

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

UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE de Technologie
DEPARTEMENT Génie Mécanique
N° :



DOMAINE : science technologie
FILIERE : Génie Mécanique
OPTION : PRODUCTIQUE

Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique

Par : BAKHTI abdelbassit et MERZOUG aissa

Intitulé :

Recherche de l'usure de l'outil de coupe
lors du tournage d'éprouvettes pour l'essai
de traction

Soutenu devant le jury composé de: **BENKHERBACHE Houria**

MAKRI. H	Université M'sila	Président
BENKHERBACHE. H	Université M'sila	Rapporteur
ZAMMAMOUCHE	Université M'sila	Examineur

Année universitaire : 2016 / 2017

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 MADAME BENKHERBACHE HOURIA, 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'elle trouve ici notre reconnaissance et notre respect.

Un grand merci à Monsieur ROKBI MENSOUR, chef département de génie mécanique pour tous les conseils et 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

dédicace

*À mes parents
À mon Cher frère
À mes chères sœurs
À la famille BAKHTI et la
Famille MERZOUG
A nos enseignants de l'école
Primaire jusqu'à l'université
À toutes nos cher(e)s ami(e)s
À toute la promotion Master
Mécanique
2016-2017
À tous ceux qui nous sont chers.*

*BAKHTI ABDELBASSIT
MERZOUG AISSA*

MERCE A TOUTE

Sommaire

Introduction générale	1
Chapitre I : Notions générales sur le Tournage	
I.1 Introduction.....	2
I.2 Définitions.....	2
I.2.1 Le tournage.....	2
I.2.2 Principe de tournage.....	2
I.2.3 Les tours.....	3
I.2.4 Classification des machines de tournage.....	4
I.2.4.1 Les tours parallèles à charioter et à fileter.....	4
I.2.4.2 Les tours à copier.....	4
I.2.4.3 Les tours semi-automatiques.....	4
I.2.4.4 Les tours automatiques.....	4
I.2.4.5 Les tours automatiques multibroches.....	5
I.2.4.6 Les tours à commande numérique.....	5
I.2.5 Différentes opérations de tournage:.....	5
I.3 Conditions de coupe en tournage.....	7
I.3.1 Vitesse de coupe.....	7
I.3.2 Vitesse d'avance V_f , Avance par tour f	8
I.3.2.1 Les types d'avances.....	9
I.3.3 Profondeur de passe « a ».....	10
I.4 Élément d'outil.....	10
I.4.1 Faces et arêtes de l'outil.....	10
I.4.2 Angles de l'outil.....	12
I.4.3 Outil de coupe à plaquette rapportée.....	12
I.5 Matériaux de l'outil.....	14
I.6 Paramètres techno-économiques d'usinage.....	15
I.6.1 Temps d'usinage.....	15
I.6.2 Coût d'usinage.....	16
I. 7 Durée de vie d'un outil de coupe.....	17

Chapitre II : L'usure de l'outil de tournage

II.1. Définition.....	18
II.2 Phénomènes provoquant l'usure.....	18
II.2.1 Phénomènes mécanique.....	19
II.2.2 Phénomène physico-chimiques.....	21
II-3 les paramètres influence l'usure des outils des coupe.....	22
II.3.1 Influence des conditions de coupe.....	22
II.3.2 Influence de lubrification.....	22
II.3.3 Influence du couple mouvement de pièce / mouvement d'outil.....	22
II.4 Type d'usure des outils.....	23
5-Relation entre l'usure et le temps.....	28
II-6- Méthodes de mesure de l'usure:.....	29
II-6-1 Les méthodes optiques sont nombreuses :.....	29
II-6-2-Méthodes mécaniques :.....	29
II-6-3-Méthodes radioactives :.....	29
II-6-4-Méthodes analytiques :.....	29
II-6-5-Méthodes diverses :.....	29
II-7- Les modèles mathématiques d'usure (Durée de vie) :.....	30
II-8-Rugosité d'une surface usinée	31

Chapitre III : Partie expérimentale

III.1-but.....	33
III.2- Equipements utilisés.....	33
III.2-1- Machine-outil.....	33
III.2-2-Matière à usiner.....	34
III.2-3-Techniques utilisées pour l'examen des surfaces	35
III-3-Résultats et Interprétation.....	39
III-3-1-Evaluation de l'usure de l'outil.....	39
III-3-2-Contrôle du poids de l'outil.....	44
III-3-3-Influence de l'usure sur la rugosité des pièces.....	45
Conclusion générale	48

TABLE DES FIGURES

CHAPITRE I

Figure I. 1 Procédure de tournage.....	2
Figure I. 2 Principe de tournage.....	3
Figure I.3 Composantes de tour.....	4
Figure I.4 Conditions de coupe.....	7
Figure I.5 Vitesse de coupe.....	7
Figure I.6 Vitesse d'avance V_f , Avance par tour f	7
Figure I.7 Différents types d'avance.....	9
Figure I.8 Les profondeurs de passe.....	10
Figure I.9 Arêtes et parties actives d'un outil de tournage.....	11
Figure I.10 Mouvement relatif outil/ pièce en tournage.....	12
Figure I.11 Angles du taillant (outil en main).....	12
Figure I.12 Angles du taillant (outil en travail).....	13
Figure I. 13 Plaquettes.....	14
Figure I.14 Domaines d'emploi des divers matériaux à outil coupant.....	15
Figure I.15 Paramètres de temps technologique.....	15
Figure I.16 Critère d'usure VB	17

CHAPITRE II

Figure. II.1 Diagramme d'usure en l'usinage.....	18
Figure. II.2 Processus d'usure par adhésion mécanique.....	19
Figure. II.3 Processus d'usure par abrasion.....	20
Figure. II.4 Processus d'usure par diffusion.....	21
Figure. II. 5. Processus d'usure par oxydation.....	22
Figure. II.6 Schéma de la caractérisation de l'usure d'un outil.....	23
Figure. II.7 : l'usure en dépouille.....	24
Figure. II.8 l'usure en entaille.....	25
Figure. II.9: l'usure en cratère.....	25
Figure. II.10: l'écaillage de l'arête.....	26
Figure. II.11 : la rupture de la plaquette.....	26
Figure. II.12 : l'arête rapportée.....	27
Figure. II.13 : la déformation plastique.....	28
Figure. II.14 : la fissuration de l'arête.....	29

Figure II.15 : Evolution de l'usure en fonction du temps de coupe.....	30
Figure. II.16 Paramètres de rugosité.....	31

CHAPITRE III

Figure III-1 : tour à charioter.....	33
Figure III-2 : Eprouvette d'essai de traction.....	33
Figure.III.3 Présentation les faces et arête apparent à la courtravail.....	34
Figure.III.4 : Présentation géométrique de plaquette.....	35
Figure III-5 : Microscope optique à binculaire.....	36
Figure III-6 : Balance de mesure.....	37

TABLE DES TABLEAUX

Tableau I-1 : Différentes opérations de tournage.....	7
Tableau III.1. Composition chimique (acier A60).....	34
Tableau III-1 : le poids de l'outil en fonction du temps.....	44
Tableau III-2 : le poids de l'outil en fonction du temps.....	45

Introduction générale

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

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'arête de coupe de l'outil peuvent être extrêmes ce qui entraîne une usure rapide de l'outil pouvant mener à sa rupture brutale.

L'objet de ce travail est d'étudier ce phénomène d'usure lors de l'usinage des éprouvettes en acier de type A60 contribuant ainsi aux études déjà faites par d'autres chercheurs.

Nous avons partagé ce mémoire en trois chapitres :

- Un premier chapitre présentant des notions générales sur le tournage.
- Un deuxième chapitre, dans lequel on présente le phénomène de l'usure ainsi que, les méthodes et les appareils de mesure l'usure de l'outil de coupe.
- Un troisième chapitre, dans lequel nous avons exposé les résultats expérimentaux et leurs interprétations

Enfin nous achèverons ce mémoire par une conclusion générale.

CHAPITRE I :
NOTIONS GÉNÉRALES SUR
LE
TOURNAGE

I.1 Introduction

L'usinage par enlèvement de matière consiste à réduire progressivement les dimensions de la pièce par enlèvement du métal à froid et sans déformation en utilisant un outil. La quantité de matière enlevée est dite copeaux et l'instrument avec lequel est enlevée la matière est appelé outil de coupe. L'opérateur utilise des machines dites machines-outils pour réaliser l'usinage d'une pièce.

Dans ce chapitre nous présentons des généralités sur le tournage, qui contient des définitions sur les conditions de coupe et la géométrie d'outil en plus les paramètres techno-économiques de production (temps, coût).

I.2 Définitions

I.2.1 Le tournage

Le tournage est un procédé de fabrication mécanique par coupe (enlèvement de matière) mettant en jeu des outils à arête unique. La pièce est animée d'un mouvement de rotation (mouvement de coupe), qui est le mouvement principal du procédé, l'outil est animé d'un mouvement complémentaire de translation (rectiligne ou non) appelé mouvement d'avance, permettant de définir le profil de la pièce.

La combinaison de ces deux mouvements, ainsi que la forme de la partie active de l'outil, permettent d'obtenir des usinages de formes de révolution (cylindres, plans, cônes ou formes de révolution complexes). [1]

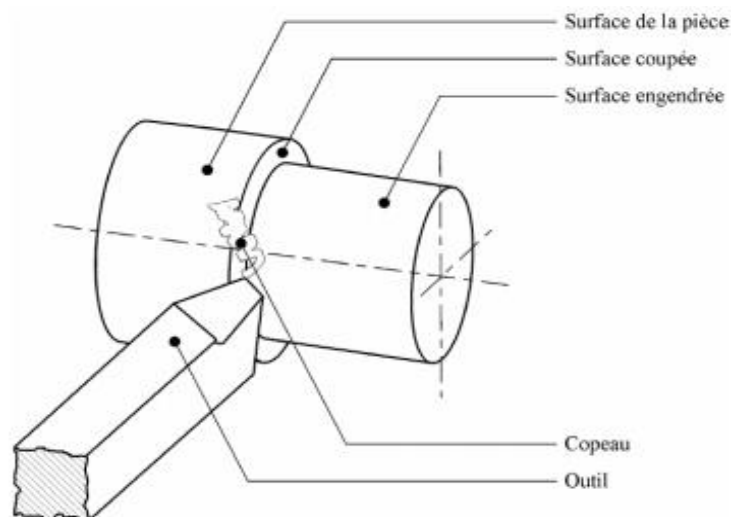


Figure I. 1 Procédure de tournage [2]

I.2.2 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.

Le tournage permet également le façonnage des formes intérieures par perçage, alésage, taraudage [3].

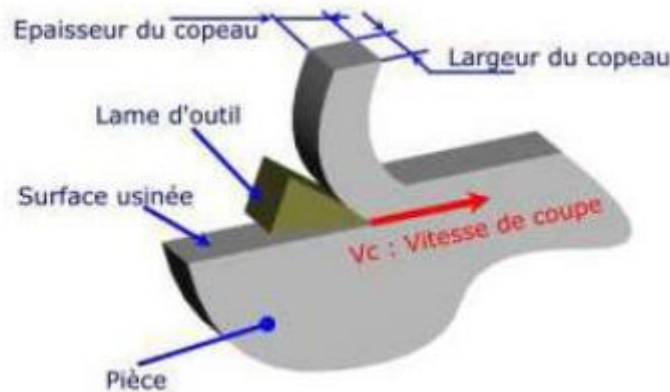


Figure I. 2 Principe de tournage [3]

I.2.3 Les tours

Les tours (voir Figure. I.3) permettent de réaliser des surfaces de révolution et hélicoïdales (filetage) : cylindres, cônes et plans (génératrice perpendiculaire à l'axe de révolution). L'utilisation principale de ces machines est l'usinage des arbres. La pièce, généralement tenue par le mandrin, a un mouvement de rotation (mouvement de coupe) transmis par la broche. L'outil peut se déplacer en translation suivant deux directions. Ces deux directions, Perpendiculaires entre elles, appartiennent à un plan auquel l'axe de la broche est parallèle. Le Premier mouvement de translation est parallèle à l'axe de la broche. Le deuxième mouvement de translation est perpendiculaire à l'axe de la broche. [4]

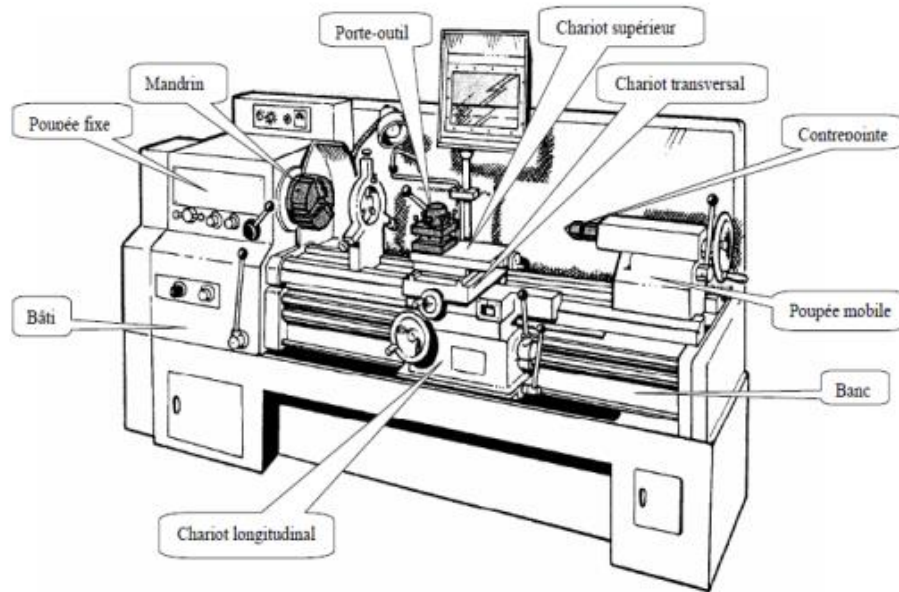


Figure I.3 Composantes de tour. [4]

I.2.4 Classification des machines de tournage

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

I.2.4.1 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. [5]

I.2.4.2 Les tours à copier

Ils permettent l'usinage de pièces par reproduction, à partir d'un gabarit, grâce à un système de copiage hydraulique qui pilote le déplacement du chariot transversal. C'est une machine assez flexible qui peut convenir pour des travaux de petites à grandes séries. La génératrice des surfaces de révolution peut être quelconque. [5]

I.2.4.3 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. [5]

I.2.4.4 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. [5]

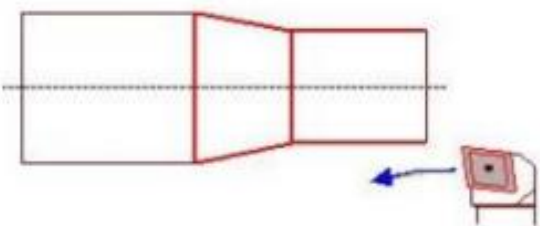
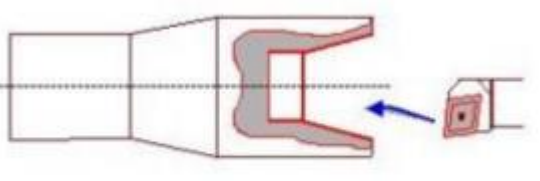
I.2.4.5 Les tours automatiques multibroches

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. [5]

I.2.4.6 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. [5]

I.2.5 Différentes opérations de tournage:

Opération	Définition	Schéma
Chariotage	Opération qui consiste à usiner une surface cylindrique ou conique extérieure	 Le schéma illustre le chariotage sur un tour. On voit une pièce cylindrique avec une section conique à l'extrémité. Une broche est positionnée à l'extérieur de la pièce, et une flèche bleue indique son déplacement axial le long de l'axe de la pièce.
Alésage	Opération qui consiste à usiner une surface cylindrique ou conique intérieure.	 Le schéma illustre l'alésage sur un tour. On voit une pièce cylindrique avec une section conique à l'extrémité. Une broche est positionnée à l'intérieur de la pièce, et une flèche bleue indique son déplacement axial le long de l'axe de la pièce.

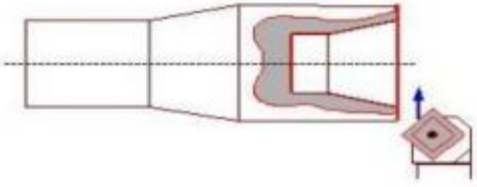
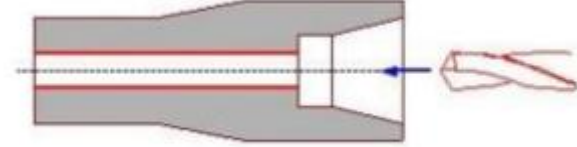
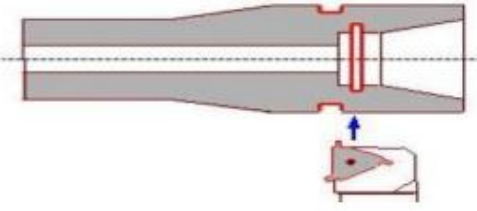
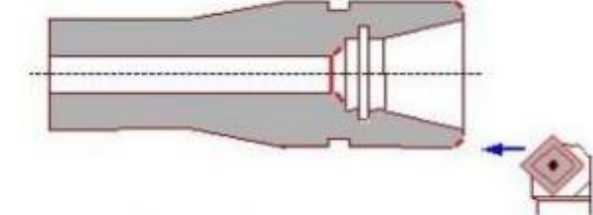
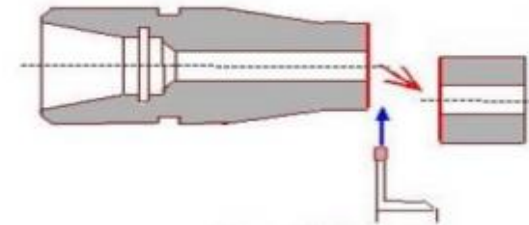
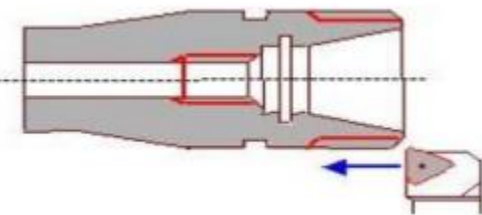
<p>Dressage</p>	<p>Opération qui consiste à usiner une surface plane perpendiculaire à l'axe de la broche extérieure ou intérieure</p>	
<p>Perçage</p>	<p>Opération qui consiste à usiner un trou à l'aide d'une forêt.</p>	
<p>Rainurage</p>	<p>Opération qui consiste à usiner une rainure intérieure ou extérieure pour le logement d'un circlips ou d'un joint torique par exemple.</p>	
<p>Chanfreinage</p>	<p>Opération qui consiste à usiner un cône de petite dimension de façon à supprimer un angle vif.</p>	
<p>Tronçonnage</p>	<p>Opération qui consiste à usiner une rainure jusqu'à l'axe de la pièce afin d'en détacher un tronçon</p>	
<p>Filetage</p>	<p>Opération qui consiste à réaliser un filetage extérieur ou intérieur.</p>	

Tableau I-1 : Différentes opérations de tournage

I.3 Conditions de coupe en tournage

Les paramètres de coupe sont choisis mécaniques de la matière à usiner et de l'outil. Ils sont indépendants de la machine utilisée et des caractéristiques géométriques de la pièce et de l'outil.

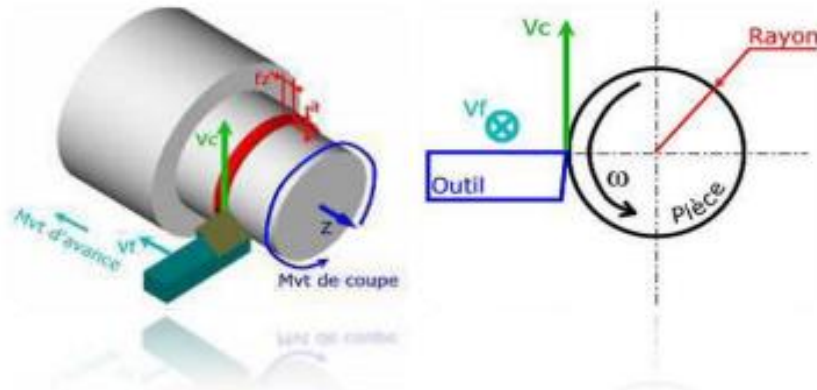


Figure I.4 Conditions de coupe [6]

I.3.1 Vitesse de coupe

La pièce est entraînée sur le tour à une certaine vitesse ω / rad /s N(soitN 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 [4] :

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

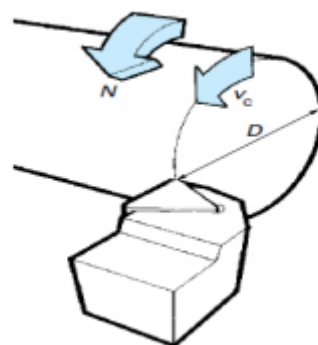


Figure I.5 Vitesse de coupe [1]

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. D'après la littérature [4] en dressage, par exemple où l'outil se déplace en direction du centre, la vitesse de coupe, continuellement si la rotation de la pièce s'effectue à une vitesse de broche constante. 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

I.3.2 Vitesse d'avance V_f , Avance par tour f

La vitesse d'avance V_f (mm/ min) est la vitesse à laquelle la machine déplace l'outil par 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. [1]

$V_f = f \times N$ (mm/min).

V_f : vitesse d'avance (mm/min).

f : l'avance (mm).

N : fréquence de rotation (tr /min).

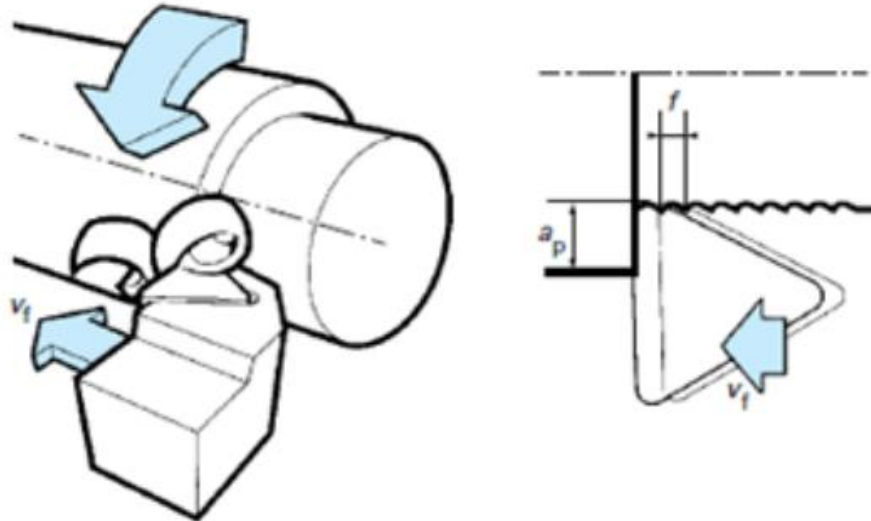


Figure I.6 Vitesse d'avance V_f , Avance par tour f [1]

I.3.2.1 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

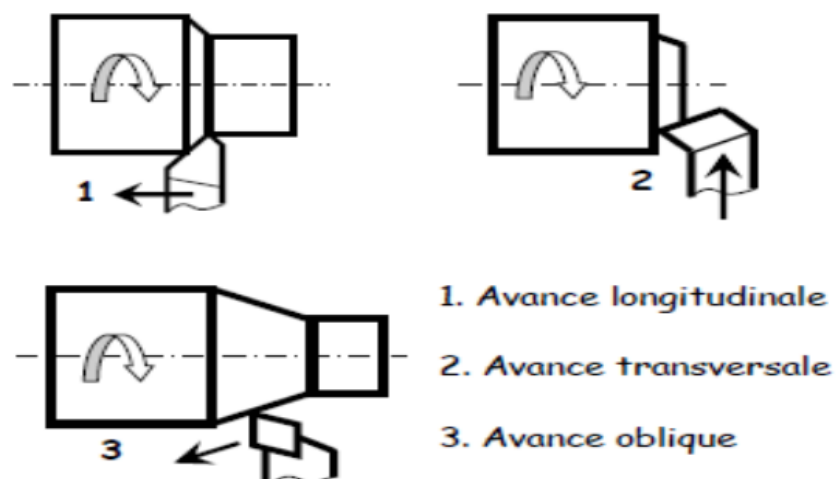


Figure I.7 Différents types d'avance [7]

I.3.3 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. [6,8]

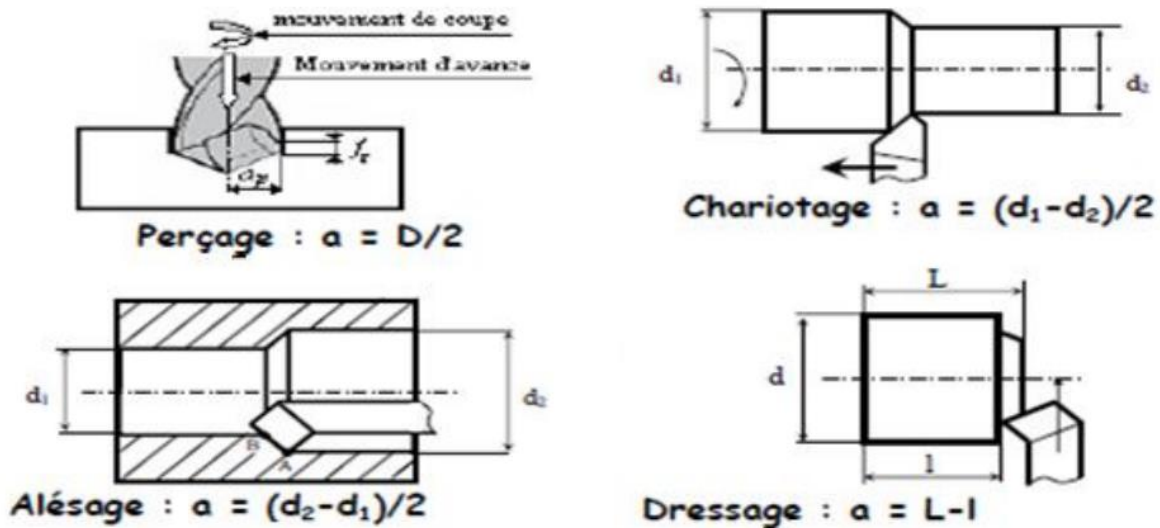


Figure I.8 Les profondeurs de passe. [5]

I.4 Élément d'outil

Il existe une grande diversité d'outils de coupe. Toute fois, les principaux éléments des différents outils sont semblables. Ainsi, afin de simplifier la compréhension de différents éléments définissant un outil quelconque, nous baserons sur un outil de coupe en tournage. Les définitions peuvent ensuite être déduites pour tout autre type d'outil. [7]

I.4.1 Faces et arêtes de l'outil

Un outil coupant est constitué d'un corps d'outil et peut comporter une ou plusieurs parties actives, intersection de deux surfaces ($A\alpha_1, A\gamma_1$ Figure I. 9). La partie active peut être constituée du même matériau que le corps, on parle alors d'outils monoblocs (carbures et aciers rapides) ou d'un matériau différent (inserts rapportés ou plaquettes pour les carbures, les cermets, les céramiques, les poly cristallins de bore ou de diamant). La (figure I. 9) précise le vocabulaire relatif aux différentes parties actives d'un outil de tournage.

En plus de cette description de la géométrie locale des outils, il existe une norme (ISO 1831) permettant de décrire les différentes parties constitutives des outils de tournage à plaquettes rapportées, systématiquement utilisés aujourd'hui.

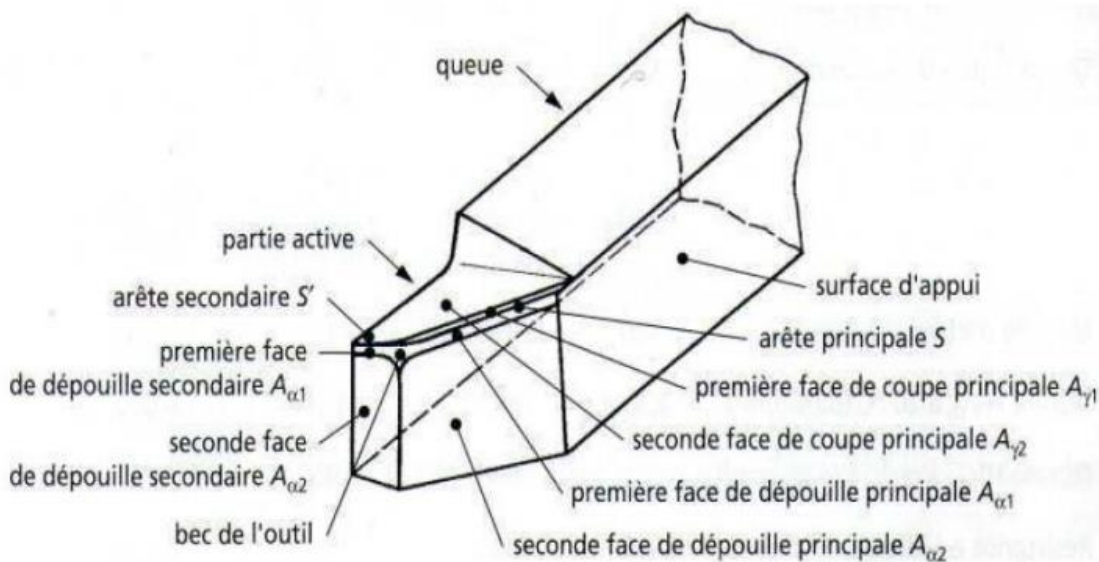


Figure I.9 Arêtes et parties actives d'un outil de tournage [3]

La partie de l'outil impliquée directement dans la coupe est appelée taillant. Elle est limitée par trois faces, la face de coupe le long de laquelle glisse le copeau et les deux faces de dépouille (principale et secondaire) le long desquelles passent les surfaces coupée et engendrée.

On appelle une arête un bord de la face de coupe destiné à l'enlèvement de matière. Dans un outil de tournage simple, on peut distinguer une arête principale, intersection entre la face de coupe et la face de dépouille principale, et une arête secondaire, intersection entre la face de coupe et la face de dépouille secondaire. La jonction des arêtes principale et secondaire forme le bec de l'outil. Il peut être droit, arrondi ou représenter l'intersection vive des deux arêtes. [7]

Généralement, un outil possède un mouvement de coupe et un mouvement d'avance.

On en déduit dès lors un vecteur résultant du mouvement relatif outil/ pièce exprimé par le vecteur V_c . A partir de là, on peut définir deux systèmes d'angles d'un outil de coupe. On définit soit les angles d'outil « en main » par rapport à la direction supposée de coupe V_c (repère nécessaire à la fabrication des outils), soit les angles d'outils « en travail » par rapport à la direction réelle de coupe V_c (repère nécessaire pour connaître les angles effectifs durant la coupe). A l'aide de ces repères, on établit une série de plans et d'angles normalisés permettant de décrire la géométrie locale des outils.

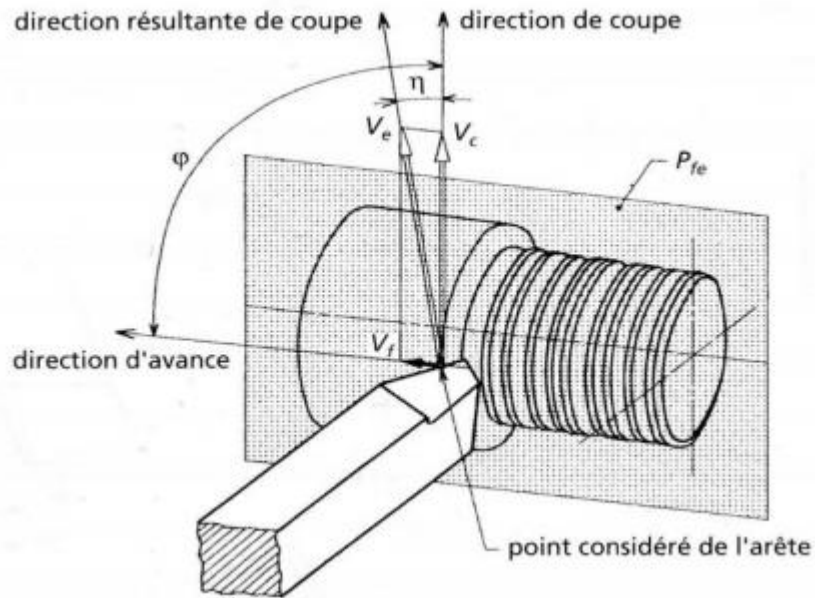


Figure I.10 Mouvement relatif outil/ pièce en tournage. [2]

I.4.2 Angles de l’outil

Pour faciliter l’explication des phénomènes de la coupe il est nécessaire de définir les angles ayant la plus grande influence sur les dits phénomènes. La (figure I.11) illustre, dans le système de référence outil en main, les trois angles principaux du taillant, l’angle de dépouille α , l’angle de taillant β et l’angle de coupe γ . [2]

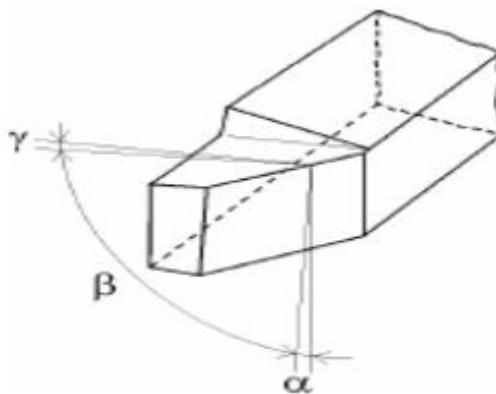


Figure I.11 Angles du taillant (outil en main) [2]

La (figure I.12) illustre ces mêmes angles dans les systèmes de référence outil en travail outil à taille en bout (gauche) et outil à taille de côté ou latérale (droite).

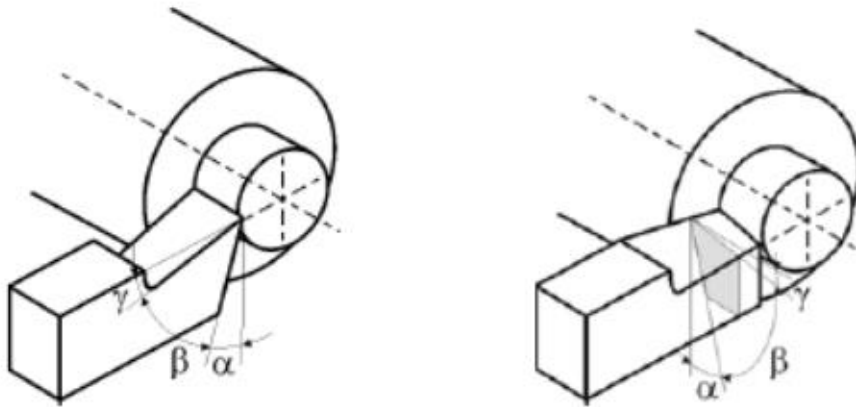


Figure I.12 Angles du taillant (outil en travail) [2]

Globalement, l'angle de dépouille α influe sur le frottement entre l'outil et la pièce et donc la durée utile de l'outil. L'angle de coupe β a une influence sur la manière dont s'écoule le copeau sur la face de coupe et ainsi les efforts de coupe, la puissance consommée, les dégagements de chaleur etc. L'angle de taillant γ affecte la résistance à la rupture du taillant. La somme de ces trois angles est toujours égale à 90° .

$$\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ \quad (\text{I-3})$$

Dans le cas où la somme est supérieure à 90° , on parle de coupe négative (γ négatif). [5]

I.4.3 Outil de coupe à plaquette rapportée

Les outils de tournage actuels sont constitués la plupart du temps d'un porte-plaquette muni d'un dispositif de fixation de la plaquette et d'une plaquette interchangeable constituée d'une matière plus dure et comportant plusieurs arêtes de coupe.

Le changement d'arête de coupe intervient lorsque l'arête en service a atteint un degré d'usure qui l'empêche de respecter les tolérances des cotes à réaliser, ou la rugosité spécifiée, ou encore qui risque d'entraîner la rupture à plus ou moins brève échéance.

Pour effectuer le choix d'un outil de tournage, les paramètres à prendre en compte sont les suivants [1]:

- matière de la pièce, usinabilité.
- configuration de la pièce : forme, dimension, surépaisseurs d'usinage.
- limitations : tolérances, état de surface.
- machine : type, puissance, conditions d'utilisation et caractéristiques.
- stabilité, rigidité de la prise de pièce et de la pièce.

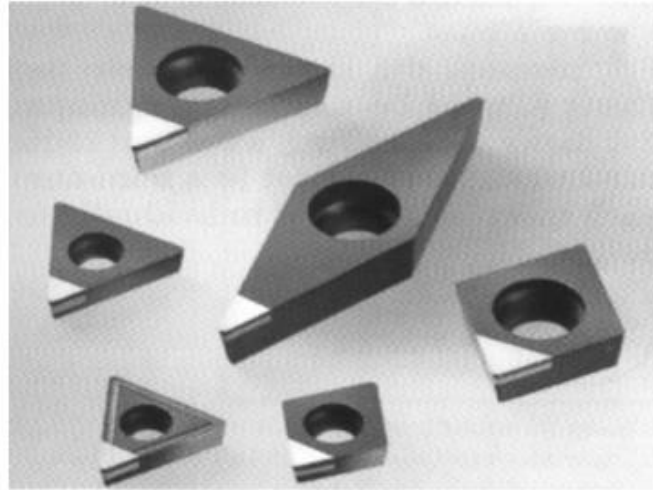


Figure I. 13 Plaquettes [1]

I.5 Matériaux de l'outil

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

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

Le diagramme (figure I. 14) est donné à titre indicatif pour situer les différents domaines des matériaux à outil. Il est représentatif des conditions normales d'utilisation de ces outils, en ébauche, pour les aciers et les fontes. Il ne peut être utilisé pour choisir les conditions de coupe. [3]

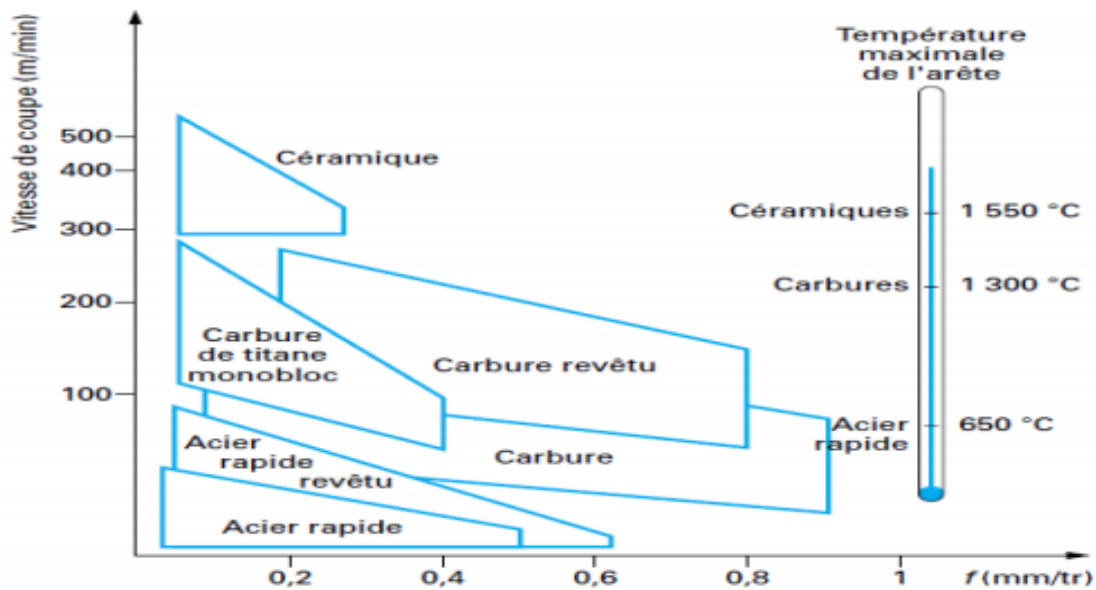


Figure I.14 Domaines d'emploi des divers matériaux à outil coupant [1]

I.6 Paramètres techno-économiques d'usinage

Le coût d'usinage et le temps d'usinage sont les paramètres techno-économiques d'usinage. Ces les paramètres qui déterminent l'important économique des pièces usinées. [7]

I.6.1 Temps d'usinage

Le temps d'usinage unitaire est le temps nécessaire à la réalisation d'une passe sur une pièce. Il s'exprime par la relation :

$$T_u = t_m + t_{cs} = (t_m / T) + t_r + t_h \text{ (min)} \tag{I-4}$$

T_{cs} : (Temps outil) : temps de changement d'outil y compris le temps de réaffûtage si nécessaire,

T: Durée de vie de l'outil de coupe.

t_r : Temps de retour.

t_h : Temps de montage et démontage de la pièce.

T_m : (Temps technologique) : temps de machine (temps de coupe avec une avance), puisque :

On déterminer le temps technologique comme suite :

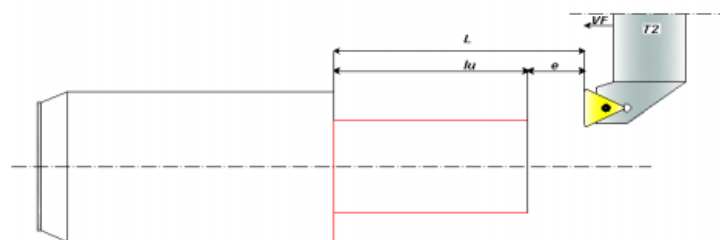


Figure I.15 Paramètres de temps technologique. [7]

lu : Longueur usinée

e : Distance de sécurité

V_f : vitesse d'avance

Longueur totale de déplacement de l'outil :

$$L = lu + e \quad (\text{I-5})$$

Temps technologique d'usinage d'une pièce :

$$t_m = \frac{L}{vf} \quad (\text{I-6})$$

D'après la formule (I-1)

$$N = \frac{Vc \times 1000}{\pi \times D} \quad (\text{I-7})$$

$$V_f = f \times N \text{ (mm/min)}. \quad (\text{I-8})$$

$$t_m = \frac{\pi \times D \times L}{1000 \times Vc \times f} \quad (\text{I-9})$$

I.6.2 Coût d'usinage

Généralement, la formule du coût d'usinage sous la forme :

$$\text{Coût total} = \text{frais fixes} + \text{coût machine} + \text{coût outil}$$

Le coût d'usinage unitaire est le coût nécessaire à la réalisation d'une passe sur une pièce, il s'écrit comme suit:

$$C_u = (C_0 \times t_m) + (C_0 \times t_{cs}) + C_t \times \left(\frac{t}{T}\right) + C_0 \times (t_r + t_h) \quad (\text{I-10})$$

C : Coût d'usinage unitaire.

C_0 : Coût de machine en \$/ min.

C_t : Coût d'une arrête de coupe en \$/ arrête.[/,]

I.7 Durée de vie d'un outil de coupe

Compte tenu de la complexité du phénomène, il n'existe pas de loi mathématique simple permettant de calculer la "durée de vie" de l'outil.

La durée de vie d'un outil est caractérisée par le temps mis pour atteindre la valeur limite du critère d'usure considérée dans des conditions de coupe données.

Généralement on choisit comme critère d'usure l'un des trois critères suivants :

- Défaillance brutale due à la déformation plastique de l'arête. Ce critère n'est employé que pour les outils en acier rapide ou les outils en céramique.
- Usure frontale, employé pour tous les outils, caractérisés soit par l'usure frontale moyenne soit par l'usure frontale maximale.
- Usure en cratère, employé seulement pour les outils en carbure métallique, caractérisé par la profondeur du cratère. [3]

La durée de vie est mesurée sur l'usure en dépouille dans la zone b (figure I.16) VB en mm

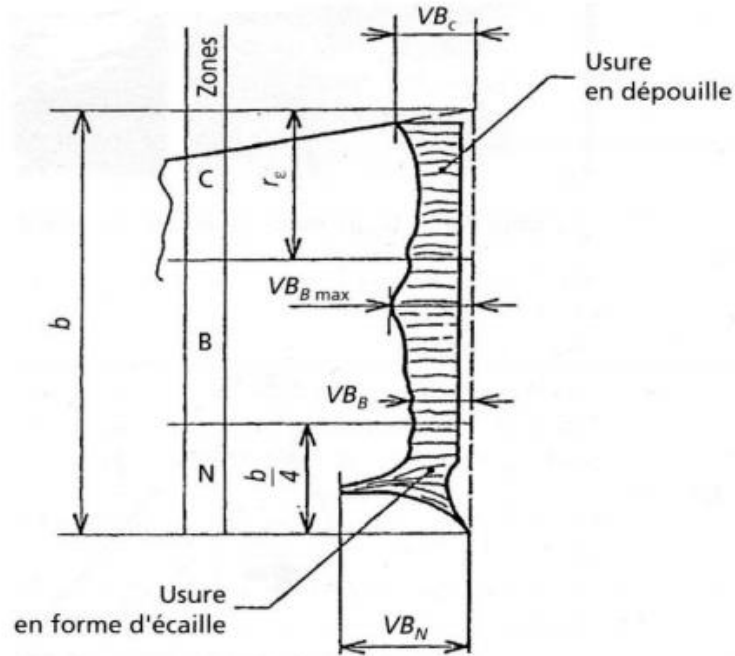


Figure I.16 Critère d'usure VB [3]

En fait la durée de vie de l'outil est fonction des différents paramètres, soit:

- Les conditions de coupe
- Le matériau et la géométrie de l'outil
- Le matériau et l'état physique de la pièce
- La lubrification

Généralement seules les conditions de coupe sont prises en considération et on établit des lois d'usure pour des outils parfaitement définis pour un matériau usiné donné et dans des conditions de lubrification déterminées. [9]

On arrive donc des lois d'usure de la forme

$$T=f(V_c, f, a_p) \tag{I-11}$$

Remarque : La vitesse de coupe étant en fait le paramètre le plus important on trouve aussi des lois d'usure sous la forme

$$T=f(V_c, f) \tag{I-12}$$

CHAPITRE I
NOTIONS GÉNÉRALES SUR
LE TOURNAGE

II.1. Définition

L'usure est un ensemble complexe de phénomènes difficiles à interpréter, amenant une émission de débris avec perte de masse, de cote, de forme, et s'accompagnant de transformations physiques et chimiques des surfaces.

L'usure comporte une part importante de réactions chimiques ; des couches superficielles chimiquement inertes peuvent parfois se révéler plus résistantes au frottement que des couches dures, surtout en présence de milieux agressifs.

Elle est généralement combattue à cause de ses effets négatifs mais elle présente aussi des aspects favorables tels que l'affûtage des outils, la finition d'une surface par rectification[14].

II.2 Phénomènes provoquant l'usure

D'une façon générale l'usure de deux matériaux en contact est due à des phénomènes d'ordre mécanique et physico-chimique. Ces phénomènes dépendent essentiellement de la température de coupe et selon professeur Konig l'usure se manifeste suivant le diagramme de la figure(II.1).

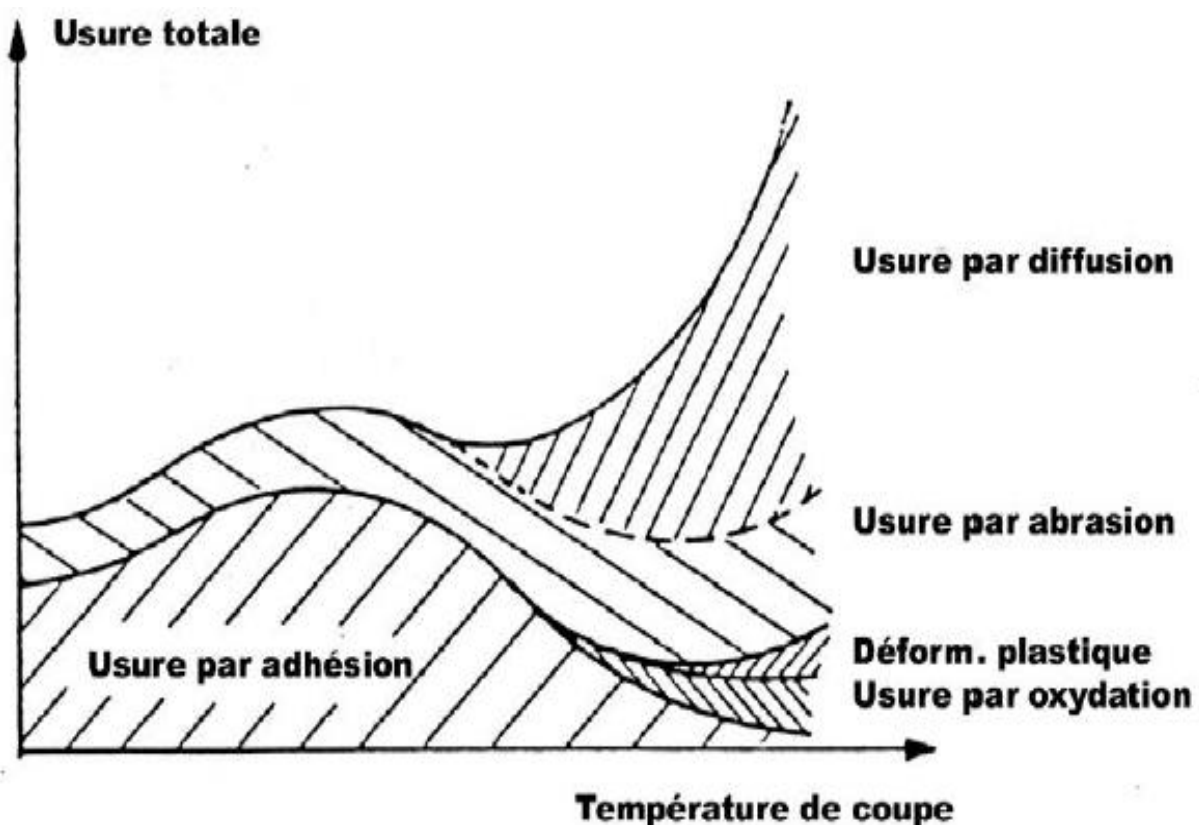


Figure. II.1 Diagramme d'usure en l'usinage. [10]

II.2.1 Phénomènes mécanique

- **Usure par adhésion mécanique**

Cette usure est due aux états de surface du copeau, de la pièce et de l'outil. En effet lors de l'usinage, ces entités frottent les unes contre les autres. Or les rugosités et micro-rugosités de ces surfaces, par contact et sous l'influence des fortes pressions engendrées par l'usinage, vont générer des microsoudures. (figure II.2)

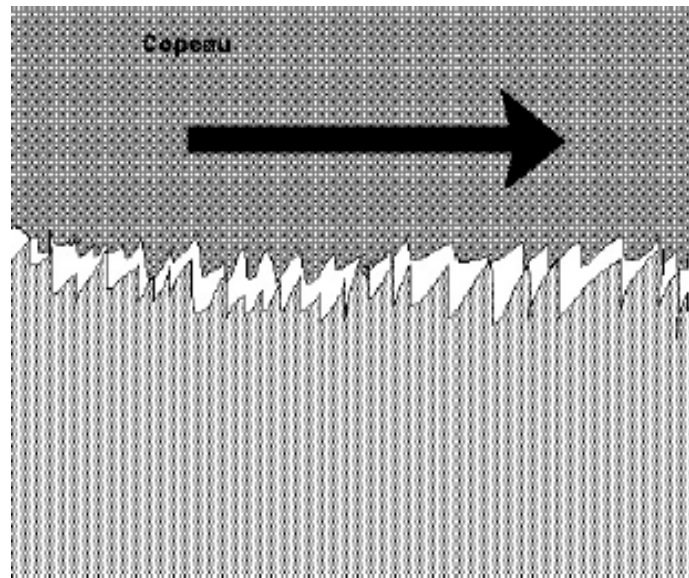


Figure. II.2Processus d'usure par adhésion mécanique.[10]

Ces micro-soudures se créent et se rompent très rapidement au cours de l'usinage, ce processus continu génère :

- l'apparition d'arêtes rapportées si les micro-soudures sur l'outil sont plus résistantes que celles du copeau
- l'usure de l'outil si la micro-soudure sur le copeau est plus résistante que celle de l'outil.

Cette usure est très faible et généralement négligeable.

- **Usure par abrasion mécanique**

Lors de l'usinage, la matière (pièce usinée et copeau) frotte avec des pressions de contacts importantes sur l'outil. Suivant la constitution physico-chimique (nombre, nature, composition et proportion des phases) et la structure (répartition et agencement des composants de l'alliage : forme, dimension, arrangement) la matière est plus ou moins abrasive par rapport à l'outil (figure II.3). Si la matière comporte des constituants durs (écrouissage, aluminate, nitrure, carbure, oxyde par exemple) et que ces derniers sont plus durs que l'outil, il y aura usure par abrasion de l'outil.



Figure. II.3Processus d'usure par abrasion.[10]

Cette usure pourra être :

- homogène : dans le cas d'une matière où les constituants sont homogènement répartis
- localisée : dans le cas de conditions de coupe particulières : écrouissage, apparition d'oxyde lors de l'usinage.

- **Usure par déformation plastique**

Si l'on caractérise un usinage en prenant comme paramètres la température (interface outil/copeau) et la pression exercée sur l'outil, on obtient un domaine de fonctionnement. Lorsque ces paramètres prennent des valeurs très importantes, on se trouve dans le domaine de déformation plastique de l'arête de coupe. Il y a donc transformation plastique d'une partie de l'outil (arête de coupe).

- **Usure par fissuration**

Lors de l'usinage, l'outil est soumis à de très importantes contraintes thermiques et mécaniques. Les contraintes thermiques à l'interface copeau / outil peuvent atteindre le millier de degré. De plus, la déformation plastique du matériau engendre, par réaction, des contraintes qui provoquent les flexions et les vibrations de l'outil. En effet, les matériaux usinés sont, par nature, rarement homogènes (phase), il y a donc variation rapide des contraintes. La combinaison des hautes températures (choc thermique en début d'usinage) et des vibrations peut provoquer des fissures au sein de l'outil.

II.2.2 Phénomène physico-chimiques

- **Usure par diffusion**

La diffusion de matière de l'outil vers le copeau est un phénomène qui ne peut se produire qu'à des températures élevées. Ces zones de températures élevées se situent à l'endroit du frottement du copeau sur l'outil. De plus, ce sont aussi des zones de forte pression car le copeau applique des contraintes sur l'outil. Les hautes températures, ainsi que les pressions et la vitesse relative de défilement du copeau, permettent de donner suffisamment d'énergie (élévation de température) aux atomes pour que ceux-ci puissent migrer de l'outil au copeau. Ce processus est aussi grandement accentué par les phénomènes d'affinités chimiques que l'on peut avoir entre les atomes de la matière usinée et les atomes de l'outil.

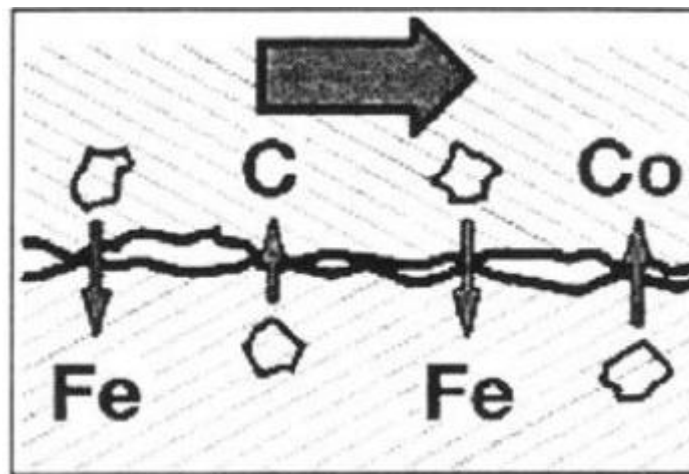


Figure. II.4 Processus d'usure par diffusion. [10]

- **Usure par corrosion**

Le milieu de l'usinage est constitué :

- de l'oxygène dans l'air
- des hautes températures
- de l'eau dans les huiles de coupe solubles

Avec l'élévation de température de l'outil, la vaporisation de l'eau contenue dans les huiles solubles au contact de l'outil et l'oxygène de l'air provoquent localement une fragilisation de l'outil par oxydation de ce dernier (figure II.5). De plus, le potentiel d'oxydoréduction des Matériaux diminue avec la température ce qui favorise d'autant le processus d'oxydation des outils.

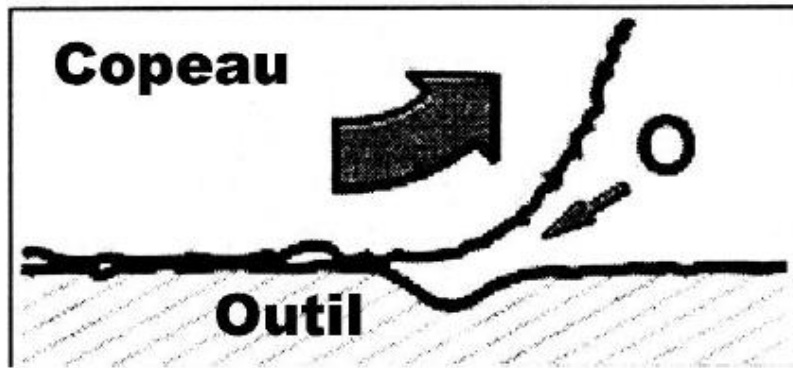


Figure. II. 5. Processus d'usure par oxydation.[10]

II-3 les paramètres influence l'usure des outils des coupe

On peut observer deux grands groupes de paramètres dans le processus de coupe. Le premier est formé par la matière usinée et le deuxième les conditions de coupe (vitesse de coupe, avance, profondeur de passe, lubrification)

II.3.1 Influence des conditions de coupe

- Vitesse de coupe : La température de coupe étant croissante avec la vitesse de coupe, ce paramètre aura une très grande influence sur l'usure.
- Avance : Les grandes avances font augmenter l'intensité des efforts de coupe, et diminuent la durée de vie de l'outil.
- Profondeur de passe : La variation de la profondeur de passe modifie légèrement l'écoulement de la chaleur le long de l'arête tranchante, son influence reste modeste

II.3.2 Influence de lubrification

L'influence de la lubrification étant assez complexe, on la caractérise souvent par l'absence ou la présence de lubrification lors des essais. Dans le cas où il y a présence de lubrification, on spécifie si le lubrifiant employé est un lubrifiant de graissage pour faciliter le glissement du copeau sur la face de coupe de l'outil, ou si le lubrifiant est de refroidissement pour diminuer la température dans la région du bec de l'outil. Son influence intervient faiblement sur le coefficient de frottement pièce/outil et copeau/outil, mais permet la baisse de la température de la partie active de l'outil.

II.3.3 Influence du couple mouvement de pièce / mouvement d'outil

son influence sur l'usure dépend de ses propriétés physiques (conductibilité thermique), de ses propriétés mécaniques (pression spécifique de coupe) et de ses propriétés chimiques (% de certains éléments d'addition), le matériau de l'outil intervient, lui aussi par ses propriétés mécaniques, mais aussi par ses propriétés physico-chimiques, entre autres par ses propriétés thermiques.

II.4 Type d'usure des outils

L'ensemble des processus décrits dans les deux paragraphes précédents, en se combinant les uns aux autres, conduit à une détérioration par usure des outils. Dans ce paragraphe, nous décrivons les conséquences de ces usures. Ces dernières sont mesurables figure (II-6). sur l'usure.

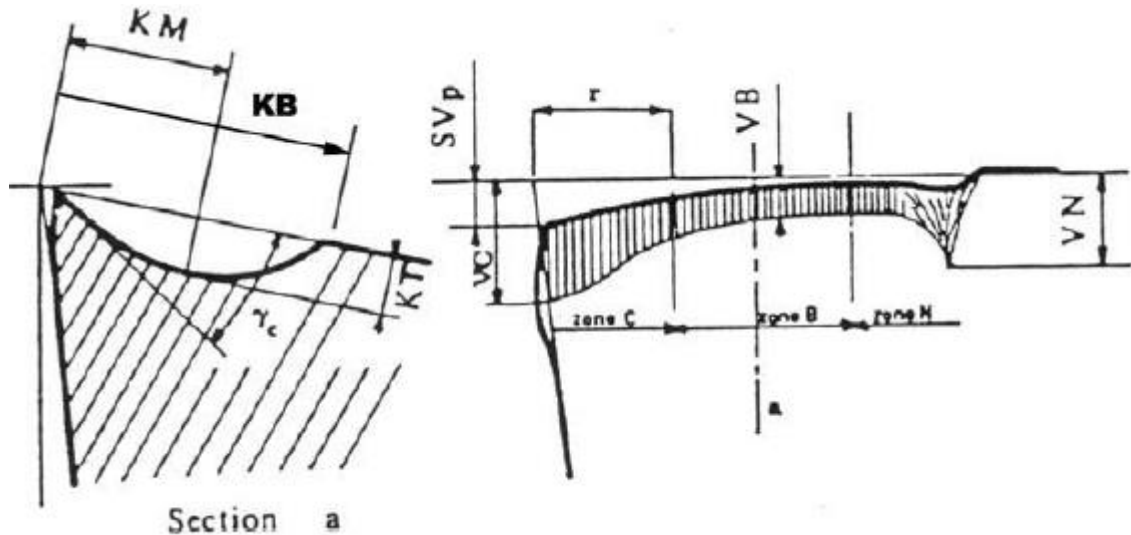


Figure. II.6 Schéma de la caractérisation de l'usure d'un outil.[10]

Indice :

- K_M : Distance du centre du cratère / pointe initiale de l'outil
- K_T : profondeur d'un cratère
- K_B : Largeur du cratère
- γ_C : Angle de cratérisation
- V_B : Hauteur de l'usure en dépouille
- V_N : profondeur d'entaille par rapport à l'arête de coupe initiale
- V_{BC} : Profondeur entre l'arête initiale et la zone usée
- S_V : Profondeur entre l'arête initiale et la pointe de l'outil usé

• Usure en dépouille

Elle est due au frottement de la pièce sur la face de dépouille de l'outil et provoque une bande striée parallèle à l'arête de coupe. Elle influe sur l'état de surface de la pièce usinée et sur la précision dimensionnelle de l'usinage car elle modifie la position de l'arête de coupe.

C'est un critère général pour la tenue d'outil, caractérisée par une valeur d'usure admissible V_B .

Cela est dû à une vitesse de coupe excessive ou à une mauvaise position angulaire de l'outil (face de coupe / pièce).

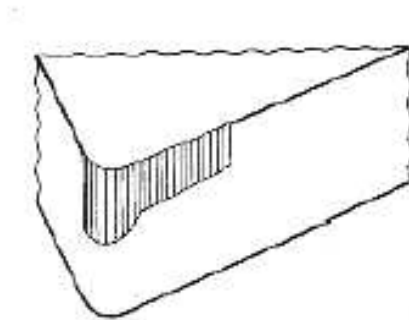


Figure. II.7 : l'usure en dépouille[15]

- **Usure en entaille**

Elle apparaît ponctuellement au niveau du point de contact entre l'arête principale de coupe et la surface de la pièce mais elle peut aussi apparaître sur la face de dépouille secondaire. Elle est due à l'écaillage ou l'oxydation de la pièce.

Ce genre d'usure due à des phénomènes métallurgiques (calamine des pièces forgées, différence de taille de grain des pièces moulées, oxydation des aciers, austénitiques par exemple) est caractérisé par l'indice VN.

Suivant l'importance de cette usure, il y a des risques de rupture ! Cependant il est à remarquer que les entailles doivent être exclues de la mesure de VB.

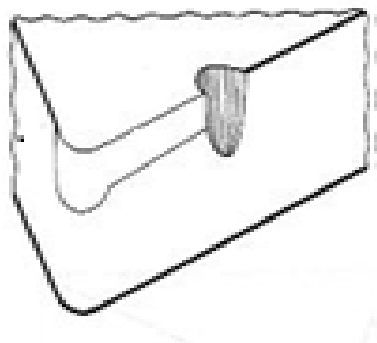


Figure. II.8 l'usure en entaille[10]

- **Usure en cratère**

C'est une usure en creux sur la face de coupe, caractérisée par la profondeur de cratérisation (indice KT) et le rapport K_t/K_M ou son angle de cratérisation γ_c .

Elle peut avoir à terme une incidence sur la tenue d'outil (durée de vie : effondrement ou recul de l'arête de coupe).

Elle est due au frottement du copeau sur la face de coupe de l'outil. Lors de l'usinage, la température élevée à l'interface copeau-outil et les pressions de contact entre le copeau et l'outil, provoquent une diffusion importante de la matière de l'outil vers le copeau par processus d'adhésion.

Elle donne aussi une déformation plastique de la pointe de l'outil, caractérisée par une flèche S_{vp} et un renflement de la face de dépouille.

L'usure est souvent constatée sur les outils en carbures, elle provoque généralement la rupture de la pointe de l'outil.

La valeur critique est celle à partir de laquelle l'outil est considéré comme hors d'usage avec risque important de rupture de l'outil.

L'usure est généralement due à une vitesse de coupe excessive ou à une avance trop faible.

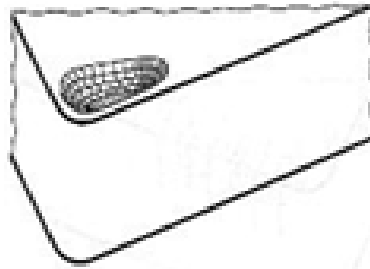


Figure. II.9: l'usure en cratère [10]

- **Ecaillage de l'arête de coupe**

C'est une destruction de l'arête de coupe par arrachement de petits fragments d'outil, elle est généralement accompagnée d'une usure de la face de dépouille et de ce fait n'est pas toujours reconnaissable. Elle est générée par les chocs thermiques et les vibrations. Elle peut générer des ruptures. Les écaillages en dehors de la partie active de l'arête proviennent de l'impact de copeaux par suite d'une mauvaise évacuation. Cette usure est souvent le fait de chocs thermiques ou d'arête trop fragile

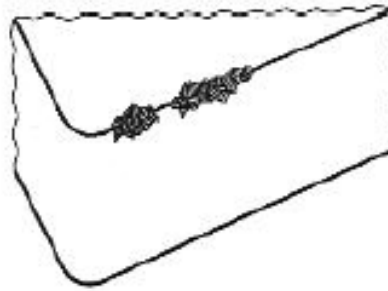


Figure. II.10: l'écaillage de l'arête[10]

- **Rupture de la plaquette**

Une rupture de la plaquette signifie en général détérioration de l'outil et de la pièce. Ses causes sont multiples et dépendent de la machine et de la pièce. Elle est souvent le résultat d'entailles sur l'arête de coupe, d'une cratérisation ou d'une usure trop importante.

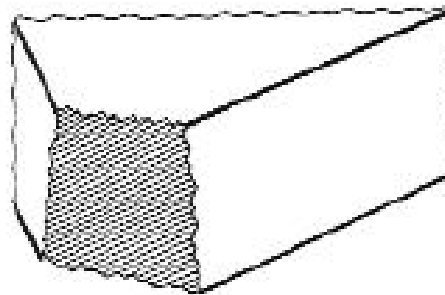


Figure. II.11 : la rupture de la plaquette [10]

- **Arêtes rapportées**

Les arêtes rapportées résultent d'une accumulation de métal de la pièce usinée sur la face de coupe, en particulier dans le cas de matériaux difficilement usinables. Il arrive parfois que cet apport de métal se détache et détériore l'arête de coupe. Il mène en outre à des états de surface médiocres.

Le phénomène est dû à une vitesse de coupe et une avance trop faible ou des angles de coupe non appropriés.



Figure. II.12 : l'arête rapportée [10]

- **Déformation plastique**

Elle est occasionnée par une sollicitation trop importante de l'arête de coupe (matériaux usinés trop durs) en combinaison avec des températures d'usinages élevées. La zone de déformation plastique du matériau dépassée, il y aura rupture !

On peut trouver cette déformation plastique en parallèle d'une cratérisation. En effet le cratère affaiblit la section de l'outil.

Critère caractéristique : VBC et SVP

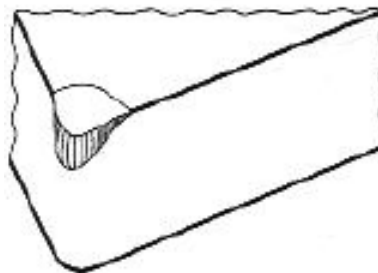


Figure. II.13 : la déformation plastique[10]

- **Fissurations de l'arête de coupe ou usure en peigne**

Légères fissures sensiblement perpendiculaires à l'arête de coupe occasionnées par les chocs thermiques résultant des interruptions de coupe, en particulier da le Risque de rupture !

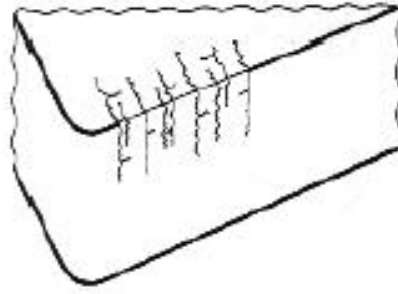


Figure. II.14 : la fissuration de l'arête [10]

5-Relation entre l'usure et le temps

La durée de vie de l'outil de coupe est directement liée à son usure ou, à sa détérioration pour un temps donné. L'allure tracée sur la figure II.15 se divise en trois zones A, B et C. Elle représente la relation entre l'usure et le temps de coupe [12]

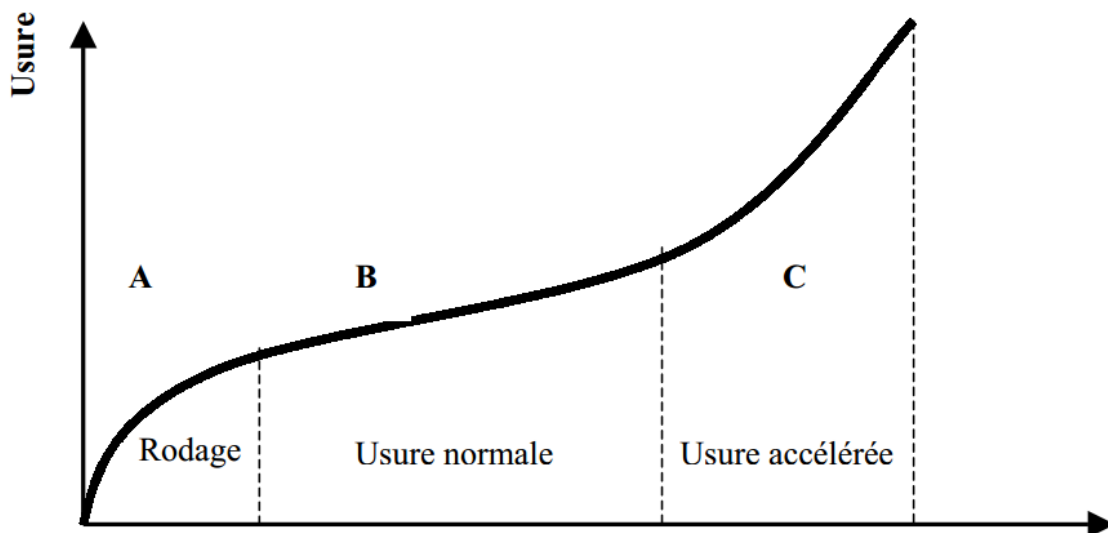


Figure II.15 : Evolution de l'usure en fonction du temps de coupe.

Zone A : Est celle du rodage ou usure initiale. Elle donne lieu à une usure intense qui se caractérise par l'arrachement d'une quantité importante de petites particules de la surface de l'outil, plus les surfaces de la partie active de l'outil sont nettes (lisses), plus l'évolution de l'usure est faible.

• **Zone B :** Correspond à l'usure normale. Elle est plus stable, c'est-à-dire linéaire.

Elle est caractérisée par une pente très faible comparativement aux autres zones.

• **Zone C** : C'est la zone d'usure accélérée (catastrophique), là où les deux types d'usure (celle en dépouille et en cratère) se réunissent.

II-6- Méthodes de mesure de l'usure:

Pour mesurer l'usure, on aura recours à des méthodes très variées [3].

II-6-1 Les méthodes optiques sont nombreuses :

A l'œil simplement, évaluation sommaire des dégâts subis soit directement sur la surface, soit sur des répliques en matière plastique, répliques qui permettent de juger l'évolution de l'usure dans le temps.

L'emploi d'un microscope, à faible grossissement, permet de faire des observations intéressantes sur les destructions des systèmes cristallins, le cheminement des craquelures, la forme et le volume des particules arrachées, l'épaisseur des couches superficielles.

II-6-2-Méthodes mécaniques :

Un palpeur, la fine aiguille d'un profilomètre se déplace sur la surface, son déplacement est amplifié de 20 à 100 fois et l'on peut ainsi détailler, de façon précise, le nombre et l'importance des aspérités, leur forme, le contour moyen de la surface, son évolution en cours d'essai.

II-6-3-Méthodes radioactives :

Une surface est rendue radioactive. On déterminera facilement les particules arrachées et en suspension dans le lubrifiant. Dans les cas de frottement à sec, on connaît l'importance des fragments radioactifs enlevés et leur position sur l'autre surface. On pourra suivre le cheminement, l'évacuation de ces particules.

On pourra, par exemple, en remplaçant, après un certain temps, la première surface par une autre semblable mais non radioactive, déterminer si les particules radioactives retournent sur la première surface où s'éliminent de la deuxième sans jamais retourner sur la première.

II-6-4-Méthodes analytiques :

Centrifugation des particules en suspension dans le lubrifiant.

Analyses chimiques ou spectrographiques qui permettent de doser des traces de matériaux et de connaître l'organe qui s'use par frottement.

II-6-5-Méthodes diverses :

D'autres méthodes sont aussi utilisées telle que la pesée : Pesée de l'échantillon avant et après usinage suivant une certaine période.

II-7- Les modèles mathématiques d'usure (Durée de vie) :

- **La loi de Taylor :**

Ce modèle établi par Taylor en 1969 est caractérisé par l'équation (II-5). Le coefficient C_v et l'exposant n sont des constantes. La constante C_v est caractérisé par le matériau. La durée de vie d'un outil est influencée par la vitesse de coupe, elle augmente quand la vitesse de coupe diminue. Le revêtement est l'un des paramètres qui joue un rôle important sur la durée de vie, son utilisation augmente la durée de vie de l'outil car il diminue l'usure par diffusion entre la pièce et la face de coupe

$$T = C_v \cdot V_n \text{ II-5}$$

- **La loi de Gilbert :**

Cette loi est une généralisation de la loi de Taylor pour prendre en considération l'influence de l'avance f et de la profondeur de passe a_p . Elle est caractérisée par l'équation (II-6). Plusieurs recherches ont été réalisées pour trouver les constantes de ce modèle en considérant le critère de durée de vie $V_{BB} = 0.3 \text{ mm}$

$$T_C = K \cdot V_c^k \cdot f^x \cdot a_p^y \text{ II-6}$$

- **La loi de König – Depiereux :**

Cette loi prend en compte l'influence de l'avance f et la profondeur de passe a_p dans une équation exponentielle (II-7).

$$T = \exp(-\alpha V_c^\mu - \gamma f^\nu - \delta a_p^\lambda) \text{ II-7}$$

Ces lois permettent d'évaluer la durée de vie d'une plaquette à partir des paramètres de coupe utilisés lors de l'usinage. Le critère de durée de vie moyen courant est $V_B = 0.3 \text{ mm}$.

II-8-Rugosité d'une surface usinée

La génération d'une surface usinée fait intervenir autant la forme que les traces laissées par le tranchant au contact de la pièce pendant leur mouvement relatif.

Considérons une coupe locale de la surface usinée perpendiculairement aux sillons d'usinage figure(II.16)

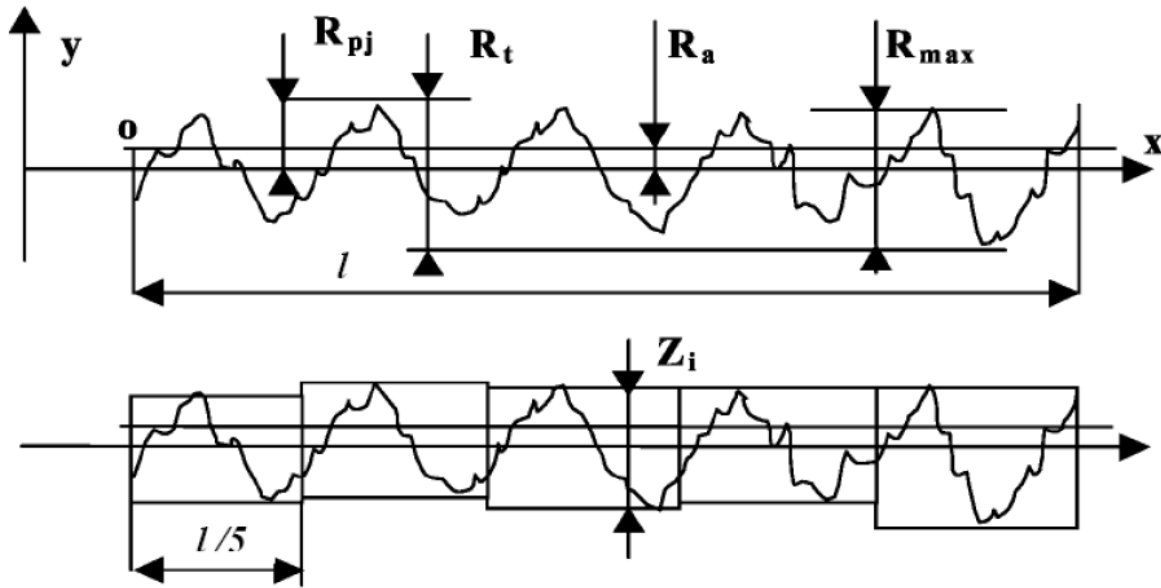


Figure. II.16 Paramètres de rugosité. [11]

- **Rugosité moyenne arithmétique Ra :**

Dite C.L.A (Center Line Average) Ra représente la moyenne arithmétique des écarts (en valeur absolue) par rapport à OX :

$$Ra = \frac{1}{l} \int_0^1 |y| dx \quad \text{II-1}$$

- **Rugosité moyenne quadratique Rq**

Dite R.M.S (rootmean square) ce critère représente l'écart moyenne quadratique par rapport à OX :

$$Rq = \left[\frac{1}{l} \int_0^1 y^2 dx \right]^{1/2} \quad \text{II-2}$$

- **Rugosité max Rmax**

Elle représente la hauteur maximale des irrégularités du profil de rugosité.

- **Rugosité totale Rt**

Représente l'écart totale entre le point le plus haut et le point le plus bas du profil relevé sur toute la longueur de planage l.

- **Rugosité Rz**

Représente la rugosité totale moyenne

$$R_z = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 Z_i \text{II-3}$$

Dans ce travail, on utilise la rugosité arithmétique R_a , exprimée par la relation empirique suivante :

Il ya plusieurs défaut faire sur surface usinée il est tel que

- Ecailles
- Cavités
- Micro-stries
- Microfissures

Pour n'éviter ces problèmes nous doit poser des conditions de coupe optimale.

Dans ce travail, on utilise la rugosité arithmétique R_a , exprimée par la relation empirique suivante :

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y| dx \text{II-4}$$

CHAPITRE III :
PARTIE EXPÉRIMENTALE

III.1-but

Nous présentons dans ce chapitre, l'ensemble des outils mis en œuvre pour la réalisation des expériences et cela dans le but d'étudier le phénomène d'usure des plaquettes d'outils de tournage particulièrement le chariotage. Cela va consister en une présentation des différents équipements utilisés qui servent au suivi de l'évolution de l'usure et de la rugosité des surfaces obtenue lors de l'usinage.

Les expériences nécessaires à notre étude ont été effectuées dans les laboratoires du département de génie mécanique (université de M'sila)

Avance $f = 0.05$ mm/Tr, profondeur de passe $a_p = 2$ mm, deux vitesses de coupe varie entre $V_c = (40 \text{ et } 60)$ m/min . La durée de chaque passe d'usinage étant par rapport le temps.

III.2- Equipements utilisés**III.2-1- Machine-outil**

La machine utilisée pour effectuer nos essais est un tour parallèle universel de marque (SZERSZAMGÉPIPARI MUVEK), (Fig. III.1), d'une puissance de moteur de 2,5K W. Elle possède les caractéristiques suivantes :

- Gamme des vitesses d'avance : 0,03 à 1 mm/tr,
- Gamme des vitesses de rotation : 56 à 2500 tr/min,



Figure III-1 : tour à charioter

III.2-2-Matière à usiner :

Le matériau utilisé dans les essais d'usure est sous forme d'éprouvettes cylindriques, en acier de nuance A60 de diamètre 12mm. Elles sont schématisées par la figure (fig. III-2), dont la composition chimique est donnée dans le tableau III-1 :

Eléments	Ti	Sn	Mo	Zn	Cu	Ni	Co	Mn	Cr
Teneur(%)	0.051	0.017	0.068	0.023	0.983	0.756	0.140	0.612	0.169

Tableau III.1. Composition chimique (acier A60).

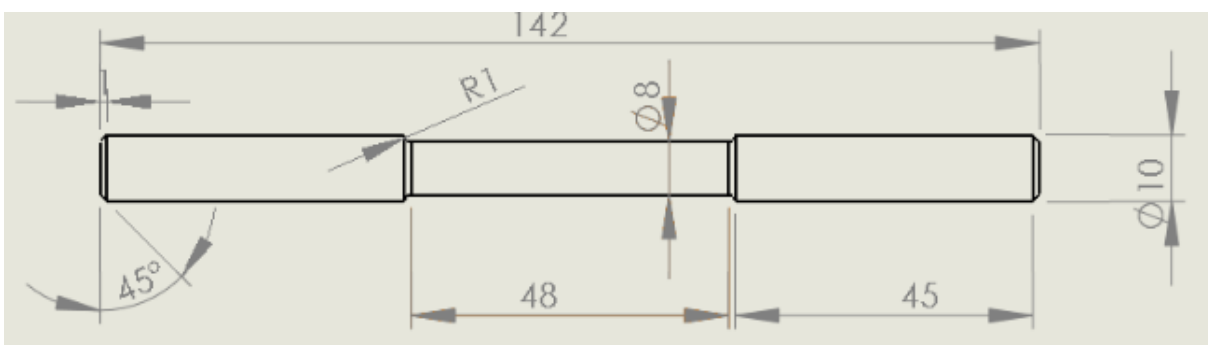
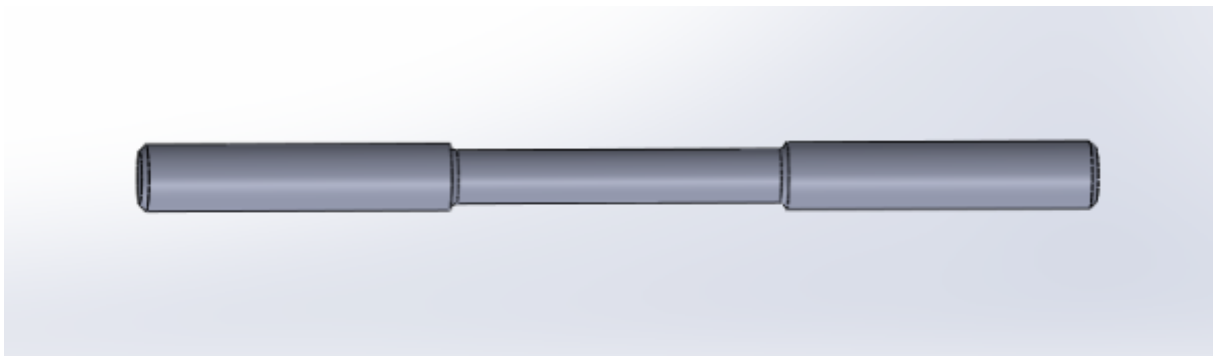


Figure III-2 : Epreuve d'essai de traction

- L'outil utilisé :

En utilisant un outil de coupe DCMT070204EN de portant une plaquette de carbure de type P35.sa géométrie est représentée sur Figure.III.3 et Figure.III.4.

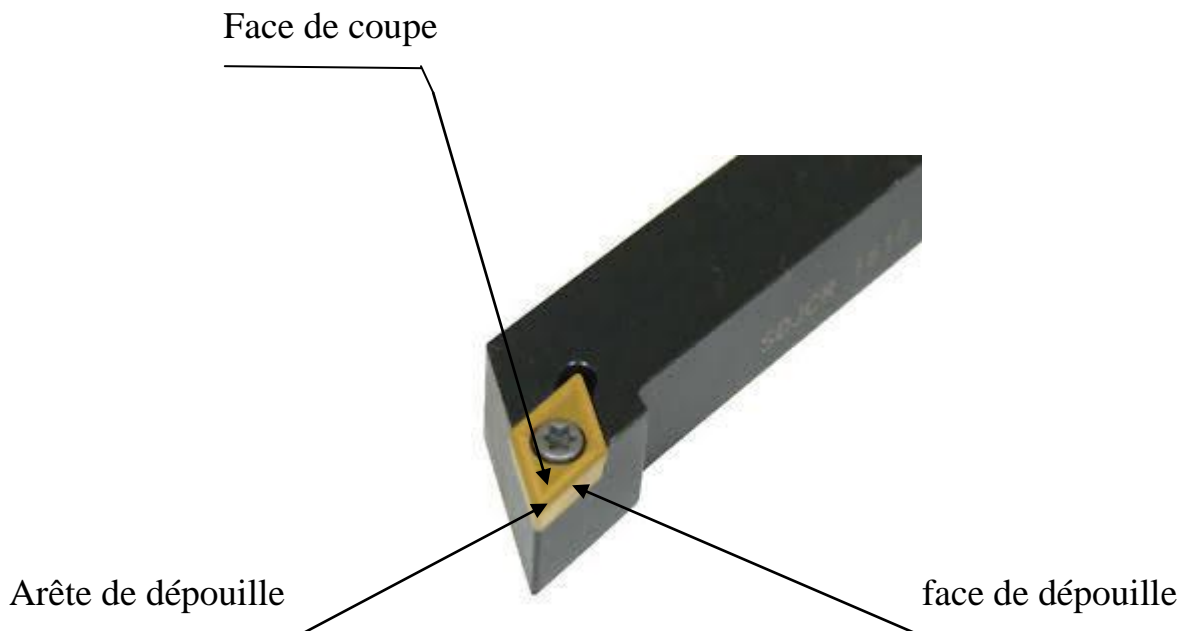


Figure.III.3 Présentation les faces et arête apparent à la courtravail.

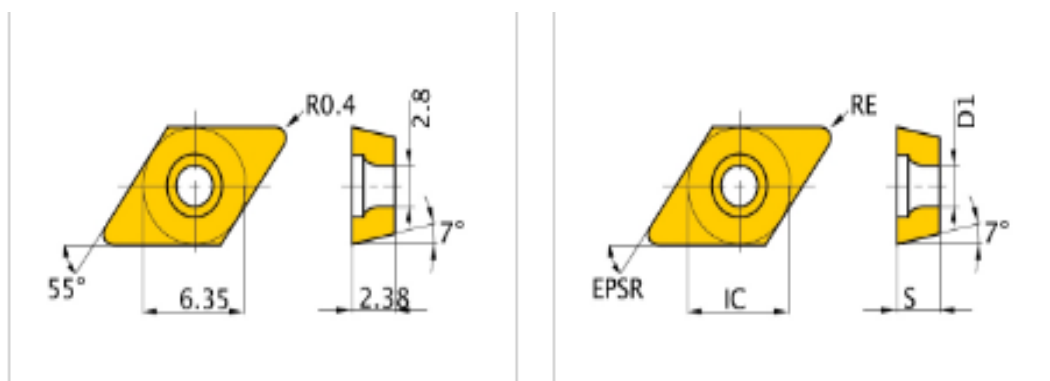


Figure.III.4 : Présentation géométrique de plaquette

III.2-3-Techniques utilisées pour l'examen des surfaces

- **Microscope optique :**

Afin de mieux faciliter notre étude d'usure et a cause de l'absence de matériel de tribologie nécessaire , on adopte la technique directe pour mesurer l'usure en dépouille ; c'est en utilisant un microscope optique a lunette binaire Euromex Zoom a grossissement de 2 fois la taille réelle plus une loupe 10X (avec une incertitude de mesure de 2 % dûe au calibrage du logiciel en utilisant une règle millimétrique) .celle-ci est équipée d'une camera Touptek photonics couplée a un logiciel de capture et d'analyse d'image Toupview , ceci afin de mesurer l'usure en dépouille de nos plaquettes de coupe comme est illustre sur la figure III-5



Figure III-5 : Microscope optique à binaire

- **Balance :**

Pour évaluer l'usure en question, nous avons utilisé la méthode de pesage qui consiste à peser l'échantillon (plaquette) avant et après chaque opération d'usinage à l'aide d'une balance de type (KERN PLS360-3), de précision 0.001g, (Fig. III.6).



Figure III-6 : Balance de mesure

- **Le rugosimètre :**

Une surface usinée n'est pas une surface parfaitement lisse, selon la méthode d'usinage et les plaquettes utilisées, mais aussi selon le matériau, elle présente de nombreuses irrégularités micro géométriques ou macro géométriques. Ces irrégularités sont définies par comparaison avec une ligne «moyenne», l'appareil utilisé pour le contrôle de l'état de surface est le profil mètre (MITUTOYO SurfTest-4), où les notions de rugosité et d'ondulation sont considérées en 2D (voir figure III-6).

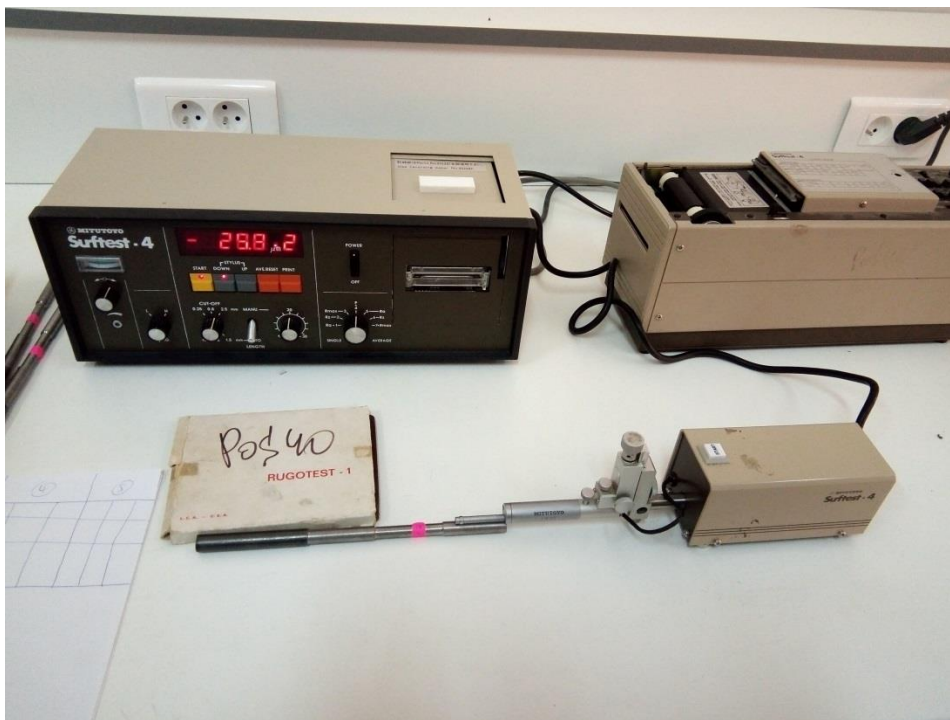


Figure III-7 : Profilomètre

III-3-Résultats et Interprétation

Nous avons usiné une série d'éprouvettes en acier A60 au tour avec les paramètres d'usinage suivants :

Avance $f = 0.05$ mm/Tr, profondeur de passe $a_p = 2$ mm, deux vitesses de coupe variant entre $V_c = (40 \text{ et } 60)$ m/min .

Après usinage pendant une certaine durée nous procédons au contrôle de l'outil et de la pièce usinée.

III-3-1-Evaluation de l'usure de l'outil

Nous considérons ici seulement la mesure de l'usure sur la face de dépouille représentée par la largeur V_B en fonction du temps pour les vitesses de coupe utilisées ,l'avance et la profondeur de passe restant constantes.

La figure III.8 illustre l'évolution de l'usure en dépouille de l'outil en fonction du temps pour les deux vitesses de coupe. L'analyse de ces courbes d'usure montre également que la vitesse de coupe a une influence importante sur l'évolution de l'usure. On remarque que si on augmente la vitesse de coupe l'usure s'accroît d'une façon remarquable. Cet accroissement brusque de l'usure peut réduire considérablement l'étendue de la zone d'usure normale ceci est bien clair sur la figure surtout lors de l'utilisation de la vitesse $V_c=60$ m/min. Par contre pour l'utilisation de la vitesse $V_c=40$ m/min la zone de l'usure normale est plus étendue. L'analyse de cette figure montre que l'allure de l'usure obéit à la loi universelle de l'usure de n'importe qu'elle pièce mécanique (rodage, usure normale, usure accélérée).[12].

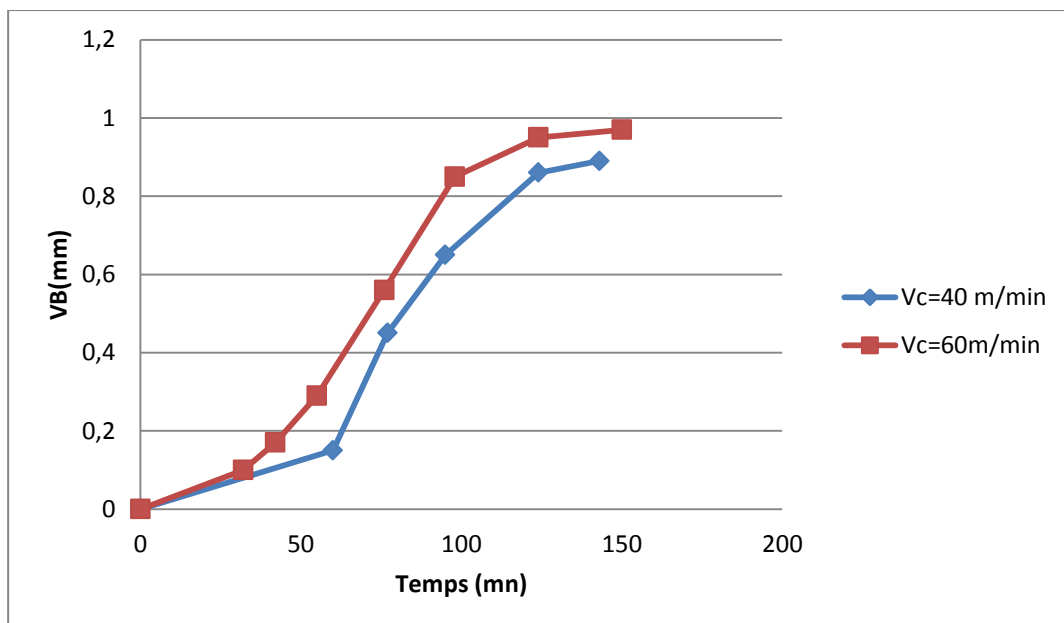


Figure III-8 : l'usure en dépouille VB en fonction du temps

Afin d'expliquer l'aspect de l'évolution de l'usure en dépouille VB en fonction du temps pour les vitesses de coupe testées, les figures III-9 et III-10 ont été introduites pour exprimer et montrer l'aspect final de la morphologie de l'usure VB. Il ressort de ces figures que l'usure VB se manifeste bien et grâce au logiciel toupview nous pouvons lire la mesure.

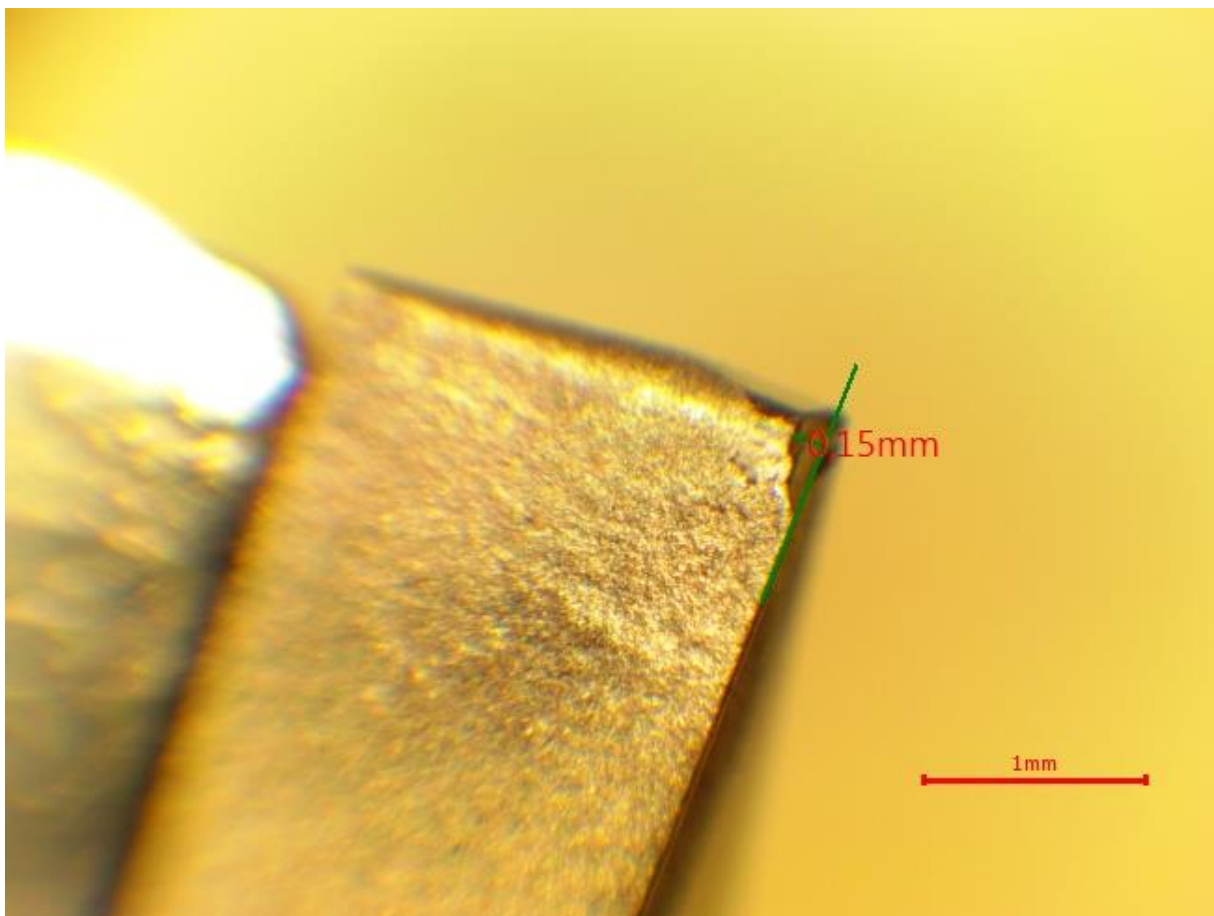


Figure III-9 : micrographie de l'usure VB, T=60min ($V_C=40\text{m/min}$)

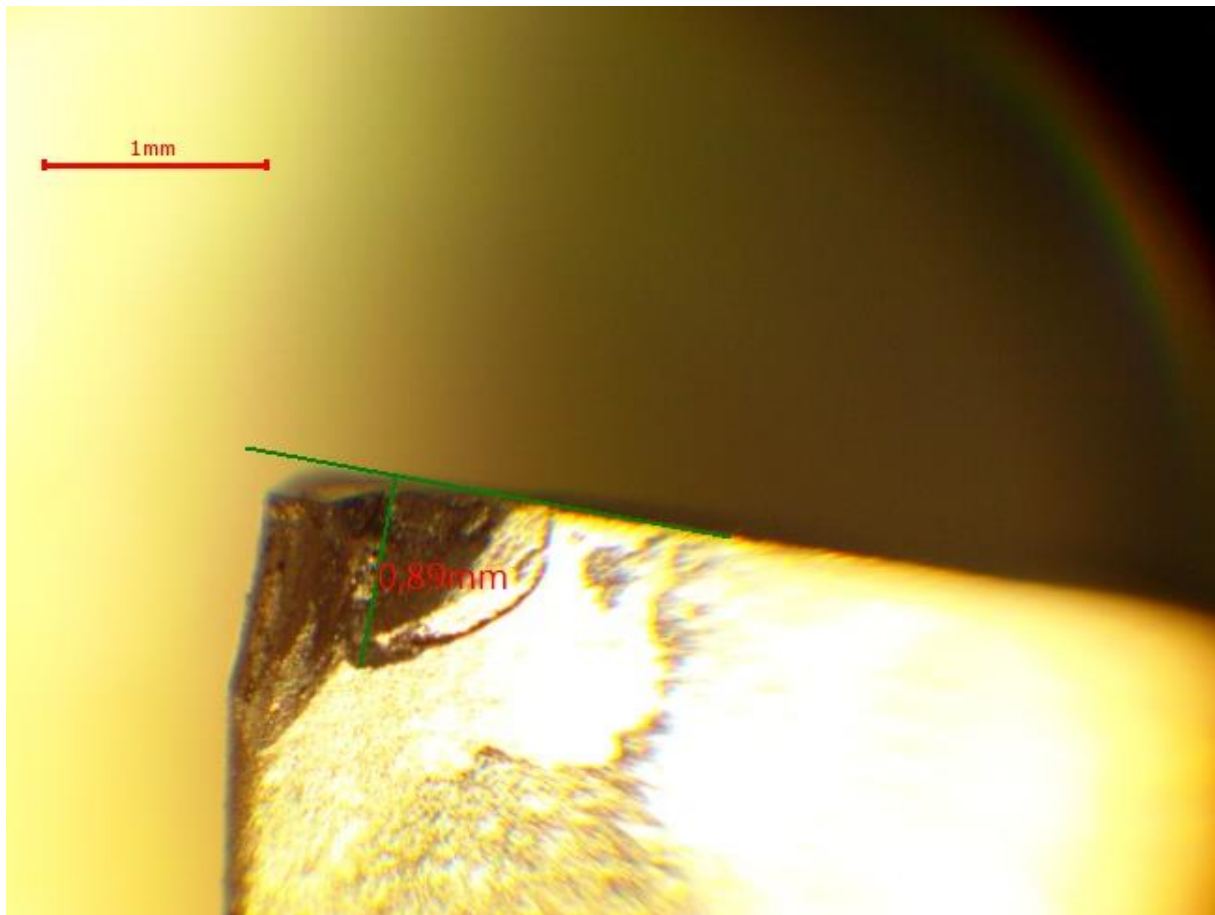


Figure III-10 micrographie de l'usure VB pour : $T=143\text{min}$ ($V_C=40\text{m/min}$)

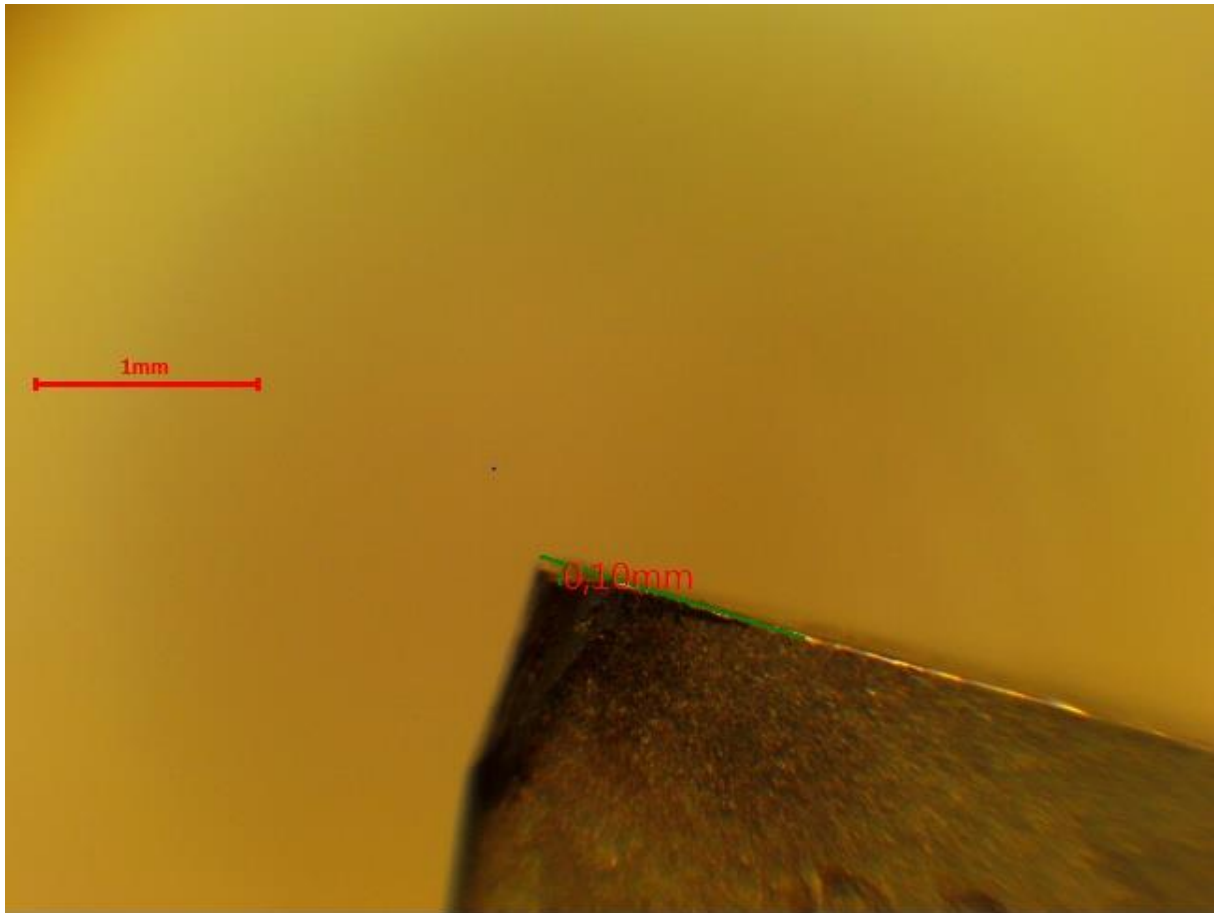


Figure III-11 : micrographie de l'usure V_B pour : $T=32\text{min}$ ($V_C=60\text{m/min}$)

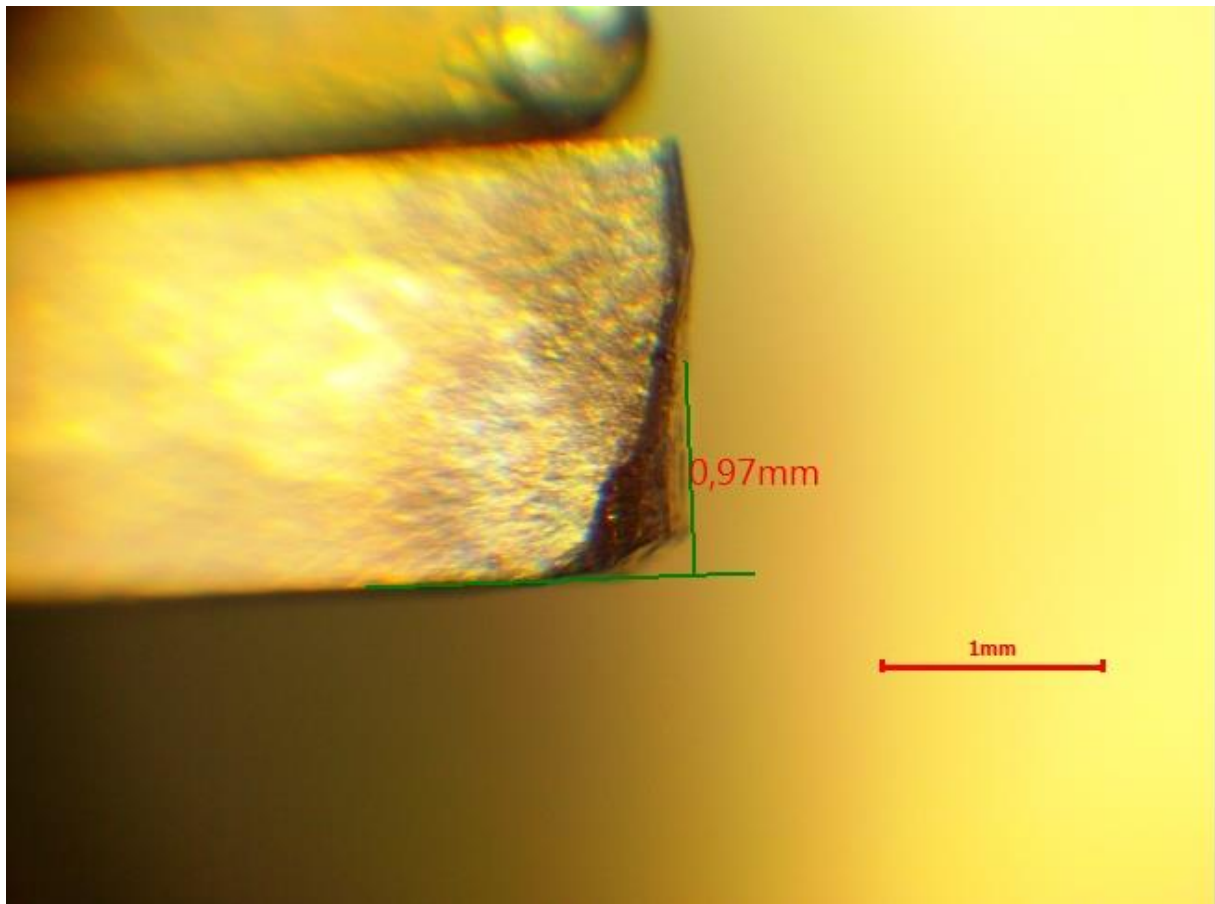


Figure III-12 : micrographie de l'usure V_B $T=150\text{min}$ ($V_C=60\text{m/min}$)

III-3-2-Contrôle du poids de l'outil

La mesure du poids de l'outil, est une mesure indirecte de son usure avec la même avance et profondeur de passe constante et une vitesse de coupe qui varie, les éprouvettes sont en acier A60 sont pesées après un temps d'usinage et les tableaux III-1 et III-2 fournissent le poids de l'outil en fonction du temps selon les conditions d'usinage données.

Temps (min)	Poids de l'outil (g)			Poids moyenne (g)
	Mesure 1	Mesure 2	Mesure 3	
0	1.106	1.106	1.106	1.106
60	1.105	1.105	1.105	1.105
77	1.103	1.103	1.103	1.103
95	1.102	1.102	1.102	1.102
127	1.101	1.101	1.101	1.101
143	1.100	1.100	1.100	1.100

Tableau III-1 : le poids de l'outil en fonction du temps

$$V_c=40\text{m/min} \quad , \quad f=0.05\text{mm/tr} \quad , \quad a_p=0.5\text{mm}$$

- Le tableau III-2 : fournit le poids de l'outil en fonction du temps pour

$$V_c=60\text{m/min} \quad , \quad f=0.05\text{mm/tr} \quad , \quad a_p=0.5\text{mm}$$

Temps (min)	Poids de l'outil (g)			Poids moyenne (g)
	Mesure 1	Mesure 2	Mesure 3	
0	1.105	1.105	1.105	1.105
32	1.104	1.104	1.104	1.104
42	1.104	1.104	1.104	1.104
55	1.103	1.103	1.103	1.103
76	1.100	1.100	1.100	1.100
98	1.098	1.098	1.098	1.098
124	1.097	1.097	1.097	1.097
150	0.097	0.097	1.097	1.097

Tableau III-2 : le poids de l'outil en fonction du temps

La représentation de la perte de poids de l'outil est donnée sur la figure III-13 montrant la décroissance du poids de l'outil expliqué par son usure. Pour des temps entre 0 et 50 minutes le poids est presque inchangé (poids élevé) puis en augmentant la durée d'usinage la perte de poids diminue de façon presque linéaire expliqué par une V_B entre 0,2 à 0,6 puis elle devient presque constante c'est l'aspect de l'usure accélérée.

Bien que les allures des courbes soient identiques les valeurs obtenues pour une vitesse de $V_c=60\text{m/min}$ sont inférieure à ceux obtenue pour $V_c=40\text{m/min}$.

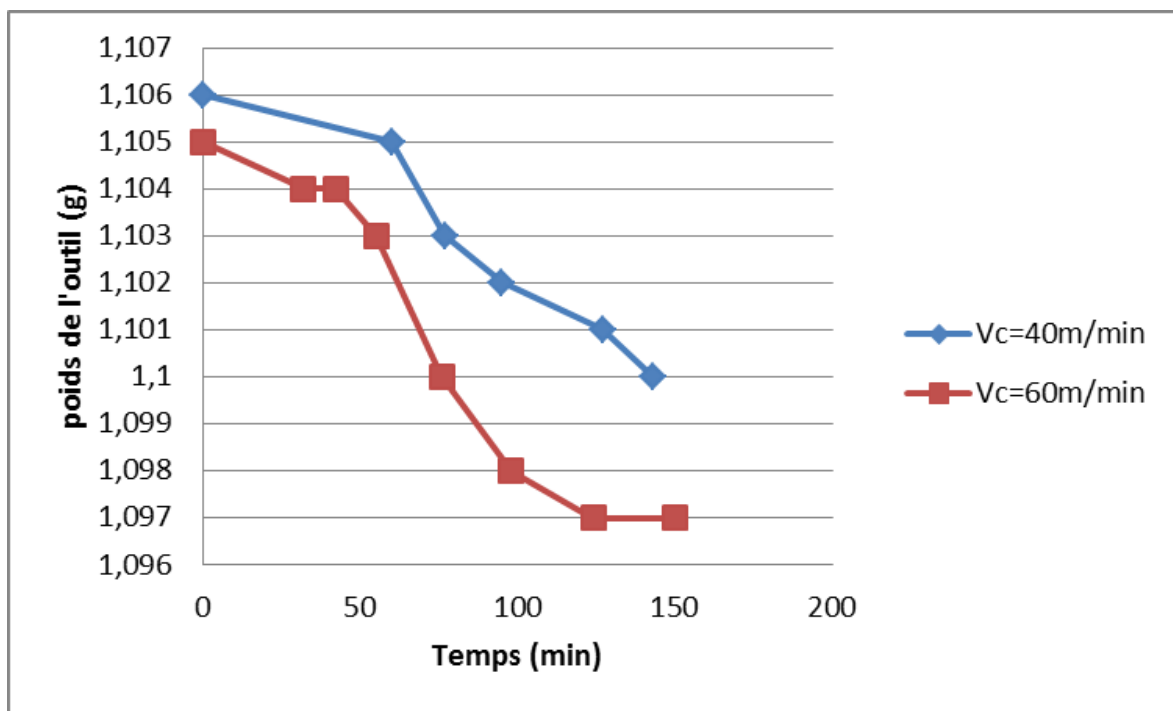


Figure III -13 : le poids de l'outil en fonction du temps

III-3-3-Influence de l'usure sur la rugosité des pièces

Le contrôle de l'état de surface des pièces usinée après une durée assez longue nous procédons au contrôle de l'état de surface à l'aide du rugosimètre qui nous donne les valeurs de tous les critères de rugosité, mais nous avons considéré seulement le critère R_a .

Pour les même conditions d'usinage utilisés c'est-à-dire avance $f=0.05\text{mm/tr}$ et profondeur passe $a_p=0.5\text{mm}$ et les vitesses de coupes $V_c=60\text{m/min}$ et $V_c=40\text{m/min}$,

Nous trouvons les valeurs qui sont illustrées sur la Figure III -14 et III -15

L'analyse des courbes représentant la rugosité en fonction du temps d'usinage montre l'influence de la durée d'usinage sur l'état de surface, Pour des temps inférieurs à 60 minutes, est faible puis devient presque constante pour T variant entre 60 et 100 minutes puis nous constatons une

augmentation très prononcée pour des durée plus élevée. Une légère différence des valeurs de Ra pour les vitesses de coupe $V_c=60\text{m/min}$ et $V_c=40\text{m/min}$ est aussi observée.

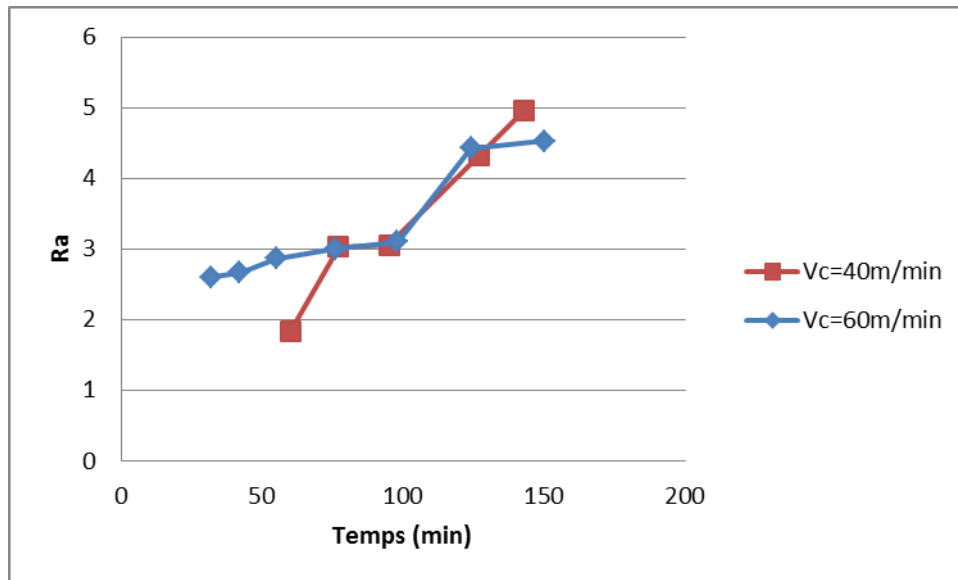


Figure III -14 : l'état surface en fonction du temps

La figure III -15 représente l'influence de l'usure V_B sur l'état de surface. L'analyse des résultats montre que l'augmentation de l'usure en dépouille V_B , entraîne une détérioration de la qualité de la surface usinée. Il faut préciser à ce niveau que, tant que l'usure est régulière et ne dépasse pas la valeur $[V_B]=0,4\text{mm}$, la rugosité (notamment le critère Ra) évolue très lentement et l'état de surface demeure appréciable. En effet, les valeurs enregistrées de Ra ne dépassent pas la valeur de $3\mu\text{m}$ et cela pour les différentes vitesses de coupe testées. Au-delà de cette valeur, la rugosité subit une augmentation relative,

En effet, une augmentation de l'usure V_B entraîne un endommagement superficiel des facettes et des arêtes tranchantes de l'outil conduit à la dégradation de l'état de surface du matériau usiné.

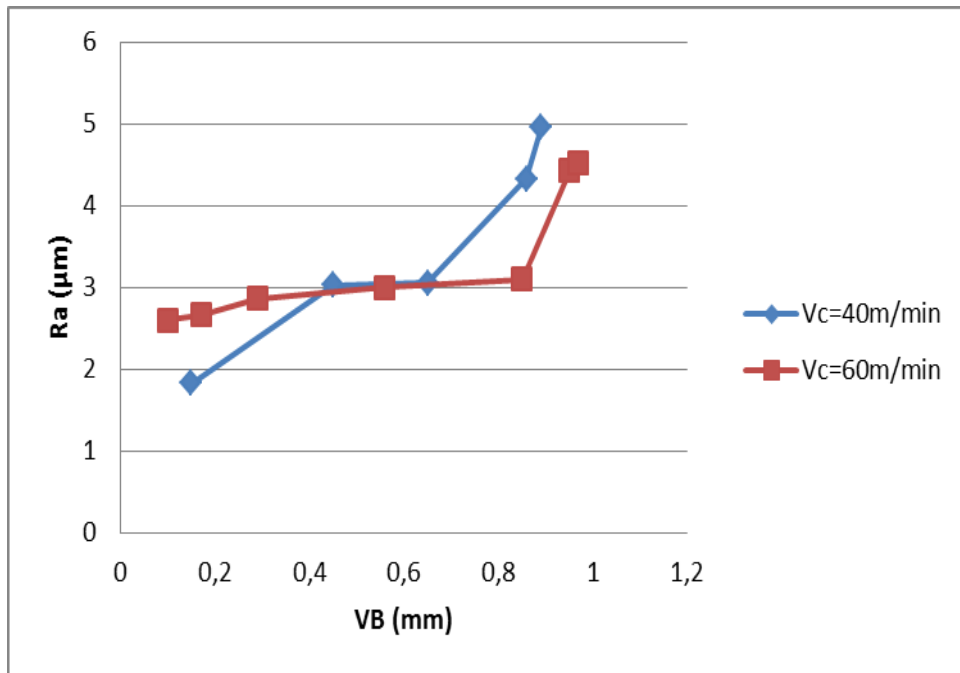


Figure III -15 : l'état surface en fonction V_B

Conclusion générale

Le manuscrit de thèse débute par une revue bibliographique exposée au chapitre 1 dans laquelle un bilan des connaissances acquises dans le domaine de l'usinage en général et particulièrement au tournage a été donné. Après une brève introduction sur les généralités de la coupe et la phénoménologie de la formation du copeau nous avons traité le phénomène de l'usure de l'outil de coupe de tournage à plaquette en carbure métallique de nuance P35 lors de l'usinage des pièces cylindriques en acier A60.

A travers ce thème traité nous avons enrichi nos connaissances sur l'usure de l'outil de tournage. Dans notre travail expérimental nous avons constaté que le phénomène d'usure le plus distingué est l'usure par abrasion, due au frottement des surfaces usinées avec les surfaces de la partie active de l'outil. Elle est présentée par une usure de la face de dépouille de largeur V_B la présence parfois d'un cratère de largeur K_T dans notre travail cette dernière n'est pas apparente aussi nous avons cherché l'évolution de l'usure V_B en fonction du temps d'usinage pour deux vitesses différentes nous avons remarqué que l'usure présente trois zones, une zone faible dite zone de rodage puis une zone d'usure normale inférieure à 0,4mm puis une zone dite d'usure accélérée dans laquelle l'outil perd ses qualités d'usinage confirmé par la bibliographie [12]. Lors de l'utilisation de la vitesse $V_c=60$ m/min les valeurs de V_B sont plus élevées comparées à ceux pour l'utilisation de la vitesse $V_c=40$ m/min sans toutefois changer l'allure générale des courbes.

A partir des résultats obtenus nous avons conclu que l'usure influence largement l'état de surface en effet une grande usure provoque une dégradation de l'état de surface exprimée par une grande rugosité.

Références bibliographie

- [1] Alain Passeron, «Tournage», Techniques de L'Ingénieur, BM7086, 1997
- [2] A. Belloufi, « Cours Procédés de Fabrication », Master Maintenance Industrielle, Université KasdiMerbah Ouargla.2010
- [3] Jean-Pierre cordebois et coll, « Fabrication Par Usinage », DUNOD, Paris 2003
- [4] A. TOUMINE, « Usinage », INSA de LYON, Groupe conception - productique, 2007
- [5] Rocardier, « Cours sur le Tournage - Usinage Cours Technologie », 2011
- [6] Alexandre Toumine, «Cours D'Usinage », Groupe Conception Production, INSA de Lyon, France.
- [7] J. Vergnas, « Usinage : Technologie et Pratique », Génie Mécanique DUNOD, ISBN 2-04-011186-7, BORDAS, Paris 1982
- [8] J. L. Fanchon« Guide des Sciences et Technologie Industrielle » Edition Nathan Paris France,1994
- [9] Denis Gelin, Michel Vincent, « Eléments de Fabrication », Les Editions Foucher, 1995.
- [10]P. CHRISTAN : « comportement de revêtements céramiques sur outil en tournage à sec finition », Ecole centrale de Lyon, 2003.
- [11] B. HAMADI : « étude des revêtements durs et applications sur outil de coupe », thèse de magister en mécanique, université Mentouri Constantine, 2010.
- [12] YALLESE MOHAMED ATHMANE ,«étude du comportement a l'usure des matériaux de coupe modernes en tournage dur», génie mécanique, productique,2005

Résumé :

Les progrès dans le domaine de l'usinage font apparaître des outils coupants de nature nouvelle susceptible d'améliorer la productivité des techniques d'usinage automatisé. Leur mise en œuvre nécessite des expérimentations spécifiques pour évaluer leurs conditions d'emploi optimales avec un minimum d'usure. Cette étude contribue à cet objectif. Le premier chapitre a pour but de faire connaître les différents outils de coupe de tournage et leurs caractéristiques et des matériaux utilisés. Le deuxième chapitre traite le phénomène de l'usure des outils de coupe particulièrement au tournage. Le troisième chapitre consiste en l'étude expérimentale de l'usure, suivie d'une analyse des résultats obtenus et observés. On peut conclure que l'étude des problèmes de l'usure en mécanique permet de choisir les paramètres nécessaires afin d'avoir un usinage avec une usure minimale de l'outil de coupe.

Mots-clés : usinage, outil, tournage, usure

ملخص

التقدم في مجال تصنيع الآلات تكشف عن نوع جديد من الأدوات قادرة على تحسين إنتاجية تقنيات القطع الآلي. تنفيذها يتطلب تجارب محددة لتقييم أوضاعهم الأمثل مع الحد الأدنى من للارتداء. تساهم هذه الدراسة في تحقيق هذا الهدف. ويهدف الفصل الأول للتعريف مختلف أدوات القطع وخصائصها والمواد المستخدمة. والفصل الثاني يتناول ظاهرة ارتداء أدوات القطع. ويتألف الفصل الثالث من الدراسة التجريبية للارتداء، يعقبه تحليل النتائج ومراعاتها. ويمكن أن نخلص إلى أن دراسة واحدة من مشاكل ارتداء الميكانيكية تسمح لاختيار الشروط الضرورية من أجل الحصول على الحد الأدنى من ارتداء أداة القطع

كلمات مفتاحية: تصنيع, أداة, خراطة, ارتداء

Abstract :

Progress in machine manufacturing reveals a new type of tool that can improve the productivity of automated cutting techniques. Their implementation requires specific testing to evaluate their optimal condition with minimal usury . This study contributes to this goal. The first chapter aims to introduce various cutting tools, their properties and materials used. The second chapter deals with the phenomenon of usurying cutting tools. The third chapter consists of the pilot study of usury , followed by analysis and observation of results. We can conclude that studying one of the mechanical usury problems allows to select the necessary conditions in order to obtain a minimum usury cutting tool

Key words : manufacturing, tool, turnery, usury