale. Comme la Figure IV.1

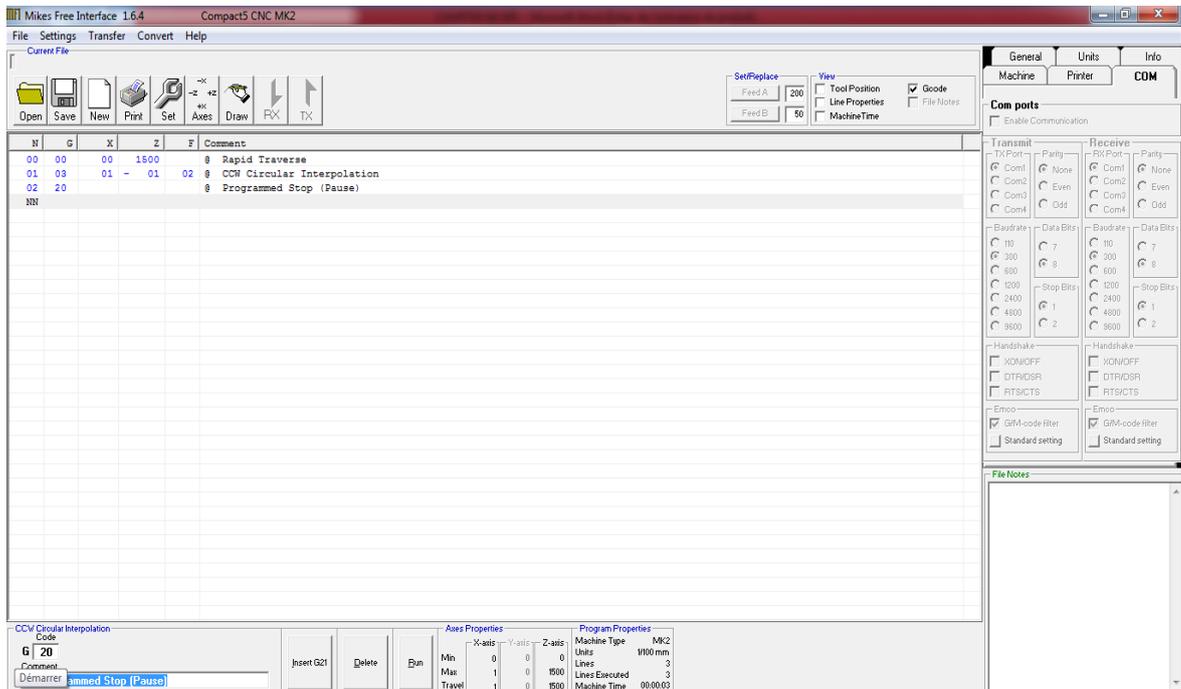


Figure IV.1 L'interface de MFI pour le tour EMCO COMPACT 5 CNC

En haut de l'écran de PC, nous trouvons la fenêtre « file» pour ouvrir une information sauvegarde dans le PC .

Dans la fenêtre « setting» nous trouvons des paramètres de COM et le printer et les unités et de information de machine.

La fenêtre « Transfer» pour transmettre ou recevoir à EMCO.

La fenêtre « convert » pour choisie l'unité utilisé millimètre ou bien pouce.

### IV.3 transfert des données à la MOCN

#### IV.3.1 transfert des données manuellement

Nous pouvons saisir les commandes dans une machine manuellement à l'aide des boutons de la fraiseuse et le tour comme le Figure IV.2



Figure IV.2 Clavier de la partie commande du tour EMCO COMPACT 5 CNC

#### IV.3.2 transfert des données par câble RS232

Le câble RS232 transmet les commandes qui saisit par pc a la forme de g code à la machine qui traite les commande ensuite la machine déplace suivant les information que reçu . comme Figure IV.3



Figure IV.3 Le connecteur mâle et femelle de câble RS232

### IV.3.3 transfert des données par carte mémoire

Par l'utilisation un fichier être préparé préalablement d'un programme par exemple mike's free interface , qui être transféré à la machine-outil à commande numérique par carte mémoire.

Comme Figure IV.4

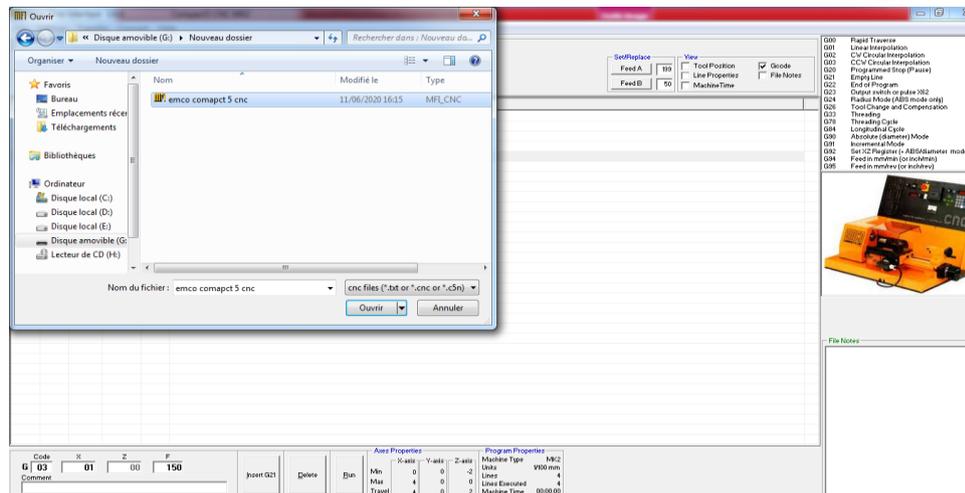


Figure IV.4 Transfert des données par carte mémoire

## IV.4 applications sur la fraiseuse EMCO F1 CNC par MFI

### IV.4.1 La modélisation

Brides En anglais « flange » C'est une pièce métallique utilisé beaucoup dans le domaine hydraulique pour raccorde les tubes et pour la fixation.

Dans ce travail, on a brides rhombe. Figure IV.5

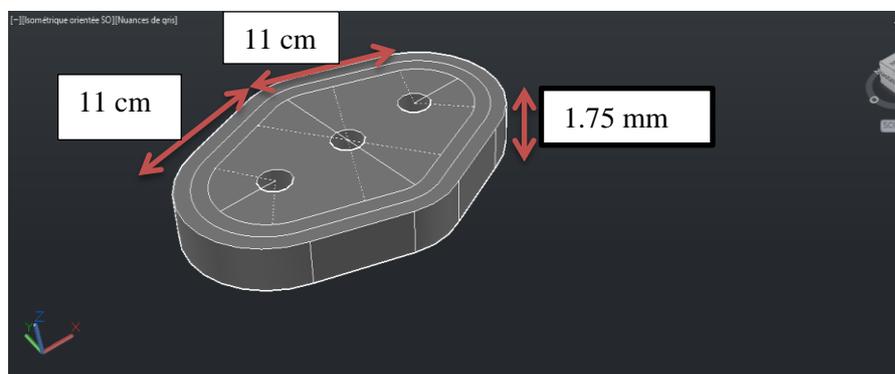
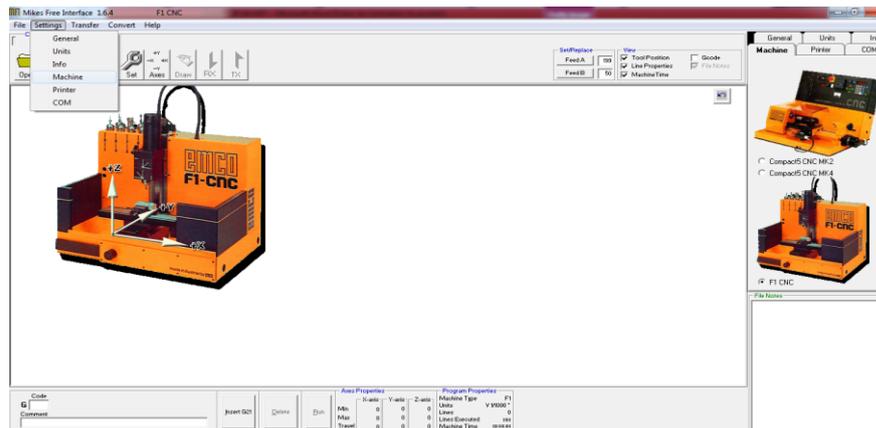


Figure IV.5 Brides rhombe

## IV.4.2 la programmation

La première chose à faire lors de l'ouverture de le programme maiké's free interface est de choisir un type de machine utilisé fraiseuse ou bien tour, par la clique sur « **settings**» ensuite nous cliquons sur le choix « **machine**» nous choisissons donc la fraiseuse EMCO F1 CNC. comme la Figure IV.6



**Figure IV.6** La Choissant de la fraiseuse EMCO F1 CNC par MFI

Cliquez ensuite sur la commande M06 pour arête automatiquement de la broche, et la déplacementde l'axe Z vers la position de changement d'outil et oriente la broche pour le changement d'outil.

Pour le démarrage de programme, nous cliquons sur M03

Et pour choisir le mode absolu, nous cliquons sur le G90

Nous déplaçons la table de fraisage selon l'instruction G et M

Pour terminer le programme, nous cliquons sur M30

Comme la figure IV.7

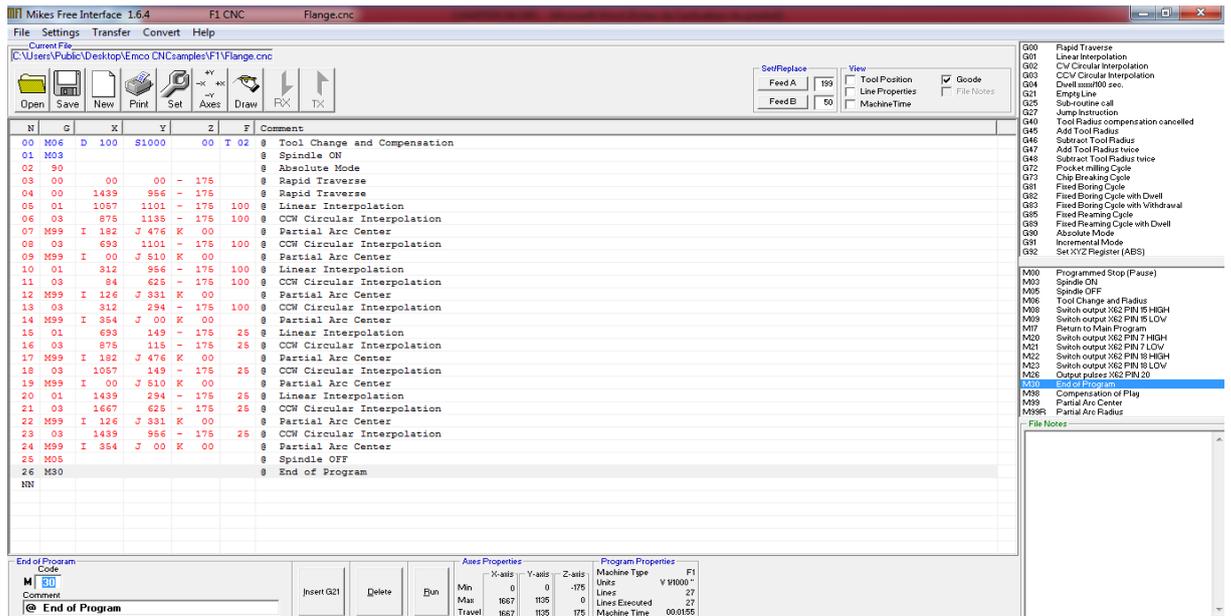


Figure IV.7 Applications sur la fraiseuse EMCO F1 CNC par mike's free interface

**Remarque :**

Les mesures utilisées dans cette application en 0.01 millimètres.

Pour regarder le schéma de cette application de le programme MFI sur la fraiseuse EMCO F1 CNC il faut cliquer sur « file» ensuite choisies l'instruction « draw» comme la Figure IV.8

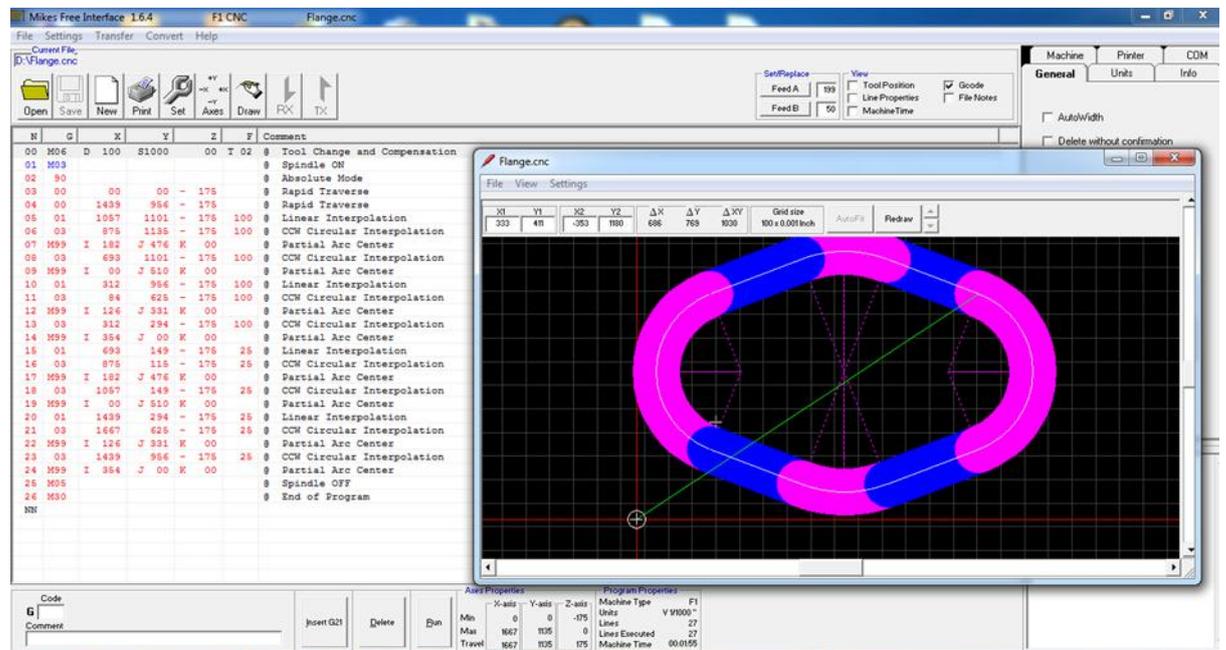
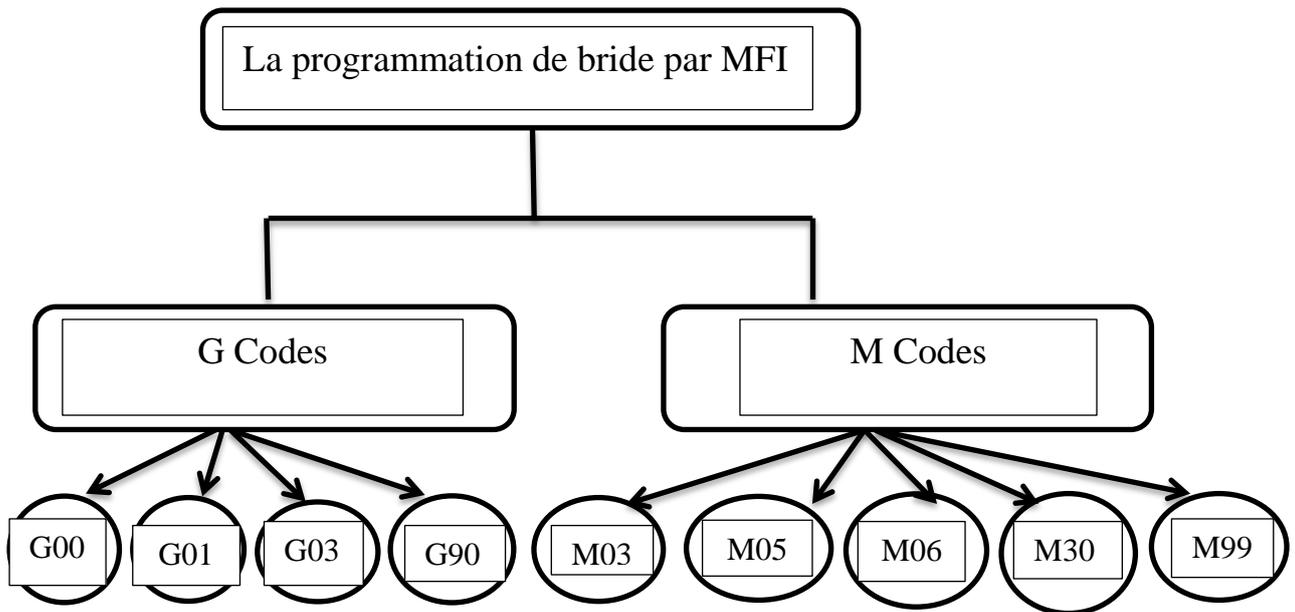


Figure IV.8 Schéma de la forme de bride sur MFI

### IV.4.3 l'organigramme de programmation



**Figure IV.9** La programmation de bride par MFI

#### L'instructions g codes

- ❖ G00 Interpolation linière a vitesse rapide
- ❖ G01 Interpolation linière a vitesse d'avance
- ❖ G03 Interpolation circulaire dans le sens anti-horaire
- ❖ G90 La programmation absolut

#### L'instructions M codes

- ❖ M03 Démarrage de programme et rotation la broche
- ❖ M05 l'arrêté de la broche
- ❖ M06 changement d'outil
- ❖ M30 fin de programme
- ❖ M99 centre arc partiel

### IV.4.4 l'explication de programme

Dans ce travail sur **mike's free interface** nous avons appliqué beaucoup des fonctions et instructions sur la fraiseuse EMCO F1 CNC, pour contrôler sur la partie mobile de la machine comme la table de la fraiseuse et l'outil de coupe par des mouvements conformément à des degrés de liberté .

Dans ce cas, on a quater degrés de liberté le déplacement de la table sur l'axe X et l'axe Y et ensuite le déplacement de la bouche exactement l'outil sur l'axe Z et par rotation sur l'axe Z.

Tout d'abord, le programme contient à 27 lignes, Chaque ligne il a une certaine fonction. comme la figure IV.10

N	G	X	Y	Z	F	Comment
00	M06	D 100	S1000		00 T 02	0 Tool Change and Compensation
01	M03					0 Spindle ON
02	G90					0 Absolute Mode
03	G00	00	00	- 175		0 Rapid Traverse
04	G00	1439	956	- 175		0 Rapid Traverse
05	G01	1057	1101	- 175	100	0 Linear Interpolation
06	G03	875	1135	- 175	100	0 CCW Circular Interpolation
07	M99	I 182	J 476	K 00		0 Partial Arc Center
08	G03	693	1101	- 175	100	0 CCW Circular Interpolation
09	M99	I 00	J 510	K 00		0 Partial Arc Center
10	G01	312	956	- 175	100	0 Linear Interpolation
11	G03	84	625	- 175	100	0 CCW Circular Interpolation
12	M99	I 126	J 331	K 00		0 Partial Arc Center
13	G03	312	294	- 175	100	0 CCW Circular Interpolation
14	M99	I 354	J 00	K 00		0 Partial Arc Center
15	G01	693	149	- 175	25	0 Linear Interpolation
16	G03	875	115	- 175	25	0 CCW Circular Interpolation
17	M99	I 182	J 476	K 00		0 Partial Arc Center
18	G03	1057	149	- 175	25	0 CCW Circular Interpolation
19	M99	I 00	J 510	K 00		0 Partial Arc Center
20	G01	1439	294	- 175	25	0 Linear Interpolation
21	G03	1667	625	- 175	25	0 CCW Circular Interpolation
22	M99	I 126	J 331	K 00		0 Partial Arc Center
23	G03	1439	956	- 175	25	0 CCW Circular Interpolation
24	M99	I 354	J 00	K 00		0 Partial Arc Center
25	M05					0 Spindle OFF
26	M30					0 End of Program

**Figure IV.10** L'instruction G code et M de brides sur MFI

Dans la première ligne N00, nous allons changer l'outil par l'instruction M06 ; dans la colonne X On a le numéro correcteur d'outil égale D = 1 mm ensuite la colonne Y définis la vitesse de broche S=1000 tour par minute puis la colonne Z pour régler la hauteur de l'outil, on a Z=0 mm et la colonne F pour sélectionner l'outil, donc on à choisir T02.

Ensuite dans la deuxième ligne N01, on a l'instruction M03 pour Début de rotation de broche.

Dans la ligne suivante N02, on a G 90 pour appliquer le mode absolu.

Puis nous passons à la ligne N03, on a G00, l'outil de coup descend par -1.75 mm sur l'axe Z

Dans la ligne N04, nous trouvons l'instruction G00, c'est un déplacement rapide de la table de la fraiseuse sur les axes X et Y pour que les valeurs des points final est :

X= 14.39 mm et Y= 9.56 mm.

Dans la ligne N05, on a l'instruction G01, le début de coupe par une interpolation linéaire de la table pour que : X= 10.57 mm et Y= 11.01 mm.

L'avance est égale 100 millimétré par minute.

Nous avons l'instruction G03 dans la ligne N06, la table de la fraiseuse faire un circuit dans le sens anti-horaire, l'avance égale 100 millimétré par minute pour que:

X= 8.75 mm et Y= 11.35 mm.

On a l'instruction M99 dans la ligne N07 il est centre arc partiel continus comme une valeur ajoutée pour le point de départ sur les axes X et Y pour que :

Dans l'axe X on a I= 1.82 mm et l'axe Y on a J= 4.76 mm

Ensuite dans la ligne N08 on a G03 c'est un autre circuit dans le sens anti horaire pour que la table déplacé par :

X= 6.93 mm et Y= 11.01 mm .

L'avance égale 100 millimètre par minute.

Dans la ligne N09 on a l'instruction M99 nous somme ajoutons une valeur pour le point de départ de l'axe Y pour que : J= 5.10 mm .

Puis à la ligne N10 on a l'instruction G01 , la table se déplacer par un interpolation linéaire des coordonnées suivant : X= 3.12 mm et Y= 9.56 mm.

L'avance égale 100 millimètre par minute.

La ligne suivant N11 nous appliquons l'instruction G03 , la table faire un circuit dans le sens anti-horaire, les coordonnées des points finals d'arc est :

X= 0.84 mm et Y= 6.25 mm.

L'avance égale 100 millimètre par minute.

Dans la ligne N12 on a l'instruction M99 nous somme ajoutons une valeur pour le point de départ des axes X et Y pour que :

Dans l'axe X on a I= 1.26 mm et l'axe Y on a J= 3.31 mm

Ensuite la ligne N 13 on a G03, la table faire un circuit dans le sens anti-horaire, les coordonnées des points finals d'arc est :

$X= 3.12 \text{ mm}$  et  $Y= 2.94 \text{ mm}$ .

L'avance égale 100 millimètre par minute.

Puis à la ligne N14 on a M99 nous somme ajoutons une valeur pour le point de départ de l'axe X pour que :  $I= 3.54 \text{ mm}$

Dans la ligne N15 on a G01, la table interpolation linéaire par des coordonnées suivant:  $X= 6.93 \text{ mm}$  et  $Y= 1.49 \text{ mm}$  .

L'avance est égale 25 millimétré par minute.

Nous avons l'instruction G03 dans la ligne N16, la table faire un circuit dans le sens anti-horaire par un avance égale 25 millimétré par minute pour que les coordonnées est :

$X= 8.75 \text{ mm}$  et  $Y= 11.5 \text{ mm}$  .

Ensuite la ligne N17 on a M99 nous somme ajoutons une valeur pour le point de départ des axes X et Y pour que :

Dans l'axe X on a  $I= 1.82 \text{ mm}$  et l'axe Y on a  $J= 4.76 \text{ mm}$

Dans la ligne N18 on a G03, la table faire un circuit dans le sens anti-horaire par un avance égale 25 millimétré par minute pour que les coordonnées est :

$X= 10.57 \text{ mm}$  et  $Y= 1.49 \text{ mm}$  .

Puis a la ligne N19 on a M99 nous somme ajoutons une valeur pour le point de départ de l'axe Y pour que :  $J= 5.10 \text{ mm}$

La ligne suivant N20 on a G01, la table faire une interpolation linéaire des coordonnées suivant :  $X= 14.39 \text{ mm}$  et  $Y= 2.94 \text{ mm}$ .

L'avance égale 25 millimètre par minute.

Dans la ligne N21 on a G03, la table de la fraiseuse faire un circuit dans le sens anti-horaire, les coordonnées des points finals d'arc est :

$X= 16.67 \text{ mm}$  et  $Y= 6.25 \text{ mm}$  .

L'avance égale 25 millimètre par minute.

Ensuite la ligne N22 nous somme ajoutons une valeur pour le point de départ des axes X et Y pour que :

Dans l'axe X on a  $I= 1.26$  mm et l'axe Y on a  $J= 3.31$  mm

Nous avons l'instruction G03 dans la ligne N23 , la table faire un circuit dans le sens anti-horaire par une vitesse d'avance égale 25 millimétré par minute pour que les coordonnés est :  $X= 14.39$  mm et  $Y= 9.56$  mm .

Dans la ligne N24 on a M99 nous somme ajoutons une valeur pour le point de départ de l'axe X pour que :  $I= 3.54$  mm

On a utilisé dans la ligne N25 l'instruction M05 pour arrêter la broche

Enfin la dernière ligne N26 , la fin de programme par M30.

#### IV.4.5 réglages de clavier de commande de la fraiseuse EMCO F1 CNC

Le programme est prêt à être exécuté, il nous suffit donc un peut de réglage sur les boutons de commande de la fraiseuse EMCO F1 CNC par étape suivant :

- ❖ Tournez la clé de le fraisage de 0 à 1
- ❖ Suppression du mode sécurité par Tirez sur la poignée
- ❖ Réglez l'unité sur mm ou pouces
- ❖ Régler la fraiseuse à la mode CNC
- ❖ Régler la fraiseuse à état  $X_0, Y_0, Z_0$  par la clique sur le bouton auto-contrôle
- ❖ Appuyez sur le bouton vert « ON» pour démarrage. Figure IV.11
- ❖ Cliquez sur « Run» dans MFI pour la lecture de instruction par la fraiseuse

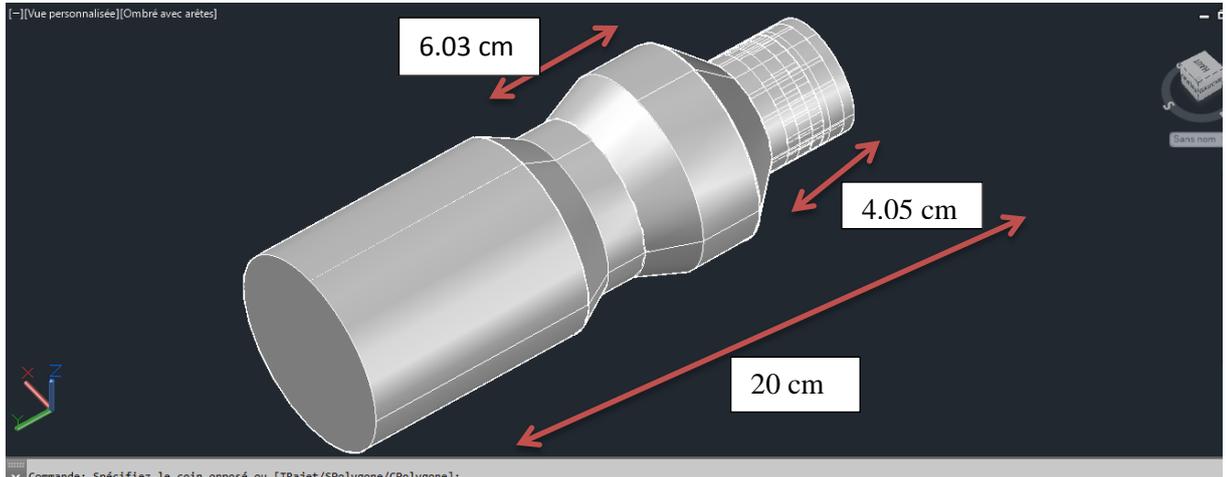


**Figure IV.11** Clavée de la partie commande d'une fraiseuse EMCO F1 CNC

## IV.5 applications sur le tour EMCO COMPACT 5 CNC par MFI

### IV.5.1 La modélisation

Dans ce travail, nous avons utilisé un cylindre métallique pour fabriquer la forme qui représente dans la figure IV.12



**Figure IV.12** Pièce fabriquée par EMCO COMPACT 5 CNC

### IV.5.2 la programmation

La première étape de la fonctionnalité de tour EMCO COMPACT 5 CNC par le programme MFI est ouvrir de programme et le choix de le tour EMCO COMPACT 5 CNC.

Après l'ouverture de programme MFI, il faut ouvrir un nouveau fichier par la clique sur « **file** » ensuite « **new** » .

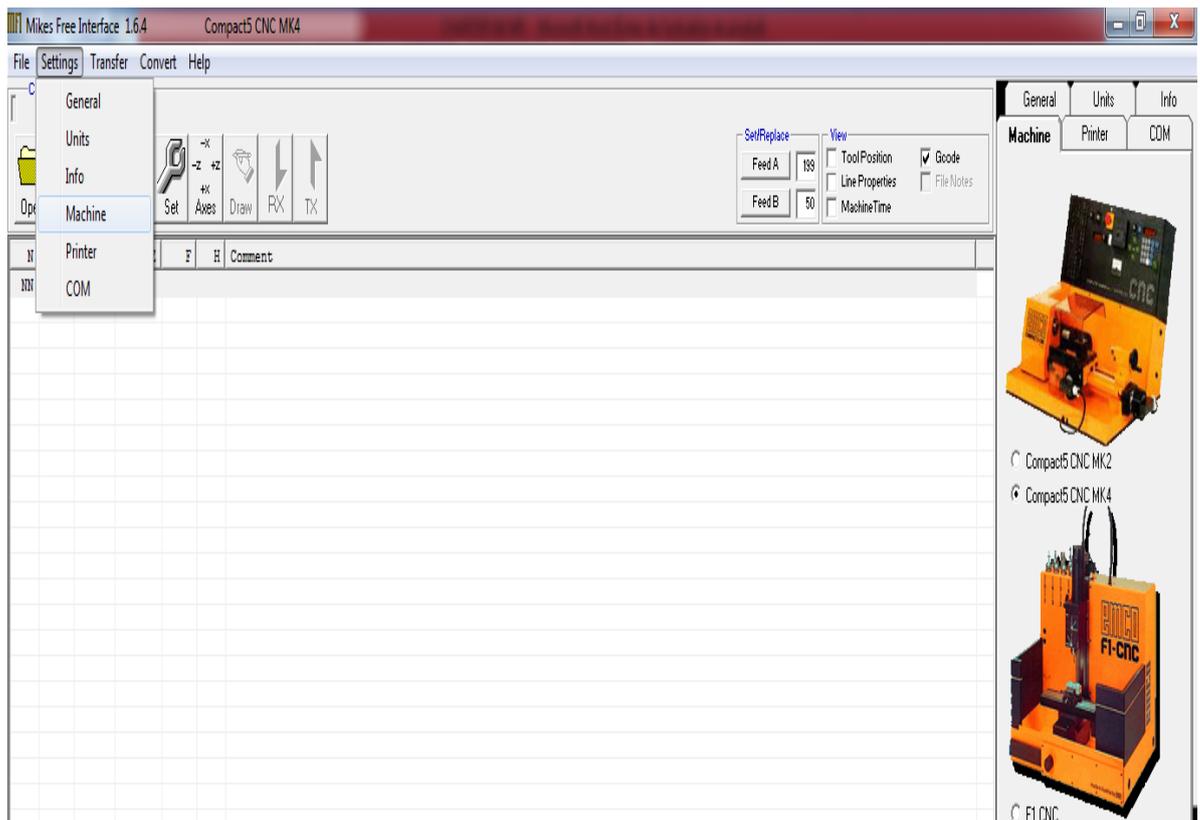
Pour choisir le tour EMCO COMPACT 5 CNC cliquez sur « **settings** » ensuite choisissez « **machine** » Figure IV.13

Vous devez choisir entre EMCO COMPACT 5 CNC de l'outil :

- ❖ MK2 pour Pointe de Centrage
- ❖ MK4 pour Pointe tournante 60°

Dans cette application nous choisirons MK4 par outil de point de tournante 60°

Comme le Figure IV.13



**Figure IV.13** La Choississant de le tour EMCO COMPACT 5 CNC par MFI

Après la choisissant de la machine EMCO COMPACT 5 CNC de l'outil MK4 , il faut remplir les instructions de ce programme suivant les fonctions préparatoire G et les fonctions auxilieres M .

L'instruction principale de ce travail est :

- ❖ M26 pour choisiez la vitesse de le coupe
- ❖ M03 pour le démarrage de travail
- ❖ M00 Arrêt programmé (pause)
- ❖ M99 pour le Centre d'arc partiel
- ❖ M30 pour le Fin du programme Figure IV.14

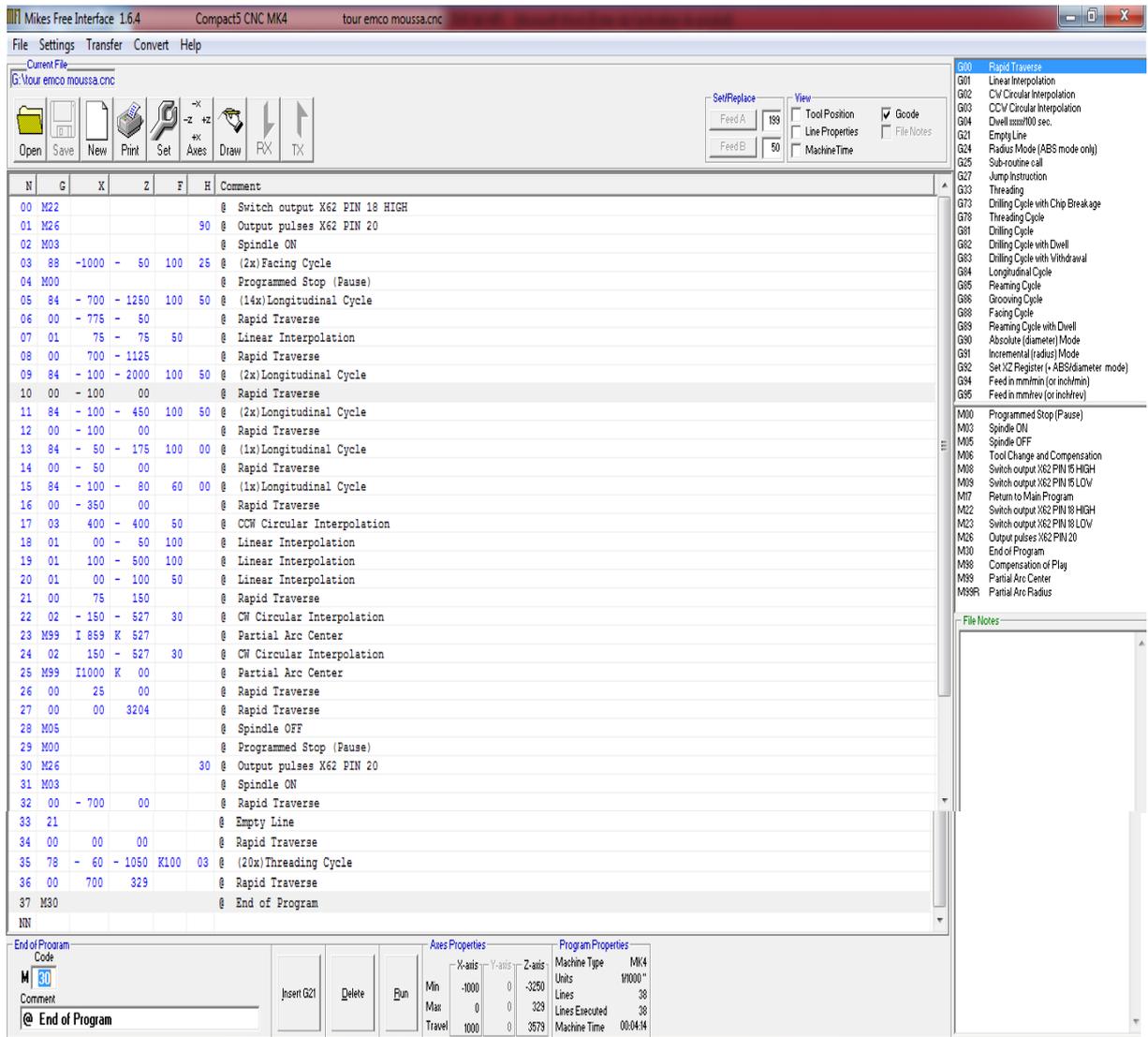


Figure IV.14 Applications sur le tour EMCO COMPACT 5 CNC par MFI

**Remarque :**

Les mesures utilisées dans cette application en 0.01 millimètres.

Pour regarder le schéma de cette application de le programme MFI sur Le tour EMCO COMPACT 5 CNC il faut cliquer sur « file» ensuite choisies l’instruction « Draw» comme la Figure IV.15

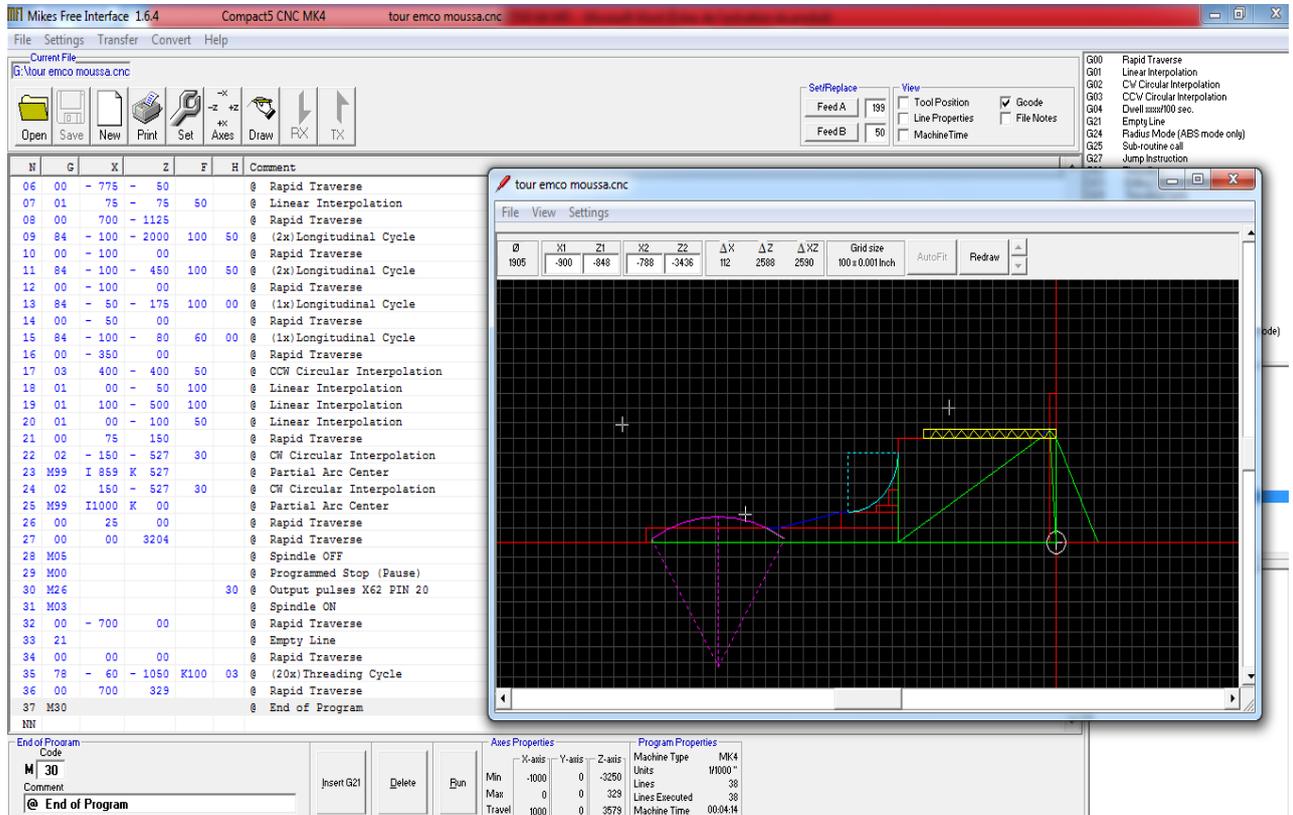


Figure IV.15 Schéma de forme de coupe sur le tour EMCO COMPACT 5 CNC par MFI

### IV.5.3 l’organigramme de programmation

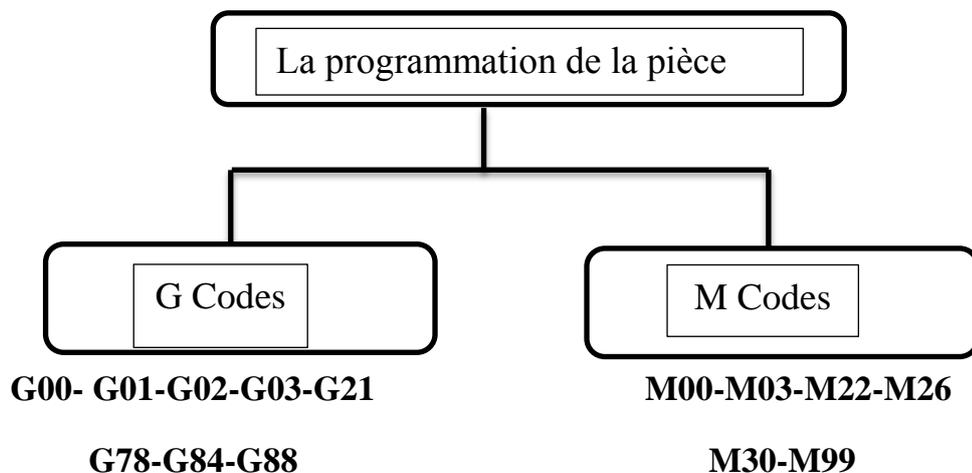


Figure IV.16 Programmation de la pièce par MFI

### L'instructions G codes

- ❖ G00 Interpolation linière a vitesse rapide
- ❖ G01 Interpolation linière a vitesse d'avance
- ❖ G02 Interpolation circulaire dans le sens horaire
- ❖ G03 Interpolation circulaire dans le sens anti-horaire
- ❖ G21 Ligne blanche
- ❖ G78 cycle de filetage
- ❖ Cycle de taraudage
- ❖ Cycle d'usinage longitudinal

### L'instructions M codes

- ❖ M00 stop de programme (pause)
- ❖ M03 Démarrage de programme
- ❖ M22 et M26 la vitesse de rotation
- ❖ M30 la fin de programme
- ❖ M99 centre arc partiel

### IV.5.3 l'explication de programme

Dans ce travail sur **mike's free interface** nous avons appliqué beaucoup des fonctions et instructions sur le tour EMCO COMPACT 5 CNC, pour contrôler sur la partie mobile de la machine comme le chariot et le mandrin et le chariot porte-outil par des mouvements conformément à des degrés de liberté.

Dans ce cas, on a trois degrés de liberté, le déplacement de chariot transversal sur l'axe X et longitudinal sur l'axe Z et la rotation de la pièce qui liée au le mandrin par la bouche.

Tout d'abord, le programme contient à 37 lignes, Chaque ligne il a une certaine fonction.

Comme Figure IV.17



Dans la ligne N06 on a G00, le chariot faire un Interpolation linéaire à vitesse rapide pour que :

L'axe X = -7.75 mm et l'axe Z = - 0.5 mm .

Nous pouvons voir que dans la ligne N07 l'instruction G01, le chariot porte-outil faire une interpolation linéaire à vitesse d'avance pour que :

L'axe X = 0.75 mm qui portent l'outil vers l'opérateur et l'axe Z = - 0.75 mm prennent l'outil vers le mandrin. Dans cette instance la colonne F définir le vitesse d'avance Et c'est égal 50 millimètres par minute.

La ligne suivant N08 est un G00, c'est une interpolation linéaire à vitesse rapide pour que :

L'axe X = 7 mm et l'axe Z = - 11.25 mm

Donc le porte-outil va sortir suivant l'axe X par 7 millimètres et aller vers le mandrin par 11.25 millimètres.

La ligne N09 on a G84, le chariot faire un cycle d'usinage longitudinal pour que :

L'axe X = - 1 mm et l'axe Z = - 20 mm

L'avance égale 100 millimètre par minute et la profondeur de coupe est 50 millimètre.

Dans la ligne N10 on a G00, le chariot déplacée par une interpolation linéaire à vitesse rapide suivant l'axe X pour que :

L'axe X = - 1 mm .

Dans la ligne N11 on a G84, le chariot faire un cycle d'usinage longitudinal pour que :

L'axe X = - 1 mm et l'axe Z = - 4.50 mm

L'avance égale 100 millimètre par minute et la profondeur de coupe est 50 millimètre.

La ligne suivant N12 on a G00, le chariot déplacée par une interpolation linéaire à vitesse rapide suivant l'axe X pour que :

L'axe X = - 1 mm

La ligne N13 on a G84, le chariot faire un cycle d'usinage longitudinal pour que :

L'axe X = - 0.5 mm et l'axe Z = - 1.75 mm

L'avance égale 100 millimètre par minute et la profondeur de coupe est nulle.

Dans la ligne N14 on a G00, le chariot déplacée par une interpolation linéaire à vitesse rapide suivant l'axe X pour que :

L'axe X= - 0.5 mm

La ligne suivant N15 on a G84, le chariote faire un cycle d'usinage longitudinal pour que :

L'axe X= - 1 mm et l'axe Z = - 0.8 mm

L'avance égale 60 millimètre par minute et la profondeur de coupe est nulle.

Dans la ligne N16 on a G00, le chariot déplacée par une interpolation linéaire à vitesse rapide suivant l'axe X pour que :

L'axe X= - 3.50 mm

Dans la ligne suivant N17 on a G03, le chariot porte-outil faire une Interpolation circulaire dans le sens anti-horaire pour que :

L'axe X= 4 mm et l'axe Z = - 4 mm

l'avance égale 50 millimètre par minute

Dans la ligne N18, nous avons instruction G01.

Le chariot porte-outil faire une interpolation linéaire à vitesse d'avance suivant l'axe Z pour que :

Z= - 0.5 mm

La vitesse d'avance est 100 millimètres par minute .

Ensuit a la ligne N19 on a G01, le chariot faire une autre interpolation linéaire à vitesse d'avance pour que :

L'axe X= 1 mm et l'axe Z= - 5 mm

La vitesse d'avance est 100 millimètres par minute .

Dans la ligne N20 on a G01, le chariot faire une interpolation linéaire à vitesse d'avance suivant l'axe Z pour que :

Z= - 1 mm

La vitesse d'avance est 50 millimètres par minute .

Dans la ligne N21 on a G00, le chariot faire un Interpolation linéaire à vitesse rapide pour que : L'axe X = 0.75 mm et l'axe Z= 1.5 mm

La ligne suivant N22 on a G02, le chariot porte-outil faire une interpolation circulaire dans le sens horaire pour que :

L'axe X = - 1.5 mm et l'axe Z = - 5.27 mm

l'avance égale 30 millimètre par minute

Dans la ligne N23 on a M99 est un centre arc partiel continus comme une valeur ajoutée pour le point de départ sur les axes X et Z pour que :

Dans l'axe X on a I = 8.59 mm et l'axe Z on a K = 5.27 mm

La ligne suivant N24 on a G02, le chariot porte-outil faire une interpolation circulaire dans le sens horaire pour que :

L'axe X = 1.5 mm et l'axe Z = - 5.27 mm

l'avance égale 30 millimètre par minute

Ensuite la ligne N25 on a l'instruction M 99 est un centre arc partiel continus comme une valeur ajoutée pour le point de départ sur les axes X et Z pour que :

Dans l'axe X on a I = 10 mm et l'axe Z on a K = 00 mm

La ligne N26 on a G00, le chariot faire un Interpolation linéaire à vitesse rapide suivant l'axe X pour que : L'axe X = 0.25 mm

La ligne N27 on a G00, le chariot faire un Interpolation linéaire à vitesse rapide suivant l'axe Z pour que : L'axe Z = 32.04 mm

Dans la ligne N28 Nous éteignons la broche par l'instruction M05

Et ensuite la ligne N29 on a M00 arrête de programme pour changer l'outil à l'outil de filetage.

La ligne N30 on a M26 pour définit le paramètre du pourcentage de la vitesse de broche, on a fixé à 30 pourcent.

La ligne N31 on a M03 pour démarre la broche d'outil

Dans la ligne N32 on a G00, le chariot faire une interpolation linéaire à vitesse rapide suivant l'axe X pour que :

L'axe X = - 7 mm

Dans la ligne N33 On a M21, c'est une ligne blanche ont cas, tu veux ajouter une autre instruction ou bien changement.

La ligne N34 on a G00, le chariot faire une interpolation linéaire à vitesse rapide pour que :  
Les axes X et Z sont nuls.

Puis nous arrivons à la ligne N35 on a G78 pour faire un cycle de filetage pour que :

L'axe X = - 0.6 mm et l'axe Z = - 10.5 mm

On a K est taux de filetage égale 100 et la profondeur de coupe égale 3 millimètre.

La ligne N36 on a G00, le chariot faire une interpolation linéaire à vitesse rapide pour que :

L'axe X = 7 mm et l'axe Z = 3.29 mm

Dans la dernière ligne N37, la fin de programme par instruction M30.

#### IV.5.4 réglages de clavier de commande du tour EMCO COMPACT 5 CNC

Le programme est prêt à être exécuté, il faut régler certain paramètre par le clavier de commande par étape suivant :

- ❖ Tournez la clé du tournage de 0 à 1
- ❖ Suppression du mode sécurité par Tirez sur la poignée
- ❖ Réglez l'unité sur mm ou pouces
- ❖ Régler le tour à la mode CNC
- ❖ Régler le tour à état X<sub>0</sub>, Z<sub>0</sub> par la clique sur le bouton auto-contrôle
- ❖ Appuyez sur le bouton vert « ON » pour démarrage. Figure IV.18



**Figure IV.18** Clavée de la partie commande d'une tour EMCO COMPACT 5 CNC

La dernière étape est cliquer sur « **Run** », le tour affichera l'instruction de MFI dans l'écran de tour et commencera de travailler. Figure IV.19

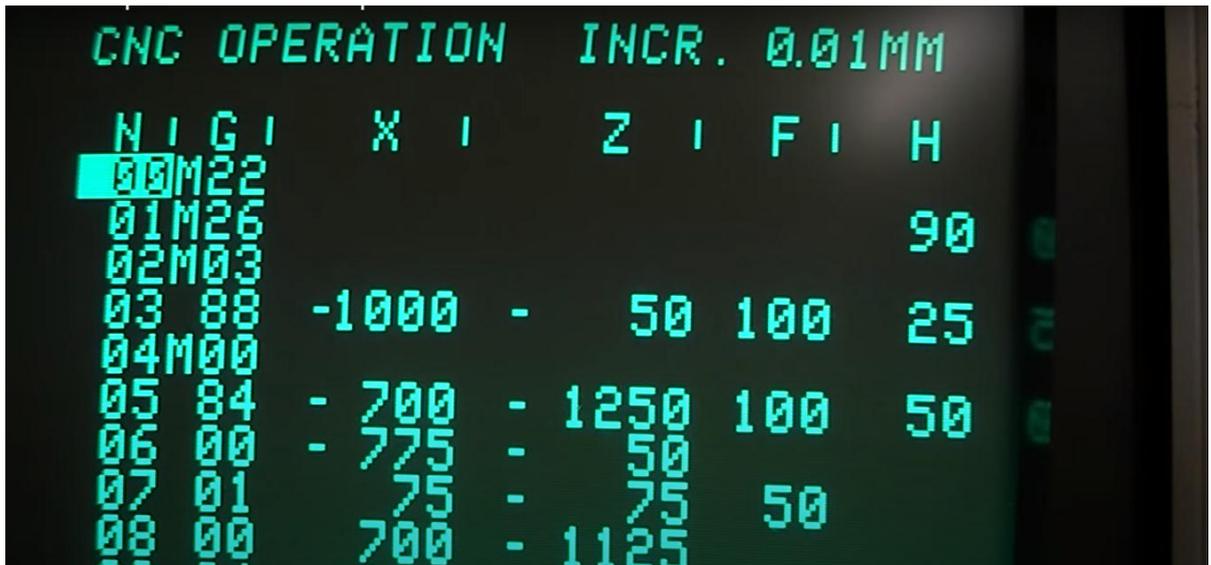


Figure IV.19 La forme de MFI sur l'écran de pc de tour EMCO COMPACT 5 CNC

#### IV.5 Résultat et discussion

La fraiseuse EMCO F1 CNC et le tour EMCO COMPACT 5 CNC est une machine-outil à commande numérique permettant de gagner le temps et minimise l'effort par un programme mikes free interface assure la bonne fonction de cette machine et l'amélioration de l'efficacité des opérations.

# Conclusion Générale

## Conclusion Générale

Cette étude considère comme un résumé des efforts que nous avons déployés pendant toute notre carrière universitaire.

La manipulation de la fraiseuse EMCO F1 CNC et le tour EMCO COMPACT 5 CNC par mike's free interface nous ont permis de l'accès aux résultats suivants :

- ❖ Facilité de l'utilisation de le programme mike's free interface pour gérer la fraiseuse EMCO F1 CNC et le tour EMCO COMPACT 5 CNC
- ❖ Très bonne précision de l'usinage
- ❖ Mike's free interface permet de dessiner la trajectoire de coupe

Enfin, le domaine de la commande numérique est très large, nous espérons que l'étudiant et les chercheurs poursuivent les recherches dans le domaine des machines-outils à commande numérique.

## Références Bibliographiques

- [1] **FARID ASMA** note de cours chapitre 1 : introduction à la commande numérique 2007-2008
- [2] **PDF** machine à commande numériques introduction SPRUYTG I.S.I.P.S  
<http://users.skynet.be/gsp/metrologie/S04/mocn.pdf>
- [3] **RAHOU MOHAMED** Module : Atelier i et ii deuxième année EPST, Ecole préparatoire en sciences et techniques Tlemcen
- [4] **SITE Web**  
[https://www.academia.edu/31502296/IV\\_Types\\_des\\_machinesoutils\\_%C3%A0\\_commande\\_num%C3%A9rique](https://www.academia.edu/31502296/IV_Types_des_machinesoutils_%C3%A0_commande_num%C3%A9rique) BELLOUFI Abderrahim chapitre IV Types des machines-outils à commande numérique Université Kasdi Merbah Ouargla consulté le 13/07/2020 à 11 h 48.
- [5] **PDF** Programmation des MOCN Chapitre 6 1ère partie Université Annaba
- [6] **BELLOUFI Abderrahim** Machines outils à commande numérique chapitre III : classification des MO à CN Université Kasdi Merbah Ouargla 2010
- [7] **BENBEKHTI Ahmed**, «Etude de réalisation d'un support pour affutage des forets sur une machine à commande numérique.», master, Université Abou Bekr Belkaid-Tlemcen, 2012-2013.
- [8] **Farida Fassi** Cours SVT\_S2 Chapitre-1:Cinématique du point matériel Faculté des Sciences de Rabat
- [9] **GARA Souhir** Cours interactif : Le Fraisage , institut supérieur des études technologiques de Nabeul 2015/2016
- [10] **A. Toumine** Cours de Fabrication – usinage par enlèvement de copeaux
- [11] **PDF** Tournage mécanique Lyrfac  
<http://www.lyrfac.com/soutiens/knbase/pdf/tournage%20mecanique.pdf>
- [12] **SITE Web** : [https://www.ange-softs.com/programme\\_cnc\\_usinage.php](https://www.ange-softs.com/programme_cnc_usinage.php)  
LANGAGES ET PROGRAMMATION CNC consulté le 05/08/2020 à 9 h 13.

[13] **SIDOBRE Daniel** Machines-Outils à Commande Numérique Université Paul Sabatier

[14] **PDF** 1STI GMA Programmation CN

<http://hu.jean-louis.pagesperso-orange.fr/ressourc/prod/PDF/ProgCN.pdf>

[15] **SITE Web** <https://passion-usinages.forumgratuit.org/t6871-emco-compact-5-cnc>

Emco compact 5 cnc Empty emco compact 5 cnc consulté le 20/08/2020 à 10 h 34.

[16] **Manuelle Emco F1 CNC de l'utilisateur**

[17] **Manuelle Emco Compact 5 CNC de l'utilisateur**

# Annexe

## I. Fiche technique de fraiseuse EMCO F1 CNC

### I.1 Vitesse de coupe

$$V_s \text{ (m/min)} = D \text{ (mm)} \cdot S \text{ (tr/min)} \cdot \pi / 1000$$

$V_s$  = Vitesse de coupe.

$D$  = Diamètre de la fraise.

$N$  ou  $S$  = Vitesse de broche principale.

La vitesse de coupe max. admissible est fonction du :

Matériau de la pièce

Plus la résistance du matériau est élevée, moins la vitesse de coupe est élevée.

Les tableaux ci-après donnent les valeurs de  $V_s$  suivantes : [16]

- ❖  $V_s = 44$  m/min pour l'aluminium.
- ❖  $V_s = 35$  m/min pour les aciers de décolletage et les matières plastiques tendres.
- ❖  $V_s = 25$  m/min pour les aciers à outils et les matières plastiques dures

### I.2 Matériau de l'outil

Les outils au carbure permettent des vitesses de coupe plus importantes que les outils

HSS Les valeurs des tableaux sont donnés pour des outils HSS [16]

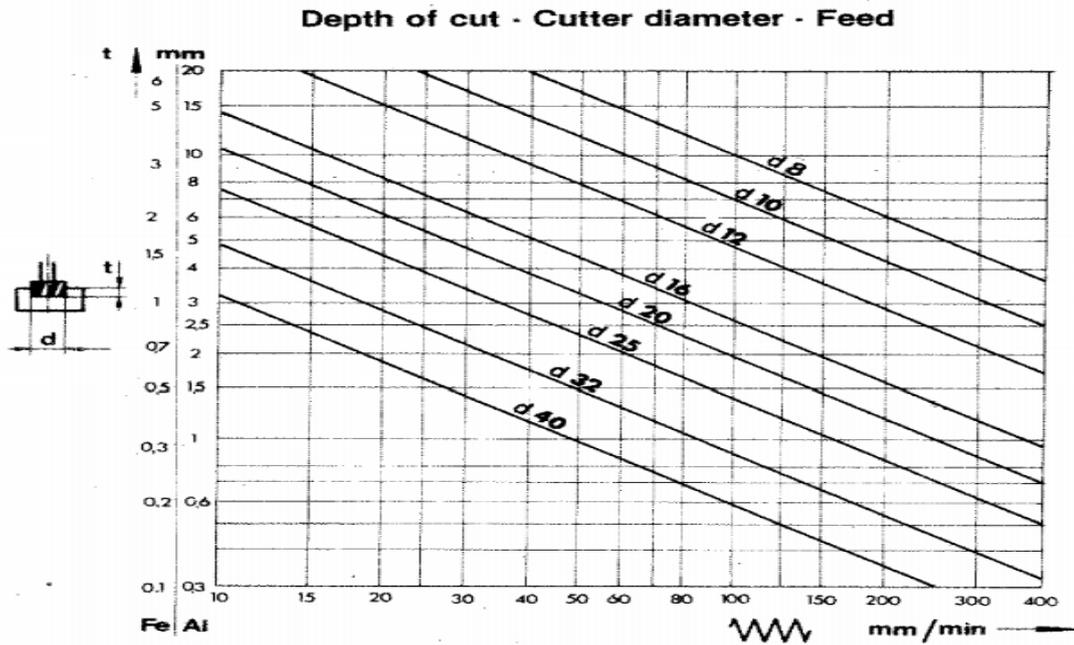
### I.3 Vitesse de rotation

La vitesse de rotation de la broche s'obtient à partir de la vitesse de coupe et du diamètre

De la fraise. [16]

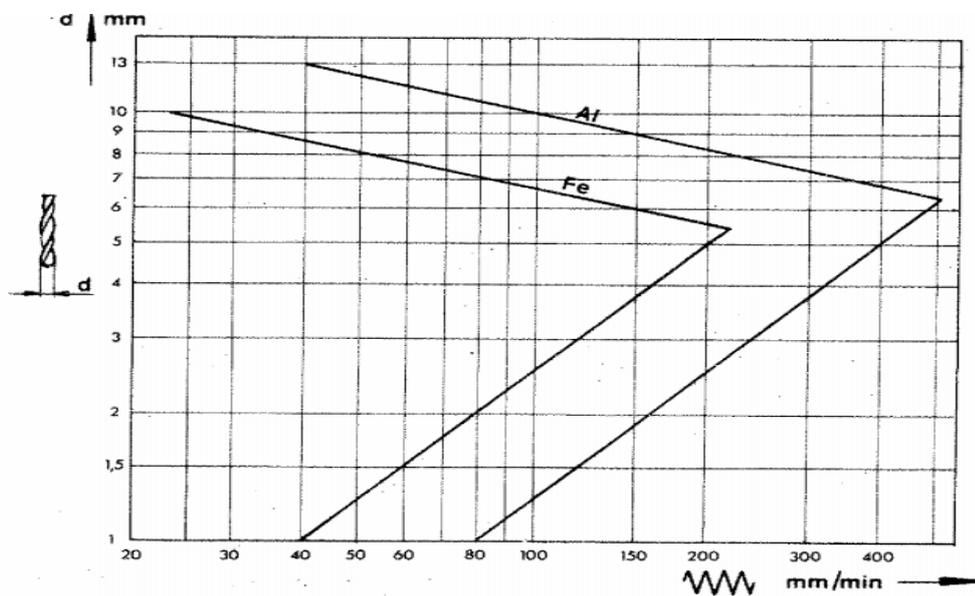
$$S \text{ (tr/min)} = V_s \text{ (m/min)} \cdot 1000 / \pi \cdot D \text{ (mm)}$$

### I.4 la vitesse d'avance et la profondeur de coupe



**Figure.1** Relation entre la vitesse d'avance et la profondeur de coupe

### I.5 la vitesse d'avance et le diamètre d'outil



**Figure.2** Relation entre la vitesse d'avance et le diamètre d'outil

## I.6 Vitesse de rotation et Vitesse de coupe et l'avance

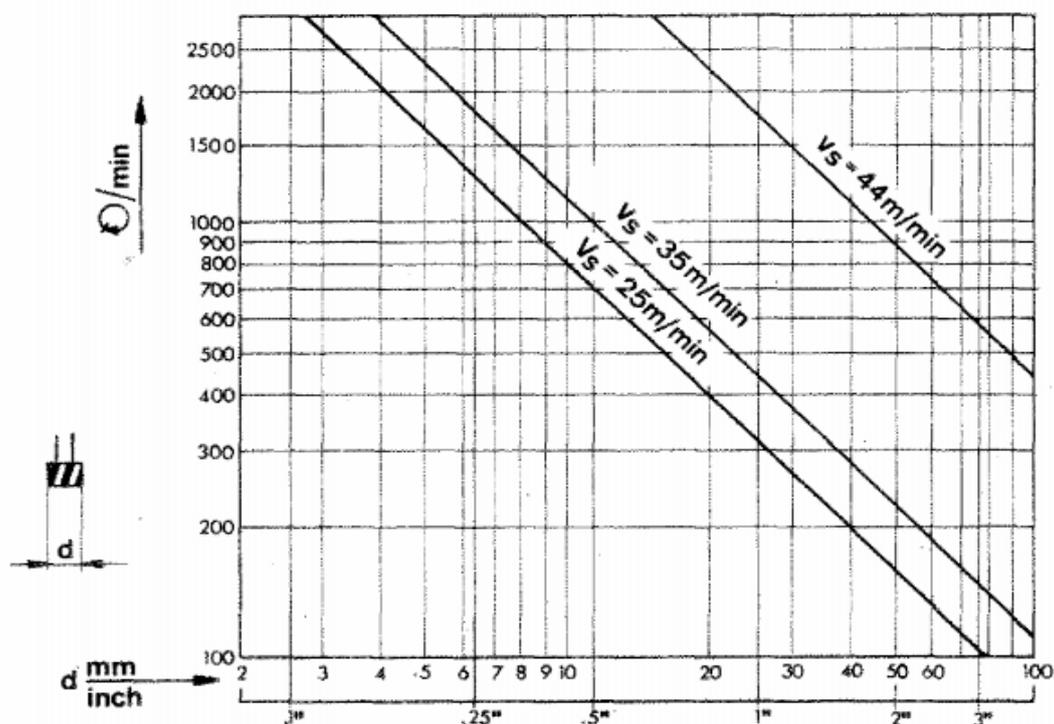


Figure.3 Relation entre Vitesse de rotation et le Vitesse de coupe et l'avance

## II. Fiche technique de Tour EMCO COMPACT 5 CNC

### II .1 Vitesse de coupe ( $V_c$ )

$$V_s \text{ (m/min)} = D \text{ (mm)} \cdot S \text{ (tr/min)} \cdot \pi / 1000$$

$V_s$  = Vitesse de coupe en mètres par minute.

$D$  = Diamètre de la pièce.

$N$  ou  $S$  = Nombre de tours par minute. [17]

### II .2 Matière de l'outil de tournage

Les outils en alliage dur permettent d'avoir des vitesses de coupe plus élevées que les

Outils en acier HSS.

### II .3 Vitesse de rotation (S)

Vous calculez la vitesse de rotation de la broche principale en partant de la vitesse de Coupe et du diamètre de la pièce à usiner. [17]

$$S \text{ (tr/min)} = V_s \text{ (m/min)} \cdot 1000 / \pi \cdot D \text{ (mm)}$$

### II .4 Calcul de l'avance

Sur le tour COMPACT 5 CNC vous programmez l'avance en mm/min

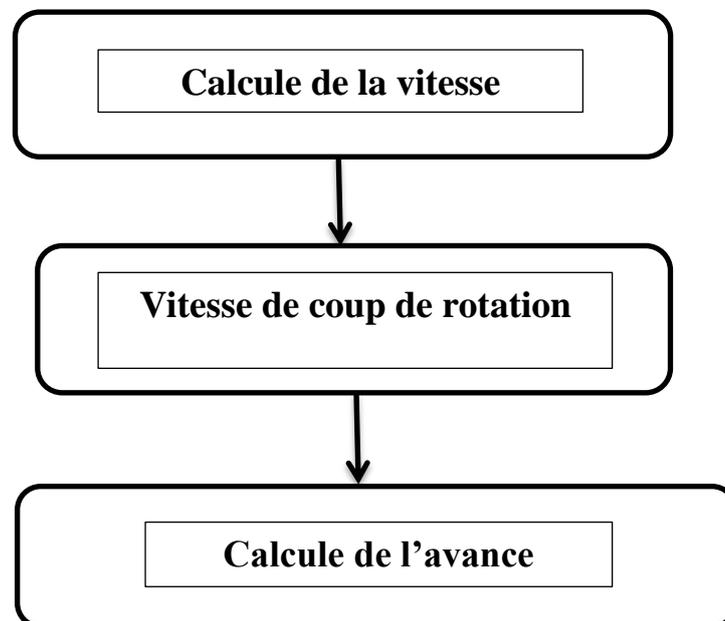
**Conversion :**

$$A \text{ (mm/min)} = S \text{ (tr/min)} \cdot a \text{ (mm/tr)}$$

A (mm/min) = avance en mm par minute.

S = vitesse de rotation de la broche principale.

A (mm/tr) = avance en mm par tour



**Figure.4** Calcul de l'avance

## II .5 Sélection de la vitesse de rotation sur le tour COMPACT 5 CNC

La puissance d'un moteur à courant continu est tributaire de la vitesse de rotation. Aussi Choisissez-vous le rapport de transmission de la commande par courroie de telle sorte que la vitesse de rotation du moteur se situe dans une plage de bon rendement (zone repérée en gris). [17]

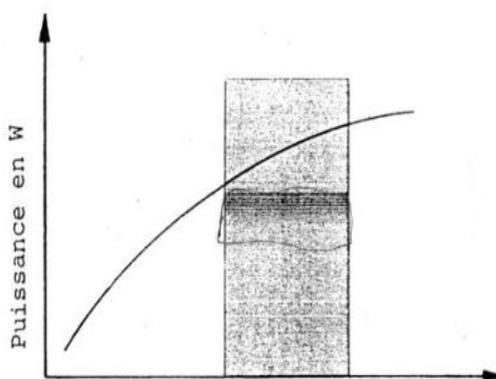
### Exemple:

Vitesse de rotation pour ébauche: tr/600 tr/min.

Vitesse de rotation pour finition: tr/800 tr/min.

Position de la courroie: AC1

Avec la position de courroie AC2 vous vous situerez dans une plage de rendement défavorable.



**Figure.5** Vitesse de rotation du moteur en tour/min.

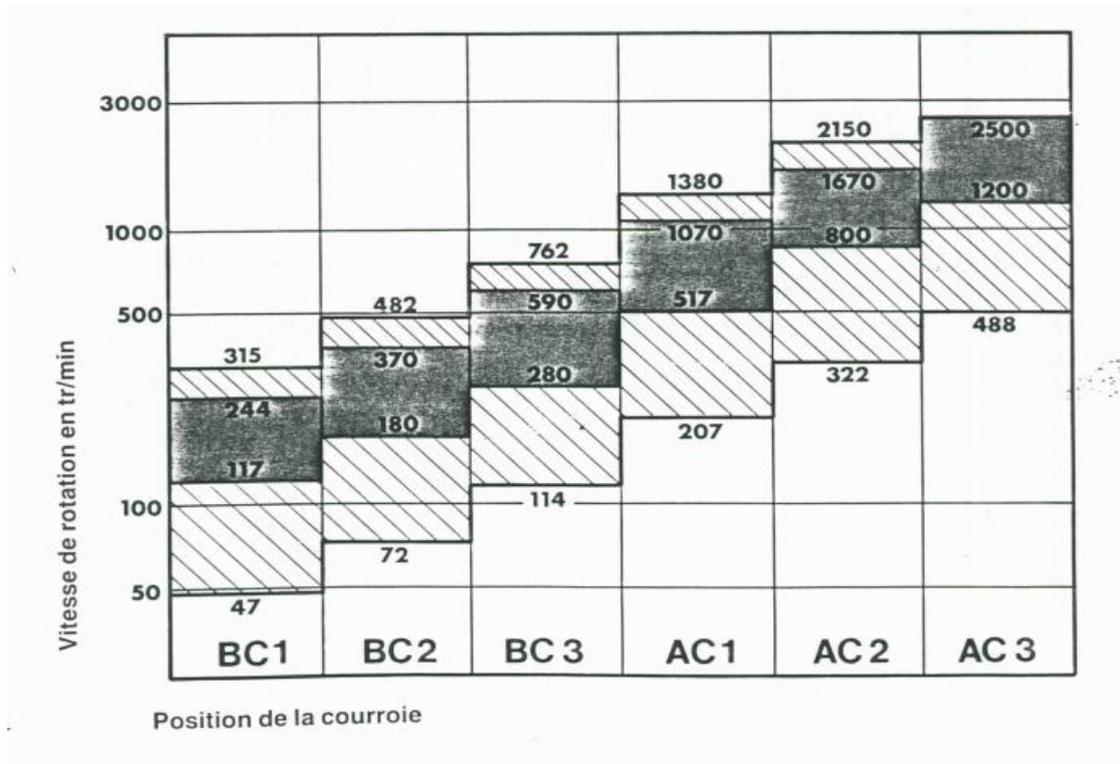


Figure.6 Schème montre la variation de la vitesse de rotation par la position de la courroie

## II .6 les valeurs de coupe

### II .6.1 la vitesse de rotation

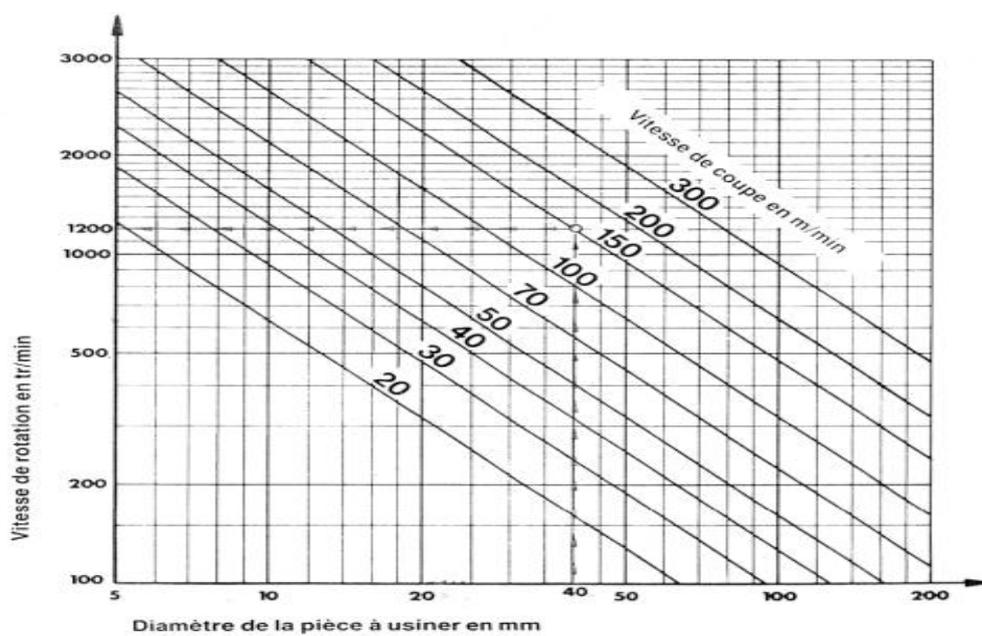
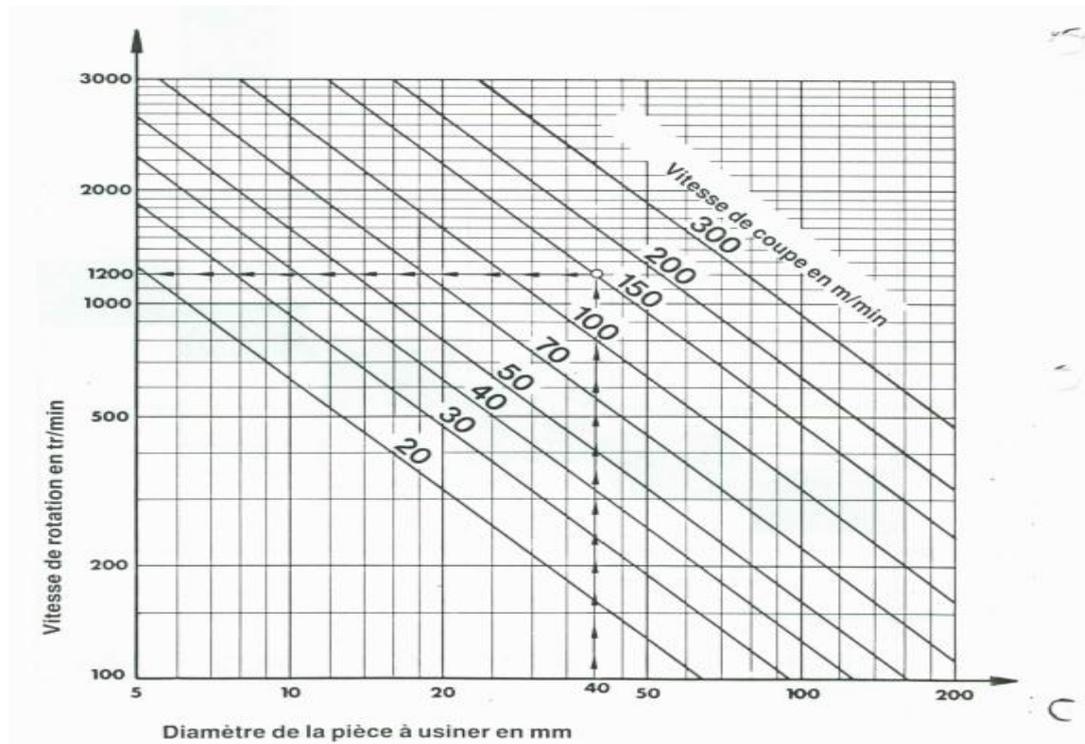


Figure.7 Recherche de la vitesse de rotation

## II .6.2 la vitesse d'avance

**Figure.8** Recherche de la vitesse d'avance