



**UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA 1 FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE MECANIQUE**

Laboratoire de Construction Mécanique

Projet de Fin d'Etudes
Pour l'obtention du Diplôme de Master en
Génie Mécanique

Titre

USINAGE TRADITIONNEL

Proposé et encadré par :
Dr. TEMMAR Mustapha

Réalisé par :
BOUTABOUT Riad
GUEMRI Sofiane
BACHOUCHE Rabah

Remerciements

Nous tenons à exprimer tout d'abord nos profonds remerciements à « Allah » le tout puissant de nous avoir accordé le courage et la patience afin d'accomplir ce travail à terme.

Arrivé au terme de notre travail, nous tenons à exprimer vivement notre profonde gratitude à notre promoteur

Dr.TEMMAR MUSTAPHA pour son aide, sa gentillesse, sa disponibilité, et son suivie qui n'a pas cessé de nous encourager jusqu'à l'achèvement de ce projet.

Nous tenons à remercier également l'ensemble des membres de jury qui ont fait l'honneur de juger ce mémoire.

Nous adressons nos sincères salutations et nos vifs remerciements à tous ceux qui nous ont encouragé soutenu et aidé de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire afin qu'il soit présentable.

Enfin, nos chaleureux remerciements et grâces aux enseignants du département de Génie Mécanique qui nous ont accompagné et contribué à notre formation.

Université Blida 1

Dédicace

Je dédie ce mémoire

*Ames très chers, **ma mère et mon père** « alah yerahmo » qui ont illuminé le chemin de ma vie par leur chaleur et leurs amour et qui n'ont jamais cessé de m'encourager durant toutes mes années d'études. Que **dieu** les gardes et les rend heureux comme ils m'ont rendu heureux.*

Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que vous méritez pour tous les sacrifices que vous n'avez cessé de me donner depuis ma naissance, durant mon enfance et même à l'âge adulte.

A ma chère sœur fatma

Je le dédie aussi à tous mes amis qui ont toujours été là pour moi et sur lesquels j'ai toujours pu compter.

*A ma très chère promoteur **Dr. TEMMAR MUSTAPHA** ,*

je vous remercie infiniment

Boutabout riad

Dédicace

Je dédie ce mémoire

*À mes très chers, **ma mère et mon père** qui ont illuminé le chemin de ma vie par leur chaleur et leurs amour et qui n'ont jamais cessé de m'encourager durant toutes mes années d'études. Que **dieu** les gardes et les rend heureux comme ils m'ont rendu heureux.*

Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que vous méritez pour tous les sacrifices que vous n'avez cessé de me donner depuis ma naissance, durant mon enfance et même à l'âge adulte.

À ma chère sœur et mon frère

Je le dédie aussi à tous mes amis qui ont toujours été là pour moi et sur lesquels j'ai toujours pu compter.

*À ma très chère promoteur **Dr. TEMMAR MUSTAPHA***

je vous remercie infiniment

GUEMRI Sofiane

Dédicace

Je dédie ce mémoire

A *Ceux qui sont les plus chers au monde, mes parents. Aucune dédicace ne pourrait être à la hauteur de l'amour dont ils me comblent et ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices qu'ils ont consenti pour mon éducation, instruction et mon bien être.*

Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance, qu' « Allah » vous garde.

A mes chers frères

A toute la famille bachouche

Je le dédie aussi à tous mes amis qui ont toujours été là pour moi et sur lesquels j'ai toujours pu compter.

A ma très chère promoteur Dr. TEMMAR MUSTAPHA ,

je vous remercie infiniment

BACHOUCHE Rabah

Liste des équations

Équation 1 : la fréquence de rotation	53
Équation 2: la vitesse d'avance	53

Listes des figures

Figure 1 : Le travail d'enveloppe	3
Figure 2 : Le travail de forme	3
Figure 3 : Le chariotage cylindrique et conique	6
Figure 4 : Dressage extérieur et intérieur	7
Figure 5 : Le perçage	7
Figure 6 : <i>L'alésage cylindrique et conique</i>	8
Figure 7: <i>Le rainurage intérieur et extérieur</i>	8
Figure 8 : Le chanfreinage intérieur et extérieur	9
Figure 9: Le tronçonnage	9
Figure 10 : Le filetage intérieur et extérieur	10
Figure 11 : Mouvements pièce/outil.....	10
Figure 12 : Les outils à charioter. Epaulement conique et épaulement droit	11
Figure 13: Le dressage extérieur cylindrique et conique	11
Figure 14: Le dressage intérieur.....	12
Figure 15 : Alésage cylindrique et alésage conique	12
Figure 16: Alésage cylindrique et alésage conique	Erreur ! Signet non défini.
Figure 17: Différents outils à charioter et dresser	13
Figure 18: Divers outils à aléser et dresser	14
Figure 19: Les outils à rainurer.....	14
Figure 20: Outil à tronçonner.....	15
Figure 21: Outils à fileter.....	15
Figure 22: Fraisage en roulant : travail en opposition	16
Figure 23: Fraisage en roulant : en avalant ou en concordance	17
Figure 24: Les principaux paramètres géométriques du copeau pour le fraisage en roulant. Copeau mini.....	18
Figure 25: Le fraisage en bout.....	18
Figure 26: La forme du copeau enlevé par une dent pour le fraisage en bout	19
Figure 27: Le fraisage en bout : travail en avalant.....	19
Figure 28: Le fraisage en bout : travail en opposition.....	20
Figure 29: Le surfaçage.....	20
Figure 30: Réalisation d'un épaulement	20
Figure 31: Fraisage des surfaces planes adjacentes.....	21
Figure 32: Le fraisage de profil : ligne droites (gauche) et lignes courbes (droite).....	21
Figure 33: Le fraisage des profils particuliers.....	22
Figure 34 : Rainurage droit et de forme.....	22
Figure 35: Le fraisage des poches	22
Figure 36: Le fraisage de surfaçage.....	24
Figure 37: <i>Fraisage d'épaulements avec fraise 2T en ARS (gauche) et carbures (droite)</i>	25
Figure 38: <i>Le travail de forme</i>	25
Figure 39: <i>Fraisage d'une rainure à l'aide d'une fraise 2T</i>	26
Figure 40: Fraisage d'une rainure avec une fraise 2 tailles	26
Figure 41: Fraisage d'une rainure en T.....	27
Figure 42: Fraisage d'une rainure en queue d'aronde	27
Figure 43: Fraisage d'une rainure pour clavette disque.....	27
Figure 44 : Fraisage d'une rainure pour clavette parallèle sur un arbre.....	28
Figure 45: Fraisage d'une rainure pour clavette parallèle sur une pièce plane.....	28

Figure 46: Fraisage combiné surfaçage - dressage : surfaçage dominant	29
Figure 47: Fraisage combiné surfaçage - dressage : dressage dominant.....	29
Figure 48: <i>Fraisage à l'aide de fraises concaves et convexes</i>	30
Figure 49: Fraises profilées	30
Figure 50: <i>Le foret hélicoïdal</i>	31
Figure 51: <i>Le foret à centrer type A</i>	33
Figure 52: Le foret à centrer type B	33
Figure 53: Le foret à centrer type R	33
Figure 54: Le foret à pointer	34
Figure 55: <i>Réalisation d'un perçage étagé</i>	34
Figure 56: <i>Filetage à l'outil sur tour</i>	36
Figure 57: Le filetage par laminage	37
Figure 58: Taraudage débouchant	38
Figure 59: Taraudage borgne	38
Figure 60: Divers choix constructifs des tarauds.....	39
Figure 61: Les principales arêtes et surfaces d'un outil de tournage	41
Figure 62: Référentiel "en main" de l'outil à tranchant unique : les principaux plans	42
Figure 63: Plan de référence Pr, plan de travail conventionnel Pf, plan de l'arête de l'outil Ps.....	43
Figure 64 : les aciers rapides	46
Figure 65: Outil à plaquette en carbure métallique.....	46
Figure 66: Différentes géométries des plaquettes en carbure métallique	47
Figure 67: Plaquettes réversibles et irréversibles en carbure métallique	48
Figure 68: céramique	49
Figure 69: Diamants industriels.....	49
Figure 70: choix des matériaux	50
Figure 71 : fluide de coupe.....	59
Figure 72: Dessin définition.....	61
Figure 73: dessin technique d'un réducteur a deux étage	Erreur ! Signet non défini.
Figure 74 :arbre.....	Erreur ! Signet non défini.
Figure 75: dessin définition.....	66
Figure 76: game d'usinage 1	Erreur ! Signet non défini.
Figure 77: game d'usinage2.....	66
Figure 78: Matériau brut C45	66
Figure 79 : Fixe dans mandrin 3 mors	66
Figure 80: opération de chariotage	67
Figure 81:operation dressage	68
Figure 82:operation de chanfrein	69
Figure 83:operation de rainurage	69
Figure 84: operation filetage	70
Figure 85: operation de rainurage	71
Figure 86: Pièce fini	72

Liste des tableaux

Tableau 1 : Les conditions de coupe pour les opérations de tournage	54
Tableau 2 : Les conditions de coupe pour les opérations de fraisage en roulant	55
Tableau 3 : Les conditions de coupe pour les opérations de fraisage en bout	55
Tableau 4 : Les conditions de coupe pour les opérations de perçage et Alésage	56
Tableau 5: composition chimique	59
Tableau 6: propriété mécaniques	59

Liste des Symboles

Symbole	Définition
M_c	un mouvement de coupe rapide
M_f	un mouvement d'avance
M_p	le mouvement de position
$R_{o/p}$	la projection de l'effort de l'outil sur la pièce
K_r	l'angle de direction d'arrêt
d	Décalage
e	
f	Avance (par tour/par dent) [mm/mn]
P_r	Le plan de référence
P_f	Le plan de travail conventionnel
P_s	Le plan d'arête de l'outil
P_n	Le plan normal
λ_s	L'angle d'inclinaison d'arête
ε_r	L'angle de pointe
α	L'angle de dépouille
	L'angle de taillant
β	
γ	L'angle de coupe
P_n	le plan normal
r_ε	le rayon de bec
r_ε	le rayon de bec
ε_r	l'angle de pointe
V_c	la vitesse de coupe
V_f	la vitesse d'avance
a_p	la profondeur de passe
V_c [m/min]	La vitesse de coupe
N	La fréquence de rotation
D	le diamètre de la pièce à usiner le diamètre de la fraise/du foret (en fraisage/perçage).
(f_z)	Avance
Z	le nombre de dents de la fraise

Sommaire

Chapitre I : Généralité sur L'usinage	2
I.1. L'usinage en construction mécanique.....	2
I.2. Génération des surfaces.....	2
I.2.1 Le travail d'enveloppe	3
I.2.2 Le travail de forme	3
I.3 Conditions d'usinage	4
I.4 Les principales techniques d'usinage	4
I.4.1 Le tournage	4
I.4.2 Fraisage	15
I.4.2.1 Le fraisage en roulant (fraisage de profil)	15
Remarque:	21
I.4.3 Le perçage	31
Remarque:	32
I.4.4 Le filetage	35
I.4.5 Le taraudage	37
Chapitre II : Lusinage traditionnelle	40
II.1. Les outils de coupe par enlèvement de matière.....	40
II.2. La géométrie de la partie active.....	41
II.3. Les principaux plans des outils de coupe	42
II.4. Les principaux angles et leur influence sur la coupe.....	43
II.5. Les matériaux à outils.....	44
II.5.1 Les aciers rapides	45
II.5.1.1 Aciers rapides au cobalt : HS 18-1-1-5	45
II.5.1.2 Aciers rapides au molybdène : HS 2-9-1-8 , HS 6-5-2-5.....	45
II.5.2 Carbures métalliques :	46
II.5.3 Céramiques :	48
II.5.4 Diamants industriels.....	49
II.6 Choix du matériau de l'outil de coupe	50
II.7 Les critères de choix:	50
II.8 Le type et la puissance de la machine.....	51
II.9 La matière de la pièce	51
II.10 La matière de l'outil.....	52
II.11 Le type d'opération et la forme de l'outil	52
II.12 Les paramètres de coupe	52

II.12.1	La vitesse de coupe	52
II.12.2	La fréquence de rotation N	52
II.12.3	L'avance f ou fz	53
II.13	Les tableaux des conditions de coupe	54
II.14	L'arrosage et la lubrification dans l'usinage	57
II.14.1	Les fonctions du fluide de coupe.....	57
II.14.2	La pénétration des fluides coupe	57
	Attention:	58
II.14.3	Le mode d'action des fluides de coupe	58
	Attention:	58
Chapitre III	: partie expérimentale	58
III.1.1	Presentation du sujet	Erreur ! Signet non défini.
III.1.2	Description	Erreur ! Signet non défini.
III.1.3	Le rôle de cet arbre	Erreur ! Signet non défini.
III.2	Matériaux utilisée:	58
III.2.1	Analyse chimique moyenne :	59
III.2.2	Propriétés physique et mécanique :	59
III.2.3	L'avantage :	60
III.2.3	Logiciel a utilisé	60
III.3	Description de l'arbre :	61
III.3.1	Dessin définition.....	62
III.3.2	Gamme de usinage.....	62
III.3.3.	Paramètre de coupe	65
Conclusion	Erreur ! Signet non défini.
Référence bibliographique	74

Introduction

Générale

Introduction générale

Introduction Générale

La préparation du mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de Master académique en construction mécanique est une phase importante de la vie de l'étudiant. Le caractère expérimental de ces études implique automatiquement une implication directe des entreprises industrielles pour répondre à un besoin important en personnels techniques pour résoudre des problèmes d'ingénierie spécifique à l'entreprise.

L'usinage par enlèvement de matière permet d'élaborer des pièces mécaniques finies.

L'outil de coupe enlève de la surépaisseur pour générer une nouvelle surface. Cette coupe est influencée principalement par les propriétés du matériau de la pièce à usiner, la géométrie de l'outil de coupe, les conditions de coupe, les conditions de lubrification

Notre travail, effets des paramètres de coupe sur l'état de surface, va nous permettre de voir tous les opérations d'usinage et les paramètres de coupe utilisés.

Notre travail se divise en trois chapitres :

Dans le chapitre I, une recherche bibliographique introduira les notions nécessaires sur l'usinage et sur le procédé de (tournage. Frasage)

Le chapitre II sera consacré sur les généralités des paramètres de coupe

Dans le chapitre III,

En ' a proposé un « ARBRE INTERMEDIAIRE » d'un réducteur à deux étages et étudié les paramètre de coupe qui permis réaliser cette pièce lors de l'usinage par l'acier

XC48

La dernière partie sera consacrée à la conclusion Générale.

Chapitre I :
Généralité sur
L'usinage

Chapitre I : Généralité sur L'usinage

I.1. L'usinage en construction mécanique

En construction mécanique toute opération de mise en forme par enlèvement de matière et qui est destinée à conférer à une pièce des **dimensions** et un **état de surface** situés dans une fourchette de tolérance donnée s'appelle **usinage**

L'usinage concerne principalement les matériaux métalliques : la grande majorité des objets métalliques couramment réalisées en construction mécanique ont subi une (voir plusieurs) opérations de transformation, qui s'insèrent dans une succession des opérations de transformation à deux niveaux principalement :

- opérations de découpe d'une ébauche destinée aux opérations telles que le laminage, le forgeage, le filage, l'emboutissage ;
- opérations de mise à la cote des pièces qui au préalable ont été moulées, frittées, filées, embouties, forgées ou assemblées par soudage. Elles peuvent alors précéder ou suivre des traitements thermiques de surface.

La mise en forme par usinage concerne aussi les différentes autres classes de matériaux (céramiques, polymères, bois, composites, verres) mais selon des modalités spécifiques, fonction elle-même du procédé et du matériau utilisé [1].

I.2. Génération des surfaces

Dans l'usinage par outil coupant celui-ci est animé d'un mouvement adapté à la forme recherchée. La génération concerne l'ensemble des données géométriques permettant d'obtenir une surface usinée. Tout usinage est caractérisé par :

- un mouvement relatif entre la pièce et l'outil, résultant de la composition de deux mouvements principaux, communiqués à la pièce ou à l'outil. Il s'agit d'un mouvement de coupe rapide (noté M_c) et d'un mouvement d'avance lent (noté M_f). Ces mouvements qui peuvent être des translations, des rotations indépendantes ou conjuguées (mouvement hélicoïdal)
- la forme de la partie active de l'outil (point, ligne droite ou courbe) ;
- les conditions de coupe permettant d'optimiser la productivité de l'ensemble machine/outil/pièce [1].

La génération des surfaces peut être faite selon deux modalités distinctes (parfois de façon mixte) :

I.2.1 Le travail d'enveloppe

Ce travail est obtenu par la combinaison de deux mouvements (couple génératrice-directrice) du point générateur de l'outil, ce qui correspond à une génération ponctuelle. Le profil de la surface est donné par l'enveloppe des positions successives de l'outil [1].

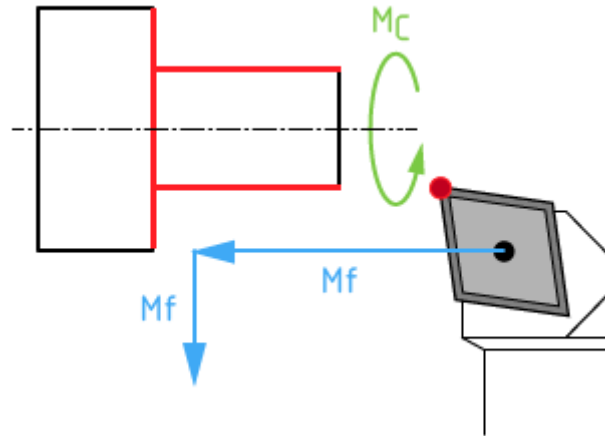


Figure 1 : Le travail d'enveloppe

I.2.2 Le travail de forme

Ce travail est donné par une génératrice (ligne) qui se déplace suivant une directrice, ce qui correspond à une génératrice linéaire. Le profil de la surface est donné par le tracé de l'arête tranchante. Sur les figures ci-dessous sont illustrées quelques opérations d'usinage (usinage des gorges et fraisage de profil) permettant d'effectuer un travail de forme [1].

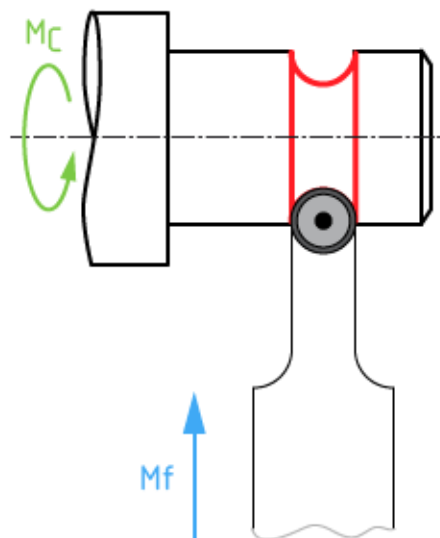


Figure 2 : Le travail de forme

I.3 Conditions d'usinage

Avant de réaliser une opération de usinage il est nécessaire de bien choisir les conditions de coupe pour obtenir un bon résultat (précision, état de surface ...) Il y a plusieurs critères qui permettent de définir les conditions de coupe notamment :

- Le type de la machine (manuel. automatique .semi-automatique)
- La puissance de la machine
- La matière de l'outil
- La matière usinée
- Le type de l'opération
- L'utilisation éventuelle de lubrification (destiné à refroidir ou/et à diminuer le frottement) [2].

I.4 Les principales techniques d'usinage

L'usinage par enlèvement de copeaux se fait par opérations ou groupes d'opérations.

Les principales techniques d'usinage traditionnel sont respectivement :

I.4.1 Le tournage

Le **tournage** est un procédé d'usinage par enlèvement de copeaux qui consiste à l'obtention de pièces de forme cylindrique ou/et conique à l'aide d'outils coupants sur des machines appelées tours.

En tournage le mouvement de coupe est obtenu par rotation de la pièce à usiner est fixée dans les mors d'un mandrin, tandis que le mouvement d'avance est obtenu par le déplacement de l'outil coupant.

La combinaison de ces deux mouvements permet l'enlèvement de matière sous forme de copeaux.

On distingue deux classes distinctes d'opérations de tournage :

- les opérations de tournage extérieur,
- les opérations de tournage intérieur.

La profondeur de passe on distingue :

L'ébauche permet d'enlever un maximum de matière en un minimum de temps.

Un outil d'ébauche doit supporter des efforts de coupe importants.

La **finition** est le dernier usinage d'une surface, elle permet d'obtenir une très bonne qualité (rugosité) sur les surfaces usinées [3].

I.4.1.1 Classification des machines de tour

Les machines-outils les plus courantes utilisées pour le tournage sont:

- Les tours parallèles à charioter et à fileter

Ces machines sont utilisées pour les travaux unitaires ou de petites et moyennes séries sur des pièces très simples. Ces tours sont peu flexibles. Seules les surfaces dont les génératrices sont parallèles ou perpendiculaires à l'axe de la broche sont réalisables en travail d'enveloppe.

- Les tours à copier

Ils permettent l'usinage de pièces par reproduction, à partir d'un gabarit, grâce à un système de copiage hydraulique qui pilote le déplacement du chariot transversal. C'est une machine assez flexible qui peut convenir pour des travaux de petites à grandes séries. La génératrice des surfaces de révolution peut être quelconque.

- Les tours semi-automatiques

Ce sont des tours équipés d'un traînard semblable à celui d'un tour parallèle avec une tourelle hexagonale indexable munie de 6 postes d'outils animée d'un mouvement longitudinal contrôlé par des butées. Les outillages spécialement conçus pour la machine permettent des opérations simples et précises. La commande de ces tours peut être manuelle ou en partie. Automatique. La flexibilité de ces machines est très limitée. On les utilisera pour des travaux de moyenne série.

- Les tours automatiques

Plusieurs outils sont montés tangentiellement à la pièce. Les mouvements sont obtenus par des cames qui donnent la vitesse d'avance et la course de chaque outil. Une came est spécifique à une opération et à une pièce. Ces tours sont entièrement automatiques. Ces machines n'ont aucune flexibilité. Elles conviennent pour les très grandes séries.

- Les tours automatiques multibroches

Ce type de tour comportera par exemple huit broches. Huit outils soit un par broche travaillent en même temps et effectuent une opération différente. Ce sont les broches qui tournent d'un huitième de tour pour présenter la pièce devant l'outil suivant. Lorsque les broches ont effectuées un tour complet la pièce est terminée. Il est possible de travailler dans

la barre. Sur ce type de tour les réglages sont longs et le temps de passage d'une série à l'autre immobilise la machine. Ce tour sera réservé pour les grandes et très grandes séries à des pièces de dimensions réduites à cause de l'espacement entre les broches.

➤ Les tours à commande numérique

Comme en copiage la génératrice de la pièce peut être quelconque mais ici la trajectoire de l'outil est obtenue par le déplacement simultané de deux axes dont les positions successives sont données par un calculateur travaillant à partir d'un programme propre à la pièce. Ces tours sont équipés d'un magasin d'outils et éventuellement d'un système de chargement des pièces. La flexibilité de ces machines est très grande et particulièrement bien adapté pour le travail unitaire ou les petites séries répétitives. [1]

I.4.1.2 Les définitions des principales opérations de tournage

I.4.1.2.1 Chariotage

Le **chariotage** est l'opération qui consiste à usiner une surface cylindrique ou conique extérieure [3].

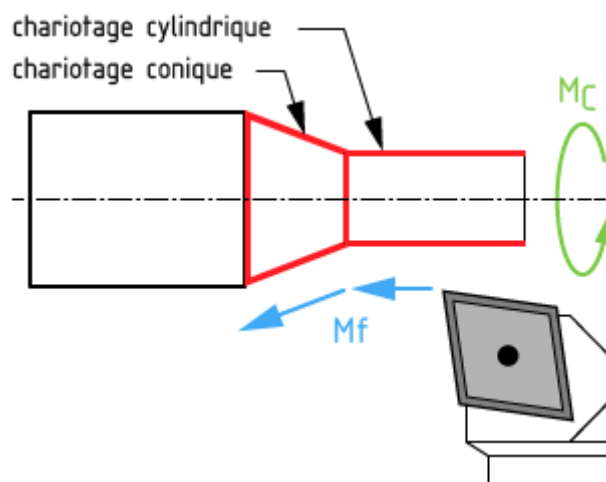


Figure 3 : Le chariotage cylindrique et conique

I.4.1.2.2 Dressage

Le **dressage** est l'opération qui consiste à usiner une surface plane (extérieure ou intérieure) perpendiculaire à l'axe de la broche [4].

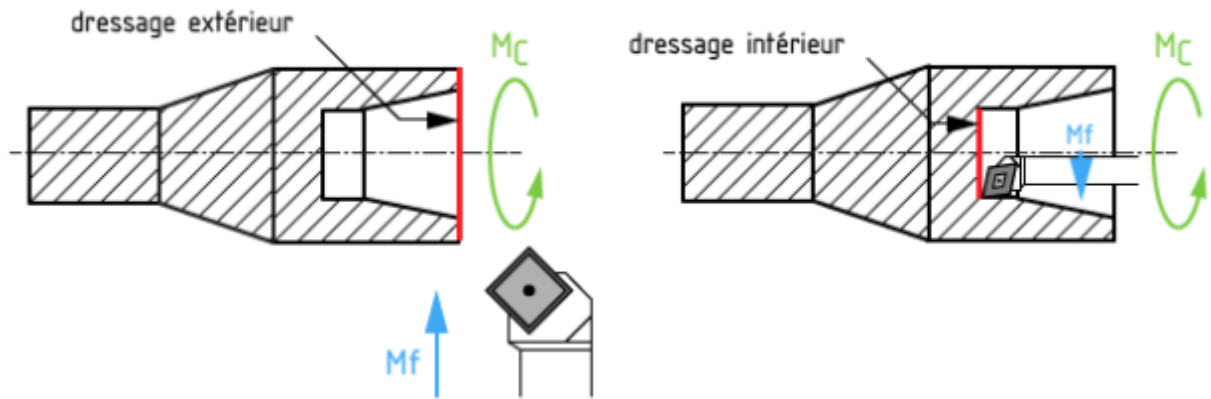


Figure 4 : Dressage extérieur et intérieur

I.4.1.2.3 Perçage

Le **perçage** est l'opération qui consiste à usiner un trou dans la pièce (débouchant ou borgne) à l'aide d'un forêt. Souvent, l'axe du trou est confondu avec celui de la pièce[4]

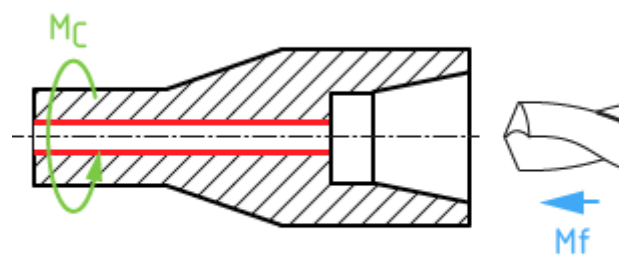


Figure 5 : Le perçage

I.4.1.2.4 Alésage

L'**alésage** est l'opération qui consiste à usiner une surface cylindrique ou conique de qualité à l'intérieur d'une pièce. [4]

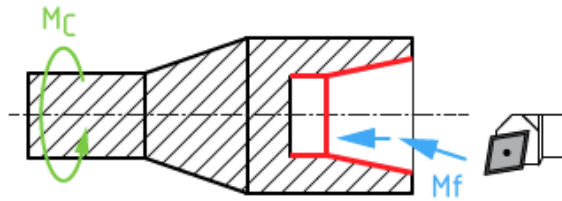


Figure 6 : *L'alésage cylindrique et conique*

I.4.1.2.5 Rainurage

Le **rainurage** est l'opération qui consiste à usiner une rainure (association de 3 plans) intérieure ou extérieure. Celle-ci peut servir par exemple pour le logement d'un circlips ou d'un joint torique. [4]

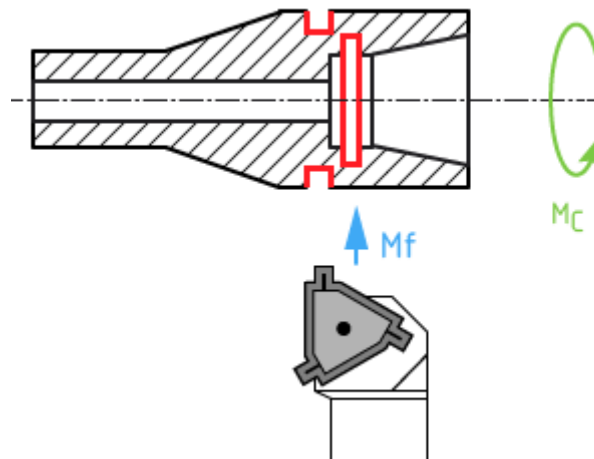


Figure 7: *Le rainurage intérieur et extérieur*

I.4.1.2.6 chanfreinage

Le **chanfreinage** est l'opération qui consiste à usiner un cône de petite dimension, de façon à supprimer un angle vif. [4]

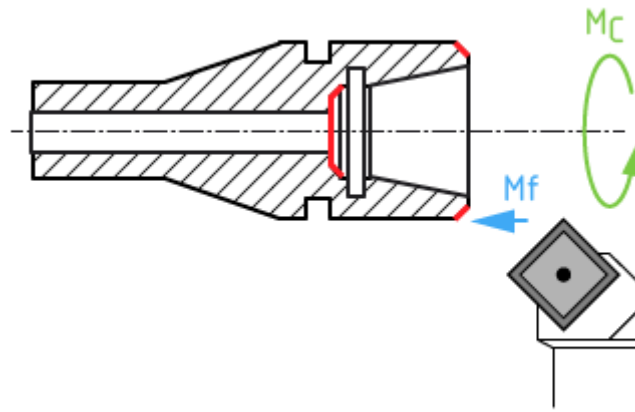


Figure 8 : Le chanfreinage intérieur et extérieur

I.4.1.2.7 Tronçonnage

Le **tronçonnage** est l'opération qui consiste à usiner une rainure jusqu'à l'axe de la pièce afin de détacher un tronçon. [4]

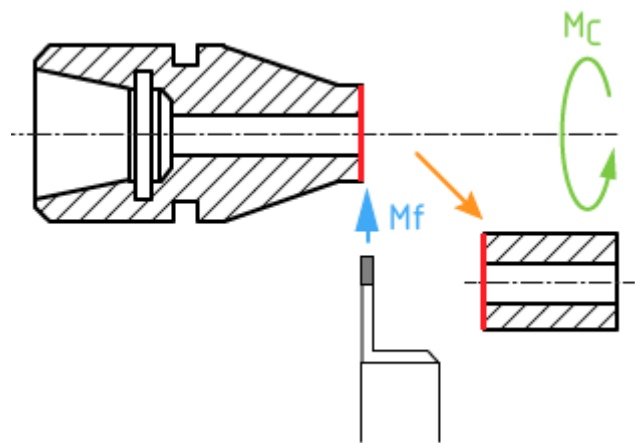


Figure 9: Le tronçonnage

I.4.1.2.8 Filetage

Le **filetage** est l'usinage consistant à réaliser un filetage extérieur ou intérieur.

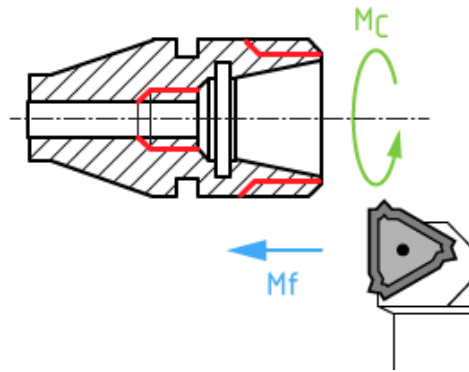


Figure 10 : Le filetage intérieur et extérieur

I.4.1.2.9 Épaulement

L'épaulement est l'association d'un chariotage et d'un dressage.

II.4.1.2.9 Profilage

Le profilage est la réalisation de surfaces quelconques par l'association de surfaces cylindriques, planes, coniques, sphériques, etc.. [4]

I.4.1.3 Les outils de tournage: désignation, mode d'action et cycle de travail

Les mouvements relatifs outil-pièce en tournage sont :

- le mouvement de coupe M_c ,
- le mouvement d'avance M_f ,
- le mouvement de position M_p [3] .

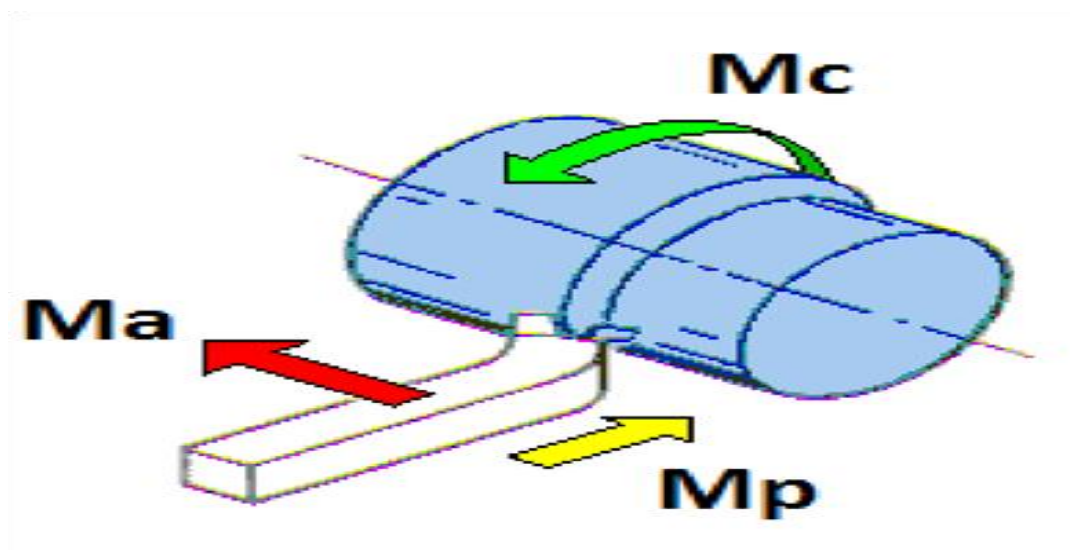


Figure 11 : Mouvements pièce/outil

Pour la réalisation des diverses opérations de tournage, on dispose des outils suivants :

I.4.1.3.1 Les outils à charioter

Ces outils se caractérisent par une seule direction de travail possible pour la réalisation de cylindres ou de cônes extérieurs. Si la pièce comporte un épaulement, on obtient une surface en travail d'enveloppe et une surface en travail de forme.

Sur la figure ci-dessous sont illustrés quelques exemples d'outils à charioter. [4]

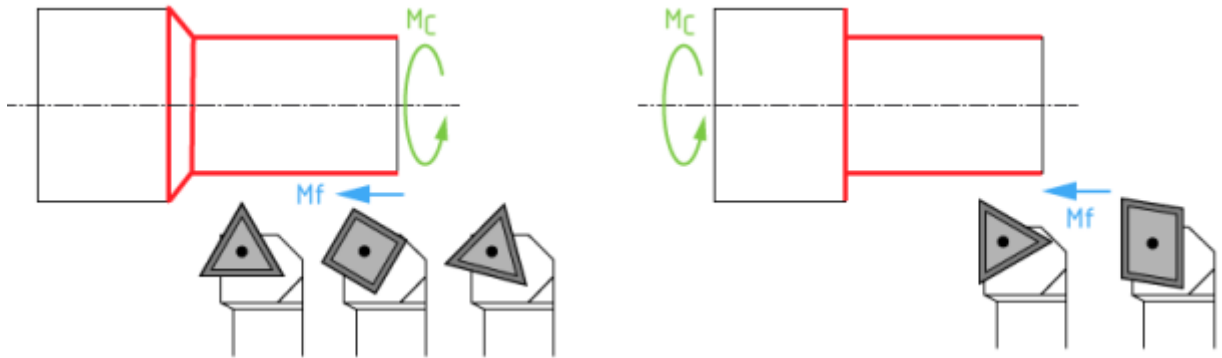


Figure 12 : Les outils à charioter. Epaulement conique et épaulement droit

I.4.1.3.2 Les outils à dresser

Pour ce type d'outils une seule direction de travail est possible, perpendiculairement à l'axe de la pièce, pour la réalisation de surfaces planes extérieures ou intérieures. Si la pièce comporte un épaulement on obtient une surface en travail d'enveloppe et une surface en travail de forme. [4]

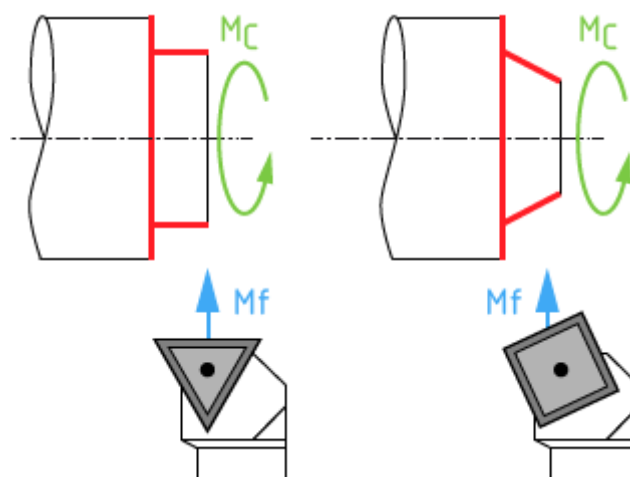


Figure 13: Le dressage extérieur cylindrique et conique

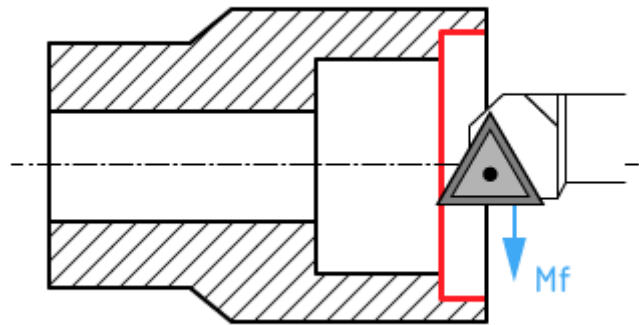


Figure 14: Le dressage intérieur

I.4.1.3.3 Les outils à aléser

Pour les opérations d'alésage on retrouve les mêmes principes que pour les outils d'extérieur. Les outils à aléser sont des outils avec une seule direction de travail possible pour la réalisation de cylindres ou de cônes intérieurs . [4]

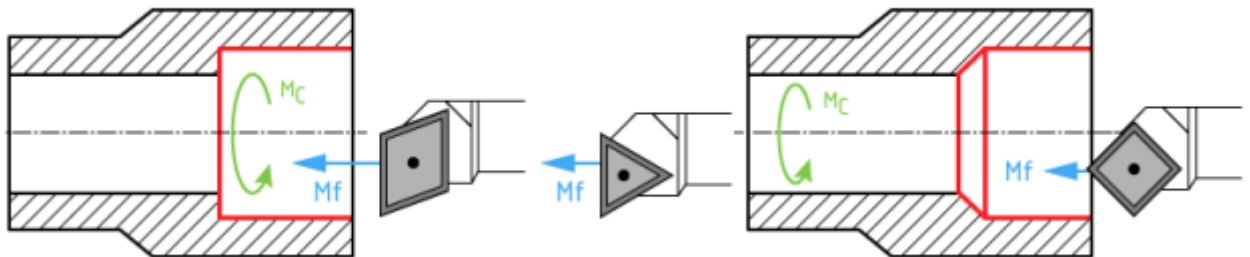


Figure 15 : Alésage cylindrique et alésage conique

I.4.1.3.5 Les outils à charioter-dresser

Les outils à charioter-dresser sont des outils présentant au minimum deux directions possibles de travail leur permettant d'effectuer des opérations de chariotage et de dressage de surfaces extérieures en travail d'enveloppe. [4]

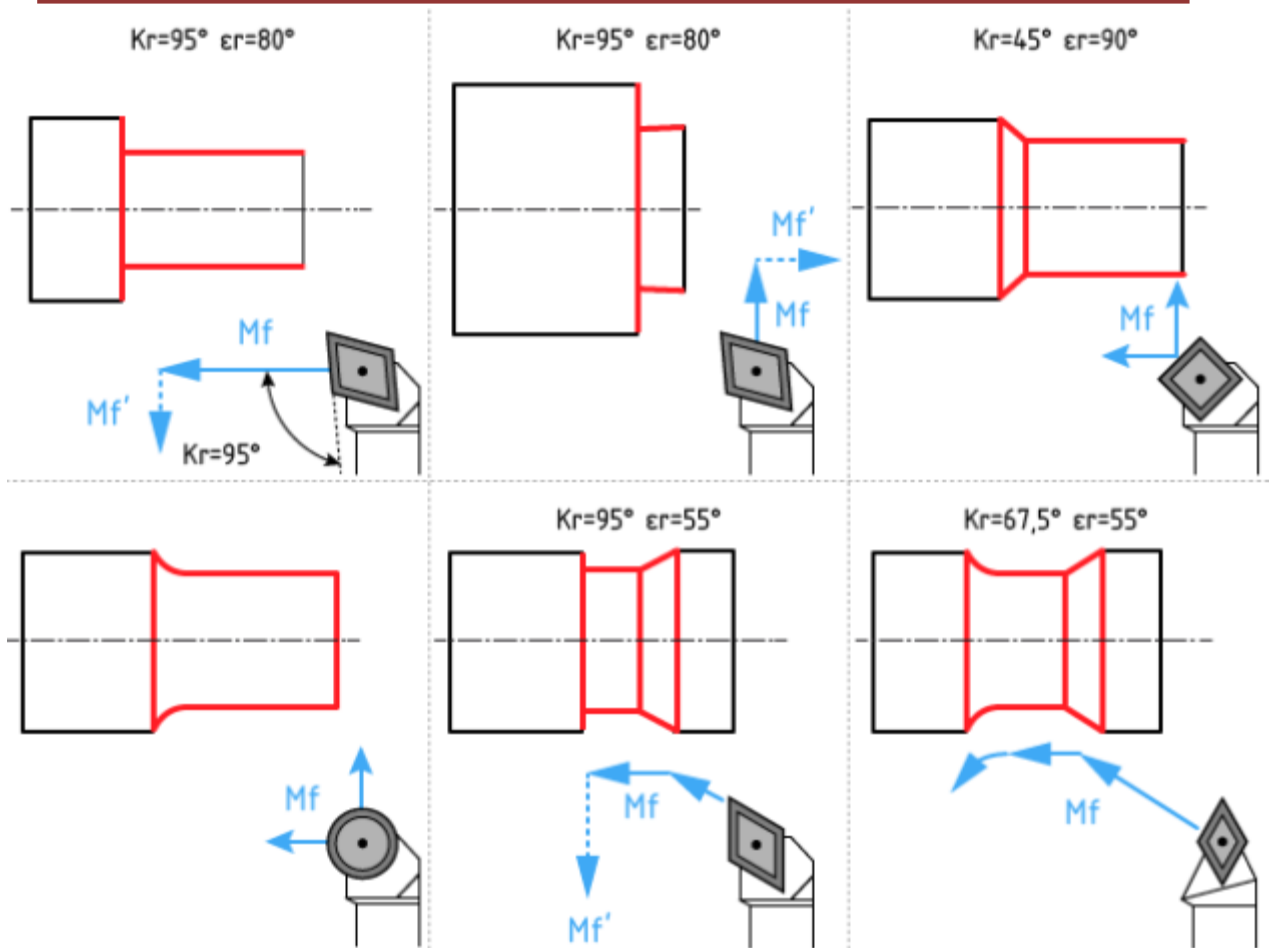


Figure 16: Différents outils à charioter et dresser

❖ Les flèches en traits interrompus indiquent une direction de coupe pour laquelle il convient d'observer des précautions : longueur de surface réduite et faible profondeur de passe. Ce sens de travail est à éviter si l'on peut procéder autrement.

I.4.1.3.6 Les outils à aléser-dresser

Au minimum deux directions possibles de travail permettent à ces outils d'effectuer des opérations d'alésage et de dressage des surfaces intérieures. [4]

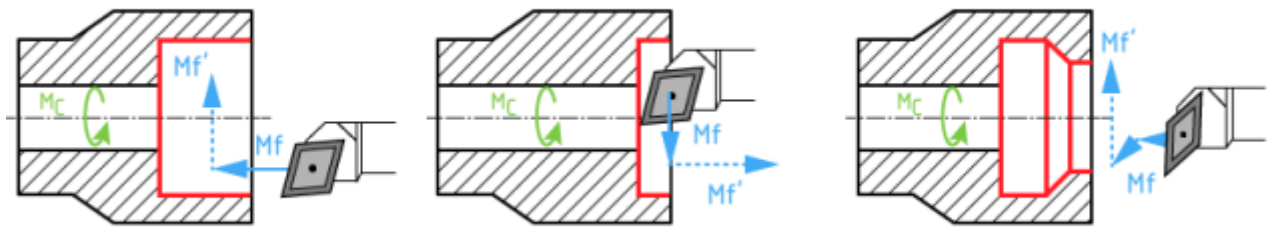


Figure 17: Divers outils à aléser et dresser

I.4.1.3.7 Les outils à rainurer

Ces outils ont comme utilisation la réalisation des opérations de rainurage. [1]

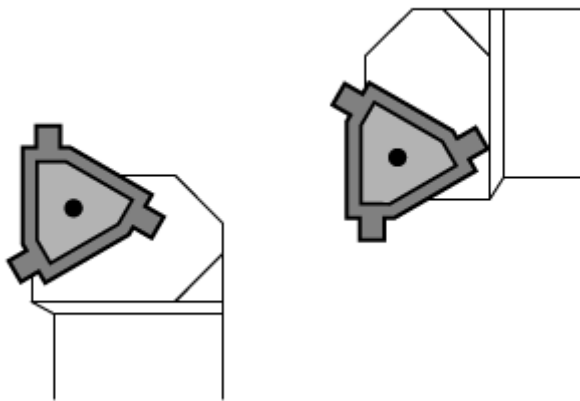


Figure 18: Les outils à rainurer

I.4.1.3.8 Les outils à tronçonner

Ces outils sont utilisés pour la réalisation des opérations de tronçonnage. [4]

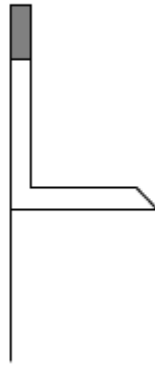


Figure 19: Outil à tronçonner

I.4.1.3.9 Les outils à fileter

Ce sont des outils utilisés pour la réalisation des opérations de filetage. [4]

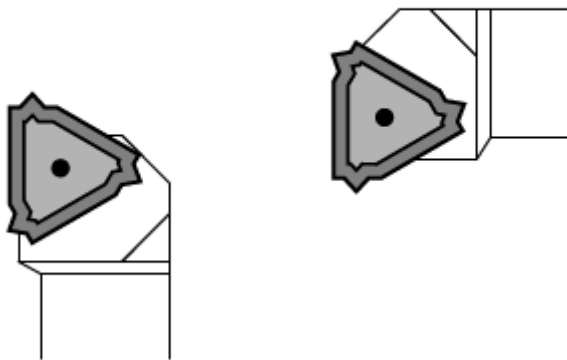


Figure 20: Outils à fileter

I.4.2 Fraisage

Caractérise tout usinage pour lequel l'outil est animé d'un mouvement de coupe circulaire et la pièce d'un mouvement d'avance quelconque (radial, axial ou combinant les deux).

On distingue respectivement deux types de génération :

- la génération linéaire,
- la génération ponctuelle [5].

I.4.2.1 Le fraisage en roulant (fraisage de profil)

Pour ce type d'usinage la surface à réaliser est parallèle à l'axe de la fraise, elle est réalisée par une génératrice de l'outil de coupe. On peut travailler respectivement:

I.4.2.1.1 Le fraisage en opposition

Il y a travail en opposition lorsque la projection de l'effort de l'outil sur la pièce ($R_{o/p}$) est en sens contraire à la direction du mouvement d'avance.

Attention : ne pas confondre l'effort $R_{o/p}$ et le vecteur vitesse de coupe.

Le mouvement de coupe donné à l'outil est donc l'inverse du mouvement d'avance donné à la pièce.

L'attaque d'une dent se fait avec une épaisseur de copeau nulle (voir figure ci-après) et sur une matière écrouie par le passage de la dent précédente. Chaque dent glisse sur la pièce et ne peut tailler le métal que lorsque celui-ci atteint l'épaisseur du copeau minimum. Le résultat est un rendement peu élevé, l'usure prématurée de l'outil et l'écrouissage de la pièce.

Le fraisage en opposition est donc une opération qui est à éviter pour les matériaux très écrouissables. [5]

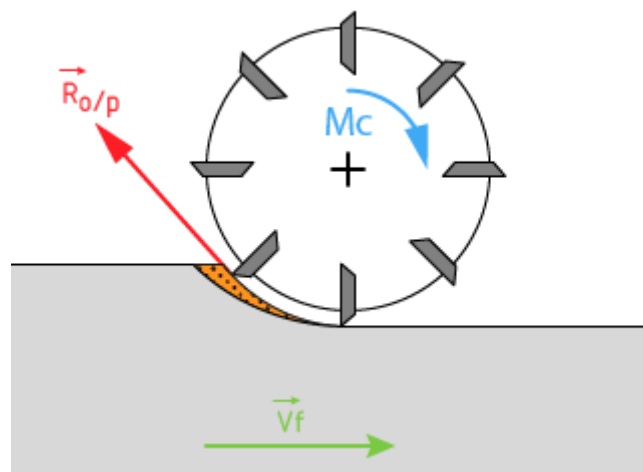


Figure 21: Fraisage en roulant : travail en opposition

I.4.2.1.2 Le fraisage en avalant ou en concordance

Il y a travail en concordance lorsque la projection de l'effort de l'outil sur la pièce sur la direction du mouvement d'avance est dans le même sens que ce dernier. Le mouvement

de coupe et le mouvement d'avance ont donc le même sens. La dent attaque une épaisseur de copeau maxi et sur une surface non-écrouie. Chaque dent de la fraise coupe un copeau maximum en début de l'attaque; lorsque la dent quitte la pièce, le copeau, devenu inférieur au copeau minimum, est détaché presque sans pression. Les efforts de coupe plaquent la pièce sur le montage. Le résultat de ce type d'usinage est un état de surface amélioré par rapport au fraisage en opposition, mais il est nécessaire d'employer des machines avec un dispositif de transmission de mouvement sans jeu.

C'est une opération à conseiller pour les matériaux très écrouissables, pour les pièces minces et difficiles à brider. Le fraisage en avalant est à éviter sur les machines-outils sans rattrapage de jeu (engagement de la pièce sous la fraise).

Le principal risque pour ce type de fraisage est l'apparition d'ondulations, en raison de la flexion et du faux rond de l'outil fraise. [5]

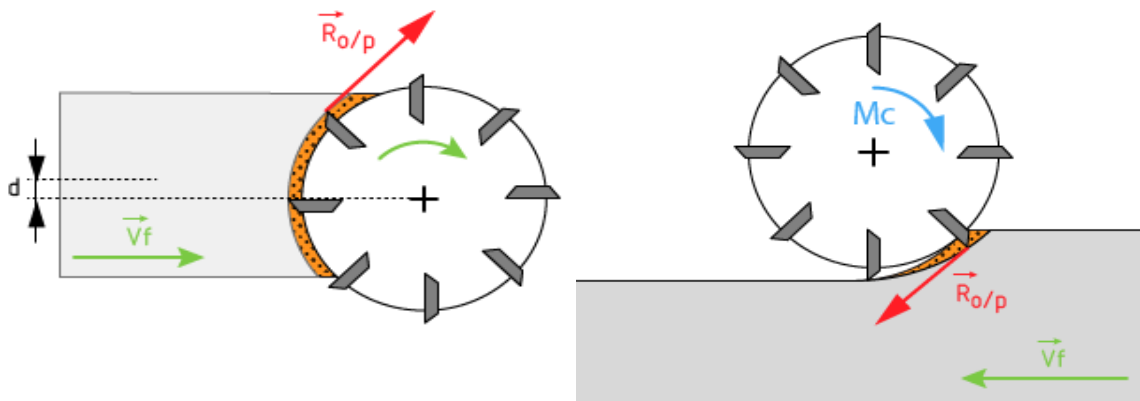


Figure 22: Fraisage en roulant : en avalant ou en concordance

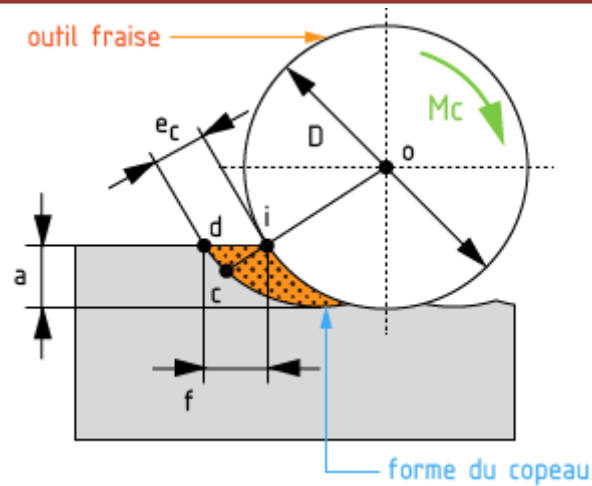


Figure 23: Les principaux paramètres géométriques du copeau pour le fraisage en roulant.

Copeau mini

I.4.2.1.3 Le fraisage en bout (fraisage de face)

Pour ce type d'usinage la surface à réaliser est perpendiculaire à l'axe de la fraise. [5]

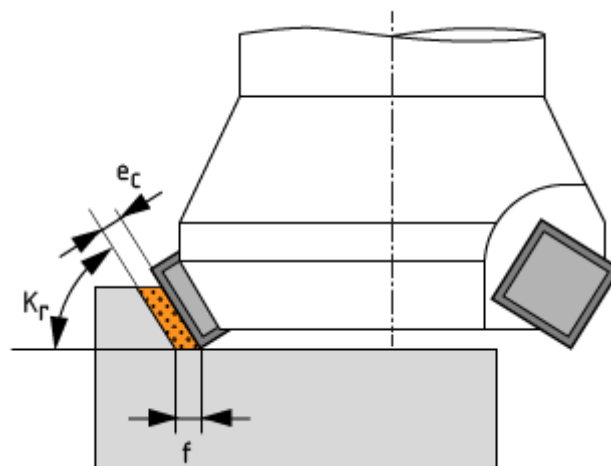


Figure 24: Le fraisage en bout

I.4.2.1.4 Le fraisage en bout

Ce mode de fraisage est réalisé avec le bout d'une fraise "deux tailles ou une taille", d'une fraise à dents rapportées, avec les faces d'une fraise trois tailles et se trouve combiné (face et profil) dans l'usinage associé des surfaces. La surface obtenue est généralement d'une précision géométrique meilleure que celle obtenue en fraisage de profil. Lorsque l'axe de la fraise est perpendiculaire à la surface, chaque dent laisse un trait croisé sur la pièce (voir figure) et il est nécessaire que la fraise sorte complètement de la pièce, ce qui augmente la course de travail. [1]

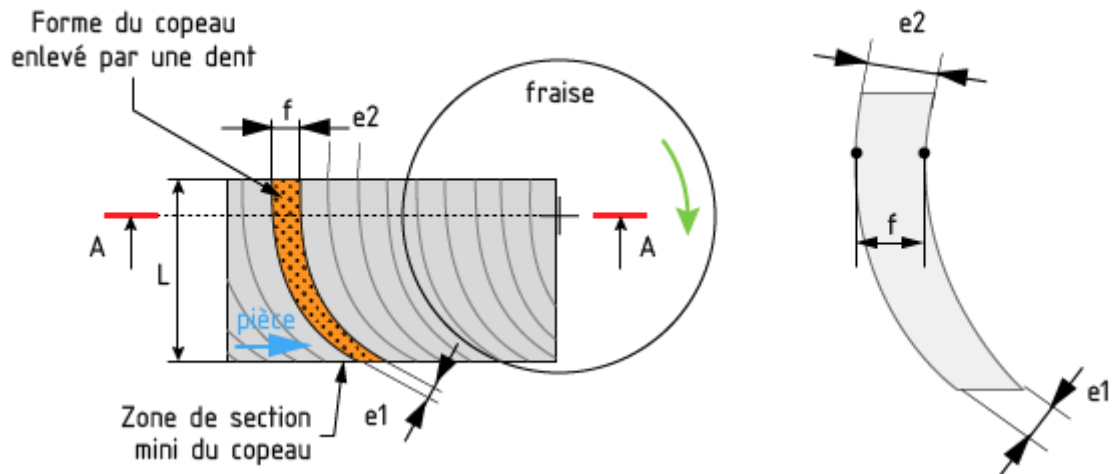


Figure 25: La forme du copeau enlevé par une dent pour le fraisage en bout

On peut toutefois incliner la fraise d'un angle de $2'$ en utilisant une fraise de grand diamètre, la concavité laissée par l'outil est souvent acceptable et ainsi la course de travail limitée à environ la longueur à fraiser. Si l'axe de l'outil n'est pas perpendiculaire au mouvement d'avance on risque de réaliser une surface creuse.

L'épaisseur du copeau varie pour ce type d'usinage de e à f mais peut être réduite encore en modifiant l'angle de direction d'arrêt K_r .

On doit vérifier la relation : $e_c = f * \sin(K_r)$.

Pour passer du travail en opposition au travail en concordance il faut inverser le décalage d entre l'axe de la fraise et l'axe de la pièce. [5]

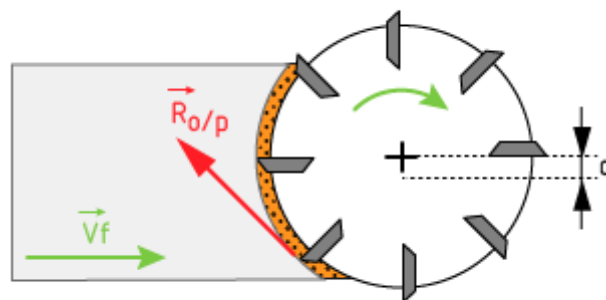


Figure 26: Le fraisage en bout : travail en avalant

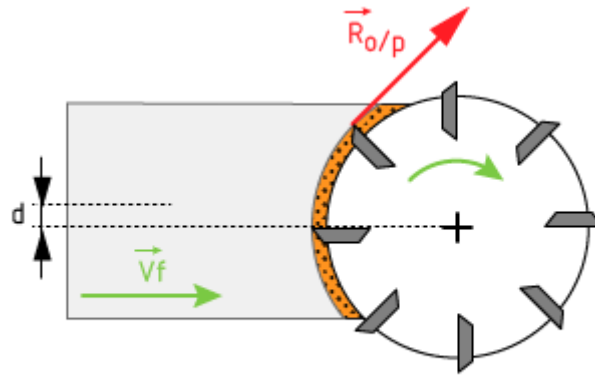


Figure 27: Le fraisage en bout : travail en opposition

I.4.2.2 Les définitions des principales opérations de fraisage (planes et profilées)

I.4.2.2.1 Le surfacage

Le surfacage est l'opération qui consiste à usiner une surface plane. [5]

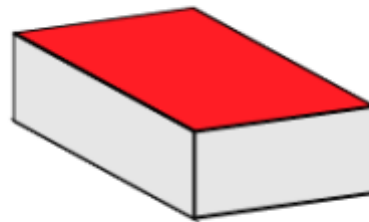


Figure 28: Le surfacage

I.4.2.2.2 L'épaulement

L'épaulement est une opération qui consiste à usiner deux surfaces planes perpendiculaires associées. [5]

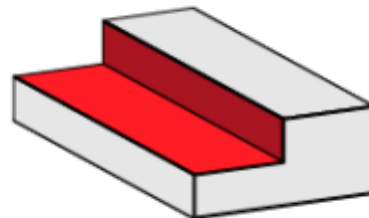


Figure 29: Réalisation d'un épaulement

Remarque:

L'utilisation d'un train de fraises permet de réaliser des surfaces planes adjacentes. Les trains de fraises sont constitués par deux (plusieurs) fraises séparées par des bagues d'espacement.

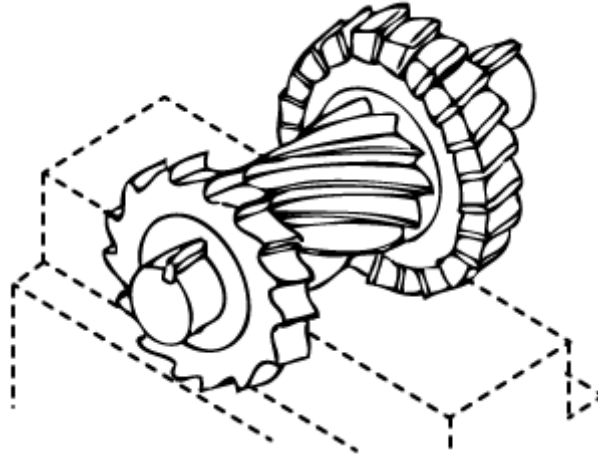


Figure 30: Fraisage des surfaces planes adjacentes

I.4.2.2.3 Le profilage

Le **profilage** concerne l'ensemble des travaux de fraisage dit de profil pour lesquels la surface réalisée est obtenue par le travail de forme de la denture latérale de la fraise. Suivant leur forme, on distingue :

- profil composé de lignes droites,
- profil composé de lignes courbes,
- profils particuliers (fraises spéciales). [5]

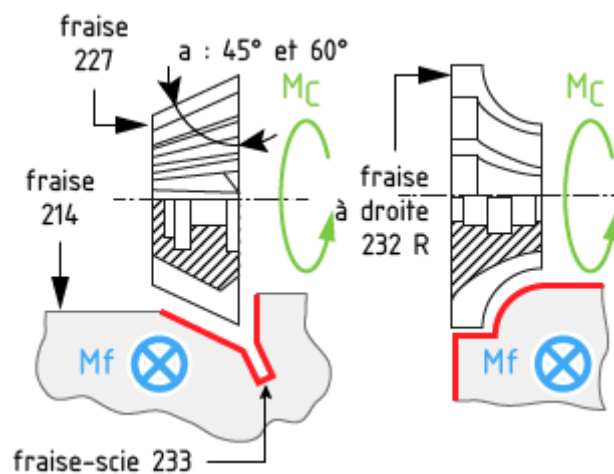


Figure 31: Le fraisage de profil : ligne droites (gauche) et lignes courbes (droite)

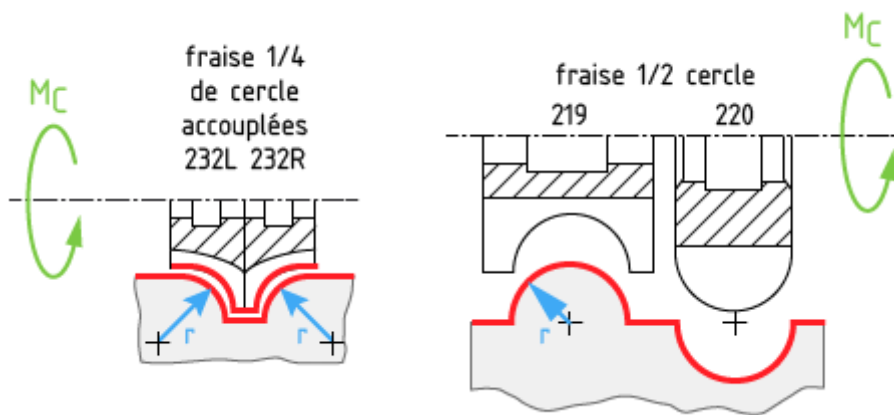


Figure 32: Le fraisage des profils particuliers

I.4.2.2.4 Le rainurage

Le rainurage est une opération de fraisage qui consiste à usiner trois surfaces orthogonales entre elles.

Cette opération peut se faire avec une fraise 2T ou 3T (ARS ou carbure) suivant la définition de la rainure.

Les rainures peuvent être droites, de forme (ex : rainures à té, rainures en vé) et/ou pour clavettes. [5]

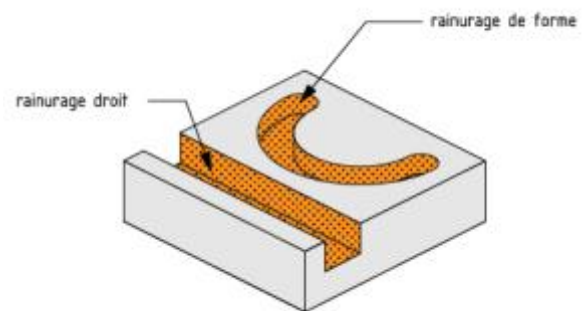


Figure 33 : Rainurage droit et de forme

I.4.2.2.5 L'usinage de poches

Une poche est délimitée par des surfaces verticales ou avec dépouilles (cylindriques et planes) quelconques. [5]

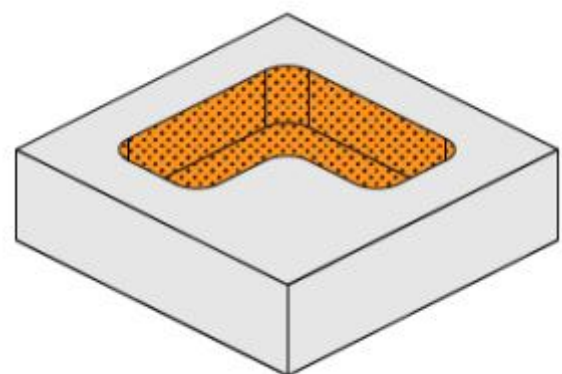


Figure 34: Le fraisage des poches

I.4.2.3 Les outils de fraisage : désignation, mode d'action et cycle de travail

Une fraise a la forme d'un solide de révolution portant plusieurs outils élémentaires (dents) répartis sur la périphérie. Les fraises sont fabriquées [5]:

- monoblocs (en ARS),
- à dents ou à lames amovibles (ARS ou carbure). On distingue, pour cette catégorie, *les fraises à queue* cylindrique (lisse ou à méplat) ou conique (cône Morse ou $7/24$) et *les fraises à trou* (alésage cylindrique lisse, avec clavetage, avec filetage et centrage ou alésage conique).

I.4.2.3.1 Caractéristiques

Suivant les normes françaises en vigueur (NFE E 66-199) les termes relatifs aux caractéristiques des fraises (corps, entraînement) sont respectivement :

- type de denture : droite, hélicoïdale ;
- forme des dents : triangulaire, arrondie (avec listel), profil constant, dépouille fraisée et affûtée ;
- forme de l'arête : lisse, interrompue, ou à profil rond (dents d'ébauche) ;
- sens de coupe : à droite/à gauche (le mouvement de coupe M_c est, pour un observateur placé coté entraînement, dans le sens d'horloge /inverse). [5]

I.4.2.4 Le montage des fraises

I.4.2.4.1 Le montage des fraises à entraînement par clavette

Les fraises à alésage cylindrique et à entraînement par clavette sont montées sur des arbres porte-fraises :

- au cône Morse,
- au cône $7/24$.

I.4.2.4.2 Le montage des fraises à entraînement par tenon

Les fraises à alésage cylindrique et à entraînement par tenon sont montées sur un mandrin porte-fraise emmanché dans le nez de la broche de la machine. [5]

L'emmanchement est au cône Morse ou au cône $7/24$, les tenons d'entraînement pouvant être monoblocs et/ou rapportés.

La fixation de la fraise est assurée par une vis de blocage. [5]

I.4.2.4.3 Les fraises à surfacer

Une fraise à surfacer permet de générer une surface plane perpendiculaire à l'axe de rotation de la fraise. [1]

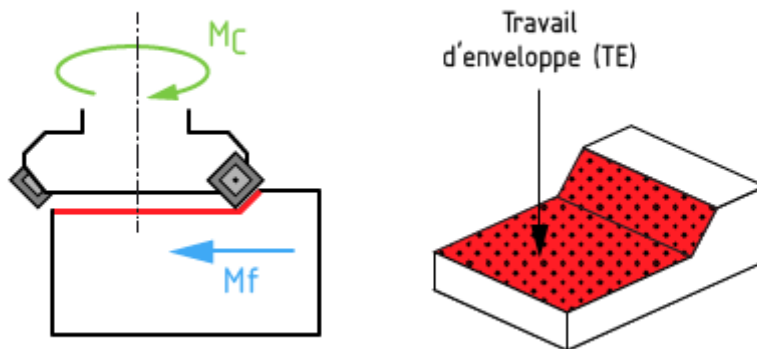


Figure 35: Le fraisage de surfacage

I.4.2.4.4 Les fraises cylindriques 2 tailles

Une fraise de ce type comporte plusieurs usages :

- L'usinage d'épaulements (fonction principale)
- surfacage de profil et/ou contournage, avec la périphérie
- Rainurage[5]

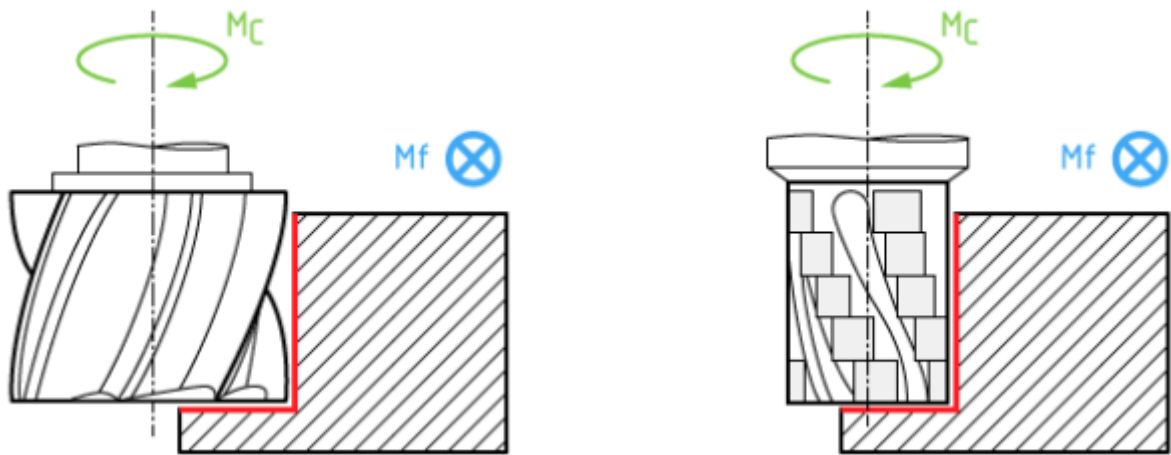


Figure 36: Fraisage d'épaulements avec fraise 2T en ARS (gauche) et carbures (droite)

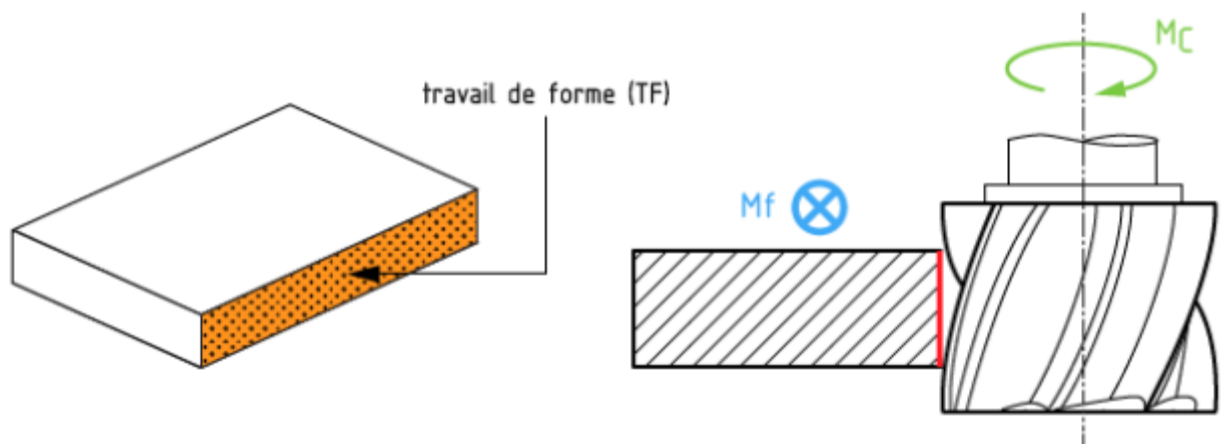


Figure 37: Le travail de forme

I.4.2.4.5 Les fraises à rainurer

Ces outils permettent la génération de plans perpendiculaires entre eux. Plusieurs types de rainures peuvent être obtenues avec ce type d'outils :

- droites, à l'aide des fraises deux ou trois tailles,
- en té,
- en queue d'aronde,
- rainures pour clavettes (disque ou parallèle),
- rainures traversantes. [5]

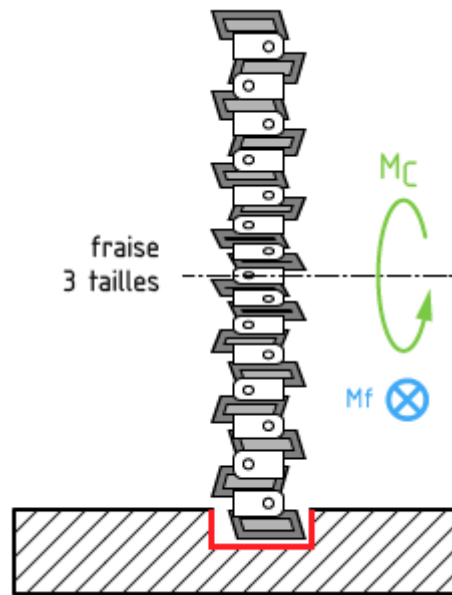


Figure 38: *Fraisage d'une rainure à l'aide d'une fraise 2T*

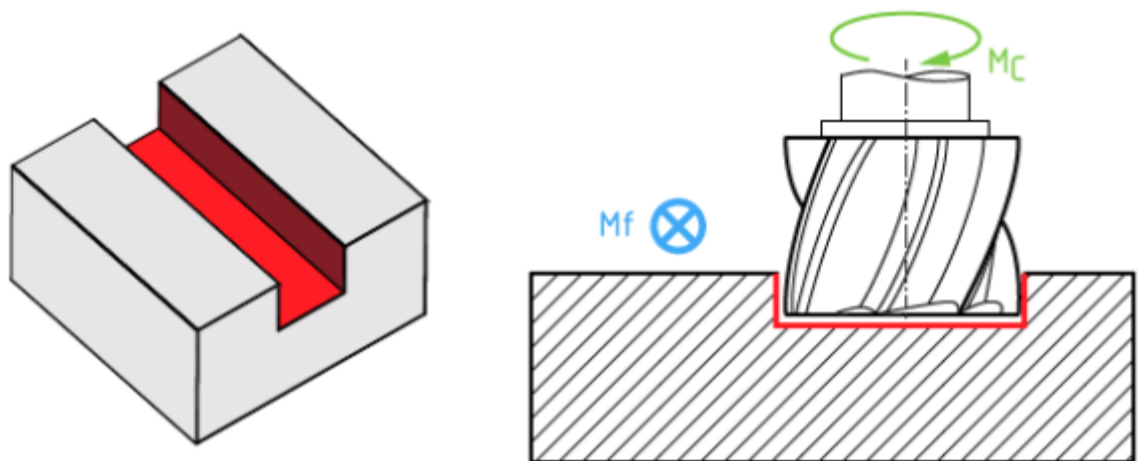


Figure 39: Fraisage d'une rainure avec une fraise 2 tailles

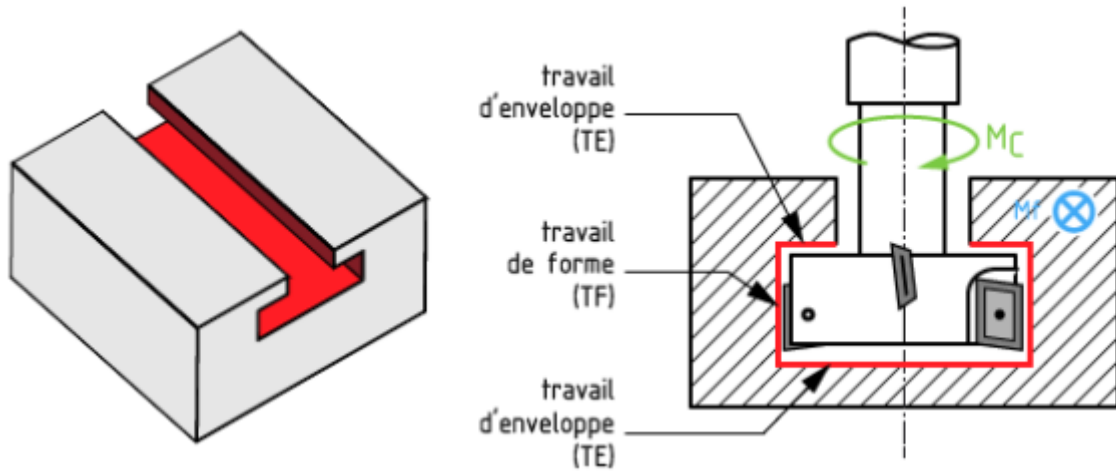


Figure 40: Fraisage d'une rainure en T

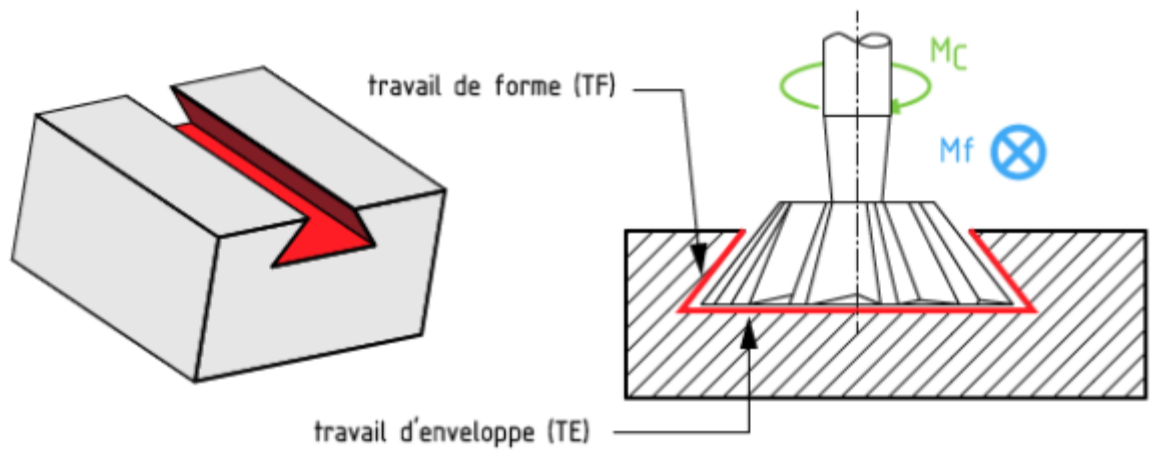


Figure 41: Fraisage d'une rainure en queue d'aronde

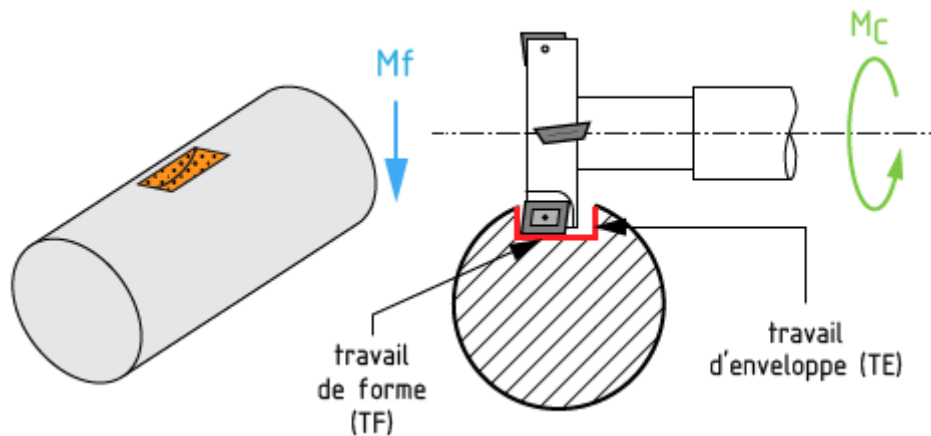


Figure 42: Fraisage d'une rainure pour clavette disque

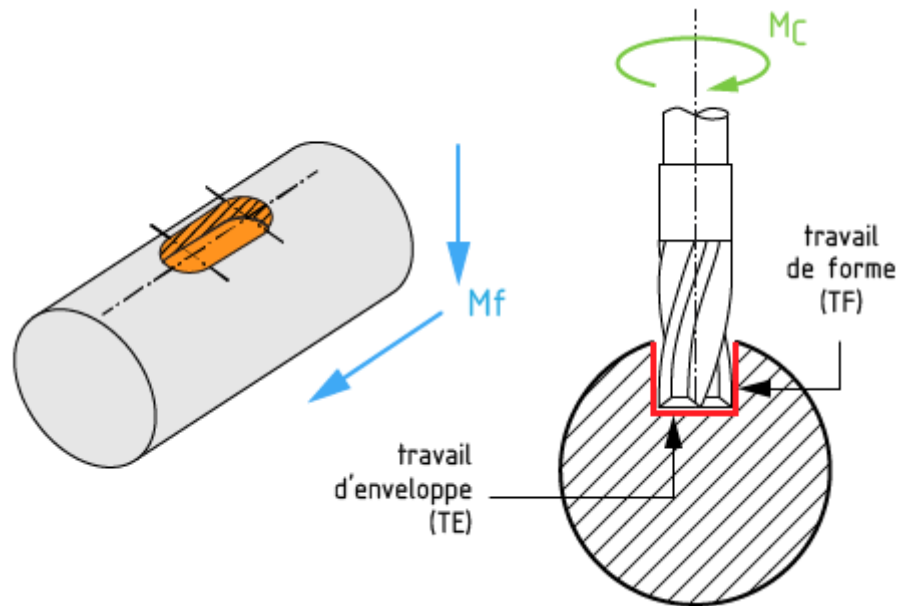


Figure 43 : Fraisage d'une rainure pour clavette parallèle sur un arbre

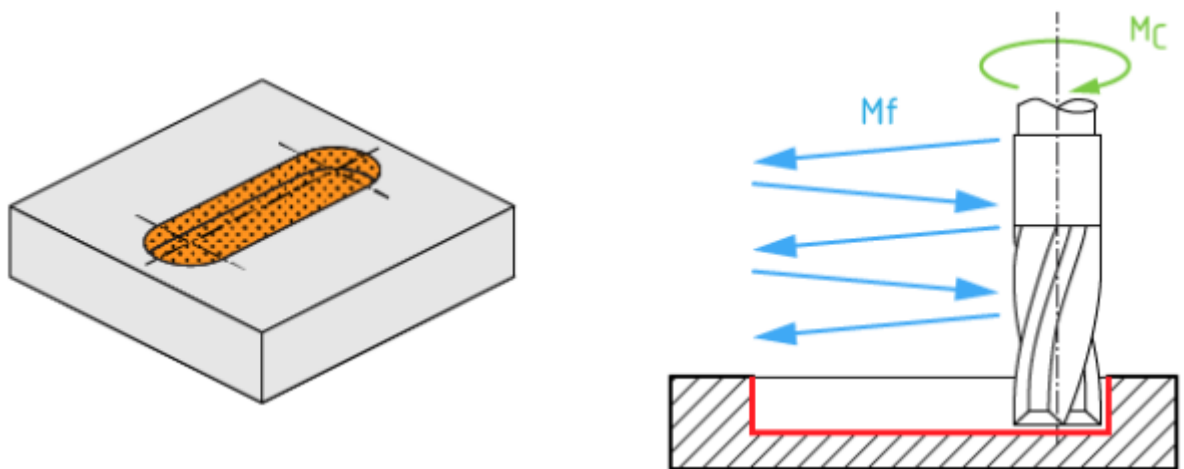


Figure 44: Fraisage d'une rainure pour clavette parallèle sur une pièce plane

I.4.2.4.6 Les fraises à surfacer et à dresser

Ces outils conviennent pour tous travaux d'ébauche ou de finition dans tous matériaux (avec affûtage particulier). Elles peuvent être à denture hélicoïdale, droite ou inclinée, soit à droite soit à gauche. Sur la figure suivante sont illustrées des pièces ayant subi des usinages de surfacage-dressage, avec surfacage respectivement dressage dominant. [5]

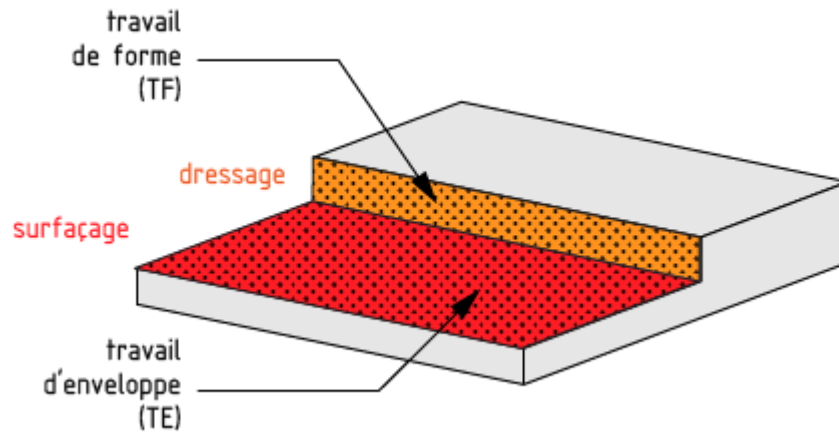


Figure 45: Fraisage combiné surfacage - dressage : surfacage dominant

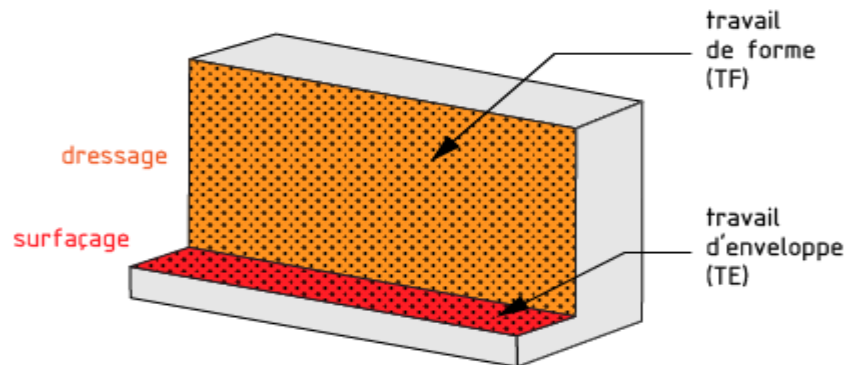


Figure 46: Fraisage combiné surfacage - dressage : dressage dominant

I.4.2.4.7 Les fraises de forme

Ces outils conviennent pour différents travaux permettant la réalisation des surfaces à géométrie complexe, notamment le fraisage des formes données avec des fraises conçues selon le profil à obtenir. On cite, à titre d'exemple, les fraises concaves et convexes les fraises coniques, à fileter, à chanfreiner, les fraises à gorge (de circlips) etc... [5]

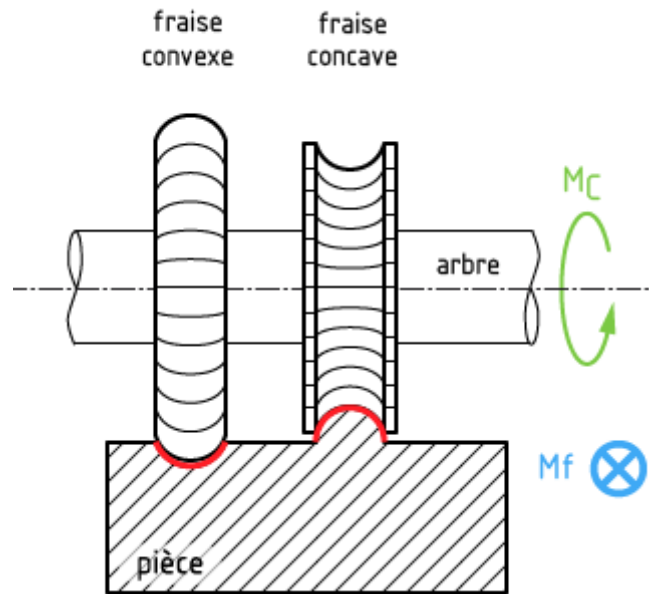


Figure 47: Fraisage à l'aide de fraises concaves et convexes



Figure 48: Fraises profilées

I.4.3 Le perçage

I.4.3.1 Généralités

Le terme perçage s'applique à l'ensemble des opérations permettant la réalisation de trous cylindriques débouchants ou borgnes. On peut réaliser aussi des trous coniques, mais cette opération est moins courante.

Le foret hélicoïdal (illustré sur la figure suivante) comprend généralement (il existe des forets à trois goujures et 3 listels, ...):

- un corps (diamètre d)
- deux listels de guidage
- deux goujures décroissantes,
- une pointe dont l'angle est variable (suivant la matière usinée),
- la queue (cylindrique ou conique morse). [1]

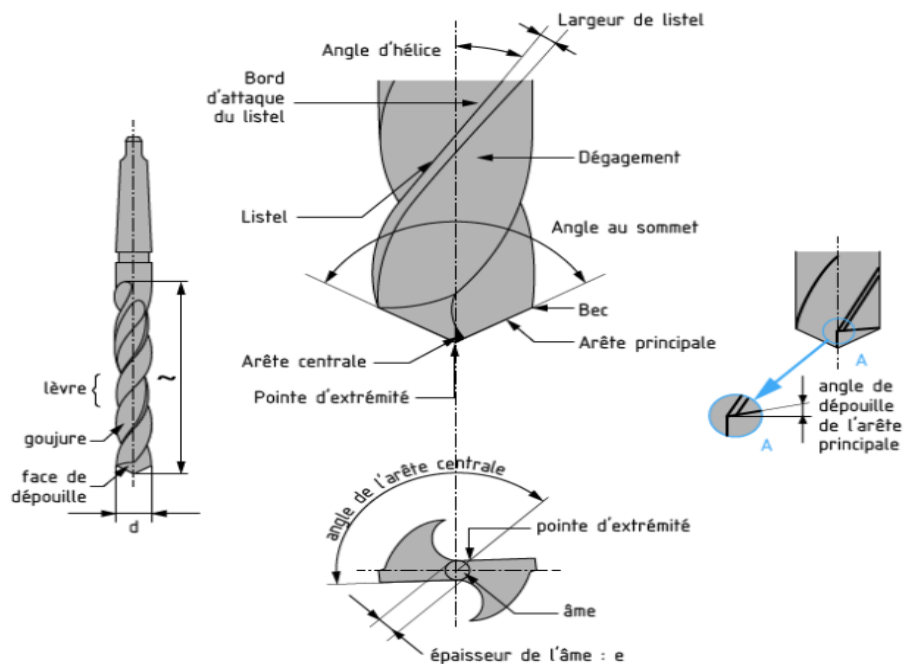


Figure 49: Le foret hélicoïdal

Remarque:

En production mécanique on utilise très souvent des forets en ARS. Les forets à plaquette carbure sont utilisés rarement, dans des situations particulières et pour des usinages spéciaux. Les forets carbures monoblocs revêtus ou non sont d'un usage courant. [1]

I.4.3.2 La classification des forets

Suivant leur **forme**, on distingue :

- les forets cylindriques : série extra-courte, courte, longue et extra-longue ;
- les forets à queue conique ou cône morse (utilisés pour le travail de série) : série longue, série courte et série extra-longue ;
- les forets aléseurs : à queue cylindrique et à queue conique.

Suivant leur **angle d'hélice**, on classe les forets dans les catégories suivantes :

- à hélice normale - pour les perçages courants ;
- à hélice longue - pour les métaux à copeaux fragmentés ;
- à hélice courte - pour des métaux à copeaux continus. [1]

I.4.3.2.1 Les forets à centrer

En raison des exigences liées soit à la qualité dimensionnelle des cotes à réaliser soit à la réduction des efforts de coupe en début d'un travail de perçage, on utilise couramment des outils appelés forets à centrer. Le choix d'un foret à centrer dépend des dimensions de la pièce, des efforts supportées et de la précision du travail à réaliser.

Ces outils sont classés respectivement en :

- centre sans chanfrein de protection (type A),
- centre avec chanfrein de protection (type B),
- centre à profil curviligne (type R) pour travaux de grande précision. [1]

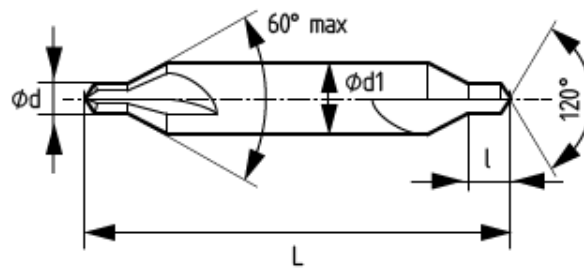


Figure 50: Le foret à centrer type A

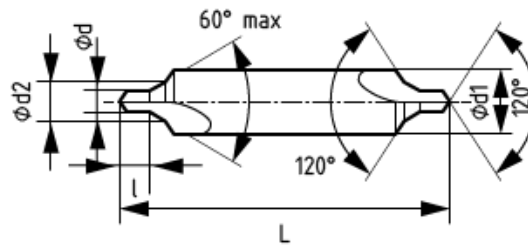


Figure 51: Le foret à centrer type B

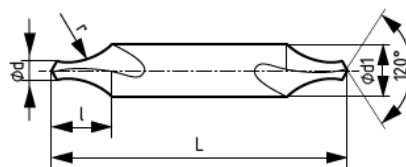


Figure 52: Le foret à centrer type R

I.4.3.2.2 Le foret à pointer

Pour préparer les perçages et pour éviter la déviation du foret au moment de l'attaque de la pièce, on utilise un foret court dont l'angle de pointe est de 90° et qui comporte une âme amincie. Cet outil s'appelle **foret à pointer**. [1]

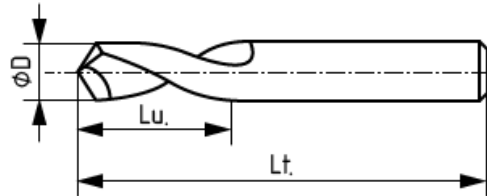


Figure 53: Le foret à pointer

I.4.3.2.3 Les forets étagés

Ils permettent de réaliser des perçages étagés (figure ci-dessous) sans démontage d'outils. On les utilise généralement pour réaliser des avant-trous de taraudage avec chanfrein d'entrée à 90° . [1]

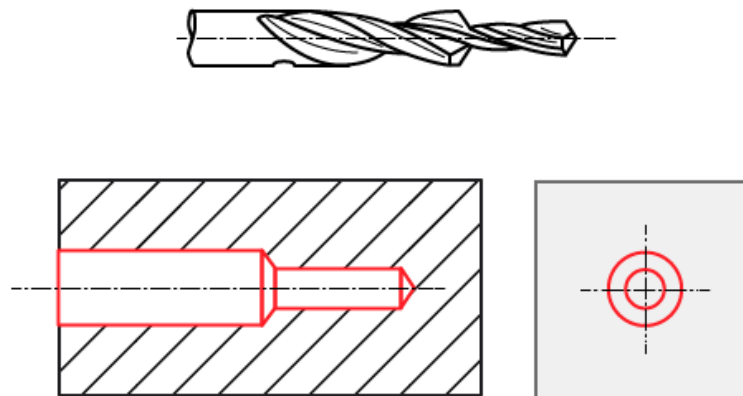


Figure 54: Réalisation d'un perçage étagé

I.4.3.3 Les outils spéciaux de forage

Les outils spéciaux de forage (à mise carbure fixe ou à plaquettes amovibles carbure) permettent de réaliser des travaux particuliers dans divers matériaux, avec angles de coupe convenant à chaque cas.

Les travaux spéciaux sont classifiés en trois catégories :

- **forage** - réalisation d'un trou en une seule opération (travail dans le plein),
- **carottage** - réalisation de grands diamètres dans le plein avec récupération de la chute (appelée aussi carotte),
- **réalésage** - réalisation d'un trou plus précis à partir d'ébauche venant de forge, de fonderie ou de forage. [1]

I.4.4 Le filetage

Sous le nom d'opérations de filetage on désigne des opérations permettant de générer des profils hélicoïdaux à l'aide d'un outil de tournage. On distingue des filetages intérieurs et extérieurs.

Le terme de taraudage est habituellement réservé aux filetages intérieurs obtenus à l'aide d'un outil monobloc à arêtes de coupe multiples, appelé taraud.

Les filetages sont de plus en plus souvent réalisés à l'aide d'outils à plaquettes amovibles.

La réalisation de filetages peut être assurée :

- par opérations indépendantes, sur des machines conçues spécialement,
- au sein d'une phase : le filetage est réalisé soit par programmation (commande numérique) soit par un outillage spécial (filière).

Le choix du procédé et de la machine dépendent de la quantité de pièces à réaliser et de la qualité demandée :

- en production unitaire, petite série : tour parallèle ;
- en moyenne série : tour semi-automatique, machines à fileter ;
- en grande série : machines à fileter. [6]

I.4.4.1 Le filetage à l'outil

Le tour parallèle permet l'exécution des divers filetages. L'outil à fileter a un profil conforme à la section du filet et sa partie active engendre un filetage de section déterminée suivant un plan axial. L'arête de l'outil épouse le contour totalement ou par fractions successives. [1]

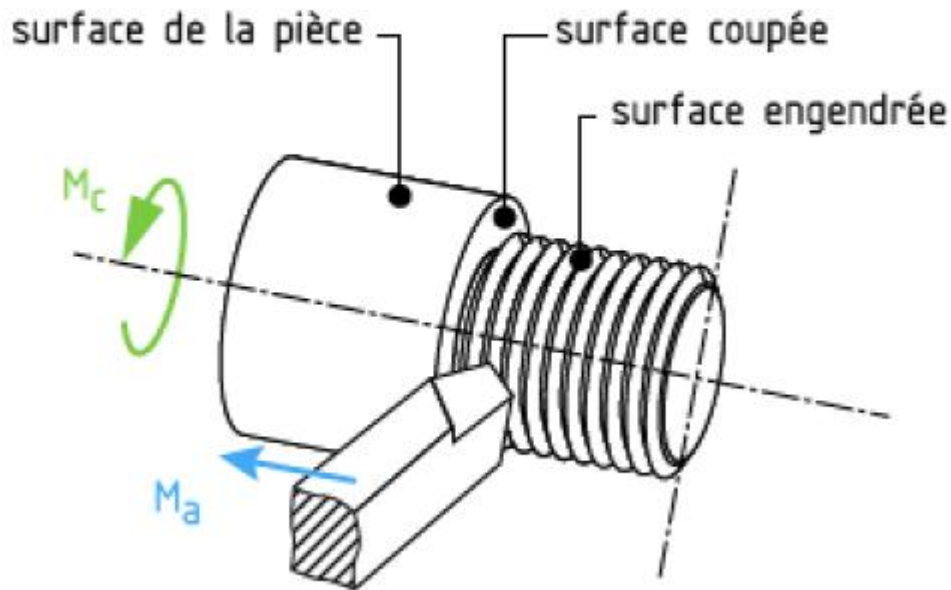


Figure 55: Filetage à l'outil sur tour

I.4.4.2 Le filetage à la filière

Les machines à fileter utilisent des filières à déclenchement, qui peuvent être :

- fixe en rotation et mobile en translation ;
- fixe en translation et mobile en rotation.

Elles comportent également quatre outils - peignes qui peuvent être radiaux (profil constant formé par un champ) ou tangentiels (profil constant affûté en bout). [6]

Remarque:

Les filières rondes pour filetage (à main ou à machine) sont normalisées et se montent dans des porte - filières.

I.4.4.3 Le filetage à la fraise

Ce type d'usinage permet de répartir l'usure de l'outil sur plusieurs arêtes tranchantes. Les outils sont des fraises à profil constant (à queue morse ou à alésage lisse H7). [6]

I.4.4.4 Le filetage par laminage

Cet usinage permet de réaliser des filets sans enlèvement de matière. L'écroutissage des filets augmente leur résistance et donne un bon état de surface. [6]

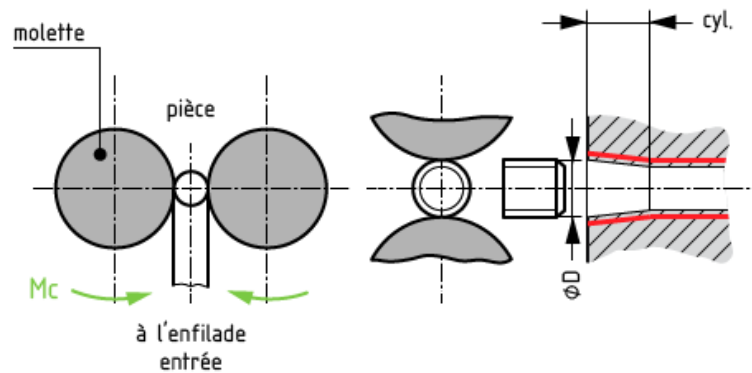


Figure 56: Le filetage par laminage

I.4.5 Le taraudage

Les trous taraudés peuvent être débouchants ou borgnes. Ils peuvent opérer par coupe ou par déformation et se caractérisent par :

- leur forme
- le diamètre nominal
- le profil du filet [7]

I.4.5.1 Le taraudage par coupe

Du point de vue de leur géométrie, les tarauds possèdent une entrée qui permet la coupe progressive de la matière. Celle-ci peut être :

- courte (sur 2 ou 3 filets), pour trous borgnes ;
- longue (8 ou 10 filets), pour trous débouchants.

La forme des gorges (droites ou hélicoïdales, voir figure suivante) n'influence pas les angles de coupe et de dépouille. L'hélice favorise le guidage et oriente la sortie des copeaux.

La géométrie du taraud est donc conçue de façon à :

- faciliter la pénétration dans l'avant-trou (chanfreins d'entrée),
- former le copeau,
- guider le taraud engagé,
- évacuer le copeau (goujournes, denture alternée, sens de l'hélice).

Sur les tarauds classiques, les deux flancs de la denture travaillent en même temps, ce qui provoque un bourrage du copeau. Pour supprimer ce problème, on alterne la denture sur une dent seul un côté travaille, l'autre flanc du profil étant réalisé par la dent suivante. [7]

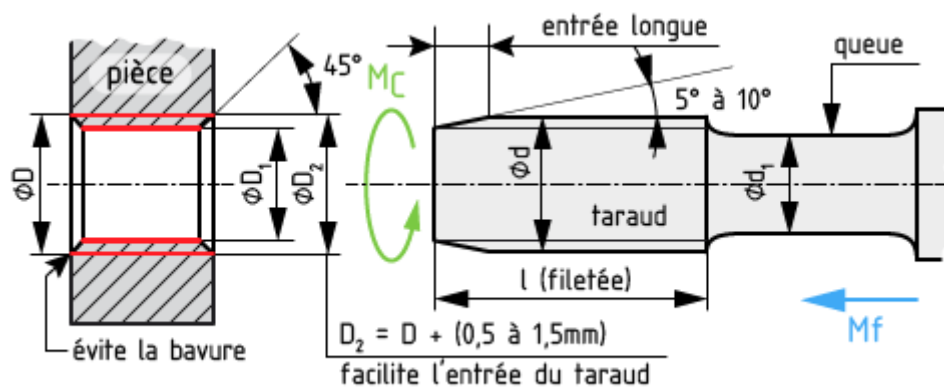


Figure 57: Taraudage débouchant

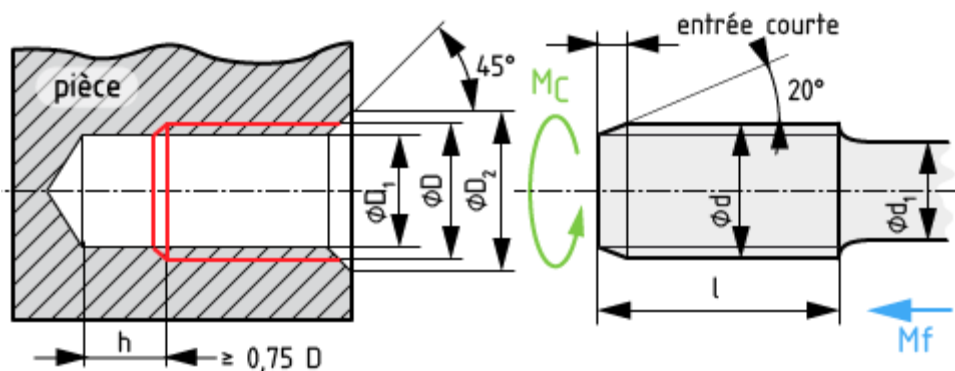


Figure 58: Taraudage borgne

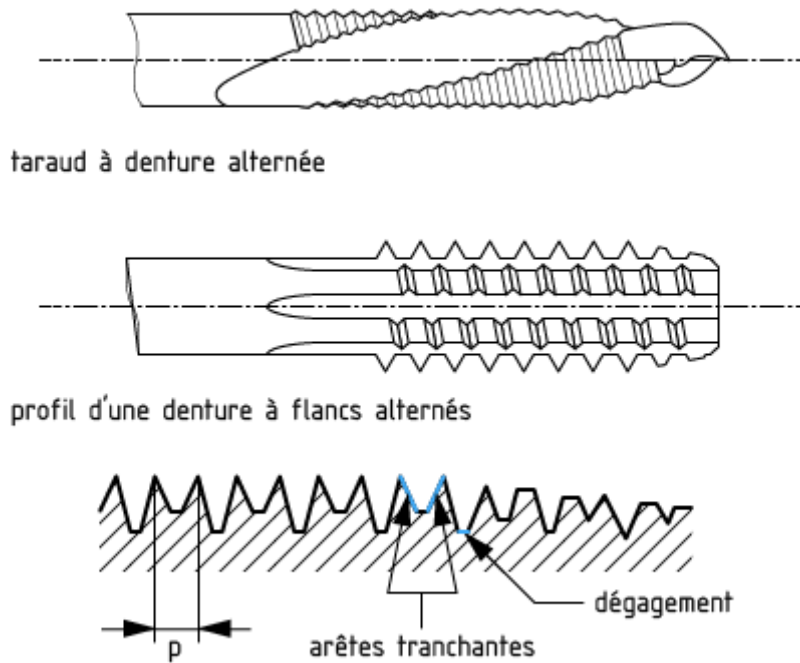


Figure 59: Divers choix constructifs des tarauds

Généralement, les taraudages sont réalisés :

- manuellement,
- sur machine spéciale à tarauder,
- sur tour automatique ou à décolleter,
- sur perceuse.

Le taraudage en grande série est une opération de reprise réalisée sur machine spéciale. L'opération est réalisée avec un porte - taraud pourvu d'un limiteur de couple, généralement réglable. Trois techniques sont employées :

- taraudage avec inversion de marche (le taraud coupe à l'aller à la vitesse de broche, le retour est accéléré),
- taraudage à l'enfilade (le porte - taraud peut être enlevé pendant la rotation de la broche),
- taraudage en continu (le taraud possède une queue cintrée souple pour le passage des écrous taraudés). [7]

Chapitre II :

Usinage

Traditionnelle

Chapitre II : Les paramètres de coupe

II.1. Les outils de coupe par enlèvement de matière

Dans l'usinage traditionnel, les outils de coupe en contact avec la pièce permettent d'enlever le copeau afin de réaliser des surfaces simples (planes, de révolution, ...).

On rappelle aussi que le copeau est le résultat de l'action de deux mouvements principaux (dont le premier est rapide : M_c et l'autre lent : M_f), qui génèrent respectivement un effort de compression et un cisaillement.

Selon leur mode d'action, les outils peuvent être classés en :

- outils coupants (outils de tour, fraises, forets, etc...),
- outils abrasifs (meules, etc...).

La forme de la surface réalisée par un outil de coupe est fonction du profil de sa partie active et de son mouvement. La géométrie de l'outil a donc une influence directe sur les formes usinables de la pièce.

Les outils utilisés en usinage traditionnel peuvent être :

- à tranchant unique (outils de tournage et de rabotage),
- à tranchant multiple, disposés les uns à la suite des autres (broches), suivant une circonférence (fraises, forets, alésoirs) ou en hélice (tarauds, filières)

Du point de vue de la dépendance entre la forme de l'arête tranchante et le profil de la surface usinée, on distingue :

- les outils de forme : le tracé de l'arête tranchante est conçu de façon à engendrer une surface de profil donné
- les outils d'enveloppe ou de génération : la surface engendrée n'est pas liée au tracé de l'arête tranchante (ex. : outil de tournage) [8]

II.2. La géométrie de la partie active

Un outil coupant est constitué d'un **corps d'outil** comportant une ou plusieurs **parties actives**. La partie active consiste en une **arête**, intersection de deux surfaces (voir figure suivante) auxquelles on associe un symbole se composant de la lettre A affectée d'un indice, respectivement :

- la face de coupe (A_γ) - surface le long de laquelle glisse le copeau,
- la face de dépouille (A_α) - surface le long de laquelle passent les surfaces engendrées. [8]

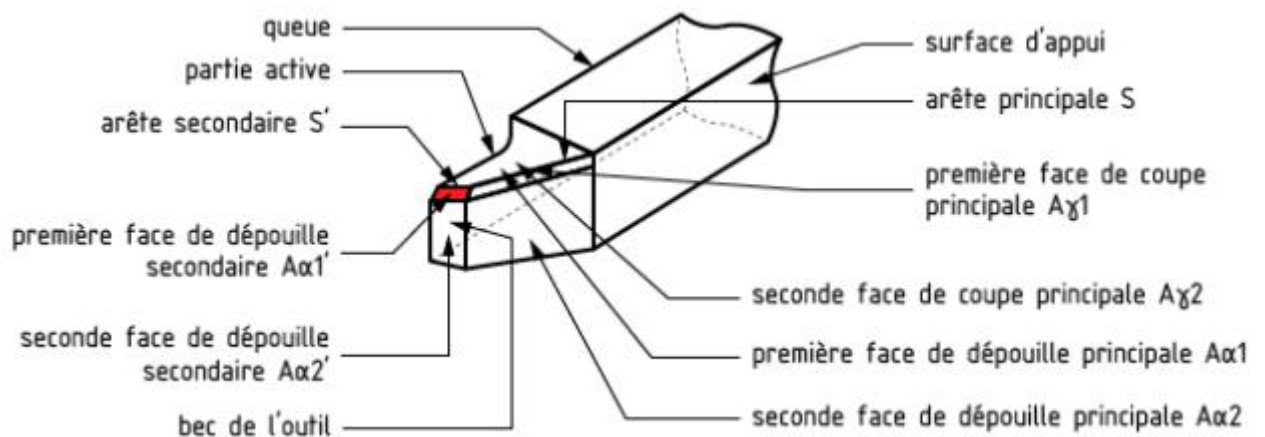


Figure 60: Les principales arêtes et surfaces d'un outil de tournage

La partie active d'un outil est définie géométriquement par des angles caractéristiques normalisés. Les angles sont définis par référence à des plans définis dans deux référentiels :

- Système de l'outil en main - spécifie la géométrie de l'outil lors de sa fabrication et de son contrôle, indépendamment de son utilisation future.
- Système de l'outil en travail - spécifie la géométrie de l'outil lors de son utilisation.

II.3. Les principaux plans des outils de coupe

On étudie à présent l'outil à tranchant unique dans le référentiel "en main".

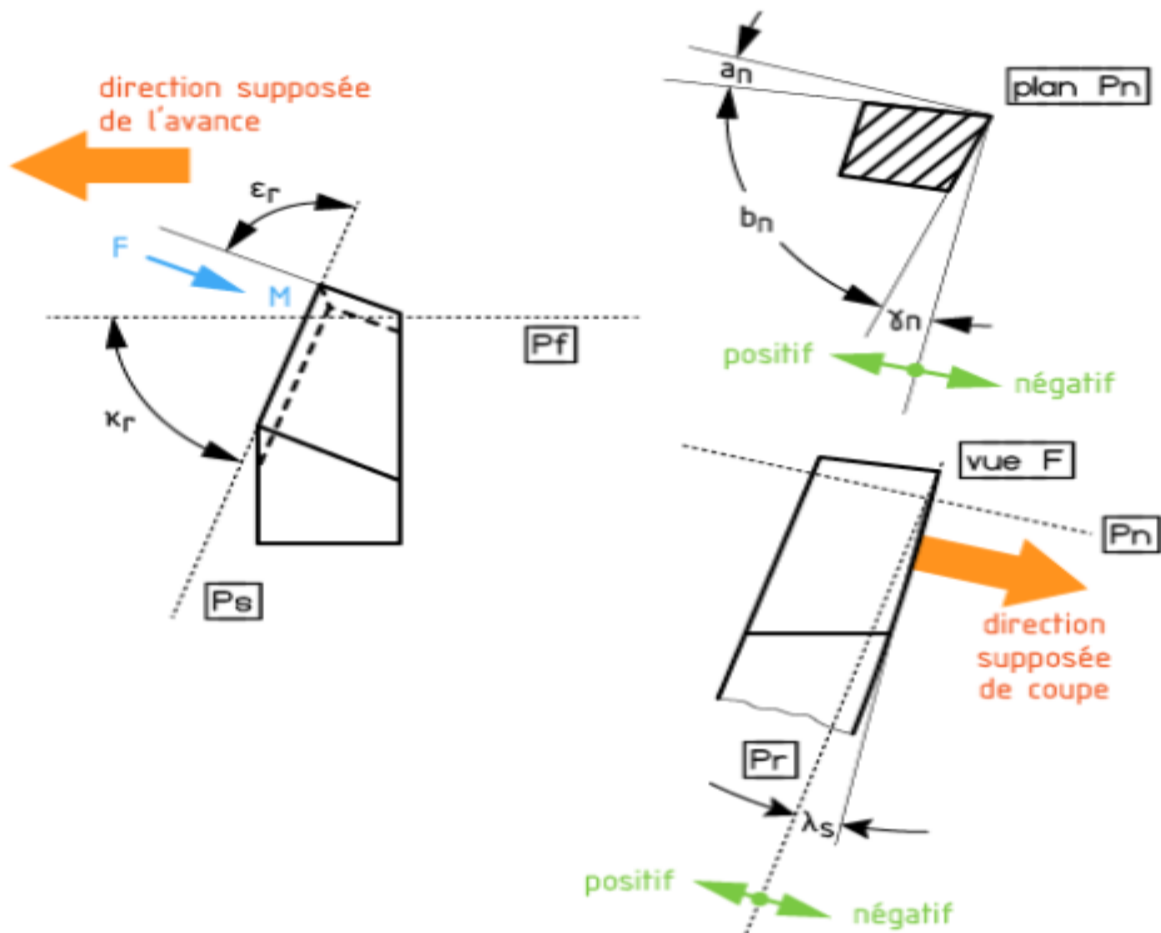


Figure 61: Référentiel "en main" de l'outil à tranchant unique : les principaux plans

1. Le **plan de référence** P_r est le plan passant par le point considéré de l'arête et parallèle au plan de base. Il sert de face d'appui au corps de l'outil
2. Le **plan de travail conventionnel** P_f est le plan perpendiculaire au plan de référence P_r de l'outil, au point considéré de l'arête, et parallèle à la direction supposée d'avance de l'outil
3. Le **plan d'arête de l'outil** P_s est le plan tangent à l'arête (au point considéré) et perpendiculaire au plan de référence de l'outil P_r

4. Le **plan normal** P_n est un plan perpendiculaire au plan de référence de l'outil P_r et au plan d'arête de coupe P_s , au point considéré.

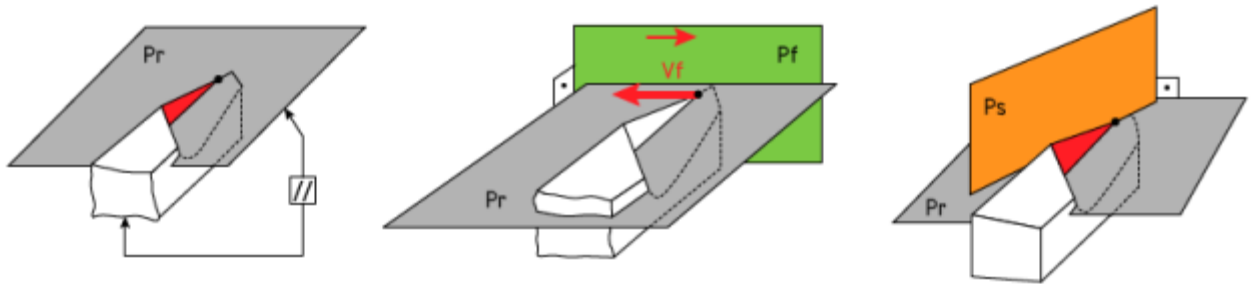


Figure 62: Plan de référence P_r , plan de travail conventionnel P_f , plan de l'arête de l'outil P_s

II.4. Les principaux angles et leur influence sur la coupe

Influence sur la coupe et définition des principaux angles.

L'angle de direction d'arête K_r est l'angle mesuré dans le plan de référence P_r entre les plans d'arête de l'outil P_s et de travail conventionnel P_f :

- pour des valeurs $K_r < 90^\circ$ on a une entrée en contact progressive de l'arête de coupe avec la matière à usiner
- pour des valeurs trop petites de K_r la longueur de contact arête de coupe/matière augmente, ce qui provoque également une augmentation des efforts de coupe
- l'angle K_r influe aussi sur la direction d'évacuation des copeaux

L'angle d'inclinaison d'arête λ_s est l'angle mesuré dans le plan d'arête de l'outil P_s entre l'arête et le plan P_r :

- les outils avec $\lambda_s < 0^\circ$ s'utilisent pour des usinages d'ébauche, en raison de la robustesse de l'arête de coupe, et de la bonne fragmentation des copeaux

- les outils avec $\lambda_s > 0^\circ$ s'utilisent pour des usinages de finition, les valeurs du copeau minimum étant plus faibles

L'angle de pointe ϵ_r est l'angle mesuré dans le plan de référence P_r entre le plan d'arête de l'outil P_s et l'arête de dépouille. Cet angle est choisi en fonction du profil à usiner.

L'angle de dépouille α est l'angle entre le plan d'arête de l'outil P_s et la face de dépouille.

- si l'angle α est trop grand, l'outil présente une arête trop fragile
- si l'angle α est trop petit la surface de contact pièce/face de dépouille augmente, ce qui induit le risque de talonnage

L'angle de taillant β est l'angle entre la face de dépouille et la face de coupe.

L'angle de coupe γ est l'angle entre la face de coupe et la plan de référence P_r :

- un angle γ trop grand fragilise l'arête et provoque un écoulement continu de copeau
- un angle γ trop petit provoque le frottement du copeau sur la face de coupe
- des valeurs $\gamma < 0^\circ$ sont réservées aux outils en carbure métallique et en céramique, en raison de la bonne tenue aux efforts et du fait que les copeaux se brisent facilement.

Remarque:

La relation suivante est toujours valable :

$$\alpha + \beta + \gamma = 90$$

Les angles sont toujours donnés dans le plan normal P_n (valeurs des catalogues). Les angles α , β sont toujours positifs; l'angle γ est positif lorsque la face de coupe se retrouve du même côté du plan de référence P_r que la face de dépouille. [9]

II.5. Les matériaux à outils

Matériaux pour outils de coupe :

- ❖ Les aciers rapides

- ❖ Les carbures métalliques
- ❖ Les céramiques de coupe
- ❖ Les cermets
- ❖ Le diamant industriel[10]

II.5.1 Les aciers rapides:

Ce sont des aciers à fort pourcentage de carbone (0.9 à 1.5) qui contiennent des métaux comme : le tungstène, le chrome, le vanadium, etc., dont le but est d'améliorer la dureté et la résistance à l'usure. [10]

II.5.1.1 Aciers rapides au cobalt : HS 18-1-1-5

Le cobalt permet de stabiliser les carbures à chaud et par conséquent la capacité à supporter les vitesses de coupe plus élevées[10]

II.5.1.2 Aciers rapides au molybdène : HS 2-9-1-8 , HS 6-5-2-5

- Le molybdène a une influence double de celle du tungstène
- Leur résistance aux chocs est supérieure à celle des aciers au tungstène[10]

II.5.1.3 Aciers rapides surcarbures : HS 6-5-4, HS 7-4-2-5, HS 2-9-1-8

- la teneur en carbone est supérieure à 1 %, [10]

II.5.1.4 Aciers rapides resulfurés :

- Le soufre (0,10 et 0,20 %.) :
 - ✚ permet d'améliorer l'aptitude à l'usinage et au meulage.
 - ✚ permet d'améliorer l'état de surface après usinage des outils (molettes de tournage, fraises mères à denture non rectifiée, fraises pour entrer de denture, etc.) [10]



Figure 63 : les aciers rapides

II.5.2 Carbures métalliques :

Les outils les plus répandus actuellement sont constitués d'une plaquette en carbure métallique montée sur un corps d'outil.

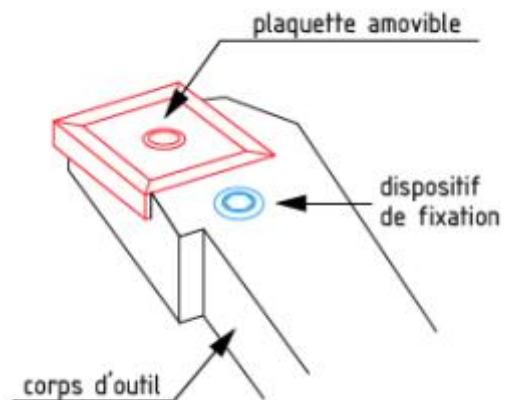


Figure 64: Outil à plaquette en carbure métallique

Les carbures sont des agglomérés de carbures divers (titane, bore, tungstène) et de cobalt obtenus par frittage et dont la dureté est proche de celle du diamant. Bien que fragiles et sensibles aux variations de température, les carbures métalliques conservent leur

dureté jusqu'à environ 1000°C. L'avantage de ce type de matériaux est qu'on peut utiliser des vitesses de coupe élevées et de fortes passes dans l'usinage de divers matériaux .

Suivant la surface à obtenir, on utilise principalement des plaquettes de forme carré, ronde, rectangulaire, rhombique, triangulaire, hexagonale, octogonale, pentagonale, etc....

[10]

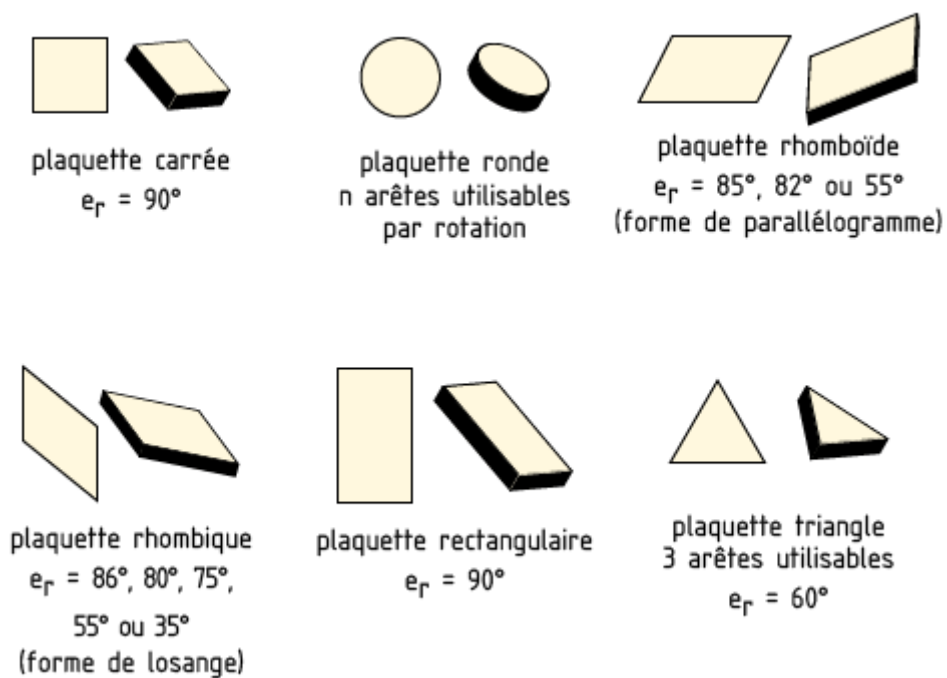


Figure 65: Différentes géométries des plaquettes en carbure métallique

Deux paramètres géométriques sont importants pour ce type d'outils, ils sont définis suivant la forme des plaquettes :

- le rayon de bec r_ε
- l'angle de pointe ε_r .

Si plusieurs formes conviennent pour l'usinage d'une surface, on choisira celle qui donne la meilleure résistance mécanique (ε_r maximum).

Si le critère de résistance n'est pas primordial, on choisira la plus économique.

Notons aussi l'existence des plaquettes réversibles : une plaquette est dite réversible si elle présente un plan de symétrie parallèle à ses deux faces les plus importantes. [10]

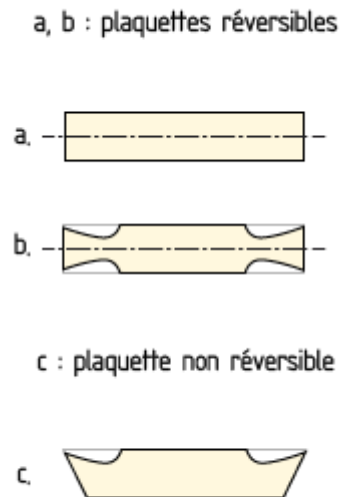


Figure 66: Plaquettes réversibles et irréversibles en carbure métallique

II.5.3 Céramiques :

Il existe deux grandes familles de céramiques :

- ✓ Les céramiques à base d'alumine pure
- ✓ Les céramiques mélangées avec d'autres oxydes (zircone ZrO_2), des carbures (SiC, TiC) ou des nitrures (Si_3N_4).
- ✓ Elles Supportent des vitesses de coupe élevées à des températures importantes.
- ✓ Elles résistent bien à l'usure mais mal aux chocs.
- ✓ Elles sont souvent utilisées sur des machines puissantes pour l'usinage des métaux ferreux[10]

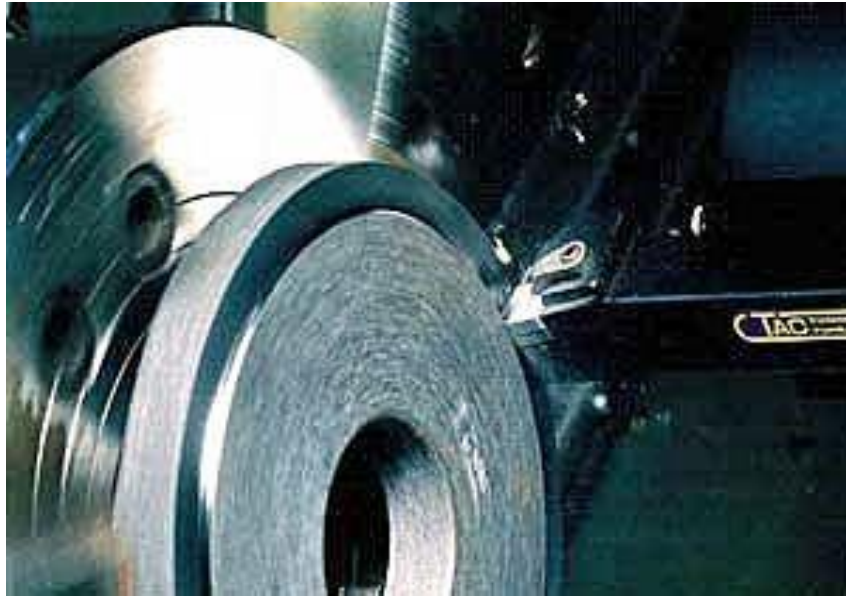


Figure 67: céramique

II.5.4Diamants industriels

- ❖ C'est le plus dur des matériaux connus.
- ❖ Il se présente sous forme de grain brasé à l'extrémité d'un corps en acier.
- ❖ On l'utilise pour certains travaux de finition.
- ❖ Il peut usiner tous les métaux quelle que soit leur dureté.
- ❖ Son prix de revient est élevé. [10]



Figure 68: Diamants industriels.

II.6 Choix du matériau de l'outil de coupe

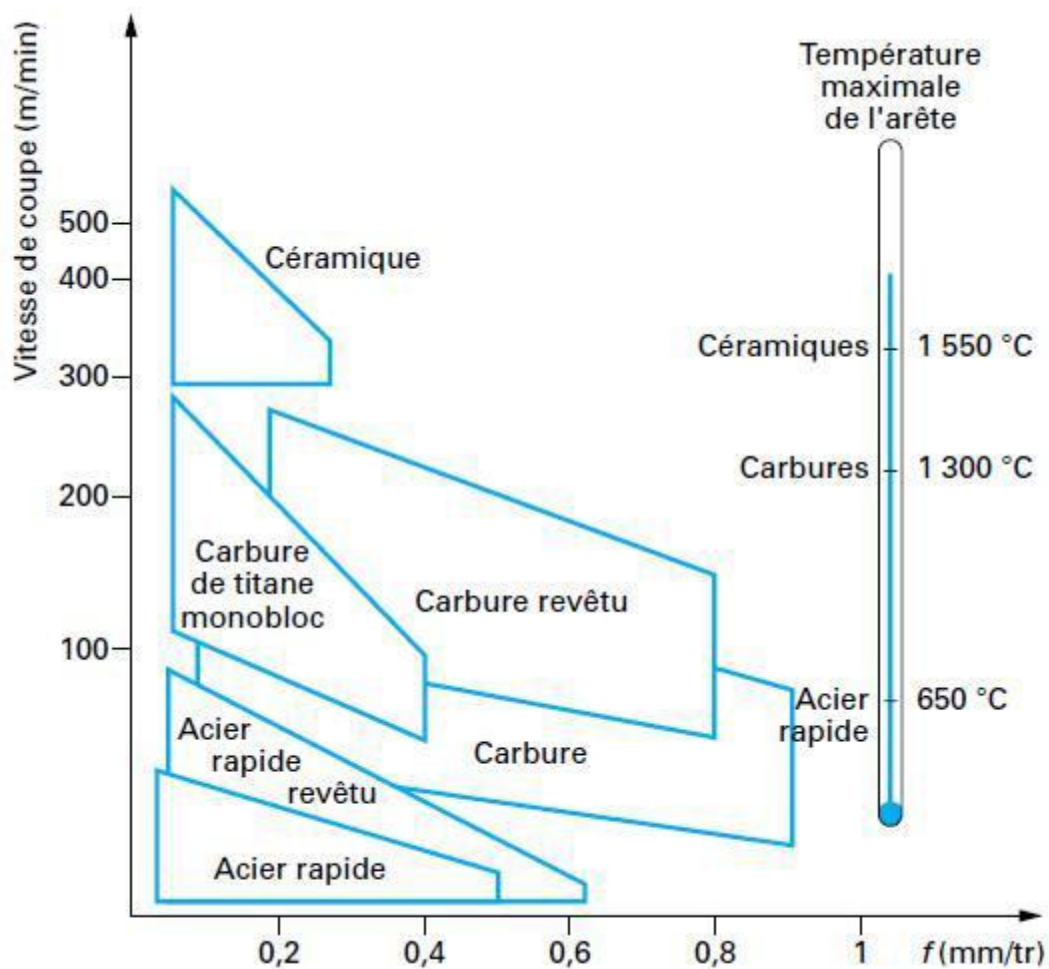


Figure 69: choix des matériaux[10]

II.7 Les critères de choix:

Plusieurs critères permettent de définir les paramètres de la coupe :

- le type de machine (tour, fraiseuse, perceuse) et sa puissance,
- la matière usinée (acier, aluminium, etc.),
- la matière de l'outil (ARS, carbure métallique,...),

- le type d'opération (chariotage, dressage, ébauche, finition, surfacage, perçage, etc...).

L'objectif final est d'obtenir une pièce usinée dans de bonnes conditions. Pour cela il faut déterminer certains paramètres spécifiques, notamment :

- la vitesse de coupe V_c ,
- la vitesse d'avance V_f ,
- et la profondeur de passe a_p . [11]

II.8 Le type et la puissance de la machine

Selon l'opération à réaliser, il faut choisir la méthode d'usinage, et donc faire le choix de la machine à utiliser (tour, fraiseuse, perceuse, etc...).

Naturellement, il y a souvent plusieurs possibilités pour réaliser un même type d'usinage.

La puissance de la machine influe sur ses performances. Pour l'usinage par enlèvement de matière, il y a deux grands cas de figure :

- **Usinage en ébauche**, où l'on cherche à enlever un maximum de matière en un minimum de temps. L'objectif est dans ce cas d'augmenter au maximum le débit de copeaux.

Mais la machine doit être suffisamment puissante, ainsi que l'attachement pièce/porte-pièce, sinon la machine peut "caler", ou la pièce peut voler.

- **Usinage en finition**. Pour ce type d'opération c'est la qualité de réalisation qui est importante : la surface doit être lisse, les cotes doivent être correctes. Comme les efforts en jeu sont plus faibles que pour une ébauche, la puissance de la machine n'est plus un critère primordial. [11]

II.9 La matière de la pièce

Les efforts de coupe sont différents, selon la matière dont est constituée la pièce. La matière a donc une influence importante sur les choix relatifs à la puissance machine. [12]

II.10 La matière de l'outil

Compte tenu du fait que c'est l'outil qui doit usiner la pièce (et non l'inverse) il est important de choisir des outils dont l'usure est moindre et dont la durée de vie est la plus grande possible. [12]

II.11 Le type d'opération et la forme de l'outil

Compte tenu du type des surfaces à obtenir il faut choisir l'opération et l'outil adéquat. Dans une grande majorité de situations plusieurs possibilités pour réaliser un même type d'usinage existent, le choix étant dans cette situation influencé par les paramètres précédemment énoncés. [12]

II.12 Les paramètres de coupe

II.12.1 La vitesse de coupe

La **vitesse de coupe** V_c [m/min] représente l'espace parcouru (en mètres) par l'extrémité d'une dent de l'outil en une minute.

Ce paramètre a une influence directe sur la durée de vie des outils, il varie :

- avec le type de matière à usiner et le matériau de l'outil,
- selon la nature de l'opération (ébauche ou finition),
- par rapport au type d'usinage effectué (application d'un coefficient réducteur lorsque l'usinage est délicat),
- fonction des conditions de lubrification (travail à sec ou lubrifié).

Les valeurs usuelles des vitesses de coupe, fonction de la matière à usiner et de la matière de l'outil, sont données dans des abaques.

La vitesse de coupe étant donnée, il convient de déterminer maintenant le paramètre fréquence de rotation N qui sera utilisée pour le mouvement de coupe[7]

II.12.2 La fréquence de rotation N

La **fréquence de rotation** N [tour/min] se calcule par la formule suivante :

Équation 1 : la fréquence de rotation

$$N = \frac{1000 * V_c}{\pi * D}$$

Où D [mm] représente le diamètre de la pièce à usiner (en tournage) ou le diamètre de la fraise/du foret (en fraisage/perçage).

A l'aide des tableaux indiquant les fréquences de rotation disponibles sur les machines-outils, on choisit les valeurs les plus proches de celles calculées. [13]

II.12.3 L'avance f ou f_z

L'avance f ou f_z [mm/tour] s'exprime par le déplacement de la pièce (en fraisage) ou de l'outil (en tournage) pour :

- une dent; c'est l'avance par dent (f_z) utilisée en fraisage,
- un tour; c'est l'avance par tour (f) utilisée en tournage.

L'avance détermine principalement la rugosité de la surface. Elle est prise plus grande en ébauche qu'en finition, les valeurs des avances, fonctions des états de surfaces désirées, sont également données par des abaques.

La **vitesse d'avance** [mm/min] c'est la vitesse de translation de la pièce/outil qui sera affichée sur la machine. Ce paramètre se calcule par la formule suivante :

Équation 2: la vitesse d'avance

$$V_f = f_z * Z * N$$

Avec Z qui représente le nombre de dents de la fraise et N la fréquence de rotation calculée à l'aide de la vitesse de coupe V_c .

Ce paramètre s'utilise seulement en fraisage car en tournage les déplacements sont affichées directement par le paramètre f (mm/tour). [13]

Si l'outil comporte des dents usées il convient de diminuer la puissance machine engagée dans l'usinage afin d'éviter que la dent qui suit une dent usée prenne une charge double en termes d'épaisseur de copeau et de puissance absorbée. Pour le calcul de la vitesse d'avance il faut utiliser un nombre de dents diminué du double du nombre de dents manquantes.

Le paramètre **profondeur de passe** a_p dépend de la surépaisseur de matière à usiner ainsi que de la nature de l'opération (ébauche ou finition).

Elle tend à diminuer lorsque les exigences dimensionnelles, géométriques ou d'état de surface deviennent plus rigoureuses. La valeur de la profondeur de passe ne doit cependant être inférieure au copeau minimum. Sa valeur maximale est limitée par la rigidité de l'outil et par la puissance de la machine.

La section du copeau. La valeur de l'avance par tour (f) multipliée par la profondeur de passe a_p détermine la section du copeau enlevée par chaque dent, valeur qui influe elle-même sur la puissance demandée à la machine-outil. [13]

II.13 Les tableaux des conditions de coupe

Pour les principales opérations d'usinage traditionnel les valeurs usuelles des conditions de coupe sont présentées dans les tableaux ci-dessous. [14]

Tableau 1 : Les conditions de coupe pour les opérations de tournage

Tournage (Attention : pour les gorges et le tronçonnage : prendre 50% des valeurs de tournage ci-dessous)													
		Outils ARS						Outils Carbure					
		Ebauche			Finition			Ebauche			Finition		
Matières	Rr MPa	γ	V60 m/min	a max mm	f mm/tr	V60 m/min	f mm/tr	γ	V60 m/min	a max mm	f mm/tr	V60 m/min	f mm/tr
Acier S235	500	18°	30	2	0.1	45	>0.04	14°	150	2	0.2	250	>0.10
Acier INOX	500	14°	27	2	0.1	32	>0.04	6°	105	2	0.2	115	>0.10
Acier 35CD4	1100	10°	20	2	0.1	28	>0.04	0°	100	2	0.2	160	>0.10
PVC	60	15°	90	4	0.3	150	>0.10	8°	100	4	0.3	150	>0.20
Nylon PA6	80	15°	90	2	0.2	120	>0.05	5°	100	2	0.35	180	>0.12
Plexi PMMA	78	15°	75	2	0.2	90	>0.10	10°	100	2	0.25	150	>0.12
Laiton UZ30	400	10°	70	1	0.3	110	>0.02	20°	200	2	0.3	230	>0.10
Bronze UE12P	200	10°	32	2	0.2	43	>0.02	20°	90	2	0.3	120	>0.10
Dural AU4G	280	22°	200	2	0.3	250	>0.02	25°	400	3	0.4	500	>0.10

Tableau 2 : Les conditions de coupe pour les opérations de fraisage en roulant

Fraisage en roulant (rainurage, combiné...)													
		Fraises ARS ($\varnothing > 20$)						Fraises ARS ($\varnothing < 20$)					
		Ebauche			Finition			Ebauche			Finition		
Matières	Rr MPa	γ	V60 m/min	a maxi mm	fz mm/(tr.d)	V60 m/min	fz mm/(tr.d)	γ	V60 m/min	a maxi mm	fz mm/(tr.d)	V60 m/min	fz mm/(tr.d)
Acier S235	500	20°	25	2	0.08	32	>0.05	20°	19	2	0.03	22	>0.03
Acier INOX	500	20°	24	2	0.06	28	>0.04	20°	16	2	0.03	18	>0.03
Acier 35CD4	1100	20°	18	2	0.04	24	>0.03	12°	16	2	0.03	20	>0.03
Laiton UZ30	400	10°	72	2	0.16	90	>0.03		41	3	0.01	46	>0.01
Bronze UE12P	200	10°	30	2	0.18	35	>0.03		18	3	0.01	22	>0.01
Dural AU4G	280	20°	240	2	0.07	270	>0.06	20°	95	5	0.05	105	>0.03

Tableau 3: Les conditions de coupe pour les opérations de fraisage en bout

Tournage (Attention : pour les gorges et le tronçonnage : prendre 50% des valeurs de tournage ci-dessous)													
		Outils ARS						Outils Carbure					
		Ebauche			Finition			Ebauche			Finition		
Matières	Rr MPa	γ	V60 m/min	a max mm	f mm/tr	V60 m/min	f mm/tr	γ	V60 m/min	a max mm	f mm/tr	V60 m/min	f mm/tr
Acier S235	500	18°	30	2	0.1	45	>0.04	14°	150	2	0.2	250	>0.10
Acier INOX	500	14°	27	2	0.1	32	>0.04	6°	105	2	0.2	115	>0.10
Acier 35CD4	1100	10°	20	2	0.1	28	>0.04	0°	100	2	0.2	160	>0.10
PVC	60	15°	90	4	0.3	150	>0.10	8°	100	4	0.3	150	>0.20
Nylon PA6	80	15°	90	2	0.2	120	>0.05	5°	100	2	0.35	180	>0.12
Plexi PMMA	78	15°	75	2	0.2	90	>0.10	10°	100	2	0.25	150	>0.12
Laiton UZ30	400	10°	70	1	0.3	110	>0.02	20°	200	2	0.3	230	>0.10
Bronze UE12P	200	10°	32	2	0.2	43	>0.02	20°	90	2	0.3	120	>0.10
Dural AU4G	280	22°	200	2	0.3	250	>0.02	25°	400	3	0.4	500	>0.10

Tableau 4 : Les conditions de coupe pour les opérations de perçage et Alésage

Perçage, Alésage													
		Forets et alésoirs A.R.S.									Tarauds A.R.S.		
		γ	Perçage					Alésage				Lubrifiant	
Matières	Rr MPa		V60 m/min	angle pointe	angle hélice	$\phi < 10$ f mm/tr	$\phi > 10$ f mm/tr	V60 m/min	a mm	$\phi < 20$ f mm/tr	V60 m/min		
Acier S235	500	25°	25	135°	30°	0.025 ϕ	>0.05	12.5	>0.20	0.3	12	Huile de coupe	
Acier INOX	500	25°	20	120°	30°	0.02 ϕ	>0.04	8	>0.20	0.15	6	Huile soluble	
Acier 35CD4	1100	25°	22	120°	30°	0.012 ϕ	>0.03	9	>0.20	0.17	10	Huile de coupe	
PVC	60		60	135°	30°	0.02 ϕ		non	non	non	15	Air comprimé	
Nylon PA6	80	0°	30	100°	30°	0.02 ϕ		non	non	non	15	Air comprimé	
Plexi PMMA	78	0°	40	140°	30°	0.02 ϕ		non	non	non	10	Air comprimé	
Laiton UZ30	400	18°	45	120°	15°	0.03 ϕ	>0.03	30	>0.20	0.4	13	à sec	
Bronze UE12P	200	10°	20	120°	30°	0.037 ϕ	>0.03	12	>0.20	0.9	7	Huile de coupe	
Dural AU4G	280	35°	65	140°	30°	0.032 ϕ	>0.06	30	>0.20	0.4	18	Pétrole	

II.14 L'arrosage et la lubrification dans l'usinage

II.14.1 Les fonctions du fluide de coupe

L'utilisation, lors de l'usinage par enlèvement de matière, des liquides d'arrosages composés principalement d'eau, d'huiles minérales et d'additifs chimiques, permet d'assurer les fonctions suivantes :

- le refroidissement de l'outil. A température élevée les caractéristiques mécaniques du matériau constituant l'outil diminuent. La durée de vie est inversement proportionnelle à la température de coupe. La durée de vie est affectée par toute variation, même minime, de la température.
- la diminution du coefficient de frottement. Plus le frottement est élevé, plus l'angle de cisaillement est petit. Le changement de lubrifiant modifie le rapport de coupe et par conséquent le coefficient de frottement. Plus le rapport de coupe est élevé, meilleur est le pouvoir lubrifiant du fluide.
- l'amélioration de l'état de surface. La formation de l'arête rapportée est à l'origine d'une rugosité élevée aux vitesses de coupe basses. La lubrification peut atténuer la formation de l'arête rapportée (additifs anti - soudure) et contribue à un meilleur état de surface.
- l'évacuation des copeaux. L'arrosage par jet permet de maintenir un film lubrifiant entre les parties frottantes et facilite l'évacuation des copeaux (en perçage par exemple). L'arrosage abondant permet une meilleure évacuation des copeaux. [15]

II.14.2 La pénétration des fluides coupe

Les facteurs qui s'opposent à la formation du film lubrifiant près de l'arête sont :

- la pression de coupe
- l'évaporation due aux températures élevées
- la vitesse de glissement des copeaux par outil

Les zones de pénétration vers l'arête sont :

- entre la face en dépouille et la surface usinée

- entre le copeau et l'outil (la face de coupe) [15]

Attention:

La durée de vie de l'outil n'est améliorée que dans le cas où le jet est dirigé de façon très précise sur l'arête coupante.

II.14.3 Le mode d'action des fluides de coupe

Les divers lubrifiants utilisés en usinage assurent :

- l'effet de refroidissement (eau, huiles minérales)
- l'effet lubrifiant (les additifs chimiques)

Les pouvoirs lubrifiants et réfrigérants sont plus complexes à appréhender. Une étude intéressante a été publiée dans les techniques de l'Ingénieur.

Attention:

Il est important d'assurer, en usinage par enlèvement de matière, un arrosage abondant et continu.

Il faut également commencer l'arrosage avant de démarrer l'usinage. [15]



Figure 70 : fluide de coupe

Chapitre III :

Partie expérimentale

Chapitre III : partie expérimentale**III.1.1- PRESENTATION DU SUJET :**

La pièce proposée est un « ARBRE INTERMEDIAIRE » d'un réducteur à deux étages.

III.1.2- Description :

Les réducteurs assurent l'entraînement entre un moteur et une machine, et permettent la transmission et la régulation d'un mouvement. Ils permettent de ralentir ou d'accélérer un mouvement, de modifier un rapport de vitesse. Ils servent à transmettre un couple plus important. Lorsqu'un moteur qui crée un mouvement est combiné au réducteur, on parle de motoréducteur. Quand on accélère un mouvement, on parle de multiplicateur. Noter qu'il y a toujours des engrenages dans les réducteurs. L'un ne va pas sans l'autre. Afin de fonctionner parfaitement, les engrenages qu'ils intègrent sont taillés avec une précision d'orfèvre.



Figure 72 réducteurs

III.1.3- Le rôle de cet arbre :

Transmettre le couple de rotation du moteur électrique vers les autres organes par engrènement.

III.2 Matériaux utilisée:

C 45 (XC 48)

III.2.1 Analyse chimique moyenne :**Tableau 5:** composition chimique

	C%	Mn %	Si %	S %	P %
C 45	0,42 - 0,48	0,50 - 0,80	0,10 - 0,35	≤ 0,025	≤ 0,035

Avec :

- ❖ **C** : Carbone ;
- ❖ **S** : Soufre ;
- ❖ **Mn** : Manganèse ;
- ❖ **P** : Phosphore ;
- ❖ **Si** : Silicium.

III.2.2 Propriétés physique et mécanique :**Tableau 6:** propriété mécaniques

	HB (n/mm²)	Rm(Mpa)	Re (mpa)	A %
C 45	195 - 270	650 - 850	400 - 490	14 - 16

Avec :

- **HB** : dureté
- **A** : allongement
- **Rm** : résistance mécanique
- **Re** : limite apparente d'élasticité.

III.2.3 L' avantage :

L'avantage de ces aciers est leur prix, les nombreux formats disponibles en rond et en plaque. Ils s'usinent facilement, sont aptes au traitement thermique. Leurs caractéristiques mécaniques et leur composition sont garanties par le fabricant. Ils sont donc très couramment utilisés en mécanique générale et on les trouve facilement. Ils ont l'avantage d'être facile à recuire ; ils sont donc moins durs à l'état recuit et sont donc plus facilement usinable. Toutefois, leur manque de résistance à l'usure et à la corrosion (ils rouillent), leur fragilité, leur manque de stabilité et leur déformation à la trempe les rendent parfois inadaptés à certaines applications. L'ajout d'alliages permet de résoudre ces carences.

III.2.4 Logiciel a utilisé : SOLIDWORKS

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

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



III.3 Description de l'arbre :

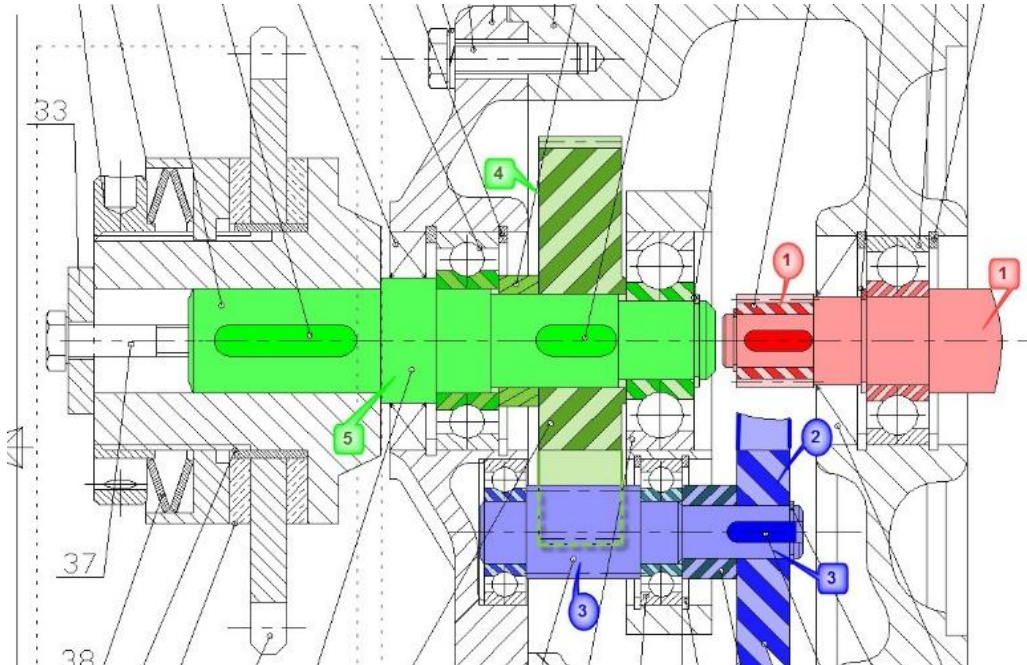


Figure 73 : dessin technique d'un réducteur a deux étage

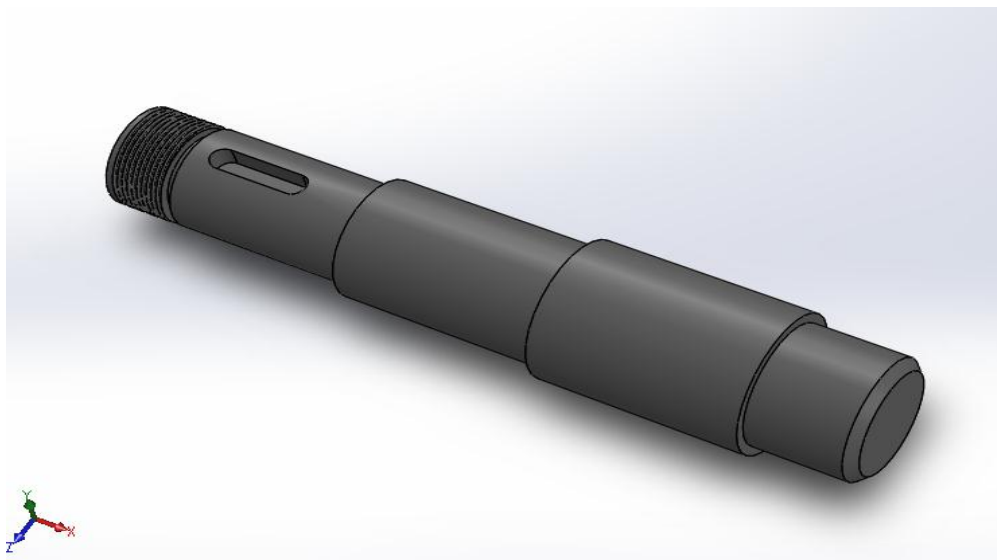


Figure 74: arbre

III.3.1 Dessin définition

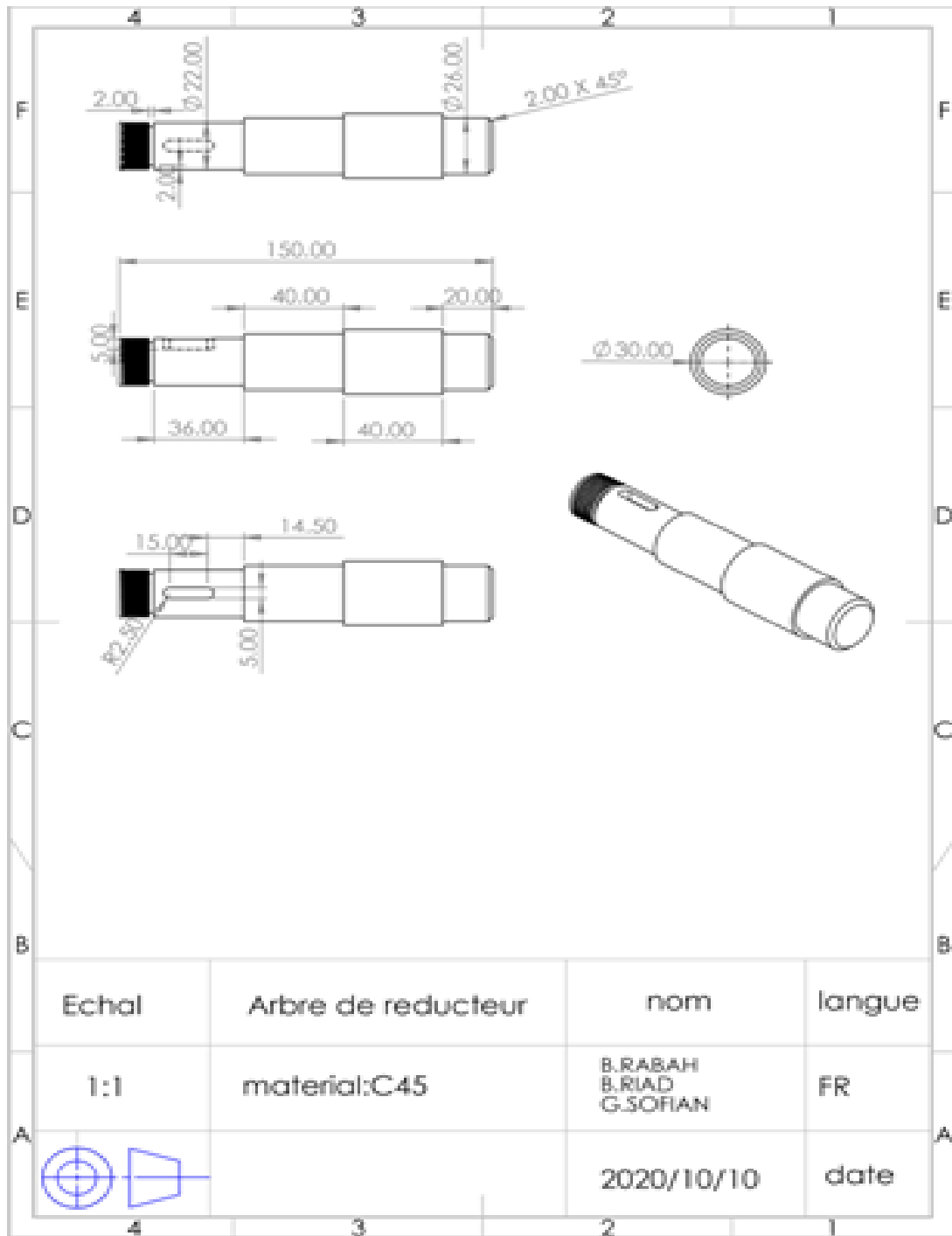


Figure 75:dessin définition

III.3.2 Gamme de usinage

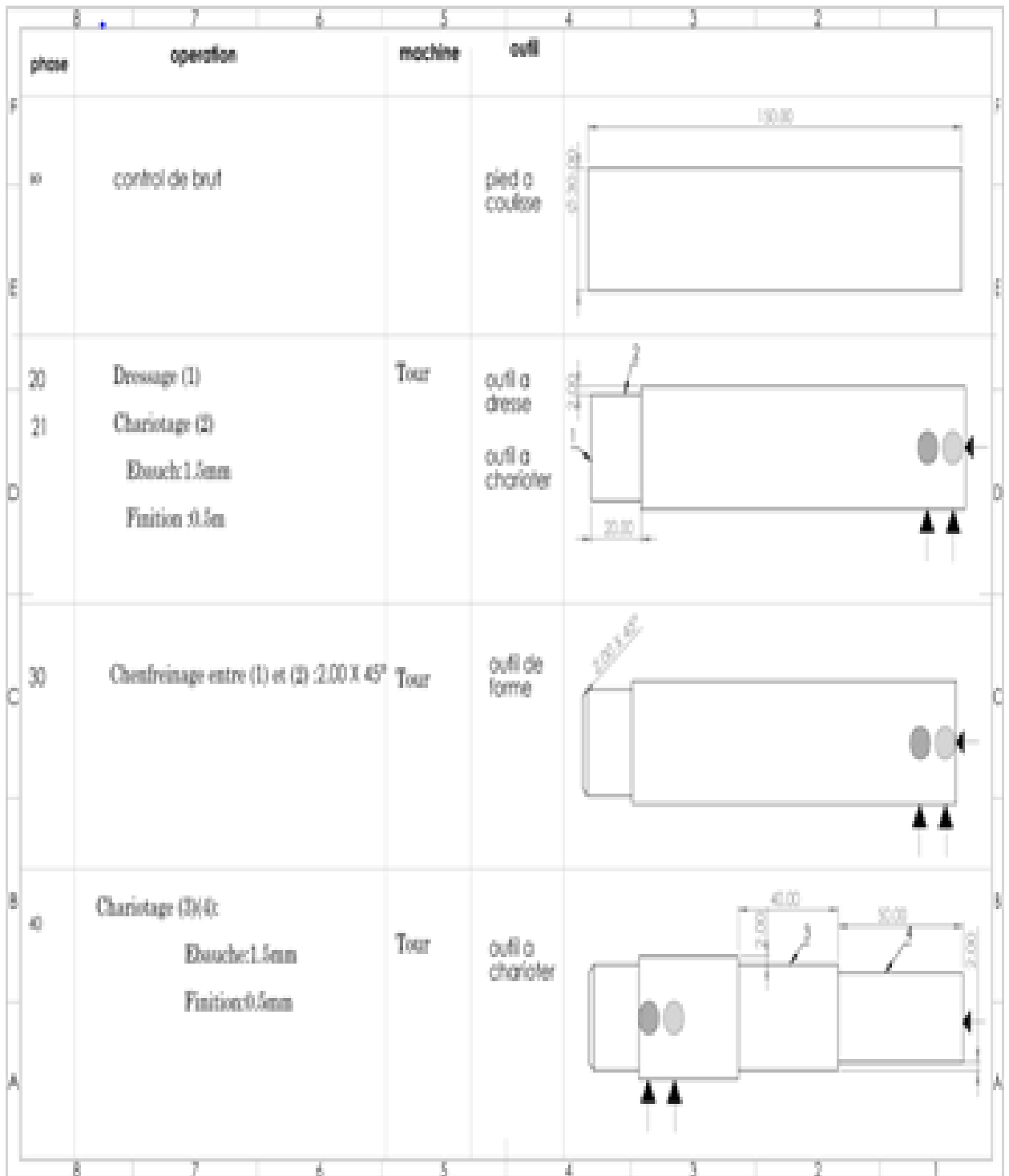


Figure 76: gamme d'usinage 1

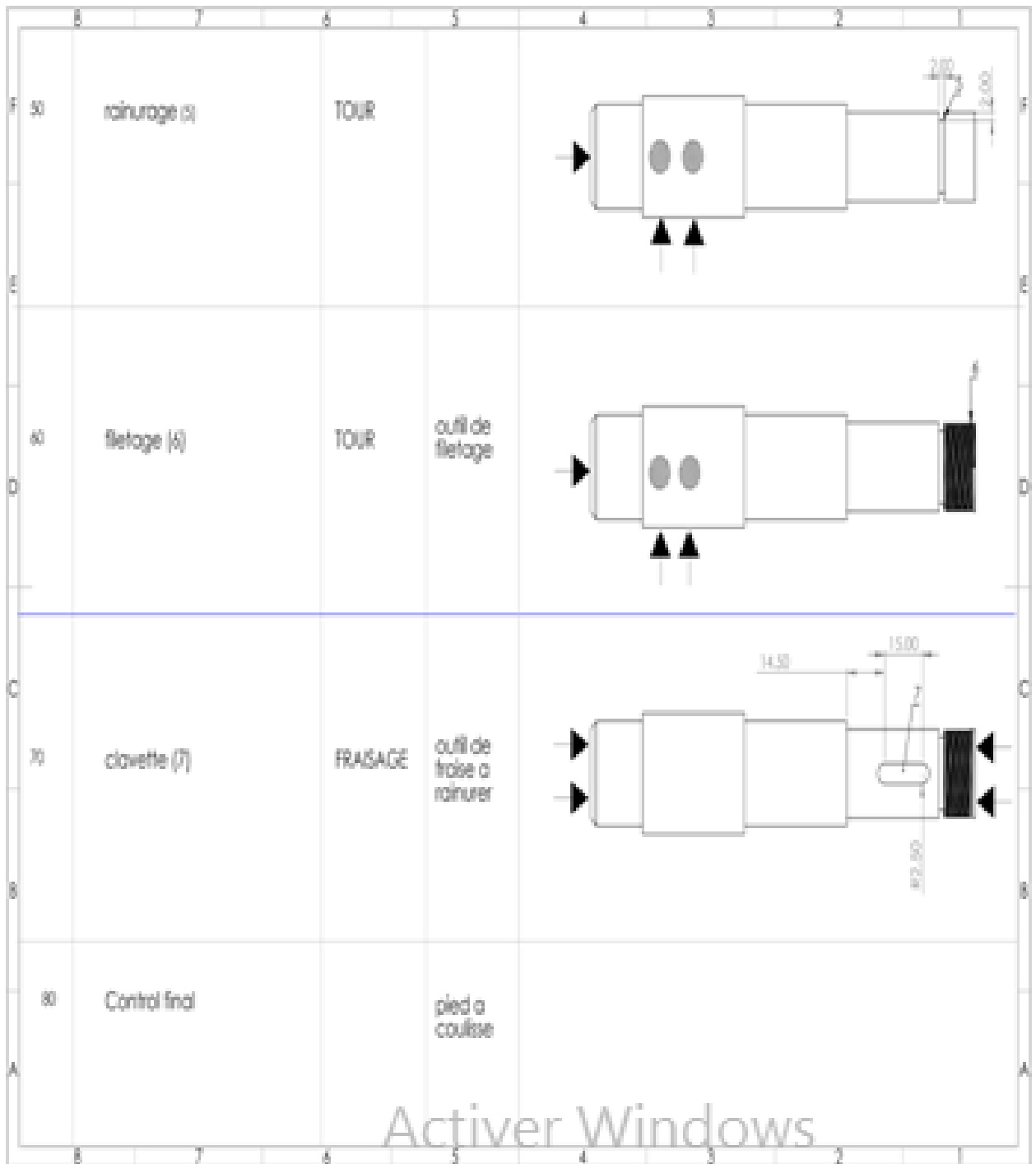


Figure 77: gamme d'usinage 2

III.3.4. Paramètre de coupe

-Vitesse de coupe V_c ;

$$V_c = \frac{\pi d N}{1000}$$

-Vitesse de rotation N

$$N = \frac{1000v_c}{\pi d}$$

-Vitesse d'avance

On tournage :

$$V_c = Nf$$

$$f = \frac{a}{10}$$

On fraisage :

$$V_f = NfZ$$

Avec Z: nombre de dent

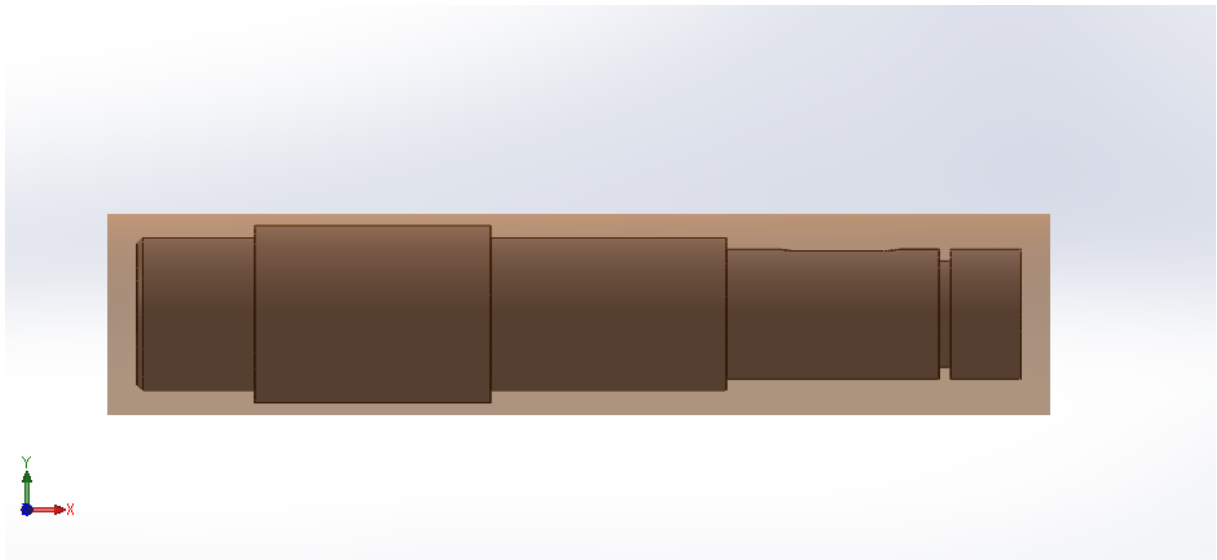


Figure 78: Matériau brut C45

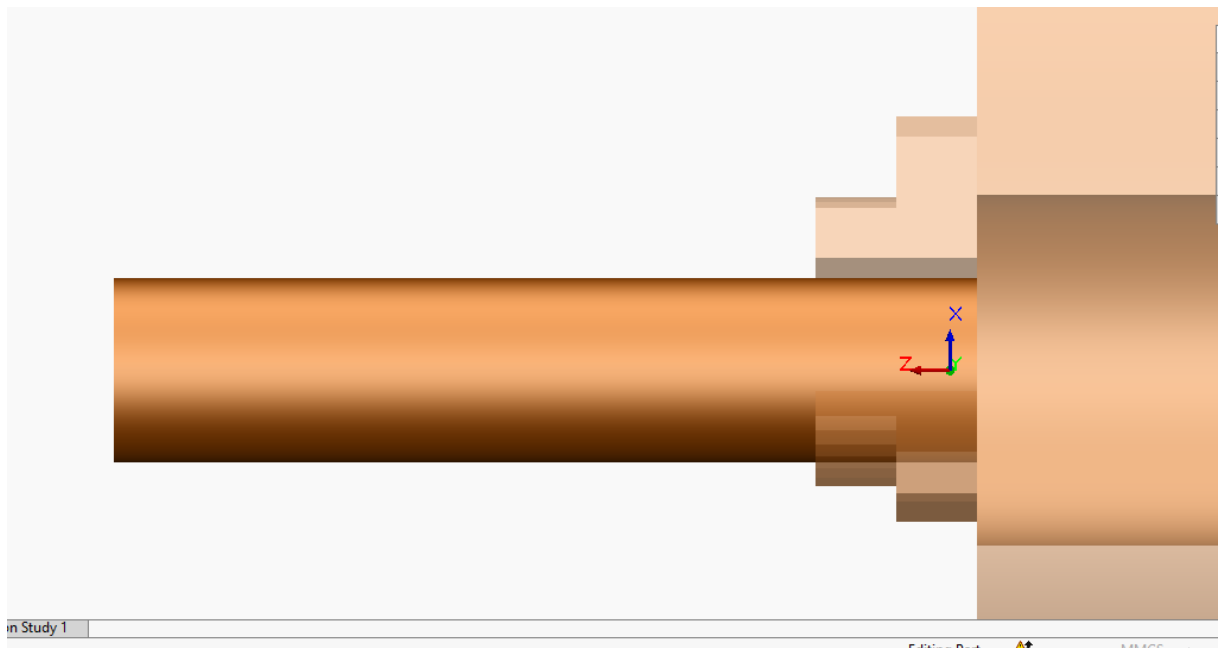


Figure 79 : Fixe dans mandrin 3 mors

III.3.4.1 Opération de chariotage

On a utiliser outil A R S

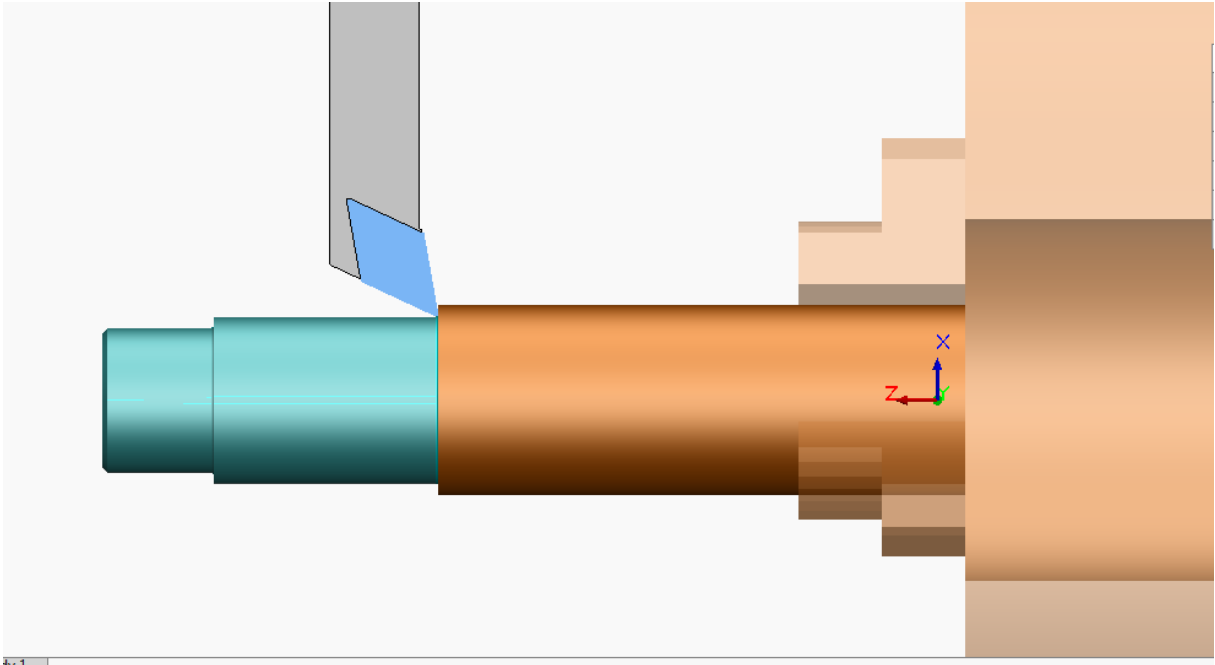


Figure80:opérations de chariotage

on a $V_c=32\text{m/min}$, $d=30\text{mm}$, $f=0.2\text{mm}$

$$N = \frac{1000 \times 32}{\pi 30} = 340 \text{tr/min}$$

$$V_c = 0.2 \times 340 = 68 \text{mm/tr}$$

III.3.4.2 Opération de dressage

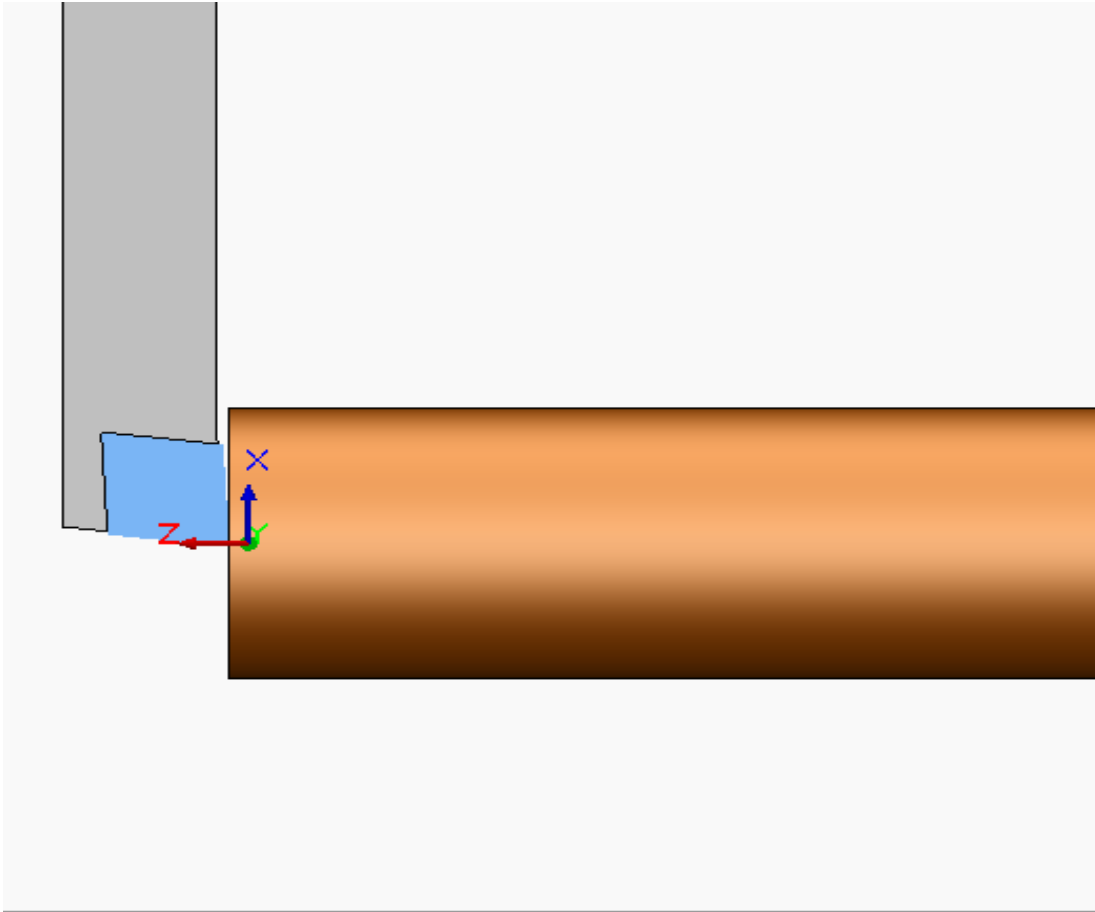


Figure 81: opération de dressage

Même outil utilise pour faire chariotage dressage chanrenage

$$V_c \text{ (dressage)} = 0.8 V_c \text{ (chariotage)}$$

$$V_c = 0.8 \times 32 = 25.6 \text{ m/min}$$

$$N = \frac{1000 \times 25.6}{\pi 30} = 271.654 \approx 272 \text{ tr/min}$$

$$V_f = 272 \times 0.2 = 54.4 \text{ mm/tr}$$

III.3.4.3 Opération de chanfrein

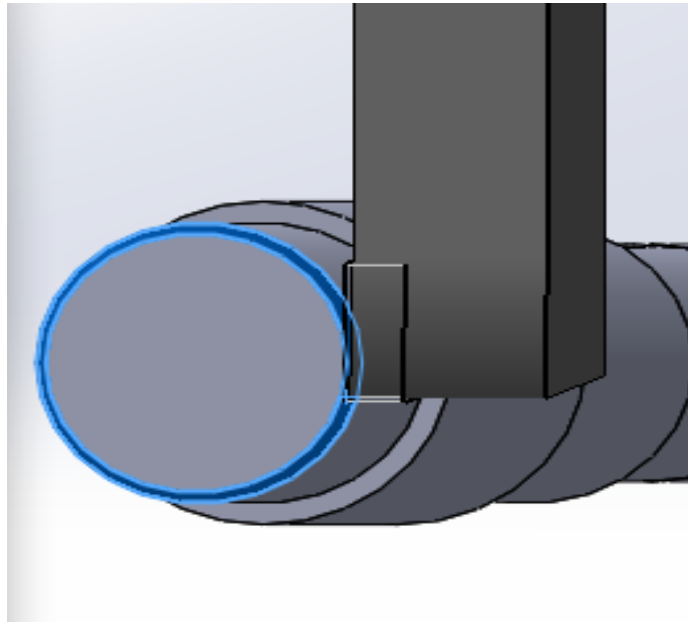


Figure 82:opération de chanfrein

La vitesse de coup c 'est la même vitesse de chariotage

III.3.4.4 Opération de rainurage

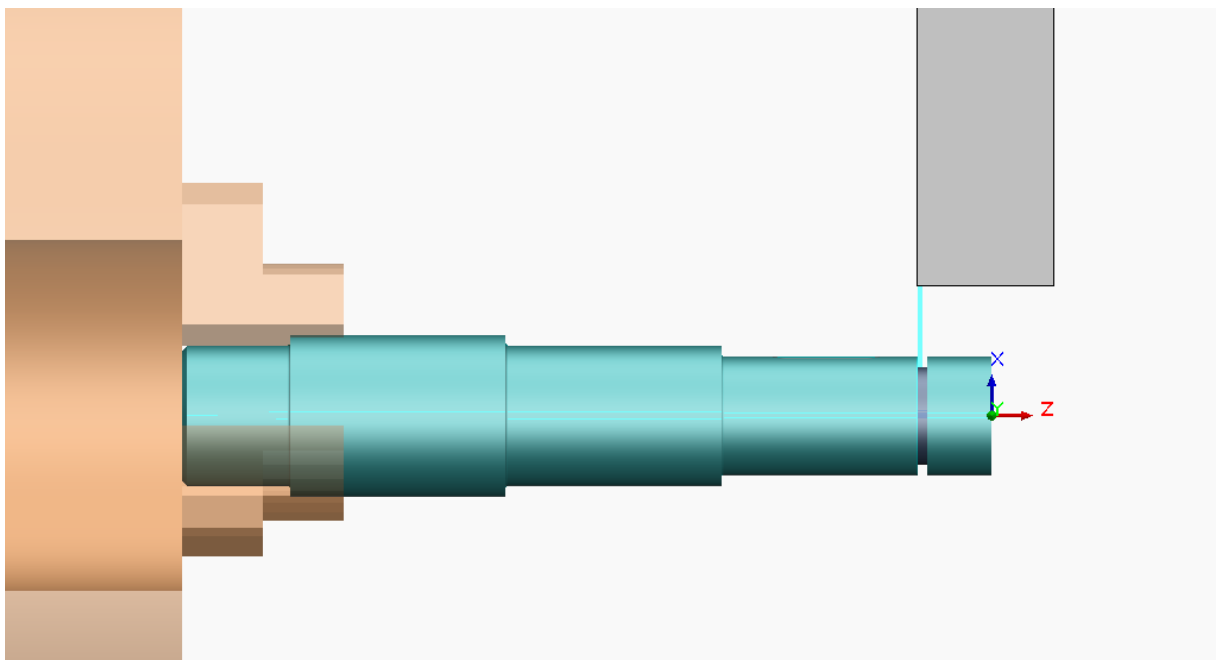


Figure 83:opération de rainurage

$$V_c(\text{rainurage}) = 0.5 V_c(\text{chariotage})$$

$$V_c = 0.5 \times 32 = 16 \text{ m/min}$$

$$N = (1000 \times 16) / \pi 30 = 169.765 \approx 170 \text{ tr/min}$$

$$V_f = 170 \times 0.2 = 34 \text{ mm/tr}$$

III.3.4.5 Operation de filetage

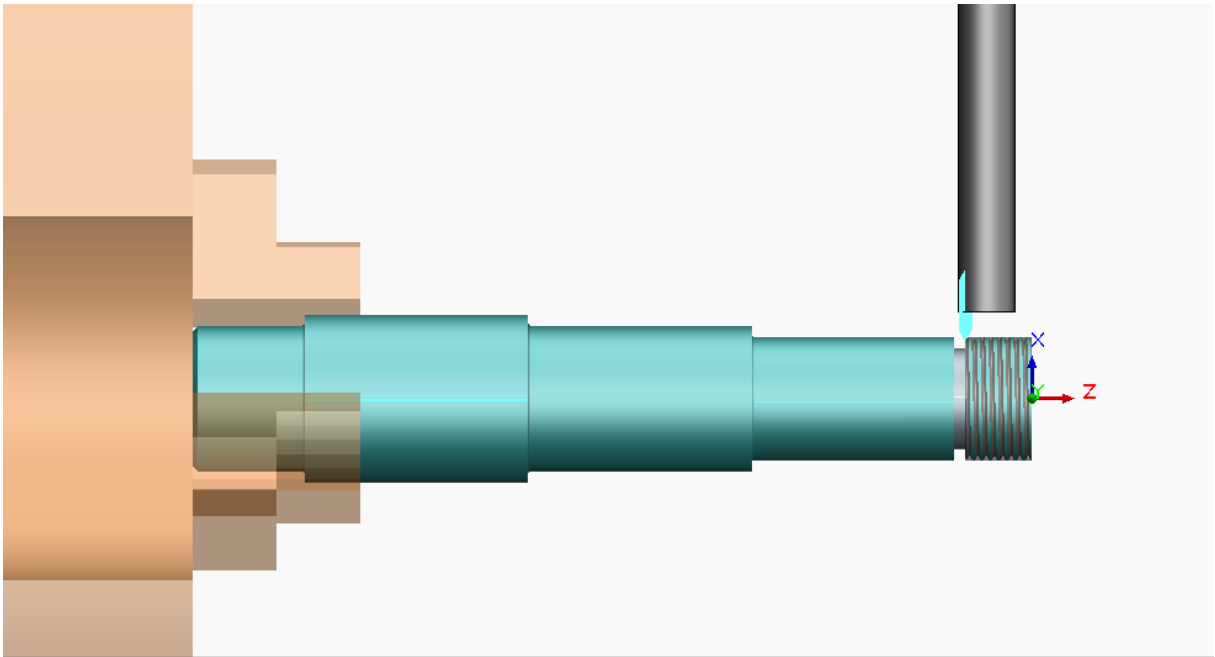


Figure 84: opération de filetage

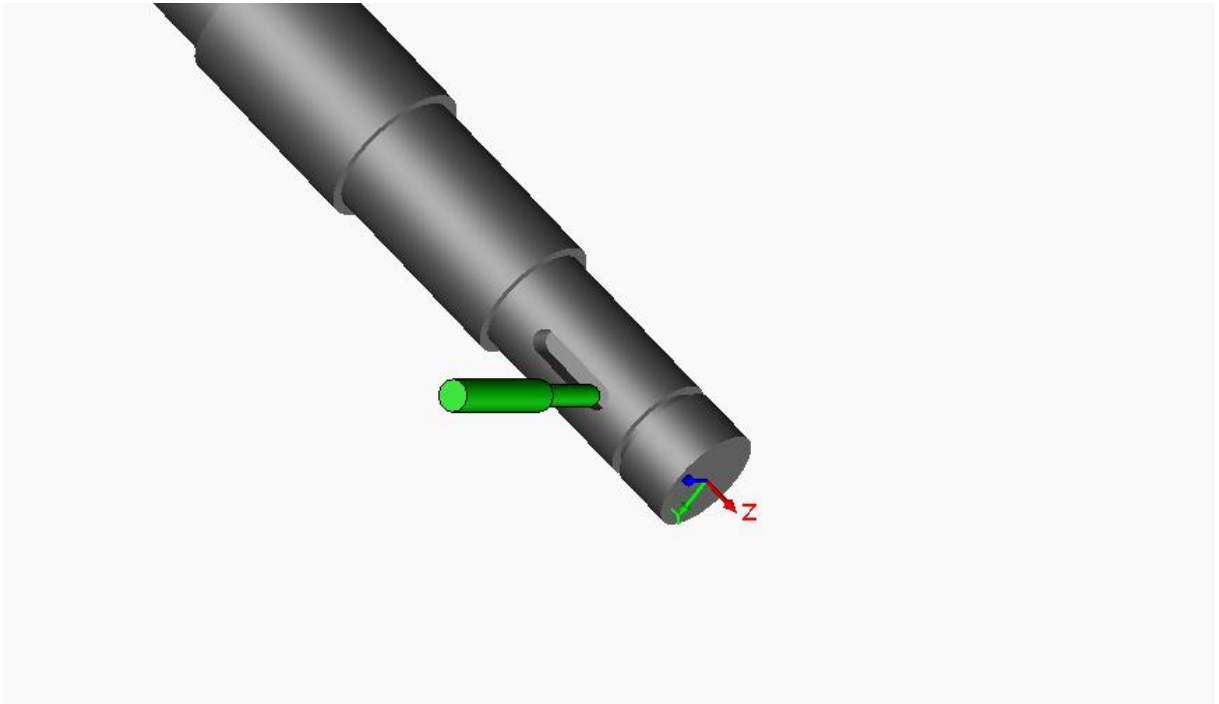
On a filetage type M 20x2.5

$$V_c \text{ (filetage)} = 0.33 V_c \text{ (chariotage)}$$

$$V_c = 0.33 \times 32 = 10.56 \text{ m/min}$$

$$N = (1000 \times 10.56) / \pi 30 = 112.045 \text{ tr/min} \approx 113 \text{ tr/min}$$

$$V_f = 113 \times 0.2 = 22.6 \text{ mm/tr}$$

III.3.4.6 Opération de rainurer de clavette**Figure 85:opération de rainurer de clavette**

On a utilisé outil fraise 2 dent

$$V_c = 32\text{m/min}$$

$$N = (1000 \times 32) / \pi 30 = 339.53 \text{ tr/min} \approx 340 \text{tr/min}$$

$$V_f = 340 \times 0.2 \times 2 = 136 \text{mm/tr}$$

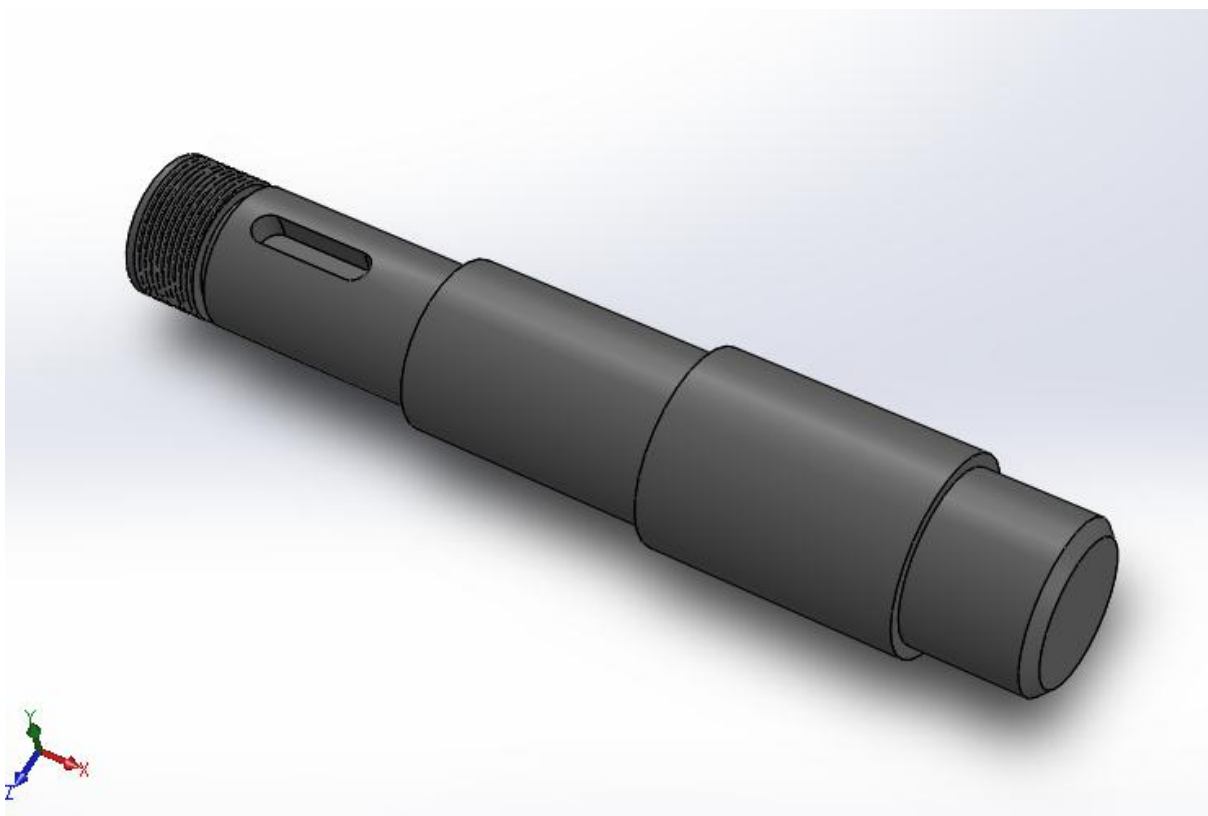


Figure 86: Pièce fini

Conclusion

Conclusion Générale

Dans le cadre de notre étude, nous nous sommes intéressés à étudier une opération du procédé d'usinage sur une pièce d'acier et l'étude des paramètres de coupes

Notre recherche bibliographique a montré qu'il est nécessaire de connaître l'évolution du procédé d'usinage ainsi que toutes les étapes importantes lors du processus de fabrication. Les différents procédés d'usinage ont été cités du fait que notre travail s'est concentré sur une opération du procédé de tous les types d'usinage.

de notre recherche bibliographique a montré l'importance de la coupe des métaux qui parfois est difficilement réalisable car d'une part, elle est sujette aux conditions de coupe et d'autre part, les paramètres de coupe utilisés lors de l'usinage influent d'une manière importante sur l'état de surface. Cependant, l'utilisation adéquate des paramètres de coupe peut améliorer cet état de surface.

On conclut que :

- le choix d'un acier et l'outil est nécessaire pour obtenir une pièce**
- Les études de paramètres de coupe pour voir un bon état de surface**

Référence bibliographique

Référence bibliographique

Référence bibliographique

- [1]. **CLAUDE BARLIE ET BENOIT POULET** , Génie mécanique (memontech) troisième édition Casteilla -25 rue -75005 paris ; page : 85..93.98.100..103.126
- [2]. **Alexandre Toumine**, «Cours D'Usinage », Groupe Conception Production, INSA de Lyon, France
- [3]. **Dietrich, R., Garsaud, D., Gentillon, S., Nicolas, M.** "Précis de méthodes d'usinage : méthodologie, production et normalisation, 5ème édition", Ed. NATHAN - AFNOR, 2004
- [4]. **Souhir Gara**, Procédés d'usinage ingénieur de l'ENI de Tunis, Les pages :10.11.12.13..16.17.18.19.45.140.141..142
- [5]. **A.Toumine**, Cours d'usinage, Groupe conception production, INSA de Lyon, France
- [6]. www.usinage.com
- [7]. https://analyse-fabrication.univ-lille.fr/co/chapitre_2_4_3_1.html
- [7]. **J. Vergnas**, Usinage, Technologie et Pratique, Génie Mécanique Dunod, Isbn 2-04-0111867, Bordas, Paris 1982
- [8]. **A.Toumine**, Cours d'usinage, Groupe conception production, INSA de Lyon, France
- [9]. **M.Balazinski**, Fabrication mécanique avancée, MEC 4530, Ecole Polytechnique de Monreale, CANADA
- [10]. **R. Berghida**, Impact de la signature des outils de coupe sur la variation de la géométrie des pièces mécaniques », Mémoire de magister, Département de génie mécanique, Juin 2006
- [11]. **Y. Schoefs, S. Fournier et J. C. Leon**, Productique mécanique, Edition Delagrave, 1994, France.
- [12]. **L. Pimbaud, G. Layes et J. Moulin**, Guide pratique de l'usinage, tome 1, Edition Hachette, France. 2003
- [13]. **E .J.Armarego, S.Verezub et P.Samaranayake**, The effects of coatings on the cutting process, friction, forces and predictive cutting models in machining operations, Journal of Engineering Manufacture, n° 216, pp. 347-356, 2002
- [14]. **F.Benabid**, usinage thèse de doctorat, département de mécanique, BATNA, septembre 2015
- [15]. **Rocdacier**, «Usinage Cours Technologie », 2011