



République Algérienne Démocratique et
Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique
Université de Tissemsilt



Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Civil, Mécanique et Transport

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du
diplôme de master académique en

Filière : Génie mécanique

Spécialité : Fabrication mécanique et
productique

Présenté Par : **SOUIDI Mohamed Nassim**

Thème

CONCEPTION ET RÉALISATION D'UNE GAMME D'USINAGE D'UNE POINTE TOURNANTE DE TOUR

Soutenu le, ...

Devant le Jury :

Dr. BENADDA Mohamed	Président	MCB	Univ-Tissemsilt
Dr. MEDKOUR Mihoub	Encadreur	MCA	Univ-Tissemsilt
Dr. MERGHACHE Sidi Mohammed	C-Encadreur	PROF	Univ-Tissemsilt
M. TALEB BENDIAB Hichem	Examineur	MAA	Univ-Tissemsilt

Année universitaire : 2025-2026

REMERCIEMENTS

*Je tiens à remercier DIEU de m'avoir donné la force et la patience nécessaires pour mener à terme ce modeste travail. Je remercie tous les professeurs du département génie mécanique qui m'ont permis le savoir, et en particulier mes encadrateurs : **Dr. Medkour Mihoub** et **Prof. Merghache Sidi Mohammed**. Mes remerciements vont également à tous les professeurs membres de jury Dr. BENADDA Mohamed et M. TALEB BENDIAB Hichem qui voulut prendre part à ce travail pour le discuter et l'enrichir sans doute par leurs remarques et directives lors de la soutenance. Que toutes les personnes qui de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail trouvent la marque de sympathie et de reconnaissance « et je voudrais aussi remercier moi-même pour ma foi en moi. » Enfin, on remercie tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin dans l'élaboration de ce travail.*

DÉDICACE

A mes chers parents pour leurs sacrifices.

A mes frères : Younes krikeur, Farouk Sahouan, Mohamed Chami

A mes sœurs : Khaldia Sabrine

A toute ma famille

A toutes mes amies

Nassim

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS.....	1
DÉDICACE.....	2
SOMMAIRE.....	3
LISTE DES FIGURES.....	7
LISTE DES TABLEAUX.....	9
LISTE DES ABRÉVIATIONS.....	10
NOMENCLATURE.....	11
INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	12

CHAPITRE 1 : GÉNÉRALITÉS SUR L'USINAGE ET LES MACHINES-OUTILS

1.1. Introduction.....	13
1.2. Généralités sur l'usinage.....	13
1.2.1. Définition de l'usinage.....	13
1.2.2. Principaux procédés d'usinage.....	15
1.2.2.1. Tournage.....	15
1.2.2.2. Fraisage.....	17
1.2.2.3. Perçage.....	18
1.2.2.4. Alésage.....	20
1.2.2.5. Filetage.....	21
1.2.2.6. Taraudage.....	22
1.2.2.7. Rectification.....	24
1.3. Les systèmes de montage en usinage.....	26
1.3.1. Généralité.....	26
1.3.2. Rôle des systèmes de montage en usinage.....	26
1.3.3. Principes de base du montage en usinage.....	27
1.3.4. Types de systèmes de montage.....	
1.3.4.1. Montage sur mandrin.....	27

1.3.4.2. Montage entre pointes.....	28
1.3.4.3. Montage mixte.....	29
1.3.4.4. Montage sur étau.....	29
1.3.4.5. Montage sur bridage.....	30
1.3.5. Critères de choix d'un montage.....	31
1.4. Conclusion.....	31

CHAPITRE 2 : DIMENSIONNEMENT DE LA POINTE DE LA LOUPÉE MOBILE D'UN TOUR

2.1. Introduction.....	32
2.2. Fonction de la pointe de la loupée mobile.....	32
2.3. Hypothèses de calcul.....	32
2.4. Détermination des efforts de coupe.....	33
2.5. Calcul du couple de coupe.....	34
2.6. Modélisation mécanique de la pointe.....	35
2.6.1. Calcul du moment fléchissant.....	35
2.6.2. Dimensionnement à la flexion.....	37
2.6.3. Calcul de la contrainte de compression.....	38
2.6.4. Vérification des contraintes combinées.....	39
2.6.5. Détermination de la contrainte admissible.....	41
2.6.6. Coefficient de sécurité réel.....	41
2.6.7. Détermination du diamètre minimal.....	41
2.6.8. Vérification au	

cisaillement.....	
2.6.9. Vérification de la déformation.....	
2.6.10. Vérification au flambement de la pointe mobile.....	
2.7. Calcul de la pression de contact.....	43
2.8. Choix du matériau.....	44
2.9.....	45
Conclusion.....	

CHAPITRE 3 : CONCEPTION ET REALISATION DE LA POINTE TOURNANTE DE LA POUPÉE MOBILE SOUS SOLIDWORKS

	45
3.2. Présentation du logiciel SOLIDWORKS.....	45
3.2.1. Historique.....	45
3.2.2. Fonctionnement.....	46
3.2.3. La conception des pièces mécaniques.....	46
3.2.4. La réalisation d'assemblages.....	47
3.2.5. La simulation des contraintes.....	48
3.2.6. La génération de plans techniques.....	48
3.3. Analyse fonctionnelle et cahier des charges.....	49
3.3.1. Fonction globale.....	49
3.3.2. Décomposition en composants.....	49
3.3.3. Exigences fonctionnelles retenues.....	50
3.4. Démarche de conception sous SOLIDWORKS.....	50
3.4.1. Conception de la pointe conique et de l'arbre.....	50
3.4.2. Conception du manchon support.....	51
3.4.3. Conception des bouchons avant et arrière.....	52
3.4.4. Conception des roulements à billes et à aiguilles.....	53
3.4.5. Conception de la rondelle d'étanchéité.....	54
3.5. Mise en assemblage.....	54
3.6. Réalisation de la gamme d'usinage.....	55

3.7. Conclusion.....	63
CONCLUSION GÉNÉRALE.....	64
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	65
RÉSUMÉ.....	67
Mot Clés.....	68

LISTE DES FIGURES

Chapitre 1 : Généralités sur l'usinage et les machines-outils

Fig.1-1 : Le but de l'usinage.....	14
Fig.1-2 : Principe général de l'usinage par enlèvement de matière.....	14
Fig.1-3 : Principe général du tournage.....	15
Fig.1-4 : Les opérations de tournage.....	16
Fig.1-5 : Tour conventionnel et ses principaux éléments.....	16
Fig.1-6 : Principe d'usinage par fraisage.....	17
Fig.1-7 : Les opérations de fraisage.....	17
Fig.1-8 : Fraiseuse conventionnelle et ses principaux éléments.....	18
Fig.1-9 : Principe d'usinage par perçage	18
Fig.1-10 : Les opérations de perçage.....	19
Fig.1-11 : Perceuse conventionnelle	19
Fig.1-12 : Principe d'usinage par alésage.....	20

Fig.1-13 : Les opérations d'alésage.....	20
Fig.1-14 : Aléseuse conventionnelle.....	21
Fig.1-15 : Principe d'usinage de filetage.....	21
Fig.1-16 : Les opérations de filetage.....	22
Fig.1-17 : Machine de filetage.....	22
Fig.1-18 : Principe d'usinage par taraudage.....	23
Fig.1-19 : Les opérations de taraudage.....	23
Fig.1-20 : Machine de taraudage.....	24
Fig.1-21 : Principe d'usinage par rectification.....	24
Fig.1-22 : Les opérations de rectification.....	25
Fig.1-23 : La rectifieuse.....	25
Fig.1-24 : Les fonctions principales du système de montage d'usinage.....	26
Fig.1-25 : les différents types de mandrin.....	28
Fig.1-26 : Système de montage entre pointe.....	29
Fig.1-27 : Système de montage mixte.....	29
Fig.1-28 : Système de montage par étau.....	30
Fig.1-29 : Système de montage sur bridage.....	30

Chapitre 2 : Dimensionnement de la pointe de la poupée mobile d'un tour

Fig.2-1 : La pointe de la poupée mobile.....	32
Fig.2-2 : Effort de coupe en tournage.....	33
Fig.2-3 : Couple de coupe en tournage.....	34
Fig.2-4 : Moment de flexion dans la pointe de la poupée mobile.....	35
Fig.2-5 : Contrainte de compression dans la pointe de la poupée mobile.....	36
Fig.2-6 : La contrainte maximale de cisaillement de la pointe.....	39
Fig.2-7 : La vérification de la déformation de la pointe.....	40
Fig.2-8 : La vérification au flambement de la pointe mobile.....	42
Fig.2-9 : Calcul de la pression de contact.....	43

Chapitre 3 : conception Réalisation de la pointe tournante de la poupée mobile sous SOLIDWORKS

Fig.3-1 : Vue en coupe de la pointe tournante.....	45
---	----

Fig.3-2 : Les fonctions réalisées par SOLIDWORKS.....	46
Fig.3-3 : Les étapes nécessaires pour la conception de la pièce.....	47
Fig.3-4 : Le processus de création d'un assemblage par SOLIDWORKS.....	47
Fig.3-5 : Le processus de simulation statique par SOLIDWORKS.....	48
Fig.3-6 : Le processus de mise en plan par SOLIDWORKS.....	49
Fig.3-7 : La conception de la pointe par SOLIDWORKS.....	51
Fig.3-8 : La conception du manchon support.....	51
Fig.3-9 : La conception des bouchons avant.....	52
Fig.3-10 : La conception des bouchons arrière.....	53
Fig.3-11 : La conception des roulements à billes et à aiguilles.....	53
Fig.3-12 : La conception de la rondelle d'étanchéité.....	54
Fig.3-13 : L'assemblage de la pointe tournante.....	55

LISTE DES TABLEAUX

Chapitre 2 : Dimensionnement de la pointe de la poupée mobile d'un tour

Tableau 2.1 : Valeurs de dimensionnement de la pointe de la poupée mobile.....	33
---	----

Chapitre 3 : conception et modélisation de la pointe tournante de la poupée mobile sous SOLIDWORKS

Tableau 3.1 : Rôle des principaux composants de la pointe.....	49
---	----

ABRÉVIATIONS

CAO : Conception Assistée par Ordinateur

DAO : Dessin Assisté par Ordinateur

EF / FEM : Éléments Finis (Finite Element Method)

H7/p6 : Ajustement normalisé (tolérance ISO)

Ra : Rugosité moyenne de surface

kW : Kilowatt (unité de puissance)

MPa : Mégapascal (unité de contrainte)

tr/min : Tours par minute

Ø : Diamètre

CF : Cote fonctionnelle

S : Surface (référence de surface en usinage)

B : Base ou surface de référence

M.O : Machine-outil

NOMENCLATURE

F : Effort de coupe (N)

F_a : Effort axial (N)

F_r : Effort radial (N)

F_t : Effort tangentiel (N)

M : Moment fléchissant (N·m)

C : Couple de coupe (N·m)

σ : Contrainte normale (MPa)

τ : Contrainte de cisaillement (MPa)

E : Module d'Young (MPa)

Re : Limite d'élasticité (MPa)

L : Longueur (mm)
d : Diamètre (mm)
I : Moment quadratique (mm^4)
 δ : Flèche (déformation) (mm)
P : Puissance (W ou kW)
 ω : Vitesse angulaire (rad/s)
n : Vitesse de rotation (tr/min)
K : Coefficient de sécurité
p : Pression de contact (MPa)

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Dans le domaine de la fabrication mécanique, l'usinage par enlèvement de matière occupe une place essentielle pour la réalisation de pièces de haute précision répondant à des exigences dimensionnelles et géométriques strictes. Parmi les procédés d'usinage, le tournage se distingue particulièrement par sa capacité à produire des pièces de révolution telles que les arbres, les axes et les éléments de machines-outils. La qualité des pièces obtenues dépend non seulement des conditions de coupe et des outils utilisés, mais également des dispositifs de maintien et de guidage employés pendant l'usinage. Dans ce contexte, la pointe tournante de la poupée mobile constitue un organe fondamental du tour. Elle permet de soutenir l'extrémité libre de la pièce, d'assurer son centrage et de limiter les vibrations tout en garantissant une bonne précision d'usinage. Son rôle est particulièrement important lors de l'usinage des pièces longues ou élancées, où la stabilité et la rigidité du système deviennent des facteurs déterminants.

Cependant, la conception d'une pointe tournante performante nécessite une étude approfondie prenant en compte plusieurs aspects, notamment les efforts de coupe, les contraintes mécaniques, les conditions de fonctionnement et les exigences de précision. Il est donc indispensable de procéder à une démarche méthodique intégrant l'analyse fonctionnelle, le dimensionnement mécanique, la modélisation assistée par ordinateur et la préparation de la fabrication. L'objectif de ce mémoire est de concevoir et de réaliser une pointe tournante de la poupée mobile d'un tour, en assurant sa fiabilité, sa précision et sa résistance mécanique. Pour atteindre cet objectif, une étude complète a été menée, allant de l'analyse des besoins et des exigences fonctionnelles jusqu'à la définition d'une gamme d'usinage adaptée.

Ce travail s'articule autour de plusieurs chapitres. Le premier chapitre présente les généralités sur l'usinage, les machines-outils et les systèmes de montage. Le deuxième chapitre est consacré au dimensionnement de la pointe en tenant compte des efforts et des contraintes mécaniques. Le troisième chapitre traite de la conception et de la modélisation de la pointe tournante sous le logiciel SOLIDWORKS, ainsi que de l'élaboration de la gamme d'usinage. Enfin, ce mémoire met en évidence l'importance de l'intégration entre la conception et la fabrication pour garantir les performances du système étudié.

CHAPITRE 1 : GÉNÉRALITÉS SUR L'USINAGE ET LES MACHINES-OUTILS

1.1. Introduction

L'usinage constitue l'un des principaux procédés de fabrication mécanique utilisés pour obtenir des pièces présentant des formes, des dimensions, des tolérances et des états de surface conformes aux exigences du dessin de définition. Il consiste généralement à enlever une quantité de matière sous forme de copeaux à l'aide d'un outil de coupe, afin de transformer une pièce brute en une pièce finie ou semi-finie. Dans l'industrie mécanique, le choix d'un procédé d'usinage dépend de plusieurs facteurs, notamment la géométrie de la pièce, le matériau à usiner, les tolérances dimensionnelles et géométriques, l'état de surface

recherché, la productivité et le coût de fabrication. Parmi les procédés conventionnels, le tournage occupe une place particulièrement importante pour la réalisation de pièces de révolution telles que les arbres, axes, bagues, cônes, filetages et pointes de machines-outils. Ce chapitre présente les principales notions relatives à l'usinage, aux machines-outils, au tournage, aux outils de coupe et aux paramètres de coupe. Il présente également les notions de tolérances et d'état de surface qui interviennent directement dans la qualité de la pièce réalisée.

1.2. Généralités sur l'usinage

1.2.1. Définition de l'usinage

L'usinage est un procédé de fabrication par enlèvement de matière permettant d'obtenir une pièce mécanique à partir d'un matériau initial appelé brut. La matière excédentaire est retirée progressivement par l'action d'un outil de coupe ou d'un autre dispositif d'enlèvement de matière. L'opération d'usinage est caractérisée par un mouvement relatif entre la pièce et l'outil. Ce mouvement permet de produire une déformation puis une séparation de la matière sous forme de copeaux. L'usinage permet notamment [Fig.1-1](#) :

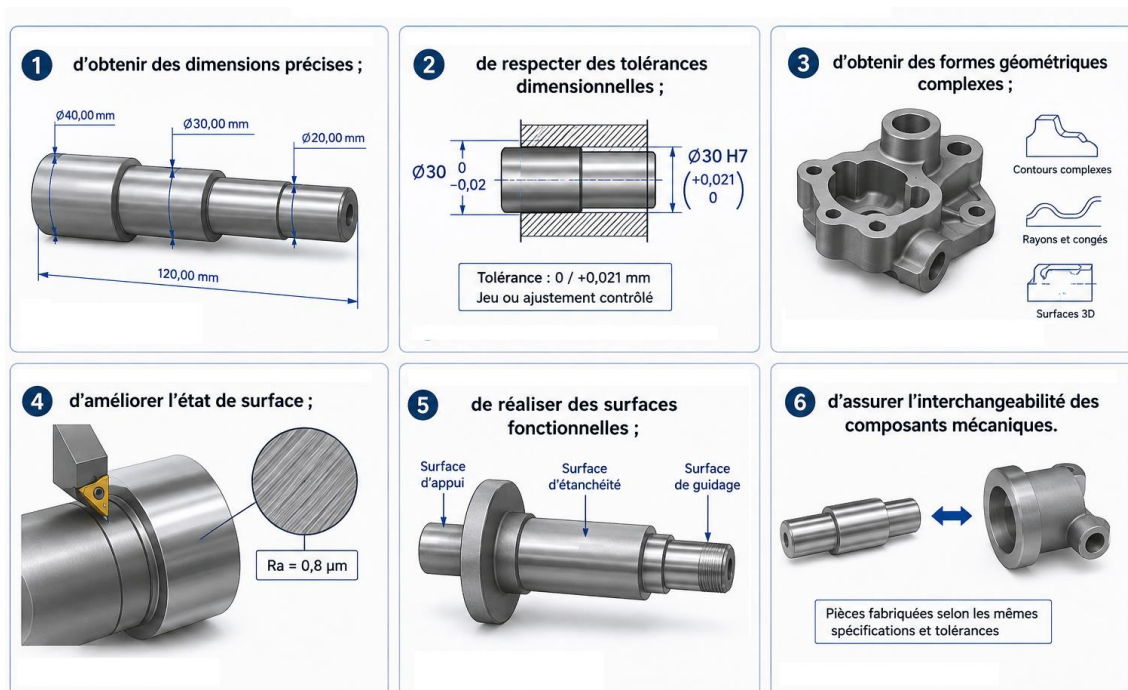


Fig.1-1 Le but de l'usinage [1].

La qualité d'une pièce usinée (Fig.1-2) dépend simultanément de la machine-outil, du matériau de la pièce, de l'outil de coupe, des conditions de coupe, du système de bridage et de la méthode de contrôle.

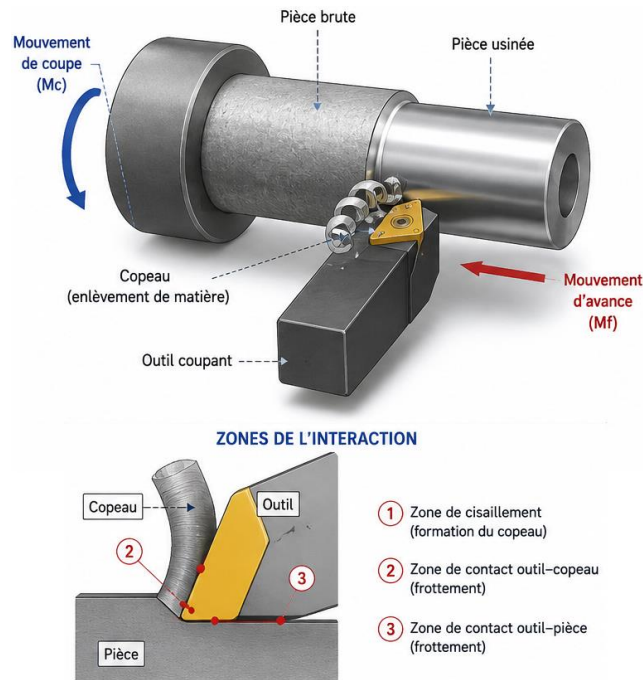


Fig.1-2 Principe général de l'usinage par enlèvement de matière [1].

1.2.2. Principaux procédés d'usinage

Les procédés d'usinage regroupent l'ensemble des techniques permettant de modifier la géométrie d'une pièce par enlèvement de matière afin d'obtenir les dimensions, les formes, les tolérances et l'état de surface exigés par le dessin de définition. Dans la fabrication mécanique, le choix du procédé dépend principalement de la géométrie de la pièce, du matériau à usiner, de la précision recherchée, de la quantité de production et des caractéristiques de la surface à réaliser. Les procédés conventionnels les plus utilisés sont le tournage, le fraisage, le perçage, l'alésage, le filetage, le taraudage et la rectification [2].

1.2.2.1. Tournage

▪ Définition

Le tournage Fig.1-3 est un procédé dans lequel la pièce est animée d'un mouvement de rotation, tandis que l'outil réalise un mouvement d'avance. Il permet principalement d'obtenir des surfaces de révolution telles que les surfaces cylindriques, coniques, les épaulements, les gorges et les filetages. Le tournage constitue le procédé principal utilisé pour la fabrication de

nombreuses pièces mécaniques : arbres, bagues, douilles, cônes et éléments de machines-outils.

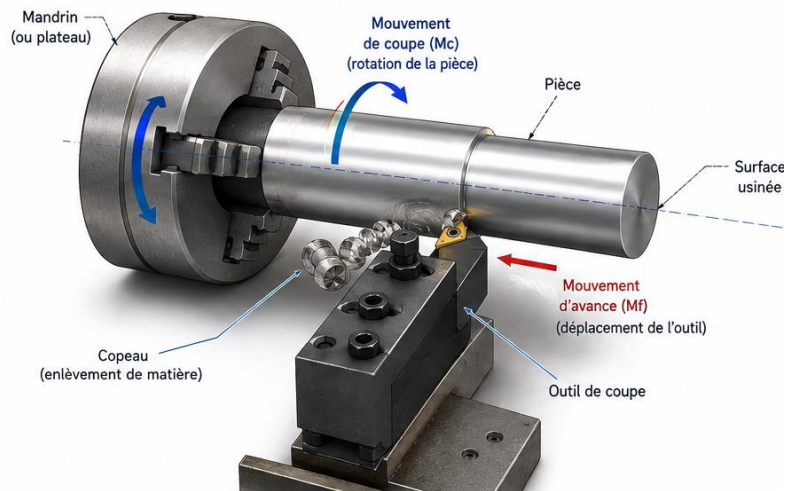


Fig.1-3 Principe général du tournage [3].

- Les différentes opérations de tournage

Les opérations de tournage Fig.1-4 regroupent les différents procédés d'usinage réalisés sur un tour pour obtenir les dimensions, les formes et l'état de surface souhaités. Elles comprennent principalement le chariotage, le dressage, le tournage conique, le rainurage, le tronçonnage, le perçage, l'alésage, le filetage, le chanfreinage et le moletage. Le choix de chaque opération dépend de la géométrie de la pièce, des tolérances dimensionnelles et de la qualité de surface recherchée. L'ensemble de ces opérations est organisé dans une gamme d'usinage afin d'assurer la précision et la qualité de la pièce finale.

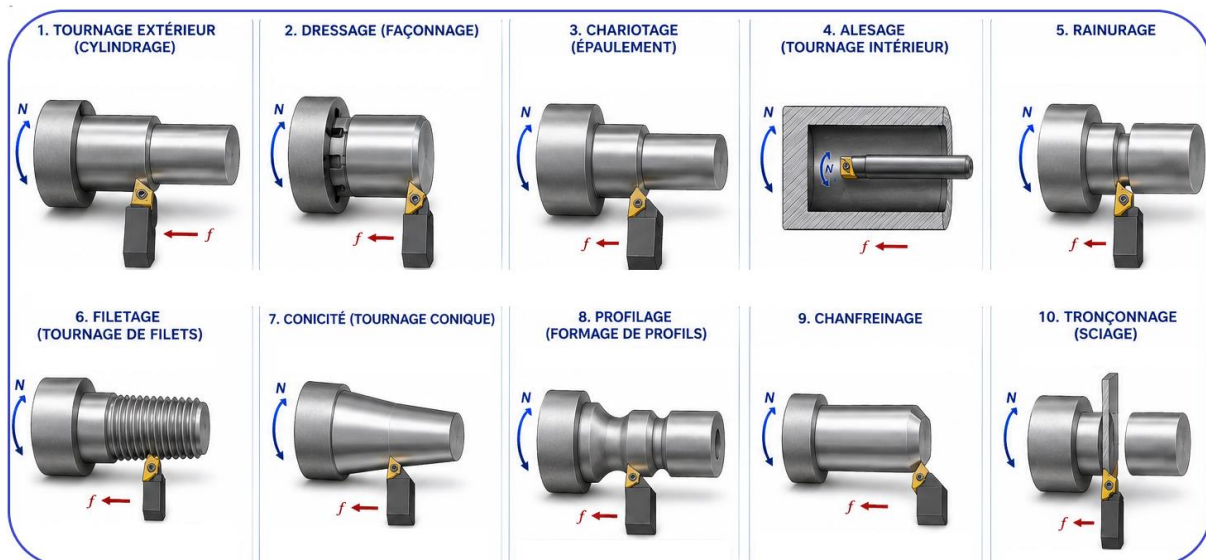


Fig.1-4 Les opérations de tournage [4].

- Le tour conventionnel

Le tour conventionnel Fig.1-5 est une machine-outil destinée principalement à l'usinage des pièces de révolution. Il permet de réaliser différentes opérations grâce au déplacement manuel de l'outil et au réglage des paramètres de coupe. Le tour conventionnel présente une architecture relativement simple et robuste. Il constitue également une machine pédagogique importante dans la formation en fabrication mécanique, car il permet de comprendre directement les phénomènes liés à l'usinage.

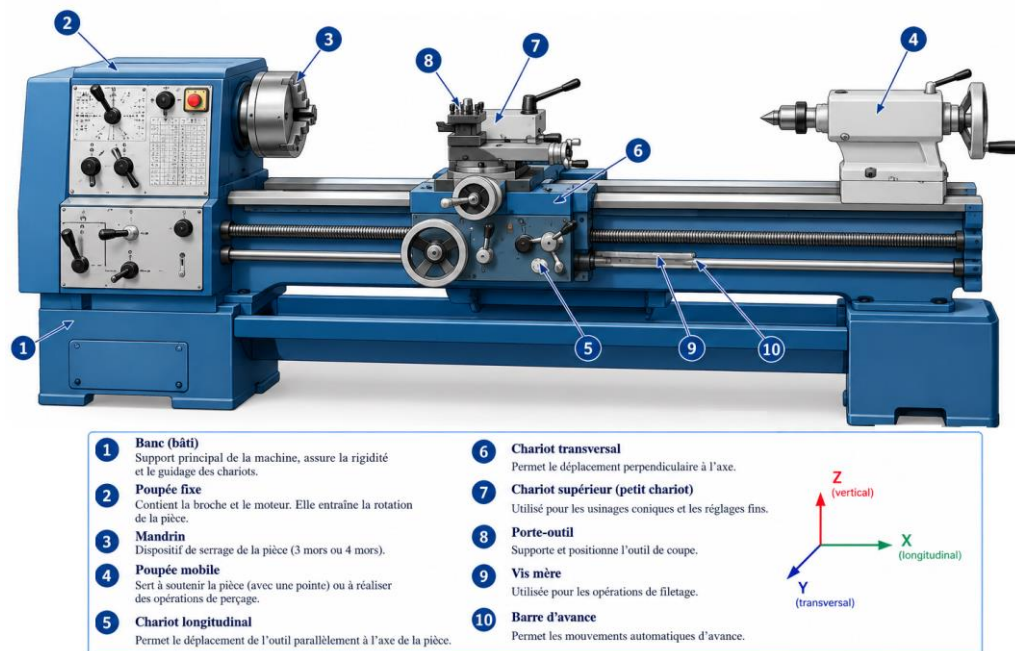


Fig.1-5 Tour conventionnel et ses principaux éléments [4].

1.2.2.2. Fraisage

▪ Définition

Le fraisage Fig.1-6 est un procédé d'usinage dans lequel l'outil, appelé fraise, possède plusieurs arêtes de coupe et effectue un mouvement de rotation. La pièce et/ou l'outil réalise ensuite un mouvement d'avance. Le fraisage permet d'obtenir une grande variété de surfaces : surfaces planes, rainures, poches, épaulements et profils complexes. Il est largement utilisé dans la fabrication des pièces prismatiques et des composants mécaniques complexes.

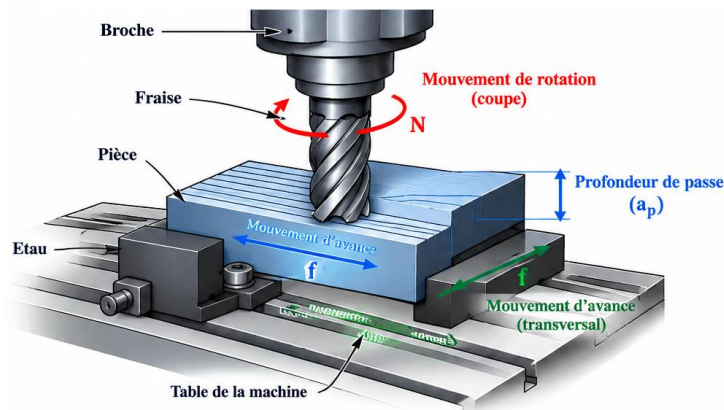


Fig.1-6 Principe d'usinage par fraisage [4].

- Les différentes opérations de fraisage

Le fraisage Fig.1-7 constitue donc un procédé très polyvalent permettant de réaliser des surfaces planes, des rainures, des épaulements, des poches, des contours et des formes complexes.

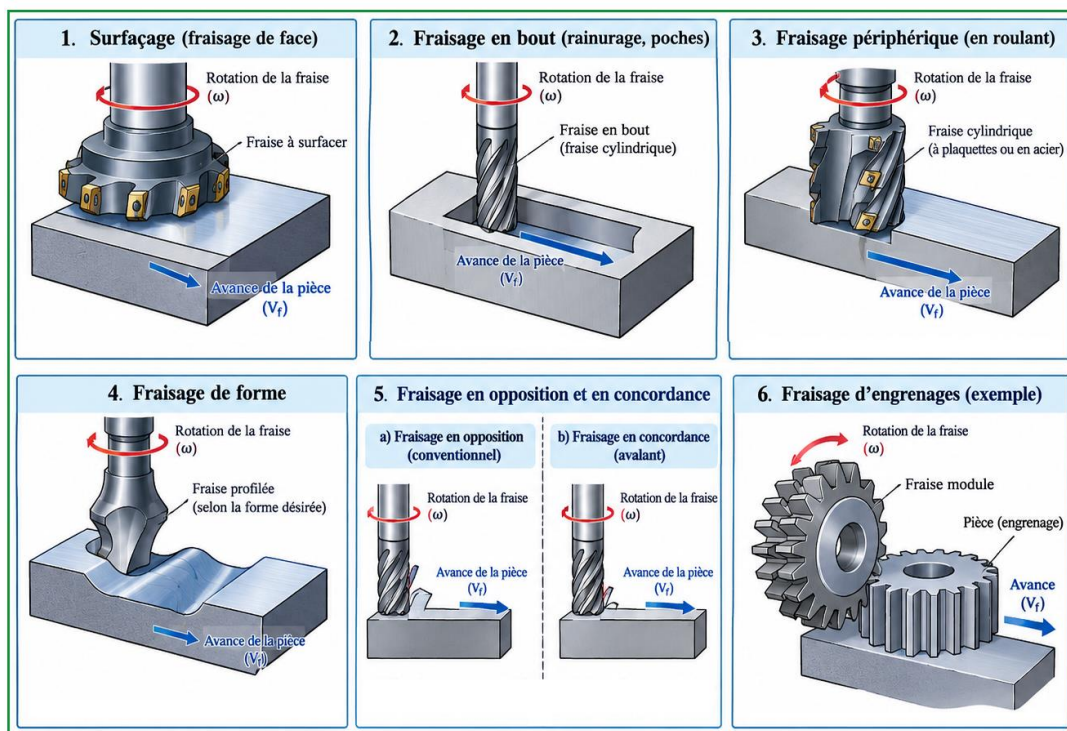


Fig.1-7 Les opérations de fraisage [5].

- Fraiseuse conventionnelle

Une fraiseuse conventionnelle Fig.1-8 est une machine-outil utilisée pour enlever de la matière par rotation d'une fraise et déplacement de la pièce (ou de l'outil). Elle est commandée manuellement (volants, leviers), contrairement à une fraiseuse CNC.

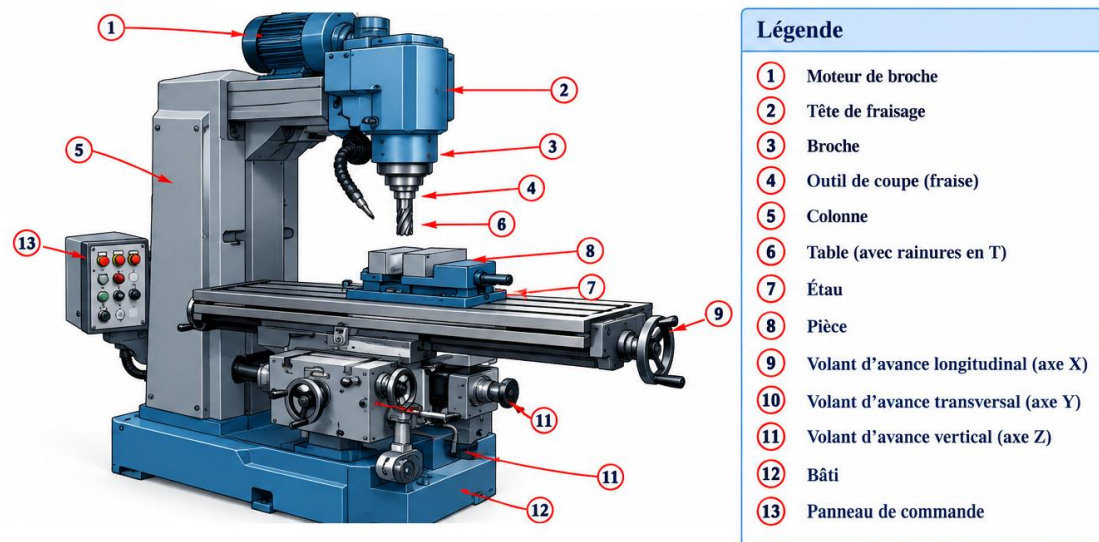


Fig.1-8 Fraiseuse conventionnelle et ses principaux éléments [4-5].

1.2.2.3. Perçage

▪ Définition

Le perçage Fig.1-9 est une opération destinée à réaliser un trou cylindrique dans une pièce. L'outil utilisé est généralement un foret, qui possède une ou plusieurs arêtes de coupe. Le foret effectue un mouvement de rotation accompagné d'un mouvement d'avance suivant son axe. Le perçage peut constituer une opération finale ou une opération préparatoire avant l'alésage, le taraudage ou d'autres opérations.

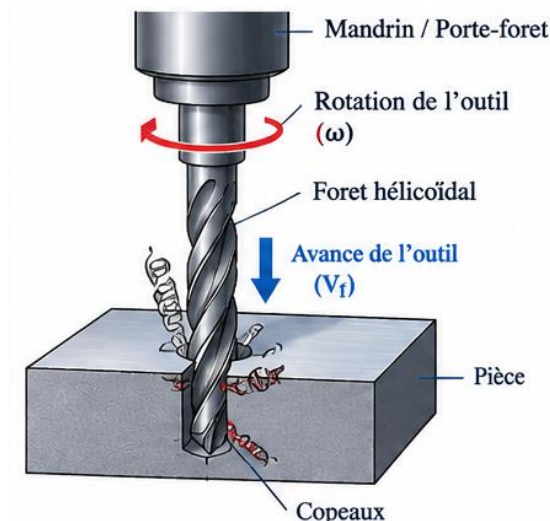


Fig.1-9 Principe d'usinage par perçage [4].

▪ Les différentes opérations de perçage

La Fig.1-10 présente clairement les différentes opérations de perçage sous forme de schémas techniques organisés.

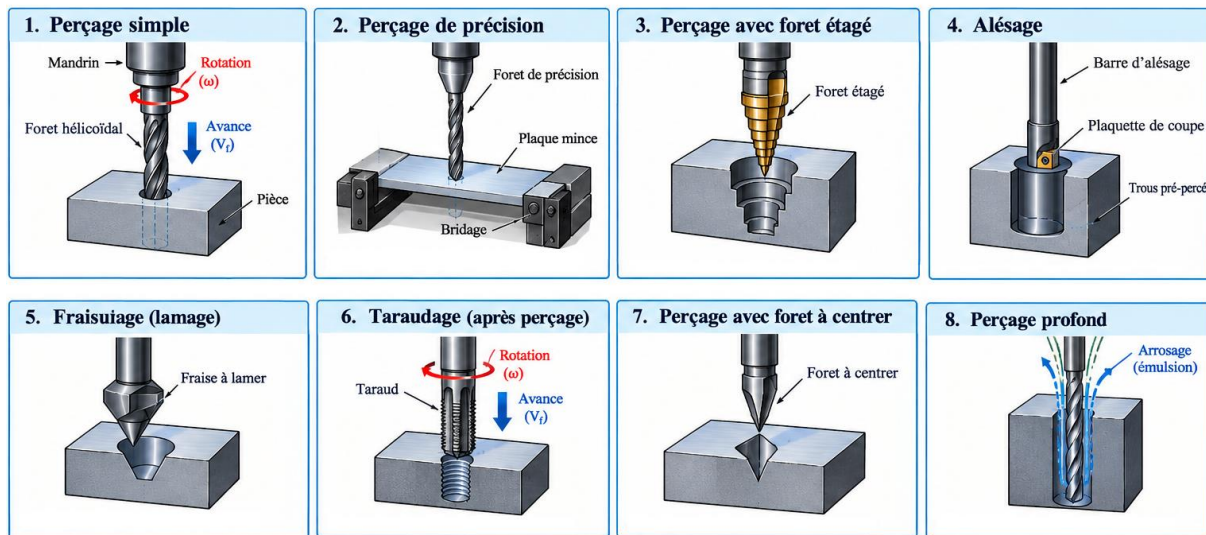


Fig.1-10 Les opérations de perçage [4].

- Une perceuse conventionnelle

Une perceuse conventionnelle Fig.1-11 (ou perceuse à colonne) est une machine-outil utilisée pour réaliser des trous cylindriques dans une pièce par enlèvement de matière à l'aide d'un foret en rotation.



Fig.1-11 Perceuse conventionnelle [4].

1.2.2.4. Alésage

- Définition

L'alésage Fig.1-12 consiste à agrandir ou améliorer un trou existant afin d'obtenir une meilleure précision dimensionnelle et géométrique ainsi qu'un meilleur état de surface. Cette opération est particulièrement importante lorsque le diamètre du trou doit respecter des tolérances relativement serrées. L'alésage peut être réalisé sur un tour, une fraiseuse ou une machine-outil spécialisée.

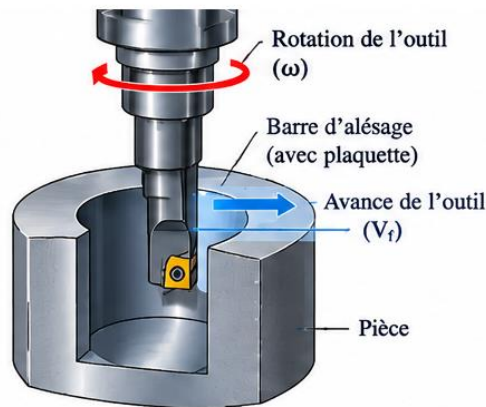


Fig.1-12 Principe d'usinage par alésage [6].

- Les différentes opérations d'alésage

La Fig.1-13 présente clairement les différentes opérations d'alésage sous forme de schémas techniques organisés.

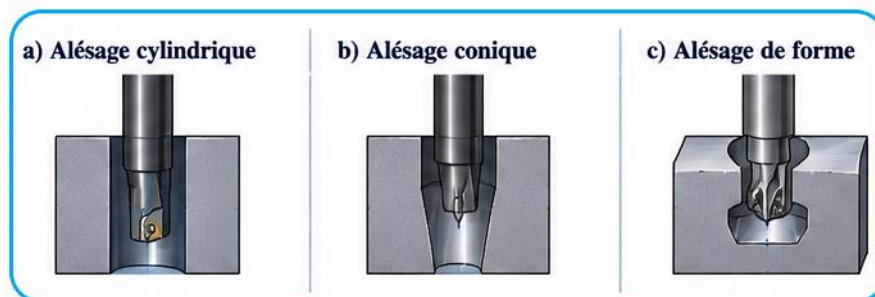


Fig.1-13 Les opérations d'alésage [6].

- Aléseuse conventionnelle

Une machine d'alésage Fig.1-14, appelée aussi aléseuse, est une machine-outil destinée à agrandir, corriger et finir des trous déjà percés afin d'obtenir une grande précision dimensionnelle et un bon état de surface. Elle fonctionne principalement avec une barre d'alésage (outil mono-arête) et des mouvements manuels (volants, leviers)

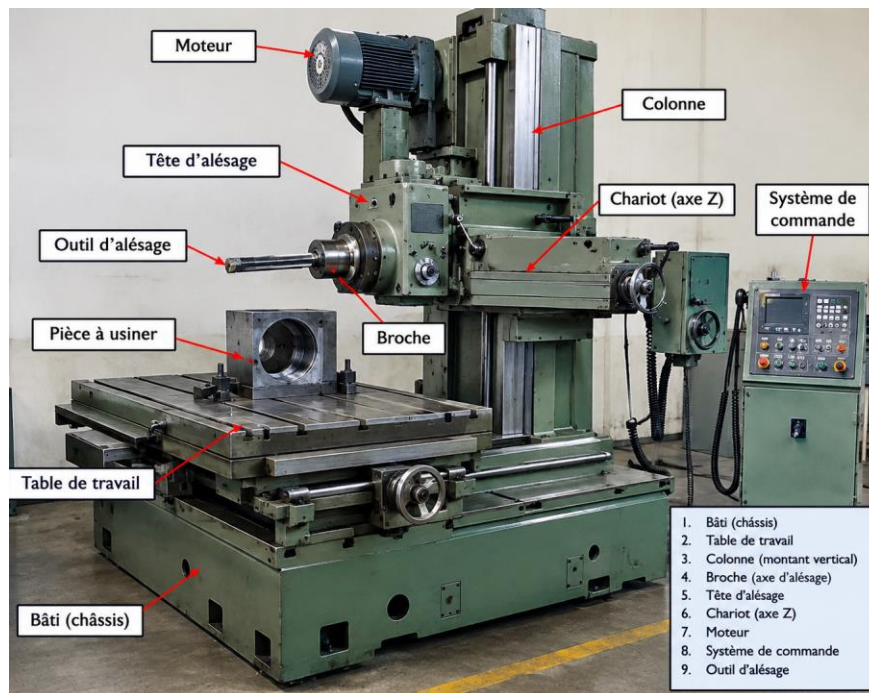


Fig.1-14 Aléseuse conventionnelle [6].

1.2.2.5. Filetage

- Définition

Le filetage Fig.1-15 permet de réaliser une surface hélicoïdale extérieure ou intérieure. Il est utilisé notamment pour fabriquer des vis, des arbres filetés, des écrous et différents éléments d'assemblage. Sur un tour, le filetage est obtenu par la synchronisation entre la rotation de la pièce et l'avance longitudinale de l'outil.

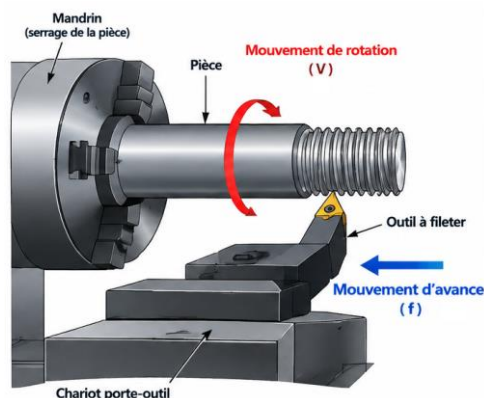


Fig.1-15 Principe d'usinage de filetage [7].

- Les différentes opérations de filetage

La Fig.1-16 présente clairement les différentes opérations de filetage sous forme de schémas techniques organisés.

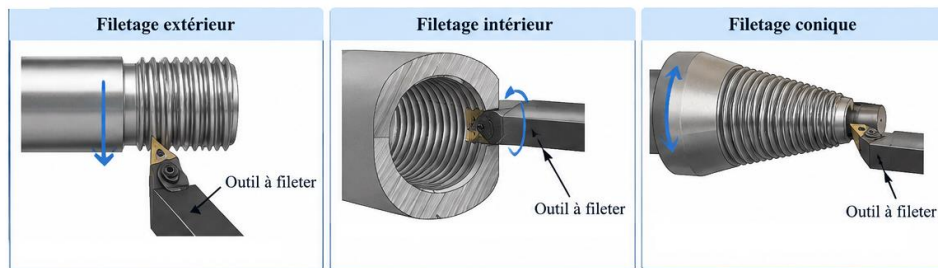


Fig.1-16 Les opérations de filetage [7].

▪ La machine filetage

Une machine de filetage Fig.1-17 est une machine-outil utilisée pour créer des filetages intérieurs ou extérieurs sur des pièces mécaniques. Elle fonctionne grâce à la combinaison de deux mouvements synchronisés : la rotation (de l'outil ou de la pièce) et l'avance, permettant de générer une forme hélicoïdale précise.

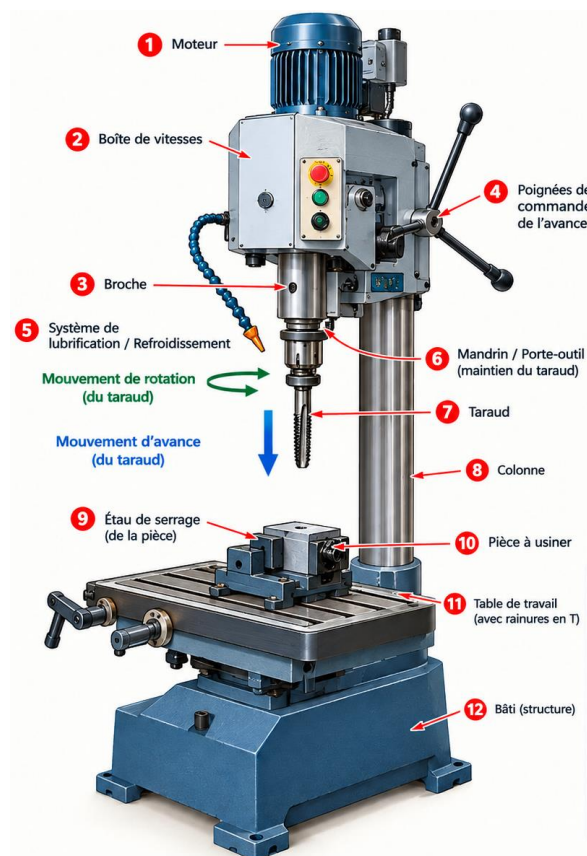


Fig.1-17 Machine de filetage [7].

1.2.2.6. Taraudage

▪ Définition

Le taraudage Fig.1-18 est une opération permettant de réaliser un filetage intérieur dans un trou préalablement percé. L'outil utilisé appelle taraud. Cette opération est couramment utilisée pour réaliser les logements destinés aux vis dans les pièces mécaniques.

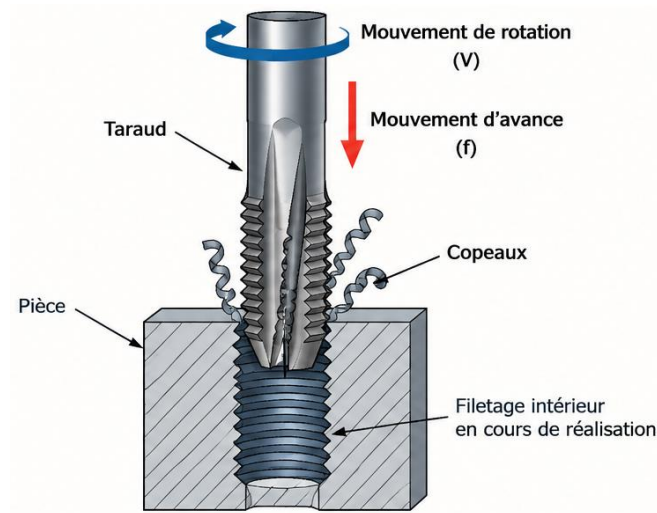


Fig.1-18 Principe d'usinage par taraudage [8].

- Les différentes opérations de taraudage

La Fig.1-19 présente clairement les différentes opérations de taraudage sous forme de schémas techniques organisés.

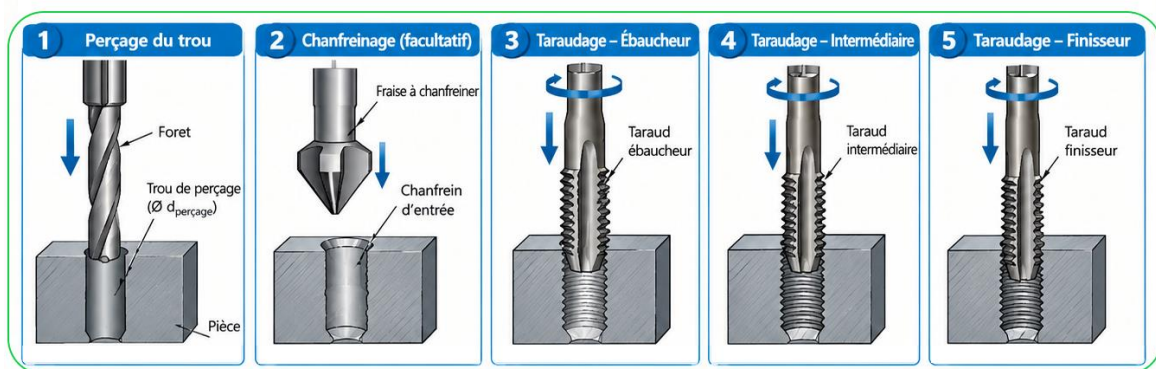


Fig.1-19 Les opérations de taraudage [8].

- La machine de taraudage

La machine de taraudage Fig.1-20 est une machine-outil destinée principalement à réaliser des filetages intérieurs dans des trous préalablement percés. Le taraudage consiste à introduire un outil appelé taraud dans un trou afin de créer une succession de filets réguliers permettant l'assemblage d'une vis ou d'un élément fileté. Cette opération est largement utilisée dans les domaines de la mécanique, de l'automobile, de l'aéronautique et de la fabrication industrielle. Contrairement au taraudage manuel, la machine de taraudage permet de contrôler avec précision la vitesse de rotation, la profondeur de taraudage et le sens de rotation de l'outil. Elle peut également être équipée d'un système d'inversion automatique permettant au taraud de tourner dans le sens opposé lors de son retrait, ce qui facilite l'opération et réduit les risques de détérioration du taraud ou de la pièce.



Fig.1-20 Machine de taraudage [8].

1.2.2.7. Rectification

▪ Définition

La rectification Fig.1-21 est un procédé de finition utilisant une meule abrasive. Elle permet d'obtenir une grande précision dimensionnelle et un excellent état de surface. Elle est particulièrement utilisée pour les surfaces fonctionnelles nécessitant des tolérances serrées, comme les portées de roulements, les arbres et certaines surfaces cylindriques.

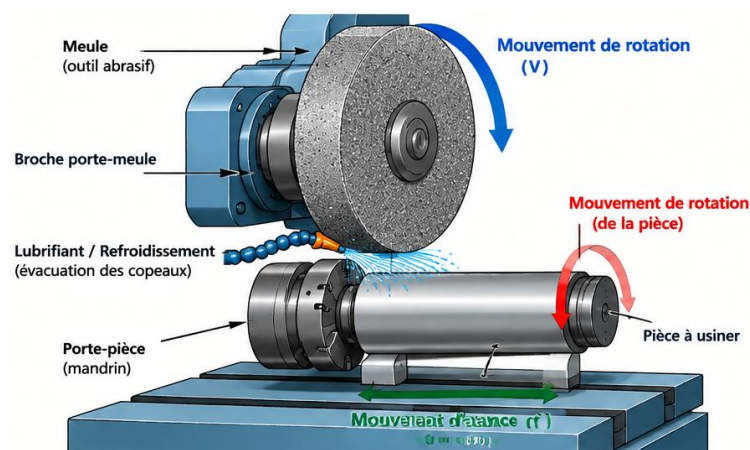


Fig.1-21 Principe d'usinage par rectification [4].

▪ Les différentes opérations de rectification

La Fig.1-22 présente clairement les différentes opérations de taraudage sous forme de schémas techniques organisés.

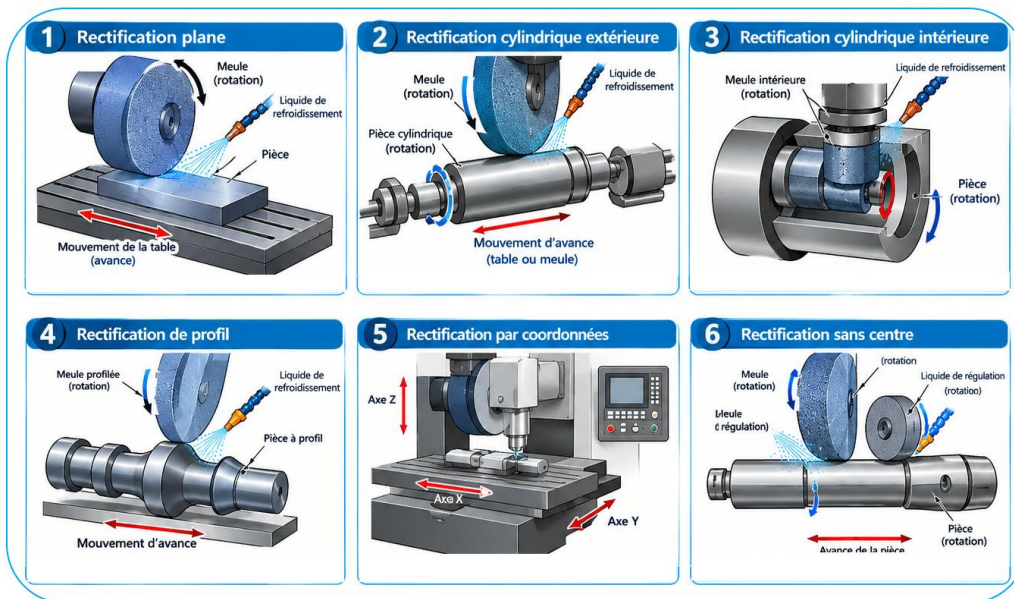


Fig.1-22 Les opérations de rectification [4].

▪ La machine de rectification

La rectifieuse Fig.1-23 est une machine-outil de finition utilisée dans l'industrie mécanique pour usiner des pièces avec une précision extrême et obtenir des états de surface d'une grande qualité. Contrairement aux machines comme le tour ou la fraiseuse qui utilisent des outils coupants métalliques, la rectifieuse utilise un outil abrasif appelé meule.

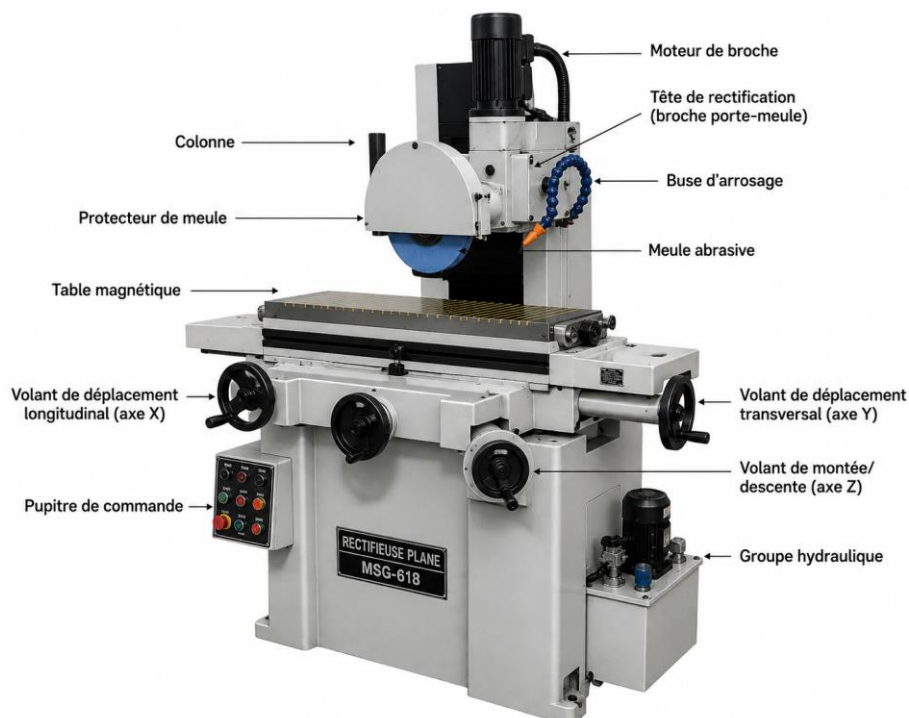


Fig.1-23 La rectifieuse [4].

1.3. Les systèmes de montage en usinage

1.3.1. Généralité

En usinage, la précision et la qualité d'une pièce dépendent fortement de la manière dont elle est maintenue pendant l'opération. Les systèmes de montage regroupent l'ensemble des dispositifs permettant de positionner, immobiliser et soutenir une pièce sur une machine-outil. Ils assurent la répétabilité, la sécurité et la productivité des opérations telles que le tournage, le fraisage ou le perçage [9-10].

1.3.2. Rôle des systèmes de montage en usinage

Les systèmes de montage jouent un rôle central dans toutes les opérations d'usinage. Ils garantissent que la pièce est correctement positionnée, maintenue et usinée dans de bonnes conditions. La Fig.1-24 ci-après illustre leurs 6 fonctions fondamentales.

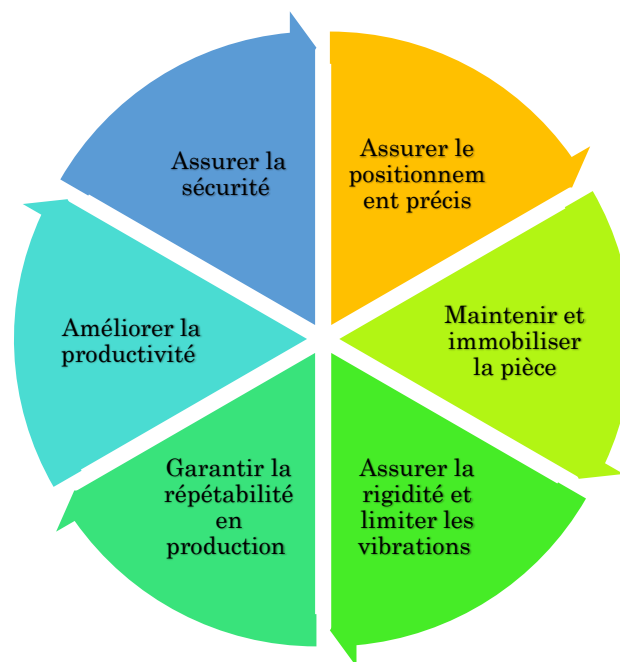


Fig.1-24 Les fonctions principales du système de montage d'usinage.

1.3.3. Principes de base du montage en usinage

Les principes de base du montage définissent les règles essentielles pour positionner et maintenir correctement une pièce lors de son usinage. Leur respect garantit la précision, la stabilité et la qualité finale [9-10].

- Principe d'isostatisme (6 degrés de liberté) : une pièce libre possède 6 degrés de liberté (3 translations (X, Y, Z) et 3 rotations (autour de X, Y, Z)). Le montage doit supprimer exactement ces 6 mouvements, sans sur contraindre la pièce.
- Mise en position (références) : la pièce doit être positionnée par rapport à des surfaces de référence : référence primaire (surface principale de contact), référence secondaire (limite les mouvements restants) et référence tertiaire (assure le positionnement final).
- Principe de serrage : le serrage doit maintenir la pièce sans la déformer, résister aux efforts de coupe et Être orienté opposer aux forces d'usinage.
- Principe de rigidité : le montage doit être rigide pour limiter les vibrations (broutage), réduire les déformations et améliorer l'état de surface.
- Principe d'accessibilité : le montage doit permettre l'accès facile de l'outil à la pièce, l'évacuation des copeaux et l'absence d'interférence (outil/montage).
- Principe de simplicité et de rapidité : le montage doit être simple à réaliser, réduction du temps de réglage et adapté à la production (unitaire ou série)
- Principe de sécurité : empêcher le desserrage ou la projection, assurer la stabilité pendant toute l'opération et protéger l'opérateur et la machine.

1.3.4. Types de systèmes de montage

1.3.4.1. Montage sur mandrin (tournage)

Le montage sur mandrin est l'un des procédés les plus utilisés en tournage pour fixer une pièce sur la broche du tour. Il permet d'assurer un centrage précis et un maintien solide pendant la rotation. Le mandrin est un dispositif fixé sur la broche du tour, comportant des mors mobiles qui serrent la pièce [4-5] :

- Les mors se déplacent radialement pour centrer et immobiliser la pièce.
- Le serrage peut être intérieur (alésage) ou extérieur (surface cylindrique).
- La rotation de la broche entraîne la pièce en mouvement.

Il existe quatre types :

- Mandrin à concentrique (à 3 mors) Fig.1-25-a : Les trois mors se déplacent simultanément vers le centre lors du serrage. Il est principalement utilisé pour maintenir des pièces cylindriques ou hexagonales de manière rapide et autocentrée.
- Mandrin à 4 mors indépendants Fig.1-25-b : Chaque mors se règle séparément. Il permet de fixer des pièces de formes irrégulières, asymétriques ou rectangulaires, et de réaliser des désaxages précis.

- Mandrin à pinces Fig.1-25-c : Utilise une pince extensible (ex. pinces ER) découpée qui se resserre uniformément autour de la pièce ou de l'outil. Il offre une très haute précision de concentricité, idéale pour les pièces de petit diamètre ou le serrage d'outils de fraisage.
- Mandrin pneumatique ou hydraulique Fig.1-25-d : Le serrage des mors est automatisé par pression d'air ou de fluide hydraulique. Très usité sur les tours à commande numérique (CNC) pour réduire le temps de chargement et garantir une force de serrage constante.

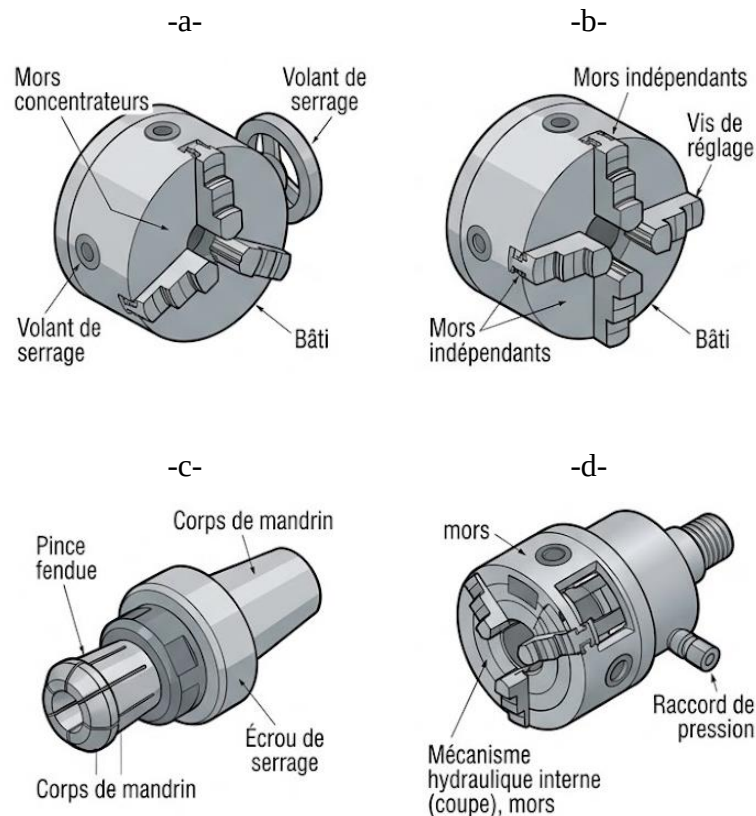


Fig.1-25 les différents types de mandrin : a- Mandrin à concentrique (à 3 mors), b-Mandrin à 4 mors indépendants, c- Mandrin à pinces et d- Mandrin pneumatique ou hydraulique [4].

1.3.4.2. Montage entre pointes

Le montage entre pointes Fig.1-26 est une technique d'usinage qui consiste à maintenir la pièce entre une pointe fixe et une pointe mobile, tandis que sa rotation est assurée par un toc d'entraînement. Ce système repose sur plusieurs éléments essentiels, notamment les pointes, les trous de centre, le toc et le plateau d'entraînement. Il offre une excellente précision de coaxialité et s'avère particulièrement adapté à l'usinage des pièces longues, tout en permettant un démontage et un remontage sans perte d'alignement. Toutefois, il présente des contraintes, telles que la nécessité de réaliser au préalable des trous de centre, un temps de montage plus long, ainsi qu'une utilisation limitée principalement aux pièces de type arbre. Ce montage est largement utilisé pour l'usinage et la rectification des arbres et des axes nécessitant une grande précision.

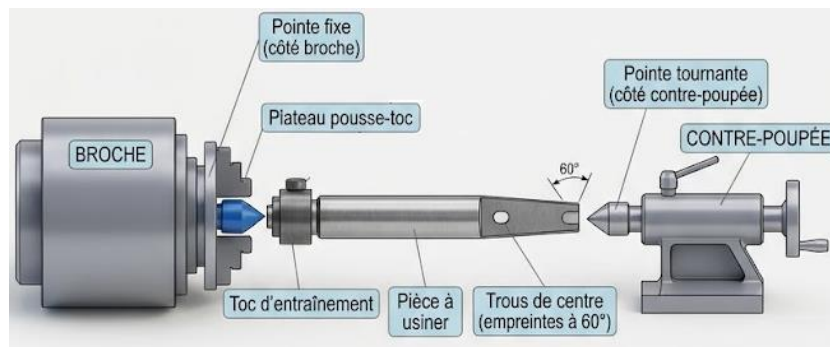


Fig.1-26 Système de montage entre pointe [5].

1.3.4.3. Montage mixte

Le montage mixte Fig.1-27 est une technique d'usinage utilisée sur les tours, qui combine deux modes de maintien de la pièce afin d'améliorer sa stabilité et sa mise en rotation. Dans ce type de montage, la pièce est serrée d'un côté dans un mandrin, assurant ainsi l'entraînement en rotation, tandis que l'autre extrémité est soutenue par une pointe mobile montée sur la poupée mobile. Cette configuration permet de réduire les vibrations et les déformations, notamment lors de l'usinage de pièces longues ou semi-rigides. Le montage mixte constitue ainsi un compromis efficace entre la rapidité de mise en œuvre du montage en mandrin et la précision offerte par le montage entre pointes.

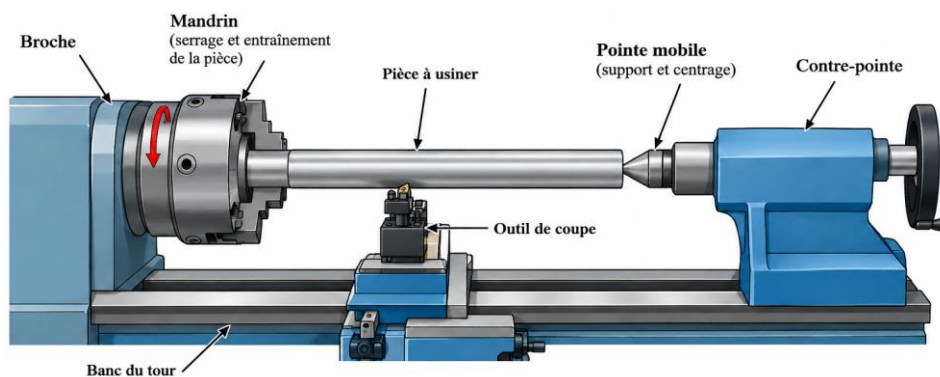


Fig.1-27 Système de montage mixte [5].

1.3.4.4. Montage sur étau (fraisage)

Le montage sur étau Fig.1-28 est l'un des procédés de fixation les plus courants en fraisage. Il consiste à immobiliser la pièce à usiner dans un étau fixé sur la table de la fraiseuse, afin d'assurer un positionnement stable et précis pendant les opérations d'usinage. Ce type de montage est particulièrement utilisé pour les pièces de formes simples et les opérations standards, grâce à sa mise en œuvre rapide et sa bonne rigidité. Il constitue souvent la solution privilégiée dans les ateliers pour les travaux de surfacage, de rainurage ou de perçage, garantissant à la fois sécurité, efficacité et précision acceptable [5-6].

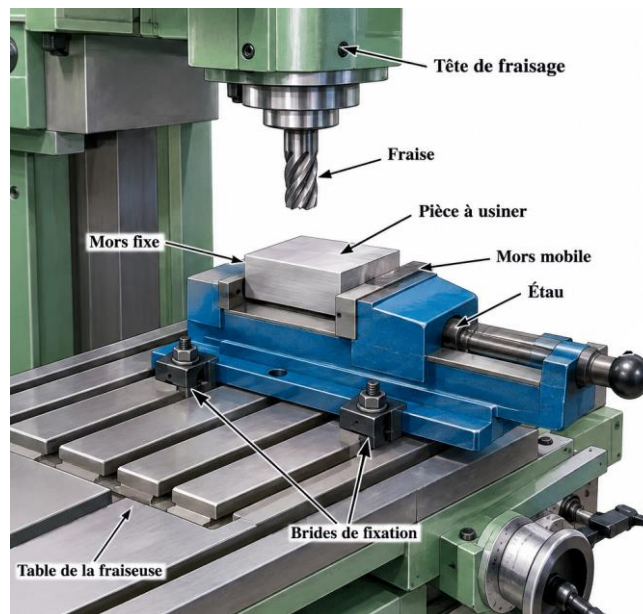


Fig.1-28 Système de montage par étau [5].

1.3.4.5. Montage sur bridage (table de machine)

Le montage sur bridage Fig.1-29 consiste à fixer directement la pièce à usiner sur la table de la machine (fraiseuse, perceuse, etc.) à l'aide de brides de serrage, de vis de bridage engagées dans les rainures en T et de cales d'appui. Ce système permet d'exercer un effort de serrage puissant et stable, assurant le maintien rigide de la pièce tout en garantissant un bon accès de l'outil pour l'usinage.

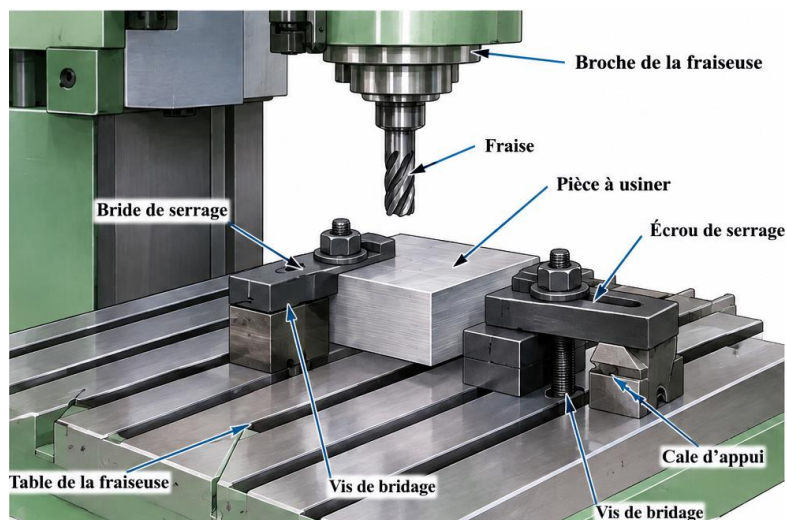


Fig.1-29 Système de montage par étau [11].

1.3.5. Critères de choix d'un montage

Le choix d'un **montage d'usinage** est essentiel pour garantir la **précision, la stabilité et la sécurité** de l'opération. Il dépend de plusieurs critères techniques liés à la pièce, à la machine et aux exigences de fabrication. Parmi ces paramètres on trouve :

- Géométrie de la pièce ;
- Nature du matériau ;
- Type d'usinage (ébauche ou finition) ;
- Efforts de coupe ;
- Précision demandée ;
- Volume de production.

1.4. Conclusion

Ce chapitre a permis de présenter les généralités essentielles relatives à l'usinage et aux machines-outils. L'usinage par enlèvement de matière constitue un procédé fondamental pour obtenir des pièces conformes aux exigences dimensionnelles et géométriques. Les principaux procédés conventionnels, notamment le tournage, le fraisage, le perçage, l'alésage, le filetage, le taraudage et la rectification, ont été présentés. Une attention particulière a été accordée au tournage, qui est largement utilisé pour la fabrication des pièces de révolution telles que les arbres, axes, bagues et pointes de machines-outils. Les différents systèmes de montage ont également été étudiés, notamment le montage sur mandrin, entre pointes, mixte, sur étau et par bridage. Ces systèmes assurent le positionnement, le maintien, la rigidité et la sécurité de la pièce pendant l'usinage. Le choix du montage dépend principalement de la géométrie de la pièce, du matériau, du type d'usinage, des efforts de coupe, de la précision et du volume de production. Le montage entre pointes présente notamment une grande précision de coaxialité et convient particulièrement aux pièces longues et aux arbres de précision. Ainsi, ces notions constituent une base indispensable pour définir correctement une gamme d'usinage et garantir la qualité de la pièce fabriquée. Elles serviront de fondement aux chapitres suivants consacrés à l'étude, au dimensionnement et à la réalisation de la pointe tournante.

CHAPITRE 2 : DIMENSIONNEMENT DE LA POINTE DE LA POUPÉE MOBILE D'UN TOUR

2.1. Introduction

La pointe de la poupée mobile constitue un élément essentiel du tour d'usinage. Elle permet de soutenir les pièces longues ou élancées pendant l'opération d'usinage et de garantir leur positionnement par rapport à l'axe de rotation. Au cours de l'usinage, la pointe est soumise principalement aux efforts de coupe transmis par la pièce, notamment aux efforts axiaux, radial et tangentiel. Le dimensionnement de cette pièce doit assurer une résistance suffisante aux sollicitations mécaniques tout en limitant les déformations susceptibles d'affecter la précision de l'usinage. Dans ce chapitre, on présente la démarche de dimensionnement de la pointe, depuis la détermination des efforts de coupe jusqu'aux vérifications de résistance, de rigidité et de stabilité.

2.2. Fonction de la pointe de la poupée mobile

La pointe [Fig.2-1](#) est destinée à assurer le maintien de l'extrémité libre de la pièce pendant l'usinage. Elle permet notamment de maintenir la pièce sur son axe de rotation, de réduire les vibrations, de limiter la flexion de la pièce, d'améliorer la précision dimensionnelle et d'assurer une meilleure stabilité pendant l'usinage. La pointe est montée dans la poupée mobile au moyen d'un cône Morse. La partie active de la pointe possède généralement une géométrie conique adaptée au centre usiné dans la pièce.

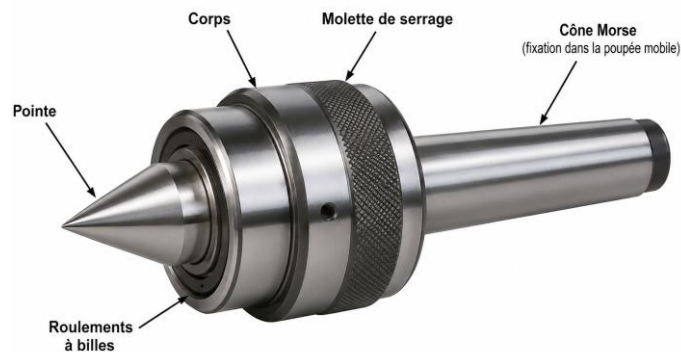


Fig.2-1 La pointe de la poupée mobile.

2.3. Hypothèses de calcul

Afin de réaliser le dimensionnement, les hypothèses suivantes sont retenues. Ces valeurs constituent un cas de calcul de référence et devront être remplacées par les valeurs réelles correspondant au tour et aux conditions d'usinage du projet. On considère une pointe cylindrique de la poupée mobile soumise

à un effort axial de compression et à un effort transversal dû aux conditions d'usinage. On adopte les valeurs présentées dans le tableau.2-1 :

Paramètre	Symbole	Valeur
Puissance du tour	P	7,5 kW
Vitesse de rotation	N	1000 tr/min
Effort de coupe	F_c	2000 N
Effort d'avance	F_f	800 N
Effort radial	F_p	1000 N
Longueur sollicitée	L	50 mm
Module d'Young	E	210 000 MPa
Limite d'élasticité	R_{ee}	800 MPa
Coefficient de sécurité	F_S	3

Tableau.2.1 Les valeurs de dimensionnement de la pointe de la poupée mobile.

2.4. Détermination des efforts de coupe

Lors de l'usinage par tournage, l'interaction entre l'outil et la pièce génère un système d'efforts de coupe qui se transmet en partie à la pointe de la poupée mobile. Pour dimensionner correctement cette pointe, il est nécessaire de déterminer les principales composantes de l'effort de coupe. L'effort de coupe résultant peut être décomposé suivant trois directions principales : F_c : effort principal de coupe, tangent à la trajectoire de coupe, F_f : effort d'avance, suivant la direction de déplacement de l'outil et F_p : effort passif ou radial, perpendiculaire à l'axe de la pièce [12-13].

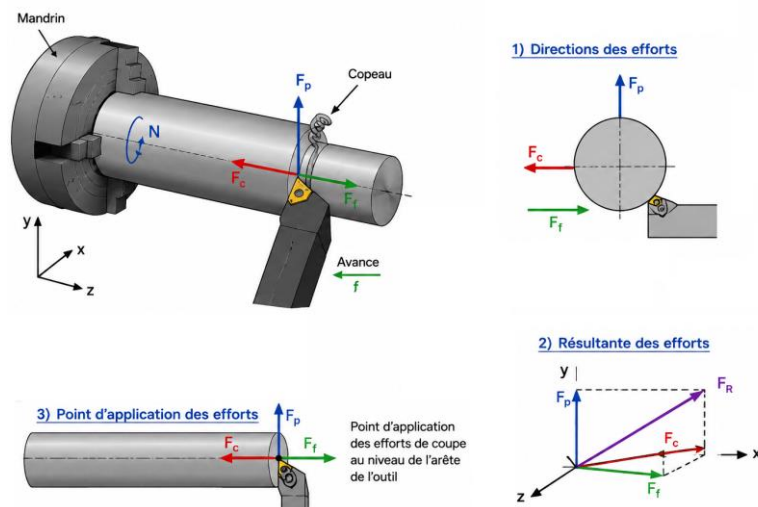


Fig.2-2 Efforts de coupe en tournage.

L'effort résultant est calculé par :

$$F_R = \sqrt{F_c^2 + F_f^2 + F_p^2} \quad (2 - 1)$$

AN:

$$F_R = \sqrt{2000^2 + 800^2 + 1000^2} = 2375 \text{ N}$$

Ainsi, l'effort résultant transmis au système de maintien est approximativement $F_R = 2,38 \text{ kN}$

2.5. Calcul du couple de coupe

Le couple de coupe Fig.2-3 représente le moment transmis par la broche du tour afin de produire l'effort de coupe nécessaire à l'enlèvement de matière [14].

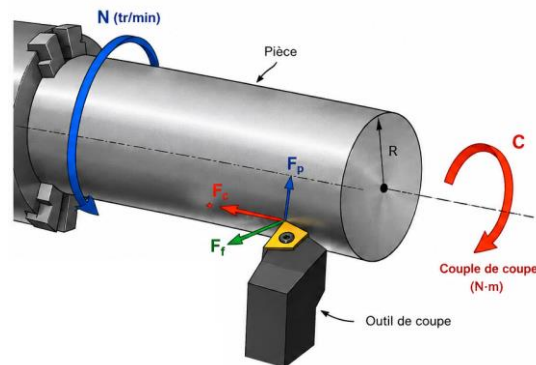


Fig.2-3 Couple de coupe en tournage.

La relation fondamentale entre la puissance de coupe P , le couple C et la vitesse angulaire ω est :

$$P = C \times \omega \quad (2 - 2)$$

La vitesse angulaire est calculée à partir de la vitesse de rotation :

$$\omega = \frac{2 \times \pi \times N}{60} \quad (2 - 3)$$

Ainsi, le couple de coupe est :

$$C = \frac{30 \times P}{\pi \times N} \quad (2 - 4)$$

AN:

$$C = \frac{30 \times 7.5 \times 10^3}{3.14 \times 1000} = 71.6 \text{ Nm}$$

2.6. Modélisation mécanique de la pointe

Pour le calcul de résistance, la partie active de la pointe peut être assimilée à une poutre cylindrique soumise à un effort axial de compression, un effort transversal provoquant la flexion et un effort de cisaillement. La longueur en porte-à-faux est notée L . La section résistante de diamètre d est considérée comme circulaire.

2.6.1. Calcul du moment fléchissant

Lors de l'usinage, l'effort radial ou passif F_p appliqué par l'intermédiaire de la pièce provoque une sollicitation en flexion de la pointe de la poupée mobile. Cette sollicitation Fig.2-4 est maximale au niveau de la section où la pointe est maintenue dans le corps de la poupée mobile. La pointe peut être assimilée, pour le calcul, à une poutre en porte-à-faux de longueur L , soumise à une force transversale F_p .

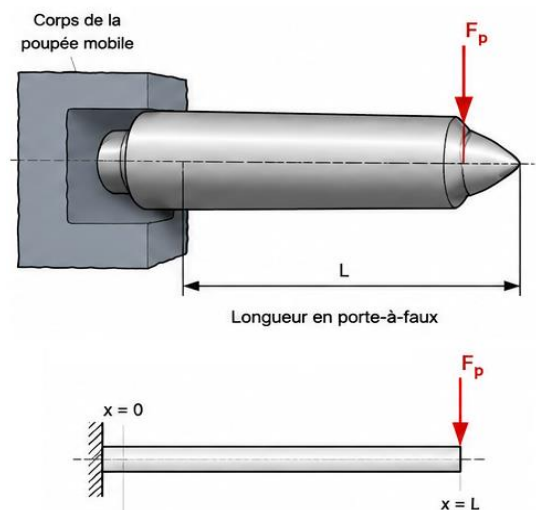


Fig.2-4 Moment de flexion dans la pointe de la poupée mobile.

Le moment fléchissant maximal est donné par :

$$M_f = F_p \times L \quad (2 - 5)$$

AN:

$$M_f = 1000 \times 50 = 50000 \text{ N.mm}$$

2.6.2. Dimensionnement à la flexion

Le moment fléchissant calculer constitue la donnée de départ pour déterminer le diamètre minimal de la pointe. Pour une section circulaire pleine, le module de résistance [14] :

$$W = \frac{\pi \times d^3}{32} \quad (2 - 6)$$

La contrainte maximale de flexion est alors :

$$\sigma_f = \frac{M_f}{W} \quad (2 - 7)$$

AN:

$$W = \frac{\pi \times d^3}{32} = \frac{3.14 \times 20^3}{32} = 785.4 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_f = \frac{M_f}{W} = \frac{50000}{785.4} = 63.7 \text{ Mpa}$$

2.6.3. Calcul de la contrainte de compression

Lors de l'usinage, la pointe de la poupée mobile est soumise à un effort axial de compression résultant du contact entre la pointe et le centre de la pièce. Cette sollicitation tend à comprimer la pointe suivant son axe longitudinal (voir [Fig.2-5](#)). Le dimensionnement à la compression consiste donc à vérifier que la contrainte normale générée par cet effort reste inférieure à la contrainte admissible du matériau [14].

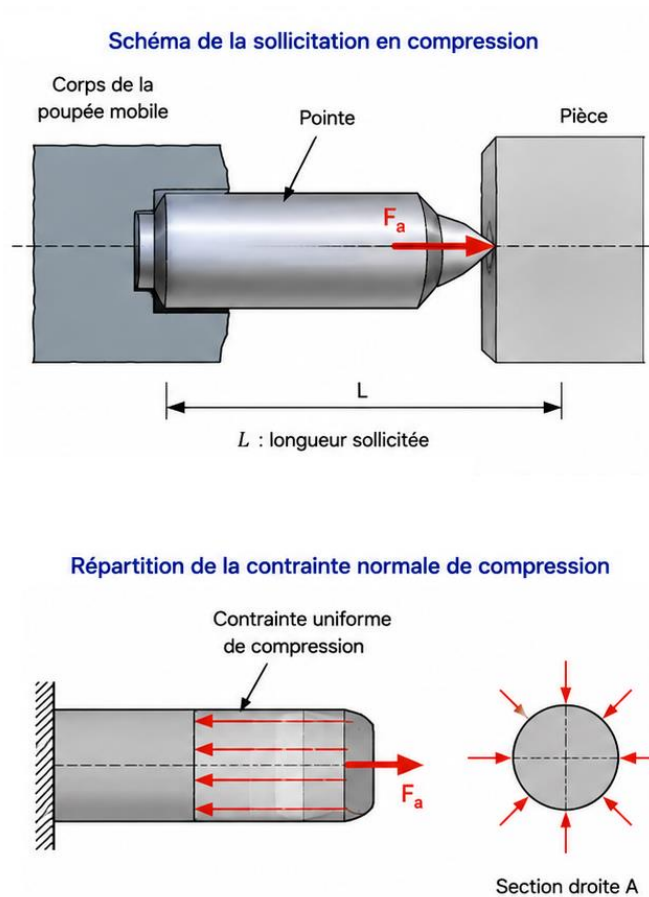


Fig.2.5 Contrainte de compression dans la pointe de la poupée mobile.

Dans le cadre des hypothèses retenues, l'effort axial appliqué à la pointe est assimilé à l'effort d'avance :

$$F_a = F_f \quad (2 - 8)$$

La section de la pointe est supposée circulaire pleine de diameter d . Sa surface est donnée par:

$$A = \frac{\pi \times d^2}{4} \quad (2 - 9)$$

Pour le diamètre retenu $d = 20 \text{ mm}$, on obtient $A = 314.16 \text{ mm}^2$

La contrainte normale de compression est donnée par :

$$\sigma_c = \frac{F_a}{A} \quad (2 - 10)$$

AN:

$$\sigma_c = \frac{800}{314.16} = 2.55 \text{ Mpa}$$

2.6.4. Vérification des contraintes combinées

La pointe de la poupée mobile est soumise simultanément à un effort axial de compression et à un moment fléchissant [14]. Il est donc nécessaire de vérifier la combinaison de ces deux sollicitations afin de déterminer la contrainte normale maximale dans la section critique. Lorsque les deux sollicitations agissent simultanément, les contraintes se superposent. La contrainte maximale du côté comprimé est :

$$\sigma_{max} = \sigma_c + \sigma_f \quad (2 - 11)$$

AN:

$$\sigma_{max} = 2.55 + 63.7 = 66.25 \text{ Mpa}$$

Tandis que, du côté opposé de la section, la flexion réduit l'effet de la compression :

$$\sigma_{min} = \sigma_c - \sigma_f \quad (2 - 12)$$

AN:

$$\sigma_{min} = 2.55 - 63.7 = -61.15 \text{ Mpa}$$

Le signe négatif indique que cette zone est en traction selon la convention adoptée. Ainsi, la contrainte normale maximale en valeur absolue est :

$$|\sigma_{max}| = 66.25 \text{ Mpa}$$

2.6.5. Détermination de la contrainte admissible

La contrainte admissible est calculée par :

$$\sigma_{adm} = \frac{R_e}{F_s} \quad (2 - 13)$$

AN:

$$\sigma_{adm} = \frac{800}{3} = 266.7 \text{ Mpa}$$

La condition de résistance est :

$$\sigma_{max} \leq \sigma_{adm} \quad (2 - 15)$$

Comme $66,25 < 266,7$ MPa, la résistance à la flexion et à la compression est vérifiée.

2.6.6. Coefficient de sécurité réel

Le coefficient de sécurité vis-à-vis de la contrainte combinée peut être estimé par :

$$F_{S_{réel}} = \frac{R_e}{\sigma_{max}} \quad (2 - 16)$$

AN:

$$F_{S_{réel}} = \frac{800}{66.25} \approx 12.08$$

Le coefficient de sécurité réel est donc supérieur au coefficient de sécurité minimal adopté $12.08 > 3$

2.6.7. Détermination du diamètre minimal

La détermination du diamètre minimal constitue une étape essentielle du dimensionnement de la pointe de la poupée mobile, ce diamètre doit ici être déterminé en considérant l'effet combiné de la compression axiale et de la flexion. D'après les équations (2-6), (2-10) et (2-11) la contrainte normale maximale dans la section critique est donnée par :

$$\sigma_{max} = \frac{4 \times F_a}{\pi \times d^2} + \frac{32 \times M_f}{\pi \times d^3} \leq \sigma_{adm} \quad (2 - 17)$$

AN:

$$\sigma_{max} = \frac{4 \times 800}{3.14 \times d^2} + \frac{32 \times 50000}{3.14 \times d^3} \leq 266.7$$

La résolution de cette équation donne :

$$d_{min} \approx 12.51 \text{ mm}$$

Pour tenir compte des tolérances de fabrication, des concentrations de contraintes, des vibrations et des conditions réelles de fonctionnement, il est recommandé de retenir une dimension normalisée supérieure. On choisit donc :

$$d = 20 \text{ mm}$$

2.6.7. Vérification au cisaillement

La pointe de la poupée mobile est soumise à un effort transversal Fig.2-6, qui engendre une contrainte de cisaillement au niveau de la section résistante. Cette contrainte doit rester inférieure à la contrainte de cisaillement admissible du matériau afin d'assurer la sécurité de la pièce [15].

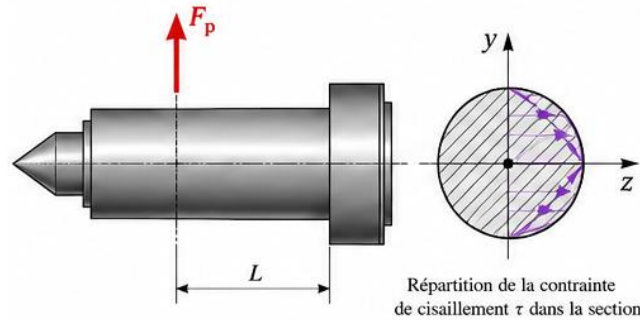


Fig.2-6 La contrainte maximale de cisaillement de la pointe.

Pour une section circulaire pleine soumise à un effort tranchant, la contrainte maximale de cisaillement est donnée par :

$$\tau_{max} = \frac{16 \times F_p}{3 \times \pi \times d^2} \quad (2 - 18)$$

AN:

$$\tau_{max} = \frac{16 \times 1000}{3 \times 3.14 \times 20^2} = 4.24 \text{ Mpa}$$

Pour une vérification simplifiée, on peut prendre :

$$\tau_{adm} = \frac{R_e}{\sqrt{3} \times F_s} \quad (2 - 19)$$

AN:

$$\tau_{adm} = \frac{800}{\sqrt{3} \times 3} = 153.96 \text{ Mpa}$$

La condition est donc largement satisfaite $4.24 \text{ Mpa} < 153.96 \text{ Mpa}$

2.6.8. Vérification de la déformation

La vérification de la déformation Fig.2-7 est indispensable dans le dimensionnement de la pointe de la poupée mobile, car une déformation excessive peut provoquer une perte de précision, une diminution de la rigidité du système et des vibrations pendant l'usinage [15]. La pointe est assimilée à une poutre cylindrique en porte-à-faux, soumise à l'effort transversal F_p .

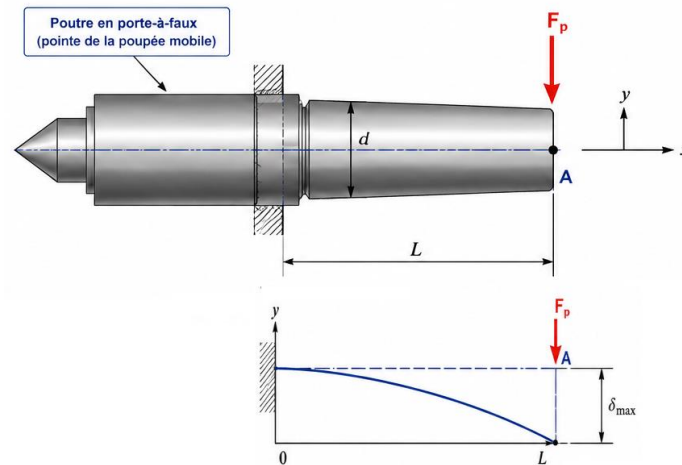


Fig.2-7 La vérification de la déformation de la pointe.

Pour une section circulaire pleine de diamètre, le moment quadratique I est:

$$I = \frac{\pi \times d^4}{64} \quad (2 - 20)$$

AN :

$$I = \frac{3.14 \times 20^4}{64} = 7853.98 \text{ mm}^4$$

Pour une poutre en porte-à-faux soumise à une force transversale à son extrémité, la flèche maximale δ_{max} est donnée par :

$$\delta_{max} = \frac{F_p \times L^3}{3 \times E \times I} \quad (2 - 21)$$

AN :

$$\delta_{max} = \frac{1000 \times 50^3}{3 \times 210000 \times 7853.96} = 0.0253 \text{ mm}$$

Pour garantir une bonne précision d'usinage, on impose une limite de déformation admissible :

$$\delta_{max} \leq \delta_{adm} \quad (2 - 22)$$

En prenant, à titre de critère de conception $\delta_{adm} = 0.05 \text{ mm}$, La condition de rigidité est donc vérifiée ($0.0253 < 0.05 \text{ mm}$).

Le coefficient de marge K_δ par rapport à cette limite est :

$$K_\delta = \frac{\delta_{adm}}{\delta_{max}} \quad (2 - 23)$$

AN :

$$K_\delta = \frac{0.05}{0.0253} \approx 1.98$$

Alors, la pointe possède donc une rigidité satisfaisante dans les conditions considérées.

2.6.9. Vérification au flambement de la pointe mobile

La vérification au flambement Fig.2-8 est nécessaire pour s'assurer que la pointe mobile peut supporter l'effort axial de coupe sans subir une instabilité élastique. La pointe est assimilée à une barre comprimée, généralement encastree du côté du fourreau et chargée axialement par l'effort de coupe [16].

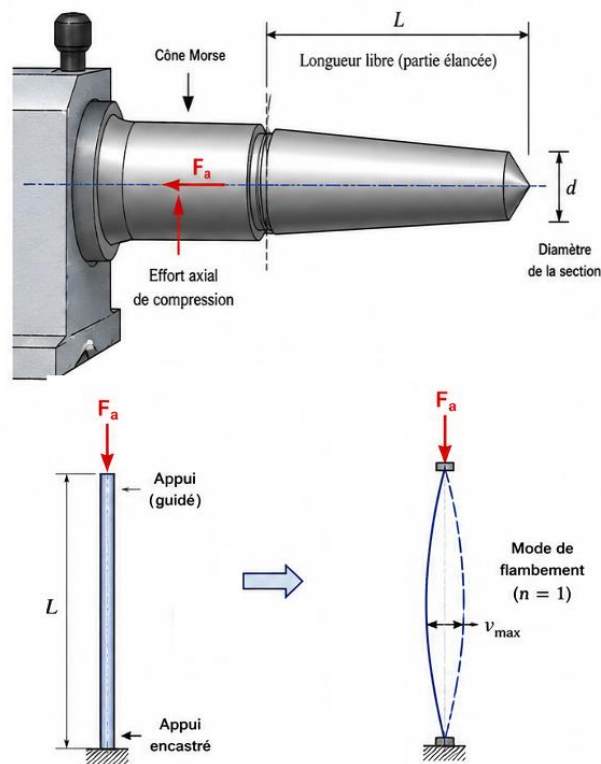


Fig.2-8 La vérification au flambement de la pointe mobile.

La charge critique de flambement F_{cf} est donnée par la formule d'Euler :

$$F_{cf} = \frac{\pi^2 \times E \times I}{(K \times L)^2} \quad (2 - 24)$$

Avec K est le coefficient de longueur efficace dépendant des conditions d'appui. Pour une pointe considérée encastrée-libre, on peut prendre $K = 2$.

AN:

$$F_{cf} = \frac{3.14^2 \times 210000 \times 7853.98}{(2 \times 50)^2} = 1626.18 \text{ kN}$$

Cette valeur est très supérieure à l'effort axial considéré $F_a = 800 \text{ N}$. La stabilité est donc largement satisfaite dans le modèle simplifié. Pour la conception réelle, les conditions d'appui et la géométrie conique devront être prises en compte.

2.7. Calcul de la pression de contact

La pointe de la poupée mobile est en contact direct avec le centre conique réalisé dans la pièce. Sous l'action de l'effort axial de compression F_a , une pression de contact P_m est développée entre les deux surfaces (voir la Fig.2-9). Cette pression doit rester suffisamment faible afin d'éviter l'écrasement local, le matage ou l'usure excessive de la pointe et du centre [17].

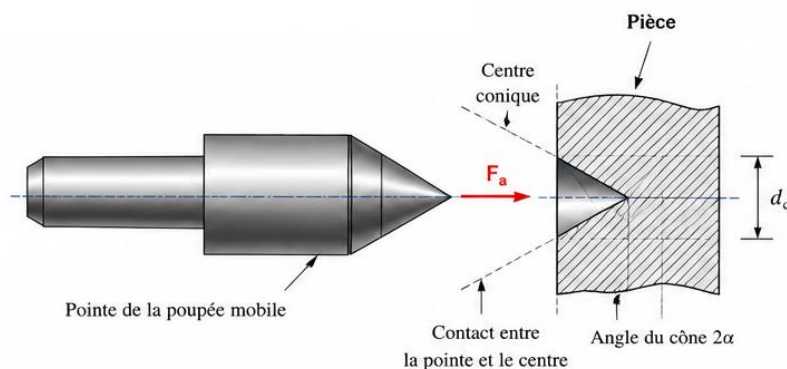


Fig.2-9 Calcul de la pression de contact.

Cette pression moyenne de contact est déterminée par :

$$P_m = \frac{F_a}{A_c} = \frac{4 \times F_a}{\pi \times d_c^2} \quad (2 - 25)$$

La surface effective A_c dépend de la géométrie du centre et de la pointe (Pour réaliser une estimation, on considère un diamètre équivalent de contact $d_c = 10 \text{ mm}$).

AN:

$$P_m = \frac{4 \times 800}{3.14 \times 10^2} = 10.19 \text{ Mpa}$$

2.8. Choix du matériau

Pour une pointe de tour, le matériau doit présenter une limite d'élasticité élevée, une bonne résistance à l'usure, une bonne résistance à la fatigue, une bonne aptitude au traitement thermique et une bonne stabilité dimensionnelle. Un acier allié tel que le 42CrMo4 peut être retenu pour une conception mécanique nécessitant une bonne résistance. Après traitement thermique approprié, ses propriétés mécaniques peuvent être adaptées aux exigences de la pointe. Pour améliorer la résistance à l'usure de la partie active de la pointe, un traitement thermique peut être envisagé. Une solution comprend une trempe suivie d'un revenu, avec éventuellement un durcissement superficiel selon les exigences. L'objectif est d'obtenir un compromis entre dureté, ténacité et résistance à l'usure.

2.9. Conclusion

Le dimensionnement réalisé montre que la pointe de la poupée mobile doit principalement être vérifiée vis-à-vis de la flexion, de la compression, du cisaillement, de la déformation et de la stabilité au flambement. Pour les conditions de calcul retenues, une pointe de diamètre 20 mm et de longueur sollicitée 50 mm présente une contrainte maximale d'environ 66,25 MPa, inférieure à la contrainte admissible de 266,7 MPa. La déformation calculée, de l'ordre de 25.3 μm , reste faible et indique une rigidité satisfaisante. Le dimensionnement est donc acceptable dans le cadre des hypothèses retenues. Pour la conception finale, il reste nécessaire de définir précisément le cône Morse, la géométrie de la pointe, les dimensions du corps, les

rayons de raccordement, les tolérances, le matériau et le traitement thermique, puis de vérifier la pièce par CAO et, idéalement, par éléments finis.

CHAPITRE 3: CONCEPTION ET REALISATION DE LA POINTE TOURNANTE DE LA POUPÉE MOBILE SOUS SOLIDWORKS

3.1. Introduction

La pointe tournante, également [Fig.3-1](#) appelée contre-pointe rotative, est un organe essentiel du tournage : montée dans le fourreau de la poupée mobile, elle assure le maintien et le centrage de l'extrémité libre de la pièce pendant l'usinage, tout en autorisant sa rotation libre grâce à des roulements internes. Ce chapitre présente la démarche de conception assistée par ordinateur (CAO) de cet organe sous le logiciel SOLIDWORKS, depuis l'analyse fonctionnelle jusqu'à la mise en plan, en passant par la modélisation des pièces et leur

assemblage. L'objectif est double: d'une part, décrire une méthodologie de conception rigoureuse et reproductible; d'autre part, illustrer la manière dont les outils paramétriques de SOLIDWORKS (esquisses, fonctions de révolution, assemblage, mise en plan) permettent de garantir la cohérence géométrique et fonctionnelle entre les différentes pièces du mécanisme, notamment au niveau des portées de roulements et des ajustements.

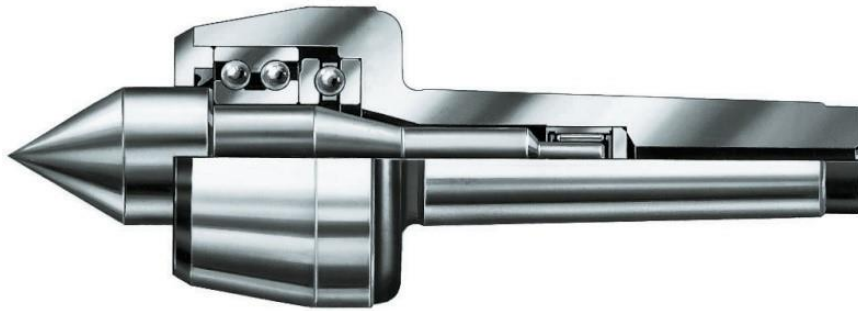


Fig.3-1 Vue en coupe d'une pointe tournante .

3.2. Présentation du logiciel SOLIDWORKS

3.2.1. Historique

SOLIDWORKS a été créé en 1993 par Jon Hirschtick avec l'objectif de développer un logiciel de conception 3D simple et accessible fonctionnant sous Windows. La première version commerciale, SOLIDWORKS 95, a été lancée en 1995 et a marqué une révolution grâce à la modélisation paramétrique intuitive. En 1997, le logiciel a été acquis par Dassault Systèmes, ce qui a permis d'accélérer son développement et d'élargir ses fonctionnalités. Durant les années 2000, SOLIDWORKS a évolué avec l'intégration des assemblages complexes, des mises en plan automatisées et de bibliothèques de composants standards. Dans les années 2010, il s'est enrichi de modules de simulation, d'analyses mécaniques et d'améliorations graphiques importantes. Plus récemment, dans les années 2020, il s'oriente vers le cloud et la plateforme 3DEXPERIENCE, favorisant la collaboration en ligne. Aujourd'hui, SOLIDWORKS est l'un des logiciels de CAO les plus utilisés dans l'industrie, couvrant la conception, la simulation et la fabrication. Il a largement contribué à démocratiser la conception 3D et à améliorer la productivité des ingénieurs. Son évolution continue reflète les besoins croissants en innovation et en optimisation industrielle.

3.2.2. Fonctionnement

SOLIDWORKS [Fig.3-2](#) est un logiciel de Conception Assistée par Ordinateur (CAO) largement utilisé en ingénierie mécanique. Développé par la société Dassault Systèmes, il permet de concevoir, simuler et documenter des produits industriels en 3D.

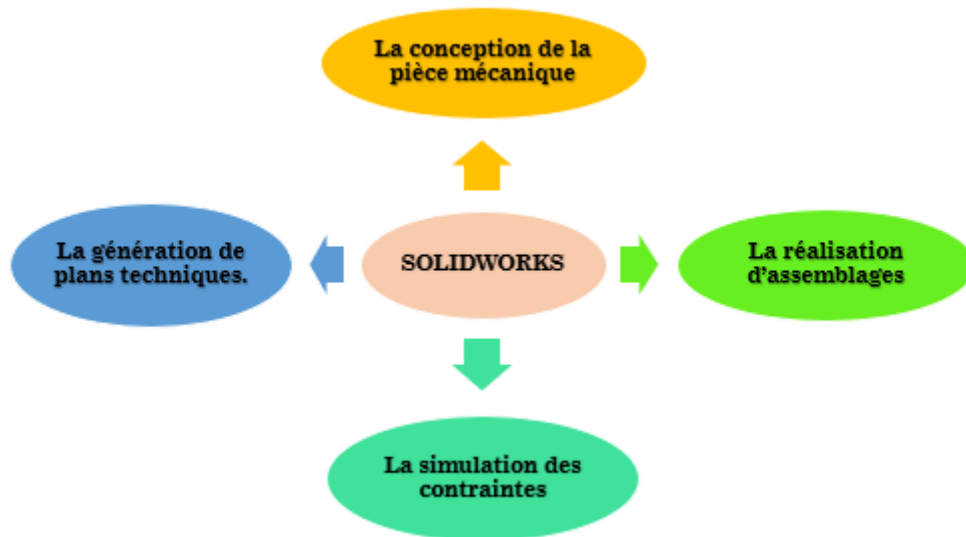


Fig.3-2 Les fonctions réalisées par SOLIDWORKS [18].

3.2.1. La conception de la pièce mécaniques

La conception d'une pièce dans SOLIDWORKS repose sur le principe de la modélisation paramétrique basée sur des fonctions. Le processus consiste à transformer une forme 2D en un objet 3D modifiable à tout moment. Pour élaborer la pièce, il est nécessaire de suivre les étapes présentée par la Fig.3-3.

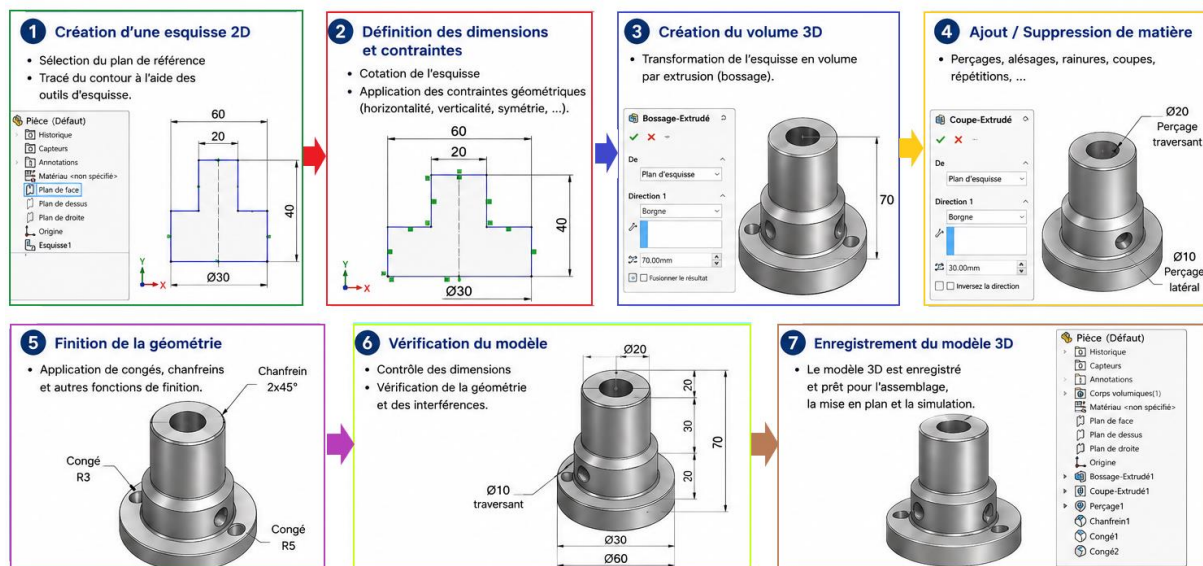


Fig.3-3 Les étapes nécessaires pour la conception de la pièce [18].

3.2.2. La réalisation d'assemblages

Dans SOLIDWORKS, la réalisation d'assemblages (fichiers.sldasm) Fig.3-4 consiste à regrouper plusieurs pièces 3D individuelles et à définir leurs relations mécaniques pour former un système complet. Le processus de création d'un assemblage est illustré par la figure ci-après.

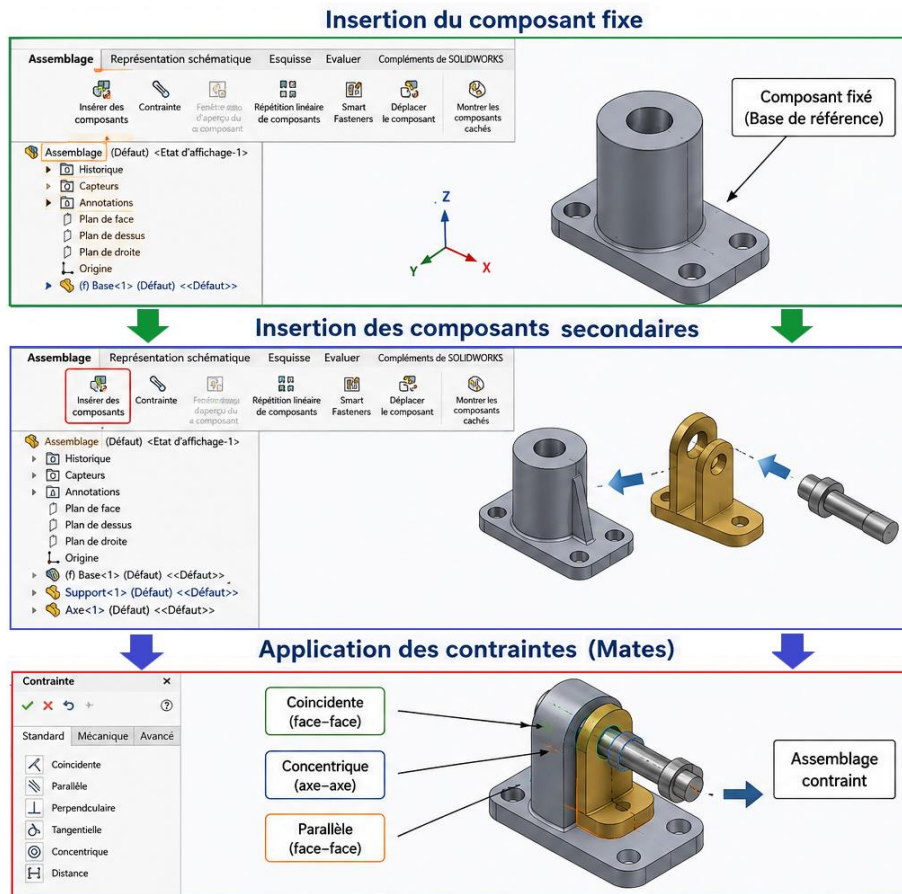


Fig.3-4 Le processus de création d'un assemblage par SOLIDWORKS [19].

3.2.3. La simulation des contraintes

La simulation des contraintes dans SOLIDWORKS (via le module SOLIDWORKS Simulation) Fig.3-5 repose sur la méthode des éléments finis (EF/FEM). Elle permet de tester la résistance mécanique d'une pièce ou d'un assemblage avant sa fabrication sous différentes charges. Le processus de l'étude de simulation (statique) est illustré par la figure ci-après.

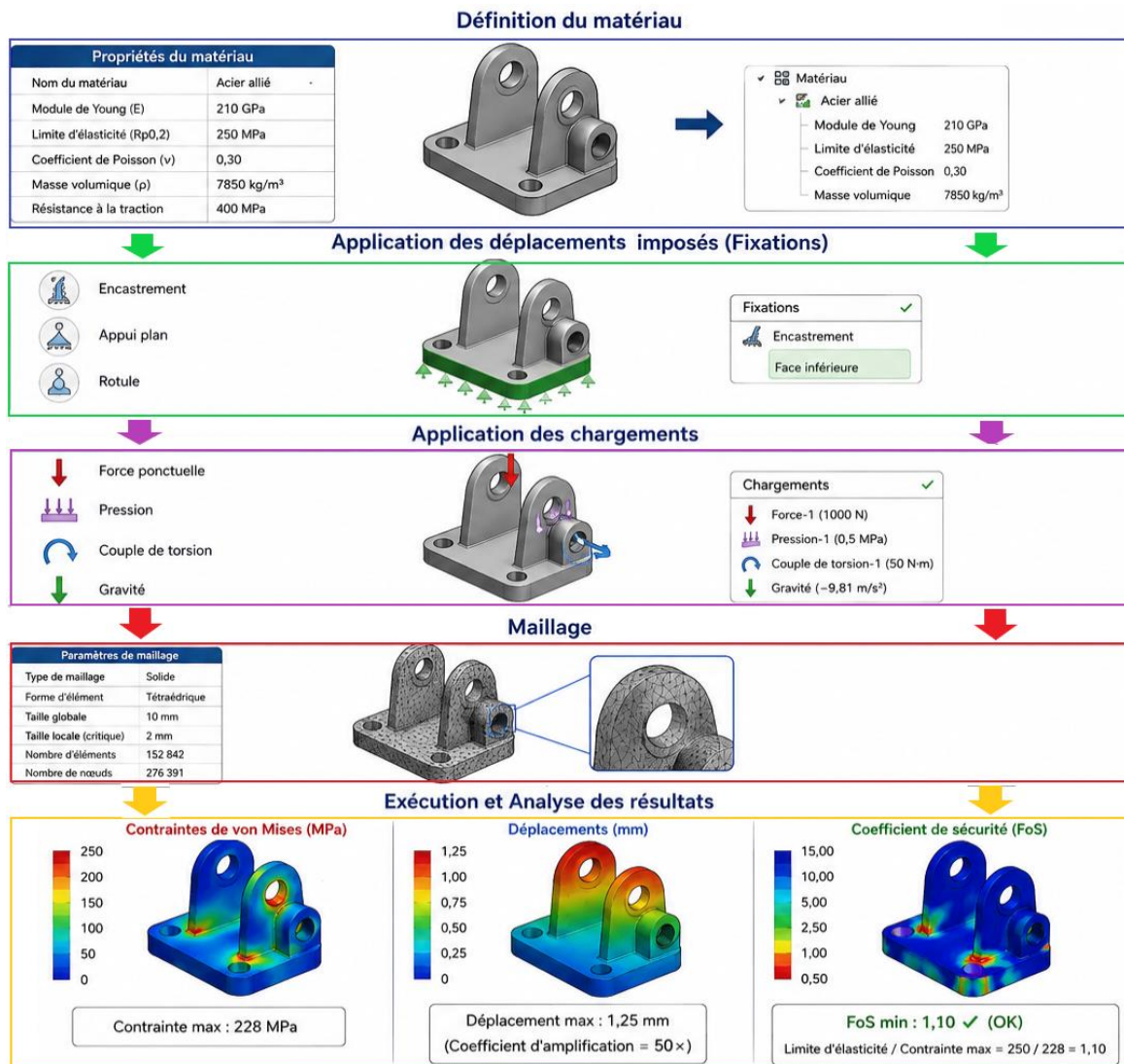


Fig.3-5 Le processus de simulation statique par SOLIDWORKS [18-19].

3.2.4. La génération de plans techniques

La génération de plans techniques avec SOLIDWORKS Fig.3-6 permet de passer efficacement du modèle numérique à la fabrication réelle. Grâce à ses outils automatisés et conformes aux normes, il facilite la création de plans précis, lisibles et professionnels, indispensables en ingénierie mécanique. Le processus de mise en plan est illustré par la figure ci-après [20]:

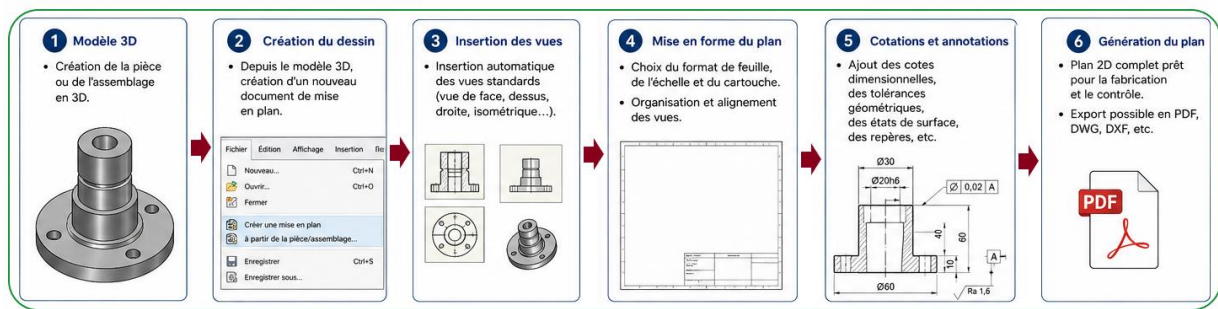


Fig.3-6 Le processus de mise en plan par SOLIDWORKS.

3.3. Analyse fonctionnelle et cahier des charges

3.3.1. Fonction globale

La fonction principale de la pointe tournante est de maintenir et centrer une pièce en rotation entre les deux pointes du tour (pointe fixe côté broche, pointe tournante côté poupée mobile), tout en minimisant les frottements grâce à des éléments roulants internes. Elle doit résister aux efforts axiaux de serrage ainsi qu'aux efforts radiaux générés par l'effort de coupe, sans jeu excessif ni échauffement anormal.

3.3.2. Décomposition en composants

L'analyse de la coupe [Fig.3-1](#) permet d'identifier les principaux composants à modéliser séparément avant assemblage:

N°	Composant	Fonction
1	Pointe conique (fourreau)	Centre l'extrémité de la pièce et transmet l'effort de serrage entre la contre-pointe et la pièce à usiner.
2	Corps / fourreau extérieur	Enveloppe rigide qui loge les roulements et assure le maintien en position dans le fourreau de la contre-pointe du tour.
3	Roulement à billes à contact oblique	Reprend les charges axiales issues du serrage de la pièce entre pointes.
4	Roulement à rouleaux coniques / à aiguilles	Reprend les charges radiales dues à l'effort de coupe et assure la rotation libre de la pointe.
5	Arbre / queue conique (cône Morse)	Assure la liaison et le centrage dans le fourreau de la poupée mobile.
6	Circlips / écrou de réglage	Assure le maintien axial et le réglage du jeu interne des roulements.
7	Joints d'étanchéité	Protègent les roulements contre la pénétration des copeaux, poussières et liquide de coupe.

Tableau.3-1 Le role des principaux composants de la pointe.

3.3.3. Exigences fonctionnelles retenues

La conception de la pointe tournante repose sur un ensemble d'exigences fonctionnelles strictes garantissant sa précision et sa fiabilité en service. En premier lieu, une coaxialité parfaite doit être assurée entre la pointe conique, les portées de roulements et la queue conique de type cône Morse, afin de garantir un alignement optimal lors de la rotation. De plus, les roulements doivent être montés avec un ajustement serré (H7/p6 ou équivalent) entre leurs bagues et les portées correspondantes, assurant ainsi une bonne tenue mécanique. Un jeu de fonctionnement contrôlé est également indispensable pour limiter le faux-rond et améliorer la précision de rotation. Par ailleurs, une étanchéité efficace doit être mise en place afin de protéger les roulements contre les contaminants issus de l'environnement d'usinage, tels que les copeaux ou les lubrifiants. Enfin, le corps et la pointe doivent présenter une résistance mécanique suffisante pour supporter les efforts de serrage et de coupe, garantissant ainsi la durabilité et la performance globale du système [20-21].

3.4. Démarche de conception sous SOLIDWORKS

La conception a été menée selon une démarche ascendante: chaque pièce est modélisée individuellement dans l'environnement Pièce, puis assemblée dans l'environnement Assemblage. Les pièces de révolution (corps, pointe, arbre) exploitent largement la fonction Révolution, tandis que les composants normalisés (roulements, circlips) sont soit modélisés directement, soit importés depuis la bibliothèque de composants standards (Toolbox) de SOLIDWORKS.

3.4.1. La conception de la pointe conique et de l'arbre

La pointe conique et l'arbre porte-pointe constituent un sous-ensemble fondamental dans la conception d'une pointe tournante, car ils assurent à la fois le centrage précis de la pièce et la transmission des efforts mécaniques. La pointe conique, généralement réalisée avec un angle normalisé de 60° , est conçue pour s'adapter aux trous de centre des pièces à usiner. Elle est fabriquée en acier allié à haute résistance, tel que le 35NiCr6, puis soumise à un traitement thermique (trempe et revenu) suivi d'une rectification afin d'obtenir une dureté élevée et une précision géométrique optimale. L'arbre porte-pointe, quant à lui, sert de support à la pointe et assure sa rotation via les roulements. Sa conception Fig.3-7 repose sur une géométrie cylindrique comportant des portées de roulements usinées avec précision, ainsi que des épaulements permettant le positionnement axial des composants. Les ajustements sont soigneusement choisis afin de garantir un montage serré des bagues internes des roulements,

évitant tout jeu ou désalignement. De plus, la coaxialité entre la pointe et l'axe de l'arbre constitue une exigence essentielle pour minimiser les erreurs de rotation et les vibrations.

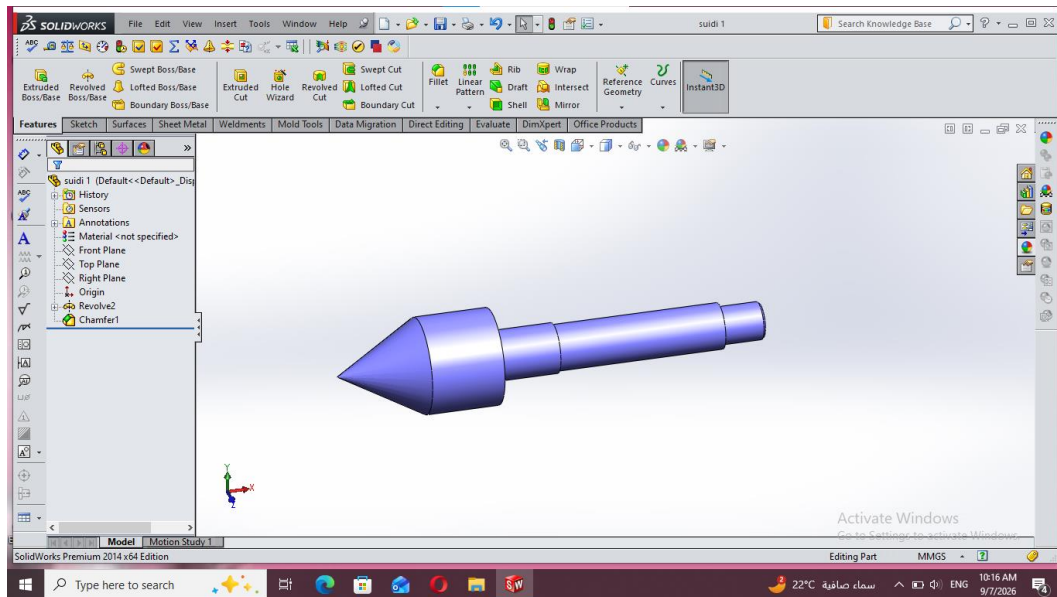


Fig.3-7 La conception de la pointe par SOLIDWORKS.

3.4.2. La conception du manchon support

Le manchon support constitue un élément essentiel de la pointe tournante, car il assure le guidage des roulements, la coaxialité de l'ensemble et la transmission des efforts axiaux et radiaux vers la poupée mobile. Il est généralement fabriqué en acier XC48, offrant une bonne résistance mécanique et une bonne usinabilité. Sa géométrie comprend des logements de roulements, des épaulements et des surfaces fonctionnelles usinées avec précision. La conception doit respecter des exigences strictes de tolérance, coaxialité et rugosité afin de limiter les vibrations et l'usure. Enfin, le manchon doit permettre un montage, un démontage et une maintenance faciles des différents composants.

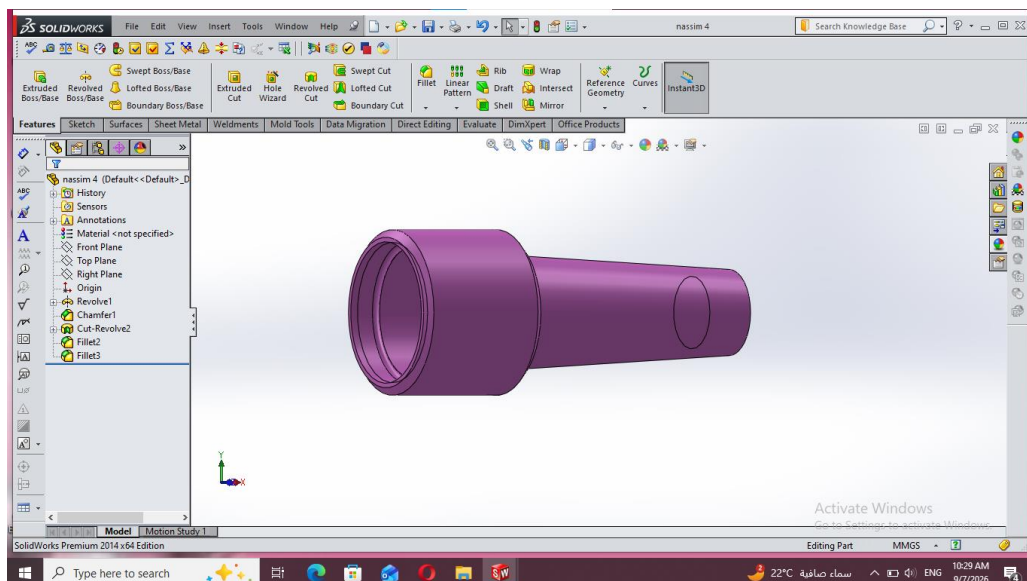


Fig.3-8 La conception du manchon support par SOLIDWORKS.

3.4.3. La conception des bouchons avant et arrière

Les bouchons avant et arrière sont des éléments de fermeture essentiels dans la conception de la pointe tournante. Ils assurent le maintien axial des composants internes, notamment les roulements, tout en garantissant la protection et l'étanchéité du système. Le bouchon avant [Fig.3-9](#), situé du côté de la pointe conique, a pour fonction principale de maintenir en position les roulements et d'assurer leur immobilisation axiale. Sa conception doit garantir un appui précis sur les bagues externes des roulements, sans provoquer de contraintes excessives. Il est généralement réalisé en acier (type XC48) et comporte souvent un filetage permettant son montage et démontage. Une attention particulière est portée à la qualité de surface et à la précision dimensionnelle afin d'éviter tout désalignement.

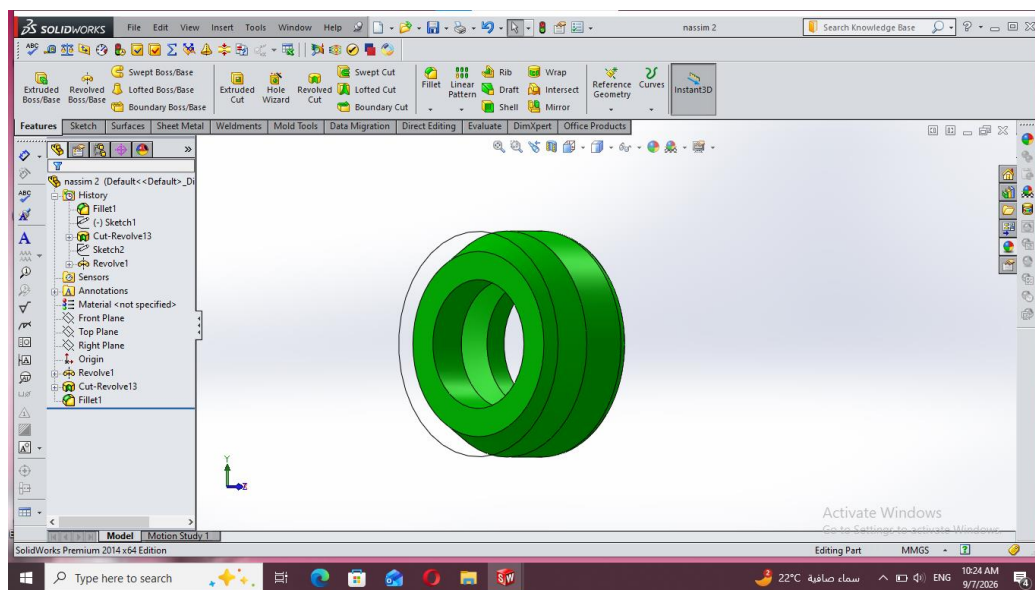


Fig.3-9 La conception des bouchons avant.

Le bouchon arrière [Fig.3-10](#), placé à l'extrémité opposée, assure la fermeture du corps et facilite les opérations de montage et de maintenance. Il peut également contribuer au maintien des éléments internes et à la retenue de la lubrification. Sa conception est généralement plus simple, mais doit respecter les mêmes exigences de résistance mécanique et de précision d'usinage.

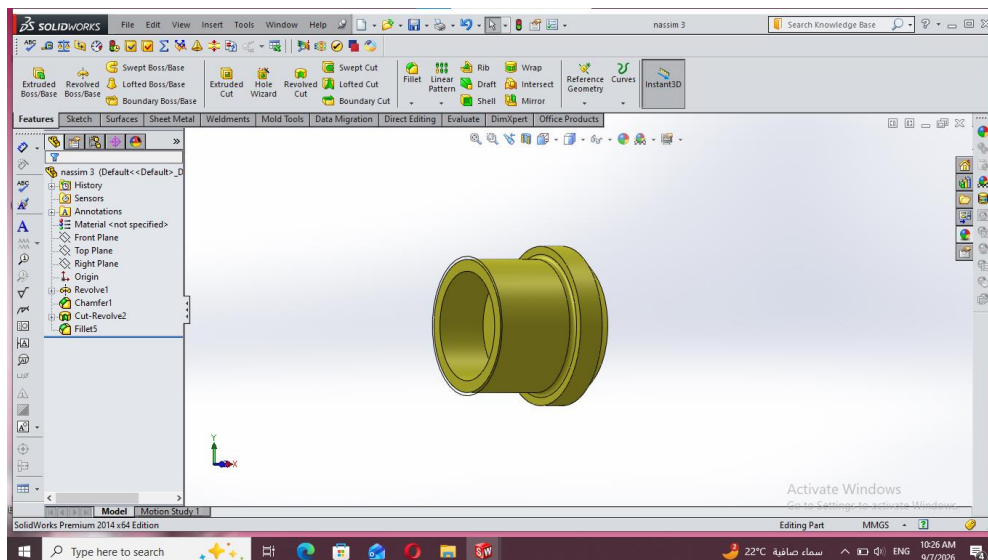


Fig.3-10 La conception des bouchons arrière.

3.4.4. La conception des roulements à billes et à aiguilles

Les roulements à billes et à aiguilles assurent la rotation et la stabilité de la pointe tournante. Le roulement à billes garantit une rotation précise avec faible frottement et supporte des charges radiales et axiales modérées. Il est monté avec des ajustements adaptés pour éviter le jeu et assurer la précision. Le roulement à aiguilles, quant à lui, est conçu pour supporter des charges radiales élevées avec un encombrement réduit, ce qui améliore la rigidité de l'ensemble. Ainsi, leur association permet d'obtenir un système performant combinant précision, résistance et durabilité, à condition de respecter la coaxialité, les ajustements et une bonne lubrification [21].

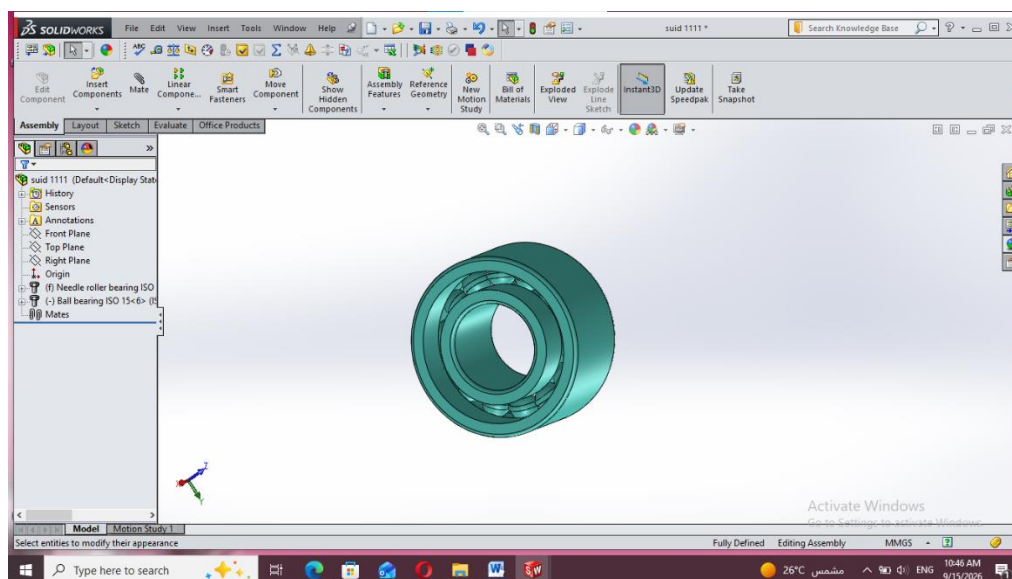


Fig.3-11 La conception des roulements à billes.

3.4.5. La conception de la rondelle d'étanchéité

La rondelle d'étanchéité Fig.3.12 assure la protection des roulements en empêchant l'entrée des impuretés (poussières, copeaux) et en maintenant la lubrification. Généralement réalisée en feutre ou matériau souple, elle exerce un léger serrage sur l'arbre pour garantir l'étanchéité sans provoquer d'usure. Ainsi, sa conception contribue à la fiabilité, la durabilité et le bon fonctionnement de la pointe tournante.

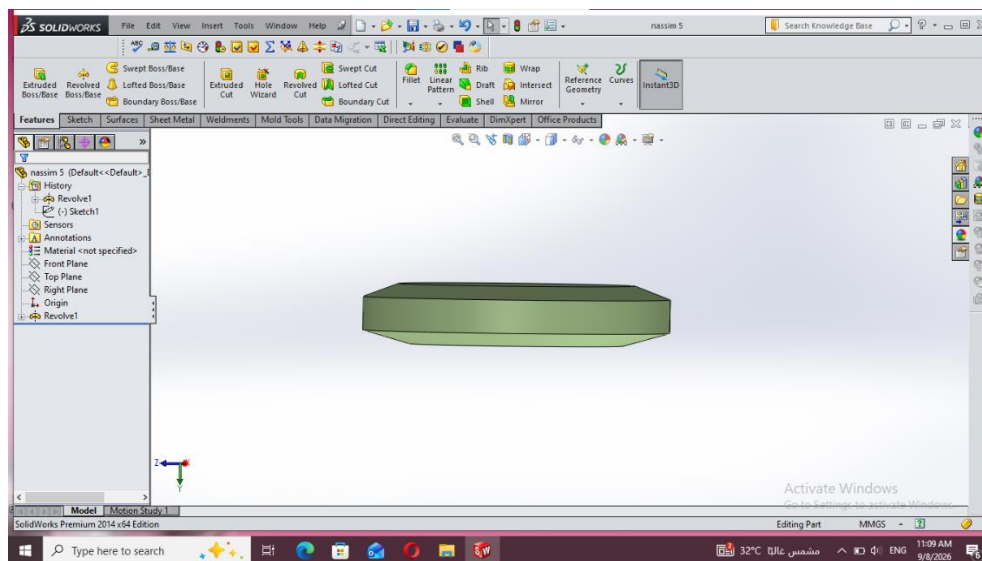


Fig.3-12 La conception de la rondelle d'étanchéité.

3.5. Mise en assemblage

L'assemblage de la pointe tournante Fig.3.13 est réalisé dans l'environnement Assembly de SOLIDWORKS, en insérant successivement le corps, l'arbre porte-pointe, les roulements, les circlips et les joints d'étanchéité. Les contraintes géométriques (mates) suivantes sont appliquées :

- Coïncidence d'axe (Concentric) entre l'arbre, l'alésage du corps et les alésages intérieurs des roulements;
- Coïncidence de face (Coincident) entre les épaulements de l'arbre et les faces latérales des bagues intérieures des roulements;
- Contrainte de distance ou de butée pour positionner les circlips dans leurs gorges respectives.

Une fois l'assemblage complet, SOLIDWORKS permet de vérifier l'absence d'interférences géométriques (Interference Detection) entre les pièces, ainsi que de simuler le degré de liberté en rotation de l'arbre par rapport au corps, conformément à la fonction attendue du mécanisme.

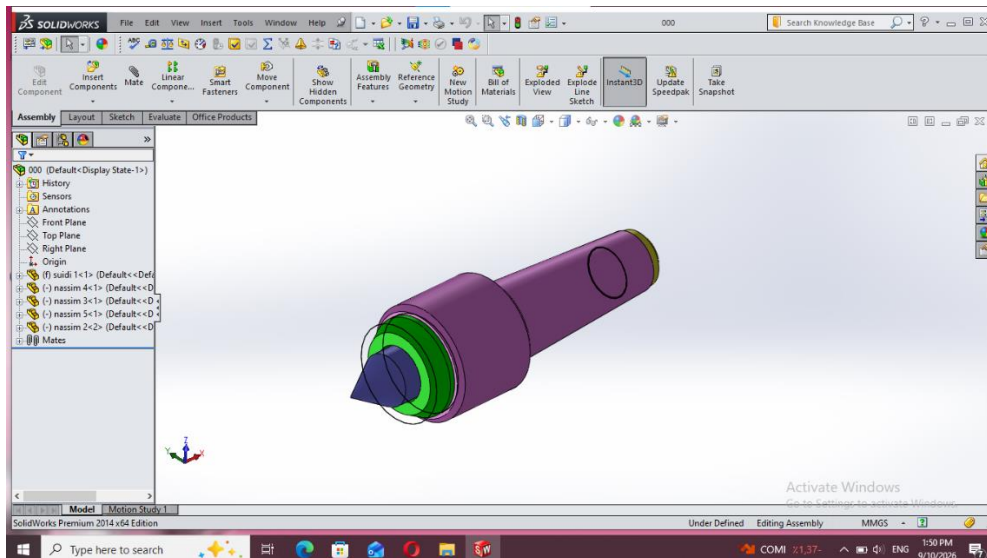
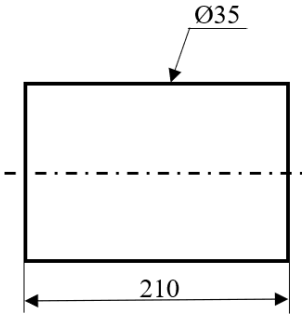
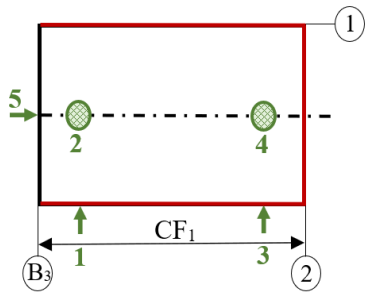
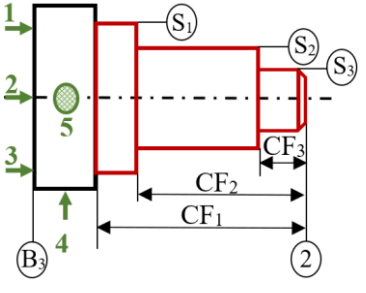


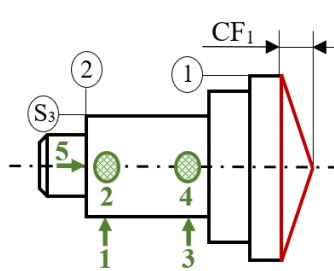
Fig.3-13 L'assemblage de la pointe tournante.

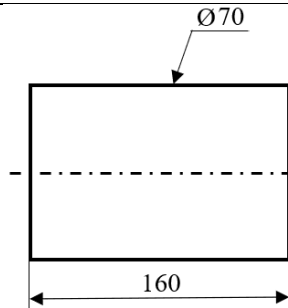
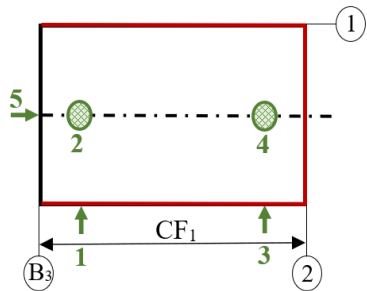
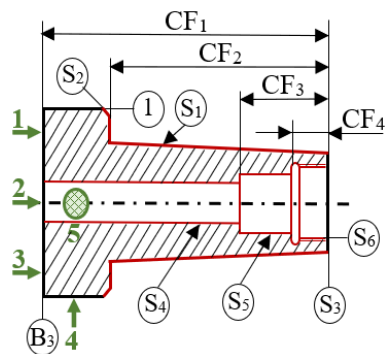
3.6. Élaboration de la gamme d'usinage

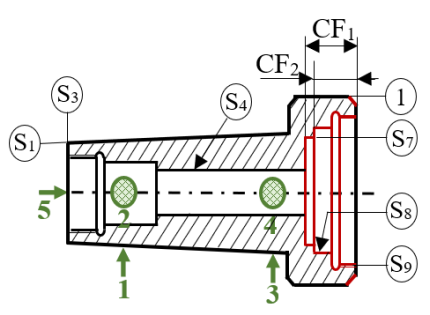
Après la conception et la modélisation de la pointe tournante sous SOLIDWORKS, l'étape suivante consiste à définir sa gamme d'usinage. Cette étape permet de traduire le modèle numérique et le dessin de définition en une succession organisée d'opérations permettant d'obtenir la pièce finale. La gamme d'usinage constitue ainsi un document technique essentiel pour déterminer les différentes phases de fabrication, les moyens d'usinage et les opérations de contrôle nécessaires à la réalisation de la pièce. L'élaboration de la gamme d'usinage de la pointe tournante est réalisée en tenant compte de sa géométrie, de sa matière et des exigences dimensionnelles et géométriques définies lors de la conception. Le choix de l'ordre des opérations est effectué de manière à assurer une bonne précision d'usinage et à limiter les erreurs liées aux changements de mise en position. Les surfaces de référence sont déterminées en fonction de leur importance fonctionnelle et servent ensuite à positionner correctement la pièce lors des différentes phases d'usinage.

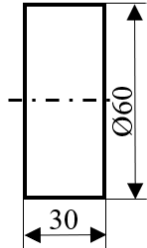
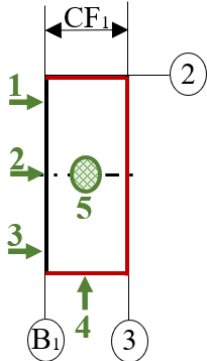
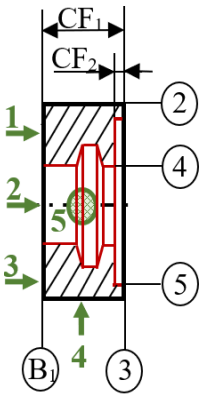
Les tableaux suivant représentent les Gammes d'usinage de principales pièces de notre pointe tournante.

GAMME D'USINAGE					
Ensemble: La pointe		Nombre: 01 Matière: 35NC6		N° :1	
N°	Désignation des phases s/phases et opérations	M.O	Appareils et outillages	Contrôle	Schémas
100	Contrôle du brut : Vérifier Si le brut est capable de donner les Valeurs : 210×Ø35			Pied à coulisse	
200	Tournage : Différentiel de mise en position définie par : -Centrage long (1,2,3,4) sur B ₁ -Butée 5 sur B ₃ 210 : Chariotage 1 en finition Ø30 220 : Dressage de 2 en finition CF ₁ =205 R _a =3.2	Tour Parallèle	Outil à charioter Outil à dresser	Pied à coulisse Micromètre	
300	Tournage : Différentiel de mise en position définie par : -Centrage courte (1,2,3) sur B ₃ -Butée (4,5) sur 1 310 : Chariotage S ₁ en finition Ø24 CF ₁ =130 R _a =3.2 320 : Chariotage S ₂ en finition Ø22 CF ₂ =100 R _a =3.2 330 : Chariotage S ₃ en finition Ø18 CF ₃ =20 R _a =3.2 340:Chanfreinage	Tour Parallèle	Outil à charioter Outil à	Pied à coulisse Micromètre	

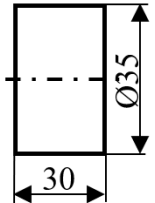
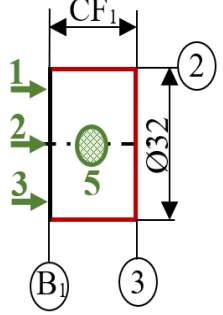
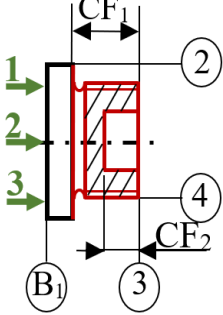
	S ₃ en finition 1×1×45°		chanfreiner		
400	<u>Tournage :</u> Différentiel de mise en position définie par : -Centrage long (1,2,3,4) sur S ₃ -Butée (5) sur 2 410 : Chariotage conique 1 en finition Ø30 CF ₁ =100×45° R _a =3.2	Tour Parallèle	Outil à charioter	Pied à coulisse Rapporteur	
500	<u>Contrôle finale :</u> Vérification des dimensions			Pied à coulisse	

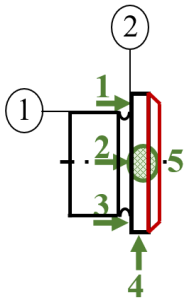
Ensemble: Monchon support		Nombre: 01			N° :2
		Matière: XC48			
N°	Désignation des phases s/phases et opérations	M.O	Appareils et outillages	Contrôle	Schémas
100	<u>Contrôle du brut :</u> Vérifier Si le brut est capable de donner les Valeurs : 160×Ø70			Pied à coulisse	
200	<u>Tournage :</u> Différentiel de mise en position définie par : -Centrage long (1,2,3,4) sur B ₁ -Butée 5 sur B ₃ 210 : Chariotage 1 en finition Ø66 220 : Dressage de 2 en finition CF ₁ =158 R _a =3.2	Tour Parallèle	Outil à charioter Outil à dresser	Pied à coulisse Micromètre	
300	<u>Tournage :</u> Différentiel de mise en position définie par : -Centrage courte (1,2,3) sur B ₃ -Butée (4,5) sur 1 310 : Chariotage conique S ₁ en finition CF ₂ =104 R _a =3.2 320 : Chanfreinage S ₂ en finition 3×3×45° 330 : Centrage S ₃ en finition 340 : Perçage S ₃ en finition Ø24 CF ₁ =158	Tour Parallèle	Outil à charioter Outil à chanfreiner Foret à centrer Foret	Pied à coulisse Alésomètre	

	350 : Alésage sur S_4 en finition $\varnothing 26$ $CF_3=41$ $R_a=3.2$ 360 : Alésage sur S_5 en finition $\varnothing 28$ $CF_4=19$ $R_a=3.2$ 370 : Réalisation de gorge intérieure sur S_6 en finition $\varnothing 30$ 380 : Filetage sur S_6 en finition M28		Alésoir Alésoir Outil de gorge Outil de filetage	Jauge de filetage	
400	<u>Tournage :</u> Différentiel de mise en position définie par : -Centrage long (1,2,3,4) sur S_1 -Butée (5) sur S_3 410 : Chanfreinage 1 en finition $3 \times 3 \times 45^\circ$ 420 : Alésage sur S_4 en finition $\varnothing 46$ $CF_1=42$ $R_a=3.2$ 430 : Alésage sur S_7 en finition $\varnothing 52$ $CF_4=40$ $R_a=3.2$ 440 : Alésage sur S_8 en finition $\varnothing 56$ $CF_3=12$ $R_a=3.2$ 450 : Réalisation de gorge intérieure sur S_9 en finition $\varnothing 58$ 460 : Filetage sur S_9 en finition M56	Tour Parallèle	Outil à chariot Alésoir Alésoir Alésoir Outil de gorge Outil de filetage	Pied à coulisse Alésomètre Jauge de filetage	
500	<u>Contrôle finale :</u> Vérification des dimensions			Pied à coulisse	

GAMME D'USINAGE					
Ensemble: Bouchon Avant		Nombre: 01 Matière: XC48		N° :3	
N°	Désignation des phases s/phases et opérations	M.O	Appareils et outillages	Contrôle	Schémas
100	Contrôle du brut : Vérifier Si le brut est capable de donner les Valeurs : 30×Ø60			Pied à coulisse	
200	Tournage : Différentiel de mise en position définie par : -Centrage courte (1,2,3) sur B ₁ -Butée (4,5) sur B ₂ 210 : Chariotage 2 en finition Ø30 220 : Dressage de 3 en finition CF ₁ =26 R _a =3.2	Tour Parallèle	Outil à charioter Outil à dresser	Pied à coulisse Micromètre	
300	Tournage : Différentiel de mise en position définie par : -Centrage courte (1,2,3) sur B ₁ -Butée (4,5) sur 2 310 : Centrage sur 3 en finition 320 : Perçage sur 3 en finition CF ₁ =26 330 : Alésage sur 3 en finition Ø30 CF ₁ =26 R _a =3.2 340 : Chambrage sur 4 en finition Ø46 350 : Alésage sur 4	Tour Parallèle	Foret à centrer Foret Alésoir Outil à chambrer Alésoir	Pied à coulisse Alésomètre Micromètre	

	en finition Ø46 CF ₁ =2 R _a =3.2				
400	<u>Tournage :</u> Différentiel de mise en position définie par : -Centrage courte (1,2,3) sur 3 -Butée (4,5) sur 2 410 : Chariotage conique sur 2 en finition CF₁=10×60° R_a=3.2	Tour Parallèle	Outil à charioter	Pied à coulisse Rapporteur	
500	<u>Tournage :</u> Différentiel de mise en position définie par : -Centrage courte (1,2,3) sur 1 -Butée (4,5) sur 6 510 : Filetage extérieure sur 2 en finition M56 CF₁=16	Tour Parallèle	Outil de filetage	Pied à coulisse Jauge de filetage	
600	<u>Contrôle finale :</u> Vérification des dimensions			Pied à coulisse	

GAMME D'USINAGE					
Ensemble: Bouchon Arrière		Nombre: 01		N° : 4	
		Matière: XC48			
N°	Désignation des phases s/phases et opérations	M.O	Appareils et outillages	Contrôle	Schémas
100	Contrôle du brut : Vérifier Si le brut est capable de donner les Valeurs : 30×Ø35			Pied à coulisse	
200	Tournage : Différentiel de mise en position définie par : -Centrage courte (1,2,3) sur B ₁ -Butée (4,5) sur B ₂ 210 : Chariotage 2 en finition Ø32 220 : Dressage de 3 en finition CF ₁ =25 R _a =3.2	Tour Parallèle	Outil à charioter Outil à dresser	Pied à coulisse Micromètre	
300	Tournage : Différentiel de mise en position définie par : -Centrage courte (1,2,3) sur B ₁ -Butée (4,5) sur 2 310 : Chariotage 2 en finition Ø28 CF ₁ =17 R _a =3.2 320 : Réalisation de gorge 4 en finition R2 330 : Filetage 4 en finition M28 340 : Centrage sur 3 en finition 350 : Perçage sur 3 en finition CF ₁ =10	Tour Parallèle	Outil à charioter Outil de gorge Outil de filetage Foret à centrer Foret	Pied à coulisse Alésomètre Jauge de filetage Micromètre	

400	<u>Tournage :</u> Différentiel de mise en position définie par : -Centrage courte (1,2,3) sur 1 -Butée (4,5) sur 2 410 : Chanfreinage sur 2 en finition $3 \times 3 \times 45^\circ$	Tour Parallèle	Outil à charioter	Pied à coulisse Rapporteur	 The diagram shows a mechanical assembly with five numbered components. Component 1 is a horizontal bar on the left. Component 2 is a vertical rod at the top. Component 3 is a small horizontal bar in the middle. Component 4 is a vertical rod at the bottom. Component 5 is a small horizontal bar on the right. Arrows indicate movement or force: a green arrow points right from component 1 to component 3; a green arrow points left from component 3 to component 2; a green arrow points right from component 3 to component 5; a green arrow points up from component 4 to component 5.
500	<u>Contrôle finale :</u> Vérification des dimensions			Pied à coulisse	

3.7. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté la démarche de conception de la pointe tournante de la poupée mobile d'un tour, depuis l'analyse de ses fonctions et de ses exigences jusqu'à la définition des différentes pièces qui la constituent. La décomposition fonctionnelle a permis d'identifier les principaux éléments du mécanisme, notamment la pointe conique, le manchon support, les bouchons, les roulements, l'arbre et les éléments d'étanchéité. La conception assistée par ordinateur a été réalisée à l'aide du logiciel SOLIDWORKS, en s'appuyant sur une modélisation paramétrique des différentes pièces, leur assemblage et la vérification de leur cohérence géométrique. Une attention particulière a été accordée à la coaxialité, aux portées de roulements, aux ajustements, à l'étanchéité ainsi qu'aux exigences de résistance et de précision nécessaires au bon fonctionnement de la pointe tournante.

Enfin, les gammes d'usinage des principales pièces ont été élaborées en définissant les différentes phases, opérations de tournage, perçage, alésage, réalisation des gorges, filetages et chanfreinages, ainsi que les moyens d'usinage et de contrôle associés. Cette démarche permet d'assurer une transition cohérente entre le modèle numérique conçu sous SOLIDWORKS et la réalisation physique des composants. Ainsi, ce chapitre constitue une étape essentielle du travail, car il permet de disposer d'une conception détaillée et d'une gamme d'usinage structurée de la pointe tournante.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Au terme de cette étude, il apparaît que la conception d'une pointe tournante de la poupée mobile constitue une étape fondamentale pour garantir la précision et la qualité des opérations d'usinage. L'analyse fonctionnelle réalisée a permis de définir les exigences essentielles du système, notamment en termes de coaxialité, d'ajustement des roulements, de rigidité et d'étanchéité, assurant ainsi un fonctionnement fiable et durable.

La modélisation sous SOLIDWORKS a permis de développer une représentation détaillée et cohérente de l'ensemble des composants, tout en facilitant la vérification des contraintes géométriques et fonctionnelles. L'utilisation de la modélisation paramétrique et de l'assemblage a contribué à optimiser la conception et à anticiper les éventuels défauts avant la phase de fabrication. Par ailleurs, l'élaboration de la gamme d'usinage a permis de structurer les différentes étapes de fabrication en tenant compte des exigences de précision et des moyens disponibles. Les opérations définies assurent une réalisation conforme aux spécifications, tout en garantissant la qualité finale du produit.

En conclusion, ce travail démontre l'importance d'une approche globale intégrant analyse, conception et fabrication. Il constitue une base solide pour des perspectives d'amélioration, notamment à travers l'optimisation des matériaux, l'intégration d'analyses par éléments finis ou encore l'étude du comportement dynamique de la pointe tournante en service.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Barlier. C, (2006), Industrialisation et Mécanique - Usinage des matériaux métalliques, Édition Casteilla, Pages 476, [ISBN :13978-2-7135-2703-6](#)
- [2] Barlier. C, (2010), Mémotech plus - Usinage des matériaux métalliques, Editeur Casteilla, Collection : Mémotech, Pages 576, [ISBN : 2713527031](#)
- [3] Cordebois. J. P, (2013), Fabrication par usinage, Dunod, Pages 476, [ISBN-13 : 978-2100055869](#)
- [4] Gara. S, (2014), Procédés d'usinage : tournage, fraisage, perçage, rectification, Ellipses, pages 240, [ISBN: 978-2-7298-8786-5](#)
- [5] Vergnas. J, (1982), Usinage : technologie et pratique, Dunod, Pages 305, [ISBN-13 : 978-2040111861](#)
- [6] Rimbaud. L, Layes. G, Moulin. J, (2006), Guide pratique de l'usinage (Fraisage & Tournage), Hachette Technique, Pages 240, [ISBN-13 : 978-2011802989](#)
- [7] Dietrich. R, Garsaud. D, Gentillon. S, (1981), Méthodes d'usinage : méthodologie, production et normalisation, Nathan-AFNOR, pages 181, [ISBN : 2-12-355341-7](#)
- [8] Cameron. R, (1996), Technologie et usinage à commande numérique, Éditions Saint-Martin, Pages 720, [ISBN: 978-2-89035-295-7](#)
- [9] Marty. C, Cassagnes. C, Marin. P, (1993), La pratique de la commande numérique des machines-outils, Tec et Doc Lavoisier, Pages 310, [ISBN : 2852069156](#)
- [10] Lecoœur. E, Pilard. J, (1980), Usinage sur machines-outils, Delagrave, Pages 144, [ISBN : 2111100033169](#)
- [11] Jacob. J, Malesson. Y, Ricque. D, (2006), Guide pratique de l'usinage - Volume 2 Tournage, Editeurs : Hachette Collection : Guide pratique, Pages 224, [ISBN: 2-01-1802997](#)
- [12] Trent, E. M., & Wright, P. K, (2004), Metal Cutting, 4th ed. Butterworth-Heinemann, Boston, MA, Institute of Social Sciences, vol. 36, no. 1, pp. 54-54, DOI: [10.2298/SOS0401054U](#)
- [13] Shaw, M. C, (2004), Metal Cutting Principles, Oxford Series on Advanced Manufacturing, New York. 672 Pages, [ISBN: 9780195142068](#)

- [14] Budynas, R. G., Nisbett, J. K., Tangchaichit, K, (2021), Shigley's Mechanical Engineering Design, 11th ed. McGraw-Hill Education, bound edition, 1095 pages, [ISBN: 978-0-07-339821-1](#)
- [15] Juvinall, R. C., & Marshek, K. M, (2017), Fundamentals of Machine Component Design, 6th ed. John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, 752 pages, [ISBN: 978-1-119-32153-8](#)
- [16] Machinability Data Center, (1980), Machining Data Handbook, 3rd ed., Volumes I & II. Metcut Research Associates, Cincinnati, USA, 1130 pages, [ISBN-13 : 978-0936974019](#)
- [17] Groover, M. P, (2019), Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems. Pearson, 816 pages, [ISBN: 978-1-119-47521-7](#)
- [18] DASSAULT SYSTÈMES, (2011), Série: Conception mécanique et Technologie Guide de l'étudiant du logiciel SolidWorks, 162 pages, [N°: PMS0119-FRA](#)
- [19] LENESLEY. F, LE FRAPPER. O, (2025), SOLIDWORKS 2025: Conception détaillée de pièces et d'assemblages 3D, 604 pages, [ISBN: 978-2-409-05142-5](#)
- [20] CHEVALIER. A, LECRINIER. J, (2004), Guide du dessinateur industriel, Éditions Hachette Technique, Paris, 338 pages, [ISBN:2.01.16.8831.0](#)
- [21] FANCHON. J. L, (1995), Guide de mécanique: sciences et technologies industrielles, Éditions Nathan, Paris, 480 pages, [ISBN: 13978-2091765709](#)
- [22] SKF GROUP, (2014), Catalogue général des roulements (Rolling Bearings Catalogue), SKF Group, Göteborg, Suède, 1380 pages, [PUB BU/P1 10000/2 FR](#)

RÉSUMÉ

Ce mémoire traite de la conception et de la réalisation d'une pointe tournante de la poupée mobile d'un tour. Cet élément assure le centrage et le maintien de la pièce tout en permettant sa rotation grâce à des roulements. Une analyse fonctionnelle a permis de définir les exigences principales telles que la coaxialité, la précision et la résistance mécanique. Les différents composants du système ont ainsi été identifiés et étudiés. La conception a été réalisée sous SOLIDWORKS en utilisant une modélisation paramétrique des pièces. Les éléments principaux, comme la pointe conique, l'arbre et le manchon support, ont été modélisés puis assemblés. Les contraintes géométriques et fonctionnelles ont été respectées pour garantir le bon fonctionnement du système. Une attention particulière a été accordée aux ajustements, aux roulements et à l'étanchéité. Une gamme d'usinage a ensuite été établie en définissant les opérations de fabrication et de contrôle. Ce travail montre l'importance de l'intégration entre conception et fabrication pour assurer la performance du système.

ABSTRACT

This thesis deals with the design and manufacturing of a live center for the tailstock of a lathe. This component ensures the centering and support of the workpiece while allowing its rotation through bearings. A functional analysis made it possible to define the main requirements such as coaxiality, precision, and mechanical strength. The different components of the system were thus identified and studied. The design was carried out using SOLIDWORKS with parametric modeling of the parts. The main elements, such as the conical tip, the shaft, and the support sleeve, were modeled and then assembled. Geometrical and functional constraints were respected to ensure the proper operation of the system. Particular attention was paid to fits, bearings, and sealing. A machining process plan was then

established by defining manufacturing and inspection operations. This work highlights the importance of integrating design and manufacturing to ensure system performance.

ملخص

يتناول هذا العمل تصميم وإنجاز مركز دوّار للغراب المتحرك في المخرطة. يضمن هذا العنصر تمركز القطعة وتثبيتها مع السماح بدورانها بفضل المحامل. وقد سمح التحليل الوظيفي بتحديد المتطلبات الأساسية مثل التمرکز المحوري، الدقة، والمتانة الميكانيكية. كما تم تحديد ودراسة مختلف مكونات بالاعتماد على النمذجة البارامترية SOLIDWORKS النظام. تم إنجاز التصميم باستخدام برنامج للأجزاء. حيث تم نمذجة العناصر الرئيسية مثل الطرف المخروطي، العمود، وغلاف الدعم، ثم تجميعها. وقد تم احترام القيود الهندسية والوظيفية لضمان حسن عمل النظام. كما تم إيلاء اهتمام خاص للتلاؤمات، والمحامل، والإحكام. بعد ذلك، تم إعداد مخطط لعمليات التصنيع من خلال تحديد مراحل الإنتاج والمراقبة. يبرز هذا العمل أهمية التكامل بين التصميم والتصنيع لضمان أداء النظام.

Mot Clés

Gamme d'usage

Assemblage

Conception SolidWorks

Pression de contact

Moment fléchissant

Usage

Efforts de coupe

Contraintes mécanique

Tour Conventionnel

Tournage

Keywords

Maching Sequence

Assembly

SolidWorks design

Contact pressure

Bending moment

Machining

Cutting forces

Stress analysis

Lathe machine

Turning

الكلمات المفتاحية

تسلسل التشغيل

التجميع

التصميم باستخدام برنامج سوليدوركرس

ضغط التلامس

عزم الانحناء

التشغيل الآلي

قوى القطع

تحليل الإجهادات

آلة الخراطة / المخرطة

الخراطة

