

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE DE BLIDA 1  
FACULTE DE TECHNOLOGIE  
DEPARTEMENT DE MECANIQUE  
LABORATOIRE DE RECHERCHE STRUCTURES « L.S »

Mémoire de fin d'étude

Pour l'obtention du diplôme de Master en

Fabrication Mécanique et Productique

# Machine-Outil automatisé

Présentée par :

- Lokmane Mohamed

Promoteur : Professeur Abada

Session : Juin 2021

# *Remerciement*

*Nous tenons à exprimer notre sincère reconnaissance à l'égard de tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail, particulièrement à notre promoteur Mr H. SEDJAL pour sa disponibilité, ses conseils et suggestions.*

*Nos remerciements vont également à Mr NAIT ALI AKLI qui nous a aidé énormément dans la réalisation de notre projet.*

*En fin, aux membres du jury qui nous font l'honneur d'examiner notre modeste travail.*

# *Dédicaces*

*Il nous est agréable de saisir cette occasion  
pour dédier ce travail à tous :*

- ❖ *Nos parents.*
- ❖ *Nos frères et sœurs.*
- ❖ *Tous nos amis (es), camarades*
- ❖ *Et tous ceux qui nous ont aidés de  
près ou de loin.*

# Sommaire

INTRODUCTION GENERALE: ..... 3

## CHAPITRE I : Généralités sur les MOCN

<b>1. Introduction :</b>	5
<b>2. Historique :</b>	5
<b>3. Les avantages des MOCN :</b>	7
<b>3.1. Automaticité :</b>	7
<b>3.2. Flexibilité :</b>	7
<b>3.3. Sécurité :</b>	7
<b>3.4. Avantages économiques et techniques :</b>	7
<b>4. Structure physique d'une MOCN :</b>	8
<b>4.1. Partie commande :</b>	8
4.1.1. Le directeur de commande numérique (DCN) :	8
4.1.2. L'automate programmable :	9
4.1.3. Les interfaces avec la PO :	9
4.1.4. Les interfaces de communication avec l'utilisateur et les autres PC :	9
<b>4.2. Partie opérative :</b>	9
4.2.1. La motorisation :	10
4.2.2. Eléments de mesure de la vitesse (Tachymètres) :	10
4.2.3. Eléments de mesure de la position :	10
<b>5. Fonctionnement d'une MOCN :</b>	11
<b>5.1. Entrées du système:</b>	11
<b>5.2. Préparation des données</b>	11
<b>5.3. Traitement des données</b>	11
<b>5.4. Les sorties des systèmes :</b>	12
<b>6. Programmation des MOCN :</b>	12
<b>7. Classification des MOCN :</b>	13
<b>7.1. Classification des MOCN selon le mode de fonctionnement :</b>	13
7.1.1. Fonctionnement en boucle ouverte :	13

7.1.2. Fonctionnement en boucle fermé :.....	13
<b>7.2. Classification des MOCN selon le nombre d'axes :.....</b>	<b>13</b>
<b>7.3. Classification selon le type de déplacements sur machine :.....</b>	<b>14</b>
7.3.1. Système de déplacement point à point :.....	14
7.3.2. Système de commande paraxiale:.....	14
7.3.3. Système de contournage .....	15

## **CHAPITRE II : Gamme d'usinage et réalisation**

<b>1. Gamme d'usinage du bloc d'aluminium.....</b>	<b>17</b>
<b>2. Gamme d'usinage de l'axe du mandrin.....</b>	<b>19</b>
<b>3. Gamme d'usinage du tube mécanique.....</b>	<b>22</b>
<b>4. Gamme d'usinage du bloc de support.....</b>	<b>23</b>
<b>5. Gamme d'usinage des douilles à billes.....</b>	<b>24</b>
<b>6. La machine finis.....</b>	<b>25</b>
<b>Conclusion .....</b>	<b>28</b>

# INTRODUCTION GENERALE

Le remplacement des machines conventionnelles par des machines à commande numérique représente un très bon investissement. Dans la majorité des ateliers, ces deux types de machine continuent à coexister. Les machines à commande numérique sont essentiellement utilisées pour la production de pièces, en moyenne et grande série, car leurs coûts de mise en œuvre et de programmation sont relativement élevés. Ces machines peuvent mémoriser une dizaine de pièces, chacune pouvant comporter une vingtaine d'opérations d'usinage.

L'objectif de notre travail est de faire une étude et une conception d'une machine-outil automatisé

Notre travail s'inscrit dans le cadre d'un mémoire de fin d'étude en vue d'obtention d'un diplôme de master en Fabrication Mécanique et productique.

Le mémoire est composé de deux chapitres :

- Le premier chapitre contient des généralités et des définitions sur la MOCN.
- Le deuxième chapitre est consacré à la conception et la réalisation de la machine-outil automatisé
- Et enfin en termine par une conclusion générale.

## **Problématique :**

Etude et réalisation d'une machine-outil à commande numérique demande beaucoup de temps et un investissement énorme. L'adapter à un processus technologique de production c'est encore plus difficile. Voilà pourquoi exploiter une MOCN est dédiée à des fabrications variées de pièces différentes lancées en petits lots répétitifs. La machine outil et son évolution actuelle, elle représente encore le moyen de production le plus important des pièces mécaniques. De part l'avancée des techniques, la machine outil a subit des modifications, et le couple outil machine-outil s'est adapté aux exigences de productivité modernes. Une MOCN est une machine d'usinage à cycle automatique programmable.

# **CHAPITRE I :**

## Généralités sur les MOCN

# 1 Introduction:

La commande numérique (CN) a su, en très peu de temps s'imposer dans le monde de l'industrie en général et particulièrement en usinage. Conçue pour piloter le fonctionnement d'une machine à partir des instructions d'un programme sans intervention directe de l'opérateur pendant son exécution, elle a permis de franchir un pas important dans l'automatisation des machines-outils traditionnelles qui sont devenues capables d'assurer, en quantité comme en qualité, une production à peine imaginable quelques années auparavant.

La CN est une technique utilisant des données composées de codes alphanumériques pour représenter les instructions géométriques et technologiques nécessaires à la conduite d'une machine ou d'un procédé. C'est également une méthode d'automatisation des fonctions des machines ayant pour caractéristique principale une grande flexibilité d'utilisation.

Après une première génération de CN à logique câblée sont apparues les commandes numériques par ordinateur (CNC), ou par ordinateur. La CN est depuis étroitement associée aux progrès de la micro-électronique et de l'informatique, grâce auquel elle voit ses performances et sa convivialité augmenter régulièrement tandis que, en revanche, son prix et son encombrement ne cessent de diminuer. Elle pénètre, de ce fait, dans les plus petites entreprises et devient accessible à tous les secteurs industriels faisant appel aux procédés de positionnement ou de suivi de trajectoire.

## 2 Historique :

L'histoire de la CN remonte à la fin du XVIII<sup>ème</sup> siècle, quand Falcon et Jacquard ont montré qu'il était possible de commander les mouvements d'une machine à partir d'informations transmises par un carton perforé. Ils dotèrent en 1805 un métier à tisser de cette technique créant ainsi la première machine asservie, laquelle est considérée comme étant l'ancêtre de la commande numérique.

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

En 1947, à Traverse City dans l'État du Michigan, John Parsons utilise pour la première fois un ordinateur IBM à cartes perforées pour la reproduction de profil d'ailes pour le compte de L'US Air Force. Mais sa méthode a montré ses limites pour les pièces de formes plus complexes, telles que les cames pour pompes à injection, et Parsons comprend que seul un usinage continu en 3 dimensions pouvait assurer de telles exigences techniques. Il confie alors, en 1949, au *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) le soin de développer des asservissements capables de piloter une machine qui recevra des instructions successives à partir d'un lecteur de cartes.

C'est en septembre 1952 dans le *Servomechanisms Laboratory* du MIT qu'a été présentée pour la première fois cette machine, une fraiseuse prototype *Cincinnati* à broche verticale, conçue pour exécuter des déplacements simultanés suivant 3 axes. L'information mathématique étant la base du concept, on lui donne le nom de *Numerical Control* (NC).



Il fallait encore attendre quelques années de dur labeur des chercheurs du MIT aidés par les fonds inépuisables de L'US Air Force pour rendre la première Machine-Outil à Commande Numérique (MOCN) réellement opérationnelle. C'était le début d'une histoire fascinante dont quelques dates clés sont présentées ici :

- 1954 : Premières machines CN produite industriellement par *Bendix*.
- 1955 : Commercialisation de la première MOCN par *Giddings & Lewis*.
- 1958 : Développements du premier langage de programmation symbolique.
- 1965 : Premiers changements d'outils automatiques.
- 1968 : La CN adopte les circuits intégrés, elle devient plus compacte et plus puissante.
- 1969 : Premières installations DNC.
- 1972 : Les mini-calculateurs remplacent les logiques câblées, la CN devient CNC.
- 1976 : Premières machines CNC avec microprocesseur intégré.
- 1984 : Premières machines CNC équipée d'une aide à la programmation graphique.
- 1994 : Bouclements de la chaîne de processus entre CAO, FAO et CNC.
- 2000 : Des interfaces par Internet permettent un échange de données au niveau mondial et un diagnostic de défauts intelligent.

Les débuts de cette technologie furent assez difficiles vue la réticence des investisseurs ainsi que des consommateurs qui n'étaient pas encore convaincus de la réelle efficacité de ces machines. Il faut dire aussi que les problèmes ne manquaient pas :

- Des commandes et une programmation des machines trop compliquées.
- Nécessité de grands investissements (achat de machines, formation des collaborateurs, développement, mise en service et entretien).
- Futur incertain concernant le développement des techniques.

Ces réticences furent définitivement balayées en 1972 avec le passage de la logique câblée au microprocesseur et l'apparition de la CNC. La puissance des nouveaux processeurs était de 32 Ko et la fréquence d'horloge de 16 kHz. Aujourd'hui, après le développement des ordinateurs, les machines CNC permettent une production économique, rentable et des prix de ventes impensables il y'a quelques années.

### **3 Les avantages des MOCN :**

Les machines-outils à commande numérique (MOCN) offrent de nombreux avantages comparées aux machines conventionnelles tels que l'automatisme, la flexibilité, la sécurité, avantages économiques et techniques.

#### **3.1. Automatisme :**

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

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.

#### **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.

#### **3.3. Sécurité :**

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

- Elle connaît très précisément l'espace de travail dans laquelle doivent évoluer les outils (possibilité de mémorisation des courses maximales des organes mobiles) ;
- Elle permet de simuler graphiquement les programmes nouvellement créés pour vérification et détection des risques éventuels de collision.
- Grâce à 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 qui ne s'imposent pas nécessairement sur une MO conventionnelle.

#### **3.4. Avantages économiques et techniques :**

La CN se montre économiquement intéressante pour produire à l'unité ou en série toute sorte de pièces, même les plus simples. Une fois vérifié et validé, un programme assure la réalisation de séries de 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. Dans une économie de marché où les produits se caractérisent en termes de prix, de qualité et de délai de mise à disposition la MOCN se tient donc loin devant la MO conventionnelle.

## **4 Structure physique d'une MOCN :**

Une MOCN est une machine-outil partiellement ou totalement automatisées. Les ordres de mouvements des différents organes sont donnés par programmation. Les positions successives de l'outil par rapport à la pièce sont exprimées sous forme numérique et sont définies dans un système de coordonnées de nomenclature normalisée. Lorsque la commande numérique est assurée par un ordinateur, on parle de machine CNC.

La MOCN comporte trois grandes parties :

- La partie commande (PC) ;
- La partie opérative (PO) ;
- L'armoire de puissance.

### **4.1. Partie commande :**

La partie commande (PC) permet de commander les différents mouvements de la machine et peut aussi renseigner l'opérateur sur le déroulement de l'usinage. Ses fonctions sont assurées par des sous-ensembles:

- Le directeur de commande numérique (DCN) ;
- L'automate programmable ;
- Les interfaces avec la PO ;
- Les interfaces de communication avec l'utilisateur et les autres PC.

#### **4.1.1. Le directeur de commande numérique (DCN) :**

Le directeur de commande est un système à base de microprocesseurs et il a pour fonctions :

- Le pilotage et la synchronisation des axes de mouvement ;
- La gestion des programmes ;
- Le paramétrage des dimensions des outils, du porte-pièces et de la machine ;
- La communication avec l'extérieur.

#### **4.1.2. L'automate programmable :**

L'automate programmable est chargé de l'automatisation de la machine. Il échange des informations avec le DCN, l'opérateur et la PO.

Les informations d'entrée sont :

- L'état des capteurs ;
- L'état des pré-actionneurs ;
- Les ordres de l'opérateur via les boutons du pupitre.

Les informations de sortie sont :

- La commande des pré-actionneurs ;
- L'autorisation de fournir l'énergie aux pré-actionneurs ;
- L'état des voyants du pupitre.

#### **4.1.3. Les interfaces avec la PO :**

L'interface automate / PO est constituée de cartes entrées-sorties, elles transforment des informations binaires (dites aussi tout ou rien).

L'interface DCN / PO est constituée de cartes d'axes et de variateurs de vitesse. Ces organes sont chargés de réaliser l'asservissement en vitesse et en position de chacun des mouvements outil/pièce. Pour chaque mouvement, la carte d'axe contrôle la position, et le variateur contrôle la vitesse.

#### **4.1.4. Les interfaces de communication avec l'utilisateur et les autres PC :**

C'est l'ensemble des boutons, réels et virtuels, mis à disposition des utilisateurs pour exploiter au mieux la MOCN. La plupart offrent un panel d'option et d'icônes simples et facilement assimilables. Il est possible de connecter la MOCN à un réseau commandé par un serveur en gardant évidemment une certaine autonomie (suivant le mode d'utilisation).

#### **4.2. Partie opérative :**

La PO reçoit des ordres de la PC et les exécute afin de réaliser l'usinage. Et elle comporte:

- La motorisation ;

- Eléments de mesure de la vitesse ;
- Eléments de mesure de la position.

#### **4.2.1. La motorisation :**

On utilise deux types de moteurs électriques :

- Le moteur à courant continu, dont la vitesse peut être réglée en variant la tension à ses bornes tout en maintenant une alimentation suffisante en intensité pour fournir le couple mécanique nécessaire à l'entraînement des parties mobiles.
- Le moteur à courant alternatif (asynchrone), pour lequel il suffit de faire varier la fréquence du courant qui l'alimente pour faire varier la vitesse.

#### **4.2.2. Eléments de mesure de la vitesse (Tachymètres) :**

Pour mesurer la vitesse on utilise généralement des capteurs dits Génératrices tachymétriques. Ces dispositifs ont la propriété de fournir une tension électrique proportionnelle à la fréquence de rotation de leur axe. Une autre solution consiste à calculer la dérivée de la mesure de position.

#### **4.2.3. Eléments de mesure de la position :**

On classe les capteurs de position selon :

- Le type de mouvement mesuré, linéaire ou rotatif.
- La nature de l'information délivrée, elle est soit analogique comme pour les capteurs inductifs et les transformateurs variables ou alors numérique comme pour les générateurs d'impulsion et les compteurs.
- La nature de la lecture. Celle-ci est dite absolue lorsqu'elle est définie par rapport à l'origine, elle est généralement assurée au moyen d'un codeur. La mesure peut aussi être relative, le déplacement est mesuré comme un agrandissement de la coordonnée par rapport à la position précédente, cette mesure est assurée par des capteurs incrémentaux. Enfin, la mesure peut être semi-absolue dans le cas d'un codeur rotatif.

#### **4.3. L'armoire de puissance :**

Elle se compose :

- D'un automate programmable gérant toutes les entrées – sorties ;
- D'un relais ;
- D'électrovannes ;
- De cartes variateurs d'axes (une par axe) ;

- De contacteurs (1 par élément de machine : axes, broche) ; □ D'un interrupteur général avec sécurité.

## 5 Fonctionnement d'une MOCN :

Le travail de la CN passe obligatoirement par quatre niveaux bien distincts qui sont :

- Entrées du système ;
- Préparation des données ;
- Traitement des données
- Sortie du système.

### 5.1. Entrées du système :

La CN reçoit dans son unité centrale :

- Le programme d'usinage de la pièce sous forme codée ;
- Les paramètres d'usinage qui complètent le programme pièce par des informations connues seulement de l'opérateur. Telles que les dimensions des outils, la modulation des vitesses d'avance et des vitesses de rotation de broche et l'ajustement des conditions de coupe. Ces paramètres sont introduits grâce au clavier d'entrées ;
- Des signaux électriques de mesure de vitesse et de position fournis par des capteurs implantés sur les axes et la broche de la machine ;
- Des signaux logiques d'état des équipements périphériques (commande, sécurité...).

### 5.2. Préparation des données :

Sur cette étape, le travail de la CN consiste à :

- Analyser le programme d'usinage comme la reconnaissance des informations codées, le diagnostic des erreurs de syntaxe éventuelles, la traduction en valeurs numériques des informations codées...
- Prendre en compte les paramètres d'usinage afin de modifier les données numériques programmées qui viennent d'être analysées.
- Mettre en file d'attente les blocs d'informations prétraités et organiser leur stockage dynamique dans une mémoire-tampon afin d'assurer la continuité du mouvement entre deux phases d'usinage successives.

### 5.3. Traitement des données :

Les informations contenues dans le dernier étage de stockage (bloc exécutable) sont destinées au traitement et au contrôle des axes, d'une part, et au traitement des fonctions logiques spécifiques à la machine (broche, outils, ...), d'autre

part. Les fonctions de traitement et de contrôle des axes sont assurées respectivement par les interpolateurs et les dispositifs d'asservissement de position.

#### 5.4. Les sorties des systèmes :

Le résultat du traitement des données apparaît sous la forme de signaux de sortie transmis de la CN vers l'extérieur et ils peuvent être soit :

- Des signaux analogiques ou numériques de commande des moteurs d'entraînement ;
- Des signaux logiques de commande de des éléments périphériques ;
- Des données numériques ou logiques relatives au fonctionnement du système.

Les différents niveaux de traitement sont récapitulés dans la figure 1 ci-dessous.

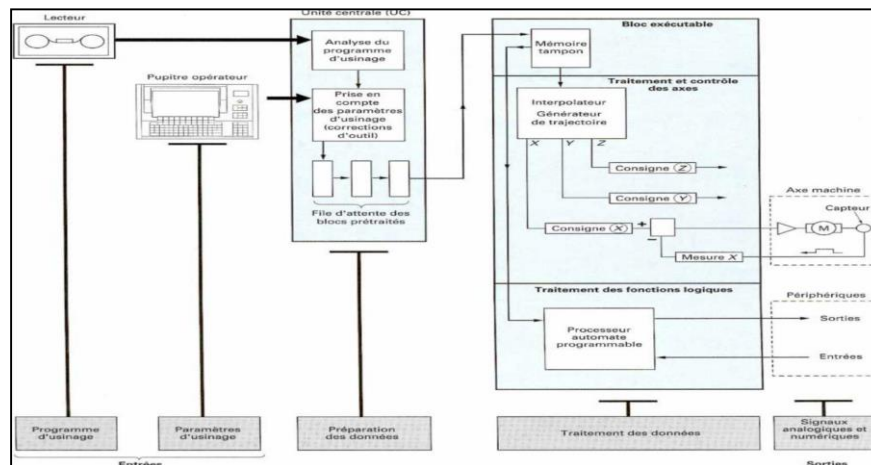


Figure 1.1 : Diagramme fonctionnel d'une CN

## 6 Programmation des MOCN :

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. Les instructions programmées doivent contenir toutes les données nécessaires à la commande et au séquençement des opérations et elles regroupent :

- Les données géométriques nécessaires au dimensionnement de la pièce et aux calculs des trajectoires.
- Les données technologiques permettant de définir les vitesses de coupes, les profondeurs de passes, les vitesses d'avances...

Ces instructions sont introduites à l'aide d'un langage machine appelé G-Code. Elles sont ensuite transformées en code binaire afin qu'elles puissent être stockées et lues par la CN.

## 7 Classification des MOCN :

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

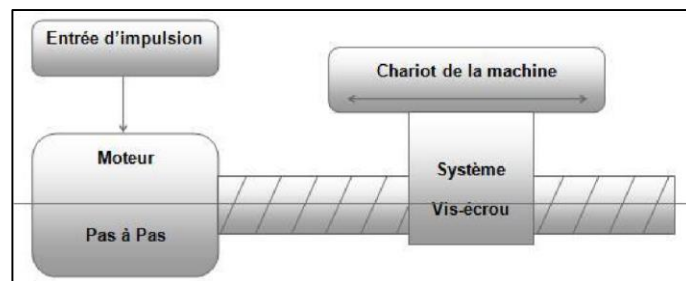
- Le mode de fonctionnement de la machine.
- Le nombre d'axes de la machine.

Les déplacements effectués sur la machine.

### 7.1. Classification des MOCN selon le mode de fonctionnement :

#### 7.1.1. Fonctionnement en boucle ouverte :

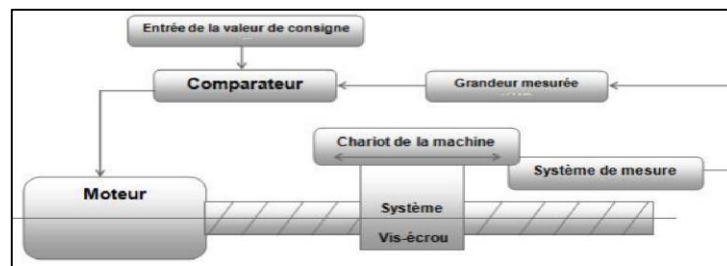
En boucle ouverte, comme l'illustre la **Figure I.2** le système assure le déplacement du chariot mais ne le contrôle pas.



**Figure I. 2 :** Fonctionnement en boucle ouverte

#### 7.1.2. Fonctionnement en boucle fermée :

En boucle fermée le système contrôle le déplacement ou la position jusqu'à égalité des grandeurs entrée (E) dans le programme et celui mesuré (Gm).comme illustre la **Figure I.3**



**Figure I. 3:** Fonctionnement en boucle fermée

### 7.2. Classification des MOCN selon le nombre d'axes :

Les possibilités de travail des MOCN s'expriment en nombre d'axes de travail. Un degré de liberté d'un organe de machine est appelé AXE si l'actionneur du mouvement est asservi en vitesse et position, et s'il peut être synchronisé avec un autre degré de liberté pour obtenir un déplacement qui n'est pas parallèle à une direction principale du système de coordonnées. Les consignes de position de chacun des axes sont générées par l'interpolateur lequel assure aussi leur



synchronisation. Ces informations sont calculées périodiquement à une cadence constante (dite fréquence d'horloge) en fonction de la trajectoire à réaliser. La vitesse d'un axe est contrôlée à travers un variateur, lequel reçoit des consignes provenant de la carte d'axe. Le variateur va ensuite adapter l'énergie électrique à fournir au moteur afin d'obtenir la vitesse désirée.

On a ici quelques exemples de MOCN à plusieurs axes :

### 7.3. Classification selon le type de déplacements sur machine :

Il existe trois grands systèmes de déplacements :

- Système de déplacement point à point ;
- Système de commande paraxiale ;
- Système de contournage.

#### 7.3.1 Système de déplacement point à point :

Ce système est utilisé pour piloter des opérations d'usinage ne demandant qu'un simple positionnement outil/pièce tels que le perçage, la soudure par point, le poinçonnage...etc. Aucun contrôle n'est effectué sur la trajectoire suivie entre le point de départ et le point d'arrivée. Seule importe la position de l'outil par rapport à la pièce en fin de déplacement.

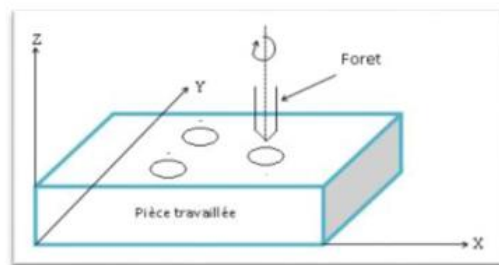
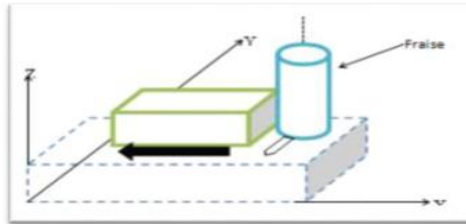


Figure I.7 : Commande Numérique Point A Point. [4]

#### 7.3.2. Système de commande paraxiale :

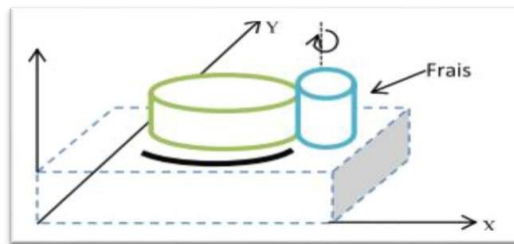
Ce système fait parcourir à l'outil (ou à la pièce) une trajectoire constituée de segments parallèles aux axes de translation de la machine. La vitesse de déplacement étant programmable, l'outil peut réaliser des usinages simples tels que du fraisage en cycles carrés et du tournage en chariotage, en plongée ou en tronçonnage.



**Figure I.8 :** Commande paraxiale.

### 7.3.3. Système de contournage :

Aujourd'hui généralisé sur la quasi-totalité des MOCN, le contournage fait parcourir à l'outil (ou à la pièce) une trajectoire définie très précisément. Le niveau de précision étant fonction de la bonne coordination des mouvements, tous les axes de la machine sont strictement dépendants les uns des autres. La CN compare à tout instant les valeurs de consigne de chaque axe en mouvement avec les valeurs instantanées des coordonnées et des vitesses, afin d'imprimer aux organes mobiles une succession de déplacements élémentaires de très petite amplitude dont la répétition va engendrer des trajectoires linéaires ou circulaires.



**Figure I.9 :** Commande numérique de contournage.

# **CHAPITRE II :**

## Gamme d'usinage et réalisation

Phase	Sous phase	opération	Désignation	Machine	Outillage		Croquis	
					Coupe	Mesure		
000			Contrôle de brute					
100	10		Tournage isostatisme Appuis plan sur B2 et 2					
		1	Dressage surface 1 en ébauche	Tour				
	2	Dressage surface 1 en finition 75 mm	Tour	Outil à dresser	Pied à coulisse			
	20		Tournage Isostatisme Appuis plan sur 1 et B1		Outil à dresser	Pied à coulisse		
		1	Dressage surface 2 en ébauche					
		2	Dressage surface 2 en finition CF2 = 120 <sup>+0.1</sup>					
30		Tournage Isostatisme Appuis plan sur B2 et 2		Outil à dresser	Pied à coulisse			
	1	Dressage surface 3 en ébauche						
	2	Dressage surface 3 en finition CF3 = 160 <sup>+0.1</sup>						

200	10	1	Perçage MIP.MAP Appui plan sur 3 et B3	Perceuse vertical	Outil à percer	Pied à coulisse	
			Perçage des 6 trous CF4 = $\phi 10^{+0.1}$				
	20		Perçage MIP.MAP Appui plan sur 3 et B3	Perceuse vertical	Outil à percer	Pied à coulisse	
			Perçage des 4 trous CF4 = $\phi 10^{+0.1}$				

Phase	Sous phase	opération	Désignation	Machine	Outillage		Croquis
					Coupe	Mesure	
000			Contrôle de brute	Tour			
100	10		Tournage isostatisme Appuis plan sur 7 Centrage court sur B4	Tour	Outil à dresser	Pied à coulisse	
		1	Dressage surface 1 en ébauche				
		2	Dressage surface 1 en finition CF 1 = $\phi 160^{+0.1}$				
20	20		Tournage isostatisme Appuis plan sur 7 Centrage court sur B4	Tour	Outil à dresser	Pied à coulisse	
		1	Epaulement surface 2 en ébauche				
		2	Epaulement surface 2 en finition CF 2 = $\phi 140^{+0.1}$ mm de 10 mm				
30	30		Tournage isostatisme Appuis plan sur 6 Centrage court sur B1	Tour	Outil à dresser	Pied à coulisse	
		1	Epaulement surface 3 en ébauche				
		2	Epaulement surface 3 en finition CF 3 = $\phi 35^{+0.1}$ mm de 5 mm				

	40		Tournage isostatisme Appuis plan sur 6 Centrage court sur B1	Tour	Outil à dresser	Pied à coulisse	
		1	Epaulement surface 4 en ébauche				
		2	Epaulement surface 4 en finition CF 4 = $\phi 30^{+0.1}$ de 150 mm				

100	50		Tournage isostatisme Appuis plan sur 6 Centrage court sur B1	Tour	Outil à dresser	Pied à coulisse	
		1	Epaulement surface 4 en ébauche				
	2	Epaulement surface 5 en finition CF 5 = $\phi 80^{+0.1}$ de 15 mm					
	60			Tournage isostatisme Appuis plan sur 7 Centrage court sur B4	Tour	Outil à dresser	Pied à coulisse

	70		Tournage isostatisme Appuis plan sur 7 Centrage court sur B4	Tour	Outil à dresser	Pied à coulisse	
		1	Dressage surface B6 en ébauche				
		2	Dressage surface B6 en finition CF 7 = $10^{+0.1}$				
	80		Tournage isostatisme Appuis plan sur 6 Centrage court sur B4	Tour	Outil à dresser	Pied à coulisse	
		1	Dressage surface 7 en ébauche				
		2	Dressage surface 7 en finition CF 7 = $10^{+0.1}$				
	90		Tournage isostatisme Appuis plan sur 6 Centrage court sur B1	Tour	Outil à fileter	Juge de fil	
		1	Filetage surface 8 en finition M30 x 2.0				
200	10		Perçage MIP.MAP Appui plan sur 1	Perceuse vertical	Outil à percer	Pied à coulisse	
1	Perçage des 3 trous CF 9 = $\phi 10^{+0.1}$						



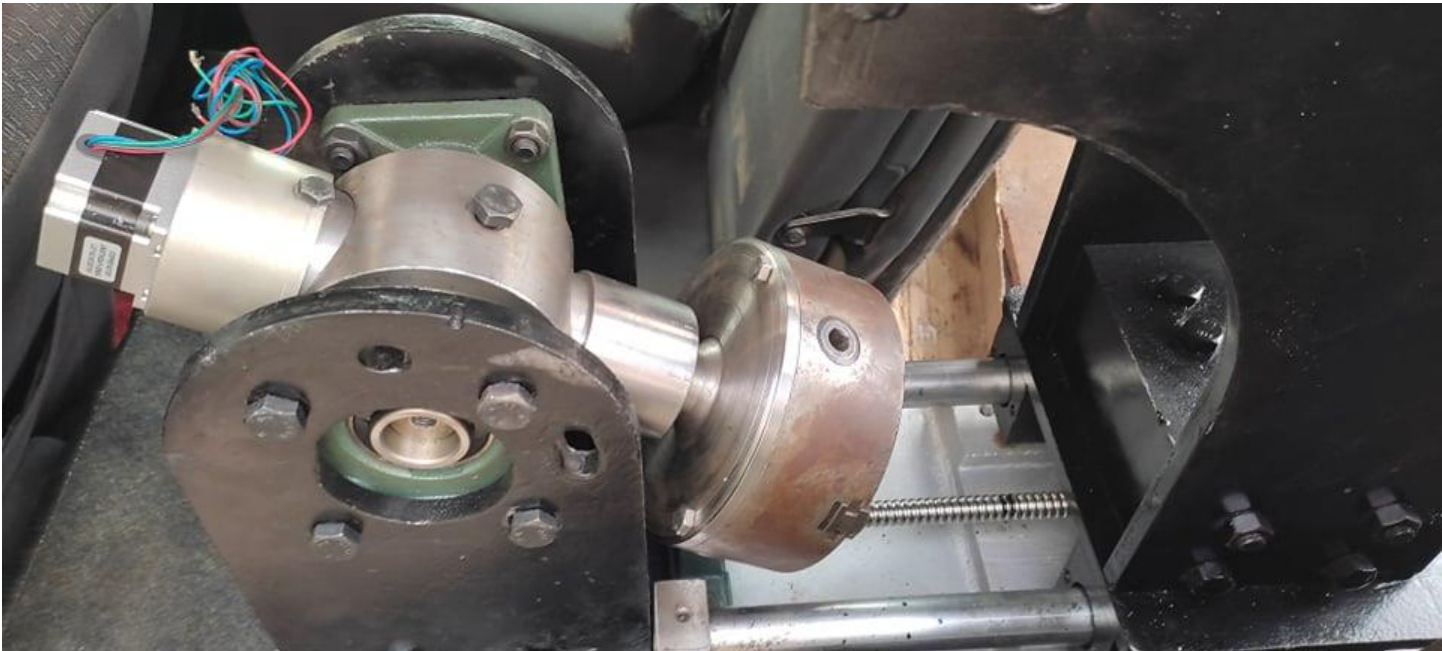
Phase	Sous phase	opération	Désignation	Machine	Outillage		Croquis	
					Coupe	mesure		
000			Contrôle de brute	Tour	Outil à dresser	Pied à coulisse		
100	10		Tournage isostatisme Centrage court sur 2	Tour	Outil à dresser	Pied à coulisse		
		1	Dressage surface 1 en ébauche					
		2	Dressage surface 1 en finition CF 1 = 150 <sup>+0.1</sup> mm					
	20			Tournage isostatisme Centrage court sur 5	Tour	Outil à dresser	Pied à coulisse	
		1	Dressage surface 2 en ébauche					
		2	Dressage surface 2 en finition CF 3 = φ 72 <sup>+0.1</sup> mm					
30			Tournage isostatisme Centrage court sur 2	Tour	Outil à dresser	Pied à coulisse		
	1	Dressage surface 3 et 4 en ébauche						
	2	Dressage surface 3 et 4 en finition CF2 = φ 72 <sup>+0.1</sup> mm						

Phase	Sous phase	opération	Désignation	Machine	Outillage		Croquis
					Coupe	mesure	
000			Contrôle de brute	Tour	Outil à dresser	Pied à coulisse	
100	10		Tournage isostatisme Centrage court sur 6				
		1	Dressage surface 3 et 4 en ébauche				
	2	Dressage surface 1 en finition CF1 = $\varnothing 30^{+0.1}$ mm					
200	10		Perçage Isostatisme Appuis plan sur 3 et 4	Perceuse vertical	Outil à percer	Pied à coulisse	
		1	Perçage surface 2 en finition CF 2 = $\varnothing 8^{+0.1}$				
	20		Perçage Isostatisme Appuis plan sur 3 et 4	Perceuse vertical	Outil à percer	Pied à coulisse	
		1	Perçage surface 3 en finition CF 3 = $\varnothing 12^{+0.1}$				
300	10		Taraudage isostatisme Appuis plan sur 3 et 4	Manuel	Outil à taraudage	Juge de fil	
		1	Taraudage surface 3 en finition M14x1.5				

300	20		Taraudage isostatisme Appuis plan sur 3 et 4	Manuel	Outil à taraudage	Judge de fil	
		1	Taraudage surface 2 en finition M8x1.5				

Phase	Sous phase	opération	Désignation	Machine	Outillage		Croquis
					Coupe	mesure	
000			Contrôle de brute	Fraiseuse	Outil de fraisage	Pied à coulisse	
100	10		Fraisage isostatisme Appui plan sur 2 et 3				
		1	Dressage surface 1 en ébauche				
		2	Dressage surface 1 en finition CF 1 = 60 <sup>+</sup> 0.1				
200	20		Tournage isostatisme Centrage court sur 1 et B1	Tour	Outil à dresser	Pied à coulisse	
		1	Dressage surface 4 en ébauche				
		2	Dressage surface 4 en finition CF 2 = 40 <sup>+</sup> 0.1 mm de 76mm				

**La machine finis :**







## **Conclusion :**

La fabrication assistée par ordinateur (FAO), sous toutes ses formes, est un pan important de l'industrie grâce auquel elle a connu un essor formidable. C'est devenu une science à part entière avec son histoire, ses perspectives et son lot de règles et de normes. Elle permet aujourd'hui d'atteindre des qualités de produits insoupçonnables il y a encore quelques années et à des prix record. Ce qui fait de la FAO une locomotive importante du progrès technique. Un progrès dont elle dépend à son tour pour son actualisation et sa pérennité.

On a commencé notre travail de conception par un passage en revue des systèmes de transmission de mouvement, des systèmes de guidage, des moyens de fixation et des moteurs électriques qui pourraient potentiellement équiper notre MOCN. Nos choix se sont fait selon des critères techniques tels que les courants d'alimentations et les dimensions de l'appareil, des critères économiques tel que le coût de réalisation et finalement selon des critères opérationnels comme le montage et la manipulation de la machine. On a fini par choisir un système à axes cylindriques équipé de douilles à billes pour le guidage en translation des chariots entraînés par des moteurs pas à pas. Pour la transmission de mouvement on a opté pour la transmission par vis à bille. Et comme moyen de fixation on a utilisé des systèmes vis à bille