

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

BADJI MOKHTAR ANNABA-UNIVERSITY
UNIVERSITE BADJI MOKHTAR ANNABA



FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIORAT
DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE

MEMOIRE

PRESENTE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER

INTITULE

**L'influence des paramètres de coupe sur l'état de surface lors de
l'usinage de l'acier XC55**

DOMAINE : SCIENCES ET TECHNOLOGIE

FILIERE : GENIE MECANIQUE

SPECIALITE : PRODUCTIQUE MECANIQUE

PRESENTE PAR : SOUALAH MOHSSIN

DIRECTEUR DU MEMOIRE: Dr. NEHAL ABD ELAZIZ

DEVANT LE JURY

PRÉSIDENT : Pr. BOUCHELAGHEM ABD ELAZZIZ Université Badji Mokhtar Annaba

EXAMINATEURS : Dr. MEKHILEF S.

Université Badji Mokhtar Annaba

Mr. AYAD A.

Université Badji Mokhtar Annaba

Année: 2016/2017

Remerciements

Mon remerciement s'adresse en premier lieu à ALLAH le tout puissant pour la volanté, la santé et la patience qu'il m'a donnée durant ces longues années.

Je tiens aussi à remercier mon encadreur Dr. NEHAL ABDELAZZIZE qui m'a apporté une aide précieuse, je lui exprime ma gratitude pour sa grande disponibilité, ainsi que pour sa compréhension et les encouragements qu'il m'a apportés.

Je remercie tout particulièrement Monsieur le professeur A. Bouchlaghem, Maitre de conférence au Département Génie Mécanique et président du jury.

Ainsi Monsieur MEHILAF S, Maitre de conférence du Département Génie Mécanique.

Mes vives remerciements vont à Monsieur AYAD .A Mr de au Département Génie Mécanique.

Mes remerciements aussi s'adressent à tous Les enseignants du Département de Génie Mécanique.

En fin Mes remerciements vont à ma famille et mes amis pour son soutien morale et financière durant cette formation.

Liste des tableaux

Tableau III .1 : composition chimique.....61

Tableau III .2. Condition d'essai 1.....66

Tableau III .3.: condition d'essai 2.....67.68

Tableau III.4. Tableau des valeurs de la rugosité (Ra) lors de l'usinage à sec à l'essai 1..69

***Tableau III.5. Tableau des valeurs de rugosité (Ra) relevées lors de l'usinage
aveclubrification de l'essai
1.....71***

Tableau III.6. Tableau des valeurs de la rugosité (Ra) lors de l'usinage à sec à l'essai72

***Tableau III.07 : Tableau des valeurs de rugosité (Ra) relevées lors de l'usinage avec
lubrification de l'essai 2.....73***

Chapitre I :Etude Bibliographique

Figure I.1 système bouclé [1]	03
Figure I.2 les fonctions d'assurions de situation d'usinage [1]	04
Figure I.3 les mouvements relatif entre la pièce et l'outil [2]	04
Figure I.4 phénomène de coupe [2]	05
Figure I.5. Arêtes et parties actives d'un outil de tournage [3]	07
Figure I.6. Principaux plans de l'outil en main. [4]	08
Figure I.7. Mouvements de l'outil et de la pièce en tournage. [2]	09
Figure I.8. Domaines d'emploi des divers matériaux à outil coupant [4]	12
Figure I.9 Fraiseuse conventionnelle [3]	13
Figure I .10 Fraiseuse et tour en CN [3]	14
Figure I.11. Manivelle [3]	14
Figure I.12. Boite vitesse [3]	15
Figure I.13. Présentation des axes de mouvement [3]	16
Figure I.14 les défèrent outils de tournage [3]	16
Figure I.15 Chemin d'un tour parallèle[3]	18
Figure I.16 Dimensions de coupe dans le cas de tournage. [4]	20
Figure I.17. vitesse de coupe. [4]	20
Figure I.18 Vitesse d'avance V_a . [4]	22
Figure I.19. Différente types d'avance [3]	23
Figure I.20 Représentation de la profondeur de passe p . [3]	24
Figure I.21 Le chariotage cylindrique et conique [5]	24
Figure I.22. Dressage extérieur et intérieur [5]	25
Figure I.23. Le perçage [5]	25
Figure I.24. L'alésage cylindrique et conique[5]	26
Figure I .25. Le rainurage intérieur et extérieur [5]	26

Liste de figures

<i>Figure I.26. Le tronçonnage [5]</i>	26
<i>Figure I.27. Le filetage intérieur et extérieur[5]</i>	27
<i>Figure I.28. Les outils à charioter. Epaulement conique et épaulement droit [5]</i>	28
<i>Figure I.29. Le dressage extérieur cylindrique et conique[5]</i>	28
<i>Figure I.30. Le dressage intérieur [5]</i>	29
<i>Figure I.31 Alésage cylindrique et alésage conique[5]</i>	29
<i>Figure I.32 Différents outils à charioter et dresser[5]</i>	30
<i>Figure I.33 Divers outils à aléser et dresser[5]</i>	30
<i>Figure I.34 Les outils à rainurer[5]</i>	31
<i>Figure I.35 Outil à tronçonner[5]</i>	31

Chapitre II : La Rugosité de Surface

<i>Figure II.1 Profil de surface[7]</i>	35
<i>Figure II.2 Les types de défauts de surface [7]</i>	36
<i>Figure II.3 Défauts d'ordre 1[7]</i>	36
<i>Figure II.4 motif d'ondulation</i>	37
<i>Figure II.5 Profil « redressé »</i>	38
<i>Figure II.6 profondeur d'aplanissement de rugosité : R_p ; écart moyen par rapporte à la linge moyenne de rugosité : R_a [7]</i>	38
<i>Figure II.7 arrachement de matière[7]</i>	39
<i>Figure II.8 la ligne moyenne[7]</i>	40
<i>Figure II.9 la présentation de la longueur de base[7]</i>	40
<i>Figure II.10 Ligne des moindres carrés [8]</i>	41
<i>Figure II.11 rugosité moyenne R_a [6]</i>	42
<i>Figure II.12 Hauteur maximale du profil R_t [6]</i>	43
<i>Figure II.13 Hauteur maximale moyenne R_z[6]</i>	44
<i>figure II.15 profil total caractérisé par les critères : $W_i, W_{max}, A_w)_i$ et R_{max} et largeur d'entaille</i>	

Liste de figures

[7].....	45
Figure II.16 Paramètre lies a la longueur de bas [8].....	46
Figure II.17 Paramètres liés à la longueur d'évaluation [7].....	48
Figure II.18 Paramètres liés à la distribution d'amplitude [8].....	49
Figure II.19 symbole graphique de l'état de surface [6].....	50
Figure II.20 Exemple de symbolisation [6].....	51
Figure II.22 Rugosimètre[1].....	53
Figure II.23 opération de la Rectification [6].....	53
Figure II.24 opération de Superfinition [10].....	55
Figure II.25 opération de galetage [1].....	56
Figure II.25 liquide de coupe [11]	57

Chapitre IIIPartie Expérimentale

Figure III.1 : Tour universel à charioter CAZENEUVE HB575.....	62
Figure III.2 : outil « CERATIZIT » TCMT 16T308EN.....	63
Figure III.3 .dessin de définition de la pièce.....	64
Figure III.4 .la pièce.....	64
Figure III.05 . Dispositif pour mesurer la rugosité.....	65
Figure III.06 .palpeur de rugosimètre.....	65

SOMMAIRE

Introduction.....01

Chapitre I

Etude Bibliographique

I.1 Généralité sur L'usinage03

I.2 situation de la pièce sur la machine03

I.3 Les paramètres de coupe04

I.3.1 Généralité04

I.3.2 La notion de copeau minimum05

I.3.3 Les critères de choix05

I.4.L'outil de coupe07

I.4.1 Géométrie des outils de coupe08

I.4.2 Les angles de coupe08

I.5. Matériaux utilisés pour les outils10

I.6 Choix du matériau de l'outil de coupe12

I.7 Revêtements12

I.8 Machine-outil13

I.8.1 Les types de machine –outil13

I.8.2 Le type de commande14

I.8.3 Machine- outil à commande numérique.....15

I.9 le tournage.....15

I.9.1 Définition.....15

I.9.2 Machine-outil17

I.9.3 Classification des machines de tour.....18

Sommaire

I.9.4 Régime de coupe en tournage	19
I.9.5 Les définitions des principales opérations de tournage	24

Chapitre II

La Rugosité de Surface

II.1. Généralités sur les états de surface :	34
II.2 Rugosité :	34
II.3 Les défauts d'états de surface	35
II.3.1 Ordre 1 : défauts de forme : ordre 1	36
II.3.2 Ordre 2 : défauts macrographiques, ondulation :	37
II.3.3 Ordre 3 : défauts micrographiques, rugosité :	38
II.3.4 Ordre 4 : arrachement de matière :	39
II.4 Différents types de lignes :	40
II.4.1 Longueur de base, d'évaluation :	40
II.4.2 Ligne de référence :	41
II.4.3 La ligne enveloppe supérieure	41
II.4.4 La ligne enveloppe inférieure	42
II.5 Paramètres de rugosité uni-dimensionnelle :	42
II.5.1 Paramètres d'amplitude de rugosité :	42
II.5.2 Principaux paramètres de la rugosité :	42
II.5.3 Paramètres liés aux motifs et à la ligne enveloppe :	47
II.5.4 Paramètres liés à la ligne moyenne :	48
II.6 Les spécifications normalisées	49
II.7. Mesure de la rugosité :	51
II.8. Généralité sur les techniques d'amélioration des états de surface	52
II.8.1 .La Rectification	53
II.8.2 Principe de La Rectification :	54
II.8.3 Avantage de la rectification	54

Sommaire

<i>II .8.4. Superfinition :</i>	55
<i>II .8.5. Galetage :</i>	55
<i>II .8.6.Rodage :</i>	56
<i>II .9.Avantages de la lubrification</i>	57
<i>II.9.1 Fonctions assurées par les fluides d'usinage (lubrification)</i>	57
<i>II.9.2 Maintien en température</i>	57
<i>II.9.3 Lubrification</i>	57
<i>II .10.4 Évacuation des copeaux</i>	58
<i>II.10Composition des fluides d'usinage</i>	58
<i>II.10.1 huiles entières</i>	58
<i>II.10.2 fluides de type émulsion</i>	58
<i>II.11.3 fluides de type micro-émulsion :</i>	58
<i>II.11.4 fluides synthétiques :</i>	59

Chapitre III

Partie Expérimentale

<i>III.1. expériences et machines-outils utilisés :</i>	61
<i>III.2 Matièreaux utilisé :</i>	61
<i>III.2.1. analyse chimique moyenne :</i>	61
<i>III 2.2.Propriétés physique et mécanique :</i>	61
<i>III.2.3.Caractéristiques :</i>	61
<i>III.3. machine-outil utilisés :</i>	62
<i>III.4.Outil de coupe utilisé:</i>	62
<i>III 5.Régime de coupe :</i>	63

Sommaire

<i>III 6.Présentation de l'éprouvette :.....</i>	<i>63</i>
<i>III.7.Rugosimètre utilisé :.....</i>	<i>64</i>
<i>III 8.La vitesse de coupe V_c :.....</i>	<i>65</i>
<i>III.8.Résultats expérimentaux</i>	<i>66</i>
<i>III.8.1.Routage d'usinage</i>	<i>66</i>
<i>III .8.2Discussions :</i>	<i>74</i>
<i>III.9. Conclusion :.....</i>	<i>75</i>

Chapitre I
Etude Bibliographique

I.1 Généralité sur L'usinage :

L'usinage c'est l'ensemble des activités et des moyens mis en œuvre pour permettre la création de bienmatériels ,produire c'est transformer

Au sens industriel, la production est définie comme étant un flux c'est –à-dire un écoulement organiséorienté, qu'il faudra gérer.

L'usinage est un ensemble d'opération de réalisation d'une pièce selon un routage d'usinage bien déterminé.

Procédé et routage d'usinage à suivre pour la réalisation d'une pièce complète

Le Produit ce qui (ousera) fourni à l'utilisateur pour répondre au besoin de l'entreprise. Pour commercialiser un article l'entreprise emploi, l'expression < produit fini "> [1]

I.2 situation de la pièce sur la machine

Les cinq éléments qui interviennent généralement dans une système d'usinage sont :

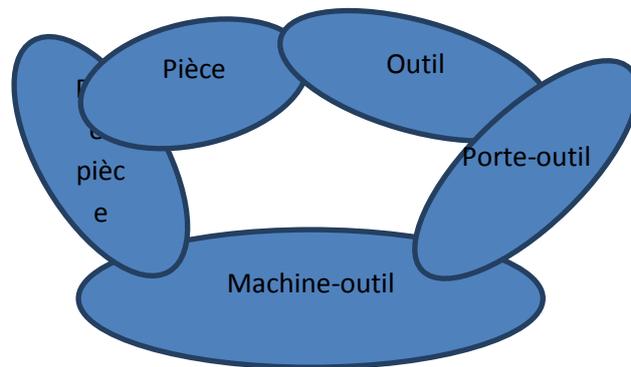


Figure I.1 système bouclé [1]

Dans toute situation d'usinage, il faut assurer deux fonctions principales :

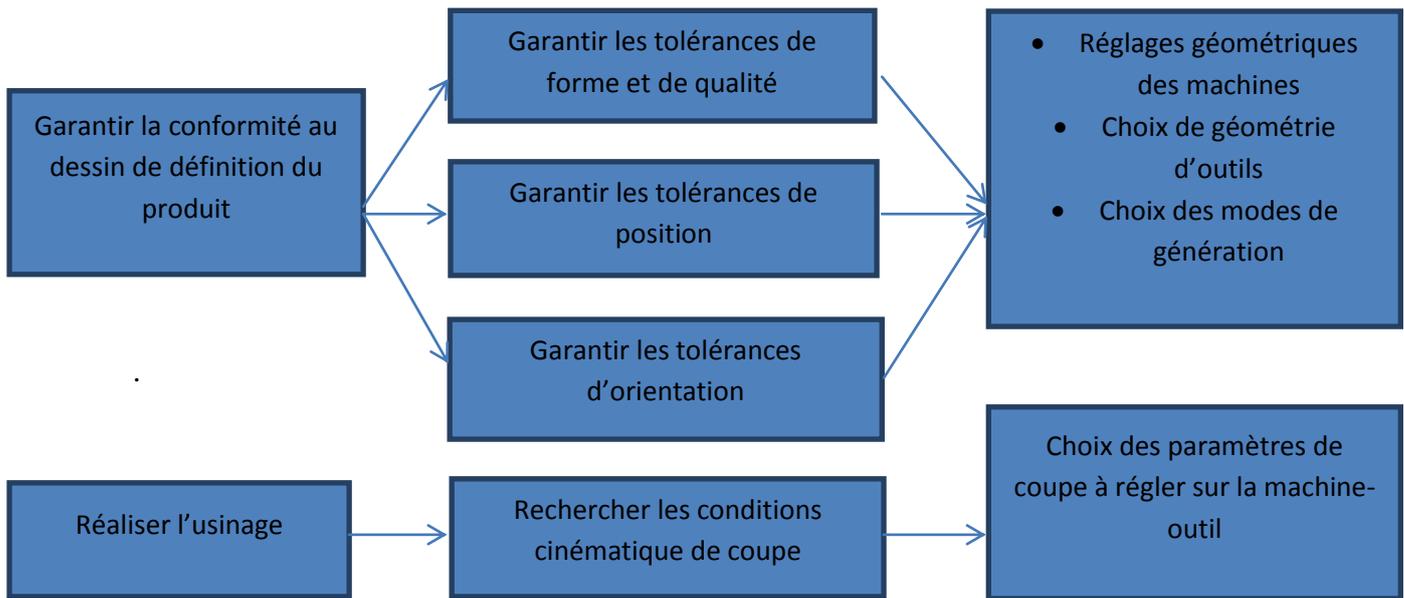


Figure I.2 les fonctions d'assurances de situation d'usinage [1]

cette technique, nous permet d'obtenir des pièces avec précision. Lors de l'usinage d'une pièce, l'enlèvement de matière est réalisé par la composition de deux mouvements relatifs entre la pièce et l'outil. Le mouvement de coupe (vitesse de coupe V_c) et le mouvement d'avance (vitesse d'avance V_a). [2]



Figure I.3 les mouvements relatif entre la pièce et l'outil [2]

I.3 Les paramètres de coupe :

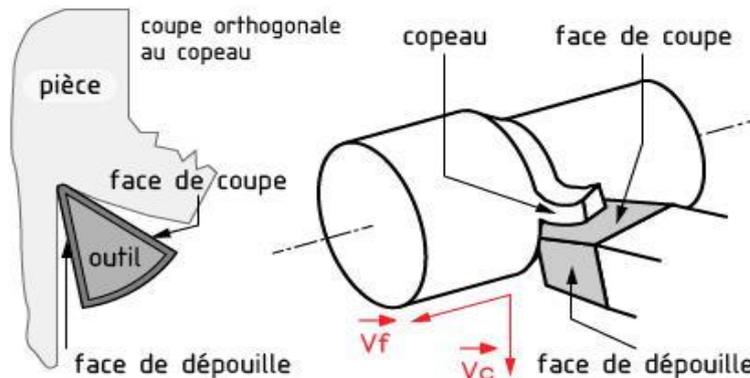
I.3.1 Généralité :

La formation du copeau résulte l'action mécanique complexe. L'arête de coupe (intersection de la face de coupe avec la face de dépouille) pénètre dans la matière et provoque la formation du copeau. Le frottement de celui-ci sur la face de coupe et celui de la pièce sur la face de

dépouille provoquent une augmentation importante de la température, qui peut entraîner une fusion locale du copeau. Ce phénomène peut conduire à l'adhérence du copeau sur la face de coupe (copeau adhérent). la création d'une arête rapportée.

Les principaux facteurs influençant la formation du copeau sont :

- la vitesse de coupe V_c [m/min] ;
- la profondeur de passe a [mm] ;
- la vitesse d'avance V_f [mm/tour] ou [mm/dent/tour];
- la géométrie de l'outil ;
- les matériaux de l'outil et de la pièce ;
- la lubrification. [2]



*Figure I.4*phénomène de coupe [2]

I.3.2 La notion de copeau minimum

Lorsque la profondeur de passe, l'avance sont trop faibles : l'outil ne coupe plus. Le métal se comprime superficiellement et la pression de contact outil-pièce provoque l'usure prématurée de l'outil ainsi que l'obtention d'un mauvais état de surface. Il est nécessaire de choisir des valeurs minimales pour obtenir un résultat satisfaisant.[2]

I.3.3 Les critères de choix :

Plusieurs critères permettent de définir les paramètres de la coupe :

- le type de machine et sa puissance,
- la matière en œuvre,
- la matière de l'outil,
- le type d'opération.

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 .

a) La vitesse de coupe V_c [m/m in] :

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,
- 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 :

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

∴

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.

b) L'avance f ou f_z [mm/tour] :

S'exprime par le déplacement de la pièce (en fraisage) ou de l'outil (en tournage) pour :

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

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

c) 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 :

$$V_f = f_z * Z * N'$$

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). [4]

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. [4]

1.4L'outil de coupe :

Un outil de coupant est constitué d'une queue (partie par laquelle est maintenu le porte-outil de machine) et d'une partie active appelée encore corps en matériau de l'outil. l'élément essentiel de par partie active est de coupe principale qui est l'intersection de face de coupe et de la face de dépouille principale [3]

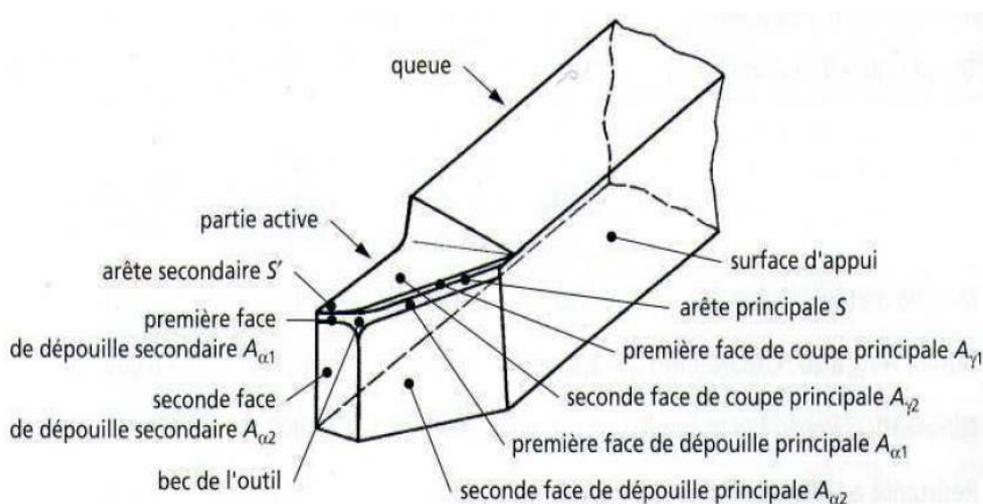


Figure I.5. Arêtes et parties actives d'un outil de tournage [3]

I.41 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 Kr (angle mesuré entre le plan Pf et ps).
- Angle d'inclinaison de l'arête de coupe Is (angle mesuré entre le plan Pr et l'arête de cou.
- Angle de pointe de l'outil e R (angle mesuré entre le plan principal Ps et le plan secondaire.
- Angle de direction d'arête secondaire Kr' (angle mesuré entre le plan Pf et le plan Pr).[3]

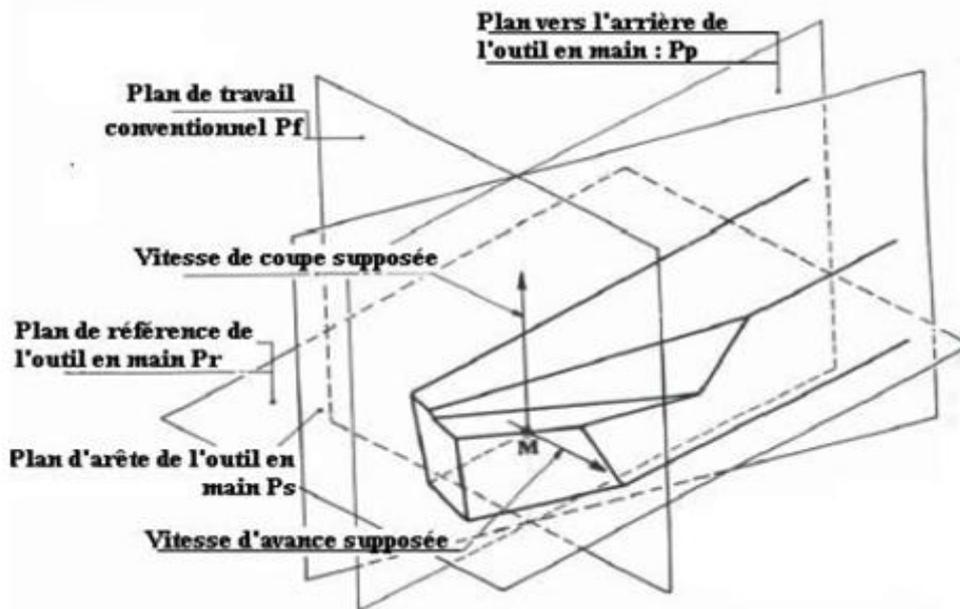


Figure I.6. Principaux plans de l'outil en main. [4]

Les angles de direction d'arête principale Kr, de pointe de l'outil e r, et de direction d'arête secondaire Kr' sont liés par l'équation (eq I.1).

$$K_r + \epsilon_r + K_r' = 180^\circ \quad (I.1)$$

Les angles γ angle de coupe et λ 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 γ diminue les forces de coupe et la température durant l'usinage. L'angle en dépouille principale α_f n'a aucune influence sur les forces de coupe. Mais les angles en dépouille principale α_f , et secondaire α_s , 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 mécanique diminue. L'angle de dépouille α_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.

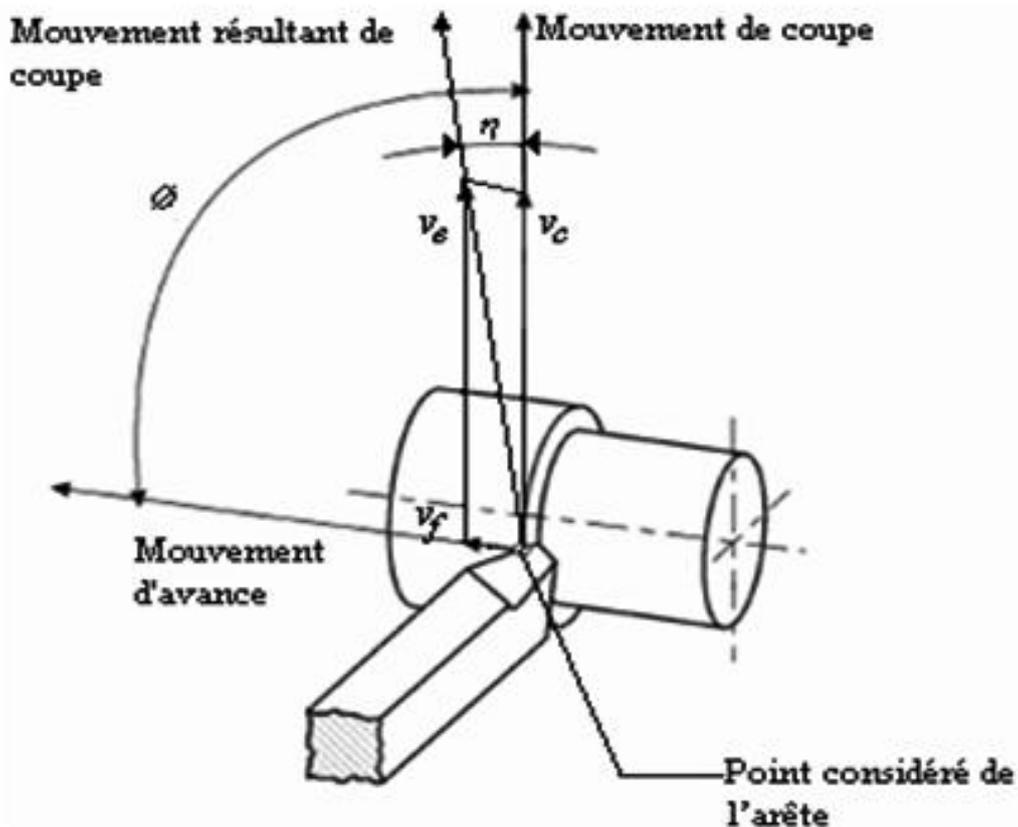


Figure I.7. Mouvements de l'outil et de la pièce en tournage. [2]

- **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 (\emptyset).

- **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.5. Matériaux utilisés pour les outils :

L'acier rapide :

(HSS - High Speed Steel), qui est un acier fortement allié, est très employé pour la production d'outils de coupe. Les caractéristiques qui le rendent intéressant sont sa dureté d'environ 65 HRc et sa ténacité qui lui confère une bonne longévité.

les carbures métalliques :

Rentrent dans cette catégorie les alliages composés de tungstène (60-90%), titane et tantale (1-35%) et de cobalt ou nickel (5-15%), ainsi que d'autre matières en plus faibles quantités comme le molybdène ou le vanadium. La fabrication du métal dur est réalisée par frittage, on en fait généralement des plaquettes que l'on fixe sur le corps de l'outil par brasage, avec une vis ou aussi par bridage. Certains outils de petites dimensions sont fabriqués entièrement en métal dur. [3]

Les outils en carbure se présentent sur marché en deux types .à savoir :

- Les outils à plaquettes en carbure brasées dont la plaquette se trouve brasée au porte plaquette
- Les outils à plaquettes en carbure amovibles : ils sont formes de trois blocs. à savoir, le porte plaquette. la plaquette intercalaire et la plaquette. cet est à jeter une fois sa durée de vie est atteinte. leurs principales formes et dimensions sont normalisées

Céramique :

Les outils a plaquettes en céramique amovibles ont une grande dureté (donc une faible ténacité) et une grande stabilité à haute température. ils permettent un grand débit de matière. Mais nécessitent une grande stabilité de la machine et un strict respect des conditions de coupe. Ils sont généralement utilisés pour les opérations de finition

Cermet :

ce sont des outils à plaquettes en cermet amovibles. le nom cermet vient de céramique –métal car il représente les carbures ayant des particules de titane .de carbonitruure de titane ou nitruure de titane. les applications typiques sont la finition des aciers inoxydables, des fontes, des aciers à bas carbone et des aciers ferritiques

Nitruure de bore cubique :

ce sont des outils à plaquettes amovibles en nitruure de bore cubique (matériau le plus dur après le diamant) noté CBN. Il comporte l'avantage de ne pas s'oxyder à haute température. Son utilisation requiert une machine stable, une grande rigidité de la pièce et du porte pièce et un arrosage

Diamant :

le diamant a un faible coefficient de frottement. il convient aux matériaux non ferreux s'usinant à basse température tel que les alliages d'aluminium, les alliages de cuivre, les alliages de magnésium therm durcissables etc et ne convient pas à l'usinage des matériaux ferreux [3]

remarque :

le choix de l'outil de coupe dépend directement de la matière à usiner ainsi que l'opération à réaliser

I.6. Choix du matériau de l'outil de coupe :

le diagramme qui nous permet de déterminer les différents matériaux d'outils utilisés dans les différents domaines. Il est représentatif des conditions normales et de leurs utilisations en ébauche pour usiner les aciers et les fontes. Il ne peut pas être utilisé pour choisir les conditions de coupe [3]

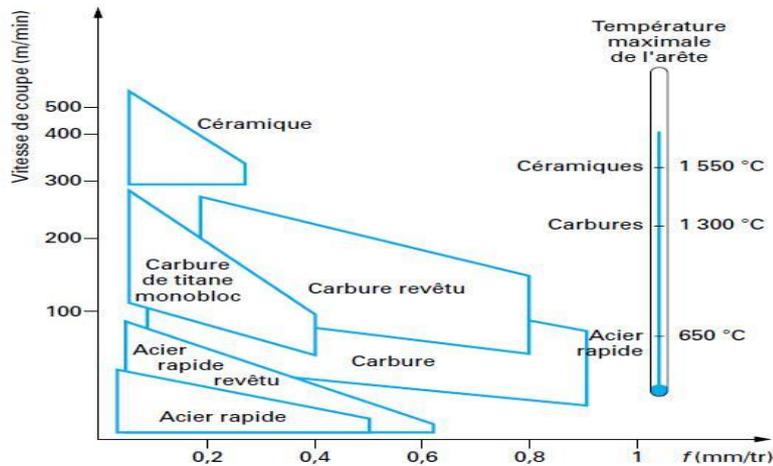


Figure I.8. Domaines d'emploi des divers matériaux à outil coupant [4]

I.7 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 :

- Le nitrure de titane (TiN), matériau standard.
- Le carbonitrure de titane (TiCN), grande dureté, bonne résistance à l'abrasion.
- L'oxyde d'aluminium (Al_2O_3) et nitrure de silicium (Si_3N_4), 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_2), carbure de titane (TiC) ou du carbure de silicium (SiC).
- Le diamant utilisé pour l'usinage de métaux non-ferreux et de non-métaux abrasifs tels que : carbone ou céramique.
- Le nitrure de bore utilisé pour l'usinage de métaux ferreux trempés. [3]

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 :

- les scies motorisées
- le tour
- la fraiseuse
- la rectifieuse
- la perceuse à colonne
- l'étau limeur
- la machine transfert

Les outils pour l'assemblage :

- la visseuse.

Les machines-outils peuvent être classées selon deux grandes catégories :

- machine-outil conventionnelle (tour conventionnel, fraiseuse conventionnelle...)



Figure I.9Fraiseuse conventionnelle [3]

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



Figure I.10 Fraiseuse et tour en CN [3]

I.8.2 Le type de commande :

Manuelle ou conventionnelle

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



Figure I.11. 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.12.Boîte 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 :

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

I.9 letournage :

I.9.1 Définition :

l'opération de 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.13. Présentation des axes de mouvement [3]

On distingue deux classes distinctes d'opérations de tournage :

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

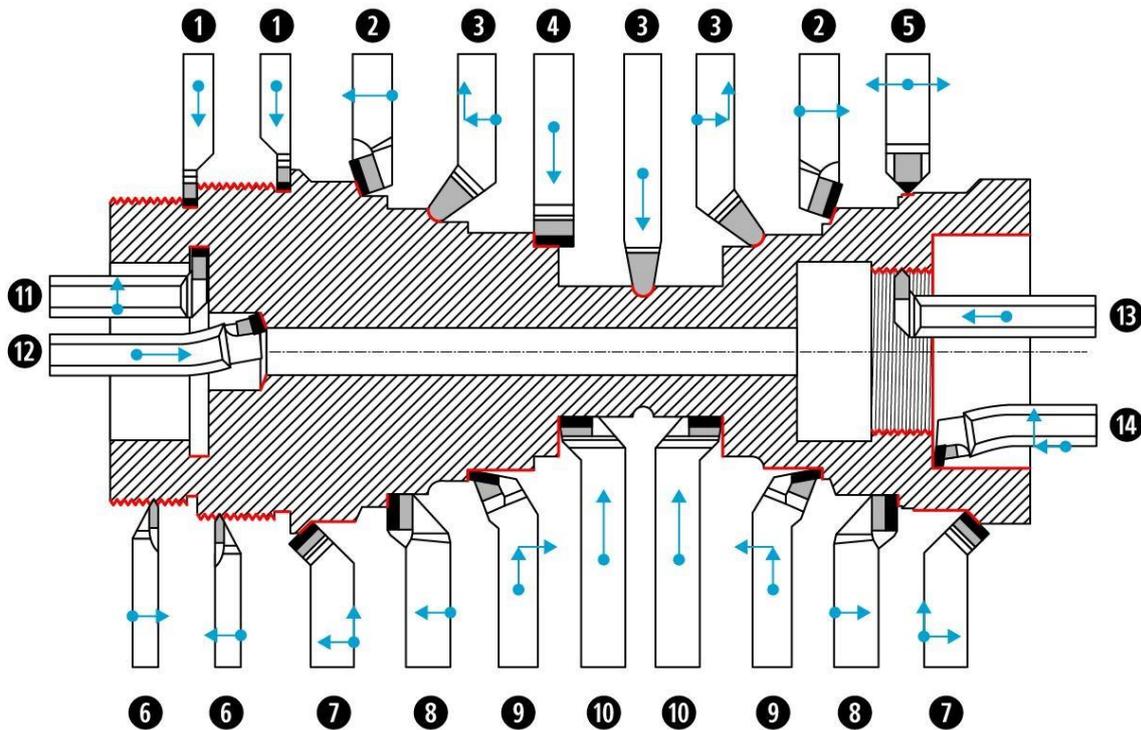


Figure I.14 les différents outils de tournage [3]

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.

En fonction de la profondeur de passe on distingue :

- l'ébauche,
- la finition.
- **Définition 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.

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

1.9.2 Machine-outil:

Le tour c'est une machine d'outillage conçue pour le travail unitaire et la 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. []

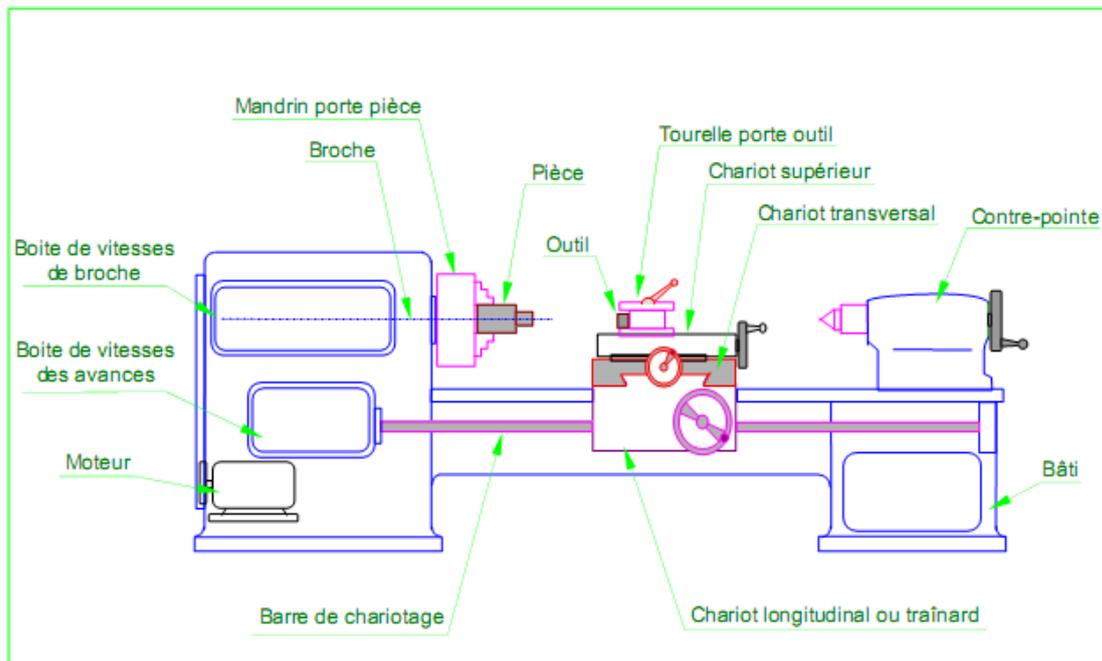


Figure I.15 Chemin d'un tour parallèle[3]

I.9.3 Classification des machines de tour

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

- Les tours parallèles à charioter et à fileter

Ces machines sont utilisées pour les travaux unitaires ou de petites et moyennes séries sur des pièces très simples. Ces tours sont peu flexibles. Seules les surfaces dont les génératrices sont parallèles ou perpendiculaires à l'axe de la broche sont réalisables en travail d'enveloppe. [3]

- 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. [3]

- Les tours semi-automatiques

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

Automatique. La flexibilité de ces machines est très limitée. On les utilisera pour des travaux de moyenne série. [3]

- **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. [3]

- **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. [3]

- **Les tours à commande numérique**

Comme en copiage la génératrice de la pièce peut être quelconque mais ici la trajectoire de l'outil est obtenue par le déplacement simultané de deux axes dont les positions successives sont données par un calculateur travaillant à partir d'un programme propre à la pièce. Ces tours sont équipés d'un magasin d'outils et éventuellement d'un système de chargement des pièces. La flexibilité de ces machines est très grande et particulièrement bien adapté pour le travail unitaire ou les petites séries répétitives. [3]

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 de coupe)

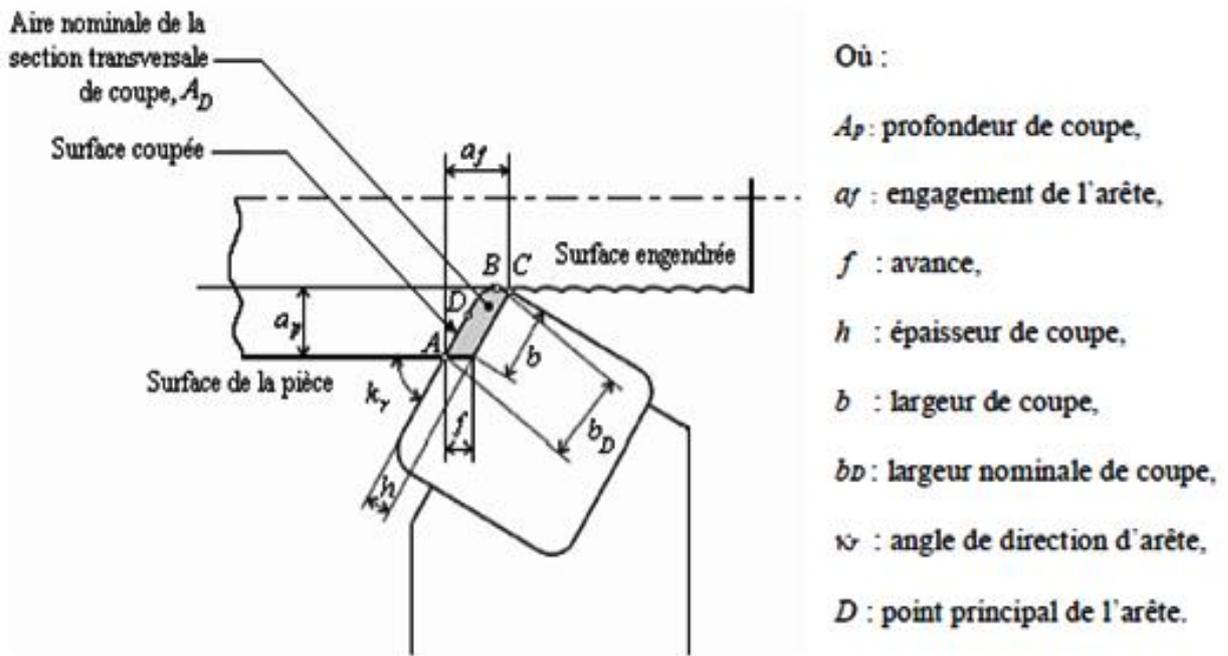


Figure I.16 Dimensions de coupe dans le cas de tournage.[4]

➤ Vitesse de coupe

- La pièce est entraînée sur le tour à une certaine vitesse ω 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 rapport à l'outil (supposé fixe par rapport à la machine) vaut:

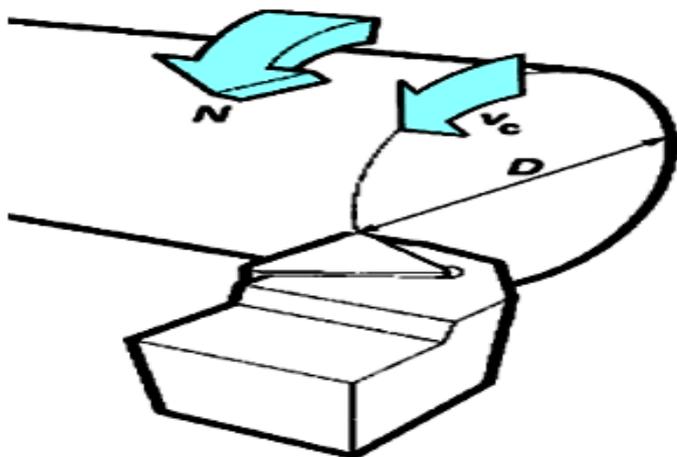


Figure I.17.vitesse de coupe.[4]

$$V_c = \frac{\pi \times D \times N}{1000} (m / \text{min}) \quad (\text{I-1})$$

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

V_c : 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 :

- des matériaux de la pièce et de l'outil
- de la lubrification
- de la durée de vie souhaitée pour l'outil.

➤ 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.18 Vitesse d'avance V_a . [4]

$$V_f = f \times N \text{ (mm / min)} \quad (\text{I-2})$$

V_f : vitesse d'avance(mm/ min)

f : L'avance(mm)

N : Fréquence de rotation(tr/ min)

○ 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]

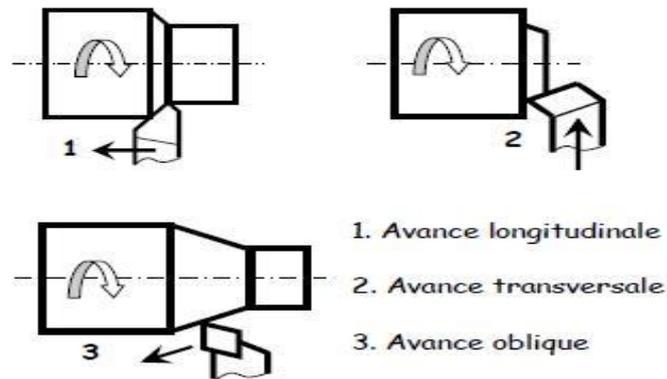


Figure I.19. Différente types d'avance [3]

➤ 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

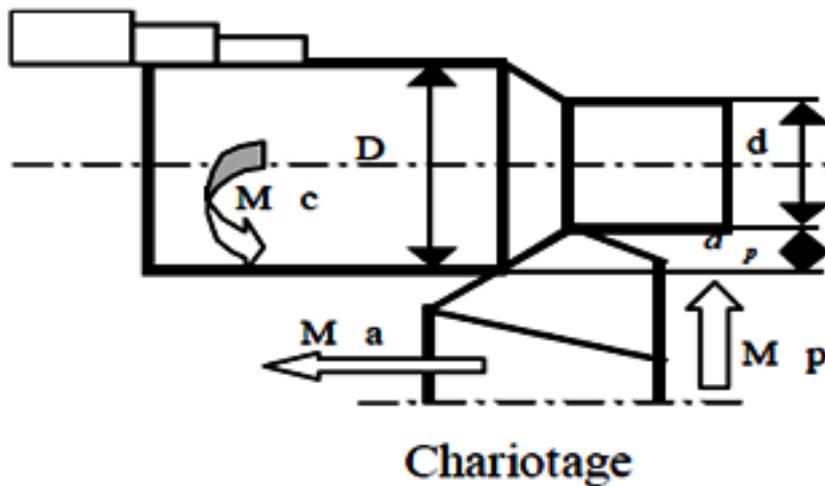


Figure I.20 Représentation de la profondeur de passe p . [3]

I.9.5 Les définitions des principales opérations de tournage :

○ **Le chariotage :**

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

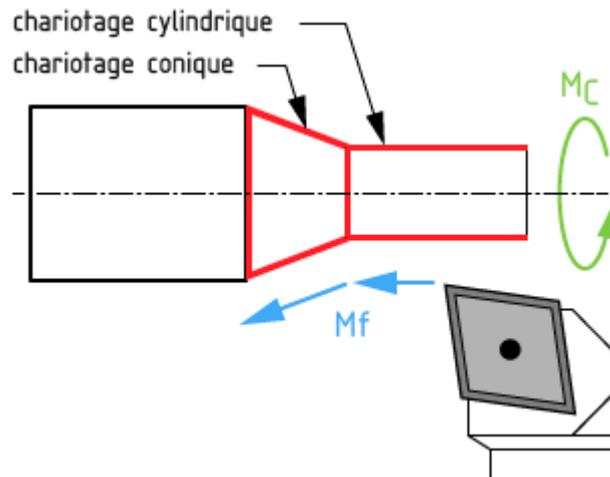


Figure I.21 Le chariotage cylindrique et conique [5]

○ **Le dressage :**

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

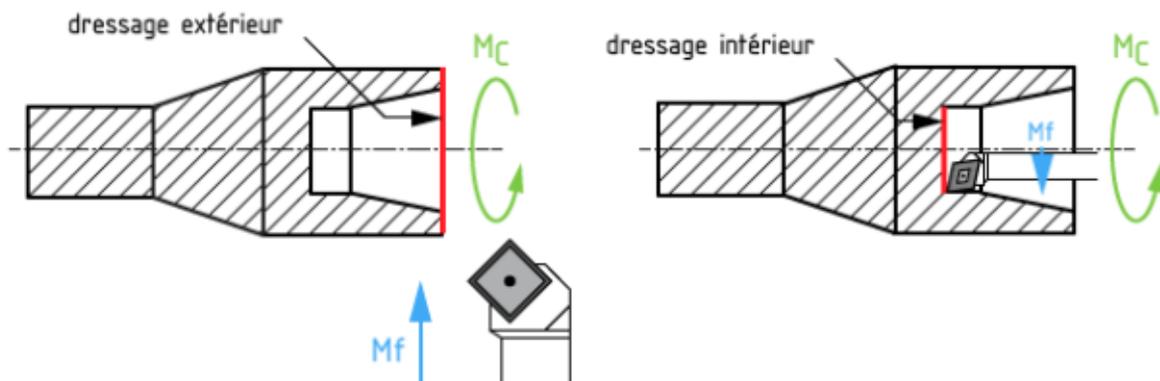


Figure I.22. Dressage extérieur et intérieur [5]

- Le perçage :

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

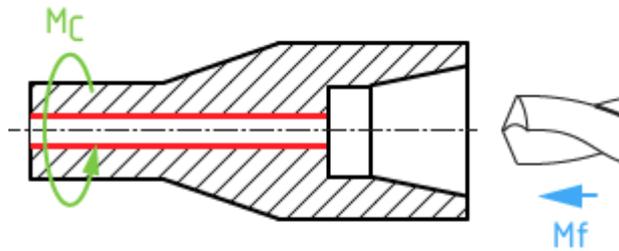


Figure I.23. Le perçage [5]

- L'alésage :

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

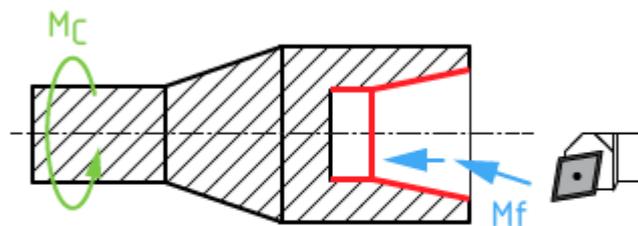


Figure I.24. L'alésage cylindrique et conique [5]

- Le rainurage :

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

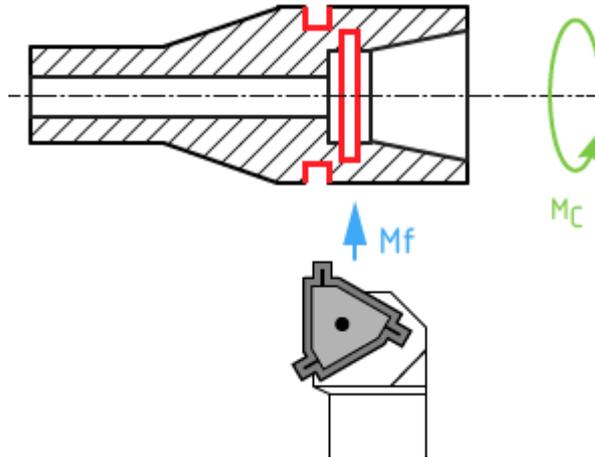


Figure I .25. Le rainurage intérieur et extérieur [5]

- Le tronçonnage :

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

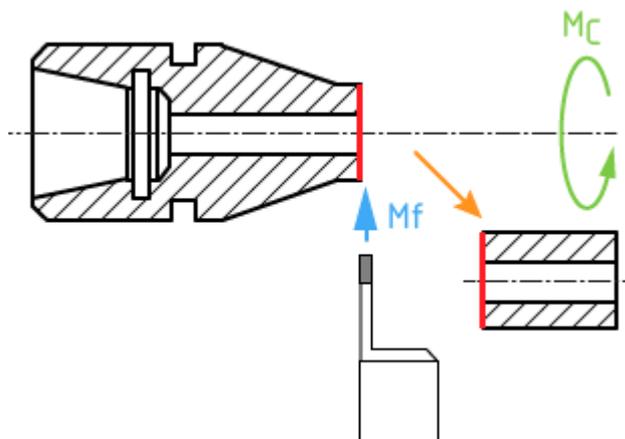


Figure I .26. Le tronçonnage [5]

○ Le filetage :

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

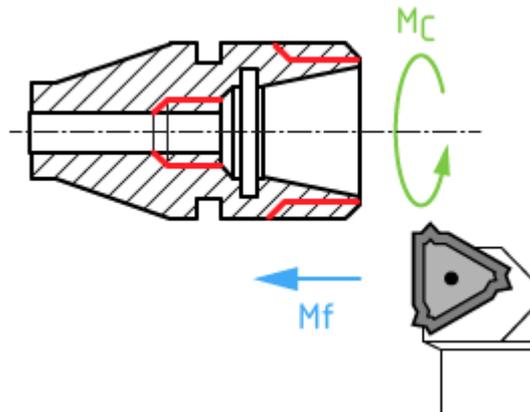


Figure I.27. Le filetage intérieur et extérieur[5]

○ L'épaulement

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

○ Le profilage

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 :

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

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

- 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.

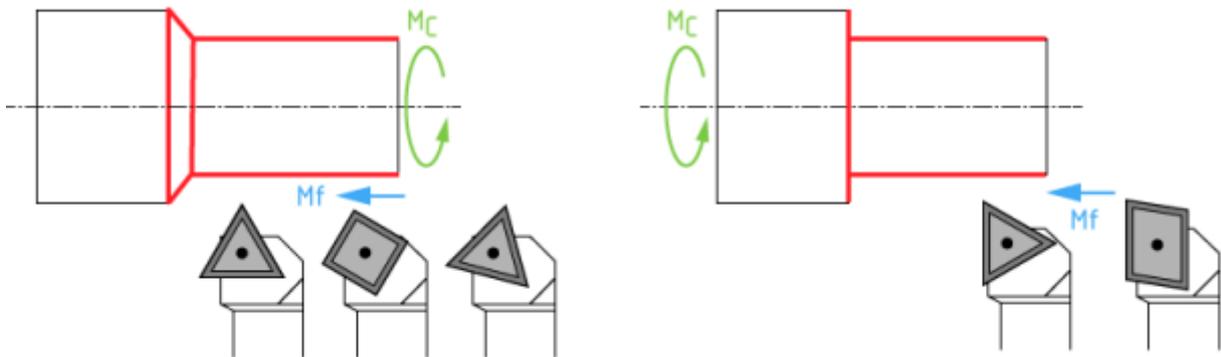


Figure I.28. Les outils à charioter. Epaulement conique et épaulement droit[5]

- 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.

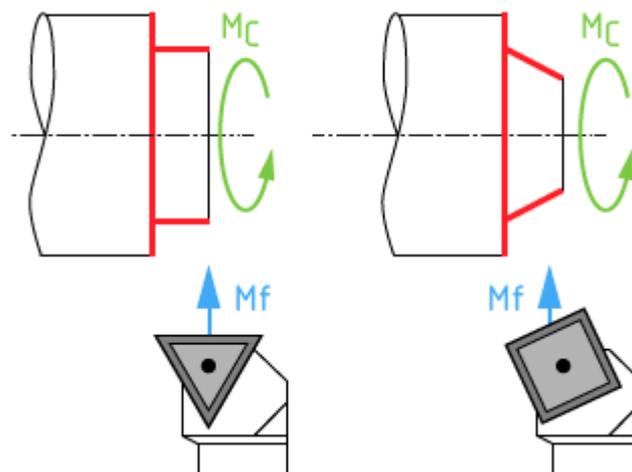


Figure I.29. Le dressage extérieur cylindrique et conique[5]

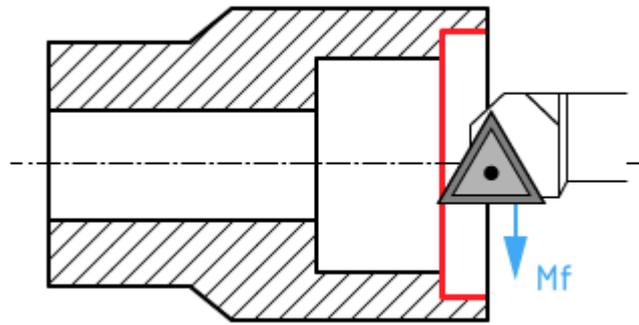


Figure I.30. Le dressage intérieur [5]

○ 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.

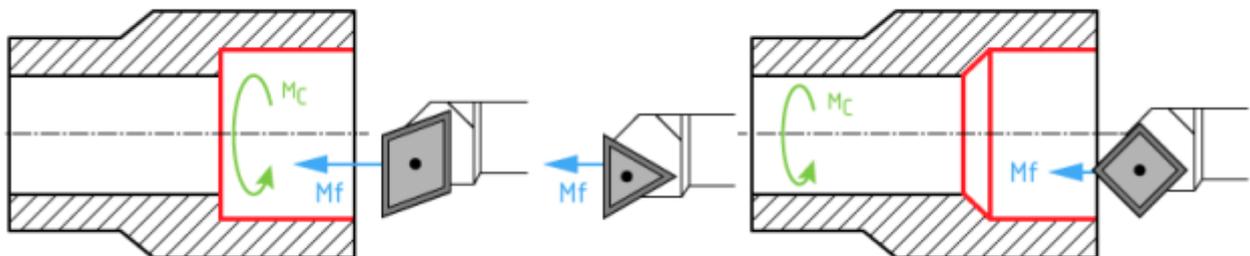


Figure I.31 Alésage cylindrique et alésage conique [5]

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.

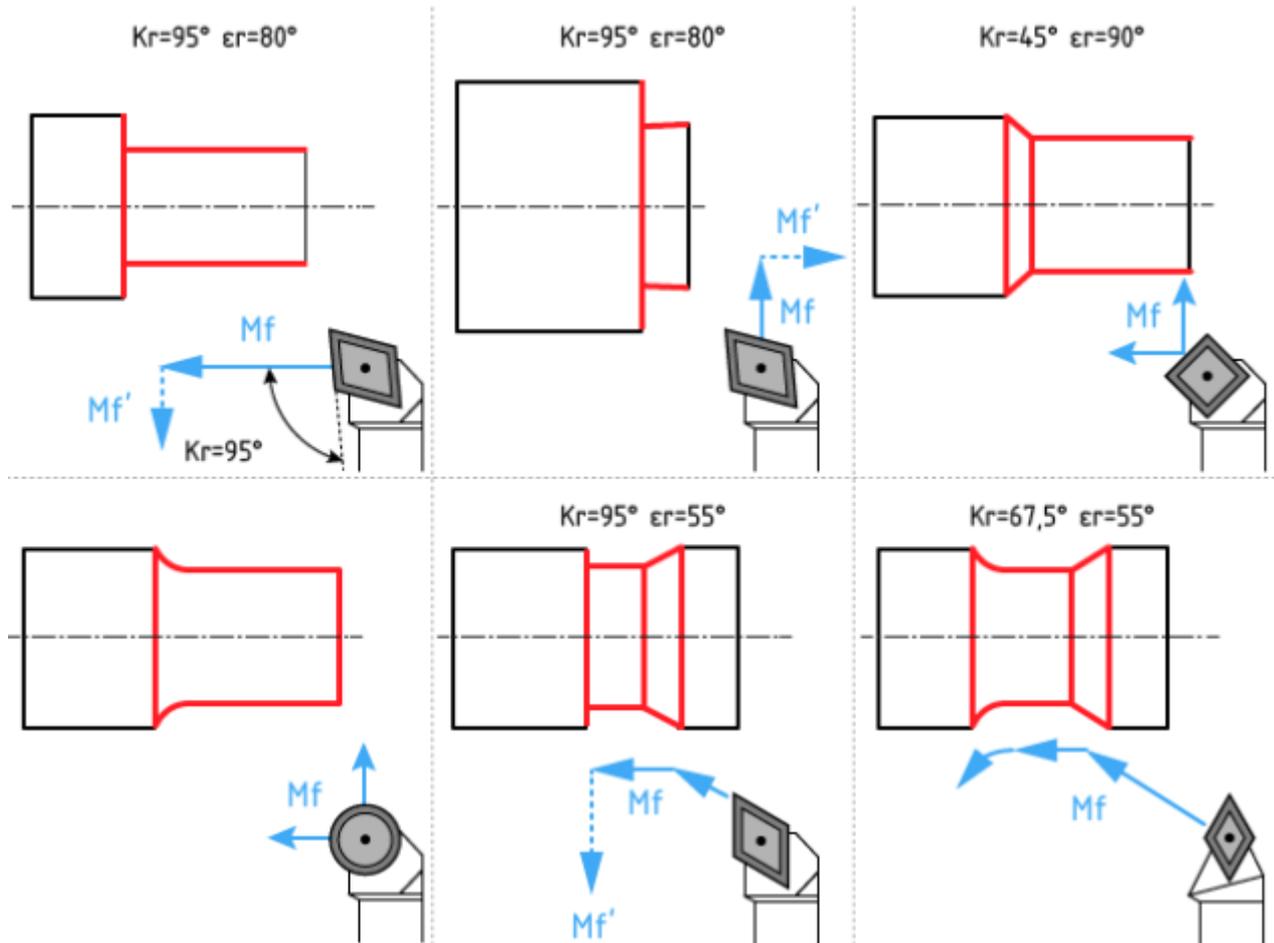


Figure I.32 Différents outils à charioter et dresser[5]

○ 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.

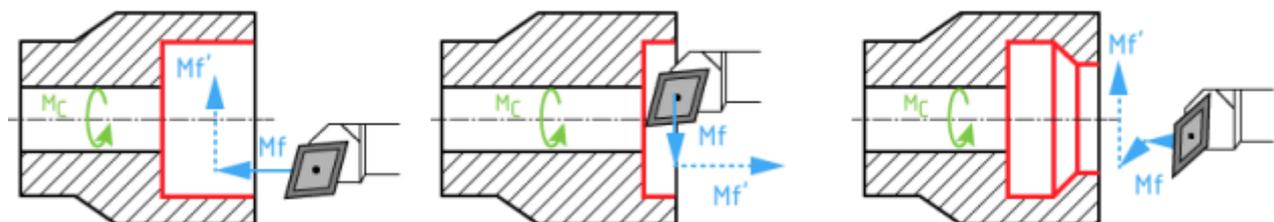


Figure I.33. Divers outils à aléser et dresser[5]

○ Les outils à rainurer

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

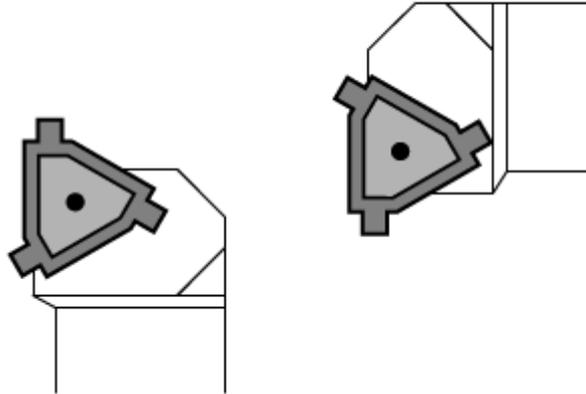


Figure I.34 Les outils à rainurer [5]

○ Les outils à tronçonner

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

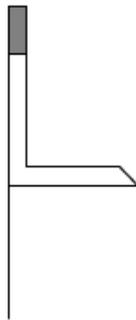


Figure I.35. Outil à tronçonner [5]

○ Les outils à fileter

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

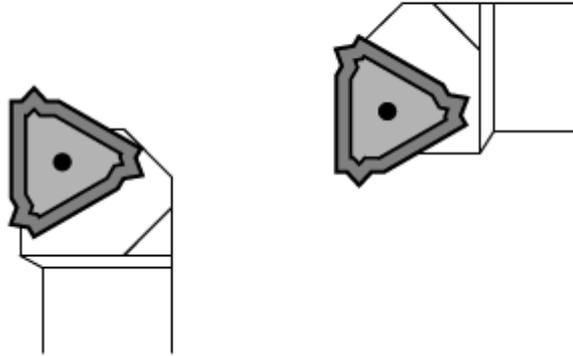


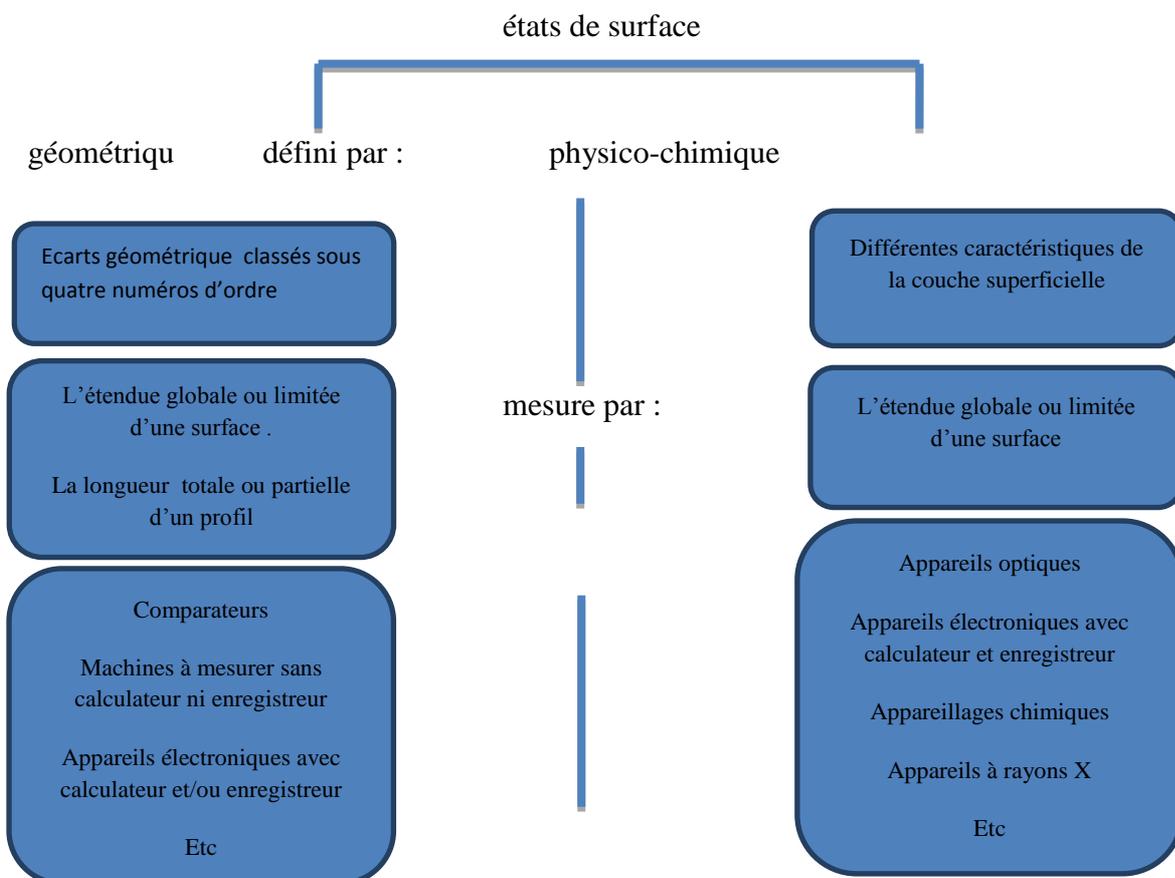
Figure I .33Outils à fileter [5]

Chapitre II
La Rugosité de Surface

Chapitre II La Rugosité de Surface

II .1.Généralités 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. [6]



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 d'usinage, aux outils, à la matière, etc.

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

Chapitre II La Rugosité de Surface

Plus l'indice de rugosité est faible, plus il est difficile à obtenir, ce qui augmente nécessairement le coût de fabrication. [6]

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 microgéométrie 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 un profil de cette surface.

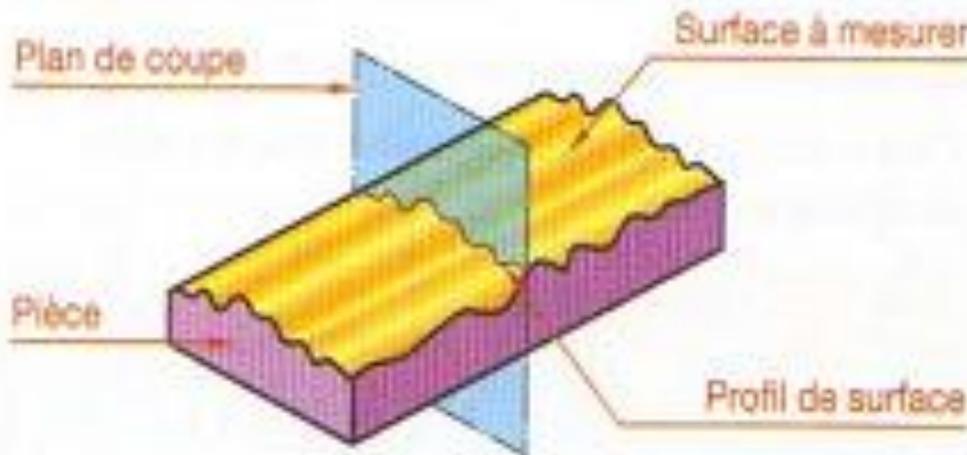


Figure II.1 Profil de surface[7]

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) : défaut de planéité, de rectitude, de circularité.
2. Ondulation (échelle macroscopique) : 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).

Chapitre II La Rugosité de Surface

6. Réseau cristallin (échelle nano-scopique) [7]. [11]

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

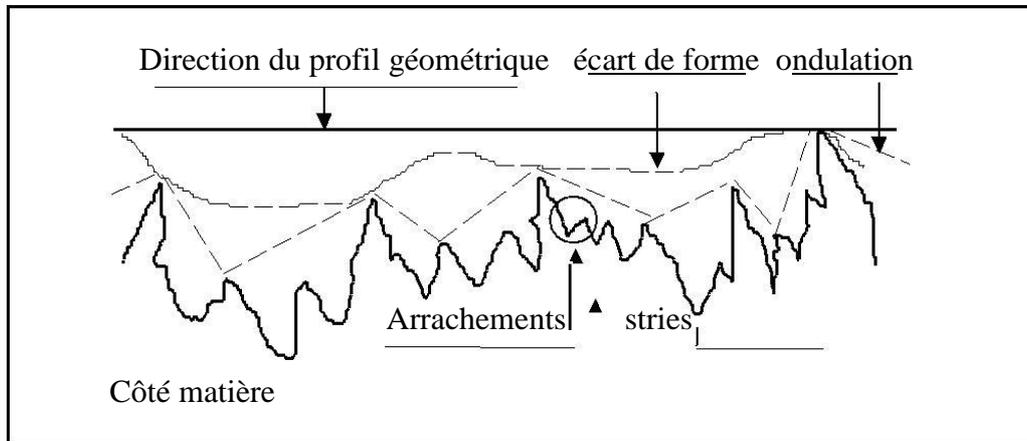


Figure II.2 Les types de défauts de surface[7]

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

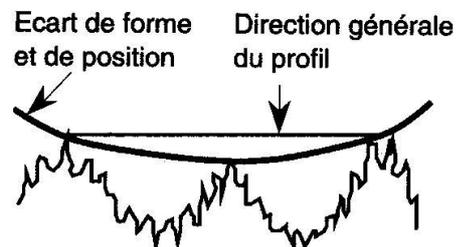


Figure II.3 Défauts d'ordre 1[7]

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 :

Chapitre II La Rugosité de Surface

Discontinue: Comparateur (maillage) Machine à mesurer tridimensionnelle Continue :
Palpage, interférométrie
On peut également utiliser un marbre ou calibre ou une bague[7]. [11]

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 $\lambda > \lambda_w$ (valeur à déterminer avec le bureau d'étude)

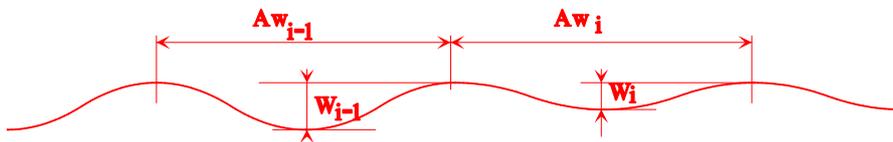


Figure II.4 motif d'ondulation

Pas moyen d'ondulation :
$$A_W = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n A_{W_i}$$

Profondeur moyenne d'ondulation
$$W = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n W_i$$

L'influence de ces défauts est le 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[2]

II .3.3 Ordre 3 : défauts micrographiques, rugosité :

Chapitre II La Rugosité de Surface

Ils sont caractérisés par une longueur d'onde comprise entre 2/100 de millimètre et quelques 1/10 de 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 $\lambda < \lambda_r$ (valeur à déterminer avec le bureau d'étude)

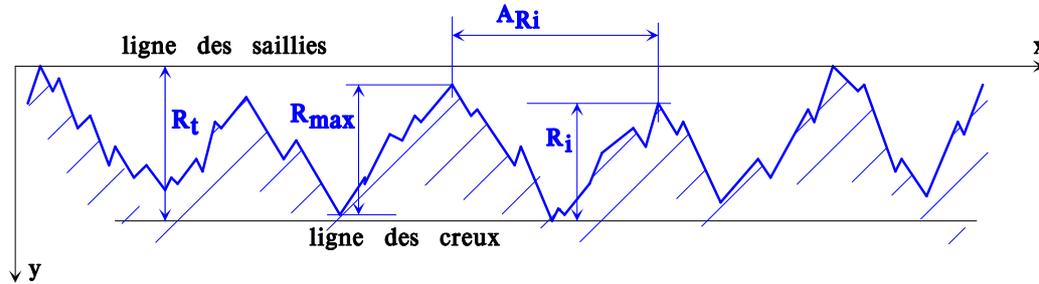


Figure II.5 Profil « redressé »

Pas moyen de rugosité : $A_R = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n A_{Ri}$, **Profondeur moyenne de rugosité** $R = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i$

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

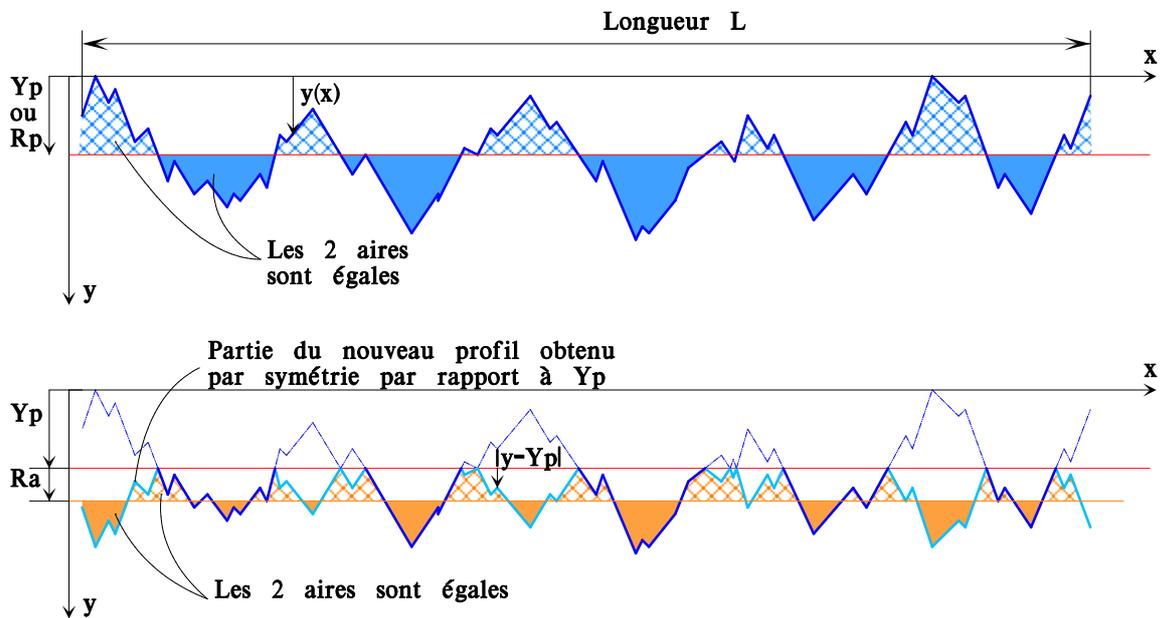


Figure II.6 profondeur d'aplanissement de rugosité : R_p ; écart moyen par rapporte à la linge moyenne de rugosité : R_a [7]

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

Chapitre II La Rugosité de Surface

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

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

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 fluides
- 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)[7]

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...)

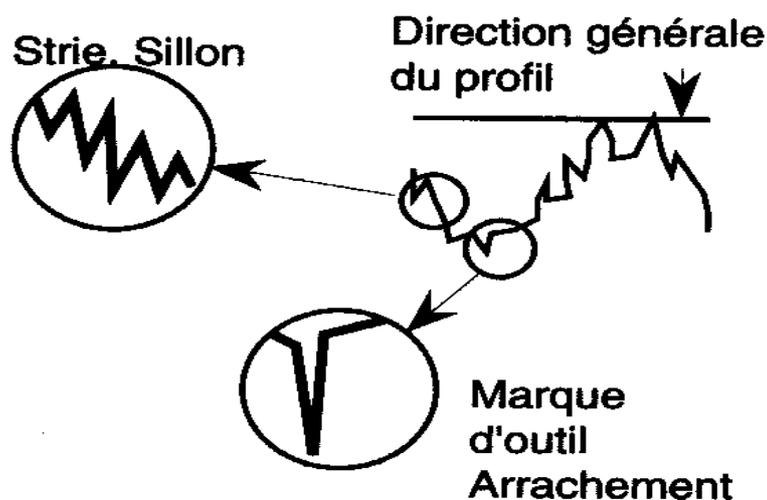


Figure II.7 arrachement de matière[7]

II.4 Différents types de lignes :

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

- **Ligne moyenne:**

Cette droite a la direction générale du profil

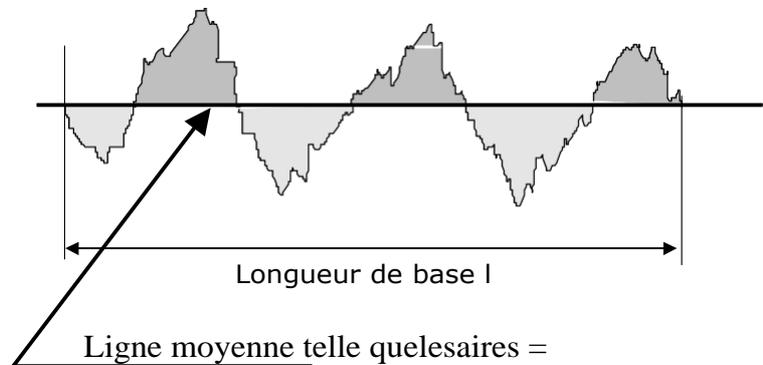


Figure II.8 la ligne moyenne[7]

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 $2 \leq l \leq 10$ période de l'ondulation. Donc

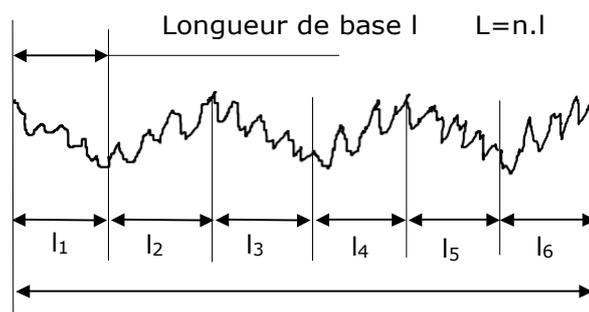


Figure II.9 la présentation de la longueur de base[7]

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 est la ligne moyenne. elle peut être définie de façons ;

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

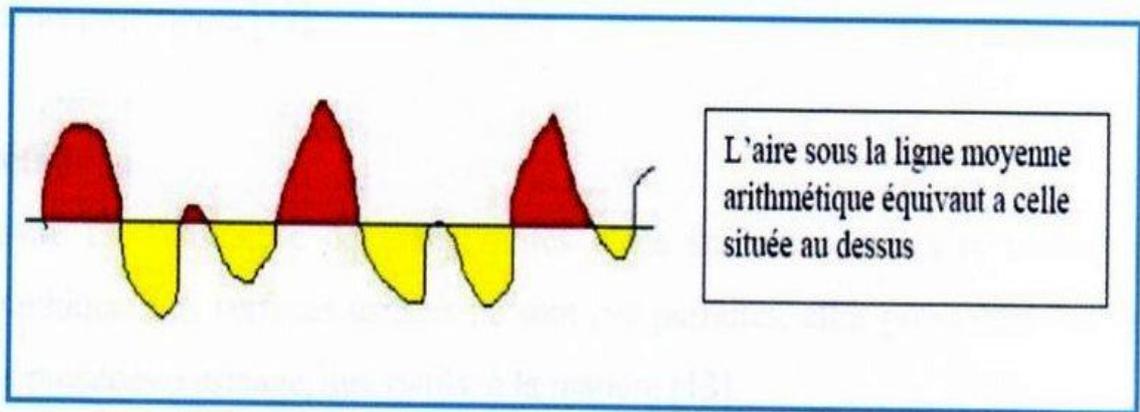


Figure II.10 Ligne des moindres carrés [8]

- Ligne centrale arithmétique à l'intérieur de la longueur de base . la somme des aires comprises entre elle et le profil est égale de part et d'autre [8]

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. [8]

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). [7]

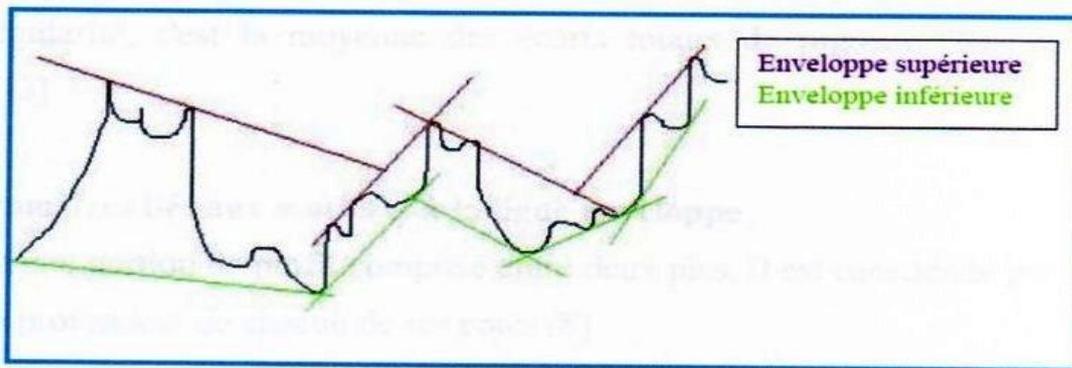


Figure II.11 ligne enveloppe inférieure et supérieure [8].

II .5 Paramètres de rugosité uni-dimensionnelle :

Les paramètres de rugosité uni-dimensionnelle standardisés peuvent être évalués avec l'outil rugosité.

La texture uni-dimensionnelle 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[8]

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

II.5.1 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:

Chapitre II La Rugosité de Surface

➤ Rugosité moyenne R_a

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

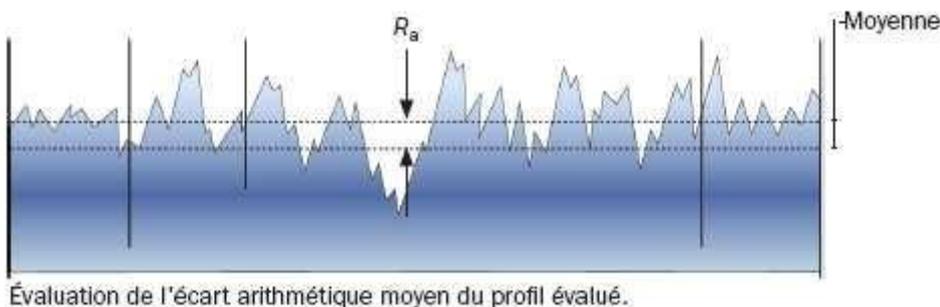
Ecart moyen arithmétique. Il s'agit de l'écart moyen de tous les points du profil de rugosité par rapport à une ligne moyenne sur la longueur d'évaluation

$$R_a = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N |r_j|$$

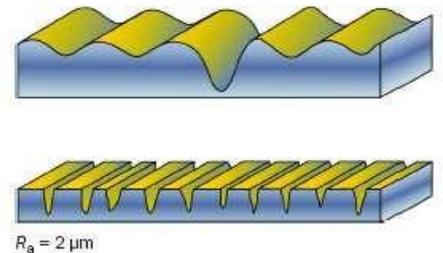
Une manière plus ancienne de spécifier une plage de R_a s'appelle RHR. Il s'agit d'un symbole placé sur un dessin et spécifiant la valeur minimale et maximale de R_a . [7]. []

Figure II.11 rugosité moyenne R_a [6]

Les paramètres les plus fréquents du profil R sont :



Exemple d'indication donnée sur les dessins : $3.2/\sqrt{\quad}$



Les états de surface peuvent présenter des aspects différents tout en ayant une valeur de R_a identique.-

➤ Rugosité moyenne quadratique R_q

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[7]

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

Chapitre II La Rugosité de Surface

➤ Hauteur maximale du profil R_t

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

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

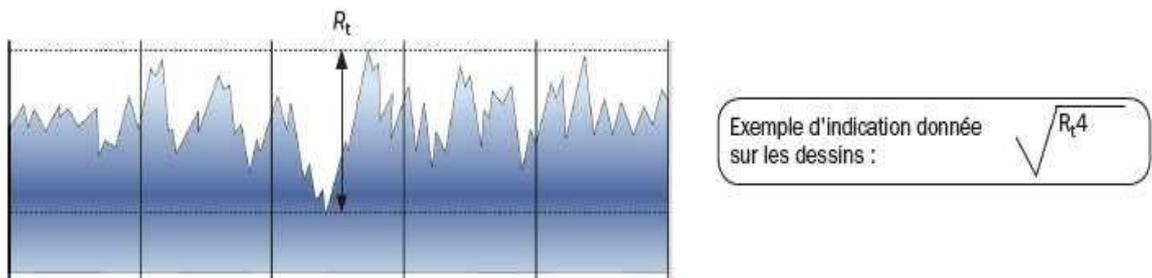


Figure II.12. Hauteur maximale du profil R_t [6]

➤ Profondeur minimale des vallées R_v , R_m

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[7]

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

➤ 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 profil de rugosité sur la longueur d'évaluation[7]

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

Chapitre II La Rugosité de Surface

➤ Amplitude moyenne R_{tm}

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 la plus profonde sur plusieurs échantillons le long de la longueur d'évaluation

$$R_{tm} = R_{vm} + R_{pm}$$

où R_{vm} et R_{pm} sont définis plus bas.

Pour les profils de données elle est basée sur cinq longueur d'échantillon ($m = 5$). Le nombre d'échantillons correspond à la norme ISO.[7]

➤ 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 moyennées[7]

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

où

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

➤ 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

Chapitre II La Rugosité de Surface

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

où

$$R_{pi} = |\max r_j| \quad \text{for} \quad (i-1)\frac{N}{m} < j < i\frac{N}{m} \quad [7]$$

➤ **Profondeur de rugosité de base R_{3z}**

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.[]

➤ **Profondeur de rugosité moyenne R_{3zISO}**

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.[]

➤ **Hauteur maximale moyenne R_z**

Normes : ISO 4287-1997

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

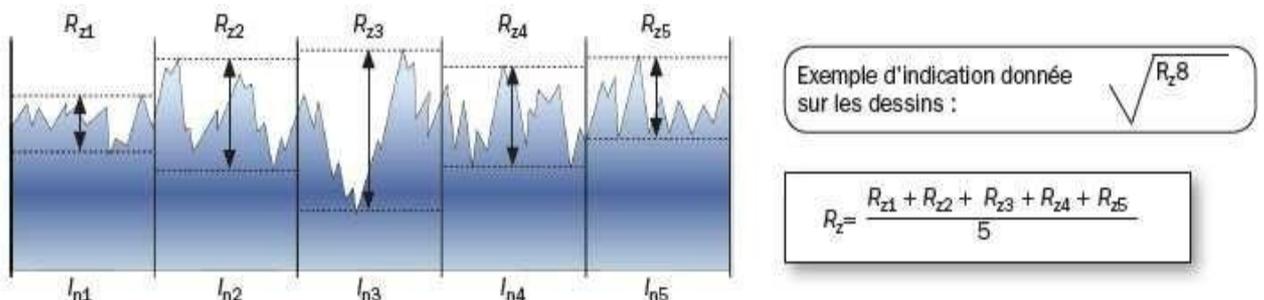


Figure II.13 Hauteur maximale moyenne R_z [6]

Chapitre II La Rugosité de Surface

➤ Amplitude crête-à-crête moyenne R_{zISO}

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 échantillonnées puis ces valeurs sont moyennées. Elle est identique à R_{tm} .

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.[]

➤ 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[]

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

II.5.2 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

Chapitre II La Rugosité de Surface

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 [7]

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 voir 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.

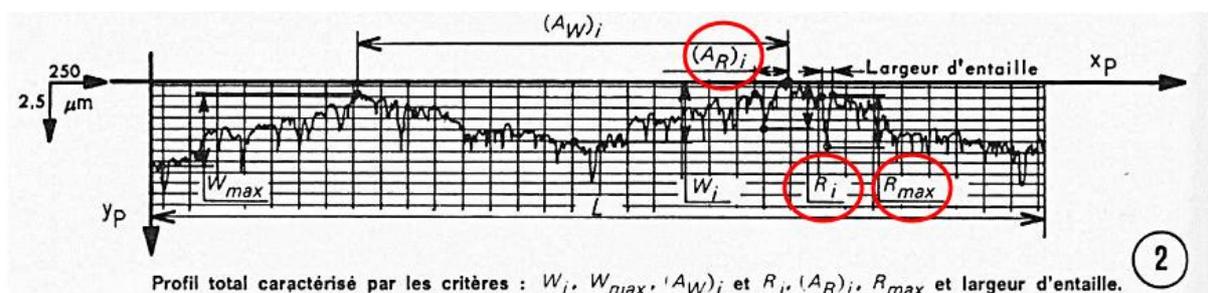


figure II.15 profil total caractérisé par les critères : $W_i, W_{max}, A_W)_i$ et R_{max} et largeur d'entaille [7]

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

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

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 :

➤ **Au niveau de la longueur de base :**

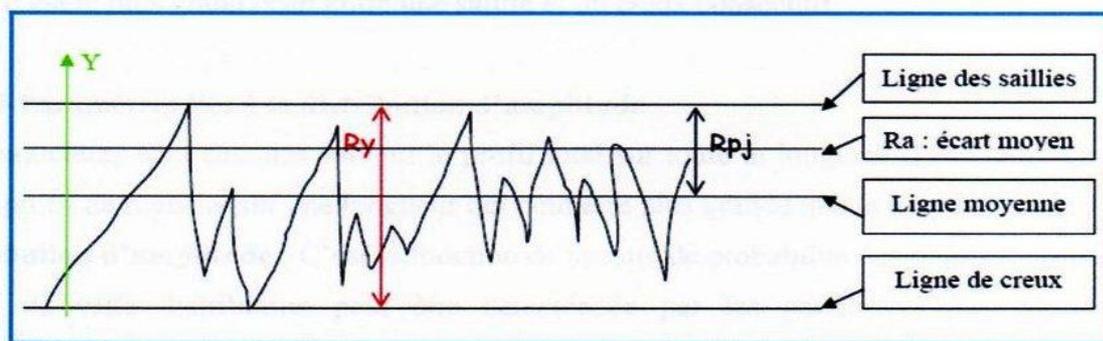


Figure II.16 Paramètre liés à la longueur de base [8]

Rpj : distance entre la ligne des saillies et la ligne moyenne

Raj : écart moyen arithmétique du profil

Ry : distance entre la ligne des saillies et la ligne des creux

Rp : Représente la moyenne des Rpj

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

Chapitre II La Rugosité de Surface

R_t : c'est le plus grand des R_y (R_y étant dans la longueur de base, on choisit le plus grand R_y compris dans la longueur d'évaluation). On considère que R_t est plus au moins équivalente à R_y

R_{max} : c'est le plus grand écart entre une saillie et un creux consécutif

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

➤ Au niveau de la longueur d'évaluation

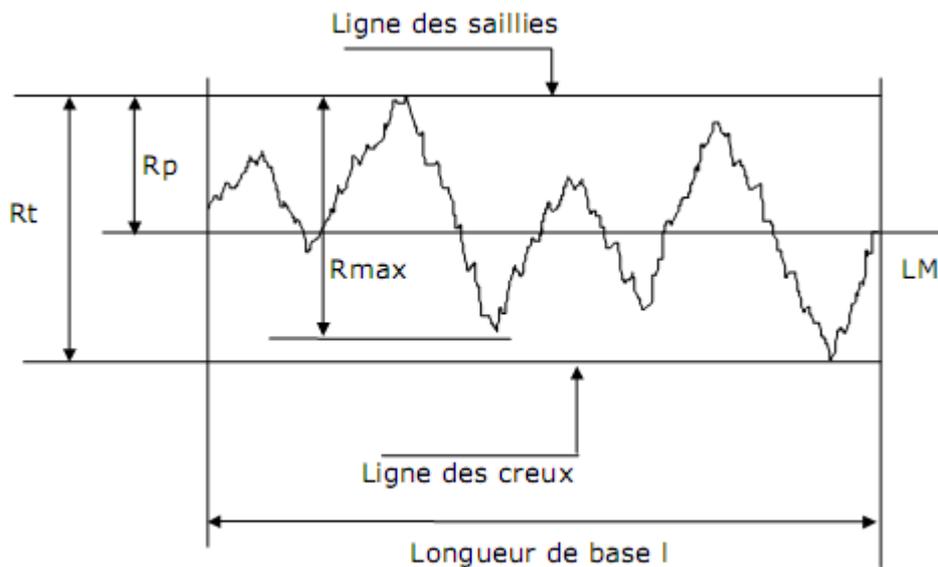


Figure II.17 Paramètres liés à la longueur d'évaluation [7]

➤ 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.

➤ Distribution d'amplitude

C'est la fonction de densité de probabilité des points du profil. La forme de cette distribution

Chapitre II La Rugosité de Surface

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 usure hypothétique égale à (c) voir figure I.////////

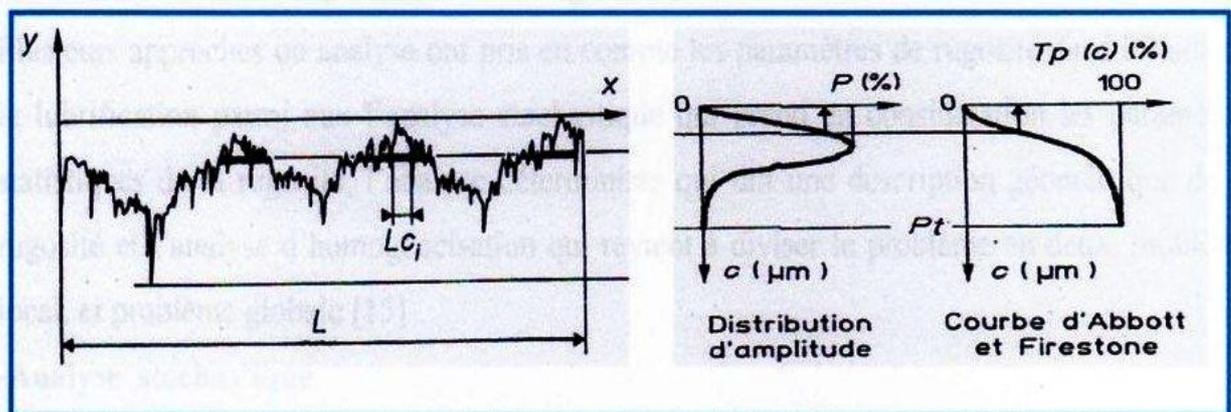


Figure II.18 Paramètres liés à la distribution d'amplitude [8]

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 un élément important en tribologie.

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 :

Chapitre II La Rugosité de Surface

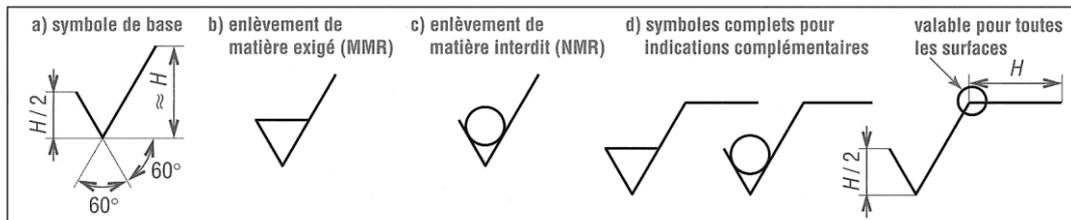


Figure II.19 symbole graphique de l'état de surface[6]

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

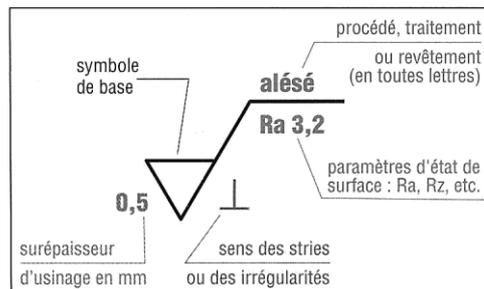


Figure II.20 Exemple de symbolisation[6]

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.22 Rugosimètre [1]

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.

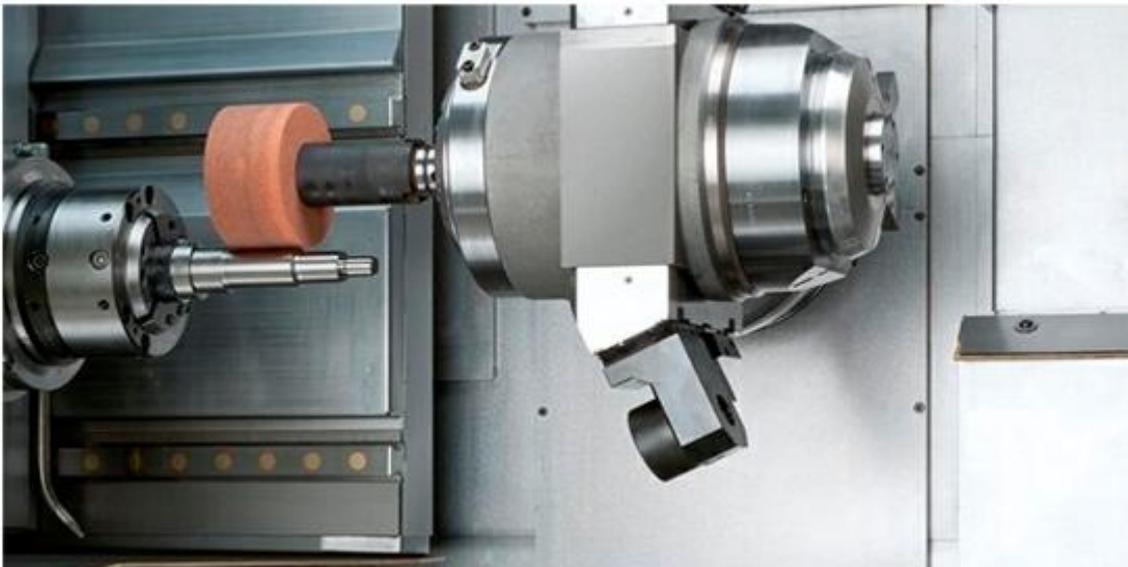


Figure II.23 opération de la Rectification [6]

II.8.2 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 une surface d'une forme parfaite (en général : plan, cylindre de révolution ou cône).

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. [10]

➤ **Mâtériaux**

Il est possible de rectifier :

- Acier classique non trempé
- Acier trempé jusqu'à 70 HRC
- Acier chromé dur
- Céramique
- Carbure
- Plastique

II.8.3 Avantage de la rectification :

- ❖ Possibilité de s'attaquer aux matériaux les plus durs
- ❖ Pouvoir atteindre des tolérances dimensionnelles de l'ordre du micromètre (0,001 mm) et donc d'usiner des pièces plus précises
- ❖ Obtenir un état de surface poussé ($< 0,1 Ra$) [9]

Chapitre II La Rugosité de Surface

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 superfinition consiste à enlever la couche de Beilby, de manière à faire disparaître les stries et les défauts géométriques

La différence essentielle entre superfinition 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.24 opération de superfinition [10]

II .8.5. Galetage :

Le galetage est un procédé d'usinage sans enlèvement de matière qui consistant 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...

Chapitre II La Rugosité de Surface

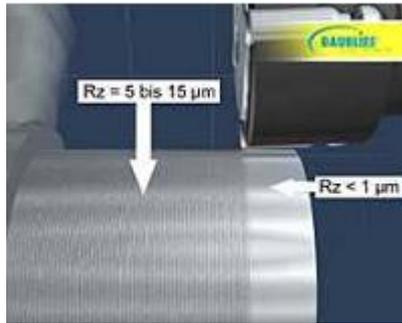


Figure II.25 opération de galetage [1]

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.

Rodoir expansible	Mandrin pour rodoir expansible	Machine à roder
<p style="font-size: small;">Rodoirs expansibles pour alésages traversants Ø 0,6 - 70 mm</p>		
<p>Les rodoirs permettent l'usinage de toutes les matières (acier trempé, acier non trempé, aluminium, carbure, titane, céramique, verre, etc ...) avec des états de surface très poussés.</p>	<p>Les têtes micrométriques, d'un maniement très simple et d'une mise en œuvre rapide, s'utilisent sur toutes les machines à roder.</p>	

II.1. Tableau des types de rodage [1]

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 [11]

II.9.1 Fonctions assurées par les fluides d'usinage (lubrification) :

II.9.2 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). [11]

II.9.3 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. [11]

II.10.4 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. [1]

II.10 Composition 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 huiles entières
- les fluides de type émulsion
- les fluides type micro-émulsion
- les fluides synthétiques

II.10.1 huiles entières :

Huiles minérales, additives ou non

II.10.2 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). [11]

II.11.3 fluides de type micro-émulsion :

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

- une base huile minérale ou alkylbenzène

Chapitre II La Rugosité de Surface

- un émulsifiant-anti-corrosion
- des additifs antimousse
- des additifs extrême-pression (non obligatoirement)
- des bactéricides et/ou fongicides
- un solvant
- de l'eau

Ils sont fournis ici encore sous forme de concentrés à diluer dans l'eau (1,5 à 5 %) [11]

II.11.4 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. [11]

Chapitre III
Partie Expérimentale

III Partie expérimentale:

III.1. expériences et machines-outils utilisés :

Cette série d'expérience concerne routage de deux arbres en acier de construction, avec un outil en carbure métallique. Les régimes de coupe employés sont la vitesse de coupe (V_c), l'avance par tour (f) et la profondeur de passe (a). Les paramètres de sortie étant les composantes de coupe, surfaces obtenues « surfaces usinées ».

III.2 Matièreaux utilisé :

Xc 55

III.2.1. analyse chimique moyenne :

	C%	Mn %	Si %	S %	Mo %
XC 55	0.52/0.60	0.60/0.90	0.40	0.0035	Mo : 0.10

Tableau III .1 : composition chimique

III 2.2.Propriétés physique et mécanique :

Matière en œuvre : Acier de construction non allié XC55 Composition de matière : Acier au carbone a traitements thermique. Pièce soumises aux chocs et ayant une très bonne résistance .domaine d'utilisation : axes de guidage,engrenages ,vis sans fin , paliers , pignons , boulonnerie ...etc

Remarque : soudabilité déconseillée

III.2.3.Caractéristiques :

Etat normalisé :

Rm : 620/680 N/mm²

Re : 300/370 N/mm²

A% : 11/12

Etat trempé et revenu :

Rm : 700/950 N/mm²

Re : 420/ 550 N/mm²

A% : 12/15

III.3. machine-outil utilisés :

Machine-outil utilisée, Tour universel

L'usinage est réalisé sur un tour à charioter de l'usine **Ferrovial**

Tour CAZENEUVE HB 575

Caractéristiques HB 500 :

Encombrement 2100 x 1175 x 1400 (2000 kg)

Alésage de broche : 40,5 mm

Diam. admis dans lerompu 660 mm

Cône contre-pointe : CM5 - Nbre d'avance : 73 (0,00937 à 5,6mm/tr)

Course transversale : 285 mm - Course fourreau : 150 mm - Course petit chariot porte outils : 140 mm

Diamètre de passage sur le banc : 500

Diamètre de passage sur Chariot : 260

Entre Pointe : 800

Puissance Moteur : 25 à 2000 tr/mn - 18 vitesses

Diamètre Mandrin : 250



Figure III.1 : Tour universel à charioter CAZENEUVE HB575

III.4. Outil de coupe utilisé:

TCMX 160408EN

TCMX 332EN

ISO-HC P15K25



Figure III.2 : outil « CERATIZIT » TCMX 16T308EN

➤ **Géométrie de l'outil :**

- r : 0.80 mm.
- l : 16.50 mm.
- d : 9.52 mm.
- s : 3.97 mm.
- d_1 : 4.40 mm.

III 5.Régime de coupe :

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

III 6.Présentation de l'éprouvette :

Les deux éprouvettes découpées distinctement de diamètre $D= 30\text{mm}$, sont préparées en 4 paliers chaque une avec un outil à charioter.

Les pièces de longueur $L= 400\text{mm}$ et diamètre $D=25\text{mm}$ et réalisées en 4 paliers (1ère Pièce usinage sans lubrification, 2^{ème} Pièce usinage avec lubrification). Largeur du palier 40mm, Séparé par des gorges de profondeur 5mm et largeur de 5mm.

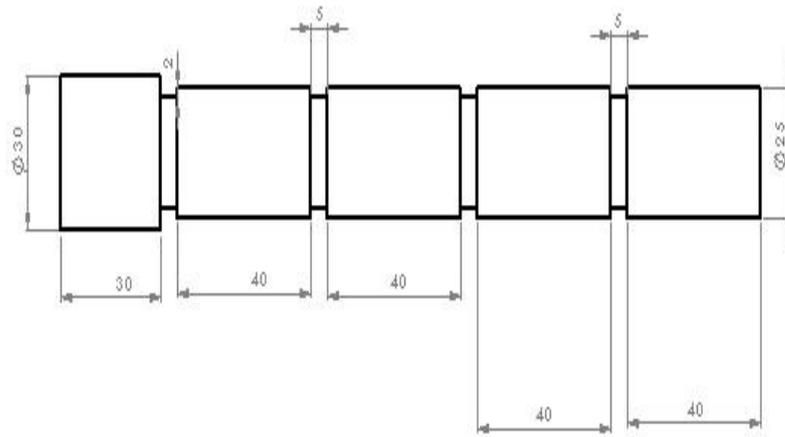


Figure III.3.dessin de définition de la pièce



Figure III.4.la pièce

III.7.Rugosimètre utilisé :

Pour la mesure des différents critères de rugosité (R_a , R_t et R_z), nous avons utilisé un rugosimètre surf test SJ-301 assisté par une imprimante Type : (Mitutoyo), (**figIII03.**). Ce dernier est constitué d'une pointe en diamant (palpeur), avec un rayon de pointe de $5\mu\text{m}$ se déplaçant linéairement sur la surface mesurée.



Figure III.05. Dispositif pour mesurer la rugosité



Figure III.06. palpeur de rugosimètre

III 8. La vitesse de coupe V_c :

$$V_c = \frac{\pi \cdot D \cdot N}{1000}; D = 30mm$$

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

D : diamètre en point d'usinage (mm).

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

- Pour $N = 320$ tr//min :

$$V_c = \frac{3.14 \times 30 \times 320}{1000} = 30.14 \approx 30 \text{ m/min}$$

III.8.Résultats expérimentaux :

III.8.1.Routage d'usinage

Selon le routage d'usinage, l'opération de chariotage d'essai (1) et (2) avec les paramètres indiqués dans le tableau ci-dessous nous permettent d'étudier la rugosité de surface usinée 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 :

Essai 1 :

(A sec et avec lubrification)

- $N = 320 \text{ tr/min}$
- $V_a = 0.03 \text{ mm/tr}$
- $a = \text{variable}$

Palier	1	2	3	4
Vitesse N	320	320	320	320
Avance f	0.03	0.03	0.03	0.03
Nombre de passe	5	3	2	1
Profondeur de passe	1mm	2mm	2.5mm	5mm

Tableau III .2 : Condition d'essai 1.

Condition d'usinage :

Essai 2 :

(à sec et avec lubrification)

- $V_c = 320 \text{ tr/min}$
- $a = 1\text{mm}$
- $f = \text{variable}$

Palier	1'	2'	3'	4'
--------	----	----	----	----

Vitesse N	320	320	320	320
Avance f	0.091	0.124	0.180	0.260
Nombre de passe	1	1	1	1
Profondeur de passe	1mm	1mm	1mm	1mm

Tableau III.3 : condition d'essai 2

Résultat obtenues

Opération d'usinage :

Essai 1 :

Usinage à sec.

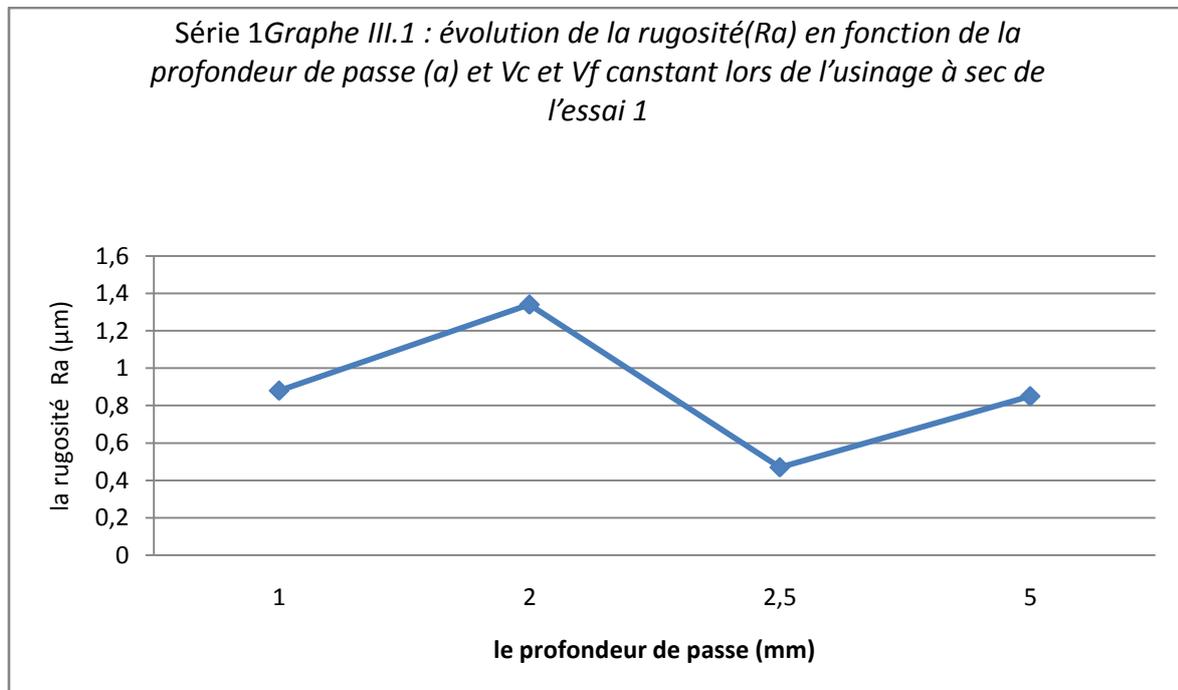
Condition d'usinage :

- L'avance $f=0.03$ mm/tr.
- Vitesse de rotation $N=320$ tr/min.
- Profondeur de passe variée.

Palier	Vc[m/min]	N [tr/min]	f, [mm/tr]	a, [mm]	Mesure	Ra _{μm}	Ry _{μm}	Rz _{μm}	Rq _{μm}
1	30.14	320	0.03	1	1	0.88	4.96	3.15	1.10
					2	0.57	3.12	2.10	0.74
					3	1.21	6.46	4.37	1.49
					Moyenne	0.88	4.84	3.20	1.11
2	30.14	320	0.03	2	1	1.56	7.59	5.56	1.87
					2	1.51	7.72	6.30	1.83
					3	0.96	5.58	3.64	1.22
					Moyenne	1.34	6.96	5.16	1.64

30	30.14	320	0.03	2.5	1	0.43	2.30	1.45	0.54
					2	0.51	2.92	1.88	0.53
					3	0.48	2.50	1.83	0.50
					Moyenn e	0.47	2.57	2.04	0.52
4	30.14	320	0.03	5	1	0.72	4.22	2.80	0.81
					2	0.88	4.38	2.53	1.09
					3	0.94	4.95	3.52	1.20
					Moyenn e	0.85	4.51	2.94	1.03

Tableau III.4 : Tableau des valeurs de la rugosité (Ra) lors de l'usinage à sec à l'essai 1



Usinage avec lubrification.

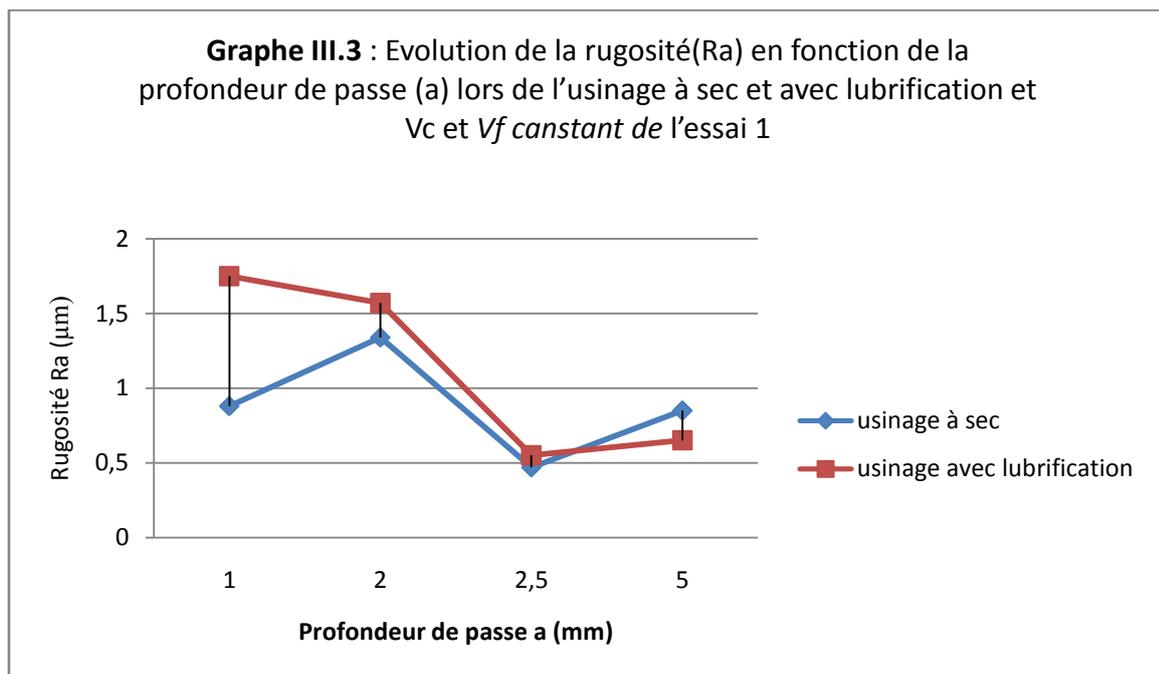
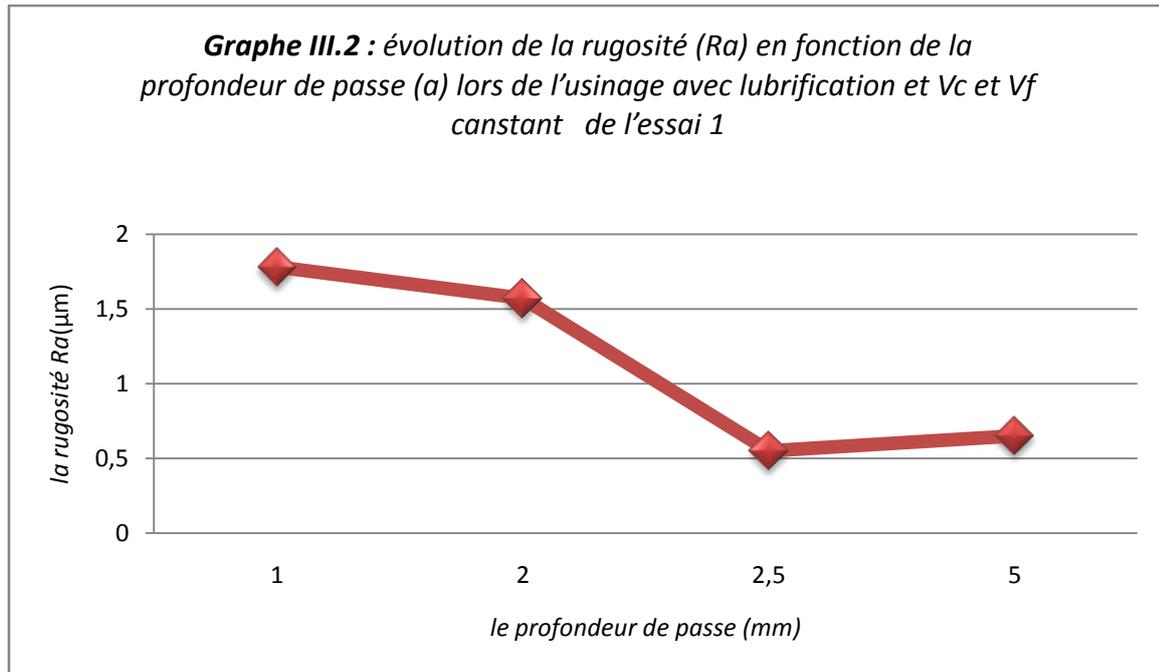
Condition d'usinage :

- L'avance $f=0.03$ mm/tr.
- Vitesse de rotation $N=320$ tr/min.

- Profondeur de passe variée.

Palier	Vc[m/min]	N ,[tr/ min]	f, [mm/tr]	a, [mm]	Mesure	Ra _{μm}	Ry _{μm}	Rz _{μm}	Rq _{μm}
1	30.14	320	0.03	1	1	1.75	9.86	7.29	2.26
					2	1.74	8.05	6.12	2.09
					3	1.86	8.10	6.47	2.18
					Moyenn e	1.78	8.67	6.62	2.17
2	30.14	320	0.03	2	1	1.63	8.38	5.85	2.03
					2	1.30	6.38	4.67	1.61
					3	1.78	7.65	9.09	2.12
					Moyenn e	1.57	7.47	5.53	1.92
3	30.14	320	0.03	2.5	1	0.48	2.70	2.05	0.60
					2	0.62	3.79	2.23	0.81
					3	0.55	3.09	2.27	0.67
					Moyenn e	0.55	3.19	2.18	0.69
4	30.14	320	0.03	5	1	0.59	3.19	2.20	0.73
					2	0.67	3.33	2.41	0.78
					3	0.71	3.32	2.55	0.84
					Moyenn e	0.65	2.28	2.38	0.78

Tableau III.5 : Tableau des valeurs de rugosité (Ra) relevées lors de l'usinage avec lubrification de l'essai 1



Essai 2 :

Usinage à sec.

Condition d'usinage :

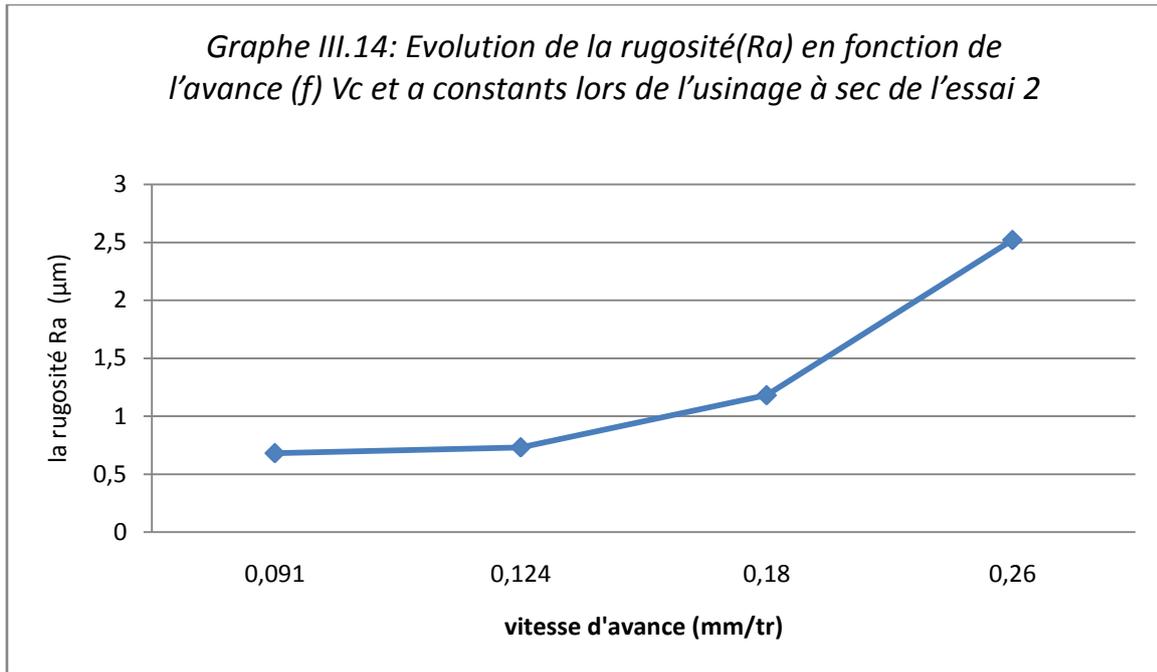
N = 320 tr/min

a = 1mm

Avance (f) variée

Palier	Vc[m/min]	N ,[tr/ min]	f, [mm/tr]	a, [mm]	Mesure	Ra _{μm}	Ry _{μm}	Rz _{μm}	Rq _{μm}
1	30.14	320	0.091	1	1	0.63	4.05	2.50	0.91
					2	0.78	4.19	3.01	0.96
					3	0.65	4.08	2.67	0.93
					Moyenn e	0.68			
2	30.14	320	0.124	2	1	0.71	3.96	2.59	0.88
					2	0.96	4.33	4.93	3.50
					3	0.52	3.60	2.20	0.67
					Moyenn e	0.73			
3	30.14	320	0.18	2.5	1	1.18	5.98	4.26	1.59
					2	1.26	5.55	4.18	1.50
					3	1.12	5.54	3.84	1.34
					Moyenn e	1.18			
4	30.14	320	0.26	5	1	2.52	7.32	5.60	2.93
					2	2.60	6.89	5.52	2.84
					3	2.46	6.88	5.18	2.68
					Moyenn e	2.52			

Tableau III. 6: Tableau des valeurs de la rugosité (Ra) lors de l'usinage à sec à l'essai 2



Usinage avec lubrification.

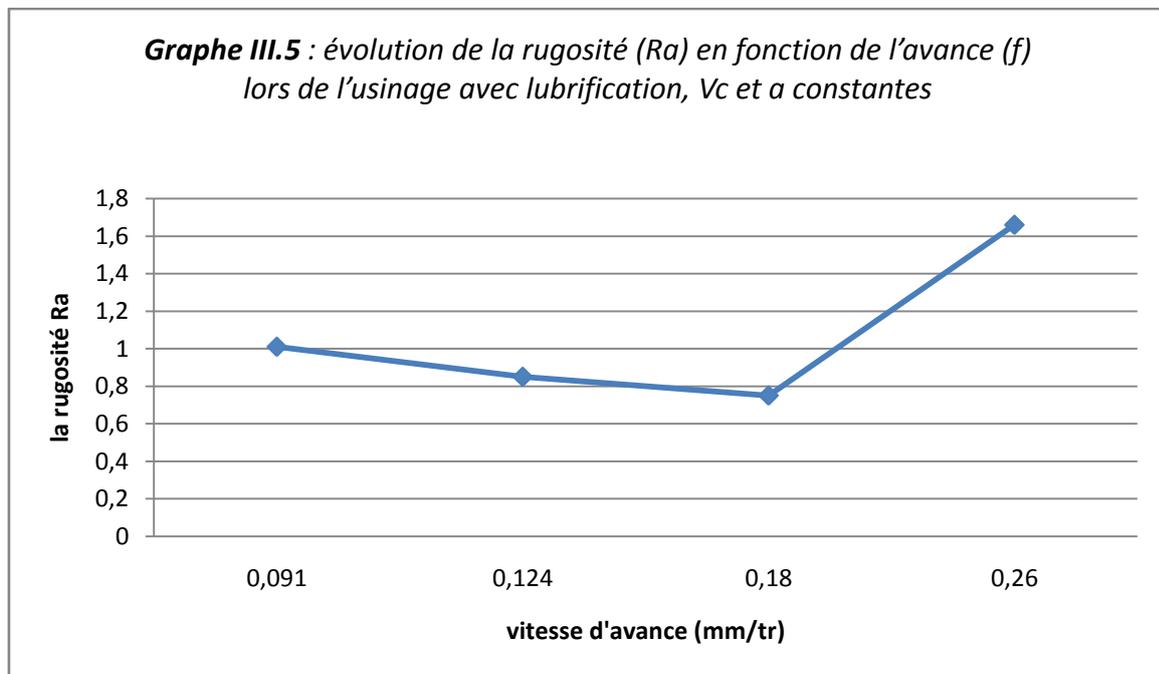
Condition d'usinage :

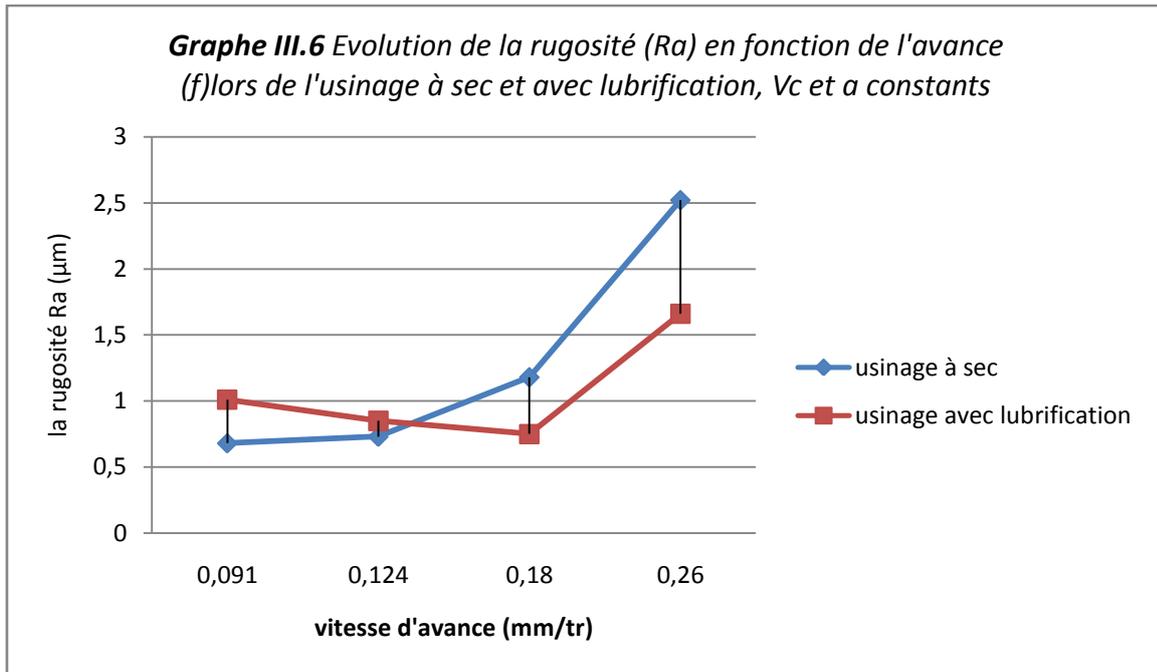
- Vitesse de rotation $N=320$ tr/min.
- Profondeur de passe $a = 1$ mm.
- Avance f variée.

Palier	Vc[m/min]	N [tr/min]	f, [mm/tr]	a, [mm]	Mesure	Ra $_{\mu\text{m}}$	Ry $_{\mu\text{m}}$	Rz $_{\mu\text{m}}$	Rq $_{\mu\text{m}}$
1	30.14	320	0.091	1	1	0.96	4.38	2.83	1.24
					2	1.11	4.52	3.34	1.29
					3	0.98	4.41	3.00	1.26
					Moyenne	1.01			
2	30.14	320	0.124	2	1	0.84	4.09	2.72	1.01
					2	1.09	5.06	5.06	3.63
					3	0.65	3.73	2.39	0.80

					Moyenn e	0.85			
3	30.14	320	0.18	2.5	1	0.75	5.55	3.83	1.16
					2	0.83	5.12	3.75	1.07
					3	0.69	5.11	3.41	0.91
					Moyenn e	0.75			
4	30.14	320	0.26	5	1	1.72	6.42	4.70	2.03
					2	1.70	5.99	4.62	1.94
					3	1.56	5.98	4.28	1.78
					Moyenn e	1.66			

Tableau III.07 : Tableau des valeurs de rugosité (R_a) relevées lors de l'usinage avec lubrification de l'essai 2





III.8.2. Discussions :

Etudier la variation de la rugosité de surface et l'influence des paramètres de coupe lors de l'usinage des paliers (1,...4) avec les conditions de coupe choisies.

L'influence de la profondeur de passe sur la rugosité :

Le graphique III. 3, exprime la variation des profondeurs de passe au cours de l'opération de chariotage, Nous observons des points caractéristiques au niveau du palier 03 où la rugosité se rapproche pour les deux essais.

Cette rugosité diminue au palier 04 le régime de coupe idéal se situe entre ces deux paliers

Pour des profondeurs de passe petite l'écart est important entre les essais

On déduit que la lubrification au début ne donne pas de bons résultats pour l'acier XC55 il est conseillé d'utiliser l'outil à carbure, par des profondeurs de passe à partir de 2.5 mm

L'influence de l'avance sur la rugosité :

Le graphique III.6, exprime la variation des vitesses d'avance, plus augment et plus la rugosité augmente, mais il faut éviter de ne pas dépasser la norme de 2.2 (μm)

Au début les deux régimes de coupe sont presque identiques, l'écart est important 4^{ème} palier, ce que il faut éviter.

En définitif et selon les graphiques que la base d'expérience effectuées, le choix optimale serait d'exécuter notre opération de chariotage avec :

- Une petite avance
- Avec lubrification mais pas toujours donne une résultat parfait
- Une profondeur de passe entre 2.5 mm et 5 mm

Remarque :

La lubrification paramètre plus important qui joue un rôle aussi influant que les paramètres de coupes sur la rugosité.

L'usinage avec lubrification donne un état de surface satisfaisant et l'usinage à sec donne un résultat moins satisfaisant et une surface rugueuse mais l'utilisation lubrification n'est pas le seul paramètre influant sur l'état de surface il y a aussi les régimes de coupe

III.9.Conclusion :

Le processus de coupe implique l'utilisation d'un système M.D.O.P. Aucun de ces éléments n'est parfait du point de vue précision. C'est pourquoi le système M.D.O.P peut être considéré comme une chaîne dont les maillons sont source d'erreurs qui se répercutent sur l'état des surfaces usinés et la précision des cotes à obtenir.

C'est la raison pour laquelle il a fallu tolérer une erreur admissible (Intervalle de tolérance) compatible avec un fonctionnement normal des pièces conjuguées.

L'état micro géométrique d'une surface usinée est souvent caractérisé par des irrégularités résultant d'un phénomène complexe dans la zone de coupe.

L'état superficiel micro géométrique dépend des propriétés du matériau usinant et usiné, du processus de la formation du copeau, le régime du travail, le broutement (refoulement du système MODOP) produit par la coupe et bien d'autre facteur.

Par ailleurs, la formation des rugosités est étroitement liée à la géométrie de l'outil.

La rugosité est favorisée, par le frottement de la surface en dépouille de l'outil contre la surface usinée .ce frottement augmente au fur et à mesure que l'usure de l'outil s'intensifie,

Aussi la micro géométrie de la surface dépend beaucoup plus des régimes de coupe choisit

Références Bibliographique

[1] génie mécanique (memontech) troisième édition castella-25 rue -75005 paris de
CLAUDE BARLIE ET BENOIT POULET

Les pages 85..93.98.100..103.126

[2]

[3]procédés d'usinage souhir gara ingénieur de l'ENI de Tuins

Les pages : 10.11.12.13..16.17.18.19.45.140.141..142

[4] technique ingénieur –quelques graphe et photo

[5] chik

[6] conception et dessin (memontech) 7^eédition rue MICHAEL FARADAY,78184
Saint-Quentin en Yvelines

Les pages : 130.131.132.133.134.135.136.

[7] construction mécanique -1.dessin conception et normlisation – AFNOR NATHN

Les pages : 28.29

[8] bourbiamounira ,influence des procédés d'usinage sur les rugosités de surface et
leurs répercussions sur un contact mécanique, thés magister 2009, Département de
Mécanique, Faculté des sciences de l'ingénieur ,UniverstéBadji Mokhtar.

[9] [http://fr.wikipedia.org/wiki/Rectification_\(m%C3%A9canique\)](http://fr.wikipedia.org/wiki/Rectification_(m%C3%A9canique))

[10] <http://fr.wikipedia.org/wiki/Superfinition>

[11] manuel de construction mécanique 3^{eme} édition GUILLAUME SABATIER
FRANÇOIS RAGUSA HUBERT ANTZ

Les pages 124.179