

People's Democratic Republic of Algeria
Ministry of Higher Education and Scientific Research
Mohamed Boudiaf University of M'sila
Faculty of Technology

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة المسيلة
كلية التكنولوجيا



Département de Génie Mécanique

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de :

MASTER

En Génie Mécanique

Option : Fabrication mécanique et productive

Présenté par :

BENCHABANE Salah & BENGUDDAH Yacine

Thème

ETUDE DES METHODES DE FABRICATION SUR MOCN

Devant le jury composé de :

NOM et Prénom	Grade	Qualité
MENASERI Nouredine	MCA	Président
AMROUNE Salah	MCA	Encadreur
ZAOUI Moussa	MCA	Examineur

Année Universitaire : 2019 / 2020

N° d'ordre : GM/...../2020

Dédicace :

Je dédie ce mémoire.

Ames chers parents ma mère et mon père.

Pour leur patience, leur amour, leur soutien et leurs
encouragements.

Ames frères et mes enfants.

Sans oublier tous les professeurs que ce soit du

Primaire, du moyen, du secondaire ou de

l'enseignement supérieur.

BENCHABANE Salah & BENGUDDAH Yacine

REMERCIEMENTS :

Nous tenons à remercier tout premièrement Allah le tout puissant pour la volonté, la santé et la patience, qu'il nous a donné durant toutes ces longues années.

Ainsi, nous tenons également à exprimer nous vifs remerciements à nos encadreurs **AMROUNE Salah** pour avoir d'abord proposée ce thème, pour le suivi continu tout le long de la réalisation de ce mémoire et qui n'ont pas cessé de nous donner leurs conseils.

Nous tenons à remercier les membres du jury pour leur présence et patience pendant la présentation de ce travail et leur critique constructive.

Nous tenons à remercier vivement tous les enseignants et employés du département de génie mécanique à l'université de M'sila pour tous leurs aides et services qu'ils nous.

BENCHABANE Salah & BENGUDDAH Yacine

Sommaire :

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

Chapitre I: GENERALITE SUR LA MACHINE A COMMANDE NUMERIQUE

I.1 Généralités.....	2
I.2 Historique.....	2
I.3 Introduction.....	5
I.4 Définition d'une machine CNC.....	5
I.4.1 Partie opérative.....	6
I.4.2 Partie commande.....	6
I.5. Domaine d'utilisation.....	7
I.6.Principe de fonctionnement.....	8
I.7.Les différents types des CNC.....	9
I.8. Classification des machines CNC.....	9
I.8.1. Classification des CNC selon le mode de fonctionnement.....	10
a. Fonctionnement en boucle ouvert.....	10
b. Fonctionnement avec commande adaptative.....	10
c. Fonctionnement en boucle fermé.....	11
I.8.2. Classification des CNC selon le mode d'usage.....	12
a) Commande numérique point à point.....	12

b) Commande numérique par axiale.....	12
c) Commande numérique de contournage	13
I.9.La structure d'une machine CNC	13
I.9.1 Le système électronique.....	13
I.9.2.Le système mécanique.....	14
I.9.3.Le système de programmation	15
I.01.Conclusion	15

Chapitre II : PROGRAMMATION PARAMETRIQUE CNC.

II.1 Généralités:.....	16
II.2 Programmation APT	06
II.2.1 Introduction.....	16
Aperçu.....	16
II.2.2 Le quatre types de déclarations sur langage APT.....	17
II.2.2.1 Déclarations de géométrie.....	17
a. Pour spécifier un point.....	18
b. Pour spécifier une ligne.....	18
c. Pour spécifier un plan	18
d. Pour spécifier un cercle.....	18
II.2.2.2 Déclarations de mouvement.....	19
II.2.2.3 Déclarations poste-processeur	21
a. Commande post-processeur / données descriptives.....	21
b. Des instructions auxiliaires sont utilisées pour identifier le programme pièce.....	22

II.2.2.4 Déclarations auxiliaires	22
II.3 travail de programmeur partiel	23
II.3.1 Définir la géométrie de la pièce.....	23
II.3.2 spécifier la trajectoire d'outil et la séquence d'opération.....	23
II.4 décalage de coupe.....	23
II.5 Programmation G-code	29
II.5.1 La génération des chemins de l'outil, création du G-code	29
II.5.2 Langue de contrôleurs numériques « G-code ».....	29
a. Les principales fonctions du G-code	30
b. Mouvement de la machine.....	31
c. Codes divers	32
II.5.3 Un tableau qui représente quelque instruction.....	32
II.6 Programmation CATIA	34
II.7 Mach3.....	36
II.8 Conclusion.....	37

Chapitre III : SIMULATION D'USINAGE

III.1 Introduction	38
III.2 Présentation de la pièce	38
III.2.1 Logiciel CATIA	38
III.2.2 Logiciel Art CAM	43
III.2.3 Logiciel Mach 3	47
III.4 Conclusion	51

Chapitre IV : PARTIE EXPERIMENTALE

IV.1 Introduction	52
IV.2 À propos d'Art CAM	52
IV.3 À propos de Mach3	53
IV.4 Les étapes de fabrication une pièce avec usinage CNC	53
IV.4.1 Créer un modèle en important une image	53
IV.4.2 Générer des parcours d'outils d'usinage	54
IV.4.3 Enregistrer les programmes G-Code des parcours d'outils d'usinage	54
IV.4.4 simulation les parcours d'outils sur IMach3	56
IV.4.5 Réalisation d'une pièce sur MOCN.....	58
IV.5 Conclusion	61
Conclusion générale.....	62
Résumé.....	64

Abréviations :

CN : Commande Numérique

CNC : Commande Numérique par Calculateur

CAO : Conception Assisté par Ordinateur

FAO : Fabrication Assisté par Ordinateur

MOCN : Machine-Outil à Commande Numérique

ISO : Organisation internationale de normalisation.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Introduction générale :

Une machine-outil à commande numérique (MOCN, ou simplement CN) est une machine-outil dotée d'une commande numérique. Lorsque la commande numérique est assurée par un ordinateur, on parle parfois de machine CNC pour computer numerical command, francisé en « commande numérique par calculateur ». CNC sont des machines-outils à commande numérique capable d'effectuer des opérations d'usinage par rotation soit de la pièce, soit de l'outil de coupe suivant un programme effectué manuellement (conversationnel) ou avec l'aide des programmes de fabrication assistée par ordinateur (FAO).

Dans ce projet de fin d'étude on a traité un processus de fabrication représente l'ensemble des étapes nécessaires à la production d'une pièce. Le processus de fabrication débute par conception des pièces et se termine par l'obtention des pièces.

Ce projet comporte quatre chapitres structurés comme décrit ci-dessous :

Au cours du premier chapitre, nous avons approchés les notions fondamentales des machines-outils à commande numérique MOCN et leurs classifications, description de différentes architectures développées et les commandes les plus utilisées.

Le deuxième chapitre est présenté la programmation paramétrique et leurs exploitations.

Le troisième chapitre est consacré a pour but de faire une simulation d'usinage d'une pièce à l'aide des logiciels G code, MACH3, CATIA et APT (Automatically Programmed Tool).

Dans le dernier chapitre, on a exposé la partie expérimentale à la fabrication d'une pièce sur mesure avec d'usinage CNC (importation modèle, génération d'un programme .

Chapitre I:
GENERALITE SUR
LA MACHINE A
COMMANDE
NUMERIQUE

Chapitre I :GENERALITE SUR LA MACHINE A COMMANDE NUMERIQUE

I. 1 Introduction :

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

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

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

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

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

I.2 Historique :

Les travaux menés par Falcon et Jacquard à la fin du XVIIIe siècle ont montré qu'il était possible de commander les mouvements d'une machine à partir d'informations transmises par un carton perforé. Leur métier à tisser de 1805 fut le premier équipement à être doté de cette technique et, de ce point de vue, il peut être considéré comme l'ancêtre de la commande numérique. Il faut cependant rattacher l'exploitation industrielle de la CN au développement de l'électronique.

Chapitre I :GENERALITE SUR LA MACHINE A COMMANDE NUMERIQUE

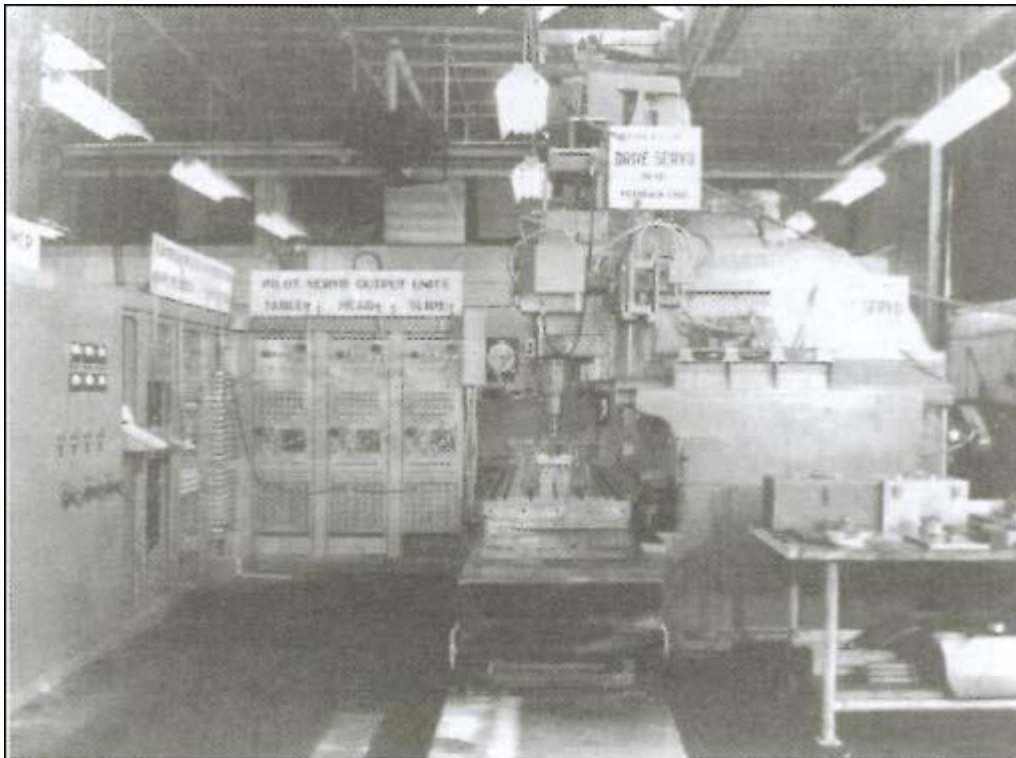
En 1947, à Traverse City dans l'État du Michigan, John Parsons fabrique pour le compte de l'US Air Force des pales d'hélicoptère par reproduction. Pour façonner ses gabarits, il utilise une méthode consistant à percer plusieurs centaines de trous faiblement espacés de manière à approcher le profil théorique.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

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

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

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

Chapitre I : GENERALITE SUR LA MACHINE A COMMANDE NUMERIQUE



a) première MOCN en 1952



b) pupitre opérateur d'une CN 32 bits

Figure I.1 : évolution de la CN de 1952 à 1995

Les différentes étapes de développement de la CN sont les suivantes : (2)

1954 Bendix acquiert le brevet de Parsons et fabrique la première CN industrielle.

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

1959 apparitions de la CN en Europe (foire de Hanovre).

Chapitre I :GENERALITE SUR LA MACHINE A COMMANDE NUMERIQUE

1964 en France, la télémechanique 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 minis calculateurs remplacent les logiques câblées ; la CN devient CNC.

1976 développements des CN à microprocesseurs.

1984 apparitions de fonctions graphiques évoluées et du mode de programmation conversationnel.

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

1990 développements des CN à microprocesseurs 32 bits (figure I.1b).

I.3 Introduction :

Dans ce chapitre on présente un aperçu général sur la technologie des CN, citant la Classification, l'architecture, la programmation des Machines CN pour différentes commandes.

I.4 Définition d'une machine CNC :(3)

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

Le premier rôle d'une machine CNC (Computerized Numerical Control), est de générer des mouvements. Elle recevra des valeurs de positionnement, de vitesse et d'accélération et générera, suite à un traitement, des consignes numériques en sortie. Elle dispose d'une grande puissance de calcul et d'une plus grande souplesse d'utilisation qu'un automate programmable. Ce dernier est néanmoins qu'un complément de la commande CNC pour ce qui est de la gestion des entrées telles

Chapitre I : GENERALITE SUR LA MACHINE A COMMANDE NUMERIQUE

que: interrupteur, bouton d'arrêt d'urgence, ... etc. En résumé, la commande CNC va générer des mouvements selon des consignes numériques.

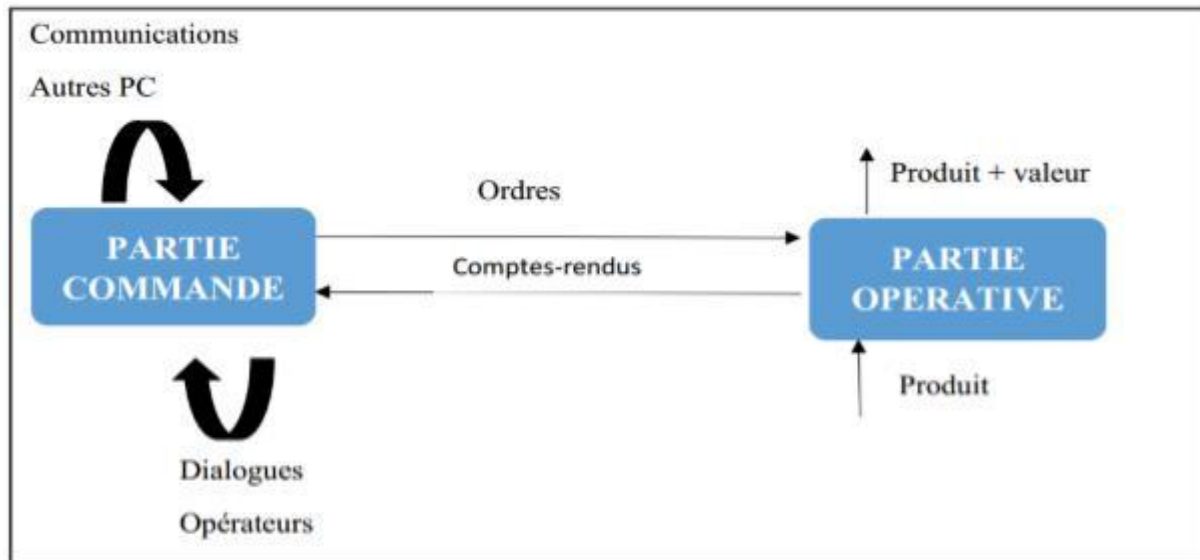


Figure .I.2 : Structure d'une CN

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

I.4.1 Partie opérative :

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

Une base, assurant l'indépendance de la machine au sol.

Un bâti, dont les larges glissières sont en acier traité.

Un support outil (broche, torche, laser, jet d'eau ...).

Une table support pièce, mobile selon 2 ou 3 axes, équipée de système de commande à vis et écrou à bille.

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.

Chapitre I :GENERALITE SUR LA MACHINE A COMMANDE NUMERIQUE

I.4.2 Partie commande :

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

Le pupitre permettant de rentrer les commandes à l'aide d'un clavier.

Le lecteur de données (ce lecteur peut être une option lors de l'achat de la machine).

La sortie RS 232 pour les liaisons avec les Périphériques externes.

L'écran de visualisation de toutes les données enregistrées.

Le calculateur.

Les cartes électroniques (commandes d'axes, mémoire ...).

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

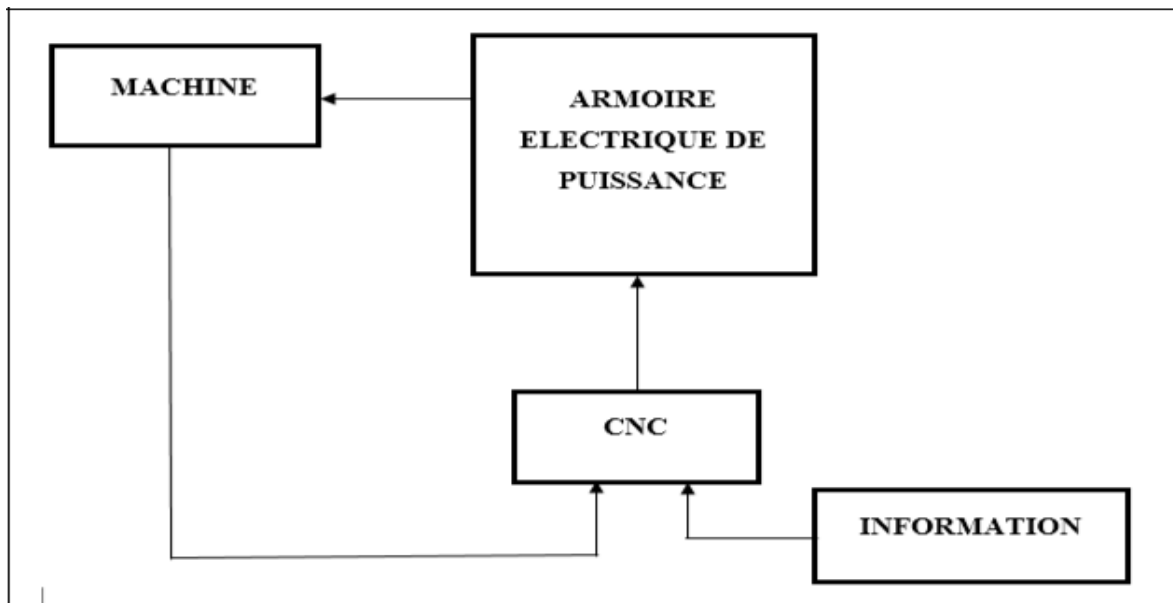


Figure I.3 : Fonction originale d'une commande numérique.

I.5 Domaine d'utilisation :

Les Machines CNC 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.

Chapitre I : GENERALITE SUR LA MACHINE A COMMANDE NUMERIQUE

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

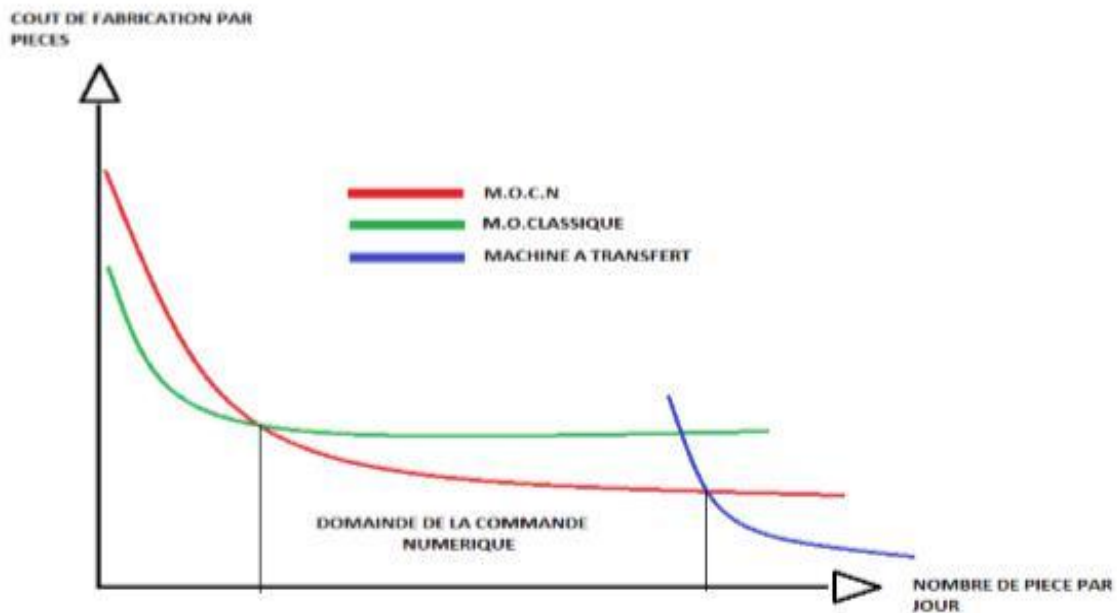


Figure I.4 : Domaine d'utilisation des M.O.C.N.

I.6 Principe de fonctionnement :

La machine CNC travaille avec des systèmes de contrôles en boucle fermée. Des ordres vont être générés vers la commande par le biais d'un programme pièce ou par action manuelle de l'opérateur.

La commande va traiter ces informations et générer des consignes afin d'obtenir les déplacements voulus par le biais des moteurs d'axes. Des contrôles de vitesse et de position seront alors effectués de manière continue par la machine.

La position sera régulée par la commande numérique alors que la vitesse sera le plus souvent régulée par le système d'asservissement moteur. On se trouve donc en face d'un système à deux boucles et l'on parle de système asservi.

Chapitre I : GENERALITE SUR LA MACHINE A COMMANDE NUMERIQUE

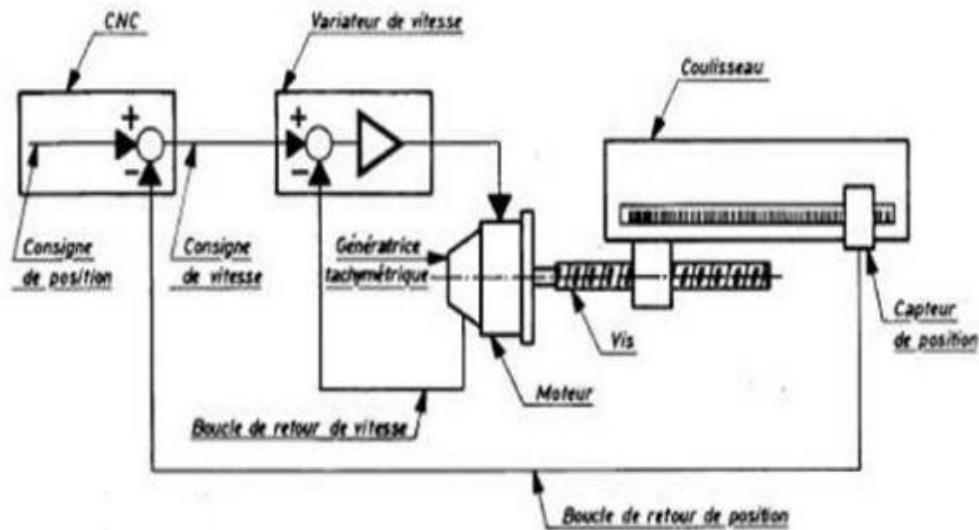


Figure I.5 : Asservissement de la machine

Le schéma ci-dessous (figure. I.5), nous montre le flux d'informations avec ses directions, ainsi que les deux boucles de contrôles (position et vitesse).

I.7 Les différents types de Machines CNC : On distingue plusieurs types de machines

- Les machines à enlèvement de copeaux : les perceuses, les tours, les centres de tournages, les fraiseuses, les centres d'usinage, les rectifieusesetc.
- 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 spéciales: à panneaux, à têtes multiples, de conditionnement (pour l'agroalimentaire)...

I.8 Classification des machines CNC : (4)

Les machines-outils à commande numérique par calculateurs (CNC) sont classées suivant :

Le mode de fonctionnement de la machine.

Le mode d'usinage.

I.8.1 Classification des CNC selon le mode de fonctionnement :

a. Fonctionnement en boucle ouvert :

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

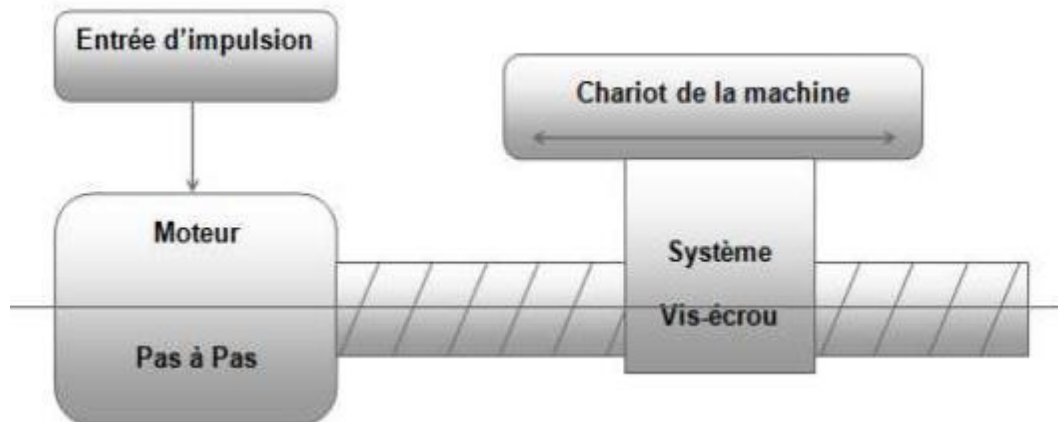


Figure I.6: Fonctionnement en boucle ouvert

b. 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.

La figure.I.7, illustre le fonctionnement de la commande adaptative.

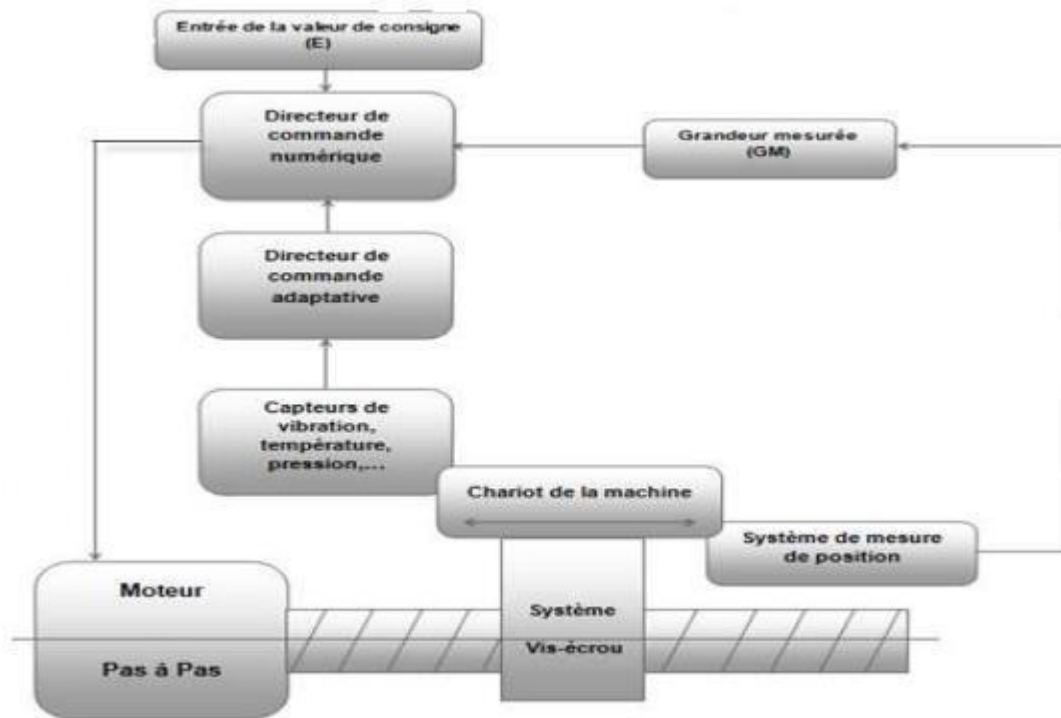


Figure I.7 : Commande adaptative.

c. Fonctionnement en boucle fermé :

En boucle fermée le système contrôle le déplacement ou la position jusqu'à égalité des grandeurs entrée (E) dans le programme et celui mesuré (Gm).comme illustre la figure.I.8

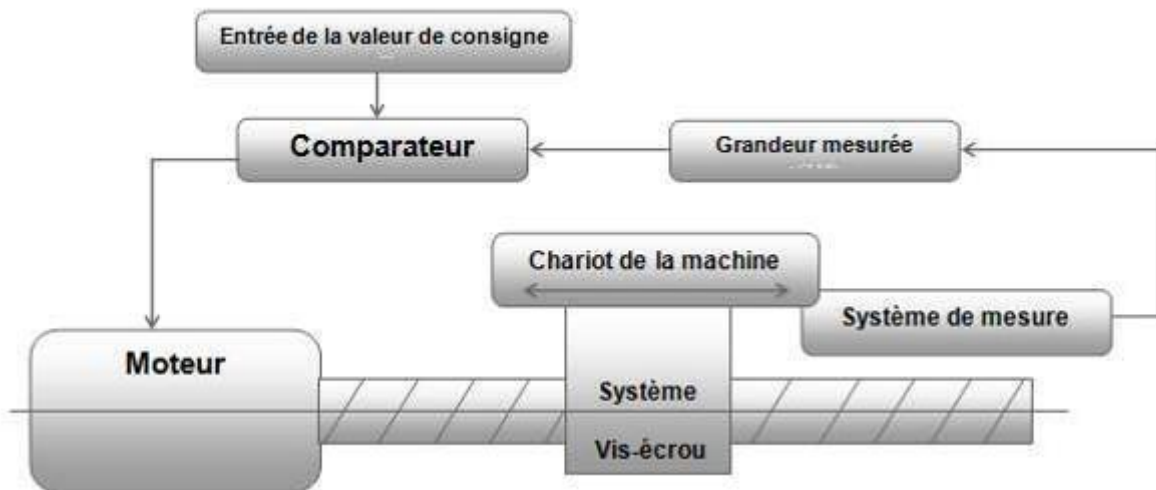


Figure I.8: Commande en boucle fermée.

I.8.2 Classification des CNC selon le mode d'usinage :

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

- Commande numérique point à point.
- Commande numérique par axiale.
- Commande numérique de contournage.

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

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

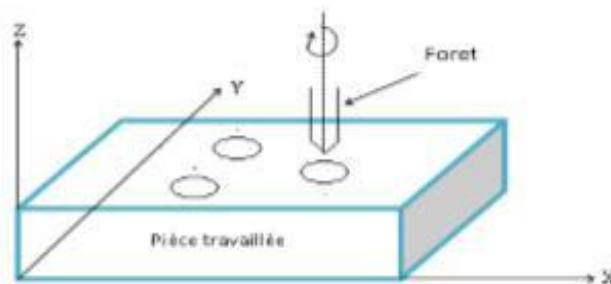


Figure I.9: Commande Numérique Point A Point.

b) Commande numérique par axiale : ce sont des déplacements parallèles aux axes avec les vitesses d'avance programmée. Le mouvement de coupe et de positionnement sont synchronisés de façon à avoir un usinage selon des trajectoires parallèles aux axes de déplacement.

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

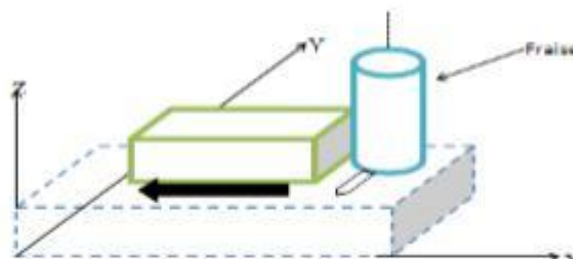


Figure I.10: Commande Pr axiale.

Chapitre I :GENERALITE SUR LA MACHINE A COMMANDE NUMERIQUE

c) **Commande numérique de contournage:** ce sont des déplacements qui synchronise des divers axes avec la vitesse d'avancement programmée. Les trajectoires sont décomposées en éléments de droites ou de cercles dans un ou plusieurs plans.

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

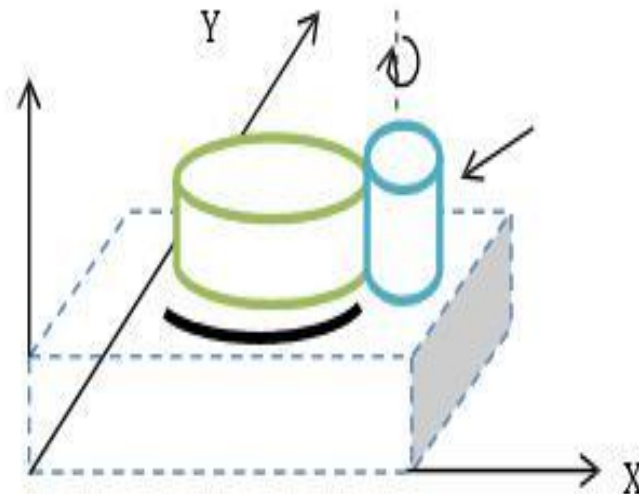


Figure I.11: Commande numérique de contournage.

I.9 La structure d'une machine CNC : (5)

Ce système peut être divisé en trois parties. Le système mécanique qui reçoit des signaux de commande nécessaires du système électronique qui aboutit finalement à actionnement souhaité des moteurs. Le système électronique obtient une commande ou un ensemble de commandes système logiciel et génère des commandes pour le système mécanique.

I.9.1 Le système électronique :

Le système électronique est responsable de la génération du signal de commande pour les moteurs qui guide le mouvement de la trajectoire de l'outil dans chaque direction ou axe. Le système électronique est composé :

[1] L'alimentation

[2] La carte microcontrôleur

[3] La carte de commande des moteurs pas à pas

I.9.2 Le système mécanique :

Le système mécanique est assemblé de telle manière que le mouvement des 3 axes soit réalisé en utilisant des rails linéaires assemblés avec des roulements linéaires, les moteurs sont montés chacun à l'axe qui est source de mouvement agi en fonction du signal de commande généré à partir du circuit électronique.

Chaque moteur est relié à une vis sans fin de chaque axe qui est chargé de transformer le mouvement du moteur de rotation en mouvement linéaire.

Le mouvement contrôlé de chaque axe est obtenu directement par la commande de la rotation du moteur. La vitesse du mouvement de chaque axe peut également être contrôlée par le contrôle direct de la vitesse du moteur, en donnant des signaux de commande nécessaires. Ainsi, la trajectoire de l'outil fixée à l'organe terminal est contrôlée dans chaque axe pour une action sur la pièce à usiner.

Pour éviter que les axes sortent de la plage de fonctionnement, on utilise des fins de course pour chaque axe. Une commande manuelle de bouton d'arrêt d'urgence peut également être utilisée pour la machine.

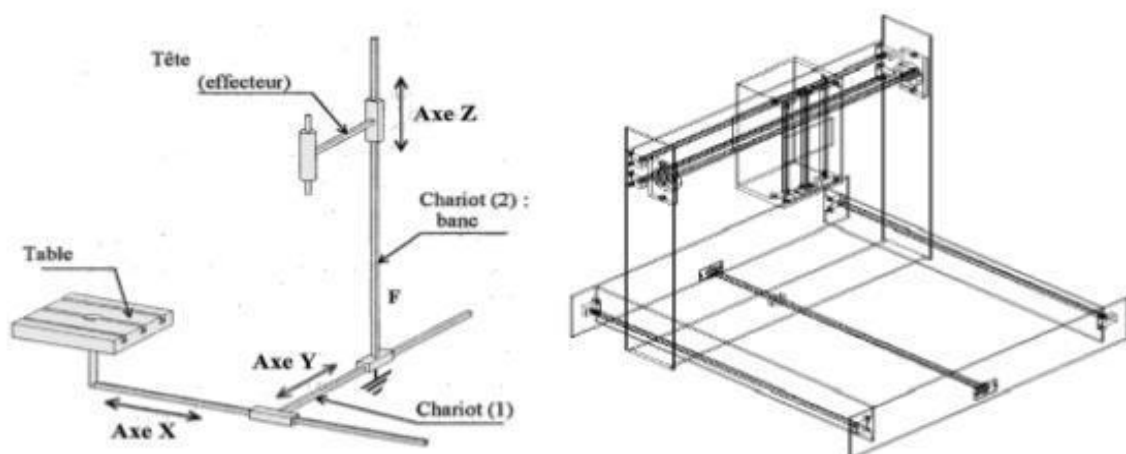


Figure I.12: structure mécanique d'une machine CNC

Chapitre I :GENERALITE SUR LA MACHINE A COMMANDE NUMERIQUE

I.9.3 Le système de programmation :

La pièce à usiner sera conçu dans une conception assistée par ordinateur (CAO), dont la sortie est un dessin dans un des nombreux formats acceptables, le format le plus préférable est le format .stl. Ce dessin est ensuite introduit dans le logiciel de fabrication assistée par ordinateur (FAO), dont la sortie est le code lisible par une machine utilisée pour la commande numérique de la machine.

Depuis la mise en œuvre du G code, il est nécessaire de tester de différents choix pour un interprète open source G code pour l'Arduino, de sorte que les mouvements corrects seront obtenus par les axes de la machine par l'intermédiaire du pilote de moteur.

I.10 Conclusion :

Dans ce chapitre on a décortiqué d'une manière générale une machine à commande numérique par ordinateur et l'intérêt de chaque partie qui constitue cette dernière, on a cité les commandes les plus utilisées et parlé sur la Classification des machines CNC.

Nous pouvons ainsi entamer la prochaine étape qui consiste à présenter la phase de conception.

Chapitre II :

PROGRAMMATION

PARAMETRIQUE

CNC.

Chapitre II : PROGRAMMATION PARAMETRIQUE CNC

II. 1 Introduction :

Cette section parle d'un ensemble de logiciels de découpe de simulation, et l'un d'eux est le G code, MACH3, CATIA et sort-out APT (Automatically Programmed Tool)

II.2 Programmation APT:

II.2.1 Introduction : APT (langage de programmation)

APT ou (Automatically Programmed Tool) (1) est un langage de programmation informatique de haut niveau le plus couramment utilisé pour générer des instructions pour les machines- outils à commande numérique. Douglas T. Ross (2) est considéré par beaucoup comme le père de l'APT: en tant que chef du nouveau groupe des applications informatiques du laboratoire des servomécanismes du MIT en 1956, il a dirigé ses efforts techniques.

APT est un langage et un système qui rend possible une fabrication à commande numérique. Cette langue ancienne a été largement utilisée dans les années 1970 et est toujours une norme à l'échelle internationale. (3) Les dérivés d'APT ont été développés plus tard.

Aperçu

APT est utilisé pour programmer des machines-outils à commande numérique afin de créer des pièces complexes à l'aide d'un outil de coupe se déplaçant dans l'espace. Il est utilisé pour calculer un chemin qu'un outil doit suivre pour générer un formulaire souhaité.

APT est un langage spécifique et le prédécesseur de la FAO moderne système. Il a été créé et affiné à la fin des années 1950 et au début des années 1960 pour simplifier la tâche de calcul des points de géométrie qu'un outil doit traverser dans l'espace pour couper les pièces complexes requises dans l'industrie aérospatiale. C'était le résultat direct de la nouvelle technologie de commande numérique devenue disponible à ce moment-là et de la tâche ardue à laquelle un machiniste ou un ingénieur était confronté pour calculer les mouvements de la machine pour les

pièces complexes pour lesquelles elle était capable. Son développement était centré sur les mêmes laboratoires du MIT qui hébergeaient les projets de contrôle numérique et de fraisage.

APT a également été parrainé par l'Air Force et est remarquable pour être la première grande entreprise de programmation coopérative au monde, combinant des agences gouvernementales, des universités et une équipe de 14 entreprises organisée au sein de l'Aircraft Industries Association [maintenant Aerospace Ind Assoc.].(4)

APT a été créé avant que les interfaces graphiques ne soient disponibles, et il s'appuie donc sur du texte pour spécifier la géométrie et les trajectoires d'outils nécessaires pour usiner une pièce.

La version originale a été créée avant même que FORTRAN ne soit disponible et était la toute première norme ANSI.

Les versions ultérieures ont été réécrites en FORTRAN. En tant que projet financé par le gouvernement américain, l'APT a été placée dans le domaine public.

APT partage de nombreuses similitudes avec d'autres langages de programmation informatique tels que FORTRAN. Un langage informatique à usage général prend le texte source et convertit les instructions en instructions qui peuvent être traitées en interne par un ordinateur.

APT convertit les relevés source en programmes de pilotage de machines-outils à commande numérique. La sortie d'un processeur APT peut être un fichier CL ou " Cutter Location " qui est ensuite exécuté à travers un poste processeur spécifique à la paire commande- machine souhaitée. Le fichier résultant est ensuite exécuté par le contrôle de la machine pour générer des mouvements d'outil et d'autres actions de la machine. Le plus souvent, ce fichier est sous une forme d'instructions au format RS-274, communément appelé G code.

II.2.2 Le quatre types de déclarations sur langage APT: (5)

II.2.2.1 Déclarations de géométrie :

Symbole = type géométrique/description paramétrique

a. Pour spécifier un point: la spécification d'un point peut être accomplie de la manière suivante désignant ses X, Y et Z comme l'intersection de deux lignes qui se croisent.

P0=POINT/ 1.0, 1.2, 1.3

P1= POINT/INTOF L1, L2

P2= POINT/YLARGE, INTOF, L3, C1

b. Pour spécifier une ligne: une ligne en APT est considérée comme étant de longueur infinie dans les deux sens. La spécification d'une ligne peut être accomplie de la manière suivante

L1=LINE/1.0,1.2,1.3,2.0,2.1,2.3

L1=LINE/P0, P1

L2=LINE/P2, PARLEL, L1

L3=LINE/P1, RIGHT, TANTO, C1

L4=LINE/P1, ATANGL, 45, L1

c. Pour spécifier un plan : Un avion peut être défini par ce qui suit.

Trois points par lesquels il passe.

PL0=PLANE/P0, P1, P2

P0, P1 et P2 doit être non colinéaire.

Passe par le point (P3) et parallèle à un autre plan (PL0) défini

précédemment PL1=PLANE/P3, PARLEL, PL0

d. Pour spécifier un cercle: centre et rayon

C0=CIRCLE/CENTER, P0, RADIUS, 1.0

Trois points par lesquels il passe

C1=CIRCLE/ P3, P4, P5

Chapitre II : PROGRAMMATION PARAMETRIQUE CNC

II.2.2.2 Déclarations de mouvement :

Le format des commandes de mouvement suit le modèle:

Movement / description

FROM/P0 or FROM/0.0, 1.0, 2.0

Où FROM est un mot de vocabulaire APT indiquant que c'est le point initial à partir duquel tous les autres seront référencés; et PTARG est le symbole attribué au point de départ.

Mouvements point à point il y a deux commandes: GOTO et

GODLTA GOTO/P2 , GOTO/25.0,40.0,0

GODLTA/50.0,120.0,40.0

GO/TO, drive surface, TO, part surface, TO, check surface

*drive surface: conduire surface, la surface d'entraînement représente la surface le long de laquelle les bords verticaux de l'outil suivront.

*part surface: surface de la pièce, spécifiez la surface que la pointe de l'outil suivra.

*check surface: vérifier la surface, décrivez où l'outil s'arrêtera après avoir terminé le mouvement de l'étape en cours.

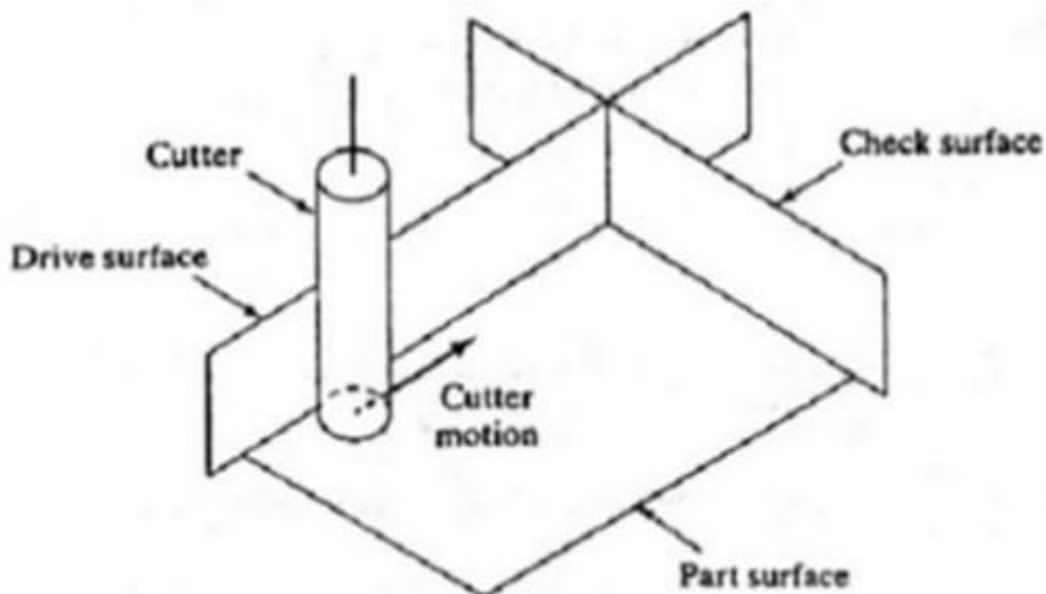


Figure II.1 : Mouvements de contour

Chapitre II : PROGRAMMATION PARAMETRIQUE CNC

Exemple:

GO/TO, L1, TO, PL1, TO, L2

Ligne L1 comme surface d'entraînement

Plan P1 comme surface de la pièce, et

Ligne L2 comme surface de contrôle

Mots modifies: TO, ON, PAST

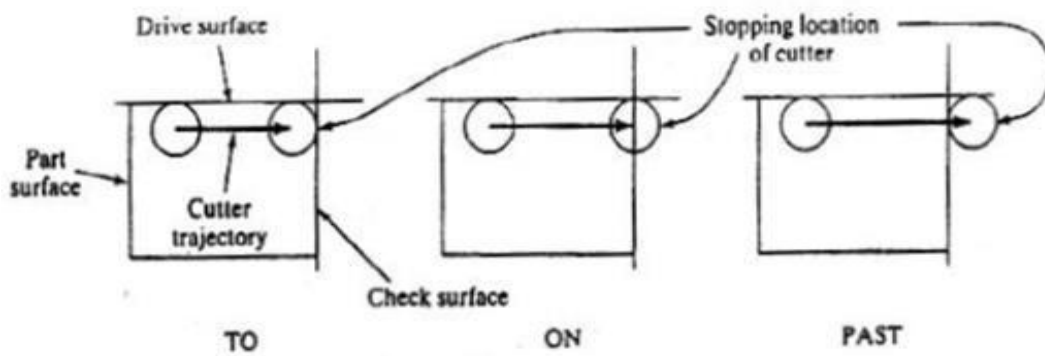


Figure II.2 : TO , ON , PAST

TANTO: la surface d'entraînement est tangente à la surface de contrôle

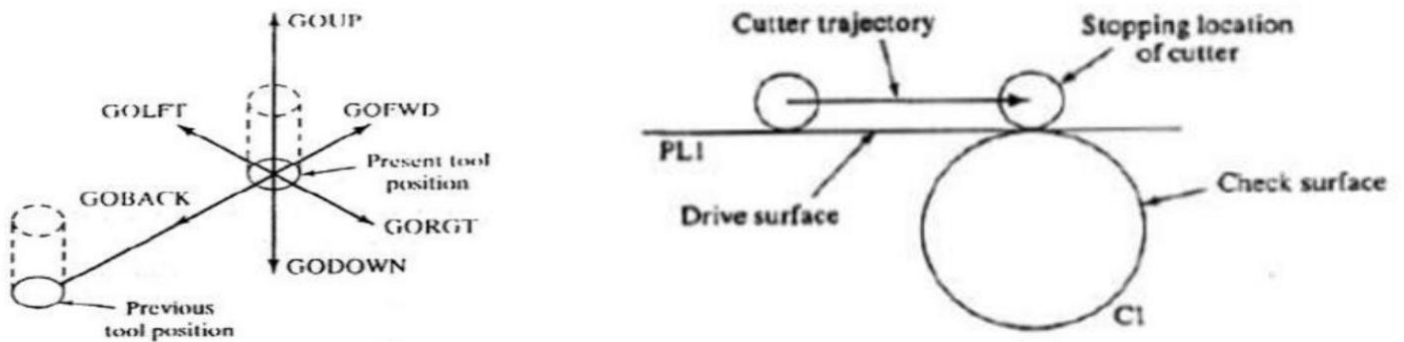


Figure II.3 : la surface d'entraînement est tangente à la surface de contrôle

Les mots de mouvement sont:

*GOLFT; commande à l'outil pour faire un virage à gauche par rapport au dernier coup

*GORGT; commande à l'outil pour faire un virage à droite par rapport au dernier

mouvement *GOFWD; commande à l'outil d'avancer par rapport au dernier mouvement

*GOBACK; commande à l'outil pour inverser la direction par rapport au dernier mouvement

*GOUP; commande à l'outil de se déplacer vers le haut par rapport au dernier mouvement.

*GODOWN; commande à l'outil de descendre par rapport au dernier mouvement

II.2.2.3 Déclarations poste-processeur :

Ces instructions fournissent un paramètre de traitement au programme poste-processeur les programmes typiques nécessiteront des paramètres pour les avances, la vitesse et d'autres commandes d'outils / broches / machines.

a. Commande post-processeur / données descriptives :

*UNITS/MM : indique que les unités spécifiées utilisées dans le programme sont INCHES ou MM.

*INTOL/0.02 : spécifie la tolérance vers l'intérieur pour l'interpolation circulaire.

*OUTTOL/0.02 : spécifie la tolérance vers l'extérieur pour l'interpolation circulaire.

*CUTTER/20.0 : définit le diamètre de l'outil pour les calculs de décalage de la trajectoire de l'outil; la longueur et d'autres dimensions de l'outil peuvent également être spécifiées, si nécessaire, pour l'usinage en trois dimensions.

*SPINDL/100, CLW: spécifie la vitesse de rotation du broche en tours par minute. CLW (dans le sens horaire) ou CCLW (anti-horloge) peut être spécifié. *SPINDL/OFF: arrête la rotation de la broche

*FEDRAT/40.IPM: spécifie la vitesse d'avance en millimètres par minute ou en pouces par minute des mots mineurs IPM ou IPR sont utilisés pour indiquer si la vitesse d'avance est des unités par minute ou des unités par tour de la fraise, où les unités sont spécifiées en pouces ou en millimètres dans l'instruction UNTTS précédente.

*RAPID: enclenche la traversée rapide (vitesse d'avance élevée) pour les prochains mouvements.

*COOLNT/FLOOD: active le fluide de coupe.

*LOADTL/01: utilisé avec les changeurs d'outils automatiques pour identifier quel outil de coupe doit être chargé dans la broche.

*DELAY/30: arrête temporairement la machine-outil pendant une durée spécifiée en secondes.

b. Des instructions auxiliaires sont utilisées pour identifier le programme pièce :

*PARTNO : est la première instruction d'un programme APT, utilisée pour identifier le programme.

*MACHIN/: permet au programmeur de pièces de spécifier le post processeur, qui spécifie en fait la machine-outil.

*CLPRNT : signifie "impression de l'emplacement de coupe" qui est utilisé pour imprimer la séquence d'emplacement de coupe.

*REMARK : est utilisé pour insérer dans le programme des commentaires explicatifs qui ne sont pas interprétés ou traités par le processeur APT.

*FINI : indique la fin d'un programme APT.

II.2.2.4 Déclarations auxiliaires :

Ces instructions complètent le langage de programmation APT et incluent l'instruction FINI pour marquer la fin du programme ainsi que des instructions pour définir la largeur de l'outil.

Un exemple de ce dernier est:

```
CUTTER/0.25
```

Spécifie un diamètre de coupe d'un quart de pouce.

L'ordinateur saurait alors calculer un décalage de 0,125 pouce pour s'adapter au diamètre de la fraise en calculant le centre de l'outil.

Chapitre II : PROGRAMMATION PARAMETRIQUE CNC

II.3 travail de programmeur partiel : deux tâches principales du programmeur

II.3.1 Définir la géométrie de la pièce :

Les éléments de géométrie sont parfois définis uniquement pour être utilisés dans la spécification de la trajectoire d'outil.

Exemples de définitions de géométrie de pièce

P4=POINT/35, 90, 0

L1=LINE/P1, P2

C1=CIRCLE/CENTER, P8, RADIUS, 30.3

II.3.2 spécifier la trajectoire d'outil et la séquence d'opération :

La trajectoire de l'outil consiste en une séquence de points ou de segments de ligne et d'arc connectés, utilisant des éléments de géométrie définis précédemment

Commande point à point :

GOTO/P0

Commande de chemin continuos :

GOLFT/L2, TANTO, C1

II.4 décalage de coupe : La partie coupante doit être décalée du contour de la pièce réelle d'une distance égale au rayon de la fraise.

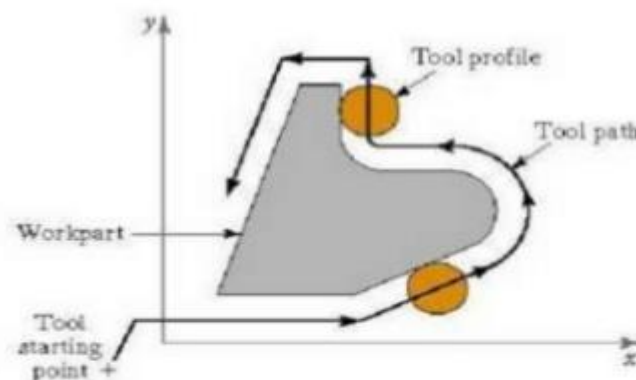


Figure II.4 : décalage de coupe

Chapitre II : PROGRAMMATION PARAMETRIQUE CNC

Exemple 01: (6)

SPINDL/600 spécifie que la broche doit être de 600 tr / min

FEDRAT/6.0 spécifie un taux d'alimentation de 6 pouces par minute

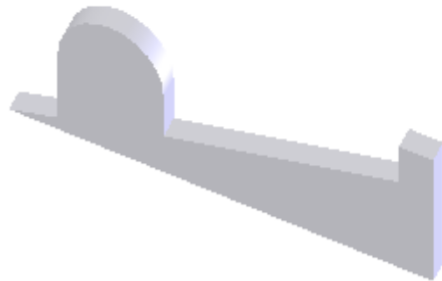
TURRET/ T2 spécifie l'outil de chargement -2 dans la tourelle

MACHIN/MILL, 2 spécifie un type de fraiseuse et un type de contrôleur2

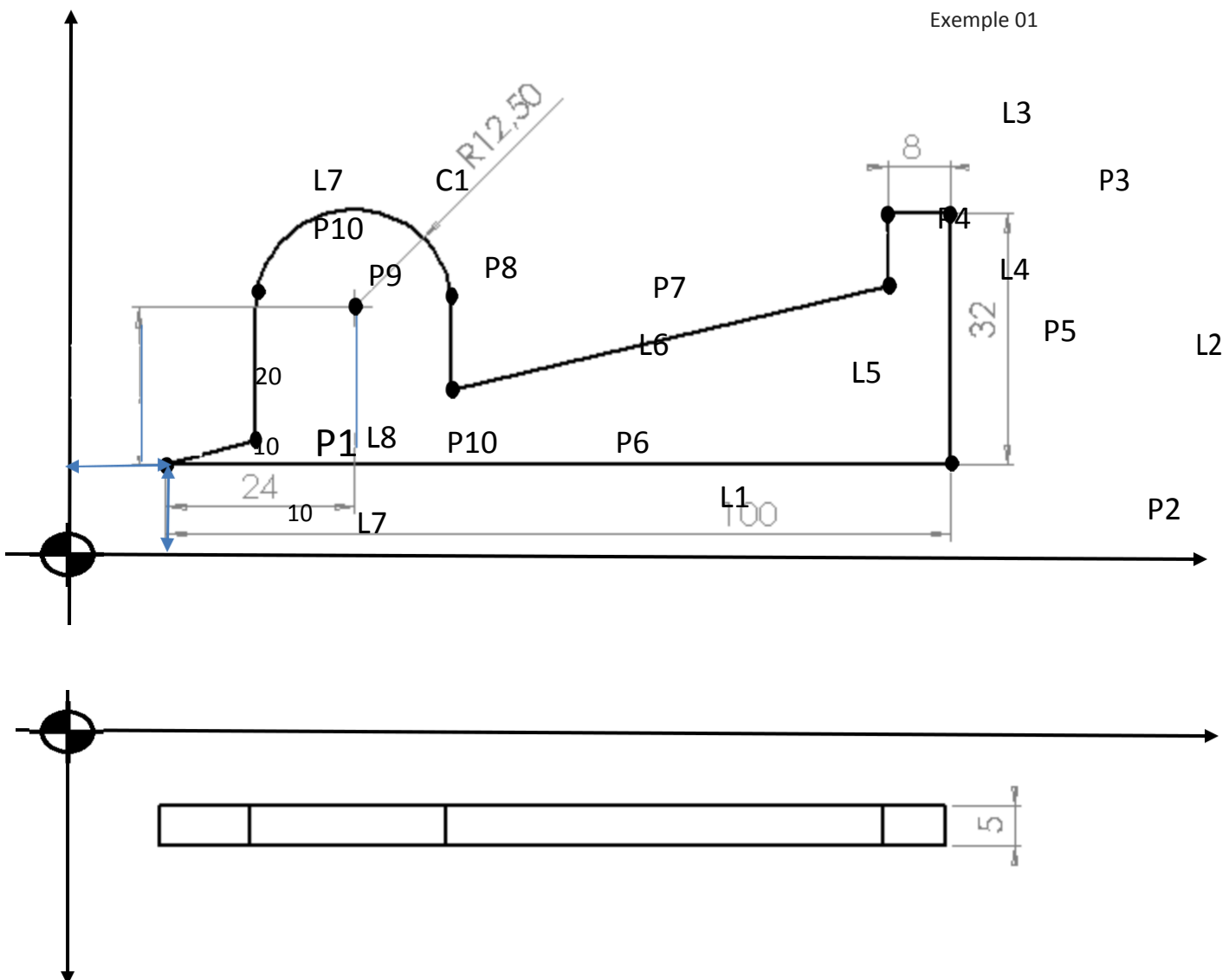
Spécifier un point : P

Spécifier une ligne: L et

Spécifier un cercle : C



Exemple 01



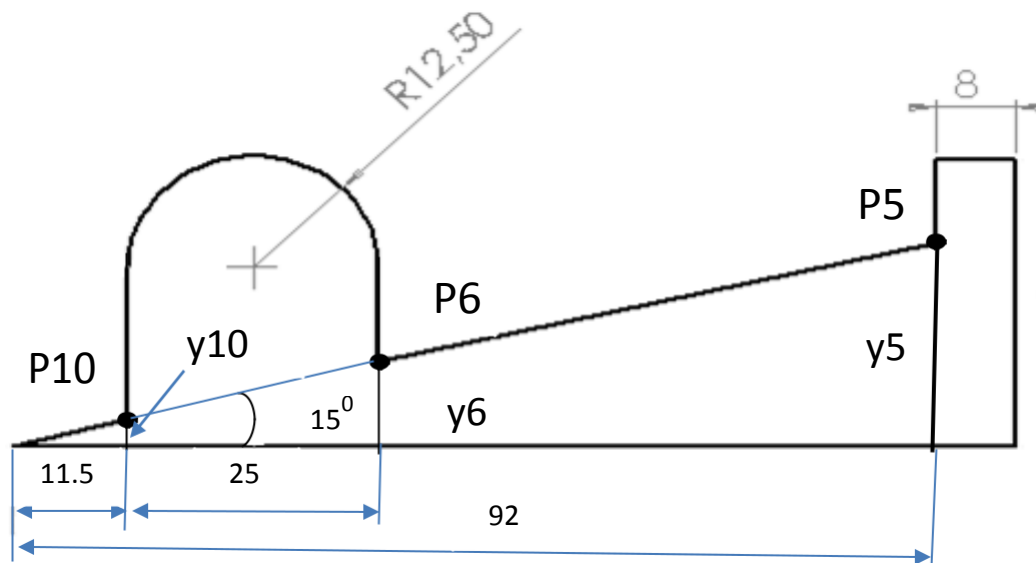
Chapitre II : PROGRAMMATION PARAMETRIQUE CNC

Le point de control :

P1 (10 ,10) ,P2(110 ,10) , P3(110,42) , P4(102,42) , P7(46.5,30) , P8 (34,30) ,

P9 (21.5,30).

Calcul le point P5, P6, P10



$$\tan = y_5/x_5 \Rightarrow y_5 = \tan(15^\circ) * x_5 = 0.26 * 92 = 24.65$$

P5 (102, 32.65)

$$\tan = y_6/x_6 \Rightarrow y_6 = \tan(15^\circ) * x_6 = 0.26 * 36.5 = 9.78$$

P6 (46.5, 19.78)

$$\tan = y_{10}/x_{10} \Rightarrow y_{10} = \tan(15^\circ) * x_{10} = 0.26 * 11.5 = 3.08$$

P10 (21.5, 13.08)

OPERATION PROFILE MILLING

TOOL H S S ENDMILL CUTTER OF D=10

SPINDLE $N = 1000 * V / \pi * D = 1000 * 35 / 3.14 * 10 = 1200$ rpm

FEDRATE $F = 0.8 * 1200 = 960$ mm/min

Chapitre II : PROGRAMMATION PARAMETRIQUE CNC

CODE

PARTNO PROFILE MILLING	L7=LINE/P9, P10
MACHIN/MILL, 1	L8=LINE/P10, P1
CLPRNT	C1=CIRCLE/CENTER, P8, RADIUS, 12.5
UNITS/MM	PL1=PLANE/P1, P4, P10
INTOL/0.01	SPINDL/1200
OUTTOL/0.01	FEDRAT/960, MMPM
SUTTER/10	COOLNT/NO
SETPT=POINT/0, 0, 0	FROM/SP
P1=POINT/10, 10	GOTO, L1, TO, PL1, TO, L1
P2=POINT/110, 10	L7=LINE/P9, P10
P3=POINT/110, 42	L8=LINE/P10, P1
P4=POINT/ 102, 42	GOLFT/L1, PAST L2
P5=POINT/102, 34.65	GOLFT/L2, PAST L3
P6=POINT/46.5, 19.78	GOLFT/L3, PAST L4
P7=POINT/46.5, 30	GORGT/L4, PAST L5
P8=POINT/34, 30	GOFWD/L5, PAST L6
P9=POINT/21.5, 30	GORGT/L6, TANTO C1
P10=POINT/21.5, 13.08	GOFWD/C1, TANTO L7
L1=LINE/P1, P2	GORGT/L7, PAST L8
L2=LINE/P2, P3	GOLFT/L8, PAST L1
L3=LINE/P3, P4	RAPID
L4=LINE/P4, P5	GOTO/SP
L5=LINE/P5, P6	COOLNT/OFF
L6=LINE/P6, P7	FINI

Chapitre II : PROGRAMMATION PARAMETRIQUE CNC

Exemple 02: (7)

OPERATION --- DRILLING +MILLING
TOOL---HSS DRILL OF $\varnothing 10$

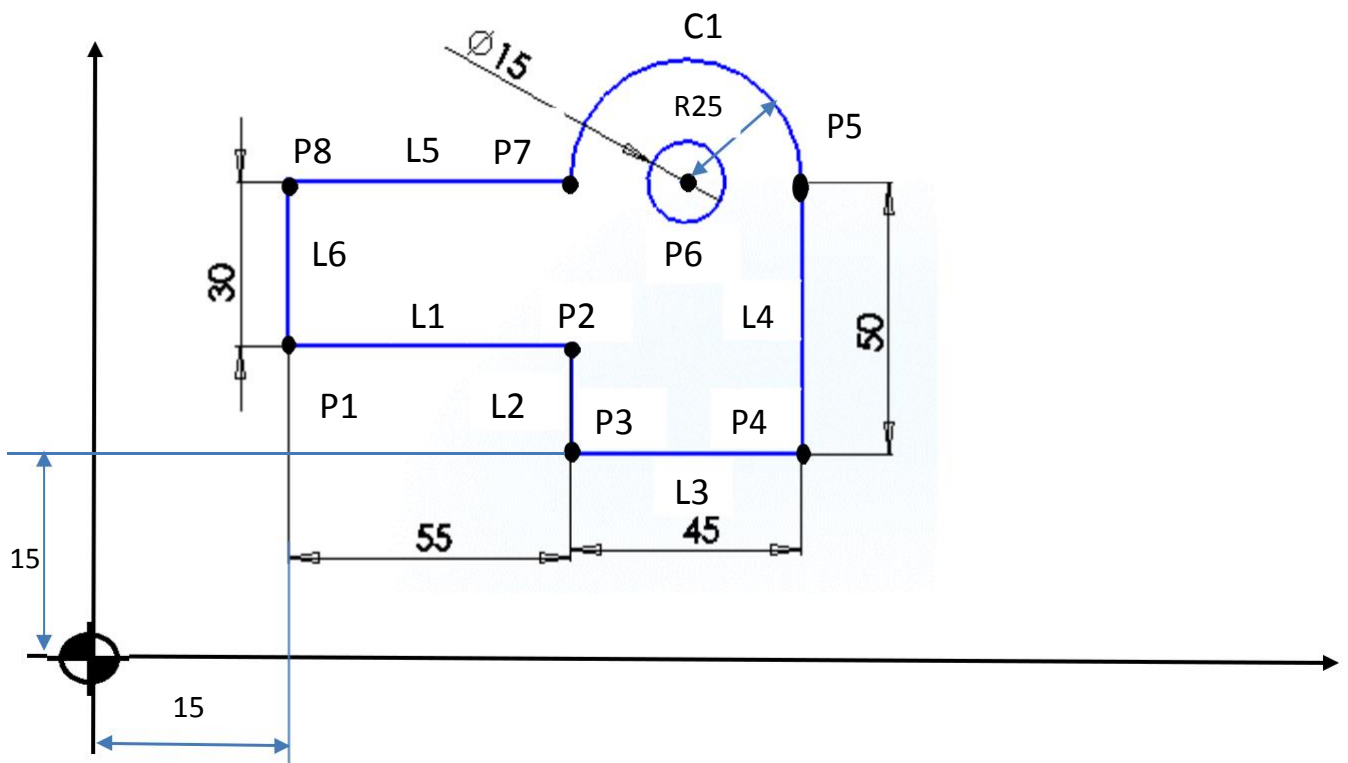
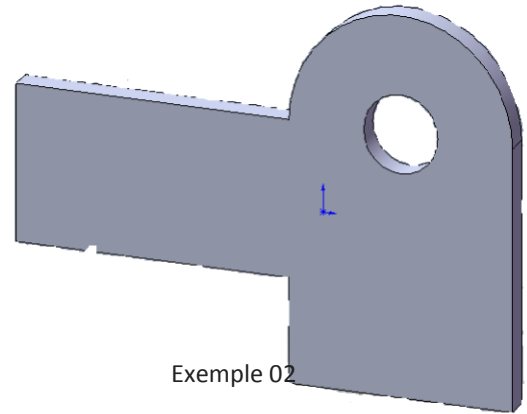
SPINDLE SPEED $-N=1000*V/D$

$$=1000*30/10*3.14=955\text{rpm}$$

FEED RATE

$$F=0.1*N =0.1*955 = 95.5 \text{ mm/min (DRILLING)}$$

$$F=0.8*N =0.8*955 = 764 \text{ mm/min (MILLING)}$$



Le point de control :

P1 (15 ,35) ,P2(70 ,35) , P3(70,15) , P4(115,15) , P5(115.5,65) , P6 (90,65) ,

P7 (65, 65), P8 (15, 65).

Chapitre II : PROGRAMMATION PARAMETRIQUE CNC

CODE

PART NO PROFILE MILLING	GO FWD/L4, PAST, C1
MACHIN /MILL, 1	GO RGT/C1, PAST, L5
CLPRNT	GO LFT/L5, PAST, L6
UNITS/mm	RAPID
INTOL/0.01	GO TO/SP
OUTTOL/0.01	SPINDL/OFF
CUTTER/10	COOLNT/OFF
SP=POINT/0, 0, 0	MACHIN/DRILL, 2
P1=POINT/15, 35	CLPRNT
P2=POINT/70, 35	UNITS/mm
P3=POINT/70, 15	CUTTER/15
P4=POINT/115, 15	SP=POINT/0, 0, 0
P5=POINT/115, 65	P6=POINT/90, 65
P6=POINT/90, 65	SPINDL/955
P7=POINT/65, 65	FEDRAT/95.5, MMPM
P8=POINT/15, 65	COOLNT/ON
L1=LINE/P1, P2	FROM/SP
L2=LINE/P2, P3	RAPID
L3=LINE/P3, P4	GO TO/P6
L4=LINE/P4, P5	GODLTA/0, 0, -20 tool drill 1 st hole
L5=LINE/P7, P8	GODLTA/0, 0, 20 tool come up
L6=LINE/P8, P1	RAPID
C1=CIRCLE/CENTER, P6, RADIUS25	GO TO/SP
PL1=PLANE/P4, P5, P8	SPINDL/OFF

Chapitre II : PROGRAMMATION PARAMETRIQUE CNC

SPINDL/955	COOLNT/OFF
FEDRAT/764 MMPM	FINI
COOLNT/ON	
FROM /SP	
GO TO, L1, TO, PL1, TO, L6	
GO RGT/L1, PAST, L2	
GO LFT/L2, PAST, L3	
GO RGT/ L3, PAST, L4	

II.5 Programmation G-code: (8)

II.5.1 La génération des chemins de l'outil, création du G-code :

Après la conception en 3D de la pièce, par exemple avec le logiciel Solid Works, on obtient un fichier de format STL, OBJ, Image ou autre. Pour la génération d'un fichier G-code il existe des logiciels spécialement conçus pour cela, tel que le logiciel Slic3r, Inkscape, Charlygraal et bien d'autre. Aussi, Il est possible de créer un fichier d'usinage directement à partir d'un site spécialement conçu pour cela, tel que Makercam.com.

II.5.2 Langue de contrôleurs numériques « G-code » :

Le G-code est le langage de programmation pour contrôler une machine à commande numérique. Il est basé sur des lignes de code, plusieurs de ces lignes peuvent être regroupées dans un fichier pour créer un programme G-code, qui sert à programmer les mouvements que la machine va effectuer (droite, arc de cercle, ect). Il est à noter que le G-code est utilisé pour des fraiseuses à commande numérique, des tours, des imprimantes 3D et des lasers de découpe.

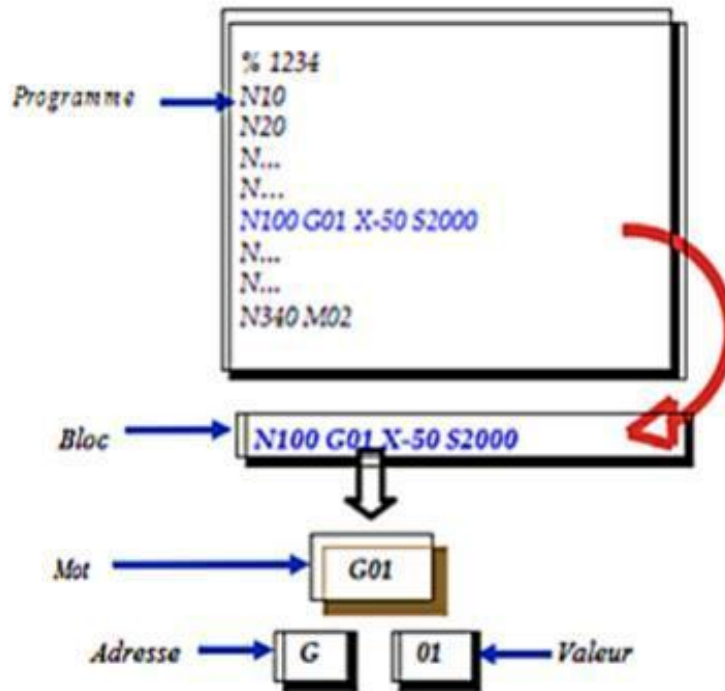


Figure II.5 : Structure et contenu d'un programme CN

a. Les principales fonctions du G-code :

G-code est un langage de programmation pour les machines CNC permet de contrôler les moteurs et leur vitesse ce qui indique comment la machine se déplacer.

G-code signifie "code géométrique", et suit certaines variations du modèle alphanumérique:

N##G##X##Y##Z##F##S##T##M##

N: Numéro de ligne, G: Mouvement, X: Position horizontale, Y: Position verticale

Z: Profondeur , F: Avance , S: Vitesse de broche , T: Sélection d'outil , M: Fonctions diverses , I et

J: Centre incrémental d'un arc , R: Rayon d'un arc .

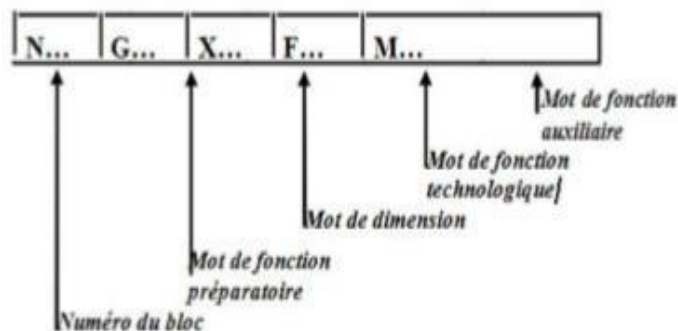


Figure II.6 Format de bloc

Chapitre II : PROGRAMMATION PARAMETRIQUE CNC

Les codes alphanumériques sont utilisés pour la programmation, car ils constituent un moyen simple de:

Définir le mouvement et la fonction (G ##)

Déclarer une position (X ## Y ## Z ##)

Définir une valeur (F ## et / ou S ##)

Sélectionnez un élément (T ##)

Allumer et éteindre quelque chose (M ##), tel que le liquide de refroidissement, les broches, le mouvement d'indexation, les verrouillages d'axe, etc.

Par exemple : G01 X1 Y1 F20 T01 M03 S500

Indiquerait généralement un mouvement d'avance linéaire (G01) à la position XY donnée avec une vitesse d'avance de 20. Il utilise l'outil 1 et la vitesse de broche est de 500.

Les fonctions diverses varient d'une machine à l'autre, afin de savoir ce que M-code signifie, le manuel d'instruction de la machine devra être référencé.

b. Mouvement de la machine :

Tout ce qu'une machine peut faire est basé sur trois types de mouvement de base:

Déplacement rapide: un déplacement linéaire vers une position XYZ aussi vite que possible

Déplacement d'alimentation: un déplacement linéaire vers une position XYZ à une vitesse d'avance définie.

Mouvement circulaire: un mouvement circulaire à un taux d'avance défini

Chaque code g indique à la machine quelle variation de ces mouvements de base effectuer, et comment l'exécuter.

X et Y sont des coordonnées cartésiennes pour la position horizontale et verticale, et Z représente la profondeur de la machine. Ces chiffres alpha suivront la commande mouvement / fonction (G) pour déclarer la position de la machine.

Chapitre II : PROGRAMMATION PARAMETRIQUE CNC

Ensuite, F détermine le débit d'alimentation (pour les déplacements d'alimentation ou les déplacements circulaires), tandis que S détermine la vitesse de la broche. T est utilisé pour sélectionner un outil. D'autres chiffres alpha utilisés dans la programmation peuvent inclure I, J et R, qui concernent les centres d'arc et les rayons.

c. Codes divers :

La ligne d'un programme peut également inclure des codes m, qui sont généralement des codes qui indiquent à une machine comment exécuter une action. Bien que la garantie ne soit pas la même pour toutes les machines, certains codes m standard courants sont:

M00: arrêt du programme

M01: Arrêt de programme optionnel

M02: Fin du programme

M03: Broche dans le sens des aiguilles d'une montre

M04: Broche dans le sens antihoraire

M05: Arrêt de la broche

M06: Changement d'outil

M08: Liquide de refroidissement sur

M09: Arrêter le liquide de refroidissement

M30: Fin du programme / retour au début

M41: Plage de vitesse basse de la broche

M42: Plage de broche haute [15]

II.5.3 Un tableau qui représente quelque instruction :

G00 : Déplacement rapide
G01 : Interpolation linéaire
G02 : Interpolation circulaire (sens horaire, anti-trigo)
G03 : Interpolation circulaire (sens anti-horaire, trigo)

Chapitre II : PROGRAMMATION PARAMETRIQUE CNC

G04 : Arrêt programme et ouverture carter (pour nettoyer) (temporisation - suivi de l'argument F ou X en secondes)
G10/G11 : Écriture de données / Effacement de données (suivi de l'argument L suivant le type de données à écrire)
G17 : Sélection du plan X-Y
G18 : Sélection du plan X-Z
G19 : Sélection du plan Y-Z
G20 : Programmation en pouces
G21 : Programmation en mm
G28 : Retour à la position d'origine
G31 : Saute la fonction (mode Interrupt utilisé pour les capteurs et les mesures pièces et de longueur d'outil)
G33 : Filetage à pas constant
G34 : Filetage à pas variable
G40 : Pas de compensation de rayon d'outil
G41 : Compensation de rayon d'outil à gauche
G42 : Compensation de rayon d'outil à droite
G54 à G59 : Activation du décalage d'origine pièce (Offset)
G68 / G68.1 : Activation du mode "Plan incliné" (Tilted plane working) pour les centres d'usinage 5 axes
G76 / G76.7 : Cycle de filetage
G69 : Annulation du mode Tilted plane working (Plan incliné)
G84 : Cycle de taraudage rigide
G90 : Déplacements en coordonnées absolues
G91 : Déplacements en coordonnées relatives

Chapitre II : PROGRAMMATION PARAMETRIQUE CNC

G94/G95 : Déplacement en pouces par minute/pouce par tour
G96 ; G97 : Vitesse de coupe constante (vitesse de surface constante) ; Vitesse de rotation constante ou annulation de G96

II.6 Programmation CATIA :

Catia, acronyme de Conception Assistée Tridimensionnelle Interactive Appliquée, est un logiciel de CAO mis au point par la société Dassault Aviation pour ses propres activités. Il regroupe un nombre important de modules totalement intégrés dans un seul et même environnement de travail. Ces modules permettent de modéliser une géométrie (CAO), de réaliser des analyses et des simulations, de mener une étude d'industrialisation (conception des outillages), de générer les programmes de commande numérique pour les machines-outils (FAO), d'établir les plans d'usines..etc.

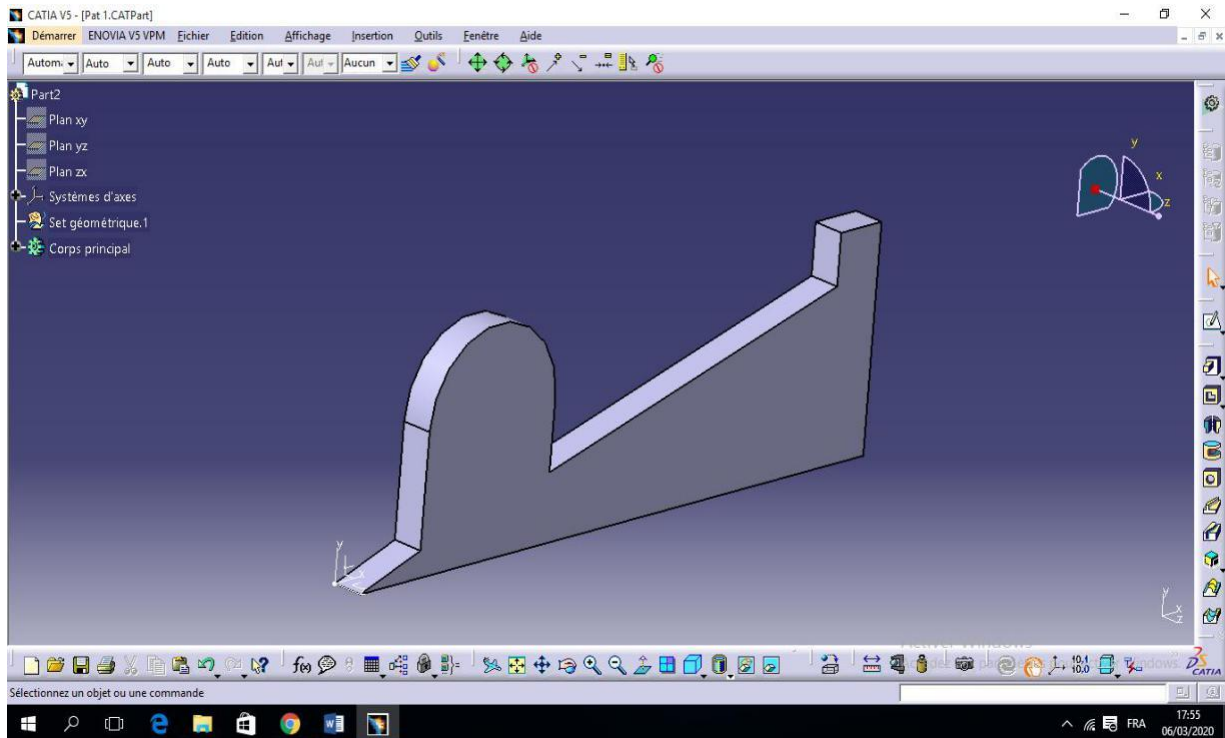


Figure II.7 : Interface de CATIA V5

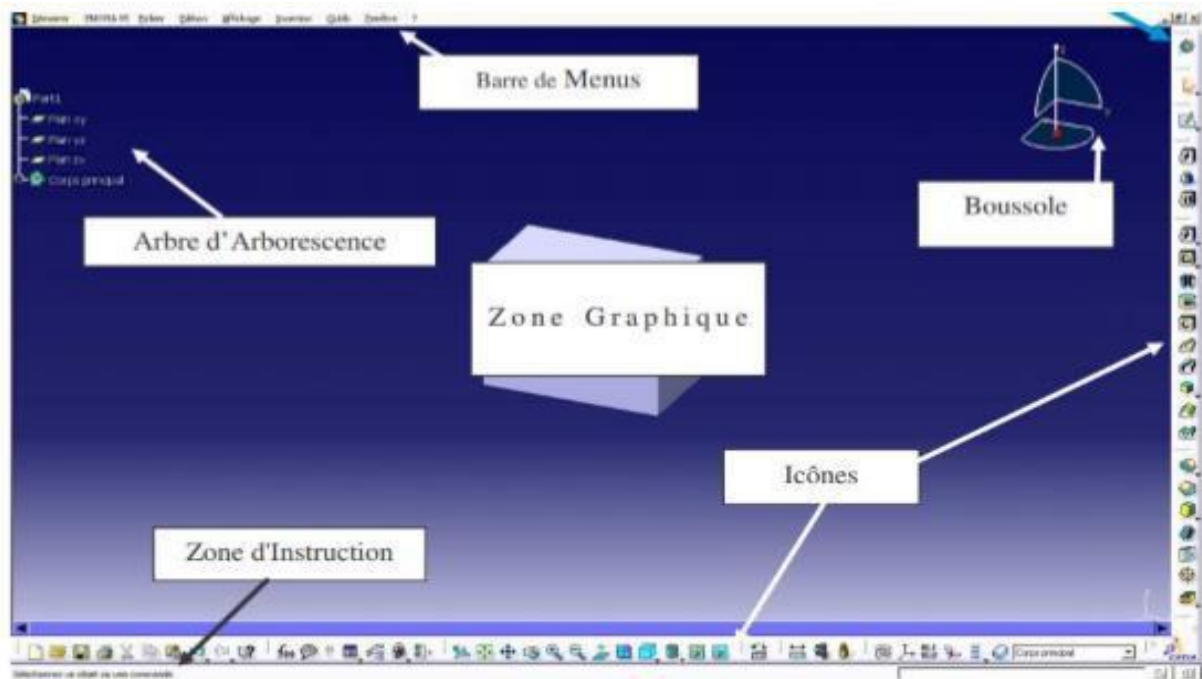


Figure II.8 : description de logiciel

La barre des menus vous permet d'enregistrer, ouvrir, réaliser des actions en fonction de l'atelier activé.

La boussole vous permet de vous repérer dans l'espace et de vous déplacer.

L'icône de l'atelier activé est très important pour savoir dans quel atelier on se trouve (certaines actions ne sont possibles que dans un atelier précis).

L'arbre d'arborescence garde en mémoire l'historique de la construction de votre pièce.

Les icônes à droite et au bas de l'écran sont des raccourcis pour concevoir, simuler un fonctionnement, un usinage...

La zone d'instruction vous indique les commandes à faire où en cours.

Historique de l'arbre Lors de l'ouverture d'un mécanisme, CATIA n'appelle pas l'historique de l'arbre pour gagner en temps. Si vous souhaitez modifier une pièce ou en créer de nouvelles, placer la souris sur l'arbre d'arborescence, faites un clic droit, choisissez représentations puis mode

Chapitre II : PROGRAMMATION PARAMETRIQUE CNC

Perte d'icône Lorsque vous ne retrouvez plus une barre d'outil, où que vous désirez les replacer par défaut, cliquez sur outils, personnaliser, rubrique Barre d'outil : cochez « rétablir les contenus », puis « rétablir les positions ».

II.7 Mach3 :

Mach3 permet de transformer un PC Windows en commande numérique. Il génère les signaux nécessaires à la commande de moteurs par pas et direction (Step/Dir ou Clock/Dir) et utilise le port parallèle du PC pour les transmettre à l'électronique de commande.

500 lignes de programme maxi en fraisage et plasma (10 000 000 en version complète)

50 lignes de programme maxi en tournage (10 000 000 en version complète)

Fréquence du noyau bloquée à 25 kHz (si vous utilisez le port parallèle)

Fonction « Démarrer ici » désactivée

Fonction « Prochaine ligne » désactivée

Filetage désactivé (Tournage)

Contrôle de hauteur de torche désactivé (Plasma)

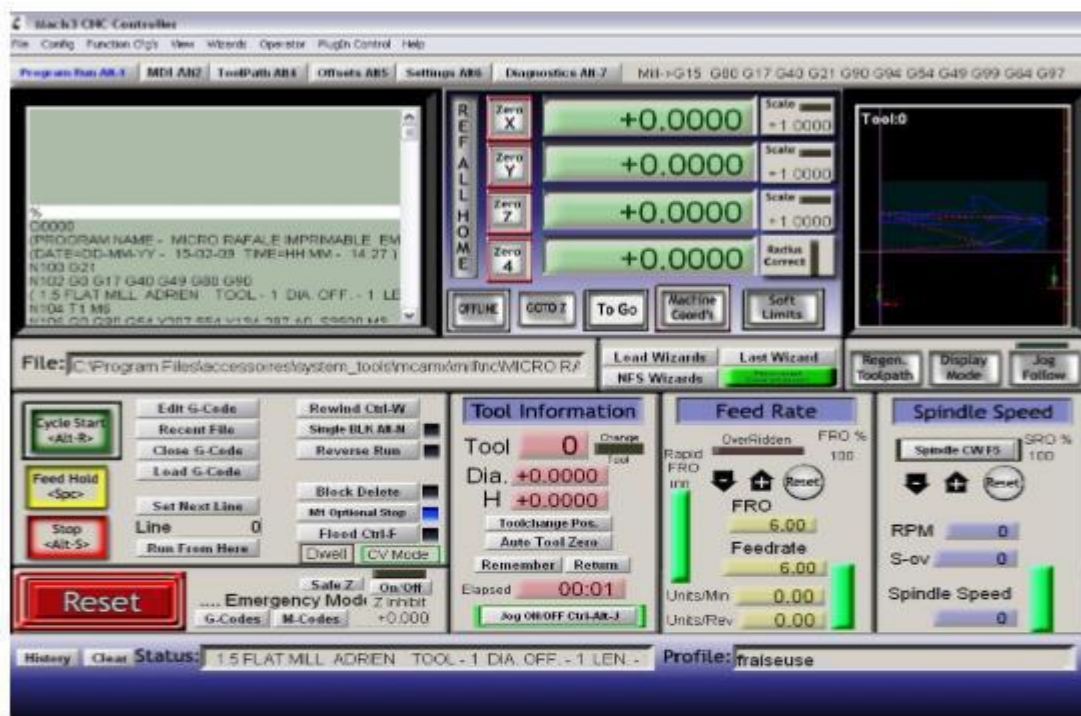


Figure II.9 : Interface de logiciel Mach3

Chapitre II : PROGRAMMATION PARAMETRIQUE CNC

II.8 Conclusion :

Ce chapitre est une étude générale sur les logiciels de commande graphique et le programme de commande de la machine CNC.

Les données géométriques indiquent la forme et les dimensions de la pièce à usiner et permettent à la CN de calculer les positions successives de l'outil par rapport à la pièce pendant les diverses phases de l'usinage.

Chapitre III :

SIMULATION

D'USINAGE

Chapitre III : SIMULATION D'USINAGE

III.1 Introduction :

Ce chapitre explique en détail les étapes de la simulation et la réalisation d'une pièce tout en s'initiant à créer et à gérer un programme, saisir les déplacements de l'outil, créer des contours quelconques avec le calculateur, réaliser des ébauches et des finitions de contour.

A cet effet on utilise les logiciels dédiés à la simulation d'usinage qui sont l'APT (programme), CATIA et Art CAM.

Pour avoir des pièces mécanique à l'aide de logiciel CATIA et Art CAM on réalise la conception et pour la génération de programme paramétrique on utilise les codes FAO comme MasterCam, Camworks et surfcame par exemple, après cette procédure on génère le code G et APT par le programme CATIA V5R20 et Art CAM.

III.2 Présentation de la pièce :

III.2.1 Logiciel CATIA :(1)

Pour la génération de programme d'usinage d'une pièce (entité/opération/outil), nous nous appuyons sur les fonctionnalités de l'outil de CFAO en utilisant une base de données graphique. En effet, la CFAO (CATIA V5, DELMIA V5...) [3-5] offre un confort dans la rédaction du programme d'usinage puisque l'utilisation d'une machine 3 axes est alors considérée comme une configuration spécifique de la MOR.

Pour l'usinage d'entités relatives aux pièces prismatiques, l'intérêt d'un tel système de CFAO permet de traiter la majeure partie des opérations à partir d'une modélisation 3D des pièces. Il reste à l'opérateur à définir les opérations d'usinage et leurs paramètres, les outils de coupe avec leurs indicateurs géométriques, les points référentiels de trajectoire (points d'entrée, point de sortie (lors de surfaçage), distance de sécurité) et les types de transformations (axiale, radiale...) d'approche et/ou de décalage (dans l'objectif d'éviter les collisions) par macro dans CATIA V5. Ensuite, il est possible de générer automatiquement le code CN en mode interactif (Figure III.1).

Chapitre III : SIMULATION D'USINAGE

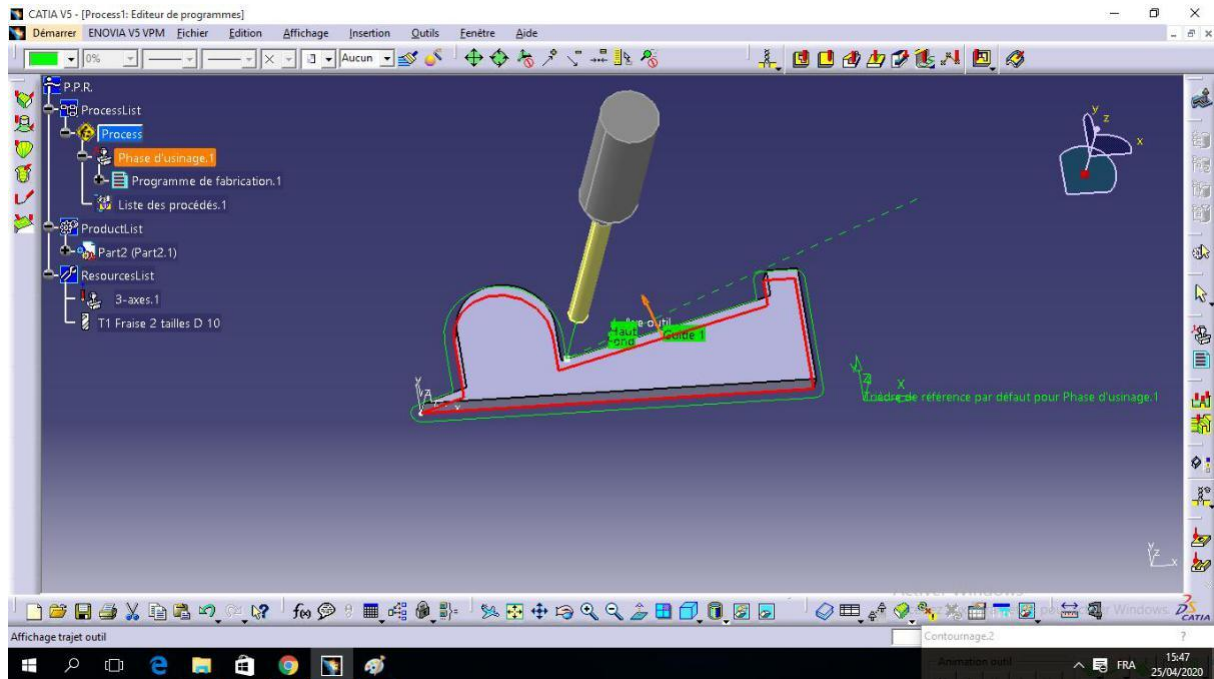


Figure III.1 : usinage d'une pièce par CATIA

Programmation APT :

Programme de fabrication.1

Phase d'usinage.1

*CATIA0

Programme de fabrication.1

1.00000 0.00000 0.00000 110.00000

0.00000 1.00000 0.00000 -10.00000

0.00000 0.00000 1.00000 10.00000

PARTNO Phase d'usinage.1

OPERATION NAME : Changement outil.1

Début de génération de: Changement outil.1

TLAXIS/ 0.000000, 0.000000, 1.000000

TOOLCHANGEBEGINNING

CUTTER/ 5.000000, 2.000000, 0.500000, 2.000000, 0.000000,

0.000000, 50.000000

Chapitre III : SIMULATION D'USINAGE

TOOLNO/1,MILL,1,0, 5.000000, 100.000000,
100.000000, 100.000000,, 60.000000,, 50.000000,
1000.000000,MMPM, 70.000000,RPM,CLW,
ON,,NOTE
TPRINT/T1 Fraise 2 tailles D 10,T1 Fraise 2 tailles D 10,T1 Fraise 2 tailles D 10
LOADTL/1,1,1
TOOLCHANGEEND
Fin de génération de: Changement outil.1
OPERATION NAME : Contournage.2
Début de génération de: Contournage.2
LOADTL/1,1
FEDRAT/ 1000.0000,MMPM
SPINDL/ 70.0000,RPM,CLW
GOTO / -60.00000, 7.50000, -5.00000
GOTO / -110.00000, 7.50000, -5.84650
GOTO / -111.33746, 7.88785, -5.87039
GOTO / -112.25994, 8.93105, -5.89428
GOTO / -112.48121, 10.30592, -5.91818
GOTO / -111.93262, 11.58587, -5.94207
GOTO / -110.78437, 12.37376, -5.96596
GOTO / -101.00000, 15.60686, -6.14042
GOTO / -101.00000, 30.00000, -6.38410
GOTO / -100.62392, 33.33781, -6.44108
GOTO / -99.51453, 36.50826, -6.49807
GOTO / -97.72747, 39.35235, -6.55505
GOTO / -95.35235, 41.72747, -6.61204

Chapitre III : SIMULATION D'USINAGE

GOTO / -92.50826, 43.51453, -6.66903
GOTO / -89.33781, 44.62392, -6.72601
GOTO / -86.00000, 45.00000, -6.78300
GOTO / -82.66219, 44.62392, -6.83999
GOTO / -79.49174, 43.51453, -6.89697
GOTO / -76.64765, 41.72747, -6.95396
GOTO / -74.27253, 39.35235, -7.01094
GOTO / -72.48547, 36.50826, -7.06793
GOTO / -71.37608, 33.33781, -7.12492
GOTO / -71.00000, 30.00000, -7.18190
GOTO / -71.00000, 23.03800, -7.29977
GOTO / -20.50000, 36.56836, -8.18489
GOTO / -20.50000, 42.00000, -8.27685
GOTO / -20.16506, 43.25000, -8.29901
GOTO / -19.25000, 44.16506, -8.32117
GOTO / -18.00000, 44.50000, -8.34333
GOTO / -10.00000, 44.50000, -8.47877
GOTO / -8.75000, 44.16506, -8.50093
GOTO / -7.83494, 43.25000, -8.52309
GOTO / -7.50000, 42.00000, -8.54526
GOTO / -7.50000, 10.00000, -9.08702
GOTO / -7.83494, 8.75000, -9.10918
GOTO / -8.75000, 7.83494, -9.13134
GOTO / -10.00000, 7.50000, -9.15350
GOTO / -60.00000, 7.50000, -10.00000
GOTO / -110.00000, 7.50000, -10.00000

Chapitre III : SIMULATION D'USINAGE

INTOL / 0.10000

OUTTOL/ 0.00000

AUTOPS

INDIRV/ -1.00000, 0.00000, 0.00000

TLON,GOFWD/ (CIRCLE/ -110.00000, 10.00000, -10.00000,
2.50000),ON,(LINE/ -110.00000, 10.00000, -10.00000,
-110.78437, 12.37376, -10.00000)

GOTO / -101.00000, 15.60686, -10.00000

GOTO / -101.00000, 30.00000, -10.00000

INDIRV/ 0.00000, 1.00000, 0.00000

TLON,GOFWD/ (CIRCLE/ -86.00000, 30.00000, -10.00000,
15.00000),ON,(LINE/ -86.00000, 30.00000, -10.00000,
-71.00000, 30.00000, -10.00000)

GOTO / -71.00000, 23.03800, -10.00000

GOTO / -20.50000, 36.56836, -10.00000

GOTO / -20.50000, 42.00000, -10.00000

INDIRV/ 0.00000, 1.00000, 0.00000

TLON,GOFWD/ (CIRCLE/ -18.00000, 42.00000, -10.00000,
2.50000),ON,(LINE/ -18.00000, 42.00000, -10.00000,
-18.00000, 44.50000, -10.00000)

GOTO / -10.00000, 44.50000, -10.00000

INDIRV/ 1.00000, 0.00000, 0.00000

TLON,GOFWD/ (CIRCLE/ -10.00000, 42.00000, -10.00000,
2.50000),ON,(LINE/ -10.00000, 42.00000, -10.00000,
-7.50000, 42.00000, -10.00000)

GOTO / -7.50000, 10.00000, -10.00000

Chapitre III : SIMULATION D'USINAGE

```
INDIRV/ 0.00000, -1.00000, 0.00000  
TLON,GOFWD/ (CIRCLE/ -10.00000, 10.00000, -10.00000,  
2.50000),ON,(LINE/ -10.00000, 10.00000, -10.00000,  
-10.00000, 7.50000, -10.00000)  
GOTO / -60.00000, 7.50000, -10.00000  
FEDRAT/ 1000.0000,MMPM  
GOTO / -60.00000, 7.50000, 10.00000  
Fin de génération de: Contournage.2  
FINI
```

III.2.2 Logiciel Art CAM :

Exemple 01 :

Réalisation de la simulation du programme qui est généré par Art CAM et Mach3

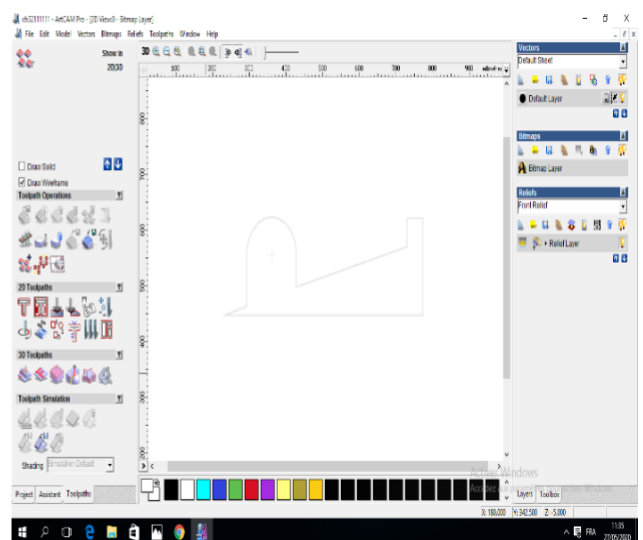
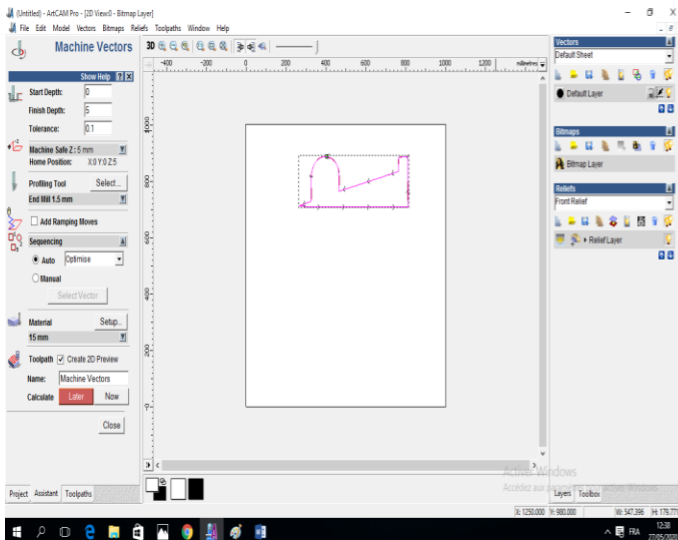
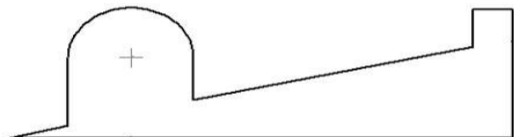


Figure III.2(a) : accumuler la pièce par Art CAM

Chapitre III : SIMULATION D'USINAGE

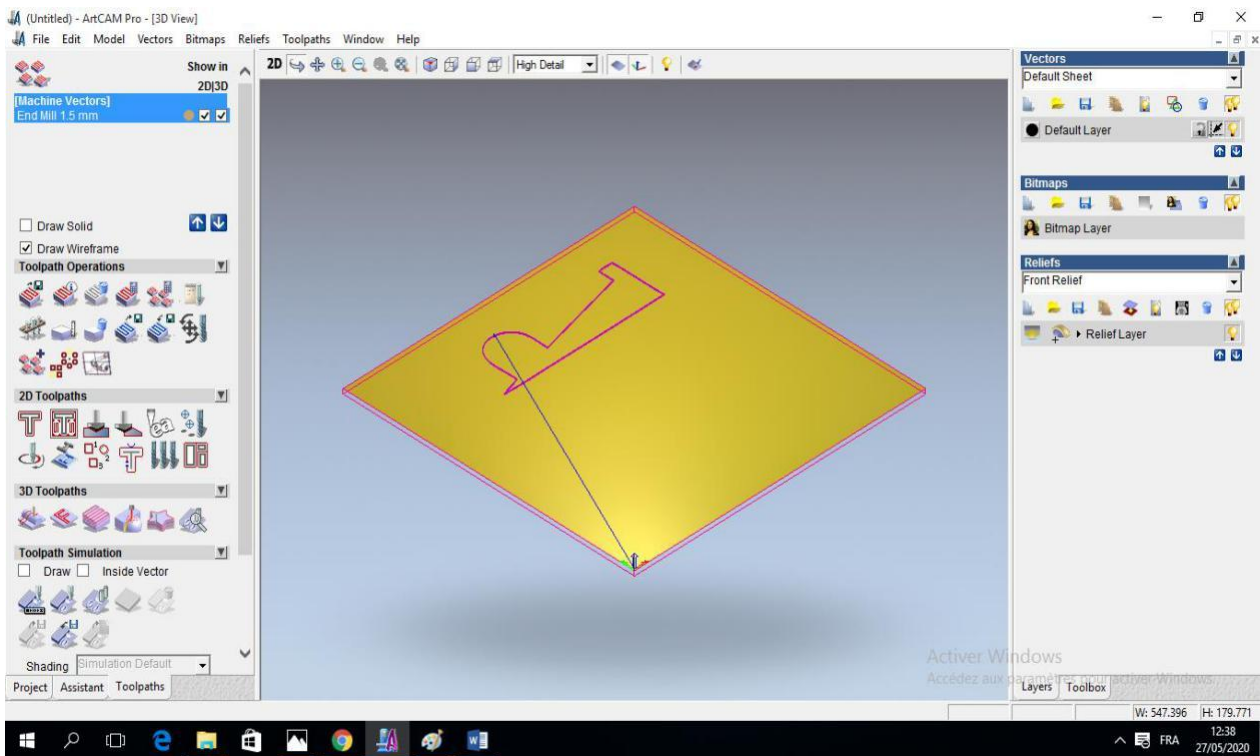


Figure III.2(b) : accumuler la pièce par Art CAM

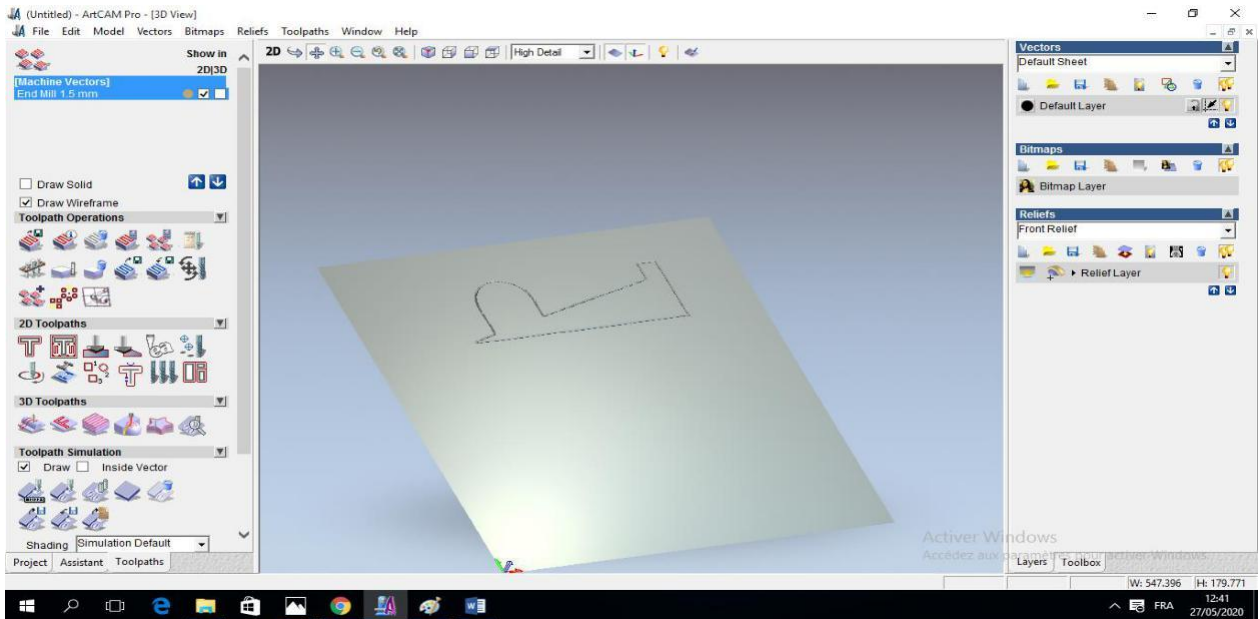


Figure III.2(c) : La pièce finale par Art CAM

Chapitre III : SIMULATION D'USINAGE

Programmation G code d'exemple 01 par Art CAM:

COUD :

T1M6

G0Z5.000

G0X0.000Y0.000S15000M3

G0X368.500Y539.188Z5.000

G1Z-1.000F720.0

G1X368.576Y539.465F2520.0

X368.404Y539.696

X367.185Y539.823

X367.084Y540.152

X367.222Y540.468

X365.879Y538.594

X364.841Y536.536

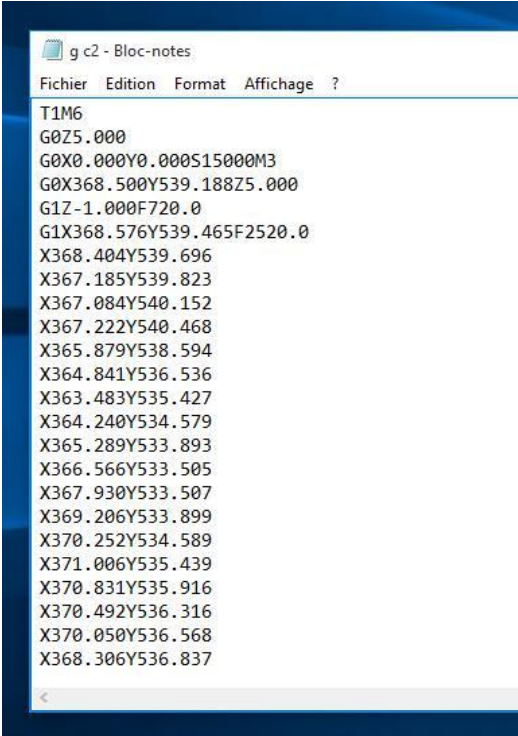
X363.483Y535.427

X364.240Y534.579

X365.289Y533.893

X366.566Y533.505.

.....



```
g c2 - Bloc-notes
Fichier Edition Format Affichage ?
T1M6
G0Z5.000
G0X0.000Y0.000S15000M3
G0X368.500Y539.188Z5.000
G1Z-1.000F720.0
G1X368.576Y539.465F2520.0
X368.404Y539.696
X367.185Y539.823
X367.084Y540.152
X367.222Y540.468
X365.879Y538.594
X364.841Y536.536
X363.483Y535.427
X364.240Y534.579
X365.289Y533.893
X366.566Y533.505
X367.930Y533.507
X369.206Y533.899
X370.252Y534.589
X371.006Y535.439
X370.831Y535.916
X370.492Y536.316
X370.050Y536.568
X368.306Y536.837
```

Figure III.3 : programme G code

Chapitre III : SIMULATION D'USINAGE

.....

.....

.....

X749.320Y625.195

X750.458Y624.164

X752.304Y620.881

X752.857Y620.288

X753.428Y620.631

X754.191Y621.738

X754.712Y622.993

X754.956Y624.315

X755.005Y625.142

X754.696Y625.952

X754.107Y626.537

G0Z5.000

G0X634.732

G1Z-1.000F720.0

G1X631.571Y627.968F2520.0.

FINE.

Chapitre III : SIMULATION D'USINAGE

III.2.3 Logiciel Mach 3 : (2)

Pour lancé le programme G code sur la machine Mach3 par les boutons (Load G code) après sur (Cycle Start) pour voir les coordonnées d'origine de la Mach3.

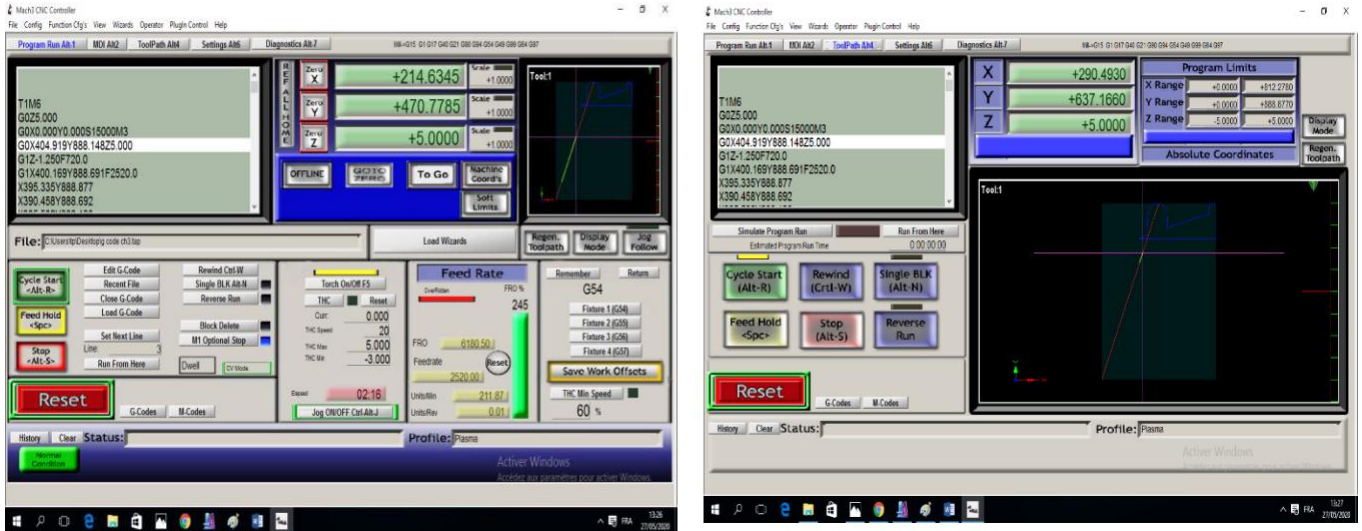


Figure III.4: La pièce par Mach3

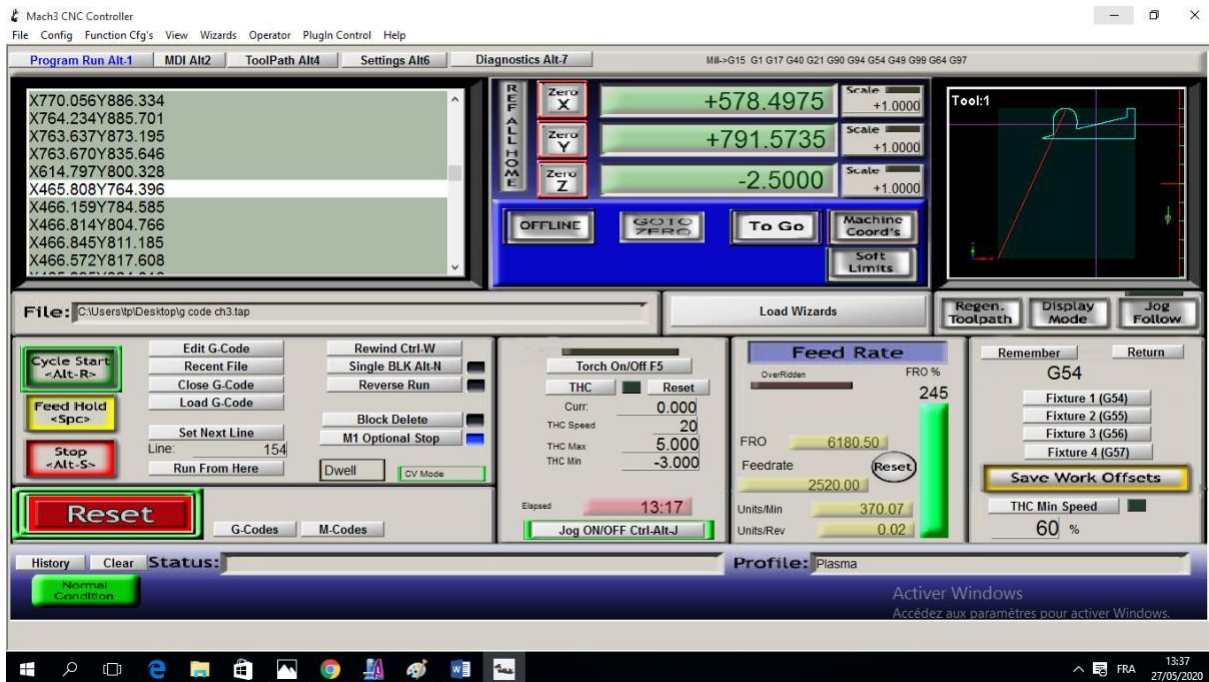


Figure III.5 : La pièce finale par Mach3

Chapitre III : SIMULATION D'USINAGE

Exemple 02 :

Réalisation de la pièce sur la CNC après la simulation
du programme qui est généré par Art CAM et Mach3

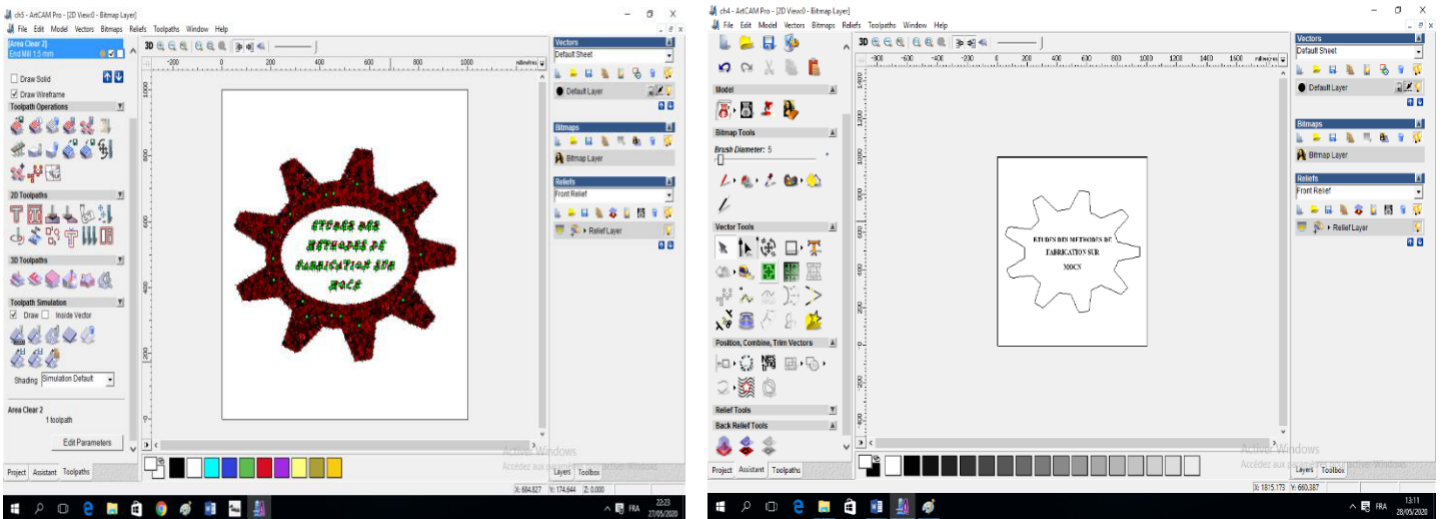


Figure III.6 : accumuler la pièce par Art CAM

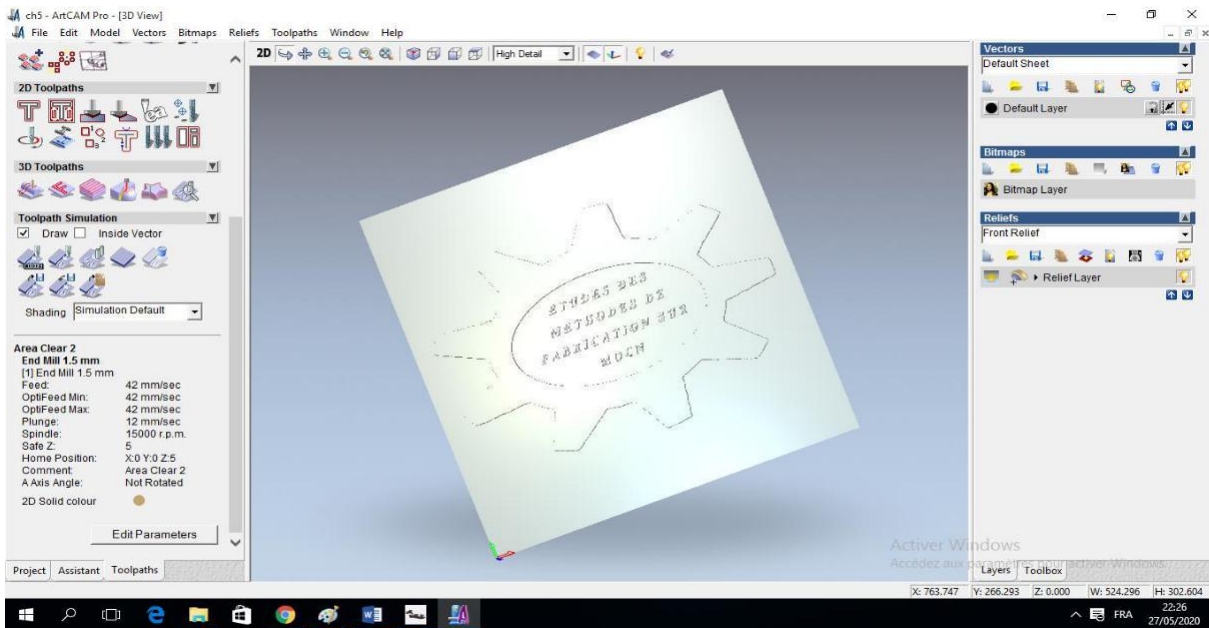


Figure III.7 : La pièce finale par Art CAM

Chapitre III : SIMULATION D'USINAGE

Programmation G code d'exemple 02 :

COUD :

T1M6

G0Z5.000

G0X0.000Y0.000S15000M3

G0X344.968Y310.112Z5.000

G1Z-1.250F720.0

G1X345.124Y310.782F2520.0

X345.646Y310.609

X344.968Y310.112

X344.106Y308.831

X344.738Y311.463

X346.778Y310.786

X344.106Y308.831

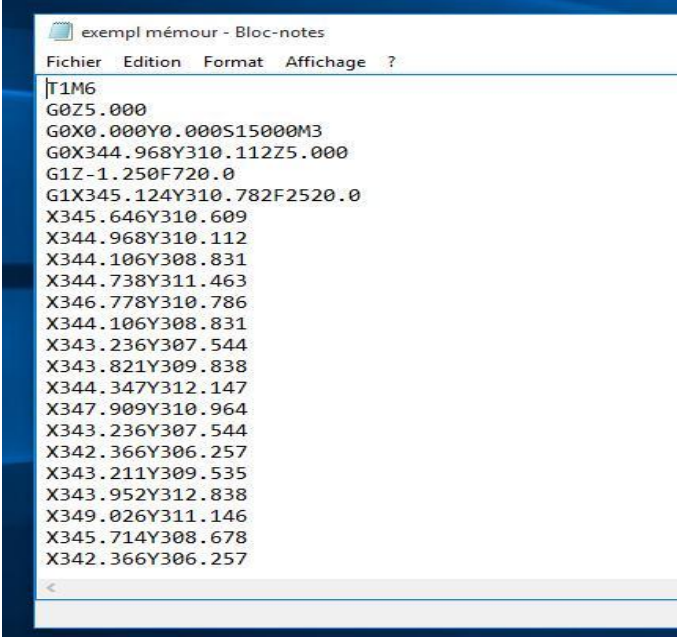
X343.236Y307.544

X343.821Y309.838

X344.347Y312.147

.....

.....



```
exempl mémour - Bloc-notes
Fichier  Edition  Format  Affichage  ?
T1M6
G0Z5.000
G0X0.000Y0.000S15000M3
G0X344.968Y310.112Z5.000
G1Z-1.250F720.0
G1X345.124Y310.782F2520.0
X345.646Y310.609
X344.968Y310.112
X344.106Y308.831
X344.738Y311.463
X346.778Y310.786
X344.106Y308.831
X343.236Y307.544
X343.821Y309.838
X344.347Y312.147
X347.909Y310.964
X343.236Y307.544
X342.366Y306.257
X343.211Y309.535
X343.952Y312.838
X349.026Y311.146
X345.714Y308.678
X342.366Y306.257
<
```

Figure III.8 : programme G code

Chapitre III : SIMULATION D'USINAGE

.....

X343.952Y312.838

X349.026Y311.146

X440.599Y873.937

X437.188Y876.481

X433.601Y878.806

X429.860Y880.893

X425.989Y882.728

X422.015Y884.300

X417.963Y885.601

X413.667Y886.699

X409.312Y887.550

X404.919Y888.148

G0Z5.000

G0X0.000Y0.000

G0Z5.000

G0X0Y0

M30

FINE

Chapitre III : SIMULATION D'USINAGE

Lans le programme G code sur la machine Mach3 :

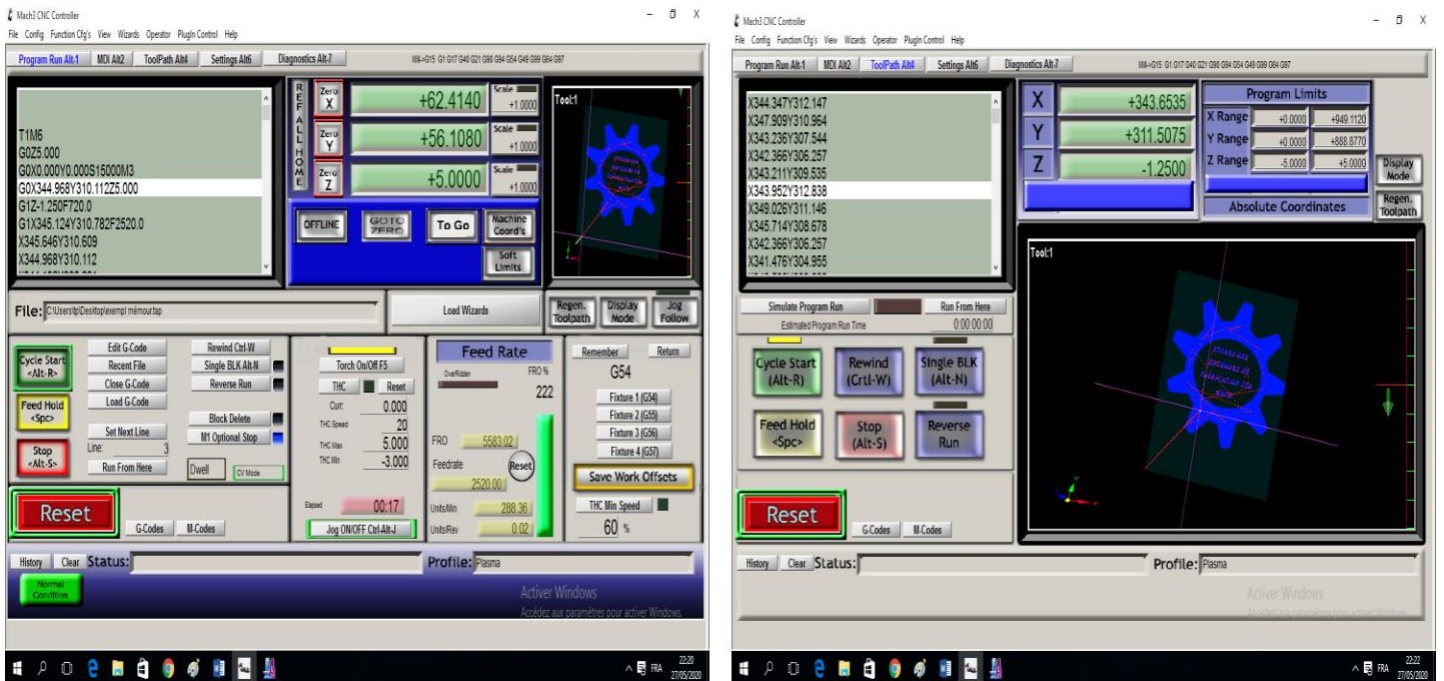


Figure III.9 : La pièce par Mach3

III.4 Conclusion :

La programmation ou les modifications d'une pièce. Cette dernière est particulièrement rapide en raison de la structure claire des programmes et grâce aux fonctions intégrées très performantes de création de trajectoires. Ils ont permis aussi de réaliser facilement les contours des pièces les plus complexes. Cette simulation nous a permis d'approfondir nos connaissances dans le domaine de la commande numérique.

Chapitre IV :

PARTIE

EXPERIMENTALE

Chapitre IV : PARTIE EXPERIMENTALE

IV.1 Introduction :

Dans ce chapitre, on a exposé les étapes nécessaires à la fabrication de pièces sur mesure avec usinage CNC (importer modèle, génération d'un programme, simulation et réalisation). Et pour cela on a utilisé logiciels CFAO (Art CAM) et logiciel de commande de la machine. (Mach3).

De l'idée à l'objet, la chaîne de traitement comprend généralement trois étapes : Importer le modèle à l'aide d'un logiciel de CAO (Conception Assistée par Ordinateur) 2D ou 3D qui produit un fichier décrivant la géométrie du produit, puis la définition des parcours d'outils, prise en charge par un logiciel de FAO (Fabrication Assistée par Ordinateur) qui génère un fichier de trajectoires que les outils devront suivre, la plupart du temps au format ISO G-code ; et enfin un logiciel Mach3 (post-processeur) pour la simulation et le pilotage de la machine d'usinage à commande numérique (fraiseuse ou tour), chargée de réaliser la pièce en suivant les parcours d'outils ainsi produits.

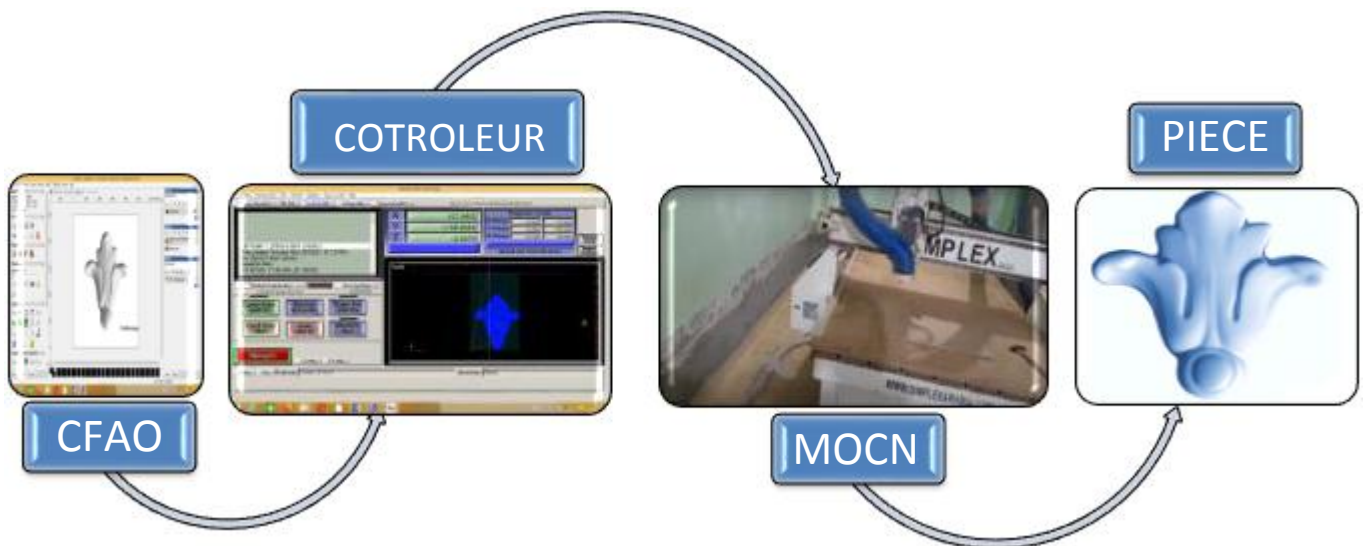


Figure IV.1: Les étapes de fabrication avec usinage CNC

IV.2 À propos d'ArtCAM :

ArtCAM est un logiciel CFAO complet pour concevoir des produits artistiques et les fabriquer en utilisant des machines-outils CNC ou des machines de gravure au laser.

Chapitre IV : PARTIE EXPERIMENTALE

IV.3 À propos de Mach3 :

Mach3 transforme un ordinateur typique en contrôleur de machine CNC. Il est très riche en fonctionnalités et offre une grande valeur à ceux qui ont besoin d'un logiciel de contrôle numérique. Mach3 fonctionne sur la plupart des PC Windows pour contrôler le mouvement des moteurs (pas à pas et servo) en traitant le code G. Bien qu'il comporte de nombreuses fonctionnalités avancées, il s'agit du logiciel de contrôle CNC le plus intuitif disponible matériel.

IV.4 Les étapes de fabrication une pièce avec usinage CNC :

Les images suivantes montrent les différentes étapes de fabrication une pièce avec d'usinage CNC afin d'obtenir notre pièce finale :

IV.4.1 Créer un modèle en important une image :

Pour créer un modèle en important une image bitmap. Les exemples de fichiers que nous pouvons importer comprennent .bmp, .rle, .jpg, .jpeg, .jfif, .gif, .emf, .wmf, .tif, .tiff, .png et .ico

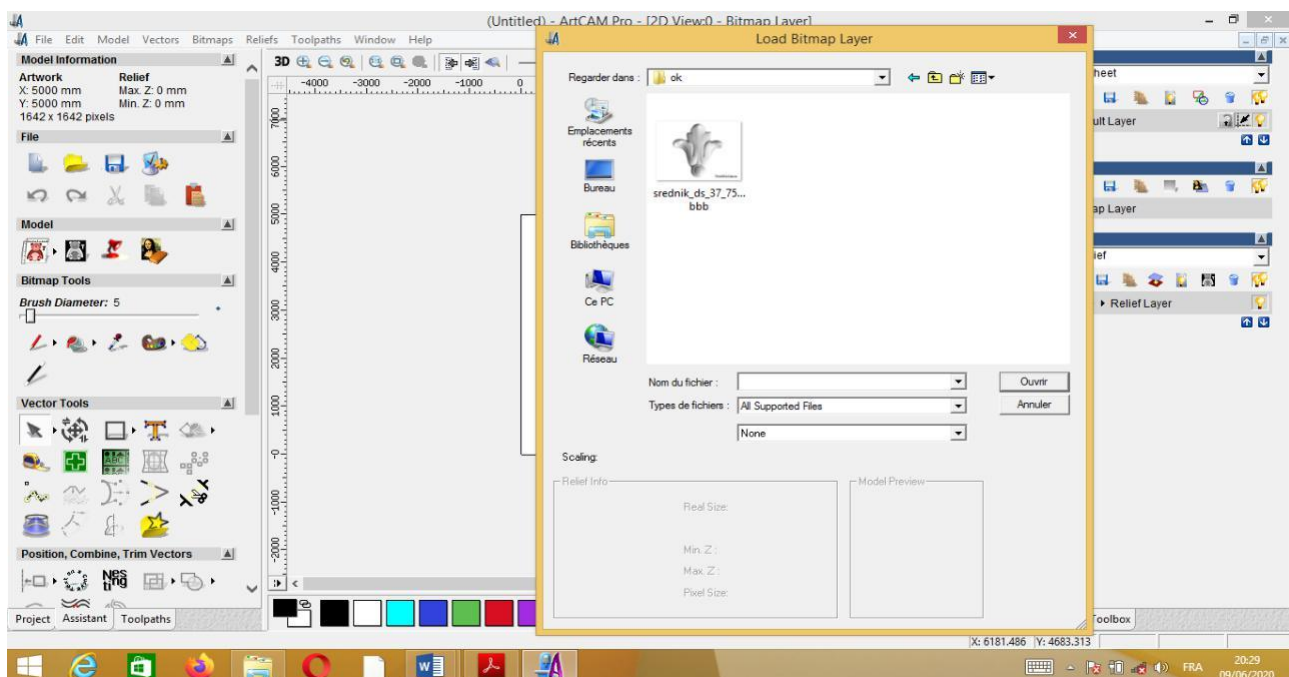


Figure IV 2.a : Importation le modèle sur logiciel CFAO ArtCAM

Chapitre IV : PARTIE EXPERIMENTALE

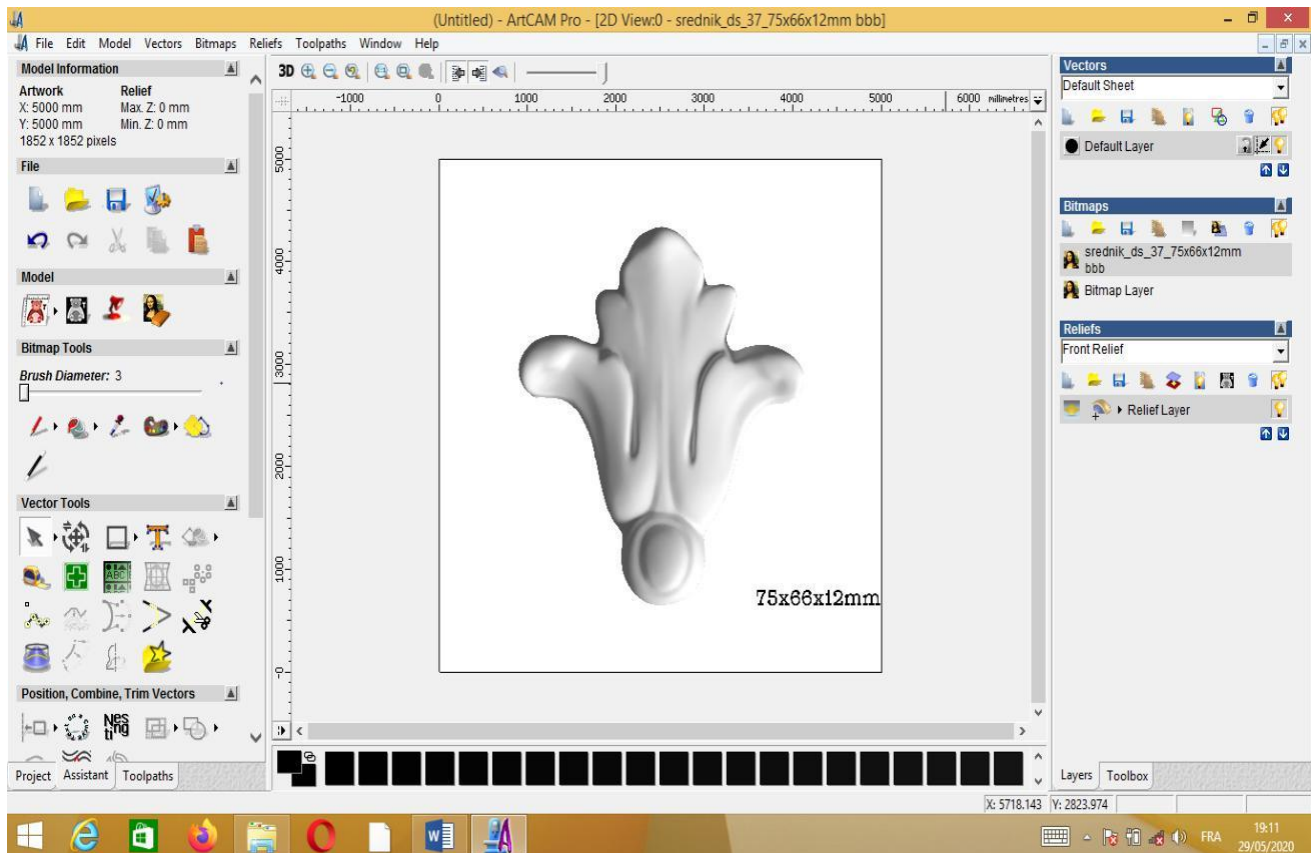


Figure IV.2.b : Importer le modèle sur logiciel CFAO ArtCAM

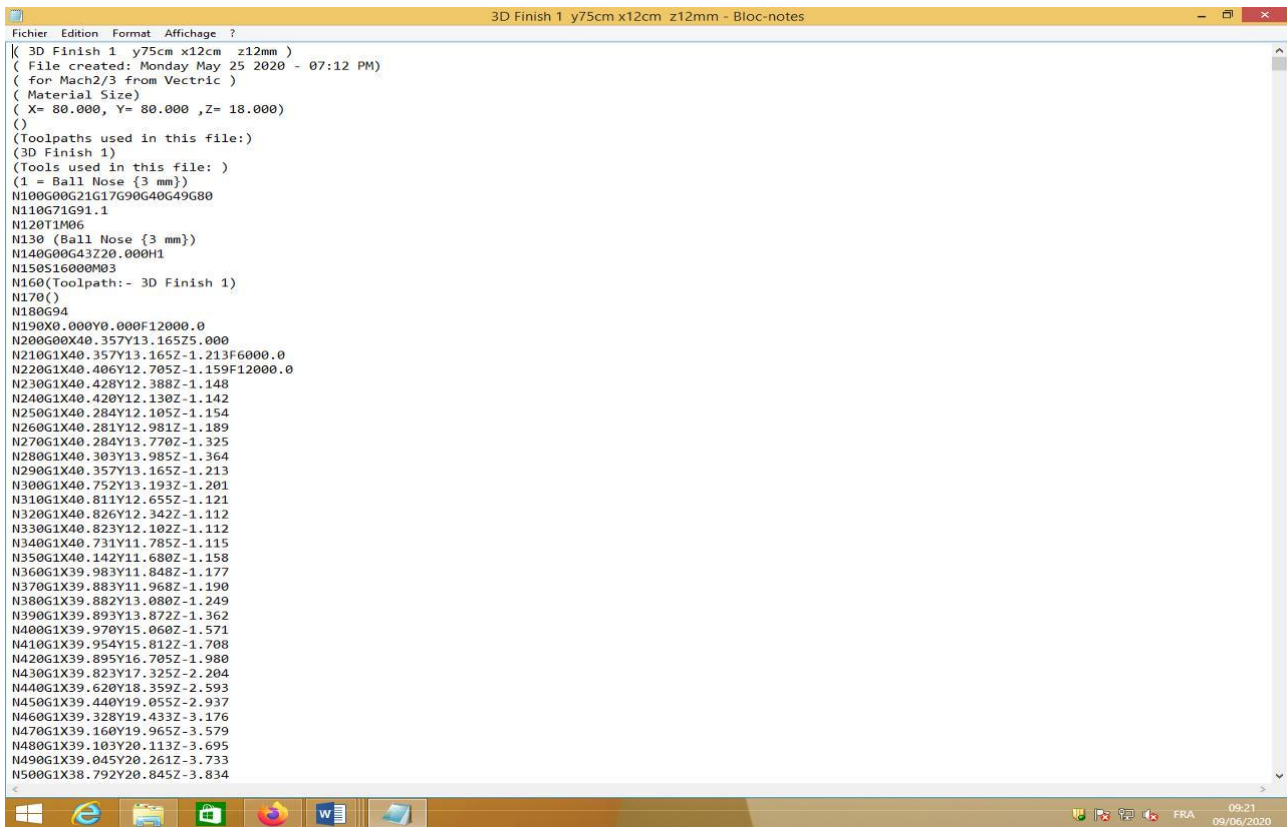
IV.4.2 Générer des parcours d'outils d'usinage :

Dans cette section, on a créé deux parcours d'outils d'usinage. Le premier parcours d'outil utilise l'outil le plus petit et sert à graver pièce ; le second parcours d'outil utilise l'outil le plus gros et sert à découper la pièce.

IV.4.3 Enregistrer les programmes G-Code des parcours d'outils d'usinage :

Après avoir créé les parcours d'outils, nous avons enregistré les programmes les parcours d'outils comme fichiers format ISO G-code.

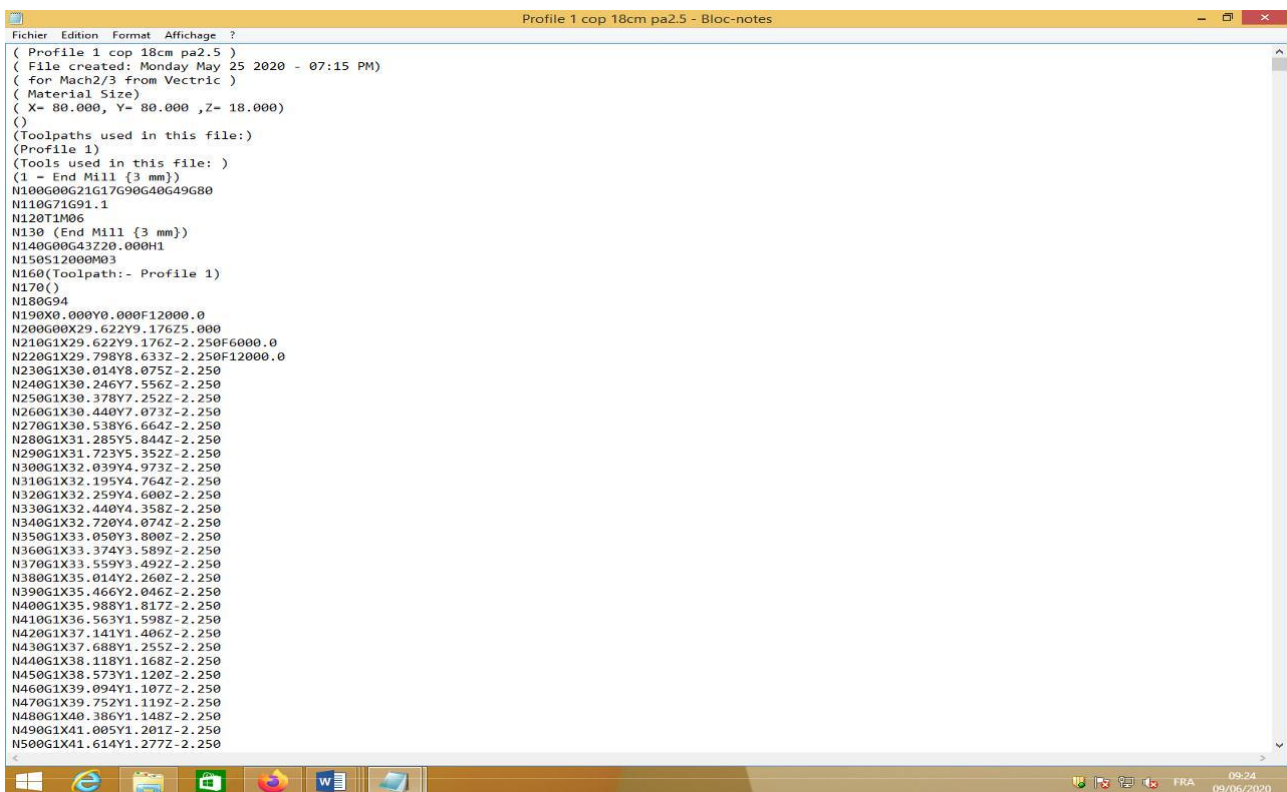
Chapitre IV : PARTIE EXPERIMENTALE



The screenshot shows a text editor window titled "3D Finish 1 y75cm x12cm z12mm - Bloc-notes". The content is a G-code program for finishing a part. It starts with a header block containing file information and coordinates. The main body of the program consists of a series of G01 linear moves, each with X, Y, and Z coordinates, defining the path of the tool. The tool used is a 3 mm ball nose. The program ends with a G00 move to a safe position.

```
Fichier Edition Format Affichage ?
3D Finish 1 y75cm x12cm z12mm - Bloc-notes
( 3D Finish 1 y75cm x12cm z12mm )
( File created: Monday May 25 2020 - 07:12 PM)
( for Mach2/3 from Vectric )
( Material Size)
( X= 80.000, Y= 80.000 ,Z= 18.000)
(
)
(Toolpaths used in this file:)
(3D Finish 1)
(Tools used in this file: )
(1 = Ball Nose {3 mm})
N100G00G21G17G90G40G49G80
N110G71G91.1
N120T1M06
N130 (Ball Nose {3 mm})
N140G00G43Z20.000H1
N150S16000M03
N160 (Toolpath:- 3D Finish 1)
N170 (
)
N180G94
N190X0.000Y0.000F12000.0
N200G00X40.357Y13.165Z5.000
N210G1X40.357Y13.165Z-1.213F6000.0
N220G1X40.406Y12.705Z-1.159F12000.0
N230G1X40.428Y12.388Z-1.148
N240G1X40.428Y12.130Z-1.142
N250G1X40.284Y12.105Z-1.154
N260G1X40.281Y12.981Z-1.189
N270G1X40.284Y13.770Z-1.325
N280G1X40.303Y13.985Z-1.364
N290G1X40.357Y13.165Z-1.213
N300G1X40.752Y13.193Z-1.201
N310G1X40.811Y12.655Z-1.121
N320G1X40.826Y12.342Z-1.112
N330G1X40.823Y12.102Z-1.112
N340G1X40.731Y11.785Z-1.115
N350G1X40.142Y11.680Z-1.158
N360G1X39.983Y11.848Z-1.177
N370G1X39.883Y11.968Z-1.190
N380G1X39.882Y13.080Z-1.249
N390G1X39.893Y13.872Z-1.362
N400G1X39.970Y15.060Z-1.571
N410G1X39.954Y15.812Z-1.708
N420G1X39.895Y16.705Z-1.980
N430G1X39.823Y17.325Z-2.204
N440G1X39.620Y18.359Z-2.593
N450G1X39.440Y19.055Z-2.937
N460G1X39.328Y19.433Z-3.176
N470G1X39.160Y19.965Z-3.579
N480G1X39.103Y20.113Z-3.695
N490G1X39.045Y20.261Z-3.733
N500G1X38.792Y20.845Z-3.834
```

Figure IV.3.a: Programme G-Code pour graver la pièce



The screenshot shows a text editor window titled "Profile 1 cop 18cm pa2.5 - Bloc-notes". The content is a G-code program for cutting a part. It starts with a header block containing file information and coordinates. The main body of the program consists of a series of G01 linear moves, each with X, Y, and Z coordinates, defining the path of the tool. The tool used is a 3 mm end mill. The program ends with a G00 move to a safe position.

```
Fichier Edition Format Affichage ?
Profile 1 cop 18cm pa2.5 - Bloc-notes
( Profile 1 cop 18cm pa2.5 )
( File created: Monday May 25 2020 - 07:15 PM)
( for Mach2/3 from Vectric )
( Material Size)
( X= 80.000, Y= 80.000 ,Z= 18.000)
(
)
(Toolpaths used in this file:)
(Profile 1)
(Tools used in this file: )
(1 = End Mill {3 mm})
N100G00G21G17G90G40G49G80
N110G71G91.1
N120T1M06
N130 (End Mill {3 mm})
N140G00G43Z20.000H1
N150S12000M03
N160 (Toolpath:- Profile 1)
N170 (
)
N180G94
N190X0.000Y0.000F12000.0
N200G00X29.622Y9.176Z5.000
N210G1X29.622Y9.176Z-2.250F6000.0
N220G1X29.798Y8.633Z-2.250F12000.0
N230G1X30.014Y8.075Z-2.250
N240G1X30.246Y7.556Z-2.250
N250G1X30.378Y7.252Z-2.250
N260G1X30.440Y7.073Z-2.250
N270G1X30.538Y6.664Z-2.250
N280G1X31.285Y5.844Z-2.250
N290G1X31.723Y5.352Z-2.250
N300G1X32.039Y4.973Z-2.250
N310G1X32.195Y4.764Z-2.250
N320G1X32.259Y4.680Z-2.250
N330G1X32.440Y4.358Z-2.250
N340G1X32.720Y4.074Z-2.250
N350G1X33.050Y3.800Z-2.250
N360G1X33.374Y3.589Z-2.250
N370G1X33.559Y3.492Z-2.250
N380G1X35.014Y2.268Z-2.250
N390G1X35.466Y2.046Z-2.250
N400G1X35.988Y1.817Z-2.250
N410G1X36.563Y1.598Z-2.250
N420G1X37.141Y1.406Z-2.250
N430G1X37.688Y1.255Z-2.250
N440G1X38.118Y1.168Z-2.250
N450G1X38.573Y1.120Z-2.250
N460G1X39.094Y1.107Z-2.250
N470G1X39.752Y1.119Z-2.250
N480G1X40.386Y1.148Z-2.250
N490G1X41.005Y1.201Z-2.250
N500G1X41.614Y1.277Z-2.250
```

Figure IV.3.b: Programme G-Code pour découper la pièce

Chapitre IV : PARTIE EXPERIMENTALE

IV.4.4 simulation les parcours d'outils sur IMach3 :

Après avoir terminé l'enregistrement les fichiers de programmation G Code, on a téléchargé et simulé les parcours d'outils sur Mach3 pour visualiser les passes d'usinage.

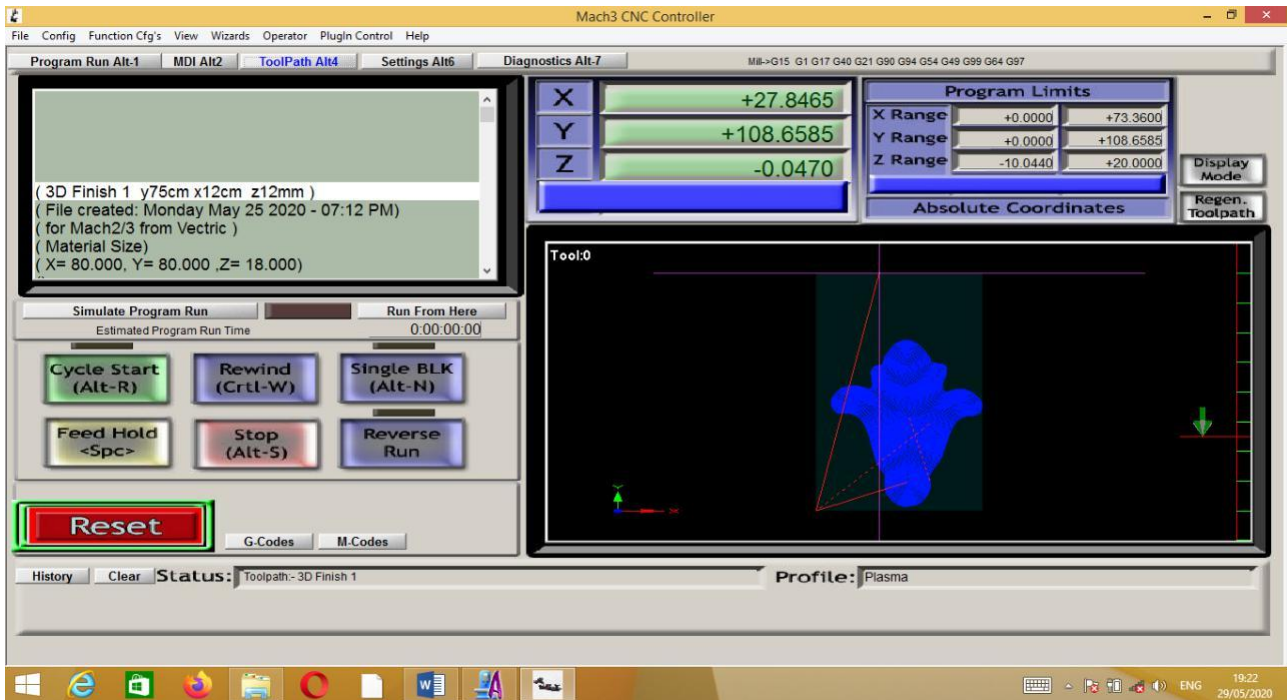


Figure IV.4.a : le programme G code est téléchargé pour graver la pièce

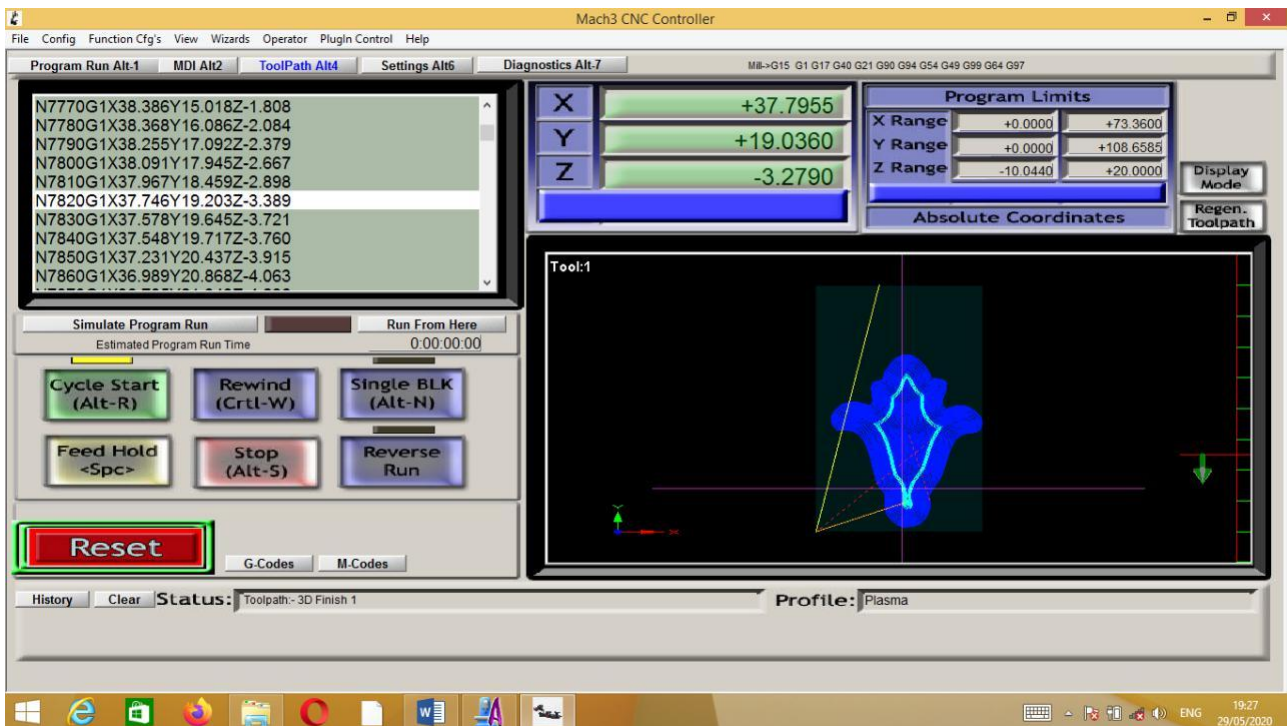


Figure IV.4.b: Simulation est lancée pour graver la pièce

Chapitre IV : PARTIE EXPERIMENTALE

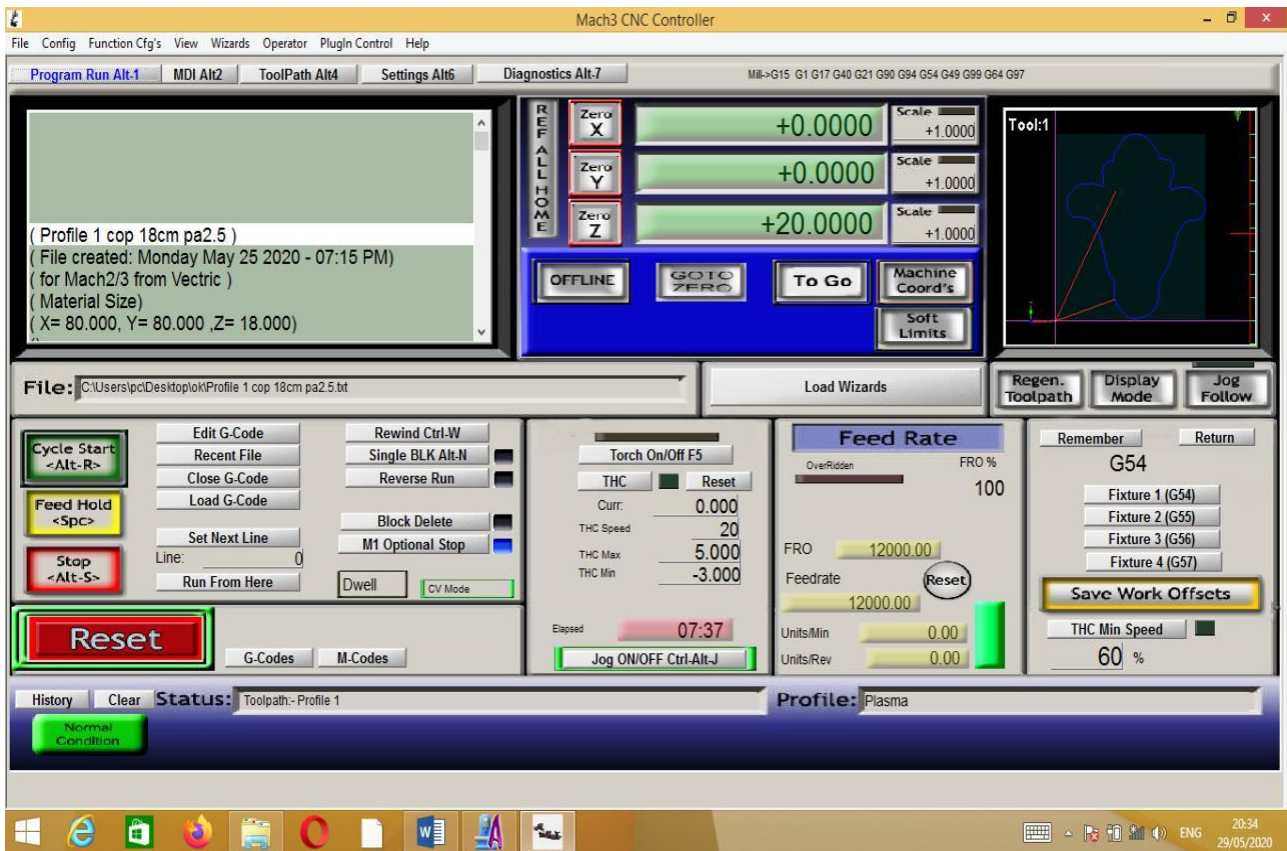


Figure IV.4.c : le programme G code est téléchargé pour découper la pièce

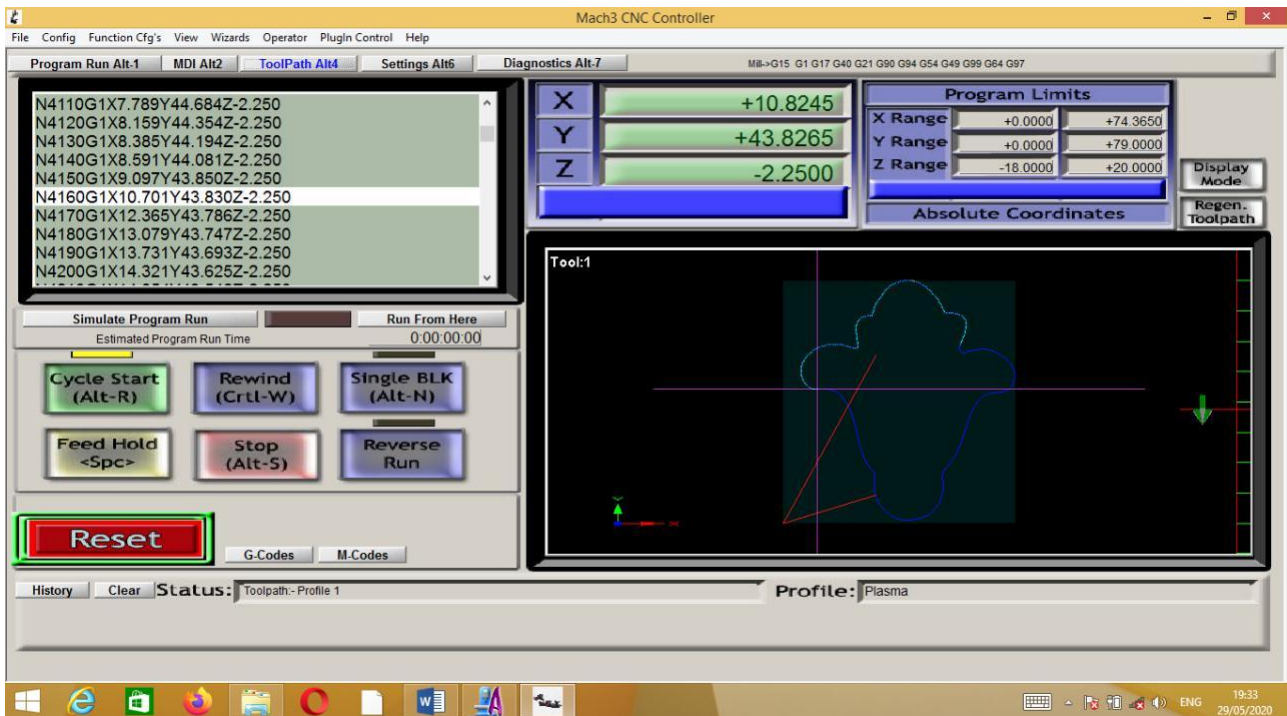


Figure IV.4.d : Simulation est lancée pour découper la pièce

Chapitre IV : PARTIE EXPERIMENTALE

IV.4.5 Réalisation d'une pièce sur MOCN :

Dans cette partie, on a exposé une machine CNC pour exécuter les opérations (gravure et découpage). Cette machine reliée avec un PC qui a assuré la lecture et le traitement du G-code (le langage qui décrit les opérations à effectuer) en mouvement de la machine.

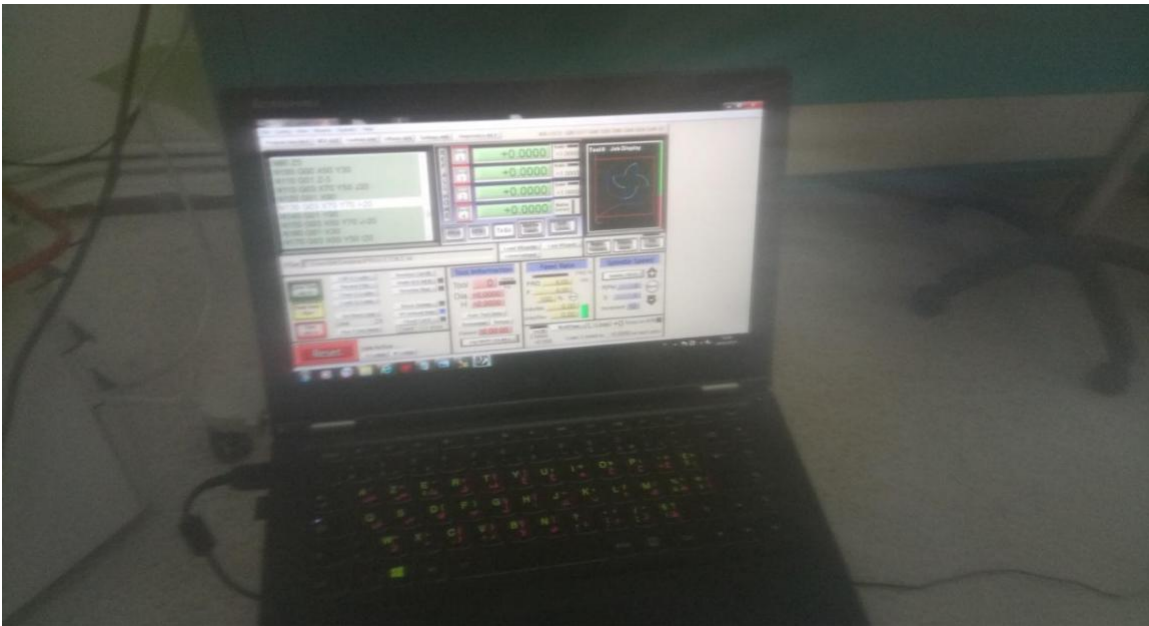


Figure IV.5.a : Transfert les instructions à la machine à travers logiciel Mach3

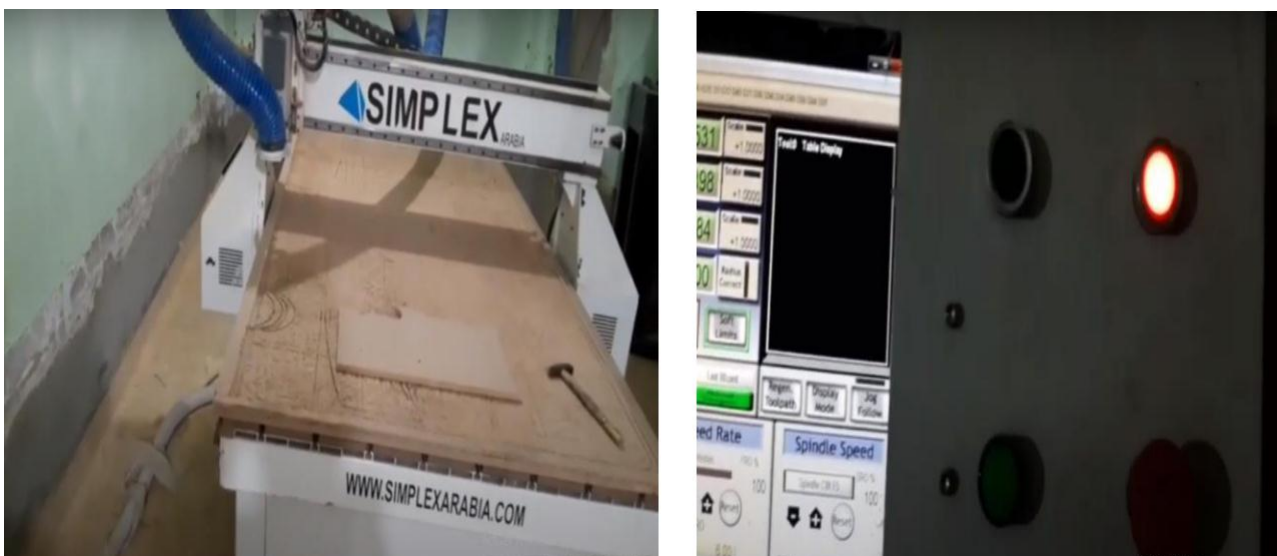


Figure IV.5.b : Liaison du PC dans lequel est installé le logiciel Mach3 avec notre machine

Chapitre IV : PARTIE EXPERIMENTALE



Figure IV.6 : Fixation de la pièce brute initiale sur la machine.

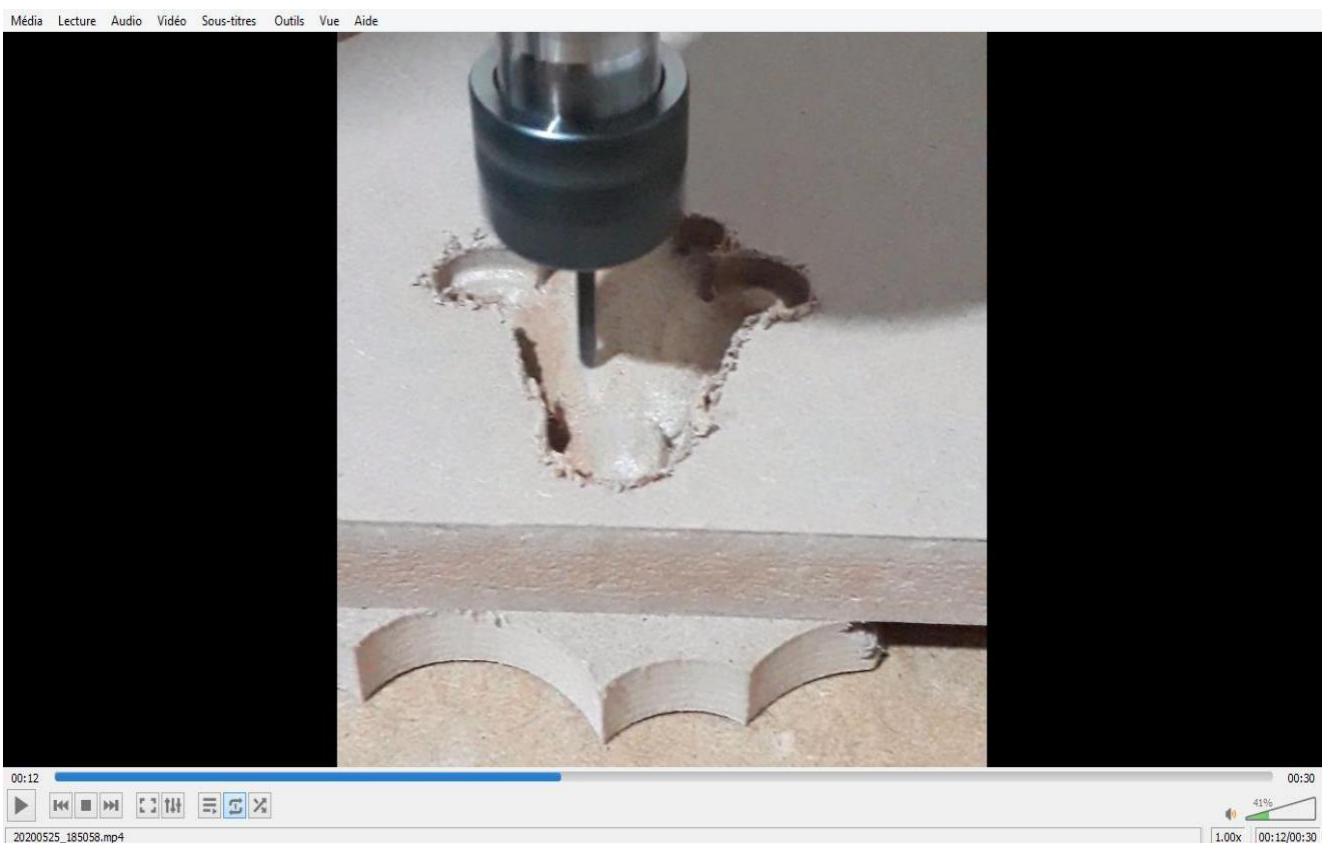


Figure IV.7 : gravé la pièce sur MOCN

Chapitre IV : PARTIE EXPERIMENTALE

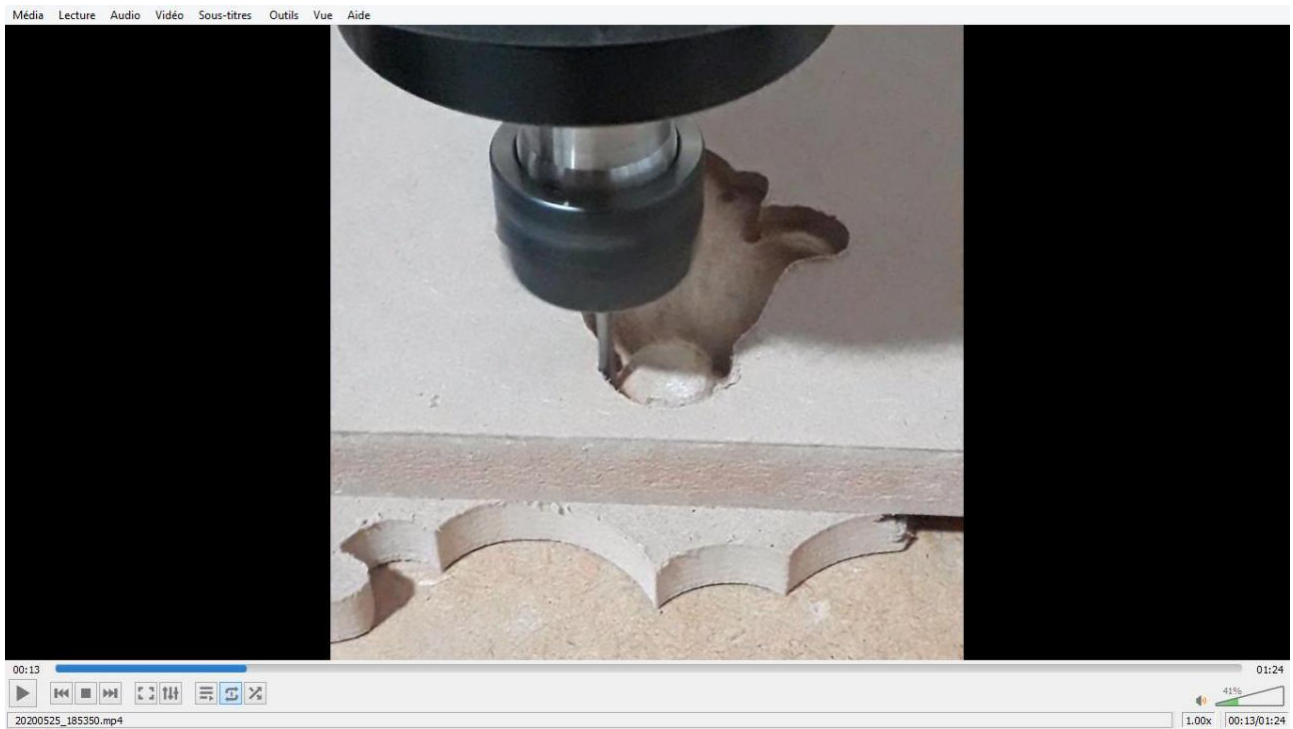


Figure IV.8 : découpé la pièce sur MOCN

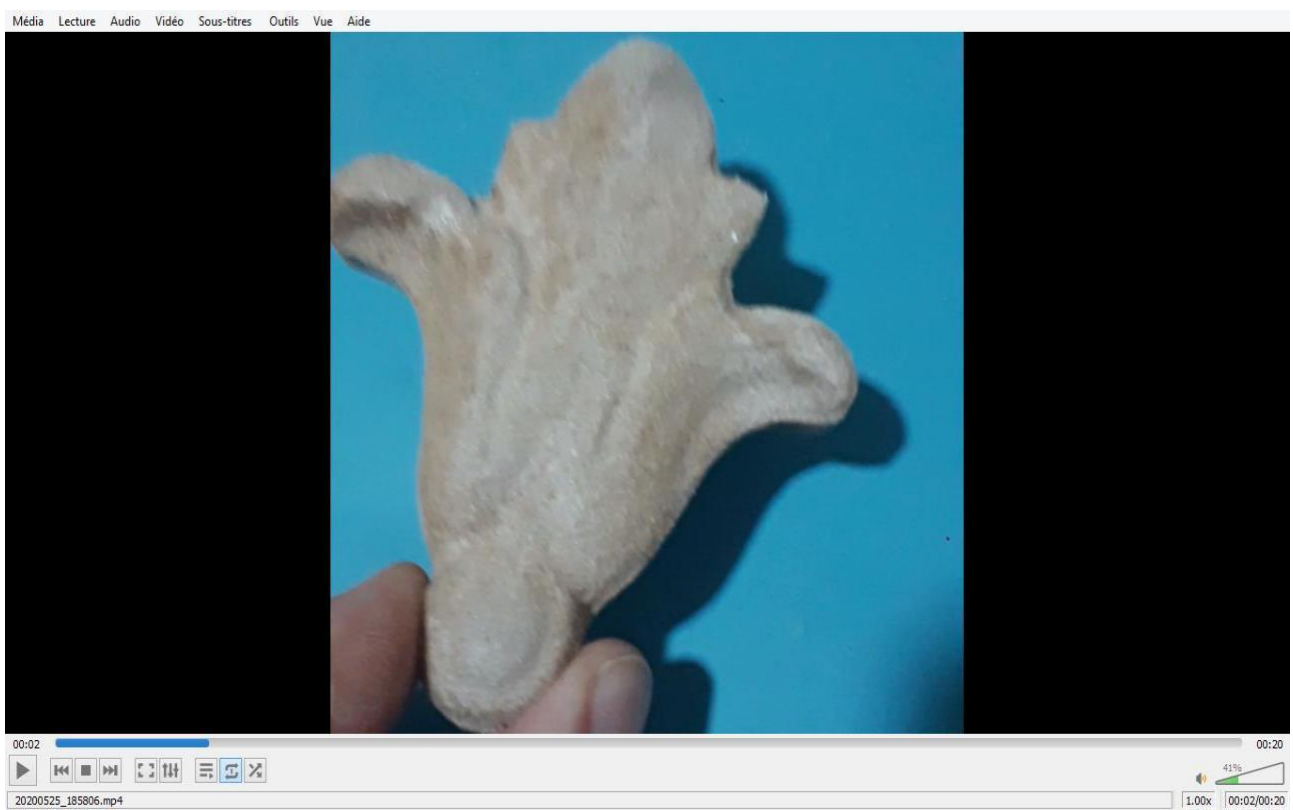


Figure IV.9 : pièce usinée

Chapitre IV : PARTIE EXPERIMENTALE

IV.5 Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons effectué la mise en œuvre de la démarche usinage numérique, cette démarche utilise un logiciel Art CAM (CFAO) conception fabrication assistée par ordinateur, le résultat de cette étape est un programme souvent en G-code, qui est transféré (par réseau, disquette) à l'automate de la machine.

Le système de Contrôle Mach3 de la machine se charge de l'interprétation du programme et du contrôle de l'outil qui a gravé et coupé la pièce, les axes de la machines CNC sont déplacés par des vis ou des courroies qui sont actionnés par des servomoteurs ou des moteurs pas à pas, les signaux du système de Contrôle de la machine sont amplifiés par les drivers pour qu'ils soient assez puissants et synchronisés pour activer les moteurs.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Conclusion générale :

Le processus classique pour fabriquer une pièce mécanique passe par une succession de tâches fondamentales : esquisse, conception technique, décision d'industrialiser le produit, dessins de détail, puis création de la gamme d'usinage. C'est en fonction de la forme de la pièce, de sa matière, des contraintes liées aux procédés de fabrication, et des machines de production envisagées, que l'industriel détermine cette gamme d'usinage, ainsi que les tolérances géométriques afin d'obtenir le produit attendu. Cette gamme décrit la chronologie et le type des opérations d'usinage et d'assemblage nécessaires à la réalisation de la pièce.

Dans le cas d'une démarche traditionnelle, ces différentes tâches sont manuelles et discontinues. Par ailleurs, certaines opérations d'usinage exigent de repositionner la pièce, d'utiliser une seconde machine, elles peuvent même être impossibles à réaliser en l'absence d'une machine à commande numérique, seule capable de travailler en 4 et 5 axes continus.

L'ensemble est très chronophage, les itérations de conception sont nombreuses, et les ressaisies à chaque phase sont source d'erreurs multiples.

À l'inverse, l'adoption d'une démarche numérique adossée à des logiciels de conception assistée par ordinateur (CAO), de fabrication assisté par ordinateur (FAO), puis d'une commande numérique (CN) sur les équipements de production représente un saut majeur en matière de performance industrielle et de compétitivité. Un saut qui peut s'effectuer de manière progressive.

Dans le cas d'une démarche d'usinage numérique continue, le modèle numérique de la pièce issu de la CAO est utilisé pour préparer les stratégies d'usinage à l'aide d'un logiciel de FAO. Ce logiciel peut être fourni par un éditeur spécialisé, ou par le fabricant de la commande numérique, la FAO permet d'analyser la géométrie de la pièce et les données techniques de fabrication associées. Elle délivre de nombreuses informations comme le volume du brut, la dimension des trous, les rayons de courbure, les différents plans d'axe Z, la taille des outils d'ébauche, de finition, etc.

CONCLUSION GENERALE

Le responsable des méthodes en déduit le nombre d'axes optimal pour usiner sa pièce, donc la machine et les outils indispensables.

Post-processeur est le lien entre FAO et machine. La dernière opération avant l'usinage consiste à transformer ce programme FAO en langage compréhensible par la commande numérique de la machine-outil. Ce langage peut être un code normalisé au niveau international (code ISO), ou propre au constructeur. C'est le rôle du post processeur, qui est un logiciel semblable au driver de votre imprimante de bureau. À chaque machine correspond un post-processeur qui intègre toutes les spécificités de celle-ci. Si l'on souhaite transférer un programme d'une machine à une autre, il suffit de repasser celui-ci dans le post-processeur correspondant à la nouvelle machine.

Enfin, nous espérons que notre travail dans le domaine d'usinage numérique sera un acquit pour enrichir notre expérience et sera considéré comme une motivation pour les prochaines générations de notre spécialité.

Références bibliographique :

Chapitre I : GENERALITE SUR LA MACHINE A COMMANDE NUMERIQUE

- (1) Prud'homme, G. (1997). *Commande numérique des machines-outils*. Ed. Techniques Ingénieur.
- (2) Catin, M. (1995). Les mécanismes et les étapes de la croissance régionale. *Région et développement, 1*, 11-28.
- (3) Lei, W. T., & Hsu, Y. Y. (2003). Accuracy enhancement of five-axis CNC machines through real-time error compensation. *International journal of machine tools and manufacture, 43*(9), 871-877.
- (4) Curran, J. et Stanworth, J. (1989). Éducation et formation des entreprises: problèmes de classification, d'évaluation, de politique et de recherche. *International Small Business Journal, 7* (2), 11-22. La
- (5) Chanez, G., & Roza, A. R. (2018). *Etude et conception d'une machine CNC (Découpeuse laser)* (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).

Chapitre II : PROGRAMMATION PARAMETRIQUE CNC

- (1) Automatically Programmed Tool <http://aptos.sourceforge.net/>
- (2) "1970 Interview by NCWorld". groups.csail.mit.edu.
- (3) 14:00-17:00. "ISO 4343:2000". ISO.
- (4) Ross, Douglas T. (August 1978). "Origins of the APT Language for Automatically Programmed Tools". *ACM SIGPLAN Notices*. 13 (8): 61– 99. doi:10.1145/960118.808374. ISSN 0362-1340.
- (5) Ong, S. K., & Mannan, M. A. (2001). A VRML-Java-based approach to teaching APT programming. *International Journal of Mechanical Engineering Education, 29*(4), 345-359.
- (6) Kral, IH (1986). *Programmation de contrôle numérique dans APT*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall. La
- (7) Miao, HK, Sridharan, N. et Shah, JJ (2002). Intégration CAD-CAM à l'aide de fonctions d'usinage. *Journal international de fabrication intégrée par ordinateur, 15* (4), 296-318. La
- (8) Laguionie, R., Hascoët, J. Y., & Rauch, M. (2009, April). Une plate-forme STEP-NC pour la programmation avancée et intelligente des machines-outils.

Chapitre III : SIMULATION D'USINAGE

- (1) Rivière, Alain. *La géométrie du groupe des déplacements appliquée à la modélisation du tolérancement*. Diss. Châtenay-Malabry, Ecole centrale de Paris, 1993.
- (2) IDHIRE, NEZZARI. *IMPLEMENTATION DUN CONTROLEUR PID POUR LA COMMANDE DES MACHINE*. Diss. Université Mohamed Boudiaf-Msila, 2011.

- (3) Amroune, S., Belaadi, A., Menasri, N., Zaoui, M., Mohamad, B., & Amin, H. (2019). New approach for computer-aided static balancing of turbines rotors. *Diagnostyka*, 20.
- (4) Amroune, S., Mohamad, B., Moussaoui, M., & Saaidi, H. (2018). Geometric regeneration and mechanical analysis of a gas turbine blade type Frame 9001 GE. *Engineering Solid Mechanics*, 6(2), 105-112.
- (5) AMROUNE, S. (2001). Réhabilitation d'un rotore-turbiné a vapeur et contribution a l'élaboration d'un logiciel de réparation d'aube (Doctoral dissertation, Université de M'Sila-Mohamed Boudiaf).

Résumé :

Dans notre travail, nous avons essayé de donner quelques notions fondamentales sur les machines à commande numérique et leur classification, description de différentes architectures développées et les commandes les plus utilisées. Ainsi que une présentation de programmation paramétrique et leurs exploitations.

Ensuite nous avons fait une simulation d'usinage d'une pièce à l'aide des logiciels G code, MACH3, CATIA et APT (Automatically Programmed Tool).

Enfin, On a exposé la partie expérimentale à la fabrication d'une pièce avec d'usinage CNC .

ملخص :

في عملنا، حاولنا إعطاء بعض المفاهيم الأساسية حول آلات التحكم العددي وتصنيفها ووصف البنى المختلفة المطورة والضوابط الأكثر استخدامًا. بالإضافة إلى عرض البرمجة البارامترية وعملياتها.

ثم قمنا بمحاكاة تصنيع جزء باستخدام كود G و MACH3 و CATIA و APT)أداة مبرمجة تلقائيًا)

أخيرًا، قمنا بتعريض الجزء التجريبي لتصنيع جزء بآلة CNC

Abstract:

In our work, we have tried to give some basic notions about numerical control machines and their classification, description of different architectures developed and the most used controls. As well as a presentation of parametric programming and their operations.

We then simulated the machining of a part using G code, MACH3, CATIA and APT

(Automatically Programmed Tool) software.

Finally, we exposed the experimental part to the manufacture of a part with CNC machining.