

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



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

Projet de Fin d'Etudes
Pour l'obtention du Diplôme de Master en
Construction mécanique

Titre

Influence de la géométrie de l'outil sur l'état de surface

Proposé et encadré par :
M.Lazar

Réalisé par :
Benaouda Dalila
Kouari Bouchra

Année universitaire 2018/2019

Résumé :

Notre travail concerne à déterminer l'influence de la géométrie de l'outil sur l'état de surface, qui va nous permettre d'étudier la variation de la rugosité en fonction de l'angle de l'outil lors d'un procédé de tournage.

L'objectif de ce travail est de définir un lien entre la rugosité de la surface active et la matière usinée pour donner une durée de vie assez Longue à la pièce active.

Mots-clés : tournage, Outils de coupe, Rugosité, état de surface, angle d'outil

المخلص:

يتضمن عملنا إيجاد تأثير هندسة أداة القطع على حالة السطح، الذي يسمح لنا بدراسة تغيرات الخشونة بدلالة زاوية أداة القطع أثناء طريقة الخراطة. الهدف من هذا العمل هو تحديد العلاقة بين خشونة السطح النشط والمادة المصنعة لإعطاء مدة حياة أطول للقطعة النشطة.

كلمات البحث: خراطة، أداة القطع، خشونة، حالة السطح، زاوية الأداة.

Abstract :

Our work consists on determining the influence of geometry of the tool on the surface state, which will allow us to study the variation of the roughness according to the angle of the tool during a turning process.

The objective of this work is to define a link between the roughness of the active surface and the machined material to give a long life to the active part .

Keywords : Turning, cutting tool, roughness, surface condition, tool angle.

CHAPITRE I

NOTION GENERALE SUR LE TOURNAGE ET L'OUTIL DE COUPE.

Chapitre I : Notion générale sur le tournage et l'outil de coupe.

I.1- Généralité :

Dans le domaine de l'industrie il existe plusieurs procédés d'usinage. Chaque technique possède ses particularités et ses rendements différents. On peut citer les principaux procédés comme le fraisage et le tournage.

Le tournage est également un procédé d'usinage que l'on peut souvent retrouver. Son objectif est d'obtenir des pièces finales à forme cylindrique et conique. La machine qui va réaliser la coupe de la matière est appelée tour.

Il existe une grande diversité d'outils de coupe. Toutefois, les principaux éléments des différents outils sont semblables. Ainsi, afin de simplifier la compréhension de différents éléments définissant un outil quelconque, on se base sur un outil de coupe en tournage. Les définitions peuvent ensuite être déduites pour tout autre type d'outil.

Les outils de tournage mécanique existent dans une grande variété de formes en fonction des conditions particulières des opérations effectuées et de la rugosité exigée.

Chapitre I : Notion générale sur le tournage et l'outil de coupe.

I.2 -Machine- outil (le tour) :

I.2.1- Définition :

Le tour est une machine-outil permettant de réaliser les opérations de tournage. La pièce à usiner est placée dans le mandrin et serrée par l'intermédiaire des mors. Un moteur permet la mise en rotation du mandrin fixé sur la broche. L'outil coupant, est positionné dans un porte-outil et serré à l'aide de vis. Le porte-outil est mis en place sur une tourelle porte-outils. Le chariot transversal et le longitudinal assurent ainsi les mouvements de l'outil par des moteurs d'avance. La contrepointe permet de réaliser des opérations de pointage, centrage, perçage et alésage en bout de pièce. [1]

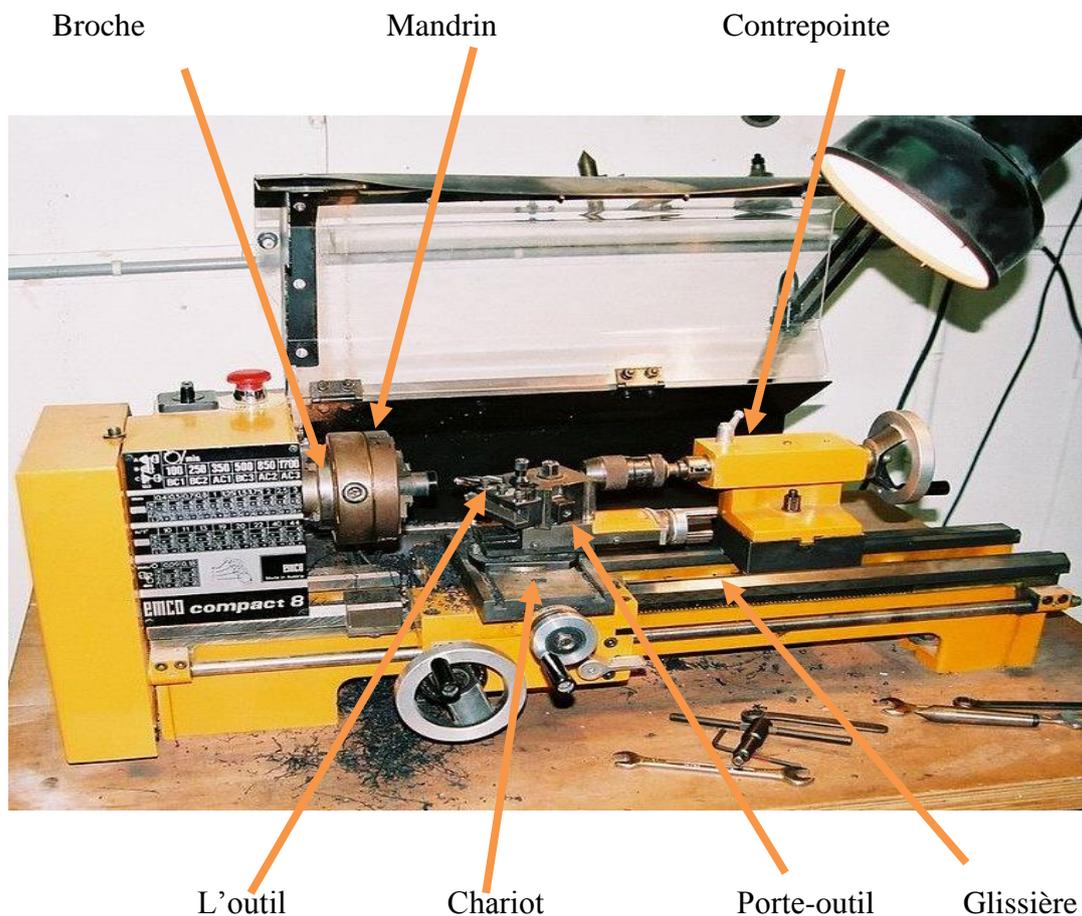


Figure I.1 : Tour conventionnel

I.2.2-Classification des machines de tour :

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

I.2.2.1-Les tours parallèles à charioter et à fileter :

Ces machines sont utilisées pour les travaux unitaires ou de petites et moyennes séries sur des pièces très simples. Ces tours sont peu flexibles. Seules les surfaces dont les génératrices sont parallèles ou perpendiculaires à l'axe de la broche sont réalisables en travail d'enveloppe.[2]

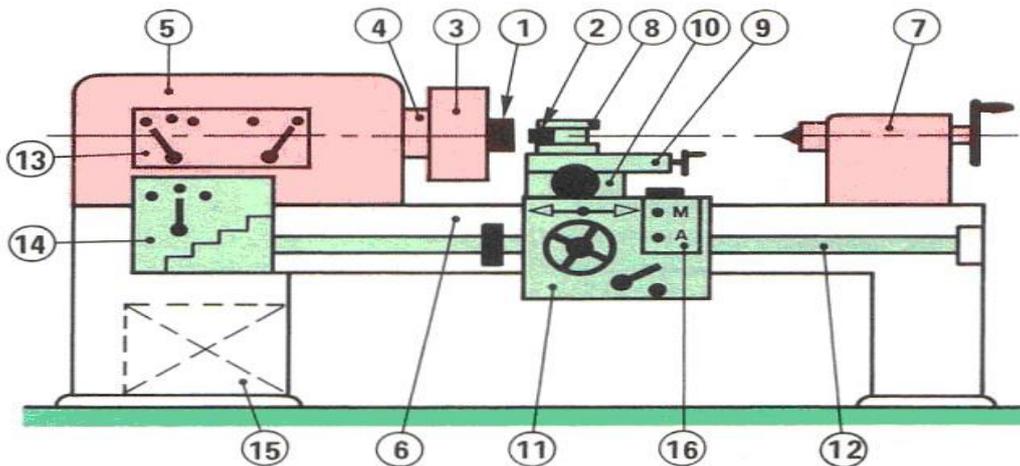


Figure I.2 : Constitution d'un tour parallèle.

(1) Pièce	(9) Chariot supérieur
(2) Outil	(10) Chariot transversal
(3) Mandrin	(11) Traînard
(4) Broche	(12) Barre de chariotage
(5) Poupée fixe	(13) Boîte des vitesses
(6) Banc	(14) Boîte des avances
(7) Poupée mobile	(15) Moteur
(8) Tourelle porte-outils	(16) Contacteur

I.2.2.2-Les tours à copier :

Ils permettent l'usinage des 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. [2]

I.2.2.3-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. [2]

I.2.2.4-Les tours automatiques :

Plusieurs outils sont montés tangentiellement à la pièce. Les mouvements sont obtenus par des cames qui donnent la vitesse d'avance et la course de chaque outil. Une came est spécifique à une opération et à une pièce. Ces tours sont entièrement automatiques. Ces machines n'ont aucune flexibilité. Elles conviennent pour les très grandes séries. [2]

I.2.2.5-Les tours automatiques multibroches :

Ce type de tour comportera par exemple huit broches. Huit outils soit un par broche travaillent en même temps et effectuent une opération différente. Ce sont les broches qui tournent d'un huitième de tour pour présenter la pièce devant l'outil suivant. Lorsque les broches ont effectuées un tour complet la pièce est terminée. Il est possible de travailler dans la barre. Sur ce type de tour les réglages sont longs et le temps de passage d'une série à l'autre immobilise la machine. Ce tour sera réservé pour les grandes et très grandes séries à des pièces de dimensions réduites à cause de l'espacement entre les broches. [2]

I.2.2.6-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. [2]

I.3-Procédé de tournage :

I.3 .1-Définition :

Le tournage est un procédé mettant en jeu des outils à arête de coupe unique. La pièce à réaliser est animée d'un mouvement de rotation imposé par la machine-outil assimilable au mouvement de coupe (généralement, il s'agit du mouvement principal du procédé). Aussi, l'outil est quant à lui animé d'un mouvement complémentaire de translation (rectiligne ou non) appelé mouvement d'avance et permettant de définir le profil de la pièce.

La combinaison de ces deux mouvements permet de positionner la partie active de l'outil (arête tranchante de l'outil) et permet d'obtenir des formes de révolution complexes. Bien que les cinématiques du procédé et des outils soient simples, le procédé de tournage est essentiel au vu de l'importance de ses applications dans l'industrie. [3]

I.3 .2-Principe de tournage :

La pièce est animée d'un mouvement circulaire uniforme c'est le mouvement de coupe M_c . L'outil est animé d'un mouvement de translation parallèle ou oblique par rapport à l'axe de rotation c'est le mouvement d'avance M_f .

Dans son mouvement, la pointe de l'outil décrit une ligne appelée génératrice qui transforme la pièce en un solide de révolution, en faisant varier le déplacement de l'outil (mouvement radial) il sera possible d'obtenir tous les solides de révolution tels que cylindre, cône, sphère, etc.

Chapitre I : Notion générale sur le tournage et l'outil de coupe.

Le tournage permet également le façonnage des formes intérieures par perçage, alésage, taraudage. [2]

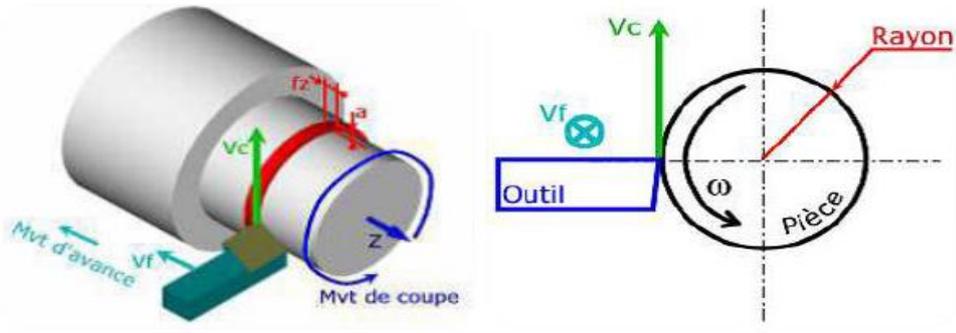


Figure I.3: principe de tournage.

I.3.3-Les différentes Opérations de tournage :

Il existe différentes opérations de tournage qui peuvent être classées en deux catégories :

- **Tournage extérieur :**

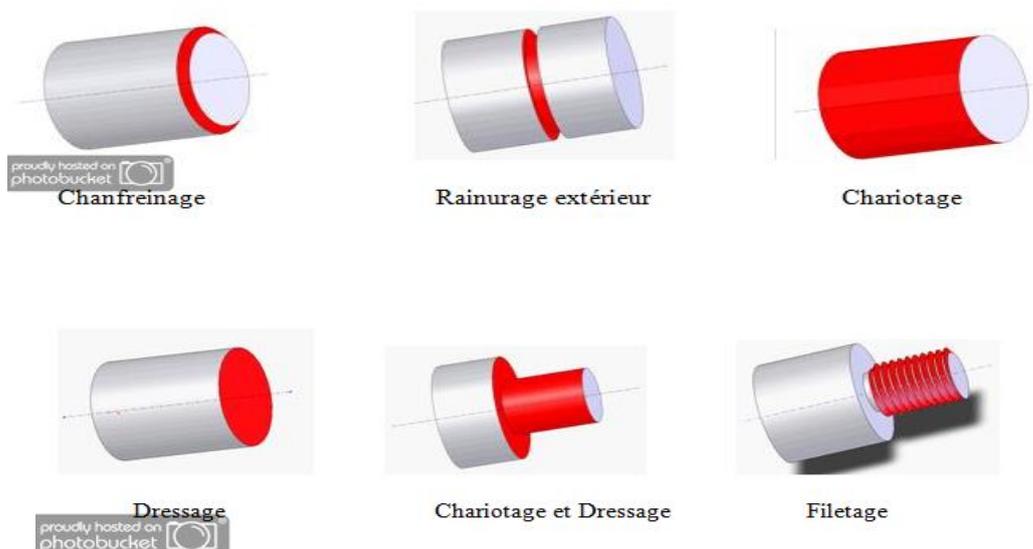


Figure I.4 : principales opérations de tournage extérieur.

- **Tournage intérieur :**

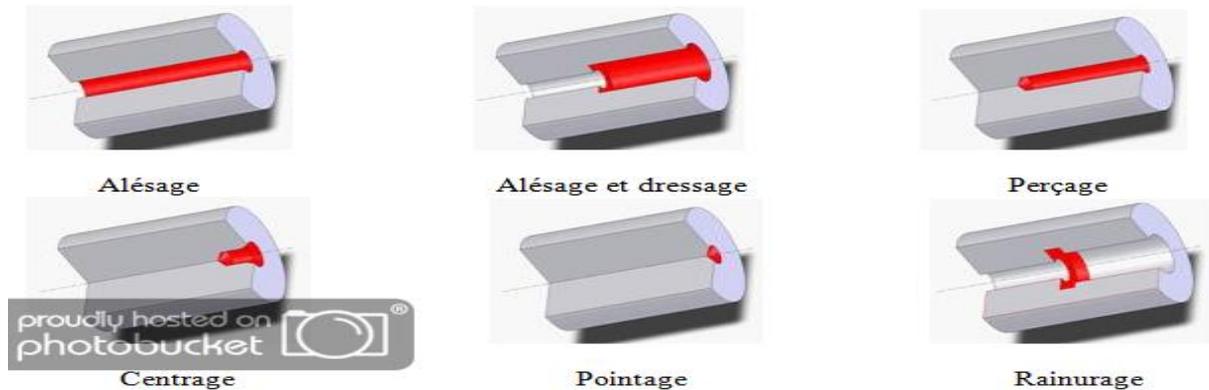


Figure I.5 : principales opérations de tournage intérieur.

I.3.3.1-Tournage longitudinal, où chariotage :

Appelé également cylindrage ou chariotage, il consiste à produire une surface extérieure de révolution, c'est-à-dire donner à une pièce le diamètre demandé par le plan, en partant d'une dimension supérieure. Le cylindrage d'une pièce montée entre pointes exige que l'on vérifie le centrage, c'est-à-dire vérifier si l'axe de la broche de la machine et l'axe de la pièce coïncident (coaxiaux) ce centrage est obtenu par la position de la contre-pointe. [4]

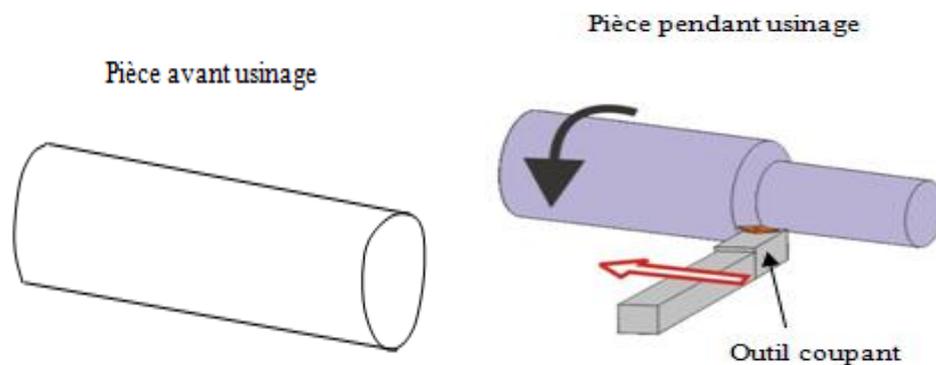


Figure I.6 : Opération de chariotage (tournage extérieur).

I.3.3.2-Dressage :

Où le mouvement d'avance est une translation rectiligne de l'outil perpendiculairement à l'axe de révolution de la pièce, ce qui permet d'ajuster la longueur de la pièce et génère un plan orthogonal à l'axe. [4]

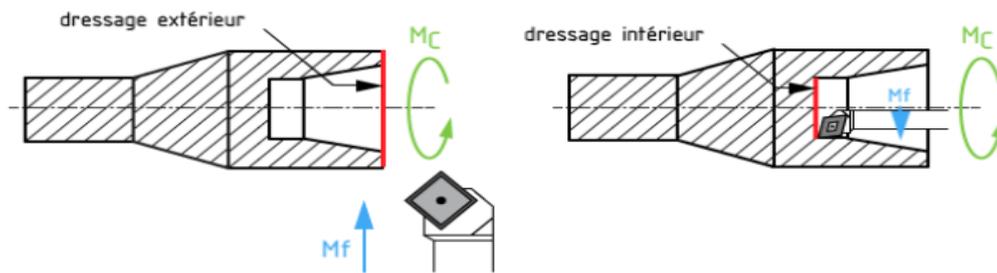


Figure I. 7 : Dressage extérieur et intérieur.

I.3.3.3-Tronçonnage (sainée ou gorge) :

Obtenu par déplacement de l'outil perpendiculairement à l'axe (le trainard étant bloqué sur banc) .la pénétration de l'outil peut être automatique (sainée) ou commandée à la main (gorge). [4]

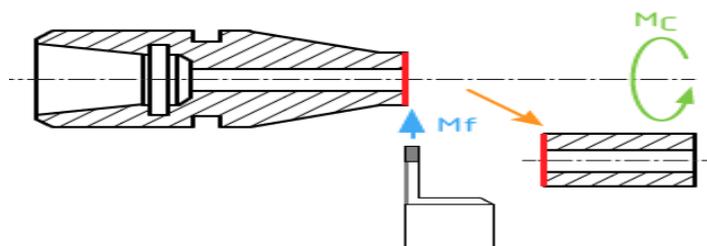


Figure I.8 : Le tronçonnage.

I.3.3.4-Filetage :

Le filetage est l'usinage consistant à réaliser un filetage extérieur ou intérieur.[5]

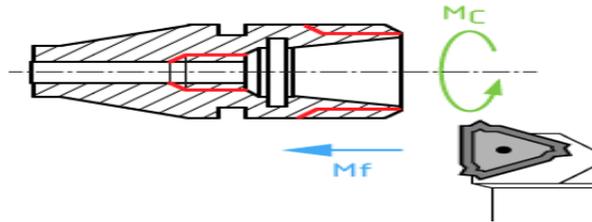


Figure I.9 : Le filetage intérieur et extérieur.

I.3.3.5-Rainurage :

Le rainurage est l'opération qui consiste à usiner une rainure (association de 3 plans) intérieure ou extérieure. Celle-ci peut servir par exemple pour le logement d'un clip ou d'un joint torique. [5]

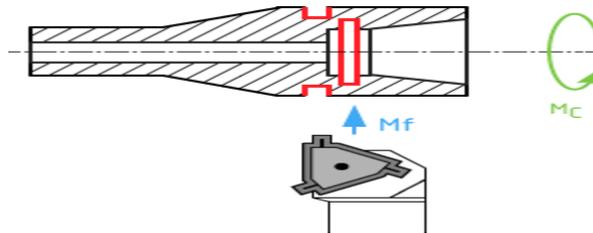


Figure I.10 : Le rainurage intérieur et extérieur.

I.3.3.6-Alésage :

L'alésage est l'opération qui consiste à usiner une surface cylindrique ou conique de qualité à l'intérieur d'une pièce. [5]



Figure I.11 : L'alésage cylindrique et conique.

I.3.3.7-Perçage :

Le perçage est l'opération qui consiste à usiner un trou dans la pièce (débouchant ou borgne) à l'aide d'une forêt. Souvent, l'axe du trou est confondu avec celui de la pièce. [5]

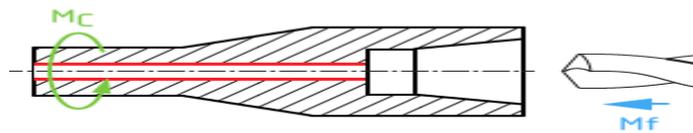


Figure I.12 : Le perçage.

I.3.3.8-Epaulement :

L'épaulement est l'association d'un chariotage et d'un dressage. [5]

I.3.3.9-Profilage :

Le profilage est la réalisation des surfaces quelconques par l'association des surfaces cylindriques, planes, coniques, sphériques, etc. ... [5]

I.3.4-Les différents types d'outil de tournage :

On choisit la forme de l'outil en fonction de l'opération à effectuer (ébauche ou finition) et de la forme de la pièce à réaliser.

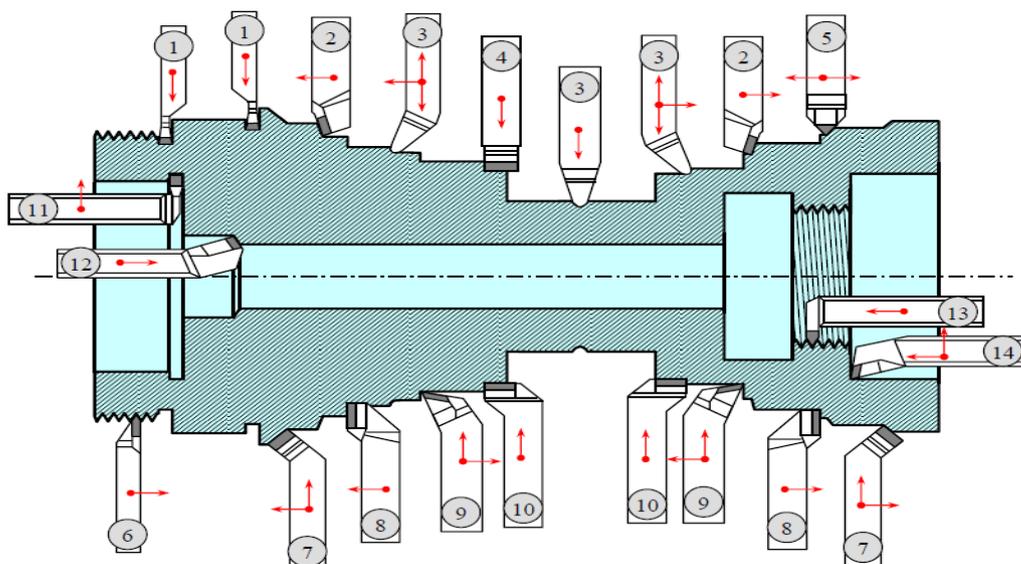


Figure I.13 : Outils de coupe du procédé de tournage. [6]

Chapitre I : Notion générale sur le tournage et l'outil de coupe.

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

I.4-Régimes de coupe :

I.4.1-Ebauche :

C'est l'opération qui consiste à enlever le maximum des copeaux en un minimum de temps sans s'intéresser à l'état de surface. Il faut donc choisir des grandes profondeurs de passe et des grandes avances. [7]

I.4.2-Finition :

C'est l'opération qui consiste à finir la pièce aux cotés prescrites. Il faut donc choisir des grandes vitesses de coupe et des petites avances en obtiens des surfaces des grandes qualités. [7]

I.5-Conditions de coupe :

Pour une opération de tournage, les paramètres de coupe sont les suivants :

V_c : vitesse de coupe en m/min.

p : profondeur de passe en mm (noté encore « a » ou « a_p »).

f : avance en mm/min.

Et les paramètres à régler sur la machine sont :

f : avance en mm/min.

N : la vitesse de rotation de la pièce en tr/min.

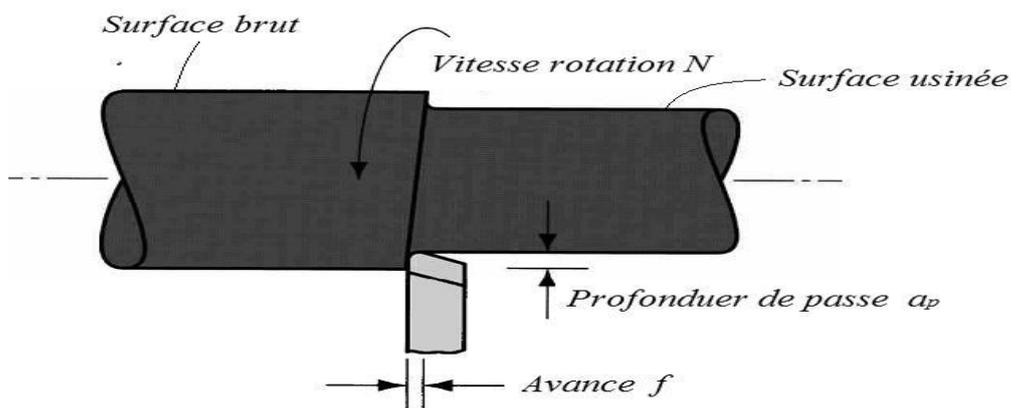


Figure I.14 : Conditions de coupe en tournage.

Plusieurs critères permettent de définir les paramètres de coupe :

- Le type de la machine (mécanisme, gamme des vitesses,...)
- La puissance de la machine
- La matière de l'outil (ARS, carbure...)
- La matière usinée (acier, aluminium...)
- Le type de l'opération (perçage, chariotage, surfaçage...)
- L'utilisation éventuelle de lubrification (destiné à refroidir ou/et à diminuer le frottement)

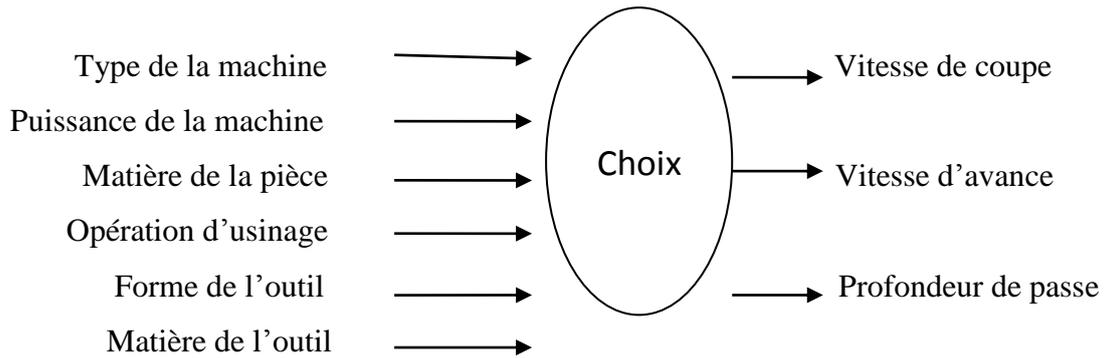


Figure I.15 : Critères permettant de définir les paramètres de coupe

I.5.1-Vitesse de coupe :

En tournage, la vitesse de coupe est la vitesse relative de l'outil par rapport à la pièce. Elle s'agit donc de la vitesse tangentielle au point de la pièce coïncidente avec la pointe de l'outil. Cette vitesse qui s'exprime toujours en mètres par minute (m/min) se calcule ainsi:

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

Avec :

- V_c : vitesse de coupe en m/min
- D : diamètre en mm au point d'usinage
- N : correspond à la fréquence de rotation de la pièce en tours par minute

En permutant les termes de la formule précédente, on obtient :

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

I.5.2-Avance :

En tournage, l'avance est la vitesse avec laquelle progresse l'outil suivant l'axe de rotation pendant une révolution de la pièce, cette vitesse est déterminée expérimentalement en fonction des critères précédemment cités. Cela correspond, en première approximation à l'épaisseur du copeau. On règle l'avance directement sur la machine.

En tournage, si on veut calculer la vitesse d'avance de l'outil, on applique cette formule :

$$V_f = f \times N$$

f = avance en mm/tour

N = fréquence de rotation réglée sur la machine en tr/min. [8]

I.5.3-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 (c'est-à-dire la moitié de la différence entre le diamètre non usiné et le diamètre usiné), 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.[7]

II- Généralité sur L'outil de coupe :

II.1-Définition :

L'outil de tour est constitué d'un corps ou support au moyen duquel il est fixé sur le porte-outil, et d'une partie active qui comporte une ou plusieurs arêtes tranchantes. L'outil est appelé monobloc, s'il est constitué d'une seule pièce. [4]



Figure I.16 : outil de tour.

II.2-Forme des outils :

La forme des outils de tour varie sensiblement suivant le profil de la pièce à usiner et le genre de travail à exécuter. On distingue :

- a) outils droits : l'alignement vu d'en haut et de côté est droit.
- b) outils recourbés ou col de cygne : l'alignement vu de côté est recourbé.
- c) outils coudés: l'alignement vu d'en haut oblique vers la droite ou vers la gauche.
- d) outils déportés ou couteaux: la partie active est décalée par rapport au corps. [4]

II.3-Qualité des outils:

Un bon outil doit permettre :

- un gros débit de copeau.
- un surfacage précis (forme et état de la surface coupée).
- une longue durée de coupe entre deux affutages (1h).
- un bon rendement (économie de puissance).

Le copeau bien coupé se forme et s'écoule sans à-coups .pour couper vite et bien les divers matériaux, il faut des outils capables de résister à l'effort de coupe, à l'usure par frottement et à l'échauffement. [9]

II.3.1-Outils standards :

À chaque opération élémentaire correspond en principe un outil déterminé. Toutefois, cette règle n'est pas absolue ; certains outils conviennent à plusieurs emplois différents :

Chariotage et dressage, gorge et chambrage, alésage et dressage, etc.

L'outil est composé de deux parties : le bec et le corps.[9]

II.3.1.1-Bec des outils de tour :

C'est la partie active de l'outil ; son établissement dépend de trois conditions :

1. la nature des surfaces à produire d'où la forme et la direction de l'arête tranchante.

L'arête est parallèle, perpendiculaire ou oblique à la trajectoire de l'outil.

2. la nature du métal à couper d'où découlent les angles de dépouille et de coupe.
3. la nature du métal constituant le bec de l'outil ; les outils à pastille de carbure métallique et les outils céramique coupent à très grande vitesse (100 à 500 m/min) et leur température peut atteindre 800 °c.

Les outils en acier rapide coupent à vitesse plus réduite (20 à 60 m/min) et leur température ne peut pas dépasser 500°c. [9]

II.3.1.2-Corps des outils de tour :

De nombreux outils dont le bec est identique (même arête, même angles d'affutage) paraissent différents, parce que la forme du corps varie de l'un à l'autre.

Cette variation est commandée par la dimension et la position de la surface à couper. Ainsi :

1. pour usiner une surface cylindrique intérieure (alésage), il faut un outil à corps long et de section parfois réduite (outil à aléser) ou (outil d'intérieur) ;
2. pour dresser une surface, il faut fréquemment utiliser un outil à corps déporté (outil coudé). [9]

II.4-La position de l'outil :

La géométrie de l'outil coupant est définie en fonction de la position de l'outil dans l'espace. On utilise généralement deux repères distincts :

II.4.1-Géométrie de l'outil "en travail" :

Celle-ci dépend de la mise en position de l'outil dans le porte-outil et des conditions cinématiques de travail. [5]

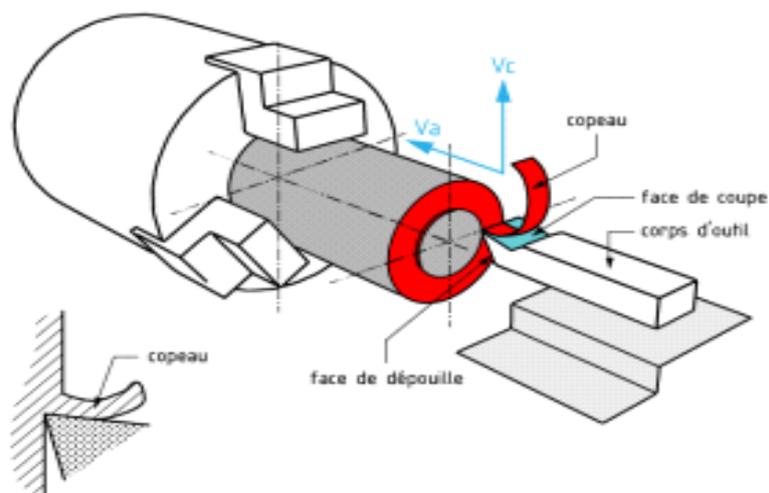


Figure I.17 : Outil en travail.

II.4.2-Géométrie de l'outil "en main" :

Cette géométrie est liée aux conditions de travail qu'on suppose et à la forme du corps de l'outil (solidaire de celui-ci).

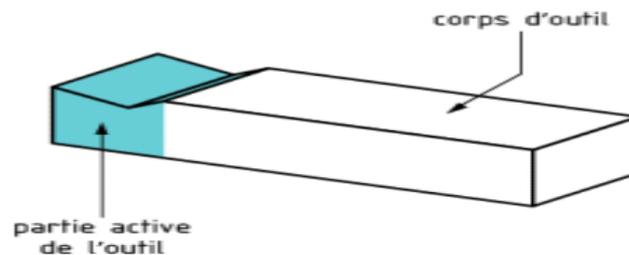


Figure I.18 : Outil en main

Pour des conditions cinématiques de travail complexes il faut prendre en compte les conditions réelles d'usinage et étudier la géométrie de l'outil en travail réel pour déterminer la géométrie de l'outil en main. La connaissance de cette géométrie est nécessaire pour exécuter l'affûtage ainsi que pour la métrologie des différents composants de la partie active de l'outil.[5]

II.5-La géométrie de la partie active :

Un outil coupant est constitué d'un corps d'outil comportant une ou plusieurs parties actives. La partie active consiste en une arête, intersection de deux surfaces (voir figure I.19) aux quelles on associe un symbole se composant de la lettre A affectée d'un indice, respectivement :

La face de coupe (A_γ) - surface le long de laquelle glisse le copeau.

La face de dépouille (A_α) - surface le long de laquelle passent les surfaces engendrées.

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

- Système de l'outil en main - spécifie la géométrie de l'outil lors de sa fabrication et de son contrôle, indépendamment de son utilisation future.
- Système de l'outil en travail - spécifie la géométrie de l'outil lors de son utilisation. [5]

Chapitre I : Notion générale sur le tournage et l'outil de coupe.

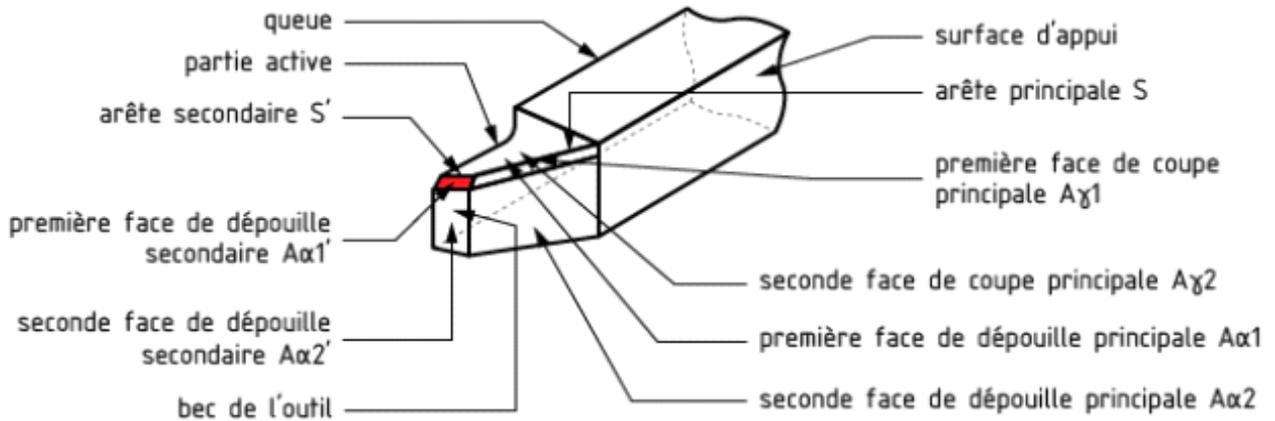


Figure I.19 : Les principales arêtes et surfaces d'un outil de tournage.

II.6-Définitions des plans de l'outil :

II.6.1-Plans de l'outil en travail :

Plan pre	plan de référence en travail, perpendiculaire au point considéré de l'arête, à la direction de la vitesse résultante de coupe, c'est -à-dire à la direction instantanée du mouvement résultant du mouvement de coupe et du mouvement d'avance simultanés en ce point.
Plan pse	plan d'arête en travail, tangent à l'arête, au point considéré, et perpendiculaire au plan de référence en travail pre .ce plan contient la direction de la vitesse résultante de coupe.
Plan pfe	plan de travail, contenant la direction de la vitesse de coupe et la direction de la vitesse d'avance au point considéré de l'arête .ce plan est perpendiculaire au point de référence en travail pre.
Plan ppe	plan vers l'arrière en travail, perpendiculaire au plan de référence en travail pre et au plan de travail pfe, au point considéré de l'arête.

Tableau I.1:Plans de l'outil en travail. [10]

Chapitre I : Notion générale sur le tournage et l'outil de coupe.

II.6.2-Plans de l'outil en main :

Plan pr	plan de référence de l'outil, passant par le point considéré de l'arête et contenant l'axe de l'outil (pour un outil tournant) ou plan parallèle au plan de base servant de face d'appui au corps de l'outil (pour un outil classique).
Plan ps	plan d'arête de l'outil, tangent à l'arête, au point considéré, et perpendiculaire au plan de référence de l'outil Pr.
Plan pf	plan de travail conventionnel, perpendiculaire au plan de référence de l'outil Pr, au point considéré de l'arête, et parallèle à la direction supposée d'avance de l'outil.
Plan pp	plan vers l'arrière de l'outil, perpendiculaire au plan de référence de l'outil Pr et au plan de travail conventionnel pf, au point considéré de l'arête.

Tableau I.2 : Plans de l'outil en main. [10]

Remarque : les plans de l'outil sont définis par rapport au plan de référence. Pour l'outil en main le plan de référence est défini à partir du corps de l'outil. Pour l'outil en travail le plan de référence est défini par rapport à la cinématique de la coupe.

II.7-Définitions des angles de l'outil :

II.7.1-Angles des faces :

Angle α	Angle de dépouille α : aigu entre la face de dépouille $A\alpha$ et le plan d'arête Ps (Pse) ;
Angle β	angle de taillant : aigu entre la face de coupe $A\gamma$ et la face de dépouille $A\alpha$;
Angle γ	angle de coupe : aigu entre la face de coupe $A\gamma$ et le plan de référence Pr (Pre)

Tableau I.3 : Angles des faces. [10]

II.7.2-Angles de l'arête :

Angle X_r (X_{re})	angle de direction d'arête de l'outil X_r ou angle de direction d'arête en travail X_{re} : angle aigu mesure dans le plan de référence Pr (Pre) entre le plan d'arête Ps (Pse) et le plan de travail Pf (Pfe).
Angle λ_s (λ_{se})	angle d'inclinaison d'arête de l'outil λ_s ou angle d'inclinaison d'arête en travail λ_{se} : angle aigu mesure dans le plan d'arête Ps (Pse) entre l'arête et le plan de référence Pr (Pre).

Tableau I.4 : Angles de l'arête. [10]

Chapitre I : Notion générale sur le tournage et l'outil de coupe.

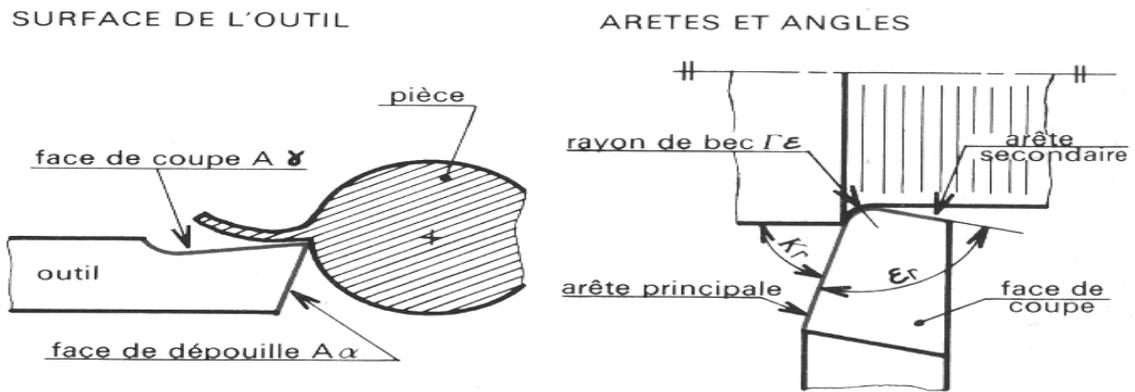


Figure I.20 : angles de l'outil.

II.8-Définitions des plans des sections nécessaires pour définir α ; β et γ :

Ces angles sont définis selon le besoin dans un des plans de section suivants :

Plan Po (Poe)	plan orthogonal de l'outil (orthogonal en travail), plan perpendiculaire au plan de référence Pr (Pre) et au plan d'arête Ps (Pse), au point considéré de l'arête ;
Plan Pn (Pne)	plan normal à l'arête, plan perpendiculaire à l'arête au point considéré (Pn = Pne) ;
Plan Pf (pfe)	plan de travail conventionnel (plan de travail Pfe) ;
Plan Pp (ppe)	plan vers l'arrière de l'outil (plan vers l'arrière en travail Ppe).

Tableau I.5 : Définitions des plans de sections nécessaires pour définir α ; β et γ . [10]

II.9-Les matériaux des outils :

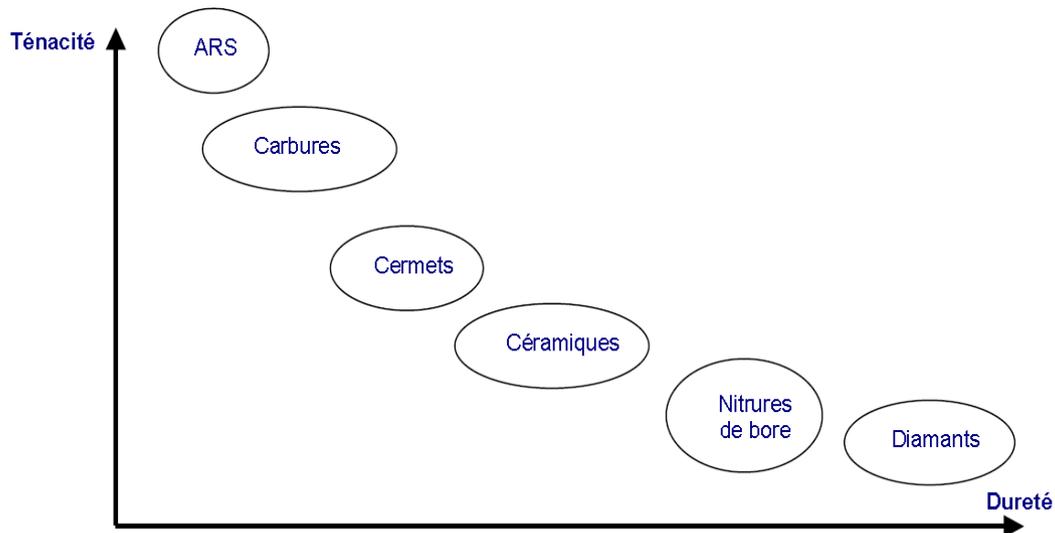


Figure I.21 : la ténacité des matériaux en fonction de la dureté

II.9.1-ARS :

Les outils ARS (Acier Rapides Supérieurs) sont élaborés à partir d'un acier faiblement allié subissant un traitement thermique. Il est toujours utilisé pour certains types d'outils comme les forêts, ou les outils nécessitant un angle de tranchant très faible.

Ils ne permettent pas une vitesse de coupe élevée car un échauffement trop important élimine la trempe de l'outil, et crée donc un effondrement rapide de l'arête de coupe.

Fabrication : par coulée en coquille ou par métallurgie des poudres

Composition : 0,7 % de Carbone minimum

4 % de Chrome environ

Du Tungstène(w), du Molybdène(D), du Vanadium(v) ; en proportions variables ;

Eventuellement du cobalt (k) qui a pour rôle d'augmenter la dureté à chaud.

Ils ont la propriété de pouvoir acquérir ; après trempe ; une dureté très élevée ; et de la conserver jusqu'à une température de l'ordre 600 °C. [10]

II.9.2-Carbure :

Les outils carbures sont les plus utilisés actuellement. Il en existe de toutes formes pour chaque type de matériau et pour chaque type d'usinage. Ils se présentent sous la forme d'une plaquette que l'on fixe sur un porte outil. Le remplacement de la plaquette est donc très rapide. Ils sont souvent revêtus d'un carbure plus dur. On obtient ainsi une plaquette dont le noyau est tenace et dont la surface extérieure est très dure. [11]

II.9.3-Cermets :

Il s'agit de matériaux à base de titane avec un liant de nickel ; de cobalt ou des deux à la fois. Ils ont une très bonne résistance à l'usure et une excellente stabilité chimique. Ils sont surtout réservés aux opérations de finition. Ils donnent de bons résultats en tournage de finition pour les aciers ; en particulier pour les aciers inoxydables. [10]

II.9.4-Céramiques :

Ce sont, pour les outils de coupe, les oxydes et les nitrures : oxyde d'aluminium et nitrure de silicium.

Les céramiques ont une grande dureté (donc une faible ténacité) avec une grande stabilité à haute température et aucune réaction avec la matière usinée.

Les céramiques permettent un grand débit de matière, mais nécessitent une grande stabilité de la machine, un strict respect des conditions de coupe et une méthode d'usinage adaptée (approche de l'outil). [11]

II.9.5-Nitrure de Bore Cubique (CBN) :

Le CBN offre une très grande dureté, c'est le matériau le plus dur après le diamant. Il comporte l'avantage par rapport au diamant de ne pas s'oxyder à haute température. Il est aussi utilisé pour faire des meules de rectification, pour usiner les pièces dures...

Son utilisation requiert :

- Une machine stable
- Une grande rigidité de la pièce et de la porte pièce
- Un arrosage

II.9.6-Diamant :

L'utilisation du diamant est fortement répandue comme constituant des meules, ou des grains de réaffûtage des meules.

Il a un faible coefficient de frottement ce qui limite l'apparition d'arête rapportée (donc peu d'encrassage).

Par contre, son énorme inconvénient réside dans sa non-stabilité à haute température. Un diamant soumis à une température de plus de 650 ° se transforme en un vulgaire morceau de graphite... On ne peut donc pas l'utiliser pour les matériaux ferreux. Par contre, il convient aux matériaux non ferreux s'usinant à base température : alliage d'aluminium, de cuivre, de magnésium, résines thermodurcissables... [11]

CHAPITRE II

L'ETAT DE SURFACE

II.1. Généralités sur l'état de surface :

Parmi les nombreux facteurs dont dépend l'amplitude d'une pièce mécanique satisfaire une ou plusieurs fonctions données figurent les caractéristiques de ses états de surface.

Le terme général d'état de surface, concerne :

- D'une part, l'état géométrique de la surface réalisée dont les écarts géométriques par rapport à celle géométriquement idéale sont conventionnellement, classés sous 4 ordres,
- D'autre part, l'état physico-chimique de cette surface réalisée défini par différentes caractéristiques de la couche superficielle.[12]

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 la méthode d'usinage, les conditions de coupe, la matière à usiner et la stabilité d'ensemble de l'opération.

Cette structure est définie par les critères suivants :

- La rugosité R: exprime les plus petites irrégularités, c.a.d le fin réseau d'écarts micro géométriques mesurés sur la plus petite longueur d'échantillonnage.
- L'ondulation W. est constituée d'irrégularités de plus grandes dimensions au niveau suivant de la longueur d'évaluation sur la surface de la pièce.
- La direction des traces d'usinage L. définit l'orientation du profil superficiel. Elle indique la direction dominante générée par la méthode d'usinage. [13]

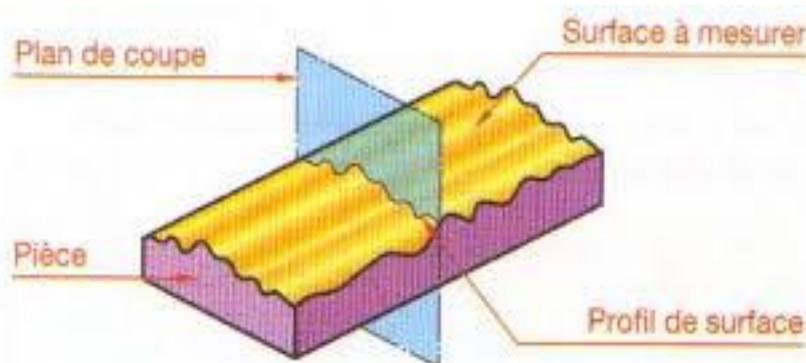


Figure II.1. : Analyse d'une surface.

II.2. Définition :

Surface d'un corps : lieu des points limitant une portion de l'espace, donc ensemble des points du domaine frontière du corps considéré.

Surface géométrique : surface idéale (définie par le dessin établi par le bureau des études).

Surface spécifiée : surface dont les limites sont définies, à partir de la surface géométrique, au moyen des symboles et des valeurs numériques.

Surface réelle : surface qui résulte de la fabrication

Surface mesurée : surface déterminée par les instruments de mesurage à partir de la surface réelle. [12]

II.3. Rôle et fonctions d'une surface :

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

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

La surface fonctionnelle d'une pièce peut remplir 15 fonctions :

- Pour la surface de contact avec une autre pièce, on a :
 - Frottement de glissement lubrifié,
 - Frottement à sec,
 - Frottement de roulement,
 - Frottement fluide,
 - Résistance au matage,
 - Étanchéité dynamique avec ou sans joint,
 - Étanchéité statique avec ou sans joint,
 - Ajustement fixe avec contrainte,
 - Adhérence, collage.

- Pour la surface libre, indépendante :
 - Générée par la coupe d'un outil,
 - Résistance aux efforts alternés,
 - Résistance à la corrosion,
 - Destinée à recevoir un revêtement, peinture,
 - Destinée à recevoir un dépôt électrolytique,
 - Mesure, aspect. [14]

II.4. principe de mesure de l'état de surface :

La perfection n'existe pas quand on fabrique ou usine des pièces même avec les machines les plus perfectionnées ! C'est pour cette raison que l'on utilise le rugosimètre dont le principe est de mesurer les irrégularités sur l'état d'une surface. Ce sont des aspérités micro-géométriques qui constituent la rugosité. Ces défauts sont comparés à une ligne moyenne afin qu'ils puissent être qualifiés de creux ou de pic. [15]

II.5. Le rugosimètre :

Le rugosimètre est un appareil de mesure de dimension micro-géométrique et permet de mesurer plusieurs paramètres. On évalue la rugosité d'une surface par la hauteur de son pic maximal (R_p) et son creux le plus profond (R_c). La somme de ces deux paramètres constitue la rugosité totale (R_t). Toutefois, la rugosité (R_a) est indiquée par défaut par la distance entre la ligne centrale et l'écart moyen entre le plus haut niveau de pic et de creux.

Cet instrument de mesure de la rugosité est utilisé quand les défauts de l'état de surface ne sont pas visibles ou sont indétectables au toucher. A l'échelle macroscopique, ces pics ou creux sont facilement repérables. Sur les petites pièces usinées qui nécessitent une surface moins rugueuse, le rugosimètre va utiliser un palpeur dont le mouvement vertical est analysé.

Chapitre II : L'état de surface.

Le profilomètre donne des résultats plus précis quand la taille et la courbure de la pointe sont adaptées au matériau et à la surface de l'objet examiné. [15]



Figure II.2 :rugosimètre.

II.6. L'origine des rugosités d'une surface :

Les rugosités d'une surface variée dépendent de très nombreux facteurs, citons :

1. La nature du matériau, ses caractéristiques physico-chimiques.
2. La machine utilisée pour l'usinage est en particulier, sa géométrie sa stabilité vibrationnelle.
3. Les conditions de coupe.
4. Les outils et pour ceux-ci : la géométrie d'affutage, l'état de surface du tranchant.
5. Le nombre des pièces usinables entre deux affutages. [16]

II.7. La rugosité :

La rugosité d'une surface usinée est représentée par l'ensemble des défauts microscopique (aspérités) dont le pas de distribution relativement petit. Ces irrégularités peuvent être relevés comme écarts du profil effectif par rapport à la longueur de référence définie dans le domaine prospection (longueur de base).

Par rugosité il faut entendre les écarts géométriques d'ordre 3 à 5 (défauts de l'état géométrique de la surface correspondant à des ondulations courtes).

La rugosité peut être considérée dans une section longitudinale de la surface, direction du mouvement principale, et dans une section transversale, donc en direction du mouvement d'avance. [17]

II.8. Les paramètres de la rugosité :

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

Ra : rugosité moyenne du profil

– Valeur moyenne de tous les écarts par rapport à une ligne droite, dans la longueur d'évaluation, indifféremment de la direction verticale. [13]

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



- **Rq : Rugosité moyenne quadratique**

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

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

- **Rz: Hauteur maximale moyenne**

– C'est la moyenne des différentes hauteurs de profil entre la hauteur de crête la plus élevée et la profondeur de creux la plus importante sur des longueurs de référence comprises dans la longueur d'évaluation.

- Il y a couramment 5 longueurs de référence

- La valeur affichant la plus grande déviation dans la longueur de référence = Rmax ou Rzmax [13]

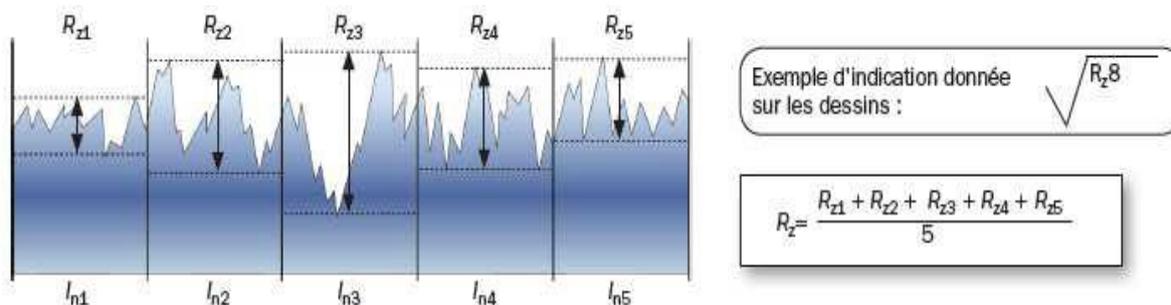


Figure II.4 : Hauteur maximale moyenne Rz.

- **Rt: Hauteur maximale du profil**

– C'est la somme de la hauteur de la crête la plus élevée et de la profondeur de creux la plus importante dans la longueur d'évaluation

- Une seule valeur Rt, non combiné à un Rz ou Ra est l'une des exigences les plus strictes du profil R. [13]

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

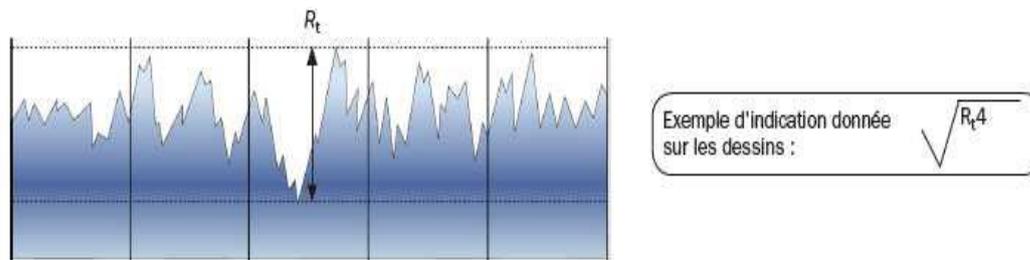


Figure II.5 : Hauteur maximale du profil Rt.

II.9. Différents types de lignes :

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

II.9.1 .Ligne moyenne :

C'est une droite ayant la direction générale du profil et qui divise le profil de telle sorte qu'à l'intérieur de la longueur de base I, la somme des carrés des écarts à partir de cette ligne soit minimale ("ligne des moindres carrés"). [18]

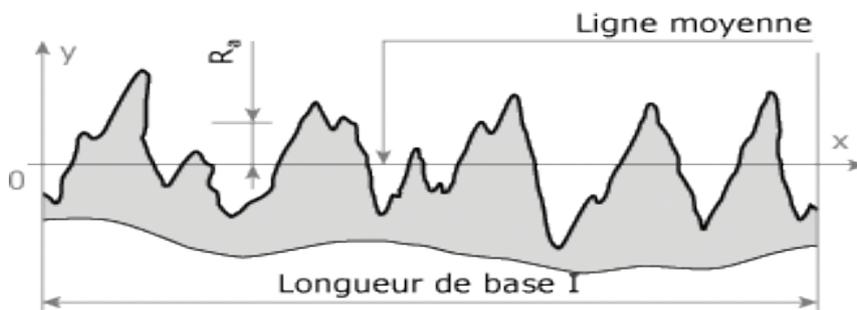


Figure II.6 : la ligne moyenne.

•Longueur de base, d'évaluation :

- Longueur d'évaluation :

C'est la longueur, mesuré suivant la droite d'orientation générale, de la partie du profil utilisée pour le calcul des paramètres caractéristiques

- Longueur de base :

C'est une partie de la longueur d'évaluation qui sert à séparer les irrégularités du profil.

$L = n \times I$ avec n entier [18]

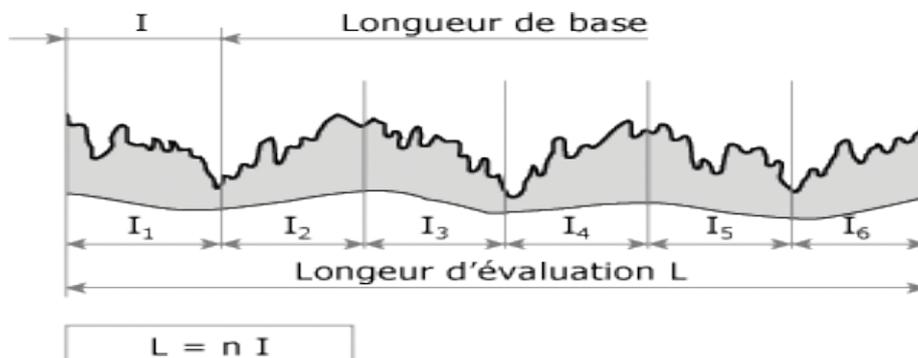


Figure II.7 : la présentation de la longueur de base.

II .9.2 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 et la ligne moyenne. [18]

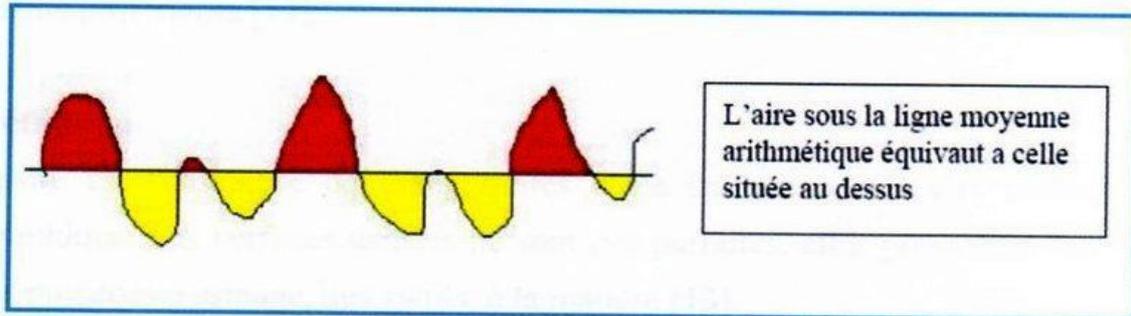


Figure II.8 : Ligne des moindres carrés.

II .9.3 La ligne enveloppe supérieure :

C'est la somme des segments de droite qui joignent les points les plus hauts des saillies locales du profil. [18]

II.9.4 La ligne enveloppe inférieure :

C'est la somme des segments de droite qui joignent les points les plus bas des creux locaux du Profil. [18]

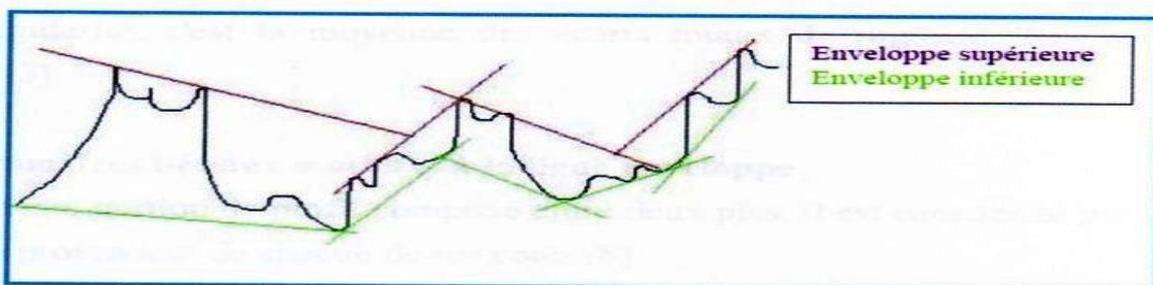
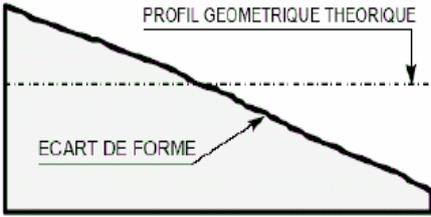
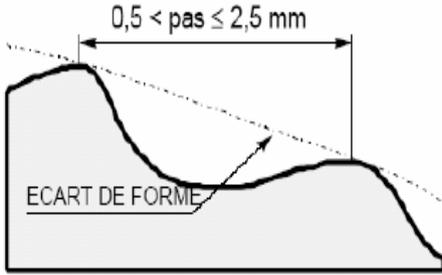


Figure II.9 : ligne enveloppe inférieure et supérieure.

II.10. Différents ordres de grandeur des irrégularités géométriques :

ordres	Ecart géométriques	Croquis	Origine possibles
1	<p>Ecart géométriques : Défauts de planéité ; de rectitude ; de circularité ; de cylindricité, etc.</p>	 <p>PROFIL GEOMETRIQUE THEORIQUE</p> <p>ECART DE FORME</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Défaut de bridage. - Flexion des éléments de la machine. - Qualité du guidage de l'élément coulissant. - Usure des organes. - Déformation de la pièce : <p>Pendant l'usinage, indépendantes du matériau (libérations des contraintes internes).</p>
2	<p>Ondulation : Irrégularités géométriques, telle que la distance entre deux sommets d'irrégularités soit comprise entre 500 µm et 2500 µm</p>	 <p>0,5 < pas ≤ 2,5 mm</p> <p>ECART DE FORME</p>	<p>Vibrations basses fréquences :</p> <ul style="list-style-type: none"> - De la pièce. - De l'outil. <p>Des deux, dues à la flexion au mauvais guidage et équilibrage des éléments de la machine, et également à l'insuffisance de l'installation et de l'isolation passive et active.</p>

Chapitre II : L'état de surface.

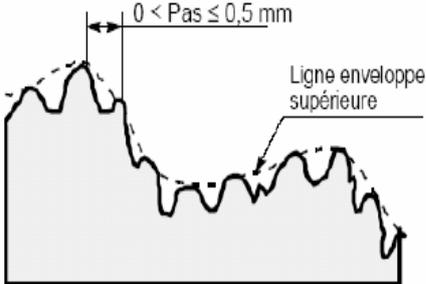
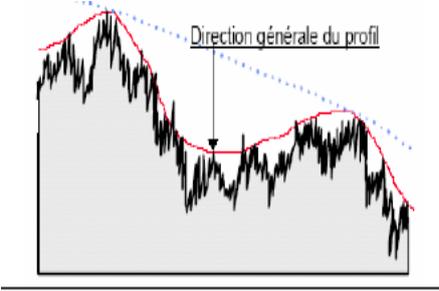
3	<p>Rugosité : Irrégularités géométriques telle que la distance entre deux pics de ces irrégularités soit comprise entre 0 et 500 μm</p>	 	<p>Vibrations hautes fréquences (causes analogues à celle énumérées ci-dessus).</p> <ul style="list-style-type: none"> -lubrifiant : nature, qualité lubrifiante, action de refroidissement, dans le temps. stabilité -mode d'arrosage. -filtre : efficacité du système (entre autres fréquences de nettoyage). - procédés par enlèvement de copeaux : STRIES, SILLONS dus à l'avance de l'arête coupante de l'outil ; à l'avance par tour de la pièce ou de la meule, etc. -Qualité de la géométrie de l'outil. Hétérogénéité, plasticité du matériau.
4	<p>Arrachement : Marque d'outil, fente, pique... (irrégularités aperiodiques)</p>		<ul style="list-style-type: none"> -Ensemble des écarts de profil dont l'analyse permet de déterminer leur influence spécifique sur une ou plusieurs fonctions données.

Tableau II.1 : Différents ordres de grandeur des irrégularités géométriques. [19]

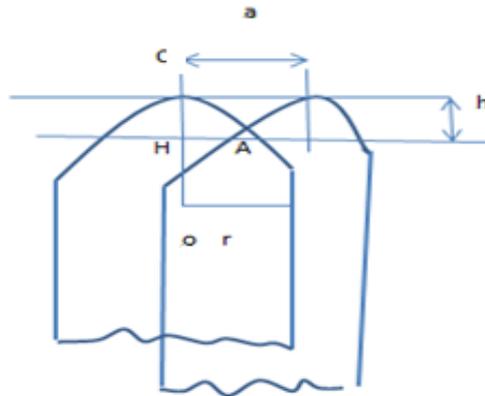
Chapitre II : L'état de surface.

Prenons l'exemple de tournage :

L'outil est animé d'une vitesse de translation constante, la pièce a une vitesse de rotation constante, la forme de l'arrête de l'outil est parfaitement définie, pas de vibration, pas de déformation sous l'effet des forces mise en jeu, le métal est homogène et isotrope, l'avance de l'outil est f .

Ces mouvements engendrent sur la pièce des ondulations régulières de pas a , de profondeur h dans ce cas on peut facilement calculer h :

$$h = HC = OC - OH = r - \sqrt{OA^2 - HA^2} \quad \text{ou} \quad h = r - r \sqrt{1 - \frac{a^2}{4r^2}}$$



Un contrôle expérimental montre que les rugosités effectives d'une surface usinée à l'outil tranchant sont 2 à 30 fois plus grandes que h .

Les raisons de cet écart sont sans doute dues :

1. A l'usure de l'outil
2. Au fait que l'outil arrache du métal sur la pièce
3. A la modification de la structure des couches superficielle du métal de la pièce au cours de l'usinage
4. A la formation d'une arrête rapportée sur l'outil
5. Aux vibrations d'amplitudes souvent non visibles, de l'ensemble pièce-machine-outil.

1, 2 et 3 / Quand l'outil de tour travaille il exerce sur la pièce un effort tangentiel et perpendiculaire à l'avance F_t et un effort parallèle à l'axe de la pièce F_a et un effort radial F_r , et en plus un échauffement local se produit.

En mouvement le métal de la pièce est coupé ou arraché, mais aussi comprimé, repoussé vers le centre de la pièce et une certaine épaisseur ϵ du métal qui était considérée dans la

Chapitre II : L'état de surface.

profondeur de passe n'est pas enlevée parce que sous l'effet des déformations élastiques et plastiques elle est refoulée vers le centre (axe), la pièce est superficiellement durcie, les cristaux métalliques sont déformés ce durcissement irrégulier accélère l'usure de l'outil dans l'arrête tranchante présente après quelques temps de travail, des stries souvent parallèles

4 / Le 4ème point : une partie du copeau adhère à l'outil. Cette adhérence s'explique par une véritable soudure et forme une arrête tranchante rapportée. Cette arrête arrache plus qu'elle ne coupe la matière, ce qui provoque la destruction puis la reformation de cette arrête. Ce phénomène se produit surtout à faible vitesse de coupe et il disparaît si on augmente la vitesse de coupe.

Si on ne peut augmenter la vitesse de coupe, une bonne lubrification contribue à faire disparaître ce phénomène. [16]

La lubrification :

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. [3]

La formation du copeau s'accompagne d'un important dégagement de chaleur dû au frottement du copeau glissant sur la face de coupe et au frottement de la pièce sur la face de dépouille de l'outil.

L'échauffement de la partie active est fonction de la vitesse de coupe. Lors de l'usinage, cette partie active de l'outil doit être réduite pour ne pas entraîner sa perte de dureté.

Aussi, les conséquences de l'augmentation de la température sur la pièce provoquent une dilatation de la pièce et des contraintes résiduelles en surface. En effet, dans la zone de

Chapitre II : L'état de surface.

formation du copeau, la température tend à augmenter la plasticité du métal et par conséquent, elle permet une diminution notable des efforts de coupe.

Pour éviter tous les phénomènes de chaleur, il est recommandé d'utiliser lors de l'usinage des lubrifiants ou des agents de refroidissement.

Ils agissent :

- En diminuant le coefficient de frottement copeau-outil et outil-pièce, c'est l'effet lubrifiant,
- En refroidissant l'outil et la pièce pour évacuer la chaleur produite, c'est l'effet réfrigérant.

En pratique, le débit doit être abondant et fonction de la puissance absorbée. La pression doit être suffisante pour évacuer les débris métalliques et pénétrer entre la face de coupe et le copeau. C'est essentiellement la partie active de l'outil qui doit être refroidie.

Un fluide de coupe convenablement choisi a une influence sur :

- L'usure de l'outil (réduction),
- Le choix de la vitesse de coupe,
- La rugosité de la surface usinée.

Parmi les produits lubrifiants, on peut citer :

- Les huiles minérales, elles sont issues de la distillation du pétrole,
- Les huiles solubles, ce sont des mélanges d'huiles minérales, d'émulgateurs et d'inhibiteurs de corrosion ajoutés à de l'eau,
- Les fluides synthétiques pour travaux spéciaux.



Figure II.10 : la lubrification.

5/les vibrations qui peuvent se produire sont plus particulièrement responsables des ondulations de la surface

Toutes ces remarques sont valables pour tous les outils. [16]

II.11. Facteurs intervenant sur l'obtention de l'état de surface :

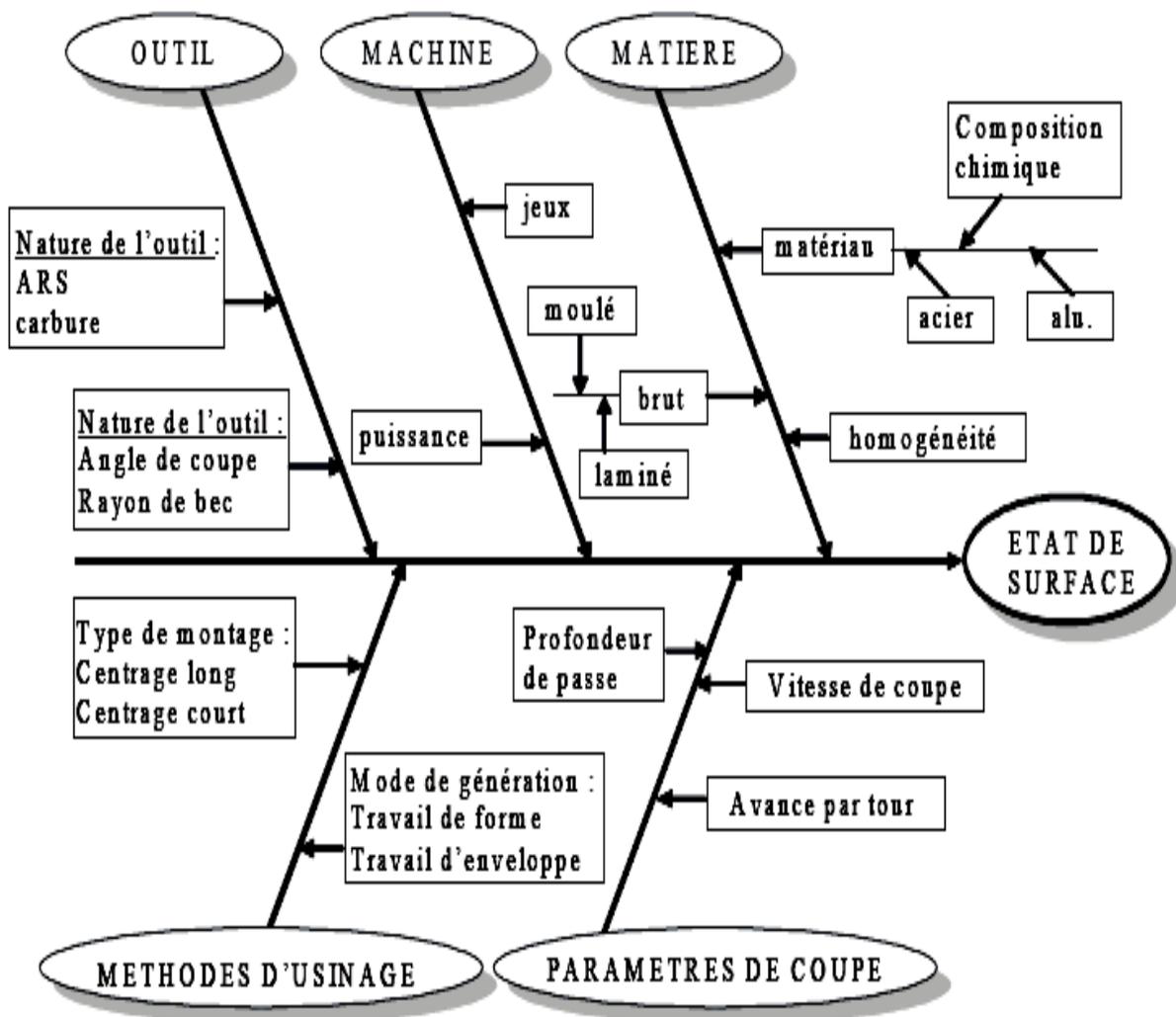


Figure II.11 : Facteurs intervenant sur l'obtention de l'état de surface.

II.12. Inscription normalisée d'un état de surface :

Sur les dessins de définition, les états de surface peuvent faire l'objet de spécification. Un symbole graphique est utilisé : [21]

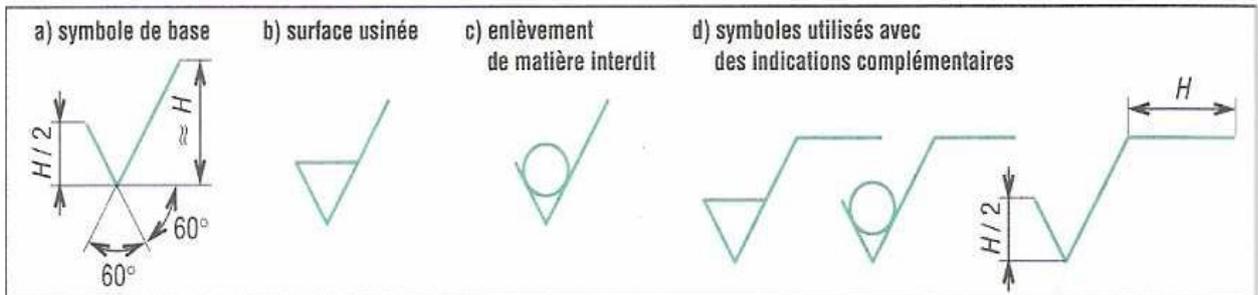


Figure II.12 : Symbole graphique de l'état de surface.

Ce symbole est complété d'indications relatives au paramètre de rugosité retenu, au procédé de fabrication éventuellement, ... [20]

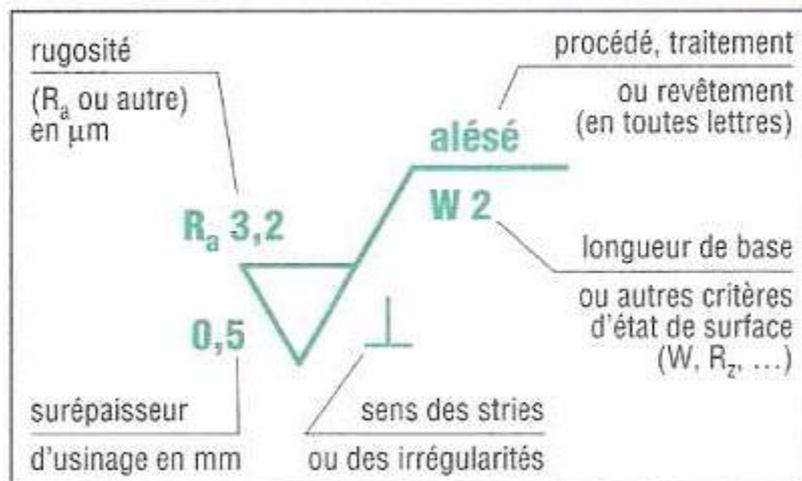


Figure II.13 : Symbolisation.

CHAPITRE III

PARTIE EXPERIMENTALE

Chapitre III : Partie expérimentale.

III.1. Expériences :

Notre travail consiste à effectués des Operations de chariotage sur 5 cylindres en acier ordinaire, non allier A33, avec un outil en acier rapide. Les régimes de coupe employés sont la vitesse de coupe (V_c), la vitesse d'avance (V_f) et la profondeur de passe (a).

Avant chaque opération on change l'angle de l'outil par affutage et on usine. Après on mesure la rugosité de chaque surface.



Figure III.1 : les pièces à usinées.

III.2 Matériau utilisé :

Le matériau utilisé dans ce travail c'est l'Acier non allié **S185 (A 33)**, acier d'usage général pour construction économique sans traitement thermique et sans garantie de soudabilité.

III.2.1. analyse chimique moyenne :

Désignation Nouvelle (ancienne)	Composition chimique %	
S185 (A 33)	Fe	99,3154
	Cr	0,0046
	Ni	0,0058
	Mn	0,2538
	Si	0,1125
	Cu	0,0164
	Co	0,0085
	V	0,0075
	S	0,0123
	P	0,0148
	Ti	0,0021
	Al	0,0163
	Mo	0,0011
	C	0,1080

Tableau III.1 : Composition chimique de l'acier A33. [21]

III 2.2. Caractéristiques mécaniques principales :

$\sigma_r = 330(\text{MPa}) / \sigma_e = 175 (\text{MPa}) / A = 18\%$

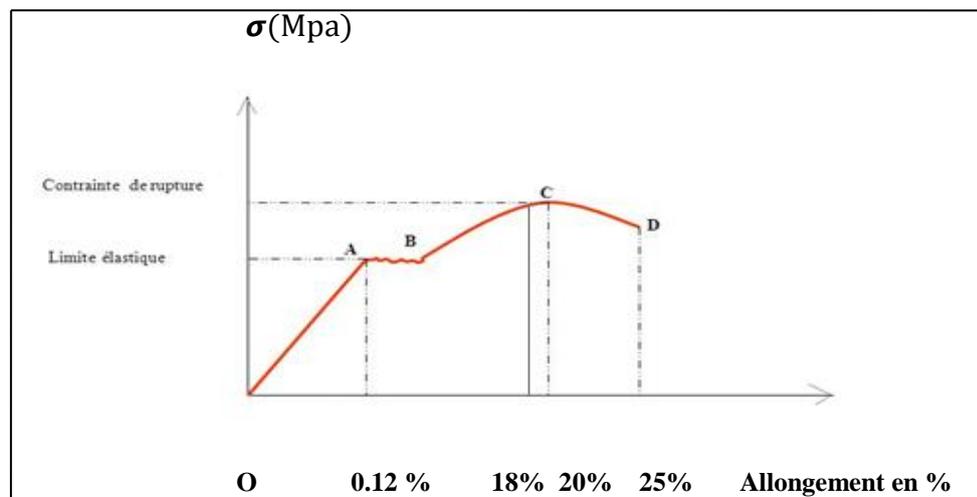


Figure III.2 : Courbe d'essai de traction.

III.3.Machine outil :

Les essais de coupe ont été réalisés sur un tour parallèle de marque « Fritz Heckert », de type DZFG 200×500.



Figure III.3 : Tour utilisé.

III. 3.1.Caractéristiques techniques :

Puissance absorbée 5.5 kW

Poids 1710 kg

Diamètre maxi .admis de la pièce

- Au –dessus du banc 315mm
- Au –dessus du chariot transversal 200 mm

Longueur admise entre pointes 560 mm

Distance maxi. Entre pointes 600 mm

Course maxi .du chariot longitudinal 580 mm ; transversal 170 mm

Section maxi .d'outil 20 × 20 mm

Poids maxi .admis de la pièce

- Entre pointes 50 kg
- En porte-à-faux 20 kg

III.4.Outil de coupe utilisée :

Nous avons utilisé un outil de coupe en acier rapide



Figure III.4 : Outil utilisée.

III.5.Appareil de mesure d'angle de l'outil (rapporteur d'angle) :

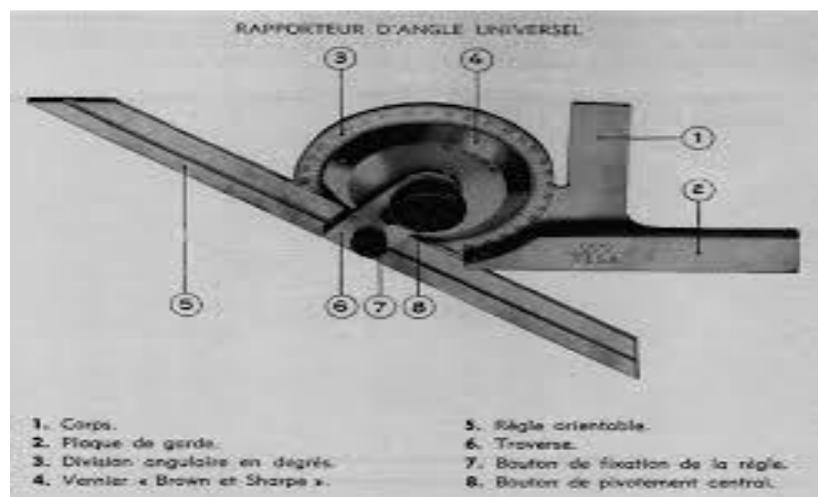


Figure III.5 : rapporteur d'angle.

III.6.Appareil de mesure de la rugosité (rugosimètre) :

Lors quels comparaisons visuelles et tactiles ne passant 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 (Ra), en se déplaçant linéairement sur la surface usinée. Pour éviter les erreurs de reprise et pour plus de précision, la mesure a été faite directement sur la pièce sans avoir à la démonter de la machine.

Pour la mesure de rugosité Ra, nous avons utilisé un rugosimètre de Type : Mitutoyo « surfest SJ-201 ».



Figure III.6 : rugosimètre.

III.7. Les conditions de coupe :

III.7.1. La vitesse de coupe V_c :

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

D= 40mm

N = 560 tr/min

$\pi=3.14$

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

D: diamètre en point d'usinage (mm).

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

$$V_c = \frac{\pi \times 40 \times 560}{1000} = 70.37 \text{ m/min}$$

III.7. 2.La vitesse d'avance :

La vitesse d'avance Automatique de la machine

$$V_f = \frac{d}{t}$$

d : la distance en mm

t : le temps en min

$$V_f = \frac{100}{1.67} = 59.88 \text{ mm/min}$$

III.7. 3.Profondeur de passe :

a=1 mm

III.8. Présentation des pièces :

Les pièces de longueur L= 120mm et diamètre D=40mm. Chaque pièce réalisée en 2 paliers.

Largeur du palier 40mm, Séparé par des gorges de profondeur de 5mm et largeur de 5mm.



Figure III.7 : échantillon.

III.9. Résultats expérimentaux :

III.9.1. Condition d'usinage :

Avec lubrification

Vitesse de rotation $N=560$ tr /min

Vitesse d'avance $V_f = 59.88$ mm/min

Profondeur de passe $a=1$ mm

Angle choisi :

Il ya trois angles principaux, l'angle de dépouille α , l'angle de taillant β et l'angle de coupe γ .

L'angle de taillant β (bêta) : représente l'angle entre la face de dépouille et la face de coupe.

L'angle de dépouille α (alpha) : représente l'angle entre la surface de la pièce et la face de dépouille du taillant.

L'angle de coupe γ (gamma) : Il se situe entre l'horizontale par rapport à la surface de coupe et la face d'attaque (face de coupe).

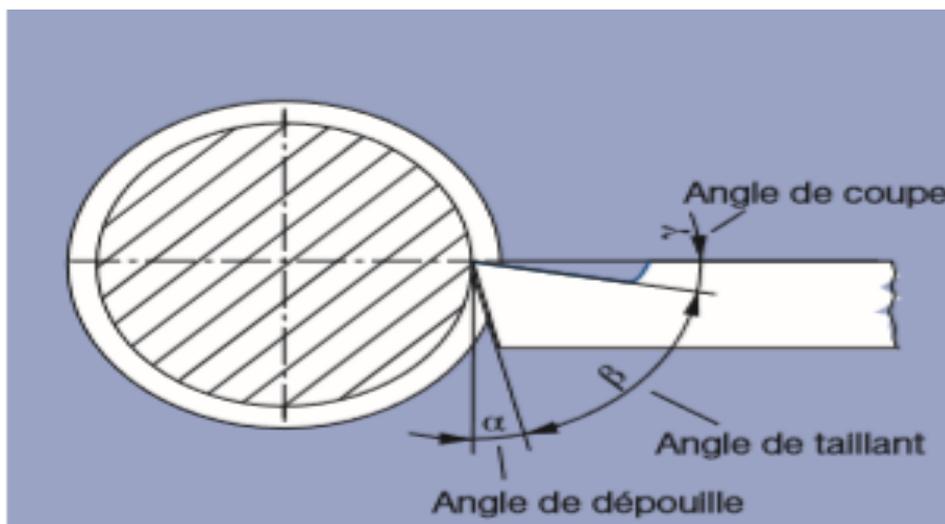


Figure III. 8:Principales angles d'outil.

L'angle que nous avons affuté c'est l'angle de taillant β

L'affutage d'angle :

Commencer par former le tranchant avant de l'affuter véritablement .vu du coté, il doit se présenter comme une ligne droite selon la figure III.9.

Le tranchant est à présent émoussé (il reflète la lumière). Ce tranchant est facilement identifiable en pleine lumière car il s'apparente à une « ligne argentée ». Il suffit alors d'affuter cette ligne là où son épaisseur est maximum pour obtenir un tranchant parfait. Arrêtez immédiatement l'affutage si la ligne argentée disparaît.

Pour cette opération assez délicate à réaliser, il est important que vous bénéficiiez d'un excellent éclairage.

L'angle (Φ) décrit d'inclinaison du tranchant par rapport à la surface. L'expérience montre qu'une inclinaison de 20° environ permet une coupe régulière et franche .il n'est pas nécessaire de mesurer cet angle avec précision. Un contrôle visuel suffit.

L'inclinaison que nous recommandons ne dépend pas de l'angle de tranchant.

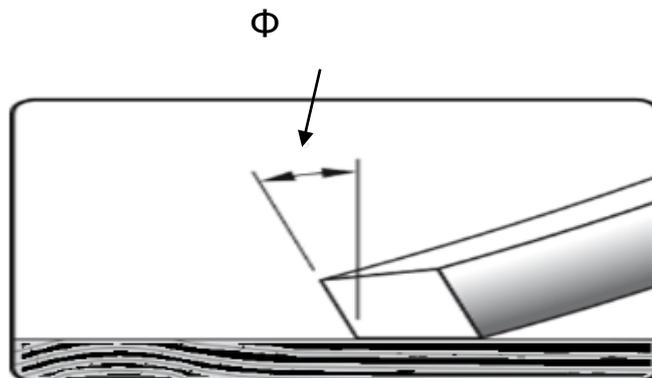


Figure III.9 : L'affutage.

Chapitre III : Partie expérimentale.

Palier	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Vitesse de rotation N	560	560	560	560	560	560	560	560	560	560
Vitesse d'Avance Vf	59.88	59.88	59.88	59.88	59.88	59.88	59.88	59.88	59.88	59.88
Profondeur de passe	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Angle d'outil β	90	81	75	71	69	65	63	60	55	46

Tableau III .2 : Condition d'usinage.

III.9. 2.Résultats obtenues :

Palier	N [tr/min]	Vf [mm/min]	a [mm]	Angle β	Mesure	Ra μm
1	560	59.88	1	90	1	5.73
					2	5.46
					3	4.62
					Moyenne	5.27
2	560	59.88	1	81	1	9.43
					2	7.86
					3	7.70
					Moyenne	8.33
3	560	59.88	1	75	1	10.83
					2	9.61
					3	10.41
					Moyenne	10.28

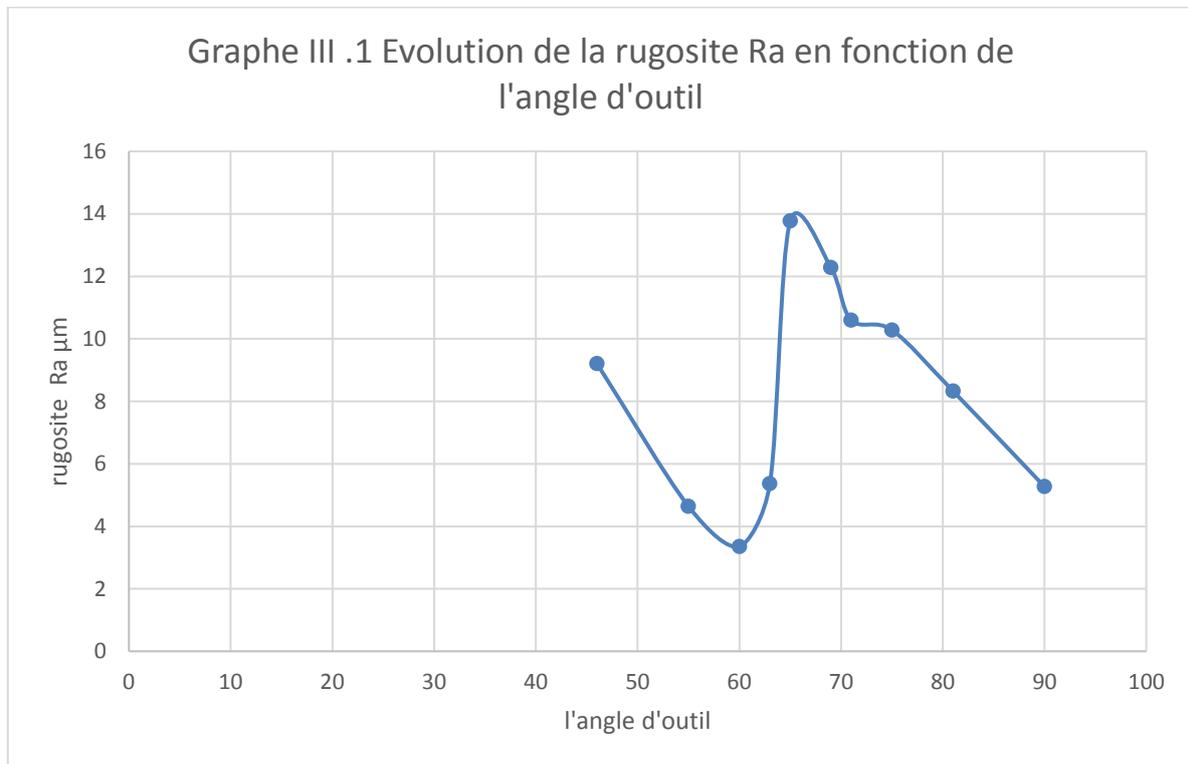
Chapitre III : Partie expérimentale.

4	560	59.88	1	71	1	9.86
					2	12.04
					3	9.90
					Moyenne	10.6
5	560	59.88	1	69	1	14.03
					2	13.19
					3	9.63
					Moyenne	12.28
6	560	59.88	1	65	1	13.95
					2	14.13
					3	13.22
					Moyenne	13.77
7	560	59.88	1	63	1	5.85
					2	4.62
					3	5.62
					Moyenne	5.36
8	560	59.88	1	60	1	3.65
					2	2.71
					3	3.70
					Moyenne	3.35
9	560	59.88	1	55	1	4.45
					2	4.28
					3	4.64
					Moyenne	4.46
10	560	59.88	1	46	1	8.37
					2	9.39
					3	9.86
					Moyenne	9.21

Tableau III. 3:valeurs de la rugosité (Ra).

Tableau III .3 Représente les valeurs de la rugosité des surfaces obtenues lors de l'opération de chariotage avec les mêmes conditions de coupe.

III .9.3.Graphe :



III .9.3.Discussions des résultats obtenus :

L'étude de la variation de la rugosité de surface et l'influence de la géométrie de l'outil de coupe après chariotages des surfaces (1,...10) avec les mêmes conditions de coupe choisis, s'exprime par la variation de la rugosité en fonction de l'angle d'outil au cours de l'opération de chariotage.

D'après les résultats obtenus dans le graphe III.1 on observe que la valeur de la rugosité avant l'affûtage de l'outil à l'angle 90 ° est de 5.27µm .Après l'affûtage de l'outil les valeurs de rugosité augmentent jusqu'à 13.77µm (valeur maximale) à l'angle 65 ° ce qui s'exprime que la géométrie de l'outil au début est plus résistante que la matière usinée et que les écarts de surface étaient très éloignés,

La rugosité (Ra) est indiquée par défaut par la distance entre la ligne centrale et l'écart moyen entre le plus haut niveau de pic et de creux ; C'est-à-dire lors de la mesure des écarts de surface ce qui consiste à mesurer la moyenne entre l'écart supérieur et inférieur à une

Chapitre III : Partie expérimentale.

certaine distance nous trouvons que ces écarts sont espacées , Parce que le rugosimètre détecte cette déviation de surface par une aiguille spéciale qui se déplace sur la surface à tester, cette aiguille descend en fonction de la profondeur de l'égout et de sa largeur, puis monte en raison de la rugosité accrue de la bosse et Ainsi de suite que ce mouvement a lieu, L'aiguille doit remplir deux objectifs fondamentaux :

1. Avoir le pouvoir d'atteindre le parcours le plus profond sur la surface
- 2 - avoir une résistance élevée à la corrosion jusqu'à la plus longue durée de vie.

Et pour ce cas les écarts sont très éloignés, ce qui permet à l'aiguille de descendre plus profondément, ceci explique l'augmentation de la rugosité

La valeur de la rugosité diminue pour un angle inférieur à 65° jusqu'à la valeur minimale $3.35 \mu\text{m}$ à l'angle 60° ceci est dû à un outil de coupe à géométrie très faible, et la convergence des écarts existants ne permet pas à l'aiguille de descendre dans le cours le plus profond ceci explique la diminution de la rugosité.

De là, nous pouvons conclure que lorsque la géométrie de l'outil de coupe est affaiblie, les déviations se rapprochent, ce qui indique une diminution de la valeur de rugosité.

La rugosité est influencée fondamentalement par les paramètres de coupe et la géométrie de l'outil. Mais ils existent d'autres facteurs qui peuvent influencer la rugosité et qui sont :

Les vibrations qui fatiguent la machine, De plus, la bonne fixation des pièces et de l'outillage.

La tendance au collage de la matière sur l'outil (arête rapportée) ; ce dernier signifie qu'une partie de métal du copeau adhère à l'outil, cette adhérence s'explique par une véritable soudure et forme une arête tranchante rapportée. Cette arête arrache plus qu'elle ne coupe la matière ce qui provoque la destruction puis la reformation de cette arête. Ce phénomène se produit surtout à faible vitesse de coupe et il disparaît si on augmente la vitesse de coupe. Si on ne peut augmenter la vitesse de coupe, une bonne lubrification contribue à faire disparaître ce phénomène.

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 plus rugueuse.

CONCLUSION GENERALE :

Le manuscrit de mémoire débute par une revue bibliographique exposée au chapitre I dans laquelle un bilan des connaissances au procédé de tournage a été donné .Après une généralité sur l'outil de coupe. Dans le deuxième chapitre nous sommes intéressés de l'état de surface et leurs paramètres ; le troisième chapitre concerne l'objectif principal de ce travail ; qui vise à établir l'influence de la géométrie de l'outil de coupe sur l'état de surface réalisée par l'opération de chariotage.

Lorsque l'angle d'attaque de l'outil est important, la matière à usiner ne peut résister, et la surface d'attaque très pencher sur la matière à usiner ce qui explique l'augmentation de la rugosité.

Après chaque affutage de l'outil, puis chariotage sur une nouvelle surface, la rugosité varie donc la géométrie de l'outil de coupe est affaiblie, et l'écart entre le pic et le creux diminué ce qui implique une diminution de la valeur de la rugosité.

Ils existent aussi d'autres facteurs qui peuvent influencer la rugosité comme les paramètres de coupe ; les vibrations de la machine ; La tendance à la microsoudure sur l'outil (arête rapportée) ; La lubrification.....etc.

REMERCIEMENT

Tout d'abord, nous devons remercier « ALLAH » le tout puissant de nous avoir donné tout le courage et la santé pour achever ce travail.

A Monsieur LAZAR, pour nous avoir suivi durant notre travail dans le cadre de ce mémoire, pour ces conseils précieux, pour sa disponibilité et la compétence de son encadrement, qu'il trouve ici notre reconnaissance et notre respect.

Un grand merci à Monsieur TEMMAR, chef département de génie mécanique pour l'encouragement.

Enfin nous remercions nos familles et nos amis pour leur soutien moral et leurs aides, ainsi que tous ce qui nous avaient soutenu et aidé tout au long de ce travail.

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE.....	1
CHAPITRE I : NOTION GENERALE SUR LE TOURNAGE ET L'OUTIL DE COUPE.	
I.1- Généralité	3
I.2 - Machine- outil(le tour).....	4
I. 2.1 - Définition	4
I.2.2- Classification des machines de tour	5
I.2.2.1 Les tours parallèles à charioter et à fileter.....	5
I.2.2.2 Les tours à copier.....	6
I.2.2.3 Les tours semi-automatiques.....	6
I.2.2.4 Les tours automatiques.....	6
I.2.2.5 Les tours automatiques multibroches.....	6
I.2.2.6 Les tours à commande numérique.....	7
I.3-Procédé de tournage	7
I.3.1- Définition	7
I.3.2- Principe de tournage.....	7-8
I.3.3- Différentes opérations de tournage.....	8
I.3.3.1 Tournage longitudinale ; ou Chariotage.....	9
I.3.3.2 Dressage.....	10
I.3.3.3 Tronçonnage.....	10
I.3.3.4 Filetage	11
I.3.3.5 Rainurage.....	11
I.3.3.6 Alésage.....	11
I.3.3.7 Perçage.....	12
I.3.3.8 Epaulement	12
I.3.3.9 Profilage	12
I.3.4- Les différents types d'outils en tournage	12-13
I.4 -Régime de coupe.....	13
I.4.1 Ebauche	13
I.4.2 Finition	13

I.5- Condition de coupe.....	14-15
I.5.1 La vitesse de coupe.....	15
I.5.2 L'avance	16
I.5.3 La profondeur de passe	16
II- Généralité sur l'Outil de coupe.....	17
II.1 Définition.....	17
II. 2 Forme des outils	17
II. 3 Qualité des outils	18
II. 3 .1 Outil standards	18
II. 3 .1.1 Bec des outils de tour	18
II.3 .1.2 Corps des outils de tour	19
II.4 La position de l'outil	19
II.4.1 Géométrie de l'outil en travail	19
II.4.2 Géométrie de l'outil en main.....	20
II.5 La géométrie de la partie active.	20
II.6 Définitions des plans de l'outil	21
II.6.1 plans de l'outil en travail.....	21
II.6.2 plans de l'outil en main.....	22
II.7 Définitions des angles de l'outil	23
II.7.1 Angles des faces	23
II.7.2 Angles de l'arête.....	23
II.8 Définitions des plans des sections nécessaires pour définir α ; β et γ	24
II.9 Matériaux pour outils	25-26-27

CHAPITRE II : L'ETAT DE SURFACE.

II.1. Généralités sur l'état de surface	29
II.2.Définition.....	30
II.3.Rôle et fonctions de surface	30-31
II.4. Le principe de la mesure de l'état de surface	31
II.5. Le rugosimètre	31-32
II.6. L'origine des rugosités d'une surface.....	32
II.7. La rugosité	32

II.8. Les paramètre de la rugosité	33
II.9. Différents types de lignes	35
II.9.1 .Ligne moyenne.....	35
II .9.2 Ligne de référence	36
II .9.3 La ligne enveloppe supérieure	36
II.9.4 La ligne enveloppe inférieure.....	36
II.10. Différents ordres de grandeur des irrégularités géométriques	37-38
II.11. Facteurs intervenant sur l'obtention de l'état de surface.....	42
II.12. Inscription normalisée d'un état de surface	43

CHAPITRE III : PARTIE EXPERIMENTALE

III.1. Expériences.....	45
III.2 Matériau utilisé	45
III.2.1. Analyse chimique moyenne.....	46
III.2.2.Caractéristiques mécaniques principales	46
III.3.Machine outil	47
III. 3.1.Caractéristiques techniques.....	47
III.4.Outil de coupe utilisée	48
III.5. Appareil de mesure d'angle de l'outil (rapporteur d'angle).....	48
III.6. Appareil de mesure de la rugosité (rugosimètre).....	49
III.7. Les conditions de coupe.....	49
III.7.1. La vitesse de coupe.....	49
III.7. 2.La vitesse d'avance.....	50
III.7. 3.Profondeur de passe	50
III.8. Présentation des pièces	50
III.9. Résultats expérimentaux	51
III.9.1. Condition d'usinage	51-52-53
III.9. 2.Résultats obtenus	53-54
III .9.3.Graphe	55
III.9.4 .Discussions des résultats obtenus	55-56
CONCLUSION GENERALE	57

Liste des figures :

Figure I.1 : Tour conventionnel	4
Figure I.2 : Constitution d'un tour parallèle.....	5
Figure I.3 : principe de tournage.....	8
Figure I.4 : principales opérations de tournage extérieur.....	8
Figure I.5 : principales opérations de tournage intérieur.....	9
Figure I.6 : Opération de chariotage (tournage extérieur).....	9
Figure I.7 : Dressage extérieur et intérieur.....	10
Figure I.8 : Le tronçonnage.....	10
Figure 9 : Le filetage intérieur et extérieur.....	11
Figure I.10 : Le rainurage intérieur et extérieur.....	11
Figure I.11 : L'alésage cylindrique et conique.....	11
Figure I.12 : Le perçage.....	12
Figure I.13 : Outils de coupe du procédé de tournage	12
Figure I.14 : Conditions de coupe en tournage.....	14
Figure I.15 : Critères permettant de définir les paramètres de coupe.....	15
Figure I.16 : Outil de tour.....	17
Figure I.17 : Outil en travail.....	19
Figure I.18 : Outil en main.....	20
Figure I.19 : Les principales arêtes et surfaces d'un outil de tournage.....	21
Figure I.20 : Angles de l'outil.....	24
Figure I.21 : La ténacité des matériaux en fonction de la dureté.....	25
Figure II.1 :Analyse d'une surface.....	29
Figure II.2 : Rugosimètre.....	32
Figure II.3 : Rugosité moyenne Ra	33
Figure II.4 : Hauteur maximale moyenne Rz.....	34
Figure II.5 : Hauteur maximale du profil Rt.....	34
Figure II.6 : la ligne moyenne.....	35
Figure II.7 : la présentation de la longueur de base.....	35
Figure II.8 : Ligne des moindres carrés.....	36
Figure II.9 : Ligne enveloppe inférieure et supérieure.....	36
Figure II.10 :Lla lubrification.....	41

Figure II.11 : Facteurs intervenant sur l'obtention de l'état de surface.....	42
Figure II.12 : Symbole graphique de l'état de surface.....	43
Figure II.13 : Symbolisation.....	43
Figure III.1 : Les pièces à usiner	45
Figure III.2 : Courbe d'essai de traction.....	46
Figure III.3 : Tour utilisé.....	47
Figure III.4 : Outil utilisée.....	48
Figure III.5 : Rapporteur d'angle.....	48
Figure III.6 : Rugosimètre.....	49
Figure III.7 : Echantillon.....	50

Liste des tableaux :

Tableau I.1 : Plans de l'outil en travail.....	21
Tableau I.2 : Plans de l'outil en main.....	22
Tableau I.3 : Angles des faces.....	23
Tableau I.4 : Angles de l'arête.....	23
Tableau I.5 : Définitions des plans de sections nécessaires.....	24
Tableau II.1 : Différents ordres de grandeur des irrégularités géométriques.....	37-38
Tableau III.1 : Composition chimique de l'acier A33.....	46
Tableau III.2 : Condition d'usinage.....	53
Tableau III.3 : valeurs de la rugosité (Ra).....	53-54

Nomenclature :

<i>Mc</i>	Mouvement de coupe	sans dimension
<i>Mf</i>	Mouvement d'avance	sans dimension
<i>Vc</i>	Vitesse de coupe	m /min
<i>f</i>	Avance	mm/tour
<i>Vf</i>	Vitesse d'avance	mm/min
<i>a</i>	Profondeur de passe	mm
<i>N</i>	Vitesse de rotation	tour /min
π	3.14	radian
<i>D</i>	Diamètre	mm
<i>A_{γ}</i>	Face de coupe	sans dimension
<i>A_{α}</i>	Face de dépouille	sans dimension
α	Angle de dépouille	degré
β	Angle de taillant	degré
γ	Angle de coupe	degré
<i>pre</i>	Plan de référence en travail	sans dimension
<i>pse</i>	Plan d'arête en travail	sans dimension
<i>pfe</i>	Plan de travail	sans dimension
<i>ppe</i>	Plan vers l'arrière en travail	sans dimension
<i>pr</i>	Plan de référence de l'outil	sans dimension
<i>ps</i>	Plan d'arête de l'outil	sans dimension
<i>Pf (pfe)</i>	Plan de travail conventionnel	sans dimension
<i>Pp (ppe)</i>	Plan vers l'arrière de l'outil	sans dimension
<i>X r (X re)</i>	Angle de direction d'arête de l'outil	degré
$\lambda s (\lambda se)$	Angle d'inclinaison d'arête de l'outil	degré
<i>Po (Poe)</i>	Plan orthogonal de l'outil	sans dimension
<i>Pn (Pne)</i>	Plan normal a l'arête	sans dimension
<i>Ra</i>	Rugosité moyenne du profil	μm
<i>Rz</i>	hauteur maximale moyenne	μm
<i>Rt</i>	Hauteur maximale du profil	μm
<i>Rq</i>	Rugosité moyenne quadratique	μm
σ_r	Contrainte à la rupture	Mpa
σ_e	Limite élastique	Mpa
<i>A</i>	Allongement	%
Φ	Angle d'inclinaison du tranchant	degré

Bibliographie :

- [1] Copyright 2013 EXAPRO BLOG .BY EXAPRO.
- [2] BOUKHLIFA ALI et HAFSI WALID, Simulation numérique de la coupe des pièces mécaniques et impact des paramètres de coupe sur la qualité de surface en tournage. Mémoire de Master en Conception mécanique, 2017, UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA
- [3] Nesrine Melzi, Simulation numérique de la coupe des pièces mécaniques et impact des paramètres de coupe sur la qualité de surface en tournage. Thèse de doctorat, Janvier 2018, UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA
- [4] R .Thibaut ; Machines-outils tournage
- [5] <http://analyse-fabrication.univ-lille1.fr>
- [7] MAAMRI Deyaeddine et NECIB Abderrahmane, Optimisation des paramètres de coupe pour minimiser la Consommation d'énergie pendant le tournage. Mémoire de Master, 2015, UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA
- [8] creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/
- [9] A. Chevalier, R. Jolys ; Tournage des métaux
- [10] C.Barlier et B.Poulet ; Memotech ; productique mécanique.
- [11] Licence de Technologie et Mécanique– Université de la Réunion.
- [12] R .DIETRICH, D.GARSAUD, S.GENTILLON, M.NICOLAS ; Précis de méthodes d'usinage
- [13] Antoine SARAZIN, Les solutions Sandvik Coromantaux problématiques d'états de surface, 2010
- [14] Z.Brahimi, Application de la méthode des plans d'expériences pour le cas de la rugosité d'une opération de tournage. Mémoire de master en Conception Mécanique, 2015, UNIVERSITE SAAD DAHLAB BLIDA
- [15] Copyright 2017 ATP métrologie Site réalisé par Nemeo.
- [16] M. Lazar, Cour de l'état de surface, Département de Mécanique, Université SAAD DAHLAB de Blida.
- [17] Belkacem Amyar ; Métrologie dimensionnelle, élément de base.
- [18] SOUALAH MOHSSIN, L'influence des paramètres de coupe sur l'état de surface lors de l'usinage de l'acier XC55.Mémoire de master, 2017, UNIVERSITE BADJI MOKHTAR ANNABA
- [19] S.Lamari ; Application de la méthode des surfaces de réponse Pour optimiser les conditions de coupe (Cas de la rugosité). Mémoire de Master en conception mécanique, 2015, UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA
- [20] [etats_de_surface.odt](#).
- [21] Naïma AKILAL, Étude de la corrosion de la soudure de l'acier A33 utilisé en construction navale. Mémoire de Magister, Université Abderrahmane mira Bejaïa

INTRODUCTION GENERALE :

Les différentes techniques de transformation de matière (fabrication) sont un sujet important dans le domaine industriel. L'usinage par enlèvement de copeaux occupe un espace présumé dans la fabrication, c'est la méthode qui permet de produire des formes complexes et très précises sans changement des caractéristiques de la matière usinée. Quelque soit le type de procédé d'usinage utilisé, il est toujours nécessaire d'obtenir une pièce finie conforme au dessin de définition. Celle-ci doit être de bonne qualité et doit avoir une bonne précision dimensionnelle des formes géométriques. Cette précision est liée directement à la rugosité définie lors de la conception, aussi, la qualité des états de surfaces est importante et surtout lors des opérations de finition.

Le tournage est l'un des procédés d'usinage le plus utilisé, ses résultats dépendent initialement du choix des conditions de coupe (vitesse de coupe, avance par tour ou vitesse d'avance et la profondeur de passe). Le choix d'un bon outil de coupe contribue à l'amélioration des surfaces usinées et par conséquent la productivité. Cependant, les efforts, les contraintes et la température autour de l'arrête de coupe de l'outil peuvent être extrêmes.

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

L'objectif de ce travail est de définir un lien entre la rugosité de la surface active et la matière usinée pour donner une durée de vie assez Longue à la pièce active.

Le présent mémoire comporte trois chapitres :

Dans le premier chapitre ; nous présentons une recherche bibliographique sur le procédé de tournage et l'outil de coupe.

Dans le deuxième chapitre, nous indiquons tous les facteurs et les paramètres conditionnant l'état de surfaces tournées dans cette étude.

Le troisième chapitre, c'est la partie expérimentale qui est réservée à la présentation des différents résultats obtenus ainsi que leurs interprétations.

Enfin nous terminons par une conclusion générale qui résume l'ensemble de cette étude.