

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

UNIVERSITÉ BADJI MOKHTAR - ANNABA  
BADJI MOKHTAR – ANNABA UNIVERSITY



جامعة باجي مختار – عنابة

Faculté : science de l'ingéniorat  
Département : génie mécanique  
Domaine : sciences et techniques  
Filière : génie mécanique  
Spécialité : fabrication mécanique et productique

## Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Thème:

**INFLUENCE DES PARAMETRE DE COUPE SUR LA  
RUGOSITE DE SURFACE (EN ACIER XC18)**

Présenté par : TAMER Hani

Encadrant : *NEHAL Abdelaziz* Professeur Université Badji Mokhtar -ANNABA

### Jury de Soutenance :

BOUCHELAGHEM Abdelaziz	Professeur	Université d'Annaba	Président
NEHAL Abdelaziz	MCA	Université d'Annaba	Encadrant
/	/	/	Co-encadrant
AMIRAT Abdelaziz	Professeur	Université d'Annaba	Examineur
/	/	/	Deuxième examinateur

Année Universitaire : 2019-2020

# Remerciements

Mon remerciement s'adresse en premier lieu à ALLAH le tout puissant pour la volonté, la santé et la patience qu'il m'a donnée durant cette longue année.

J'adresse aussi les grands remerciements à mon encadreur Dr. NEHAL ABDELAZIZ pour tout ce qu'il m'a appris, pour les conseils technique et m'avoir encadré dans mon travail et fait confiance Durant la réalisation de ce travail.

Je remercie pour sa disponibilité et son aide.

Je remercie particulièrement Professeur, maitre de conférence Kadri Youcef Chef du département de génie mécanique et président du jury.

Je remercie également Mr le Recteur, Professeur Manaa

Mon respect et sincère remerciement à tous les membres de jury:

Mes remerciements s'adressent à tous les enseignants du département de génie mécanique.

En fin mes remerciements vont à ma famille et mes amis pour leurs soutiens moral et finance durant cette formation.

## *Dédicace*

Je dédie ce modeste travail à :

Mon père et à ma mère sans oublier Mes frères et mes adorables sœurs  
Randa.

Ainsi qu'à toute ma famille.

Mes amis et mes camarades de classe.

A tout ceux qui ont été à mes coté dans les moments difficiles.

## Sommaire

Remerciements

*Dédicace*

*liste des Figure*

*Liste des Tableaux*

Introduction générale ..... 1

### CHAPITRE I : Généralit s sur l'usinage des métaux

I.1. Introduction ..... 4

I.2 Définition de la coupe des métaux ..... 5

I.3 Généralité sur l'usinage ..... 6

I.3.1 Introduction ..... 6

I.3.2 Les procédés d'usinage ..... 6

I.3.3.butde l'usinage..... 7

I-Type d'usinage ..... 8

I.3.4 Les paramètres de coupe ..... 8

a. La vitesse de coupe  $V_c$  [m/mn] ..... 9

b. La fréquence de rotation  $N$  [tour/min] ..... 9

c. L'avance  $f$  ou  $f_z$  [mm/tour] ..... 9

d. La vitesse d'avance ..... 10

e. Le paramètre profondeur de passe  $a$  ..... 10

f. La section du copeau ..... 10

I. 4.L'outil de coupe ..... 10

I.4.1.Géométrie des outils de coupe ..... 11

I.4.2.Les angles de coupe ..... 11

I.3.6 Choix du matériau de l'outil de coupe..... 14

I.3.7 Nature des matériaux des outils de coupe..... 15

I.3.8. Revêtements..... 18

I.8.Machine-outil..... 19

I.8.1 Les types de machine –outil .....	19
I.8.2Le type de commande .....	20
I.8.3 Machine- outil à commande numérique.....	22
I.9 Le tournage .....	23
I.9.1 Définition.....	23
I.9.2 Machine-outil.....	25
I.2.2. 3. Classification des machines de tour .....	26
I.2.2. 3.1. Les tours parallèles à charioter et à fileter .....	26
I.2.2. 3. 2. Les tours à copier .....	26
I.2.2. 3. 3. Les tours semi-automatiques .....	26
I.2.2. 3. 4. Les tours automatiques .....	27
I.2.2. 3. 5. Les tours automatiques multibroches .....	27
I.2.2. 3. 6. Les tours à commande numérique .....	27
I.9.4 Régime de coupe en tournage.....	28
I.9.5 Les définitions des principales opérations de tournage .....	31

## Chapitre II : La Rugosité de Surface

I.Introduction .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
II .1. Définition .....	40
II .1.2Généralités sur les états de surface.....	40
II .2. Rugosité.....	40
II .3. Les défauts d'états de surface .....	41
II.3.1 Ordre 1 : défauts de forme : ordre 1 .....	42
II .3.2 Ordre 2 : défauts macrographiques, ondulation .....	43
II .3.3 Ordre 3 : défauts micrographiques, rugosité.....	44
II .3.4 Ordre 4 : arrachement de matière .....	46
II.4.Différents types de lignes.....	46
II .4.1. Longueur de base & d'évaluation .....	47
II .4.2 Ligne de référence .....	48

II .4.3. La ligne enveloppe supérieure .....	48
II.4.4. La ligne enveloppe inférieure .....	48
II .5 Paramètres de rugosité unidimensionnelle .....	49
Paramètres d'amplitude de rugosité .....	49
Principaux paramètres de la rugosité .....	53
II .5.3 Paramètres liés aux motifs et à la ligne enveloppe .....	54
II .5.4 Paramètres liés à la ligne moyenne .....	55
II .6. Les spécifications normalisées.....	58
II.7. Mesure de la rugosité.....	58
II .8. Généralité sur les techniques d'amélioration des états de surface.....	59
II.8.1. La Rectification .....	59
Principe de La Rectification .....	60
Avantage de la rectification.....	61
II .8.4. Superfinition.....	61
II .8.5. Galetage.....	62
II.8.6.Rodage .....	63
II .9.Avantages de la lubrification .....	63
Maintien en température.....	64
Lubrification .....	64
II .9.3 Évacuation des copeaux.....	64
II. 0Composition des fluides d'usinage .....	64
huiles entières .....	65
fluides de type émulsion.....	65
fluides de type micro-émulsion .....	65
II.10.4.fluides synthétiques .....	65
<b>Chapitre III : Partie Expérimentale</b>	
Matériau étudié .....	68
Présentation de l'acier XC18.....	68

Propriétés de l'acier XC18 .....	68
Domaines d'application.....	68
Caractéristiques mécaniques moyennes (état normalisé) .....	69
III.1.5 Machine-outil utilisée, .....	69
III.2 Outil de coupe utilisé.....	70
III3.. Régime de coupe .....	71
III4. . Présentation de l'éprouvette .....	71
Rugosimètre utilisé .....	72
Caractéristiques techniques .....	73
Résultats expérimentaux .....	74
III 6.1 La vitesse de coupe $V_c$ .....	74
III.6.2. Routage d'usinage .....	74
III .7. Discussions.....	
III.8. conclusion .....	

## *Liste des Figure*

### *CHAPITRE I : Généralité s sur l'usinage des métaux*

Figure 1 : 1- Méthodes et démarches d'étude de l'usinage, 2- Taux d'utilisation des différents types de procédés dans l'industrie [1] .....	4
Figure I.2 : Usinage par enlèvement de matière. [12] .....	6
Figure I.3: Phénomène de la coupe .....	9
Figure I.4: Arêtes et parties actives d'un outil de tournage .....	10
Figure 5: Angles du taillant (outil en main)[5].....	11
Figure 6: Angles du taillant (outil en travail)[5].....	11
Figure I.7: Principaux plans de l'outil en main. [4].....	12
Figure I.8: Mouvements de l'outil et de la pièce en tournage. [2] .....	13
Figure I.9 : Domaines d'emploi des divers matériaux à outil coupant [9] .....	15
Figure I.10 : Disposition des matériaux à outils selon la ténacité et la dureté. [10] .....	16
Figure I.11 : Fraiseuse conventionnelle [3].....	20
Figure I.12 : Fraiseuse et tour en CN [3].....	20
Figure I.13 : Manivelle [3] .....	21
Figure I.14 :Boite vitesse [3] .....	22
Figure I. 15 : Présentation des axes de mouvement [3] .....	23
Figure I. 16 :les différent outils de tournage [3] .....	24
Figure I.17 : Schéma descriptif du dispositif de tournage .....	26
Figure I. 18 : Dimensions de coupe dans le cas de tournage. [4] .....	28
Figure I.19 :Vitesse d'avance $V_a$ . [4] .....	30
Figure I.20 : Différente types d'avance [3].....	31
Figure I.21 : Représentation de la profondeur de passe $p$ . [3] .....	31
Figure I.22 : Le chariotage cylindrique et conique [5] .....	32
Figure I .23 : Dressage extérieur et intérieur [5] .....	32



Figure I. 24 : Le perçage [5] .....	33
Figure I.25 : L'alésage cylindrique et conique [5] .....	33
Figure I.26 :Le rainurage intérieur et extérieur [5] .....	33
Figure I.27 :Le tronçonnage [5] .....	34
Figure I. 28 :Le filetage intérieur et extérieur [5] .....	34
Figure I. 29 : Les outils à charioter. Epaulement conique et épaulement droit [5] .....	35
Figure I.30 : Le dressage extérieur cylindrique et conique [5] .....	36
Figure I.31 :Le dressage intérieur [5].....	36
Figure I.32 : Alésage cylindrique et alésage conique [5].....	36
Figure I.33 : Différents outils à charioter et dresser [5].....	37
Figure I.34 :Divers outils à aléser et dresser [5].....	37
Figure I.35 :Les outils à rainurer [5].....	38
Figure I.36 :Outil à tronçonner [5].....	38
Figure I. 37 : Outils à fileter [5].....	38

## **Chapitre II : La Rugosité de Surface**

Figure II. 1 : Profil de surface [15] .....	41
Figure II. 2: Les types de défauts de surface [15] .....	42
Figure II. 3 :Défauts d'ordre 1[15] .....	42
Figure II. 4 :Motif d'ondulation.....	43
Figure II. 5 : Profil « redressé » .....	44
Figure II. 6 : Profondeur d'aplanissement de rugosité : $R_p$ ; écart moyen par rapporte à la lingemoyenne de rugosité : $R_a$ [15].....	45
Figure II. 7 : arrachement de matière[15] .....	46
Figure II. 8 : la ligne moyenne [15] .....	47
Figure II. 9 : la présentation de la longueur de base [15] .....	47
Figure II. 10 :Ligne des moindres carrés [19].....	48

Figure II. 11 : Ligne enveloppe inférieure et supérieure [19] .....	49
Figure II. 12 : Hauteur maximale du profil Rt [6] .....	50
Figure II. 13 : Hauteur maximale moyenne Rz[6].....	52
Figure II. 14 : profil total caractérisé par les critères : $W_i, W_{max}, AW)_i$ et $R_{max}$ et largeur d'entaille [7].....	54
Figure II. 15 : Paramètre liés a la longueur de bas [8] .....	55
Figure II. 16 : Paramètres liés à la longueur d'évaluation [7].....	56
Figure II. 17 : Paramètres liés à la distribution d'amplitude [8] .....	57
Figure II. 18 : symbole graphique de l'état de surface [6].....	58
Figure II. 19 :Exemple de symbolisation [6].....	58
Figure II. 20 : Rugosimètre [1] .....	59
Figure II. 21 : Mesure des états de surface [21] .....	59
Figure II. 22 :opération de la Rectification [6].....	60
Figure II. 23 : opération de super finition .....	62
Figure II. 24 : opération de galetage .....	63
Figure II. 25 :Liquide de coupe [11].....	63

### **Chapitre III : Partie Expérimentale**

Figure III. 1 : Tour universel modèle AI616 fabriqué en URSS .....	70
Figure III. 2 : Outil à tronçonner.....	70
Figure III. 3 : Outil à charioter et dresser.....	70
Figure III. 4 : <i>Dessin de définition de la pièce</i> .....	71
Figure III. 5 : la pièce .....	72
Figure III. 6 : Dispositif pour mesurer la rugosité .....	74
Figure III. 7 : Capteur de rugosimètre.....	74

## *Liste des Tableaux*

Tableau III. 1 : Désignation de l'acier XC18. ....	68
Tableau III. 2 : Composition chimique en % massique de l'acier XC18 [1].....	68
Tableau III. 3 : Caractéristiques mécaniques moyennes de XC18 [1] .....	69
Tableau III. 4: Mesure de (Ra et Rz) relevées lors de l'usinage avec lubrification .....	75
Tableau III. 5 : Mesure de (Ra et Rz) relevées lors de l'usinage à sec.....	75
Tableau III. 6 : Mesures de (Ra et Rz) relevées lors de l'usinage avec lubrification.....	76
Tableau III. 7 : Mesures de (Ra et Rz) relevées lors de l'usinage à sec .....	77
Tableau III. 8 : moyennes des essais (1et2) de Ra et Rz relevées lors de l'usinage avec lubrification.....	78
Tableau III. 9: moyennes des essais (1et2) de Ra et Rz relevées lors de l'usinage à sec .....	79

**INTRODUCTION**

**GENERALE**

# **Introduction générale**

---

Historiquement, la recherche sur l'usinage s'est concentrée sur deux aspects :

Le premier aspect concerne le développement technologique qui permet d'améliorer la productivité ainsi que la qualité des pièces finies,

Le deuxième aspect est la modélisation qui permet la prédiction des efforts de coupe, des champs de température et des propriétés des surfaces finies [1]. Cependant, le processus de fabrication, en particulier l'usinage, joue un rôle important sur la qualité et l'intégrité des surfaces réalisées.

La complexification constante Des systèmes de fabrication et la concurrence amènent les technologies d'usinage à se développer rapidement. Les machines deviennent de plus en plus rapides et puissantes dans le but d'obtenir des gains de productivité [2].

Aujourd'hui, au-delà de la maîtrise des dimensions, de la géométrie ou de la rugosité, la production de pièces critiques (dans l'industrie aéronautique ou nucléaire par exemple) doit être capable d'assurer l'intégrité de la surface usinée. En d'autres termes, il faut pouvoir garantir que la surface produite possède l'ensemble des caractéristiques (notamment l'état de contrainte ou l'état métallurgique) qui lui permettront de remplir sa fonction sur une durée prédéfinie [3].

Par ailleurs, les évolutions du marché et de la productivité, mais aussi des techniques et des moyens de production, entraînent des variations permanentes des gammes de fabrication. Il est alors extrêmement difficile de garantir la fiabilité des pièces produites tout en prenant en compte ces changements dans le processus de fabrication [3].

La connaissance de l'impact que peut avoir l'usinage de la surface d'un produit fini à forte valeur ajoutée est d'un intérêt primordial pour les ingénieurs et les scientifiques. Les défis principaux sont alors la prédiction du copeau formé, des évolutions de la microstructure, du comportement mécanique et du comportement en corrosion des matériaux usinés. De nombreuses études adoptant des approches numériques et expérimentales ont été réalisées dans l'objectif d'analyser la formation du copeau [4-6].

Par contre, beaucoup moins d'attention a été portée sur le lien entre les conditions d'usinage appliquées et les propriétés physico-chimiques des surfaces usinées qui en dépendent (rugosité de la surface, contraintes résiduelles induites,

## **Introduction générale**

---

transformation de phase, recristallisation, dureté, structures de dislocation,...) [7].

La qualité des états de surface est l'un des aspects les plus pertinents des opérations d'usinage, puisqu'elle représente la phase finale dans le cycle de production pour l'amélioration du degré de finition des surfaces et les propriétés dimensionnelles et géométriques des pièces mécaniques.

Il est important de se rendre compte de l'influence des différents facteurs impliqués dans le processus de la coupe afin de choisir les paramètres appropriés qui permettent d'atteindre la qualité des surfaces désirée et qui dépend de la géométrie de l'outil, des conditions de coupe et des phénomènes mise en jeu lors de la coupe [8].

Le choix qui a été fait pour cette étude est de s'intéresser à une opération de tournage. La raison principale vient motiver ce choix est que le tournage est une opération d'usinage à la fois simple et très courante dans l'industrie mécanique [9].

Notre travail de thèse est une contribution scientifique dans ce domaine de la technologie et qui a pour but d'étudier l'effet de la vitesse d'usinage en tournage sur un acier XC18.

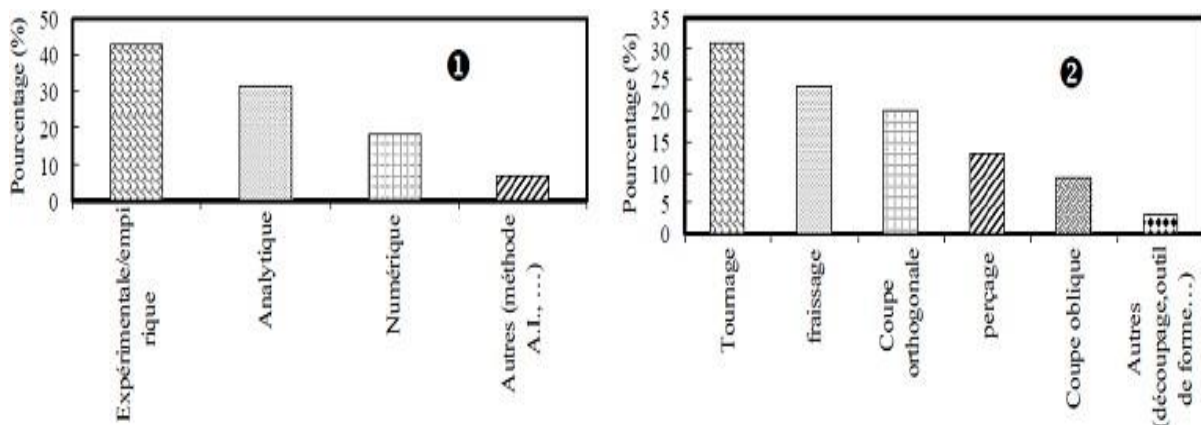
# CHAPITRE I

## Généralités sur l'usinage des métaux

# CHAPITRE I: Généralités sur l'usinage des métaux

## I.1. Introduction

Les procédés d'usinage par enlèvement de matière sont des techniques de mise en forme largement utilisées dans l'industrie. Il existe de nombreux procédés d'usinage, le fraisage, le perçage, le tournage, le découpage, etc. La figure I -1 montre que la méthode expérimentale représente plus de 45% de l'ensemble des méthodes d'études des procédés d'usinage. En outre, le tournage représente presque un tiers des opérations d'usinage dans l'industrie devant le fraisage (Fig. I -2) [1].



**Figure 1 : 1- Méthodes et démarches d'étude de l'usinage, 2- Taux d'utilisation des différents types de procédés dans l'industrie [1].**

Bien que cette synthèse date de 1998, elle montre l'importance des études expérimentales qui permettent de mieux comprendre le procédé d'usinage. Elle montre également que le tournage reste toujours le procédé le plus utilisé dans l'industrie et le plus étudié [1].

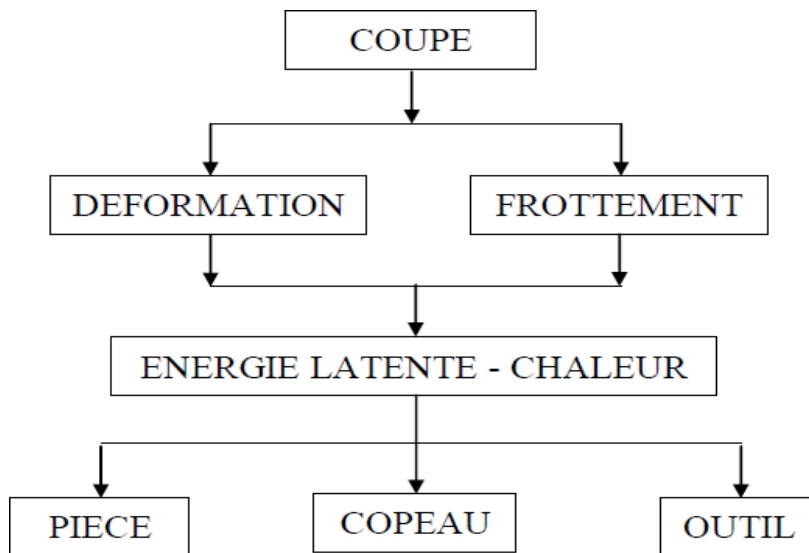
La mise en œuvre rationnelle de ces techniques passe en effet par une connaissance approfondie du processus de coupe et une maîtrise des paramètres qui le contrôlent.



## CHAPITRE I: Généralités sur l'usinage des métaux

---

### Lois physiques de la coupe



Connaître le processus de coupe, c'est connaître :

La Formation du Copeau

Les Géométries d'Outils et de Coupe

Les Matériaux de Coupe

Le Régime de Coupe

Les Efforts et la Puissance de Coupe

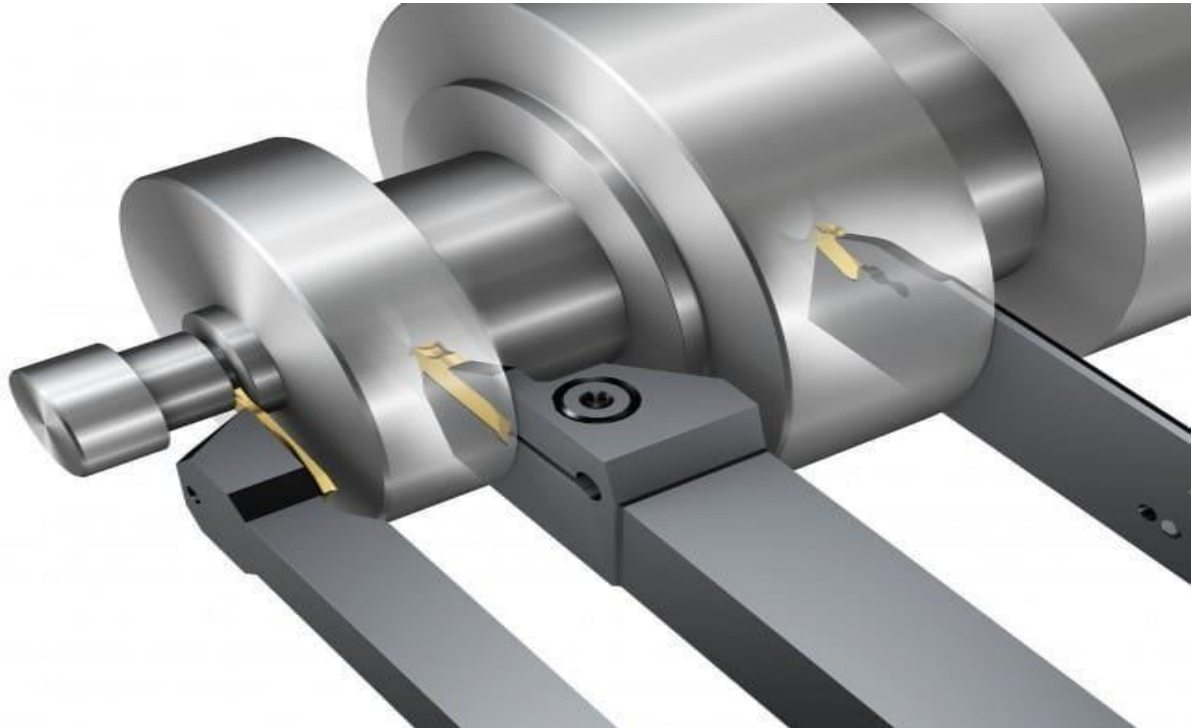
La Température de Coupe. [10]

### **I.2 Définition de la coupe des métaux**

L'usinage d'une pièce demande l'utilisation des machines tel que le tour et fraiseuse qui sont plus employés pour obtenir une pièce selon des normes précises.

Cette technique de coupe transforme une partie de la matière noble en copeaux (appelés aussi déchets) qui sont inutilisables.

Malgré ses défauts elle reste toujours une façon (un procédé) de fabrication importante pour réussir une pièce demandée.



**Figure I.2 : Usinage par enlèvement de matière. [12]**

### **I.3 Généralité sur l'usinage**

#### **I.3.1 Introduction**

L'usinage par enlèvement de matière consiste à réduire progressivement les dimensions de la pièce par enlèvement de métal à froid et sans déformation en utilisant un outil. La quantité de matière enlevée est dite copeaux et l'instrument avec lequel est enlevée la matière est appelé outil de coupe.

L'opérateur utilise des machines dites machines-outils pour réaliser l'usinage d'une pièce. [2]

#### **I.3.2 Les procédés d'usinage**

Les procédés d'usinage sont extrêmement variés et leur distinction se fait suivant trois critères essentiels :

1. La date de leurs apparitions; les procédés traditionnels et les non traditionnels.

## CHAPITRE I: Généralités sur l'usinage des métaux

---

2. Les phénomènes physiques correspondant ; procédés de coupe, par abrasion, et procédés physico.

3. Le type des machines et des outils utilisé ; en fonction des outils et des machines utilisées, on distingue différents procédés d'usinage.

Les procédés les plus répandus sont le tournage, fraisage, perçage, rectification, rabotage, ...etc. La fabrication débute avec ce que l'on appelle un matériau brut, elle le modifie jusqu'à ce qu'il soit conforme au dessin de détail, donc aux exigences technique du bureau d'études. [3]

### I.3.3. but de l'usinage

L'usinage entre dans la gamme de fabrication d'une pièce mécanique. Elle est définie par un plan portant une cotation exhaustive. Celle-ci a pour but de définir les dimensions de la pièce finie, la précision, la géométrie ainsi que l'état de surface de l'ensemble des surfaces qui constituent la pièce usinée. A chaque phase de la gamme de fabrication, le concepteur et/ou l'usineur choisissent le type d'usinage à réaliser, la machine, l'outil ainsi que le support de pièce permettant l'obtention de tous les éléments de cotation de la surface considérée. D'une manière générale, les formes des surfaces usinées peuvent être planes ou de révolution. Les principaux usinages sont le fraisage (surface planes) et le tournage (surface de révolution).

Avec l'apparition de commande numérique, il est désormais possible d'usiner une multitude de surface courbe. Toutefois, il convient de noter que les outils utilisés sont sensiblement les mêmes que pour les machines traditionnelles et que leurs trajectoires sont constituées de segment de droites et d'arcs de cercles. L'usinage a un cout : temps de travail, surépaisseur de matière à enlever, usure de la machine-outil, consommables (outil, lubrifiant, courant électrique), stockage. On ne pratique donc que les usinages nécessaires.

On distingue seize fonctions principales que peut remplir la surface d'une pièce. Elles font partie de la cotation d'état de surface :

- a. Surfacé de contact avec une autre pièce;
- b. Frottement de glissement lubrifié (FG);
- c. Frottement à sec (FS);
- d. Frottement de roulement (FR);
- e. Frottement fluide (FF);
- f. Résistance au matage (RM);
- g. Etanchéité dynamique avec et sans joint (ED);
- h. Etanchéité statique avec et sans joint (ES);
- i. Ajustement fixe avec contrainte (AC);
- j. Adhérence, collage (AD);

## CHAPITRE I: Généralités sur l'usinage des métaux

---

- k. Surface libre, indépendante ;
- l. Face de coupe d'un outil (OC) ;
- m. Résistance aux efforts alternes ;
- n. Résistance à la corrosion (RC) ;
- o. Destinée à recevoir un revêtement, peinture (RE) ;
- p. Destinée à recevoir un dépôt électrolytique (DE) ;
- q. Mesure (ME) ;
- r. Aspect (AS) ;

Ces fonctions vont définir :

1. Les dimensions finales de la pièce avec les tolérances ;
2. La cotation de forme et de géométrie des surfaces usinées ;
3. L'état de surface requis (rugosité).

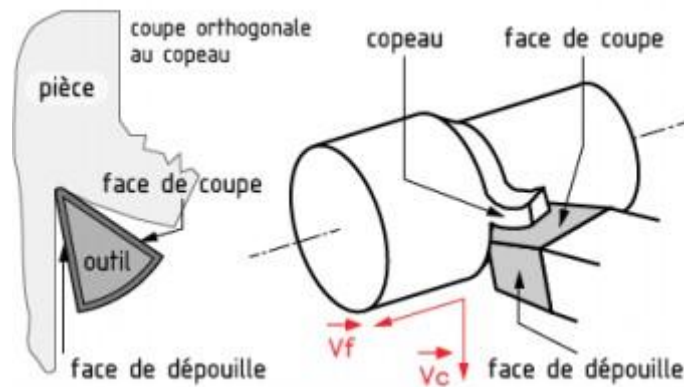
C'est l'ensemble de ces éléments de cotation qui va déterminer le type d'usinage à effectuer, ses paramètres, la finition nécessaire, le contrôle à effectuer. [13]

### I-Type d'usinage

Les opérations d'enlèvement de matière par outils coupants représentent, encore aujourd'hui, une part très importante des procédés de mise en forme des matériaux. Dans l'usinage des matériaux on a plusieurs types d'usinage, mais dans ce chapitre on présentera que deux types d'usinage qui sont très importants dans la réalisation des pièces (fraisage, tournage) et qui sont basés sur l'enlèvement de la matière [1].

#### I.3.4 Les paramètres de coupe

L'objectif 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  $a$ .



**Figure I.3: Phénomène de la coupe**

### **a. La vitesse de coupe $V_c$ [m/mn]**

Elle représente l'espace parcouru (en mètres) par l'extrémité d'une dent de l'outil en une minute. Ce paramètre influe la durée de vie des outils et varie :

- avec le type de matière à usiner et le matériau de l'outil,
- a.2. 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 d'utilisation 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.

### **b. La fréquence de rotation $N$ [tour/min]**

Se calcule par la formule suivante :  $N = 1000 \times V_c / \pi \times D$

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.

### **c. 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 :

1. une dent ; c'est l'avance par dent  $f_z$  utilisée en fraisage,
2. un tour ; c'est l'avance par tour  $f$  utilisée en tournage.

## CHAPITRE I: Généralités sur l'usinage des métaux

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

### d. La vitesse d'avance

C'est la vitesse de translation de la pièce/outil qui sera affichée sur la machine. Ce paramètre se calcule par la formule suivante :  $V_f = f_z \times Z \times N$

Avec Z le nombre de dents de la fraise et N la fréquence de rotation.

### e. Le paramètre profondeur de passe a

Dépend de la surépaisseur de matière à usiner ainsi que de la nature de l'opération (ébauche ou finition).

### f. La section du copeau

La valeur de l'avance par tour f multipliée par la profondeur de passe a déterminent la section du copeau enlevée par chaque dent, valeur qui influe elle-même la puissance demandée à la machine-outil. [14]

## I. 4.L'outil de coupe

Un outil de coupant est constitué d'une queue (partie par laquelle est maintenu le porte-outil de machine et une partie active appelée encore corps en matériau de

L'outil. L'élément essentiel de partie active est de coupe principale qui est l'intersection de la face de coupe et de la face en dépouille [3]

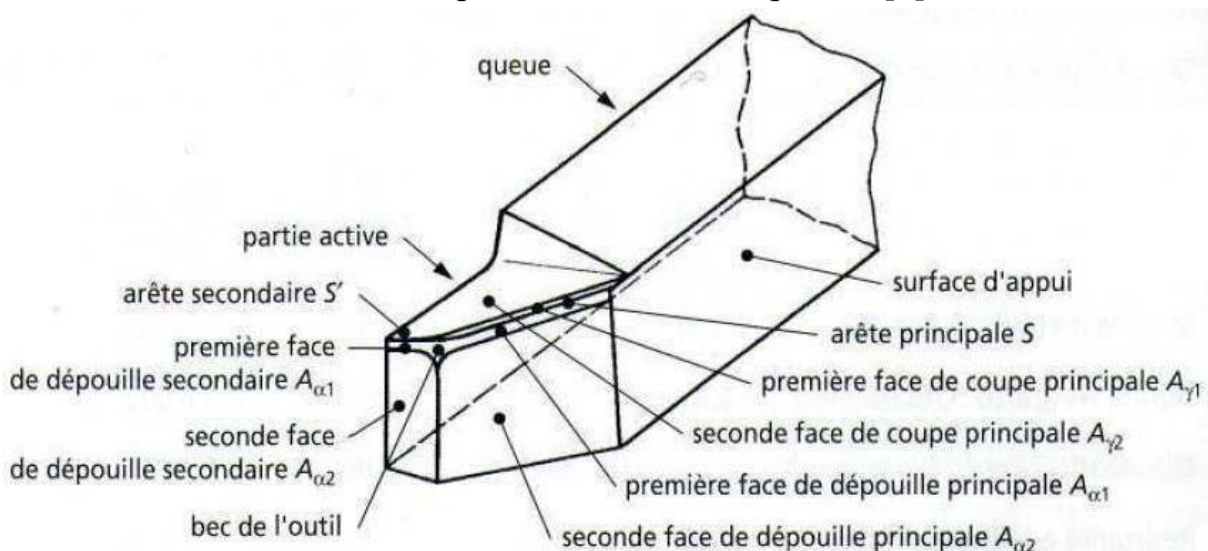


Figure I.4: Arêtes et parties actives d'un outil de tournage

# CHAPITRE I: Généralités sur l'usinage des métaux

## I.4.1. Géométrie des outils de coupe

La plaquette de coupe est la partie active dans une opération d'usinage. Les outils de coupe se caractérisent par leurs matériaux et par différents paramètres géométriques comme : les angles de coupe, l'acuité d'arête, le brise-copeaux, et le rayon de bec. La géométrie des outils est étudiée pour assurer une formation aisée des copeaux, offrir une arête de coupe robuste et fragmenter les copeaux en éléments d'une longueur acceptable. [3]

## I.4.2. Les angles de coupe :

Les angles de coupe sont repérés dans différents plans de projection. Dans le cas de l'outil en main, les principaux plans de projection sont les plans : Pf, Pp, Pr, Ps. Les angles de coupe sont :

- Angle de direction d'arête principale  $K_r$  (angle mesuré entre le plan Pf et Ps).
- Angle d'inclinaison de l'arête de coupe  $\lambda_s$  (angle mesuré entre le plan Pr et l'arête de coupe).
- Angle de pointe de l'outil  $\epsilon_R$  (angle mesuré entre le plan principal Ps et le plan secondaire).
- Angle de direction d'arête secondaire  $K_r'$  (angle mesuré entre le plan Pf et le plan Pr). [3]

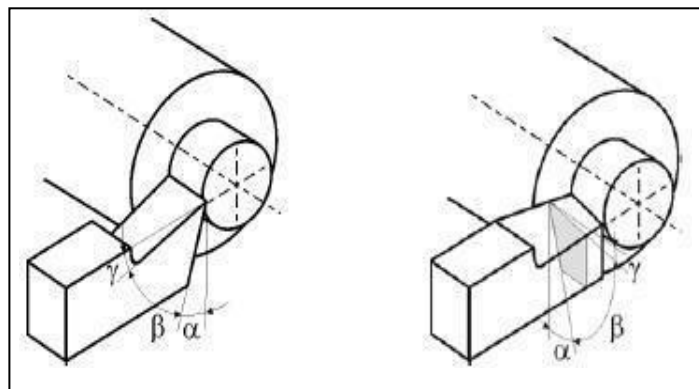
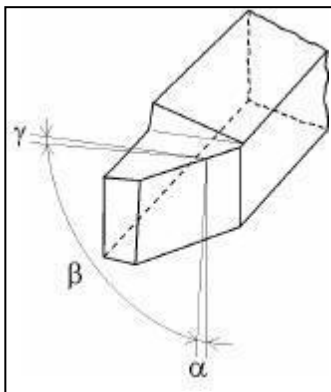


Figure 5: Angles du taillant (outil en main)[5]      Figure 6: Angles du taillant (outil en travail)[5]

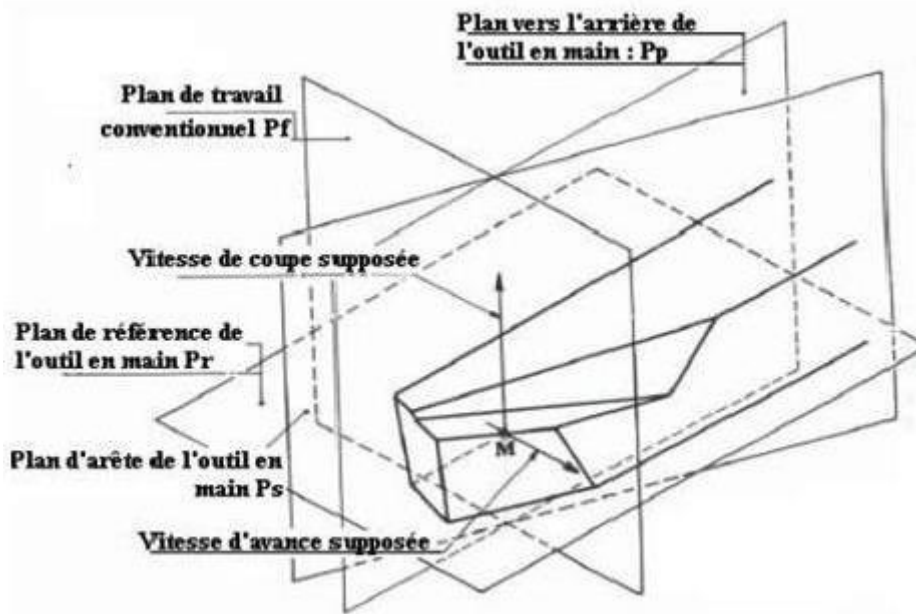


Figure I.7: Principaux plans de l'outil en main. [4]

Les angles de direction d'arête principale  $K_r$ , de pointe de l'outil  $\epsilon_r$ , et de direction d'arête

Secondaire  $K_r'$  sont liés par l'équation (eq I.1).

$$K_r + \epsilon_r + K_r' = 180$$

Les angles  $g$   $f$  angle de coupe et  $l$   $s$  angle d'inclinaison sont les éléments fondamentaux pour

L'évacuation des copeaux. La variation de l'angle de pointe de l'outil de coupe joue un rôle sur la durée de vie de l'outil et sur la segmentation des copeaux.

L'augmentation de l'angle de coupe  $g$   $f$  diminue les forces de coupe et la température durant l'usinage. L'angle en dépouille principale  $a_f$ , n'a aucune

Influence sur les forces de coupe. Mais les angles en dépouille principale  $a_f$ , et secondaire  $a_{fo}$ , sont très importants

Et seront toujours minimisés pour augmenter la résistance mécanique des arêtes et du bec de l'outil. Plus l'angle de dépouille d'une plaquette augmente plus la résistance de l'arête de coupe de cette plaquette aux forces mécaniques diminue.

L'angle de dépouille  $a_f$  joue un rôle important sur l'usure de la face de dépouille, car plus cet angle est grand plus l'usure en dépouille diminue.[3]

### Mouvement relatif outil / pièce

Lors de la génération d'une surface par enlèvement de matière, la surface engendrée sur la pièce est due au mouvement de l'outil par rapport à la pièce.



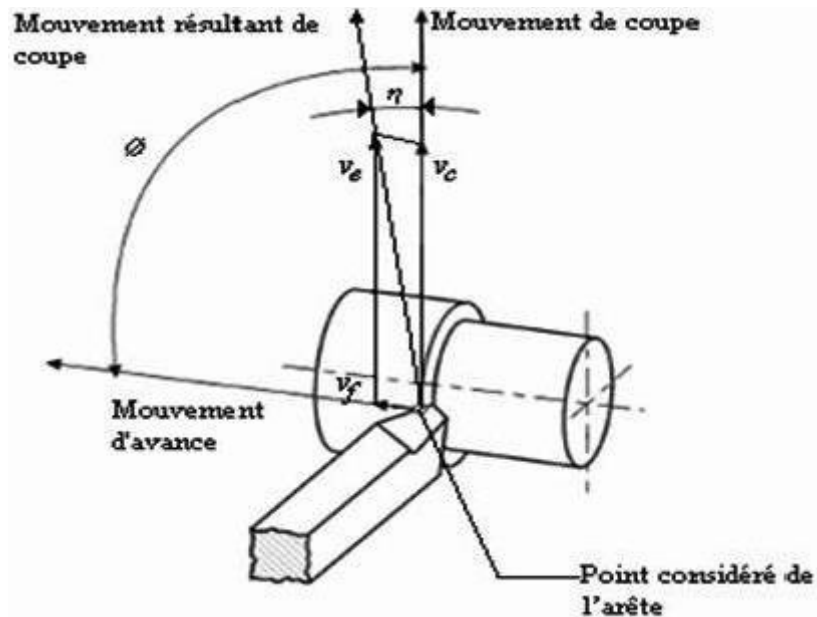


Figure I.8: Mouvements de l'outil et de la pièce en tournage. [2]

### Mouvement de coupe $M_c$

Le mouvement de coupe est un mouvement relatif principal entre l'outil et la pièce. Il participe directement au détachement de la matière sous forme de copeaux pendant la course de travail.

### Mouvement d'avance $M_a$

Au mouvement de coupe, vient s'ajouter un autre mouvement relatif entre l'outil et la pièce, le mouvement d'avance, nécessaire à la génération de la surface de la pièce. Il peut être composé de plusieurs mouvements mais seulement de façon à ce qu'au moins une de ses composantes soit rectiligne.

Le mouvement d'avance a pour but de décaler latéralement une quantité  $f$  dite avance, pour que l'outil puisse à la nouvelle course de travail détacher d'autres copeaux.

Le mouvement de coupe et le mouvement d'avance combinés constituent le mouvement résultant de coupe ( $v_e$ ), alors que l'angle contenu entre ces deux mouvements est appelé angle de direction d'avance ( $\phi$ ).

## CHAPITRE I: Généralités sur l'usinage des métaux

---

### Mouvement de pénétration $M_p$

C'est le mouvement qui détermine l'épaisseur de la couche de métal à enlever à chaque opération qui prend le nom de passe. [2]

### I.3.6 Choix du matériau de l'outil de coupe

La partie active des outils de coupe et donc les matériaux servant à leur constitution doivent posséder certaines propriétés :

1. Une bonne résistance mécanique au frottement - résistance à l'usure.
2. Une bonne résistance aux chocs - ténacité.
3. Une bonne résistance à la pénétration - dureté.
4. Une bonne résistance à la chaleur - garder ces propriétés à haute température (par exemple dureté à chaud).
5. Une bonne résistance à la pression.
6. Une grande stabilité chimique vis-à-vis du matériau usiné et de l'atmosphère environnante (air, liquide de coupe, etc.).
7. Une faible adhésion avec le matériau usiné sous haute pression et haute température.
8. Un bas prix d'achat et de mise en forme, ainsi que l'abondance des éléments de composition. [8].

Le diagramme qui nous permet de déterminer les différents domaines des matériaux à outil. Il est représentatif des conditions normales d'utilisation de ces outils, en ébauche, pour les aciers et les fontes. Il ne peut être utilisé pour choisir les conditions de coupe. [9]

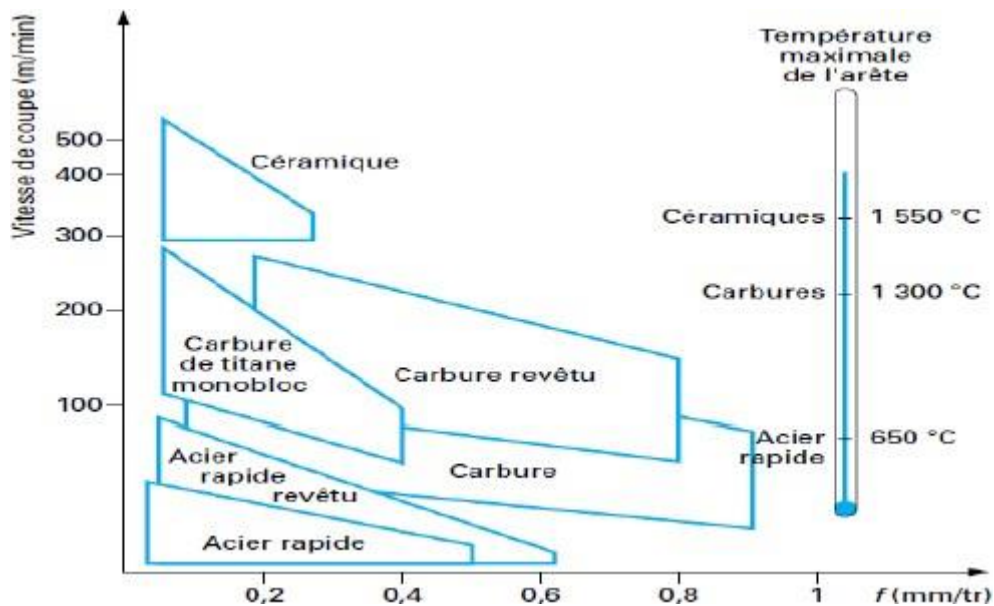
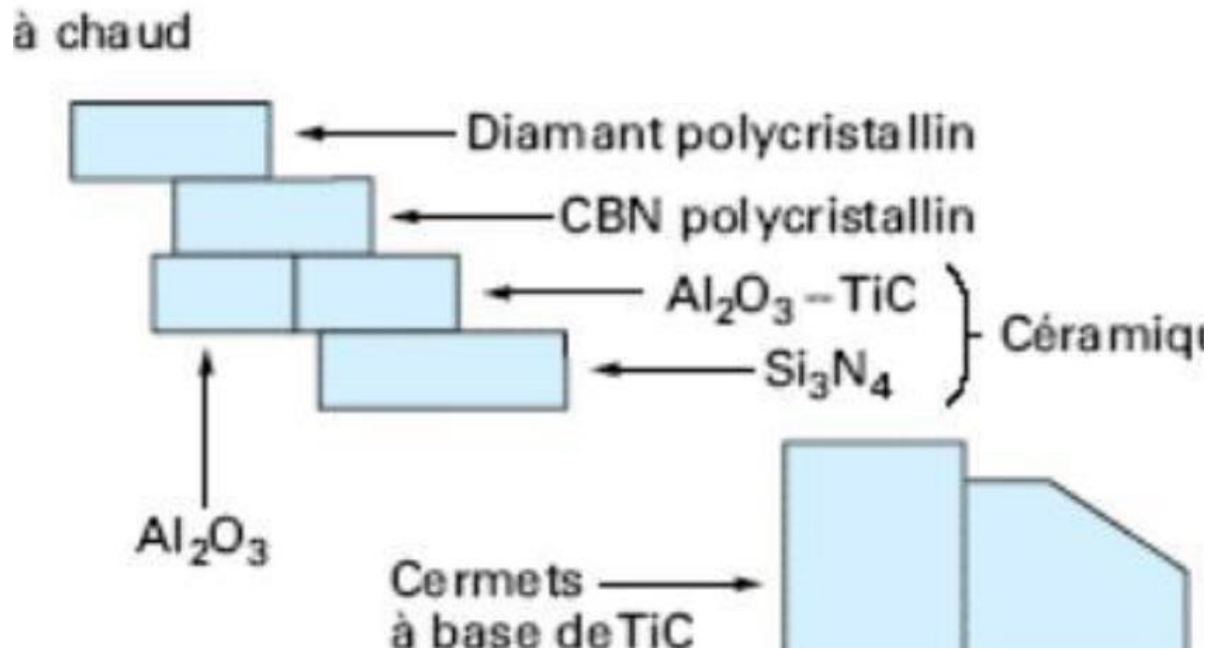


Figure I.9 : Domaines d'emploi des divers matériaux à outil coupant [9]

### I.3.7 Nature des matériaux des outils de coupe

L'usinage des métaux ou des polymères nécessite l'utilisation de matériaux coupants ayant d'excellentes propriétés, une bonne dureté à haute température vue les frottements permanent outil / pièce et outil/copeau, de résistance à l'usure et de stabilité chimique.

Les premiers outils étaient en acier rapide où le corps et la partie active d'outil étaient en une seule barre, quand l'outil est usé, on l'affûtait. Les venues de nouvelles technologies et de nouveaux matériaux, le barreau en acier rapide ne remplit pas les exigences technologies voulues. C'est l'apparition des outils en carbures métalliques, les céramiques, les CBN et le diamant qui a rendu possible l'exploitation industrielle de ces techniques. Les principales matières utilisées pour les outils de coupes modernes sont représentés dans la figure I.5.



**Figure I.10 : Disposition des matériaux à outils selon la ténacité et la dureté.**  
[10]

### Aciers rapides

La base des outils AR (acier rapide) ou ARS (aciers rapides supérieurs) est un acier faiblement allié qui a subi un traitement thermique, plusieurs outils en RAS sont disponibles, on les distingue par leur composition métallurgique, en général ils ont une teneur en carbone de 0,7 à 1,6 %, en Tungstène de 12 à 20 %, en molybdène de 3,5 à 10 % et des traces de vanadium et Cobalt pour avoir plus de duretés. L'usinage par les outils en ARS s'effectue à faible vitesse de coupe pour éviter l'échauffement trop important et aussi éviter que l'outil de perdre ses caractéristiques (la trempe dispersée), une usure rapide de l'arête soit observée.

### Remarque

Les vitesses de coupe pour ce type varient entre 25 et 35 m/mn pour les aciers. Leur dureté varie entre 60 et 70 HRC, et sera maintenue jusqu'à 550 °C. Actuellement, ce matériau est utilisé seulement pour certains outils comme les forêts ou les outils à faible angle tranchants.

### Carbures métalliques

## CHAPITRE I: Généralités sur l'usinage des métaux

---

Les principaux composants des outils en carbures métalliques sont le carbure de tungstène (phase  $\alpha$ ), et le carbure de titane, de tantale ou le niobium (phase  $\gamma$ ) et d'un élément de liaison entre les grains de carbure (taille de 0.2 à 1  $\mu\text{m}$ ) généralement du cobalt (phase  $\beta$ ) de l'ordre de 8 à 20%. L'ajout du carbure de titane de tantale ou de niobium permet d'augmenter.

Les propriétés à haute température (jusqu'à 1000°C) en réduisant le frottement, donc un choix de vitesses de coupe très importantes allant jusqu'à 100 m/min, Cet élément procure aussi à l'outil une durée de vie supérieure à celle des outils en AR ou ARS. La dureté des outils en carbure est de l'ordre de 80 à 90 HRC. Aujourd'hui, ces outils sont de plus en plus utilisés, comme plaquettes brasées (fixation permanente) ou plaquettes amovibles par fixation mécanique (fixation non permanente), cette dernière permet l'utilisation de plaquettes à plusieurs faces de coupe.

### Carbures revêtus

Les carbures métalliques frittés (obtenus par frittage) non revêtus présentent beaucoup d'avantages mais l'inconvénient majeur est sa faible ténacité. Ces propriétés sont inversement proportionnelles aux quantités de ses composants. Afin de remédier à ce problème, les outils à plaquettes en carbures revêtus ont été mis en œuvre où ils ont appliqué un matériau de revêtement, dont les plus utilisés sont :

- a. Nitrure de titane TiN
- b. Oxyde d'aluminium  $\text{Al}_2\text{O}_3$
- c. Carbure de titane TiC
- d. carbonitrure de titane TiCN
- e. Alumina-nitrate de titane TiAlN.

Chaque élément de revêtement apporte à l'outil une aptitude meilleure dans un domaine particulier. Il est possible d'appliquer plusieurs couches de différents matériaux de revêtement pour combiner leurs différents avantages.

### Céramiques

Les outils en céramique sont généralement des plaquettes frittées d'alumine  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ou de Nitrure de silicium  $\text{Si}_3\text{N}_4$  dits plaquettes Sialon ou d'oxyde de chrome  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ . Ils possèdent de bonnes caractéristiques thermomécaniques, ils sont favorables à l'usinage en coupe continue, mais à éviter dans le cas de coupe discontinue où l'outil présente des défauts

## CHAPITRE I: Généralités sur l'usinage des métaux

---

d'ébréchure du bord des plaquettes et un craquage thermique car des outils fragiles. Ces outils acceptent un usinage à une vitesse de coupe de 500 m/min pour les aciers, et gardent ses caractéristiques jusqu'à des températures de 1200°C, donnant un excellent état de surface des pièces usinées.

### **Cermets**

Les outils Cermets sont en carbures, en nitrures, en carbonitride ou en borure avec un liant de grains un métal ou un alliage ferreux (cobalt, nickel, nickel - fer, nickel -chrome, etc.). ils ont par rapport aux métaux durs conventionnels une densité faible avec une dureté et une résistance à l'usure plus élevées. Leurs duretés sont de l'ordre de 1500 à 2000 HV. Ils ne perdent pas leur capacité à chaud en usinage à grande vitesse ou aux températures extrêmes allant jusqu'à 1000°C. Les cermets sont destinés pour les opérations de finition et l'usinage de précision qui sollicitent un travail à grandes vitesses de coupe et à faibles avances.

### **.Nitrure de bore cubique NBC**

CBN est un matériau très dur prévu pour l'usinage des aciers trempés, des fontes et d'alliages à base de nickel ou cobalt. Il n'oxyde pas à haute température contrairement au diamant. Pour travailler avec ce matériau, il faut être très rigoureux au niveau des conditions de coupe (machine stable, grande rigidité et un arrosage permanent durant l'usinage). Les plaquettes en nitrure de bore sont destinées principalement à la finition des pièces de précisions.

### **Diamant**

Le diamant est fortement utilisé comme composant des meules en abrasif, ou des grains sertis ou brasés sur un corps pour les outils tranchant à arête unique réservée à des travaux de finition et de réaffûtage de meules, il est instable à haute température, à 650°C il se transforme en graphite. Il convient parfaitement à usinage des alliages d'aluminium, de cuivre, de magnésium, résines thermodurcissables...etc. [10]

### **I.3.8. Revêtements**

Souvent, les outils en acier rapide ou en métal dur sont revêtus d'une ou plusieurs couches, ils possèdent une durée de vie plus longue et permettent une augmentation des vitesses d'usinage et un état de surface meilleur.

Les différents types de revêtement sont :

a- Le nitrure de titane (TiN), matériau standard.

## CHAPITRE I: Généralités sur l'usinage des métaux

---

- b- Le carbonitrure de titane (TiCN), grande dureté, bonne résistance à l'abrasion.
- c- L'oxyde d'aluminium (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) et nitrure de silicium (Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>), appartiennent à la classe des céramiques; ce sont deux matériaux de base auxquels on peut additionner différentes matières en fonction des caractéristiques recherchées : oxyde de zirconium (ZrO<sub>2</sub>), carbure de titane (TiC) ou du carbure de silicium (SiC).
- d- Le diamant utilisé pour l'usinage de métaux non-ferreux et de non-métaux abrasifs tels que :  
Carbone ou céramique.
- e- Le nitrure de bore utilisé pour l'usinage de métaux ferreux trempés. [11]

### I.8. Machine-outil

Une machine-outil est un équipement mécanique destiné à exécuter un usinage ou autre tâche répétitive, avec une précision et une puissance adaptées. C'est un moyen de production destiné à maintenir un outil fixe, mobile, ou tournant, et à lui imprimer un mouvement afin d'usiner ou déformer une pièce ou un ensemble fixé sur une table fixe ou mobile.

#### I.8.1 Les types de machine –outil :

Sont notamment des machines-outils :

Les machines-outils pour l'enlèvement de matière :

- a- les scies motorisées
- b- le tour
- c- la fraiseuse
- d- la rectifieuse
- e- la perceuse à colonne
- f- l'étau limeur
- g- la machine transfert
- h- Les outils pour l'assemblage : la visseuse.
- i- Les machines-outils peuvent être classées selon deux grandes catégories :
- j- machine-outil conventionnelle (tour conventionnel, fraiseuse conventionnelle)

## CHAPITRE I: Généralités sur l'usinage des métaux

---



**Figure I.11 : Fraiseuse conventionnelle [3]**

k- machine-outil à commande numérique (tour CN, fraiseuse CN...) ou centre d'usinage à plusieurs fonctions.



**Figure I.12 : Fraiseuse et tour en CN [3]**

### I.8.2 Le type de commande :

Manuelle ou conventionnelle.



## CHAPITRE I: Généralités sur l'usinage des métaux

---

Le déplacement de l'outil sur la trajectoire d'usinage est réalisé par un opérateur. Pour cela, il utilise les manivelles permettant de générer les mouvements suivant les axes. Les mouvements ne sont possibles que sur un seul axe à la fois.



**Figure I.13 : Manivelle [3]**

Des moteurs permettant aussi de choisir des vitesses d'avance suivant les axes de déplacement, le choix de ces vitesses s'effectue par l'intermédiaire d'une boîte de vitesse mécanique



**Figure I.14 :Boite vitesse [3]**

### **I .8.3 Machine- outil à commande numérique :**

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

Éléments d'une machine-outil :

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

## CHAPITRE I: Généralités sur l'usinage des métaux

---

### I.9 Le tournage

#### I.9.1 Définition

Tournage concerne l'ensemble des opérations réalisées sur des tours.

On réalise par ce type d'usinage toutes les surfaces de révolution, y compris les plans, lorsque la trajectoire du point générateur est située dans un plan perpendiculaire à l'axe de rotation.

Dans le tournage conventionnel les outils de coupe ont une seule arête tranchante. La coupe est obtenue par engagement de cette arête dans la matière.[]

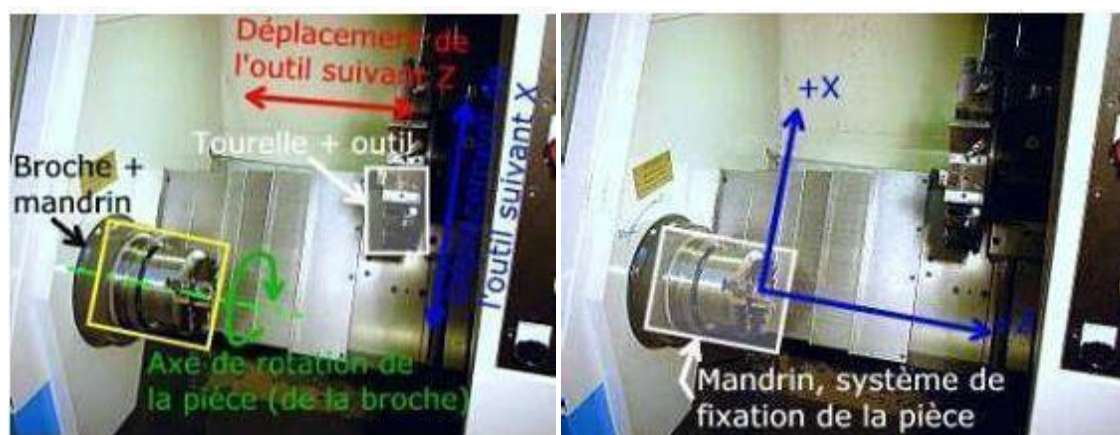


Figure I. 15 : Présentation des axes de mouvement [3]

On distingue deux classes distinctes d'opérations de tournage

- a<sub>1</sub>. les opérations de tournage extérieur,
- a<sub>2</sub>. Opérations de tournage intérieur.

## CHAPITRE I: Généralités sur l'usinage des métaux

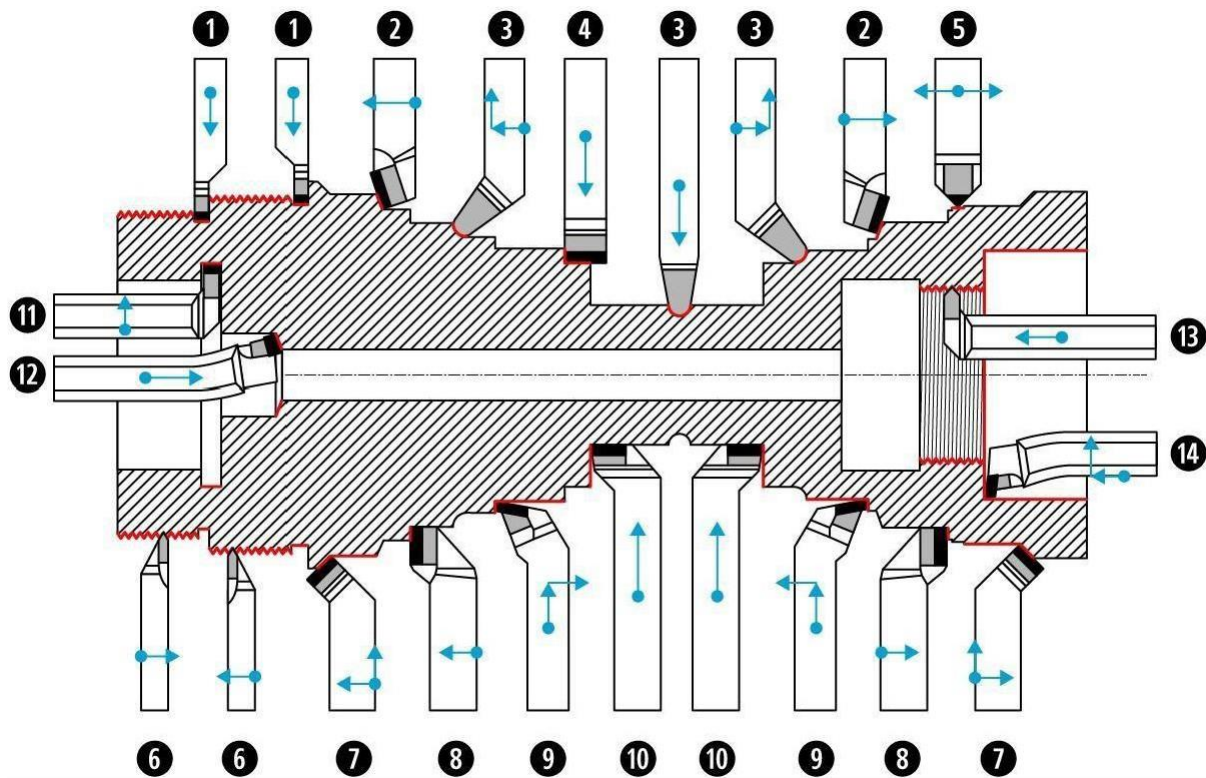


Figure I. 16 : les différents outils de tournage [3]

- 1 Outil à saigner
- 2 Outil à charioter droit
- 3 Outil à retoucher
- 4 Outil pelle
- 5 Outil à retoucher
- 6 Outil à fileter (extérieur)
- 7 Outil à charioter coudé
- 8 Outil couteau
- 9 Outil à dresser d'angle
- 10 Outil à dresser les faces
- 11 Outil à chambrer
- 12 Outil à aléser
- 13 Outil à fileter (intérieur)
- 14 Outil à aléser et dresser

La normalisation concerne aussi bien les outils en acier rapide que les outils à plaquettes en carbure. Le nom de l'outil est lié à sa fonction (ex : outil à charioter). Notons, toutefois, que certains outils conviennent pour plusieurs fonctions différentes. Enfin, les outils peuvent être à gauche ou à droite.

## CHAPITRE I: Généralités sur l'usinage des métaux

---

En fonction de la profondeur de passe on distingue :

- a. L'ébauche,
- b. la finition.

**Définition de :**

**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 :**

La dernière opération d'usinage lors du routage d'usinage d'une pièce, elle permet d'obtenir la tolérance requise (rugosité) de surface sur les surfaces usinées. [3]

**I.9.2 Machine-outil:**

Le tour c'est une machine-outil conçue pour le travail unitaire et de petite série. Il permet la réalisation de différentes surfaces nécessitant toujours une rotation de la pièce autour d'un axe de révolution.

Durant le processus de tournage la pièce à usiner effectue des rotations dans le tour. L'outil de coupe opère longitudinalement ou bien transversalement par rapport à la pièce à usiner.

Le travail de l'outil de coupe s'opère à une vitesse déterminée, c'est ce que l'on appelle la vitesse d'avance.

Une certaine profondeur de coupe est de plus nécessaire pour le détachement des copeaux. [3]



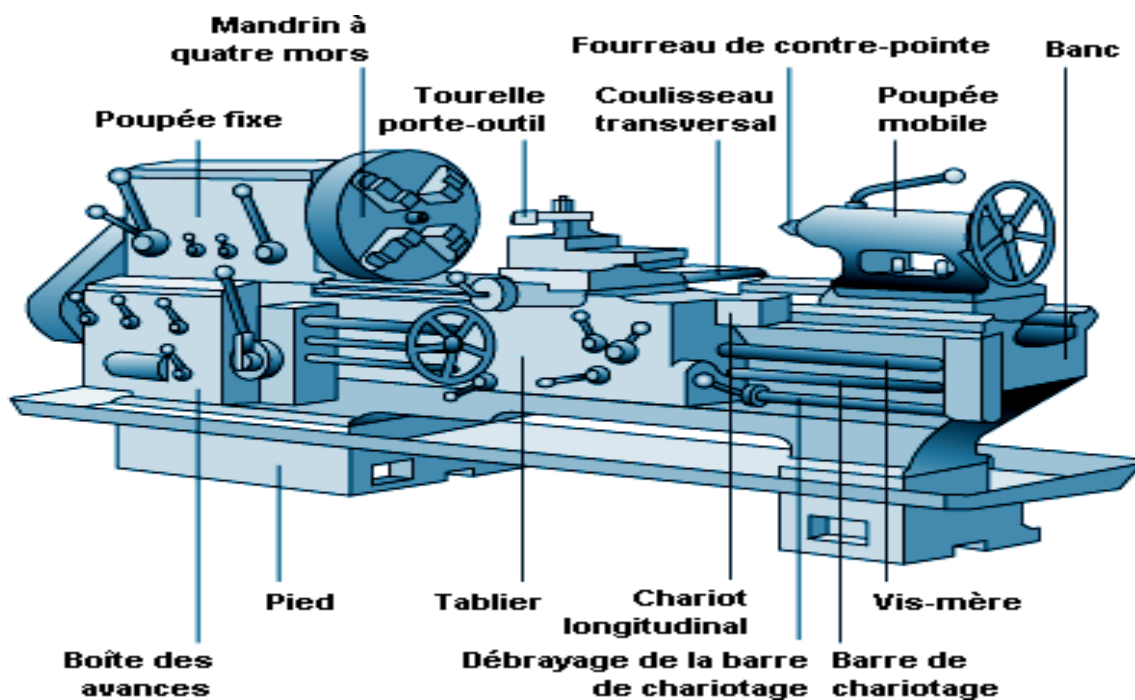


Figure I.17 : Schéma descriptif du dispositif de tournage

### I.2.2. 3. Classification des machines de tour

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

#### I.2.2. 3.1. 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 [10].

#### I.2.2. 3. 2. 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 [10].

#### I.2.2. 3. 3. Les tours semi-automatiques

Ce sont des tours équipés d'un traînard semblable à celui d'un tour parallèle avec une tour hexagonale indexable munie de 6 postes d'outils animée

## **CHAPITRE I: Généralités sur l'usinage des métaux**

---

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 [10].

### **I.2.2. 3. 4. 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 [10].

### **I.2.2. 3. 5. 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 [10].

### **I.2.2. 3. 6. Les tours à commande numérique**

Les machines à commandes numériques typiques sont en fait des tours et des fraiseuses conventionnels qui sont actionnées par des moteurs électriques et comme le nom le dit, commandés numériquement et dont la trajectoire est contrôlée par un ordinateur. On peut retrouver comme machine-outil CNC : un tour, centre d'usinage, une fraiseuse, une rectifieuse, machines à identifier les pièces, en fait n'importe quelle machine que l'on peut programmer.

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.

## CHAPITRE I: Généralités sur l'usinage des métaux

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 [10].

### I.9.4 Régime de coupe en tournage :

Les paramètres de la coupe sont, d'une part, des grandeurs qui caractérisent les déplacements de l'outil et de la pièce usinée (paramètres cinématiques de coupe) et, d'autre part, les valeurs des surépaisseurs d'usinage et des dimensions de coupe (paramètres géométriques l'outil et de la pièce usinée (paramètres cinématiques de coupe) et, d'autre part, les valeurs des surépaisseurs d'usinage et des dimensions de coupe (paramètres géométriques de coupe)

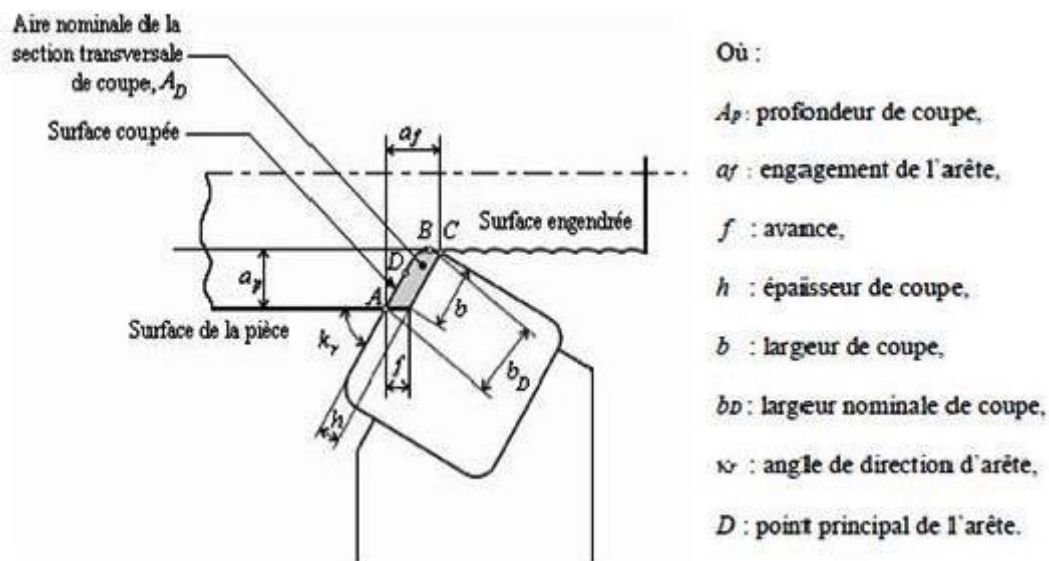


Figure I. 18 : Dimensions de coupe dans le cas de tournage. [4]

### Vitesse de coupe

La pièce est entraînée sur le tour à une certaine vitesse rad / s (soit N tr / min), cette vitesse angulaire étant communiquée par la broche de la machine via le porte-pièce. Compte tenu du diamètre de la pièce au point d'usinage situé sur un diamètre D, la vitesse relative de la pièce en ce point par



## CHAPITRE I: Généralités sur l'usinage des métaux

---

rapport la pièce en ce point par rapport à l'outil (supposé fixe par rapport à la machine) vaut:

La pièce en ce point par rapport à l'outil (supposé fixe par rapport à la machine) vaut:

Cette vitesse est appelée vitesse de coupe soit, avec les unités traditionnelles de la fabrication mécanique

V : vitesse de coupe (m / min)

D : Diamètre de la pièce (mm)

N : Fréquence de rotation (tr / min)

Il convient d'observer que la vitesse de coupe n'est constante que si la vitesse de broche et le diamètre de la pièce demeurent inchangés. En dressage, par exemple où l'outil se déplace en direction du centre, la vitesse de coupe varie continuellement si la rotation de la pièce s'effectue à une vitesse constante de la broche. Or, pour une productivité maximale et une meilleure qualité des surfaces obtenues, il est souhaitable de maintenir la vitesse de coupe constante.

Sur un grand nombre de tours modernes, la vitesse de broche augmente au fur et à mesure que l'outil approche de l'axe, afin de compenser ainsi la diminution de diamètre. Mais dans le cas de très petits diamètres,

Cette compensation se révèle impossible du fait de la plage de vitesse limitée qu'autorisent les machines. De même, lorsqu'une pièce, comme cela est souvent le cas, présente des diamètres différents ou est de forme conique ou courbe, la fréquence de rotation doit être corrigée en fonction du diamètre, pour maintenir la vitesse de coupe constante.

Le préparateur choisit cette vitesse de coupe en fonction, notamment :

a-des matériaux de la pièce et de l'outil

b-de la lubrification

c-de la durée de vie souhaitée pour l'outil.

d-Vitesse d'avance  $V_f$ , Avance par tour  $f$  :

La vitesse d'avance  $V_f$  rapport au bâti.

L'avance par tour  $f$  (mm / tr) est la valeur du déplacement de l'outil, lorsque la pièce a effectué une révolution. C'est une donnée clé pour la qualité de la surface usinée. L'avance influe non seulement sur l'épaisseur des copeaux, mais également sur la manière dont ils se brisent.



Figure I.19 :Vitesse d'avance  $V_a$ . [4]

$V_f$  : vitesse d'avance mm/min

$F$  : L'avance mm

$N$  : Fréquence de rotation tr/ min

(I-2)

### Les types d'avances

On distingue trois sortes d'avance

#### **a) Avance longitudinal**

On appelle avance longitudinale si l'outil se déplace parallèlement à l'axe de l'ébauche.

#### **b) Avance transversale**

On appelle avance transversale si l'outil se déplace perpendiculairement à l'axe de l'ébauche.

#### **c) Avance oblique**

On appelle avance oblique si l'outil se déplace sous un angle par rapport à l'axe de l'ébauche. [4]

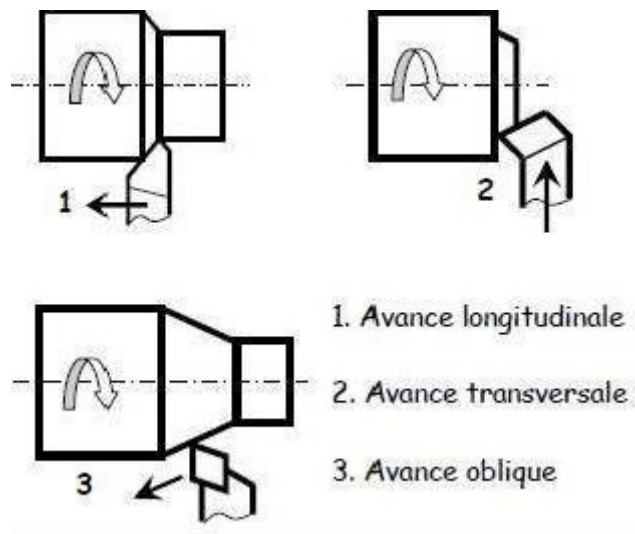


Figure I.20 : Différents types d'avance [3]

### Profondeur de passe « a »

La profondeur de passe notée  $a$  en (mm), correspond à la longueur de l'arête de coupe engagée dans la matière, dans le cas de la coupe orthogonale, et à la différence entre le rayon de la pièce avant et après usinage, dans le cas du tournage. La profondeur de coupe est toujours mesurée perpendiculairement à la direction de l'avance et non pas suivant l'arête de l'outil.

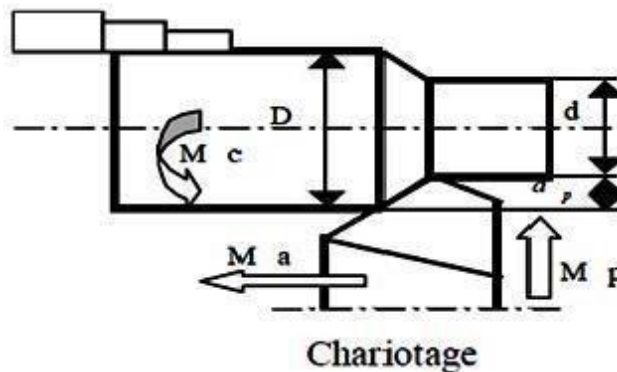


Figure I.21 : Représentation de la profondeur de passe  $p$ . [3]

### I.9.5.2. Les définitions des principales opérations de tournage :

#### Le chariotage

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

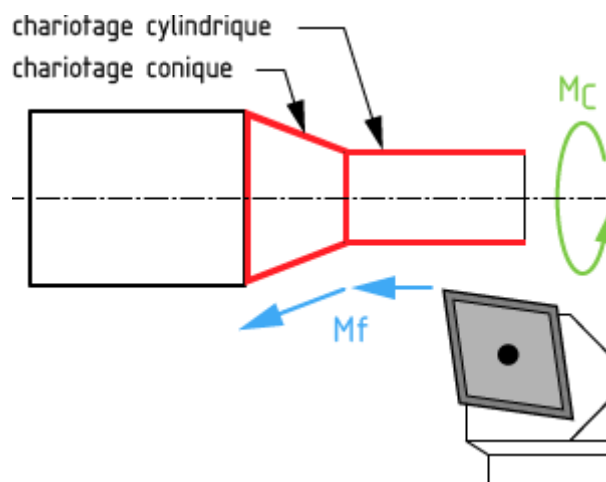


Figure I.22 : Le chariotage cylindrique et conique [5]

### Le dressage :

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

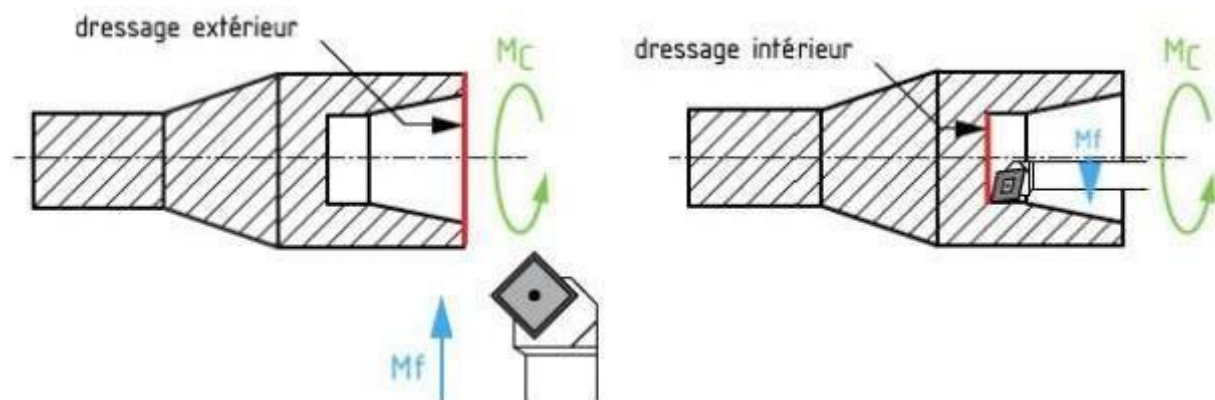


Figure I.23 : Dressage extérieur et intérieur [5]

### Le perçage :

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

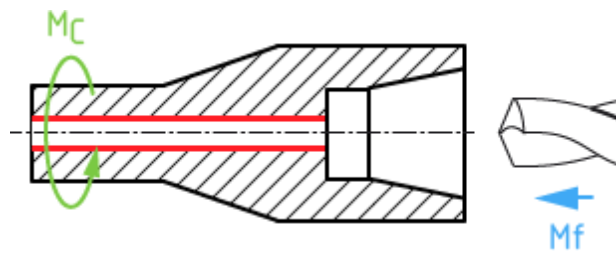


Figure I. 24 : Le perçage [5]

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

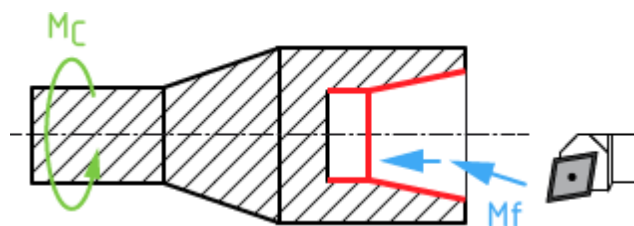


Figure I.25 : L'alésage cylindrique et conique [5]

**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.

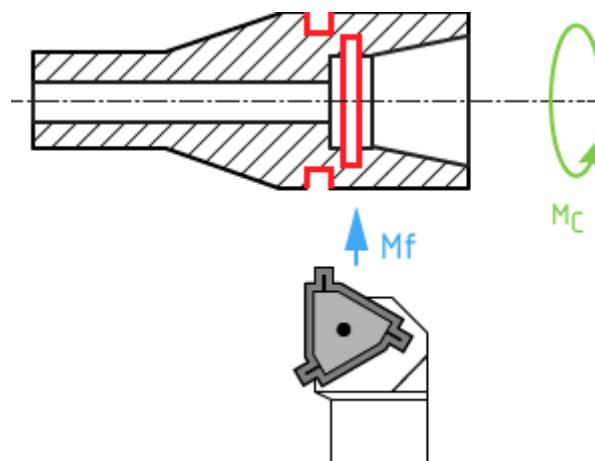


Figure I.26 :Le rainurage intérieur et extérieur [5]

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

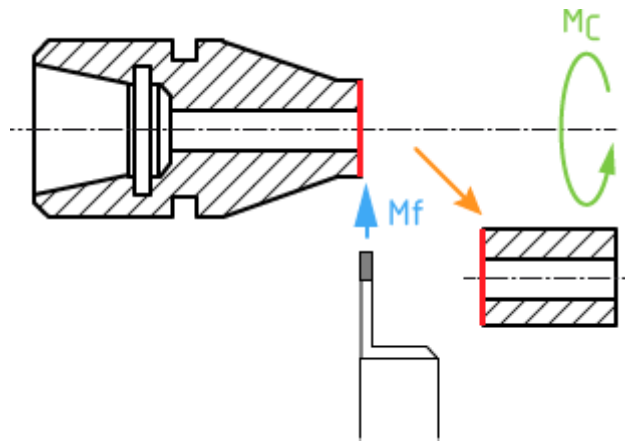


Figure I.27 :Le tronçonnage [5]

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

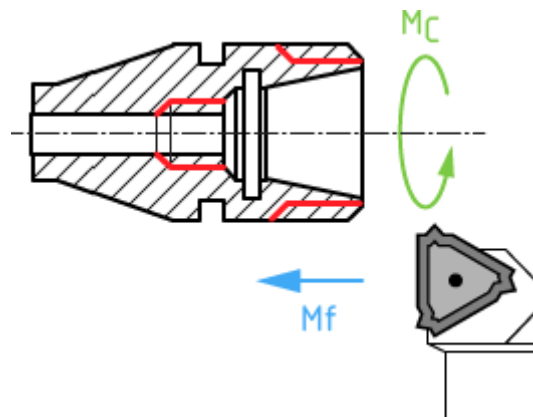


Figure I. 28 : Le filetage intérieur et extérieur [5]

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

**Le profilage** : est la réalisation de surfaces quelconques par l'association de surfaces cylindriques, planes, coniques, sphériques, etc...

**Les outils de tournage : désignation, mode d'action et cycle de travail**

Les mouvements relatifs outil-pièce en tournage sont :

- a- le mouvement de coupe,
- b-le mouvement d'avance,
- c-le mouvement de position.

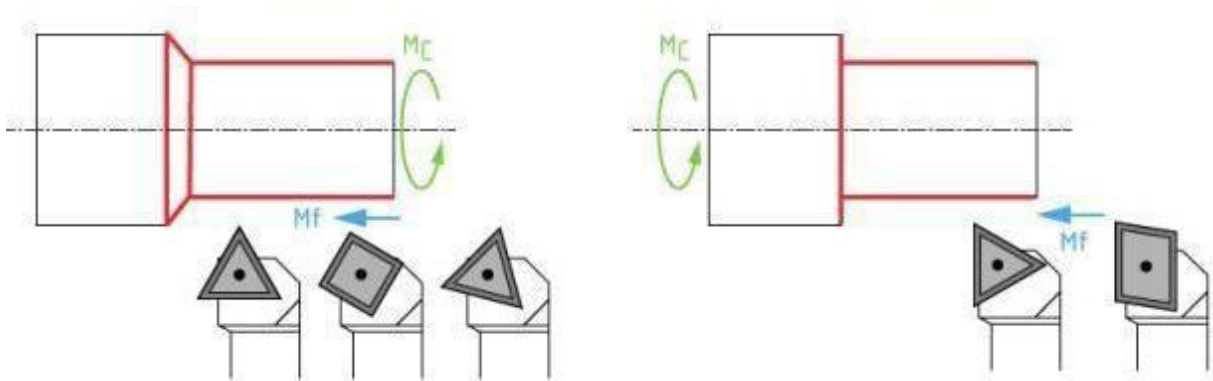
Pour la réalisation des diverses opérations de tournage, on dispose des outils suivants :

## CHAPITRE I: Généralités sur l'usinage des métaux

---

### Les outils à charioter

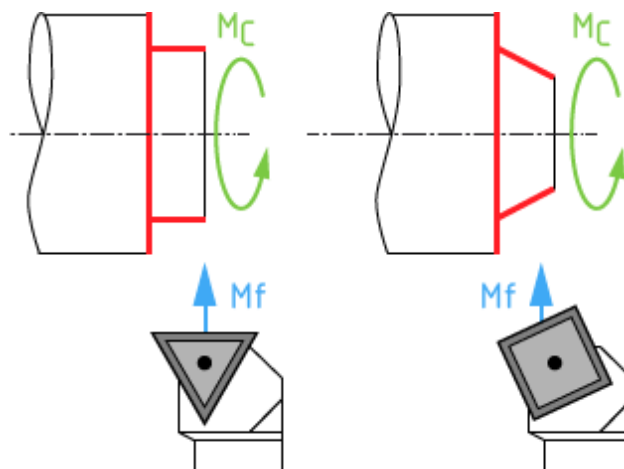
Ces outils se caractérisent par une seule direction de travail possible pour la réalisation de cylindres ou de cônes extérieurs. Si la pièce comporte un épaulement, on obtient une surface en travail d'enveloppe et une surface en travail de forme. Sur la figure ci-dessous sont illustrées quelques exemples d'outils à charioter.



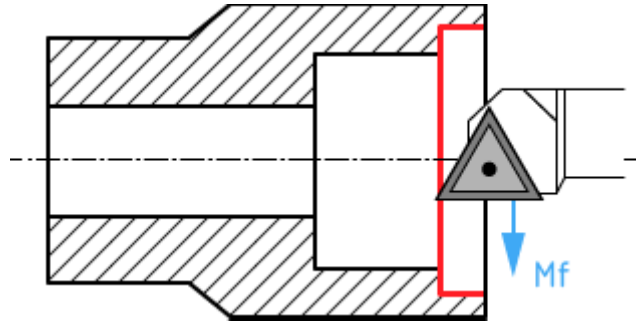
**Figure I. 29 : Les outils à charioter. Epaulement conique et épaulement droit [5]**

### 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.



**Figure I.30 : Le dressage extérieur cylindrique et conique [5]**

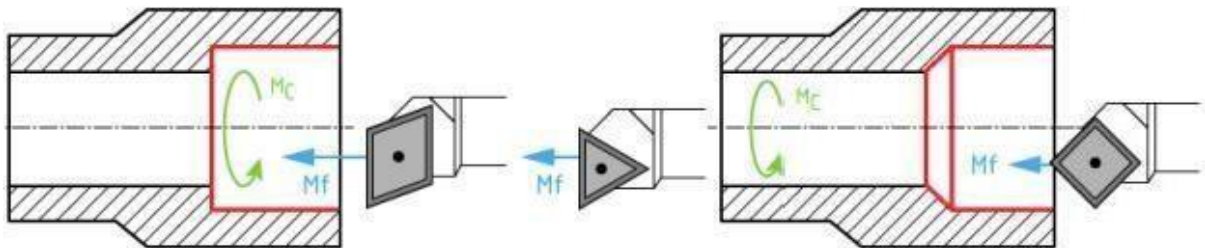


**Figure I.31 : Le dressage intérieur [5]**

### **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.



**Figure I.32 : Alésage cylindrique et alésage conique [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.



## CHAPITRE I: Généralités sur l'usinage des métaux

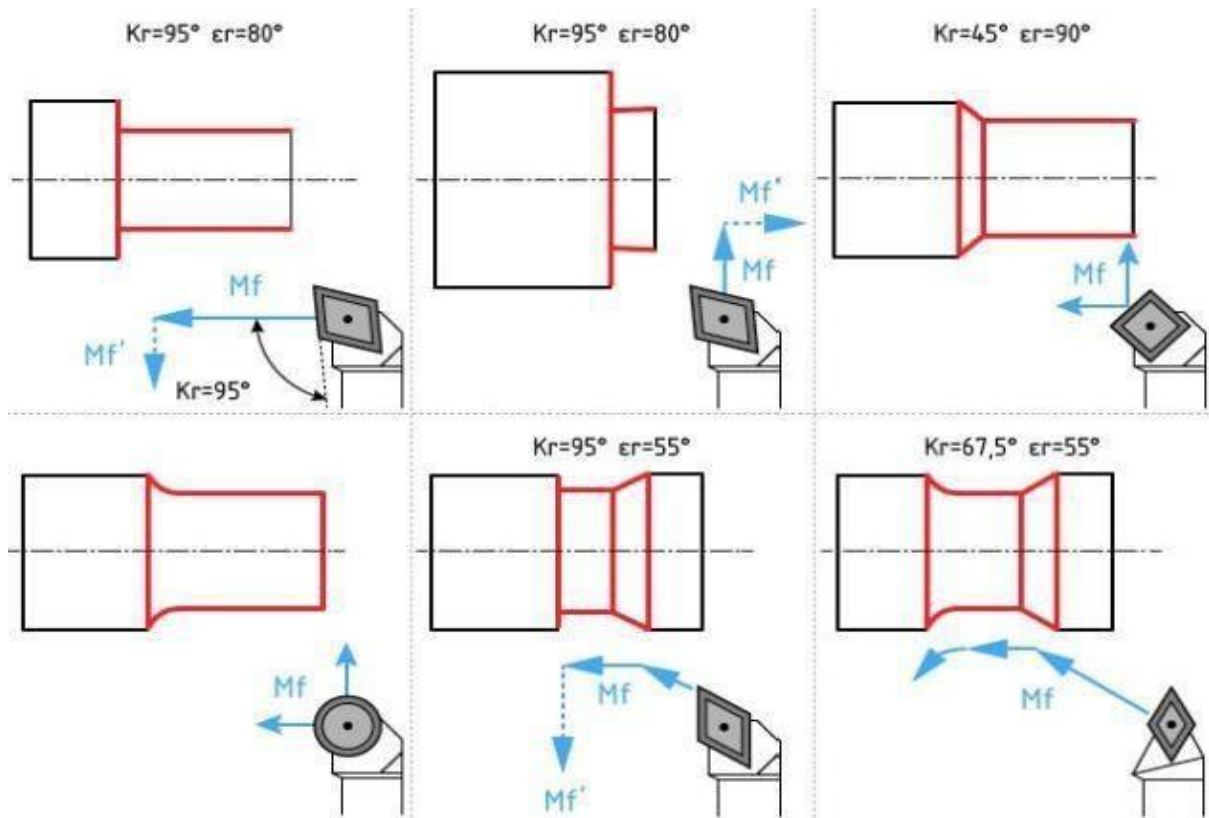


Figure I.33 : Différents outils à charioter et dresser [5]

### 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.

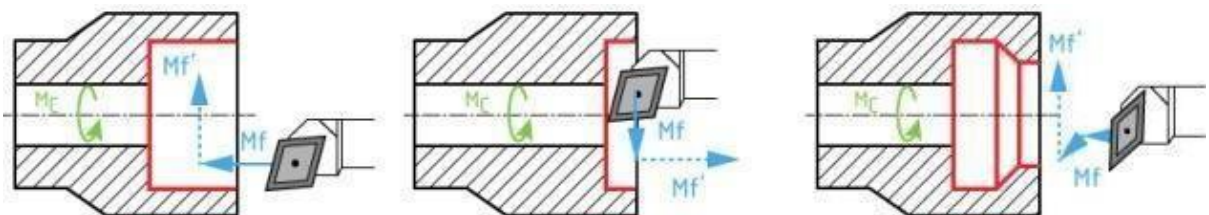


Figure I.34 : Divers outils à aléser et dresser [5]

### Les outils à rainurer

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

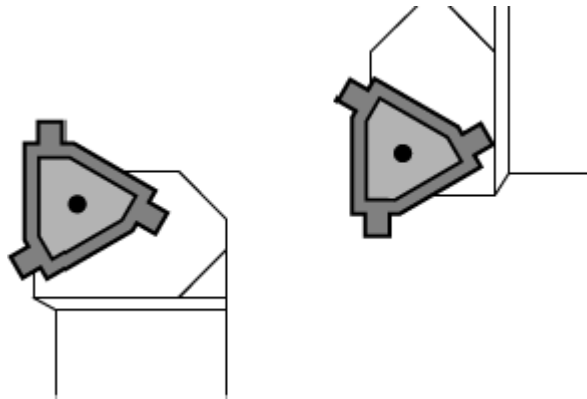


Figure I.35 :Les outils à rainurer [5]

### Les outils à tronçonner

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

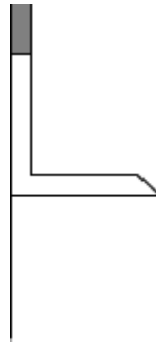


Figure I.36 :Outil à tronçonner [5]

### Les outils à fileter

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

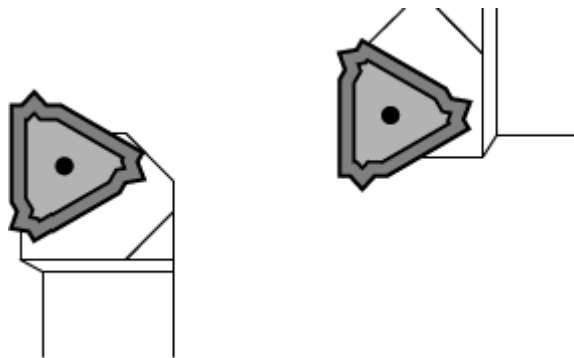


Figure I.37 : Outils à fileter [5]

# Chapitre II

## La Rugosité de Surface

### **I. Introduction**

Les pièces mécaniques produites par les différents procédés présentent des nuances distinctes dans l'état de leurs surfaces. Ces différences rendent les surfaces obtenues par les différents procédés faciles à être identifiées.

Grâce à son caractère unique, l'état de surface obtenu par un procédé quelconque peut être d'ores et déjà comparé à d'autres surfaces obtenues par le même procédé à travers des moyens simples tels que la mesure de la taille moyenne de travers

Des moyens simples tels que la mesure de la taille moyenne de ses irrégularités

En utilisant les normes en vigueur et les techniques modernes de mesure.

### **II .1. Définition**

La rugosité est le résultat de la modification micro géométrique d'une surface, due Au procédé d'élaboration de la pièce (usinage, moulage...etc.). Apparaissent se forme : des aspérités appelées "Pics" ou des cavités appelées "Creux".

#### **II .1.2Généralités sur les états de surface**

La structure superficielle lors de l'usinage de métaux par enlèvement de copeaux est Déterminée par les irrégularités résultant de la déformation de la face usinée. Elle Varie essentiellement selon le routage d'usinage, les conditions de coupe, et la Matière en œuvre. Et la rigidité d'un système d'usinage. [9]

### **II .2. Rugosité**

C'est l'ensemble des irrégularités d'une surface à caractère micrographique et macrographique.

Les surfaces usinées ne sont pas parfaites, elles présentent des irrégularités dues aux procédés macrographiques.

Le rôle fonctionnel d'une surface dépend d'un certain nombre de facteurs, notamment de l'état de surface (étanchéité, glissement, etc.).

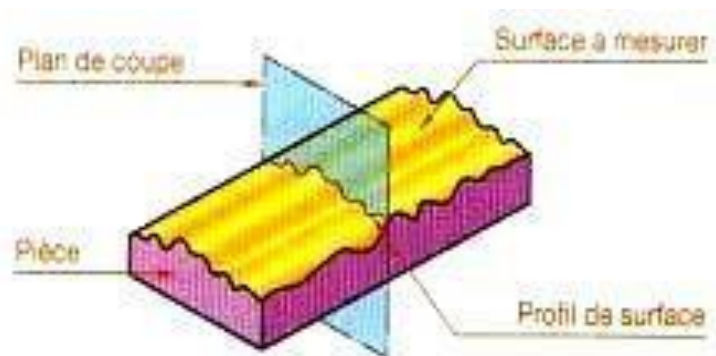
Plus l'indice de rugosité est faible, plus il est difficile à obtenir, ce qui augmente nécessairement le coût de fabrication. [9]

### II .3. Les défauts d'états de surface :

L'aptitude d'une pièce à remplir une fonction donnée dépend de nombreux facteurs, notamment des caractéristiques de son état de surface. L'état de surface est caractérisé par la micro-géométrie de la surface, qui joue un rôle important dans certaines fonctions telles que le frottement, le glissement, le roulement, l'étanchéité, parfois même l'aspect.

Pour que les pièces puissent être contrôlées, il faut chiffrer les caractéristiques d'une surface.

La définition des caractéristiques d'une surface se fait sur le profil de cette surface.



**Figure II. 1 : Profil de surface [15]**

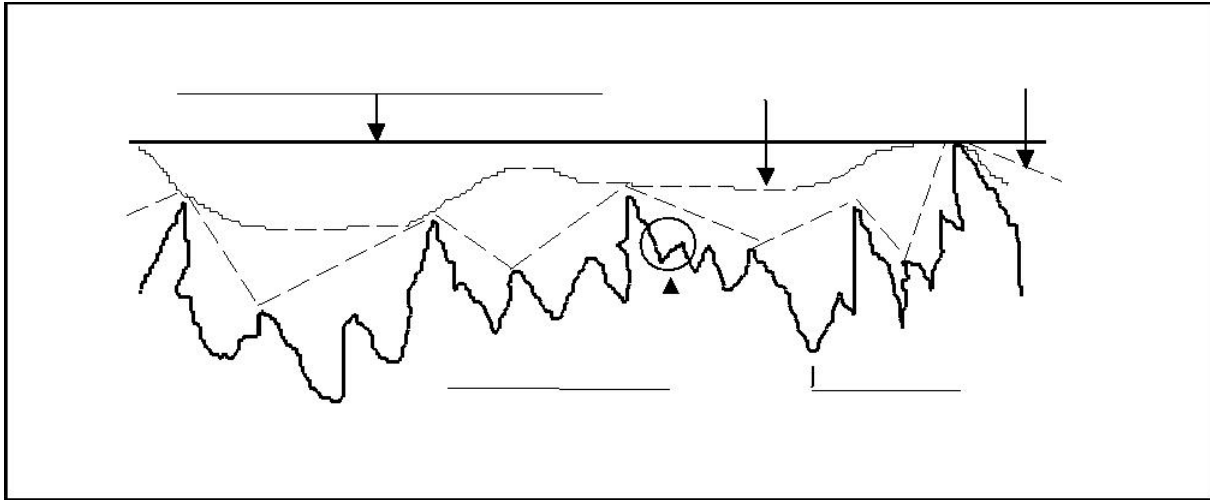
La norme NF E 05-515 distingue six ordres de défauts de surface, du plus grand au plus petit :

1. Écart de forme (échelle macroscopique) :
2. Défaut de planéité, de rectitude, de circularité.
3. Ondulation (échelle macroscopique) :
4. L'écart entre les crêtes est compris entre 0,5 et 2,5mm
3. Stries et sillons (défauts périodiques ou pseudopériodiques, échelle microscopique) l'écart entre Les crêtes est inférieur ou égal à 0,5 mm
4. Défauts localisés (échelle microscopique) : marque d'outil, arrachement, fente, piqûre.

5. Structure cristalline (échelle méso-scopique).

6. Réseau cristallin (échelle nano-scopique) [16]. [17]

Les types de défauts de surface sont présentés dans la figure II.2

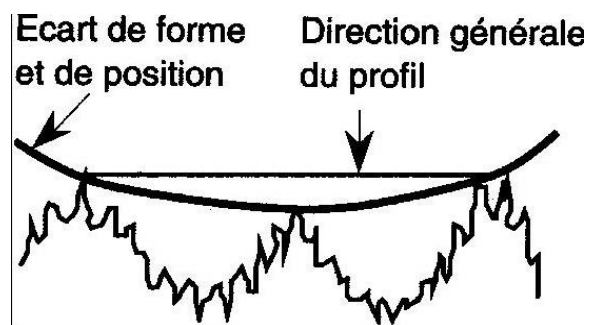


**Figure II. 2: Les types de défauts de surface [15]**

### II.3.1 Ordre 1 : défauts de forme : ordre 1 :

Macro géométrique : l'écart de forme

- Les défauts de planéité
- Les défauts de rectitude
- Les défauts de circularité



**Figure II. 3 : Défauts d'ordre 1 [15]**

L'influence de ces défauts à lieu au niveau de :

- L'étanchéité : Statique (pas de mouvement entre les pièces)
  - Dynamique (mouvement entre deux pièces)
  - Les frottements : Roulement, Glissement S Durée de vie des organes
- Les causes de ces défauts sont :

- La déformation de la pièce avant usinage dans son système d'ablocage S La déformation de la pièce au cours de l'usinage due à l'effort exercé par L'outil sur la pièce ou due à la mauvaise inclinaison de l'outil.
- La déformation de la pièce après démontage (contraintes internes (ex : Température)
- La déformation de l'outil machine due à l'action de la pièce sur l'outil.
- Les défauts au niveau des guidages.
- L'évaluation de la surface :

Discontinue : Comparateur (maillage) Machine à mesurer tridimensionnelle

Continue : Palpage, Interférométrie

On peut également utiliser un marbre ou calibre ou une bague [16]. [17]

### II .3.2 Ordre 2 : défauts macrographiques, ondulation :

Ils sont caractérisés par une longueur d'onde de quelques millimètres. Ils sont causés par des vibrations basses fréquences, des mouvements cycliques d'outils....

Pour faire apparaître, on utilise un filtre passe bas qui ne laisse passer que les longueurs d'onde  $w$  (valeur à déterminer avec le bureau d'étude)

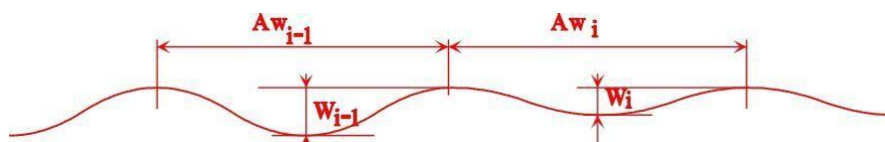


Figure II. 4 :Motif d'ondulation

Pas moyen d'ondulation :

$$A_w = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n A_{Wi}$$

Profondeur moyenne d'ondulation

$$W = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n W_i$$

L'influence de ces défauts est la même que pour l'ordre 1

Les causes de ces défauts sont les phénomènes vibratoires basse fréquence, ces derniers se traduisent par un manque de rigidité au niveau de :

La pièce, due à un mauvais équilibrage du montage sur le porte pièce

L'outil, dû à une dent cassée au niveau de la fraise par exemple La machine.[18]

### II .3.3 Ordre 3 : défauts micrographiques, rugosité :

Ils sont caractérisés par une longueur d'onde comprise entre 2/100 de millimètre et quelques 1/10de millimètre.

Ils sont causés par des vibrations haute fréquence, les traces des dents

Pour les faire apparaître on utilise un filtre passe haut qui ne laisse passer que les longueurs d'onde (valeur à déterminer avec le bureau d'étude)

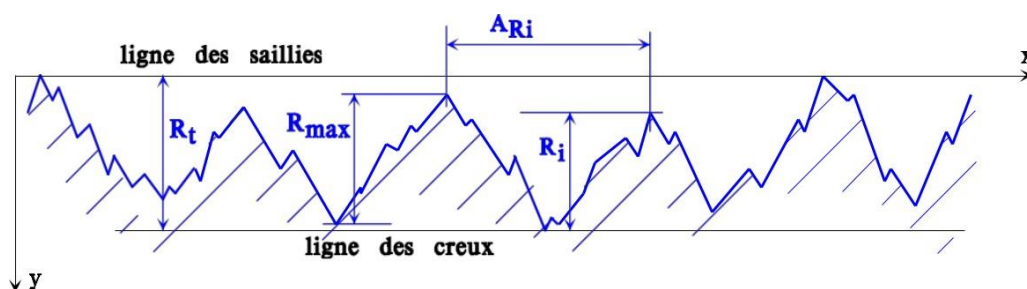


Figure II. 5 : Profil « redressé »



Pas moyen de rugosité  $A_R = \frac{1}{\bar{n}} \sum_{i=1}^n A_{Ri}$

Profondeur moyenne de rugosité  $R = \frac{1}{\bar{n}} \sum_{i=1}^n R_i$

Rugosité maxi:  $R_{max} = \text{Sup} \{R_i\}$  , rugosité totale :  $R_t = \text{Ecart entre le pic le plus haut et la saillie la plus}$

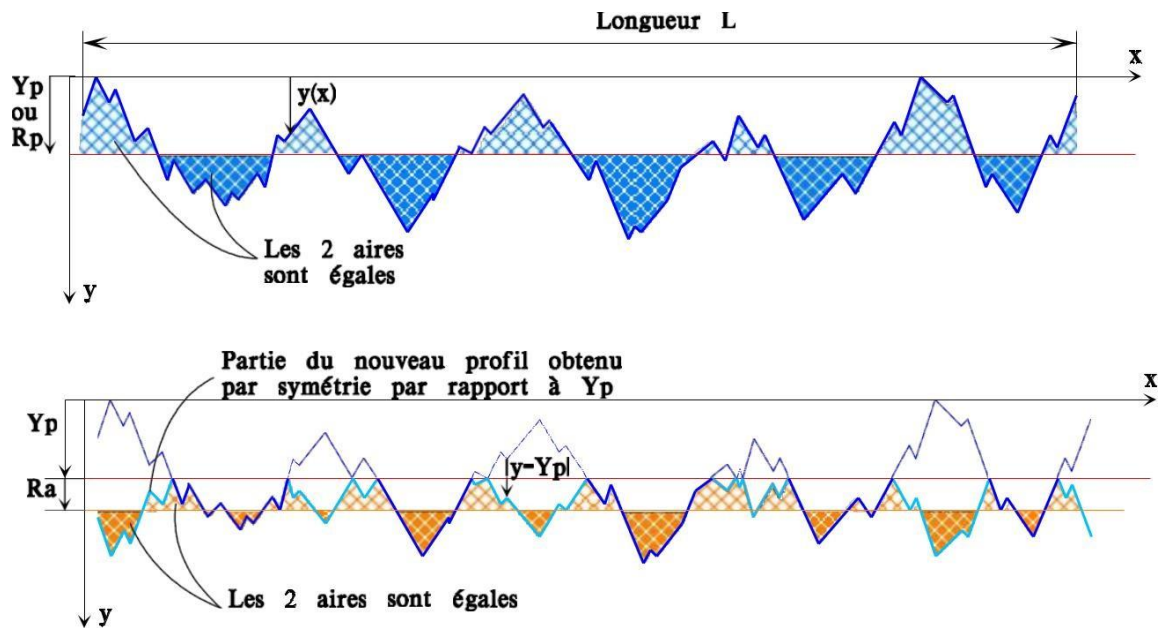


Figure II. 6 : Profondeur d'aplanissement de rugosité :  $R_p$  ; écart moyen par rapporte à la linge moyenne de rugosité :  $R_a$  [15]

Profondeur (ou rugosité) moyenne d'aplanissement :  $Y_p \text{ ou } R_p = \frac{1}{L} \int y(x). dx$

**Écart arithmétique moyen** (par rapport à la ligne moyenne d'aplanissement) :

$$R_a = \frac{1}{L} \int_L^L y(x) \cdot dx$$

L'influence de ces défauts ont eu lieu au niveau de :

L'étanchéité : Statique (pas de mouvement entre les pièces) Dynamique (mouvement entre deux pièces) :

1. Les frottements fluides.
2. Les problèmes de revêtement (peinture...)

Les causes de ces défauts sont :

Les phénomènes vibratoires hauts fréquence

Les stries ou sillons dus au passage de l'outil (r). [16]

### II .3.4 Ordre 4 : arrachement de matière :

Dépend de l'affûtage de l'outil, du type d'outil, de la lubrification, de la vitesse de coupe, de la géométrie de l'outil de coupe, du matériau de l'outil (carbure revêtu...)

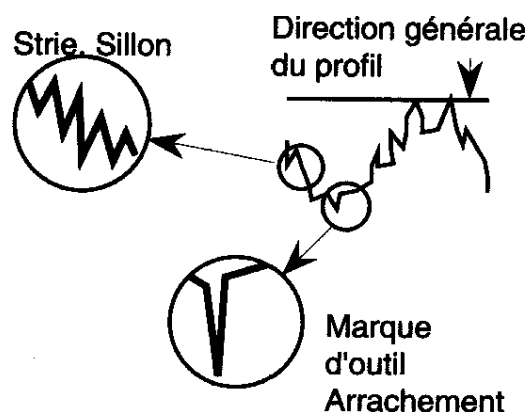


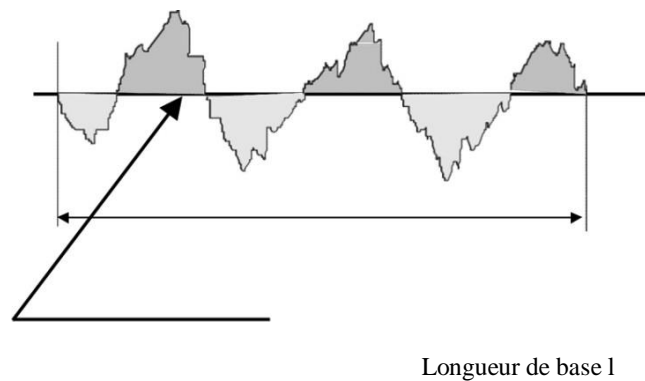
Figure II. 7 : arrachement de matière [15]

### II.4. Différents types de lignes :

La direction générale du profil est équivalente à la ligne des moindres carrés du profil.

#### II.4.Ligne moyenne:

Cette droite a la direction générale du profil



Ligne moyenne telle que les aires =

Figure II. 8 : la ligne moyenne [15]

#### II .4.1. Longueur de base & d'évaluation :

- **Longueur d'évaluation** : c'est la longueur, mesuré suivant la droite d'orientation générale, de la partie de profil utilisée pour le calcul des paramètres caractéristiques

- **Longueur de base** : c'est une partie de la longueur de base qui sert à séparer les irrégularités du profil.  $L = n \times l$  avec  $n$  entier

En principe la longueur  $l$  est telle que  $2 l \neq$  période de l'ondulation. Donc

Longueur de base  $l$   $L=n.l$

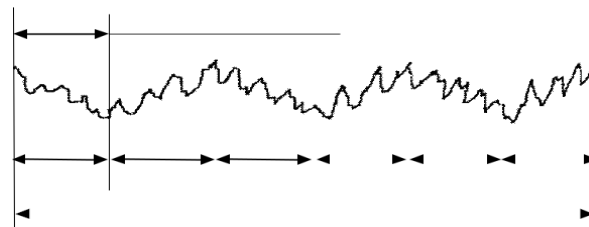
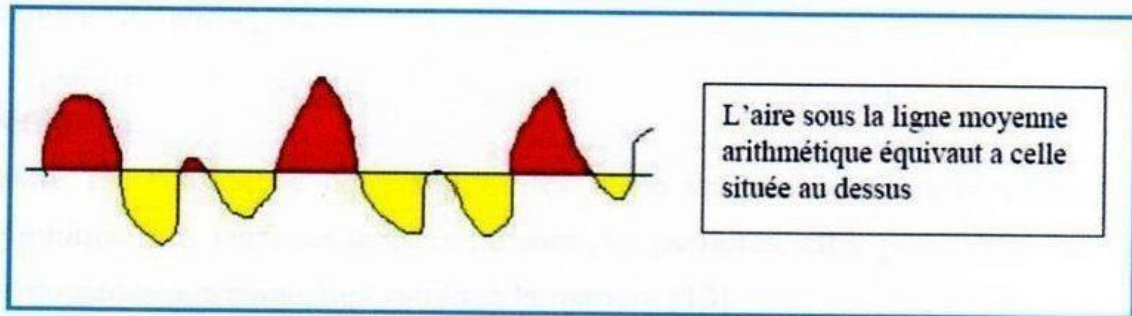


Figure II. 9 : la présentation de la longueur de base [15]

#### **II .4.2 Ligne de référence :**

C'est la ligne par rapport à laquelle les paramètres du profil seront déterminés. En général, cette ligne n'appartient pas à la surface de référence, c'est la ligne moyenne. Elle peut être définie par :

- Ligne des moindres carrés à l'intérieur de la longueur de base.



**Figure II. 10 :Ligne des moindres carrés [19]**

La Ligne centrale arithmétique à l'intérieur de la longueur de base est La somme des aires comprises entre elle et le profil est égale de part et d'autre [11].

#### **II .4.3. La ligne enveloppe supérieure :**

C'est la somme des segments de droite qui joignent les points les plus hauts des saillies locales du profil. [11]

#### **II.4.4. La ligne enveloppe inférieure :**

C'est la somme des segments de droite qui joignent les points les plus bas des creux locaux du Profil. Le problème est que tous les points ne sont pas pris

en compte (très aléatoire). [10]

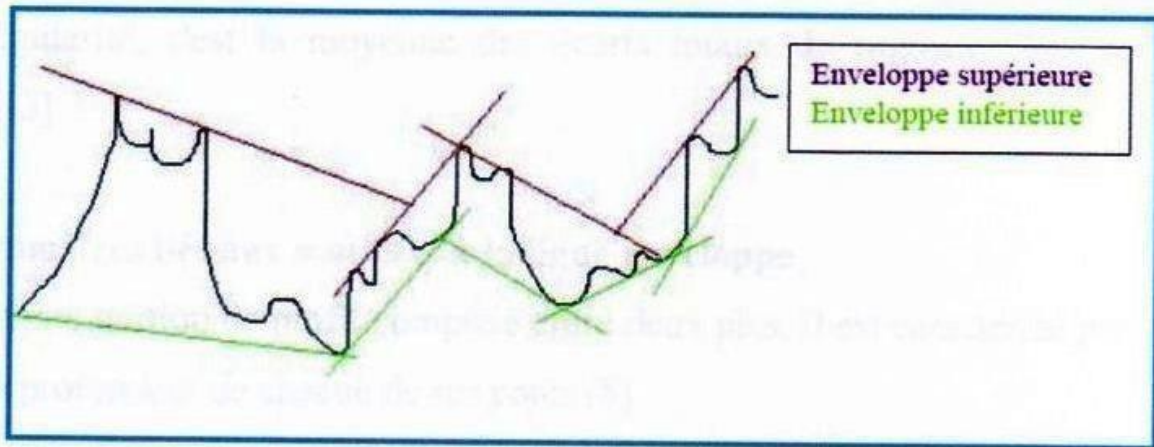


Figure II. 11 : Ligne enveloppe inférieure et supérieure [19].

## II .5 Paramètres de rugosité unidimensionnelle :

Les paramètres de rugosité unidimensionnelle standardisés peuvent être évalués avec l'outil La texture unidimensionnelle est séparée en ondulation (la composante de basse fréquence définissant la forme globale) et la rugosité (la composante de haute fréquence) à la fréquence de coupure.

Celle-ci est spécifiée en unités de fréquence de Nyquist, c'est-à-dire qu'une valeur de 1.0 correspond à la fréquence de Nyquist.

Dans les formules qui suivent, nous supposons que la valeur moyenne de  $r_j$  est nulle, c'est-à-dire que nous avons [11]

$$r_j = z_j - \bar{z}$$

### Paramètres d'amplitude de rugosité :

Il existe un grand nombre de paramètres pour la définition de la rugosité, certains sont pourtant beaucoup plus employés que d'autres:

#### a-Rugosité moyenne Ra

Normes : ASME B46.1-1995, ASME B46.1-1985, ISO 4287-1997, ISO 4287/1-1997.

Ecart moyen arithmétique : Il s'agit de l'écart moyen de tous les points du profil de rugosité par rapport à une ligne moyenne sur la longueur d'évaluation.

Une manière plus ancienne de spécifier une plage de Ra s'appelle RHR. Il s'agit d'un symbole placé sur un dessin et spécifiant la valeur minimale et maximale de Ra. [10]

### b-Rugosité moyenne quadratique Rq

Normes : ASME B46.1-1995, ISO 4287-1997, ISO 4287/1-1997.

Moyenne quadratique des écarts de hauteur sur la longueur d'évaluation et mesurés par rapport à la ligne moyenne. [10]

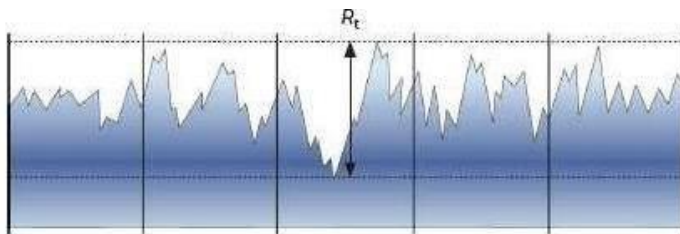
$$R_q = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N r_j^2}$$

### c-Hauteur maximale du profil Rt

Normes : ASME B46.1-1995, ISO 4287-1997.

Hauteur crête-à-crête maximale. Il s'agit de la valeur absolue entre les hauteurs maximum et minimum. [10]

$$R_t = \left| \min_{1 \leq j \leq N} r_j \right| + \left| \max_{1 \leq j \leq N} r_j \right|$$



Exemple d'indication donnée sur les dessins :



Figure II. 12 : Hauteur maximale du profil Rt [6]

### d-Profondeur minimale des vallées Rv, Rm

Normes : ASME B46.1-1995, ASME B46.1-1985, ISO 4287-1997, ISO 4287/1-1997.

Vallée la plus profonde. Il s'agit de la profondeur de la vallée la plus profonde du profil de rugosité sur la longueur d'évaluation. [10]

$$R_v = \left| \min_{1 \leq j \leq N} r_j \right|$$

**c- Hauteur maximale des pics  $R_p$**

Normes : ASME B46.1-1995, ASME B46.1-1985, ISO 4287-1997, ISO 4287/1-1997. Pic le plus élevé. Il s'agit de la hauteur du pic le plus élevé du longueur d'évaluation [10]

$$R_p = \left| \max_{1 \leq j \leq N} r_j \right|$$

**d-Amplitude moyenne  $R_{tm}$**

Profil de rugosité sur la Normes : ASME B46.1-1995, ISO 4287-1997.

Rugosité crête-à-crête moyenne. Elle est déterminée par la différence entre le pic le plus élevé et la vallée d'évaluation plus profonde sur plusieurs échantillons le long de la longueur où  $R_{vm}$  et  $R_{pm}$  sont définis plus bas.

Pour les profils de données elle est basée sur cinq longueurs d'échantillon ( $m = 5$ ). Le nombre d'échantillons correspond à la norme ISO. [10]

**e-Profondeur moyenne des vallées  $R_{vm}$**

Normes : ISO 4287-1997.

Profondeur de vallée moyenne basée sur une vallée par longueur échantillonnée. La vallée la plus profonde est déterminée pour cinq longueurs échantillonnées ( $m = 5$ ) puis ces valeurs sont moyennes [10]

$$R_{vm} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m R_{vi}$$

où

$$R_{vi} = |\min r_j| \quad \text{for} \quad (i-1)\frac{N}{m} < j < i\frac{N}{m}$$

**f-Hauteur moyenne des pics  $R_{pm}$**

Normes : ISO 4287-1997.

Hauteur de pic moyenne basée sur une vallée par longueur échantillonnée. La vallée la plus profonde est déterminée pour cinq longueurs échantillonnées ( $m = 5$ ) puis ces valeurs sont moyennées. [10]

$$R_{pm} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m R_{pi} \quad \text{ou}$$

$$R_{pi} = |\max r_j| \quad \text{for} \quad (i-1)\frac{N}{m} < j < i\frac{N}{m}$$

**g-Profondeur de rugosité de base R3z**

Normes : ISO 4287-1997.

Distance entre le troisième plus haut pic et la troisième plus basse vallée. Un pic correspond à une portion de la surface située au-dessus de la ligne moyenne.[10]

**j-Profondeur de rugosité moyenne R3zISO**

Normes : ISO 4287-1997.

Distance entre le troisième plus haut pic et la troisième plus basse vallée par longueur échantillonnée.

La profondeur de rugosité de base est déterminée pour cinq longueurs échantillonnées puis les valeurs obtenues sont moyennées.[10]

**k-Hauteur maximale moyenne Rz**

Normes : ISO 4287-1997

Moyenne des valeurs absolues des cinq plus hauts pics et des cinq plus basses vallées sur la longueur d'évaluation. [10]

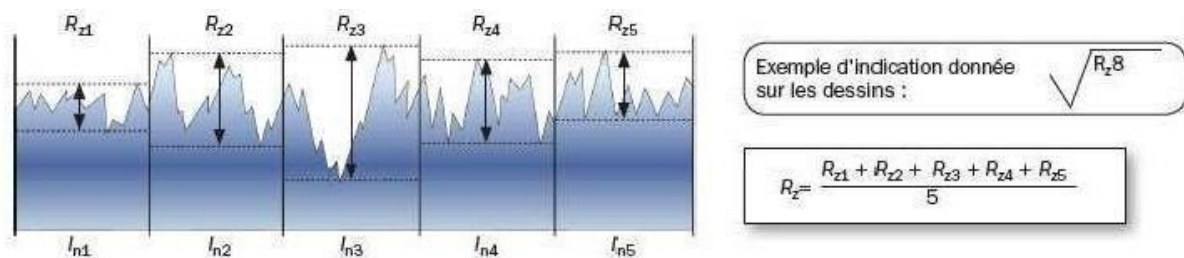


Figure II. 13 : Hauteur maximale moyenne Rz[6]

**l-Amplitude crête-à-crête moyenne RzISO**

Normes : ISO 4287-1997.

Rugosité crête-à-crête moyenne basée sur un pic et une vallée par longueur échantillonnée.

L'amplitude la plus élevée est déterminée pour cinq longueurs.

Les valeurs sont moyennées. Elle est identique à Rtm.

Échantillonnées puis ces Fonction de distribution d'amplitude

Normes : ISO 4287-1997.



La distribution d'amplitude est une fonction de donnant la probabilité qu'un profil de la surface ait une certaine hauteur  $z$  pour toute position  $x$ .

Distribution d'amplitude cumulée

Normes : ISO 4287-1997.

La distribution d'amplitude cumulée est liée à la distribution d'amplitude, il s'agit de la distribution de probabilité cumulée correspondante et elle a un intérêt bien plus grand pour caractériser un état de surface. La distribution d'amplitude cumulée est l'intégrale de la distribution d'amplitude. [10]

### l-Asymétrie $R_{sk}$

Normes : ISO 4287-1997.

L'asymétrie est un paramètre décrivant la forme de la distribution d'amplitude. Il s'agit d'une mesure de la symétrie de la variation d'un profil autour de sa ligne moyenne [10]

$$R_{sk} = \frac{1}{NR_q^3} \sum_{j=1}^N r_j^3$$

### Principaux paramètres de la rugosité :

Un grand nombre de critères sont définis dans la normalisation pour caractériser une rugosité. En pratique, dans un profil et sur une longueur considérée, seuls trois d'entre eux sont retenus:

- "Ra": écart moyen, c'est la moyenne arithmétique des valeurs absolues des écarts, entre les pics et les creux.

"Ra" mesure la distance entre cette moyenne et la ligne centrale. On admet Couramment que cette notion synthétise approximativement les différents paramètres intéressés dans la rugosité.

"Rt": écart total, c'est la dénivellation la plus importante entre le plus haut sommet d'un pic et le fond le plus bas d'un creux.

"Rz": régularité, c'est la moyenne des écarts totaux de rugosité "Rt" observés sur 5 longueurs. [10]

II .5.3 Paramètres liés aux motifs et à la ligne enveloppe :

Le motif est une portion de profil comprise entre deux pics, il est caractérisé par sa largeur ou pas et par la profondeur de chacun de ses cotés [4],

Les paramètres liés aux motifs peuvent être évalués graphiquement en traçant la ligne enveloppe supérieure et la ligne enveloppe inférieure.

Ces motifs déterminent la profondeur moyenne de rugosité R et son pas moyen AR(Figure II.15).

$$R = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m R_j$$

$$AR = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n AR_i$$

La ligne enveloppe supérieure permet de déterminer les motifs d'ondulation et de calculer la profondeur moyenne d'ondulation W et son pas AW voir figure II.15.

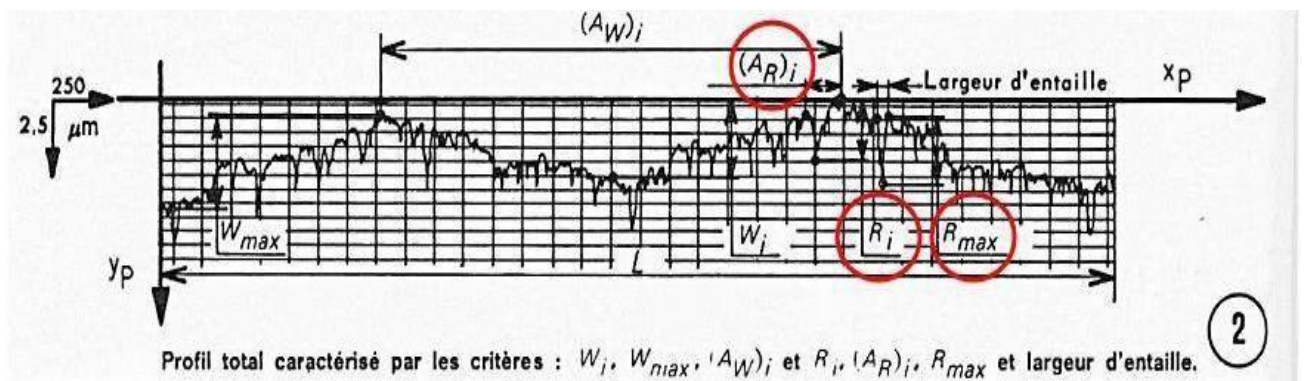


Figure II. 14 : profil total caractérisé par les critères :  $W_i, W_{max}, AW)_i$  et  $R_{max}$  et largeur d'entaille [7]

$$Aw = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Aw_i \quad \text{Pas moyen}$$

$$W = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m W_j \quad \text{Profondeur moyenne}$$

## II .5.4 Paramètres liés à la ligne moyenne :

La référence pour le calcul des paramètres dans la définition ISO 4287/1, est la ligne des moindres carrés calculée sur une longueur de base, la valeur moyenne des valeurs trouvées sur cinq longueurs de base.

Les principaux paramètres liés à la ligne moyenne sont indiqués comme suit :

### 1. Au niveau de la longueur de base :

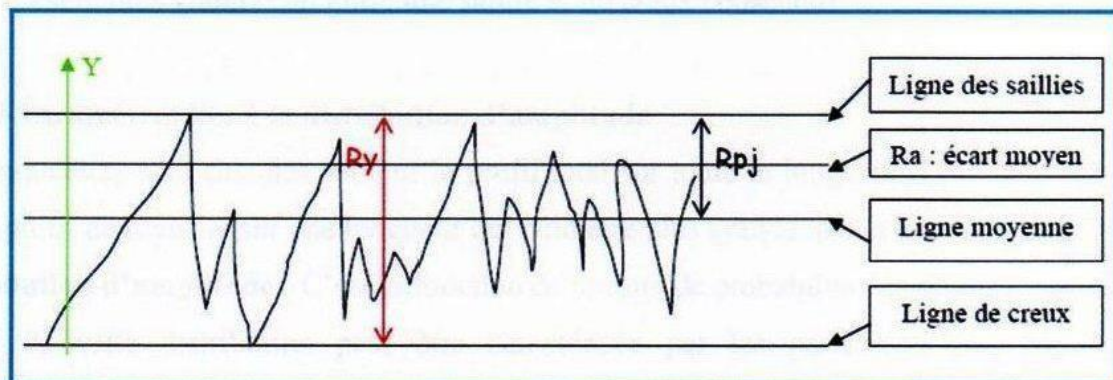


Figure II. 15 : Paramètre liés a la longueur de bas [8]

$R_{pj}$  : distance entre la ligne des saillies et la ligne moyenne  
 $R_a$  : écart moyen Arithmétique du profil

$R_y$  : distance entre la ligne des saillies et la ligne des creux  
 $R_p$  : Représente la moyenne des  $R_{pj}$

$$R_{aj} = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| \cdot dx$$

Rt : c'est le plus grand des Ry (Ry étant dans la longueur de base, on choisit le plus grand.

Ry compris dans la longueur d'évaluation). On considère que Rt est plus au moins équivalente à Ry

Rmax : c'est le plus grand écart entre une saillie et un creux consécutif

$$R_p = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n R_{pj}$$

$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n R_{aj}$$

## 2. Au niveau de la longueur d'évaluation

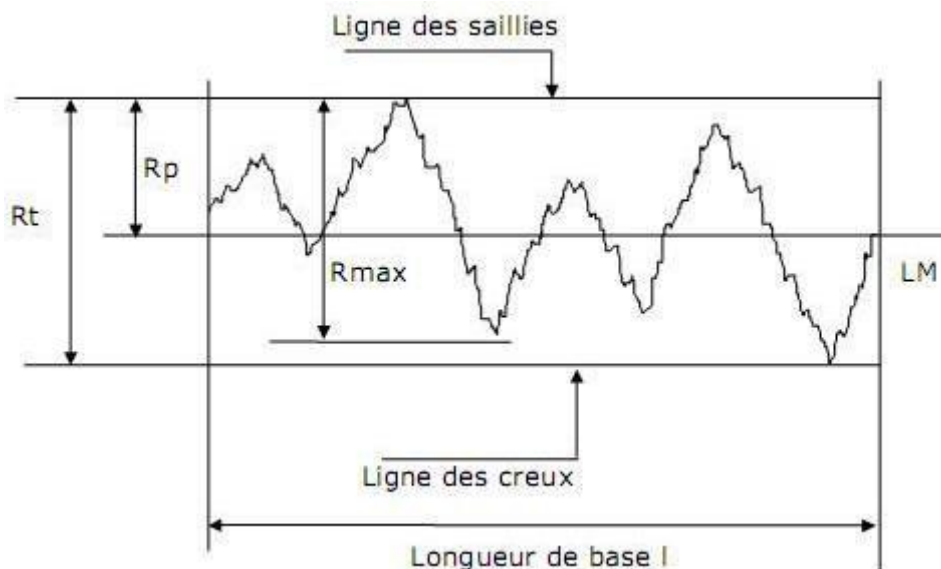


Figure II. 16 : Paramètres liés à la longueur d'évaluation [7]

### 3. Paramètres liés à la distribution d'amplitude

Ces paramètres sont calculés soit sur le profil total sur toute la longueur d'évaluation  $L$ , soit sur le profil de rugosité sur une longueur qui peut être plus grande que la longueur de base.

### 4. Distribution d'amplitude

C'est la fonction de densité de probabilité des points du profil. La forme de cette distribution peut être caractérisée par les paramètres  $R_q$ ,  $S_k$ , et  $E_k$  correspondant aux moments centrés d'ordre 2,3 et 4, qui sont utilisés en tribologie pour simuler dans les modèles mathématiques le comportement de la surface. [8]

Taux de portance  $T_p$  représenté par la courbe D'Abbott-Firestone, c'est la Courbe cumulée de distribution d'amplitude en fonction de la profondeur de Coupe ( $c$ ) elle représente le Pourcentage réelle qui porterait sur une surface plane après sur ehyothétique égale à ( $c$ ) voir figure I.

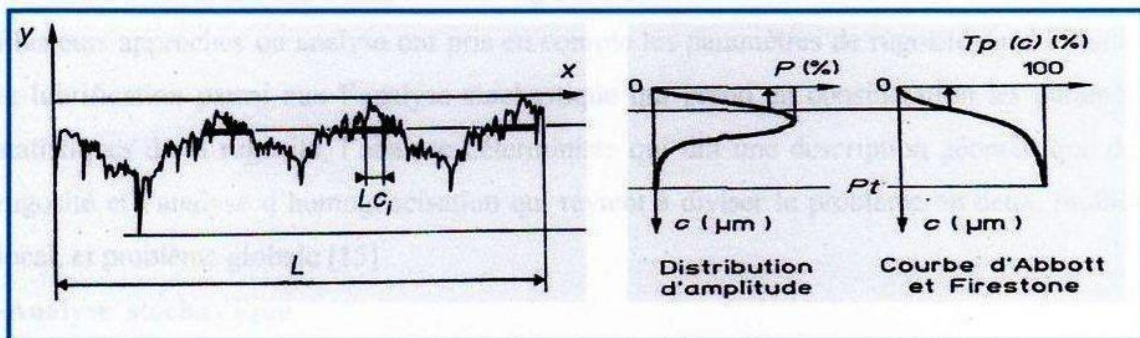


Figure II. 17 : Paramètres liés à la distribution d'amplitude [8]

$C$  : ( nm ) profondeur de coupe

$L_{ci}$  : longueur de coupe élémentaire

$P$  : (%) densité de probabilité des points du profil  $P_t$  : profondeur totale du profil

$T_p(C)$  : taux de longueur portante (% de longueur portante après une

Usure hypothétique égale à ( $C$ )D'où l'on peut mettre en évidence ces paramètres

de surface dans les calculs d'un contact mécanique, donc connaître la

topographie de surface est devenu

II .6. Les spécifications normalisées :

Sur les dessins de définition, les états de surface peuvent faire l'objet de spécification. Un symbole graphique est utilisé :

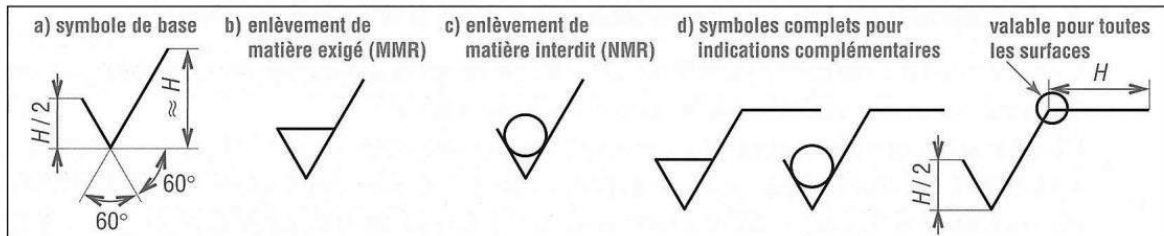


Figure II. 18 : symbole graphique de l'état de surface [6]

Ce symbole est complété d'indications relatives au paramètre de Rugosité retenu, au procédé de fabrication éventuellement,...

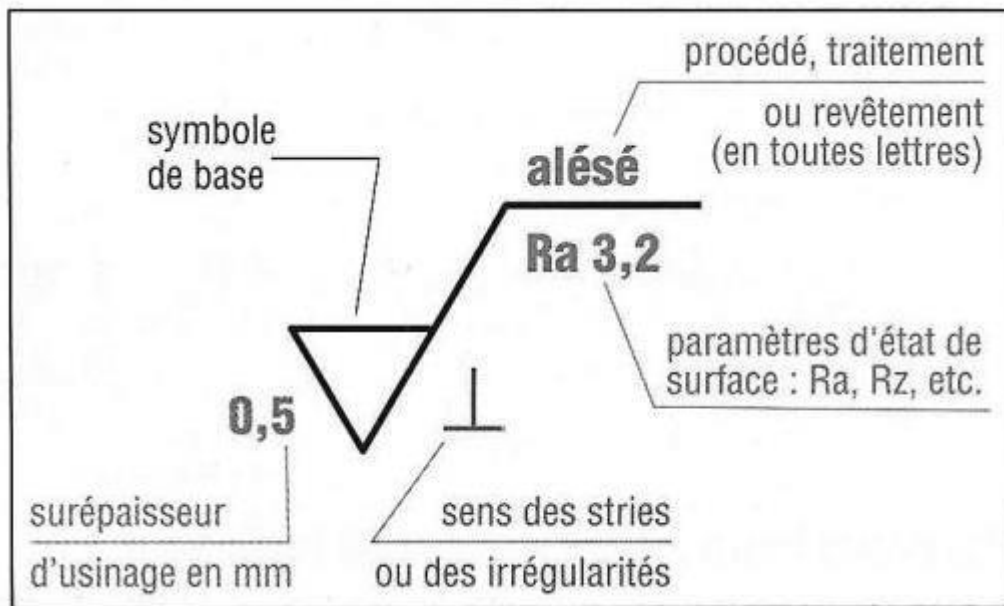


Figure II. 19 : Exemple de symbolisation [6]

II.7. Mesure de la rugosité :

Lorsque les comparaisons visuelles et tactiles ne pas sont suffisantes pour distinguer une différence de rugosité entre deux surfaces, on utilise un



rugosimètre qui détermine de manière sûre et précise un certain nombre de paramètres de rugosité ( $R_a$ ,  $R_z$ ...). Parmi les applications industrielles nécessitant l'utilisation d'un rugosimètre on peut citer les domaines suivants.

- Mécanique; l'optimisation de la rugosité permet un meilleur ancrage mécanique, notamment au sein de dispositifs où les forces de friction jouent un rôle fonctionnel prépondérant (ex: cônes morses).
- Qualité: l'utilisation d'un rugosimètre permet le contrôle de la qualité de finition en bout de chaîne de production, permettant de détecter et de corriger d'éventuels problèmes survenus durant l'usinage. [6]. [11]



Figure II. 20 : Rugosimètre [1]



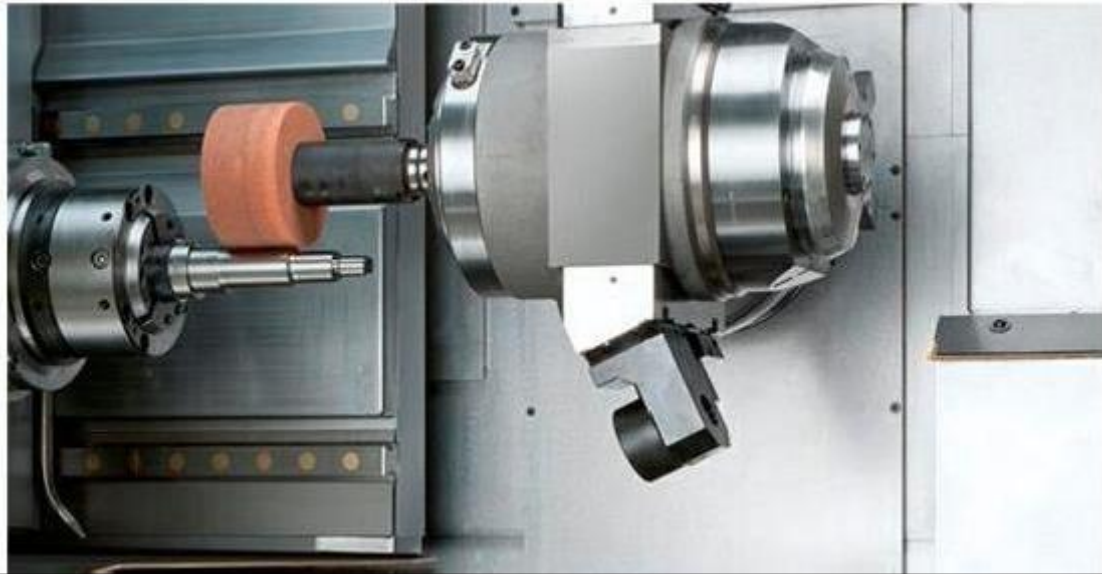
Figure II. 21 : Mesure des états de surface [21]

## II .8. Généralité sur les techniques d'amélioration des états de surface

### II.8.1. La Rectification

La rectification d'une pièce mécanique est une opération destinée à améliorer son état de surface.

Les deux techniques principales sont la rectification plane et cylindrique.



**Figure II. 22 : opération de la Rectification [6]**

**Principe de La Rectification :**

La rectification s'effectue sur une machine-outil conçue à cet effet : la rectifieuse. Il s'agit de rectifier donc d'approcher révolution ou cône).

Une surface d'une forme parfaite (en général : plan, cylindre de

La rectification est souvent utilisée dans le but de préparer des surfaces frottantes, par exemple la portée d'un arbre qui tournera dans un palier lisse ou dans un joint d'étanchéité. Elle peut également être utilisée pour donner un profil particulier à la pièce lorsque la meule a été au préalable usinée au profil complémentaire.

La rectification plane consiste en un meulage horizontal de la pièce de façon à éliminer à plusieurs reprises des couches de matériau allant de 20 à 40 micromètres (0,0005 à 0,001 pouce). Ici, la pièce effectue un mouvement de va et vient longitudinal (qui peut être combiné à un balayage transversal Pour rectifier une largeur supérieure à la largeur de la meule).

De même, la rectification double face consiste à rectifier les deux faces de la pièce en même temps.

Dans le cas de la rectification cylindrique, la pièce tourne sur elle-même en effectuant sa course parallèlement à l'axe de la meule.

Aujourd'hui, avec l'apparition des nouveaux procédés d'usinage à grande vitesse, on voit également apparaître un nouveau procédé appelé rectification grande vitesse.



Contrairement à l'usinage traditionnel (enlèvement de copeaux par outils coupant), la rectification permet des usinages de précision dimensionnelle élevée grâce au principe de l'usinage par abrasion.

Dans la plupart des cas de rectification, les rectifieuses ont besoin d'utiliser un liquide de refroidissement et d'arrosage pour arroser la meule et les pièces afin ne pas faire des brûlures sur les pièces produites ce liquide refroidi les pièces pour ne pas avoir un mauvais état de surface.[13]

### **Matériaux :**

Il est possible de rectifier :

1. Acier classique non trempé
2. Acier trempé jusqu'à 70 HRC
3. Acier chromé dur
4. Céramique
5. Carbure
6. Plastique

### **Avantage de la rectification :**

- a-Possibilité de s'attaquer aux matériaux les plus durs
- b-Pouvoir atteindre des tolérances dimensionnelles de l'ordre du micromètre (0,001mm) et donc d'usiner des pièces plus précises
- c-Obtenir un état de surface poussé ( $< 0,1 \text{ Ra}$ ) [12]

### **II .8.4. Superfinition :**

La superfinition est une action d'usinage qui vise à obtenir des pièces de très haute qualité, au-delà des capacités de la rectification.

Elle opère sur deux caractères :

La forme de la surface obtenue en définitive : l'usinage à l'outil laisse sur la surface un certain nombre de raies ou de stries (que le rodage masque partiellement).

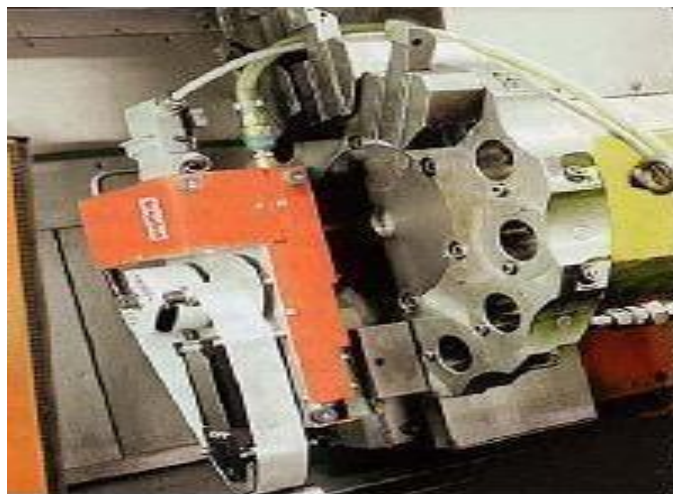
La structure superficielle du métal usiné : l'usinage à l'outil conduit à de grandes élévations de température pouvant atteindre 1 000 °C à l'extrémité de l'outil ; celui-ci

Arrache, d'autre part, des éléments de copeaux ; il en résulte une détérioration superficielle due à la fusion de particules de métal qui se ressoldent ensuite.

À cela s'ajoute l'agglutination de corps étrangers : limailles, lubrifiant, saletés, etc., qui contribuent à former une structure superficielle fragile et peu homogène, appelée couche de Beilby.

La super finition consiste à enlever la couche de Beilby, de manière à faire disparaître les stries et les défauts géométriques. La différence essentielle entre super finition et rectification porte sur le mouvement de coupe de l'abrasif.

L'action très rapide de la meule est remplacée par celui d'une pierre abrasive à mouvement rectiligne alternatif. Ce mouvement de vibration a une fréquence d'environ 25 coups par seconde et une amplitude de 1 à 5 mm. L'abrasif travaille à faible vitesse (10 à 20 m/min, contre 3000 m/min en polissage). [13]



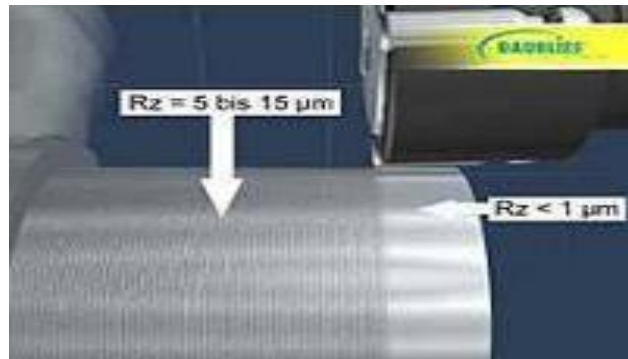
**Figure II. 23 : opération de super finition**

### II .8.5. Galetage

Le galetage est un procédé d'usinage sans enlèvement de matière qui consiste à lisser et à compacter la surface des matériaux.

Ra obtenu : 0,1

Intégration dans le processus : Est placé à la suite d'autres procédés : usinage, rectification...



**Figure II. 24 : opération de galetage**

### II.8.6.Rodage :

Principe : Procédé par abrasion qui consiste à un frottement de deux pièces entre lesquelles on place une pâte abrasive Ra obtenu : 0,02

Quantité de matière enlevée : souvent inférieure à 0,01 mm

Intégration dans le processus : nécessite souvent une rectification préalable.

### II .9.Avantages de la lubrification :



**Figure II. 25 : Liquide de coupe [11]**

Un liquide de coupe, et plus généralement un fluide d'usinage, est un liquide Refroidissant et lubrifiant conçu spécialement pour le travail et l'usinage des métaux.

Il existe différents types de fluides d'usinage, parmi lesquels on retrouve les huiles, les émulsions, les aérosols, l'air et d'autres gaz. L'utilisation de ces fluides améliore le travail et les procédés d'usinage des matériaux métalliques. Deux exceptions existent cependant : la fonte et le laiton qui sont usinés à sec.

On fait appel à un fluide d'usinage pour :

Maintenir la pièce en cours de travail à une température stable (fonction critique Lorsque les tolérances de fabrication sont réduites).

Maximiser la durée de vie de l'outil de coupe en lubrifiant l'arête de coupe et en Réduisant le phénomène de copeau rapporté prévenir l'usure de la machine utilisée assurer aux opérateurs de bonnes conditions de travail [14]

### **Maintien en température :**

Le travail des métaux génère de la chaleur à cause du frottement de l'outil sur la pièce et de l'énergie dissipée par la déformation du matériau. L'air ambiant est un mauvais refroidisseur pour l'outil de coupe car il conduit peu la chaleur (conductivité thermique faible). [14]

### **Lubrification :**

En plus du refroidissement les liquides de coupe aident l'usinage en lubrifiant L'interface entre l'outil et la pièce. En diminuant le frottement à cette interface, ils diminuent la création de chaleur. Cette lubrification permet également de prévenir l'adhésion du copeau sur l'outil qui risquerait d'affecter la surface usinée.[14]

### **II .9.3 Évacuation des copeaux :**

Dans l'industrie de grande série, le liquide de coupe permet également d'évacuer les copeaux de la zone de coupe vers un dispositif de centralisation des copeaux. [14]

### **II. 0Composition des fluides d'usinage :**

Les fluides d'usinage sont utilisés pour de très nombreuses opérations d'usinage, ce qui explique leurs compositions très variées. Ils sont en général élaborés par des formulateurs, qui font appel à de nombreux produits de base (composés type

huile minérale, issus de la distillation du pétrole, graisses animales, huiles végétales ou autres matières premières).

On peut distinguer parmi ces fluides

Les fluides de type émulsion

Les fluides type micro-émulsion

Les fluides synthétiques

### **huiles entières :**

Huiles minérales, additives ou non

### **fluides de type émulsion :**

Les fluides de type émulsion contiennent en Général:

Une base type huile minérale ou alkylbenzène

Un émulateur

Un agent anti-corrosion

Des additifs type extrême pression

Des bactéricides et/ou des fongicides

Des agents anti-mousses

De l'eau

Ces fluides sont fournis sous forme de concentrés qu'il faut diluer dans l'eau avant emploi (2 à 10 % habituellement). [14]

### **fluides de type microémulsion**

Leur composition est assez voisine des fluides type émulsion. Ils comprennent en général :

o une base huile minérale ou alkylbenzène

o un émulateur anti-corrosion

o des additifs antimousse

o des additifs extrême-pression (non obligatoirement)

o des bactéricides et/ou fongicides

o un solvant

o de l'eau

Ils sont fournis ici encore sous forme de concentrés à diluer dans l'eau (1,5 à 5 %). [14]

### **II.10.4.fluides synthétiques :**

Risques liés aux fluides d'usinage.

Au cours de l'usinage, les fluides se chargent non seulement en métaux, plus ou moins solubilisés, mais aussi en composés indésirables (issus de la dégradation thermique du fluide) et, surtout en cas d'utilisation de fluides aqueux, en contaminants biologiques (moisissures, bactéries, etc.).

Les opérations d'usinage émettent des aérosols, dont l'inhalation peut être à l'origine de diverses affections respiratoires. On retrouve en effet dans l'air les composés évoqués ci-dessus, dont certains sont des cancérogènes 1 ou des allergisants respiratoires.

Par ailleurs, le contact cutané avec ces mêmes fluides est susceptible de provoquer des dermatites ou des lésions eczématiformes 2. Il convient donc :

- De vérifier régulièrement la qualité des fluides utilisés.
- D'assainir les postes de travail, à l'aide notamment de ventilations efficaces.
- D'éviter tout contact cutané avec ces produits. [14]

# Chapitre III

## Partie Expérimentale

## Matériau étudié

### Présentation de l'acier XC18

Le matériau utilisé dans ce travail de recherche est un acier doux, faiblement allié au carbone et il est destiné à la fabrication des pièces dans plusieurs domaines. La référence de ce matériau est C22 (XC18). Le tableau 3.1 présente les désignations de l'acier XC18 dans les différentes normes [1].

AFNOR	DIN	AISI	NF EN 10027-1
XC 18	Ck 22		C22 (1.1151)

**Tableau III. 1 : Désignation de l'acier XC18.**

Le tableau 3.2 rassemble la composition chimique de l'acier XC18.

C	S	Mn	P	Si
0,16-0,22	≤ 0,035	0,40-0,70	≤ 0,035	0,15-0,35

**Tableau III. 2 : Composition chimique en % massique de l'acier XC18 [1].**

### Propriétés de l'acier XC18

C'est un acier de construction non allié pour trempe et revenu. Il est aussi considéré comme un acier doux de cémentation pour pièces non soumises aux chocs, mais nécessitant une bonne résistance superficielle. Il est utilisé également pour le traitement dans la masse. C'est un acier facile à usiner par tournage.

### Domaines d'application

Pièces travaillant sans chocs : axes de pistons, arbres de pompes, pieds de bielles, arbres à cames. Après trempe directe et revenu il est utilisé comme dans les : boulonnerie, visserie, tringles de commandes, leviers, manettes, douilles et autres.



### **Caractéristiques mécaniques moyennes (état normalisé)**

Le tableau 3.3 nous présente les caractéristiques mécaniques moyennes de l'acier XC18, comme la résistance maximale (Rm), la limite élastique (Re) et l'allongement (A).

<b>Rm N/mm<sup>2</sup></b>	<b>Re N/mm<sup>2</sup></b>	<b>A %</b>	<b>Dureté HB</b>
410 / 430	210 / 240	24 / 25	

**Tableau III. 3 : Caractéristiques mécaniques moyennes de XC18 [1].**

Pour la soudabilité, l'acier XC 18 a une soudabilité assez bonne.

#### **III.1.5 Machine-outil utilisée,**

##### **Tour universel**

L'usinage a été réalisé au département génie mécanique, d'université Badji Mokhtar

Annaba. On a utilisé un tour universel de type :

Tour modèle AI616 fabriqué en URSS

##### **Caractéristiques techniques et dimensions :**

Encombrement 2135x1225x1220 mm

Poids de la machine - 1500 kg.

Alésage de broche : 35 mm

Diamètre admis dans le rompu 660 mm

Porte outils : 140 mm

Moteur d'entraînement principal tension - 220/380 V, vitesse - 1430 tr / min, puissance

4 kW, type - A02-41-4.

Diamètre Mandrin : 250.

La fréquence de rotation (avant et arrière) de la broche - de 9 à 1800 tr / min, le nombre

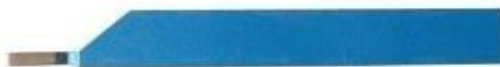
D'étages – 21.



**Figure III. 1 : Tour universel modèle AI616 fabriqué en URSS**

### **III.2 Outil de coupe utilisé :**

Outil à tronçonner et outil à charioter et dresser



**Figure III. 2 : Outil à tronçonner**



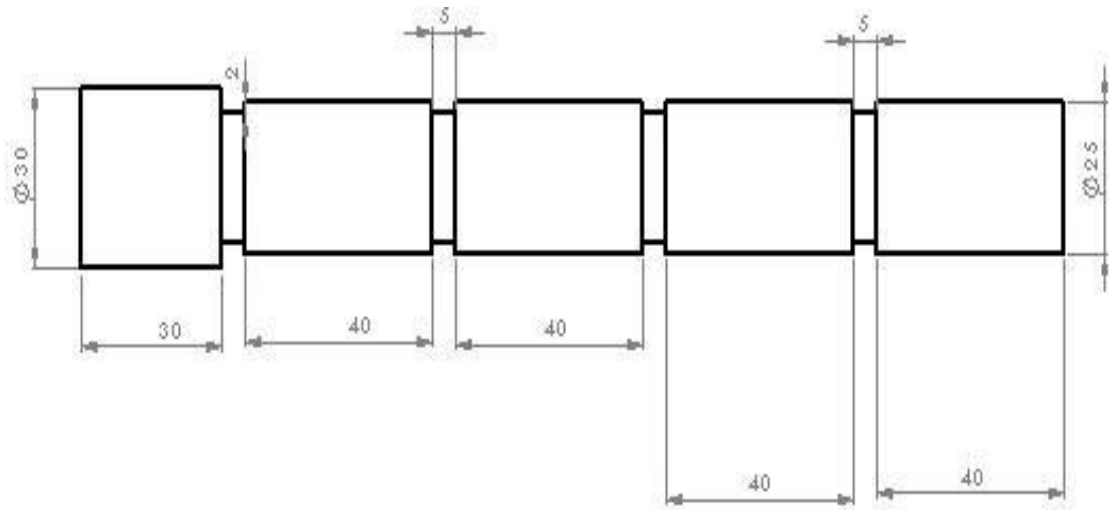
**Figure III. 3 : Outil à charioter et dresser**

### **III3.. Régime de coupe**

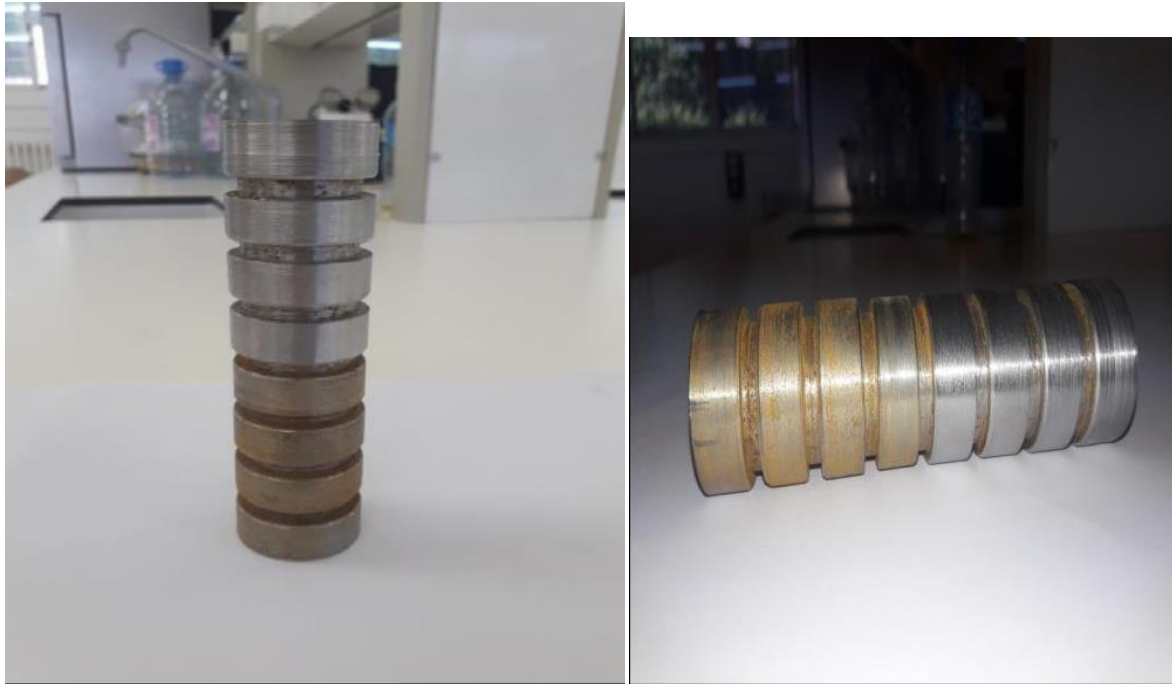
Le régime de coupe a été choisi en fonction du matériau utilisé et de l'outil de coupe employé lors de la réalisation de la pièce demandée. Les régimes de coupe adoptés dans cette dernière, sont consignés dans les tableaux ci-après.

### **III4. . Présentation de l'éprouvette :**

L'éprouvette découpée respectivement au de diamètre  $D= 30\text{mm}$  (mise en longueur) et  
Préparées en 8 paliers. La Pièce de longueur  $L= 180\text{mm}$  et diamètre  $D= 30\text{mm}$   
et réalisées en 8 paliers (1ère partie la Pièce usinée à Sec , et 2ème Partie de la  
Pièce usinée avec lubrification). Largeur du palier  $40\text{mm}$ , Séparé par des gorges  
de profondeur de  $1\text{mm}$  et de largeur de  $3\text{mm}$ .



**Figure III. 4 : Dessin de définition de la pièce**



**Figure III. 5 : la pièce**

### **Rugosimètre utilisé**

Pour la mesure des différents critères de rugosité ( $R_a$ ,  $R_t$  et  $R_z$ ), nous avons utilisé un rugosimètre TR220.

Le TR220 est le rugosimètre approprié aux mesures les plus exigeantes en raison de sa grande Précision et de ses très nombreuses fonctions. Disposant de tous les outils des rugosimètres, le TR220 est idéal pour tester les applications critiques. Le rugosimètre TR220 fonctionne avec un capteur inductif ayant une pointe en diamant.

Les Tensions sont générées lorsque le capteur est dévié par les anfractuosités du matériau à tester et sont Convertis dans les différents paramètres de rugosité. Une courbe de l'essai est Affiché directement Sur le rugosimètre ce qui permet d'avoir un aperçu rapide de l'essai réalisé. Directement Sur le rugosimètre ce qui permet d'avoir un aperçu rapide de l'essai réalisé.

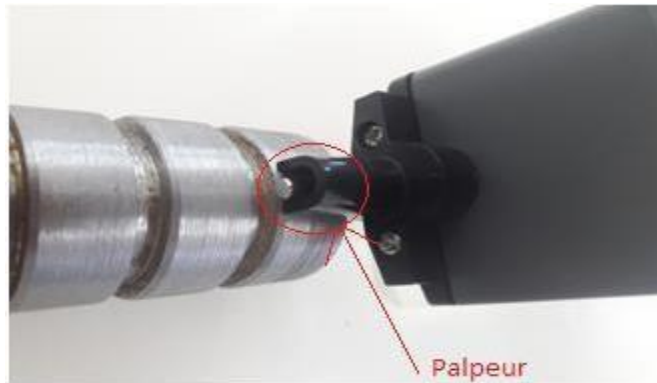
Le profil de la surface mesurée peut être affiché dans 13 caractéristiques différentes :  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_y$ ,  $R_q$ ,  $R_t$ ,  $R_p$ ,  $R_{max}$ ,  $R_m$ ,  $R_{3z}$ ,  $S$ ,  $S_m$ ,  $S_k$ ,  $t_p$ . L'interface RS232 permet le transfert du profil de Surface et des caractéristiques vers l'imprimante TA-220 (disponible en option). Ils peuvent aussi être transférés sur un PC en utilisant en utilisant le logiciel Time-Surf, notamment pour la Surveillance des produits de série.

**Caractéristiques techniques :**

- a) Plage de Mesure : Ra, Rq: 0.01 à 40  $\mu\text{m}$ ; Rz, Rp, Rt, R3z: 0.02 à 160  $\mu\text{m}$ : Sm, S: 2 à 4000 Um ; Tp : 1 à 100% (% Ry).
- b) Cut-off (longueur de mesure) : 0.25 mm, 0.8 mm ou 2.5 mm
- c) Précision de la Mesure : Selon ISO Classe 2.
- d) Course : 17.5 mm
- e) Vitesse : 0.5 mm/s.
- f) Filtre digital : RC, PC-RC, Gauss, D-P.
- g) Capteur : Diamant, rayon 5  $\mu\text{m}$  (pointe).
- h) Température d'utilisation : 5 à 40°C.
- i) Alimentation : Batterie lithium, 1000 mAh.
- j) Dimensions : 141 x 56 x 48 mm
- k) Poids : 440 g



**Figure III. 6 : Dispositif pour mesurer la rugosité**



**Figure III. 7 : Capteur de rugosimètre**

### **Résultats expérimentaux**

#### **III 6.1 La vitesse de coupe $V_c$ :**

$$V_c = \pi D.N / 1000$$

$$D = 42$$

$V_c$  : vitesse de coupe en (m/min).

$D$  : diamètre en point d'usinage (mm).

$N$  : vitesse de rotation de la broche (tr/min)

$$\text{Pour } N = 560 \text{tr//min} : V_c = 3.14 \times 42 \times 560 / 1000 = 73,85 \simeq 74$$

#### **III.6.2. Routage d'usinage**

Selon l'usinage de l'opération de chariotage d'essai avec les paramètres Indiqués dans le tableau ci- dessous nous permettent d'étudier la rugosité De surface obtenue en fonction de la vitesse de coupe ( $V_c$ ), de l'avance ( $f$ ) et de la profondeur de passe ( $a$ ) et la vitesse d'avance.

Condition d'usinage

- L'avance  $a_f$  variée
- Vitesse de rotation  $N = 560$  tr/min
- Profondeur de passe  $a_p = 1$  mm

Essai 1

Usinage avec lubrification

Tab.1:

N	Ap	af	Ra	Rz
560	1	0.5	3.677	17.15
		0.75	3.442	16.08
		1	4.175	22.29
		1.25	5.577	28.09

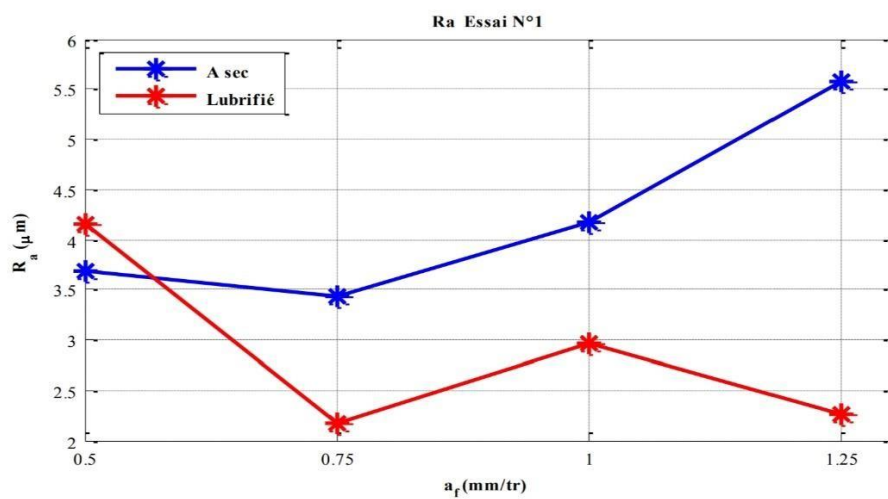
Tableau III. 4: Mesure de (Ra et Rz) relevées lors de l'usinage avec lubrification

Usinage à sec

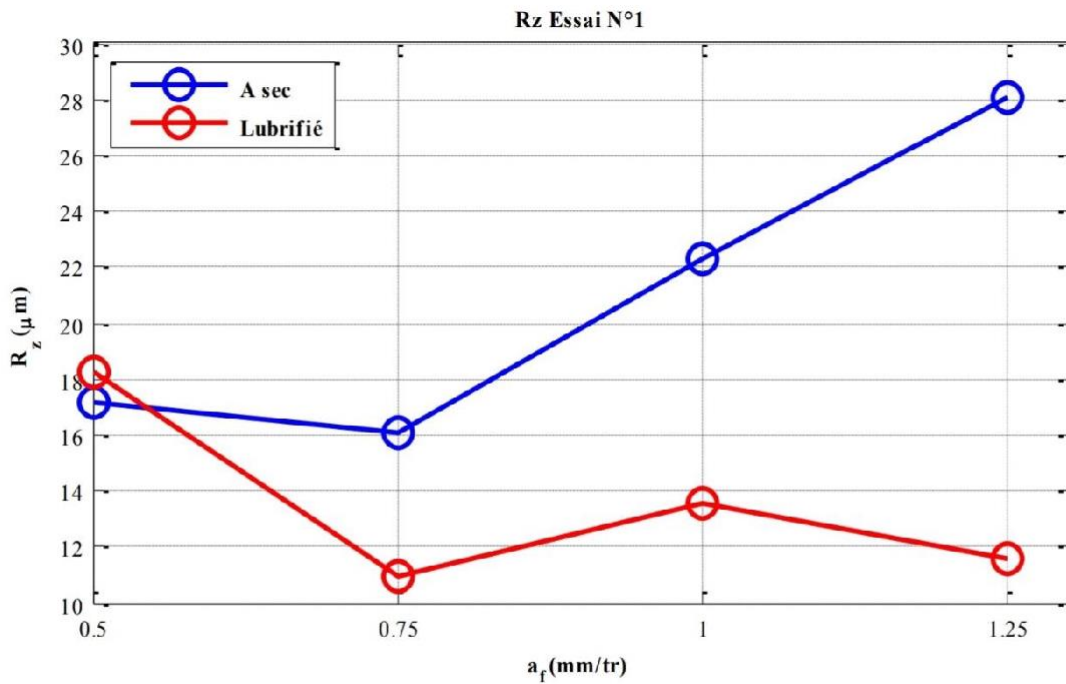
Tab.2:

N	ap	af	Ra	Rz
560	1	5	4.122	18.21
		0.75	2.167	10.93
		1	2.961	13.6
		1.25	2.255	11.55

Tableau III. 5 : Mesure de (Ra et Rz) relevées lors de l'usinage à sec



Graphie III.1 variation de Ra ( $\mu\text{m}$ ) en fonction de l'avance af (mm) lors de l'usinage à sec et avec lubrification



Graph III.2 variation de Rz ( $\mu\text{m}$ ) en fonction de l'avance af (mm) lors de l'usinage à sec et avec lubrification

### Essai 2

#### Usinage avec lubrification

Tab.3:

N	Ap	af	Ra	Rz
560	1	0.5	3.39	17.23
		0.75	3.563	19.22
		1	4.851	24.1
		1.25	4.079	20.44

Tableau III. 6 : Mesures de (Ra et Rz) relevées lors de l'usinage avec lubrification

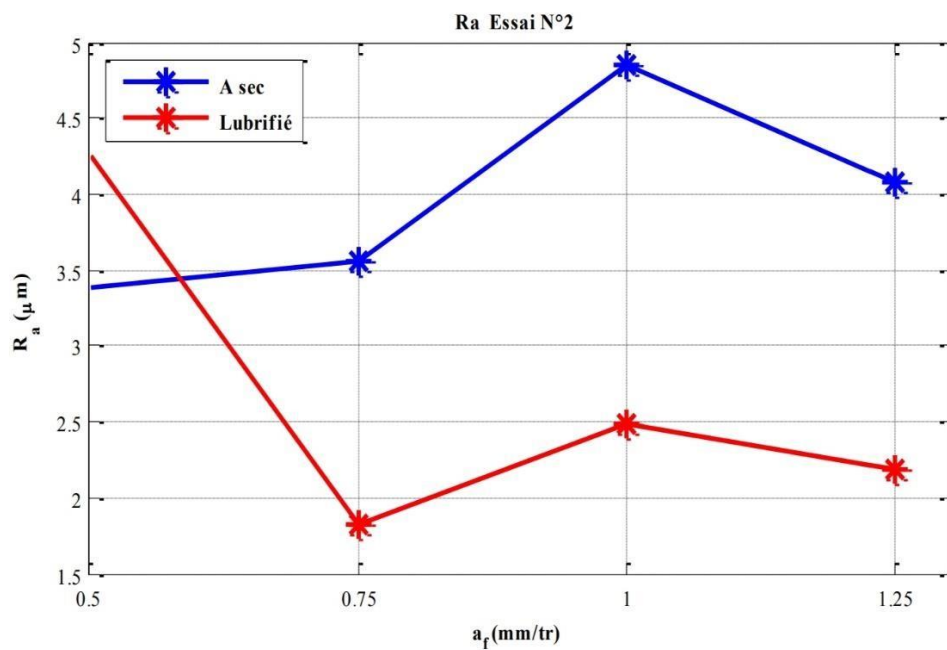


Usinage à sec

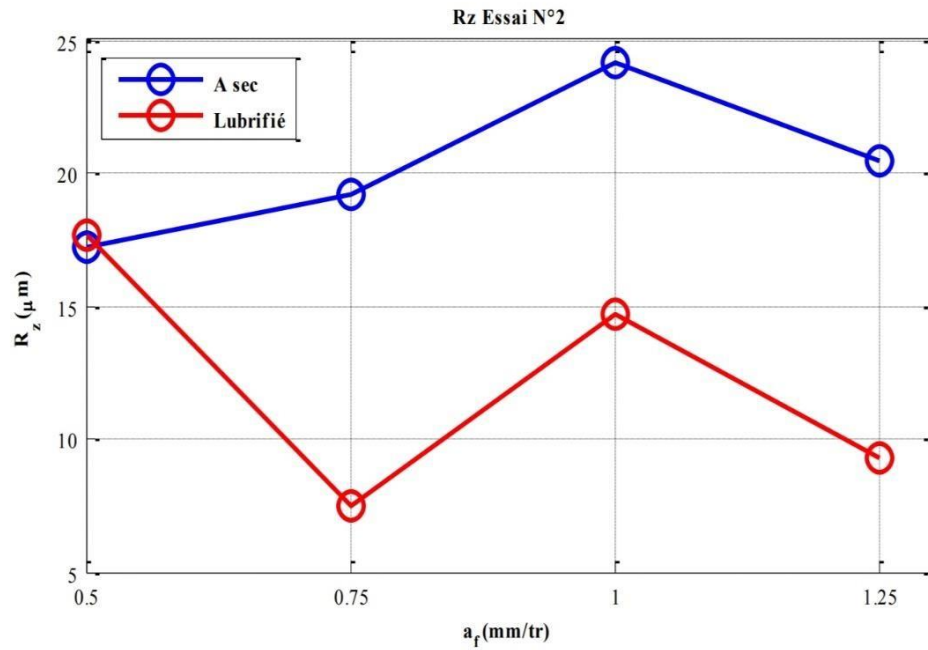
Tab.4:

N	Ap	af	Ra	Rz
560	1	0.5	4.245	17.66
		0.75	1.816	7.433
		1	2.49	14.69
		1.25	2.195	9.246

Tableau III. 7 : Mesures de (Ra et Rz) relevées lors de l'usinage à sec



Graphe III.3 variation de Ra ( $\mu\text{m}$ ) en fonction de l'avance  $a_f$  (mm) lors de l'usinage à sec et avec lubrification



Graph III.4 variation de (Rz ( $\mu\text{m}$ )) en fonction de l'avance  $a_f$  (mm) lors de l'usinage à sec et avec lubrification

La moyenne des essais ( 1 et 2 )

Usinage avec lubrification

Tab. 5

N	$a_p$	$A_f$	Ra	Rz
560	1	0.5	3.5335	17.195
		0.75	3.502	17.65
		1	4.5115	23.195
		1.25	4.8275	24.255

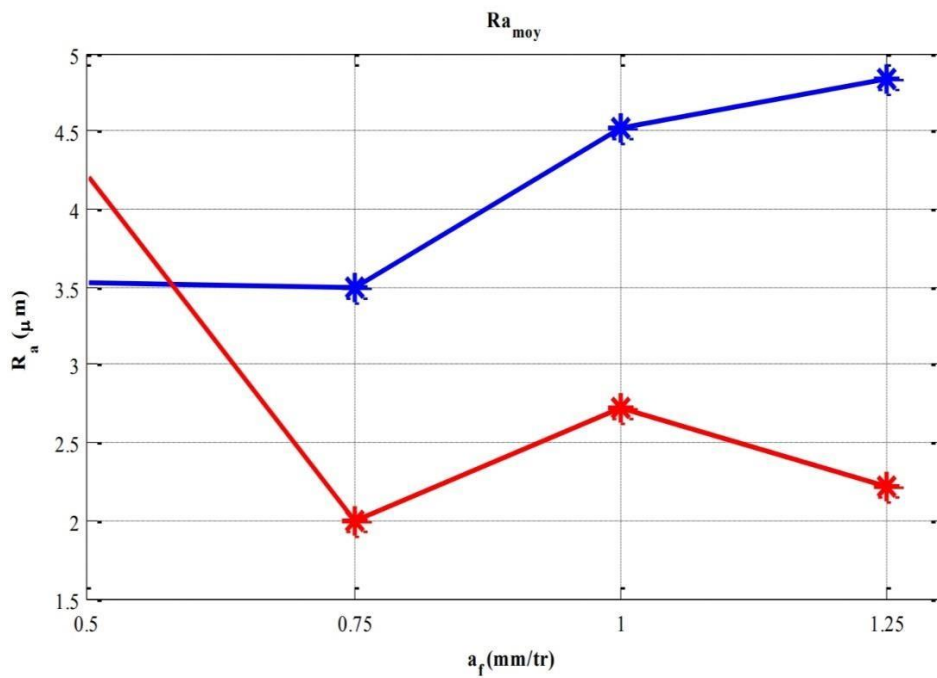
Tableau III. 8 : moyennes des essais (1et2) de Ra et Rz relevées lors de l'usinage avec lubrification

Usinage à sec

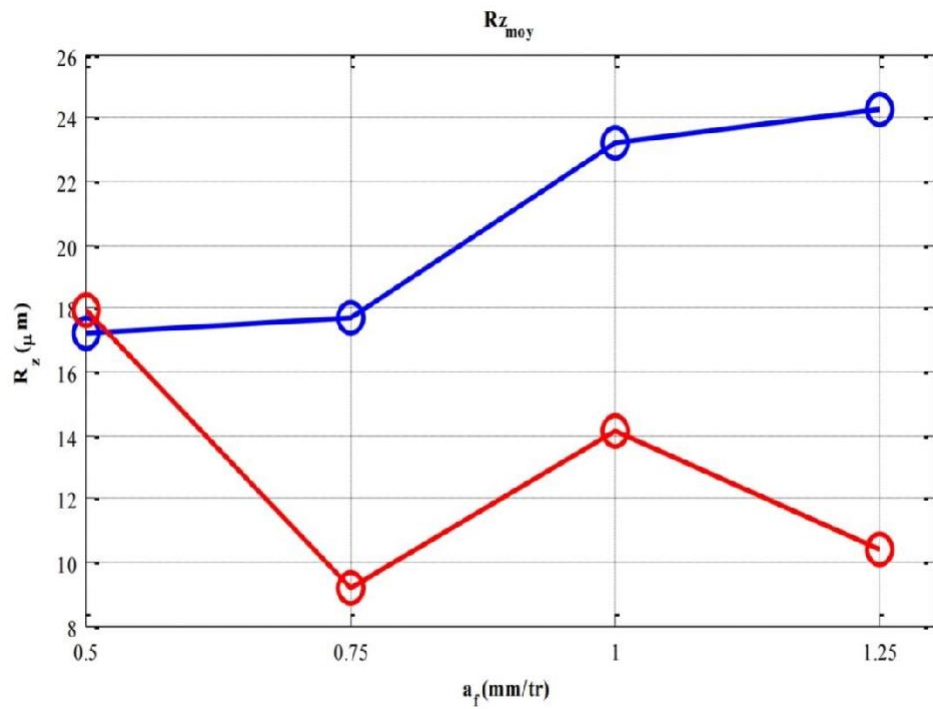
Tab.6:

N	ap	Af	Ra	Rz
560	1	0.5	4.2035	17.92
		0.75	1.9915	9.1815
		1	2.7255	14.145
		1.25	2.224	10.398

Tableau III. 9: moyennes des essais (1et2) de Ra et Rz relevées lors de l'usinage à sec



Graph III.5 variation de  $Ra_{moy}$  ( $\mu m$ ) en fonction de l'avance  $a_f$  (mm) lors de l'usinage à sec et avec lubrification



Graphe III.6 variation de  $Rz_{moy}$  ( $\mu m$ ) en fonction de l'avance  $a_f$  (mm) lors de l'usinage à sec et avec lubrification

### III .7. Discussions

L'étude de la rugosité de surface de l'acier de nuance C45 et l'influence de régime de coupe sur sa qualité de surface fait l'objet de ce mémoire. Dans notre étude le paramètre variable choisi est l'avance et les paramètres constants sont la vitesse de coupe  $V_c$  et la profondeur de coupe  $a_p$

Les paramètres de rugosité obtenus  $R_a$  et  $R_z$  sont regroupés dans les tableaux (1-4) et les graphes de la rugosité en fonction de l'avance  $R_a = F(f)$  sont établis (fig .....).

La lubrification est un paramètre aussi important que le régime de coupe, au même titre que la qualification de l'ouvrier. Le choix de la machine joue aussi un rôle très important dans l'obtention de la rugosité de surface.

L'usinage sous lubrification donne un résultat meilleur que celui à sec. L'emploi du lubrifiant améliore nettement la qualité de surface et augmente la durée de vie de l'outil.

L'analyse des résultats obtenus, présente dans le graphe (fig.....), on peut exclure les avances 1 et 1,25 suite à une rugosité excessive.

Selon le tableau de rugosité obtenus, l'augmentation de l'avance entraîne l'augmentation de la rugosité, l'essai N°2 présente donc un bon résultat.

Sur ce, on peut conclure que les résultats expérimentaux obtenus paraissent Ideals. les paliers (2-6) donnent  $R_a=3.563$  et  $2.167$  En définitif, on peut dire que la rugosité de surface finie pour les avances énumérés ci-dessus est satisfaisante étant donné que l'usinage a été effectué avec lubrification.

En ce qui concerne l'usinage sans lubrification la rugosité obtenus est inférieure à celle obtenues avec lubrification pour ce cas-là, on considère que les états de surface du palier (1) sont de mauvaise qualité, aussi bien à sec qu'avec lubrification, soient  $R_a=4.162$  et  $4.245$ .

---

---

### **III.8.Conclusion :**

L'objectif principal de ce travail de recherche consiste à étudier l'influence de l'avance (af) sur l'état de surface d'un acier de nuance : XC 18(acier à traitement thermique) Au terme de cette étude on peut conclure que la rugosité de surface finie lors de l'usinage d'un acier de construction à l'aide d'un outil en carbure métallique dépend directement de régime de coupe et en particulier de l'avance. La lubrification améliore nettement l'état de surface mais ne l'assure jamais. Le choix de la géométrie de l'outil ainsi que celui d'une machine outil précise sont requis.

La lubrification on ne peut s'en passer, elle améliore nettement la qualité de surface et augmente la durée de vie de l'outil.

Le choix de la matière en oeuvre et la qualification de l'ouvrier sont d'une grande importance. On constate au chapitre III que le résultat obtenu avec lubrification est beaucoup mieux que celui sans lubrification.

## Référence :

- [1] J. D. Puerta Velasquez, Étude des copeaux et de l'intégrité de surface en usinage à grande vitesse de l'alliage de titane TA6V. Thèse de doctorat, de l'Université de Metz.
- [2] Alexandre Mondelin, Modélisation de l'intégrité des surfaces usinées Application au cas du tournage finition de l'acier inoxydable 15-5PH. Thèse de l'université de Lyon.
- [3] : G. Poulachon, A. Moisan, I.S. Jawahir, On modeling the influence of thermo-mechanical behavior in chip formation during hard turning of 100Cr6 bearing steel, CIRP Annals - Manuf. Tech. 50 (2001) 1 31-36.
- [4] G.S. Sekhon, J.L. Chenot, Numerical simulation of continuous chip formation during non-steady orthogonal cutting, Eng. Comput. 10 (1993).
- [5] K. Maekawa, T. Shirakashi, T. Obikawa, Recent progress of computer aided simulation of chip flow and tool damage in metal machining, Proc. Inst. Mech. Engrs 210 (1996) 233-242.
- [6] G. Poulachon, A. Moisan, I.S. Jawahir, On modeling the influence of thermo-mechanical behavior in chip formation during hard turning of 100Cr6 bearing steel, CIRP Annals - Manuf. Tech. 50 (2001) 1 31-36.
- [7] W.S. Lin, B.Y. Lee, C.L. Wu, Modeling the surface roughness and cutting force for turning, J. Mater. Proc. Tech. 108 (2001) 286-293.
- [8] P. Franco, M. Estrems, F. Faura, « Influence of radial and axial runouts on surface roughness in face milling with round insert cutting-tools », International Journal of Machine Tools & Manufacture 2004 (44) : 1555 – 1565.].
- [9] F. Valiorgue, 2008. Simulation des processus de génération de contraintes résiduelles en tournage du 316L. Nouvelle approche numérique et expérimentale, Thèse de doctorat, Ecole Supérieure des Mines de Saint-Etienne 2008.
- [10] Polycopié - Coupe des Métaux1- Master, Fabrication Mécanique et Productique Université Badji Mokhtar 2018.
- [12] BEDRIN C., Généralités sur la coupe des métaux, Lyon, Conférences CAST, INSA de Lyon, 1971, pp.5-71.
- [13] RAYNALD LAHEURTE, « Application de la théorie de seconde gradient a la coupe des matériaux », thèse de doctorat, Université Bordeaux I, France, 2004.
- [14] Technique ingénieur 2001.
- [15] P.Yves Manach, S.Thuillier, H.Laurent, N.Le Maoût, R.Grèze; Mise en forme des

Matériaux métalliques par déformation plastique: influence du comportement matériel,

Laboratoire d'ingénierie des Matériaux de Bretagne LIMATB Université de Bretagne Sud, 14<sup>ème</sup> Colloque national de la recherche en IUT Lyon 2008.

[16] Construction mécanique -1.dessin conception et normalisation – AFNOR NATHN les pages :28.29.

[17] Bourbia mounira, influence des procédés d'usinage sur les rugosités de surface et leurs répercussions sur un contact mécanique, thèse de magister 2009 Département de Mécanique faculté des sciences de l'ingénieur Université Badji Mokhtar Annaba.

[18] Alexandre Toumine, «Cours D'Usinage », Groupe Conception Production, INSA de Lyon, France.

[19] Gaceb Mouhamed et Brahmi Sadek, Etude de l'influence de l'état de surface sur la tenue à la fatigue du XC48,(laboratoire de fiabilité des équipements pétroliers et matériaux)

Université M'Hamed Bougarra de Boumerdes, Algérie