

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
— جامعة أبي بكر بلقايد — تلمسان
Université AbouBekr Belkaïd – Tlemcen –
Faculté de TECHNOLOGIE



MÉMOIRE
Présenté pour l'obtention du **diplôme** de **MASTER**

En : Génie Mécanique

Spécialité : Construction Mécanique

Par : Arbane Ibrahim
Hamnache Fayçal

SUJET :

Conception et réalisation d'un appareil pour gorge sphérique sur tour

Soutenu publiquement, le 18 /06 /2025, devant le jury composé de :

Mr. HADJOUI Fethi	MCA	Université de Tlemcen	Président
Mr. SEBAA Fethi	Pr	Université de Tlemcen	Examineur
Mr. KARA ALI Djamel	MCA	Université de Tlemcen	Encadreur
Mr BENHADJI SERRADJ Nasreddine	MCB	ESSA Tlemcen	Co-encadreur

Année Universitaire: 2024 /2025

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dédicaces

A nos très chers parents

*Pour tout l'amour dont vous nous avez entourés, pour tout
ce que vous avez
fait pour nous.*

*Nous ferons de notre mieux pour rester un sujet de fierté à
vos yeux avec
l'espoir de ne jamais vous décevoir.*

*Que ce modeste travail, soit l'exaucement de
vos vœux tant formulés et de
Vos prières quotidiennes.*

A nos sœurs et nos frères

*Vous occupez une place particulière dans nos cœurs. On
vous dédie ce
travail en vous souhaitant un avenir radieux, plein de
bonheur et de succès.*

A tous nos amis

En souvenir de nos éclats de rire, des bons moments.

En souvenir de tout ce qu'on a vécu ensemble.

On espère de tous nos cœurs

*Que notre amitié durera
éternellement.*



En préambule à ce mémoire, on remercie ALLAH qui nous a aidé et donné la patience et le courage durant nos longues années d'étude.

Ce mémoire n'aurait pas été possible sans l'intervention consciente, d'un grand nombre de personnes ; On souhaite ici les en remercier.

*On tient d'abord à remercier très chaleureusement Mrs : **KARA ALI Djamal Abdel Illah** et **BENHADJI SERRADJ Nasreddine** qui nous ont permis de bénéficier de leur encadrement, les conseils qu'ils nous ont prodigués, la patience et la confiance qu'il nous ont témoigné et ont été déterminant dans la réalisation de notre travail de recherche.*

*Nous remercions également **Mr. HADJOUI Fethi** d'avoir présider notre jury et **Mr. SEBAA Fethi** d'avoir accepté d'évaluer ce travail, pour leurs remarques constructives et pour le temps qu'ils nous ont accordé.*

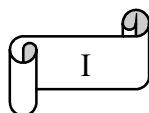
Nos pensées reconnaissantes vont aussi à l'ensemble de nos enseignants, qui ont su, tout au long de notre formation, nous transmettre leur savoir, leur passion et leurs valeurs.

Résumé

Pour assurer une qualité de production optimale, la conception mécanique constitue l'un des fondements indispensables à l'obtention d'une certification. Forts de notre expertise et de notre savoir en matière de conception, Nous avons mené une étude pour la production et la conception d'un appareil pour gorge sphérique sur tour à l'atelier de fabrication mécanique de la solution technologique. Après avoir recherché des équipements compatibles avec le tour, nous avons développé une solution adaptée à notre machine. L'agencement général et ses différents composants ont été définis. Les procédés et spécifications de fabrication des pièces de base, ainsi que le contrat de phase, ont été implémentés dans SolidWorks. Ces processus nous ont permis de tirer parti de nos compétences clés et de fournir la solution technique optimale pour répondre aux besoins de l'atelier de et de cahier de charge de fabrication mécanique.

Mots clés :

SolidWorks, tournage, tour, fabrication, gamme d'usinage, dessin technique.



Abstract

Mechanical design is one of the fundamental pillars of certification. Based on our experience and design knowledge, we conducted a study to produce and design a ball-groove device on a lathe in the mechanical manufacturing workshop in the Technology Hall. After researching equipment compatible with the lathe, we presented solution specifically designed for our machine. The overall design and its various components were defined. Manufacturing processes and specifications for key parts, as well as phased contracting, were implemented using SolidWorks. These processes allowed us to leverage our core competencies and provide the optimal technical solution to meet the workshop's needs and mechanical manufacturing specifications.

Keywords:

SolidWorks, Turning, lathe machine, Manufacturing sheet, range of machining, technical drawin

ملخص

من أجل ضمان جودة إنتاج ممتازة، يظل التصميم الميكانيكي أحد القواعد الأساسية للحصول على الشهادة بناء على معرفتنا وخبرتنا في التصميم، قمنا بإعداد دراسة لإنتاج وتصميم جهاز للأخدود الكروي على مخرطة الذي نحتاجه في ورشة التصنيع الميكانيكي في القاعة التكنولوجية، وبعد إجراء بحث ببليوغرافي على الأجهزة التي يمكن تركيبها على مخرطة، نقدم حلاً مختاراً لجهازنا، يتم رسم الرسم العام، والمكونات المختلفة له، باستخدام برنامج

SolidWorks يتم تنفيذ العمليات ونطاقات التصنيع للأجزاء الأساسية مع عقد المرحلة كما سمحت لنا هذه العمليات

بتطبيق مهارتنا البسيطة وتقديم الحل الفني الأمثل لتلبية احتياجات ورشة التصنيع الميكانيكية.

الكلمات المفتاحية

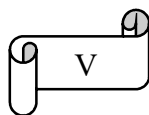
برنامج التصميم، المخرطة، خراطة، ورقة التصنيع، رسم تعريفي.

Liste des figures

FIGURE 1 I.4.1: TOUR PARALLELE [4].....	4
FIGURE I.4.2: PIECES FORMEES PAR OUTIL A CHARIOTER [4]	5
FIGURE I.4.3: TRAVAIL D'ENVELOPPE ET TRAVAIL DE FORME [4]	6
FIGURE I.4.4: CONDITIONS DE COUPE. [5]	6
FIGURE I.4.5 : MODELE SIMPLIFIE DU PROCESSUS DE DECOUPE [6]	7
FIGURE I.4.6: VITESSE D'AVANCE V_F . [8].....	8
FIGURE I.4.7: DIFFERENTS TYPES D'AVANCE [8]	8
FIGURE I.4.8: PROFONDEUR DE PASSE [11].....	9
FIGURE I.5.3 : SCHEMA DE COMMANDE NUMERIQUE	11
FIGURE I.5.4: FONCTION D'UNE COMMANDE NUMERIQUE. [15]	12
FIGURE I.5.5: ELEMENTS DE LA PARTIE OPERATIVE. [15].....	13
FIGURE I.6.1 : COMMANDE ADAPTATIVE. [20].....	16
FIGURE I.6.2 : COMMANDE EN BOUCLE FERMEE. [20]).....	16
FIGURE I.7.1 : REPRESENTATION DES ORIGINES. [22]	18
FIGURE I.8 : POINT DE REFERENCE DANS LE VOLUME D'USINAGE (FRAISAGE ET TOURNAGE). [23]	
FIGURE I.9: DECALAGE D'ORIGINE DE L'ORIGINE MACHINE M A L'ORIGINE DE LA PIECE W DONS LE TOURNAGE ET LE FRAISAGE. [24]	19
FIGURE III.5.1: CONCEPTION DU CORPS DE L'OUTIL.....	40
FIGURE III.5.2: VUE 3D DU SUPPORTE ROTATIF D'OUTIL SOUS SOLIDWORKS EN 3D	40
FIGURE III.5.3 : CONCEPTION DU L'OUTIL NEUTRE ARS	41
FIGURE III.5.4 : CLE DE CONTROLE DE LA ROTATION DE L'OUTIL.	41
FIGURE III.8 : CHAINE DE COTES.....	45
FIGURE III.9 : ELEMENTS DU DESSIN D'ENSEMBLE ECLATE	46
FIGURE III.10 : MONTAGE DE L'ENSEMBLE	47
FIGURE IV2.1 : PROCESSUS DE FABRICATION SUPPORT ROTATIF D'OUTIL	49
FIGURE IV.5.1 : TOUR PARALLELE Tos TRINCIN SN40C	57

Liste des tableaux

TABLEAU I.6.3: AXE DES DIFFERENTS MOUVEMENTS POSSIBLES [21]	17
TABLEAU I.7 : ORIGINES UTILISEES DANS DES MOCN [22]	17
TABLEAU II.10 : CAHIER DE CHARGE	29



Sommaire

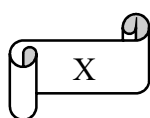
Table des matières	
Chapitre I :Généralités	2
I.1. Introduction :.....	3
I.2. Définition d'une machine-outil :.....	3
I.2.1. Types de machines-outils :	3
I.3. Les machines-outils conventionnelles	4
I.3.1. Définition :	4
I.4. Présentation des machines-outils conventionnelles :.....	4
I.4.1. Le tour :	4
I.4.2. Cinématique de génération de surfaces sur un tour parallèle :.....	5
I.5 : Machines-outils à commande Numérique (MOCN) :.....	9
I.5.1. Définition :	9
I.5.2 : Historique de la commande numérique.....	10
I.5.3 Structure physique de la MOCN	11
I.6 : Classification des MOCN :	13
I.7 : Les origines des systèmes de coordonnées :.....	17
I.8 : Décalage et géométrie d'outil :.....	18
I.9 : Décalage de l'origine machine :	19
I.10 : Langages et La programmation :	19
I.11 : Comparaison entre les MO conventionnelles et MOCN :	21
I. 12 : Conclusion :	21
Chapitre II : ETUDE conceptuelle du projet	22
II.1. Introduction	23
II.2. Problématique :.....	23
II.3. Analyse Fonctionnelle :	24
II.4. Formulation du Besoin :	25

II.5. Analyse du Besoin :	25
II.6. Dans quel objectif ?	25
II.7. Etude Conceptuelle :	26
II.8. Analyse fonctionnelle externe :	27
II.8.1. Diagramme Bête à cornes :	27
II.8.2. Diagramme des intégrateurs	27
II.9. Analyse fonctionnelle interne :	28
II.10. Cahier des charges :	29
II.11. Choix du matériau :	30
II.11.1. Critère du choix de matériau :	30
II.11.2. Etapes à suivre pour le choix des matériaux :	30
II.11.3. Principes de choix du matériau :	30
II.11.4. Méthodes de choix :	31
II.11.5. Choix du matériau :	31
II.11.6.Création des diagrammes :	33
II.11.6.1.Diagramme avec au plus deux caractéristiques :	33
II.11.6.2. Diagramme avec plus de deux caractéristiques :	34

II.11.6.3. Pondération des caractéristiques :	35
II .6.4. Sélectionner une catégorie de matériau.	35
II.11.6.4. Limitation de caractéristiques	36
II.12 Conclusion :	36
Chapitre III :_Etude Fonctionnelle	37
III.1. Introduction	38
III.2. Bref aperçu de SolidWorks 2021	38
III.3. Conception de composants dans SolidWorks 3D.....	38
III.4. Schéma technologique.....	39
III.5. Conception :	40
III.6. Dessin d'ensemble.....	42
III.7.1. Corps de l'outil :	43
III.7.2. Support rotatif d'outil :	43
III.8. Chaîne de côtes du jeu de fonctionnement :	44
III.9. Dessin d'ensemble :	46
III.10. Montage de l'ensemble :	47
III.11. Conclusion.....	47
CHAPITRE IV :FABRICATION ET REALISATION.....	48
IV.1. Introduction	49
IV.2. Support rotatif d'outil :	49
IV.2.1. Processus de fabrication.....	49
IV.2.2. Gamme d'usinage :	50
IV.2.3 Contrat de phase :	53
IV.3. Corps de l'outil :	54
IV.3.1. Processus de fabrication :	54
IV.3.2.la gamme d'usinage du corps de l'outil :	55

IV.4. Réalisation de support d'outil :.....	57
IV.5. Montages	57
IV.6.Opérations appliquées :.....	58
IV.7.Essai du prototype :.....	60
IIV.9. Conclusions générales:.....	64

Introduction Générale



L'usinage par enlèvement de matière désigne l'ensemble des techniques permettant, à l'aide d'un outil coupant, d'obtenir une surface par enlèvement de copeaux. Bien que cette technologie soit ancienne, elle reste une technique de fabrication importante et largement utilisée. Dans le formage des métaux par enlèvement de copeaux, le processus de tournage représente à lui seul, dans l'industrie, plus d'un tiers des opérations d'usinage par enlèvement de copeaux. L'enlèvement de matière est réalisé par une combinaison de la rotation de la pièce cylindrique usinée et du mouvement de l'outil.

Au cours du processus de fabrication d'une pièce, nous avons rencontré un problème sur la façon d'usiner une gorge sphérique sur le tour. Nous avons donc commencé à se poser des questions et à réfléchir sur la conception d'un dispositif qui effectuerait cet usinage de manière simple et en peu de temps sur un tour, qu'il soit conventionnel ou à commande numérique, dans un cadre industriel ou pédagogique tout en assurant la précision géométrique et un bon état de surface.

Le prototype réalisé au niveau du Hall technologique de la faculté servira par la suite comme auto équipement pour les tours parallèles de l'atelier de fabrication.

Le travail du mémoire est divisé en quatre chapitres :

Le premier chapitre est consacré à des généralités sur les machines-outils (conventionnels et numériques).

Le deuxième chapitre est consacré à l'étude conceptuelle du projet, présentation des différents diagrammes, le cahier de charge et le choix du matériau.

Dans le troisième chapitre on présente l'étude fonctionnelle avec le schéma technologique, la conception (dessin d'ensemble, dessins de définitions) en utilisant SolidWorks (version 2021).

Le quatrième chapitre est dédié à l'étude des processus de fabrication, les gammes d'usinage et le contrat de phase. Nous montrons aussi les différentes étapes de réalisation de notre prototype.

Enfin, une conclusion générale conclut ce travail.

Chapitre I:

**Généralités sur les machines-outils
(conventionnelle et à commande numérique)**

I.1. Introduction :

L'usinage est un processus de production dans lequel les dimensions d'une pièce sont progressivement réduites en enlevant de la matière à froid et sans déformation à l'aide d'un outil de coupe spécialisé. La quantité de matière enlevée est appelée copeaux, tandis que l'outil utilisé pour l'enlever est appelé outil de coupe. L'opérateur utilise des machines appelées machines-outils pour produire la pièce souhaitée. Le tour est l'un des procédés de fabrication les plus importants, occupant une position importante dans le domaine mécanique en raison de sa simplicité et de sa capacité à produire une variété de formes géométriques. Dans ce chapitre, nous passons en revue les informations générales sur le tournage, y compris ses définitions, les conditions de coupe et la géométrie de l'outil de coupe.

I.2. Définition d'une machine-outil :

Une machine-outil est un équipement mécanique destiné à façonner la matière en mettant en œuvre un outillage animé de mouvements et des efforts appropriés. Une machine-outil travaille, soit par déformation de la matière (machines à dresser les tôles, cisailles, emboutisseuses, poinçonneuses, plieuses), soit par enlèvement de matière. On a alors :

- Les machines à mouvement circulaire continu, soit de la pièce (tour), soit de l'outil (fraiseuse, perceuse, aléseuse) .
- Les machines à mouvement rectiligne alternatif, soit de la pièce (raboteuse), soit de l'outil (étau-limeur, mortaiseuse, brocheuse).
- Les machines à outil abrasif dans lesquelles l'outil est une meule constituée de grains d'émeri.
- Les machines transferts sur lesquelles l'avance des pièces à usiner et leur ablocage aux différents emplacements sont réalisés automatiquement et l'avance des outils est commandée par des contacteurs électromagnétique [1] .

I.2.1. Types de machines-outils :

Les machines-outils sont classées en deux types :

- ✓ Machines-outils conventionnelles (tour conventionnel, fraiseuse conventionnelle, ...).
- ✓ Machines-outils à commande numérique (tour CN, fraiseuse CN, centre d'usinage...).

I.3. Les machines-outils conventionnelles :

I.3.1. Définition :

Machine utilisée pour fabriquer des pièces en métal ou autres matériaux à l'aide d'outils coupants. Ont converti une pièce brute en pièce finie en retirant de la matière. Il s'agit d'une machine-outil où l'opérateur joue un rôle important dans le processus de fabrication. Il est idéal pour produire de petites quantités ou des pièces complexes nécessitant des réglages manuels.

○ Caractéristiques :

- * Manuel ou semi-automatique : Généralement actionné par un opérateur.
- * Outils polyvalents : permettent de réaliser différentes opérations (perçage, fraisage, tournage, etc.).

I.4. Présentation des machines-outils conventionnelles :

I.4.1. Le tour :

Machine utilisée pour réaliser des formes circulaires (figure I.4.1). Nous plaçons la pièce que nous voulons usiner à l'intérieur du mandrin et c'est elle qui tourne. Cette rotation est appelée « mouvement de coupe » Nous utilisons des outils pour percer, couper ou façonner la pièce dans la forme souhaitée animés de mouvements de translation appelés « mouvement d'avance et mouvement de pénétration ».

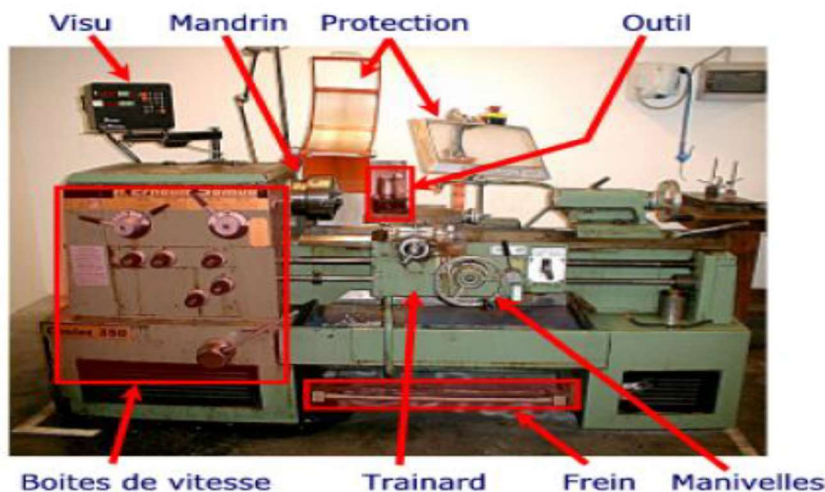


Figure I.4.1: Tour parallèle [4]

I.4.2. Cinématique de génération de surfaces sur un tour parallèle :

Pour former une surface en tournage, deux mouvements de base doivent être combinés :

- ✓ Mouvement de rotation (M_c) : appliqué à la pièce autour de son axe, la faisant tourner en continu.
- ✓ Mouvement de translation (M_f) : Appliqué à l'outil de coupe, c'est un mouvement linéaire parallèle ou incliné à l'axe de rotation de la pièce.

Note :

- M_c : représente la vitesse de coupe, qui est la distance parcourue par un point de la pièce par unité de temps.
- M_f : représente la vitesse d'avance, qui est la distance parcourue par l'outil de coupe dans une direction perpendiculaire à l'axe de rotation de la pièce par unité de temps.
- Lorsqu'il se déplace, on obtient tous les corps en rotation : cylindre, cône, sphère, anneau (Figure I.4.2).

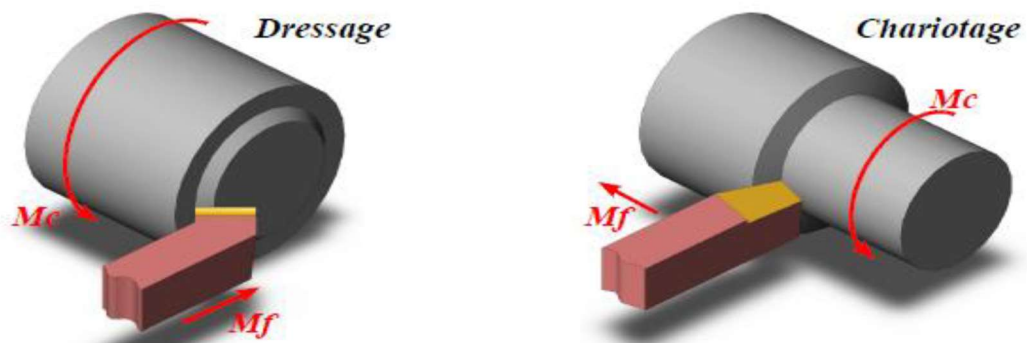


Figure I.4.2: Pièces formées par outil à chariotier [4]

Il existe également deux manières de générer la surface souhaitée.

- **Travail du Forme** : Le tranchant de l'outil est le même que celui du générateur de forme.
- **Travail d'enveloppe** : La forme de la surface usinée est indépendante de la forme du bord de l'outil.

La figure suivante montre des exemples de générations de surfaces (fig.1.4.3).

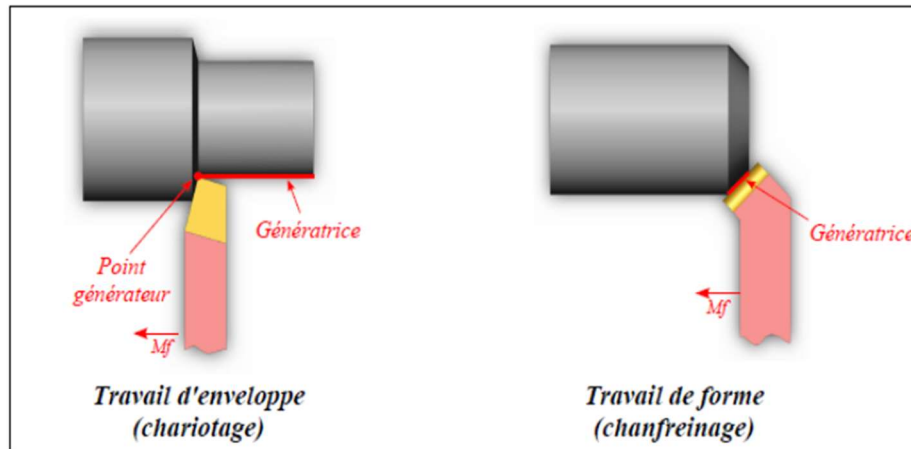


Figure I.4.3 : Travail d'enveloppe et travail de forme [4]

Conditions de coupe en tournage

Les paramètres de coupe dépendent des propriétés mécaniques de la matière à usiner et des caractéristiques de l'outil. Ils ne sont pas influencés par la machine utilisée ni par les spécificités géométriques de la pièce ou de l'outil. La figure 1.4.4 montre les conditions de coupe.



Figure I.4.4: Conditions de coupe. [5]

➤ Vitesse de coupe

Pour optimiser le processus de fabrication, il est nécessaire de connaître la vitesse de coupe (V_c), qui s'exprime en mètres par minute (m/min). Beaucoup de paramètres entre en jeu pour le choix de celle-ci. Cette vitesse dépend en outre de :

- ❖ Vitesse de rotation de l'outil en tours par minute (RPM)
- ❖ Diamètre de l'outil en mètres (mm)

Selon la forme de la pièce, les formules suivantes sont utilisées :

- ❖ Cylindre : $V_c = \pi.D.N / 1000$
- ❖ Plan : $V_c = \pi. (2D/3). N / 1000$

Elles aident à déterminer la vitesse de coupe idéale pour obtenir une bonne qualité de surface et une longue durée de vie de l'outil.

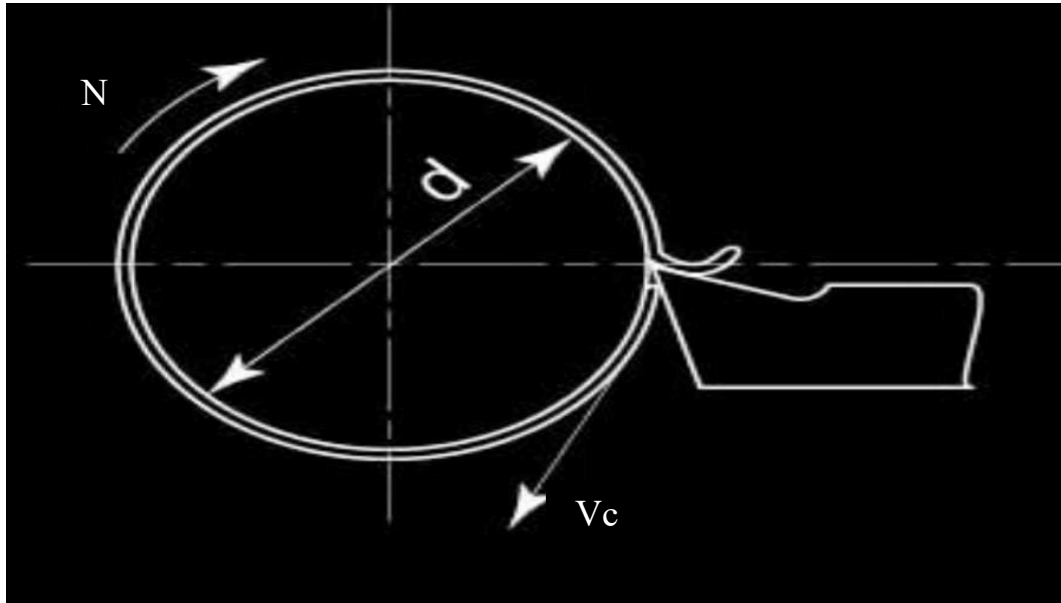


Figure I.4.5 : Modèle simplifié du processus de découpe [6]

➤ Vitesse d'avance

L'avance est la vitesse à laquelle l'outil avance le long de l'axe lors de rotation d'un tour de la pièce. L'alimentation est également réglée directement sur la machine.

- $V_f = F N$

Avec :

- F : Avance en mm/tour.
- N : La fréquence de rotation spécifiée sur la machine en tr/min.

[7]

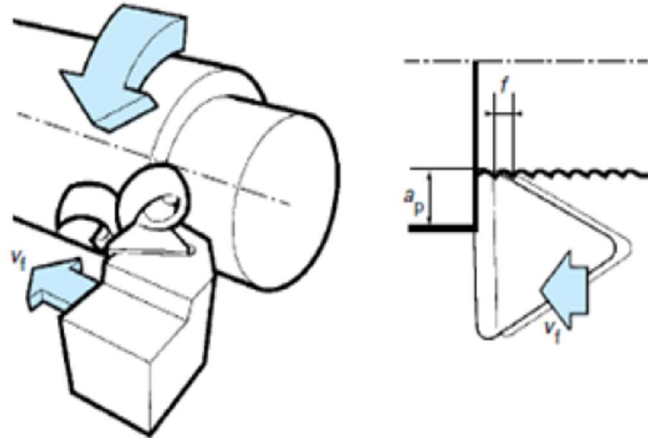
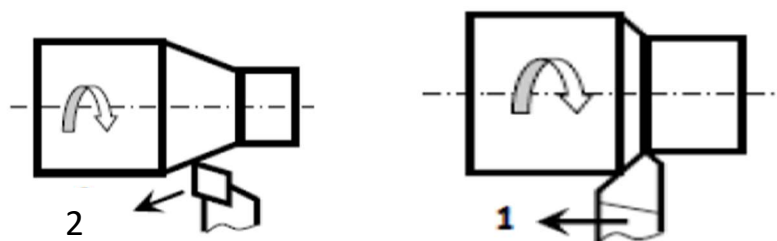


Figure I.4.6: vitesse d'avance V_f . [8]

➤ Types d'avances

1. Progression longitudinale : L'outil se déplace parallèlement à l'axe de la pièce, on parle d'avance longitudinale.

2. Progression oblique : L'outil se déplace d'un angle par rapport à un axe. [7]



1. Avance longitudinale.
2. Avance oblique.

Figure I.4.7 : Différents types d'avance [8]

➤ Profondeur de passe « a » :

En tournage, la profondeur de coupe correspond à l'enlèvement de matière perpendiculairement à la direction d'avance, et se mesure par la différence de rayon entre la pièce brute et la pièce usinée. [10]. Quand la profondeur de passe est très grande il y a surchauffe des surfaces de contact, des vibrations sont créées ainsi que les forces de coupe sont plus importantes. Comme elle montre la figure suivante

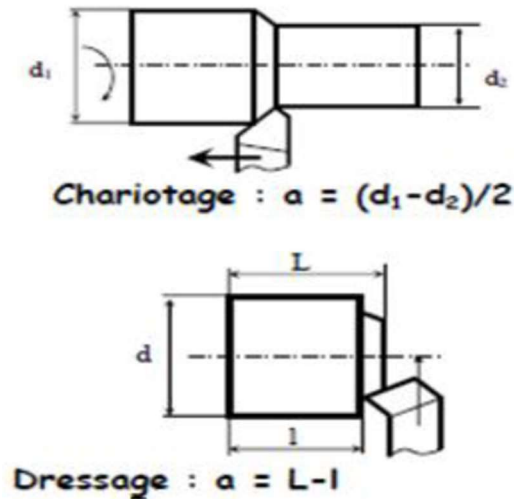


Figure I.4.8: Profondeur de passe [11]

I.5 : Machines-outils à commande Numérique (MOCN) :

I.5.1. Définition :

Dans le domaine de la fabrication mécanique, le terme « commande » désigne l'ensemble des matériels et logiciels ayant pour fonction de donner les instructions de mouvements à tous les éléments d'une machine-outil :

- l'outil (ou les outils) d'usinage équipant la machine.
- Les tables ou palettes où sont fixées les pièces.
- Les systèmes de magasinage et de changement d'outil.
- Les dispositifs de changement de pièce.
- les mécanismes connexes, pour le contrôle ou la sécurité, l'évacuation des copeaux...

Les commandes numériques sont employées le plus fréquemment :

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

Dans chaque famille, les méthodes de montage et de travail sont totalement différentes, mais elles se rejoignent sur le principe de programmation, la grande majorité des machines utilisant un langage ISO (robotique exceptée). À cela peuvent se rajouter des interfaces homme-machine

dites « conversationnelles » ou par apprentissage qui peuvent permettre de simplifier l'utilisation de la machine. [12]

Les commandes numériques sont aussi employées (par exemple) dans les domaines :

- de la chaudronnerie : oxycoupage, découpage plasma, presse plieuse
- de l'assemblage : soudage (TIG, MIG, laser, ultrasons,...), collage, vissage, rivetage
- du taillage d'engrenages
- de la superposition de fibres (composites, métallo-composites)

I.5.2 : Historique de la commande numérique

La technologie de la machine-outil à commande numérique (MOCN) est née au milieu du 20^{ème} siècle et plus exactement au cours de la deuxième guerre mondiale 1939-1945.

La première machine à commande numérique a été utilisée pour l'usinage des cames de pompes d'injection d'avions au profit de l'US Air Force avec la participation du prestigieux Institut de Technologie de Massachusetts (MIT) et la société d'électronique Bendix Corporation. Avant cette invention, l'usinage de ce genre de came se réalisait manuellement et c'était donc un procédé lent, peu précis et couteux.

La MOCN n'a été généralisée dans la production industrielle qu'au début des années 1960.

Le véritable essor de la Commande Numérique par Calculateur (CNC), en anglais Computer Numerical Control, a eu lieu dans les années 70. Une décennie plus tard avec l'introduction de micro-ordinateurs à prix abordable, on a assisté à un développement de cette technologie fascinante dans le domaine de la fabrication mécanique, et en particulier dans le domaine du travail des métaux. La technologie de commande numérique a provoqué une véritable révolution au niveau des entreprises industrielles en changeant les modes de travail et en assurant des avantages technico-économiques (cout d'usinage, délais de réalisation, précision et complexité des pièces usinées) beaucoup meilleurs que ceux obtenus en utilisant les machines conventionnelles.

Les machines à commande numérique sont programmées au moyen d'un langage spécifique appelé code G ou code ISO sous forme d'instructions formant le programme d'usinage. Le programme pièce est composé de commandes représentées par des lettres, des chiffres et des symboles spéciaux ainsi que d'une partie des instructions pour contrôler les mouvements de la machine suite à une technologie de fabrication liée à la machine, les dispositifs et l'outillage utilisé. Par exemple, le programme spécifie la forme et les dimensions de l'outil, la vitesse de

coupe et d'avance, l'orientation relative de la pièce et de l'outil. Il prévoit également l'ensemble des points de positionnement de l'outil.

L'élaboration du programme d'usinage prend en compte la géométrie spécifique de la pièce, le processus de coupe, les paramètres de la machine et les outils de coupe utilisés.

Le programme est envoyé à la commande de la machine qui actionne les servomoteurs pour déplacer la table ou la broche suivant des valeurs de déplacement le long des axes X, Y ou Z et d'orienter la coupe par rapport à la pièce dans un ou deux axes de rotation. La pièce est usinée en déplaçant le l'outil le long d'un chemin dans l'espace appelé la trajectoire de l'outil [13]

I.5.3 Structure physique de la MOCN :

La MOCN (Machine-Outil à Commande Numérique) est une machine totalement ou partiellement automatique à laquelle les ordres sont communiqués grâce à des codes qui sont portés sur un support matériel (disquette, USB...) Lorsque la machine-outil est équipée d'une commande numérique capable de réaliser les calculs des coordonnées des points définissant une trajectoire (interpolation), on dit qu'elle est à calculateur. Elle est appelée CNC (Commande Numérique par Calculateur). La plupart des MOCN sont des CNC. [14]

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

- Partie commande
- Partie opérative

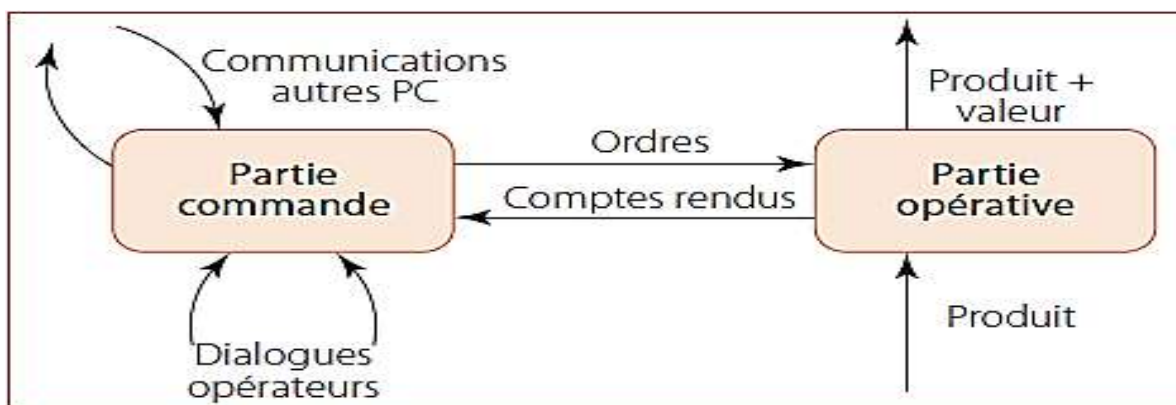


Figure. I.5.3 : Schéma de commande numérique

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

- ✓ Le pupitre permettant de rentrer les commandes à l'aide d'un clavier,

- ✓ Le lecteur de données
- ✓ La sortie RS 232 pour les liaisons avec les Périphériques externes,
- ✓ L'écran de visualisation de toutes les données enregistrées,
- ✓ Le calculateur
- ✓ Les cartes électroniques (commandes d'axes, mémoire ...).

La partie commande est alimentée par un courant faible et ne peut donc pas alimenter en direct les moteurs de la machine comme le montre la figure I.5.4.

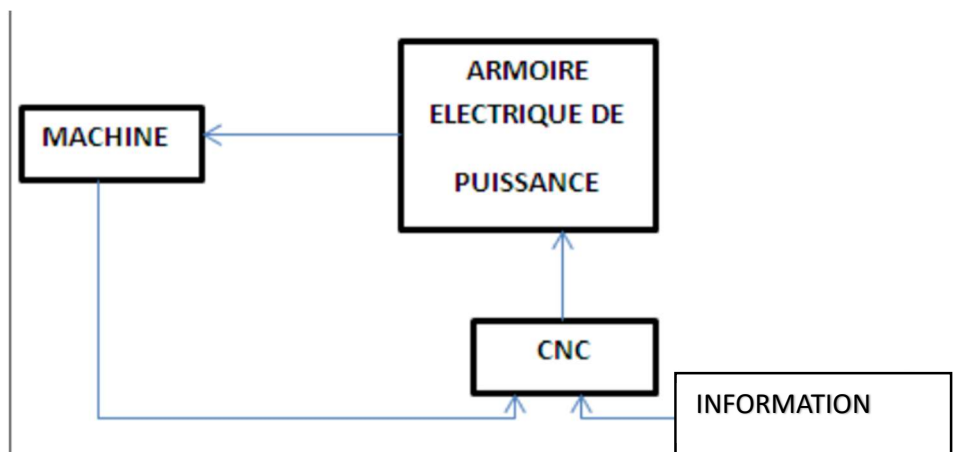


Figure I.5.4 : Fonction d'une commande numérique. [15]

Partie opérative : Les mouvements sont commandés par des moteurs presque comparable à une machine-outil classique (figure.....), et elle comprend :

- Un socle, très souvent en béton hydraulique vibré, assurant l'indépendance de la machine au sol.
- Un bâti, un banc, dont les larges glissières sont en acier traité.
- Un support outil (broche, torche, laser, jet d'eau ...).
- Une table support pièce, mobile selon 2 ou 3 axes, équipée de système de commande à vis et écrou à bille. Le granit, ou le granit reconstitué, est utilisé pour la fabrication des tables et des bâtis des machines à mesurer tridimensionnelles des rectifieuses et de certains tours.
- Des moteurs chargés de l'entraînement de la table. [15]

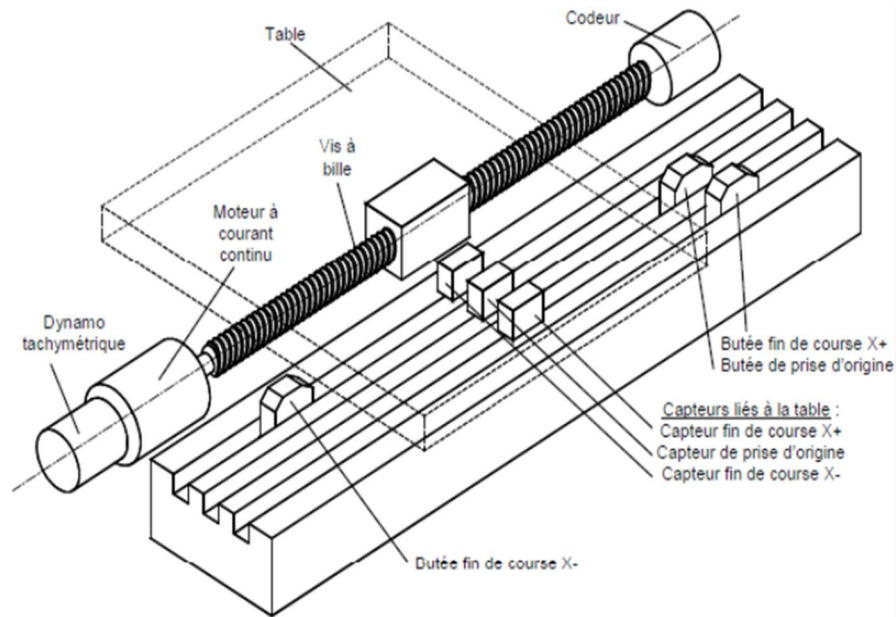


Figure I.5.5 : Eléments de la partie opérative. [15]

I.6 : 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

Le (MOCN) peuvent bénéficier d'une programmation externe ainsi que de dispositifs conçus pour améliorer davantage leurs performances, 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
- Evacuateur de copeaux
- Dispositifs de contrôle de pièces. [16]

✓ Classification selon la nature de déplacement :

Le classement des machines est nécessaire car il aide au choix de machines, lors d'étude des gammes de fabrication. Les machines ont été catégorisées selon les types de surfaces à usiner :

Surfaces cylindriques / parallélépipédiques/correspondant respectivement aux procédés de tournage et de fraisage. [17]

✓ Classification des MOCN selon le mode de fonctionnement :

Fonctionnement en boucle ouvert :

En boucle ouverte, comme l'illustre la figure (I.6) le système assure le déplacement du chariot mais ne le contrôle pas. [16]

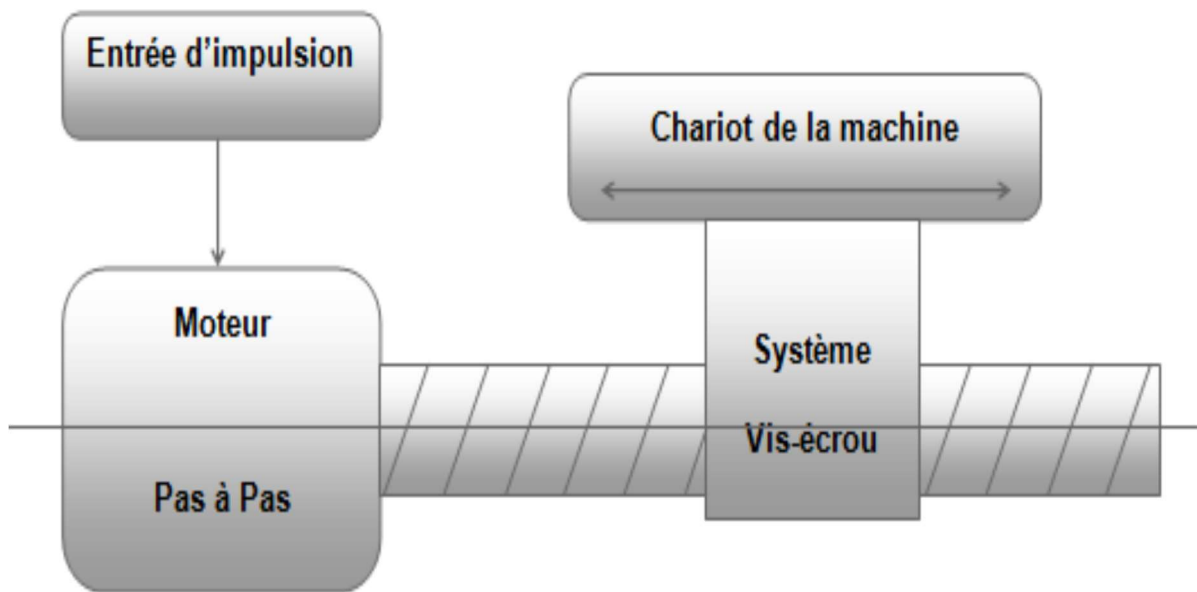


Figure I.6 : Fonctionnement en boucle ouvert. [18]

Fonctionnement avec commande adaptative :

La commande adaptative réalise d'une façon continue et automatique l'adaptation des conditions de coupe. Des capteurs relèvent les valeurs de couple de la broche, l'amplitude de vibration de la broche, la température au point de coupe. Ces informations sont transmises à une unité spéciale qui les envoie vers le directeur de commande numérique qui agit selon l'analyse des informations sur les conditions de coupe pour permettre une meilleure qualité de travail, une meilleure productivité et une plus grande sécurité. [12]

La figure suivant illustre le fonctionnement de la commande adaptative :

Fonctionnement en boucle fermé :

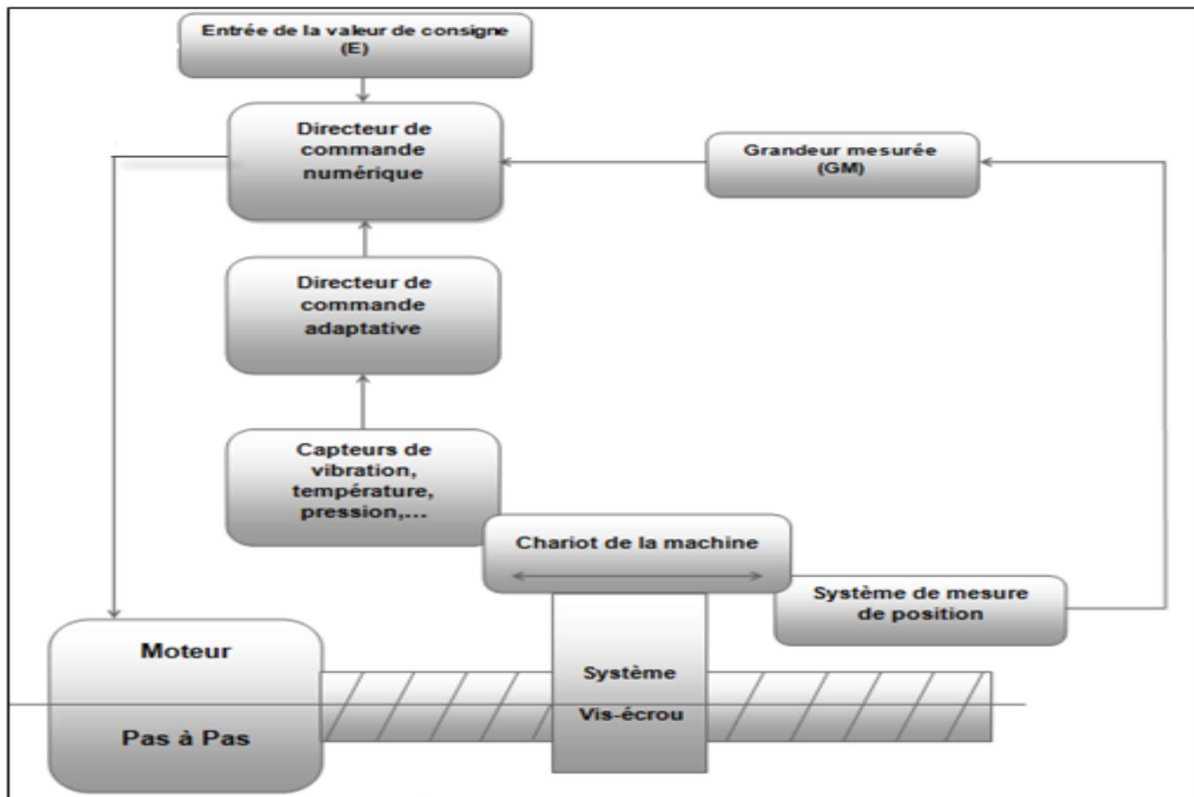


Figure I.6.1 : Commande adaptative. [20]

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

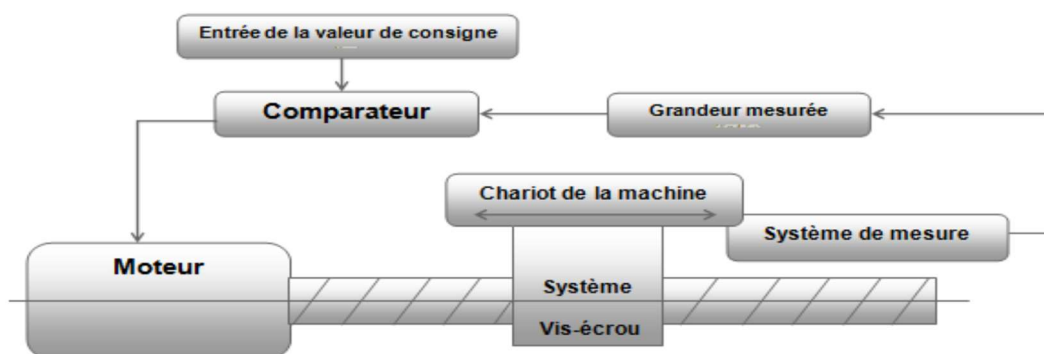


Figure I.6.2 : Commande en boucle fermée. [20]

✓ Classification des MOCN selon le nombre d'axe :

Les capacités de travail des MOCN se caractérisent par le nombre d'axes de travail qu'elles offrent.

Un **axe** représente une direction principale dans laquelle le mouvement relatif entre l'outil et la pièce se réalise, lorsque l'un des moteurs de déplacement fonctionne sous contrôle numérique continu.

Un **demi-axe**, en revanche, désigne une direction où le mouvement d'avance n'est pas contrôlé numériquement. Dans ce cas, le contrôle est assuré par des dispositifs tels que des pistes, des cames ou des plateaux diviseurs.

Le tableau suivant donne les différents axes utilisés en CN

Tableau I.6.3: Axe des différents mouvements possibles [19]

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

I.7 : Les origines des systèmes de coordonnées :

La figure suivante représente Les Origines utilisées dans des MOCN

Tableau I.7 : Origines utilisées dans des MOCN [20]

Points utilisées	Symbole	Définition
Origine machine (OM)		C'est la référence des déplacements de la machine .C'est un point défini (sur chaque axe) par le constructeur qui permet de définir l'origine absolue de la machine.OM et om peuvent être confondues.
Origine mesure (Om)		C'est le point de départ de toutes les mesures dans l'espace machine
Origine Programme OP		C'est le point de départ de toutes les cotes.
Origine Pièce W (Op)		origine de la mise en position (isostatique de la pièce)

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

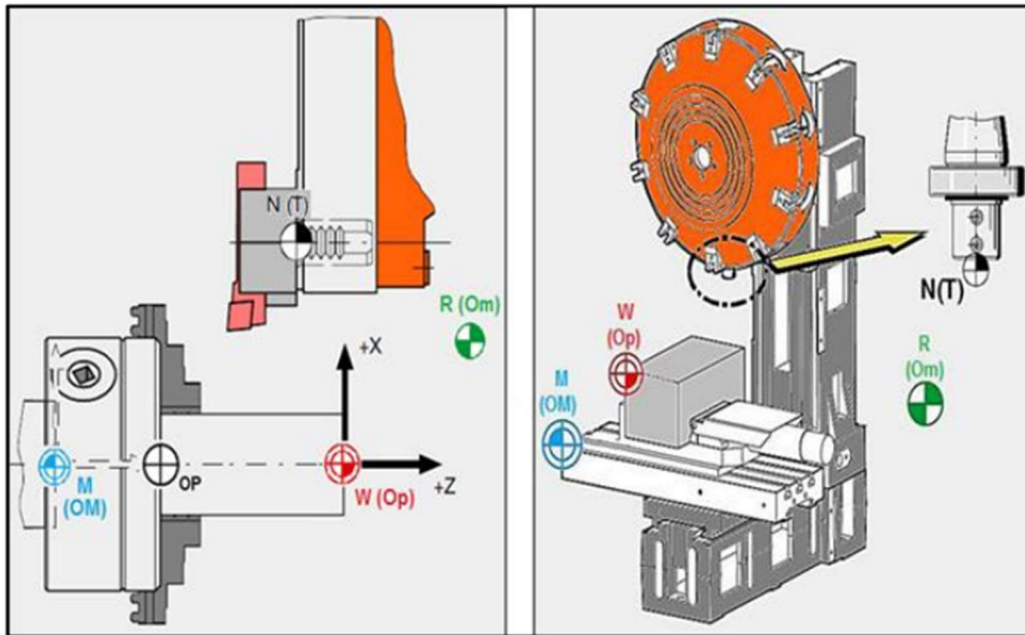


Figure I.7.1 : Représentation des origines. [20]

Remarque :

Les origines dans les machines EMCO sont présentées comme suit : Origine machine (M), Origine mesure ou point de référence (R), et l'origine pièce (W). [11]

I.8 : Décalage et géométrie d'outil :

Dans l'espace de travail d'une MOCN, plusieurs points de référence sont définis. Ces points sont essentiels pour le préréglage et la programmation de la machine. Nous allons présenter ces différents points et leur positionnement au sein de l'espace de travail d'une MOCN.

La figure suivant montre les Points des références dans le volume d'usinage (fraisage et tournage).

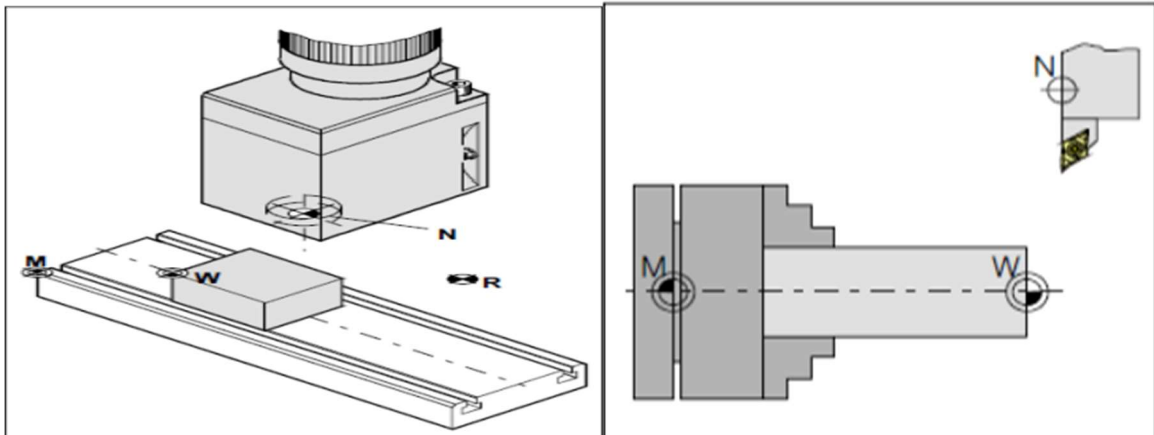


Figure I.8 : Point de référence dans le volume d'usinage (fraisage et tournage). [21]

I.9. : Décalage de l'origine machine :

La position du point « M », correspondant à l'origine machine, étant trop éloignée de la pièce à usiner, elle n'est pas adaptée comme point de départ pour la programmation. Il est donc nécessaire de décaler l'origine machine vers un point plus pratique pour la programmation : l'origine de la pièce.

Les deux figures suivant montrent le décalage de l'origine de machine

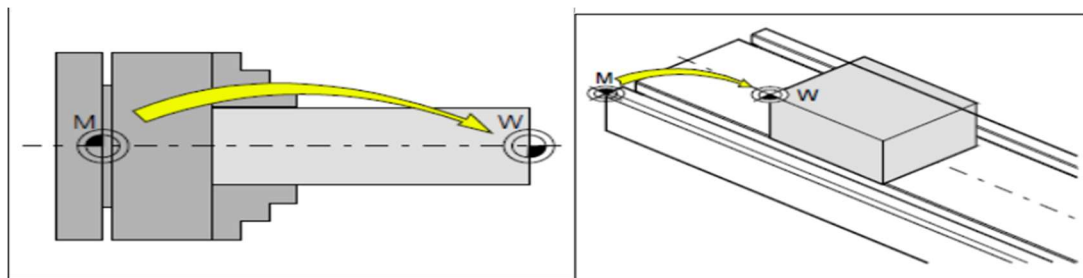


Figure I.9: Décalage d'origine de l'origine machine M à l'origine de la pièce W dans le tournage et le fraisage. [15]

I.10 : Langages et La programmation :

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. [22]

✓ 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. [21]

✓ 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 s'appuie sur le langage ISO comme base, tout en intégrant des fonctionnalités supplémentaires qui le rendent unique. Ses principales spécificités sont les suivantes :

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

✓ Le langage PROFORM :

Le langage PROFORM a été spécialement conçu pour les robots d'érosion Charmilles. Cependant, il est désormais complètement obsolète.

✓ 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

I.11 : Comparaison entre les MO conventionnelles et MOCN :

Commençons par les inconvénients :

- Cout horaire très élevé. Investissement dois important.
- Complexités des programmes.
- Maintenance couteuse.

Avantage

- Usinage des formes complexes.
- Diminution des temps morts.
- Enchainement automatique sans l'intervention de l'opérateur
- Vitesses de déplacement hors usinage sont élevées (de 1.500 à 60.000 mm/min) [16]

I. 12 : Conclusion :

Dans ce chapitre on a présenté une recherche bibliographique sur les machines-outils conventionnelles et à commande numérique (MOCN) et leur classification.

L'utilisation des MOCN présente un grand intérêt pour la fabrication en petite et moyenne série de pièces de forme complexe.

Chapitre II : ETUDE conceptuelle du projet

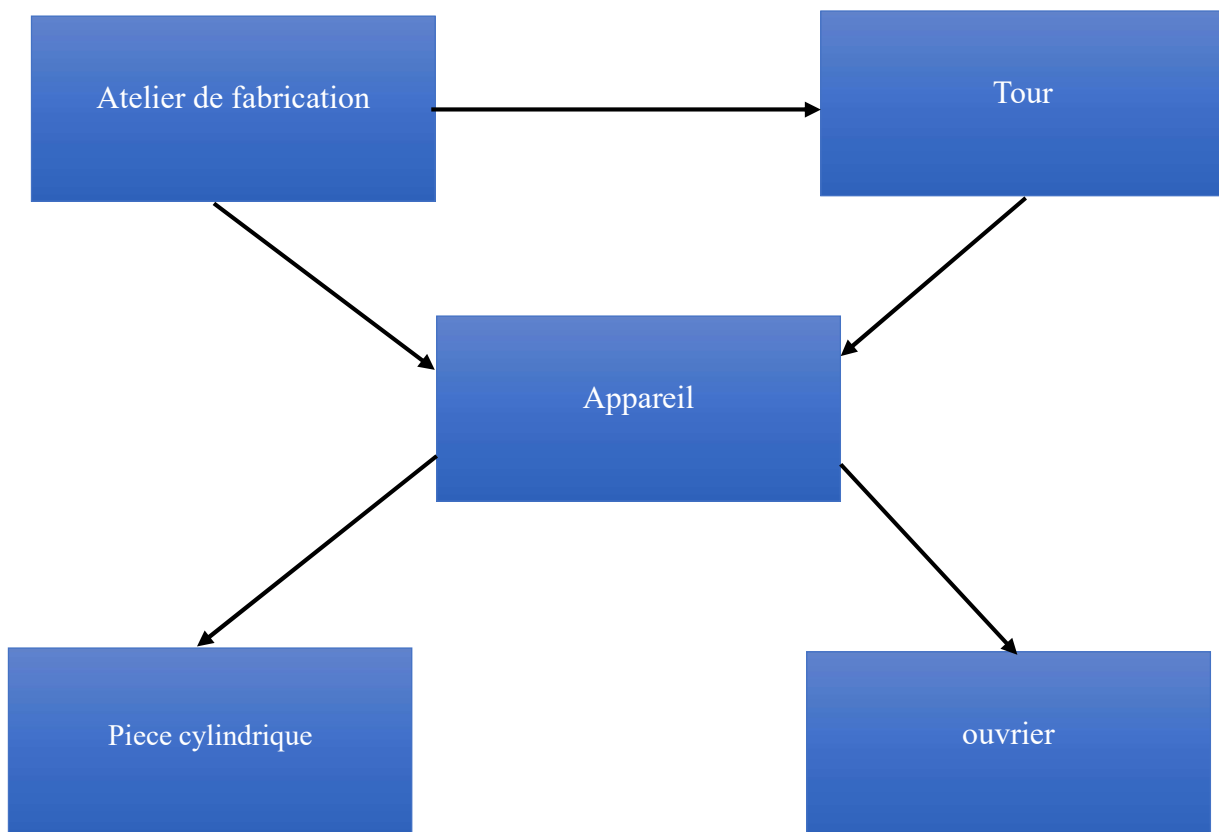
II.1. Introduction

La concrétisation d'un projet passe par une étude conceptuelle structurée en plusieurs phases. Celle-ci débute par l'identification des besoins et se poursuit jusqu'à la réalisation finale. Ce chapitre est dédié à la présentation de l'étude conceptuelle du projet.

II.2. Problématique :

Comment réaliser une gorge de forme sphérique sur un tour, qu'il soit conventionnel ou à commande numérique, tout en assurant la précision géométrique, un bon état de surface, et l'optimisation des paramètres d'usinage en fonction des matériaux utilisés, dans un cadre industriel ou pédagogique.

Mise en situation



1. Précision géométrique :

La gorge sphérique constitue une forme complexe nécessitant une maîtrise rigoureuse des profils tridimensionnels. Cette complexité dépasse celle des gorges classiques (cylindriques ou coniques), rendant sa réalisation plus exigeante sur le plan géométrique.

2. Méthode d'usinage :

La réalisation de cette forme implique une adaptation des procédés usuels d'usinage sur tour. Elle peut nécessiter des trajectoires spécifiques ou des réglages particuliers, surtout sur tour conventionnel où l'automatisation est limitée.

3. Sélection des outils et réglage des paramètres :

L'utilisation d'outils de coupe adaptés (ex. : outils à profil sphérique ou outils modifiés) est cruciale. Les paramètres de coupe (avance, vitesse, profondeur de passe) doivent également être ajustés selon le matériau (acier, aluminium, polymère, etc.) pour garantir une coupe efficace et sans défauts.

4. Qualité de surface :

Il est essentiel de respecter les tolérances dimensionnelles ainsi que l'état de surface demandé, qui influe directement sur la fonctionnalité et l'aspect final de la pièce.

5. Optimisation du processus :

Le défi est de concilier qualité et productivité : réduire les temps d'usinage, limiter l'usure des outils, et garantir une constance dans la production.

II.3. Analyse Fonctionnelle :

L'analyse fonctionnelle vise à identifier, structurer et caractériser les fonctions assurées par un produit intégré dans un système donné, afin de répondre de manière optimale aux besoins de l'utilisateur. Elle se divise en deux volets complémentaires :

- L'analyse fonctionnelle externe
- L'analyse fonctionnelle interne

II.4. Formulation du Besoin :

Il s'agit d'étudier la conception d'un dispositif adaptable sur un tour, permettant la réalisation de gorges de diamètres allant du rayon 14mm à 50mm sur une barre cylindrique. Ce dispositif est destiné à contribuer à l'auto-équipement des machines-outils présentes dans le hall technologique.

II.5. Analyse du Besoin :

L'expression du besoin s'appuie sur une démarche interrogative structurée autour de trois axes fondamentaux :

À qui le produit rend-il service ?

À l'opérateur de machine-outil, en particulier le tourneur au sein de l'atelier de mécanique.

Sur quoi le produit agit-il ?

Sur des pièces cylindriques, en réalisant des opérations pour « gorge sphérique » avec plusieurs passes de profondeur.

II.6. Dans quel objectif ?

Pour réaliser une gorge sphérique sur la pièce avec une possibilité de faire varier le rayon de courbure et gagner plus de temps d'usinage.

Recherche de l'appareil :

D'après la problématique, notre travail est de faire une recherche afin de trouver les mécanismes et appareils permettant la réalisation de gorges sphériques et de prendre des solutions pour une réalisation facile et optimiser le temps de fabrication. Les photos suivantes représentent les différentes solutions trouvées sur YouTube.



II.7. Etude Conceptuelle :

Identification des éléments des milieux extérieurs

Le milieu extérieur a formé des éléments en relation avec le produit et qu'ils sont :

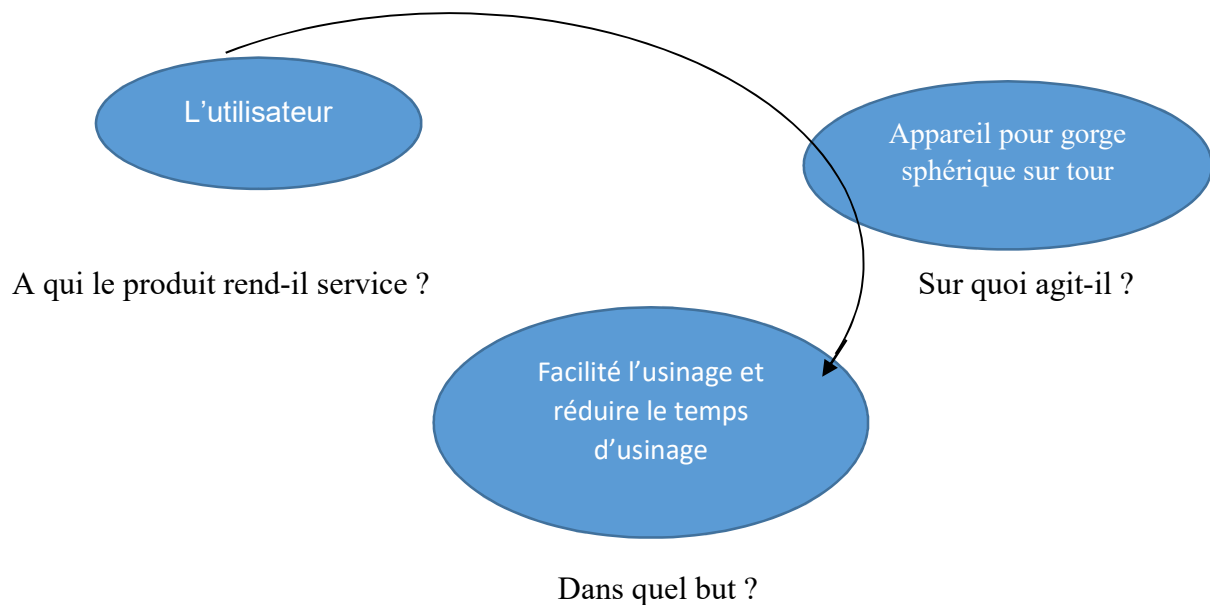
- ✓ Tourneur
- ✓ Pièce
- ✓ Environnement (MO)
- ✓ Milieu ambiant

- ✓ Energie
- ✓ Cout
- ✓ Temps

II.8. Analyse fonctionnelle externe :

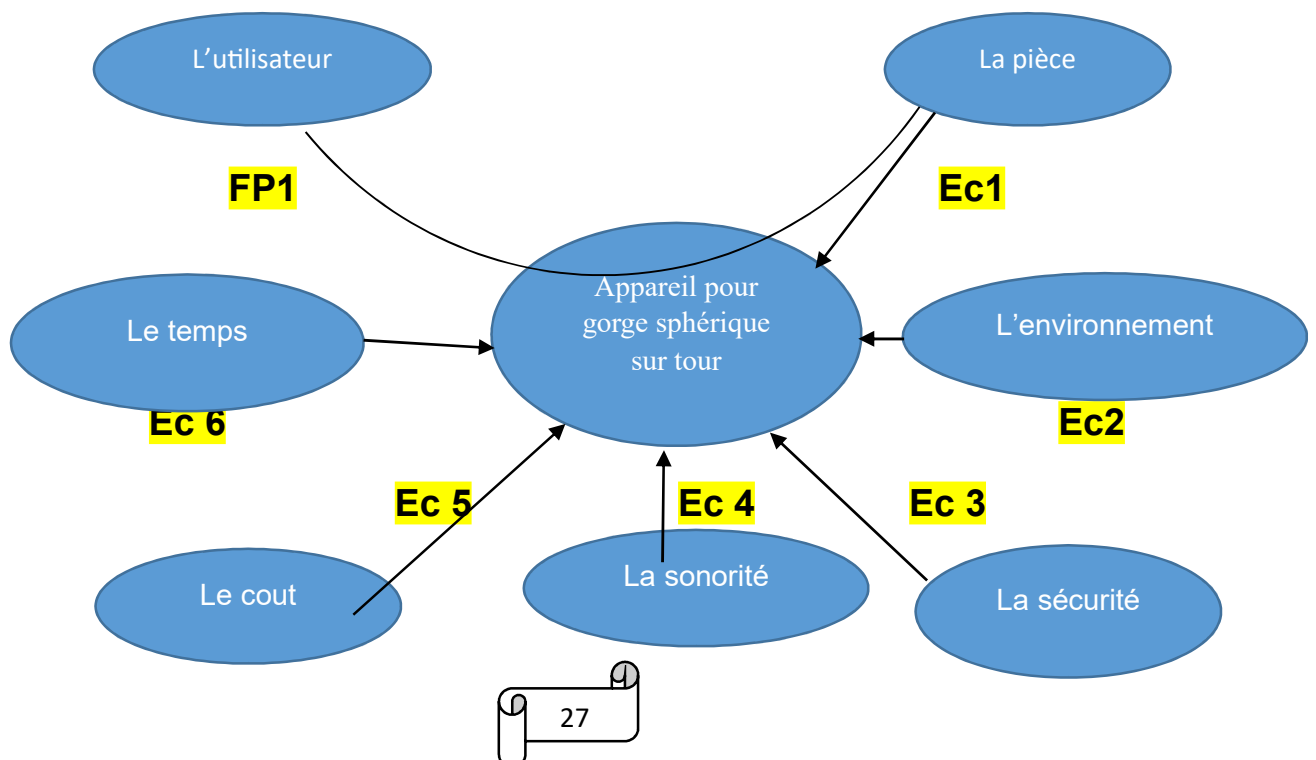
II.8.1. Diagramme Bête à cornes :

La figure suivante représente le diagramme bête à cornes.



II.8.2. Diagramme des intégrateurs :

La figure suivante représente le diagramme des intégrateurs :



Les fonctions de service retenues pour le reste de l'étude se décomposent en :

* Fonctions principales notées FP.

* Fonctions contraintes notées FC.

FP1 : usinage d'une gorge sphérique sur tour.

FC1 : usinage de la pièce.

FC2 : respecter les conditions de l'environnement.

FC3 : assurer la sécurité de l'opérateur.

FC4 : éliminer le bruit.

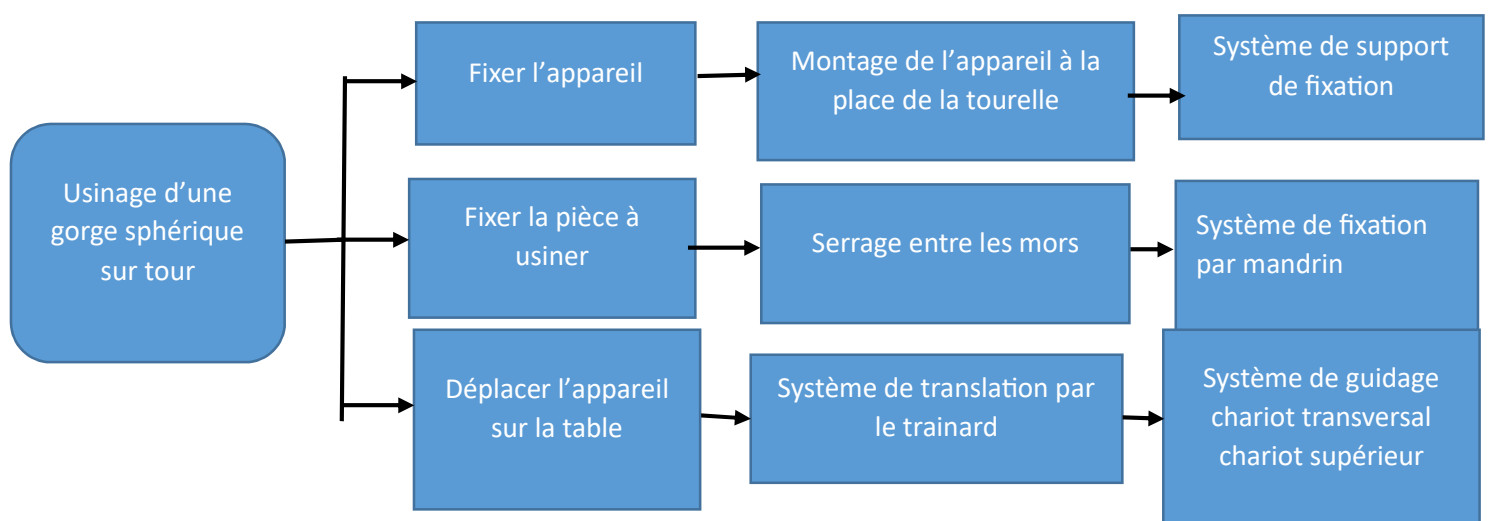
FC5 : commercialiser à un prix raisonnable

FC6 : respecter le temps de conception et de réalisation.

II.9. Analyse fonctionnelle interne :

La figure suivant représenter diagramme FAST

✓ Diagramme FAST :



II.10. Cahier des charges :

Le cahier des charges fonctionnel (CdCF) est un document contractuel par lequel le demandeur exprime son besoin en termes de fonctions de service. Il définit de manière précise les exigences auxquelles doit répondre la solution à développer, en distinguant les fonctions principales (assurant la mission de base du système) et les fonctions contraintes (liées aux limites techniques, réglementaires ou économiques). Ce document constitue une base de référence tout au long du processus de conception, permettant d'assurer la cohérence entre le besoin initial et la solution finale. Pour chacune des fonctions et des contraintes sont définis des critères d'appréciation et leurs niveaux.

Le tableau suivant représente le récapitulatif du cahier de charge :

Tableau II.10 : Cahier de charge

repère	Fonctions	Critère d'appréciation	Niveau
Fp1	Usinage d'une gorge sphérique sur tour.	• Précision • Vitesse d'usinage • résistance	
Ec1	usinage	• Dimensions • Matériaux • Maintenance.	Petites pièces Faciliter de montage et démontage
Ec2	Respecter les conditions de l'environnement.	• Recyclage. • Température. • Corrosion.	Utiliser des matériaux recyclables $\leq 50\%$
Ec3	Assurer la sécurité de l'opérateur.	• Norme de sécurité.	• ISO
Ec4	Eliminer le bruit	• Son.	• Eviter les vibrations
Fc5	Commercialiser à un prix raisonnable	• Prix total de l'appareil.	DA
Ec6	Respecter le temps de conception et de réalisation.	Etude conception Réalisation de l'appareil	2 mois

II.11. Choix du matériau :

II.11.1. Critère du choix de matériau :

La sélection des matériaux constitue une étape essentielle et souvent délicate. En effet, dans de nombreux cas, elle ne se limite pas uniquement à des considérations techniques visant à satisfaire des exigences fonctionnelles, mais elle prend également en compte les préférences des utilisateurs, en lien avec les attentes d'un marché ciblé.

II.11.2. Etapes à suivre pour le choix des matériaux :

- 1- Etudier l'information autour du nouveau produit.
- 2- Déterminer les caractéristiques/exigences et les besoins de conception du produit.
- 3- Sélection des matériaux applicables et fabricables.
- 4- Evaluation des opérations possibles.
- 5- Établir des priorités et tirer des conclusions.

II.11.3. Principes de choix du matériau :

Le choix d'un matériau fait partie intégrante de la démarche d'éco-conception. Il convient ainsi de réaliser un inventaire des fonctions définies dans le cahier des charges, avant d'engager une sélection selon une approche itérative. L'analyse de ce cahier des charges permet de traduire les exigences en spécifications, d'identifier les propriétés recherchées des matériaux, ainsi que les objectifs de conception associés.

Répartition des critères :

Il est également essentiel de définir clairement les critères guidant le choix du matériau et du procédé.

Par exemple : Concernant le matériau : propriétés mécaniques, thermiques, électriques, économiques, ainsi que des aspects esthétiques.

Concernant le procédé : volume de production, masse, complexité géométrique, taille des séries, ainsi que les caractéristiques économiques et environnementales.

II.11.4. Méthodes de choix :

Le choix des matériaux est une étape cruciale dans la conception de produits, d'ouvrages ou de systèmes industriels. Il repose sur une méthodologie structurée permettant de sélectionner le matériau le plus adapté selon des critères techniques, économiques, environnementaux et esthétiques.

Principales méthodes de choix des matériaux :

A. Méthode par critères de sélection (ou méthode analytique) :

Elle consiste à lister et pondérer les critères selon les exigences du projet.

- Identifier les contraintes (ex. : résistance, température, poids...).
- Définir les critères de performance.
- Attribuer des poids à chaque critère.

B. Méthode de classification (ou méthode de présélection) :

Elle permet d'éliminer rapidement les matériaux qui ne répondent pas aux contraintes de base.

- Définir les contraintes éliminatoires (température maximale, densité, coût, etc.).
- Filtrer les matériaux qui ne les respectent pas.

C. Méthode économique :

Elle se base principalement sur le coût total du matériau, incluant :

- Coût d'achat
- Coût de transformation
- Coût d'entretien ou de recyclage

II.11.5. Choix du matériau :

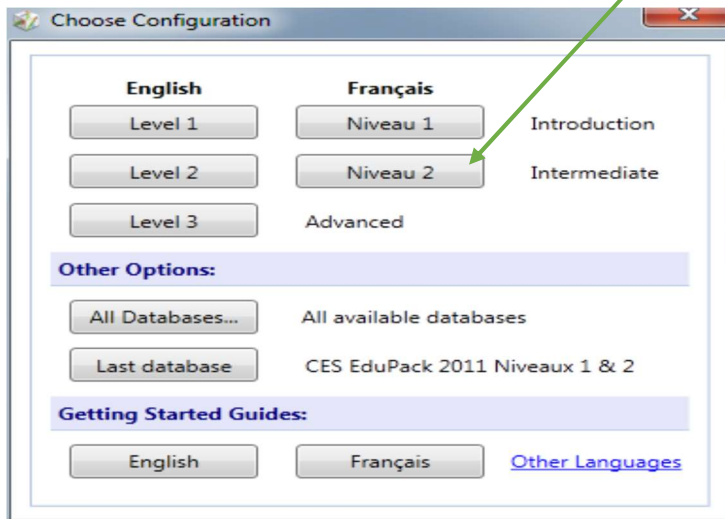
Le choix du matériau est porté sur l'utilisation du logiciel CES Edupack 2011 qui est un outil complet de base de données de matériaux. La sélection des matériaux se fait par comparaison, en fonction des propriétés fonctionnelles, des exigences et des contraintes du processus de fabrication.

Nous donnons ici quelques interfaces et informations sur ce logiciel.

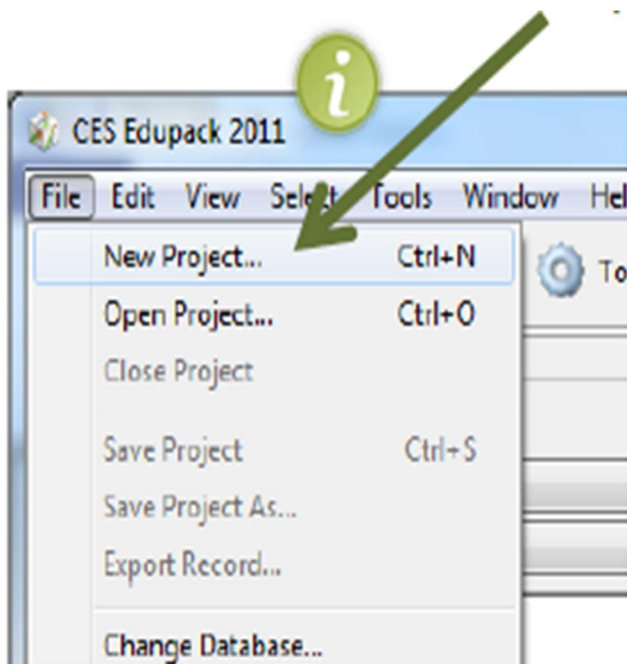
- Ouvrir le logiciel CES



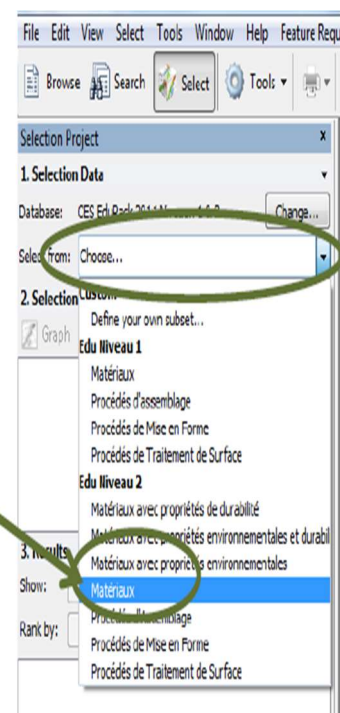
- Choisir la configuration Intermédiaire « Français Niveau 2 »



- Créer un nouveau projet de matériaux Edu Level 2



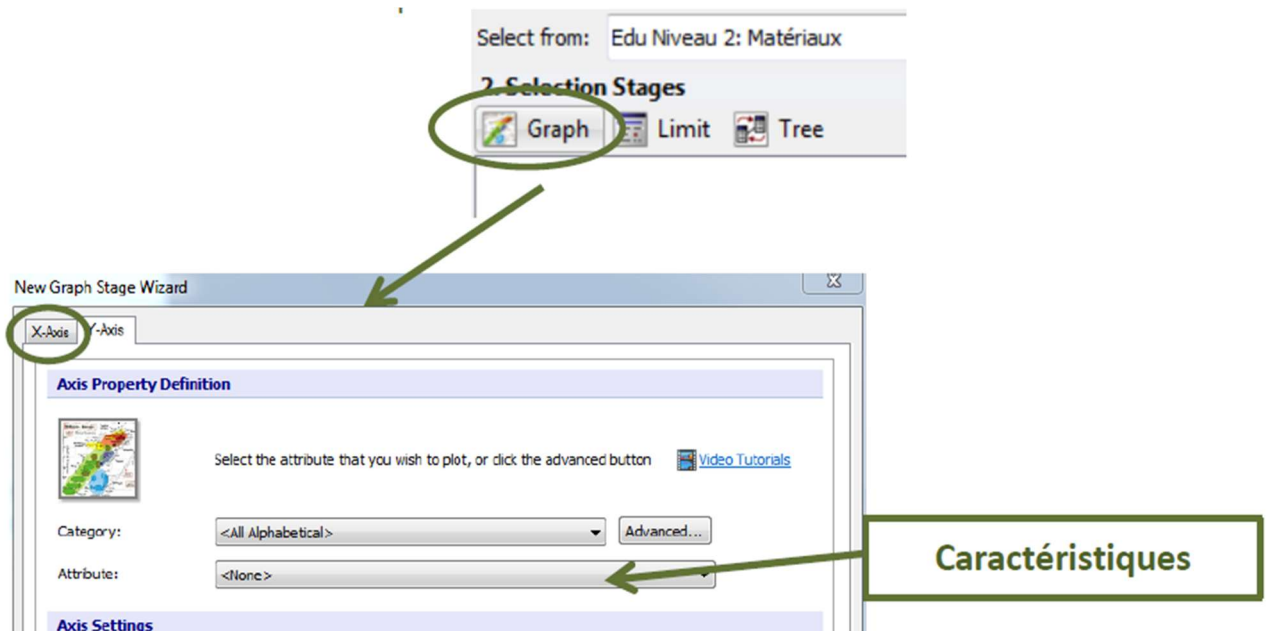
Sélectionner
« Matériaux »



II.11.6. Création des diagrammes :

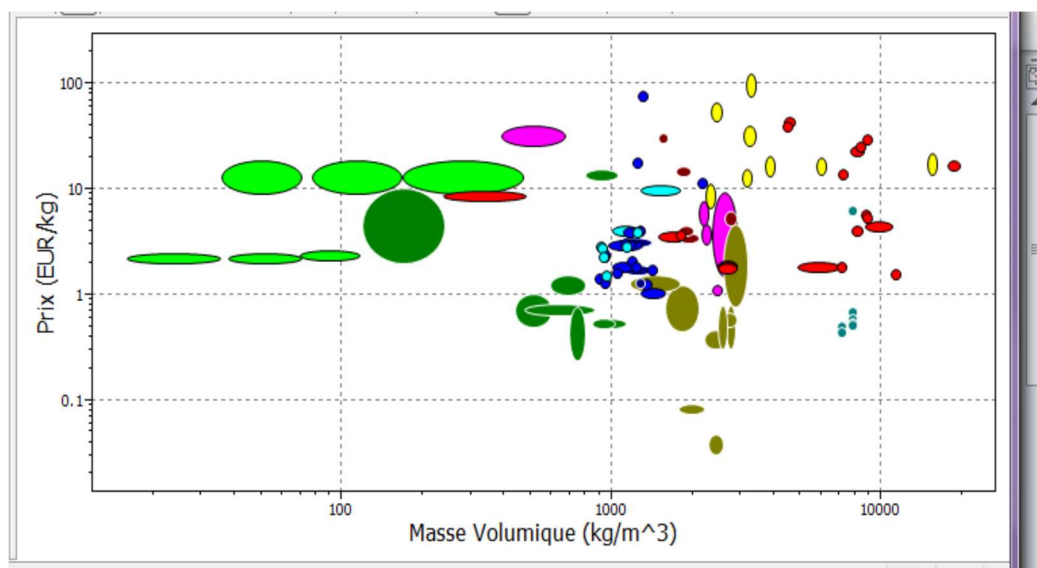
II.11.6.1. Diagramme avec au plus deux caractéristiques :

- Créer un nouveau Graph



Sélectionner l'axe puis la caractéristique. L'onglet « Category » permet de limiter le champ des caractéristiques. Valider par OK.

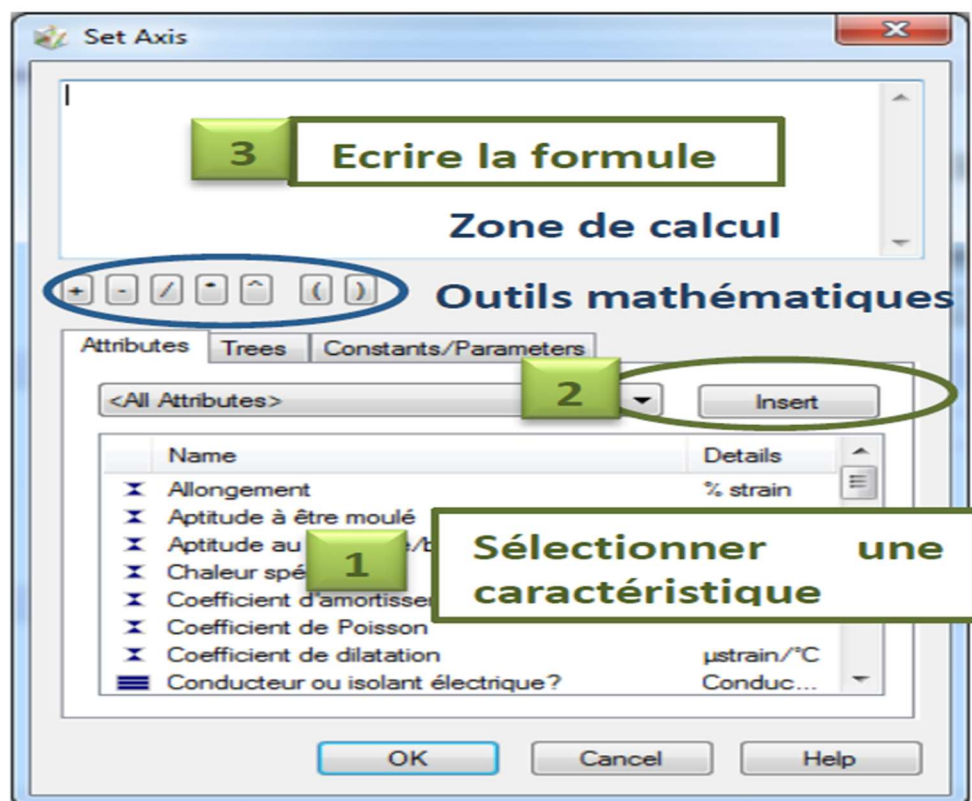
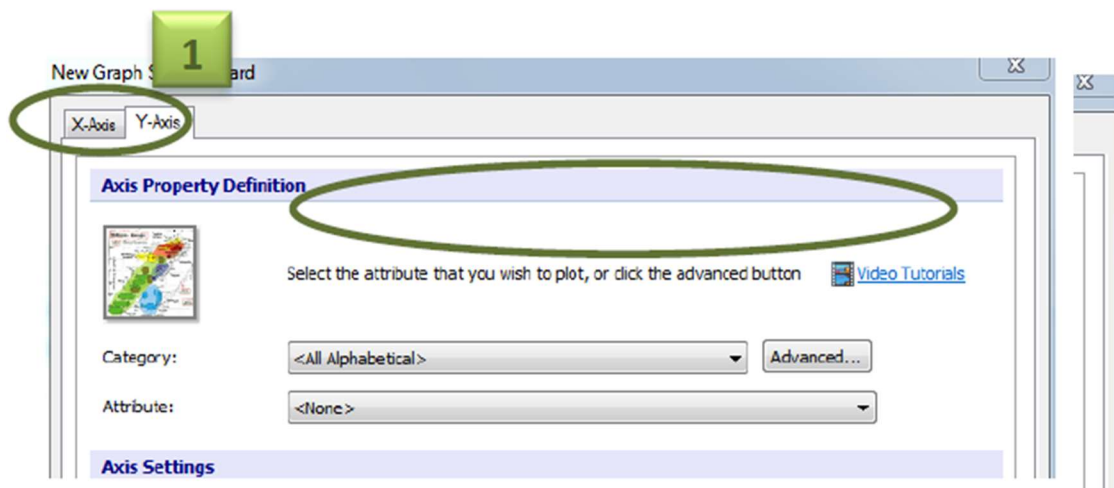
- Le diagramme apparaît.



II.11.6.2. Diagramme avec plus de deux caractéristiques :

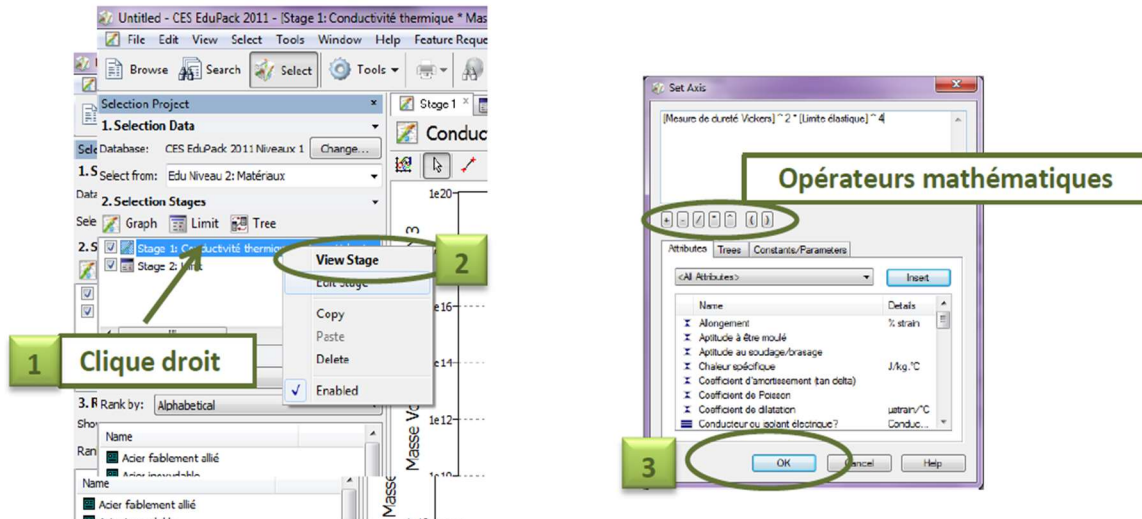
Pour regrouper des caractéristiques sur les axes.

- Pour cela choisir un axe et sélectionner « Advanced »

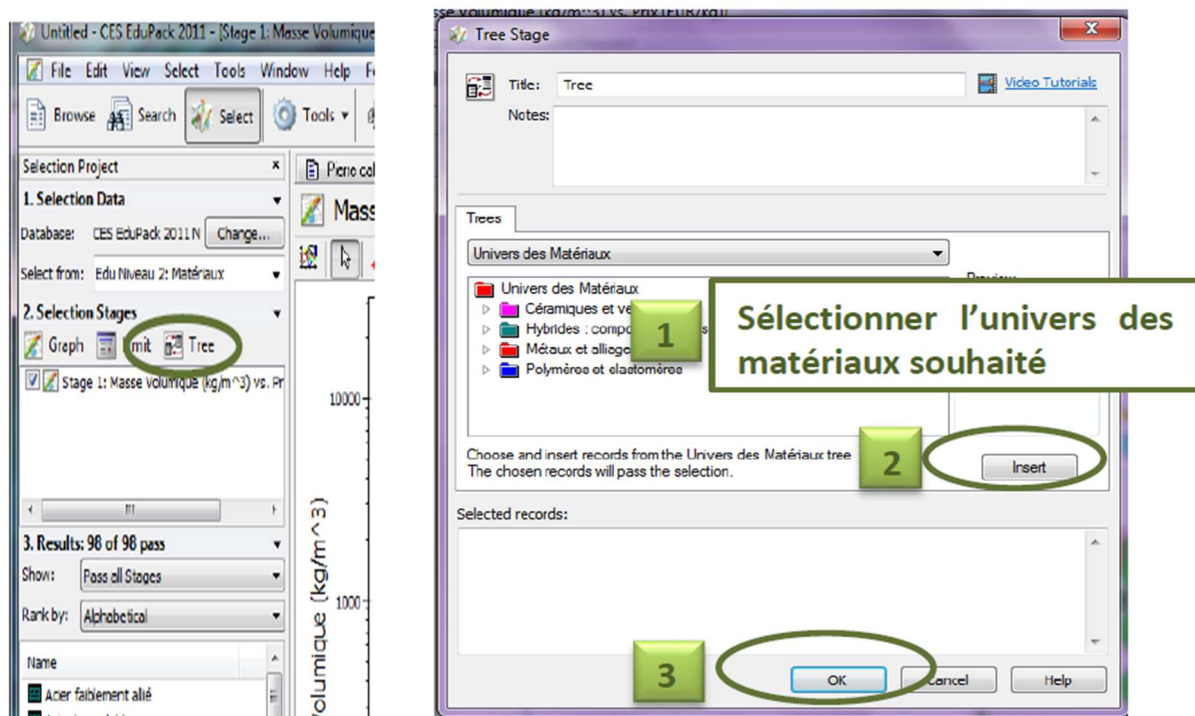


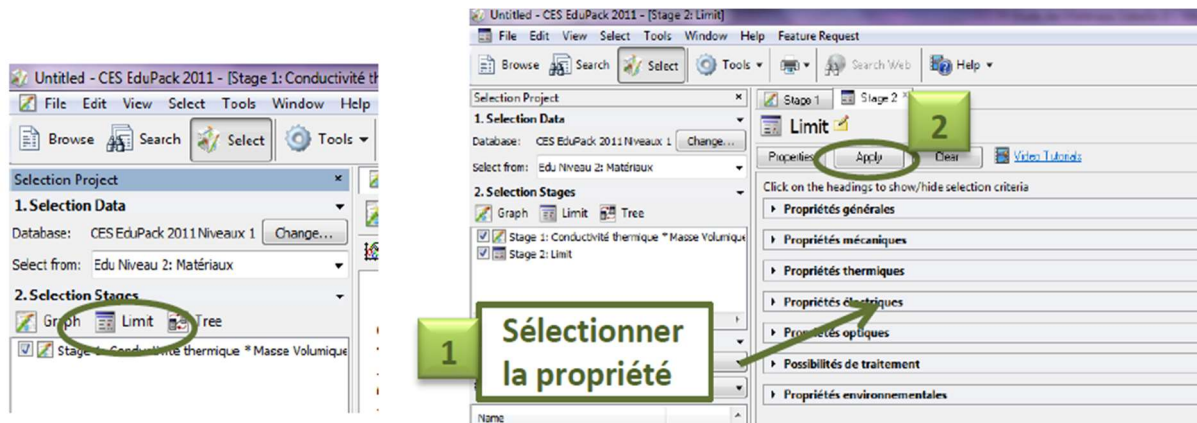
Pour chaque axe, sélectionner dans la liste, les caractéristiques souhaitées, les insérer dans la zone de calcul et écrire la formule avec les outils mathématiques.

II.11.6.3. Pondération des caractéristiques :



II.11.6.4. Sélectionner une catégorie de matériau. :





II.11.6.5. Limitation de caractéristiques :

Après avoir donné l'exemple sur l'utilisation du logiciel, nous avons choisi l'acier

S 185 (acier à usage général).

Conformément à la norme européenne EN 10027, les aciers destinés à un usage général sont identifiés par une lettre indiquant leur principale application, suivie de la limite d'élasticité exprimée en mégapascals (MPa). La lettre S, par exemple, est utilisée pour désigner les aciers à usage structurel courant, notamment dans le domaine de la construction (S pour "Structure"). [1]

Ils sont conçus pour s'adapter à une large gamme d'utilisations, généralement sans exigences particulières.

Caractéristiques de l'acier S185. Bonne soudabilité sans traitement thermique particulier

R=290 MPa	Re=185MPa	Rm=400-500 Mpa	A= 26%
------------------	------------------	-----------------------	---------------

A : Allongement à la rupture (%)

R : Résistance

Re : Limite d'élasticité (MPa)= (Limite élastique MPa)

Rm :(Résistance maximale à la traction (MPa))

II.12 Conclusion :

Ce chapitre a été consacré à l'étude conceptuelle de notre appareil. Nous y avons présenté les différents diagrammes nécessaires à la conception, aboutissant à l'élaboration du cahier des charges. De plus, nous avons donné les propriétés des matériaux sélectionnés pour la réalisation de ce prototype.

Chapitre III :

Etude Fonctionnelle

III.1. Introduction

Avant de démarrer le projet, il est nécessaire de réaliser une étude complète pour comprendre comment il fonctionnera. Elle est faite sous le logiciel SolidWorks version 2021, pour les différents dessins (dessin d'ensemble, dessin de définition, dessin de fabrication, dessin de montage).

III.2. Bref aperçu de SolidWorks 2021

SolidWorks 2021 est un logiciel de conception assistée par ordinateur 3D développé par Dassault Systèmes. Il est utilisé pour créer des modèles précis de pièces et de produits mécaniques. Le logiciel est basé sur la technologie de modélisation solide et permet aux utilisateurs de concevoir, d'assembler et d'analyser des conceptions complexes à l'aide d'outils de simulation avancés. Cette version est conçue pour offrir des améliorations significatives des performances, accélérer les processus de conception et faciliter la collaboration entre les concepteurs sur des plateformes cloud comme 3DEXPERIENCE. Des améliorations significatives ont également été apportées aux fonctions de dessin 2D, d'assemblage et de simulation, rendant le programme plus efficace et plus précis pour répondre aux exigences des projets d'ingénierie modernes.

Grâce à sa précision et à sa facilité d'utilisation, SolidWorks est devenu un outil adopté par de nombreuses entreprises dans des secteurs tels que l'automobile, l'aéronautique, les équipements médicaux et l'électronique. Il contribue à réduire le temps de développement des produits, à améliorer la qualité des conceptions et à minimiser les erreurs de production grâce aux outils de simulation et de validation précoce.

III.3. Conception de composants dans SolidWorks 3D

Dans cette étape, nous avons commencé par schématiser l'ensemble étudié, puis donner les noms des constituants (nomenclature). On a procédé au dessin 2D des composants de l'ensemble puis visualiser sa forme en 3D pour bien comprendre le dessi

1: Corps de l'outil

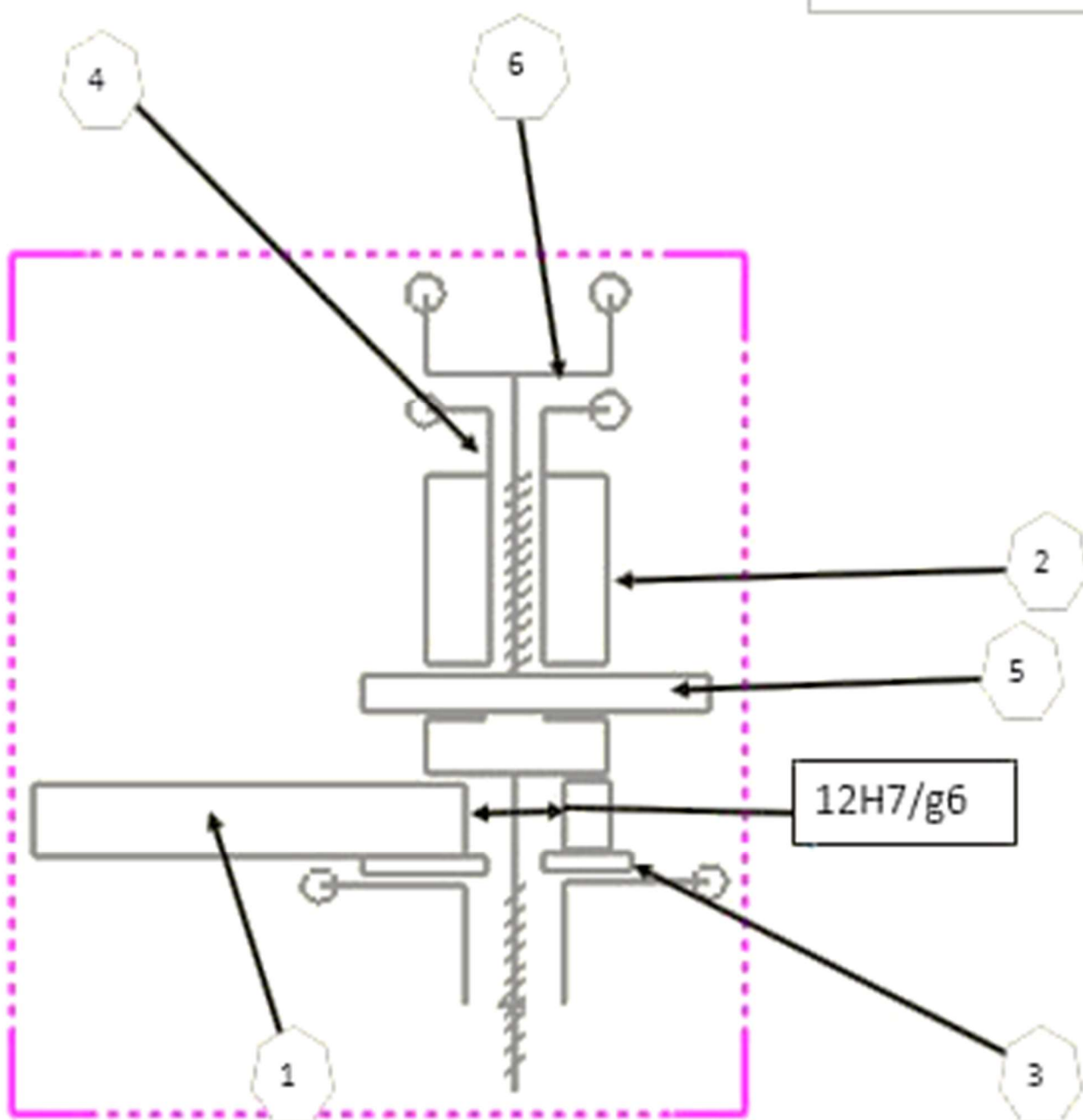
2: Support rotatif d'outil

3: roundels

4: ecrou

5: l'outil

6: vis



III.5. Conception :

Les figures suivantes représentent : Corps de l'outil, Supporte rotatif d'outil, l'outil neutre ARS, Clé de contrôle

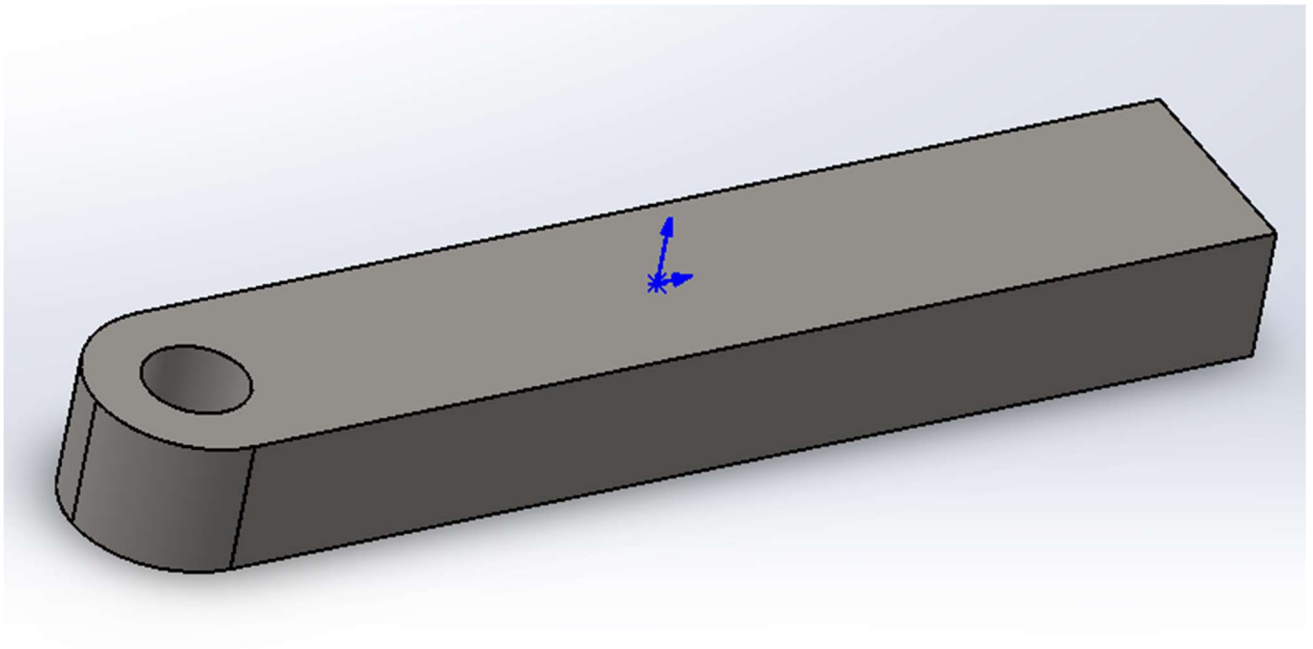


Figure III.5.1 : Conception du Corps de l'outil

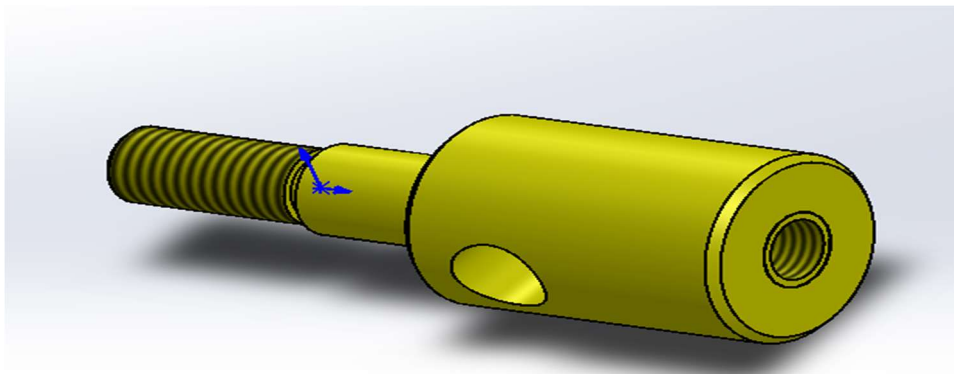


Figure III.5.2: Vue 3D du supporte rotatif d'outil sous SolidWorks en 3D



Figure III.5.3 : Conception du l'outil neutre ARS

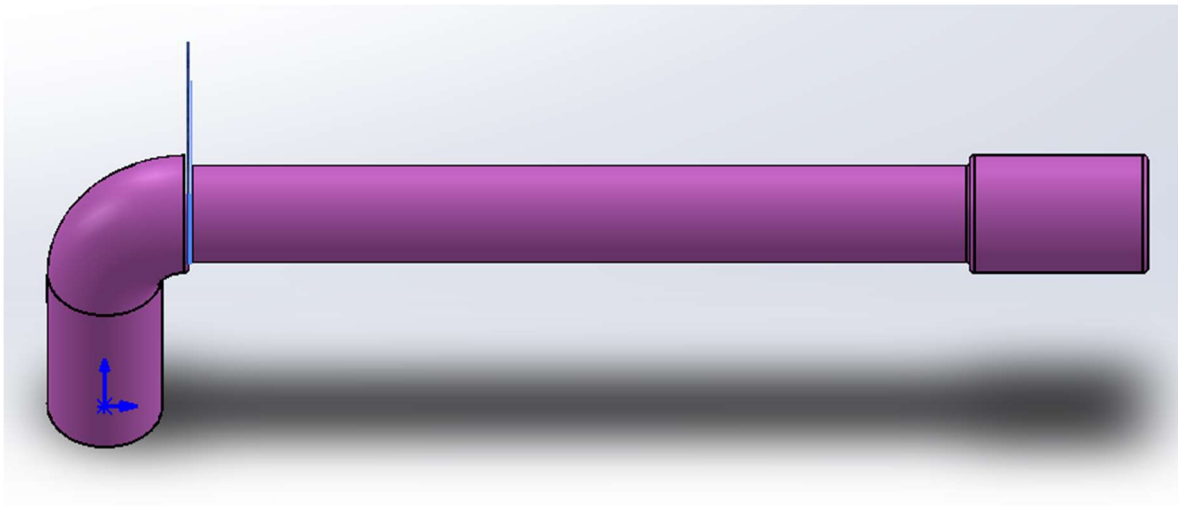
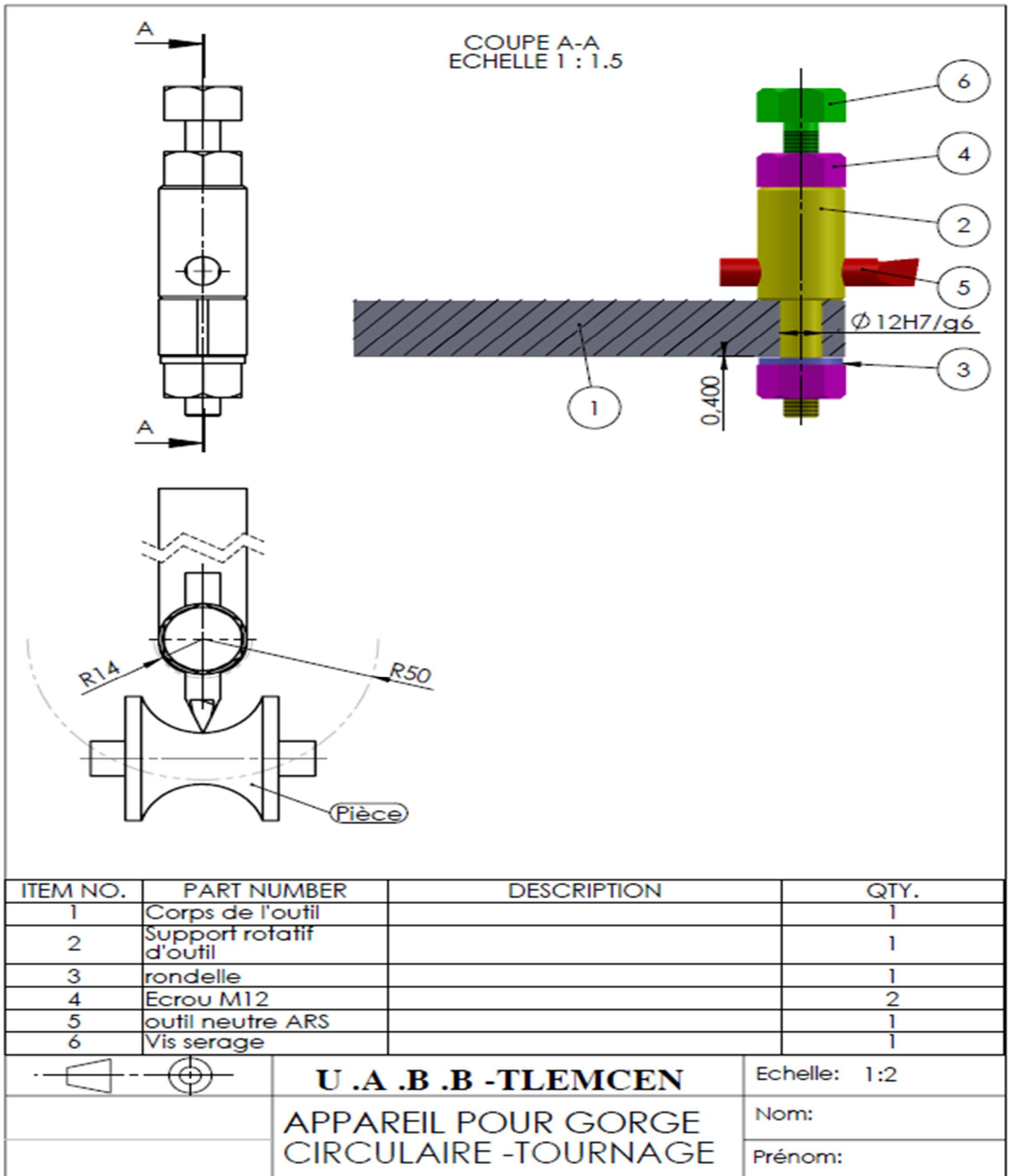
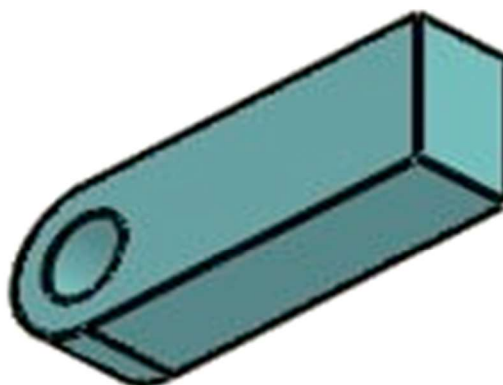
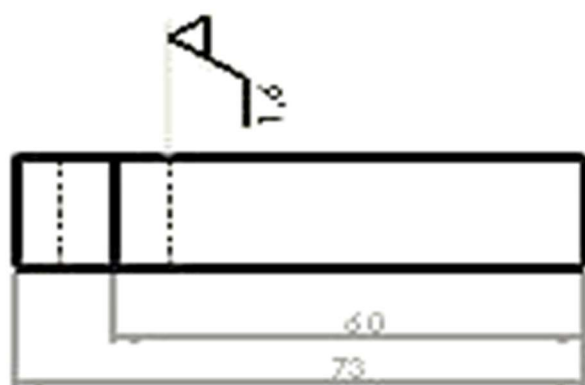
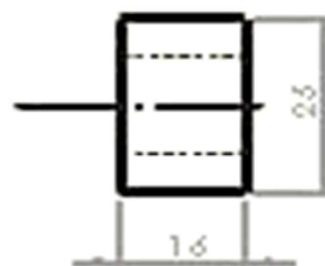
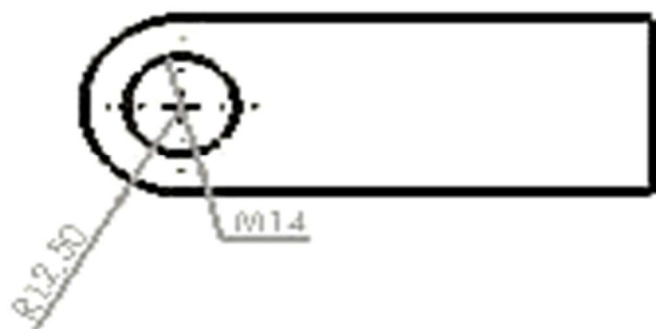


Figure 1 III.5.4 : Clé de contrôle de la rotation de l'outil.

La clé de contrôle assure la rotation de l'outil pour l'usinage de la gorge sphérique pour un rayon de courbure variant de 14mm à 50mm, comme on le montre sur le dessin d'ensemble suivant.

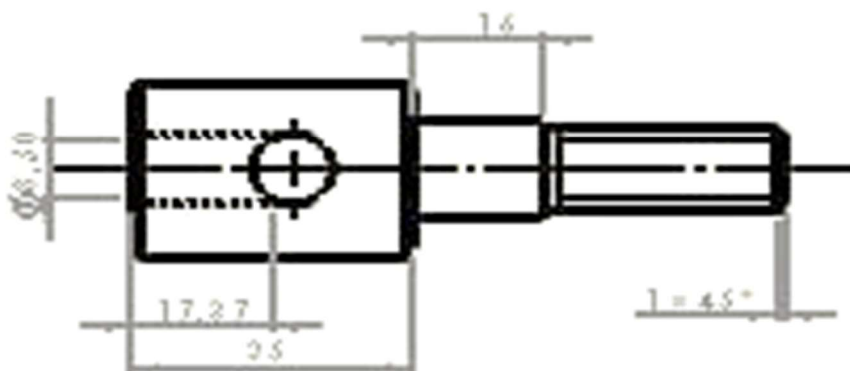
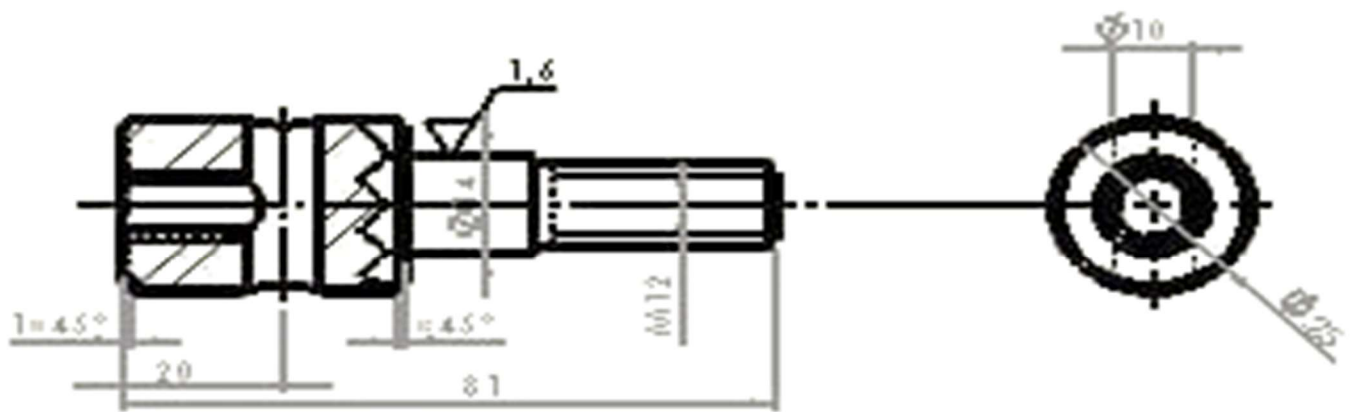
III.6. Dessin d'ensemble





Tolérance générale ± 0.2

	U .A .B .B -TLEMSEN	Echelle: 1 :1
	Corps de l'outil	Nom: Prénom:



Tolérance générale ± 0.2



U .A .B .B -TLEMSEN

Echelle: 1:1

Date:

Support rotatif d'outil

Nom: Arbane Ibrahim

Prénom: Hamnache
Fawcal

III.8. Chaîne de côtes du jeu de fonctionnement :

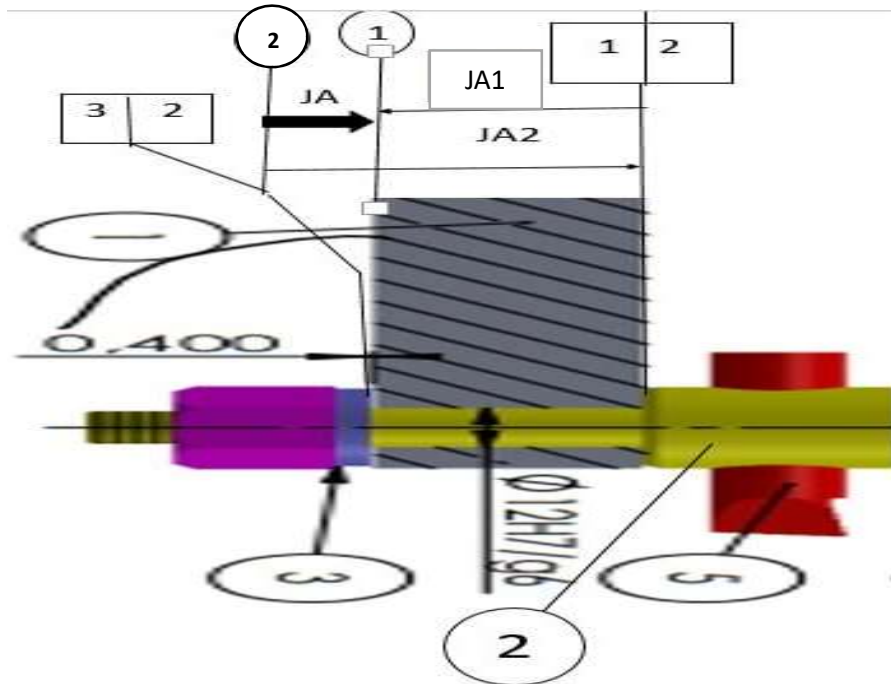


Figure III.8 : Chaîne de cotes

Jeu JA_{min} = 0,4 mm qui est une condition de fonctionnement.

A₂ = ? ?

A₁ = 16 ± 0,1

D'après la chaîne de cotes tracée, on peut écrire la relation suivante : JA = A₂ - A₁

ITJA = Σ ITA ITJA = ITA₂ + ITA₁ ITA₂ = ITJA - ITA₁ = 0.4 - 0.2 = 0.2

JA_{max} = A_{2max} - A_{1min}

JA_{min} = A_{2min} - A_{1max} 0.4 = A_{2min} - 16.1 = 16.5 mm d'où A_{2max} = 16.7 mm

Donc : A₂ = 16^{+0.7}/_{+0.5}

Calcul de l'ajustement Ø12 H7/g6 :

Tolérance de l'alésage H7 pour Ø12 mm (Min = 12,000 mm ; Max = 12,018 mm)

Tolérance de l'arbre g6 pour Ø12 mm (Min = 11,978 mm ; Max = 11,988 mm)

Jeu max = Ø alésage max - Ø arbre min

Jeu max = 12,018 - 11,978 = 0,040 mm (>0)

Jeu min = Ø alésage min - Ø arbre max

Jeu min = 12,000 - 11,988 = 0,012 mm (>0)

On déduit que l'ajustement Ø12H7/g6 est un **ajustement avec jeu**.

III.9. Dessin d'ensemble :

La figure si dessue représenter Dessin d'ensemble éclaté :

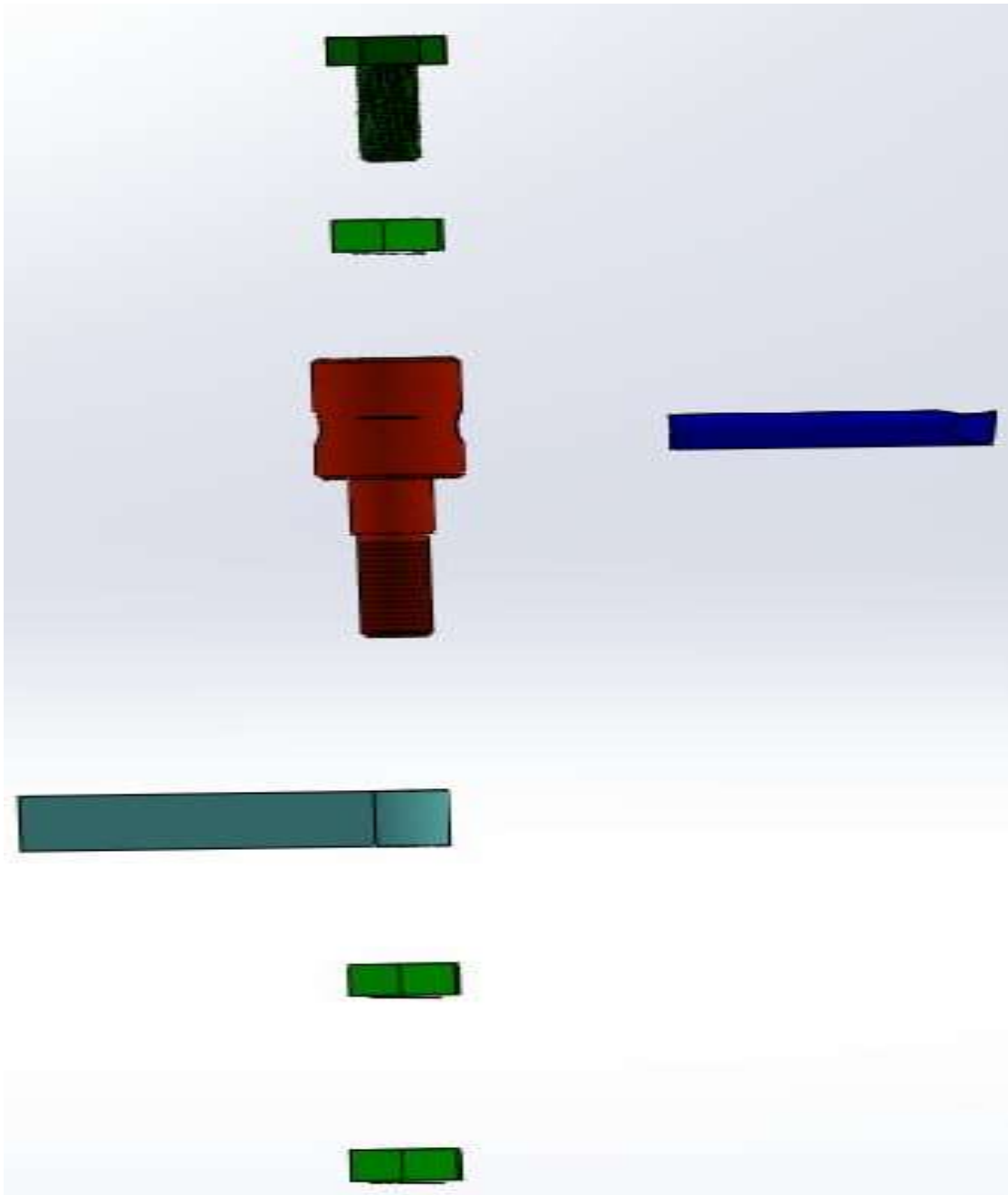


Figure III.9 : Eléments du dessin d'ensemble éclaté

III.10. Montage de l'ensemble :

La Figure III.10 reprisant le Montage de l'ensemble

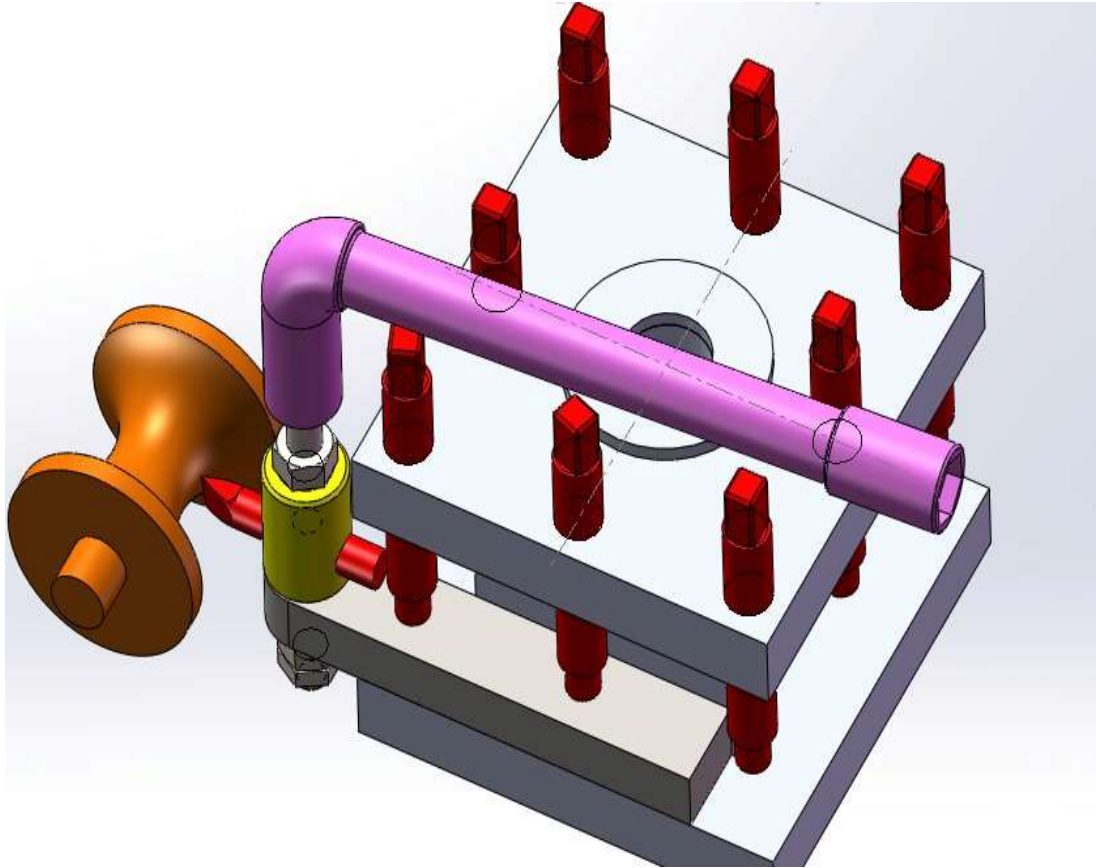


Figure III.10 : Montage de l'ensemble

III.11. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons vu les différentes représentations et positions de notre appareil. Nous fournissons également les dessins réalisés sous SolidWorks 2021.

CHAPITRE IV :

FABRICATION ET REALISATION

IV.1. Introduction :

L'étude de fabrication vise à définir l'enchaînement logique des différentes étapes nécessaires à la réalisation d'une pièce. Chaque opération y est décrite en fonction des usinages à effectuer. Dans ce chapitre, nous présenterons les principales étapes de l'étude de fabrication, en débutant par l'élaboration du processus de fabrication, suivie par l'établissement de la gamme d'usinage, pour conclure avec la rédaction du contrat de phase.

IV.2. Support rotatif d'outil :

IV.2.1. Processus de fabrication :

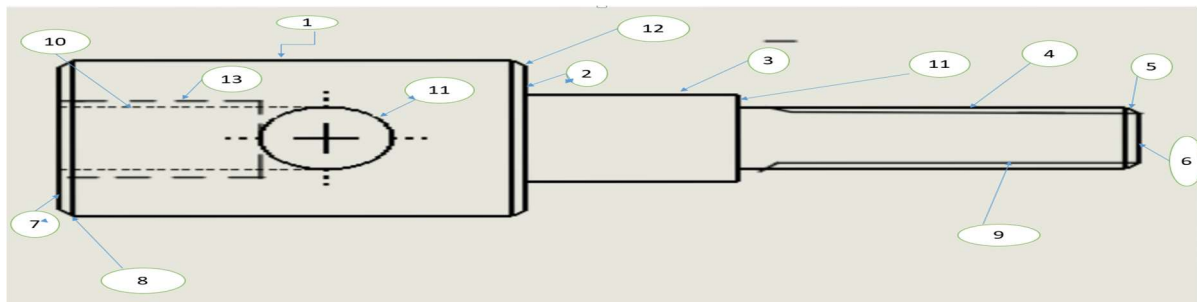
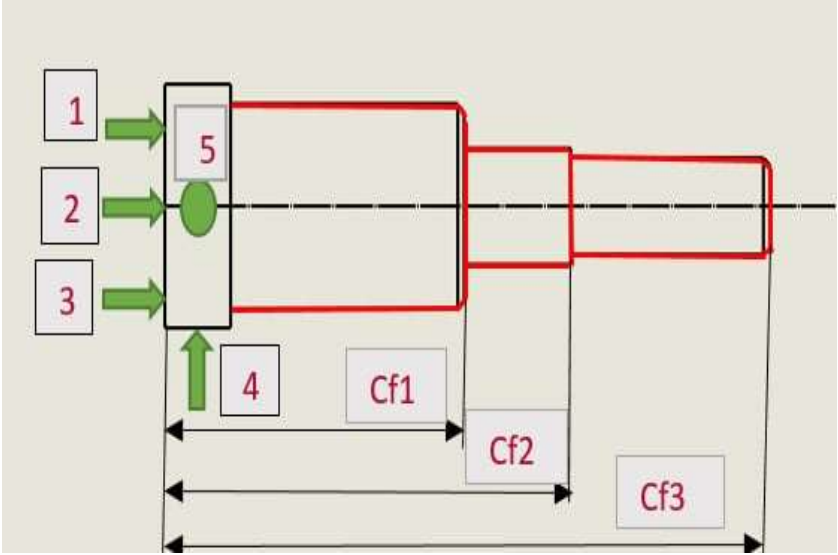


Figure IV.2.1 : Processus de fabrication' Support rotatif d'outil

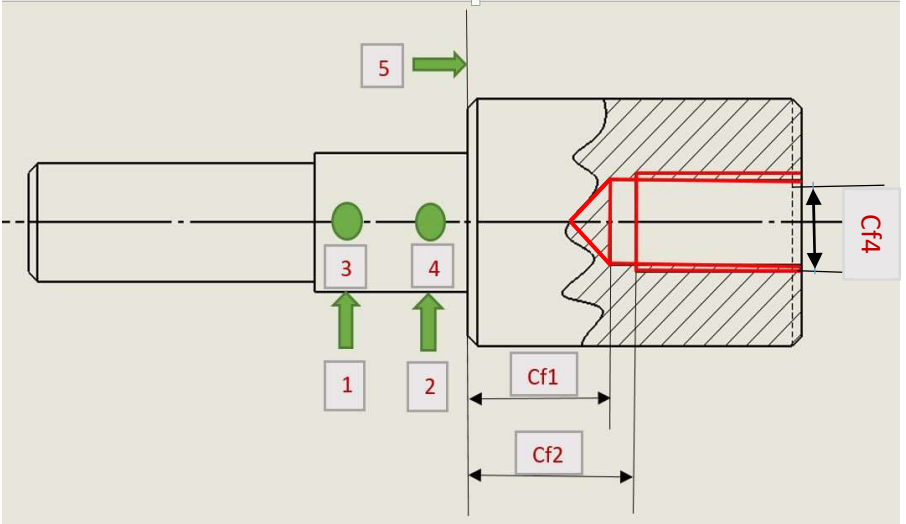
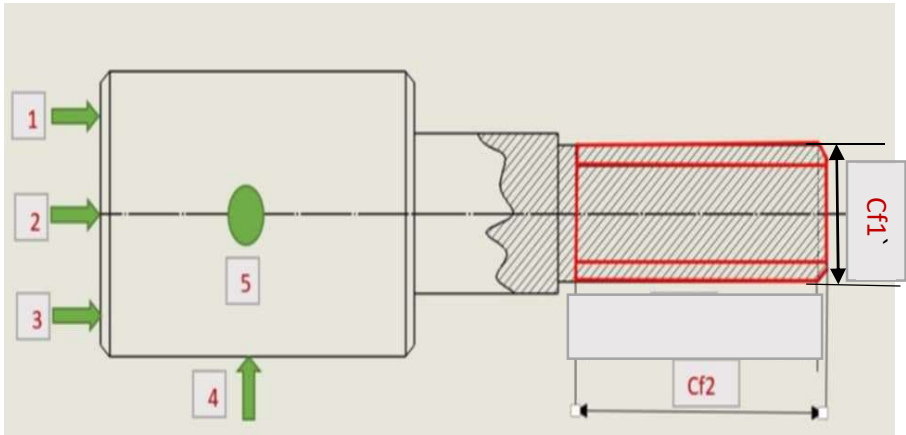
N De phase	Désignation des phases et Opérations	MO	Surface usinées
100	Control de brut		
200	Tournage	TP	1 3 4 12 11 6 5
300	Tournage	TP	7 8
400	Tournage	TP	10 P + 10 T
500	Perçage	PC	11
600	Tour	TP	9
700	Control final		

IV.2.2. Gamme d'usinage :

Feuille d'analyse de fabrication

N Phase	Désignation n des phases/Phase Et Opération	M. O	Outillages	Contrôle	Schéma de phase
100	Contrôle du brute			Atelier de Contrôle	
200	<u>Tournage</u> Référentiel de départ défini par Appui plan 1, 2, 3 : brut Centrage court 4, 5 : brut 210 : chariotage 1 220 : chariotage 3 et Dressage 2 et chanfreinage 12 Cotes : Cf 1 : $45^{+0.1}_{-0.3}$ Cf 2 : $61 \pm 0,2$ Cf 3 : $82 \pm 0,2$ Cf 4 : $1 \times 45^\circ$	TP	Outil a couteau	 Respecter la cote calculée : $A2=16^{+0.7}_{+0.5}$	

300	<u>Tournage</u> Référentiel de départ défini par : Centrage long 1,2,3,4 :3 Butée 5 :2 310 : Dressage 7 320 : Chanfreinage 8 Cotes : Cf 1 : $25^{+0,2}$ Cf 2 : $1 \times 45^\circ$	TP	Outil à couteau	
400	<u>Perçage</u> Référentiel de départ défini par : Centrage long 1,2,3,4 :1 Butée 5 :7 410 : Perçage de 11 Cf1 : $20^{+0,2}$ Cf2 : $\varnothing 10$	PC	Forêt $\varnothing 10$	

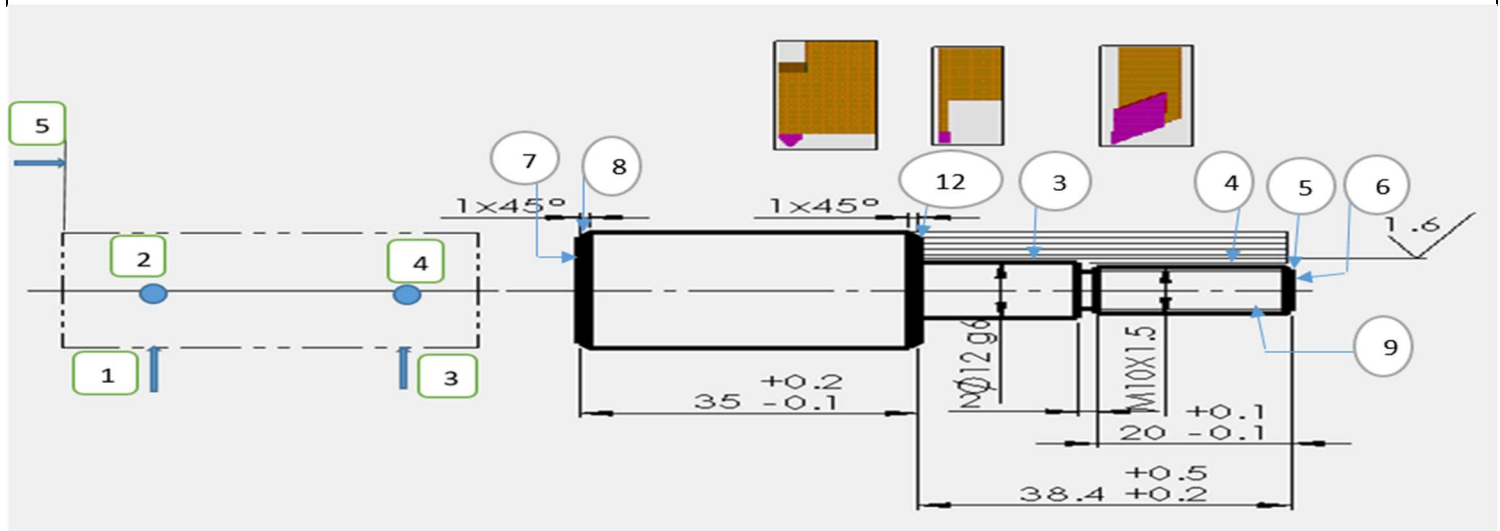
500	Perçage Référentiel de départ défini par : Centrage long 1,2,3,4 :3 Butée 5 :2 510 : Perçage 10 520 :Taraudage 13 Cf 1 : $8^{+0,2}$ Cf 2 : $16^{+0,2}$ Cf3 : M10 Cf4 : $\varnothing 8,5$	PC Forêt $\varnothing 8,5$ Taraud M10	
600	Filetage Référentiel de départ défini par Appui plan 1,2,3 :7 Centrage Court 4, 5 : 1 610 : filetage Cf 2 : $28^{+0,2}$ Cf 1 :M10	TP Filière M10	
700	Contrôle final		

Cf : cote de fabrication

IV.2.3 Contrat de phase :

Le contrat de phase montre les différentes étapes de réalisation sur MOCN

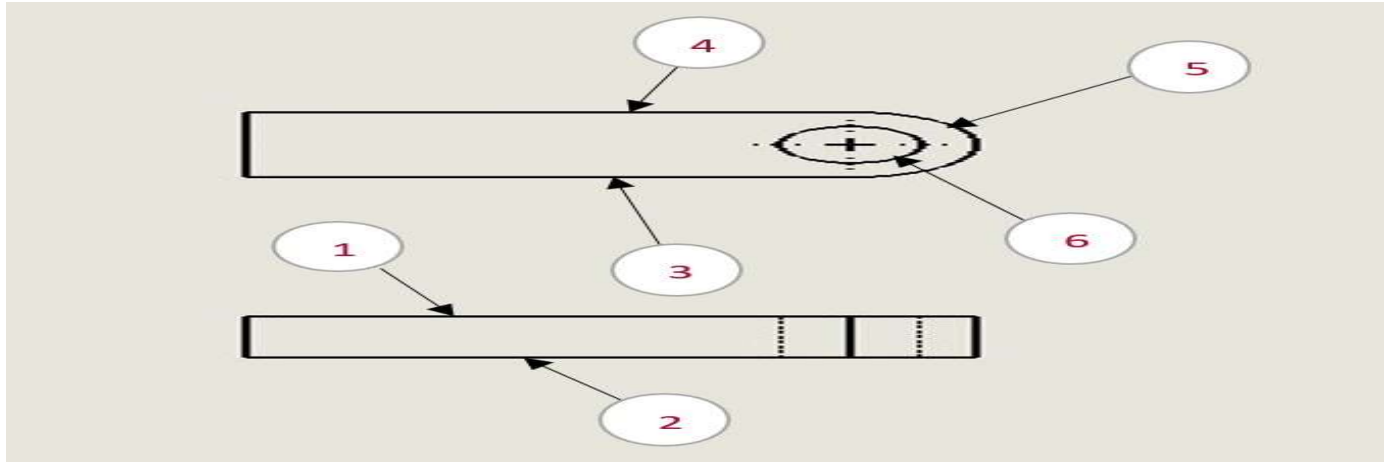
Contrôle de phase	Ensemble :	Bureau des Méthodes
	Pièce : support rotatif d’outil	
	Matière : S185(A33)	
Désignation : Tournage		
Machine-outil : CN		



Désignation des sous-phases et opérations	Eléments de coupe				
	Porte - pièce	Vc (m/min)	F (mm/tr)	outil	Vérification
A/ Dressage	Mandrin 3 Mors durs	175	0,050	Outil de tournage	JP 1 /50
B / chariotage : Ebauche 3 cf 16 ^{+0.2} Finition 4 cf 20 ^{+0.2}		//	//		
C/ Usinage gorge EP 2 mm		//	//	Outil à saigner	PC 1 /50
D / 1 /2 Finition 3 Ø12 g6		200	0,02	Outil de finition	
E / Finition 3 Ø12 g6 et ^{1,6} √ Chanfreinage 5- 12 -8		//	//		
F / Filetage 9 M10 F=1,5		100	0,05	Outil à fileter	BFM10
G/ Tronçonnage 7 35 ^{+0.1}		//	//	outil à tronçonner	

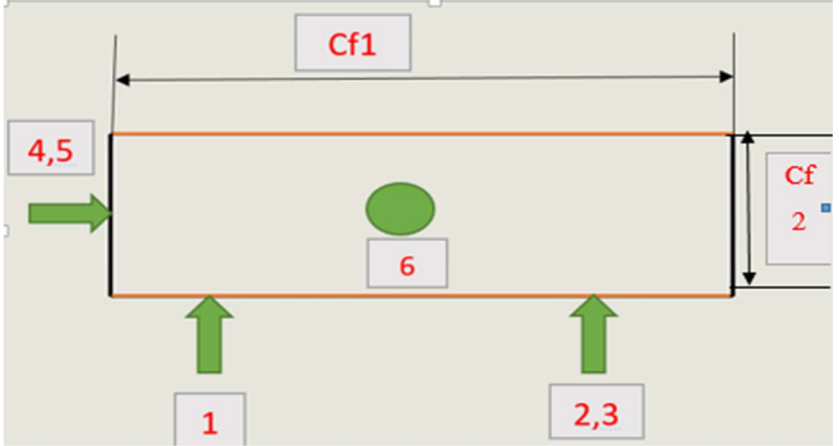
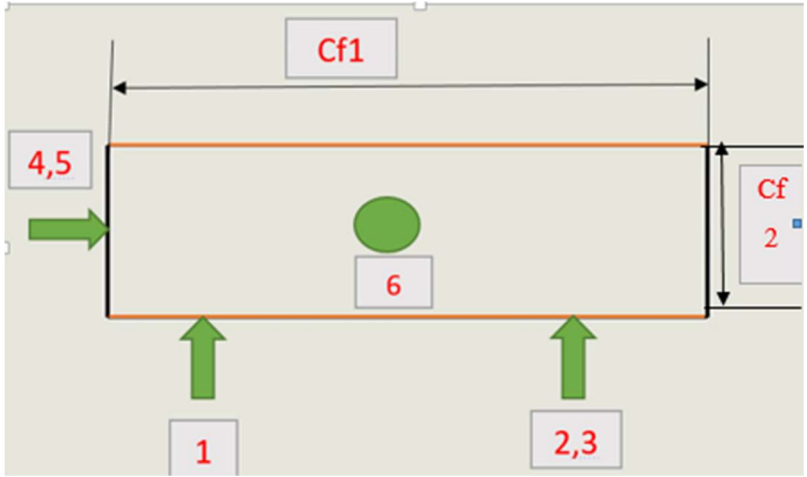
IV.3. Corps de l'outil :

IV.3.1. Processus de fabrication :



N De phase	Désignation des phases et Opérations	MO	Surface usinées
100	Control de brut		
200	Fraisage	FU	1 2
300	Fraisage	FU	3 4
400	Détourage	FU	5
500	Perçage	PC	6
600	Control final		

IV.3.2.la gamme d'usinage du corps de l'outil :

N Phase	Désignation n des phases/Phase Et Opération	M.O	Outillages	Contrôle	Schéma de phase
100	Contrôle du brute	Atelier de Contrôle			
200	FRAISAGE Référentiel de départ défini par : Appui plan 1,2,3 : 3 Appui linéaire 4,5 : 7 Butée 6: 1 210:surfacage 2 Cote : Cf 1:73±0,2 Cf2 :25±0,2	FU	Fraise 2 Tailles		
300	FRAISAGE Référentiel de départ défini par : Appui plan 1,2,3 : 7 Appui linéaire 4,5 : 3 Butée 6 : 1 310 : surfacage 1 Cote : Cf 1 :73±0,2 Cf2 :16±0,2	FU	Fraise 2 Tailles		

400	Fraisage Référentiel de départ défini par : Appui plan 1,2,3 : 1 Appui linéaire 4,5 : 3 Butée 6: 7 410 : Détourer 5 Cote : Cf 1 : $62 \pm 0,2$ Cf 2 : R12,5	FV	Plateau circulaire Fraise 2 tailles	
500	Perçage Référentiel de départ défini par : Appui plan 1,2,3 : 1 Appui linéaire 4,5 : 3 Butée 6: 7 510 : Perçage de 6 Cf 1 : $60 \pm 0,2$ Cf2 : 12,5 Cf : $\phi 10$	PC	Forêt $\phi 10$	
600	Contrôle final			

Cf : cote de fabrication

Dans cette partie, nous montrons les différentes étapes de la réalisation de notre prototype,

IV.5. Réalisation de support d'outil :

Les différentes étapes de la fabrication de support relatif d'outil sont illustrées par photographies suivantes prise lors de l'usinage.

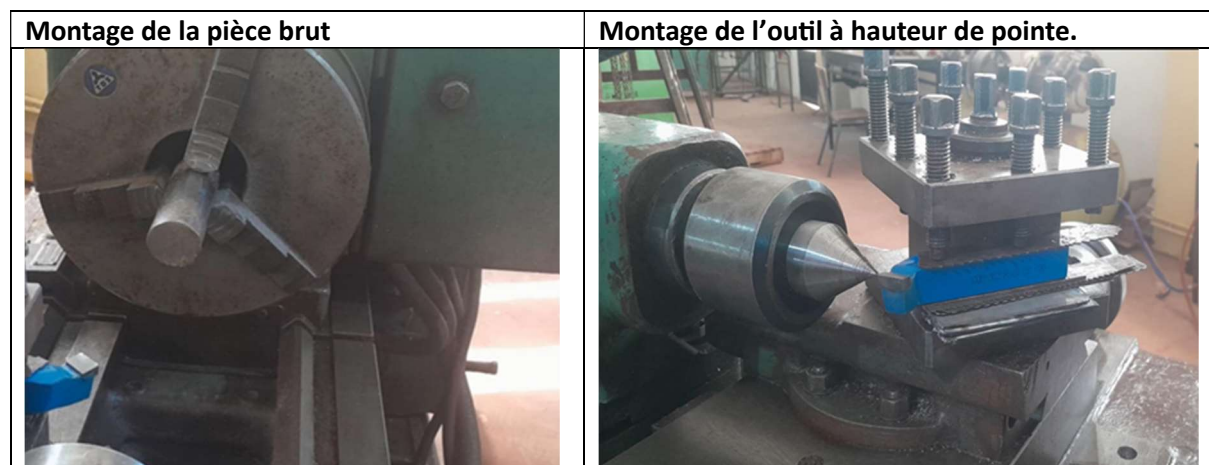
Le brut de l'acier utilisé est de diamètre 35mm et une longueur de 110 mm

La machine-outil utilisée est montrée par la photographie suivante :

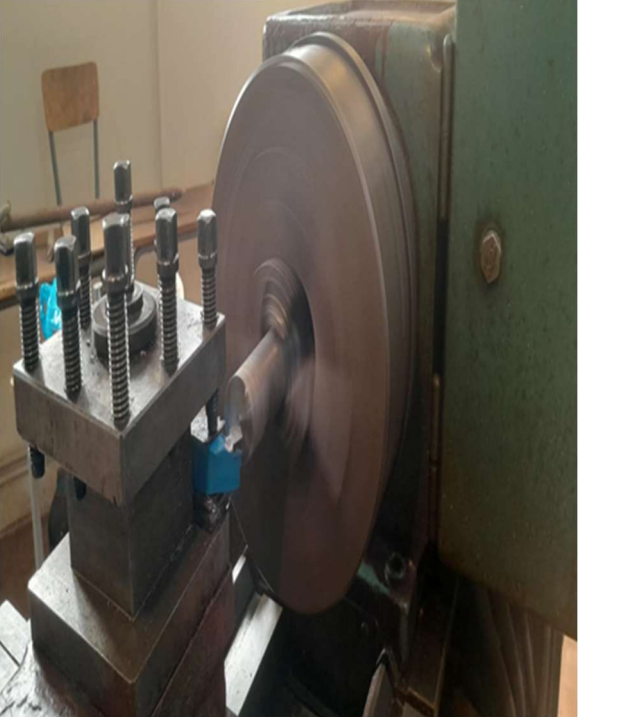
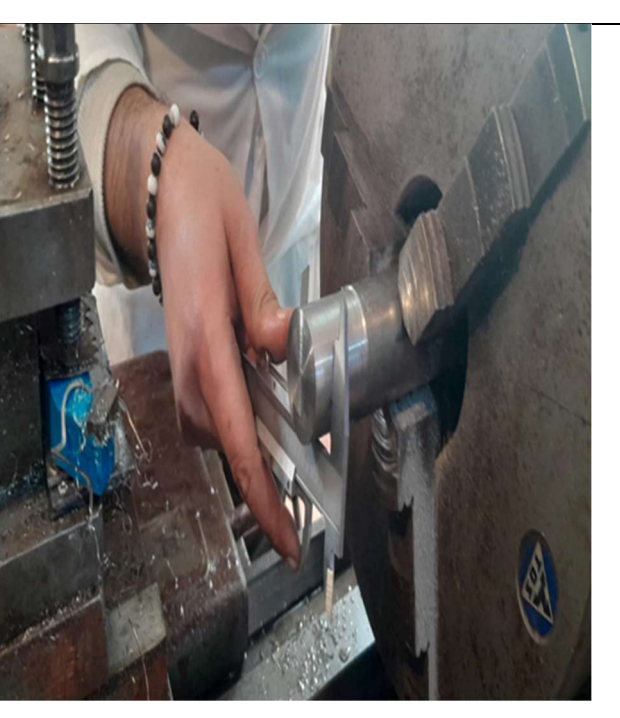


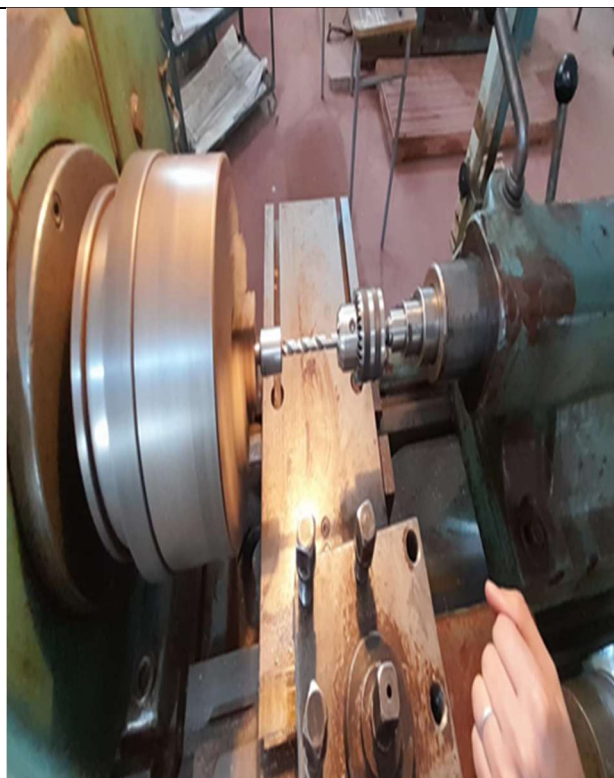
Figure IV.5.1 : Tour parallèle Tos Trincin SN40C

IV .6. Montages :



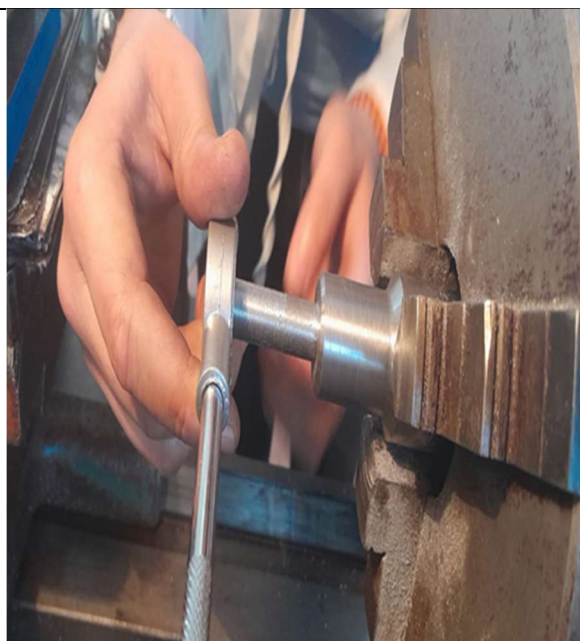
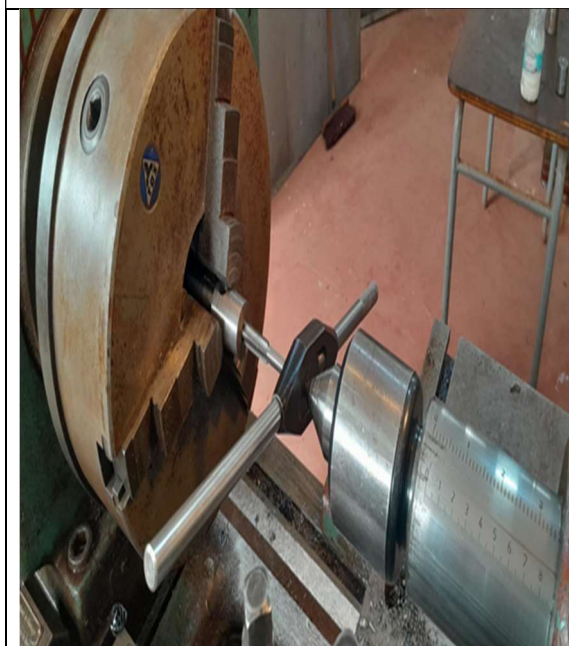
IV.7. Opérations appliquées :

Opération de chariotage	Opération de dressage
	
Opération de chanfreinage	Contrôle des surfaces usinées
	
Découpage	Perçage



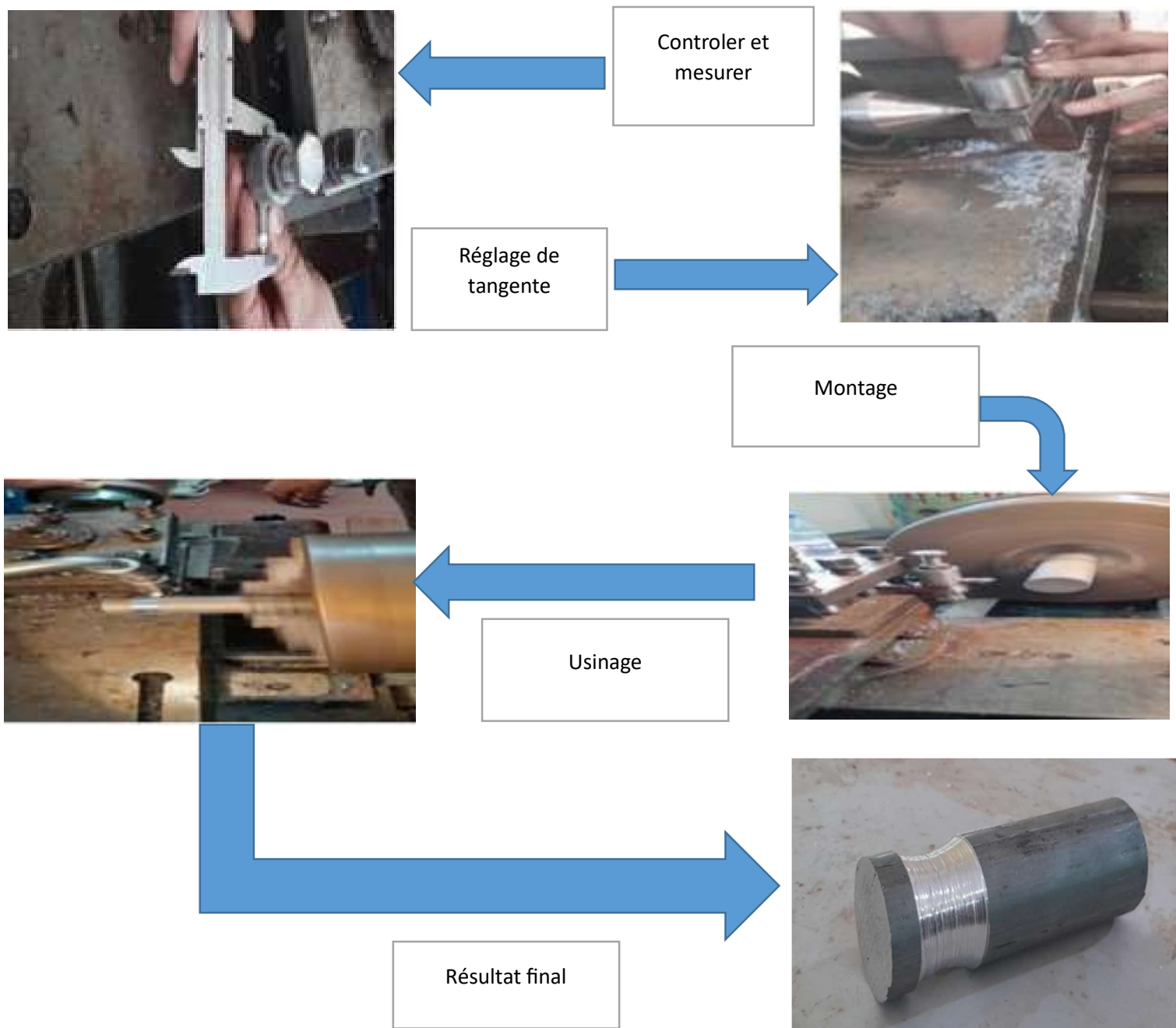
Taraudage

Filetage



IV.8.Essai du prototype :

On donne les étapes pour le test de l'essai du prototype



Nous avons établi le programme de réalisation sur machine à commande numérique de type **BOXford CAD/CAM Tools-Untited.GML** en utilisant le langage FANUC

IV.9.Le programme est le suivant :

```

Program Information - Untitled.GML
Machine Details :160TCL- Serial No :9870
Stock Dimensions :Ø1 = 25.000mm, Ø2 = 0.000mm, L = 85.000mm
Material Type :MILD STEEL (EN1A)
Estimated Manufacture Time :00:02:41

Tools :-
T1 = TCL- Left-handed Turning (9,000 mm)
T2 = TCL- Parting Tool (1,600 mm)
T3 = TCL- External Thread (3,200 mm)

Boxford CAD/CAM Tools - Untitled.GML

N10 (CAM VERSION 4.42)
N20 G21
N30 (FACING OFF ....)
N40 T01 (TCL- Left-handed Turning 9,000 mm)
N50 X30.000 Z10.000
N60 G96 M04 S175
N70 G99
N80 G00 Z0.000
N90 X26.000
N100 G01 X-1.000 F0.050
N110 G00 Z1.000
N120 (ROUGHING DIAMETERS ....)
N130 X27.000
N140 X25.000
N150 G90 X23.000 Z-19.900
N160 G00 X23.000
N170 G90 X21.000 Z-19.900
N180 X19.000 Z-19.900
N190 X17.000 Z-19.900
N200 X15.000 Z-19.900
N210 X13.000 Z-19.900
N220 (SHAPING CORNERS ....)
N230 G00 Z0.500
N240 X11.750
N250 G01 Z0.000
N260 X13.500 Z-0.500
N270 G00 Z0.500
N280 X10.500
N290 G01 Z0.000
N300 X13.500 Z-1.000
N310 (SHAPING CORNERS ....)
N320 G00 X23.500
N330 Z-19.500
N340 G01 Z-20.000
N350 X25.500 Z-21.000
N360 G00 X28.500
N370 (ROUGHING WITH TOOL TYPE 1 ....)
N380 G01 X27.000
N390 G00 Z-17.000
N400 X15.500
N410 G01 X13.000
N420 X11.110 Z-18.800
N430 Z-19.900
N440 X26.000
N450 G00 X28.500
N460 Z-73.500
N470 G01 X26.000
N480 X24.530 Z-74.900
N490 Z-77.100
N500 X26.000
N510 (RECESSES ROUGHED OUT)
N520 (FINISHING WITH TOOL TYPE 1 ....)
N530 X27.000
N540 G96 M04 S200
    
```

Boxford CAD/CAM Tools - 14010253.CML

```

N550 G00 X28.000
N560 Z1.000
N570 X9.000
N580 G01 Z0.000 F0.040
N590 X12.000 Z-1.500
N600 Z-17.000
N610 X10.110 Z-18.800
N620 X10.100 Z-19.900 F0.050
N630 X10.000 Z-20.000 F0.040
N640 X22.000
N650 X25.000 Z-21.500
N660 Z-73.500
N670 X23.436 Z-75.000
N680 Z-77.100
N690 X26.000
N700 (ROUGHING WITH TOOL TYPE 11.... )
N710 G00 X30.000
N720 M05 Z10.000
N730 T02 (TCL- Parting Tool 1,600 mm)
N740 G96 M04 S175
N750 G00 Z-18.600
N760 X14.000
N770 G01 X10.100 F0.050
N780 G00 X12.000
N790 X12.845
N800 Z-19.700
N810 G01 X10.100
N820 G00 X10.845
N830 X26.000
N840 Z-75.600
N850 X27.000
N860 G01 X24.100
N870 G00 X25.000
N880 X25.425
N890 Z-76.600
N900 G01 X22.100
N910 G00 X23.425
N920 (EXTERNAL THREADING.... )
N930 X30.000
N940 M05 Z10.000
N950 T03 (TCL- External Thread 3,200 mm)
N960 G97 M04 S500
N970 G00 Z2.037
N980 X14.000
N990 G76 P020060 Q50 R0.005
N1000 G76 X9.854 W-19.437 P1073 Q220 F1.500
N1010 (FINISHING RECESS WITH TOOL TYPE 11.... )
N1020 G00 X30.000
N1030 M05 Z10.000
N1040 T02 (TCL- Parting Tool 1,600 mm)
N1050 G96 M04 S200
N1060 G00 Z-18.600
N1070 X12.000
N1080 G01 X10.000 F0.040
N1090 Z-20.000
N1100 (PARTING OFF.... )
N1110 G00 X26.000
N1120 Z-75.200
N1130 X27.000
N1140 G01 X25.000 Z-75.100
N1150 X22.000 Z-76.600
N1160 X-1.000
N1170 G00 X30.000
N1180 (FINISHING .... )
N1190 M05 Z10.000
N1200 T01 (TCL- Left-handed Turning 9,000 mm)
N1210 M30

```

Le programme ci-dessus est fait pour la réalisation du support rotatif d'outil de notre ensemble.

IV.10. Conclusion :

Nous montrons les différentes opérations de la réalisation de notre prototype en commençant par découpage du brut jusqu'à l'obtention du produit final.

Nous terminons notre travail par des remerciements pour les personnes qui nous aider pour la réalisation de ce programme sur la machine BoxFord.

Conclusions générales

Ce mémoire est porté sur la conception et réalisation d'un dispositif mécanique pour l'usinage de gorges sphériques sur un tour parallèle.

La méthodologie appliquée s'appuie sur la combinaison de dimensionnement, modélisation sur SolidWorks et sélection du matériau utilisé.

La réalisation de ce mémoire nous a offert l'opportunité d'explorer de manière approfondie les processus liés à l'étude fonctionnelle, aux méthodes de réalisation ainsi que aux simulations d'assemblage réalisées à l'aide du logiciel SolidWorks 2021.

L'étude se compose de plusieurs étapes en commençant par la schématisation, dessins de fabrication, pour comprendre le processus de production. Ce projet souligne l'importance de l'ingénierie. Il montre comment faire des choix optimisés. La simulation de l'assemblage de l'ensemble des pièces, qui a permis de valider notre conception et de produire un prototype conforme nos attentes. La phase de conception s'étant révélée comme l'étape la plus complexe du projet, nous sommes désormais prêts à passer à la réalisation du modèle physique.

En perspective, ce travail ouvre la voie à des améliorations futures qui peuvent faire l'objet d'études de réalisation pour l'auto équipement de nos ateliers de fabrication.

Références bibliographiques

[1] Cours de Caractérisation d'une machine-outil- boussaha Ahmed- Université batna2

https://staff.univbatna2.dz/sites/default/files/boussaha_ahmed/files/caracterisation_dune_m.o.pdf.

[2] Mémoire master BELLOUFI Abderrahim, « Machines-outils à commande numérique », Université Kasdi Merbah Ouargla, Algérie, 2010.

<https://elearn.univ-ouargla.dz/2013-2014/courses/MOCN/.../CHAPITREIV.pdf>

[3] Mémoire master, Conception et Production Industrielle, ALLAL Mohammed, 2015/2016

[4] Mémoire master, contribution à l'amélioration de la résistance à l'usure des outils en fraisage à sec-génie mécanique -traikia khadidja- UNIVERSITE BADJI MOKHTAR ANNABA- 2013.

[5] Mémoire master, « l'influence des paramètres de coupe sur la durée de vie de l'outil lors de l'usinage de l'acier xc55 », productique mécanique- université Saad saoud taher- 2016/2017

[7] Mémoire master fabrication mécanique et productique - Université Badji - Mokhtar Annaba 2022.

[8] Mémoire master Fabrication mécanique et productique - Etude de la variation de la température de coupe par la méthode de surface de réponse en tournage à sec-université kasdi merbah ouargla, 2018.

[10] Mémoire master, « analyse et amélioration de la gamme d'usinage du demi-boîtier d'un organe de transmission » -salhi Ryad -2017/2018.

[11] Mémoire master, « influence de l'usure des outils de coupe sur la qualité d'usinage discontinue », Université Badji Mokhtar – Annaba- 2019/2020.

[13] Cours MACHINES-OUTILS A COMMANDE NUMERIQUE - DJAMAA Mohamed Cherif - UNIVERSITE 8 MAI 1945 – GUELMA-2020.

Cours MO à CN_Djamaa_2020_1 PDF (dspace.univ-guelma.dz)

[14] Mémoire master, Programmation paramétrée des instructions d'usinage CN dans un environne Construction Mécanique, NACER Somia chaima, 2020/2021.

[15] Mémoire master BENBEKHTI Ahmed, « Etude de réalisation d'un support pour affutage des forets sur une machine à commande numérique. », Université Abou Bekr Belkaid-Tlemcen, 2013.

<https://dspace.univ-tlemcen.dz/bitstream/112/3808/1/msgm2.pdf>

[16] A. Cheikh, N. Cheikh, 2011, cours de CFAO1, Université de Tlemcen, Algérie.

[17] Mémoire master, « Machines-outils à commande numérique », Université Kasdi Merbah Ouargla, Algérie, BELLOUFI Aberrai, 2010.

<https://elearn.univ-ouargla.dz/2013-2014/courses/MOCN/.../CHAPITREIV.pdf>

[18] Mémoire master, Machine-Outil automatisé Fabrication Mécanique et Productique, Lokman Mohamed, 2021.

[20] Mémoire master Simulation de l'usinage d'un arbre sous les logiciels SINUTRAIN 828D ShopTurn et CAM Works SMILI Khaoula, GENIE MECANIQUE FABRICATION MECANIQUE ET PRODUCTIQUE, 2017/2018.

[23] Mémoire master, Simulation de l'usinage d'un guidage longitudinal sous le logiciel SINUTRAIN 828D Shop Mill, BOUANIK FOUAD, (UNIVERSITE BADJI-MOKHTAR-ANNABA Année 2016/2017).

<http://dspace.univ-tlemcen.dz/bitstream/112/3808/1/msgm2.pdf>

[24] Mémoire master, Etude de réalisation d'un système à fraiser sur tour parallèle, Lourghi Naima, Construction mécanique, 2021/2022.

Webographie :

- [6] <https://serge79.over-blog.com/article-la-vitesse-de-coupe-45528985.html>
- [9] <https://www.directindustry.fr/prod/romi-26465.html>
- [12] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Machinoutil_%C3%A0_commande_num%C3%A9rique#D%C3%A9finition\[1\]](https://fr.wikipedia.org/wiki/Machinoutil_%C3%A0_commande_num%C3%A9rique#D%C3%A9finition[1])
- [19] https://fr.wikipedia.org/wiki/vis_%C3%A0_billes
- [22] www.cnc-book.com/7077-les-langages-cn.html
- [23] https://fr.scribd.com/document/368208260/NF10027?fbclid=IwY2xjawJpBKhleHRuA2FlbQIxMAABHlayzlAFQvnJ8Xkg5_5eBUqa8Kv8c6d-1ntjQvX6nIikH7zIwgwm1qKo_5C_aem_FdxIyURNOFWf0gdm2w-EwQ