

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLICQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة ابي بكر بلقايد - تلمسان -
Université Aboubakr Belkaïd - Tlemcen -
Faculté de TECHNOLOGIE



MEMOIRE

Diplôme de MASTER

En : Génie Mécanique

Spécialité : Construction Mécanique

Par : KASMI Sidi Mohamed

Sujet

**Développement d'un module de programmation
des instructions d'usinage en mode conversationnel
dans un environnement CAO**

Soutenu par visioconférence, le / 09 /2020 , devant le jury composé de :

M.CHORFI S.Mohamed	MCB	Univ. Tlemcen	Président
M SEBAA Fethi	MCA	Univ. Tlemcen	Directeur de mémoire
M RAHOU mohammed	MAA	Univ. Tlemcen	Co-directeur de mémoire
M MENGOUCHI Ahmed	MAA	Univ. Tlemcen	Examineur

Année universitaire : 2019 -2020

شكر و عرفان

باسم الله الرحمن الرحيم ، الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات و الصلاة والسلام علي محمد و علي اله و صحبته أجمعين و مصدقا لقوله تعالى " وَإِذْ تَأْتِيَنَّكُمْ رِبُّكُمْ لِئِنْ شَكَرْتُمْ لَأَزِيدَنَّكُمْ " . أشكر الله تعالى وأحمده حمدا طيبا مباركا الذي أنار لي درب العلم و المعرفة و أعانني علي إتمام هذا العمل . ثم أتوجه بجزيل الشكر و عظيم الامتنان إلي عائلتي و بالأخص إلي أبي و أمي طالما كانا خلفي بالدعاء فجزأهم الله خير عني و أطال الله عمرهما ، و أشكر كذلك صديقي زميت امين الذي ساندني كثيرا في طريقي وكذلك اشكر كل من محبة عبد الوحيد و زروحات الياس . كما أتقدم بالشكر و الامتنان إلي زملائي الأخيار الذين رافقوني في مسيرتي الدراسية بلعدي أيوب و موسوني عبد الفتاح و جلطي عبد الكريم و إلي كل الطلاب صفي و علي كل من كان له الفضل علينا.

Remerciements

En premier lieu, nous tenons à remercier DIEU qui nous a donné le courage, la force et la volonté pour réaliser ce modeste travail.

Nous présentons également à cette occasion mes chaleureux remerciements à notre encadreur Mr. SEBAA FETHI et à mon Co-encadreur RAHOU Mohamed pour l'aide honorable et infatigable qu'ils nous ont apportés en acceptant de superviser et de suivre notre travail, pour leurs conseils, leurs précieuses orientations et surtout leurs disponibilités en ces temps de pandémie du Covid 19.

Nous tenons aussi à remercier les membres du jury, particulièrement Mr CHORFI Sidi Mohamed et Mr MENGUOUCHI AHMED qui nous ont fait l'honneur de présider le jury ainsi que l'examinassions du mémoire.

Enfin nos remerciements vont aussi à tous nos collègues pour leur soutien moral et leur gentillesse. Comme nous remercions toutes les personnes qui nous ont aidés de près ou de loin de pour l'élaboration de ce travail.

Résumé

Le projet avait pour but un développement d'un outil à la programmation paramétrée des l'instruction d'usinage en mode conversationnelle. Pour atteindre cet objectif, trois parties opérations ont été nécessaires. La première partie est consacrée à la technologie et leur classification des MOCN. La seconde partie aborde la programmation paramétrée en mode conversationnelles, sur les réglages des origines ou les prises de référence d'une MOCN. Quant à la dernière partie, elle présente le module d'aide à la programmation CNC en tournage. Ce module remplit différentes fonctions essentielles.

La première fonction présente des différents langages les plus utilisés FANUC, FAGOR, SINUMERIK, FIDIA, DOOZAN, En outre. La deuxième fonction présente les codes « G » et « M » et les quatre cycles utilisés dans l'industrie. La troisième fonction présente fonction permet le choix d'outil et la détermination des paramètres de coupe visualisée avec un programme élaboré et des séquences vidéo d'usinage et de simulation. La quatrième fonction présente des différentes opérations sur MOCN. La quatrième fonction présente un programme BOXFORD établi par le système CFAO par rapport au programme élaboré à l'aide du module développé.

Mots clés : programmation conversationnel, VISUAL BASIC, programmation paramétrée, instruction d'usinage, commande numérique.

Abstract

The purpose of the project was to develop a tool for parameterized programming of machining instructions in conversational mode. To achieve this objective, three parts operations were necessary. The first part is devoted to the technology and their classification of MOCNs. The second part deals with parameterized programming in conversational mode, on the settings of the origins or the reference points of a MOCN. As for the last part, it presents the CNC turning programming aid module. This module performs various essential functions.

The first function presents the different languages most used FANUC, FAGOR, SINUMERIK, FIDIA, DOOZAN, In addition. The second function presents the "G" and "M" codes and the four cycles used in industry. The third function presents the function allows the choice of tool and the determination of the cutting parameters visualized with an elaborate program and video sequences of machining and simulation. The fourth function presents different operations on MOCN. The fourth function presents a BOXFORD program established by the CAD / CAM system in relation to the program developed using the

ملخص

كان الهدف من المشروع هو تطوير أداة للبرمجة ذات المعلمات لتعليمات المعالجة في وضع المحادثة. لتحقيق هذا الهدف ، كان من الضروري إجراء ثلاثة أجزاء. الجزء الأول مخصص للتكنولوجيا وتصنيفها لشبكات MOCN. الجزء الثاني يتعامل مع البرمجة ذات المعلمات في وضع المحادثة ، حول إعدادات الأصول أو النقاط المرجعية لشبكة MOCN. أما بالنسبة للجزء الأخير ، فهو يقدم وحدة مساعدة برمجة تحول CNC. هذه الوحدة تؤدي وظائف أساسية مختلفة.

تقدم الوظيفة الأولى اللغات المختلفة الأكثر استخدامًا FANUC و FAGOR و SINUMERIK و FIDIA و DOOZAN بالإضافة إلى ذلك. تقدم الوظيفة الثانية رموز "G" و "M" والدورات الأربع المستخدمة في الصناعة. تقدم الوظيفة الثالثة الوظيفة التي تسمح باختيار الأداة وتحديد معلمات القطع التي يتم تصورها من خلال برنامج متطور وتسلسل فيديو للتشغيل الآلي والمحاكاة. تقدم الوظيفة الرابعة عمليات مختلفة على MOCN. تقدم الوظيفة الرابعة برنامج BOXFORD الذي أنشأه نظام CAD / CAM فيما يتعلق بالبرنامج الذي تم تطويره باستخدام الوحدة المطورة

Sommaire

Introduction.....	1
-------------------	---

Chapitre I

Technologie des MOCN

1.1. Introduction.....	2
1.2. Historique	3
1.3. Définition d'une MOCN	4
1.4 Principe de fonctionnement d'une MOCN.....	5
1.4.1. Partie opérative.....	6
1.4.1.1 Porte-outil	7
1.4.1.2 Mandrin	8
1.4.1.3 Poupée mobile	8
1.4.1.4 Les moteurs	9
<i>Les moteurs pas à pas</i>	7
<i>Les moteur à courant continu</i>	8
<i>Les moteurs synchrones</i>	8
1.4.1.5 Capteur	11
<i>Capteur de position</i>	
<i>Capteur de déplacement</i>	
<i>Les capteur analogique</i>	
<i>Les capteur numérique</i>	
1.4.2 Partie commande	12
1.4.2.1 Directeur de la commande numérique	13
1.4.2.2 Pupitre de la commande	13
1.5 Classification	14
1.5.1 Classification des MOCN selon le mode fonctionnement	14
1.5.1.1 Fonctionnement en boucle ouvert	14
1.5.1.2 Fonctionnement en boucle fermée	15
1.5.1.3 Fonctionnement avec commande adaptative.....	15
1.6 Classification selon le nombre d'axe	17
1.7 Classification selon le mode d'usinage	19
1.8 Les différent types des MOCN	20
1.9 Domaine d'utilisation	21

Chapitre II

Programmation des MOCN

2.1 Introduction	23
2.2 Structure d'une commande numérique	23
2.3 Système d'axe de la commande numérique	24
2.3.1 Axe primaire	24
2.3.2 Axe auxiliaires	24
2.3.3 Axe rotative	24
2.4 Référentielle programmation	25
2.4.1 Tournage	25
2.4.2 Fraisage	25
2.5 Origine et référence	26
2.5.1 Différentes origines d'une machine outil à commande numérique	27
2.5.2 Fraisage	28

2.5.2.1	Origine machine OM	28
2.5.2.2	Origine pièce Op.....	28
2.5.2.3	Point de référence	28
2.5.4	Origine mesure Om.....	29
2.5.3	Tournage	29
2.5.3.1	Origine machine OM	29
2.5.3.2	Origine pièce Op.....	30
2.5.3.3	Point de référence	30
2.5.3.4	Référence tourelle	31
2.6	Origines des systèmes de coordonnées	31
2.7	Programmation de commande numérique	32
2.7.1	Coordonnées cartésiennes	32
2.7.2	Coordonnées polaires	32
2.7.3	Angle et une coordonnée cartésienne	33
2.8	Langage et programmation MOCN.....	34
2.8.1	Le langage ISO international standard organisation	34
2.8.1.2	Le langage FANUC	34
2.8.1.3	Le langage NUM.....	34
2.8.1.4	Le langage SIEMENS	34
2.8.1.5	Le langage HEIDENHAIN	34
2.8.1.6	Le langage PROFORM	34
2.8.1.7	Le langage MAZATROL	35
2.9	Programmation MOCN.....	35
2.9.1	Début de programme	37
2.9.2	La programmation paramétrée	37
2.9.2.1	Symboles de comparaison	38
2.9.2.2	Opération arithmétique	38
2.9.2.3	fonction arithmétique	39
2.9.2.4	Opération logique	39
2.9.3	Programmation conversationnelle	39
2.9.3.1	Mode conversationnelle	39
2.9.3.2	Programmation conversationnelle	40
2.9.3.3	but de la programmation conversationnelle	40
2.9.3.4	Avantage de programmation conversationnelle	41
2.9.3.5	Désavantage de programmation conversationnelle	41
2.10	Fichier STL	41
2.10.1	Définition	41
2.10.2	Règles spécial pour le format STL	42
2.10.3	Optimiser un fichier STL pour les performances d'impression 3D	42
2.10.4	Avantage et inconvénients de l'utilisation du format de fichier STL par rapport aux autres formats de fichier	42

Chapitre III

Module Développé

3.1	Introduction	44
3.2	Présentation de logiciel	44
3.3	Présentation de l'outil développé	45
3.4	Principale fonction du module	45
3.5	Choix de paramètre de langage tournage.....	46
3.5.1	FANUC.....	47
3.6	G00 Mouvement rapide.....	47
3.7	G01 Interpolation linéaire	48

3.7.1 Paramètre de coupe	49
3.7.2 Choix de coup.....	50
3.7.3 Syntaxe de G01.....	50
8. G03 Interpolation circulaire (sens anti horaire)	50
9. M06 Changement d'outil	51
3.10 Choix de cycle chariotage	52
3.10.1 Paramètre de coupe	53
3.10.2 Choix d'outil	54
3.10.3 Syntaxe de G90	54
3.10.4 Programme élaboré	54
3.11 Choix de cycle de gorge	56
3.11.1 Paramètre de coupe	56
3.11.2 Choix d'outil	57
3.11.3 Syntaxe de cycle G75	57
3.11.4 Programme élaboré	58
3.12 Choix de cycle perçage	58
3.12.1 Choix d'outil	59
3.12.2 Paramètre de coupe.....	60
3.12.3 Syntaxe de cycle G83.....	60
3.12.4 Programme élaboré	61
3.13 Choix de cycle filetage	61
3.13.1 Choix de l'outil	62
3.13.2 Paramètre de coupe	63
3.13.3 Choix d'outil	63
3.13.4 Programme élaboré	64
3.14 FANUC OT11	65
3.15 Cycle de chariotage	65
3.15.1 Paramètre de coupe.....	66
3.15.2 Choix d'outil	67
3.15.3 Syntaxe de cycle G7.....	67
3.15.4 Programme élaboré G71.....	68
3.16 Cycle de perçage.....	68
3.16.1 Choix de l'outil	69
3.16.2 Paramètre de coupe.....	70
3.16.3 Syntaxe de cycle G74.....	70
3.16.4 Programme élaboré.....	71
3.17 Programme BOXFORD /programme élaboré.....	71
3.18 Conclusion	72

Liste des figures

CHAPITRE I

Figure I.1 :	Première MOCN en 1952.....	4
Figure I.2 :	MOCN HAAS VF 2 720X500X400 - 5 AXES C	5
Figure I.3 :	Elément de partie opérative	6
Figure I.4 :	Moteur pas à pas.	10
Figure I.5 :	Moteurs à courants continu	10
Figure I.6 :	Moteurs synchrone.....	11
Figure I.7 :	Fonction originale d'une commande numérique	12
Figure I.8 :	Fonctionnement en boucle ouverte	14
Figure I.9 :	Fonctionnement en boucle fermée	15
Figure I.10 :	Commande adaptative.	16
Figure I.11 :	Axes primaires et axes additionnels.	18
Figure I.12 :	Tour à 2 axes.	18
Figure I.13 :	Tour à 5 axes (broche indexée axe C)	19
Figure I.14 :	Catégories des modes d'usinage	20
Figure I.15 :	Domaine d'utilisation des M.O.C.N	21

CHAPITRE II

Figure II.1 :	Structure des M.O.	23
Figure II.2:	nomenclature des axes.....	24
Figure II.3:	position de tourelle.	25
Figure II.4:	Règle de la main.	26
Figure II.5:	Le point commun aux trois axes	26
Figure II.6 :	Origines en fraisage	28
Figure II.7 :	Origines mesure.....	29
Figure II.8 :	Origines machine	29
Figure II.9 :	Origines pièce	30
Figure II.10 :	Point de référence	30
Figure II.11 :	Référence tourelle.....	31
Figure II.12 :	La répartition de l'origine en tournage et en fraisage	31
Figure II.13 :	Coordonnées cartésiennes	32
Figure II.14 :	Coordonnées polaires	33
Figure II.15 :	Angle et Coordonnées cartésiennes	33
Figure 2.16 :	Définition d'un mot	35
Figure II.17 :	Mot définissant une dimension	36
Figure II.18 :	Mot définissant une fonction	36
Figure II.19 :	Définition d'un bloc	36
Figure II.20 :	La Structure générale d'un programme.....	37
Figure II.21 :	Programmation conversationnelle.....	40
Figure II.22 :	Un modèle 3D d'une sphère recourt de nombreux petits triangles ...	42

CHAPITRE III

Figure III.1 :	Interface de l'outil développé.	45
Figure III .2:	Différentes fonctions du module	46

Figure III .3 :	Choix de Langage MOCN.	46
Figure III.4 :	Choix des paramètres G et M	47
Figure III.5 :	Mouvement rapide.	48
Figure III.6 :	Interpolation linéaire.	49
Figure III.7 :	Interpolation circulaire (anti-horaire) .	51
Figure III.8 :	Changement d'outil.	52
Figure III.9 :	Cycle de chariotage.	53
Figure III .10:	Cycle de chariotage.	55
Figure III .11:	Cycle gorge.	56
Figure III.12:	Cycle de gorge.	58
Figure III .13:	Cycle de perçage avec déburrage.	59
Figure III.14:	Cycle perçage	61
Figure III .15:	Cycle de filetage	62
Figure III .16 :	Cycle filetage	64
Figure III .17:	Choix des paramètres G et M	65
Figure III.18 :	Cycle de chariotage	66
Figure III.19:	Cycle de chariotage G71	68
Figure III .20 :	Cycle de perçage	69
Figure III.21:	Cycle de perçage G74.	71
Figure III .22 :	BOXFORD / programme élaboré	72

Liste des tableaux

Page

CHAPITRE I

Tableau I.1 :	Les différents porte-outil en MOCN	7
Tableau I.2 :	Les mandrins des MOCN	8
Tableau I.3 :	Différents poupées mobiles des MOCN.	9
Tableau I.4 :	différents pupitres des MOCN.....	13
Tableau I.5 :	Axes des différents mouvements possibles	17

CHAPITRE II

Tableau II.1:	Les origines utilisées dans les MOCN	27
Tableau II.2:	Symbole de comparaison	38
Tableau II.3:	Opération arithmétique	38
Tableau II.4:	Opération arithmétique	39
Tableau II.5:	Opération logique.....	39

Liste des Symboles

MOCN : machine outil à commande numérique

CN : commande numérique

CNC : computer numerical control

CU : centre d'usinage

DCN : un directeur de commande numérique

MO : machine outil

OP : origine programme

3D : trois dimensions

ISO : international Standard Organisation

G : fonction préparatoire

F : vitesse d'avance

S : vitesse de broche

M : fonction auxiliaire

FAO : fabrication assistée par ordinateur

CAO : conception assistée par ordinateur

VB : Visual basic

DAO : dessin assisté par ordinateur

D : diamètre usinée de la pièce

VC : vitesse de coupe

T : numéro d'outil

Introduction générale

La machine-outil à commande numérique MONC est une machine automatique dotée d'une commande numérique pilotée par ordinateur qui est largement utilisée dans le domaine de la fabrication mécanique à cause de la grande précision, facilité et rapidité d'usinage des pièces complexes en moyennes et petites séries.

La connaissance de ces machines ainsi que la manière de les utiliser, sont devenues nécessaires pour les techniciens et opérateurs. 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.

Ce travail consiste à développer un outil de programmation pour des instructions d'usinage en CN à la base d'un logiciel Visuel Basic 6.0 en mode conversationnel pour la préparation des postes de travail en tournage et fraisage. Afin d'atteindre cet objectif, trois chapitres ont été développés.

Le premier chapitre donne un aperçu sur la technologie des machines-outils à commande numérique (MOCN).

Le second chapitre rassemble les différentes programmations, en citant le système d'axe et leur origine en tournage et fraisage.

Le dernier chapitre est réservé à la présentation du module développé en visual Basi 6.0 en détaillant les principales fonctions de programmation.

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

Chapitre I

Technologie des MOCN

1. Introduction

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

2. Historique

En **1947**, 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. Mais, lorsque l'US Air Force confie à ce même Parsons la réalisation de pièces de formes encore plus complexes pour ses futurs avions supersoniques, celui-ci réalise que sa méthode est trop approximative et que seul un usinage continu en 3 dimensions sera en mesure de donner satisfaction. Au printemps **1949**, il confie alors au Massachusetts Institute of Technology (**MIT**) le soin de développer des asservissements capables de piloter une machine qui recevra des instructions intermittentes à partir d'un lecteur de cartes. Cette machine, une fraiseuse prototype Cincinnati à broche verticale (Figure I.1), conçue pour exécuter des déplacements simultanés suivant 3 axes, est officiellement présentée en septembre **1952** (Figure I.1) dans le Servo mechanisms Laboratory du MIT. L'information mathématique étant la base du concept, on lui donne le nom de numerical control. Il faut encore attendre quelques années de vastes fonds de l'US Air Force et l'appui des chercheurs du MIT pour rendre la première 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 [1].

La figure I-1 montre la première MOCN.

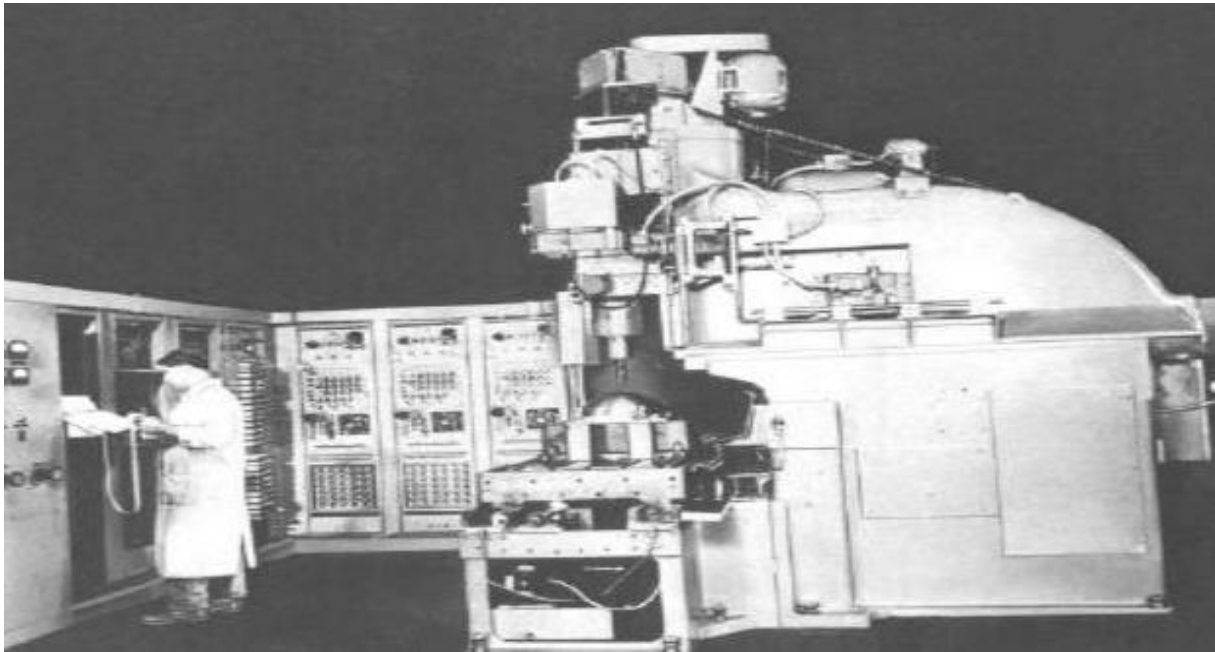


Figure I.1 : Première MOCN en 1952 [1].

3. Définition d'une MOCN

Une machine-outil à commande numérique (MOCN, ou simplement CN) est une machine outil dotée d'une commande numérique. Lors que la commande numérique est assurée par un ordinateur, on parle parfois de machine CNC pour Computer Numerical Command, francisé en «commande numérique par calculateur »

- ✓ Les machines à commande numérique (MOCN) sont des machines partiellement ou totalement automatisées.
- ✓ Les ordres de mouvement des différents organes sont donnés par programmation.
- ✓ En particulier, les positions successives de l'outil par rapport à la pièce sont exprimées sous forme numérique. [2].

Les commandes numériques sont employées le plus fréquemment

- ✓ en fraisage à commande numérique (FCN)
- ✓ en tournage à commande numérique (TCN)
- ✓ dans les centres d'usinage à commande numérique (CUCN)
- ✓ en rectification à commande numérique

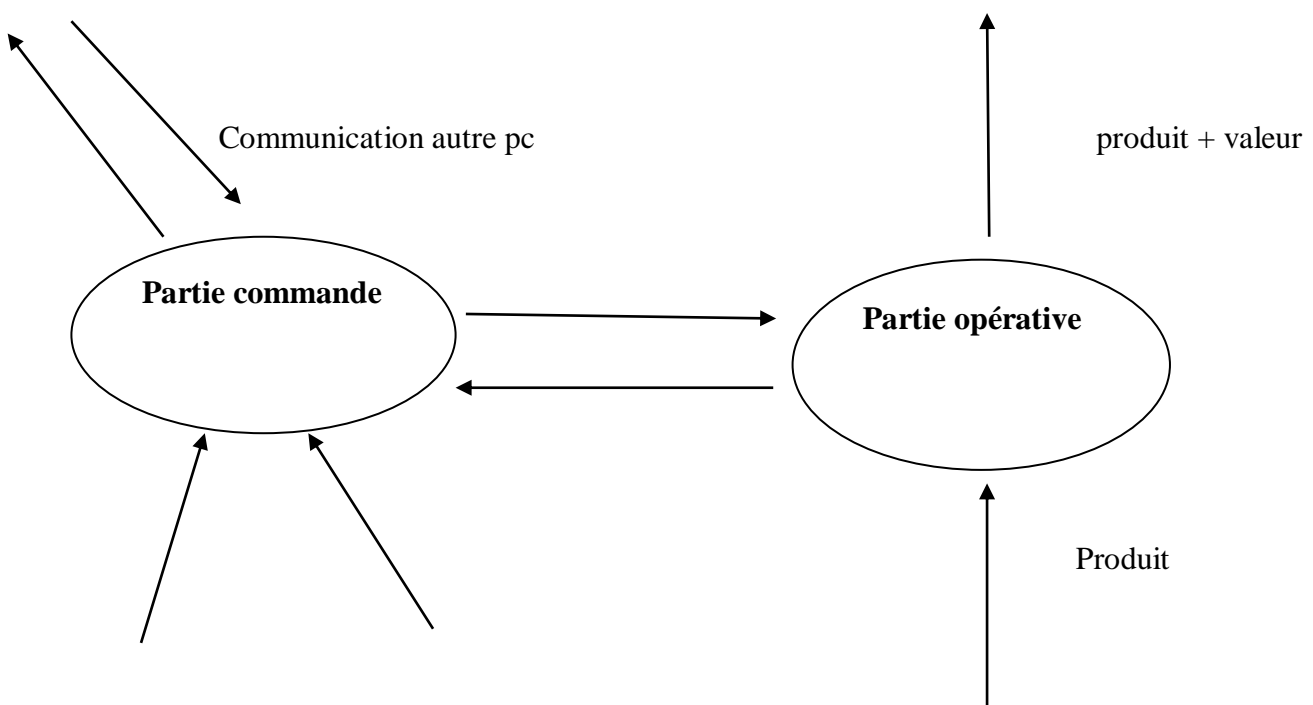
La figure I-2 montre la MOCN HAAS VF 2 720X500X400 - 5 AXES C.



Figure I .2: Haas MOCN 5 axes .

4. Principe de fonctionnement d'une MOCN

Une machine-outil à commande numérique est composée de deux principales parties une partie commande (PC) et une partie opérative (PO).



I.1 : Dessin d'ensemble de la partie complémentaire

4.1. 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

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

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

La figure I-3 illustre les éléments de la partie opérative.

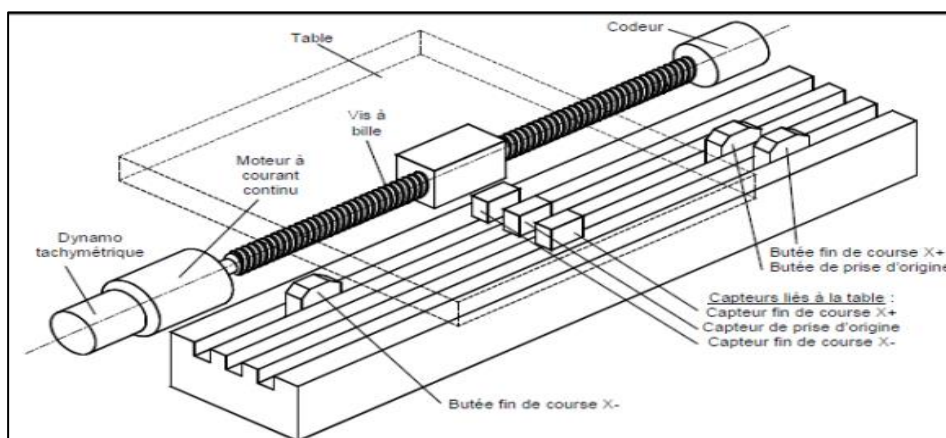


Figure I.3 : Eléments de partie opérative.

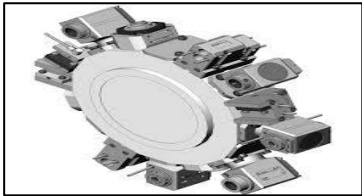


4.1.1. Porte-outil

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 manuelle d'outil : adapté sur des processus à CN pour résoudre le problème à moindre cout.
- ✓ 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 I-1 illustre les différents porte-outils des MOCN.

Tableau I.1 : Différents porte-outils des MOCN.

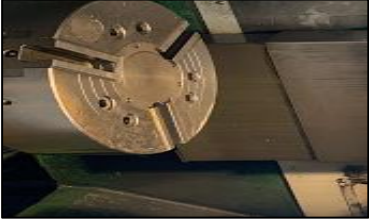
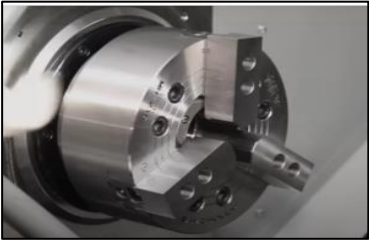

PORT-OUTIL	MOCN
	DOOSAN (PUMA V400)
	HAAS VF 2 720X500X400 - 5 AXES
	MOCN PC TURN 155 (SINUMERIK)

4.1.2. Mandrin

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

Le tableau I-2 illustre des mandrins des MOCN.

Tableau I.2 : Des mandrins des MOCN.

MANDRIN	MOCN
	DOOSAN (PUMA V400)
	HAAS VF 2 720X500X400 - 5 AXES
	MOCN PC TURN 155 (SINUMERIK)

4.1.3 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 (montage mixte).

Le tableau I-3 illustre les différentes poupées mobiles des MOCN.

Tableau I.3 : Différentes poupées mobiles des MOCN.

POUPEE MOBILE	MOCN
	HAAS VF 2 720X500X400 - 5 AXES
	DOOSAN (PUMA V400)
	MOCN PC TURN 155 (SINUMERIK)

4.1.4. Les moteurs

Cependant, toutes ces machines électriques étant réversibles et susceptibles de se comporter soit en « moteur » soit en « générateur » dans les quatre quadrants du plan couple-vitesse , la distinction moteur/générateur se fait « communément » par rapport à l'usage final de la machine.

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 I-4 montre moteur pas à pas.



Figure I.4 : Moteur pas à pas.

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***

Les moteurs à courant continu sont des convertisseurs électromécaniques bidirectionnels .Ces actionneurs génèrent de l'énergie électrique pour en servir après dans des applications industrielles .On distingue des actionneurs linéaires, moteurs et moto réducteurs à courant continu [4].

La figure I-5 illustre un moteur à courant continu.



Figure I.5 : Moteur à courant continu.

- ***Les moteurs synchrones***

Les moteurs synchrones autopilotés à courant alternatif sont aujourd'hui les plus fréquemment utilisés. 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 [3]

La figure I-6 illustre un moteur synchrone.



Figure I.6 : Un moteur synchrone.

4.1.5. 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 en sortie (capteurs photoélectriques, règles et disques optiques ou codés) [3].

4.2 Partie commande

Elle est constituée d'une armoire dans laquelle on trouve

- ✓ Le pupitre permettant de rentrer les commandes à l'aide d'un clavier
- ✓ Le lecteur de données (ce lecteur peut être une option lors de l'achat de la machine)
- ✓ La sortie RS 232 pour les liaisons avec les Périphériques externes,
- ✓ L'écran de visualisation de toutes les données enregistrées,
- ✓ Le calculateur,
- ✓ Les cartes électroniques (commandes d'axes, mémoire ...).
- ✓ La partie commande est alimentée par un courant faible et ne peut donc pas alimenter en direct les moteurs de la machine [5].

La figure I-7 montre la fonction originale d'une commande numérique.

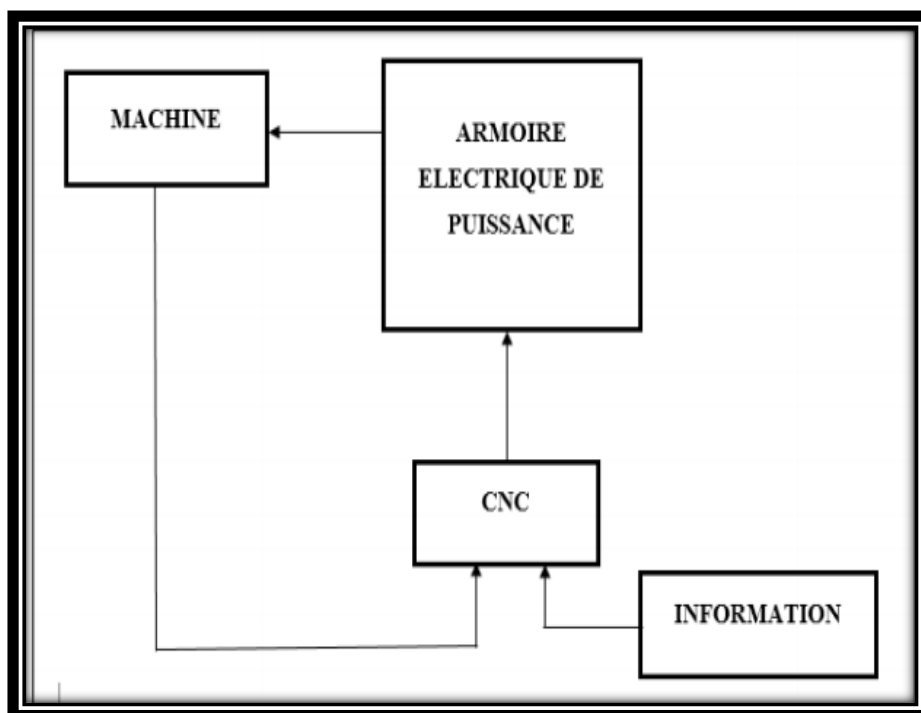


Figure I.7 : Fonction originale d'une commande numérique [3].

4.2.1 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 oeuvre en fonction d'un programme. Cette mise en oeuvre 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 :




- ✓ Aspect ordinateur
- ✓ Aspect automate

4.2.2 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 I-4 illustre les différents pupitres des MOCN.

Tableau I.4 : Différents pupitres des MOCN.

PUPITRE	MOCN
	DOOSAN (PUMA V400)
	HAAS VF 2 720X500X400 - 5 AXES
	MOCN PC TURN 155 (SINUMRIK) .

5. Classification des MOCN [6].

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.

5.1 Classification des MOCN selon le mode de fonctionnement:

Les MOCN sont classifiées selon les modes de fonctionnement suivants :

5.1.1 Fonctionnement en boucle ouverte

En boucle ouverte, le système assure le déplacement du chariot mais ne le contrôle pas.

La figure I -8 montre la fonction originale d'une commande numérique.

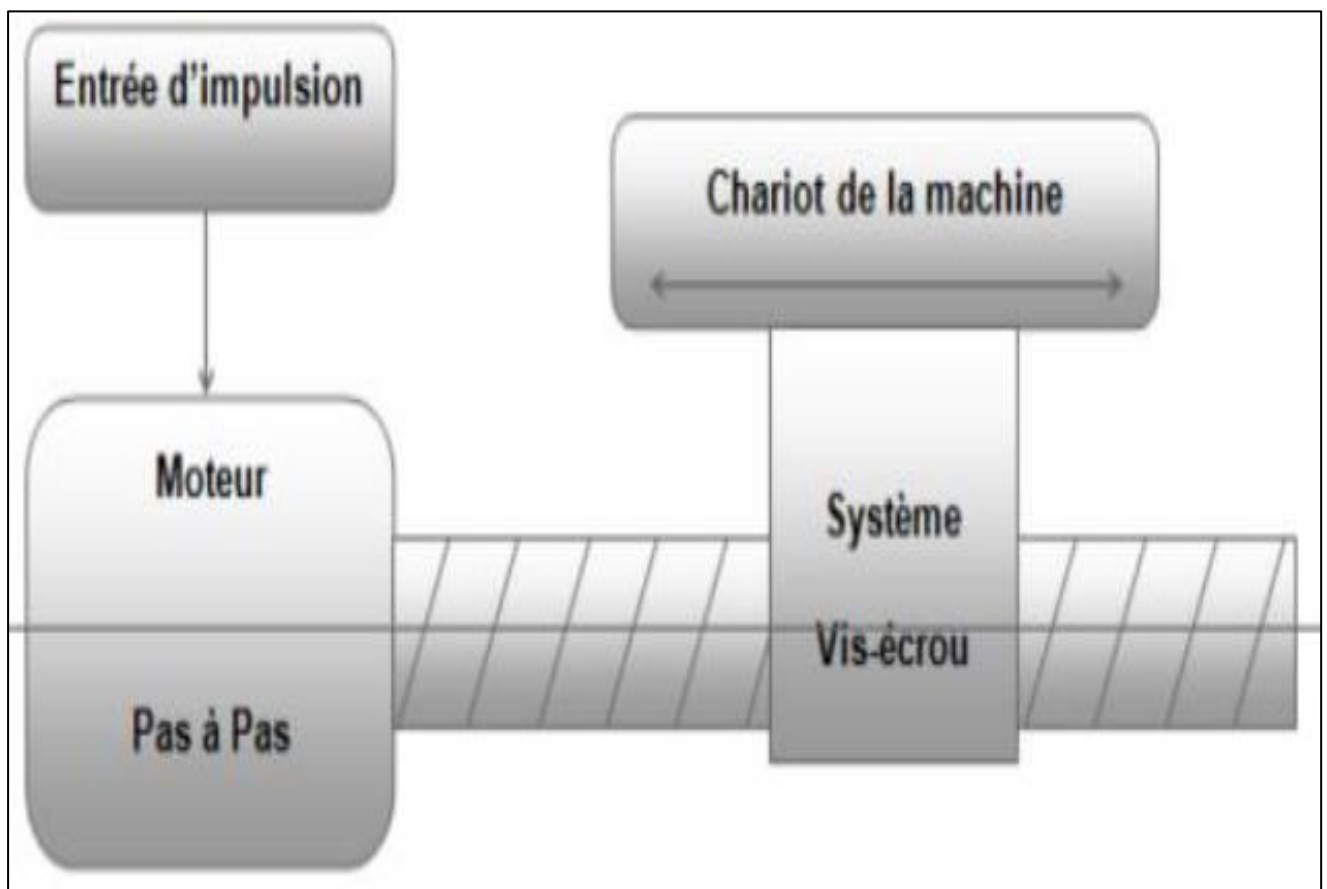


Figure I .8 : Fonctionnement en boucle ouverte.

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).

La figure I-9 montre la fonction originale d'une commande numérique.

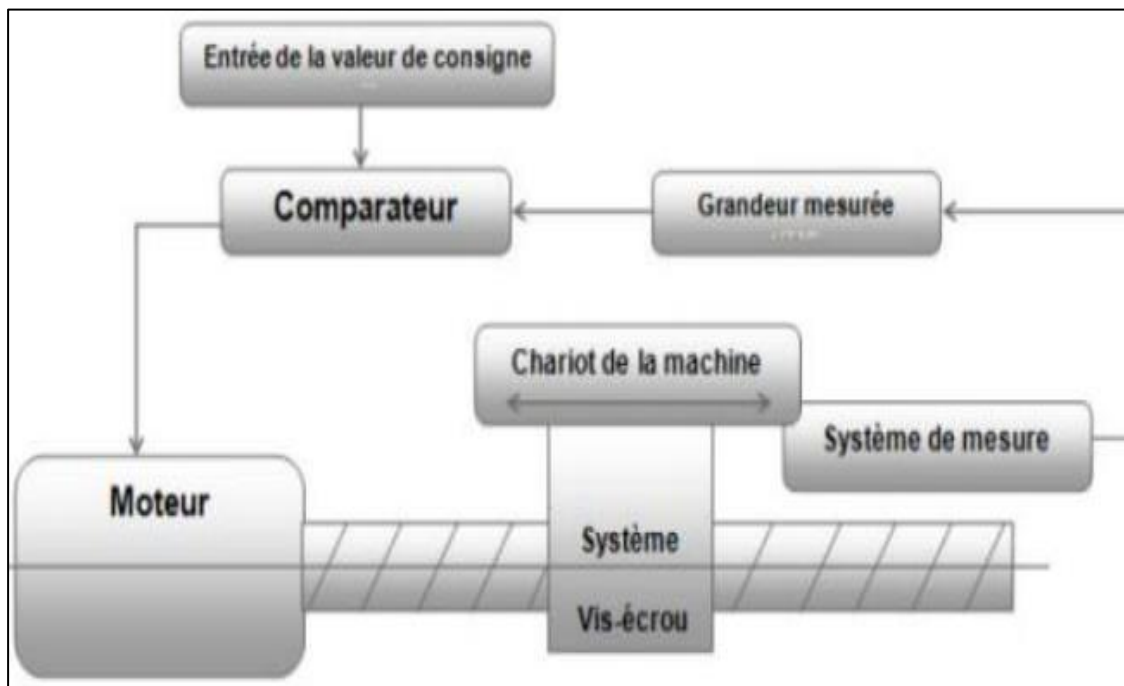


Figure I.9 : Fonctionnement en boucle fermée.

5.1.3 Fonctionnement avec commande adaptative

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. [6].

La figure I-10 montre une fonction originale d'une commande numérique.

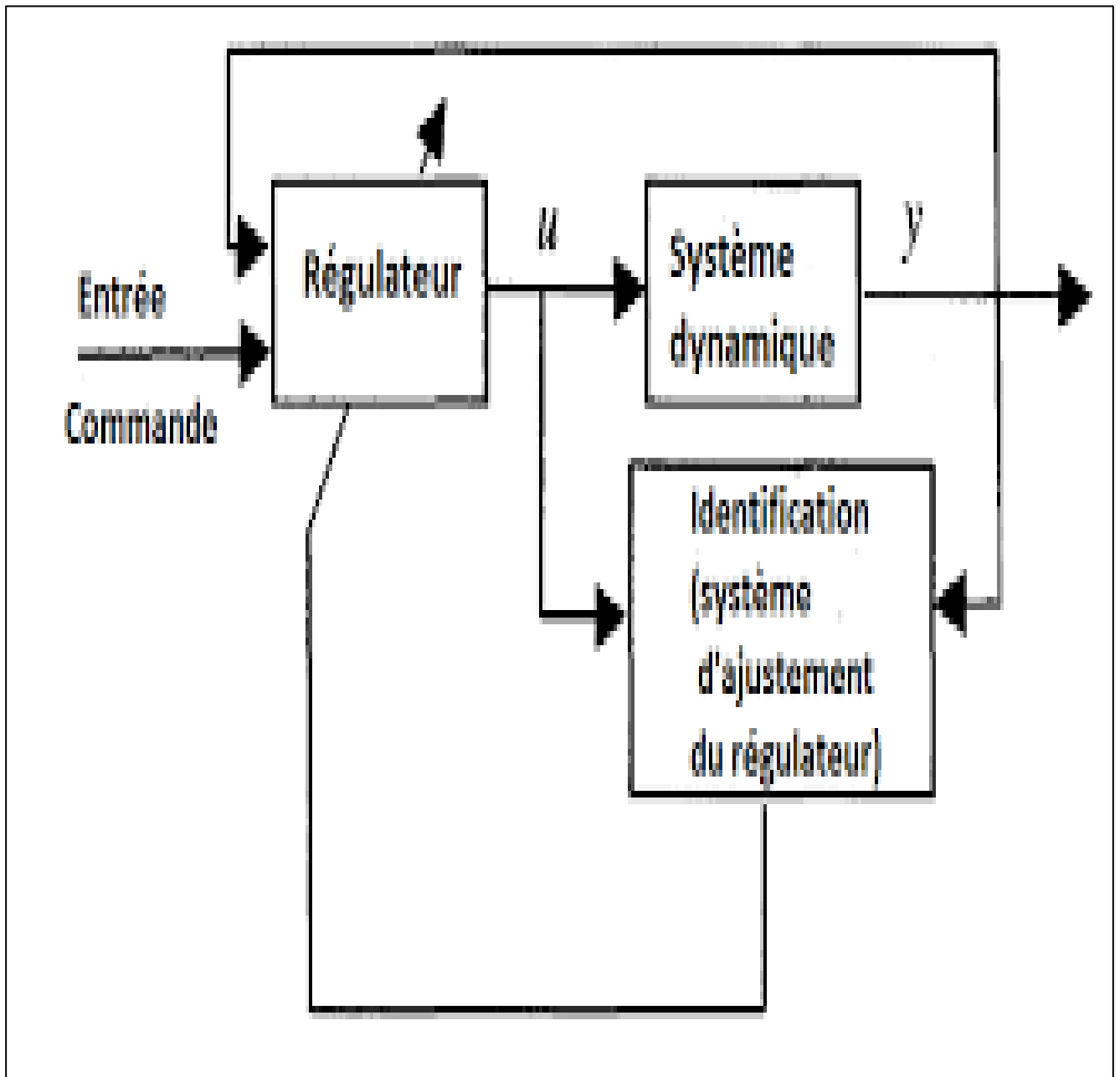


Figure I.10 : Commande adaptative.

6. Classification des MOCN selon le nombre d'axes [6]

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 I-5 donne les différents axes utilisés en CN.

Tableau I.5 : Axes des différents mouvements possibles.

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

- **Remarque**

- ✓ Chaque mouvement de translation ou de rotation est donc représenté par un axe défini par une lettre affectée du signe + ou -.
- ✓ Chaque MOCN a son nombre d'axe, et peut l'augmenter jusqu'à le nombre souhaité.

La figure I-13 montre tour 5 axes (broche indexée axe C).

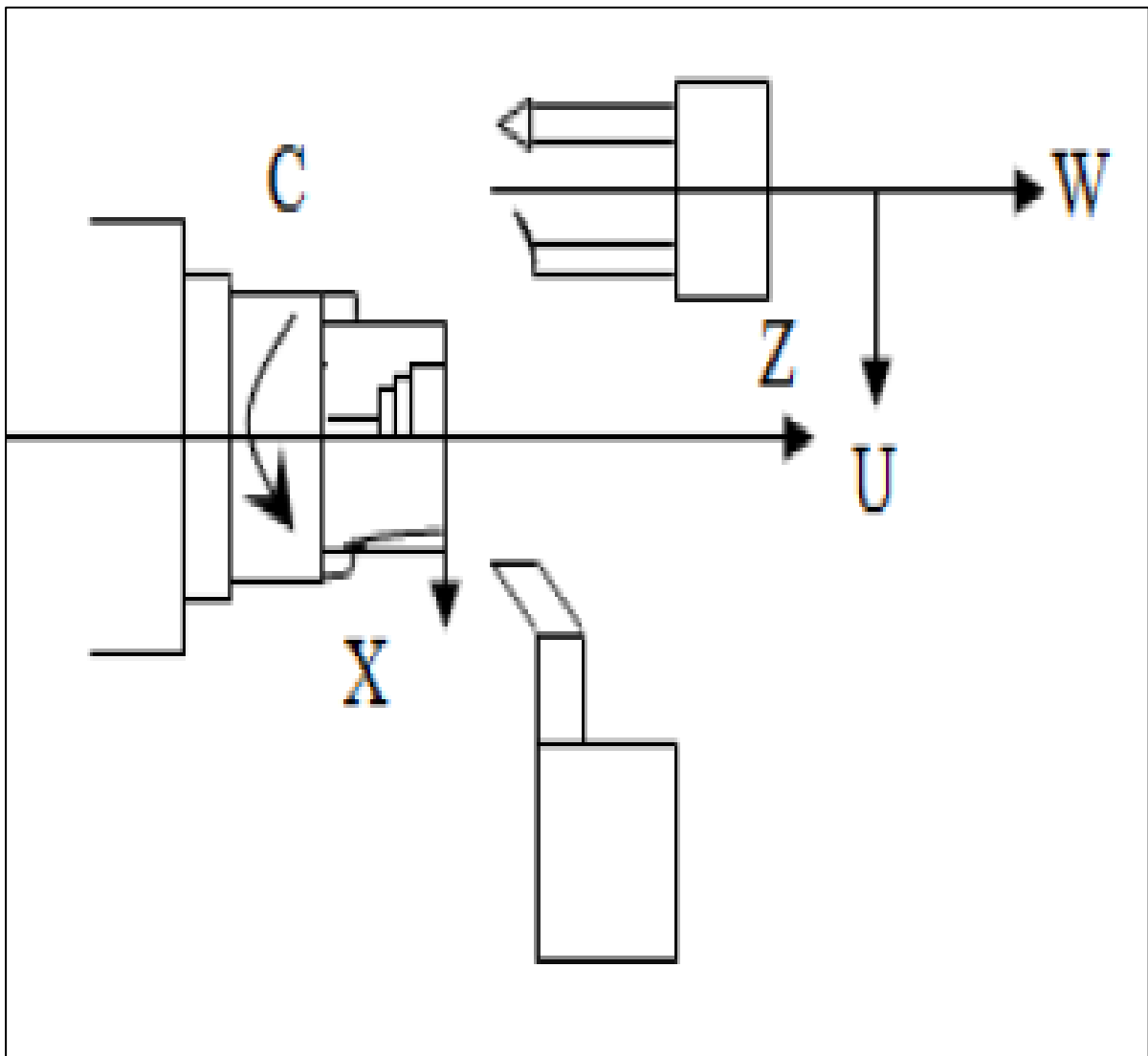


Figure I.13 : Tour à 5 axes (broche indexée axe C).

7. Classification des MOCN selon le mode d'usinage

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

- ✓ Commande numérique point à point.
- ✓ Commande numérique par axiale.
- ✓ Commande numérique de contournage , [6]

La figure 1-14 montre les catégories des modes d'usinage.

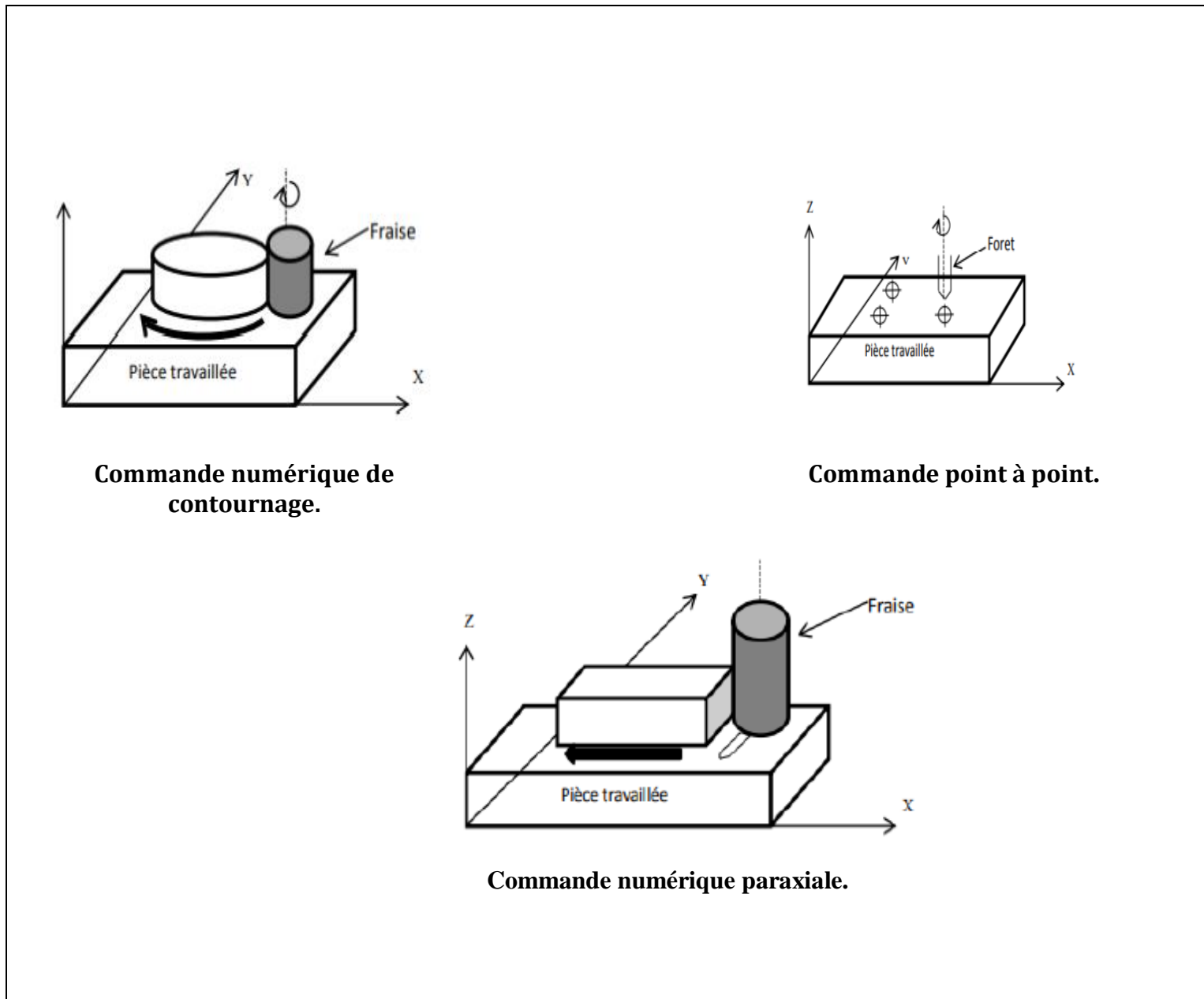


Figure I.14 : Catégories des modes d'usinage.

8. Les différents types de MOCN

Les centres d'usinage sont des machines-outils qui travaillent par enlèvement de matière et permettent de réaliser automatiquement des opérations de fraisage, alésage, perçage, taraudage. Elles possèdent un magasin d'outils avec changeur automatique et peuvent être équipées d'un dispositif automatique de chargement des pièces.

L'ensemble de ces fonctions est géré par un ou plusieurs systèmes électroniques programmables (commande numérique (CN), ordinateur, automate programmable...). On distingue plusieurs types de machines : les machines à enlèvement de copeaux : les perceuses, les tours 2 et 4 axes, les centres de tournages 5 axes, les fraiseuses 2 axes 1/2, 3 axes, les centres d'usinage, 3 à 5 axes, les rectifieuses, les affûteuses, les machines d'usinage à très grande vitesse...

- ✓ les électroérosions : les machines à enfonçages, les machines à fil.
- ✓ les machines de découpes : oxycoupage, laser, jet d'eau...
- ✓ les presses : métal, injection plastique.
- ✓ les machines à bois : à portique ou col de cygne.

Les machines spéciales : à panneaux, à têtes multiples, de conditionnement (Pour l'agroalimentaire...)

9. Domaine d'utilisation

Les M.O.C.N. conviennent à la fabrication en petites et moyennes séries renouvelables. Elles permettent la réalisation, sans démontage, de pièces complexes comportant beaucoup d'opérations d'usinage. Elles se situent entre les machines conventionnelles très "flexibles" réservées aux travaux unitaires (prototypes, maintenance) et les machines transferts, très productives, réservées aux grandes séries.

La figure 1-15 représente le domaine d'utilisation des MOCN.

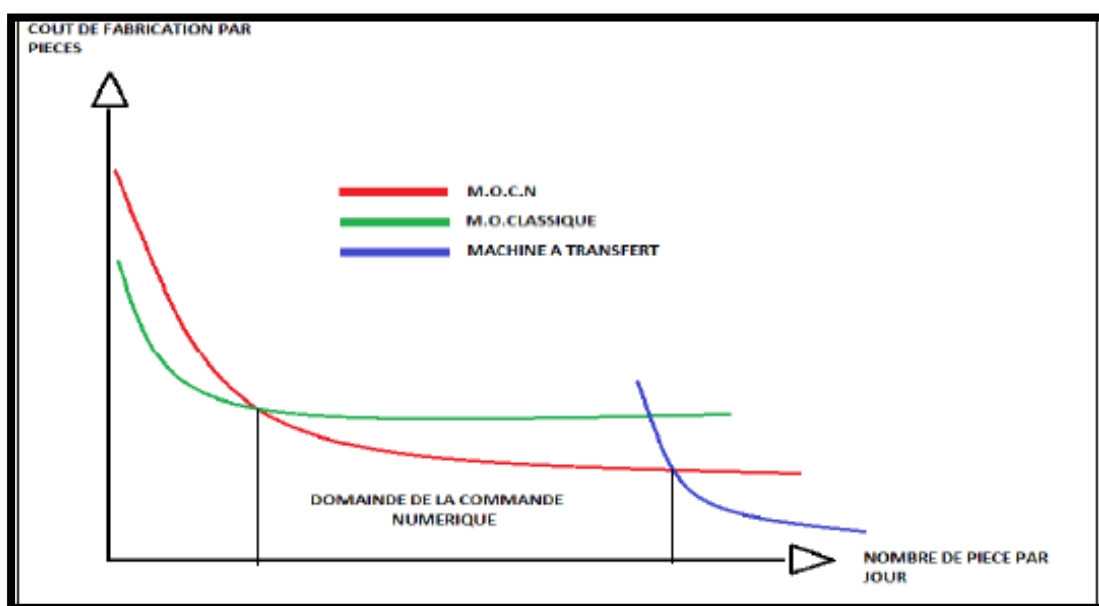


Figure I.15: Domaine d'utilisation des M.O.C.N [7].

Chapitre II

Programmation des MOCN

1. Introduction

Ce chapitre aborde la programmation des MOCN, et définit notamment les origines des machines outils et permettant de positionner les origines par rapport à la structure de la MO.

2. La structure d'une machine à commande numérique

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

L'axe Z de ce repère est un axe confondu avec celui de la broche de la machine — axe de rotation de la fraise en fraisage, axe de rotation de la pièce en tournage. Le sens positif de cet axe est donné par le sens d'éloignement de l'outil par rapport à la pièce. La détermination de l'axe X entre les 2 axes restants se fait en identifiant celui qui permet le plus grand déplacement. Le sens positif de X est déterminé par le sens logique d'éloignement de l'outil par rapport à la pièce. L'axe Y est déterminé grâce à la règle du trièdre direct.

La figure II-1 montre une structure de M.O.



Figure II .1: Structure des MO.

3. Système d'axe de la commande numérique [9].

- Le déplacement de l'outil ou du porte pièce s'effectuent par combinaison de translation /ou de rotation.
- Chaque mouvement élémentaire (axe) est repéré par une lettre affectée du signe +ou – indiquant le sens du déplacement

3.1. Axes primaires

Le système normal de coordonnées est un trièdre orthonormé direct (X, Y, Z).

Le sens positif est celui qui provoque un accroissement de dimensions.

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.

3.2. Axe auxiliaires

Les axes U, V et W sont respectivement parallèles aux axes X, Y et Z.

3.3. Axes rotatifs

Les axes A, B et C sont les axes rotatifs autour de chacun des axes X, Y et Z.

La figure II-2 illustre la distribution des 9 axes.

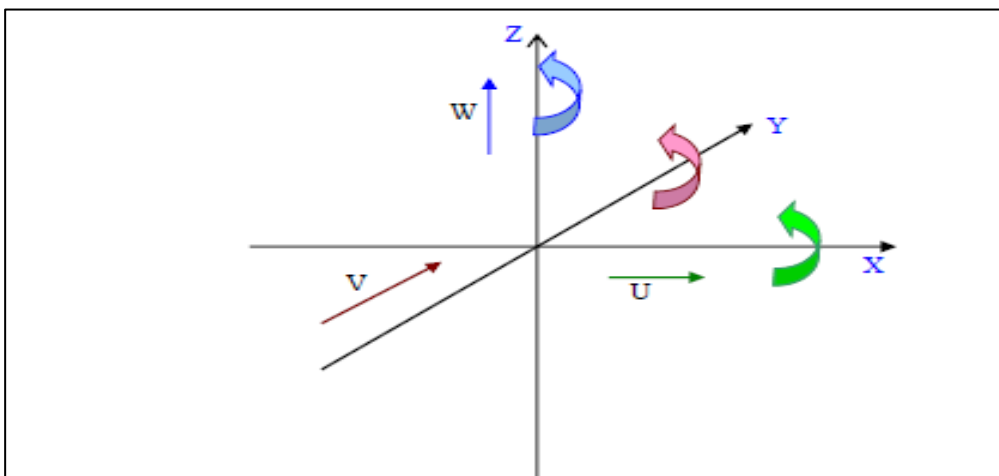


Figure II.2 : Nomenclature des axes

- *Remarque*

Parmi les 9 axes existants possibles, certains systèmes permettent d'en sélectionner jusqu'à 6.

4. Référentiel de programmation

4.1. Tournage

- ✓ L'axe Z est celui de la broche ; il correspond au déplacement longitudinal de la tourelle porte outil.
- ✓ L'axe X perpendiculaire à l'axe Z, il correspond au déplacement radial de la tourelle porte outil.

La figure II-3 illustre la position d'une tourelle.

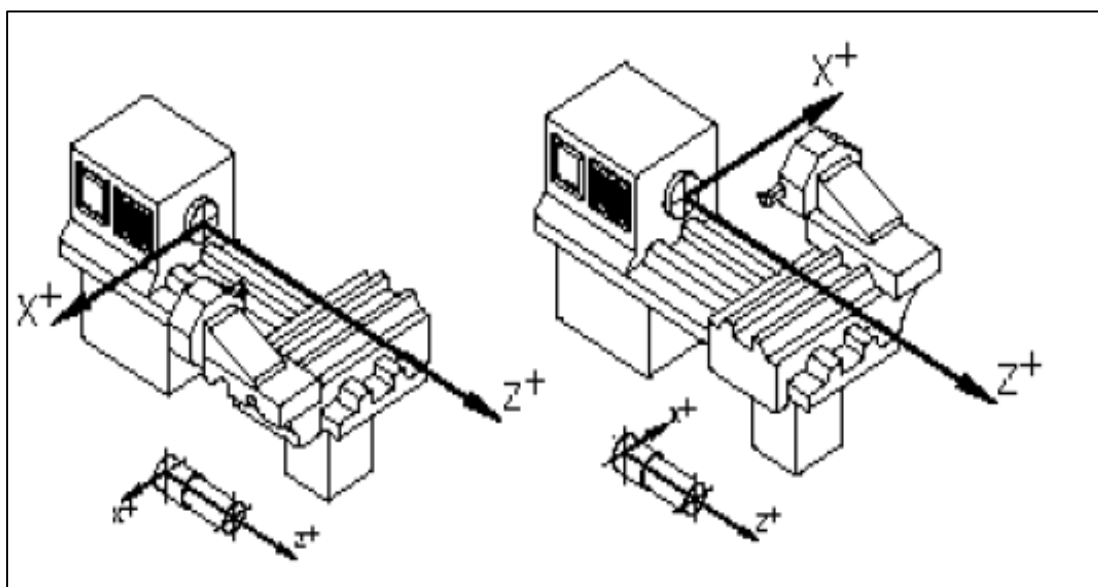


Figure II.3 : Position de tourelle.

4.2. Fraisage

- ✓ Axe Z : axe de la broche et correspond au déplacement vertical de la table (fraiseuse verticale) ou broche.
- ✓ Axe X : perpendiculaire à l'axe Z il correspond au plus grand déplacement.
- ✓ Axe Y : il forme un trièdre de sens direct avec les deux autres axes.

La figure II-4 montre la règle de la main.

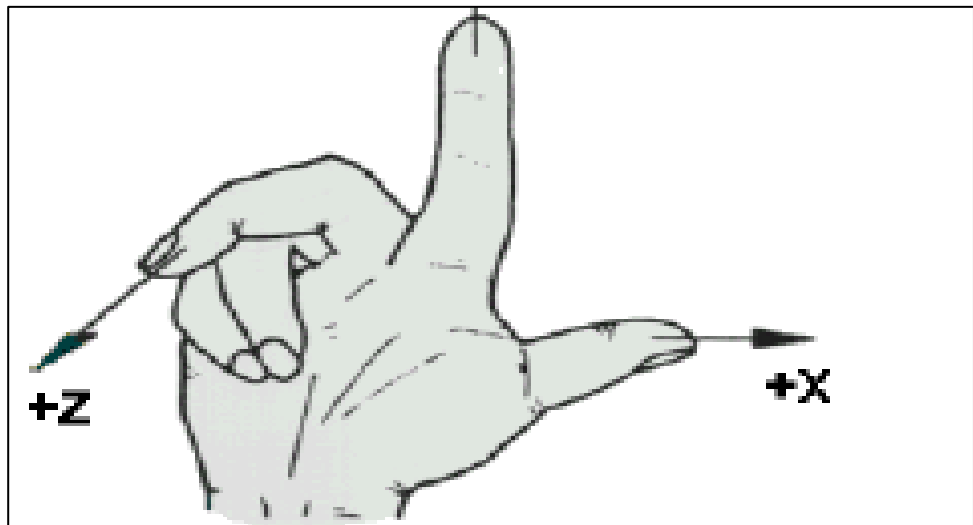


Figure II.4 : Règle de la main.

5. Origines et références [10]

Une origine est un point commun aux différents axes d'un système de coordonnées. Elle représente un point de référence dans un plan (tournage) ou dans un espace 3D (fraisage). Dans le dessin ci-dessus le point commun aux trois axes et le point ayant pour coordonnées X_0 Y_0 Z_0 , c'est l'origine, le point de référence

La figure II-5 illustre point commun aux trois axes.

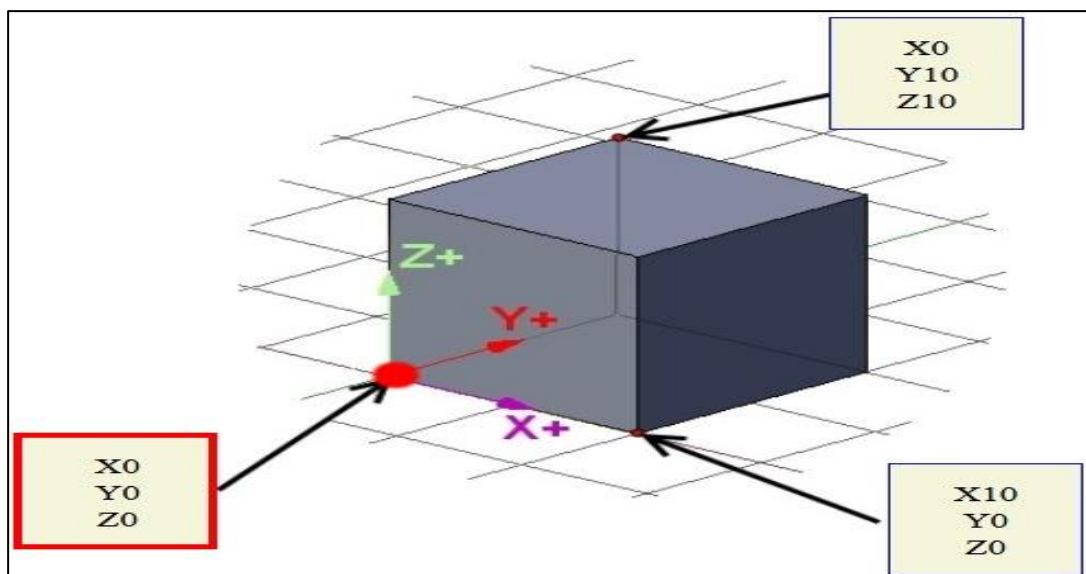








Figure II.5: Point commun aux trois axes.

5.1. Différentes origines d'une machine outil à commande numérique

Le tableau II-1 illustre les origines utilisées dans les MOCN.

Tableau II.1: Les origines utilisées dans les MOCN.

	Points utilisées	Symbole	Définition	Fonctionnement simplifié Machines non industrielles
Souvent confondues	Origine machine (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 machine Cette origine correspond aux positions des axes quand ils touchent les capteurs de fin de course. Cette origine ne change pas et l'emplacement à été choisi par le constructeur.
	Origine mesure (Om)		C'est le point de départ de toutes les mesures dans l'espace machine	
Souvent confondues	Origine Programme OP		C'est le point de départ de toutes les cotes.	 Origine pièce Origine pour les déplacements des d'usinages. Elle est située à un endroit de la pièce.
	Origine Pièce W (Op)		origine de la mise en position (isostatique de la pièce)	

- **Remarque**

- ✓ Pour une machine à commande numérique les points d'origine Il est presque toujours matérialisé par un capteur de position physique
- ✓ Dans une machine industrielle, l'origine machine va correspondre à la position des axes en butée, des butées électriques qui vont stopper les déplacements.
- ✓ Dans le cas d'un système en boucle fermé et d'un codeur rotatif, le codeur va lui avoir un zéro une fois par tour.

5.2. Fraisage

La figure II-6 montre les origines en fraisage.

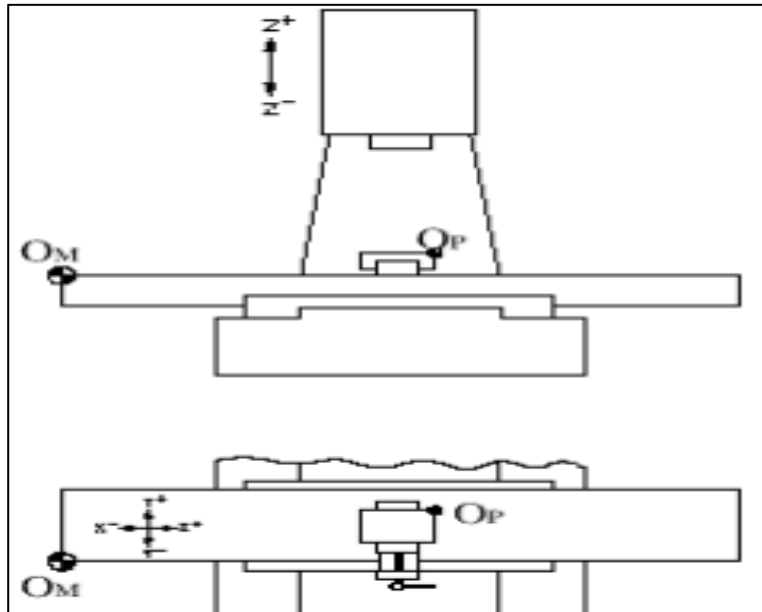


Figure II.6 : Origines en fraisage.

5.2.1. Origine machine OM

il est défini par le constructeur comme origine du système de coordonnées de la machine.

Ce zéro machine correspond à un point fixe qui ne change jamais .il est liée à la machine. Ce point sera un point de référence pour les autres utilisée pour facilitée l'opération d'usinage .On demande à la machine de se positionner sur ce point avec la commande G53.

5.2.2. Origine pièce Op

il est défini pour la programmation des cotes de la pièce et son choix est laissé à l'appréciation du programmeur en fonction de la position isostatique (généralement la butée N5 en tournage). Pour indiquez que l'endroit où est positionné l'outil correspondant au zéro pièce, il est possible d'utiliser la commande G92.

5.2.3. Point de référence

C'est un point défini par le constructeur et servant à la synchronisation du système.

En effectuant la recherche du zéro machine les axes se déplacent vers ce point et prennent des valeurs par rapport au zéro machine.

5.2.4. Origine mesure Om

C'est le point par rapport auquel se fait la mesure de longueur d'outil, il se situe généralement à la base de la broche.

La figure II-7 illustre l'origine de mesure.

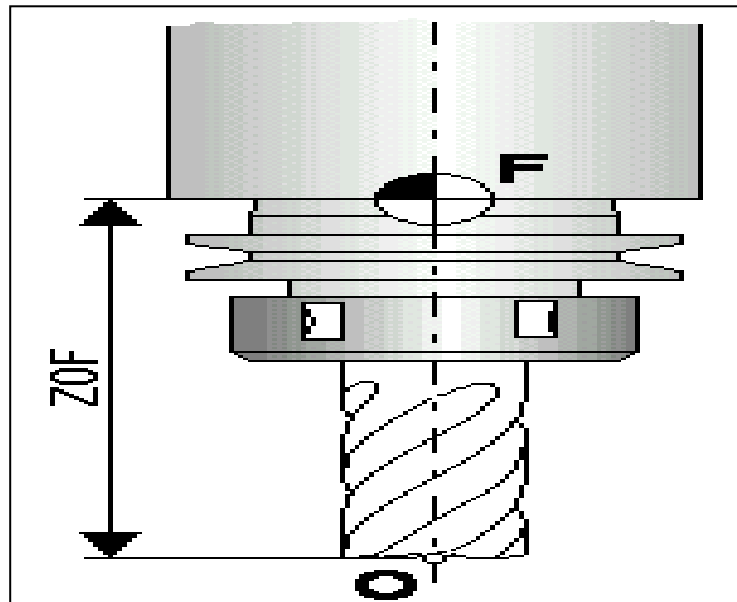


Figure II.7 : Origine mesure

- *Remarque*

Origine pièce et origine programme O_p et OP peuvent être confondus.

5.3. Tournage

5.3.1. Origine machine OM

Il est défini par le constructeur comme origine du système de coordonnées de la machine.

La figure II-8 illustre l'origine machine.

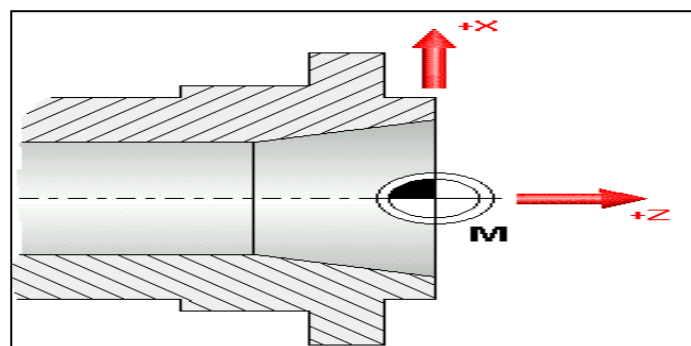


Figure II.8 : Origine machine

5.3.2. Origine pièce Op

Il est défini pour la programmation des cotes de la pièce et son choix est laissé à l'appréciation du programmeur.

La figure II-9 illustre l'origine pièce.

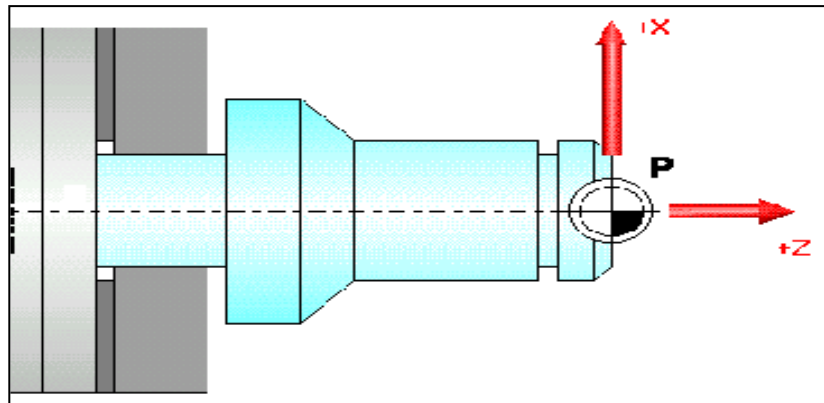


Figure II.9: Origine pièce.

5.3.3. Point de référence

C'est un point défini par le constructeur et servant à la synchronisation du système. En effectuant la recherche des zéro machines la tourelle se déplace vers ce point et prend ses valeurs par rapport aux zéro machines

La figure II-10 montre un point de référence.

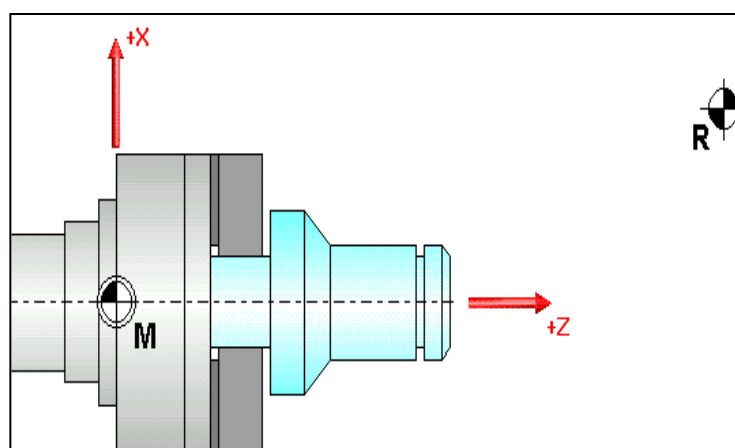


Figure II.10 : Point de référence.

5.3.4. Référence tourelle

C'est un point défini par le constructeur sur la tourelle, toutes les mesures des cotes ainsi que des outils sont repérés par rapport à ce.

La figure II-11 montre une référence de la tourelle.

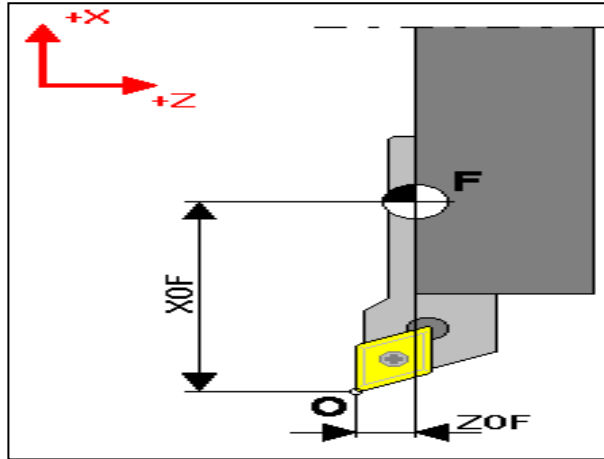


Figure II.11 : Référence tourelle.

La figure II-12 illustre la répartition de l'origine en tournage et en fraisage.

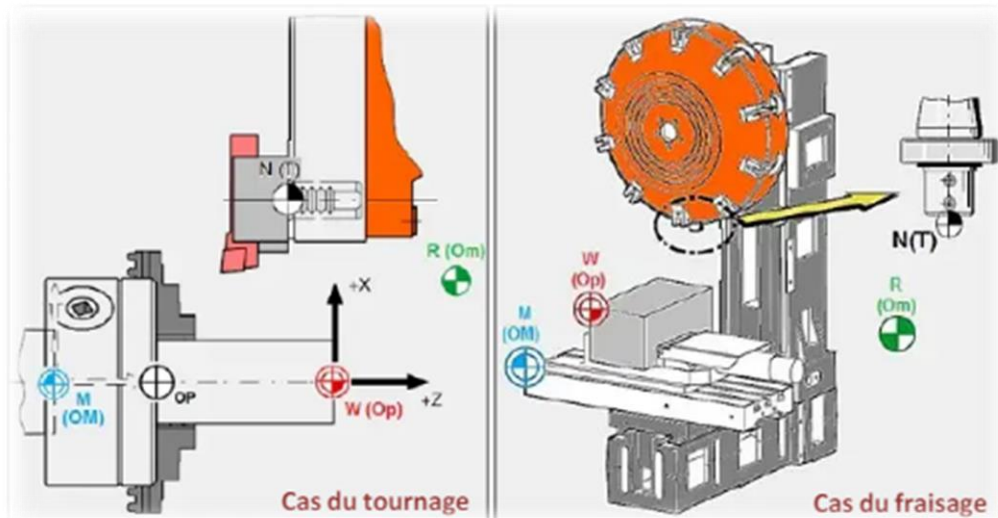


Figure II.12 : La répartition de l'origine en tournage et en fraisage.

6. Origines des systèmes de coordonnées [11].

La présence des origines dans les machine outils est très importante pour :

- ✓ Le contrôle des outils et les organes mobiles.

- ✓ Le bon fonctionnement de la machine.
- ✓ Éviter les risques et les dégâts pendant l'usinage.
- ✓ Facilité la programmation de la machine.

7. Programmation de commande numérique [9].

La programmation de commande numérique (CN) permet de piloter des machine-outils à commande numérique. C'est le directeur de commande numérique (DCN) qui interprète les instructions, reçoit les informations des capteurs et agit (par l'intermédiaire d'un variateur électronique) sur les moteurs .La CNC permet la programmation de coordonnées de trois manières différentes, ce qui laisse le choix à une programmation adaptée au type d'usinage.

7.1. Coordonnées cartésiennes

Le système de coordonnées cartésiennes est défini par deux axes dans le plan et par trois, quatre ou cinq axes dans l'espace. La position des différents points de la machine est exprimée au moyen de trois, quatre ou cinq coordonnées.

La figure II-13 montre les coordonnées cartésiennes.

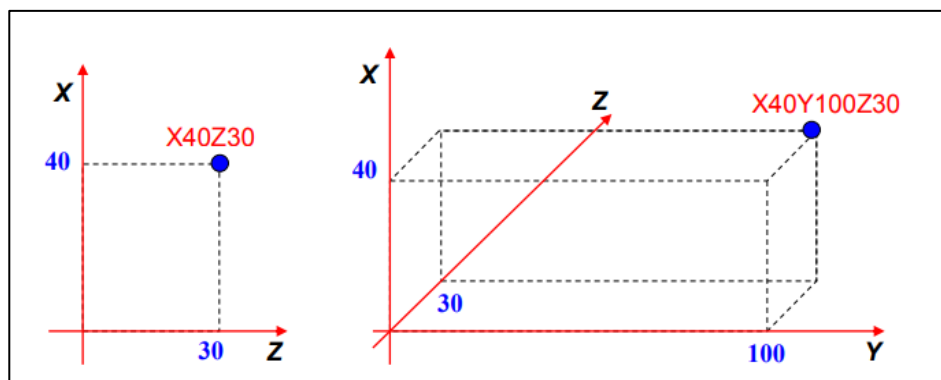


Figure II.13 : Coordonnées cartésiennes

7.2. Coordonnées polaires

Il est plus approprié d'utiliser ces coordonnées en cas de cotes circulaires. Le point de référence est appelé origine polaire. Elles sont mieux adaptées pour Le fraisage

La figure II.14 montre une coordonnée polaire.

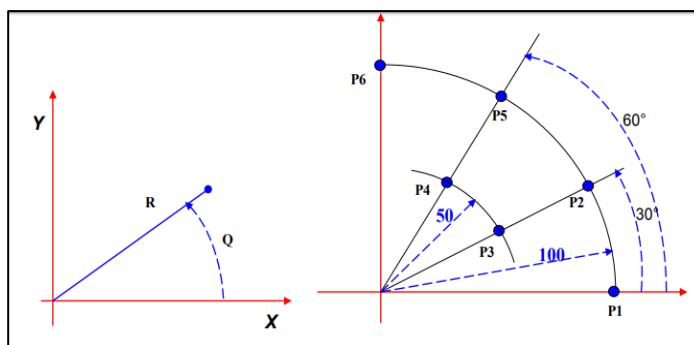


Figure II.14: Coordonnées polaires.

P1 :R100Q0 P2 :R100 Q30 P3 :R50 Q30 Un point est situé avec son rayon par rapport à l'origine et par l'angle qu'il forme avec l'axe des abscisses.

7.3. Angle et une coordonnée cartésienne

Dans le plan principal on peut situer un point avec une coordonnée cartésienne et l'angle de sortie de la trajectoire précédente

La figure II-15 illustre l'angle et une coordonnée cartésienne.

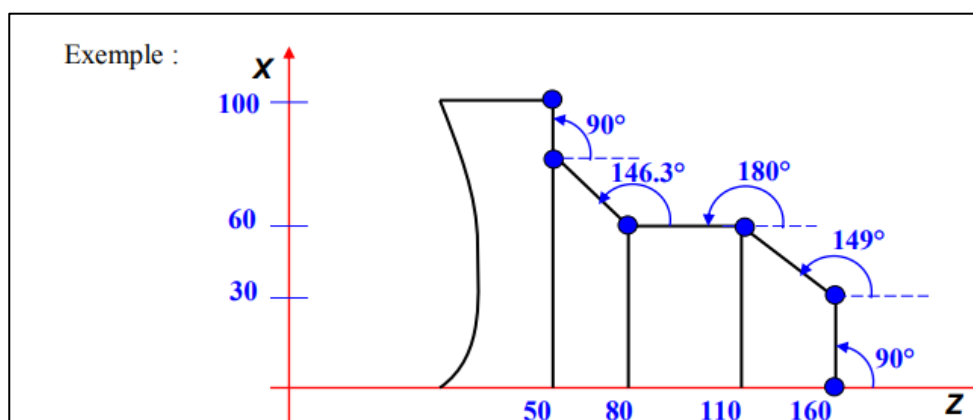


Figure II.15 : Angle et coordonnées cartésiennes.

X0 Z160 : Point P0

Q90 X30 : Point P1

Q149 Z110 : Point P2

Q180 Z80 : Point P3

Q146.3 Z50 : Point P4

Q90 X100 : Point P5

8. Langages et La programmation MOCN [12].

À l'origine, le langage de programmation était le G-code, développé par l'EIA au début des années 1960, et finalement normalisé par l'ISO en février 1980.

8.1 Le langage ISO International Standard Organisation

Développé par l'EIA au début des années 1960 le langage de programmation était le G-code, et finalement normalisé par l'ISO* en 1980 sous la référence (ISO 6983). Le langage ISO est énormément répandu et sert de base à beaucoup de langages actuels.

8.1.2. Le langage FANUC

Le langage Fanuc prend pour base le langage ISO de 1980. Il ajoute des fonctions supplémentaires ce qui en fait un langage unique. Les spécificités du langage sont: * Parenthèses pour les commentaires * Appel de sous programmes avec M98 * Points virgules en fin de blocs

8.1.3. Le langage NUM

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

- ✓ Parenthèses pour les commentaires
- ✓ Appel de sous programmes avec G77

8.1.4. Le langage SIEMENS

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

- ✓ Points virgules pour les commentaires
- ✓ Des appels de cycles.

8.1.5. Le langage HEIDENHAIN

Le langage HEIDENHAIN est un langage inventé par les Allemands pour animer principalement des robots CNC conversationnels. Ce langage ne représente pratiquement aucuns éléments du code ISO.

8.1.6. Le langage PROFORM

Le langage PROFORM a été inventé de toute pièce pour les robots érosion charmille. Langage devenu totalement obsolète

8.1.7. Le langage MAZATROL

Utilise son propre langage de programmation conversationnel et intuitif. L'idée de leur langage est de réduire la complexité et la longueur du programme (il revendique 80% de réduction de code).

9. Programmation MOCN [17].

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

Le programme est la description structurée de l'opération d'usinage. Il comporte deux types d'informations : des ordres de déplacements et des ordres auxiliaires. Pour donner un ordre de déplacement, il faut spécifier un mode d'interpolation, un but et une vitesse de déplacement. Les types d'interpolation utilisés sont :

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

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

- **Le format** qui caractérise les mots utilisés.
- **Les adresses** ce sont les lettres débutant un mot d'un langage machine. Celles-ci précisent la fonction générale à commander (G, X, Y, Z, F, S, T, M).
- **Les mots** sont un ensemble de caractères comportant une adresse suivie de chiffres constituant une information (X25.236).

La figure II-16 montre la définition d'un mot.

Adresse	Signe algébrique	Donnée numérique
1 ou 2 lettres ou 1 caractère	. + -	de 0 à 9

Figure II.16 : Définition d'un mot.

La figure II-17 montre le mot définissant une dimension.

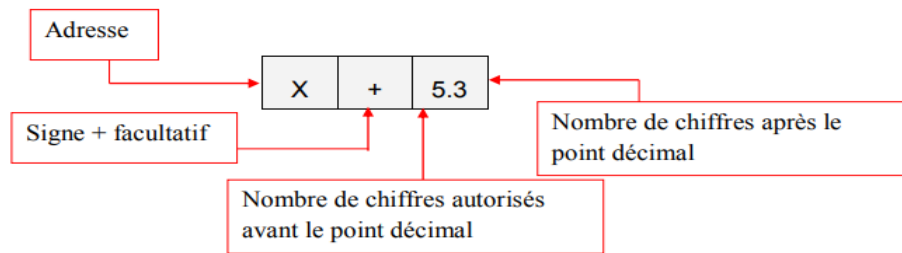


Figure II.17: Mot définissant une dimension.

La figure II-18 montre le mot définissant une fonction.

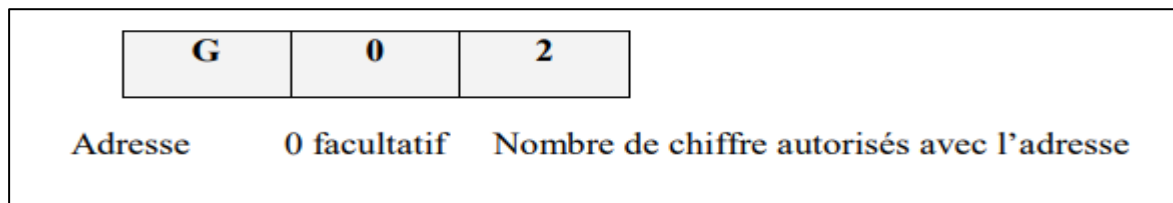


Figure II.18 : Mot définissant une fonction.

- *Les blocs* sont des groupes de mots correspondant aux instructions relatives à une séquence d'usage (N Les fonctions sont tous les mots d'un langage machine autres que ceux définissant les cotes, et nécessaires pour assurer le fonctionnement d'une machine-outil. On trouve : 150 GOI X200. Y 125.235 F250).

La figure II-19 montre une définition d'un bloc.

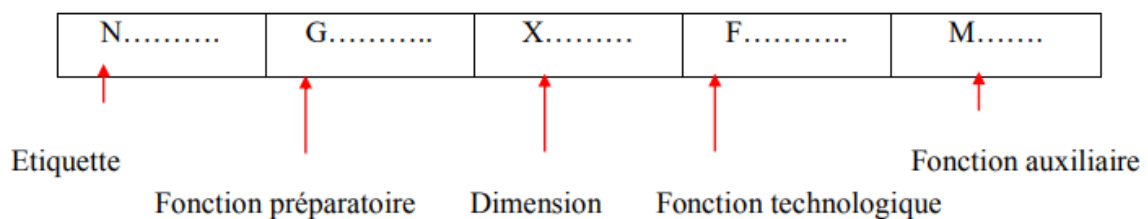


Figure II.19: Définition d'un bloc.

- *Les fonctions* sont tous les mots d'un langage machine autres que ceux définissant les cotes, et nécessaires pour assurer le fonctionnement d'une machine-outil. On trouve :
- Les fonctions préparatoires G
- Les fonctions vitesse d'avance F
- Les fonctions vitesse de broche S
- les fonctions outil T

- les fonctions auxiliaires M (mise en route de l'arrosage, de la broche, blocage ou déblocage de plateau ...). Attention, certaines fonctions auxiliaires sont à prévoir dans le cahier des charges ou le plus tard à préciser au moment de la commande !

9.1 Début de programme

Tout programme doit débuter par le caractère O qui permet au système de reconnaître le début du programme. D'autre part chaque programme est identifié par un numéro constitué au plus de quatre chiffres. Ce qui donne finalement chaque programme doit commencer par un bloc qui a la syntaxe suivante : On; (désignant un chiffre de 0 à 9).

Exemple : O12 ; O1972 ; O06 ;

La figure II-20 illustre la structure générale d'un programme.

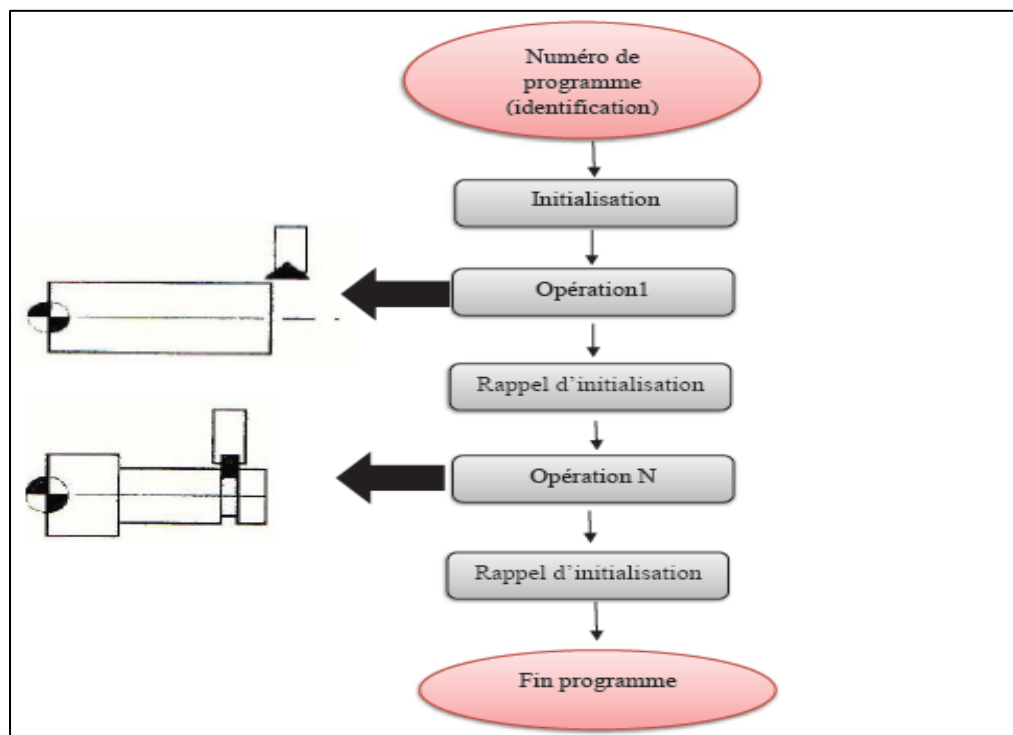


Figure II.20 : Structure générale d'un programme

9.2. La programmation paramétrée [13].

La programmation paramétrée utilise des fonctions pouvant être affectées à toutes les adresses CN à la place de valeurs numériques ou pouvant être exploitées en tant que fonctions particulières, et parmi la fonction utilisée programmation paramétrée.

9.2.1. Symboles de comparaison

Le tableau II-2 illustre un symbole de comparaison utilisable.

Tableau II.2 : Symbole de comparaison.

Symbole de comparaison		Symbole de comparaison	
Egal	=	Supérieur ou égal	> =
Supérieur	>	Inférieur ou égal	< =
Inférieur	<	Différent	<>

9.2.2. Opérations arithmétiques

Le tableau II-3 illustre les opérations arithmétiques.

Tableau II.3: Les opérations arithmétiques.

Opération arithmétique	Symbole	Opération arithmétique	Symbole
Addition	+	Multiplication	*
Soustraction	-	Division	/

- *Remarque*

La division par zéro est impossible.

9 .2.3. Fonctions arithmétiques.

Tableau II-4 illustre une fonction arithmétique.

Fonction arithmétique	Symbole	Fonction arithmétique	Symbole
Sinus	S	Arc tangente	A
cosinus	C	Racine carrée	R

Tableau II.4 : Fonction arithmétique.

- *Remarque*

L'extraction de la racine carrée d'un nombre négatif est impossible.

9.2.4. Opérations logiques

Tableau II-5 illustre une opération logique.

Tableau II.5: Opération logique

Opération logique	Symbole	Opération logique	Symbole
T	&	OU	!

- *Remarque*

On peut pas ajouter la même symbole dans une opération.

9.3. Programmation conversationnelle [14].

9.3.1. Mode conversationnel

Le mode d'utilisation de l'ordinateur permet à l'utilisateur d'intervenir pendant le déroulement des calculs en fonction des résultats obtenus à des niveaux intermédiaires.

9.3.2. Programmation conversationnelle

La programmation conversationnelle est très répandue dans l'industrie et est disponible sur les MOCN. Pour utiliser le langage conversationnel, aucune connaissance préalable de la programmation n'est requise. Le passage du plan à l'usinage s'effectue de manière agile et intuitive en quelques étapes. La programmation est basée sur des cycles préconçus dans lesquels le machiniste/programmeur n'a plus qu'à compléter certaines données de la partie noble de la pièce (dimensions, vitesse, outils, etc.). Avant exécution, elle nous permet de vérifier si notre cycle contient des erreurs de programmation ou des informations manquantes. Pour ce faire, il est possible d'effectuer une simulation sur le même écran afin de vérifier si les outils programmés et sélectionnés sont bons. Si un problème de syntaxe se pose, la CNC donnera un avertissement spécifique du problème et offrira son aide pour le résoudre. Le fraisage fait partie des techniques d'usinage par enlèvement de matière, il est proposé de programmer dans ses déplacements une fraiseuse commande numérique pour assurer les formes et dimensions de la pièce à produire dans un langage propre à l'interface.

La figure II-21 présente un exemple de programmation conversationnelle.



Figure II.21: Programmation conversationnelle

9.3.3. But de la programmation conversationnelle

Le but de la programmation conversationnelle est de permettre à un opérateur de créer un programme pièce directement au pied de sa machine, sans avoir recours au langage machine codé en ISO. Dans ce mode, l'élaboration de la géométrie de la pièce et la génération des trajectoires d'outils font essentiellement appel à des fonctions graphiques et à des menus

déroulants. Dans un contexte de programmation conversationnelle, l'opérateur est assisté dans sa démarche par une succession de pages d'écran dites interactives, en ce sens que chaque entrée de données effectuée au moyen de touches logicielles sur le clavier du pupitre implique une réponse de la CN [15].

9.3.4. Avantage de programmation conversationnelle

- ✓ Avec la programmation Conversationnelle, le temps de programmation moyen d'une partie du cycle est inférieur à quelques minutes.
- ✓ Offre à l'opérateur la possibilité de créer des programmes au pied de la machine de manière rapide et intuitive.
- ✓ Traitement des géométries complexes.
- ✓ Prog. de machines différentes possibles.
- ✓ Création facile de programme (Edition) au pied de la machine.

9.3.5 Désavantage de programmation conversationnelle

- ✓ Connaissances approfondies requises.
- ✓ Connaissance de la définition géométrique requise.
- ✓ Feed-back impossible de l'atelier à la FAO/CAO.
- ✓ Reprogrammation nécessaire sur une autre machine
- ✓ Programmation de pièces compliquées exclue [16].

10. Fichier STL [18].

10.1. Définition

En un mot, un fichier STL stocke des informations sur les modèles 3D.

Ce format décrit uniquement la géométrie de surface d'un objet tridimensionnel sans représentation de couleur, de texture ou d'autres attributs de modèle courants. Ces fichiers sont généralement générés par un programme de conception assistée par ordinateur (CAO), en tant que produit final du processus de modélisation 3D. «.STL» est l'extension de fichier du format de fichier STL. Le format de fichier STL est le format de fichier le plus utilisé pour l'impression 3D. Utilisé conjointement avec une trancheuse 3D, il permet à un ordinateur de communiquer avec le matériel d'une imprimante 3D. Depuis ses modestes débuts, le format de fichier STL a été adopté et pris en charge par de nombreux autres logiciels de CAO. Il est aujourd'hui largement utilisé pour le prototypage rapide, l'impression 3D et la fabrication assistée par ordinateur. Les amateurs et les professionnels l'utilisent de la même manière.

La figure II-22 illustre un modèle 3D d'une sphère recouverte de nombreux petits triangles.

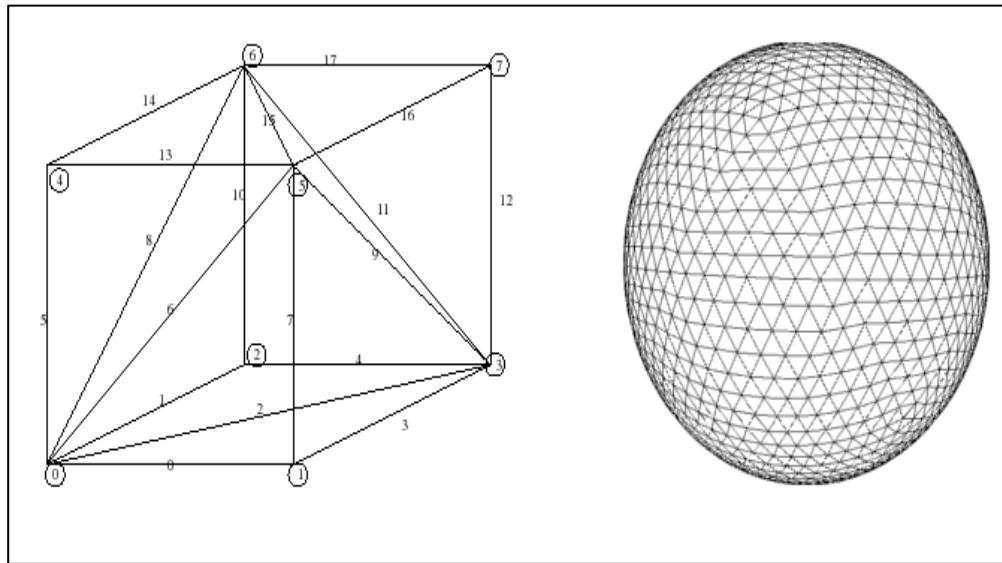


Figure II.22 : Modèle 3D d'une sphère recouverte de nombreux petits triangles.

10.2. Règles spéciales pour le format STL

La spécification STL a des règles spéciales pour la tessellation et le stockage des informations.

- ✓ La règle du sommet.
- ✓ La règle d'orientation.
- ✓ La règle de tous les octants positifs.

10.3. Optimiser un fichier STL pour optimiser les performances d'impression 3D

Le format de fichier STL se rapproche de la surface d'un modèle de CAO avec des triangles. L'approximation n'est jamais parfaite et les facettes introduisent de la grosseur dans le modèle :

- ✓ Hauteur de corde ou tolérance.
- ✓ Déviation angulaire ou tolérance angulaire.
- ✓ Binaire ou ASCII.

10.4. Avantage et inconvénients de l'utilisation du format de fichier STL

Comme il existe de nombreux formats de fichier d'impression 3D, la question évidente est: lequel choisir pour vos impressions? La réponse dépend en grande partie de votre cas d'utilisation.

Chapitre III

Module développé

1. Introduction

Ce chapitre est consacré à la présentation de l'outil développé. Cette interface a été développée sous logiciel Visuel Basic 6.0.

2. Présentation de logiciel

Visual Basic (VB) est un langage de programmation événementielle de troisième génération ainsi qu'un environnement de développement intégré, créé par Microsoft pour son modèle de programmation. Visual Basic est directement dérivé du BASIC et permet le développement rapide d'applications, la création d'interfaces utilisateur graphiques, l'accès aux bases de données en utilisant les technologies DAO, CAO, ... ainsi que la création de contrôles ou objets ActiveX. Les langages de script tels que *Visual Basic for Applications* et VBScript sont syntaxiquement proches de Visual Basic, mais s'utilisent et se comportent de façon sensiblement différente.

Un programme en VB peut être développé en utilisant les composants fournis avec Visual Basic lui-même. Les programmes écrits en Visual Basic peuvent aussi utiliser l'API Windows, ceci nécessitant la déclaration dans le programme des fonctions externes.

Dans une étude conduite en 2005, 62 % des développeurs déclaraient utiliser l'une ou l'autre forme de Visual Basic. Selon la même étude, les langages les plus utilisés dans le domaine commercial sont Visual Basic, C++, C# et Java.

La dernière mise à jour de Visual Basic est la version 6.0, sortie en 1998. Le support étendu Microsoft a pris fin en 2008. À partir de la version 7, le Visual Basic subit des changements substantiels le rapprochant de la plate-forme « dot Net », et qui amènent Microsoft à le commercialiser sous le nom de Visual Basic .NET

3. Présentation de l'outil développé

L'écran de la figure III-1 présente une interface de module développé sous Visual Basic version 6.0.



Figure III.1 : Interface de l'outil développé.

4. Principales fonctions du module

Les principales fonctions remplies sont la recherche des paramètres des procédés d'usinage suivants :

- **Définition fonction G**

Syntaxe, paramètre de coupe, choix d'outil, programme élaboré, séquence vidéo

- **Définition fonction M**

Syntaxe, séquence vidéo.

- **Applications**

Programme BOXFORD / programme élaboré

L'écran de la figure III-2 illustre les différentes fonctions de module.

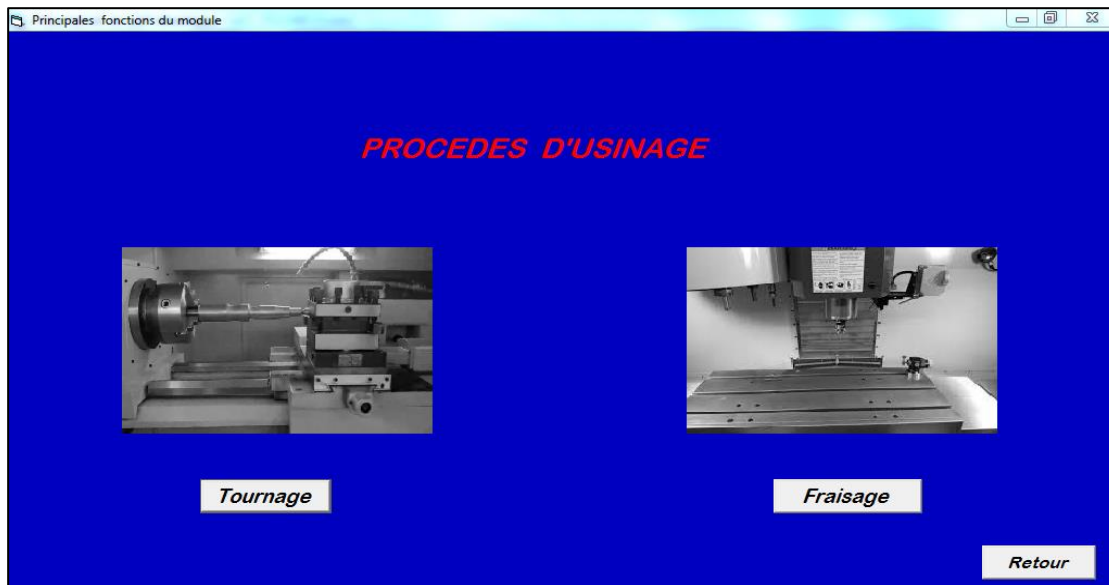
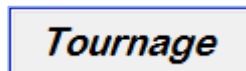


Figure III.2: Différentes fonctions du module.

5. Choix des paramètres de langage tournage

☞ Cliquer sur le bouton




pour accéder au paramètre de ce procédé.

L'écran de la figure III-3 illustre les différents langages CN.



Figure III.3 : Choix de Langage CN.

5.1. FANUC

Pour accéder à cette fonction cliquer  sur le bouton




L'écran de la figure III-4 illustre le choix des paramètres G et M.



Figure III.4 : Choix des paramètres G et M.

6. G00 Mouvement rapide

Pour accéder à cette fonction cliquer  sur le bouton



L'écran de la figure III-5 illustre le mouvement rapide.

G00 Mouvement rapide
Syntaxe G00 X [] Z []

N.. G21;
N.. MO6 T01;
N.. 04 S100 G97;
N.. G00 X [] Z [] ;

X: coordonnée absolu (diamètre)
Z: coordonnée absolu

g00 :
Approche
rapide

Suspendu 00:02

Retour

Figure III.5 : Mouvement rapide.

7 G01 Interpolation linéaire

Pour accéder à cette fonction cliquer  sur le bouton



L'écran de la figure III-6 illustre une interpolation linéaire.

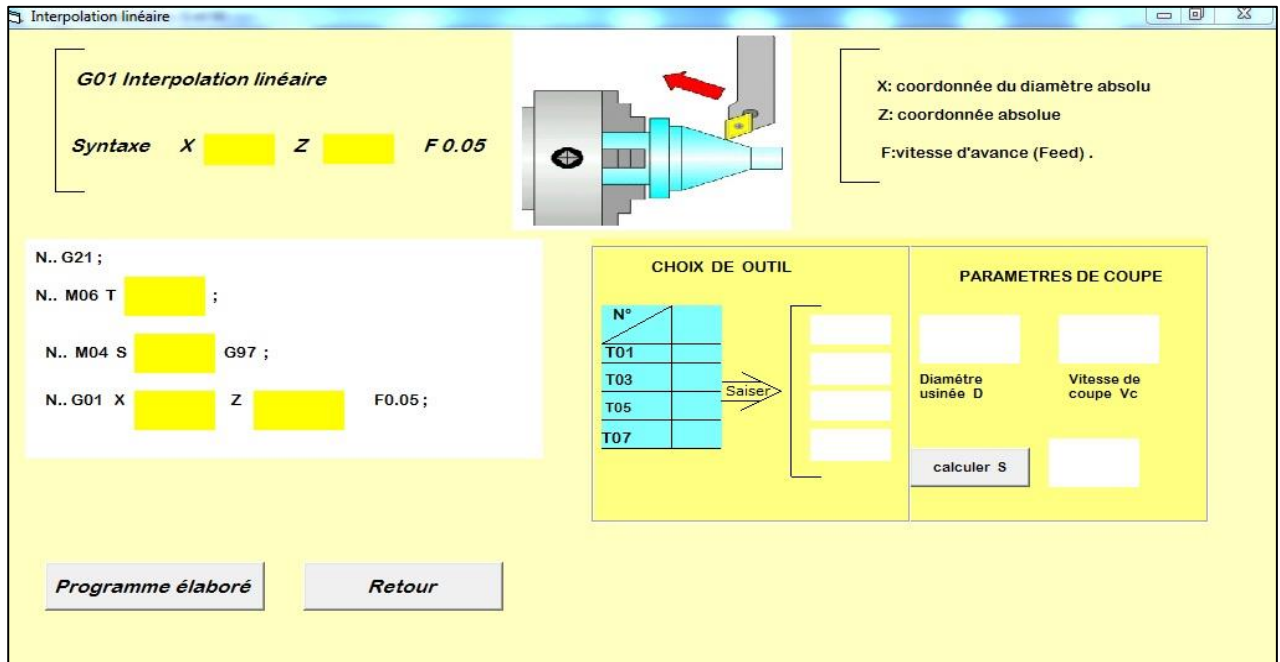
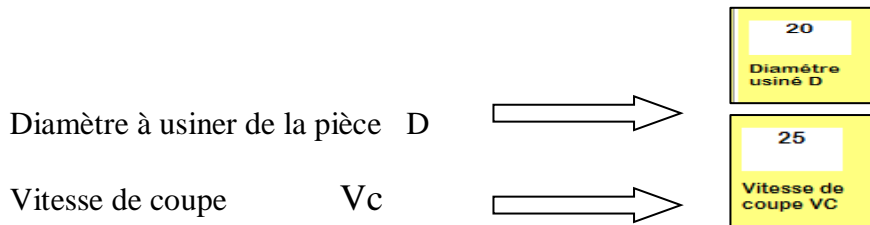


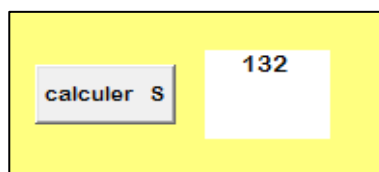
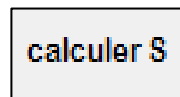
Figure III.6: Interpolation linéaire.

7.1 Paramètre de coupe

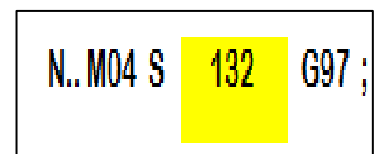
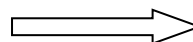
Pour calculer la vitesse de rotation S, il faut remplir :



Pour obtenir le résultat  cliquer sur le bouton



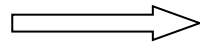
La valeur injectée directement dans le programme



7.2 Choix de coupe

Pour choisir l'outil de l'opération d'usinage, il faut saisir :

Saisir numéro d'outil T



CHOIX DE OUTIL (TOOL)

N°	
T01	
T03	
T05	
T07	

saisir

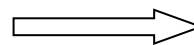
01

01

01

01

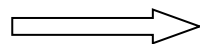
La valeur injectée directement dans le programme



```
N.. M06 T 01 ;
```

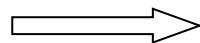
7.3 Syntaxe G01

Saisir la valeur de X



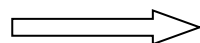
X 30

Saisir la valeur de Z



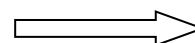
Z -20

La valeur de F



F 0.05

La valeur injectée directement dans le programme



```
N.. G01 X 30 Z -20 F0.05;
```

8. G03 Interpolation circulaire (sens anti horaire)

Pour accéder à cette fonction cliquer



sur le bouton




L'écran de la figure III-7 illustre une interpolation circulaire.

The screenshot shows a software window titled "Interpolation circulaire (sens anti horaire)". On the left, it displays the G03 command syntax: "G03 Interpolation circulaire (sens horaire)" and "Syntaxe G03 X [] Z [] F0.05". Below this, a list of G-code commands is shown: "N..G21;", "N.. M06 T01", "N.. M04 S100 G97;", and "N.. G03 X [] Z [] F0.05". A diagram in the center shows a lathe tool cutting a cylindrical part with a red arrow indicating counter-clockwise rotation and a watch icon. To the right, definitions are given: "X: coordonnée absolu (diamètre)", "Z: coordonnée absolu", and "F: vitesse d'avance (Feed)". A video player at the bottom right shows a close-up of a lathe tool cutting a metal part, with a red box containing the text "G03 : interprétation circulaire". The video player has a "Suspendu" status and a "00:01" duration. A "Retour" button is located at the bottom right of the window.

Figure III.7 : Interpolation circulaire (anti-horaire CCW).

9. M06 Changement d'outil

Pour accéder à cette fonction cliquer  sur le bouton



L'écran de la figure III-8 illustre le changement d'outil.

The screenshot shows a CNC control window titled "Changement d'outil". On the left, there is a text box containing the following information:

- M06 changement d'outil*
- Syntaxe M 06


Below this, there are three lines of G-code with highlighted fields:

- N.. G21 ;
- N.. M 06 T01 ;
- N.. G00 X [] Z [] ;

On the right side of the window, there is a diagram illustrating the tool change process. It shows a tool holder (T..) moving up and down, with an arrow labeled "M06" indicating the change. Below the diagram is a video player showing a real-time view of the tool change in a machine. A red box in the video says "M06 : changement d'outil". The video player has a "Suspendu" button and a "00:00" timer. At the bottom right of the window, there is a "Retour" button.

Figure III.8 : Changement d'outil.

10. Choix de cycle chariotage

Pour accéder à cette fonction cliquer  sur le bouton



L'écran de la figure III-9 illustre le cycle de chariotage.

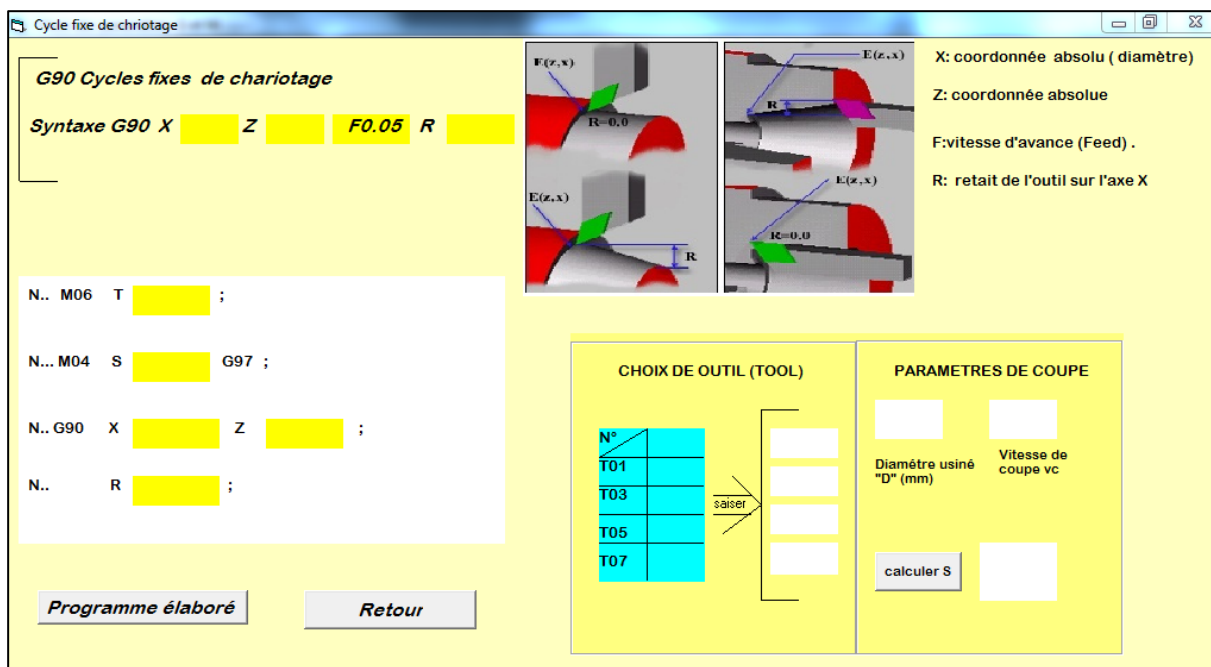
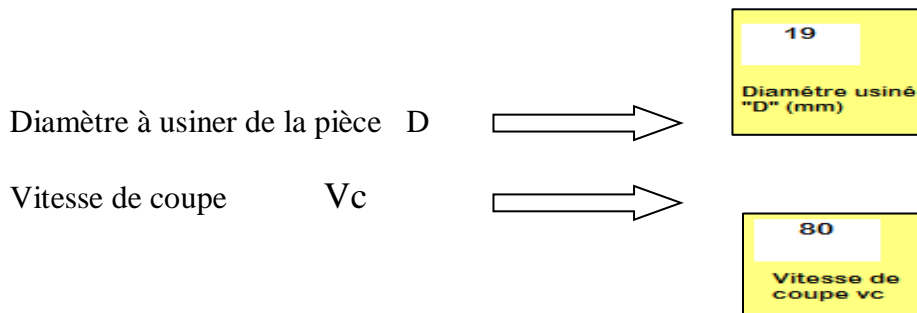



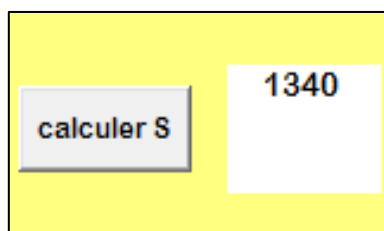
Figure III.9 : cycle de chariotage.

10.1 Paramètres de coupe

Pour calculer la vitesse de rotation S, il faut remplir :

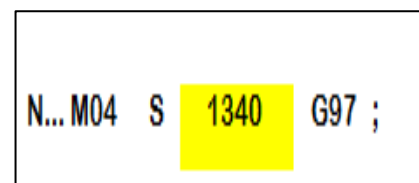


Pour obtenir le résultat  cliquer sur le bouton



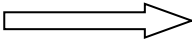
La valeur injectée directement dans le programme

53 \longrightarrow




10.2 Choix d'outil

Pour choisir l'outil de l'opération d'usinage, il faut saisir :

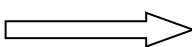
Saisir numéro d'outil T 

CHOIX DE OUTIL (TOOL)

N°	
T01	
T03	
T05	
T07	

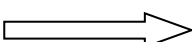
saisir 

01

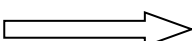
La valeur injectée directement dans le programme 

```
N.. M06 T 01 ;
```

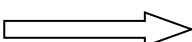
10.3 Syntaxe de cycle G90

Saisir la valeur de X 

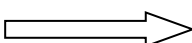
```
X 15
```

Saisir la valeur de Z 

```
Z -30
```


Saisir la valeur de R 

```
R 1
```

La valeur injectée directement dans le programme 

```
N.. G90 X 15 Z -30 ;  
N.. R 1 ;
```

10.4 Programme élaboré

Pour voir un exemple un programme élaboré il suffit, cliquer  sur le bouton


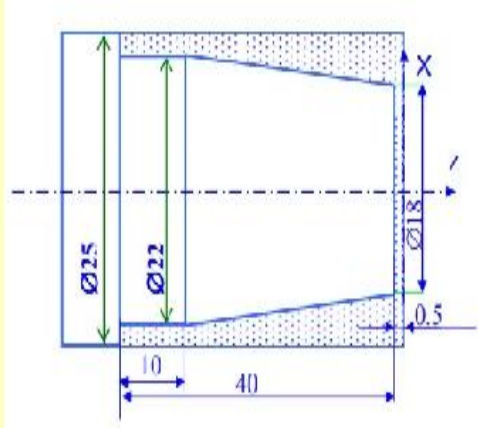
Programme élaboré

L'écran de la figure III-10 illustre le cycle de chariotage.

Cycles fixe de chariotage

G90 Cycles fixes de chariotage

```
% O0001  
N10 G21 ;  
N20 M06 T01 ;  
N30 M04 S 200 G97 ;  
  
N40 G00 X22 Z1 ;  
N50 G01 X-1 F0.05 ;  
N60 G00 X22 Z1 ;  
N70 G01 Z-40 ;  
N80 X26 ;  
N90 G00 Z2 ;  
  
N100 G90 X 22 Z -30  
  
N110 R -2 ;  
  
N110 G00 M05 X25 Z10 ;  
N120 M30 ;
```



Séquence vidéo
Cycle de Chariotage

Suspendu 00:02

Retour

Figure III.10 : Cycle de chariotage.

11. Choix de cycle de gorge

Pour accéder à cette fonction cliquer  sur le bouton



L'écran de la figure III-11 illustre le cycle gorge.

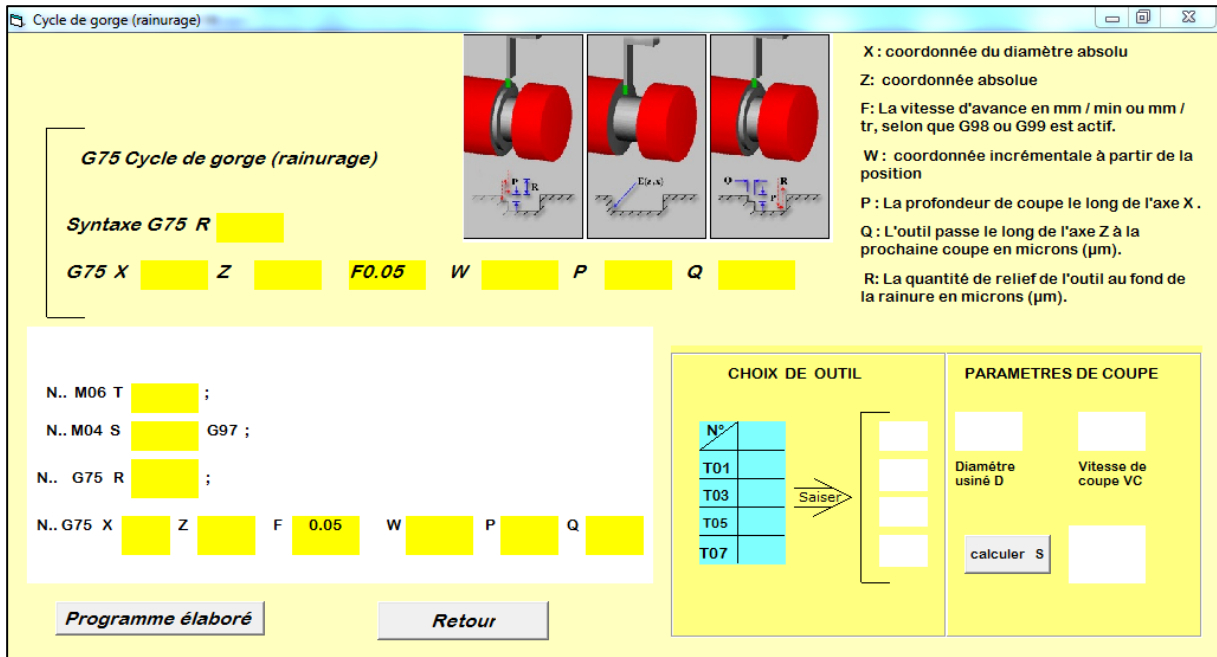
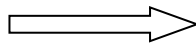


Figure III.11 : Cycle gorge.

11.1 Paramètre de coupe

Pour calculer la vitesse de rotation S, il faut remplir :

Diamètre à usiner de la pièce D

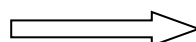


20

Diamètre usiné D

Vitesse de coupe

Vc



25

Vitesse de coupe VC

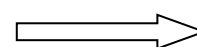
Pour obtenir le résultat cliquer sur le bouton

calculer S

calculer S

132

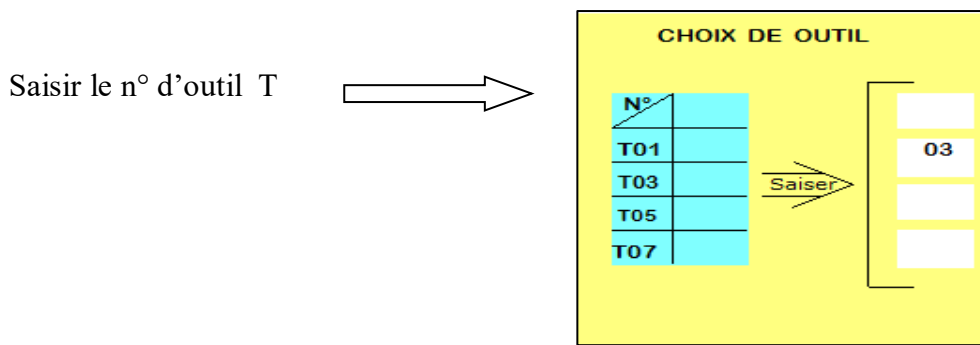
La valeur directement injectée dans le programme

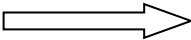


N.. M04 S 132 G97 ;

11.2 Choix d'outil

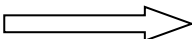
Pour choisir l'outil de l'opération d'usinage, il faut saisir :



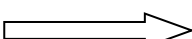
La valeur injectée automatiquement dans le programme 

N.. M06 T 03 ;

11.3 Syntaxe de cycle G75

Saisir la valeur de R 

R 1

Saisir la valeur de X 

X 20

Saisir la valeur de Z 

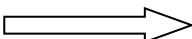
Z -5

La valeur de F 

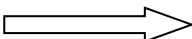
F0.05

Saisir la valeur de W 

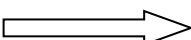
W -3

Saisir la valeur de P 

P -5


Saisir la valeur de Q 

Q -2

La valeur injectée automatiquement dans le programme 

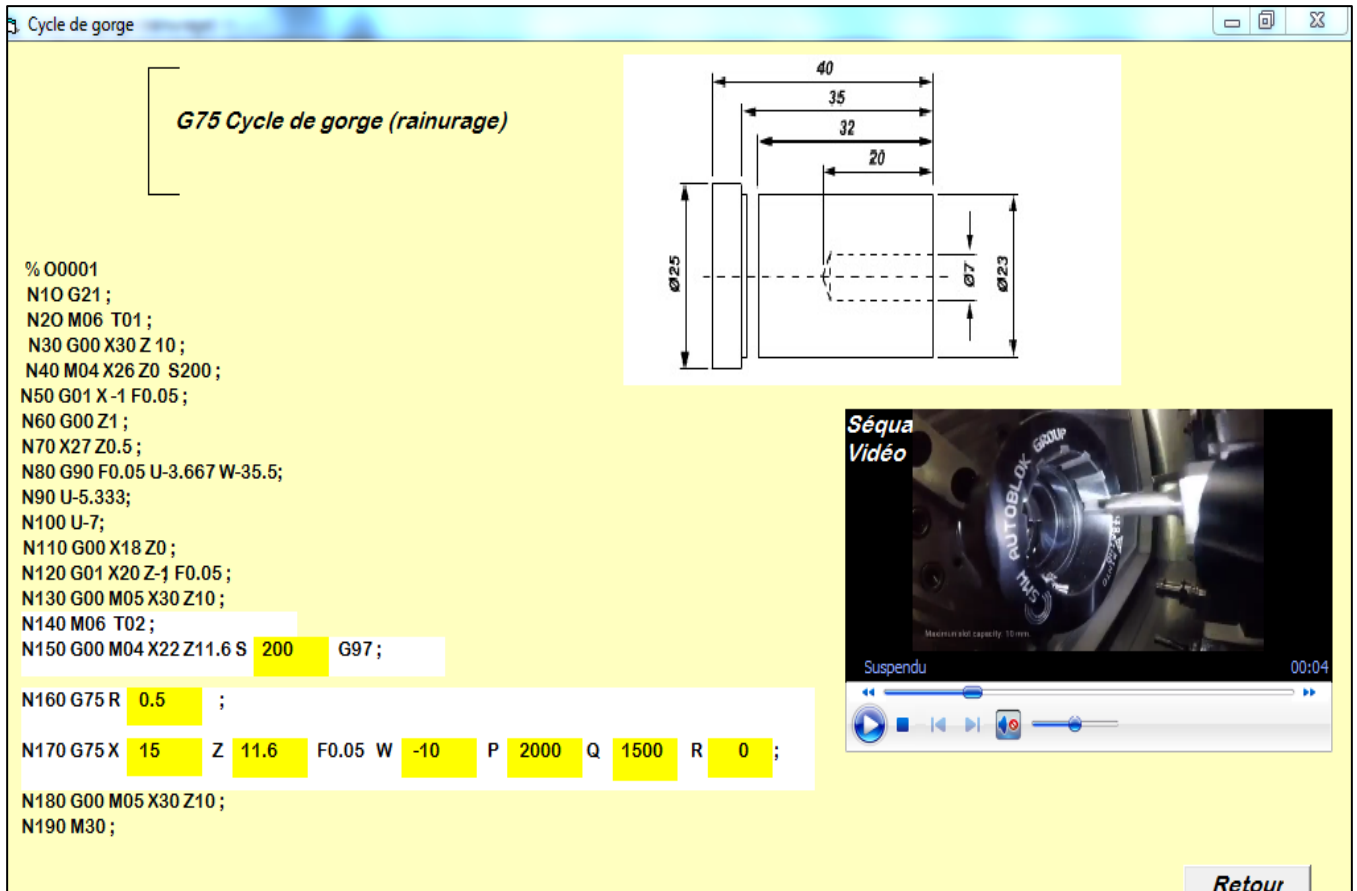
N..G75 X 20 Z -5 F 0.05 W -3 P -5 Q -2

11.4 Programme élaboré

Pour voir un exemple un programme élaboré il suffit, cliquer  sur le bouton

Programme élaboré

L'écran de la figure III-12 illustre le cycle de gorge.



The screenshot shows a CNC control window titled "Cycle de gorge". On the left, the program code is displayed with several parameters highlighted in yellow:

```
% O0001  
N10 G21 ;  
N20 M06 T01 ;  
N30 G00 X30 Z 10 ;  
N40 M04 X26 Z0 S200 ;  
N50 G01 X-1 F0.05 ;  
N60 G00 Z1 ;  
N70 X27 Z0.5 ;  
N80 G90 F0.05 U-3.667 W-35.5 ;  
N90 U-5.333 ;  
N100 U-7 ;  
N110 G00 X18 Z0 ;  
N120 G01 X20 Z-1 F0.05 ;  
N130 G00 M05 X30 Z10 ;  
N140 M06 T02 ;  
N150 G00 M04 X22 Z11.6 S 200 G97 ;  
N160 G75 R 0.5 ;  
N170 G75 X 15 Z 11.6 F0.05 W -10 P 2000 Q 1500 R 0 ;  
N180 G00 M05 X30 Z10 ;  
N190 M30 ;
```

On the right, there is a technical drawing of a lathe part with dimensions: total length 40, distance from left end to start of groove 35, distance from left end to end of groove 32, and distance from left end to center of groove 20. The part has an outer diameter of $\varnothing 25$ and an inner diameter of $\varnothing 23$. Below the drawing is a video player showing a lathe operation with the text "Séqua Vidéo" and "Suspendu 00:04". A "Retour" button is located at the bottom right of the window.

Figure III-12 : Cycle de gorge.

12. Choix de cycle perçage

Pour accéder à cette fonction cliquer  sur le bouton



L'écran de la figure III-13 illustre le cycle de perçage avec déburrage.

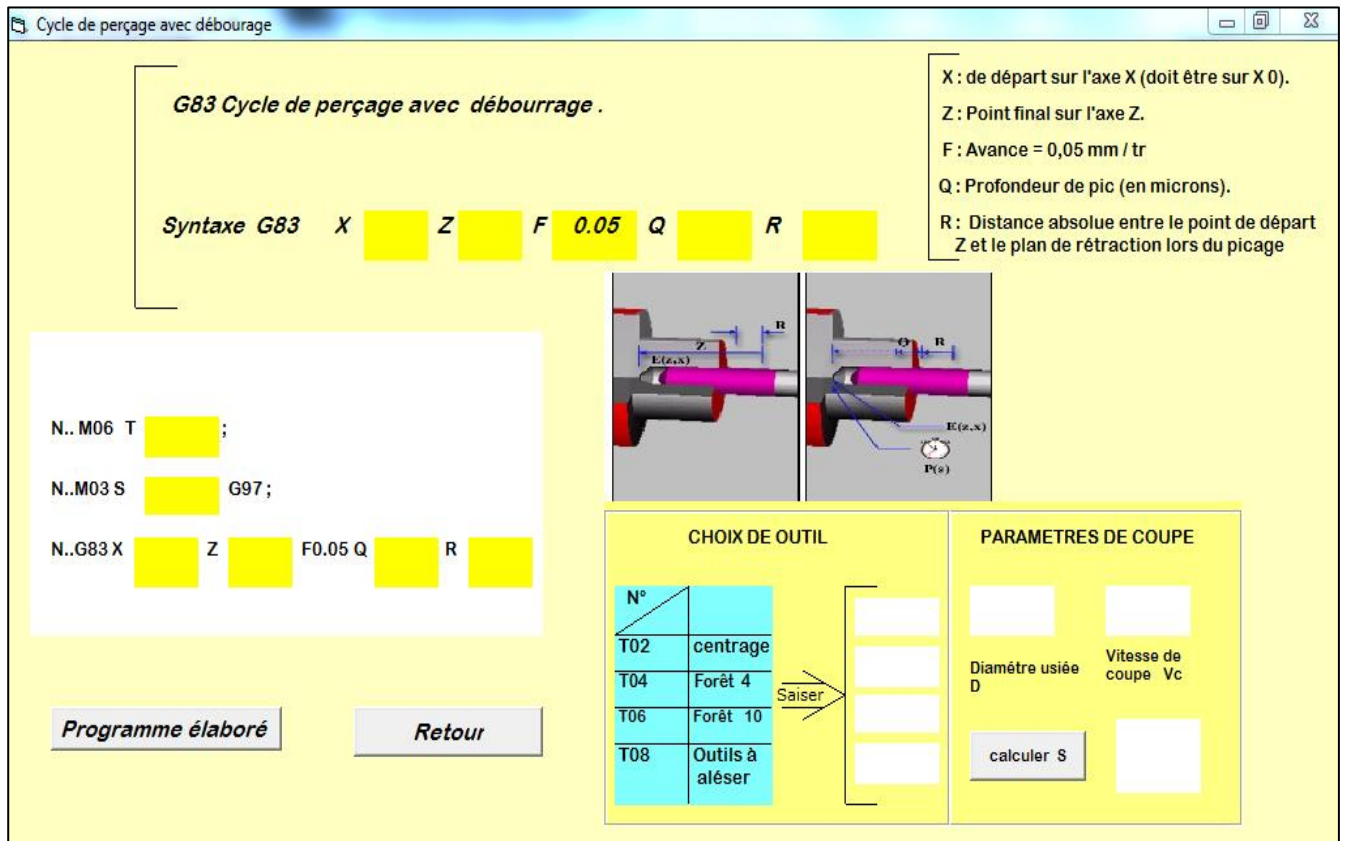
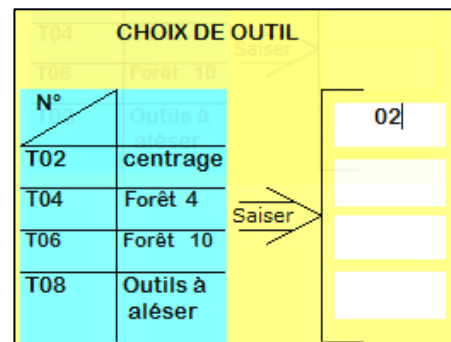
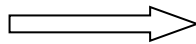


Figure III.13 : cycle de perçage avec déburrage.

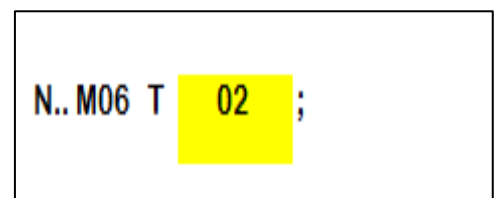
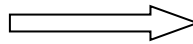
12.1 Choix de l'outil

Pour choisir l'outil de l'opération d'usinage, il faut saisir :

Saisir numéro d'outil T

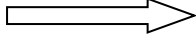
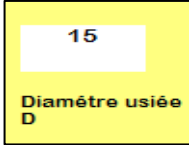


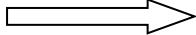
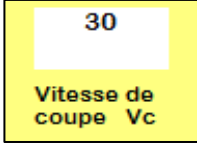
La valeur injectée directement dans le programme


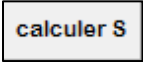


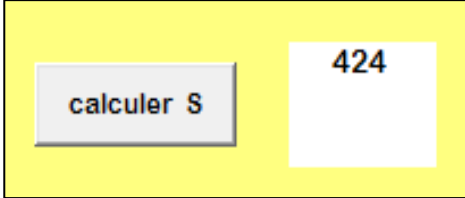
12.2 Paramètre de coupe

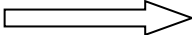

Pour calculer la vitesse de rotation S, il faut remplir :

Diamètre à usiner de la pièce D  

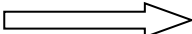
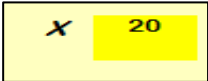
Vitesse de coupe Vc  

Pour obtenir le résultat  cliquer sur le bouton 

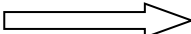
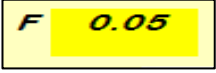


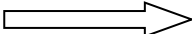
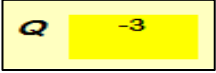
La valeur injectée directement dans le programme  

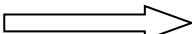
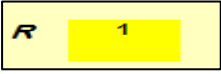
12.3 Syntaxe de cycle G83

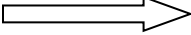
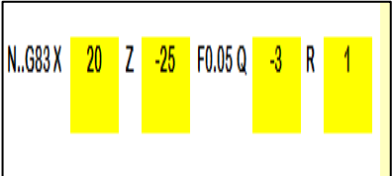
Saisir la valeur de X  

Saisir la valeur de Z  


La valeur de F  

Saisir la valeur de Q  

Saisir la valeur de R  

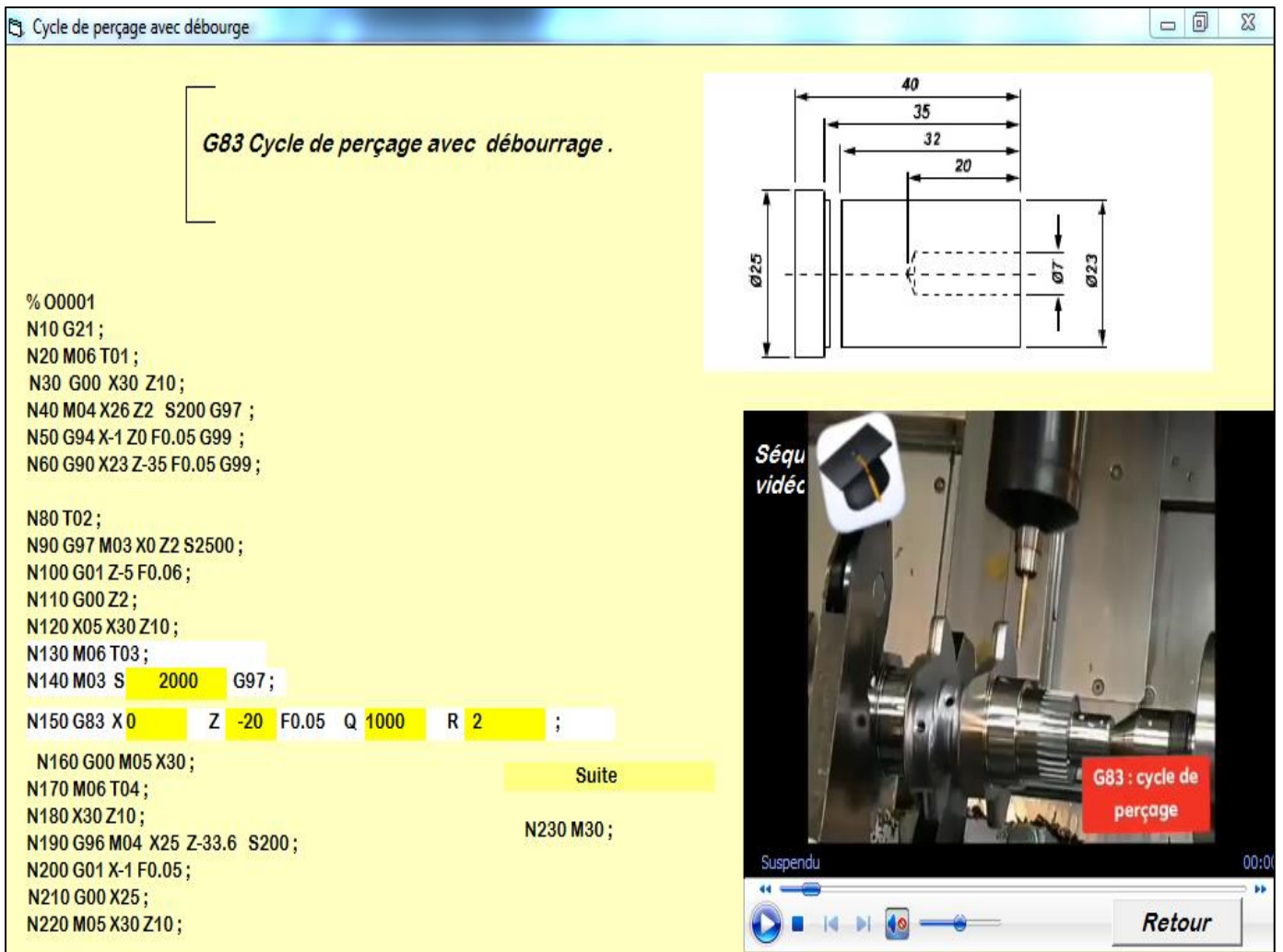
La valeur injectée directement dans le programme  

12.4 Programme élaboré

Pour accéder à cette fonction cliquer  sur le bouton

Programme élaboré

L'écran de la figure III-14 illustre le cycle perçage.



The screenshot shows a CNC control window titled "Cycle de perçage avec débouree". It contains a G83 program and a video of the machine performing the cycle.

G83 Cycle de perçage avec débouree .

```
%O0001
N10 G21 ;
N20 M06 T01 ;
N30 G00 X30 Z10 ;
N40 M04 X26 Z2 S200 G97 ;
N50 G94 X-1 Z0 F0.05 G99 ;
N60 G90 X23 Z-35 F0.05 G99 ;

N80 T02 ;
N90 G97 M03 X0 Z2 S2500 ;
N100 G01 Z-5 F0.06 ;
N110 G00 Z2 ;
N120 X05 X30 Z10 ;
N130 M06 T03 ;
N140 M03 S 2000 G97 ;
N150 G83 X 0 Z -20 F0.05 Q 1000 R 2 ;
N160 G00 M05 X30 ;
N170 M06 T04 ;
N180 X30 Z10 ;
N190 G96 M04 X25 Z-33.6 S200 ;
N200 G01 X-1 F0.05 ;
N210 G00 X25 ;
N220 M05 X30 Z10 ;
```

Suite

```
N230 M30 ;
```


The video shows a close-up of a lathe tool performing a drilling cycle on a workpiece. The video is titled "Séquence vidéo" and "G83 : cycle de perçage". The video player interface includes a "Retour" button and a "Suspendu" status.

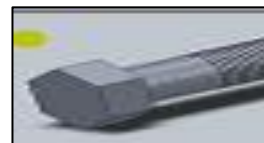
Technical Drawing Dimensions:

- Overall length: 40
- Distance from left end to start of hole: 35
- Distance from left end to end of hole: 32
- Distance from left end to center of hole: 20
- Outer diameter: $\varnothing 25$
- Inner diameter (hole): $\varnothing 7$
- Distance from right end to end of hole: $\varnothing 23$

Figure III.14 : Cycle perçage.

13. choix de cycle filetage

Pour accéder à cette fonction cliquer  sur le bouton



L'écran de la figure III-15 illustre le cycle de filetage.

Cycle de filetage

G76 Cycle de filetage

Syntaxe G76 P Q R

G76 X Z F P Q R

N.. M06 T ;

N.. M04 S G97 ;

N.. G76 P Q R ;

N.. G76 Z F P Q R ;

PARAMETRES DE OUTIL

N°	
T01	
T03	
T05	
T07	

Saisir

PARAMETRES DE COUPE

Diamètre D Vitesse Vc

calculer S

X : Le diamètre du noyau du fil
Z : Le point cible du filetage
F : pas de filetage

Ligne 1 :
P : Nombre de passes effectuées sur l'itinéraire sans couper.
Q : La plus petite coupure autorisée (en microns)

Ligne 2 :
p : La profondeur du filetage (en microns)
Q : Profondeur de coupe pour la première passe.
R : Représente la différence de rayon au début et à la fin du filetage conique

Diamètre nominal	Pas=F régulier
2	0.4
4	0.7
8	1.25
10	1.5
14	1.5
20	2.5
24	3
30	3.5

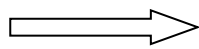
Programme élaboré Retour

Figure III.15 : Cycle de filetage. .

13.1 Choix de l'outil

Pour choisir l'outil de l'opération d'usinage, il faut saisir :

Saisir numéro d'outil T



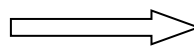
PARAMETRES DE OUTIL

N°	
T01	
T03	
T05	
T07	

Saisir

03

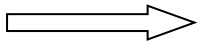
La valeur injectée directement dans le programme




N.. M06 T ;

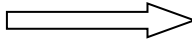
13.2. Paramètre de coupe

Pour calculer la vitesse de rotation S , il faut remplir :

Diamètre à usiner de la pièce D 
Diamètre D

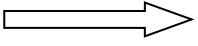
Vitesse de coupe V_c 
Vitesse V_c

Pour obtenir le résultat  cliquer sur le bouton

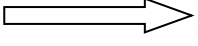
La valeur injectée directement dans le programme 

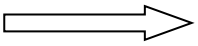
```
N.. M04 S 212 G97;
```

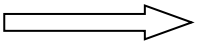
13.3 Syntaxe G76

Saisir la valeur de P 

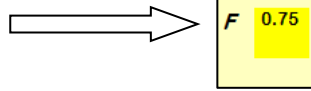
Saisir la valeur de Q 

Saisir la valeur de R 

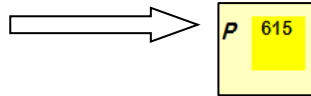
Saisir la valeur de X 

Saisir la valeur de Z 

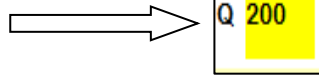
La valeur de F



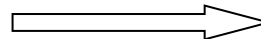
Saisir la valeur de P



Saisir la valeur de Q



La valeur injectée directement dans le programme



```
N..G76 P 025 Q 50 R 0.025 ;  
N..G76 : 18 Z -12 F 0.75 P 615 Q 200
```

13.4 Programme élaboré

Pour accéder à cette fonction cliquer sur le bouton




L'écran de la figure III-16 illustre le cycle de filetage.

The screenshot shows a CNC control window titled "Cycle de filetage". On the left, there is a list of G-code commands for a thread cycle. A yellow box highlights the G76 command: `N210 G76 P 02006 Q 50 R R0.025 ;`. Below it, another yellow box highlights the X, Z, F, P, and Q parameters: `N220 G76 X 18.77 Z -12 F 0.75 P 615 Q 200 ;`. On the right, there is a technical drawing of a threaded part with dimensions: total length 40, thread length 32, thread start offset 20, thread end offset 10, and thread specification M20 x 0.75mm. Below the drawing is a video player showing a close-up of a lathe cutting a thread, with a red overlay text "G76 : Filetage". A "Retour" button is at the bottom right.

Figure III.16 : Cycle de filetage.

14. FANUC OT11

Pour accéder à cette fonction cliquer  sur le bouton


FANUC OT1.1

L'écran de la figure III-17 illustre le choix des paramètres G et M.



Figure III.17 : Choix des paramètres G et M.

15. Cycle de chariotage

Pour accéder à cette fonction cliquer  sur le



bouton

L'écran de la figure III-18 illustre le cycle de chariotage .

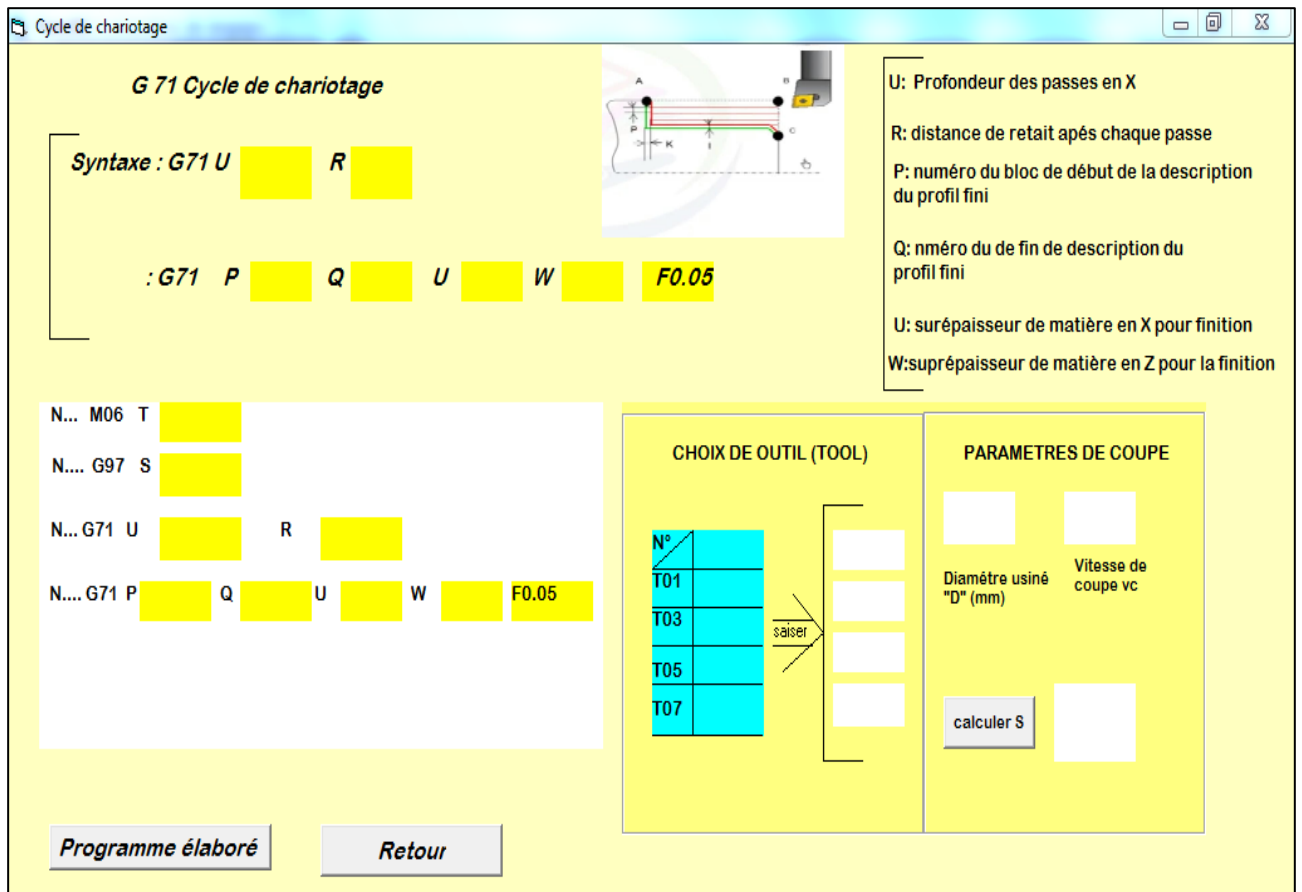
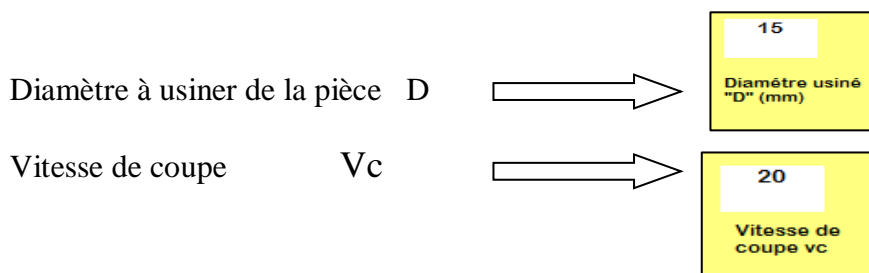



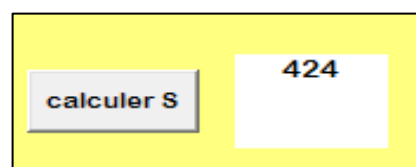
Figure III.18 : Cycle de chariotage.

15.1 Paramètre de coupe

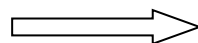
Pour calculer la vitesse de rotation S, il faut remplir :



Pour obtenir le résultat  cliquer sur le bouton



La valeur injectée directement dans programme

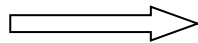


```
N.... S 424 G97;
```

15.2 Choix d'outil

Pour choisir l'outil de l'opération d'usinage, il faut saisir :

Saisir numéro d'outil T



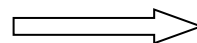
CHOIX DE OUTIL (TOOL)

N°	
T01	
T03	
T05	
T07	

saisir

01

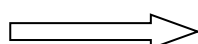
La valeur injectée directement dans le programme



```
N.. M06 T 01 ;
```

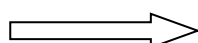
15.3 Syntaxe de cycle G71

Saisir la valeur de U



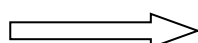
```
U 3
```

Saisir la valeur de R



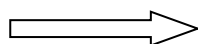
```
R 1
```

Saisir la valeur de P



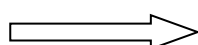
```
P 70
```

Saisir la valeur de Q



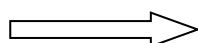
```
Q 16
```

Saisir la valeur de U



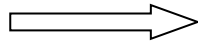
```
U 0.1
```

Saisir la valeur de W



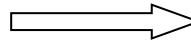
```
W 0.1
```


La valeur de F



F0.05

La valeur injectée directement dans le programme



```
N...G71 U 3 R 1  
N...G71 P 70 Q 16 U 0.1 W 0.1 F0.05
```

15.4. Programme élaboré G71

Pour accéder à cette fonction cliquer  sur le bouton

Programme élaboré

L'écran de la figure III-19 illustre le cycle de chariotage G71.

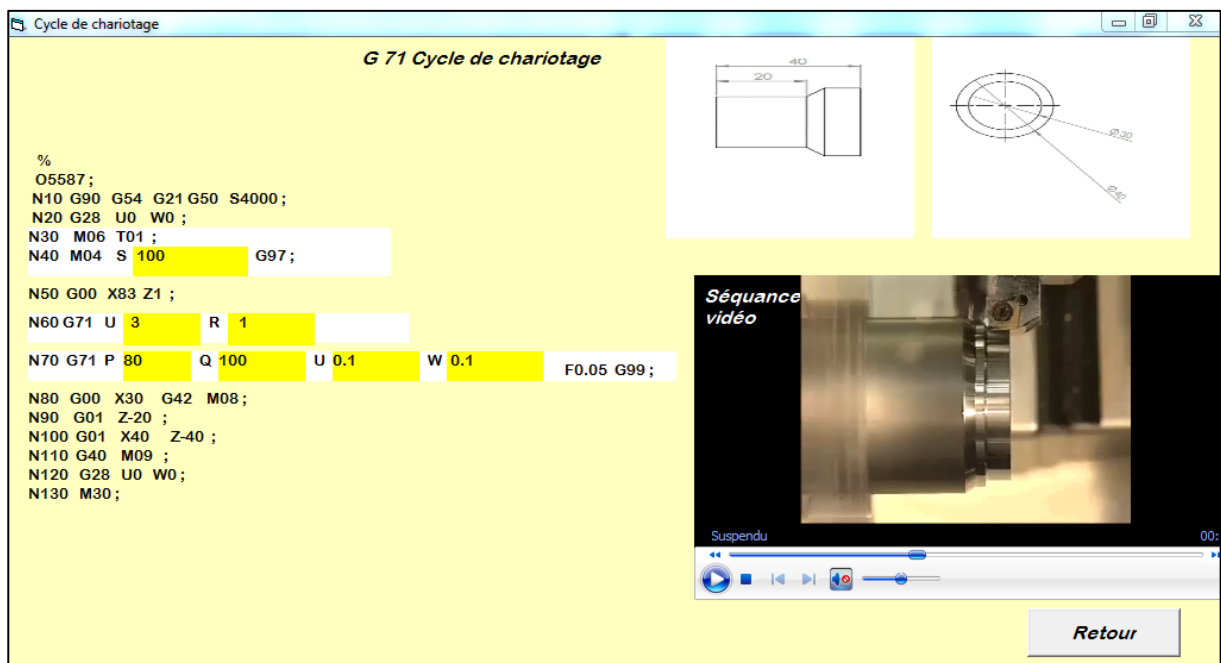


Figure III.19 : Cycle de chariotage G71.

16. Cycle perçage

Pour accéder à cette fonction cliquer  sur le bouton



L'écran de la figure III-20 illustre le cycle de perçage.

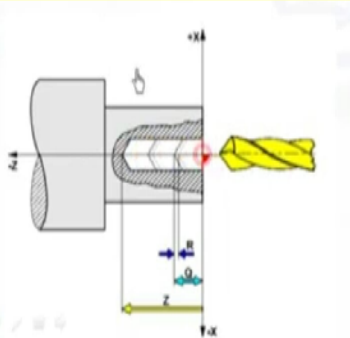
Cycle de perçage

G74 Cycle de perçage

Syntaxe **G00 X [] Z [] M 08**

G74 R []

G74 Z [] Q [] F 0.05



X : coordonnées suivant l'axe X
 Z : coordonnées suivant l'axe Z
 Z : Pt d'arriver l'outil
 Q : Profondeur de passe en μ
 R : Retrait
 F : vitesse d'avance (mm/tr)
 M08 : Acitavation de l'arrosage

N... M06 T [] ;
 N.... G97 S []
 N.... G00 X [] Z []
 N.... G74 R []
 N.... G74 Z [] Q [] F0.05

CHOIX DE OUTIL

N°	Description
T02	centrage
T04	Forêt 4
T06	Forêt 10
T08	Outils à aléser

Saisir

PARAMETRES DE COUPE

Diamètre usinée D []
 Vitesse de coupe Vc []

calculer S []

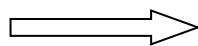
Programme élaboré Retour

Figure III.20 : Cycle de perçage.

16.1 Choix de l'outil

Pour choisir l'outil de l'opération d'usinage, il faut saisir :

Saisir numéro d'outil T



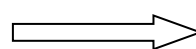
CHOIX DE OUTIL

N°	Description
T02	centrage
T04	Forêt 4
T06	Forêt 10
T08	Outils à aléser

Saisir

02

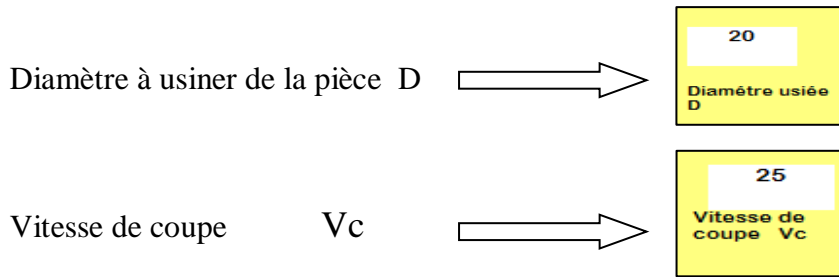
La valeur injectée directement dans le programme


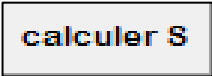


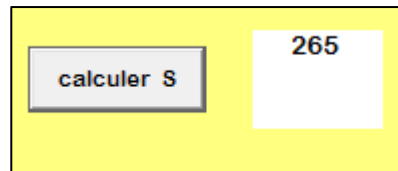
N.. M06 T 02 ;

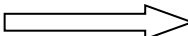
16.2 Paramètres de coupe

Pour calculer la vitesse de rotation S, il faut remplir :



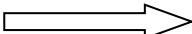
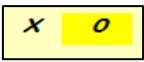
Pour obtenir le résultat  cliquer sur le bouton 

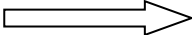
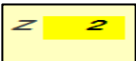


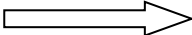
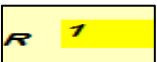
La valeur injectée directement dans le programme 

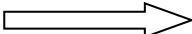
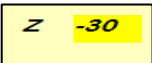
```
N.... S 265 G97;
```

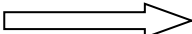
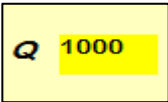
16.3 Syntaxe de cycle G74

Saisir la valeur de X  

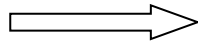
Saisir la valeur de Z  

Saisir la valeur de R  

Saisir la valeur de Z  

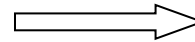
Saisir la valeur de Q  

La valeur de F



F0.05

La valeur injectée directement dans le programme



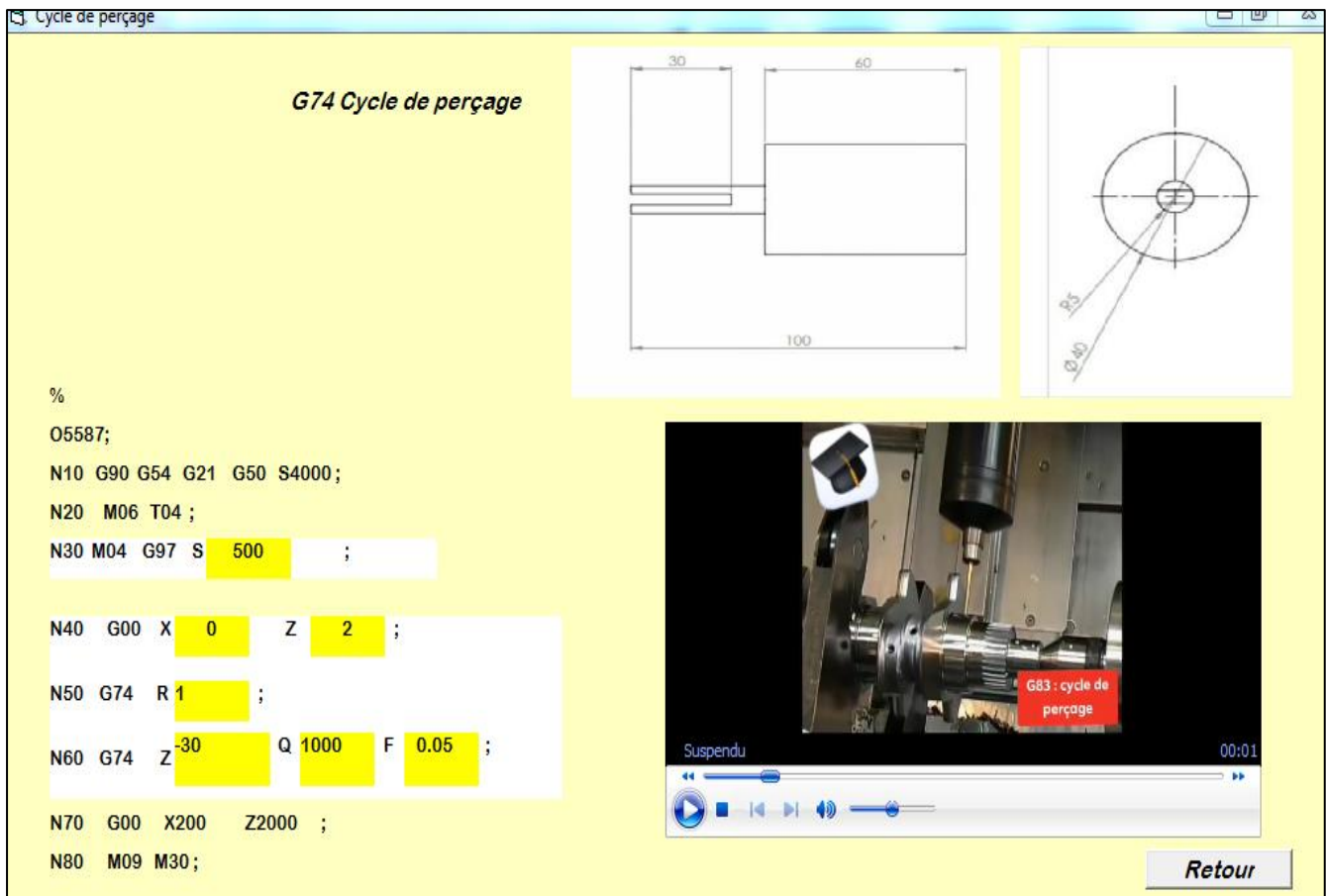
```
G00 X 0 Z 2 M 08  
G74 R 1  
G74 Z -30 Q 1000 F 0.05
```

16.4 Programme élaboré

Pour obtenir le résultat  cliquer sur le bouton

Programme élaboré

L'écran de la figure III-21 illustre le cycle de perçage.




The screenshot shows a CNC control window titled "Cycle de perçage". On the left, the program code is displayed with yellow highlights for parameter values:

```
%  
O5587;  
N10 G90 G54 G21 G50 S4000;  
N20 M06 T04 ;  
N30 M04 G97 S 500 ;  
  
N40 G00 X 0 Z 2 ;  
N50 G74 R 1 ;  
N60 G74 Z -30 Q 1000 F 0.05 ;  
  
N70 G00 X200 Z2000 ;  
N80 M09 M30;
```

On the right, there are technical drawings: a side view of a part with dimensions 30, 60, and 100, and a top view showing a hole with diameter $\varnothing 40$ and a chamfered edge with radius R5. Below the drawings is a video player showing a close-up of a drill bit performing a drilling cycle on a metal workpiece. The video player has a "Suspendu" button and a "Retour" button at the bottom right.

Figure III.21 : Cycle de perçage G74.

17 Programme BOXFORD / programme élaboré

Pour accéder à cette fonction cliquer  sur le bouton

**BOX FORD /
Programme élaboré**

L'écran de la figure III-22 illustre BOXFORD / programme élaboré.

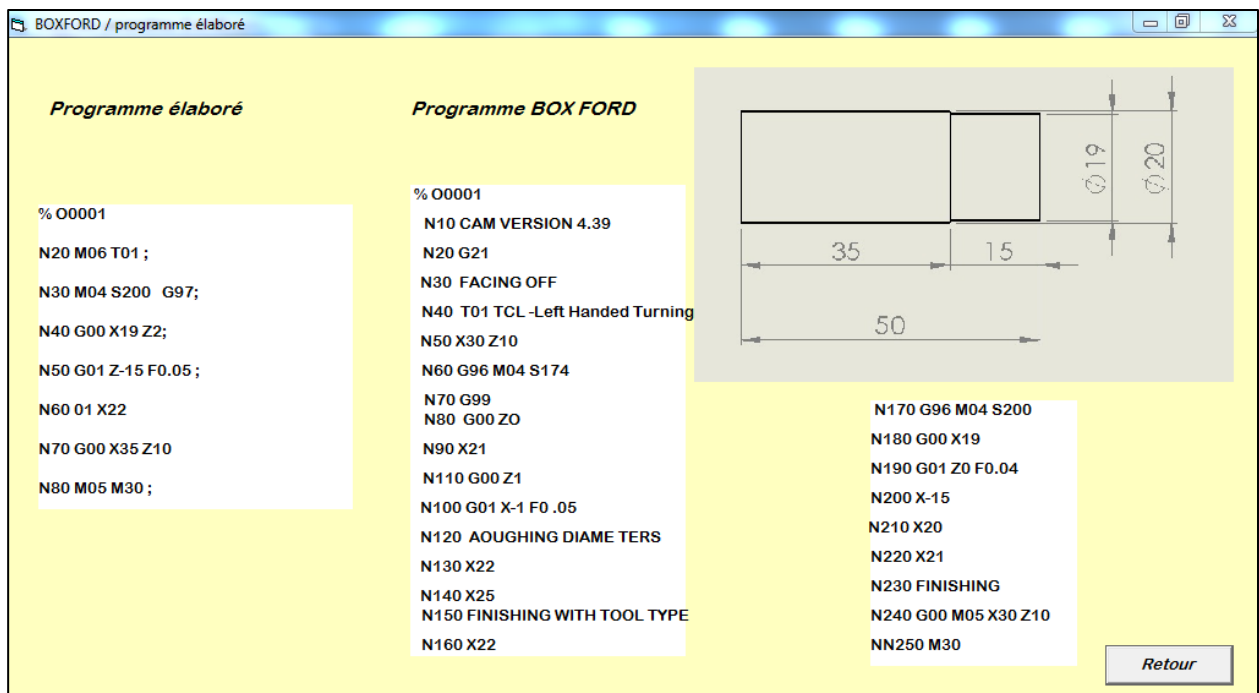


Figure III.22 : BOXFORD / programme élaboré.

18. Conclusion

Ce chapitre présente une méthodologie d'utilisation de l'outil développé sous logiciel Visuel Basic 6.0, d'aide à la programmation des instructions d'usinage en mode conversationnel pour chaque procédé.

Conclusion

Ce travail a pour but de développer un outil d'aide à la programmation et l'instruction d'usinage en tournage et fraisage. Afin d'atteindre cet objectif, trois parties ont été développées.

C'est pour cette raison que nous avons créé ces trois étapes :

La première partie est consacrée à la présentation de la technologie ainsi que la classification des MOCN.

La seconde partie est consacrée à la programmation paramétrée en mode conversationnel ainsi que les différentes origines selon les constructeurs.

La dernière partie consiste à présenter l'outil de programmation des instructions d'usinage tournage, fraisage et les paramètres de coupe avec illustration des fonctions essentielles ainsi que des séquences vidéos pour les programmes élaborés.

Ce module permet et facilite la programmation CN pour le langage Fanuc au pied de la machine pour des directeurs de commande aussi variés que complexes.

Les cycles les plus fréquemment utilisés dans l'industrie, sont détaillés suivant les différents processus d'usinage tels que cycle de chariotage, cycle de filetage, cycle de perçage avec déburrage, cycle de rainurage (gorge extérieure), cycle d'alésage,...

En perspective, ce travail sera élargi à d'autres langages CN tels que Sinumérisk, Num et Fagor en tournage et fraisage.

Références web graphiques

- [1] Gilles PROD'HOMME, 1995, commande numérique des machines-outils, Techniques de l'ingénieur, Génie mécanique, Usinage, B7 130.
- [2] <https://www.technologuepro.com/cours-production-commande-numerique/chapitre-1-machines-outils-commande-numerique.html>
- [3] D. Duret, « simulation de gamme d'usinage », revue de l'ingénieur et du Technicien de l'enseignement technique, n°229,1981, pp. 34-37
- [4] <https://www.usinenouvelle.com/expo/moteurs-a-courant-continu-o4.html>
- [5] RAHOU Mohamed, module « Atelier i et ii » ,deuxième année EPST, Ecole préparatoire en sciences et techniques Tlemcen, 2013.
- [6] A. CHEIKH, La programmation des machines-outils à commande numérique, cours de 3ème année GMP, département de génie mécanique, 2009/2010.
- [7] BELLOUFI Abderrahim, «Machines-outils à commande numérique», Université Kasdi Merbah Ouargla, Algérie, 2010.
<https://elearn.univ-ouargla.dz/2013-2014/courses/MOCN/.../CHAPITREIV.pdf>
- [8]<http://www.lyrfac.com/soutiens/knbase/pdf/machine-outil%20commande%20numerique.pdf>.
- [9] https://www.univ-usto.dz/images/coursenligne/pmocn_had.pdf
- [10] <https://www.makerslide-machines.xyz/fr/2018/03/25/fr-les-systemes-de-coordonnees/>
- [11] https://www.academia.edu/5498887/COURS_-_MOCN_-EPST_-RAHOU
- [12] www.cnc-book.com/7077-les-langages-cn.html

[13] <http://www.lem3.univlorraine.fr/fundenberger/NUM/NUM%201020%201040%201060T.pdf>

[14] <https://www.fagorautomation.com/fr/chapitre-1-quel-usinage-est-le-plus-rapide-dans-une-piece-simple-manuel-ou-conversationnel/>

[15] <http://users.skynet.be/gsp/metrologie/S04/mocn.pdf>

[16] https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00592138/file/These_Raphael_Laguionie.pdf

[17] Gilles prud'homme, 1995, « commande numérique des machines-outils » Technique de l'ingénieur, génie mécanique, usinage, B7130.

[18] <https://www.lesimpressions3d.com/stl-file-format-3d-printing-simply-explained/>









