



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE



MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID-TLEMEN-
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE

Projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master
En
Sciences de l'ingénieur

Option

Ingénierie des systèmes mécaniques

Présenté par

OUARET MOHAMED

THÈME

**Conception d'un outil multimédia
D'aide à la programmation CNC en Tournage**

Soutenu en : 01 juillet 2012

Devant le jury :

Président	Mr. BENACHOUR Mustapha	UABB Tlemcen
Encadreur	Mr. SEBAA Fethi	UABB Tlemcen
Co-Encadreur	Mr. RAHOU Mohamed	EPST Tlemcen
Examineur	Mr. HADJOUI Fethi	UABB Tlemcen
Examineur	Mr. CHEIKH Abdelmajid	UABB Tlemcen

Année universitaire : 2011/2012

Dédicace

Louanges à dieu Clément et Miséricordieux qui m'a donné la force physique et morale pour réaliser mon rêve, un rêve que je souhaite se prolonger encore longtemps.

Je dédie ce mémoire à tous ce qui œuvrent, qui luttent, qui cherchent pour que le savoir soit maître et que chacun de nous soit muni de toutes les armes intellectuelles afin de servir le pays et de vivre noblement.

- *En cette heureuse et mémorable circonstance, je tiens à remercier vivement mes chers parents des sources intarissables d'affections, d'attention et de dévouement.*
- *Mon frère et mes sœurs, pour leurs soutiens moraux.*
- *Ma tendre grand-mère, le soutien de la famille.*
- *Tous mes enseignants depuis mon entrée à l'école primaire, à qui je dois ce que je suis et ce que je fais.*
- *Mes oncles, et tantes paternels et maternels ; mes cousins et enfin tous ceux qui m'ont soutenu ne serai-ce, que par une petite pensée.*
- *Mon collaborateur Hichem TLEMSANI.*
- *Tous mes amis et mes collègues.*
- *A tous ceux qui m'ont consacré leur temps et leur attention, je dis encore et toujours **MERCI**.*
- *J'espère n'avoir oublié personne.*

Que Dieu le tout puissant récompense les bienfaisants.

OUARET Mohamed

Remerciement

Je remercie « Allah » de m'avoir aidé à terminer ce modeste travail.

Au terme de cinq années d'étude au sein du département de génie mécanique, achevées par la rédaction et la soutenance de ce mémoire de master en Génie Mécanique option « ISM », nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont contribué à son bon déroulement.

J'ai tant de reconnaissance à exprimer à l'égard de Monsieur Fethi SEBAA qui m'a proposé ce sujet et a suivi son élaboration avec grand soin. Grâce à ses larges connaissances, ses précieux conseils et ses encouragements, ce travail a été mené à terme. Ce fut en honneur que de travailler avec lui.

Co-encadreur RAHOU Mohamed qui me aussi bien soutenu que monsieur SEBAA, ses conseils ont été des plus bénéfiques pour mener à bien ce travail, je lui exprime mon profond respect.

Je remercie aussi Mr. HADJOUI Fethi, et Mr. Abdelmajid CHEIKH pour l'examen minutieux qu'ils auront porté à l'égard de ce travail. Mr. BENACHOUR Mustapha qui a bien voulu présider le jury.

Mon remerciement s'adresse aussi au personnel de l'école préparatoire qui n'ont pas hésité à m'accueillir pour utiliser le laboratoire de CFAO pour préparer mon travail.

Enfin, mes remerciements iront à l'administration du technicum Ibn Saad Kiffane ainsi qu'aux enseignants de mécanique pour m'avoir permis d'utiliser le laboratoire de commande numérique et de préparer ce travail dans de bonnes conditions.

Comme je remercie sans toutefois les citer, tous ce qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce projet.

Notre profonde reconnaissance s'adresse à l'ensemble des enseignants de notre département.

OUARET Mohamed

SOMMAIRE

Introduction générale.....	1
Chapitre 1	
1.1 Introduction	2
1.2 Historique des MOCN.....	2
1.3 Définition d'une machine-outil à commande numérique	3
1.4 ARCHITECTURE D'UNE MOCN	5
1.4.1. Partie commande	5
1.4.1.1. <i>Directeur de commande numérique</i>	5
1.4.1.2. <i>Pupitre de commande</i>	6
1.4.2. Partie opérative.....	8
1.4.2.1. <i>Bâti</i>	8
1.4.2.2. <i>porte-outils</i>	8
1.4.2.3. <i>Mandrin</i>	10
1.4.2.4. <i>Poupée mobile</i>	11
1.4.2.5. <i>Moteurs</i>	11
1.4.2.6. <i>Capteurs</i>	13
1.5. Classification des MOCN.....	13
1.5.1. Classification des MOCN selon le mode de fonctionnement	14
1.5.1.1. <i>Fonctionnement en boucle ouverte</i>	14
1.5.1.2. <i>Fonctionnement en boucle fermée</i>	14
1.5.1.3. <i>Fonctionnement avec commande adaptative</i>	15
1.5.2. Classification des MOCN selon le nombre d'axes	16
1.5.3. Classification des MOCN selon le mode d'usinage.....	17
1.5.3.1. <i>MOCN point à point</i>	17
1.5.3.2. <i>MOCN paraxiale</i>	18
1.5.3.3. <i>MOCN contournage</i>	18
1.6. Programmation des MOCN.....	19
1.6.1. Introduction	19
1.6.2. Structure d'un programme	19
1.6.2.1. <i>Numéro de programme</i>	19
1.6.2.2. <i>Séquence du programme</i>	20
1.6.2.3. <i>Mots</i>	20
1.6.2.4. <i>Adresses utilisés</i>	21
1.6.2.5. <i>Codes utilisables</i>	21

1.6.3.	Fonctions préparatoires G	22
1.6.4.	Fonctions auxiliaires M	26
1.7.	Conclusion	29

Chapitre 2

2.1.	Introduction	31
2.2.	Utilisation d'une MOCN	31
2.2.1.	Avant-projet d'étude de fabrication	31
2.2.2.	Systèmes d'axes	32
2.2.2.1.	<i>Axes primaires (mouvement de translation)</i>	32
2.2.2.2.	<i>Axes secondaires (U, V, W)</i>	32
2.2.2.3.	<i>Axes rotatifs (A, B, C)</i>	32
2.2.3.	Référentiel de programmation	33
2.2.4.	Origines	33
2.2.4.1.	<i>Définitions</i>	33
2.2.4.2.	<i>Représentation des origines</i>	35
2.2.5.	Jauge et correction d'outil	35
2.2.5.1.	<i>Définition</i>	36
2.2.5.2.	<i>Correction dynamique d'outil</i>	38
2.2.5.3.	<i>Recherche et contrôle des valeurs</i>	38
2.2.6.	Réglage de la position relative Origine Machine/Origine Programme sur différentes MOCN	41
2.2.7.	Réglage sur Denford	41
2.2.7.1.	<i>Remise à zéro d'une MOCN (RAZ)</i>	41
2.2.7.2.	<i>Introduction des données de départ</i>	41
2.2.7.3.	<i>Réglage de l'origine programme (OP)</i>	41
2.2.8.	Réglage sur PC Turn 155	42
2.2.9.	Réglage de DCN Boxford	44
2.3.	Conclusion	44

Chapitre 3

3.1. Introduction	46
3.2. Présentation du module	46
3.3. Fonctions principales	46
3.3.1. Préparation du poste de travail	47
3.3.2. Opérations	49
3.3.3. Fonctions préparatoires G	52
3.3.4. Fonctions auxiliaires M	54
3.3.5. Paramètres de coupe	56
3.3.6. Outils	58
3.3.7. Exemples vidéos	60
3.4. Conclusion	62
Conclusion générale.....	63
Référence bibliographique.....	64
Annexe A.....	65
Annexe B.....	72

INTRODUCTION GENERALE

L'usinage ou l'obtention de pièces mécaniques sous contrôle numérique s'étend désormais à l'ensemble des secteurs de l'industrie transformatrice des matériaux. La MOCN constitue aussi un bon apport, car elle supprime dans beaucoup de cas des tâches fastidieuses répétitives. La connaissance de ces machines ainsi que la manière de les utiliser, sont devenues nécessaires pour les techniciens et opérateurs. D'où il en résulte des fonctions ou codes aussi nombreux que divers, entraînant des difficultés lors de la préparation des programmes en vue de l'usinage ainsi que les origines ou points de référence à régler.

Ce travail consiste à développer à un outil multimédia d'aide à la préparation des postes de travail en tournage pour les MOCN EMCO PC Turn 155 3axes de commande Sinumerik 810T, DENFORD/Cyclone 4 axes de commande Fanuc 10T, BOXFORD 160 TCLi 2 axes de commande Fanuc 0T.

Afin d'atteindre cet objectif, trois chapitres ont été développés.

Le premier chapitre aborde la technologie des MOCN et la présentation de trois tours CNC.

Le second chapitre est consacré aux différentes méthodes de préparation des postes de travail par la détermination des origines.

Le dernier chapitre est réservé à la présentation de l'outil CAM2P d'aide à la programmation CNC en tournage avec illustration des fonctions essentielles.

Ce travail s'achève par une conclusion générale suivie d'éventuelles perspectives.

Chapitre 1

Technologie des MOCN

1.1 Introduction

Ce chapitre est consacré à la technologie des MOCN et à la mise en relief des panneaux de commandes pour différentes MOCN.

1.2 Historique des MOCN

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.

C'est en 1942 aux États-Unis que la C.N a commencé à être exploitée, pour permettre l'usinage de pompes à injection pour moteurs d'avions. Il s'agissait en fait de cames, dont le profil complexe était irréalizable au moyen d'une machine traditionnelle .

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

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

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

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

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

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

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

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

- 1954 : 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 : apparition de la CN en Europe (foire de Hanovre).
- 1964 : en France, la Télémécanique Électrique lance la CN NUM 100 conçue à base de relais Téléstatic.
- 1968 : la CN adopte les circuits intégrés ; elle devient plus compacte et plus puissante.
- 1972 : les mini calculateurs remplacent les logiques câblées ; la CN devient CNC.
- 1976 développements des CN à microprocesseurs.
- 1984 : apparition de fonctions graphiques évoluées et du mode de programmation conversationnel.
- 1986 : les CN s'intègrent dans les réseaux de communication, début de l'ère de la fabrication flexible (CIM).
- 1990 : développement des CN à microprocesseurs 32 bits.

La figure 1-1 montre la première MOCN :

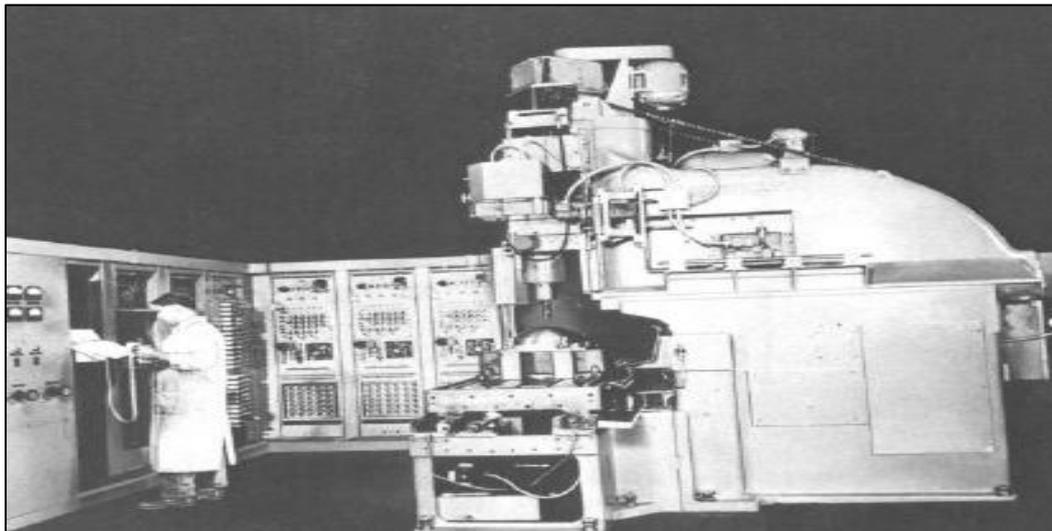


Fig.1-1. Première MOCN. [3]

1.3 Définition d'une machine-outil à commande numérique

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. [1]

On donne 3 figures exemples des MOCN.

Les figures 1-2 (a, b et c) montre des MOCN :



Fig.1-2.a MOCN PC TURN 155 (SINUMERIK).

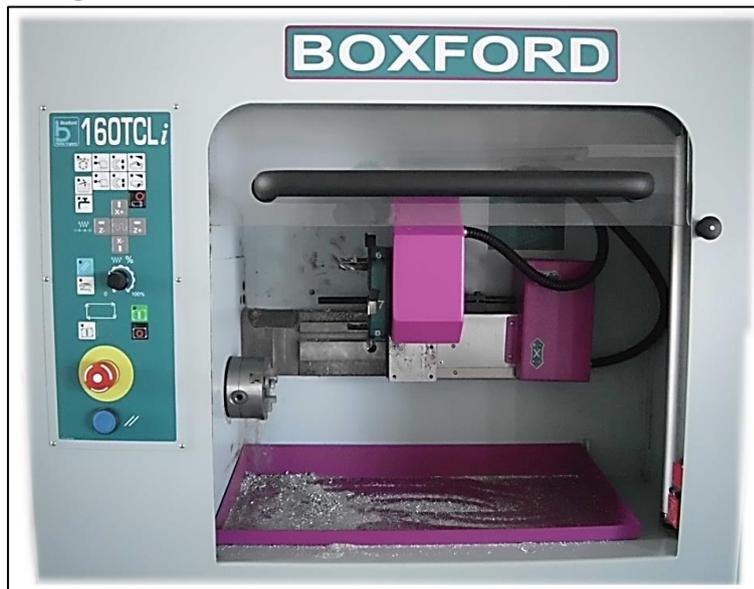


Fig.1-2.b MOCN BOXFORD (FANUC).



Fig.1-2.c MOCN DENFORD Cyclone (Fanuc).

1.4 ARCHITECTURE D'UNE MOCN

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

- Partie commande ;
- Partie opérative ;

La figure1-3 Donne les parties complémentaires de MOCN

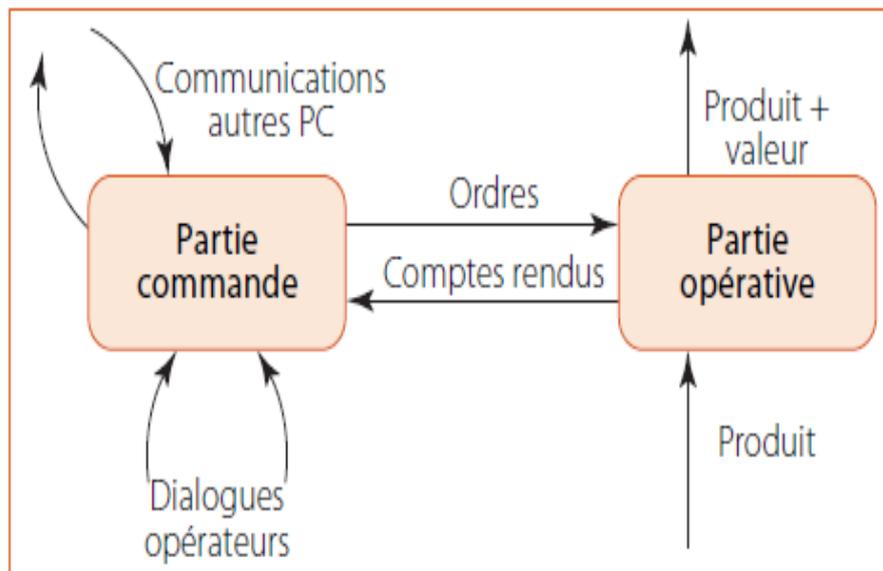


Fig.1-3. Parties complémentaires de MOCN.[2]

1.4.1. Partie commande [3]

C'est la partie qui commande tous les mouvements de l'avance au niveau de la machine. Elle est composée notamment par le directeur de commande numérique (DCN) qui assure les asservissements en position et en vitesse des déplacements de mobiles. Elle comporte aussi d'autres composants électroniques regroupés dans un boîtier. Sa partie frontale est appelée « pupitre ». Ce dernier est constitué par des touches, des commutateurs, ..., qui permettent l'introduction manuelle des données de programme.

Les différentes touches de fonctions similaires sont regroupées en pavés. Il y a d'autres moyens d'introductions des données des programmes ; à savoir des périphériques tels que ; le clavier, le lecteur de bande, bande, la disquette, clé USB, SD, DVD, etc...,

1.4.1.1. Directeur de commande numérique

Un directeur de commande numérique (DCN) est un système de commande capable de gérer la machine et de la mettre en œuvre en fonction d'un programme. Cette mise en œuvre se fait en liaison avec un environnement, sous la conduite d'un opérateur, éventuellement sous la dépendance d'un ordinateur; dans ce dernier on parle de DNC. (Direct Numerical Control).

Un DCN est une machine informatique qui présente, dans son fonctionnement comme dans son utilisation, deux aspects fondamentaux bien connus comme montré dans la figure 1-4 :

- Aspect ordinateur ;
- Aspect automate ;

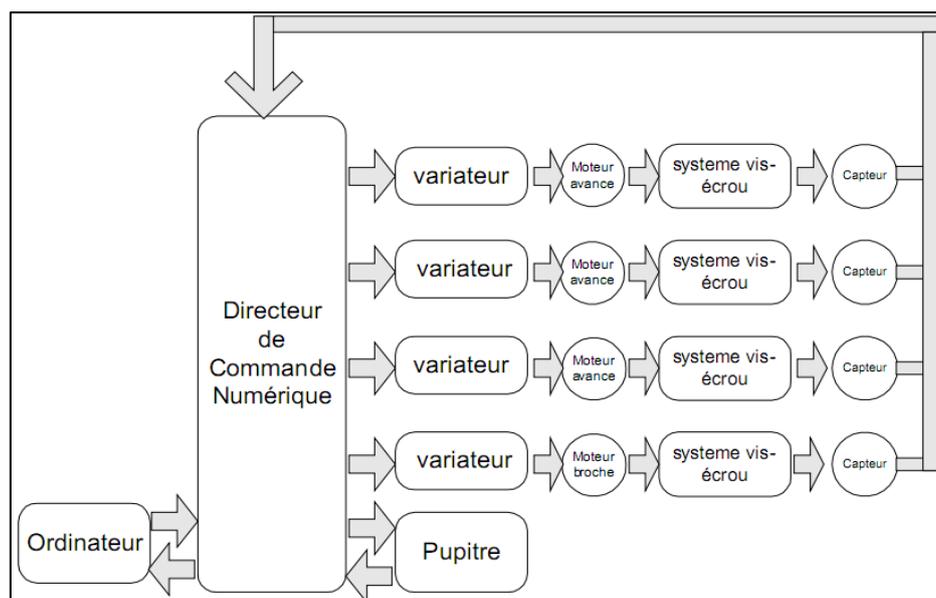


Fig.1-4. Directeur de commande numérique. [3]

1.4.1.2. Pupitre de commande

Il permet le dialogue entre l’homme et la machine et la mise au point des programmes pièce à l’aide du système clavier écran. C’est aussi le moyen de moduler certains paramètres tels que la vitesse d’avance ou la vitesse de broche. Les unités de commande d’axes sont chargées de piloter les axes de la machine, en boucle fermée, sous le contrôle de l’unité centrale. [3]

Le Tableau 1-1 illustre différents pupitres des MOCN :

Tableau 1-1. Différents pupitres des MOCN.

PUPITRE	MOCN
	<p>PC Turn 155 (SINUMERIK)</p>
	<p>BOXFORD (FANUC).</p>
	<p>DENFORD(Fanuc).</p>

1.4.2. Partie opérative

C'est la partie qui exécute à travers les autres données par la partie commande les opérations d'usinages. Elle est composée par les différents organes d'une machine conventionnelle tels que ; les chariots, le bâti, le mandrin, porte-outil etc..., elle comporte en plus des éléments et les moteurs électriques pas à pas. Par contre cette partie, n'est pas dotée des différents leviers, des verniers et toutes les commandes manuelles.

1.4.2.1. *Bâti*

Le bâti assure le guidage des axes de mouvements, et l'agencement des autres organes de la machine. Pour assurer une géométrie correcte, et encaisser les actions mécaniques dues aux accélérations élevées des mobiles, le bâti doit être rigide et limiter les déformations dues à la chaleur. Les nouvelles machines intègrent de nouveaux matériaux de construction (béton), et la répartition des masses est optimisée.

La liaison au sol du bâti est également importante. Pour augmenter la rigidité des machines, on a recours à des liaisons hyperstatiques au sol, ce qui pose des problèmes de déformation du bâti. Par contre, les machines actuelles, plus rigides, permettent la réalisation de liaisons isostatiques sur trois points, qui limitent les déformations du bâti. Cette rigidité importante pose des problèmes de dissipation énergétique lors des chocs.

1.4.2.2. *Porte-outil*

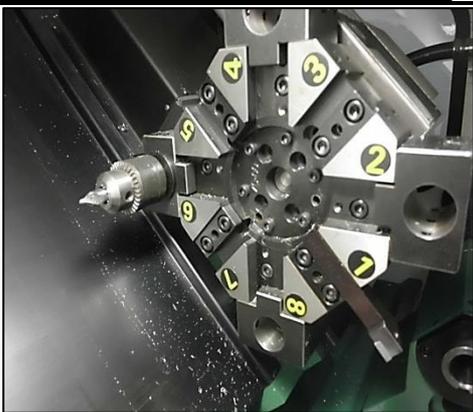
Comme son nom l'indique, le rôle du porte outil est de tenir l'outil coupant proprement dit dans une position permettant un usinage correct. Qu'il soit tournant, et donc monté sur une broche, ou fixe et monté sur un chariot.

L'universalité des MOCN impose l'emploi de plusieurs outils au cours d'un même cycle d'usinage. Divers solutions ont été étudiées pour résoudre ce problème parmi lesquelles on peut citer :

- Changement manuel d'outil : adapté sur des processus à CN pour résoudre le problème à moindre coût.
- Tourelle porte outil : permet l'échange automatiquement des outils au poste de travail. Cette solution est limitée par le nombre des outils sur fraiseuse peseuse et par le manque de rigidité pour les outils tournants.
- Changeur automatique d'outil : dispositif de changement automatique d'outils à partir d'un magasin d'outils annexé à la machine. Cette solution est rare sur les tours CN mais trouve son plein emploi sur les fraiseuses peseuses à CN et sur les centres d'usinage (CU).

Le Tableau 1-2 illustre différentes porte-outils des MOCN:

Tableau 1-2. Différentes porte-outils des MOCN.

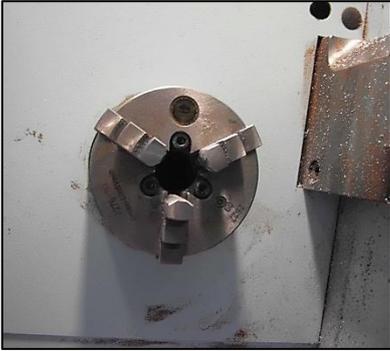
PORTE-OUTILS	MOCN
	<p>PC Turn 155 (SINUMERIK).</p>
	<p>BOXFORD (Fanuc).</p>
	<p>FDENFORD (Fanuc).</p>

1.4.2.3. Mandrin

Le mandrin est une pièce mécanique fixée au bout de l'arbre d'une machine rotative ; il permet la fixation rapide d'une pièce (comme le mandrin de tour) ou d'un outil (comme le mandrin de tour).

Le Tableau 1-3 montre des mandrins des MOCN :

Tableau 1-3. Différents mandrins des MOCN.

MANDRINS	MOCN
	<p>PC Turn 155 (SINUMERIK).</p>
	<p>BOXFORD (FANUC).</p>
	<p>DENFORD(Fanuc).</p>

1.4.2.4. Poupée mobile

La poupée mobile est située à l'extrémité opposée du banc, par rapport au mandrin. Elle sert d'appui à la pièce à usiner lorsque celle-ci est fixée au mandrin.

Tableau 1-4. Différents poupées mobiles des MOCN.

POUPEES MOBILES	MOCN
	<p>PC Turn 155(SINUMERIK).</p>
	<p>DENFORD (Fanuc).</p>

1.4.2.5. Les moteurs

On peut distinguer trois grandes technologies de moteurs de commande d'axes :

- *Les moteurs pas à pas*

Le moteur pas à pas constitue un convertisseur électromécanique destiné à transformer le signal électrique (impulsion ou train d'impulsions de pilotage) en déplacement (angulaire ou linéaire) mécanique. [3]

La figure 1-5 illustre un moteur pas à pas :

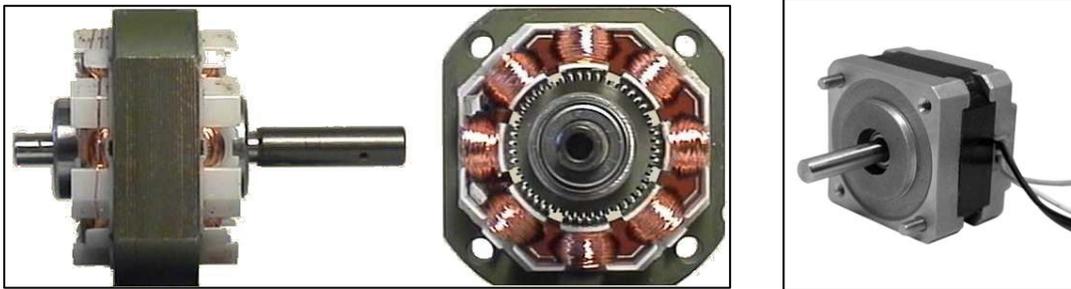


Fig.1-5. Moteur pas à pas. [3]

Entre le moteur et son alimentation, sont intercalés trois éléments essentiels :

- ❖ une unité de calcul, qui élabore les impulsions de commande ;
- ❖ un modulateur, qui génère les commandes des contacteurs électroniques de commutation ;
- ❖ une électronique de commutation (puissance), qui, à partir d'une alimentation, fournit l'énergie vers les enroulements appropriés du moteur ;

Comme tous les moteurs électriques, le moteur pas à pas est constitué d'un stator et d'un rotor.

Son fonctionnement est fondé sur la règle du flux maximal. Un circuit magnétique tend à se déformer afin d'être traversé par le plus grand flux possible. Nous avons tous vu comment deux aimants se déplacent lorsqu'ils sont mis en présence. Ils se placent bout à bout de façon à former un circuit magnétique traversé par le flux maximal.

On distingue trois types de moteurs pas à pas. Ils ont tous le même stator, ils diffèrent par leur rotor.

Les trois types sont :

- ❖ le moteur à réluctance variable ;
- ❖ le moteur à aimant permanent ;
- ❖ le moteur hybride ;
- *Les moteurs à courant continu*

Ils sont faciles à mettre en œuvre et à contrôler ; les moteurs à courant continu se caractérisent par un fort couple de démarrage et de bonnes capacités de vitesse et d'accélération. Bien qu'éprouvée, leur technologie n'en demeure pas moins ancienne, ce qui présente certains inconvénients comme, par exemple, la présence de balais qui impose des entretiens périodiques ou l'apparition fortuite de phénomènes de démagnétisation d'aimant permanent.

- *Les moteurs synchrones*

Les moteurs synchrones autopilotés à courant alternatif sont aujourd'hui les plus fréquemment utilisés. Plus connus sous le nom de moteurs sans balais, ils se composent d'un rotor à aimants permanents, d'un stator généralement triphasé et d'un dispositif interne de commutation de phases. Ils se caractérisent par une grande robustesse, une très bonne dissipation thermique, des vitesses élevées (entre 4 000 et 10 000 tr/min), un entretien pratiquement nul, une puissance massique élevée (moteur plus compact pour un même couple) et un moment d'inertie du rotor très faible. Le principe de commande le plus couramment retenu pour ces moteurs est de type sinusoïdal, en raison de la bonne stabilité qu'il procure à basse vitesse.

1.4.2.6. *Capteurs*

La nature du signal, mesurant l'écart entre la consigne de position et la position instantanée de l'organe mobile, dépend de la nature du capteur de mesure utilisé. On distingue capteur de position et capteur de déplacement.

- Capteur de position :

On utilise les capteurs de position pour obtenir une position absolue, que ce soit en linéaire ou en angle. Les capteurs de positions relatives seront traités comme capteurs de vitesse.

- Capteur de déplacement :

- ❖ Les capteurs analogiques

Lorsque le déplacement demandé entraîne une variation magnétique, électrique ou autre, qui est transformée en signal de sortie (capteurs inductifs, résolveurs).

- ❖ Les capteurs numériques

lorsque le déplacement d'une règle ou d'un disque présentant des zones alternativement sombres et claires devant un lecteur optique produit des impulsions lumineuses qui sont transformées en signal de sortie (capteurs photoélectriques, règles et disques optiques ou codés).[3]

1.5. **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 ;
- le mode d'usinage ;
- le mode de fonctionnement du système de mesure ;
- le mode d'entrée des informations ;

1.5.1. Classification des MOCN selon le mode de fonctionnement

1.5.1.1. Fonctionnement en boucle ouverte [5]

En boucle ouverte, comme l'illustre la figure 1-6, le système assure le déplacement du chariot mais ne le contrôle pas.

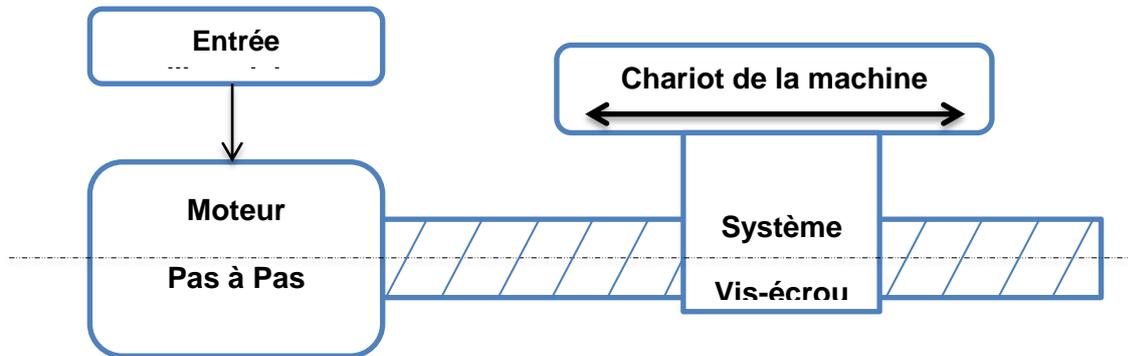


Fig.1-6. Fonctionnement en boucle ouverte.

1.5.1.2. 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 1-7 :

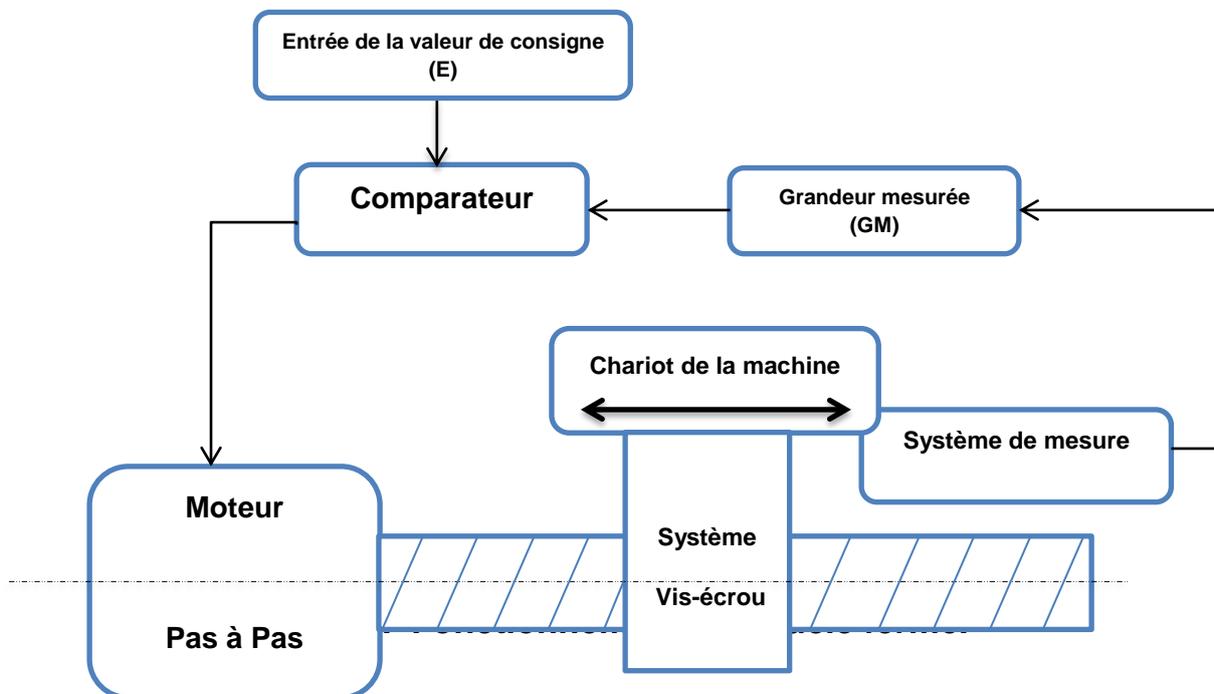


Fig.1-7. Fonctionnement en boucle fermée.

1.5.1.3. Fonctionnement avec commande adaptative [5]

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

La figure 1-8 illustre le fonctionnement de la commande adaptative :

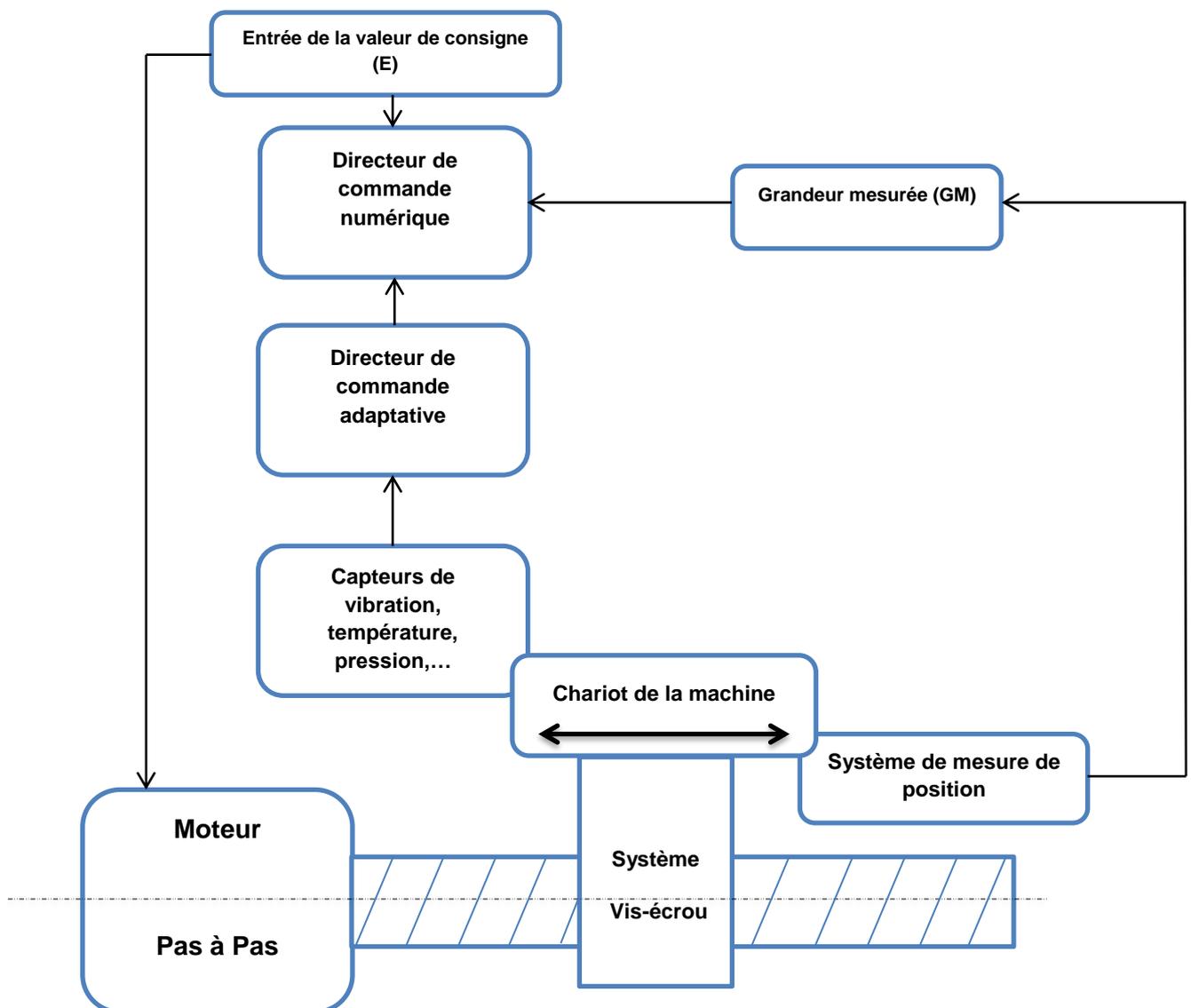


Fig.1-8. Commande adaptative.

1.5.2. Classification des MOCN selon le nombre d’axes [5]

Les possibilités de travail des machines-outils à commande numérique (MOCN) s’expriment en nombre d’axes de travail.

Un axe définit toute direction principale suivant laquelle le mouvement relatif de l’outil et de la pièce a lieu lorsqu’un seul des moteurs de déplacement fonctionne avec contrôle numérique continue.

Un demi-axe définit la direction dans laquelle l’avance n’est pas contrôlable numériquement mais contrôlé par cames ou plateaux diviseurs.

Le tableau 1.5 donne les différents axes utilisés en CN.

Tableau1-5. Axes des différents mouvements possibles.

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

Chaque mouvement de translation ou de rotation est donc représenté par un axe défini par une lettre affectée du signe + ou -.

La figure1-9 montre l’ensemble des axes qu’un DCN peut contrôler.

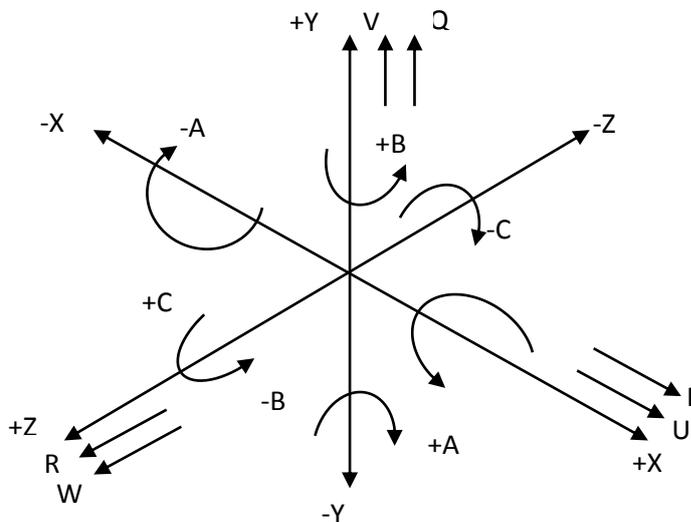
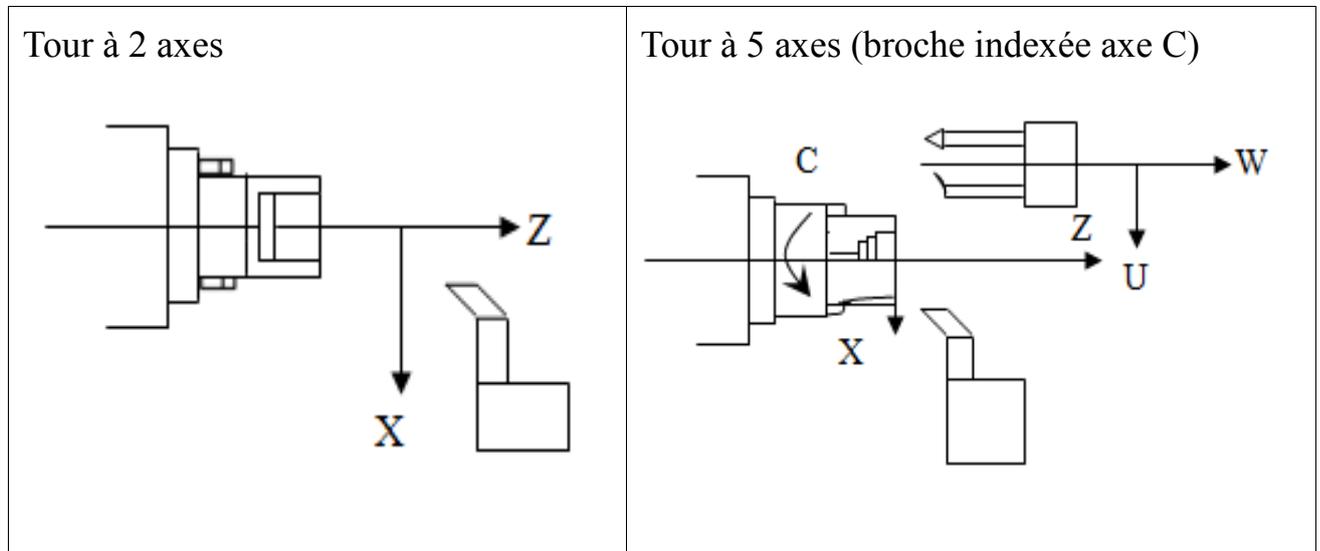


Fig.1-9. Axes primaires et axes additionnels.

Le tableau.1-6 illustre quelques exemples de ces axes sur tour à deux axes, centre de tournage à cinq axes.

Tableau1-6. Exemples d'axes de mouvement. [5]



1.5.3. Classification des MOCN selon le mode d'usinage [5]

Les machines-outils à commande numérique (MOCN) peuvent être classées en trois catégories selon le mode d'usinage qu'elles peuvent effectuer :

- commande numérique point à point ;
- commande numérique paraxiale ;
- commande numérique de contournage ;

1.5.3.1. Commande numérique point à point

C'est la mise en position de l'outil ou de la pièce par déplacement non synchronisés. Le mouvement de coupe (usinage) n'est possible que lorsque le mouvement de positionnement est fini. La figure 1-10- présente un exemple de perçage par la commande point à point.

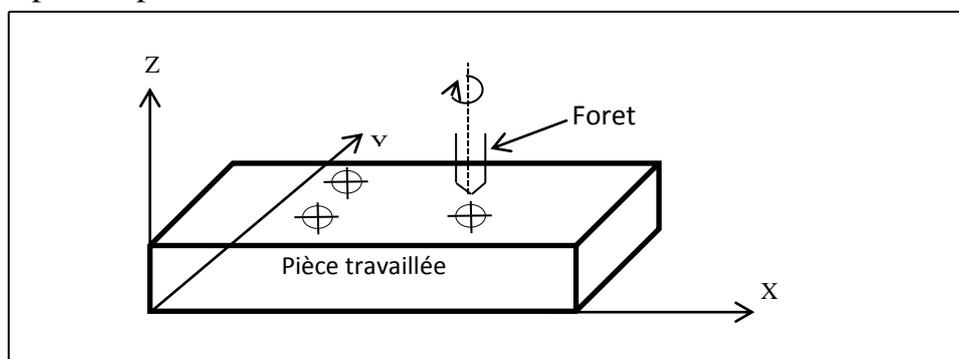


Fig.1-10 Commande point à point.

1.5.3.2. Commande numérique paraxiale [5]

Ce sont des déplacements parallèles aux axes avec la vitesse programmée. Le mouvement de coupe et d'avance sont synchronisés de façon à avoir un usinage selon des trajectoires parallèles aux axes de déplacement. La figure 1-11 montre le principe de fonctionnement de la commande paraxiale.

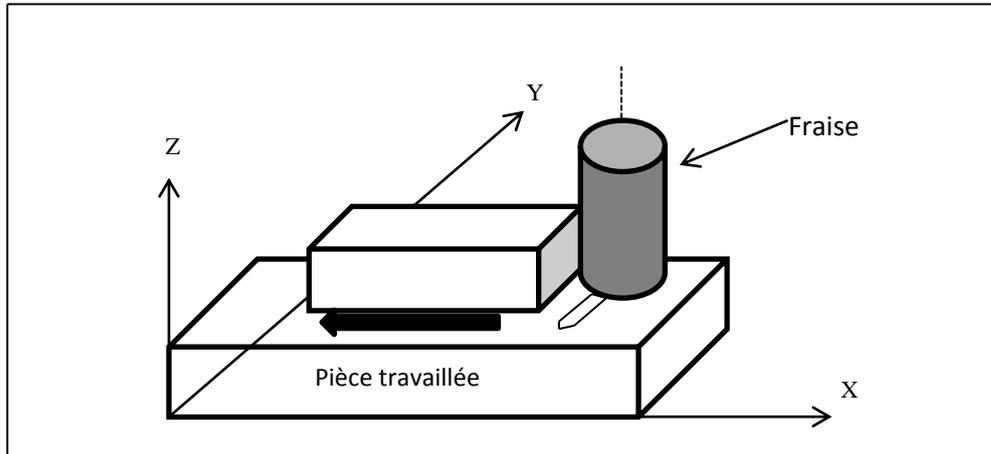


Fig.1-11. Commande numérique paraxiale.

1.5.3.3. Commande numérique contournage

Ce sont des déplacements synchronisés des divers axes selon la vitesse programmée. Les trajectoires sont décomposées en éléments de droites ou de cercles dans un ou plusieurs plans.

L'organe mobile est contrôlé en tout instant pour obtenir la trajectoire voulue. Un grand nombre de points intermédiaires et très rapprochés sont calculés pour définir les déplacements. Le calcul de coordonnées de ces points appelés interpolation est confié au directeur de commande ou au calculateur. la figure 1-12 montre le principe de fonctionnement de la commande de contournage.

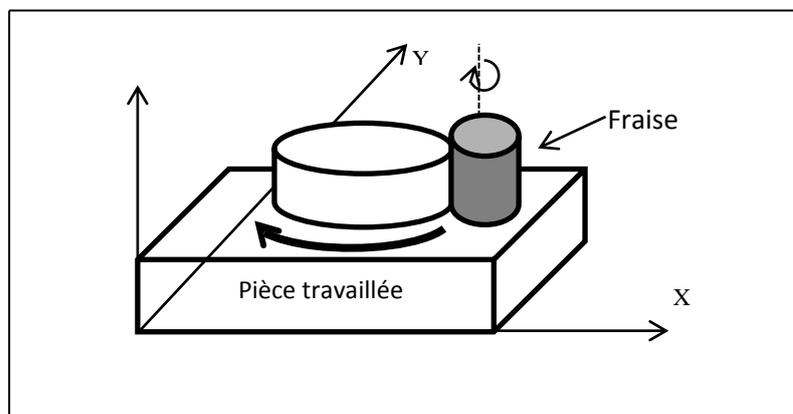


Fig.1-12. Commande numérique de contournage.[5]

1.6. Programmation de commande numérique

1.6.1. Introduction

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'instruction comprise et exécutées par CN en vue de réaliser son usinage. Ce travail peut être effectué manuellement ou avec l'assistance d'ordinateur utilisant un langage de programmation. Les langages les plus utilisés sont :

- SINUMERIK
- FANUC
- NUM
- FAGOR

1.6.2. Structure d'un programme

Le programme est constitué par une suite d'action totalement définies et réparties sur des lignes. Chaque ligne constitue une séquence qui contient un bloc d'informations. Ces dernières sont des fonctions, des conditions de coupe, des codes d'outil, des coordonnées, etc...

Un programme d'usinage donc comprend :

- ✓ Numéro de programme
- ✓ Séquence CN
- ✓ Mots
- ✓ Adresses

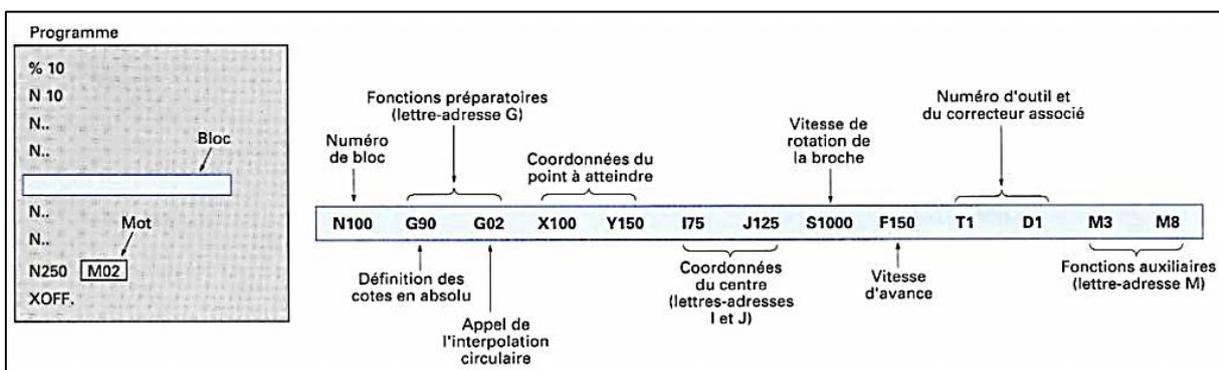


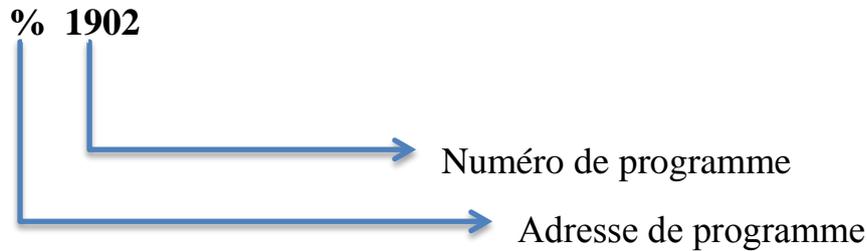
Fig.1-13. Structure d'un bloc de programme d'usinage.[3]

1.6.2.1. Numéro de programme

L'une des règles que le programme doit vérifier en premier, c'est son numéro. On désigne les numéros des programmes par « % » suivi par un nombre sur les machines qui utilisent les langages SINUMERIK, NUM et FAGOR, et par « O » pour les machines qui utilisent le langage FANUC. Suivant les types de machine, la capacité de

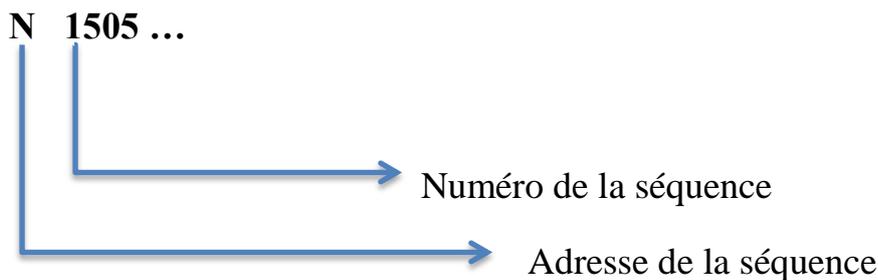
stockage des programmes varie d'une machine à une autre. Pour les MOCN EMCO, les numéros des programmes varient de 1 à 9999.

On distingue les programmes principaux, des sous programmes et des cycles par la représentation suivante :



1.6.2.2. Séquence du programme

Le nombre de séquence dans les MOCN EMCO varie de 1 à 9999. Il est préférable de prendre des pas de 10 pour pouvoir ajouter d'autres séquences entre deux séquences déjà programmées.

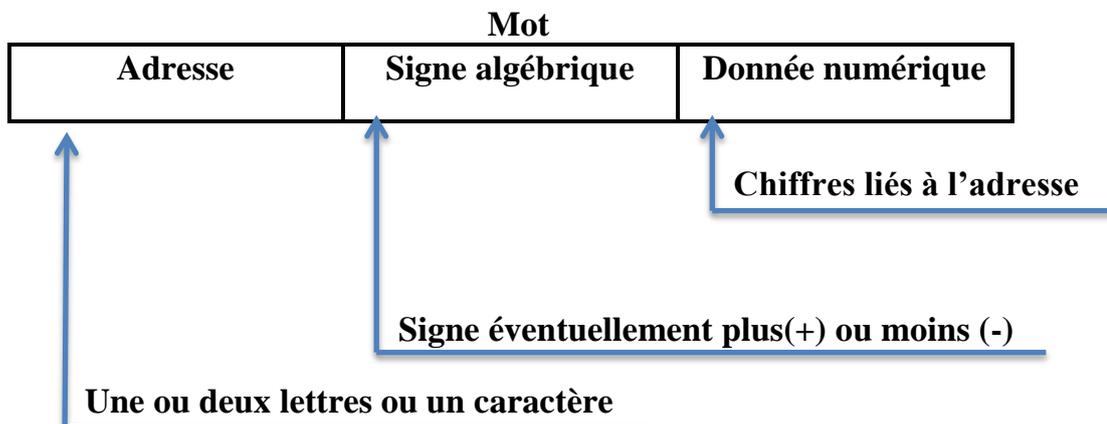


1.6.2.3. Mots

Le mot définit une instruction ou donnée à transmettre au système de commande. Types de mots :

- mots définissant des dimensions,
- mots définissant des fonctions.

Le format de mot définit les caractéristiques particulières de chaque mot codé employé en programmation.[1]



1.6.2.4. Adresses utilisés

Le tableau 1-7 présente adresses utilisés :

Tableau 1-7. Adresses utilisées.[6]

Adresses	Désignations
%	Numéro de programme principale 1 à 9999
L	Numéro de sous-programme 1 à 9999
N	Numéro de séquence 1 à 9999
G	Fonction déplacement
M	Fonction de commutation, fonction supplémentaire
A	Angle
D	Correction d'outil 1 à 49
F	Avance, Temporisation
I, J, K	Paramètre de cercle, pas de filetage
P	Nombre de perçage pour sous-programme, facteur d'échelle
R	Paramètre de reprise pour cycle
S	Vitesse de broche
T	Appel d'outil (position de changeur d'outil)
U	Rayon de cercle, rayon (signe positif), chanfrein (signe négatif)
X, Y, Z	Données de position (X aussi temporisation)
L _F	Fin de séquence

1.6.2.5. Codes utilisables

Le tableau 1-8 présente codes utilisables dans les normes ISO et EIA :

Tableau 1-8. Codes utilisables.[6]

signification	ISO	EIA
10 chiffres	de 0 à 9	de 0 à 9
Lettres de l'alphabet	A à Z	A à Z
Début de programme	%	EOR
Début de commentaire	(,
Fin de commentaire)	%
Signe +	+	+
Signe -	-	-
Point décimal	.	.
Supérieur	>	
Inférieur	<	
Multiplié	*	
Egal	=	

Division	/	
A Commercial	@	
Fin de bloc	LF	CR
Saut de bloc	/	/
Subdivision de programme	:	lettre O
Fin de bande	X OFF	BS

1.6.3. Les fonctions préparatoires G

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 cycle spécifique d'usinage, etc. Les fonctions G peuvent être modale, 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 ou elles sont programmées. Un bloc d'information peut contenir plusieurs fonctions préparatoires G si elles ne sont pas contradictoires.[7]

Tableau 1-9. Illustre la différence des fonctions préparatoires :

Tableau 1-9. La différence des fonctions préparatoires G.

CODE	FANUC	SINUMERIK	NUM	FAGOR
G	TOURNAGE			
00	•	•	•	•
01	•	•	•	•
02	•	•	•	•
03	•	•	•	•
04	•	•	•	•
05			•	•
06			•	•
07			•	•
08				•
09		•	•	•
10	•	•	•	
11		•	•	
12		•	•	
13		•		
14				•
15				•
16			•	•
17	•			
18	•			
19	•			
20	•		•	•

21	.		.	.
22	.		.	.
23	.			.
24				.
25	.			.
26	.			.
27	.			.
28	.			.
29				.
30	.			.
31	.			.
32	.			.
33		.	.	.
34	.			
35				
36	.			.
37	.			.
38			.	.
39				.
40	.	.	.	.
41	.	.	.	.
42	.	.	.	.
43				
44				
45				
46				
47				.
48		.	.	.
49			.	.
50	.	.		.
51		.	.	.
52			.	.
53		.	.	.
54		.	.	
55		.		
56		.		
57		.		
58		.		
59		.	.	.
60		.		
61				

62		•		
63			•	
64		•	•	
65	•		•	•
66	•		•	
67	•			
68	•			•
69	•			•
70	•	•	•	•
71	•	•	•	•
72	•			•
73	•		•	
74	•		•	
75	•		•	•
76	•		•	•
77			•	
78			•	
79			•	
80	•		•	
81			•	•
82			•	•
83	•		•	•
84	•		•	•
85			•	•
86	•			•
87	•		•	•
88	•			•
89	•		•	•
90	•	•	•	•
91		•	•	•
92	•	•	•	•
93				•
94	•	•	•	•
95		•	•	•
96	•	•	•	•
97	•		•	•
98	•		•	
99	•			

- Les fonctions G existent en tournage sur différentes commande

Le tableau1-10 présente classification des fonctions préparatoires G :

Tableau.1-10. Classification des fonctions préparatoires G.[6]

Types	Définition	Exemple	commentaires
Modales	Une fonction G modale appartient à une famille de fonction G qui se révoque mutuellement	N40 G00 X.. Z.. N50 G01 Z..	Interpolation linéaire a vitesse rapide. Interpolation linéaire a vitesse d'usinage qui révoque G00.
Non modales	Une fonction G non modal est uniquement valide dans le bloc où elle est programmée.	N70 G09 X..	Arrêt précis en fin de bloc a X=300 révocation en fin de bloc.
Incompatible	Une fonction G est incompatible si sa programmation avec une autre n'est pas autorisée selon l'état du programme en cours	N120 G18 G41 Z.. N120 G41 G18 Z..	Choix du plan ZX (G18) puis correction du rayon (G41). Correction du rayon (G41) interdite avant choix du
Avec argument associé	<p>Une fonction G avec arguments associés est suivie d'un ou plusieurs mots spécifiques qui suivent la fonction.</p> <p>Arguments obligatoires :</p> <ul style="list-style-type: none"> - la fonction G annonce uniquement des arguments. - la fonction G révoque un état modal et caractérise un argument différemment. <p>Argument facultatif :</p> <ul style="list-style-type: none"> - les arguments sont facultatifs si la fonction G permet de les déterminer par défaut. 	<p>N140 G16 P+</p> <p>N160 G94 F100 N.. N190 G95 F0.5</p> <p>N210 G96 [X45] S140</p>	<p>Orientation de l'outil (G16) suivant l'axe X+ (P+)</p> <p>Vitesse d'avance définie en mm.min⁻¹</p> <p>Vitesse d'avance redéfinie en mm.tr⁻¹</p> <p>Si la position de X=45 est déterminée dans un bloc précédent, elle n'a pas besoin d'être répétée</p>

	Argument programmé seul : L'argument peut être programmé seul dans un bloc si la fonction G associée est toujours active.	N240 G94 F160 N.. N270 F100	La fonction vitesse d'avance (G94) défini a F=160mm.min ⁻¹ en N240 n'a pas besoin d'être répétée pour être redéfinie a F=100 mm.min ⁻¹ en N=270
--	--	-----------------------------------	---

1.6.4. Les fonctions auxiliaires M

Les fonctions auxiliaires (adresse M suivi d'un nombre de 1 à 3 chiffres) servent essentiellement à la programmation des fonctions de commutation de la machine, ou encore des fonctions avant ou après selon qu'elles sont exécutées avant ou après le déplacement programmé dans le bloc.[7]

Le tableau1-11 présente la différence des fonctions M des commandes Fanuc et Sinumerik.

Tableau.1-11. Différence des fonctions auxiliaires M. [8]

Fonctions	FANUC	SINUMERIK
M00	Arrêt programme	Arrêt programme absolu
M01	Arrêt programme conditionnel	Arrêt programme conditionnel
M02	Fin de programme	Fin de programme principal
M03	Broche on sens des aiguilles d'une montre	Rotation broche principale à droite on
M04	Broche on sens contraire des aiguilles d'une montre	Rotation de broche principal à gauche on
M05	Broche hors	Broche principal hors
M08	Arrosage on	Arrosage on
M09	Arrosage hors	Arrosage hors
M13	Outil entraine on sens des aiguilles d'une montre	
M14	Outil entraine on sens contraire des aiguilles d'une montre	
M15	Outil entraine hors	
M17		Fin de sous-programme
M20	Recul fourreau	Fourreau recul
M21	Avance fourreau	Fourreau en avant
M22	Recul bac de récupération	
M23	Avance bac de récupération	
M24	Ouverture organe de serrage	
M25	Fermeture organe de serrage	Ouverture organe de serrage
M26		Fermeture organe de serrage

M30	Fin de programme principal	Fin de programme principal
M32	Fin de programme avec mode chargeur	
M52	Mode axe circulaire (axe c on)	Axe c on
M53	Mode broche (axe c hors)	Axe c hors
M57	Oscillation broche on	
M58	Oscillation broche hors	
M67	Avance de barre/embarrure on	
M68	Avance de barre/embarrure hors	
M69	Changement de barre	
M71	Soufflerie on	Soufflerie on
M72	Soufflerie hors	Soufflerie hors
M90	Mandrin de serrage manuel	
M91	Organe de serrage à traction	
M92	Organe de serrage a pression	
M93	Surveillance de la position finale hors	
M94	Activer avance de barre/embarrure	
M95	Désactiver avance de barre/embarrure	
M98	Appel de sous-programme	
M99	Fin de sous-programme, ordre de saut	

Le tableau1-11 présente la différence des codes M des commandes Num et Fagor :

Tableau.1-11. Différence des fonctions auxiliaires M.[8]

<i>Fonction</i>	<i>NUM</i>	<i>FAGOR</i>
M00	Arrêt programme	Arrêt programme absolu
M01	Arrêt programme optionnel	Arrêt programme conditionnel
M02	Fin de programme	Fin de programme principal
M03	Rotation de broche sens anti trigonométrique	Rotation broche principale à droite on
M04	Rotation de broche sens trigonométrique	Rotation de broche principal à gauche on
M05	Arrêt de broche	Broche principal hors
M06	Appel d'outil	
M07	Arrosage numéro 2	
M08	Arrosage numéro 1	Arrosage on
M09	Arrêt d'arrosage	Arrosage hors
M10	Blocage d'axe	
M11	Déblocage d'axe	
M12	Arrêt d'usinage programme	

M17		Fin de sous-programme
M19	Indexation de broche	
M20		Fourreau recul
M21		Fourreau en avant
M25		Ouverture organe de serrage
M26		Fermeture organe de serrage
M30		Fin de programme principal
M40	Gammes de broche	
M41	Gammes de broche	
M42	Gammes de broche	
M43	Gammes de broche	
M44	Gammes de broche	
M45	Gammes de broche	
M48	Validation des potentiomètres de broche et d'avance	
M49	Inhibition des potentiomètres de broche et d'avance	
M52		Axe c on
M53		Axe c hors
M61	Libération de la broche courante dans le groupe d'axes	
M62 à M65	Commande des broches 1 à 4	
M66 à M69	Mesure des broches numéro 1 à 4	
M71		Soufflerie on
M72		Soufflerie hors

Le tableau 1-12 illustre la classification des fonctions auxiliaires M.

Tableau 1-12. Classification des fonctions auxiliaires M.[6]

Types	Définition	Exemple	commentaires
Modales	Une fonction M modale appartient a une famille de fonction M qui se révoque mutuellement	N40 S1000 M03 N.. N80 M05	Mise en rotation de la broche (M03) à 1000tr.min ⁻¹ (s1000) Arrêt de la broche.
Non modales	Une fonction M non modal est uniquement valide dans le bloc où elle est programmée.	N70 M00	Arrêt programmé.
Avant	Une fonction M « avant » est exécutée avant les déplacements programmés dans le bloc.	N120 X50 Y40 M08	La mise en route de l'arrosage (M08) est exécutée avant les déplacement en X et en Y.
Après	Une fonction M « après » est exécutée après les déplacements programmés dans le bloc.	N150 X70 Y20 M09	L'arrêt de l'arrosage M09 est exécutée après les déplacements en X et en Y.
Codées	Une fonction M codée est définie par le constructeur. De M100 à M199 : fonctions après non modale. De M200 à M899 : fonctions avant modales.		

Décodées	Une fonction M décodée est une fonction de base dont la signification est établie. Ces fonctions sont acquittées ; cet acquittement permet la poursuite du programme.		
-----------------	--	--	--

1.7. Conclusion

Après une présentation sommaire de la technologie des MOCN, il a été déduit que les directeurs de commande sont aussi variés que divers d'un constructeur à un autre, de même que les fonctions utilisées. La connaissance et la détermination des prises de référence ou origines sont d'un apport appréciable en vue d'une programmation CN.

Chapitre 2

Préparation de poste de travail

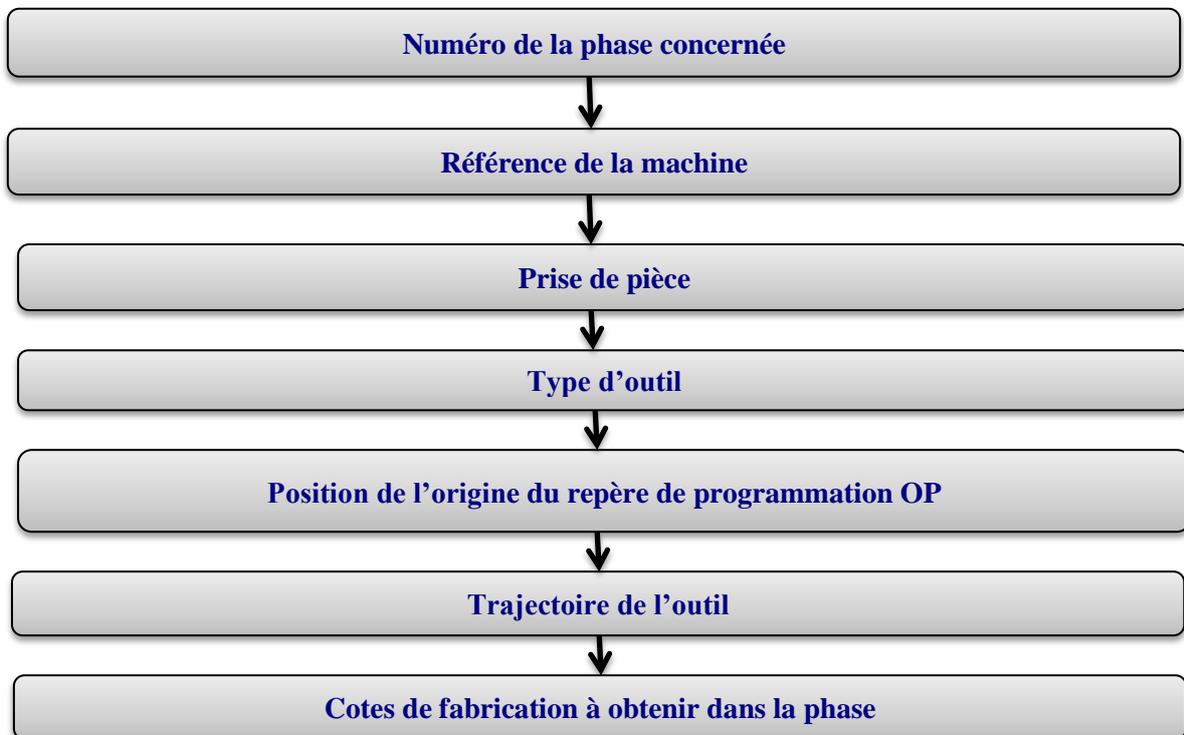
2.1. Introduction

L'objectif de ce chapitre est de définir les ensembles, et notamment les origines, permettant de positionner l'origine programme par rapport à la structure de la MO. Ce chapitre est consacré à la préparation des postes de travail pour différentes machines Denford, Emco PC 155 Turn, Boxford 160TCLi de commandes respectives Fanuc, SINUMERIK, Fanuc.

2.2. Utilisation d'une MOCN

2.2.1. Avant-projet d'étude de fabrication [8]

A l'issue de l'avant-projet d'étude de fabrication (APEF), un ensemble de contrat de phase est rédigés. Sur ces documents est spécifiés l'ensemble des informations nécessaire à la mise en production de la phase concernée :



2.3. Systèmes d'axes [9]

La norme NF Z 68-020 définit un système de coordonnées machine et les mouvements de la machine de telle façon qu'un programmeur puisse décrire les opérations d'usinage sans avoir à distinguer si l'outil s'approche de la pièce ou la pièce de l'outil. Ce système d'axes peut être défini d'après cette norme pour n'importe quel type de machine. Cette normalisation est notamment nécessaire pour garantir l'interchangeabilité des programmes sur plusieurs machines différentes. Cette norme étant complexe, nous allons en présenter une version simplifiée pour les machines les plus usuelles.

Le système normal de coordonnées est un système cartésien rectangulaire de sens direct avec les trois principaux axes appelés X, Y et Z et avec des axes de rotation autour de chacun de ces axes appelés respectivement A, B et C.

2.3.1.1. Axes primaires (mouvement de translation)

Le système normal de coordonnées est un trièdre orthonormé direct (X, Y, Z). Le sens positif est celui qui provoque un accroissement de dimension. Dans la plupart des cas :

- L'axe Z : est celui de la broche.
- L'axe X : est le déplacement ayant la plus grande amplitude.
- L'axe Y : forme avec les deux autres axes le trièdre de sens direct.

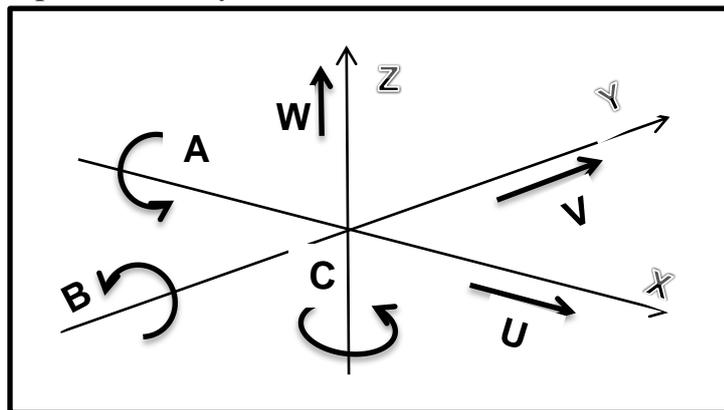
2.3.1.2. Axes secondaires (U, V, W)

Les axes U, V et W sont parallèles à X, Y et Z (mouvement de translation).

2.3.1.3. Axes rotatifs (A, B, C)

Les axes A, B et C définissent les mouvements de rotation autour des axes X, Y et Z.

La figure 2-1. Représente un système de coordonnées machine :



**Fig.2-1. Ce Système de coordonnées est conforme à la norme
NF Z 68-020 (ISO 841).**

2.4. Référentiel de programmation

Axe Z : axe de la broche ; il correspond au déplacement longitudinal de la tourelle porte-outils.

Axe X : perpendiculaire à l'axe Z ; il correspond au déplacement radial de la tourelle porte-outils.

La figure 2-2. Représente la référentielle programmation en tournage :

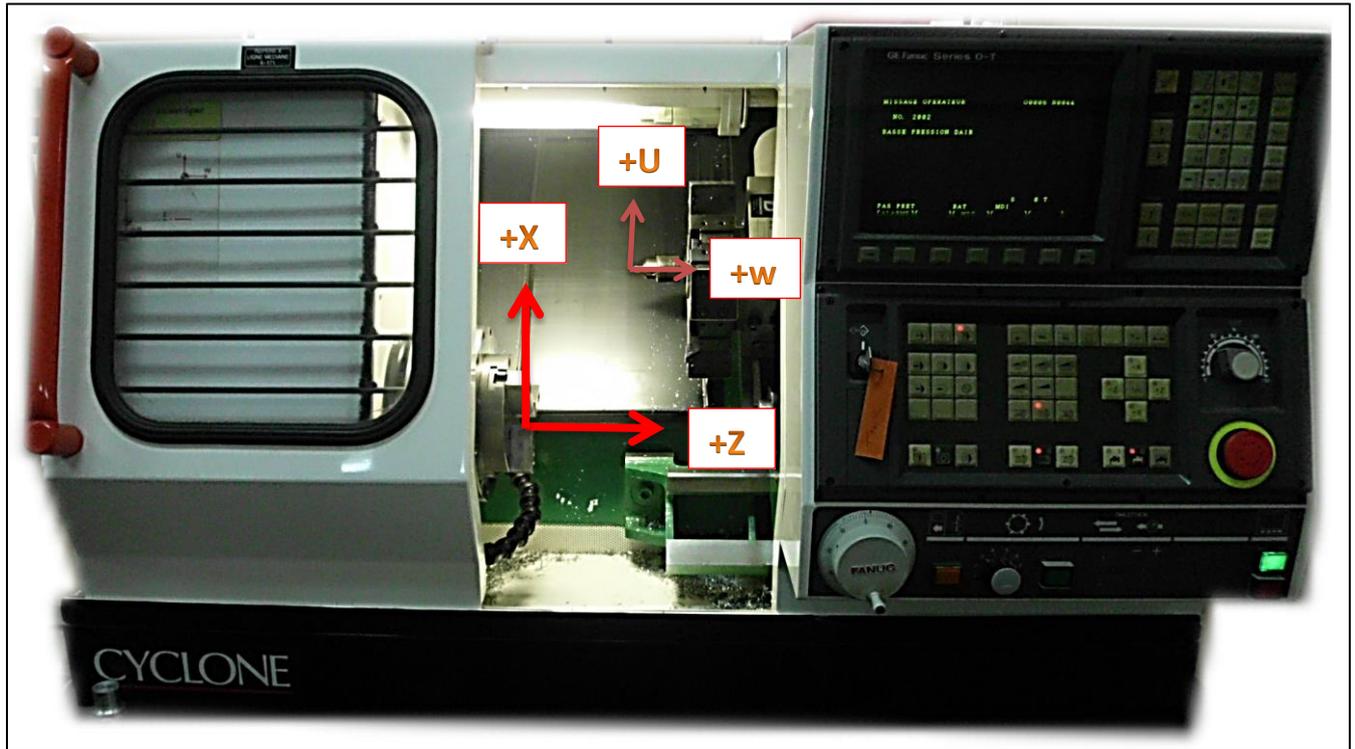


Fig.2-2. référentiel programmation d'un tour à 4 axes.

2.4.1. Origines

2.4.1.1. Définitions

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

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

Le Tableau 2-1 représente points utilisées dans des MOCN.

Tableau 2-1. Points utilisées dans des MOCN.[6]

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

Remarque :

Les origines dans les machines EMCO sont présentées comme suit :

Origine machine (M), Origine mesure ou point de référence (R), et l'origine pièce (W).

La figure 2-3 montre représentation des origines en tournage.

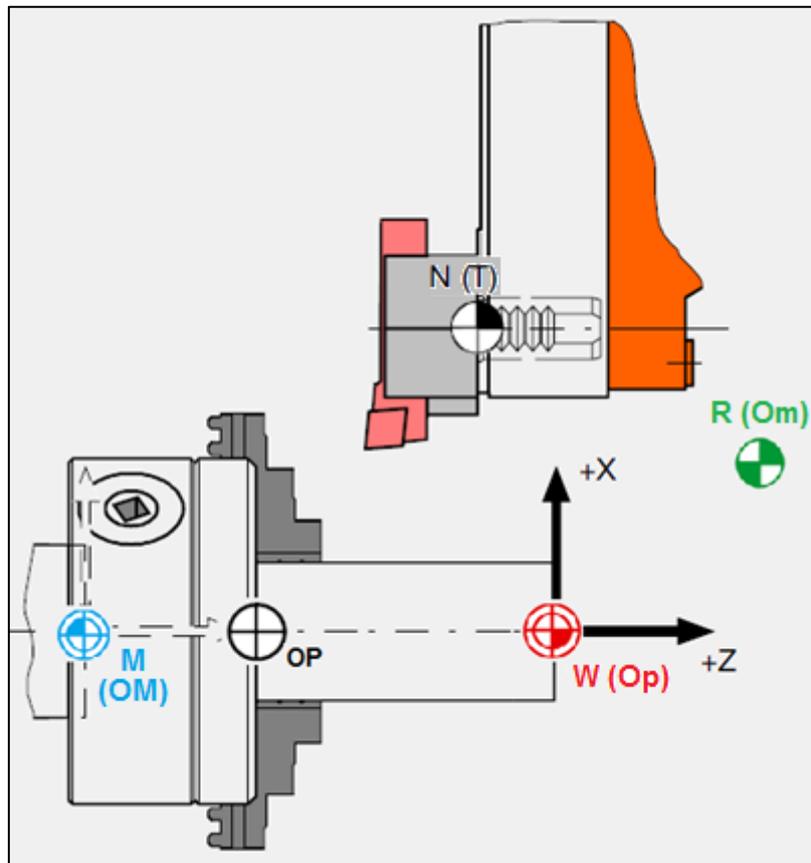


Figure 2-3. Représentation des origines. [10]

2.4.2. Jauge et correction d'outil

2.4.2.1. Définition

La jauge d'un outil est la distance comprise entre l'arête coupante de l'outil et le point de référence de la tourelle porte-outil.

Pour bien conduire l'outil, la machine a besoin de connaître :

- la longueur de l'outil sur l'axe X;
- la longueur de l'outil sur l'axe Z ;
- le rayon de la plaquette.

Ces caractéristiques sont appelées jauges.

- ❖ La jauge outil sur X est « La distance orientée sur X du point générateur au point piloté de la tourelle ».
- ❖ La jauge outil sur Z est « La distance orientée sur Z du point générateur au point piloté de la tourelle ».
- ❖ Le rayon de la plaquette est le rayon du bec de la plaquette.

La figure 2-4 représente jauge outil en tournage.

L'adresse D affectée d'un numéro sélectionne le correcteur d'outil. Les dimensions d'outil en mémoire sont validées selon les axes programmés.

X= dimension d'outil suivant X

Z= dimension d'outil suivant Z

R= rayon d'outil

C= orientation du nez d'outil

L'introduction des dimensions d'outil peut être effectuée manuellement, par périphérique ou par programmation.

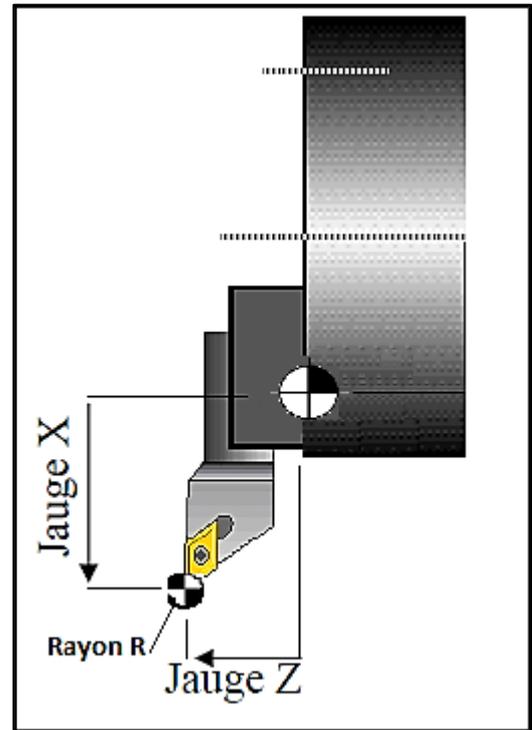


Fig. 2-4. Jauge outil.

2.4.2.2. Correction dynamique d'outil

Il est possible d'introduire à tout moment, compris en cours d'usinage, une correction dynamique de l'outil lorsqu'il est constaté, sur une pièce, un écart entre la cote attendue et la cote obtenue.

Correction dynamique sur X : DX

Correction dynamique sur Z : DZ

Cette correction positive ou négative a pour objet de compenser une faible variation de dimensions d'outil ou de pièce.

Le système prendra en compte les dimensions corrigées d'outils :

Longueur corrigée X= Jauge X + DX/2

Longueur corrigée Z= Jauge Z + DZ

La figure 2-5 représente correction dynamique d'outil.

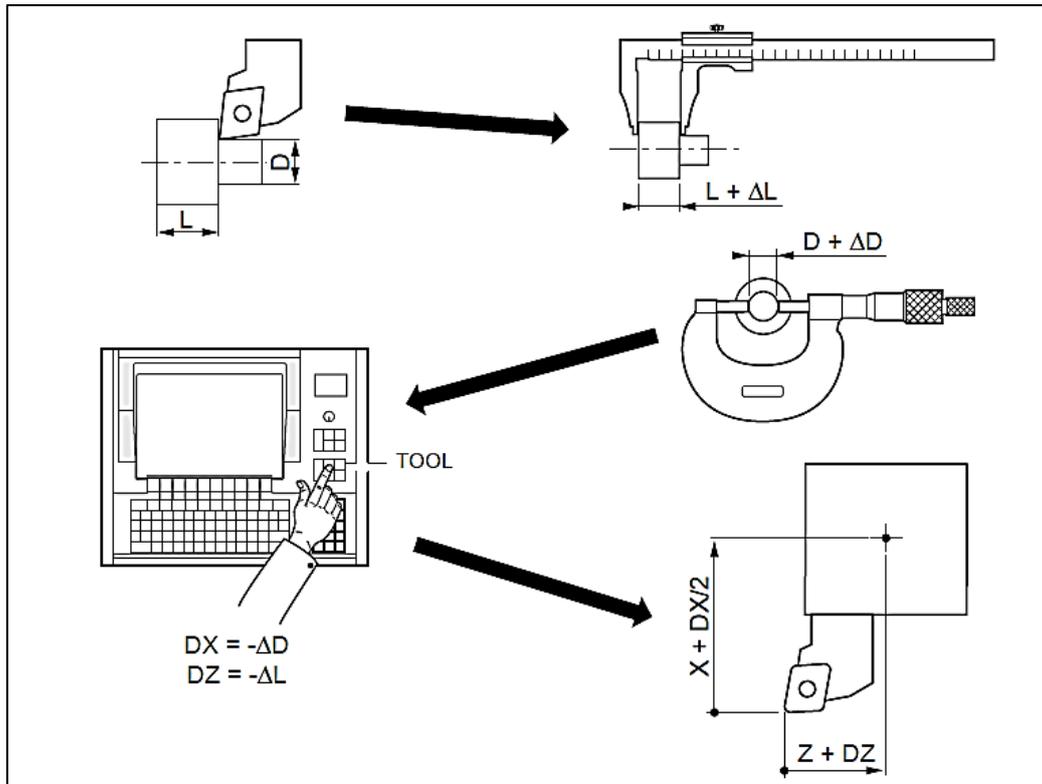


Fig. 2-5. Correction dynamique d'outil.

- **Syntaxe**

N120 [G16 R+] D01 [G40/G41/G42] X.. Z..

G16 R+	Orientation de l'axe de l'outil suivant Z+.
D01	Numéro du correcteur (de 1 à 255).
G40	Annulation de la correction de rayon.
G41/G42	Correction de rayon d'outil.
X.. Z..	Point à atteindre.

- **Exemple**

Usinage avec l'outil T01 affectée des correcteurs D01 et D10. Les correcteurs de rayon 1 de l'outil T01 sont pris en compte à la lecture des fonctions G41 et G42 et d'un déplacement sur l'un des axes de plan programmé après D.

%75	
N10 G00 G52 X150 Z200	Position de changement d'outil
N20 T01 D01 M06	Appel outil T01 et correcteur D01
N30 S800 M40 M04	
N40 G00 G42 X50 Z100	Prise en compte du rayon R de D01
N...	
N100 G00 G40 Z100	Annulation de la correction de rayon R de D01
N110 G42 X80 Z20 D10	Prise en compte du rayon R de D10
N...	
N200 G00 G40 X110 Z40	Annulation de la correction de rayon R de D10
N...	

2.4.2.3. Recherche et contrôle des valeurs

- Décalage d'origine pièce **PREF**

Le paramètre PREF représente la distance entre l'origine mesure R (Om) l'origine pièce W (Op).

On introduit pour chaque axe les valeurs en X, Z que l'on désire affecter à chaque coordonnée.

- Décalage d'origine programme **DEC1**

Le paramètre DEC1 représente la distance entre l'origine pièce W (Op) et l'origine programme (OP).

On introduit pour chaque axe les valeurs en X, Z que l'on désire affecter à chaque coordonnée. [6]

Le tableau 2-2 représente décalage sur différents axes.

Tableau 2-2. Décalage sur différents axes.[6]

<p>Décalage sur l'axe Z</p>	
<p>Décalage sur l'axe X Solution avec DEC1</p>	
<p>Décalage sur l'axe X Solution sans DEC1</p>	<p>PREF X : Valeur fixe relevée entre l'OM et l'axe de la broche.</p>

La position d'un point quelconque (A) définie par rapport à l'origine programme (OP) est convertie par la CN en coordonnées par rapport à l'origine mesure W (Om) comme montre dans la figure 2-6.

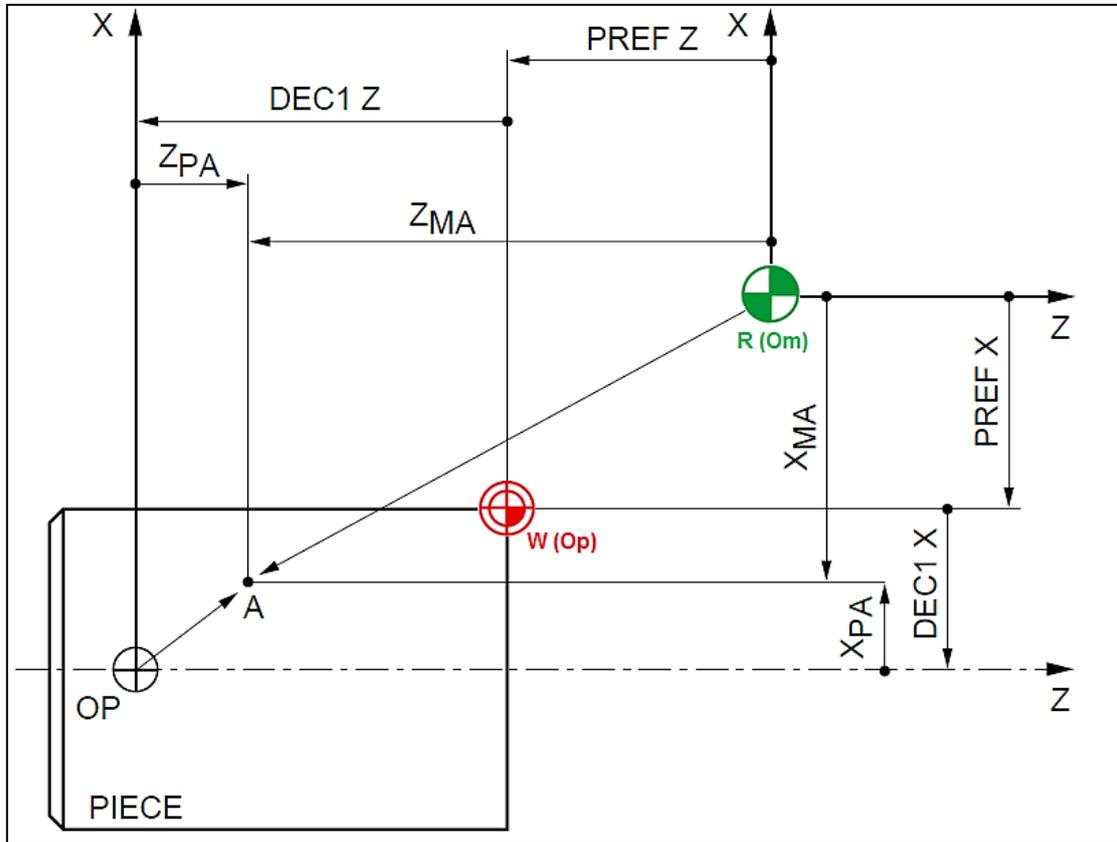


Fig.2-6. Représentation des cotes programmes et cotes mesures[6]

Cotes programme Par rapport à l'OP	Cotes mesure Par rapport à l'Om
X_{PA}	$X_{MA} = X_{PA} + PREF X + DEC1 X$
Z_{PA}	$Z_{MA} = Z_{PA} + PREF Z + DEC1 Z$

2.5. Réglage de la position relative Origine Machine/Origine Programme sur différentes MOCN

Les réglages proposés sont effectués sur trois machines de tournage (Denford, PC Turn 155, et Boxford tour).

2.5.1. Réglage sur Denford [8]

2.5.1.1. *Remise à zéro d'une MOCN (RAZ)*

Cycle opératoire pour le réglage de l'origine machine (OM) d'un tour :

- Appuyer sur la touche POS
- Appuyer sur la touche TOUS
- Sélectionner le mode travail manuel
- Dégager l'outil suivant les axes Z-, puis X-
- Désélectionner la touche OM
- Appuyer sur les touches Z+, puis X+
- Contrôler les valeurs X00 Z00 sur écran
- Procéder à l'étalonnage des coordonnées en cas de nécessité

2.5.1.2. *Introduction des données de départ*

- Sélectionner le mode de travail IMD
- Introduire un programme de mise en rotation M03 S900 par exemple
- Mettre en marche en appuyant sur la touche Cycle puis arrêter manuellement.

Maintenant, la machine est prête. Il est possible de procéder au réglage de l'origine programme (OP).

2.5.1.3. *Réglage de l'origine programme (OP)*

Sélectionner le mode travail manuel

-l'OP est déterminé à l'aide de bouton OFFSET

Pour chaque outil T-----, tangenter :

Suivant Z et éditer MZ 0 (zéro)

Suivant X et éditer MX Diamètre

Remarque:

L'origine pièce est déterminée par la butée

Le réglage de l'origine programme est terminé. Le programme sera comme suit :

G28 U0 W0 \longrightarrow OM

2.5.2. Réglage sur PC TURN 155

- Décalage d'origine direct G54

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

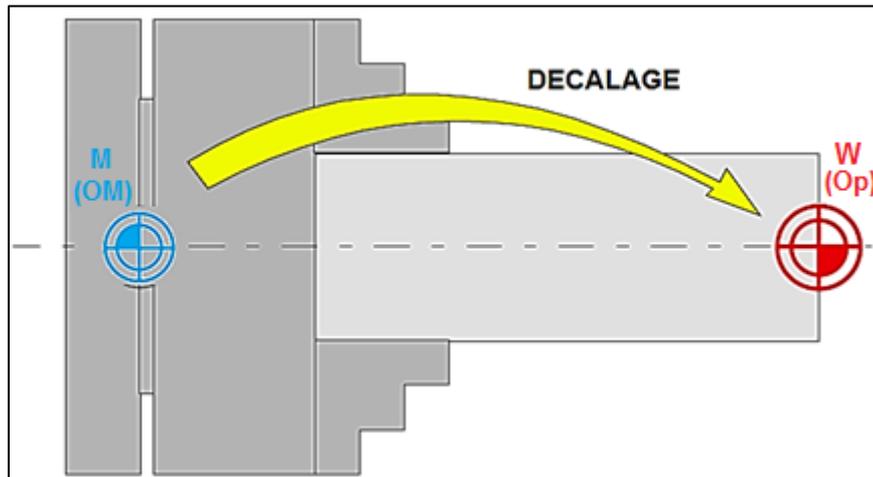


Fig 2-7. Décalage de l'origine machine.[10]

« OM » est décalé directement vers « Op » par une distance Z_p égale à Z_1 . par ailleurs, le point « Op » se trouve aussi sur l'axe de tournage d'où la valeur X_p est nulle. Pratiquement, pour déterminer la valeur Z_1 , plusieurs méthodes sont citées dans la littérature. La méthode la plus courante est la méthode d'affleurement. Le point « N » étant sur la face avant de la tourelle est repéré par rapport à l'origine machine « OM ». Si on veut connaître la position de la face avant de la pièce (Op) par rapport à l'origine machine, il suffit de la faire toucher à la face avant de la tourelle.

Le principe de la méthode d'affleurement donc, est de faire coïncider une feuille de papier entre la face avant la tourelle et la face avant de la pièce comme la montre la figure 2-8.

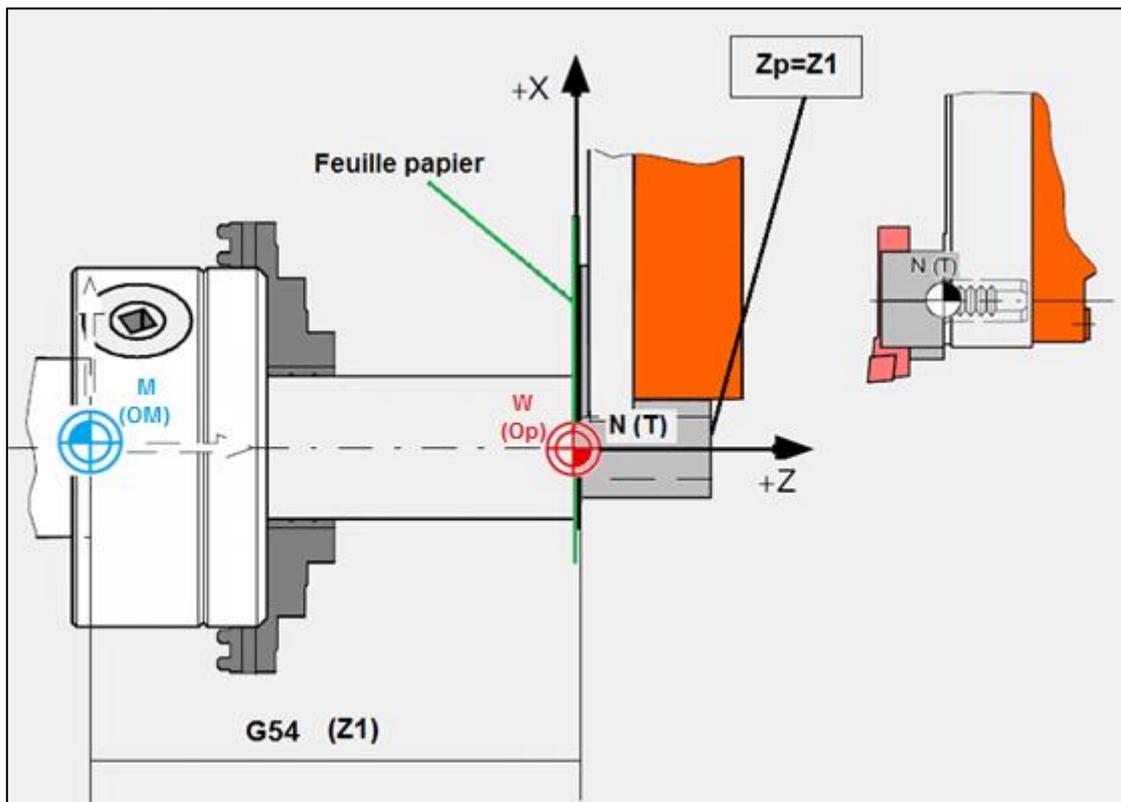


Fig 2-8. Décalage direct .[10]

Dans un mode de fonctionnement quelconque, actionnez la touche de fonction reconfigurable DONNEES DE REGLAGE, actionnez ensuite la touche de fonction reconfigurable DECALAGE ORIGINE. Le masque d'entrée destiné à l'introduction du décalage d'origine G54 apparaît sur l'écran. Les différents décalages G54-G57 peuvent être sélectionnés au moyen des touches de fonction reconfigurables.

Les valeurs définies (par ex: X = 0, Z = longueur du mandrin) sont entrées sous le DECALAGE D'ORIGINE.

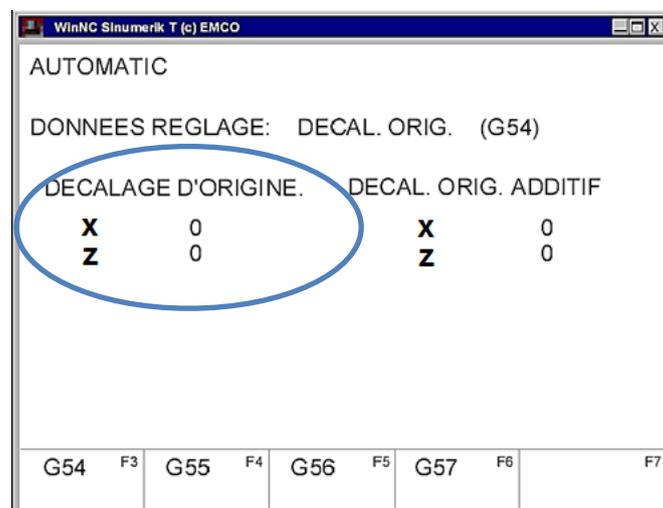


Fig.2-9. Masque d'entrée pour décalage d'origine G54.[4]

2.5.3. Réglage sur Boxford

- Remise à zéro (RAZ)

Cycle opératoire pour une remise à zéro de Boxford :

- Actionner sur **Bouton d'arrêt d'urgence (1)** ;

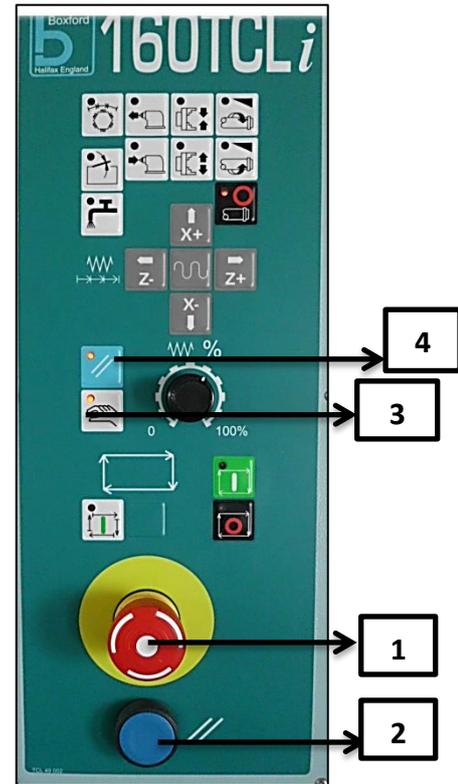
Tournez ce bouton pour le relâcher et appuyer sur le bouton Power Reset [Réinitialisation de l'alimentation], pour autoriser le démarrage de tour.

- Appuyer sur **Réinitialisation de la mémoire de la machine (2)** ;

- Appuyer sur **Mode Manuel (3)** ;

Si vous appuyer sur ce bouton, le voyant s'éteint et la machine est commandée par l'ordinateur (mode automatique). Appuyer de nouveau sur ce bouton pour revenir au mode de fonctionnement manuel.

- Appuyer sur **Remise à zéro (4)** ;



2.6. Conclusion

Dans ce chapitre on a étudié les différents points de référence, décalage d'origine, le réglage et la géométrie de l'outil sur les machines-outils à commande numérique MOCN en tournage.

Chapitre III

Outil développé CAM2P

3.1. Introduction

Ce chapitre est consacré à la présentation de l'outil CAM2P développé contribuant à la préparation des postes de travail en utilisant le langage Visual Basic Express 2010.net[11] et Microsoft Office Access 2010[12] pour créer des bases de données, le logiciel Ulead Photo Impact X3[13] pour les traitements d'images, ainsi que le logiciel de montage vidéos PINNACLE Vidéo Studio version 14.[14]

L'ordinateur se transforme en système complet d'acquisition et de montage de vidéo, sans être contraint d'utiliser du matériel spécialisé et coûteux.

Pour la programmation CNC, des applications d'usinage en tournage est visualisée par des séquences vidéos, des simulations et des illustrations correspondant à la préparation du chaque poste de travail.

3.2. Présentation du module

L'interface principale d'outil développé CAM2P concerne et le Tournage et le Fraisage.

La figure 3-1 illustre l'interface principale d'outil développé CAM2P.



Fig 3-1. Interface principale d'outil développé CAM2P.

3.3. Fonctions principales

Cet outil remplit plusieurs fonctions principales. Cliquer sur le bouton **Tournage**, il apparait la fenêtre illustré par la figure 3.2.

- Préparation du poste de travail avec visualisation vidéo.
- Opération avec des séquences vidéo d'usinage et de simulation.
- Les fonctions G et M de différentes commande Fanuc, Sinumerik, Fagor, Num
- Détermination des paramètres de coupe avec des calculs automatiques.
- Outils : différents types d'outils d'usinage.
- Des exemples vidéos d'usinage.

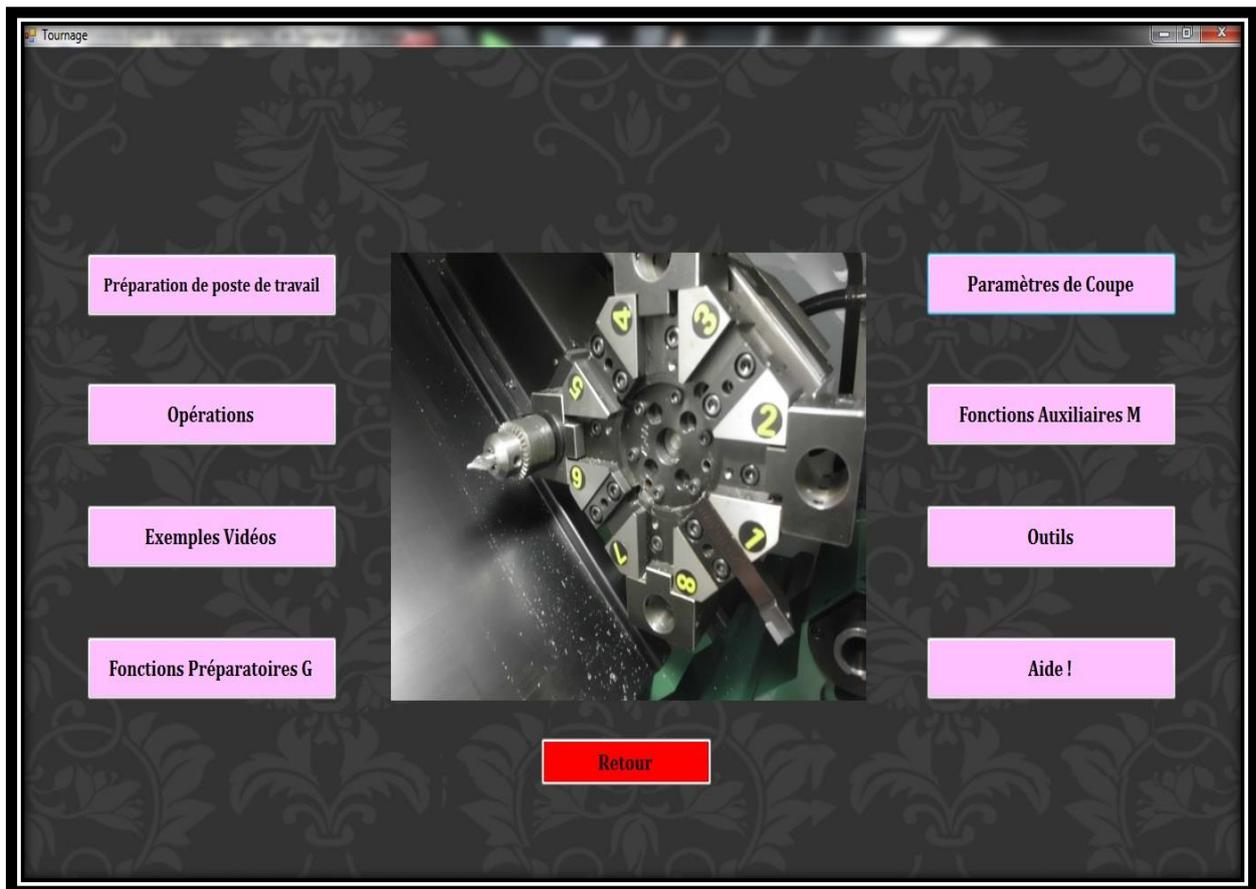


Fig 3-2. Tournage.

3.3.1. Préparation du poste de travail

Cette fonction contient des réglages sur différentes machines, tels que remise à zéro de la machine Boxford, détermination de OP sur Denford Cyclone, détermination de OP sur PC TURN155, avec description de réglage en texte, et visualisation en vidéo, et en images pour différents pupitres.

Pour accéder à cette fonction, cliquer sur le bouton **Préparation du poste de travail** il apparaît la fenêtre illustré par la figure3-3.

Sur la même fenêtre il apparaît la fonction remise à zéro de la machine Boxford après cliquer sur l'onglet RAZ BOXFORD.

Cette fonction montre la remise à zéro sur la machine Boxford, avec description en texte, affichage de panneau de commande, et en visualisation vidéo.

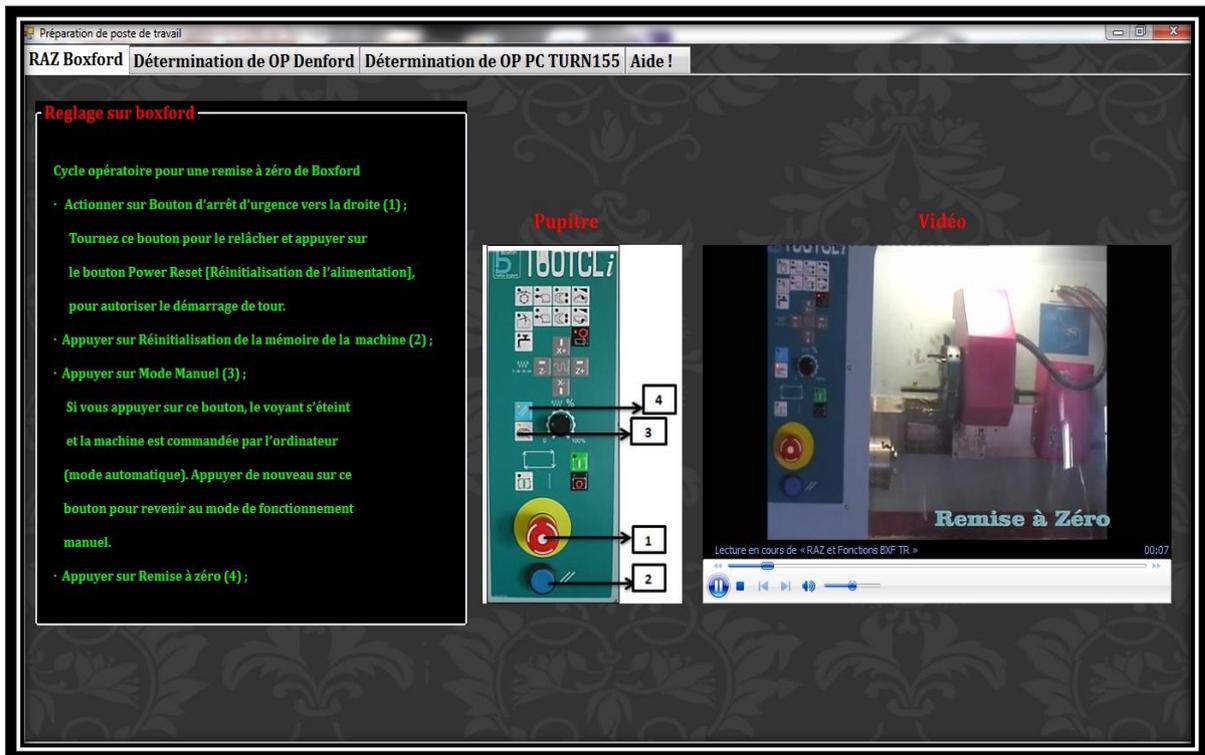


Fig 3-3. RAZ de la machine BOXFORD.

Sur la même fenêtre cliquer sur le deuxième onglet, il apparaît la fonction suivante concernant la détermination de OP sur la machine Denford Cyclone avec description en texte, affichage de pupitre, et visualisation en vidéo.

La figure 3-4 illustre détermination de OP sur la machine Denford Cyclone.

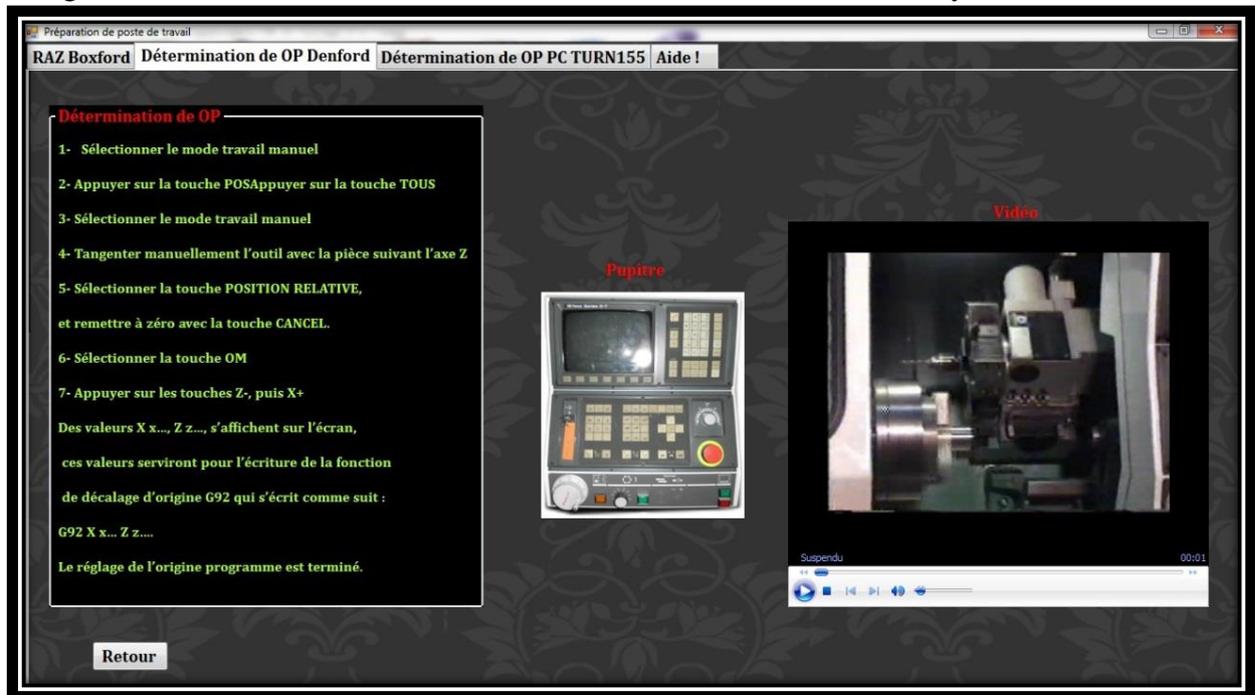


Fig 3-4. Détermination de OP sur la machine Denford Cyclone.

Pour accéder au troisième réglage, il suffit juste de cliquer sur le troisième onglet intitulé **DETERMINATION DE OP PC TURN 155**, il apparaît la fenêtre illustré par la figure 3-5.

Cette fonction présente la détermination de OP sur la machine PC TURN155 de la commande Sinumerik, en expliquant la méthode d'affleurement par écrit, et par images, en plus d'une visualisation vidéo.

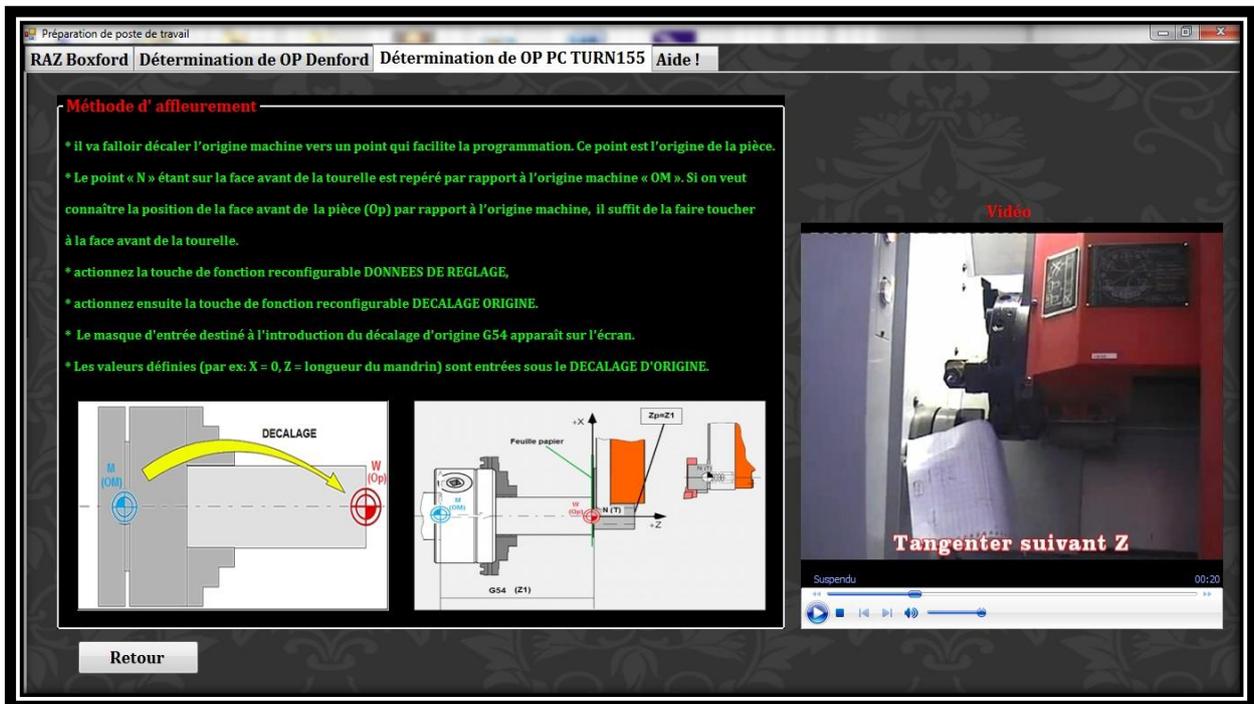


Fig 3-5. Détermination de OP sur la machine PC Turn 155.

3.3.2. Opérations

Cette fonction contient des opérations d'usinage sur la machine Boxford 160TCLi, tels que chariotage, dressage, filetage, tronçonnage,..., avec description d'opération en écriture de bloc d'opération, visualisation en vidéo d'usinage et de simulation en cliquant sur « Play » pour lire la vidéo, et en cas de nécessité sur « Pause » ou « Stop », et illustration en image.

Pour accéder à cette fonction, cliquer sur le bouton **Opérations** il apparaît la fenêtre illustré par la figure 3-6.

Sur la même fenêtre il apparaît la fonction Dressage de la machine Boxford après cliquer sur l'onglet Dressage.

Cette fonction présente l'opération de dressage d'une pièce brute sur la machine Boxford, cette opération est présentée par des séquences vidéos d'usinage et de simulation, illustration d'image, et écriture de bloc d'opération concerné.

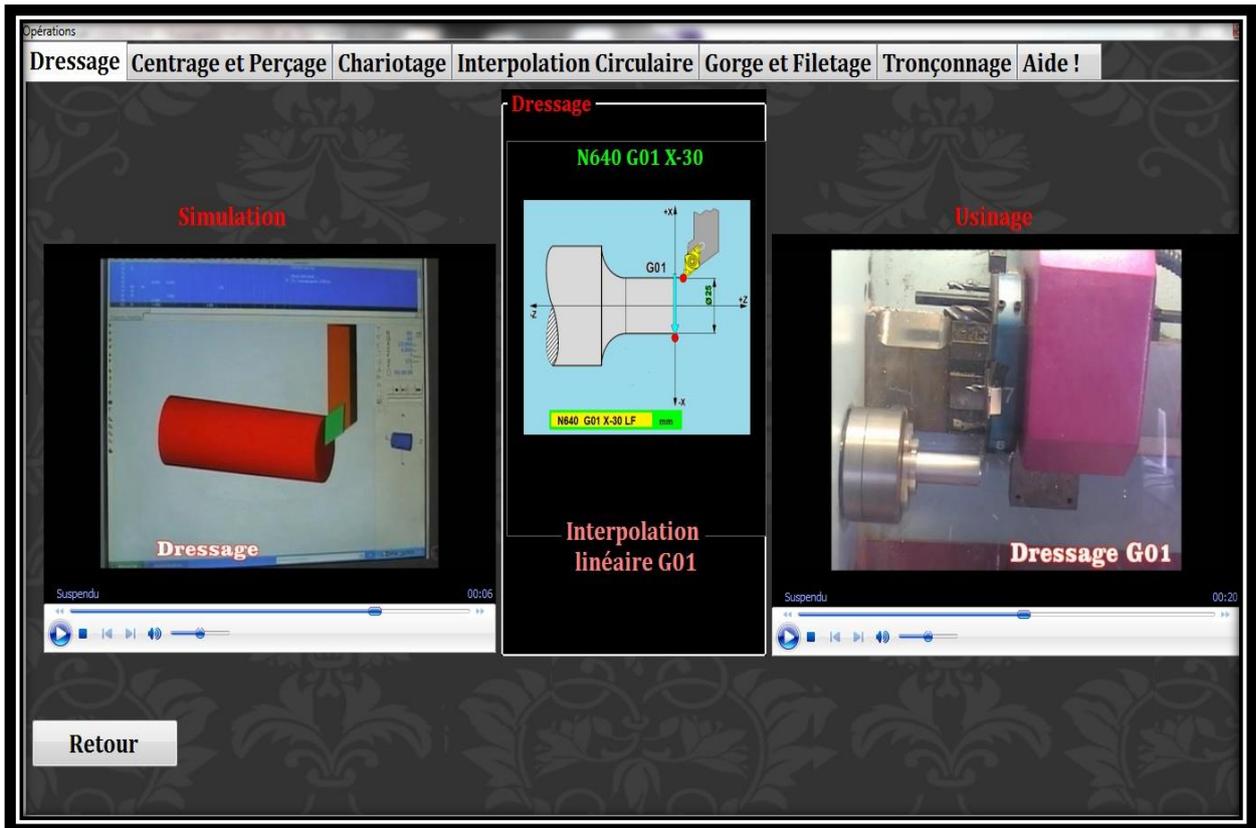


Fig 3-6. Dressage.

Pour accéder au centrage et perçage, cliquer sur le deuxième onglet, il apparaît la fenêtre illustré par la figure 3-7.

Cette fonction présente les opérations de centrage et de perçage de la pièce, en montrant avec des séquences vidéos d'usinage et de simulation, des images et écriture des blocs des opérations concernées.

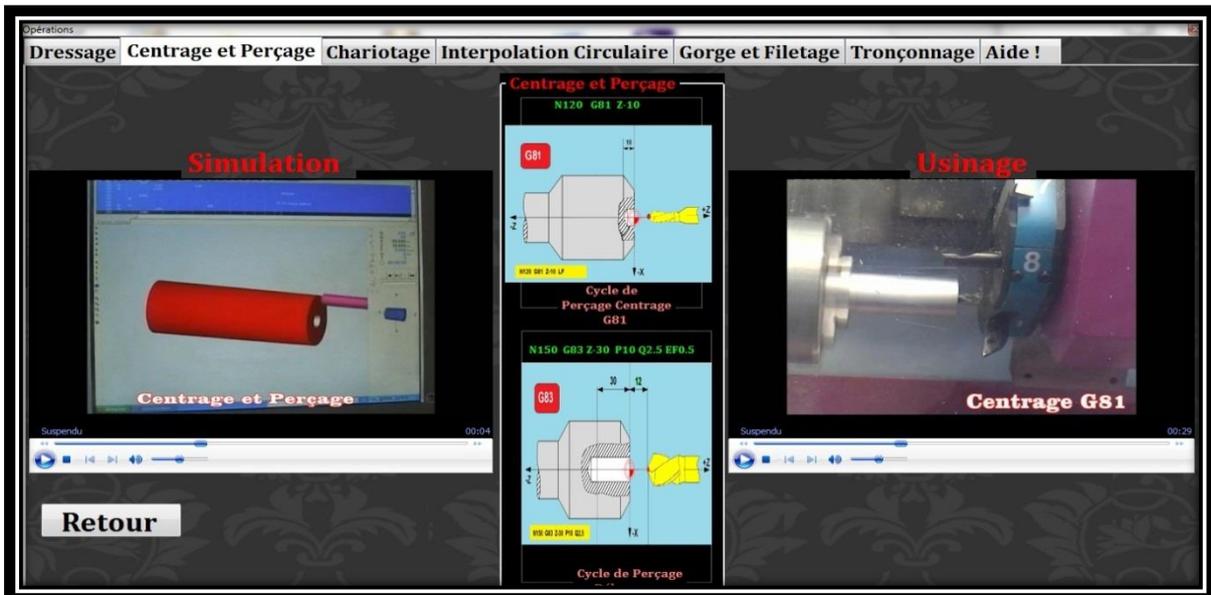


Fig 3-7. Centrage et Perçage.

Pour accéder au chariotage, cliquer sur le troisième onglet, il apparaît la fenêtre illustré par la figure 3-8.

Cette fonction présente l'opération de chariotage, visualiser l'opération avec des séquences vidéos d'usinage et de simulation, et en montrant avec une image et écriture de bloc d'opération concernée.

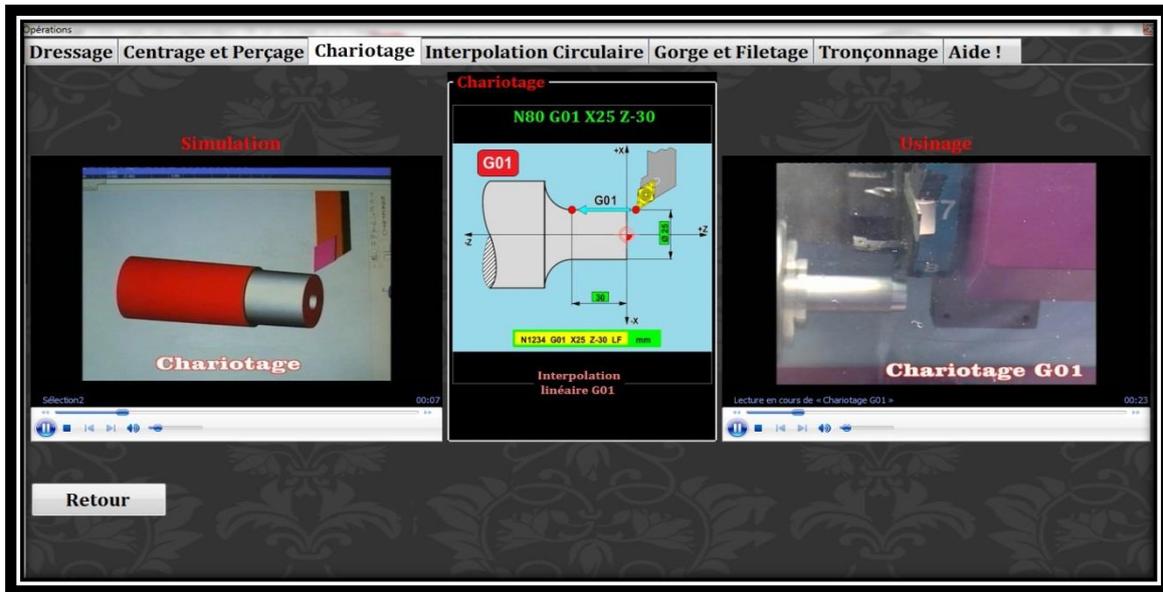


Fig 3-8. Chariotage.

Pour voir apparaître une opération d'interpolation circulaire, cliquer sur l'onglet suivant, une fenêtre est affichée illustré par la figure 3-9.

Cette fonction illustre les opérations d'interpolation circulaire utilisant les fonctions G02 et G03, pour pouvoir voir les opérations visualiser l'opération avec des séquences vidéos d'usinage et de simulation, en montrant avec une image d'opération et écriture de bloc d'opération concernée.

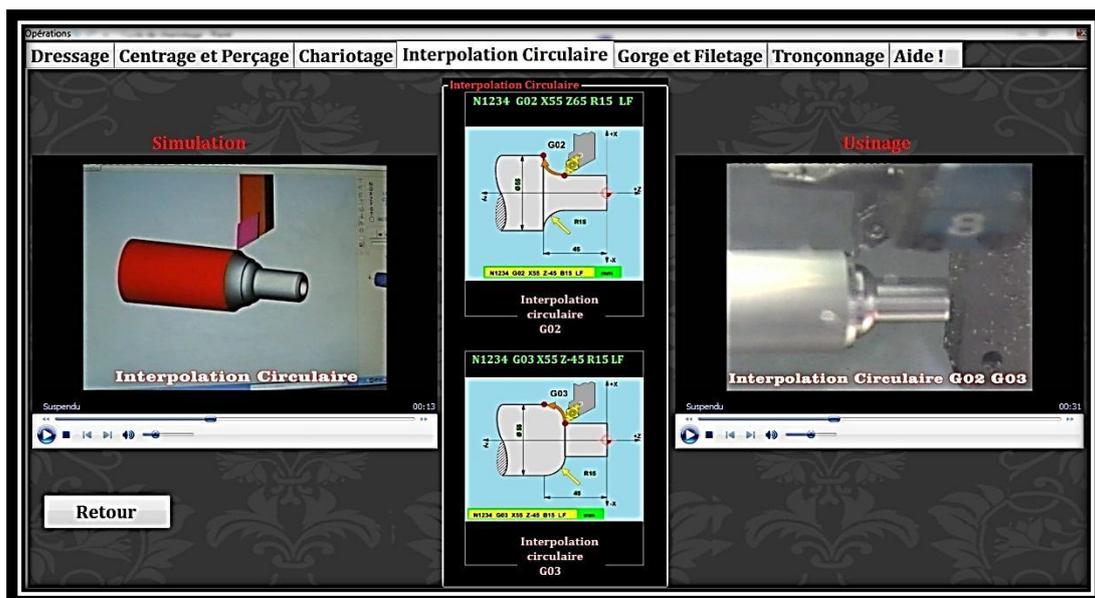


Fig 3-9. Interpolation circulaire G02 et G03.

3.3.3. Paramètres de coupe

Pour accéder à cette fonction, cliquer sur **Paramètres de coupe**, il apparaît la fenêtre présenté par la figure 3-5.

Cette fonction contient des bases des données sous forme des tableaux, la première colonne de ces tableaux remplit 30 matériaux, les autres colonnes présentent des valeurs de V_c , f_z , à droite de la fenêtre des cases affichées respectivement comme suit : V_c , f_z , D, S, F, quand on clique sur n'importe quel matière les valeurs de V_c , f_z seront affiché automatiquement, et pour calculer S et F il suffit juste d'introduire la valeur de D, puis cliquer sur calcul, sous-équations :

$$S = \frac{V_c * 1000}{\pi * D}$$

$$F = S * f_z$$

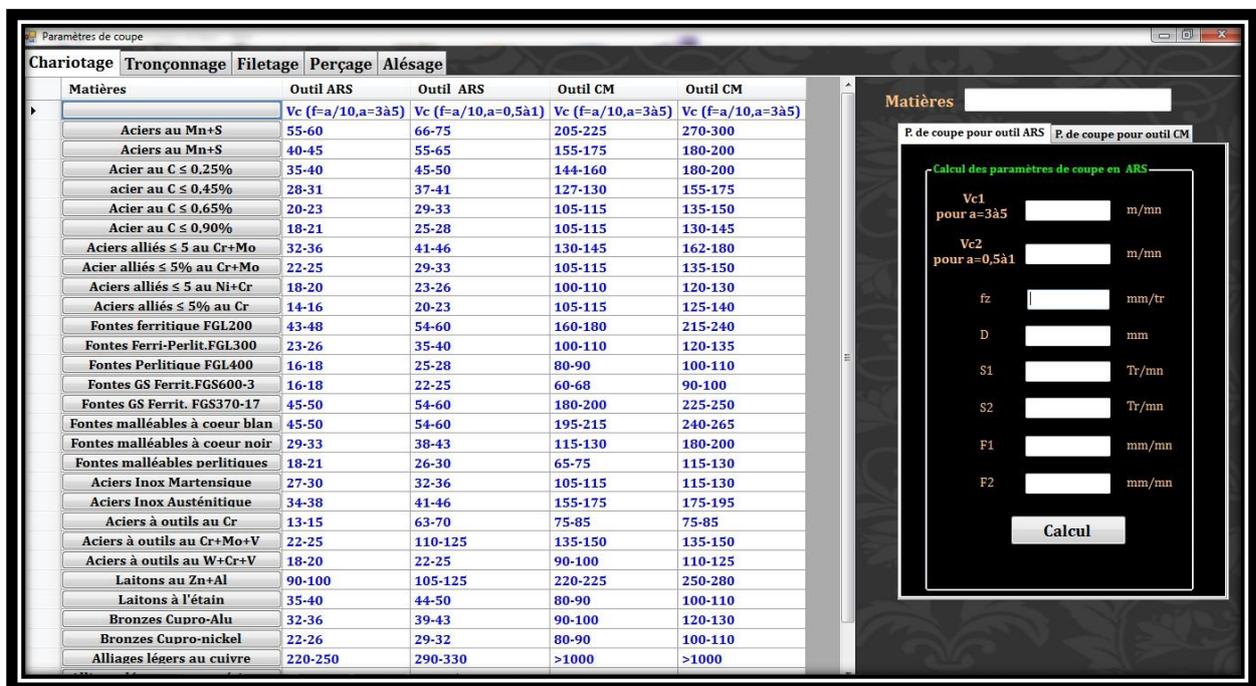


Fig 3-10. Paramètres de coupe chariotage.

Pour accéder au calcul des paramètres de coupe en tronçonnage, cliquer sur l'onglet Tronçonnage, il apparaît la fenêtre illustré par la figure 3-11.

Cette fonction contient des valeurs de V_c pour les outils ARS et les outils en CM, pour calculer la vitesse de rotation S et la vitesse d'avance F, il suffit de choisir le matériau, puis :

- Introduire la valeur de V_c selon l'intervalle donné ;
- Introduire la valeur de f_z selon la longueur L ;
- Introduire la valeur de diamètre D ;
- Cliquer sur le bouton Calcul ;

Les calculs des vitesses S et F sont affichés automatiquement.

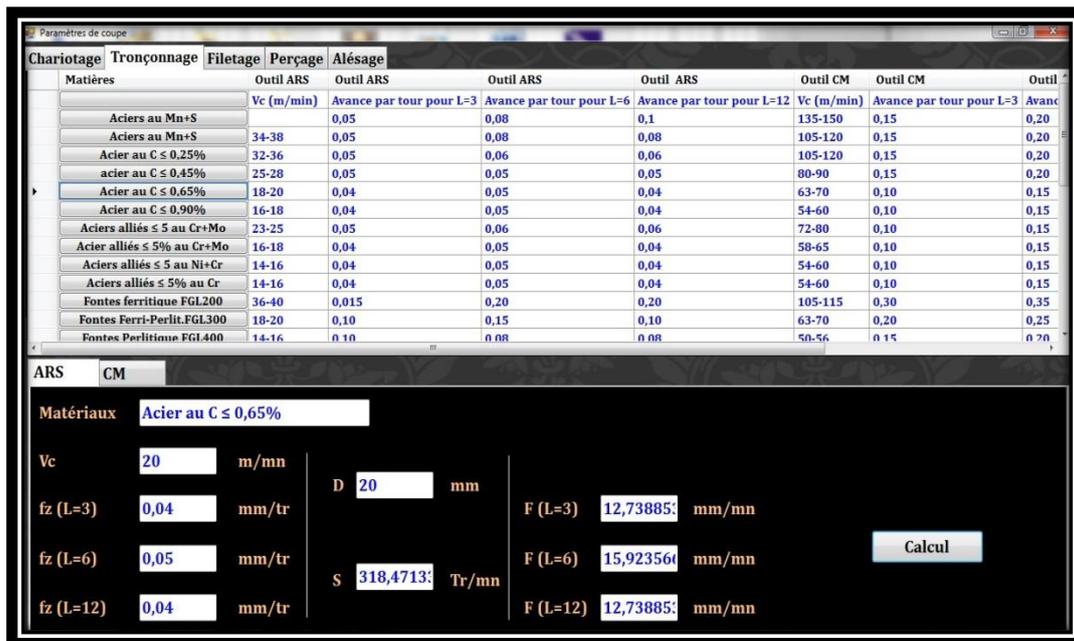


Fig 3-11. Calcul des paramètres de coupe en tronçonnage.

Pour accéder au calcul des paramètres de coupe en filetage, cliquer sur l'onglet Filetage, il apparaît la fenêtre illustré par la figure 3-12.

Cette fonction contient des valeurs de Vc pour les outils ARS et les outils en CM, pour calculer la vitesse de rotation S et la vitesse d'avance F, il suffit de choisir le matériau, puis :

- Introduire la valeur de Vc selon l'intervalle donné ;
- Introduire la valeur de fz selon la longueur L ;
- Introduire la valeur de diamètre D ;
- Cliquer sur le bouton Calcul ;

Les calculs des vitesses S et F sont affichés automatiquement.

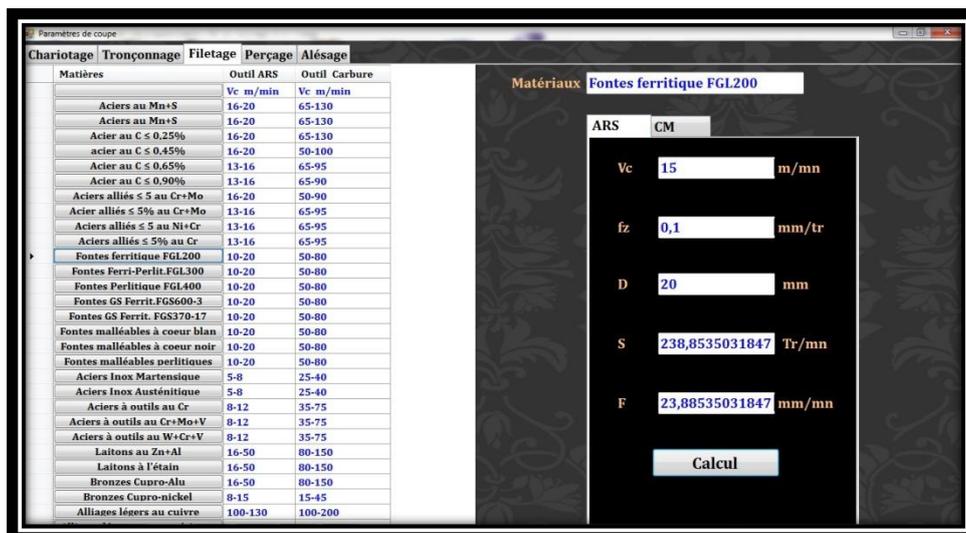


Fig 3-12. Calcul des paramètres de coupe en filetage.

Les autres fonctions perçage et alésage ont le même principe de choisir le matériau, et effectuer des calculs des paramètres de coupe.

3.3.4. Fonctions préparatoires G

Cliquer sur le bouton **Fonctions préparatoires G** Pour accéder aux fonctions préparatoires G, apparaît la fenêtre illustré par la figure 3-13.

Cette fonction présente les Fonctions préparatoires G des différentes commandes Sinumerik, Fanuc, Fagor, avec identification de chaque fonction.

Le premier onglet affiché sur la figure, illustre les fonctions G de la commande Sinumerik, avec désignation de chaque code.

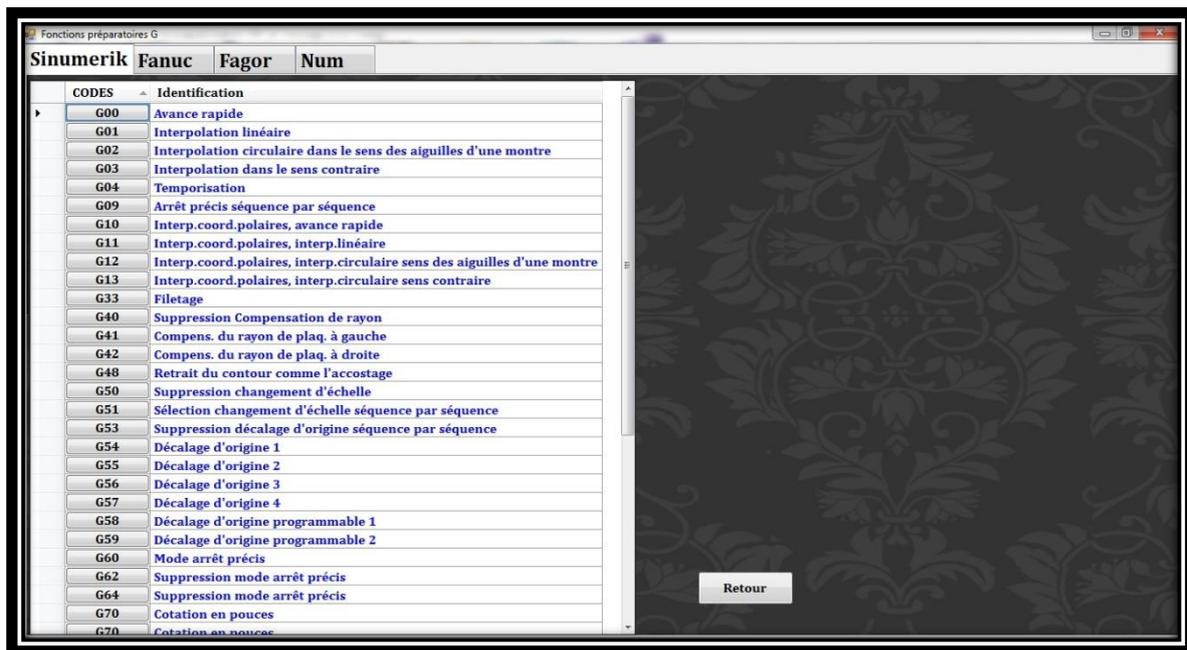


Fig 3-13. Fonctions préparatoires G de la commande Sinumerik.

Cliquer sur le deuxième onglet de la même fenêtre, pour accéder aux fonctions préparatoires G de la commande Fanuc, il apparaît une fenêtre illustré par la figure 3-14.

Cette fonction présente les fonctions G de la commande Fanuc, avec désignation de chaque fonction.

Le dernier onglet sur cette fenêtre présente les fonctions préparatoires G de la commande Num, avec désignation des codes existés.

La figure 3-15 illustre les fonctions préparatoires G de la commande Num.

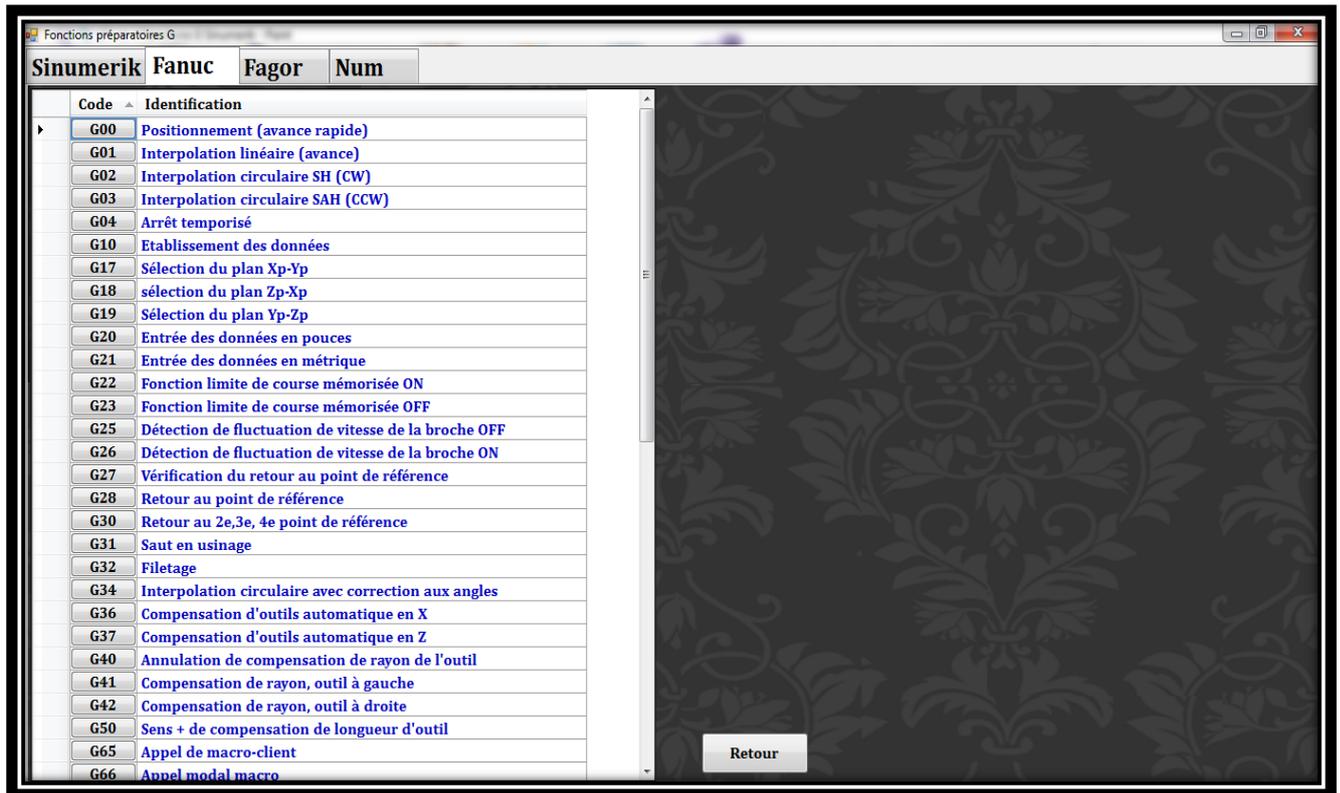


Fig 3-14. Fonctions préparatoires G de la commande Fanuc.

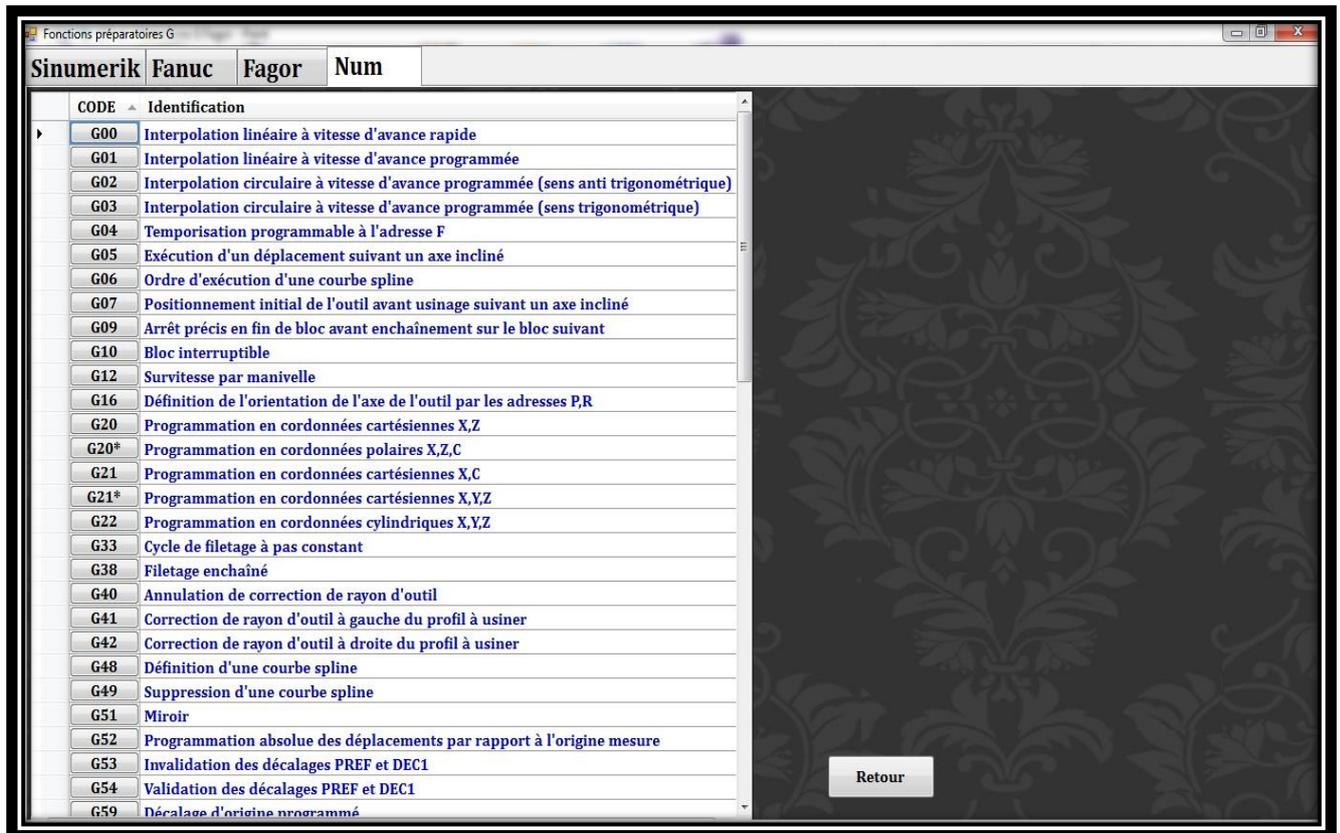


Fig 3-15. Fonctions préparatoires G de la commande NUM.

3.3.5. Fonctions auxiliaires M

Cliquer sur le bouton **Fonctions Auxiliaires M**, pour accéder aux fonctions auxiliaires M, apparaît la fenêtre illustrée par la figure 3-16.

Cette fonction présente les Fonctions auxiliaires M des différentes commandes Sinumerik, Fanuc, Fagor, avec identification de chaque fonction.

Le premier onglet affiché sur la figure, illustre les fonctions M de la commande Sinumerik, avec désignation de chaque code.

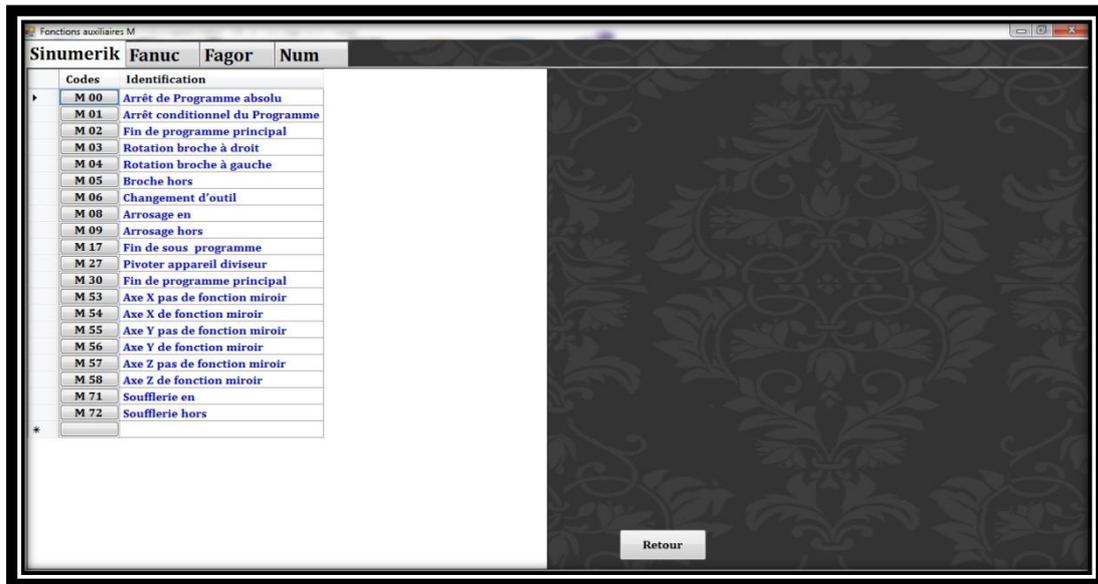


Fig 3-16. Fonctions auxiliaires M de la commande Sinumerik.

Pour accéder aux fonctions auxiliaires M de la commande Num, il suffit de cliquer sur le dernier onglet, il apparaît la fenêtre illustrée par la figure 3-17.

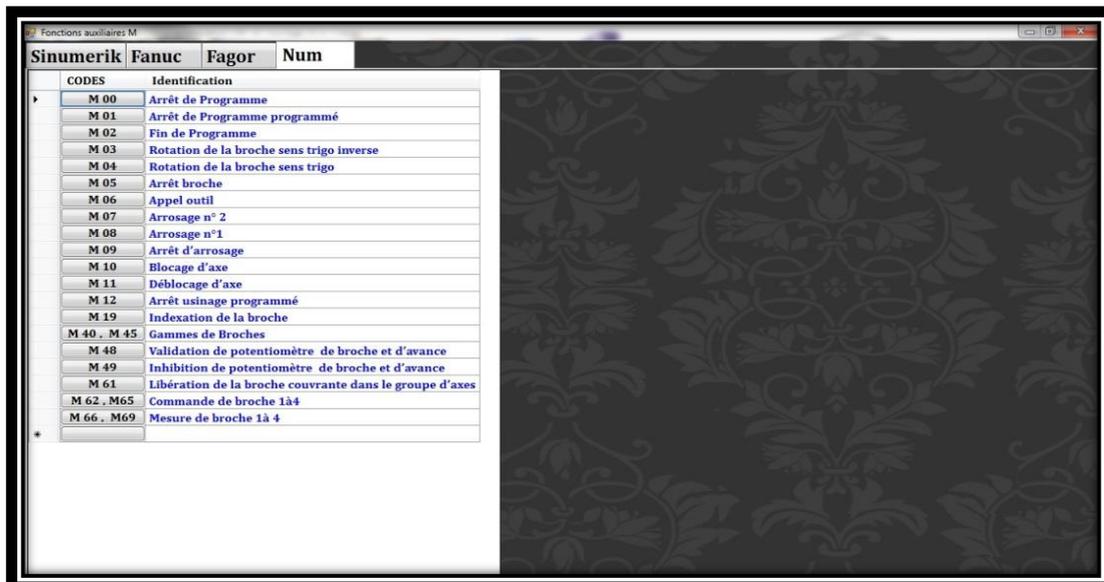


Fig 3-17. Fonctions auxiliaires M de la commande Num.

Pour accéder aux fonctions auxiliaires M de la commande Fanuc, il suffit de cliquer sur le deuxième onglet, il apparaît la fenêtre illustré par la figure 3-18.

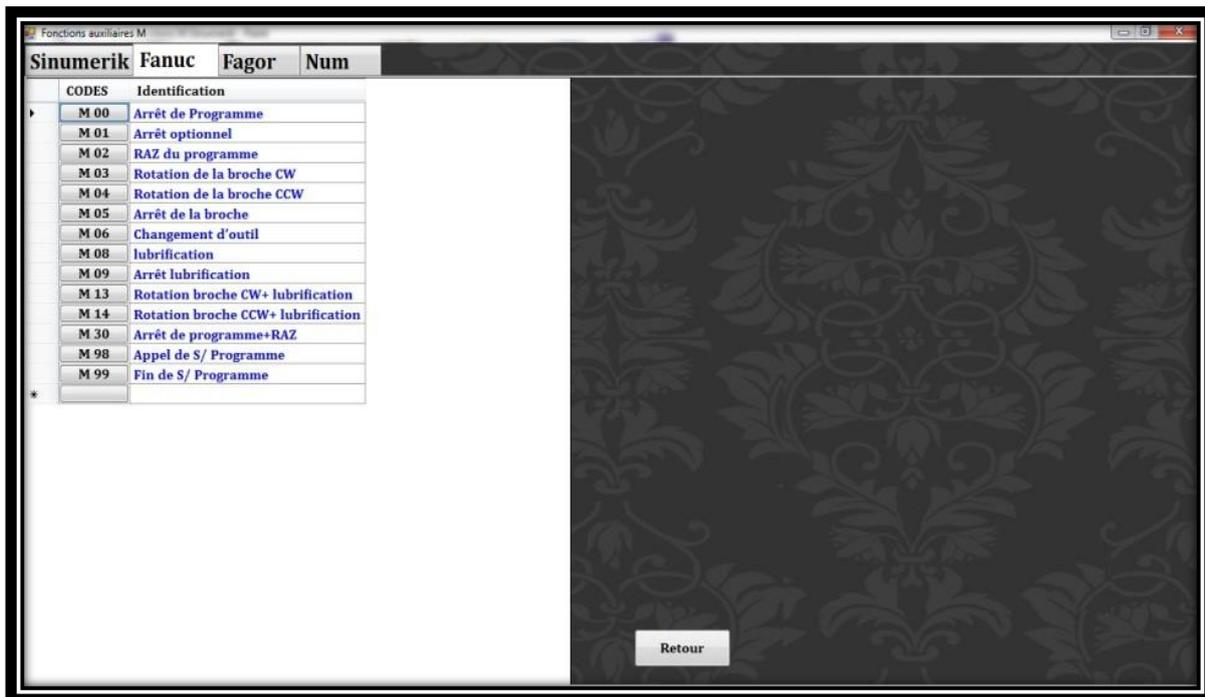


Fig 3-18. Fonctions auxiliaires M de la commande Fanuc.

Pour accéder aux fonctions auxiliaires M de la commande Fagor, il suffit de cliquer sur le troisième onglet, il apparaît la fenêtre illustré par la figure 3-19.

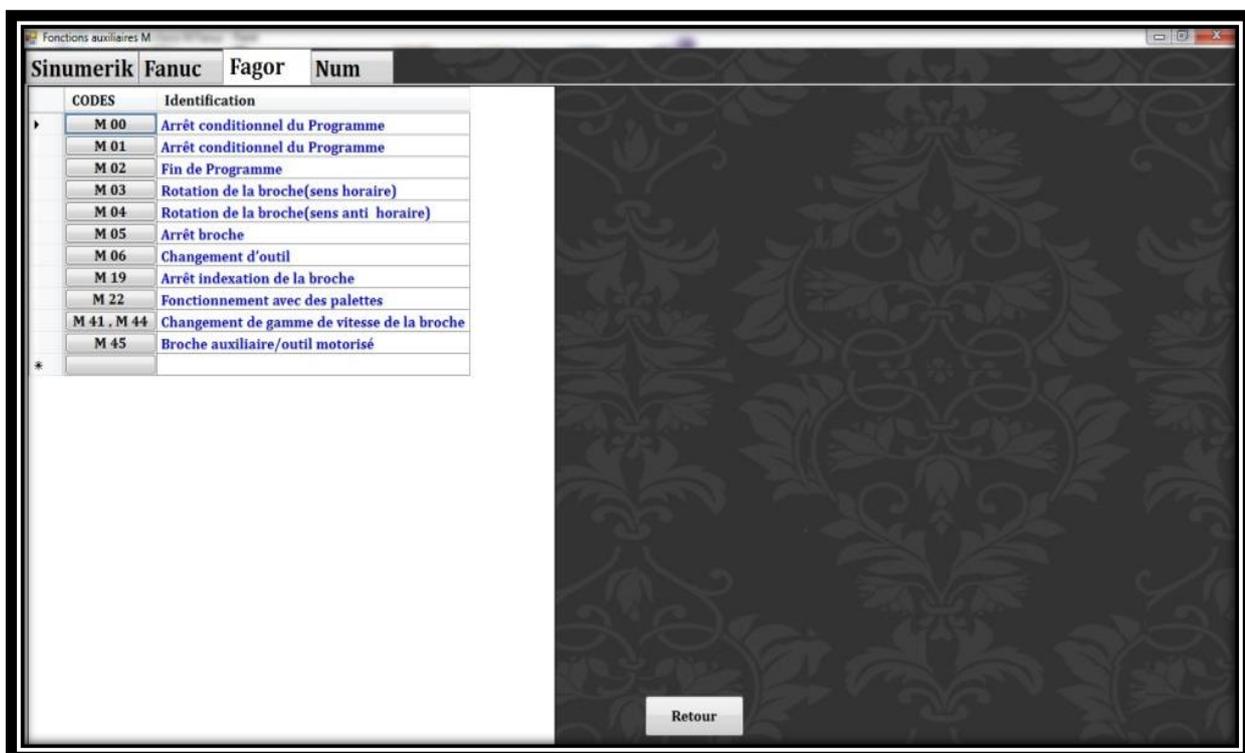


Fig 3-19. Fonctions auxiliaires M de la commande Fagor.

3.3.6. Outils

Cette fonction présente les différents types d'outils utilisés.

Pour accéder à cette fonction, cliquer sur le bouton **Outils** apparaît la fenêtre qui présente les outils utilisés en tournage.

La figure 3-20 illustre des outils à dresser, en ARS et à plaquette carbure CM.

Ces outils sont classés sur des tableaux montrant le type d'outil ARS ou CM, l'identification de l'outil, types d'opération réalisées, et un schéma d'usinage.

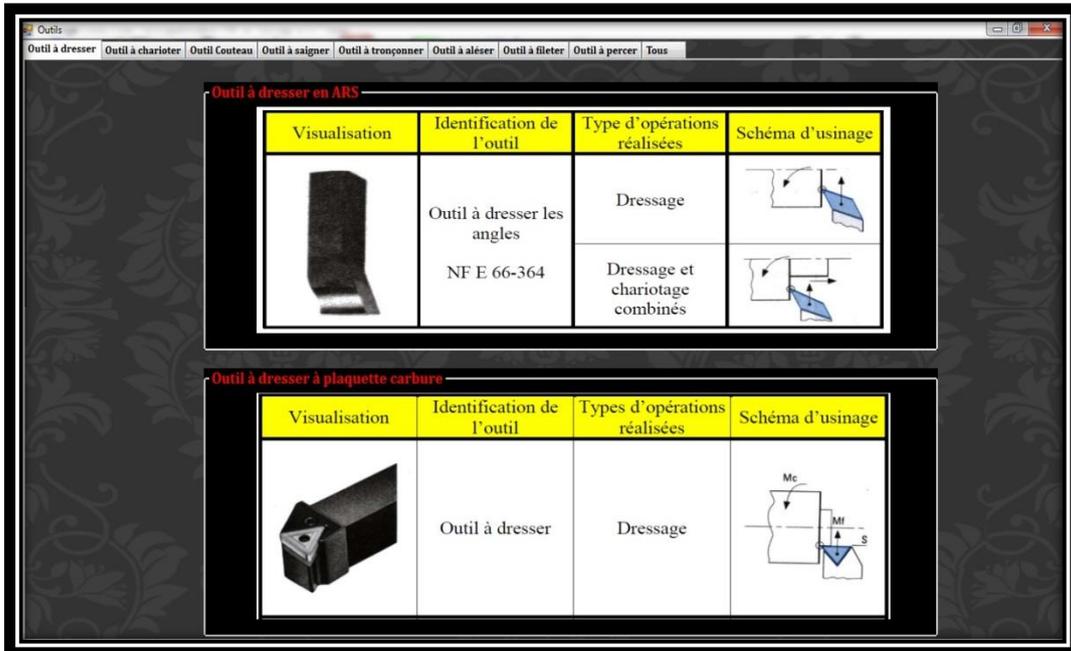


Fig 3-20. Outils à dresser, en ARS et en CM.

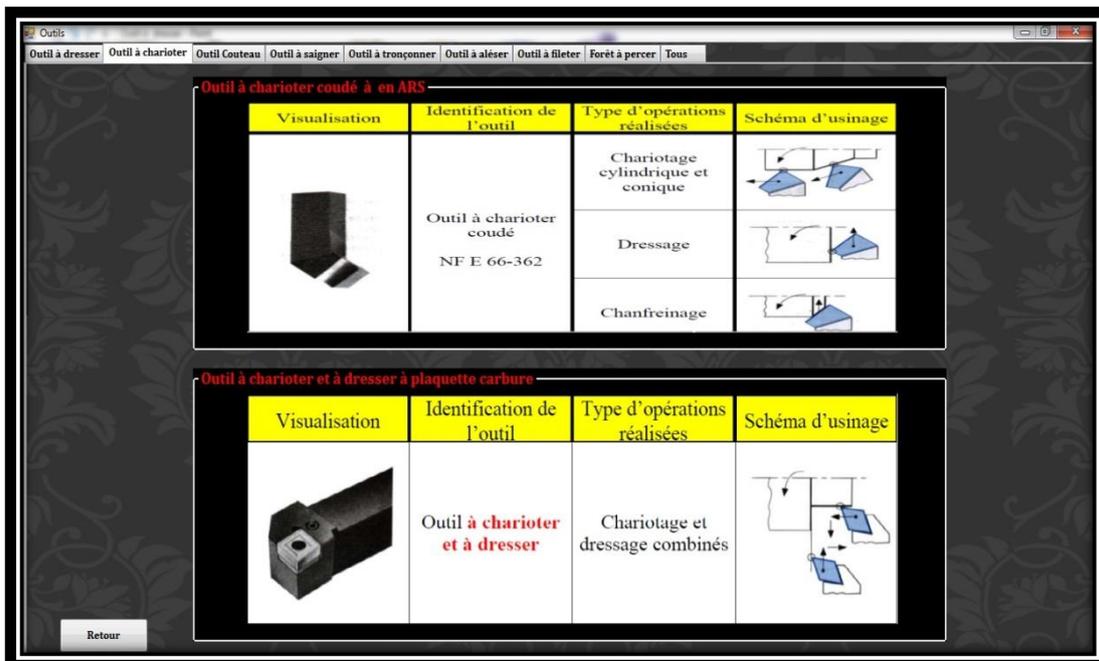


Fig 3-21. Outils à charioter, en ARS et en CM.

La figure 3-21 illustre des outils à charioter, en ARS et CM.

Pour accéder à cette fonction, il suffit de cliquer sur le deuxième onglet de la même fenêtre. Ces outils sont classés sur des tableaux, présentant la visualisation de l’outil en image, identification de l’outil, type d’opérations réalisées, et un schéma d’usinage.

La fenêtre illustrée par la figure 3-22 présente des outils couteaux, en ARS et en CM.

Pour accéder à cette fonction, il faut cliquer sur le troisième onglet de la même fenêtre. Ces outils sont classés sur deux tableaux, montrant la visualisation de l’outil en image, identification de l’outil, types d’opérations réalisées, et un schéma d’usinage.

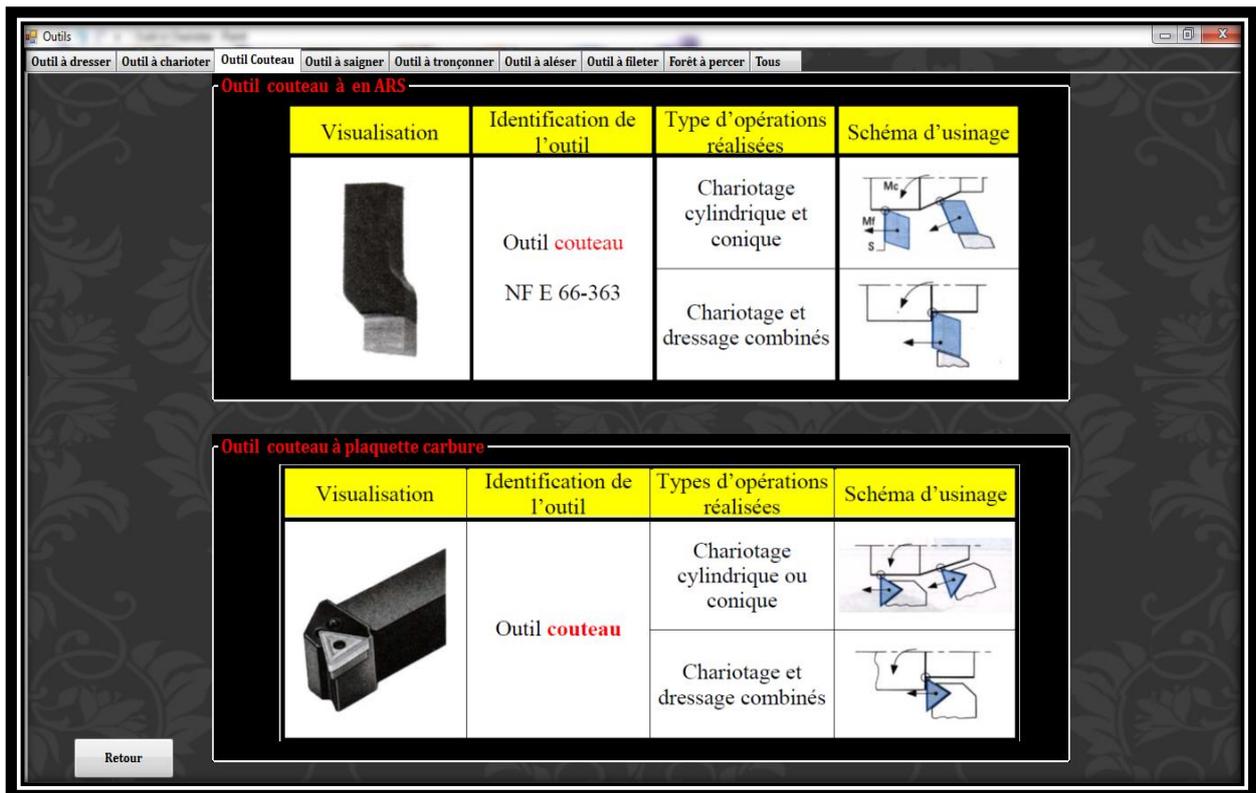


Fig 3-22. Outils couteaux, en ARS et en CM.

Il existe d’autres outils dans la fonction Outils tels que outils à saigner, outils à tronçonner, outils à aléser, sont classés sur des tableaux, selon le type d’outils en ARS et outils en CM.

Pour accéder à tous les outils disponibles en tournage, il existe une autre fonction intitulée Tous, il suffit juste de cliquer sur l’onglet Tous sur la fenêtre Outils, il apparaît la fenêtre illustrée par la figure 3-23.

Cette fonction contient une image présentant les différents outils les plus utilisés, et un tableau montre la désignation de chaque outil.

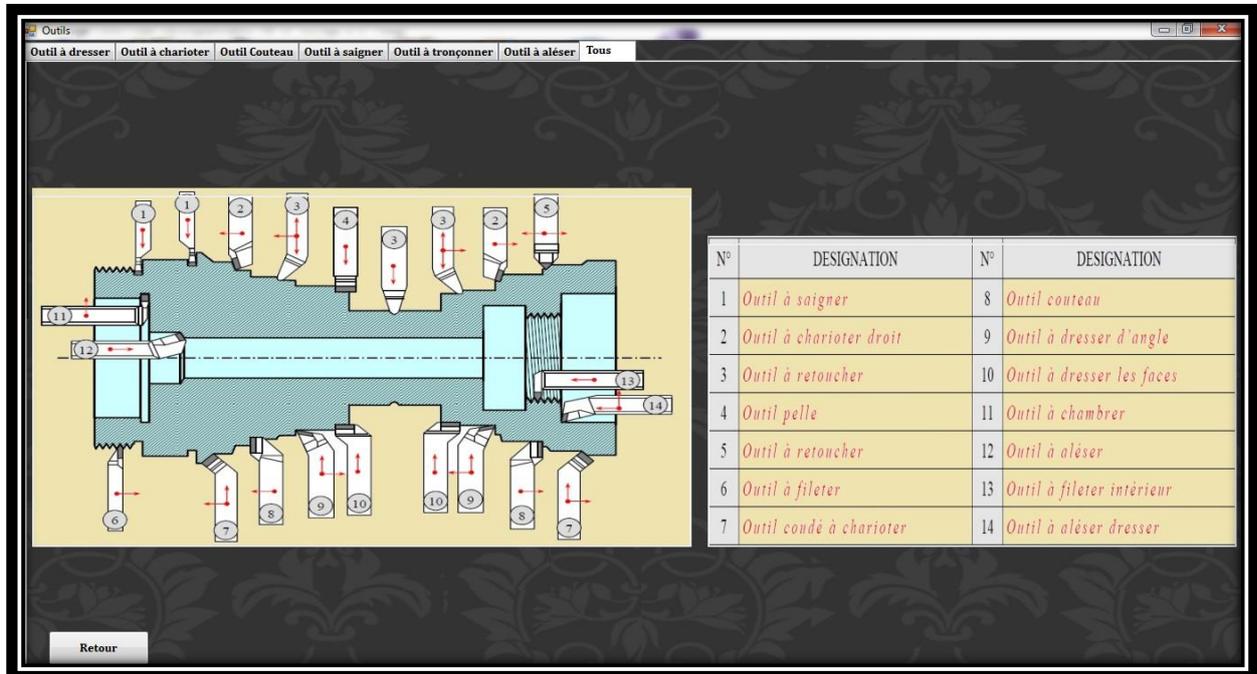


Fig 3-23. Outils les plus utilisés en tournage.

3.3.7. Exemples vidéos

Cette fonction présente des exemples vidéos d'applications et d'usinages sur différentes MOCN. Elle comporte 3 fonctions essentielles : Application sur Boxford, Application sur PC Turn155, Application sur Denford.

Pour accéder à cette fonction, cliquer sur le bouton **Exemples vidéos**, il apparaît la fenêtre illustrant par la figure 3-24.

La première fonction apparaît dans cette fenêtre présente des vidéos d'applications et d'usinage sur la machine Boxford tels que : rotation du mandrin au sens horaire et sens antihoraire, usinage d'une pièce, dégagement d'outil,...

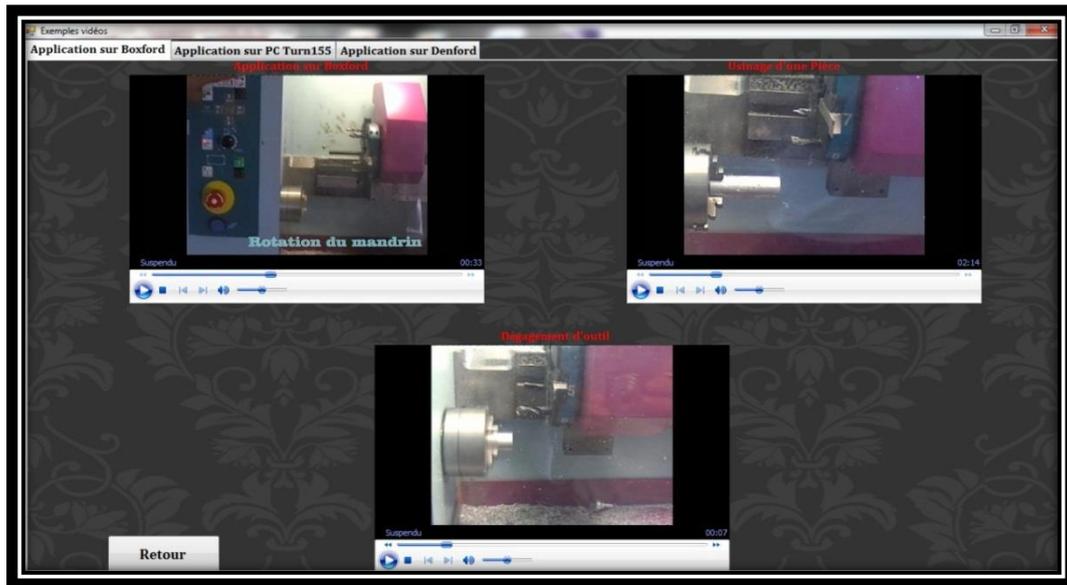


Fig 3-24. Application sur Bofford (Exemples vidéos).

Pour accéder à la deuxième fonction (Application sur PC Turn155), il faut cliquer sur le deuxième onglet, il apparaît la fenêtre illustré par la figure 3-25.

Cette fonction présente des vidéos d'applications et d'usinage sur la machine PC Turn155 tels que : rotation du mandrin au sens horaire et sens antihoraire, introduction de programme, dressage d'une pièce.

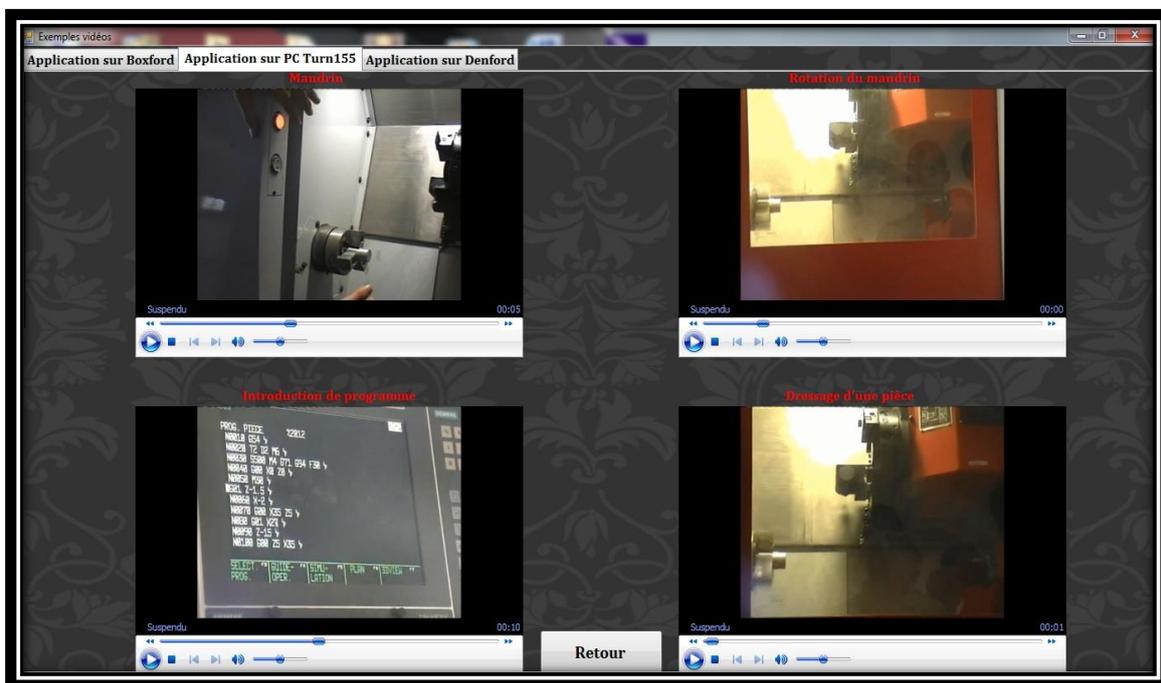


Fig 3-25. Application sur PC Turn 155 (Exemples vidéos).

Pour accéder à la troisième fonction (Application sur Denford), il faut cliquer sur le dernier onglet, il apparaît la fenêtre illustré par la figure 3-26.

Cette fonction présente des vidéos d'applications et d'usinage sur la machine Denford tels que : cycle de perçage, dressage, chariotage d'une pièce.

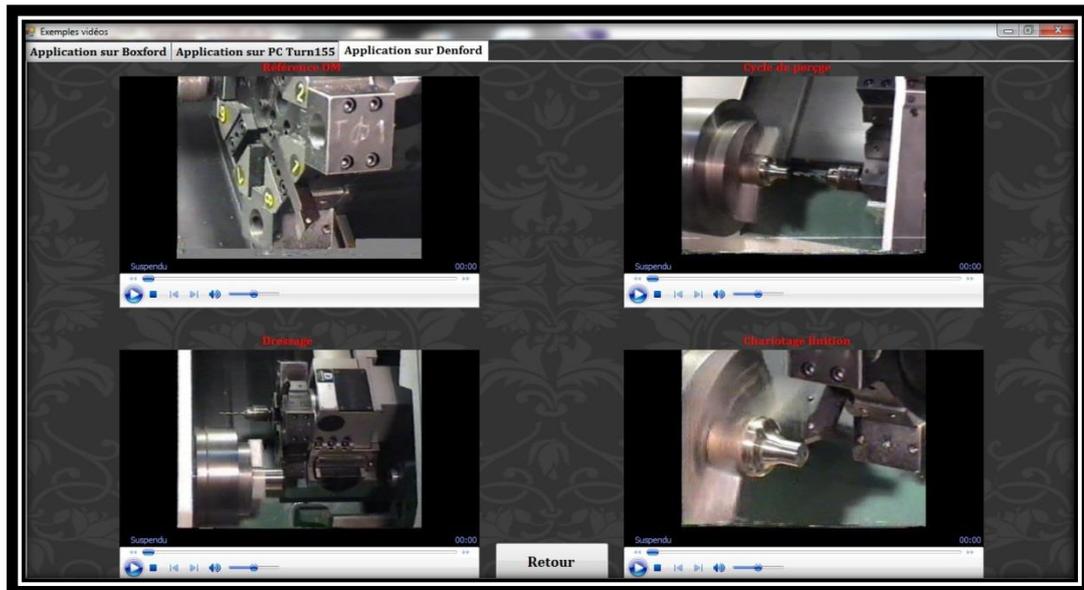


Fig 3-26. Application sur Boxford

3.4. Conclusion

Dans ce chapitre, on a présenté une méthodologie d'utilisation du module développé. Ce module aide à la préparation des postes de travail et les paramètres de coupe avec illustration des fonctions essentielles.

Des séquences vidéos permettent de faciliter les réglages des origines, et la remise à zéro des différentes MOCN.

Conclusion générale

Le problème d'interface FAO demeure toujours un axe de recherche. La programmation CN demande une maîtrise de la machine-outil et du système de commande. Les directeurs de commande numérique sont divers. Dans l'ère de la globalisation, la concurrence est féroce entre les différents constructeurs. Chaque constructeur de DCN différencie ses produits de ceux de la concurrence, et développe des commandes normalisées ainsi que des parties opératives adaptées. D'où l'utilité de développer des outils informatiques contribuant à la préparation des postes de travail.

Ce travail a pour but de développer un outil multimédia CAM2P d'aide à la préparation des postes de travail en tournage pour les MOCN EMCO PC Turn 155 à 3axes de commande Sinumerik 810T, DENFORD/Cyclone à 4 axes de commande Fanuc10T, BOXFORD 160TCLi à 2 axes de commande Fanuc 0T.

Afin d'atteindre cet objectif, deux parties ont été développées.

La première partie est consacrée à la présentation de la technologie et la programmation des MOCN ainsi que les différentes origines selon les constructeurs.

La seconde partie est réservée à la présentation de l'outil CAM2P tournage d'aide à la préparation des postes de travail et les paramètres de coupe avec illustration des fonctions essentielles.

Les origines machine et mesure sont prédéfinies par les constructeurs. L'origine programme est choisie en fonction de la cotation fonctionnelle du produit. Quant à l'origine pièce, elle est matérialisée par la butée N5 suivant l'axe Z.

Des séquences vidéos permettent de faciliter les réglages de ces origines et la remise à zéro des différentes MOCN.

Les DCN BOXFORD utilisent un système CFAO, alors que DENFORD et EMCO se limitent à un système FAO en vue d'un usinage 3D.

En perspective, ce travail sera élargi à d'autres MOCN en tournage et à la visualisation des cycles d'usinage avec simulations et séquences vidéos.

Liste des figures

Chapitre 1

Fig.1-1. Première MOCN.....	3
Fig.1-2.a MOCN PC TURN 155 (SINUMERIK).....	4
Fig.1-2.b MOCN BOXFORD (FANUC).....	4
Fig.1-2.c MOCN DENFORD Cyclone (Fanuc).....	4
Fig.1-3. Parties complémentaires de MOCN	5
Fig.1-4. Directeur de commande numérique.....	6
Fig.1-5. Moteur pas à pas.....	11
Fig.1-6. Fonctionnement en boucle ouverte.....	13
Fig.1-7. Fonctionnement en boucle fermée.....	13
Fig.1-8. Commande adaptative.....	14
Fig.1-9. Axes primaires et axes additionnels.....	15
Fig.1-10 Commande point à point.....	16
Fig.1-11. Commande numérique paraxiale.....	16
Fig.1-12. Commande numérique de contournage	16
Fig.1-13. Structure d'un bloc de programme d'usinage.....	17

Chapitre 2

Fig.2-1. Ce Système de coordonnées est conforme à la norme NF Z 68-020 (ISO 841).....	32
Fig.2-2. référentiel programmation d'un tour à 4 axes.....	33
Figure 2-3. Représentation des origines.....	35
Fig. 2-4. Jauge outil.....	36
Fig. 2-5. Correction dynamique d'outil.....	37
Fig 2-7. Décalage de l'origine machine	42
Fig 2-8. Décalage direct	43
Fig.2-9. Masque d'entrée pour décalage d'origine G54.....	43

Chapitre 3

Fig 3-1. Interface principale d'outil développé CAM2P.....	46
Fig 3-2. Tournage.....	47
Fig 3-3. RAZ de la machine BOXFORD.....	48
Fig 3-4. Détermination de OP dur la machine Denford Cyclone.....	48
Fig 3-5. Détermination de OP sur la machine PC Turn 155.....	49
Fig 3-6. Dressage.....	50
Fig 3-7. Centrage et Perçage.....	50
Fig 3-8. Chariotage.....	51
Fig 3-9. Interpolation circulaire G02 et G03.....	51
Fig 3-10. Paramètres de coupe chariotage.....	52
Fig 3-11. Calcul des paramètres de coupe en tronçonnage.....	53
Fig 3-12. Calcul des paramètres de coupe en filetage.....	53
Fig 3-13. Fonctions préparatoires G de la commande Sinumerik.....	54
Fig 3-14. Fonctions préparatoires G de la commande Fanuc.....	55
Fig 3-15. Fonctions préparatoires G de la commande NUM.....	55
Fig 3-16. Fonctions auxiliaires M de la commande Sinumerik.....	56
Fig 3-17. Fonctions auxiliaires M de la commande Num.....	56
Fig 3-18. Fonctions auxiliaires M de la commande Fanuc.....	57
Fig 3-19. Fonctions auxiliaires M de la commande Fagor.....	57
Fig 3-20. Outils à dresser, en ARS et en CM.....	58
Fig 3-21. Outils à charioter, en ARS et en CM.....	58
Fig 3-22. Outils couteaux, en ARS et en CM.....	59
Fig 3-23. Outils les plus utilisés en tournage.....	60
Fig 3-24. Application sur Boxford (Exemples vidéos).....	60
Fig 3-25. Application sur PC Turn 155 (Exemples vidéos).....	61
Fig 3-26. Application sur Boxford.....	61

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

- [1] MICHELE LE BOUTEILLER, la MOCN ou Machin Outils à commande numérique, (premier partie), 10janvier 1996.
- [2] William Fourmental, Lionel Hughes, TechnoMéca. Des savoirs pour la mise en œuvre des MOCN. Chap. Technologie 154, P52 Mars 2008.
- [3] Gilles PROD'HOMME, 1995, commande numérique des machines-outils, Techniques de l'ingénieur, Génie mécanique, Usinage, B7 130.
- [4] Emco PC TOURN 155, Tour commandée par PC pour la formation, Description de Machine Emco PC TOURN155 Réf.-N°. FR 4365 Edition D2002 -09.
- [5] A. CHEIKH, La programmation des machines-outils à commande numérique, cours de 3^{ème} année GMP, département de génie mécanique, 2009/2010.
- [6] JEAN-PIERRE URSO, Memotech Commande numérique programmation Educative, Edition castilla, juillet 2002.
- [7] SERIARI, outils d'aide à la programmation en code ISO. Thèse d'ingénieur2004/2005.
- [8] F.SEBA, Contribution à l'adaptation des instructions d'usinage code ISO pour différentes commandes CN à travers un système CFAO. Thèse de Magister juin 2004.
- [9] E.DUCE.LEFUR, « Machine –outils commande numérique (MOCN) Cachan France, septembre2001.
- [10] S.HAMOU, La programmation des machines-outils à commande numérique, cours de 3^{ème} année GMP, département de génie mécanique, 2009/2010.
- [11] Visual Basic Express2010.Net
- [12] Microsoft Office Access2010.
- [13] Ulead Photo impact X3.
- [14] Pinnacle vidéo studio Version 14.

Abréviations

CAM2P : computer Aided Manufacturing de préparation de poste de travail

APEF : Avant-Projet d'Etude de Fabrication

CFAO : Conception et fabrication Assistée par Ordinateur

CN : Commande Numérique

CNC : Commande Numérique par Calculateur

DCN : Directeur de Commande Numérique

DNC : Direct Numéral Contrôle

EIA : Electronics Industry Associaton

FAO : Fabrication Assistée par Ordinateur

ISO : Internationale Standards Organisation

IMD : Introduction Manuelle des Données

MOCN : Machine-Outil à Commande Numérique

NF, AFNOR : Normalisation française

OM : Origine Machine

R(Om) : Origine mesure

OP: Origine programme

W(Op) : Origine pièce

PREF : Décalage d'Origine Pièce

DEC1 : Décalage Origine Programme

RAZ : Réviz A Zéro

2D : Dessin à deux dimensions

3D : Dessin à trois dimensions

S : vitesse de rotation (Tr/mn)

F : vitesse d'avance (mm/mn)

Vc : vitesse de coupe (m/mn)

F_z : l'avance (mm/dent)

D : diamètre de la pièce (mm)

ARS : acier rapide supérieur

CM : carbure métallique

Résumé

Ce travail a pour objectif le développement d'un outil multimédia contribuant à la préparation des postes de travail en tournage. Trois parties ont été développées. La première partie est consacrée à la technologie et à la programmation des MOCN. La seconde partie aborde la préparation des postes de travail axée sur les réglages des origines ou les prises de référence d'une MOCN. Quant à la dernière partie, elle présente le module CAM2P d'aide à la programmation CNC en tournage. Ce module remplit différentes fonctions essentielles.

La première fonction traite la remise à zéro RAZ et la détermination des origines (OM, Om, OP et Op) pour les MOCN EMCO PC TURN 155, BOXFORD 160TCLi et DENFORD Cyclone.

La seconde fonction présente des différentes opérations sur MOCN visualisées avec des séquences vidéos d'usinage et de simulation.

La troisième fonction permet le choix et la détermination des paramètres de coupe.

La quatrième fonction présente les codes « G » et « M » des différents langages les plus utilisées Sinumerik 810T, Fanuc 10, Fagor 855, Num 1040/1060.

En outre, des applications diverses d'usinage sont présentées sous forme de séquences vidéos.

Mots clés : CAM2P, MOCN, FAO.

Abstract

This work aims to develop a multimedia tool contributing to the preparation of workstations shooting. Three parts have been developed. The first part is devoted to technology and programming of CNC. The second part deals with the preparation of workstations based on the settings of origin or reference made to a CNC. As for the last part, it presents the Module CAM2P help in programming CNC turning. This module performs various essential functions. The first function processes the reset and reset the determination of origins (OM, OM, and OP Op) for CNC EMCO PC TURN 155, Boxford and Denford Cyclone 160TCLi. The second function shows the various operations on CNC visualized with video sequences and machining simulation. The third function allows the selection and determination of cutting parameters. The fourth function has the codes "G" and "M" in different languages most used Sinumerik 810T, Fanuc 10, Fagor 855, Num 1040/1060. In addition, various machining applications are presented in the form of video sequences.

Keywords: CAM2P, CNC Tools, CAM

ملخص

غاية هذا العمل هو إعداد أداة مساعدة برمجة التحكم العددي يساهم في إعداد آلات الخراطة في ثلاثة أجزاء. الجزء الأول مخصص لتكنولوجيا و برمجة الآلات التحكم العددي. أما الجزء الثاني فهو مخصص لأعداد مناصب الشغل و تعديل مراجع الآلات التحكم العددي. أما الجزء الثالث CAM2P ; فسوف نبين تحضير مناصب الشغل للتصنيع لمساعدة برمجة الآلات التحكم العددي في الخراطة و هو يحتوي علي مختلف الخدمات الرئيسية.

-الخدمة الأولى الرجوع إلى نقطة الصفر (RAZ).و تحديد مختلف المراجع في الآلات ذات التحكم العددي :

MOCN EMCO PC Turn 155, BOXFORD 160TCLi et DENFORD Cyclone

-الخدمة الثانية تبين مختلف العمليات في الآلات التحكم العددي بالفيديوهات و التجريب الوهمي.

- أما الخدمة الثالثة فتسمح بتحديد شروط الصنع .

-الخدمة الرابعة تبين رمز الوظيفة التحضيرية والوظيفة الإضافية لمختلف اللغات الأكثر استعمالا.

وبإضافة إلي كل هذا فيوجد خدمات مبينة في فيديوهات.

ANNEXE A

FANUC / SINUMERIK

CODE	FANUC	SINUMERIK
G	Tournage	
00	positionnement (avance rapide)	avance rapide
01	interpolation linéaire (avance)	interpolation linéaire
02	interpolation circulaire SH (CW)	interp. Circulaire dans le sens des aiguilles d'une montre
03	interpolation circulaire SAH (CCW)	interp.dans le sens contraire
04	arrêt temporisé	temporisation
09		arrêt précis séquence par séquence
10	Etablissement des données	interp-coord polaires ,avance raoid
11		interp-coord polaires,interp linéaire
12		interp-coord polaires interp- circulaire sens des aiguilles d'une montre
13		interp-coord polaires interp- circulaire sens contraire
17	Sélection du plan Xp-Yp	
18	Sélection du plan Zp-Xp	
19	Sélection du plan Yp-Zp	
20	Entées des données en pouce	
21	Entées des données en métrique	
22	Fonction limite de course mémorisée ON	
23	Fonction limite de course mémorisée	
25	Détection de fluctuation de vitesse de la broche O	
26	Détection de fluctuation de vitesse de la broche ON	
27	Vérification du retour au point de référence	
28	retour au point de référence	
29		
30	Retour au 2 ^e , 3 ^e , 4 ^e point de référence	
31	Saut en usinage	
32	filetage	
33		filetage
34	interpolation circulaire avec correction aux angles	

35		
36	compensation d'outils automatique en X	
37	compensation d'outils automatique en Z	
40	annulation de compensation de rayon d'outil	suppression compensation de rayon
41	compensation de rayon, outil à gauche	compens du rayon de plaq à gauche
42	compensation de rayon, outil à droite	compens du rayon de plaq à droite
48		retrait du contour comme l'accostage
50	sens +de compensation de longueur d'outil	suppression changement d'échelle
51		sélection changement d'échelle séquence par séquence
53		suppression décalage d'origine séquence par séquence
54		décalage d'origine 1
55		décalage d'origine 2
56		décalage d'origine 3
57		décalage d'origine 4
58		G58 décalage d'origine programmable 1
59		décalage d'origine programmable 2
60		mode arrêt précise
62		suppression mode arrêt précis
64		suppression mode arrêt précis
65	appel de macro-client	
66	appel modal macro	
67	annulation de l'appel modal macro	
68	image miroir pour double tourelle ON	
69	image miroir pour double tourelle OFF	
70	cycle de finition	cotation en pouces
71	Ebouche de chariotage	cotation en millimètre
72	Ebouche de dressage	
73	repetition de figure d'usinage	
74	perçage avec débouillage sur l'axe Z	

75	gorge sur l'axe X	
76	cycle de filetage multiple	
80	annulation du cycle fixe de perçage	
83	cycle de perçage sur face	
84	cycle de taraudage sur la face	
86	cycle d'alésage de face	
87	cycle de perçage de côté	
88	cycle de taraudage de côté	
89	cycle de cycle d'alésage de côté	
90	cycle de chariotage extérieur/alésage intérieur	programmation en cotes absolues
91		programmation en cotes relatives
92	cycle de filetage	limitation de la vitesse
94		avance par minute
95		avance par tour
96	contrôle de vitesse de coupe à vitesse constante	vitesse de coupe constante, avance par tour
97	annulation du contrôle de vitesse de coupe à vitesse constante	
98	avance par minute	
99	avance par tour	

NUM / FAGOR

CODE	NUM	FAGOR
G	Tournage	
00	Interpolation linéaire à vitesse d'avance rapide	Positionnement rapide
01	Interpolation linéaire à vitesse d'avance programmée	Interpolation linéaire
02	Interpolation circulaire à vitesse d'avance programmée (sens anti trigonométrique)	Interpolation circulaire, arc de sens horaire
03	Interpolation circulaire à vitesse d'avance programmée (sens trigonométrique)	Interpolation circulaire, arc de sens anti horaire
04	Temporisation programmable à l'adresse F	Temporisation/ durée programmée à l'aide de la lettre K
05	Exécution d'un déplacement suivant un axe incliné	Angle arrondi
06	Ordre d'exécution d'une courbe spline	Interpolation circulaire avec programmation de centre de l'arc en coordonnées absolues
07	Positionnement initiale de l'outil avant l'usinage suivant un axe incliné	Angle vif
08		Trajectoire circulaire tangente précédente
09	Arrête précis en fin de bloc avant enchainement sur le bloc suivant	Trajectoire circulaire programmée par trois points
10	Bloc interruptible	
12	Survitesse par manivelle	
14		Activation de l'axe C en degrés
15		Usinage de la surface cylindrique de la pièce
16	Définition de l'orientation de l'axe de l'outil par les adresses P, R	Usinage de la surface frontale de la pièce
20	<ul style="list-style-type: none"> - Programmation en coordonnées cartésiennes X, Z - Programmation en coordonnées polaires x, Z, C. 	Appel de sous-programme standard
21	<ul style="list-style-type: none"> - Programmation en coordonnées cartésiennes X, C - Programmation en coordonnées 	Appel de sous-programme paramétrique

	cartésiennes X, Y, Z	
22	Programmation en coordonnées cylindriques X, Y, Z	Définition de sous-programme standard
23		Définition de sous-programme paramétrique
24		Fin de sous-programme
25		Saut/appel non conditionnel
26		Saut/appel conditionnel si=0
27		Saut/appel conditionnel si n'équivaux pas à 0
28		Saut/appel conditionnel si inférieur
29		Saut conditionnel si supérieur
30		Visualisation d'erreur définie par K
31		Mémorisation du point 0 actuel du programme
32		Prélèvement du point 0 mémorisé par G31
33	Cycle de filetage à pas constant	Filetage
36		Arrondi contrôlé des angles
37		Approche tangentielle
38	Filetage enchaîné	Dégagement tangentiel
39		Chanfrein
40	Annulation de correction de rayon d'outil	Annulation de compensation de rayon
41	Correction de rayon d'outil à gauche du profil à usiner	Compensation de rayon, outil à gauche
42	Correction de rayon d'outil à droite du profil à usiner	Compensation de rayon, outil à droite
47		Traitement d'un seul bloc
48	Définition d'une courbe spline	Annulation de traitement de bloc seul
49	Suppression d'une courbe spline	Pourcentage d'avance programmable
50		Chargement des correcteurs dans la table
51	Mémoire	Correction de dimension d'outil usage
52	Programmation absolue des déplacements par rapport à l'origine mesure	Communication avec le réseau local FAGOR
53	Invalidation des décalages PREF et DEC1	Décalage de zéro

54	Validation des décalages PREF et DEC1	
59	Décalage d'origine programmé	Décalage de zéro
63	Cycle d'ébauche avec gorge	
64	Cycle d'ébauche paraxial	
65	Cycle d'ébauche de gorge	Exécution indépendant d'un axe
66	Cycle de défonçage	Cycle fixe pour profondeur de passe en suivant le profil de la pièce
68		Cycle fixe pour profondeur de passe X
69		Cycle fixe pour profondeur de passe Y
70	Programmation en pouce	Programmation en pouce
71	Programmation en métrique	Programmation en métrique
72		Facteur d'échelle
73	Invalidation de la facture d'échelle	
74	Validation de facture d'échelle	
75	Validation d'un sous-programme de dégagement de l'urgence	Palpage N2 cycle fixe de palpation
76	<ul style="list-style-type: none"> - Transfert des valeurs courantes des paramètres L et E dans le programme pièce - Création/suppression de programme ou bloc ISO 	Création automatique de bloc
77	Appel inconditionnel d'un sous-programme ou d'une suite de séquence avec retour Appel de bloc de retour d'un sous-programme	
78	Synchronisation des groupes d'axes	
79	Saut conditionnel ou inconditionnel à une séquence sans retour Suspension momentanée de la préparation de bloc suivant dans une séquence	
80	Annulation d'un cycle d'usinage	
81	Cycle de perçage centrage	Cycle fixe de tournage d'une droite
82	Cycle de perçage chambrage	Cycle fixe de dressage d'une droite

83	Cycle de perçage déburrage	Cycle fixe de perçage
84	Cycle de taraudage	Tournage de courbe
85	Cycle d'alésage	Dressage de courbe
86		Cycle fixe de filetage longitudinal
87	Cycle de perçage brise-copeaux	Cycle fixe de filetage frontal
88		Cycle fixe longitudinal pour gorge
89	Cycle d'alésage avec temporisation fin de trou	Cycle fixe de frontale pour gorge
90	Programmation absolue par rapport à l'origine programme	Programmation des coordonnées en absolue
91	Programmation relative par rapport au point de départ de bloc	Programmation des coordonnées en relative
92	Présélection de l'origine programme R : programmation de la vitesse d'avance tangentielle S : limitation de vitesse de broche	Présélection des coordonnées et détermination de la valeur S
93		Présélection de l'origine polaire
94	Vitesse d'avance en mm, pouce ou degrés par min	Avance F en mm/mn (puce/mn)
95	La vitesse d'avance en mm ou en pouce par tour	Avance en F en mm/tour (pouce/mn)
96	Vitesse de coupe constant en mètre/min	Vitesse S en m/mn (pied/mn) (vitesse de coupe constante)
97	Fréquence de rotation de broche en tour/min	Vitesse S en tours/mn
98	Définition de la valeur de X de départ pour interpolation sur l'axe C	

ANNEXE B

NUM / FAGOR

Fonctions	NUM	FAGOR
M00	Arrêt programme	Arrêt programme absolu
M01	Arrêt programme optionnel	Arrêt programme conditionnel
M02	Fin de programme	Fin de programme principal
M03	Rotation de broche sens anti trigonométrique	Rotation broche principale à droite on
M04	Rotation de broche sens trigonométrique	Rotation de broche principal à gauche on
M05	Arrêt de broche	Broche principal hors
M06	Appel d'outil	
M07	Arrosage numéro 2	
M08	Arrosage numéro 1	Arrosage on
M09	Arrêt d'arrosage	Arrosage hors
M10	Blocage d'axe	
M11	Débloccage d'axe	
M12	Arrêt d'usinage programme	
M17		Fin de sous-programme
M19	Indexation de broche	
M20		Fourreau recul
M21		Fourreau en avant
M25		Ouverture organe de serrage
M26		Fermeture organe de serrage
M30		Fin de programme principal
M40	Gammes de broche	
M41	Gammes de broche	
M42	Gammes de broche	
M43	Gammes de broche	
M44	Gammes de broche	
M45	Gammes de broche	
M48	Validation des potentiomètres de broche et d'avance	
M49	Inhibition des potentiomètres de broche et d'avance	
M52		Axe c on
M53		Axe c hors
M61	Libération de la broche courante dans le groupe d'axes	
M62 à M65	Commande des broches 1 à 4	
M66 à M69	Mesure des broches numéro 1 à 4	
M71		Soufflerie on
M72		Soufflerie hors

FANUC / SINUMERIK

Fonctions	FANUC	SINUMERIK
M00	Arrêt programme	Arrêt programme absolu
M01	Arrêt programme conditionnel	Arrêt programme conditionnel
M02	Fin de programme	Fin de programme principal
M03	Broche on sens des aiguilles d'une montre	Rotation broche principale à droite on
M04	Broche on sens contraire des aiguilles d'une montre	Rotation de broche principal à gauche on
M05	Broche hors	Broche principal hors
M08	Arrosage on	Arrosage on
M09	Arrosage hors	Arrosage hors
M13	Outil entraine on sens des aiguilles d'une montre	
M14	Outil entraine on sens contraire des aiguilles d'une montre	
M15	Outil entraine hors	
M17		Fin de sous-programme
M20	Recul fourreau	Fourreau recul
M21	Avance fourreau	Fourreau en avant
M22	Recul bac de récupération	
M23	Avance bac de récupération	
M24	Ouverture organe de serrage	
M25	Fermeture organe de serrage	Ouverture organe de serrage
M26		Fermeture organe de serrage
M30	Fin de programme principal	Fin de programme principal
M32	Fin de programme avec mode chargeur	
M52	Mode axe circulaire (axe c on)	Axe c on
M53	Mode broche (axe c hors)	Axe c hors
M57	Oscillation broche on	
M58	Oscillation broche hors	
M67	Avance de barre/embarrure on	
M68	Avance de barre/embarrure hors	
M69	Changement de barre	
M71	Soufflerie on	Soufflerie on
M72	Soufflerie hors	Soufflerie hors
M90	Mandrin de serrage manuel	
M91	Organe de serrage à traction	
M92	Organe de serrage a pression	

M93	Surveillance de la position finale hors	
M94	Activer avance de barre/embarrure	
M95	Désactiver avance de barre/embarrure	
M98	Appel de sous-programme	
M99	Fin de sous-programme, ordre de saut	