



MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ « Abbès LAGHROUR » DE KHENCHELA
FACULTÉ DES SCIENCES ET DE TECHNOLOGIE
Département de Génie Mécanique



Mémoire de fin d'études
Pour l'obtention du diplôme de Master (L.M.D)
Spécialité : Génie Mécanique
Option : Construction Mécanique

Usinage d'une Matrice
D'emboutissage M2 par MOCN

Réalisé par : -Boubakeur Bouziane

- Fellah Ayoub

Membres de jury :

- ABOUDI Abdelaziz(MAA) Encadreur

- Bouzid Hannachi(MAA) Président

Dirigé par : Dr. ABOUDI Abdelaziz(MAA)

- Khadroui Fayçal(MAA) Examineur

ANNEE ANNIVERSAIRE

2021/2022

Remercîment

En tout premier lieu, nous remercions Allah, Tout-Puissant, de nous avoir donné la force pour survivre, ainsi que l'audace pour dépasser toutes les difficultés.

Il nous est agréable d'adresser nos vifs remerciements à tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin à élaborer cet ouvrage.

Nous remercions en particulier notre encadreur **Dr. ABOUDI Abdelaziz**, pour sa disponibilité et la confiance qu'il nous accordée.

Ainsi que nous **professeurs** qui nous ont enseigné durant nos études à la faculté de la séance et technique.

et nous tenons à remercier tout particulièrement

« **Dr. Chitour Mourad** »

Nous remercions également l'entreprise « **E.C.M.K** », où on est fait notre stage pratique, et nous tenons à remercier tout particulièrement

« **Mr. Kamel nakaa** »

pour son accueil et la mettre en service durant toute la période du stage

pour la réalisation du propre travail, et « **Ings. Farid fellali , Mourad Merah , Rebiba Khair-Eddine et Hoggas** » à ses remarques, aides et leurs orientations.

A la fin nous tenons à remercier tous nos collègues, particulièrement les gens qui nous donne le vrai sens de compagnon et d'amitié.

Fellah Ayoub – Boubakeur Bouziane

Dédicace

Je dédie ce travail à :
Aune personne qui ont consenti beaucoup de sacrifices
Pour mon bonheur et ma réussite et qui est chère à
Mon père, la source de mon Inspiration et de mon
Courage

Je dédie toute ma gratitude et mes vertus à la source
de

tendresse, ma très chère mère, qui ma
donnée la
vie de fierté, de sagesse, de patience et Qui
trouve ici le
témoignage de profond respect, amour et ma
reconnaissance
infinie.

A mes chères sœurs qui compte beaucoup
pour moi
A Toute la famille, A tous mes amis, et collègues.
qu'elles Soient ici remerciées.

À toutes les personnes qui connaissent et
aiment

FELLAH AYOUB

Dédicaces

Je dédie ce mémoire à :

Ma chère mère. Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être. J'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours. Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés, le fruit de vos innombrables sacrifices.

Qu'Allah vous accorde la santé, bonheur et longue vie.

La mémoire de mon père :

Ce travail est dédié à mon père, décédé trop tôt, qui m'a toujours poussé et motivé dans mes études. J'espère que du monde qui est sien maintenant, il apprécie cet humble geste comme preuve de reconnaissance de la part d'un fils qui a toujours prié pour le salut de son âme. Je prie Allah Tout-Puissant de vous accorder Sa miséricorde

Mes chers amis : qui sans leur encouragement ce travail n'aurait jamais vu le jour.

Et à toute ma famille et à tous ceux que j'aime.

BOUZIANE
BOUBAKEUR

Résumé

Dans l'industrie mécanique, d'un côté la conception des produits à partir du cahier de charge du client requiert une longue durée et influe sur le coût du produit. De l'autre côté la génération des programmes CN pour la fabrication du produit exige une compétence très élevée. Pour cela il est nécessaire d'utiliser des systèmes d'aide informatiques spécialisés pour la conception et la fabrication assistées par ordinateur (CFAO).

Dans notre travail, nous avons essayé de donner quelques notions fondamentales sur les machines à ainsi que le Décalage et la géométrie d'outil.

Au début, nous parlons de ces machines en général et de leurs avantages, puis racontons certains des développements qui ont eu lieu à travers l'histoire à partir des machines classiques au point d'aujourd'hui. Puis nous expliquons comment cela fonctionne et les codes de programmation sur lesquels il est basé.

Ensuite une partie CAO/FAO a été présentée et un aperçu général sur la conception et la fabrication assisté par ordinateur et leur évolution suivi par une présentation du logiciel SolidWorks version 2016 ainsi que les différentes étapes pour la conception de la vis de fermeture .

Enfin une la fabrication de la pièce « Matrice d'emboutissage M2» avec les machines traditionnels puis avec un les machines numériques.

Abstract

In mechanical industry the design of the products starting from customer specifications requires a long time that influences the final cost of the product of one hand. On the other hand, the generation of the Numerical Control programs for manufacturing the product requires very high skills and expertise in CNC programming. For this reason, it is necessary to use the assistance of specialized systems for computer aided design and manufacturing (CAD/CAM).

In our work, we tried to give some basics on CNC machines their classification the most used and the shift commands and tool geometry

At first we talk about these machines in general and their advantages and then recount some of the developments that took place through history from the classic machines to the point of today. Then we explain how it works and the programming codes on which it is based.

Then a CAD / CAM party was presented and an overview of the design and computer aided manufacturing and trends followed by a presentation of Solidworks 2016 version and the various steps in the design of closing screw

Finally, the manufacture of the " M2 stamping die" with traditional machines, then with numerical machines.

ملخص

في مجال الصناعات الميكانيكية من جهة تصميم المنتج طبقا لشروط العميل يتطلب فترة طويلة وتؤثر على التكلفة، من جهة أخرى استخراج برامج *CN* المستخدمة في التصنيع تتطلب كفاءة عالية لهذا من الضروري استخدام أنظمة دعم الكمبيوتر المتخصصة في التصميم والتصنيع بمساعد الاعلام الالي *CFAO*.

في عملنا، حاولنا إعطاء بعض الأساسيات على آلات التصنيع باستخدام الحاسب الآلي وتصنيفها، الأوامر الأكثر استخداما وشكل الأداة أداة وتحولها

في البداية نتحدث عن هذه الآلات بشكل عام ومزاياها ثم نسرد بعض التطورات التي حصلت عبر التاريخ انطلاقا من الآلات الكلاسيكية وصولا الى ما نحن عليه اليوم، بعد ذلك نشرح كيفية عملها ورموز البرمجة التي تقوم عليها.

ثم قمنا بنظرة عامة على تصميم وتصنيع بمساعدة الحاسوب واتجاهات يليه عرض تقديمي من *CAD* / *CAM* تم تقديم سوليدوركس نسخة 2016 والخطوات المختلفة في القطعة.

وأخيرا تصنيع القطعة بالآلات التقليدية ثم باستعمال الآلات ذات التحكم العددي.

Liste des figures

Chapitre I

Figure I.1 : Domaine d'utilisation des aciers.04

Chapitre II

Figure II.1 : Centre-Usinage13

Figure II.2 : Premier MOCN en 1952.....14

Figure II.3 : Pupitre operateur d'une CN 32 bits15

Figure II.4 : Structure typique d'une MOCN16

Figure II.5 : Tour à commande numérique16

Figure II.6 : Fraiseuse à commande numérique16

Figure II.7 : La structure générale de la MOCN17

Figure II.8 : Axes Primaires Et Axes Additionnels19

Figure II.9 : Axes fraiseuse et tour19

Figure II.10 : Axes en centre de fraiseuse20

Figure II.11 : Commande Numérique Point A Point20

Figure II.12 : Commande paraxiale21

Figure II.13 : Commande numérique de contournage21

Figure II.14 : : Principe de fonctionnement 22

Figure II.15 : Représentation des origines23

Figure II.16 : Point de référence dans le volume d'usinage don le cas fraisage24

Figure II.17 : Point de référence dans le volume d'usinage don le cas tournage24

Figure II.18 : Décalage d'origine de l'origine machine M à l'origine de la pièce W dans le
tournage et fraisage24

Figure II.19 : Longueur d'une fraise25

Figure II.20 : Type de l'outil (cas de fraisage).....25

Figure II.21 : Position du bec des outils26

Figure II.22 : Longueur de l'outil 27

Figure II.23 : Opérateur sur machine à commande numérique 27

Figure II.24 : Domaine d'utilisation des MOCN 28

Figure II.25 : structure d'un programme d'usinage avec l'organisation d'un bloc31

Chapitre III

Figure III.1 : Les trois concepts de base (SOLIDWORKS).	40
Figure III.2 : Assemblage d'une pièce	41
Figure III.3 : Mise en plan d'une pièce	42
Figure III.4 : Famille de pièce	43
Figure III.5 : Tour conventionnel	45
Figure III.6 : Fraiseuse conventionnelle	46
Figure III.7 : Tour à commande numérique	46
Figure III.8 : Fraiseuse à commande numérique	47
Figure III.9 : Débitage	48
Figure III.10 : Forgeage	50
Figure III.11 : Surfaçage	51
Figure III.12 : rainurage	52
Figure III.13 : Perçage	52
Figure III.14 : Affûtage	53
Figure III.15 : Rectification	51
Figure III.16 : Débitage	54
Figure III.17 Forgeage.....	55
Figure III.18 : surfaçage.....	56
Figure III.19 : . fraisage CNC	57
Figure III.20 : Rectification	58
Figure III.21. Les différentes étapes de simulation.....	65

Liste des tableaux

Chapitre I : Choix de matière (Aciers)

Tableau I.1 pourcentage des éléments d'alliages dans les aciers alliés et non alliés	5
Tableau I.2 Elément d'alliages et leurs pourcentages	5
Tableau I.3 Indices de qualité	6
Tableau I.4 La pureté chimique en soufre et en phosphore des aciers, leur désignation	6
Tableau I.5 Les principaux éléments d'alliages et leurs symboles normalisés avec le coefficient de teneur de chaque élément.....	8

Chapitre II : Notion sur les machines-outils à commande numérique

Tableau II. 1 Axe des différents mouvements possibles	19
Tableau II.2 Points utilisées dans des MOCN	23
Tableau II.3 les fonctions préparatoires G	36
Tableau II.4 les fonctions auxiliaires M	36
Tableau II.5 Les autres fonctions	37

Chapitre III : Etude Expérimentale (Usinage et programmation)

Tableau III. 1 Etapes pour obtenir un volume	41
--	----

Liste des Abréviations

MOCN	Machine-Outil à Commande Numérique
CNC	Commande Numérique par Calculateur.
CN	Commande Numérique
DCN	Directeur de commande numérique
DAO	Dessin Assistée par Ordinateur
CAO	Conception assisté par ordinateur
FAO	Fabrication assisté par ordinateur
ISO	International Standard Organisation
PO	Partie Opérative
PC	Partie Commande
MO	Machine-Outil
PO	Porte outil
OM	Origine machine
Om	Origine mesure
OP	Origine programme
Op	Origine pièce
Cm	Cote machine
CO	Cote outil
Ca	Cote appareil
UGV	Usinage à grande vitesse
ARS	Acier rapides supérieurs
Vc	Vitesse de coupe
Pc	Personale computer
2D	Deux Dimensions
3D	Trois Dimensions
P	Profondeur de passe
n	Nombre de passe

N	Vitesse de rotation
F	Finition
E	Ebauche
Oo	Origine outil
Gm	Grandeur mesurée

Sommaire

Remerciement

Dédicace

Résumé

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Sommaire

Introduction Générale.....1

Chapitre I : Choix de matière (Aciers)

I.1. Introduction.....2

I.2. Définition de l'acier.....2

I.2.1 Elaboration de l'acier..... 2

I.2.2 Propriétés remarquables.....3

I.2.3 Utilisation des aciers..... 3

I.3. Classification Des Aciers.....3

I.4. Désignation normalisée des aciers.....4

I.4.1. Désignation des aciers..... 4

I.4.1.1 : Désignation des aciers ordinaires sans traitement thermique.....5

I.4.2. Désignation des aciers pour traitements thermiques.....7

a. Les aciers courants.....7

b. Les aciers fins.....7

I.4.3. Désignation des aciers alliés.....8

a. Leur action sur la formation de l'austénite.....9

b. Leur action sur la formation de carbures complexes.....9

I.4.3.1. Désignation des aciers faiblement alliés.....9

I.4.3.2. Désignation des aciers fortement alliés.....10

I.5. Les aciers inoxydables.....11

I.6. Les aciers rapides.....12

Chapitre II : Généralité sur les Machine à commande numérique MOCN

II.1. Introduction.....13

II.2. Machine à commande numérique.....13

II.3. Définition de la commande numérique.....13

II.4. Historique.....	14
II.5. Structure d'une MOCN.....	15
II.5.1. Structure typique d'une MOCN.....	15
II.5.2 Structure générale d'une MOCN.....	17
II.6. Les différents types de MOCN.....	18
II.7. Classification des MOCN.....	18
II.7.1 Classification des MOCN selon le nombre d'axe.....	18
II.7.2 Classification des MOCN selon le mode d'usage.....	20
II.8. Principe de fonctionnement MCON.....	22
II.9. Les origines des systèmes de coordonnées.....	22
II.10. Décalage et géométrie d'outil.....	24
II.10.1. Décalage de l'origine machine.....	24
II.10.2. Géométrie des outils.....	25
II.10.3. Type de l'outil.....	26
II.10.4. Longueur de l'outil.....	26
II.11. Utilisation des MOCN.....	27
II.11.1. Fonctions d'un opérateur pour ..MOCN.....	27
II.11.2. Domaine d'utilisation MOCN.....	28
II.11.3. Domaines d'application MOCN.....	28
II.11.4 Avantages et inconvénients des MOCN.....	28
II.12. Langages.....	29
*Le langage ISO * International Standard Organisation*.....	29
*Le langage FANUC.....	29
*Le langage NUM.....	29
*Le langage SIEMENS.....	29
*Le langage HEIDENHAIN.....	30
*Le langage PROFORM.....	30
*Le langage MAZATROL.....	30
II.13 Programmation.....	30
II.13 .1. Codification des instructions.....	30
III.13.2. Le contexte de la programmation.....	32
II.14. Programmation des déplacements.....	34
II.15. Les principales fonctions.....	34
- Les fonctions préparatoires G	34
- Les fonctions auxiliaires normalisées M.....	36
- Les autres fonctions.....	37
A. Fonction de vitesse de la Broche (S).....	37

B. Fonction d'avance (F).....	37
C. Sélection de l'Outil pour différents usinage (T).....	37
II.16. Conclusion.....	38

Chapitre III : Etude Expérimentale (Usinage et programmation)

III.1. Introduction.....	39
III.2. Définition du logiciel SolidWorks.....	39
III.2.1. Modèle géométrique.....	39
III.2.2. Paramétrie.....	39
III.2.3. Basée sur des fonctions.....	39
III.3. Historique.....	39
III.4. Fonctionnement.....	39
III.4.1. Pièce.....	40
III.4.1.1. Etapes pour obtenir un volume.....	41
III.4.2. Assemblages.....	41
III.4.2.1. Etapes de l'assemblage.....	41
III.4.3. Mise en plan.....	42
III.4.3.1. Etapes de création d'une mise en plan.....	42
III.4.4. Familles de pièces.....	43
III.4.4.1. Etapes de la création d'une famille de pièce.....	43
III.5. Convertisseurs des formats de fichier.....	44
III.5.1. Type des formats des pièces.....	44
III.5.2. Types des formats de mise en plan.....	44
III.6 Présentation des machines utilisées.....	45
III.6.1. Les machines conventionnelles.....	45
III.6.1.1. Les tours conventionnels.....	45
III.6.1.2 La fraiseuse conventionnelle.....	46
III.6.2. Les machines numériques.....	46
III.6.2.1. Le tour à commande numérique.....	46
III.6.2.2. La fraiseuse à commande numérique.....	47
III.7. Description de la pièce.....	48
III.8. Gamme d'usinage.....	48
III.9. Etapes de réalisation la pièce.....	47
III.10. Les procédures de production.....	48
III.10.1. Les procédures de production avec des machines conventionnelles...48	
1er Etape Débitage.....	49

2emeEtape forgeage	49
3emeEtape Traitement thermique (recuit)	49
4emeEtape surfaçage	50
5emeEtape fraisage	51
6eme Etape rainurage	52
7emeEtape perçage	52
8emeEtape affûtage	53
9emeEtape Traitement thermique	53
10emeEtape Rectification.....	54
11eme Etape Bleuissage.....	54
12eme Etape Emballage	54
III.10.2. Les procédures de production avec (CNC).....	54
1er Etape Débitage	54
2emeEtape forgeage	55
3emeEtape Traitement thermique (recuit)	56
4emeEtape surfaçage	56
5emeEtape fraisage CNC	57
6emeEtape Traitement thermique	57
7emeEtape Rectification.....	58
8eme Etape Bleuissage.....	58
9eme Etape Emballage	58
III.11. La programmation.....	58
III.12. Simulation de la pièce	63
III.14. Conclusion.....	64

Chapitre IV : la gamme d'usinage classique et gamme d'usinage par MCN

IV.1. Etude de Gamme d'usinage classique.....	65
IV.2. Etude de Gamme d'usinage par MCN.....	81
IV.2. Conclusion.....	91
Conclusion générale.....	92

Référence

Annexe

Introduction

Générale

INTRODUCTION GENERALE

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

La machine-outil à commande numérique et son évolution actuelle représentent aujourd'hui le moyen de production le plus important des pièces mécaniques. De par l'avancée des techniques, cette dernière a subi des modifications, et le couple outil machine-outil s'est adapté aux exigences de productivité modernes. Une Machine-Outil à Commande Numérique (MOCN) est une machine d'usinage à cycle automatique programmable.

Cette étude comprend quatre chapitres :

Le premier chapitre est consacré pour la présentation le choix de matériaux (aciers) un aperçu général sur les aciers , Classification des aciers , Désignation des aciers.....

Le deuxième chapitre est consacré à la présentation des machines outil à commande numérique MOCN et donne un aperçu général sur leurs technologies, leurs classifications ainsi que leurs programmations.

le troisième chapitre on retrouve une présentation de solid work et présente en détail la conception de la pièce et les étapes de réalisations. Ensuit la simulation de la pièce .

Enfin le quatrième chapitre la gamme d'usinage classique et gamme d'usinage par MCN.

Ce mémoire se termine par une conclusion générale.

Chapitre I :

Choix de

matière

(Aciers)

I.1. Introduction :

L'acier est un alliage à base de fer additionné d'un faible pourcentage de carbone (de 0,008 à environ 2,14 % en masse). La teneur en carbone a une influence considérable (et assez complexe) sur les propriétés de l'acier : en deçà de 0,008 %, l'alliage est plutôt malléable et on parle de " fer " ; au-delà de 2,14 %, les inclusions de carbone sous forme graphite fragilisent la microstructure et on parle de fonte. Entre ces deux valeurs, l'augmentation de la teneur en carbone a tendance à améliorer la résistance mécanique et la dureté de l'alliage ; on parle d'aciers " doux, mi- doux, mi-durs, durs ou extra-durs " (classification traditionnelle). On modifie également les propriétés des aciers en ajoutant d'autres éléments, principalement métalliques, et on parle d'aciers alliés. De plus, on peut encore améliorer grandement leurs caractéristiques par des traitements thermiques (notamment les trempes) prenant en surface ou à cœur de la matière ; on parle alors d'aciers traités. Outre ces diverses potentialités, et comparativement aux autres alliages métalliques, l'intérêt majeur des aciers réside d'une part dans le cumul de valeurs élevées dans les propriétés mécaniques fondamentales :

- Résistance aux efforts : Module d'élasticité, limite élastique, résistance mécanique
- Dureté
- Résistance aux chocs (résilience). [1]

I.2. Définition de l'acier :

L'acier est un alliage métallique utilisé dans les domaines de la construction métallique, et de la construction mécanique.

L'acier est constitué d'au moins deux éléments, le fer, très majoritaire, et le carbone, dans des proportions comprises entre 0,02 % et 2 % en masse.

C'est essentiellement la teneur en carbone qui confère à l'alliage les propriétés du métal qu'on appelle « acier ». Il existe d'autres métaux à base de fer qui ne sont pas des aciers comme les fontes et les ferronickels. [1]

I.2.1 Elaboration de l'acier :

L'acier peut être obtenu de deux manières différentes :

*a partir de la fonte : on enlève du carbone à la fonte en brûlant dans un convertisseur .

*a partir de ferrailles recyclées : on fait fondre des ferrailles dans un énorme four électrique .

l'acier obtenu est de meilleure qualité . [1]

I.2.2 Propriétés remarquables :

- grande dureté
- grande résilience
- prix modérés (sauf aciers spéciaux de fonderie)
- peut se tromper (uniquement les aciers trempables)
- température de fusion :1500 °c
- masse volumique :7850kg/m³.**[1]**

I.2.3 Utilisation des aciers :

l'acier est universellement employé dans tout type d'industrie ,de mécanisme ,d'objet ,en raison des ses formidables qualités intrinsèques.**[1]**

I.3 Classification des aciers :

Actuellement, dans l'industrie on trouve un très grand nombre de métaux et alliages, chacun selon sa propre spécificité. La désignation des matériaux métallique a pour objet de rassembler sous la forme la plus simple possible l'ensemble des renseignements et caractéristiques des nuances :

- Les modes d'élaboration et de transformation
- La composition chimique
- Traitements thermiques subis
- Les propriétés d'usages

IL est clair qu'une caractérisation complète serait très chargée, mais en pratique selon nature et l'usage des matériaux, on s'intéresse plus ou moins à telles ou telles propriétés qu'a d'autres, d'où des désignations normalisées prenant en compte tels ou tels aspects, ce qui laisse un domaine d'utilisation très varié. D'autres part chaque pays et parfois même chaque catégorie d'utilisateur à l'intérieur d'un pays a tendance d'avoir ses propres codes, d'où une très grande diversité de désignation vu le grand nombre de variétés des matériaux métalliques

-La désignation normalisée se fait selon les modes suivants :

- un mode basé sur les caractéristiques mécaniques
- un mode basé sur la composition chimique
- un mode basé sur l'obtention et la livraison des nuances. **[2]**

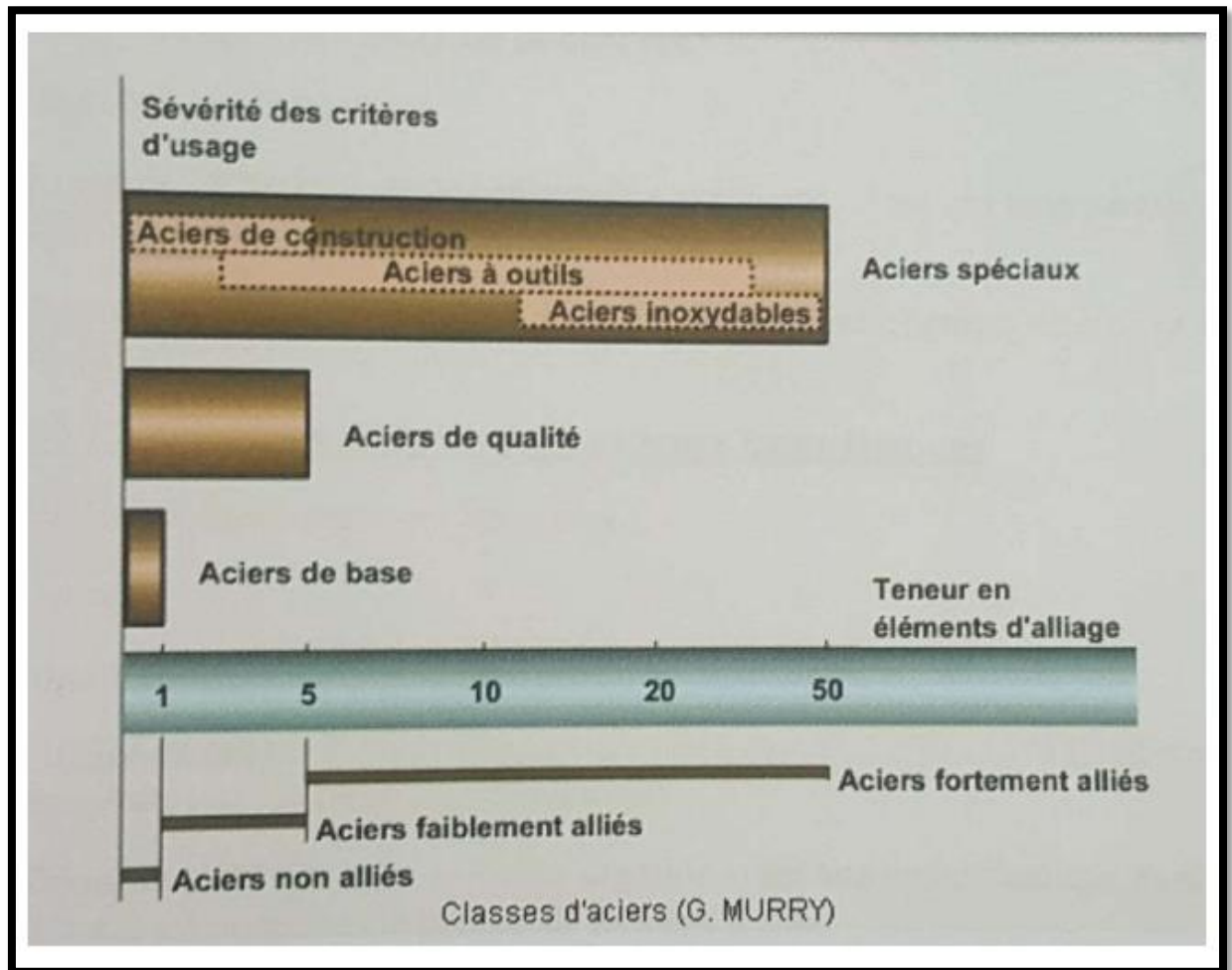


Figure.I.1 : Domaine d'utilisation des aciers. [3]

I.4. Désignation normalisée des aciers :

I.4.1. Désignation des aciers :

Les aciers sont classés en deux groupes :

- Aciers non alliés (aciers ordinaires, aciers spéciaux...).
- Aciers alliés (faiblement et fortement alliés). [1]

Le tableau ci-dessous donne un aperçu sur le pourcentage des éléments d'alliages dans les aciers alliés et non alliés : [1]

% des éléments d'addition	Acier non allié	Acier faiblement allié	Acier fortement allié
Al	< 0,3		> 0,3
B			> 0
Co	< 0,2	0,2 à 0,3	> 0,3
Cr	< 0,3	0,3 à 0,5	> 0,5
Cu	< 0,4		> 0,4
Mn + Si	< 1,5	1,5 à 3	> 3
Mo	< 0,05	0,05 à 0,1	> 0,1
Ni	< 0,3	0,3 à 0,5	> 0,5
Pb	< 0,4		> 0,4
V	< 0,05	0,05 à 0,1	> 0,1
W	< 0,2	0,2 à 0,3	> 0,3

Tableaux.I.1 : pourcentage des éléments d'alliages dans les aciers alliés et non alliés. [1]

I.4.1.1 : Désignation des aciers ordinaires sans traitement thermique :

Les aciers ordinaires correspondent à des produits de grande consommation. Ils sont obtenus dans les convertisseurs, fours martin. Ce sont des aciers qui n'ont pas fait l'objet d'une addition volontaire d'éléments d'alliage et qui ne doivent pas dépasser la valeurs limites comme le montre le tableau ci-dessous. [3]

Eléments	P+S	Si+Mn	Ni	Cr	Mo	V	W	Co	Al	Ti	Cu	Pb
%	0,20	2	0,5	0,25	0,10	0,05	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,10

Tableau I.2 : Elément d'alliages et leurs pourcentages. [3]

Deux solutions se présentent pour les désigner :

a. La lettre A : est utilisée pour les aciers de constructions mécaniques. Cette nuance est indiquée par la lettre A suivie d'un nombre correspondant à la limite minimale de résistance à la rupture par traction R_m exprimée en daN/mm², éventuellement suivie des chiffres 1, 2, 3 ou 4 (indice de qualité des propriétés mécaniques). Le chiffre 4 indique la plasticité la plus élevée. On utilise ces chiffres car deux aciers ayant la même charge de rupture peuvent avoir des plasticités différentes.

Exemple : A 60 – 3

A : Acier ordinaire.

60 : Résistance minimale à la rupture à la traction 60 daN/mm².

3 : Indice de qualité.

Leur désignation peut être aussi des indices d'utilisation comme :

S : soudable

M : moulable

L'indice de qualité est défini selon l'expression suivante : $N = 2,5 A + R$

N : nombre définissant l'indice de qualité.

A : allongement en %.

R : résistance en hbar. [3]

Qualité	1	2	3	4
$N \geq$	96	108	114	118

Tableau I.3 : Indices de qualité. [3]

Exemple de nuances normalisées : A33, A34 , A50, A52, A60, etc.

b. La lettre E : est utilisée pour désigner les aciers destinés à la construction métallique.

Cette nuance est désignée par la lettre E suivie d'un nombre correspondant à la limite d'élasticité minimale à la traction et éventuellement suivie d'un chiffre 1, 2 3 ou 4.

Exemple : E 24 – 2

E : Acier ordinaire.

24 : limite d'élasticité minimale de 24 daN/mm².

2 : Indice de qualité.

La catégorie de certains aciers retenus par la norme AFNOR sont :

E 24 – 1 E 26 – 2 E 36 – 2

E 24 – 2 E 26 – 3 E 36 – 3

E 24 – 3 E 30 – 3

Pour distinguer la pureté chimique en soufre et en phosphore des aciers, leur désignation peut être éventuellement suivie d'une lettre minuscule indiquant la pureté en P et S comme indiqué sur le tableau ci-dessous. [3]

Symbole	a	b	c	d	e	f	g	h	k	m
P + S	0,140	0,120	0,100	0,090	0,070	0,065	0,060	0,055	0,045	0,035

Tableau II.4 : La pureté chimique en soufre et en phosphore des aciers, leur désignation. [3]

I.4.2. Désignation des aciers pour traitements thermiques :

Cette catégorie d'aciers est apte aux traitements thermiques la teneur en carbone et en impuretés est contrôlée, on distingue deux nuances :

a. Les aciers courants :

Ils sont désignés par les lettres CC suivis d'un nombre qui désigne la teneur moyenne du carbone en centième pour cent (100 fois la teneur en carbone). [3]

Exemple : CC 35

CC : Acier ordinaire pour traitement thermique.

35 : contenant 0,35 % de carbone.

Exemple de nuances normalisées : CC 10, CC 20, CC 30, CC 35, CC 55, etc. [3]

b. Les aciers fins :

Ces aciers sont employés lorsque les caractéristiques mécaniques exigées sont sévères et nécessitent des transformations de structure par traitement thermique, leur élaboration s'effectue dans le four Martin.

Leur désignation commence par les lettres XC suivis d'un nombre indiquant la teneur en carbone en centième pour cent. Dans cette catégorie d'aciers, les écarts tolérés pour le carbone et les impuretés sont réduits, ces aciers présentent plus de garantie que les aciers courants vis à vis de la teneur en carbone et en impureté. [3]

Exemple : XC 85

XC : Acier ordinaire pour traitement thermique.

85 : contenant 0,85 % de carbone.

Leur désignation peut être aussi suivie d'une lettre minuscule indiquant l'indice de pureté comme :

a : pureté minimale.

d : pureté moyenne.

m : pureté maximale.

Exemple de nuances normalisées : XC 10, XC 12, XC 18, XC 35, XC 38, etc. [3]

Modes de traitement thermique pour les aciers au carbone :

- L'acier contenant moins de 0,30 % C est destiné à subir une cémentation est appelé acier trempé.
- Les aciers contenant 0,35 à 0,50 % C sont destinés à l'amélioration qui est la trempe suivie d'un revenu à haute température.
- Les aciers contenant 0,60 à 0,75 % C sont destinés à recevoir une trempe et un revenu à température moyenne.
- Les aciers contenant 0,8 à 1,3 % C sont dits aciers à outils et sont destinés à subir une trempe suivie d'un revenu à température basse. [4]

I.4.3. Désignation des aciers alliés :

Ces types d'aciers sont obtenus par l'addition volontaire d'éléments d'alliage. Ce sont des aciers contenant, outre le fer et le carbone un ou plusieurs éléments destinés à améliorer leurs propriétés mécaniques.

Ce sont des aciers de grande pureté. Leur élaboration s'effectue dans le four Martin, le four électrique ou le creuset.

Les principaux éléments d'alliages et leurs symboles normalisés sont présentés dans le tableau ci-dessous avec le coefficient de teneur de chaque élément. [2]

Eléments	Symbole		Coefficient
	Chimique	Normalisé	
Aluminium	Al	A	x 10
Chrome	Cr	C	x 4
Cobalt	Co	K	x 4
Cuivre	Cu	U	x 10
Etain	Sn	E	x 10
Magnésium	Mg	G	x 10
Manganèse	Mn	M	x 4
Molybdène	Mo	D	x 10
Nickel	Ni	N	x 4
Phosphore	P	P	x 10
Plomb	Pb	Pb	x 10
Silicium	Si	S	x 4
Soufre	S	F	x 10
Titan	Ti	T	x 10
Tungstène	W	W	x 10
Vanadium	V	V	x 10
Zinc	Zn	Z	x 10
Antimoine	Sb	R	x 10
Cadmium	Cd	Cd	x 10

Tableaux.I.5 : Les principaux éléments d'alliages et leurs symboles normalisés avec le coefficient de teneur de chaque élément. [2]

Les éléments d'addition sus-mentionnés agissent de deux façons principales sur l'acier :

a. Leur action sur la formation de l'austénite :

Les éléments alphagènes tels que Si, Cr, Al, W, Mo et V s'opposent à la formation de l'austénite pour une teneur suffisante, l'alliage demeure à l'état perlitique depuis la température ordinaire jusqu'à la température de fusion.

Les autres éléments gammagènes Ni, Mn et Co facilitent la formation de l'austénite au point de la rendre stable à la température ordinaire lorsqu'ils sont en proportion suffisante. [3]

b. Leur action sur la formation de carbures complexes :

Ils facilitent la naissance des carbures complexes, généralement plus durs que le carbone de fer et qui demeurent noyés et non dissous dans le reste de l'alliage. Ces carbures influent sur les propriétés mécaniques de l'acier.

Selon les éléments d'addition et leurs quantités d'addition, on distingue deux types

d'aciers :

- Aciers faiblement alliés.
- Aciers fortement alliés. [3]

I.4.3.1. Désignation des aciers faiblement alliés :

Ce sont des aciers dont la teneur en n'importe quel élément d'addition ne doit pas dépasser 5 %, ils sont désignés par :

- Un nombre indiquant la teneur moyenne en carbone exprimé en centième pour cent (multiplié par 100).
- Suivi de symboles normalisés des éléments alliés dans l'ordre des teneurs décroissantes, c'est à dire, le premier élément indique toujours l'élément dont la teneur est la plus élevée.
- Les symboles sont suivis par des nombres indiquant la teneur moyenne des éléments d'additions multiplié par 4 pour les éléments C, K, M, N, S et par 10 pour tous les autres éléments. [2]

Remarque :

La désignation des éléments mentionnés ci-dessous est négligée dans le cas où leur teneur est égale ou inférieure à celle mentionnées ci-dessous

M, S	N	C	D, V
1 %	0,5 %	0,25 %	0,10 %

Exemples :

45 CD 20 – 4

C'est un acier faiblement allié contenant :

- 0,45 % de carbone.
- $20/4 = 5$ % de chrome (C).
- $4/10 = 0,4$ % de molybdène (D).

20 NC 6

C'est un acier faiblement allié contenant :

- 0,20 % de carbone.

- $6/4 = 1,5$ % de nickel (N).
- Le pourcentage de chrome (C) est inférieur à 1,5 %.

Exemples de nuances d'aciers faiblement alliés selon AFNOR :

18 CD 4, 10 NC 6, 16 NC 6, 14 NC 11
20 NCD 2, 45 S 7, 38 C 4, 100 C 6, 25 CD 4
35 CD 4, 42 CD 4, 20 NC 6, 30 NC 11 etc... [2]

I.4.3.2. Désignation des aciers fortement alliés :

Ce sont des aciers caractérisés par la présence d'un ou de plusieurs éléments d'addition et au moins un de ces éléments a une teneur supérieure à 5 %. Dans cette catégorie, on trouve les aciers inoxydables, les aciers rapides pour la confection d'outils, les aciers à résistance thermique etc.

Leur désignation normalisée est toujours précédée par la lettre Z suivie :

- D'un nombre indiquant la teneur moyenne en carbone au centième pour cent.
- Des symboles normalisés des éléments d'addition rangés dans l'ordre de teneur décroissante.
- Des chiffres indiquant la teneur moyenne en pour cent des éléments d'addition.

Dans le cas des aciers fortement alliés, les chiffres indiquent directement la teneur en % des éléments d'addition, donc il n'est pas nécessaire de diviser par les coefficients 4 ou 10 comme dans le cas des aciers faiblement alliés. [3]

Exemples :

Z 160 CDV 12

Z : symbole de l'acier fortement allié contenant :

- 1,60 % de carbone.
- 12 % de chrome

Z 6 CN 18 – 09

C'est l'acier inoxydable courant contenant :

- 0,06 % de carbone
- 18 % de chrome.
- 9 % de nickel.

Exemple de nuances d'aciers fortement alliés :

Z 115 WC 05, Z 200 C 13, Z. 200 CKDV 1,4,

Z 150 CKD 14, Z 85 WDCV 06-05-04-02,

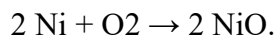
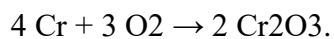
Z 130 WCV 12-04-04, Z 110 DKCWV 00-08-04-02. [3]

I .5.Les aciers inoxydables :

Par rapport à leurs possibles substituts, les aciers inoxydables restent difficilement remplaçables au regard de leurs caractéristiques mécaniques élevées : résistance aux efforts, dureté et résistance aux chocs. Aucun des autres matériaux énumérés plus haut ne cumule toutes ces propriétés.

L'élément d'alliage auquel les aciers inoxydables doivent leur résistance à la corrosion est le chrome. Contrairement à ce que l'on croit généralement, ce métal est très réactif du point de vue chimique et il est en particulier très oxydable, mais son oxyde forme une véritable peau à la fois transparente et protectrice. Allié au fer et au nickel, il provoque la formation d'un composé de surface oxydé capable de ralentir ou même d'arrêter totalement la corrosion.

Le chrome et le nickel s'oxydent ainsi :



La teneur en chrome est dans tous les cas d'au moins 12 %. D'autres éléments d'alliage, pour l'essentiel des métaux relativement « nobles » comme le nickel, le Molybdène, le cuivre, améliorent encore la résistance chimique, en particulier dans les milieux non oxydants. [3]

I.6. Les aciers rapides :

Les aciers rapides sont des aciers spéciaux de haute performance, qui offrent une grande dureté jusqu'à une température de 500°C et une grande résistance à l'usure grâce à des éléments d'alliage tels que le tungstène, le molybdène, le vanadium et le chrome, qui permettent de former des carbures de grande dureté. Pour améliorer la résistance à chaud, il est possible d'ajouter du cobalt. [3]

Chapitre II :
Notion sur les
machines-outils
à commande
numérique

II.1. Introduction :

Dans ce chapitre on présente un aperçu général sur la technologie des MOCN, citant la classification, l'architecture, la programmation des MOCN pour différentes commandes. [5]

II.2. Machine à commande numérique :

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 numérique command, francisé en « commande numérique par ordinateur ». [3]

II.3. Définition de la commande numérique :

La commande numérique est un mode de commande dans lequel les valeurs désirées d'une variable commandée sont définies selon un code numérique (la machine-outil constitue le principal domaine d'application de la commande numérique). C'est une somme d'automatismes dans laquelle les ordres de mouvement ou de déplacement, la vitesse de ces déplacements et leur précision, sont donnés à partir d'informations numériques. Ces informations sont codées sur des supports tels que : rubans perforés, cassettes ou disquettes magnétiques ou simplement sauvegardés en « mémoire » dans le cas des dernières générations de commandes numériques à ordinateur intégré (CNC).

L'ensemble de ces informations de pilotage des machines outil (MO) est élaboré sous forme de programme à exécution séquentielle. Les temps de réponse de telles commandes avoisinant la dizaine de microsecondes, il sera tout naturellement possible d'espérer piloter la machine suivant des trajectoires plus ou moins complexes, en vitesse et position. [3]



Figure II.1 : Centre-Usinage.[3]

II.4. 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.

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.

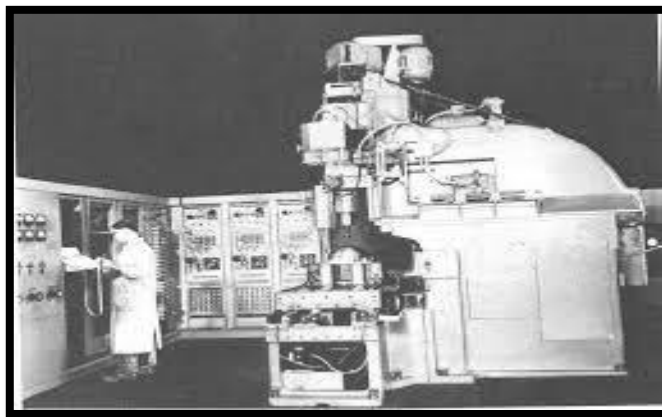


Figure II.2 : Premier MOCN en 1952.[3]

Cette machine, une fraiseuse prototype Cincinnati à broche verticale (figure II.2), conçue pour exécuter des déplacements simultanés suivant 3 axes, est officiellement présentée en septembre 1952 dans le Servomechanisms Laboratory du MIT. L'information mathématique étant la base du concept, on lui donne le nom de numerical control.

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

-Les différentes étapes de développement de la CN sont les suivantes :

1954 Bendix acquiert le brevet de Parsons et fabrique la première CN industrielle. 1955 à Font du Lac (Wisconsin), le constructeur américain Giddins & Lewis commercialise la première MOCN.

1959 apparitions de la CN en Europe (foire de Hanovre). Le MIT annonce la création du langage de programmation APT (Automatic Programmed Tools).

1960 apparitions du système DNC (Direct Numerical Control).

1964 en France, la Télémécanique Electrique lance la CN NUM 100 conçue à base de relais Téléstatic.

1968 la CN adopte les circuits intégrés elle devient plus compacte et plus puissante. Le premier centre d'usinage est mis en vente par Kearney & Trecker (USA).

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

1976 développements des CN à microprocesseurs.

1984 apparitions de fonctions graphiques évoluées et du mode de programmation conversationnel, début de l'ère de la fabrication assistée par ordinateur (FAO).

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

1990 développements des CN à microprocesseurs 32 bit. [3]

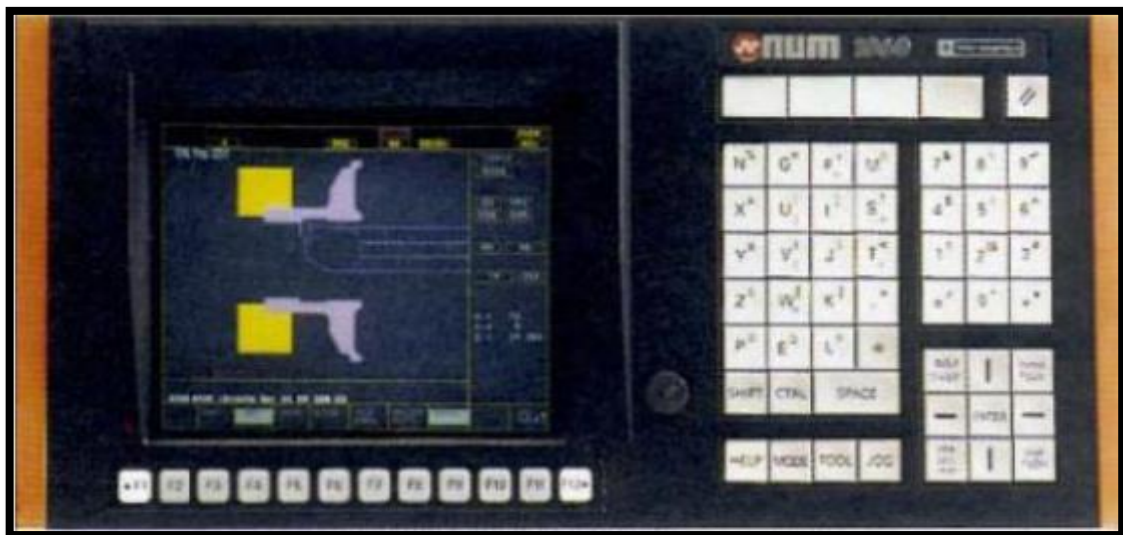


Figure II.3: Pupitre operateur d'une CN 32 bits.[3]

II.5. Structure d'une MOCN :

II.5.1. Structure typique d'une MOCN :

1. Armoire (cabinet) de commande.
2. Adaptateur.
3. Amplificateur électrique.
4. Moteur.
5. Dynamo bathymétrique.
6. Capteur de position (indirecte).
7. Capteur de position (directe).
8. Vis à billes. [3]

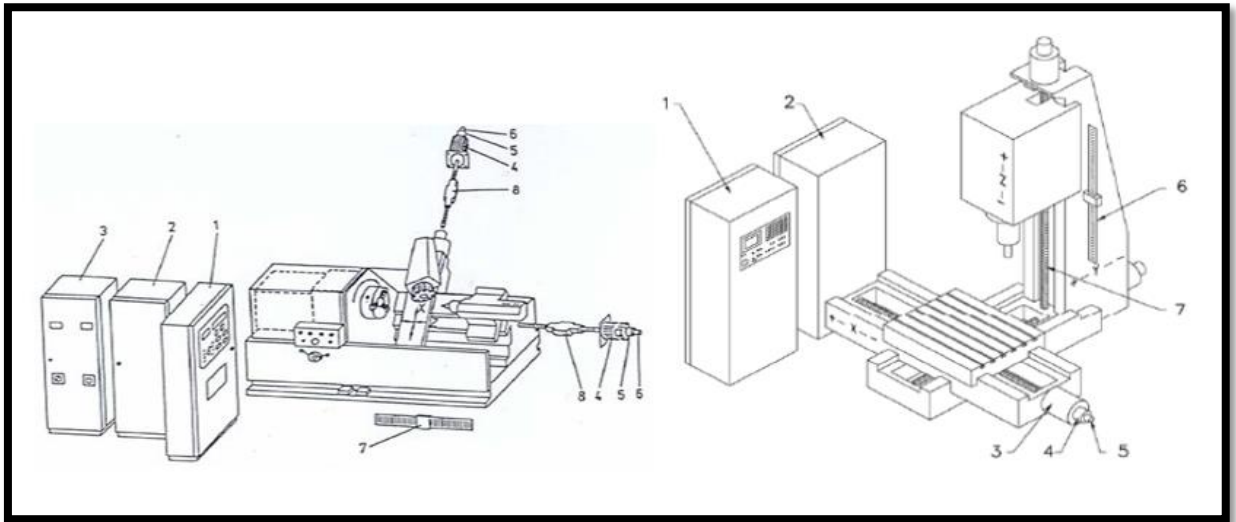


Figure II.4 : Structure typique d'une MOCN.[3]



Figure II.5 : Tour à commande numérique.[3]



Figure II.6 : Fraiseuse à commande numérique.[3]

II.5.2 Structure générale d'une MOCN :

La structure générale de la machine-outil à commande numérique consiste à deux parties (Fig. II-7).

-La partie opérative :

La partie opérative (notée PO) comprend principalement un ou plusieurs mobiles, appelés tables ou chariots, liés au bâti ou entre eux par des liaisons glissières ou pivots.

La position des mobiles est détectée par un capteur de position, et leur vitesse est mesurée en permanence.

-La partie commande :

La partie commande (notée PC) regroupe les composants qui permettent le traitement de l'information.

Les différentes opérations, constituant la tâche d'usinage, sont gérées par l'intermédiaire d'un directeur de commande numérique (DCN).

-Directeur de commande numérique (DCN) :

C'est lui qui interprète les instructions du programme d'usinage, reçoit les informations des capteurs et agit (par l'intermédiaire d'un variateur électronique) sur les moteurs.

Il envoie les informations numériques définissant la position à atteindre et la vitesse de déplacement pour chacun des axes. Il calcule alors les consignes numériques à envoyer à chaque axe pour la gestion d'une trajectoire particulière (droite, arc de cercle, interpolation linéaire ou circulaire), et il récupère en permanence la position réelle des mobiles ainsi que leur vitesse.

Le DCN est composé d'une unité centrale qui exécute le programme, contrôle et commande les moteurs des axes de la machine en vitesse et en position. Il est secondé par un automate qui gère les fonctions auxiliaires (autres que les déplacements des axes) : Arrosage, changement d'outils, changement de palette, sécurité (contrôle de température, de pression et d'ouverture de carter), etc. [5]

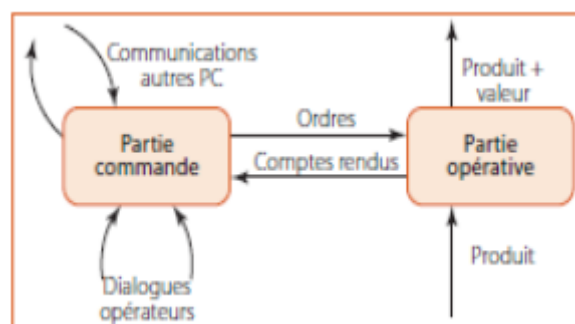


Figure. II.7 : La structure générale de la MOCN. [5]

II.6. Les différents types de MOCN :

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). [5]

II.7. Classification des MOCN :

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

- le mode de fonctionnement de la machine
- le nombre d'axes de la machine
- le mode d'usinage
- le mode de fonctionnement du système de mesure
- le mode d'entrée des informations

Les machines-outils à commande numérique (MOCN) peuvent être assistées d'une programmation extérieure et de mécanismes tendant à les rendre encore plus performantes,

Tels que :

- ✓ ordinateur et ses périphériques
- ✓ commande adaptative
- ✓ préréglage des outils
- ✓ codage des outils
- ✓ chargeur d'outils et magasin
- ✓ chargeur et convoyeur de pièces
- ✓ combinaison de type d'usinages (centre de tournage, centre d'usinage)
- ✓ table de montage
- ✓ évacuateur de copeaux
- ✓ dispositifs de contrôle de pièces. [3]

II.7.1 Classification des MOCN selon le nombre d'axe :

Les possibilités de travail des 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 continu. [3]

Chapitre II : Notion sur les machines-outils à commande numérique

Un demi-axe définit la direction dans laquelle l'avance n'est pas contrôlable numériquement mais contrôle par pistes, cames ou plateaux diviseurs. Le tableau II.1 donne les différents axes utilisés en CN. [3]

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

Tableau.II.1 : Axe des différents mouvements possibles. [3]

Chaque mouvement de translation ou de rotation est donc représenté par un axe défini une lettre affectée de signe + ou -. Figure II. 8 et la montre l'ensemble des axes qu'un DCN peut contrôler

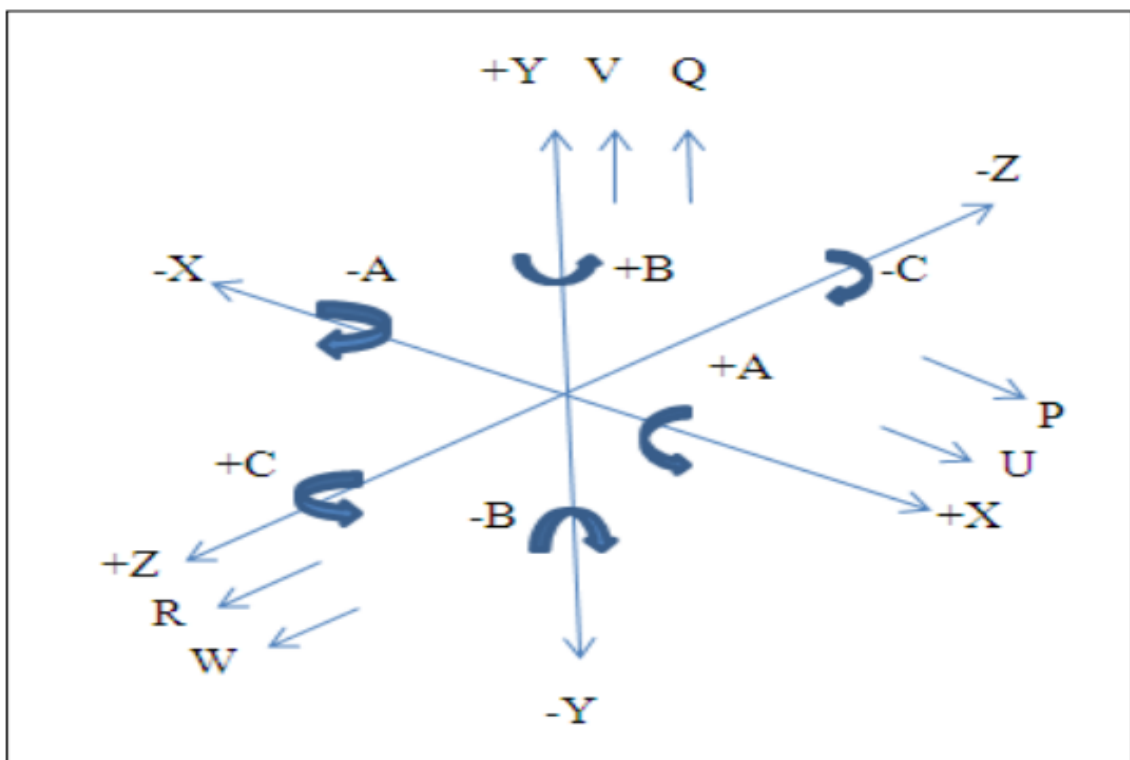


Figure II. 8 : Axes Primaires Et Axes Additionnels.[3]

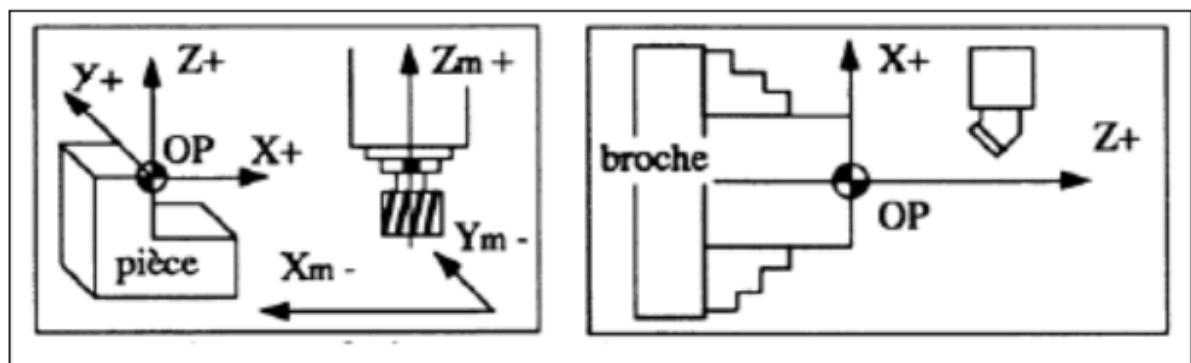


Figure II. 9 : Axes fraiseuse et tour.[3]

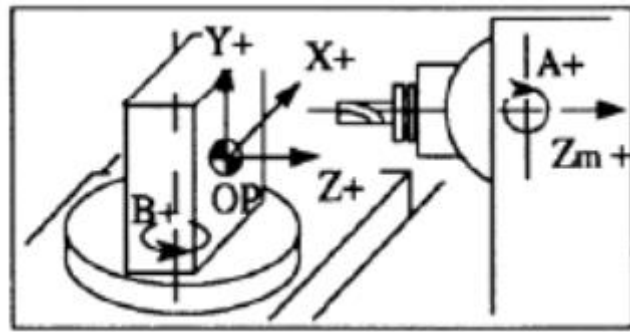


Figure II. 10 : Axes en centre de fraiseuse.[3]

II.7.2 Classification des MOCN selon le mode d'usinage :

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

Commande numérique point à point

Commande numérique paraxiale

Commande numérique de contournage. [3]

•**Commande numérique point à point** : c'est la mise 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.

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

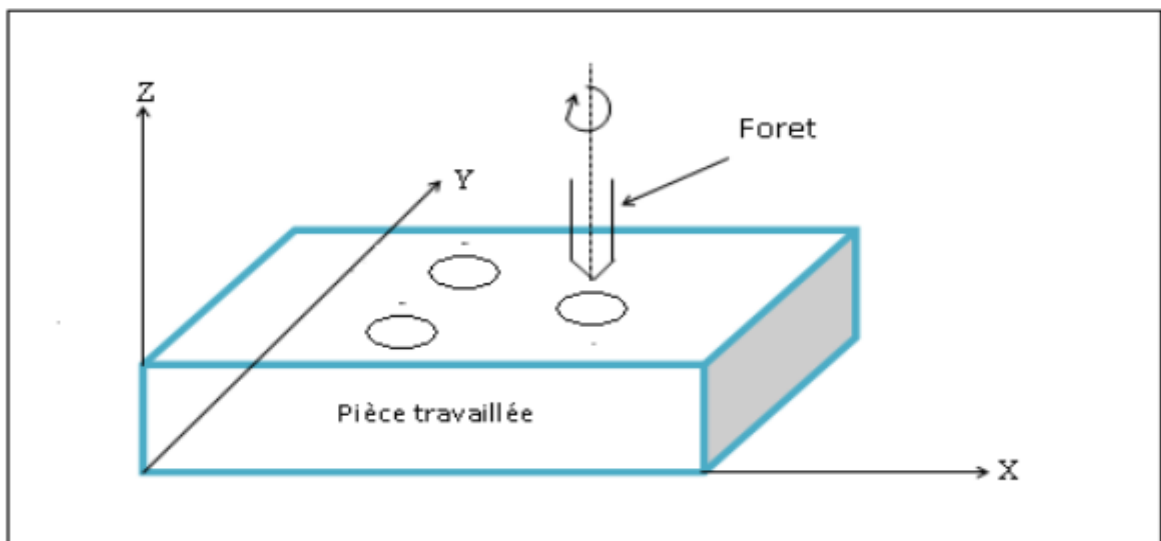


Figure II. 11 : Commande Numérique Point A Point. [3]

Chapitre II : Notion sur les machines-outils à commande numérique

• **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. [3]

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

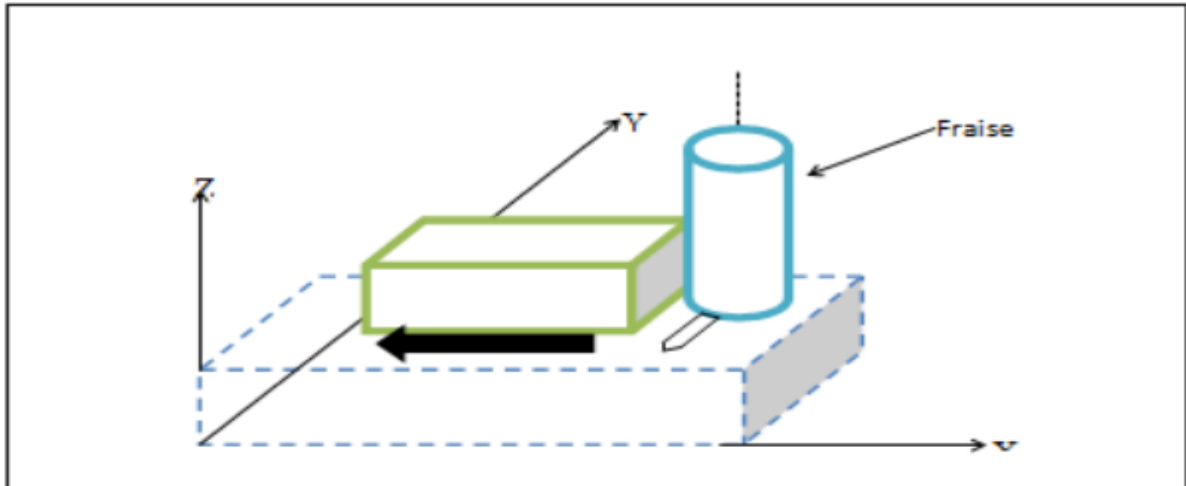


Figure II. 12 : Commande paraxiale.[3]

• **Commande numérique de contournage** : ce sont des déplacements synchronisés des divers axes avec la vitesse d'avance 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. [3]

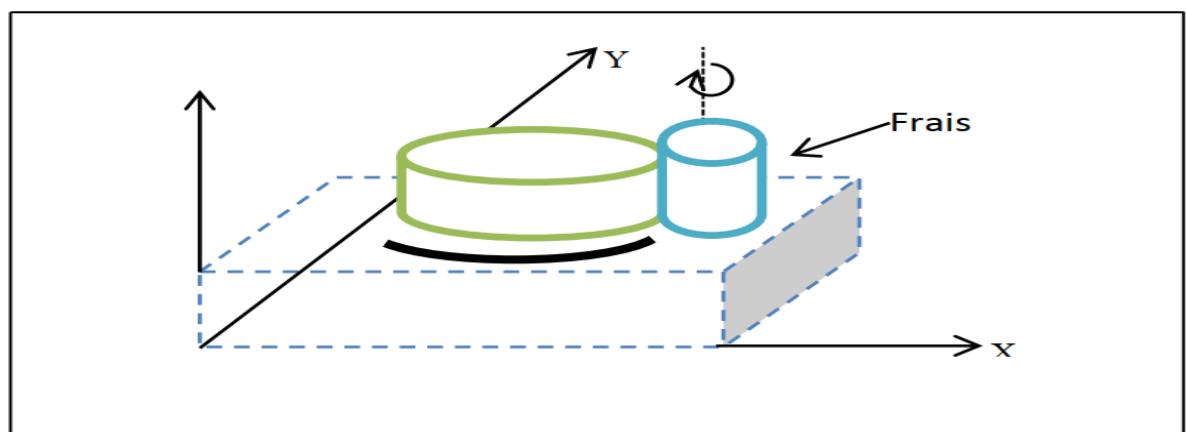


Figure II. 13 : Commande numérique de contournage.[3]

II.8. Principe de fonctionnement MCON :

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 (cf.1.3.2 « Amplificateur moteur »). On se trouve donc en face d'un système à deux boucles et l'on parle de système asservi.

Le schéma ci-dessous (**Figure II. 14**), nous montre le flux d'informations avec ses directions, ainsi que les deux boucles de contrôles (position et vitesse).

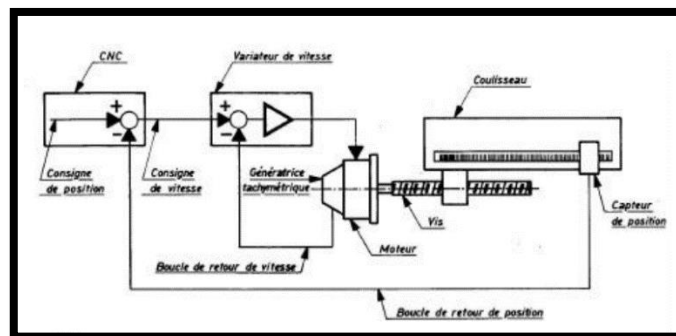


Figure II. 14 : Principe de fonctionnement. [3]

Cet asservissement se retrouve dans toutes les commandes numériques actuelles. [3]

II.9. Les origines des systèmes de coordonnées :

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

A la mise sous tension le système ne connaît pas l'origine mesure, les courses mécaniques accessibles sur chacun des axes de la machine sont limitées par des butées fin de course mini et maxi. [5]






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

Tableau.II.2 : Points utilisées dans des MOCN.[5]

Remarque :

Les origines dans les machines sont présentées comme suit :

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

La figure suivante représente la répartition des origines en tournage et en fraisage. [7]

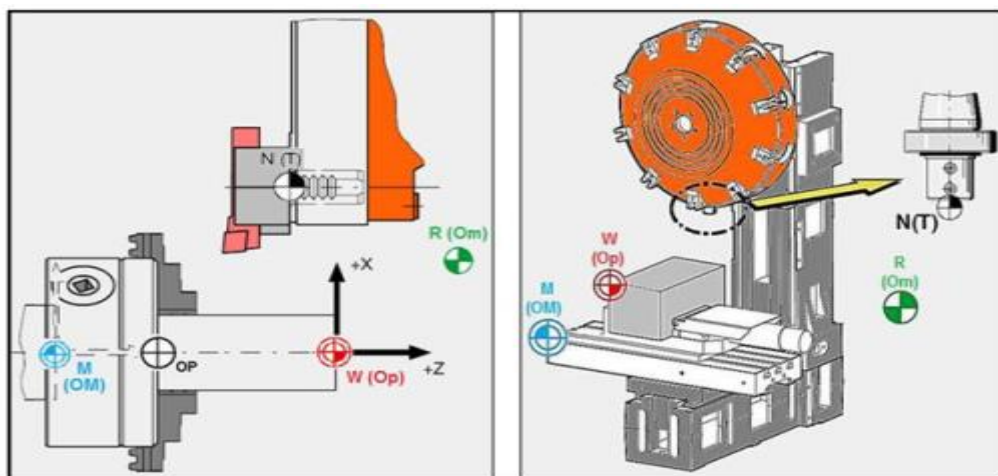


Figure II. 15 : Représentation des origines. [7]

II.10. Décalage et géométrie d'outil :

Don l'espace de travail d'une MOCN. Sont définis différents points de de référence. Ces points sont nécessaires pour le pré réglage et la programmation de la machine.

Nous présenterons les différents points ainsi que leur positionnement dans l'espace de travail d'une MOCN.

La figure.II.16, et figure.II.17, montre les points de référence dans le volume d'usinage.[8]

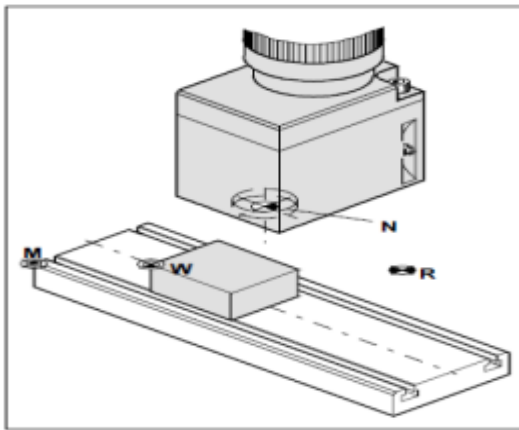


Figure II. 16 : Point de référence dans le volume d'usinage don le cas fraisage. [8]

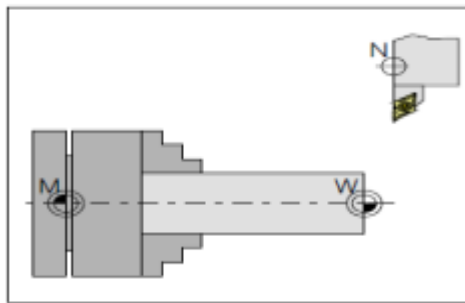


Figure II. 17 : Point de référence dans le volume d'usinage don le cas tournage. [8]

II.10.1. Décalage de l'origine machine :

La position de point « M », l'origine machine, étant très éloignée de la pièce à usiner, ne convient pas en tant que point de départ de la programmation. Donc, il va falloir décaler l'origine machine vers un point qui facilite la programmation. Ce point est l'origine de la pièce. [8]

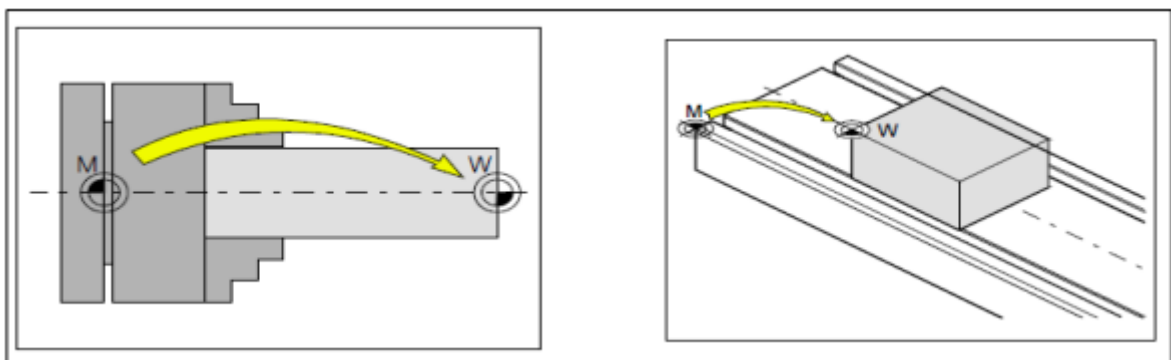


Figure II. 18 : Décalage d'origine de l'origine machine M à l'origine de la pièce W dans le tournage et fraisage. [8]

II.10.2. Géométrie des outils :

La saisie des données de l'outil est nécessaire pour que le logiciel utilise la pointe de l'outil (cas de tournage) ou le centre de l'outil (cas de fraisage) pour le positionnement, et non pas le point de référence du logement de l'outil « F ».

Chaque outil utilisé pour l'usinage doit être mesuré (figure.II.20). Il s'agit ici de calculer l'écart entre le point de référence du logement de l'outil et la pointe respective de l'outil. Une fois que les données sont déterminées. Nous les mémorisons dans le registre des outils. Les données spécifiques à l'outil diffèrent d'un type d'outil à un autre. [8]

*** Données de l'outil : cas de fraisage**

Pour que l'outil soit reconnu par la machine, il faut définir les données suivantes :

- Type de l'outil
- Longueur en direction de X(L1)
- Longueur en direction de Z(L2)
- Rayon de l'outil
- Type de l'outil :

En fraisage, deux types d'outil sont envisagés s'il s'agit d'un foret : c'est le type 10. si l'outil est une fraise axée suivant la direction de z ; c'est le type 20 et si elle est axée suivant X, Y.

En fonction du type de l'outil ; les longueurs de l'outil à mémoriser dans le registre « TOOL » sont illustrées sur la figureII.19. [8]

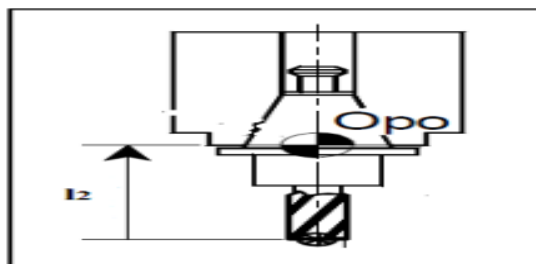


Figure II. 19 : Longueur d'une fraise. [8]

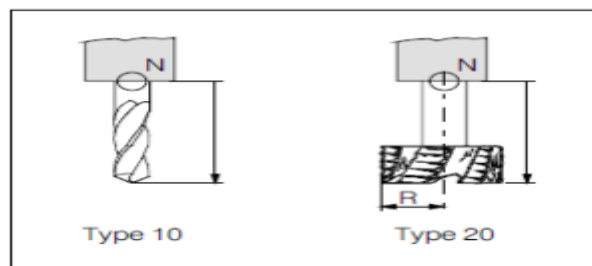


Figure II. 20 : Type de l'outil (cas de fraisage). [8]

Données de l’outil don le cas de tournage

De même, pour que l’outil soit reconnu par la tour, il faut définir les données suivantes :

- Type de l’outil
- Longueur en direction de X(L1)
- Longueur en direction de Z(L2)
- La Rayon de la pointe de l’outil

II.10.3. Type de l’outil :

Pour définir le type de l’outil, nous regardons la fixation de l’outil sur la porte –outil. Les différents types sont donnés par la figure.II.21. [8]

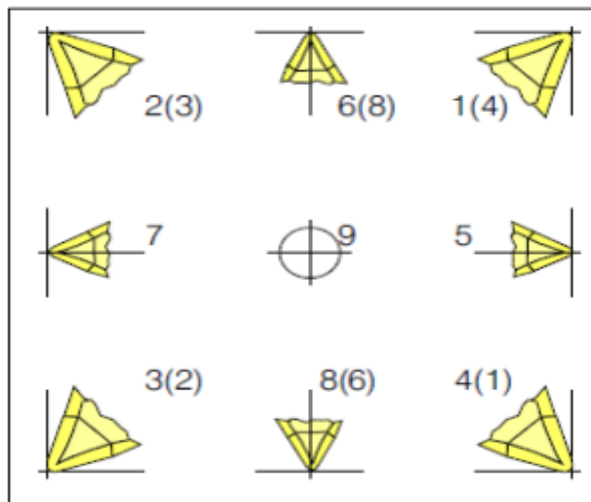


Figure II. 21 : Position du bec des outils. [8]

II.10.4. Longueur de l’outil :

Les longueurs L1 et L2 sont les distances entre le point de référence du logement de l’outil

« F » et la pointe de l’outil en direction de X et de Z respectivement.

Dans le type 1-9, la saisie des données de longueur L2 en direction de Z comme c’est illustre sur la figure.II.22. [9]

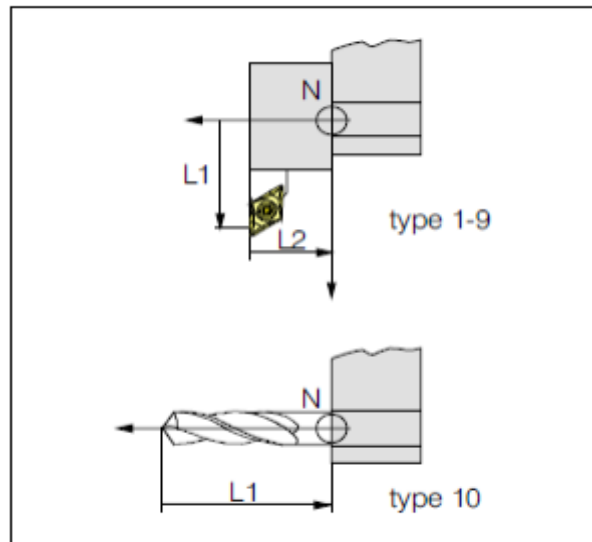


Figure II. 22 : Longueur de l'outil. [9]

II.11. Utilisation des MOCN :

II.11.1. Fonctions d'un opérateur pour MOCN :

- Assurer la fixation de la pièce et des outils ;
- Sélectionner ou choisir les vitesses et les profondeurs de coupe et les avances ;
- Compenser les variations des outils ;
- Vérifier l'état de fonctionnement de la machine ;
- Effectuer les procédures de mise en marche et arrêt de la machine ;
- Contrôler les mouvements d'approche, d'usinage et de retrait des outils ;
- Vérifier la qualité de l'usinage ;

Taches à la fois plus faciles mais plus techniques que pour l'usinage conventionnel.[3]



Figure II. 23 : Opérateur sur machine à commande numérique [3]

II.11.2. Domaine d'utilisation MOCN :

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. [3]

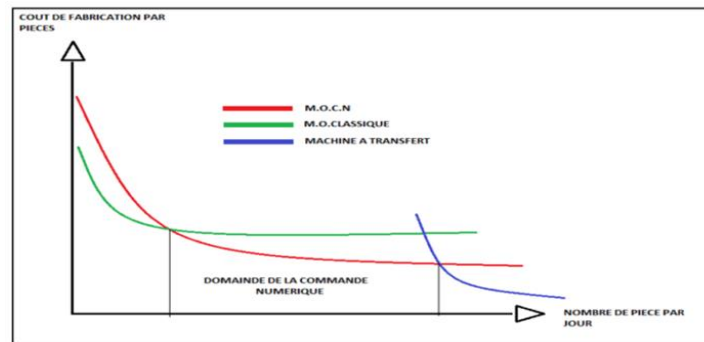


Figure II. 24 : Domaine d'utilisation des MOCN. [8]

II.11.3. Domaines d'application MOCN :

- Usinage (fraisage, tournage, rectification, taillage d'engrenages, affûtage...)
- Découpage (laser, jet d'eau, plasma, chalumeau, électroérosion à fil ...)
- Formage (poinçonnage, grignotage, pliage, cintrage...) [3]

Electroérosion par enfonçage

II.11.4 Avantages et inconvénients des MOCN :

Avantages en production :

- La possibilité de réaliser des pièces complexes, autrement irréalisables sur des machines classiques ;
- Universalité et flexibilité supérieure par rapport aux machines classiques ;
- La diminution des temps d'arrêt pour contrôle dimensionnel et réglages ; diminution des temps morts ; diminution du temps de fixation et dégageage des pièces et outils, surtout avec des systèmes automatisés de changement des outils et pièces palettisées ;
- Meilleur rapport temps de coupe/temps d'arrêt ;
- Moins de surveillance et moins de manœuvres manuelles de la part des opérateurs ;
- Rendement et qualité constantes ;
- Réduction du nombre des machines nécessaires pour une production donnée. [3]

Avantages :

- Amélioration de la précision dimensionnelle ;
- Amélioration de l'état de surface ;
- Possibilité de produire un grand nombre de pièces identiques en un temps réduit ;
- Usinage de formes quelconques ;
- La séparation des phases de préparation et de production des pièces ;

- Changement de production plus facile. [3]

Inconvénients :

- Prix de la machine ;
- Coût horaire plus élevé ;
- Moins de tolérance aux erreurs ;
- Environnement plus contrôlé à cause des systèmes électroniques et de la précision supérieure (température, vibrations, poussières, humidité, etc.) ;
- Frais d'entretien plus élevés à cause de la complexité accrue ; moins des possibilités de réparation à l'interne. [3]

II.12. Langages :

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.

Langages :

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.

***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

***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

***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 :

Chapitre II : Notion sur les machines-outils à commande numérique

* Points virgules pour les commentaires

* Des appels de cycles.

***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.

***Le langage PROFORM**

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

***Le langage MAZATROL**

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).

II.13 Programmation :

Les instructions programmées doivent contenir toutes les données nécessaires à la commande et au séquencement des opérations à réaliser pour assurer l'usinage de la pièce sur la machine. Elles regroupent :

- **les données géométriques** : qui 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. Les positions sont définies par rapport à une origine connue. Certaines instructions viennent compléter les données géométriques en indiquant la nature du traitement numérique qu'elles doivent subir : le mode d'interpolation, le choix du mode de cotation, absolue ou relative, le choix du cycle d'usinage, le choix de l'outil, etc...
- **les données technologiques** : qui précisent, compte tenu des caractéristiques et des performances de la machine (puissance des moteurs d'entraînement, performances de la broche et des organes mobiles), les conditions de coupe optimales dans lesquelles pourra s'effectuer l'usinage. Elles concernent principalement la vitesse de rotation de la broche, les vitesses d'avance et la commande de l'arrosage. [9]

II.13 .1. Codification des instructions :

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

Ce langage utilisé pour décrire les opérations d'usinage sur une MOCN comporte un

Chapitre II : Notion sur les machines-outils à commande numérique

certain nombre de lignes d'écriture appelées blocs d'information, chaque ligne correspondant à une étape particulière du processus d'usinage

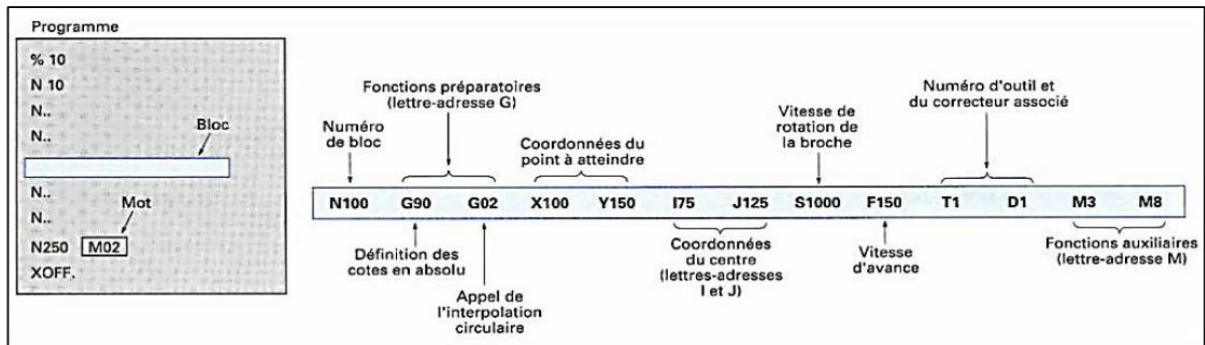


Figure II.25 : structure d'un programme d'usinage avec l'organisation d'un bloc.[9]

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

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

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

À titre d'exemple, les lettres-adresses usuelles retenues par NUM sont indiquées sur la figureII-25:

➤ Les mots numéro de bloc (adresse N suivie d'un nombre de 1 à 5 chiffres) figurent obligatoirement au début de chaque bloc. Un numéro de bloc précédé du signe / permet de sauter le bloc correspondant si l'opérateur le désire ;

➤ Les mots fonction préparatoire (adresse G suivie d'un nombre de 1 à 3 chiffres) définissent le déroulement de certaines fonctions de commande et préparent la CN à exécuter une action bien précise. Ce sont généralement des ordres de déplacement, de décalage, d'appels de cycles spécifiques d'usinage, etc. Les fonctions G peuvent être modales, c'est-à-dire auto maintenues tant qu'elles ne sont pas révoquées par une fonction contradictoire, ou non modales lorsqu'elles ne sont actives que dans le bloc où elles sont programmées. Un bloc d'information peut contenir plusieurs fonctions préparatoires G si elles ne sont pas contradictoires ;

1. Les mots de dimensions ou d'ordre de déplacement, composés d'une adresse accompagnée de sa valeur formatée, sont les suivants :

Chapitre II : Notion sur les machines-outils à commande numérique

- X, Y, Z pour les mouvements principaux ;
- U, V, W pour les mouvements secondaires ;
- I, J, K pour les paramètres d'interpolation ;
- A, B, C pour les coordonnées angulaires.

2. Les mots correspondant aux fonctions diverses sont appelés par les adresses :

- S pour la vitesse de rotation de la broche,
- F pour la vitesse d'avance demandée aux organes mobiles,
- T pour le numéro d'outil,
- D pour le numéro du correcteur d'outil,
- R pour la programmation d'un cercle par son rayon en interpolation circulaire ;
- les mots fonctions auxiliaires (adresse M suivie d'un nombre de 1 à 3 chiffres)

servent essentiellement à la programmation des fonctions de commutation de la machine. Les fonctions auxiliaires peuvent être modales ou non modales, ou encore des fonctions avant ou après selon qu'elles sont exécutées avant ou après le déplacement programmé dans le bloc. [9]

Remarque

Le programme décrit toutes les opérations que doit exécuter la machine pour réaliser des pièces conformes au dessin de définition.

La programmation: c'est l'écriture du programme en prévoyant tous les événements possibles.

Il est possible de distinguer deux objectifs:

- Minimiser le coût de la fabrication des pièces;
- Produire le maximum de pièce.

En général il faut faire des compromis:

- **En petite série:** réduire le temps de programmation par l'emploi de programmes types et en utilisant au mieux l'expérience acquise.
- **En grande série :** optimiser toutes les opérations[9]

II.13.2. Le contexte de la programmation :

Il existe une norme définissant la désignation des mouvements des machines et un autre définissant le langage de programmation. Ce langage est appelé ISO ou G-code. La norme est ancienne (1969), et le langage qu'elle définit est inadapté à une programmation propre et structurée. Ceci explique la prolifération de langage dit de **FAO** (Fabrication assiste par ordinateur) .

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

Chapitre II : Notion sur les machines-outils à commande numérique

des structures de données. . .

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

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

En effet les calculs que nécessite le contrôle seraient très difficiles à programmer dans un tel langage. Il en est de même pour de nombreux types de machines : robots, machines de stéréolithographie. [9]

II.13.3. Le Programme :

Il doit être lisible. de nombreux opérateurs différents sont amenés à le lire

- Programmeurs ;
- Régleurs ;
- Opérateurs ;
- Opérateurs de maintenance ; [10]

Commenter et structurer le programme :

Un programme vit :

- Séries renouvelables ;
- Pièces de mêmes familles ; [9]

A. Exemple de structure d'un programme :

```
%10 (EXEMPLE DE STRUCTURE D'UN  
PROGRAMME)  
(INITIALISATION GENERALE)  
(EBAUCHE)  
(DEMI-FINITION)  
(FINITION)  
(CONTROLE)  
(REMISE EN CONFIGURATION STANDARD)  
(FIN PROGRAMME)
```

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

Chacune de ces parties peut encore être structurée de la même manière. [9]

II.14. Programmation des déplacements :

On définit deux repères. Le repère de programmation lié à la pièce et le repère outil lié à l'outil.

La programmation du déplacement de l'outil est la description du déplacement du repère outil par rapport au repère pièce.

Le déplacement comporte deux aspects : l'aspect géométrique (trajectoire) et l'aspect cinématique (loi d'évolution sur la trajectoire).

La surface usinée est obtenue par l'enveloppe de la trajectoire de l'arête ou des arêtes de coupes de l'outil dans le mouvement relatif de l'outil par rapport à la pièce

La programmation d'un élément de trajectoire se fait dans un contexte initial (position initiale relative de l'outil par rapport à la pièce, état du système de commande) en donnant le type de trajectoire et le point d'arrivée.

Exemples :

G1 X10 Y20 Aller du point initial au point de coordonnées X10 Y20 sur une trajectoire Rectiligne.

G3 X10 Y20 R50 Aller du point initial au point de coordonnées X10 Y20 sur une trajectoire circulaire de rayon 50. Parcourir cette trajectoire dans le sens trigonométrique en choisissant la solution la plus courte.

Chaque ligne (ou bloc) de programme définit un déplacement élémentaire. [9]

II.15. : Les principales fonctions :

- Les fonctions préparatoires G :

Les fonctions préparatoires définissent l'appel de programme résidant dans directeur de commande en vue d'exécuter une action bien définie. Elles sont toutes appelées par la lettre adresse G suivie d'un numéro de 0 inclus à 99 (100 exclu) par exemple G01 ou G1 demande l'exécution d'une interpolation linéaire, alors que l'interpolation circulaire est mise en œuvre par G2 ou G3 suivant le sens de parcours (sens trigonométrique G3, sens horaire G2). Certaines d'entre elles définissent aussi l'informa qui figure à l'aval de leur appel par exemple G90 indique que les coordonnées qui suivent doivent être lues en valeur absolue, alors que G91 mentionne qu'elles doivent être interprétées en valeur relative. Le tableau II.3 exprimer Quelques fonctions préparatoires G. [11]

Chapitre II : Notion sur les machines-outils à commande numérique

Fonction	Définition
G00	Positionnement point par point (avance rapide)
G01	Interpolation linéaire
G02	Interpolation circulaire dans le sens horaire
G03	Interpolation circulaire dans le sens antihoraire
G04	Temps d'arrêt (en secondes)
G17	Plan XY
G18	Plan ZX
G19	Plan YZ
G33	Taillage d'un filet
G40	Désélection de la correction du rayon d'outil
G41	Correction du rayon d'outil à gauche
G42	Correction du rayon d'outil à droite
G45	Addition du rayon d'outil
G46	Soustraction du rayon d'outil
G47	Addition du diamètre d'outil
G48	Soustraction du diamètre d'outil
G64	Cycle d'ébauche
G65	Cycle d'ébauche de gorge
G66	Cycle de défonçage
G72	Cycle de fraisage de poche
G74	Cycle de filetage, taraudage (filet à gauche)
G78	Cycle de filetage
G81	Cycle de perçage
G82	Cycle de perçage – chambrage
G83	Cycle de déburrage
G84	Cycle de taraudage
G85	Cycle d'alésage
G86	Cycle de rainurage
G88	Cycle de surfaçage
G89	Cycle d'alésage avec temporisation
G90	Cotation absolue
G91	Cotation relative

Chapitre II : Notion sur les machines-outils à commande numérique

G92	Avance par minute
G94	Avance par minute
G95	Avance par tour
G96	Vitesse de coupe constante
G97	Vitesse de rotation constante

Tableau II.3 : les fonctions préparatoires G.[11]

- Les fonctions auxiliaires normalisées M :

Les fonctions auxiliaires servent à définir des interruptions de programme et des actions gérées par automate. [11]

Fonction	Définition
M00	Arrêt programmé
M01	Arrêt facultatif
M02	Fin de programme
M03	Rotation de la broche à droite
M04	Rotation de la broche à gauche
M05	Arrêt de la broche
M06	Changement d'outil
M07	Mise en route de l'arrosage n° 2
M08	Mise en route de l'arrosage n° 1
M09	Arrêt de l'arrosage
M20	Retour de contre poupée
M21	Avance de contre poupée
M25	Ouvrir dispositif de serrage
M26	Fermer dispositif de serrage
M30	Fin programme

Tableau II.4 : les fonctions auxiliaires M.[11]

Chapitre II : Notion sur les machines-outils à commande numérique

- Les autres fonctions :

A. Fonction de vitesse de la Broche (S) :

La vitesse de l'outil conformément à la pièce lorsque la pièce est usinée est appelée vitesse d'usinage.

Comme pour la CNC, la vitesse d'usinage peut être spécifiée par la vitesse de la broche en tours/minute. [12]

B. Fonction d'avance (F) :

Le mouvement de l'outil à une vitesse spécifiée pour l'usinage d'une Pièce est appelé avance.

Les vitesses d'avance peuvent être spécifiées à l'aide de chiffres réels. Par Exemple pour déplacer l'outil à une avance de 150 mm/mn il faut Programmer ce qui suit : F150.0.

La fonction qui permet de définir l'avance est appelée fonction avance

Les avances dans les blocs d'interpolation linéaire (G01), dans les blocs AVANCE DE COUPE d'interpolation circulaire (G02, G03), etc. sont commandées par des nombres avec le code F. [12]

C. Sélection de l'Outil pour différents usinage (T) :

Lorsque des perçages, des taraudages, des alésages, des fraisages et autres opérations d'usinage doivent être effectuées, il est nécessaire de sélectionner un outil adéquat. Lorsqu'un numéro est attribué à chaque outil et que le numéro est spécifié dans le programme, l'outil correspondant est sélectionné. [12]

COMMANDE	DESCRIPTION	FORMAT
T	Sélection d'outil	T...
D	Longueur des lames	D...
S	Vitesse de rotation de la broche	S...
F	Avance	F...

Tableau II.5: Les autres fonctions. [12]

II.16. Conclusion :

Nous avons présente dans ce chapitre une recherche bibliographique sur Les machines –outils à commande numérique (MOCN), les commandes les plus utilisées et les Classifications des MOCN, le Décalage et la géométrie d’outil.

L’utilisation des MOCN présente un grand intérêt pour la fabrication en petite et moyenne série, ainsi que pour les formes complexes des pièces à usiner. [5]

Chapitre III :
Etude
Expérimentale
(Usinage
Et programmation)

III.1. Introduction :

La conception du support a été réalisée par une conception CAO sous le logiciel SolidWorks version 2016.

Par conséquent, ce chapitre a été introduit par une première partie donnant une vision générale sur le logiciel CAO/DAO « SolidWorks ».

Ensuite, une deuxième partie qui traite la méthode de la conception en 3D du support en donnant tous les détails ainsi que les différentes étapes de conception. [08]

III.2. Définition du logiciel SolidWorks :

L'utilisation du logiciel SolidWorks 2016 a été choisi vu que je le maîtrise et du fait qu'il est capable de réaliser les différentes formes de notre pièce ; de plus il nous permet d'enregistrer le dessin sous les différents formats (DXF, STL, STEEP, etc...). SolidWorks est un outil de conception de modélisation volumique paramétrée basée sur des fonctions, associatif. [08]

III.2.1. Modèle géométrique :

Le plus complet utilisé dans les systèmes de CAO, utilisant les informations qui relient les géométries du modèle entre elles (exemple : telle surface se rencontre avec telle arête). [08]

III.2.2. Paramétrique :

Les cotes et les relations utilisées pour créer une fonction sont saisies et stockées dans le modèle ; ce qui permet de les changer rapidement et sans difficulté, (Changement de la cote 76 en 116 par exemple). [08]

III.2.3. Basée sur des fonctions :

en effet un modèle SolidWorks est formé d'éléments individuels appelés fonctions. Ce sont des fonctions géométriques telles que les bossages, les enlèvements de matière, les perçages, les congés, les chanfreins. [08]

III.3. Historique :

Créé en 1993 par l'éditeur américain éponyme, SolidWorks a été acheté le 24 juin 1997 par la société Dassault Systèmes.

Parmi les plus grandes organisations utilisant SolidWorks, on peut citer Michelin, AREVA, PatekPhilippe, MegaBlocs, Axiome, ME2C,SACMO, Le Boulch, Robert Renaud et le Ministère de l'Éducation nationale français. [08]

III.4. Fonctionnement :

SolidWorks est un modèleur 3D utilisant la conception paramétrique. Il génère 3 types de fichiers relatifs à trois concepts de base : la pièce, l'assemblage et la mise en plan. Ces fichiers sont en relation. Toute modification à quelque niveau que ce soit est répercutée vers tous les fichiers concernés.

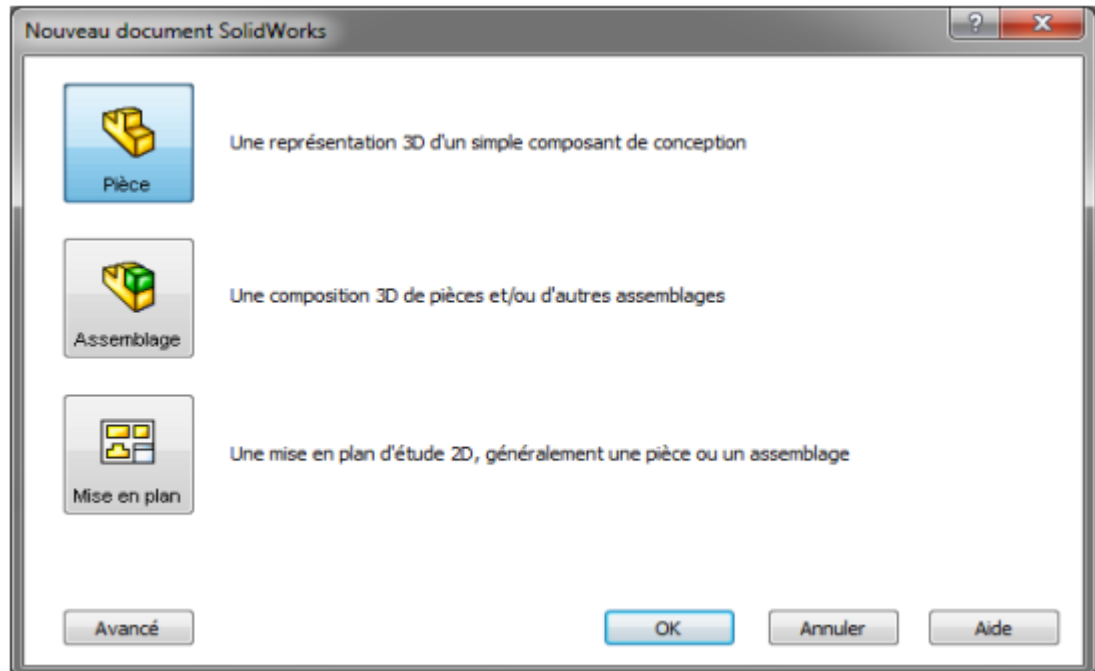


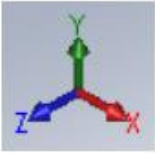
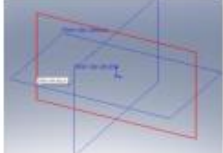
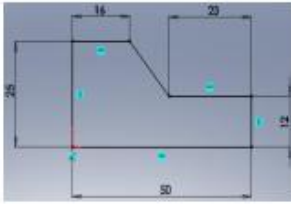
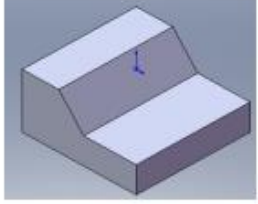
Figure. III. 01. Les trois concepts de base (SOLIDWORKS). [08]

Un dossier complet contenant l'ensemble des relatifs à un même système constitue une maquette numérique. De nombreux logiciels viennent compléter l'éditeur SolidWorks. Des utilitaires orientés métiers (tôlerie, bois, BTP...), mais aussi des applications de simulation mécanique ou d'image de synthèse travaillent à partir des éléments de la maquette virtuelle. [14]

III.4.1. Pièce :

La pièce est l'objet 3D monobloc. La modélisation d'une telle entité dépendra de la culture de l'utilisateur. Comme de nombreux logiciels conviviaux, SolidWorks permet d'aboutir à un même résultat apparent par des voies souvent différentes. C'est lors de la retouche de ces fichiers ou de leur exploitation qu'on appréciera la bonne méthode. Une pièce est la réunion d'un ensemble de fonctions volumiques avec des relations d'antériorité, des géométriques, des relations booléennes (ajout retrait)... Cette organisation est rappelée sur l'arbre de construction. Chaque ligne est associée à une fonction qu'on peut renommer à sa guise. [08]

III.4.1.1. Etapes pour obtenir un volume :

1	2	3	4
Définir une origine	Choisir un plan	Tracer une esquisse	Générer un volume
			

Tableaux III.1. Etapes pour obtenir un volume. [08]

III.4.2. Assemblages :

Les assemblages sont obtenus par la juxtaposition de pièces. La mise en position de pièces est définie par un ensemble des contraintes d'assemblage associant, deux entités respectives par une relation géométrique (coïncidence, tangence, coaxialité...). Dans une certaine mesure, ces associations de contraintes s'apparentent aux liaisons mécaniques entre les pièces. Le mécanisme monté, s'il possède encore des mobilités, peut être manipulé virtuellement. On peut alors aisément procéder à des réglages à l'aide des différents outils disponibles (déplacement composants, détection de collision ou d'interférence, mesure des jeux, etc.) [13]

III.4.2.1. Etapes de l'assemblage :

- a. Ajouter des pièces dans un assemblage.
- b. Déplacer et faire pivoter des composants dans un assemblage.
- c. On peut positionner et orienter les composants à l'aide de contraintes qui créent des relations entre les composants. [13]

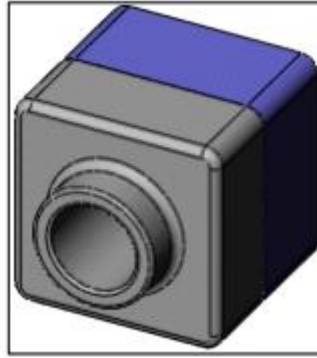


Figure. III. 2. Assemblage d'une pièce[13]

III.4.3. Mise en plan :

Une fois les pièces ou assemblages créés, il est possible de générer automatiquement les mises en plan (représentation 2D) avec insertion automatique des cotes et liaisons entre les vues 2D et le modèle 3D.

De plus, des fonctions d'habillage (texte, hachure, cotation,...) permettent à l'utilisateur d'annoter rapidement un plan.

Pour faire des mises en plan, il est tout d'abord nécessaire d'avoir des fonds de plan pour y projeter les dessins. Ces fonds de plans ont un format (A4, A3,...), une orientation (portrait ou paysage) et contiennent éventuellement un cartouche.

Un certain nombre de fonds de plan de base sont proposés à l'origine, mais il est préférable, avant de commencer, de personnaliser les fonds en plan que l'on utilisera par la suite. [13]

III.4.3.1. Etapes de création d'une mise en plan :

- a. Ouvrir un modèle de mise en plan et éditer un fond de plan.
- b. Insérer des vues standard d'un modèle de pièce.
- c. Ajouter des annotations de modèle et de référence.
- d. Ajouter une autre feuille de mise en plan.
- e. Insérer une vue nommée.
- f. Imprimer la mise en plan . [13]

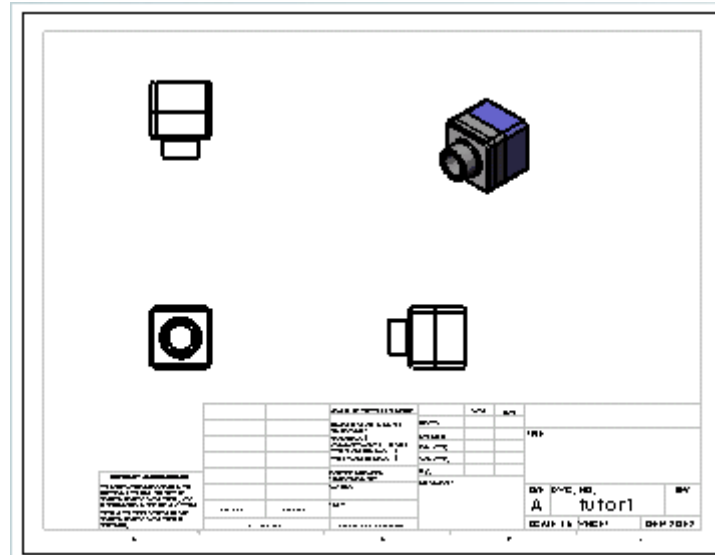


Figure. III. 3. Mise en plan d'une pièce. [13]

III.4.4. Familles de pièces :

Un grand nombre d'objets de la vie courante se présentent sous une variété de tailles, ce qui constitue une famille de ces objets, tels que :

Ecrous et boulons, Pignons de vélos, Roues de voitures, engrenages et poulies,...

Une famille de pièces est une feuille de calcul qui répertorie les différentes valeurs affectées aux cotes et fonctions d'une pièce. C'est un moyen simple de créer plusieurs configurations. Les familles de pièces peuvent être des produits variant dans leurs tailles, dimensions, poids et capacités. [13]

L'utilisation des familles de pièces requiert l'application Microsoft Excel

III.4.4.1. Etapes de la création d'une famille de pièce :

- a. Renommer les fonctions et les cotes
- b. Afficher les cotes de fonctions
- c. Lier les valeurs des cotes de modèle
- d. Définir et vérifier les relations géométriques
- e. Créer une famille de pièces
- f. Afficher les configurations de pièces
- g. Editer une famille de pièces. [13]

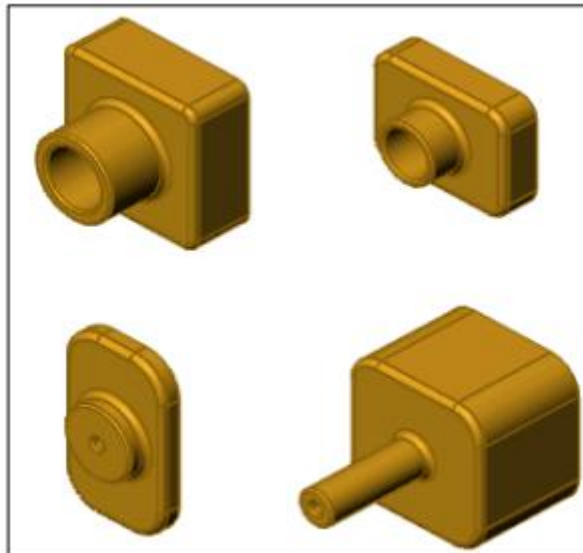
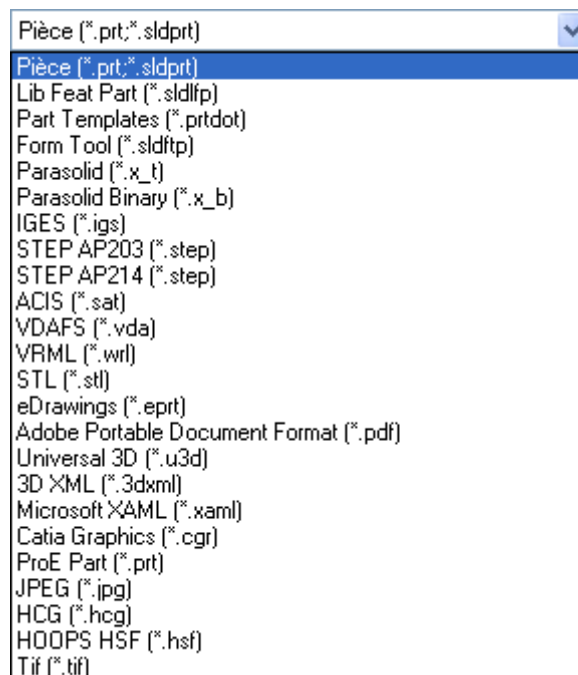


Figure. III. 4. Famille de pièce. [13]

III.5. Convertisseurs des formats de fichier :

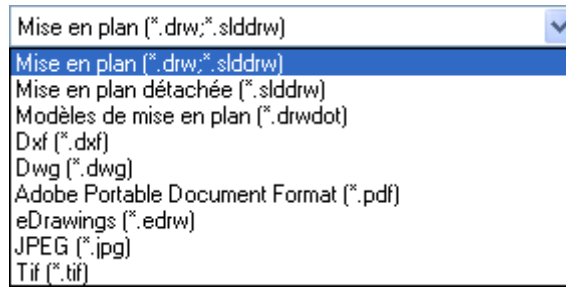
III.5.1. Type des formats des pièces :

SolidWorks comporte en effet des convertisseurs de format de fichier pour tous les types de données CAO notamment : [14]



III.5.2. Types des formats de mise en plan :

Il comporte d'autres formats de fichier dans la mise en plan notamment. [14]



III.6 Présentation des machines utilisées :

III.6.1. Les machines conventionnelles :

III.6.1.1. Les tours conventionnel :

Les tours (**Figure III.5**) permettent de réaliser des surfaces hélicoïdales (filetage) et des surfaces de révolution cylindre, cônes et plans (génératrice perpendiculaire à l'axe de révolution). L'utilisation principale de ces machines est l'usinage des arbres. La pièce, généralement tenue par le mandrin, a un mouvement de rotation (mouvement de coupe) transmis par la broche. L'outil peut se déplacer en translation suivant deux directions. Ces deux directions, perpendiculaires entre elles, appartiennent à un plan auquel l'axe de la broche est parallèle. Le premier mouvement de translation est parallèle à l'axe de la broche. Le deuxième mouvement de translation est Perpendiculaire à l'axe de la broche.

Description :

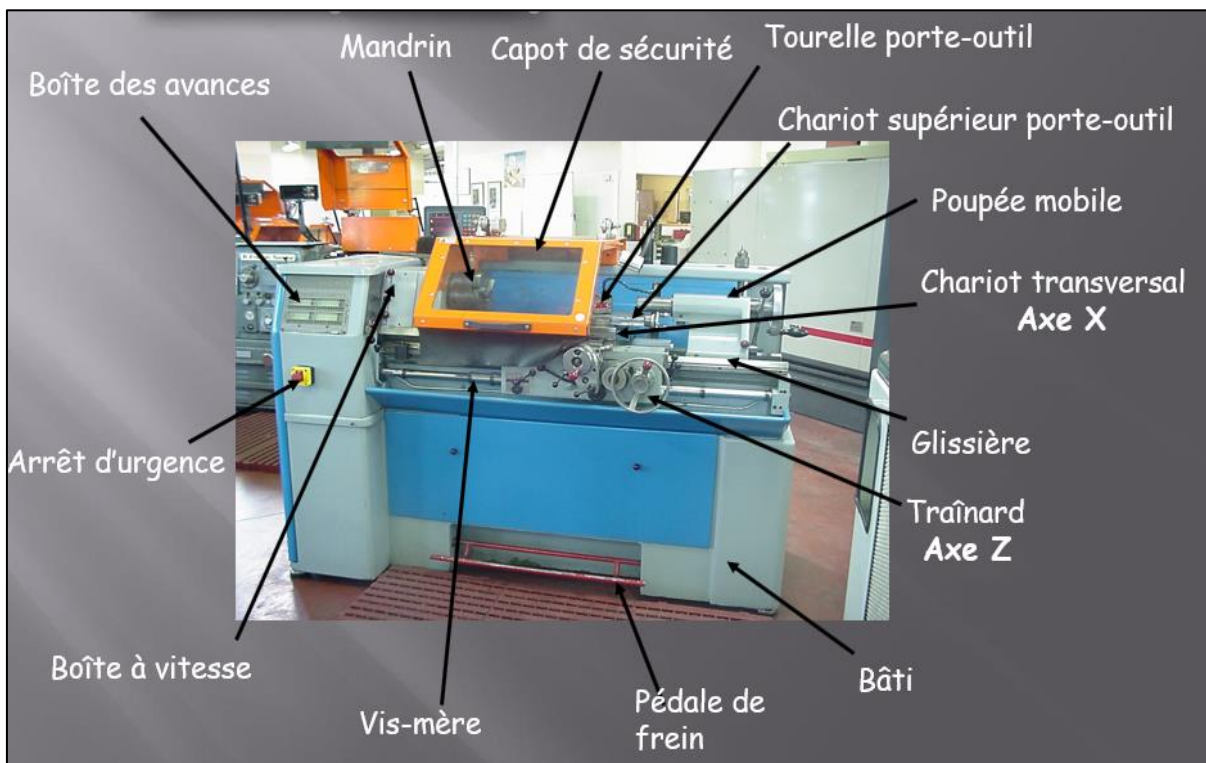


Figure. III.5. Tour conventionnel

II.6.1.2 La fraiseuse conventionnelle :

Une fraiseuse est une machine-outil utilisée pour usiner tous types de pièces mécaniques, à l'unité ou en série, par enlèvement de matière à partir de blocs ou parfois d'ébauches estampées ou moulées, à l'aide d'un outil coupant nommé fraise

Description :

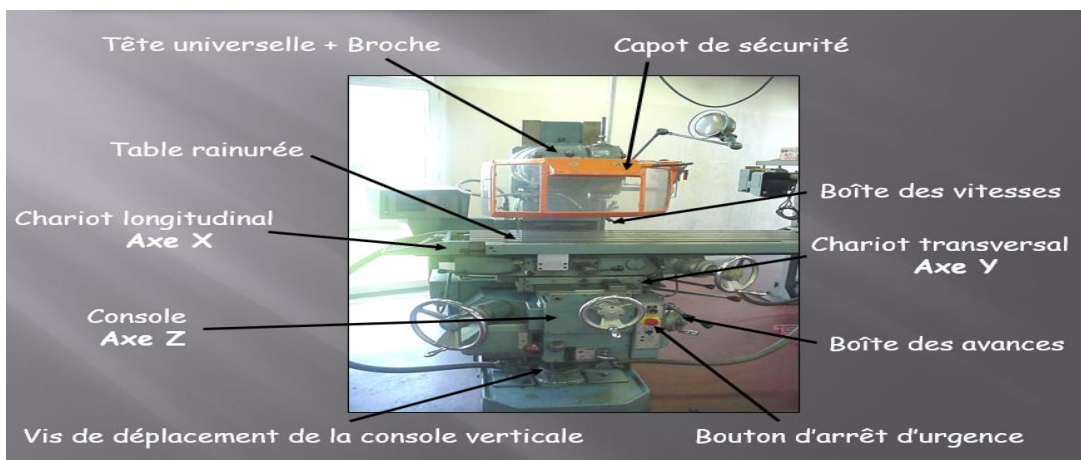


Figure. III.6. Fraiseuse conventionnelle

III.6.2. Les machines numériques :

III.6.2.1. Le tour à commande numérique :

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 control*, francisé en « commande numérique par ordinateur »

Description :



Figure. III.7. Tour à commande numérique

III.6.2.2. La fraiseuse à commande numérique :

Les fraiseuses ont supplanté certaines machines (raboteuses, étaux limeurs) pour l'usinage de surfaces planes.

-L'appellation « fraiseuse à commande numérique » n'est pas très utilisée, on parlera plutôt de centre d'usinage 3 axes



Figure. III.8. Fraiseuse à commande numérique

III.7. Description d'une Matrice d'emboutissage M2:

Description de la matrice d'emboutissage :

Matrice d'emboutissage est une outil principale dans la procédé d'emboutissage qui pratique à l'aide de presses à emboutir de forte puissance munies d'outillages spéciaux qui comportent, dans le principe, trois pièces :

- une matrice inférieure, en creux, qui épouse la forme extérieure de la pièce.
- une matrice supérieure, en relief, qui épouse sa forme intérieure en réservant l'épaisseur de la tôle.
- un serre-flan qui entoure le poinçon, s'applique contre le pourtour de la matrice et sert à coincer la tôle pendant l'application du poinçon.

III.8. Gamme d'usinage :

Pour réaliser notre pièce modèle (Matrice d'emboutissage M2) on a suivi les différentes phases « voire les détails dans chapitre iv »

III.9. Etapes de réalisation la pièce :

Suite aux analyses effectuées sur la pièce modèle (La nuance et la dureté), on procède de leur réalisation en élaborant leur gamme de fabrication à savoir :

- (1) Dessin de définition
- (2) Gamme d'usinage
- (3) Traitement thermique
- (4) Emballage et stockage

III.10. Les procédures de production :

III.10.1. les procédures de production avec des machines conventionnelles :

1^{er} Etape Débitage :

Dans cette procédure, nous choisissons le matériau XC 45, la pièce brute choisie est de 61 mm de longueur et de 100 mm de diamètre, est débitée à partir d'une barre de 3 mètres, nous la coupons avec la scie ultradiom tenant la barre avec (Etau en v) et utilisant l'outil de coupe (Fraise-scie), il a fallu 2 minutes pour terminer.

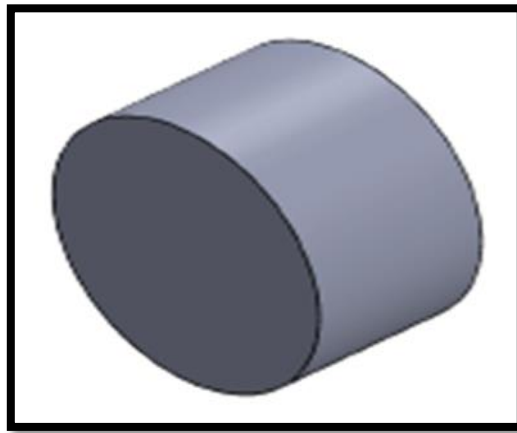


Figure. III. 9. Débitage

2^{eme} Etape forgeage:

Le forgeage concerne l'ensemble des méthodes de mise en forme des matériaux par chocs ou par pression des métaux, à chaud ou à froid, afin de produire des pièces semi-finies de formes et dimensions choisies.

Le forgeage regroupe plusieurs techniques, telles que le forgeage libre, le forgeage à froid (ou par extrusion), le forgeage par estampage, le forgeage par matriçage, et enfin le forgeage par laminage.

Dans ce cas, nous avons appliqué Le FORGEAGE LIBRE (à Chaud) :

Le forgeage libre est la plus ancienne technique : il s'effectue à chaud soit manuellement, en frappant le métal posé sur une enclume avec un marteau ou un pilon, soit avec l'aide d'une presse hydraulique puissante. Ainsi, on obtient des ébauches ou des pièces mécaniques brutes, prêtes à être usinées, et dont la résistance est améliorée grâce au processus de forgeage. C'est une technique qui permet de produire des petites séries ou des pièces à l'unité

car elle requiert peu d'outils, .On à forgé la pièce selon les dimensions de la longueur 110 mm , Largeur 48 mm et épaisseur 90 mm. il a fallu 20 minutes pour terminer.

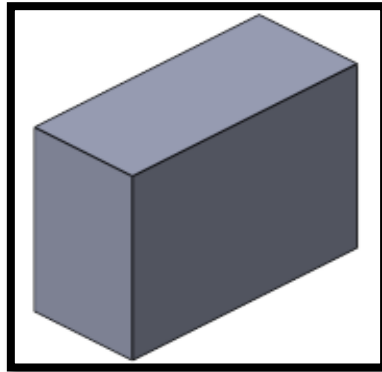


Figure. III. 10. Forgeage

3^{ème} Etape traitement thermique (recuit) :

Le **recuit** d'une pièce métallique ou d'un matériau est un procédé correspondant à un cycle de chauffage. Celui-ci consiste en une étape de montée graduelle en température suivie d'un refroidissement contrôlé. Cette procédure, courante en sciences des matériaux, permet de modifier les caractéristiques physiques du métal ou du matériau étudié. Cette action est particulièrement employée pour faciliter la relaxation des contraintes pouvant s'accumuler au cœur de la matière, sous l'effet de contraintes mécaniques ou thermiques, intervenant dans les étapes de synthèse et de mise en forme des matériaux. À l'occasion d'un recuit, les grains (monocristaux) de matière se reforment et retrouvent en quelque sorte, leur « état d'équilibre ».

Le recuit est également utilisé pour changer les propriétés magnétiques d'une pièce. L'opération a été réalisée dans un four, ce qui a duré 12 heures

4^{ème} Etape surfaçage :

Fraisage sont un rendement élevé, un bon fini de surface et une haute précision, ainsi qu'une grande souplesse au niveau de la génération de différentes formes Et pour atteindre les vraies dimensions , pour cette pièce qui la longueur 100 mm , Largeur 40 mm et épaisseur 80 mm nous fixons la pièce sur la machine de fraiseuse verticale avec un étai de fraisage, on utilise l'outil fraise 80 pour l'enlève de matière, le temps de cette opération prend 60 (min).

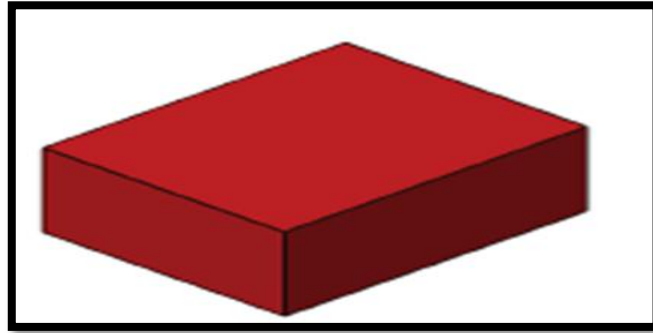
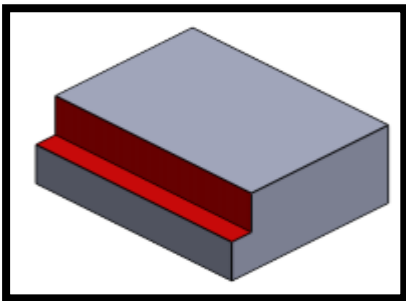


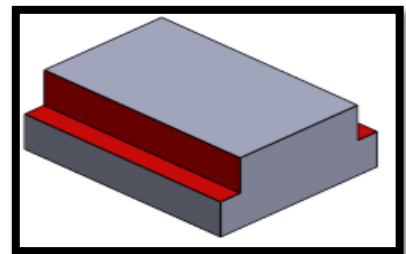
Figure. III. 11. Surfaçage

5^{ème} Etape fraisage :

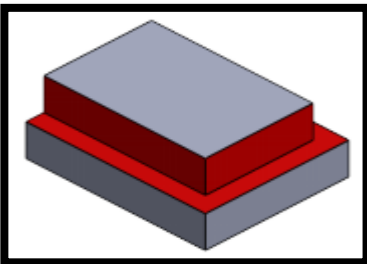
Le fraisage est une technique d'usinage qui consiste à enlever, à l'aide d'un outil coupant appelé fraise, de la matière sur une pièce initiale pour obtenir une pièce finale. La fraise est munie de dents et est de forme variable, dans cette étape nous fixons la pièce sur la machine de fraiseuse verticale avec un étau de fraisage et nous avons enlevé le matière avec l'outil (fraise 80) , 20 mm de profondeur et 10 mm d'épaisseur, le temps de cette opération prend 130 minutes.

Selon quatre phases :

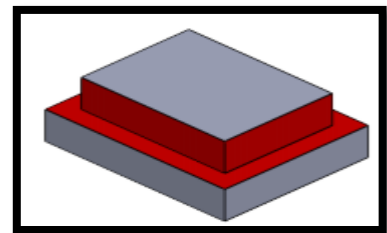
fraisage de la face



fraisage de l'autre face



fraisage de la face droite



fraisage de la face gauche

6^{ème} Etape fraisage :

Sur la machine de fraiseuse verticale on conduit une opération de rainurage :

rainurage :

dans cette étape nous fixons la pièce sur le même machine de fraiseuse verticale avec un étau de fraisage et nous avons réalisé la rainure pour faire le profondeur 10mm , longueur 30 mm, largeur 20mm et 10mm de rayon à l'aide de l'outil fraise (20) , le temps de cette opération est 15 minutes .

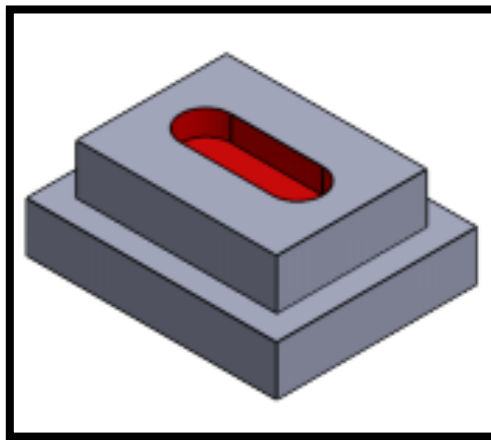


Figure. III. 12. rainurage

7^{ème} Etape perçage :

Avant ce procédé , nous avons d'abord effectué l'opération de centrage, nous fixons la pièce par un étau de perçage sur la machine de perceuse pour centrer les quatre trous symétriques (centrage) par l'outil foret à centrer, ensuite sur le même machine nous avons percé les 4 trous symétriques à l'aide de foret 8 mm de diamètre et 5 mm de profondeur, cette opération a pris le temps de 30 minutes

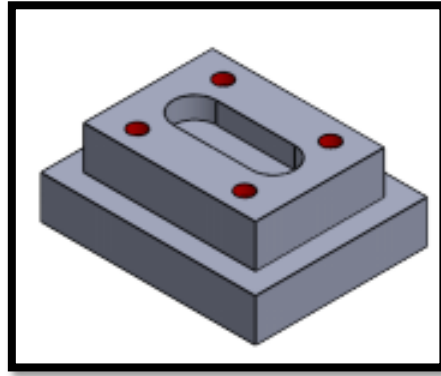


Figure. III. 13. Perçage

8^{ème} Etape Affûtage :

est une Action d'affûter un outil pour en reconstituer le profil de coupe lorsque les arêtes tranchantes sont usées. (Cette opération se fait à la meule ou à la machine à affûter.), le temps de cette opération est 1h.

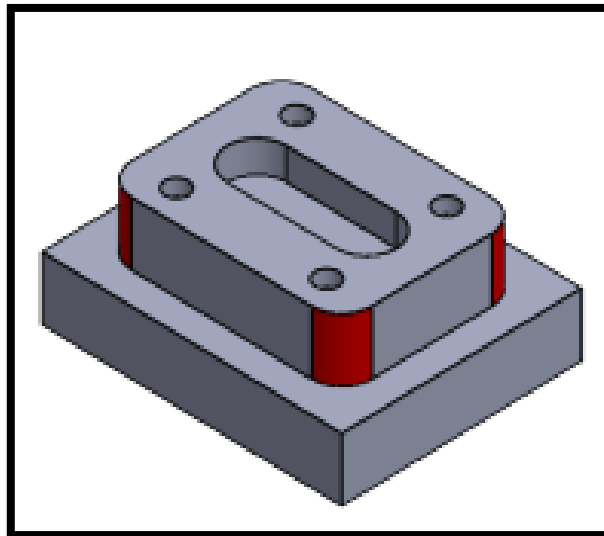


Figure. III. 14. Affûtage

9^{ème} Etape Traitement thermique :

Pour l'augmentation des caractéristiques mécaniques de nos pièces, on opte pour des traitements thermiques qui consistent à faire subir nos pièces à un chauffage à 850°C et un maintien de 10min, puis refroidissement à l'eau qui a une température de 60°C. Ce procédé s'appelle la trempe. Ensuite, Nous avons fait un dernier traitement pour contrôler la dureté appelé revenu un maintien de 30min.

Après le traitement il faut faire le Contrôle de dureté de la pièce suivant l'exigence technique de traitement , après vérification avec appareil de mesure de dureté (ROCKWELL) nous avons trouvé HRC (55).

10^{ème} Etape Rectification :

pour des exigences de fonctionnalité de quelque cotes nous sommes obligé de passer par une phase de rectification qui sert à éliminer les défauts de l'usinage et les déformations dus au traitement thermique et Pour se préparer à l'étape de traitement de surface (bleuissage).

le temps de cette opération est 50 minutes

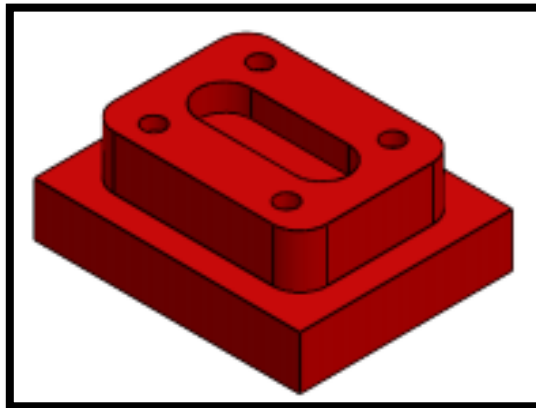


Figure. III. 15. Rectification

11^{ème} Etape Bleuissage : pour la protection contre la corrosion.

12^{ème} Etape : Emballage avec certificat de qualité (livraison).

III.10.2. Les procédures de production avec des machines command numérique (CNC) :**1^{er} Etape Débitage :**

Dans cette procédure, nous choisissons le matériau XC 45, la pièce brute choisie est de 61 mm de longueur et de 100 mm de diamètre, est débitée à partir d'une barre de 3 mètres, nous la coupons avec la scie ultradiom tenant la barre avec (Etau en v) et utilisant l'outil de coupe (Fraise-scie), il a fallu 2 minutes pour terminer.

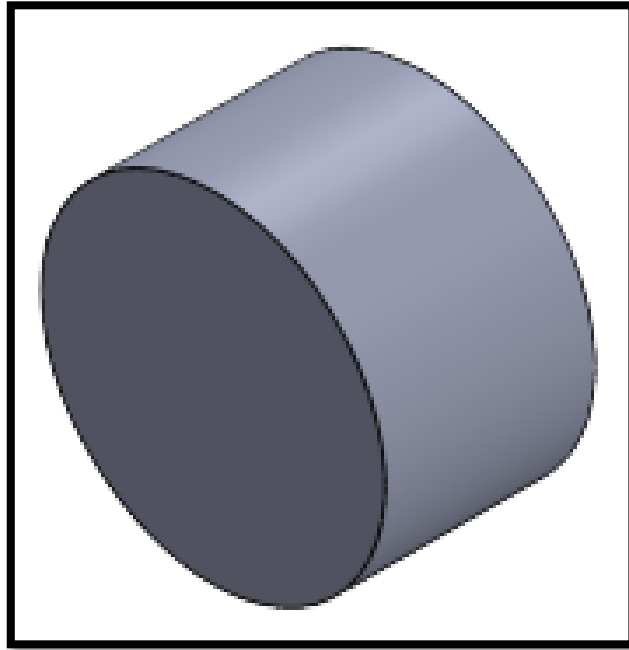


Figure. III. 16. Débitage

2^{ème} Etape forgeage :

Le forgeage concerne l'ensemble des méthodes de mise en forme des matériaux par chocs ou par pression des métaux, à chaud ou à froid, afin de produire des pièces semi-finies de formes et dimensions choisies.

Le forgeage regroupe plusieurs techniques, telles que le forgeage libre, le forgeage à froid (ou par extrusion), le forgeage par estampage, le forgeage par matriçage, et enfin le forgeage par laminage.

Dans ce cas , nous avons appliqué Le FORGEAGE LIBRE (à Chaud) :

Le forgeage libre est la plus ancienne technique : il s'effectue à chaud soit manuellement, en frappant le métal posé sur une enclume avec un marteau ou un pilon, soit avec l'aide d'une presse hydraulique puissante. Ainsi, on obtient des ébauches ou des pièces mécaniques brutes, prêtes à être usinées, et dont la résistance est améliorée grâce au processus de forgeage. C'est une technique qui permet de produire des petites séries ou des pièces à l'unité car elle requiert peu d'outils, .On à forgé la pièce selon les dimensions de la longueur 110 mm , Largeur 48 mm et épaisseur 90 mm. il a fallu 20 minutes pour terminer.

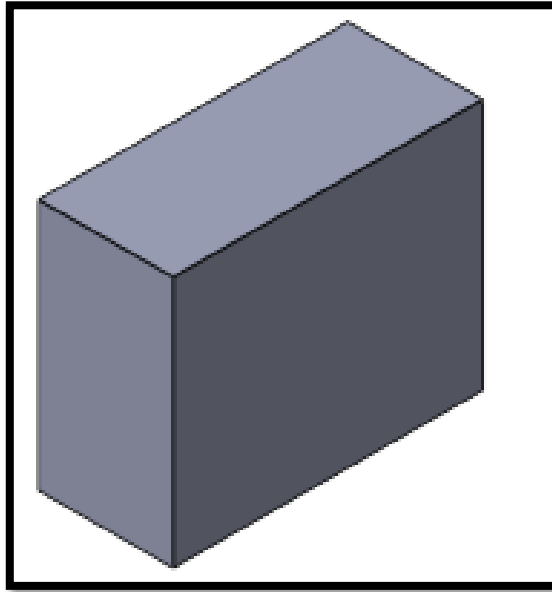


Figure. III. 17. Forgeage

3^{ème} Etape traitement thermique (recuit) :

Le **recuit** d'une pièce métallique ou d'un matériau est un procédé correspondant à un cycle de chauffage. Celui-ci consiste en une étape de montée graduelle en température suivie d'un refroidissement contrôlé. Cette procédure, courante en sciences des matériaux, permet de modifier les caractéristiques physiques du métal ou du matériau étudié. Cette action est particulièrement employée pour faciliter la relaxation des contraintes pouvant s'accumuler au cœur de la matière, sous l'effet de contraintes mécaniques ou thermiques, intervenant dans les étapes de synthèse et de mise en forme des matériaux. À l'occasion d'un recuit, les grains (monocristaux) de matière se reforment et retrouvent en quelque sorte, leur « état d'équilibre ».

Le recuit est également utilisé pour changer les propriétés magnétiques d'une pièce. L'opération a été réalisée dans un four, ce qui a duré 12 heures

4^{ème} Etape surfaçage :

Fraisage sont un rendement élevé, un bon fini de surface et une haute précision, ainsi qu'une grande souplesse au niveau de la génération de différentes formes Et pour atteindre les vraies dimensions , pour cette pièce qui la longueur 100 mm , Largeur 40 mm et épaisseur 80 mm nous fixons la pièce sur la machine de fraiseuse verticale avec un étai de fraisage, on utilise l'outil fraise 80 pour l'enlève de matière, le temps de cette opération prend 60 (min).

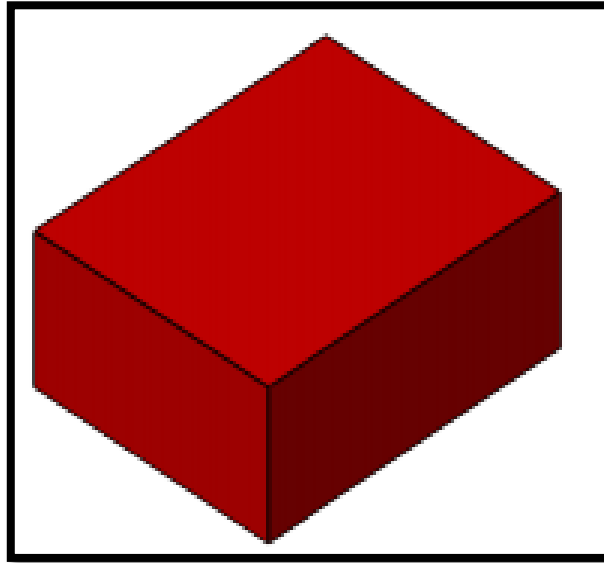


Figure. III. 18. surfaçage

5^{ème} Etape fraisage CNC :

Le programmation de cette machine (Fraiseuse UGV FN03 Lagun 1200) pour produises la pièce et fait par l'ogiciel de camworks, un langage codé appelé langage Hiendehien, après ça nous fixons la pièce dans la machine avec un étau de fraisage, après de régler l'OP la machine début de faire un contournage pour obtenir le profondeur 20mm et épaisseur 10mm sur quatre faces avec un outil fraise 2 taille (20mm) , après elle réalise la rainurage pour faire le profondeur 10mm , longueur 30 mm, largeur 20mm et 10mm de rayon à l'aide de le même outil fraise 2 taille (12mm), enfin la machine a été percé quatre trous symétrique dans la pièce à l'aide de fraise 2 taille (8mm), elle prend 30 min.

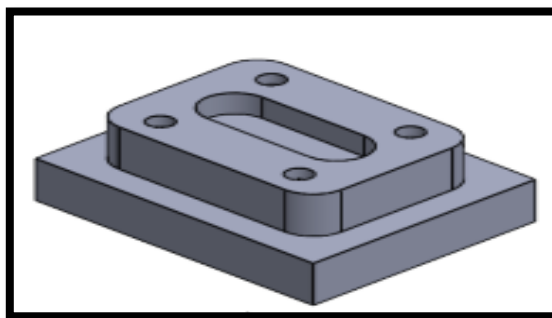


Figure. III. 19. fraisage CNC

6^{ème} Etape Traitement thermique :

Pour l'augmentation des caractéristiques mécaniques de nos pièces, on opte pour des traitements thermiques qui consistent à faire subir nos pièces à un chauffage à 850°C et un maintien de 10min, puis refroidissement à l'eau qui a une température de 60°C. Ce procédé s'appelle la trempe. Ensuite, Nous avons fait un dernier traitement pour contrôler la dureté appelé revenu un maintien de 30min.

Après le traitement il faut faire le Contrôle de dureté de la pièce suivant l'exigence technique de traitement , après vérification avec appareil de mesure de dureté (ROCKWELL) nous avons trouvé HRC (55).

7^{ème} Etape Rectification :

pour des exigences de fonctionnalité de quelque cotes nous sommes obligé de passer par une phase de rectification qui sert à éliminer les défauts de l'usinage et les déformations dus au traitement thermique et Pour se préparer à l'étape de traitement de surface (bleuissage). le temps de cette opération est 50 minutes

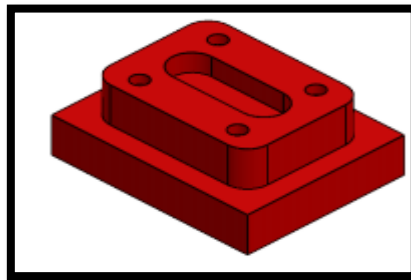


Figure. III. 20. Rectification

8^{ème} Etape Bleuissage : pour la protection contre la corrosion.

9^{ème} Etape : Emballage avec certificat de qualité (livraison).

III.11. La programmation :

%0001 (Fraisage de contour)

N1 G21

N2 (20MM CRB 2FL 38 LOC)

N3 G91 G28 X0 Y0 Z0

N4 T05 M06

N5 S2000 M03

N6 (Fraisage de contour)

N7 G90 G54 G00 X-50. Y80.

N8 G43 Z3.051 H05 M08

N9 G01 Z-.4 F650.

N10 G17 X-20. F950.

N11 G02 X0 Y60. I0 J-20.

N12 G01 Y20.

N13 G02 X-20. Y0 I-20. J0

N14 G01 X-80.

N15 G02 X-100. Y20. I0 J20.

N16 G01 Y60.

N17 G02 X-80. Y80. I20. J0

N18 G01 X-50.

N19 G00 Z3.051

N20 G01 Z-.8 F650.

- - -

- - -

- - -

N548 G01 Z-20. F650.

N549 X-20. F950.

N550 G02 X0 Y60. I0 J-20.

N551 G01 Y20.

N552 G02 X-20. Y0 I-20. J0

N553 G01 X-80.

N554 G02 X-100. Y20. I0 J20.

N555 G01 Y60.

N556 G02 X-80. Y80. I20. J0

N557 G01 X-50.

N558 G00 Z3.051

N559 Z25. M09

N560 G91 G28 Z0

N561 G28 X0 Y0

N562 M30

%0002(rainurage)

N1 G21

N2 (12MM CRB 2FL 25 LOC)

N3 G91 G28 X0 Y0 Z0

N4 T03 M06

N5 S2000 M03

N6 (rainurage)

N7 G90 G54 G00 X-50. Y44.

N8 G43 Z3. H03 M08

N9 G01 Z-.4 F650.

N10 G17 X-65. F950.

N11 G03 Y36. I0 J-4.

N12 G01 X-35.

N13 G03 Y44. I0 J4.

N14 G01 X-50.

N15 G00 Z3.

N16 G01 Z-.8 F650.

- - -

- - -

- - -

N177 G01 Z-10. F650.

N178 X-65. F950.

N179 G03 Y36. I0 J-4.

N180 G01 X-35.

N181 G03 Y44. I0 J4.

N182 G01 X-50.

N183 G00 Z3.

N184 Z25. M09

N185 G91 G28 Z0

N186 G28 X0 Y0

N187 M30

%0003 (perçage)

N1 G21

N2 (8MM CRB 4FL 20 LOC)

N3 G91 G28 X0 Y0 Z0

N4 T14 M06

N5 S2000 M03

N6 (perçage)

N7 G90 G54 G00 X-75. Y60.

N8 G43 Z3. H14 M08

N9 G01 Z-.4 F650.

N10 G17 X-74.5 F950.

N11 G03 I-.5 J0

N12 G00 Z3.

N13 X-75.

N14 Z2.6

N15 G01 Z-.8 F650.

- - -

- - -

N81 G01 Z-5. F650.

N82 X-74.5 F950.

N83 G03 I-.5 J0

N84 G00 Z3.

N85 Z25.

N86 X-75. Y20.

N87 Z3.

N88 G01 Z-.4 F650.

N89 X-74.5 F950.

N90 G03 I-.5 J0

N91 G00 Z3.

N92 X-75.

N93 Z2.6

N94 G01 Z-.8 F650.

- - -

- - -

N160 G01 Z-5. F650.

N161 X-74.5 F950.

N162 G03 I-.5 J0

N163 G00 Z3.

N164 Z25.

N165 X-25.

N166 Z3.

N167 G01 Z-.4 F650.

N168 X-24.5 F950.

N169 G03 I-.5 J0

N170 G00 Z3.

N171 X-25.

N172 Z2.6

N173 G01 Z-.8 F650.

- - -

- - -

N239 G01 Z-5. F650.

N240 X-24.5 F950.

N241 G03 I-.5 J0

N242 G00 Z3.

N243 Z25.

N244 X-25. Y60.

N245 Z3.

N246 G01 Z-.4 F650.

N247 X-24.5 F950.

N248 G03 I-.5 J0

N249 G00 Z3.

N250 X-25.

N251 Z2.6

N252 G01 Z-.8 F650.

- - -

- - -

N318 G01 Z-5. F650.

N319 X-24.5 F950.

N320 G03 I-.5 J0

N321 G00 Z3.

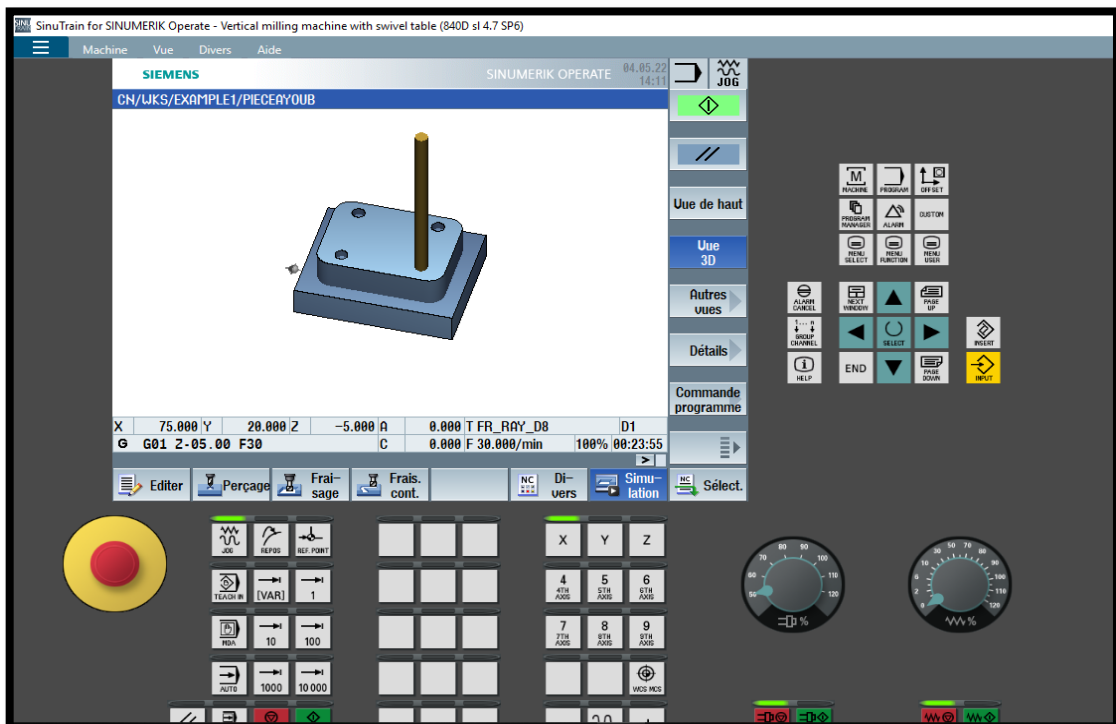
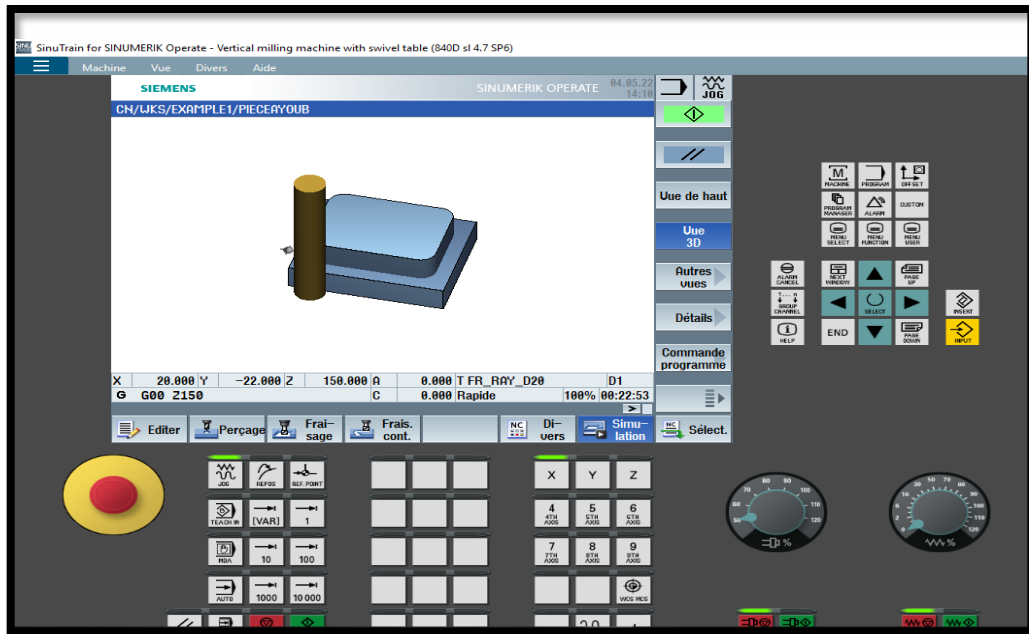
N322 Z25. M09

N323 G91 G28 Z0

N324 G28 X0 Y0

N325 M30

III.12. Simulation de la pièce par (Sinutrain for sinumerik):



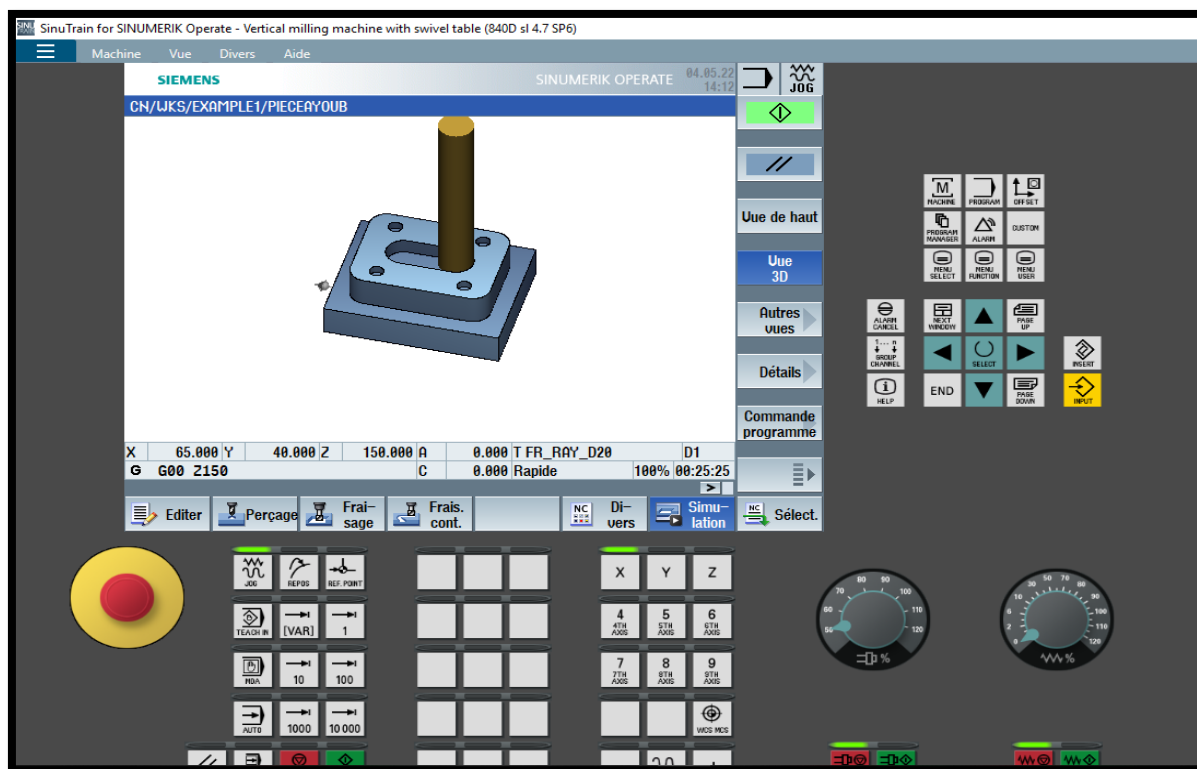


Figure III.21. Les différentes étapes de simulation

III.14. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons montré les étapes de conception et les étapes de réalisation de notre pièce et les machines utilisées (machine conventionnelle et numérique) pour fabriquer cette pièce (d'une Matrice d'emboutissage M2), enfin les étapes de simulation.

**Chapitre IV : la
gamme d'usinage
classique et gamme
d'usinage par
MCN**

III.13. Etude de Gamme d'usinage :

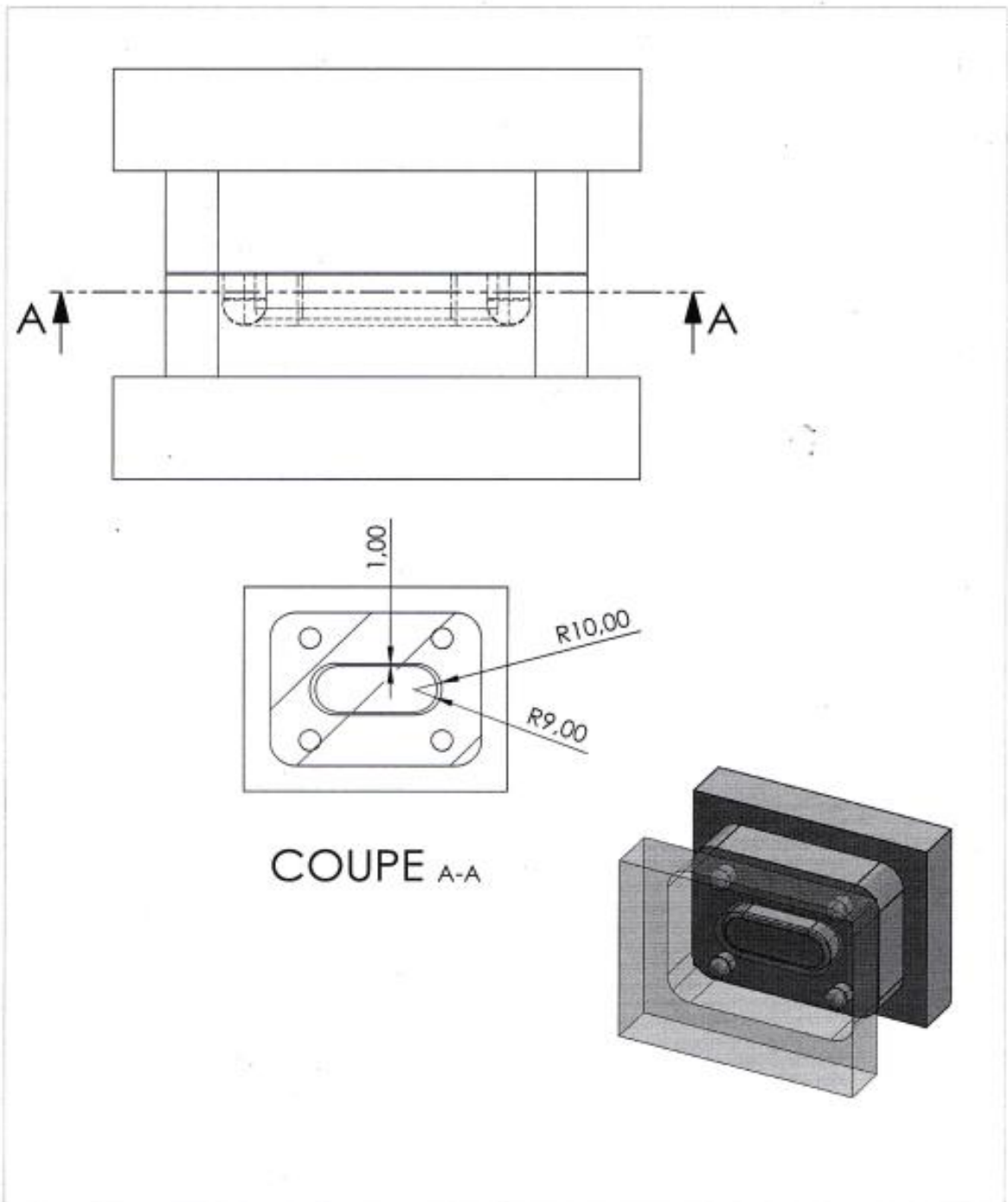
III.13.1. Gamme d'usinage classique :



Chapitre IV : la gamme d'usinage classique et gamme d'usinage par MCN

		4	3	2	1				
F	Procédé technologique d'usinage				Élément : Matrice d'emboutissage M2				
	E	N° Phase	N° opér	Brut		Pièce fini		Dimension à débiter	
Poids net en 6kg				100X80X40		Ø100X 61		Marque de matière: Acie rond XC45	
D	Désignation d'opération								
			1	1	Débitage de la matière.				
			2	1	Forgeage libre.				
			3	1	Traitement Thermique(Recuit).				
			4	1	Surfaçage.				
			5	1	Fraisage.				
			6	1	Fraisage.				
			7	1	Fraisage.				
			8	1	Fraisage.				
			9	1	Fraisage.				
			10	1	Perçage.				
			11	1	Affûtage.				
			12	1	Traitement Thermique.				
B			13	1	Rectification.				
	A		Dessiné		- Fellah Ayoub. - Bouziane Boubakeur.		Approuvé		Dr. Aboudi Abdelaziz.
		Verifié		Ing. Safsaf Sami.		Feuille 1 sur 1			
		4	3	2					

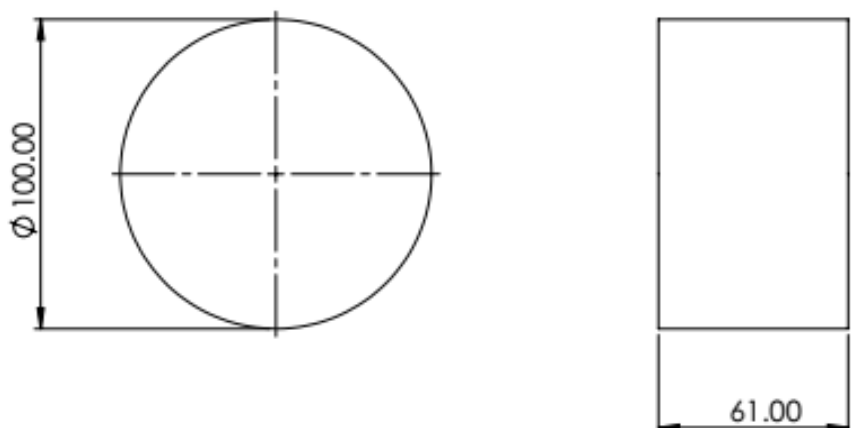
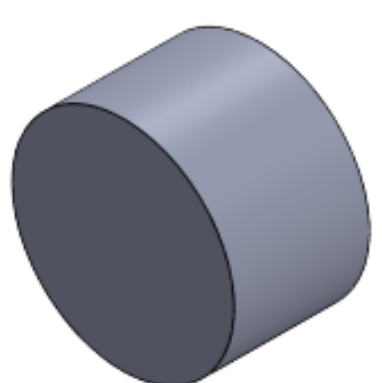
Chapitre IV : la gamme d'usinage classique et gamme d'usinage par MCN



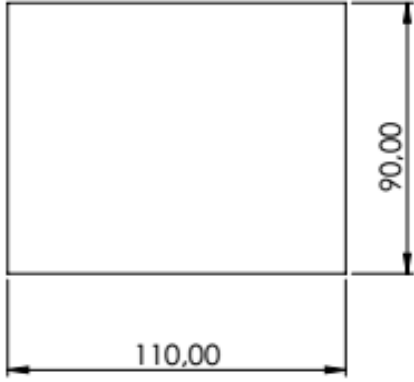
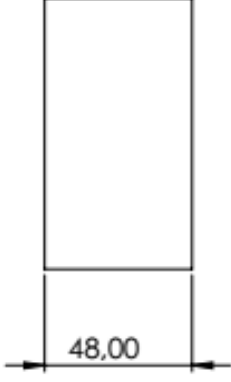
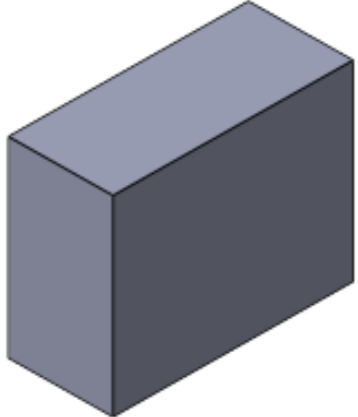
COUPE A-A

		Code :	
Echelle :			
Etudié par:	Le:	Emargement:	Designation assemblage
Vérifier par:	Le:	Emargement:	
Modifier par:		Le:	
	Modification N°:	HRC :	Mat :
			Feuille N°:

Chapitre IV : la gamme d'usinage classique et gamme d'usinage par MCN

4	3	2	1
PHASE N° 1		AVANT-PROJET D'ETUDE DE FABRICATION	
F	Ensemble:	Programme de fabrication	Matière: XC45
F	Elément: Matrice d'embouissage M2		Brut: Cylindre.
Machine-outil: Machine à scier ultradiam.		Désignation: Débitage.	
E			E
D			D
C			C
B	Désignation des opérations	Outils	Vérificateurs
B	1 - Débitage	Outil-Scie	Jauge Générale
A	Désignation de port-pièce :	- Etau en .	Temps d'usinage: 2 (min)
A	Nb des pce fab. pour une fois :	01	Feuille 1 sur 1
4	3	2	1

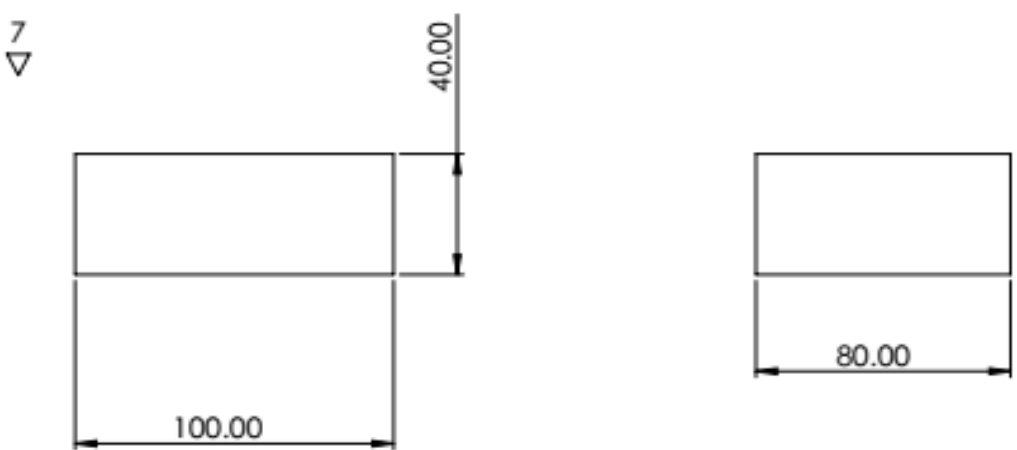
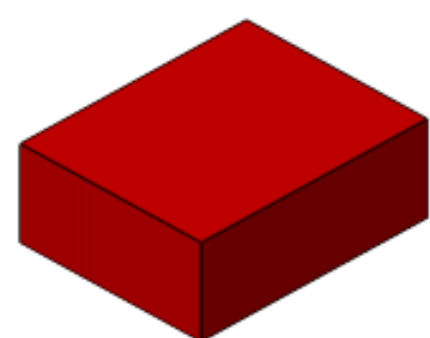
Chapitre IV : la gamme d'usinage classique et gamme d'usinage par MCN

4	3	2	1	
PHASE N° 2		AVANT-PROJET D'ETUDE DE FABRICATION		
F	Ensemble:	Programme de fabrication	Matière: XC45	F
	Élément: Matrice d'embouissage M2		Brut: cylindre.	
Machine-outil: Marteau-pilon.		Désignation: forgeage libre.		
E			E	
D			D	
C			C	
B	Désignation des opérations	Outils	Vérificateurs	B
	1 - Façonnage		Jauge Générale	
A	Désignation de port-pièce :		Temps d'usinage: 20 (min)	A
	Nb des pce fab. pour une fois :		Feuille 1 sur 1	
4	3	2	1	


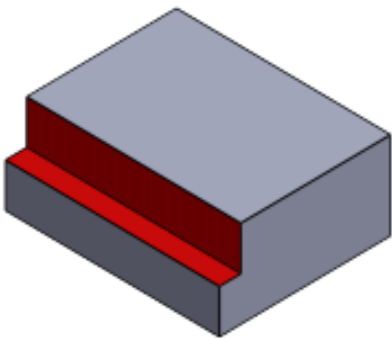
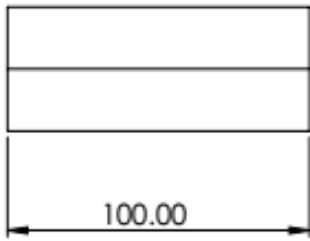
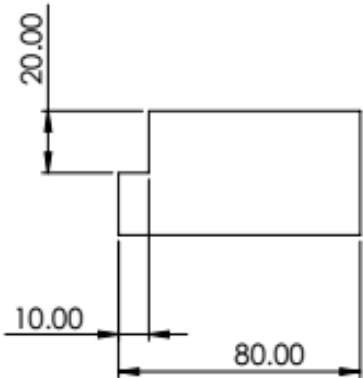
Chapitre IV : la gamme d'usinage classique et gamme d'usinage par MCN

	4	3	2		
	PHASE N° 3		AVANT-PROJET D'ETUDE DE FABRICATION		
F	Ensemble:	Programme de fabrication	Matière: XC45		F
	Elément: Matrice d'embouissage M2		Brut: cylindre.		
	Machine-outil: FOURE.		Désignation: recuit.		
E	RECUIT				E
D					D
C					C
B	Désignation des opérations	Outils	Vérificateurs		B
	1 -recuit		Jauge Générale		
A	Désignation de port-pièce :		Temps d'usinage: 12h		A
	Nb des pce fab. pour une fois :	01	Feuille 1 sur 1		
	4	3	2		

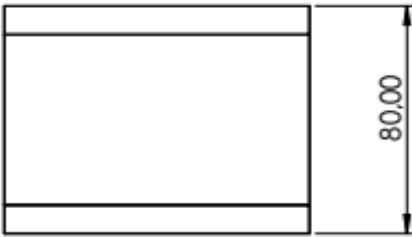
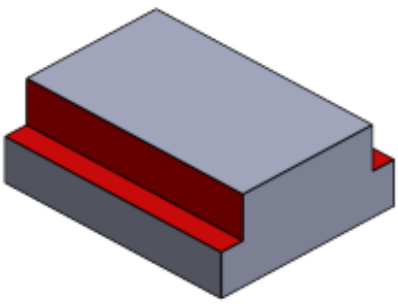
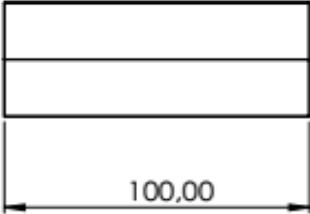
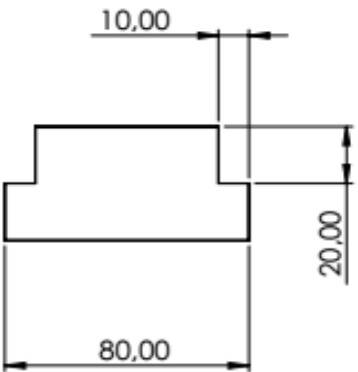
Chapitre IV : la gamme d'usinage classique et gamme d'usinage par MCN

4	3	2	1
PHASE N° 4		AVANT-PROJET D'ETUDE DE FABRICATION	
F	Ensemble:	Programme de fabrication	Matière: XC45
F	Élément: Matrice d'embouissage M2		Brut: cylindre
Machine-outil: fraiseuse verticale.		Désignation: surfacage	
E			E
D			D
C			C
B	Désignation des opérations	Outils	Vérificateurs
B	1 - SURFAÇAGE	fraise 80	Jauge Générale
A	Désignation de port-pièce :	- Etou .	Temps d'usinage: 1 (h)
A	Nb des pce fab. pour une fois :	01	Feuille 1 sur 1
4	3	2	1

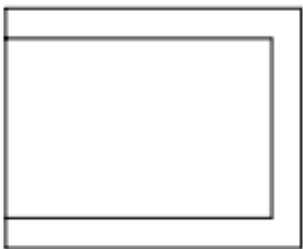
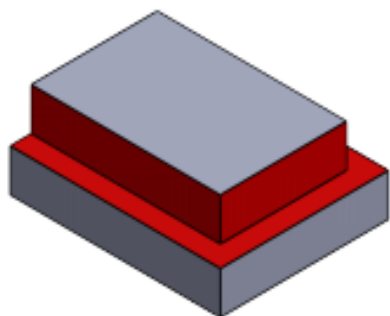
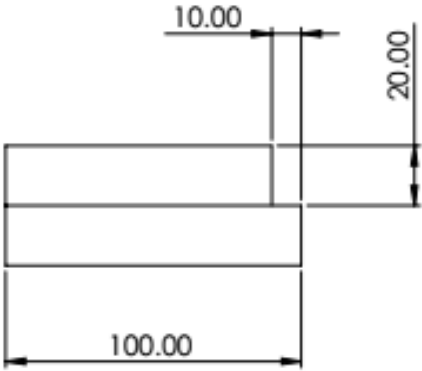
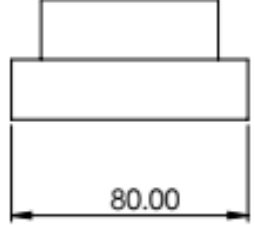
Chapitre IV : la gamme d'usinage classique et gamme d'usinage par MCN

	4	3	2	
F	PHASE N° 5		AVANT-PROJET D'ETUDE DE FABRICATION	
	Ensemble:		Programme de fabrication	Matière: XC45
	Elément: Matrice d'embouissage M2		Brut:cylindre.	
	Machine-outil: fraiseuse verticale.		Désignation:fraisage	
E				
D				
C				
B	Désignation des opérations	Outils	Vérificateurs	
	1 - fraisage de la face	fraise 80	Jauge Générale	
A	Désignation de port-pièce :	- Etou	Temps d'usinage: 25 (min)	
	Nb des pce fab. pour une fois :	01	Feuille 1 sur 1	
	4	3	2	1

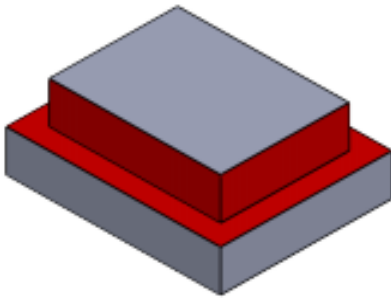

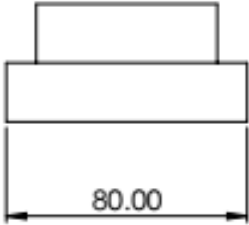
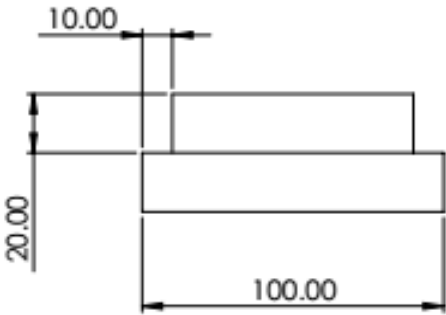
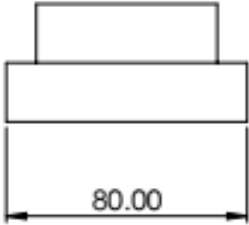
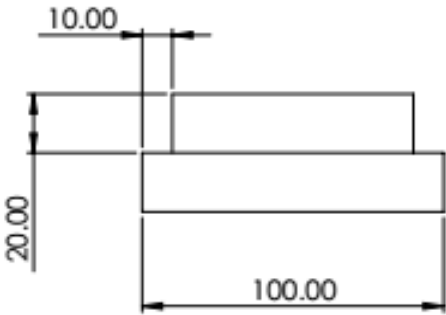
Chapitre IV : la gamme d'usinage classique et gamme d'usinage par MCN

	4	3	2	1	
F	PHASE N° 6		AVANT-PROJET D'ETUDE DE FABRICATION		
	Ensemble:		Programme de fabrication		Matière: XC45
	Elément: Matrice d'emoullissage M2		Brut: _Cylindre.		
	Machine-outil: Fraiseuse verticale.			Désignation: fraisage.	
E	<div style="display: flex; align-items: center;"> 7 ▽  </div>				
D					
C					
B	Désignation des opérations		Outils		Vérificateurs
	1 - fraisage de l'autre face		Fraise 80		pied à coulisse
A	Désignation de port-pièce :		- Etou		Temps d'usinage: 25 (min)
	Nb des pce fab. pour une fois :		01		Feuille 1 sur 1
	4	3	2	1	

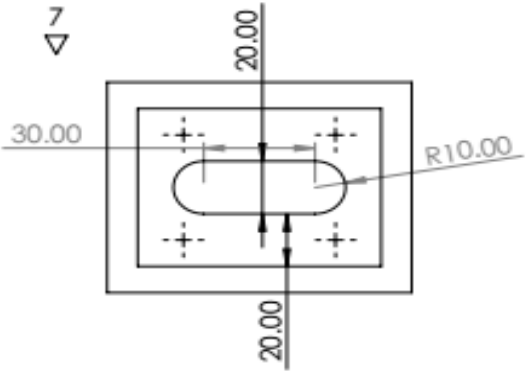
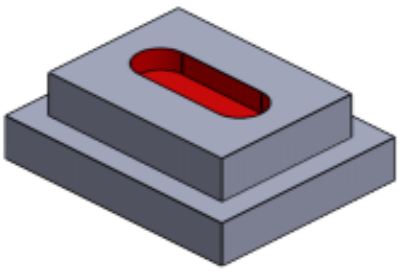
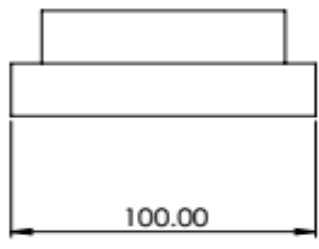
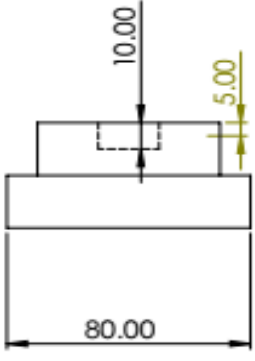
Chapitre IV : la gamme d'usinage classique et gamme d'usinage par MCN

4	3	2													
PHASE N° 7		AVANT-PROJET D'ETUDE DE FABRICATION													
F	Ensemble:	Programme de fabrication	Matière: XC45												
F	Elément: Matrice d'embouissage M2		Brut: cylindre												
Machine-outil: fraiseage verticale.		Désignation: fraiseage.													
E															
D															
C	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 33%;">Désignation des opérations</th> <th style="width: 33%;">Outils</th> <th style="width: 33%;">Vérificateurs</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 - fraiseage de la face droite</td> <td>FRAISE 80</td> <td>PIED à COULISSE</td> </tr> <tr> <td>Désignation de port-pièce :</td> <td>- Etou .</td> <td>Temps d'usinage: 20 (min)</td> </tr> <tr> <td>Nb des pce fab. pour une fois :</td> <td>01</td> <td>Feuille 1 sur 1</td> </tr> </tbody> </table>		Désignation des opérations	Outils	Vérificateurs	1 - fraiseage de la face droite	FRAISE 80	PIED à COULISSE	Désignation de port-pièce :	- Etou .	Temps d'usinage: 20 (min)	Nb des pce fab. pour une fois :	01	Feuille 1 sur 1	C
Désignation des opérations	Outils	Vérificateurs													
1 - fraiseage de la face droite	FRAISE 80	PIED à COULISSE													
Désignation de port-pièce :	- Etou .	Temps d'usinage: 20 (min)													
Nb des pce fab. pour une fois :	01	Feuille 1 sur 1													
B	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 33%;">Désignation des opérations</th> <th style="width: 33%;">Outils</th> <th style="width: 33%;">Vérificateurs</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 - fraiseage de la face droite</td> <td>FRAISE 80</td> <td>PIED à COULISSE</td> </tr> <tr> <td>Désignation de port-pièce :</td> <td>- Etou .</td> <td>Temps d'usinage: 20 (min)</td> </tr> <tr> <td>Nb des pce fab. pour une fois :</td> <td>01</td> <td>Feuille 1 sur 1</td> </tr> </tbody> </table>		Désignation des opérations	Outils	Vérificateurs	1 - fraiseage de la face droite	FRAISE 80	PIED à COULISSE	Désignation de port-pièce :	- Etou .	Temps d'usinage: 20 (min)	Nb des pce fab. pour une fois :	01	Feuille 1 sur 1	B
Désignation des opérations	Outils	Vérificateurs													
1 - fraiseage de la face droite	FRAISE 80	PIED à COULISSE													
Désignation de port-pièce :	- Etou .	Temps d'usinage: 20 (min)													
Nb des pce fab. pour une fois :	01	Feuille 1 sur 1													
A	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 33%;">Désignation des opérations</th> <th style="width: 33%;">Outils</th> <th style="width: 33%;">Vérificateurs</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 - fraiseage de la face droite</td> <td>FRAISE 80</td> <td>PIED à COULISSE</td> </tr> <tr> <td>Désignation de port-pièce :</td> <td>- Etou .</td> <td>Temps d'usinage: 20 (min)</td> </tr> <tr> <td>Nb des pce fab. pour une fois :</td> <td>01</td> <td>Feuille 1 sur 1</td> </tr> </tbody> </table>		Désignation des opérations	Outils	Vérificateurs	1 - fraiseage de la face droite	FRAISE 80	PIED à COULISSE	Désignation de port-pièce :	- Etou .	Temps d'usinage: 20 (min)	Nb des pce fab. pour une fois :	01	Feuille 1 sur 1	A
Désignation des opérations	Outils	Vérificateurs													
1 - fraiseage de la face droite	FRAISE 80	PIED à COULISSE													
Désignation de port-pièce :	- Etou .	Temps d'usinage: 20 (min)													
Nb des pce fab. pour une fois :	01	Feuille 1 sur 1													
4	3	2													

Chapitre IV : la gamme d'usinage classique et gamme d'usinage par MCN

	4	3	2		
	PHASE N° 8		AVANT-PROJET D'ETUDE DE FABRICATION		
F	Ensemble:	Programme de fabrication	Matière: XC45		F
	Elément: Matrice d'embouissage M2		Brut: Cylindre.		
	Machine-outil: fraiseuse verticale.		Désignation: fraisage.		
E					E
D					D
C					C
B	Désignation des opérations	Outils	Vérificateurs		B
	1 - fraisage de la face gauche	fraise 80	Jauge Générale		
A	Désignation de port-pièce :	- Etau .	Temps d'usinage: 20 (min)		A
	Nb des pce fab. pour une fois :	01	Feuille 1 sur 1		
	4	3	2		

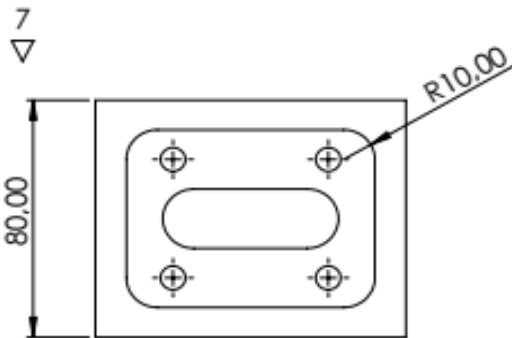
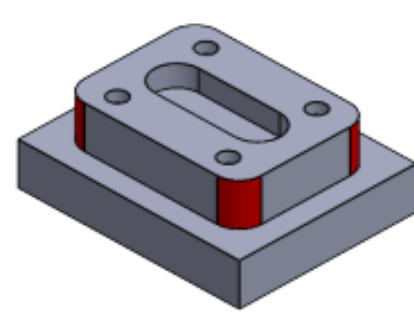
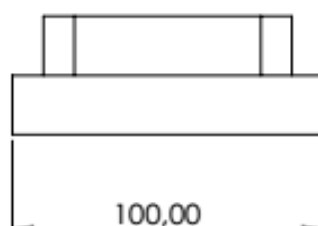

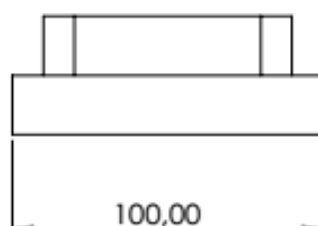

Chapitre IV : la gamme d'usinage classique et gamme d'usinage par MCN

	4	3	2	
F	PHASE N° 9		AVANT-PROJET D'ETUDE DE FABRICATION	
	Ensemble:		Programme de fabrication	Matière: XC45
	Elément: Matrice d'embouissage M2			Brut: Cylindre.
	Machine-outil: fraiseuse verticale.		Désignation: fraisage.	
E				
D				
C				
B	Désignation des opérations	Outils	Vérificateurs	
	1 - rainurage	fraise 20	Jauge Générale	
A	Désignation de port-pièce :	- Etou en .	Temps d'usinage: 15(min)	
	Nb des pce fab. pour une fois :	01	Feuille 1 sur 1	
	4	3	2	

Chapitre IV : la gamme d'usinage classique et gamme d'usinage par MCN

	4	3	2		
F	PHASE N°10		AVANT-PROJET D'ETUDE DE FABRICATION		
F	Ensemble:		Programme de fabrication	Matière: XC45	
F	Elément: Matrice d'embouissage M2			Brut: Cylindre.	
	Machine-outil: perceuse.			Désignation: perçage.	
E					
D					
C					
B	Désignation des opérations		Outils	Vérificateurs	
B	1 - centrage 2 - perçage		foret à centrer foret 08	Jauge Générale	
A	Désignation de port-pièce :		- Etau en .	Temps d'usinage: 30(min)	
A	Nb des pce fab. pour une fois :		01	Feuille 1 sur 1	
	4	3	2		

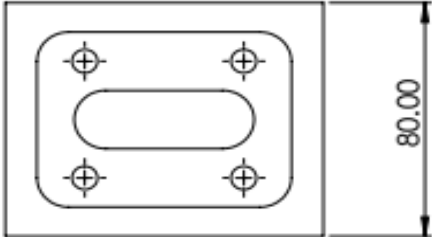
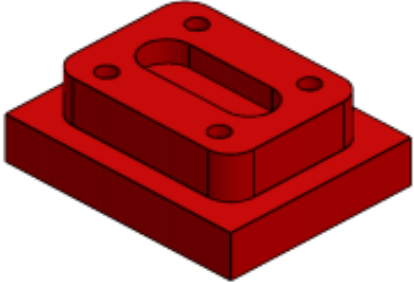
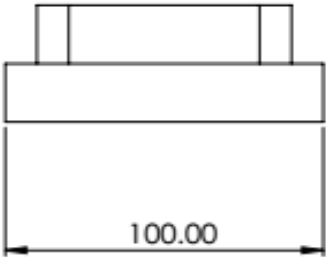

Chapitre IV : la gamme d'usinage classique et gamme d'usinage par MCN

4	3	2	1
PHASE N° 11		AVANT-PROJET D'ETUDE DE FABRICATION	
F	Ensemble:	Programme de fabrication	Matière: XC45
F	Elément: Matrice d'embouissage M2		Brut: _Cylindre.
Machine-outil: affûteuse.		Désignation: affûtage.	
E			
D			
C			
B	Désignation des opérations	Outils	Vérificateurs
B	1 - affûtage	meul brasite 85	Jauge R10
A	Désignation de port-pièce :		Temps d'usinage: 1 (h)
A	Nb des pce fab. pour une fois :		Feuille 1 sur 1
4	3	2	1

Chapitre IV : la gamme d'usinage classique et gamme d'usinage par MCN

	4	3	2	1	
	PHASE N° 12		AVANT-PROJET D'ETUDE DE FABRICATION		
F	Ensemble:		Programme de fabrication	Matière: XC45	
	Elément: Matrice d'emboutissage M2		Brut: Cylindre.		
	Machine-outil: four.		Désignation: traitement thermique.		
E					E
D					D
C	<p>NOTE : exécuter suivant le règlement technologique de traitement thermique</p>				C
	Désignation des opérations		Outils	Vérificateurs	
B	1 - trempe 850°C 2 - refroidissement eau 60°C 3 - revenue 380°C			Jauge R10	
A	Désignation de port-pièce :			Temps d'usinage: 50 (min)	
	Nb des pce fab. pour une fois :		01	Feuille 1 sur 1	
	4	3	2	1	

Chapitre IV : la gamme d'usinage classique et gamme d'usinage par MCN

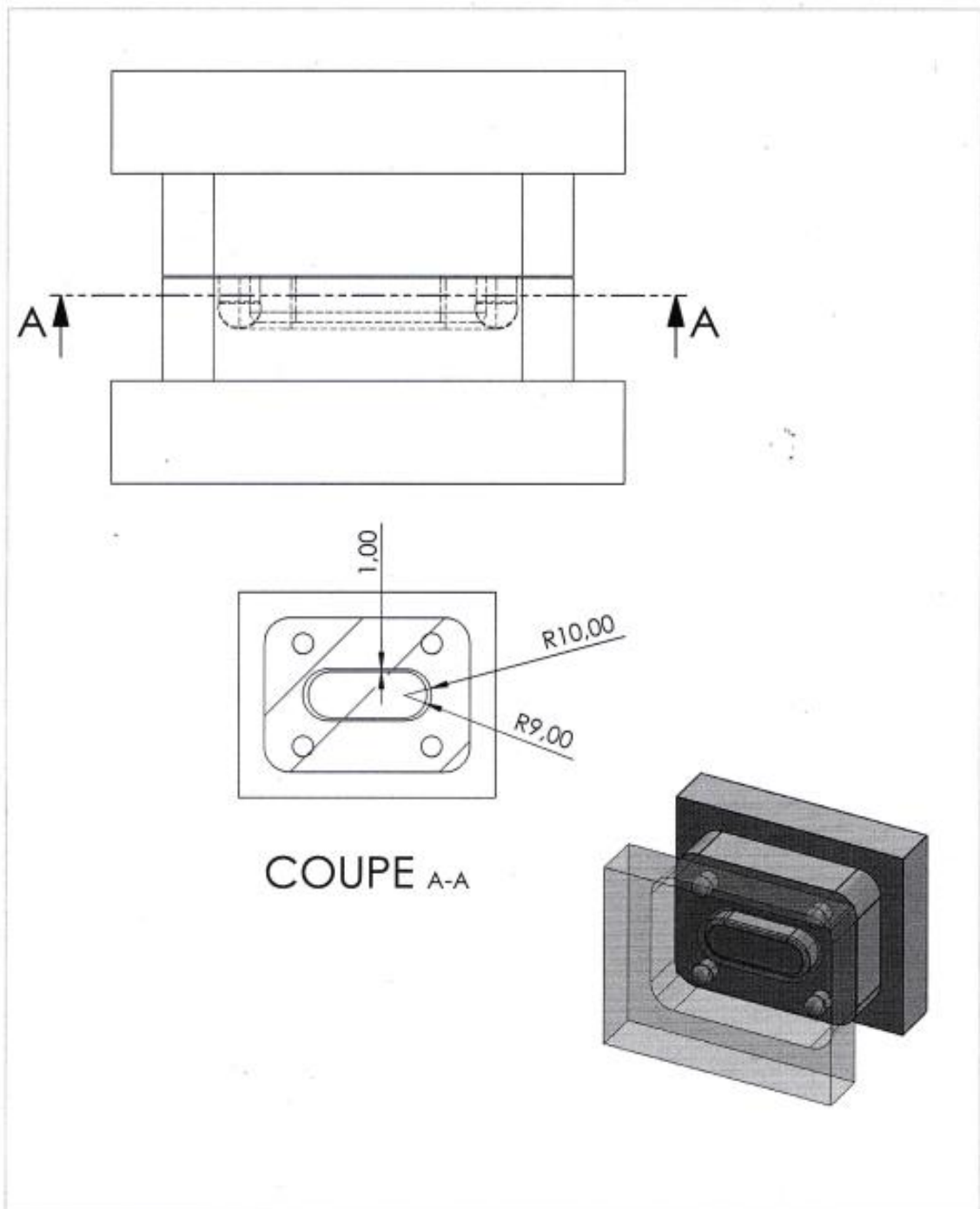
4	3	2	1
PHASE N° 13		AVANT-PROJET D'ETUDE DE FABRICATION	
F	Ensemble:	Programme de fabrication	Matière: XC45
F	Elément: Matrice d'emboutissage M2		Brut: Cylindre.
Machine-outil: rectifieuse.		Désignation: rectification	
E			
D			D
C			
C			C
B	Désignation des opérations	Outils	Vérificateurs
B	1 - rectification de la pièce		micromètre
A	Désignation de port-pièce :		Temps d'usinage: 50 (min)
A	Nb des pce fab. pour une fois :	01	Feuille 1 sur 1
4	3	2	1

III.13.2. Gamme d'usinage numérique :



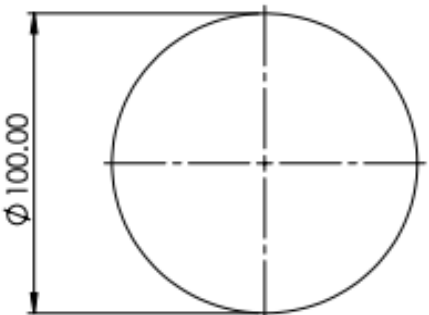

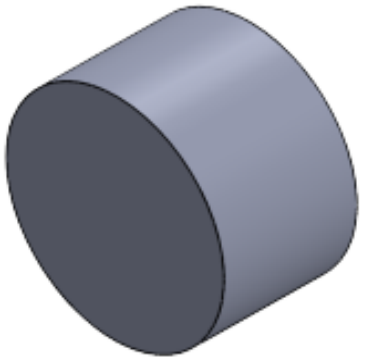
Chapitre IV : la gamme d'usinage classique et gamme d'usinage par MCN

		4	3	2	1
F	Procédé technologique d'usinage			Élément : Matrice d'emboutissage M2	
	Poids net en 6kg	Brut	Pièce fini	Dimension à débiter	Marque de matière:
			100X80X40	Ø100X 61	Acie rond XC45
E	N° Phase	N°opér	Désignation d'opération		
	1	1	Débitage de la matière.		
	2	1	Forgeage libre.		
	3	1	Traitement Thermique(Recuit).		
	4	1	Surfaçage.		
	5	1	Fraisage CNC.		
	6	1	Traitement Thermique.		
	7	1	Rectification.		
D					
C					
B					
A	Dessiné	- Fella Ayoub. - Bouziane Boubakeur.		Approuvé	Dr. Aboudi Abdelaziz.
	Verifié	Ing. Safsaf Sami.		Feuille 1 sur 1	
		4	3	2	1

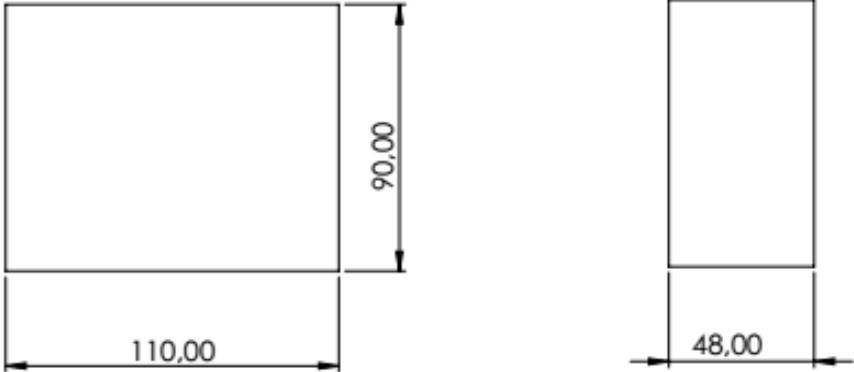
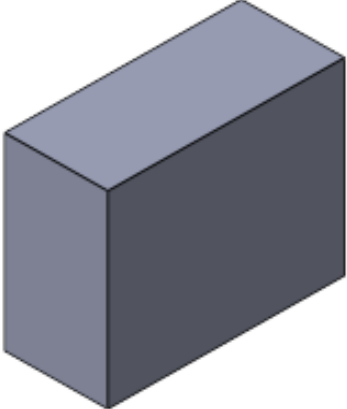


		Code :	
Echelle :		Designation	
Etudié par:	Le:	Emargement:	assemblage
Vérifier par:	Le:	Emargement:	
Modifier par:	Le:	Modification N°:	
		HRC :	Mat :
		Feuille N°:	

Chapitre IV : la gamme d'usinage classique et gamme d'usinage par MCN

	4	3	2	1
	PHASE N° 1		AVANT-PROJET D'ETUDE DE FABRICATION	
F	Ensemble:	Programme de fabrication	Matière: XC45	
	Elément: Matrice d'embouissage M2		Brut: Cylindre.	
	Machine-outil: Machine à scier ultradiam.		Désignation: Débitage.	
E				
D				
C				
B	Désignation des opérations	Outils	Vérificateurs	
	1 - Débitage	Outil-Scie	Jauge Générale	
A	Désignation de port-pièce :	- Etau en .	Temps d'usinage: 2 (min)	
	Nb des pce fab. pour une fois :	01	Feuille 1 sur 1	
	4	3	2	1

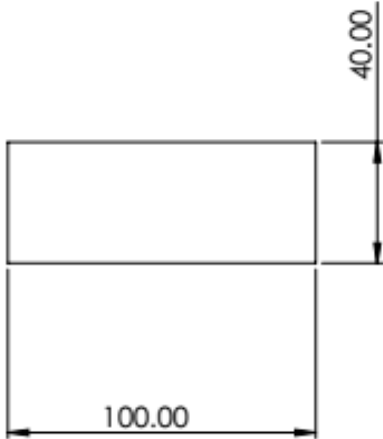
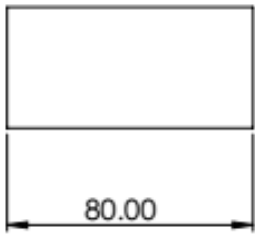
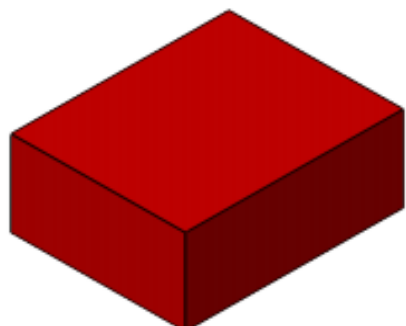
Chapitre IV : la gamme d'usinage classique et gamme d'usinage par MCN

4	3	2	1	
PHASE N° 2		AVANT-PROJET D'ETUDE DE FABRICATION		
F	Ensemble:	Programme de fabrication	Matière: XC45	F
	Élément: Matrice d'emboutissage M2		Brut: cylindre.	
Machine-outil: Marteau-pilon.		Désignation: forgeage libre.		
E			E	
D			D	
C			C	
B	Désignation des opérations	Outils	Vérificateurs	B
	1 - Façonnage		Jauge Générale	
A	Désignation de port-pièce :		Temps d'usinage: 20 (min)	A
	Nb des pce fab. pour une fois :	01	Feuille 1 sur 1	
4	3	2	1	

Chapitre IV : la gamme d'usinage classique et gamme d'usinage par MCN

	4	3	2	1	
	PHASE N° 3		AVANT-PROJET D'ETUDE DE FABRICATION		
F	Ensemble:		Programme de fabrication	Matière: XC45	
	Élément: Matrice d'embouissage M2		Brut:cylindre.		
	Machine-outil: FOURE.		Désignation: recuit.		
E	<p style="font-size: 2em; font-weight: bold; margin: 0;">RECUIT</p>				E
D					D
C					C
B	Désignation des opérations	Outils	Vérificateurs		
	1 -recuit		Jauge Générale		
A	Désignation de port-pièce :		Temps d'usinage: 12h		
	Nb des pce fab. pour une fois :	01	Feuille 1 sur 1		
	4	3	2	1	

Chapitre IV : la gamme d'usinage classique et gamme d'usinage par MCN

4	3	2	1
PHASE N° 4		AVANT-PROJET D'ETUDE DE FABRICATION	
F	Ensemble:	Programme de fabrication	F
	Élément: Matrice d'emboutissage M2		
		Matière: XC45	
		Brut: cylindre	
Machine-outil: fraiseuse verticale.		Désignation: surfçage	
E	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>7 ▽</p>  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>		E
D			D
C			C
B	Désignation des opérations	Outils	Vérificateurs
	1 - SURFAÇAGE	fraise 80	Jauge Générale
A	Désignation de port-pièce :	- Etou .	Temps d'usinage: 1 (h)
	Nb des pce fab. pour une fois :	01	Feuille 1 sur 1
4	3	2	1

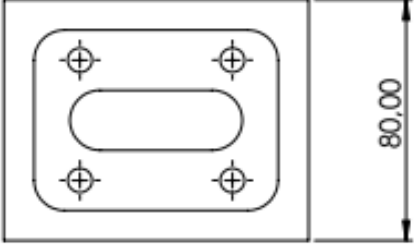
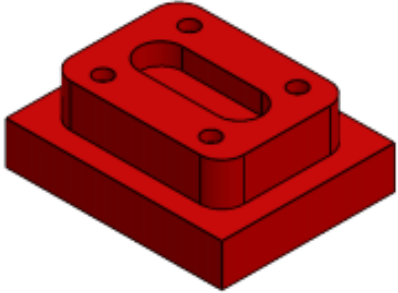
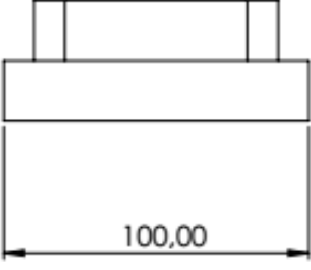
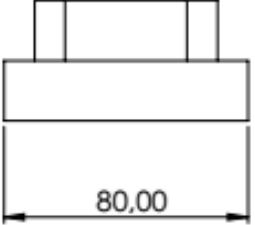
Chapitre IV : la gamme d'usinage classique et gamme d'usinage par MCN

4	3	2	1
PHASE N° 5		AVANT-PROJET D'ETUDE DE FABRICATION	
Ensemble:		Programme de fabrication	Matière: XC45
Élément: Matrice d'embouissage M2		Brut: _Cylindre.	
Machine-outil: Fraiseuse UGV FN03 Lagun 1200		Désignation: Fraisage CNC	
E			E
D			D
C			C
B	Désignation des opérations	Outils	Vérificateurs
	1 - Contourage 2 - rainurage 3 - Perçage	1 - Fraise 2 taille 20mm 2 - Fraise 2 taille 12mm 3 - Fraise 2 taille 8mm	jauge générale
A	Désignation de port-pièce :	étau	Temps d'usinage: 30 (min)
	Nb des pce fab. pour une fois :	01	Feuille 1 sur 1
4	3	2	1

Chapitre IV : la gamme d'usinage classique et gamme d'usinage par MCN

	4	3	2		
	PHASE N° 6		AVANT-PROJET D'ETUDE DE FABRICATION		
F	Ensemble:	Programme de fabrication	Matière: XC45		F
	Élément: Matrice d'embouissage M2		Brut: _Cylindre.		
	Machine-outil: four.		Désignation: traitement thermique.		
E					E
D					D
C	<p>NOTE : exécuter suivant le règlement technologique de traitement thermique</p>				C
	Désignation des opérations	Outils	Vérificateurs		
B	1 - trempe 850°C 2 - refroidissement eau 60°C 3 - revenue 380°C		Jauge R10		B
A	Désignation de port-pièce :		Temps d'usinage: 50 (min)		A
	Nb des pce fab. pour une fois :	01	Feuille 1 sur 1		
	4	3	2		

Chapitre IV : la gamme d'usinage classique et gamme d'usinage par MCN

4	3	2	1	
PHASE N° 7		AVANT-PROJET D'ETUDE DE FABRICATION		
F	Ensemble:	Programme de fabrication	Matière: XC45	F
	Élément: Matrice d'embouissage M2		Brut: _Cylindre.	
Machine-outil: rectifieuse.		Désignation: rectification		
E			E	
				
D			D	
C			C	
				
B	Désignation des opérations		B	
	1 - rectification de la pièce			
A	Outils		A	
	Désignation de port-pièce :		Temp. d'usinage: 50 (min)	
	Nb des pce fab. pour une fois :		Feuille 1 sur 1	
4	3	2	1	

IV.2. Conclusion :

La fabrication de pièce se fait par enlèvement de copeau sur les machines-outils conventionnelles. Cette fabrication prend beaucoup de temps de fabrication, et demande une grande expérience des opérateurs pour arriver à une qualité (précision) d'une pièce juste moyenne. Par contre, en utilisant une machine-outil à commande numérique, l'usinage est beaucoup plus précis et il ne demande pas beaucoup de temps sinon une maîtrise de la machine et de la programmation.

Conclusion

Générale

CONCLUSION GENERALE

Le processus de fabrication des pièces usinées est un processus complexe constitué d'activités numériques et physiques. La commande numérique est au cœur de ce processus, elle fait le lien entre la chaîne numérique allant de la définition de la pièce à fabriquer jusqu'à la création des trajectoires d'usinage et en terminant avec le produit physique aboutissant à l'usinage cet avantage donc de la MCN est son efficacité pour simplifier les tâches, minimiser le temps d'usinage, car le temps est très important (le temps c'est l'argent à la fabrication) et donner un superbe état de surface

L'objectif de ce travail est l'étude de réalisation d'une Matrice d'emboutissage M2. Pour cela nous avons utilisé le système de conception assistées par ordinateur (SolidWorks). Ce travail, nous a permis d'avoir une idée générale sur les machines outil à commande numérique MOCN ainsi qu'un aperçu sur la conception et la fabrication assisté par ordinateur CFAO et leur évolution. Ensuite on a fait une application de la conception de la pièce et une analyse de fabrication de pièce afin de déterminer les processus d'usinage, puis on a réalisé les dossiers de fabrication la pièce (la Gamme d'usinage).

Références Bibliographiques

- [1]- Métallurgie-Elaboration Des Aciers. Les Différents Types Des Aciers.Edition1992
- [2]-Boulali, Fares ; Siad, Farid. Contrôle Destructif Et Non Destructif Des Tubes En Acier Soudés Par Induction A Haute Fréquence. Mémoire De Master Conception Et Productique. Khenchela : Université Abbés Laghrour, 2014, 58p.
- [3]-Boudraa, Mohamed Saddam ; Djebaili, Abderahman. Fabrication D'une Pièce Par Machine A Commande Numérique Mcn (Usinage Et Programmation). Mémoire De Master Génie Mécanique. Khenchela : Université Abbés Laghrour, 2015, 83p.
- [4]- [Www.Air-Formation.Com](http://www.air-formation.com).
- [5]-Bouanik Fouad ; Simulation De L'usinage D'un Guidage Longitudinal Sous Le Logiciel Sinutrain 828d Shopmill ; Mémoire De Master Génie Mécanique ; Badji-Mokhtar-Annaba University ;2016.
- [6]-Belloufi Abderrahim, «Machines-Outils A Commande Numérique», Université Kasdi Merbah Ouargla, Algérie, 2010.
- [7]-Mr Rahou Mohamed, « Mocn », Epst- Tlemcen [Http://Www.Academia.Edu/5498887/Cours_-_Mocn_-_Epst_-_Rahou](http://www.academia.edu/5498887/Cours_-_Mocn_-_Epst_-_Rahou)
- [8]-Benbekhti Ahmed, «Etude De Réalisation D'un Support Pour Affutage Des Forets Sur Une Machine A Commande Numérique.», Master, Université Abou Bekr Belkaid-Tlemcen, 2013. [Http://Dspace.Univ-Tlemcen.Dz/Bitstream/112/3808/1/Msgm2.Pdf](http://dspace.univ-tlemcen.dz/bitstream/112/3808/1/Msgm2.pdf)
- [9]-Fenniche, Abderrazak. Etude Et Réalisation D'une Connexion Rs 232 De La Fraiseuse Emco F1 Cnc Et Le Tour Emco Compact 5 Cnc Avec Le Pc. Mémoire De Master Maintenance Industriel. Ouargla : Université Kasdi Merbah, 2013, 60p
- [10]-Nadji Abdel Hakim - Redjaimia Mohamed El Hadi - Yellou Abdel Hamid Thème (Deua) - Etude De La Connexion Rs 232 De La Fraiseuse Emco F1 Cnc Et Le Tour Emco Compact 5 Cnc Avec Un Pc- Université Mohamed Kheider Biskra -Juin 2007
- [11]-Claud, Marty ; Claud, Cassagnes ; Philippe, Marin. La Pratique De La Commande Numérique Des Machines-Outils. Lyon : 1993. Chapitre 6, Organisation D'un Programme De Commande Numérique En Langage Machine, P33-57. Isbn 2-85206- 915-6
- [12]- Alaoui, Aisam. Programmation Des Mocn. Pour La Science, P52-55.
- [13]- Solidworks.Fr Profil De La Société Purdue Université Purdue Research And Education Centre For Information Systems En Génie 1997
- [14]- Tutorial Solidworks 2016

