



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبو بكر بلكايد - تلمسان -

Université Abou bakr Belkaïd – Tlemcen –
Faculté de TECHNOLOGIE

MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme de MASTER

En : Génie Mécanique

Spécialité : Construction Mécanique

Par : Yazid Yacine

Sujet

Etude de l'influence de la vitesse d'avance sur l'état de surface.

Soutenu publiquement, le 26 / 06 / 23, devant le jury composé de :

| | | | |
|--------------------------------|------------|-----------------------|--------------|
| M.BENACHOUR Mustapha | Professeur | Université de Tlemcen | Président |
| Mme. CHEIKH Nassima | MAA | Université de Tlemcen | Examineur |
| M. RAHOU Mohamed | Professeur | Université de Tlemcen | Encadreur |
| M. SEBAA Fethi | Professeur | Université de Tlemcen | Co-Encadreur |

Année universitaire :
2022/2023

Remerciements

Je suis reconnaissant envers Allah d'avoir été guidé et assisté dans l'achèvement de ce modeste travail. Après cinq années d'études au sein du département de génie mécanique, aboutissant à la rédaction et à la soutenance de ce mémoire de master en Génie Mécanique, option "ISM", je tiens à primer ma profonde gratitude envers toutes les personnes qui ont contesté au succès de ce projet.

Je souhaite exprimer ma sincère reconnaissance envers Monsieur SEBAA Fethi et Monsieur RAHOU Mohamed, qui m'ont proposé ce sujet et ont suivi attentivement son avancement. Grâce à leur vaste expertise, leurs conseils inestimables et leur soutien constant, j'ai pu mener ce travail à terme. Cela a été un honneur pour moi de travailler avec eux, et je leur adresse mes respects les plus sincères.

Je remercie également les membres du jury, Monsieur BENACHOUR Mustapha et Madame CHEIKH Nassima, qui ont présidé le jury et évalué le mémoire. Leur présence et leur évaluation ont été un honneur pour moi. Je souhaite également exprimer ma gratitude à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce projet, même si je ne peux les nommer individuellement.

Dédicaces

Je suis reconnaissant envers Allah, le Clément et le Miséricordieux, qui m'a accordé la force physique et morale pour réaliser mon rêve. Un rêve que je souhaite voir se perpétuer indéfiniment.

Cette mémoire est dédiée à tous ceux qui travaillent inlassablement et luttent pour faire du savoir leur guide ultime. Leur engagement vise à armer chaque individu de toutes les ressources intellectuelles nécessaires pour servir sa nation et vivre une vie empreinte de noblesse.

En cette heureuse et mémorable circonstance, je tiens à remercier vivement mes chers parents Mohamed et Malika, des sources intarissables d'affections, d'attention et de dévouement.

Je tiens également à exprimer ma profonde gratitude envers ma grand-mère Y.SAFIA et ma tante Y.MERIEM, qui ont toujours été une source de motivation pour mes études et l'achèvement de ce mémoire. Je prie Allah de les préserver et de les protéger.

Mon petit frère Hamza et mes sœurs Fatima et Assia , pour leurs soutiens moraux.

Tous mes amis Z.EL MOUAIZ EL HADI, S.HAITHEME ,T.ABDELLAH B.MILOUD K.MOHAMED, B.REDOUANE, T.LEKHDAR , T.AKRAM, S.AMINE, B.ILYES

Je tiens à primer ma sincère gratitude à tous ceux qui ont généreusement consacré leur temps et leur attention à mon nécessaire. Je souhaite sincèrement n'avoir omis personne.

Que le Tout-Puissant récompense ceux qui ont été bienveillants envers moi.

Abréviations

V_c : Vitesse de coupe m/min

N : Fréquence de rotation Tour/min

F : Avance (Mm/tour)

V_f : Vitesse d`avance (Mm/min)

A_p : Profondeur de passe (Mm)

D : Diamètre à usiné (Mm)

r_ϵ : Rayon de bec (mm)

α : Angle de dépouille (rd)

β : Angle de taillant (rd)

γ : Angle de coupe (rd)

D : Point principal de l'arête

n : Nombre de passes

L : La longueur d'usinage

li : La distance d'approche

T_{tc} : Temps technologique de coupe en chariotage

ω : La vitesse de rotation

D : Diamètre de la fraise

Z : Nombre de dents de la fraise

f : Avance par dent (mm/dent)

CFAO : Conception et fabrication Assistée par Ordinateur

CN : Commande Numérique

TCN : Tournage commande numérique

OM : Origine Machine

R(OM) : Origine mesure

OP : Origine programme

W(OP) : Origine pièce

CAM : Computer aided manufacturing

S : Vitesse de rotation (Tr/mn)

Résumé

La rugosité est une mesure de la texture et des irrégularités de la surface d'un matériau ou d'une pièce. Elle indique les variations de hauteur des aspérités présentes en surface.

La rugosité est influencée par les méthodes de fabrication, les paramètres de coupe et les matériaux utilisés. Elle joue un rôle crucial dans la fonctionnalité et l'esthétique des pièces usinées.

Le but de cette étude est l'effet des paramètres de coupe en général et plus particulièrement la vitesse d'avance sur la rugosité en application de l'alpax.

Pour atteindre cet objectif, deux parties ont été présentées. La première partie est consacrée aux généralités sur l'usinage.

La seconde partie est consacrée à une étude expérimentale. Le but de cette étude est la détermination de l'évolution de l'état de surface en fonction de la vitesse d'avance. On a effectué une série de 55 essais, en variant les vitesses d'avance dont la profondeur et la vitesse de coupe sont constantes

Mots-clés : vitesse d'avance, rugosité, tournage, commande numérique, paramètres de coupe.

ملخص

الخشونة هي قياس للملمس وعدم انتظام سطح المواد أو القطعة إنها تشير إلى تغيرات ارتفاع التضاريس الموجودة على السطح الخشونة تتأثر بطرق التصنيع ومعلمات القطع والمواد المستخدمة. إنها تلعب دورًا حاسمًا في وظيفة وجمال القطع المشغولة هدف هذه الدراسة هو دراسة تأثير معلمات القطع بشكل عام وخاصة سرعة التقدم على الخشونة عند استخدام المادة المعروفة بالألباكس.

لتحقيق هذا الهدف، تم تقديم جزئين. الجزء الأول مخصص للمبادئ العامة للتشغيل الجزء الثاني مخصص للدراسة التجريبية. هدف هذه الدراسة هو تحديد تطور حالة السطح بناءً على سرعة التقدم. تم إجراء سلسلة من 55 تجربة ، مع تغيير سرعات التقدم ومع الحفاظ على عمق القطع وسرعة القطع ثابتتين.

الكلمات الرئيسية: تأثير سرعة التقدم، خشونة، تشغيل، تحكم رقمي، معاملات القطع.

Abstract

Roughness is a measure of the texture and irregularities on the surface of a material or a component. It indicates the height variations of the surface roughness.

Roughness is influenced by manufacturing methods, cutting parameters, and materials used. It plays a crucial role in the functionality and aesthetics of machined parts.

The objective of this study is to examine the effect of cutting parameters, specifically the feed rate, on roughness when applying Alpax. To achieve this goal, two parts have been presented. The first part provides general information about machining.

The second part focuses on an experimental study. The aim of this study is to determine the evolution of surface conditions based on the feed rate. A series of 55 tests were conducted, varying the feed rates while keeping the cutting depth and cutting speed constant.

Keywords: Influence of feed rate, roughness, turning, numerical control, cutting parameters.

Sommaire

| | |
|----------------------------|---|
| Introduction générale..... | 1 |
|----------------------------|---|

Chapitre I : Généralités sur l'usinage

| | | |
|------|---|----|
| 1.1 | Introduction | 3 |
| 1.2 | Type d'usinage | 3 |
| 1.3 | Opération de tournage..... | 3 |
| 1.4 | Tournage..... | 4 |
| 1.5 | Classification des machines de tour | 4 |
| - | Tours parallèles à charioter et à fileter | 4 |
| - | Tours à copier..... | 4 |
| - | Tours semi-automatiques..... | 4 |
| - | Tours automatiques | 4 |
| - | Tours automatiques multibroches | 4 |
| - | Tours à commande numérique CN | 4 |
| 1.6 | Différentes opérations de tournage..... | 4 |
| - | Chariotage | 5 |
| - | Dressage | 5 |
| - | Alésage..... | 5 |
| - | Tronçonnage..... | 5 |
| - | Filetage..... | 5 |
| 1.7 | Outil de coupe en tournage..... | 6 |
| 1.8 | Fraisage | 6 |
| 1.9 | Opération de fraisage..... | 7 |
| 1.10 | Classification des fraiseuses | 7 |
| - | Fraiseuses universelles | 7 |
| - | Fraiseuse horizontale | 8 |
| - | Fraiseuse Verticale | 8 |
| - | Fraiseuses de production | 9 |
| - | Fraiseuses spéciales | 10 |
| 1.11 | Conclusion :..... | 10 |

Chapitre II: Paramètres de coupe

| | | |
|-------|---|----|
| 2 | Introduction | 12 |
| 2.1 | Etat de l'art | 12 |
| 2.2 | Choix des paramètres de coupe | 12 |
| 2.3 | Paramètres de coupe en tournage | 12 |
| - | Vitesse de coupe | 13 |
| - | Vitesse d'avance | 13 |
| 2.4 | Profondeur de passe..... | 14 |
| 2.5 | OUTIL DE COUPE..... | 14 |
| 2.6 | Géométrie de l'outil | 15 |
| 2.6.1 | Matériau de la plaquette | 16 |
| 2.6.2 | Revêtement de la plaquette..... | 16 |
| 2.7 | Outils de coupe utilisés en tournage dur..... | 16 |
| 2.8 | Lubrification..... | 17 |
| 2.9 | Temps technologique de chariotage | 18 |
| 2.10 | Paramètres de coupe en fraisage..... | 19 |
| - | Vitesse de coupe V_C | 19 |
| - | Vitesse d'avance V_f | 20 |
| 2.11 | Profondeur de passe..... | 21 |
| 2.12 | Rugosité de surface | 21 |
| 2.13 | Conclusion..... | 22 |

Chapitre III: Etude expérimentale et modélisation

| | | |
|-------|-----------------------------|----|
| 3 | Introduction | 24 |
| 3.1 | Etude expérimentale | 24 |
| 3.1.1 | Machine utilisée..... | 24 |
| 3.1.2 | Outil de coupe utilisé..... | 25 |
| 3.1.3 | Matériau utilisé..... | 26 |
| 3.2 | Plan des essais | 27 |
| 3.2.1 | Essai 1..... | 27 |
| 3.2.2 | Essai 2..... | 28 |
| 3.2.3 | Essai 3..... | 29 |
| 3.2.4 | Essai 4..... | 30 |
| 3.2.5 | Essai 5..... | 32 |
| 3.2.6 | Essai 6..... | 33 |

| | | |
|--------|-----------------------------------|-----------|
| 3.2.7 | Essai 7..... | 34 |
| 3.2.8 | Essai 8..... | 35 |
| 3.2.9 | Essai 9..... | 36 |
| 3.2.10 | Essai 10..... | 37 |
| 3.2.11 | Essai 11..... | 38 |
| 3.3 | Interprétation des résultats..... | 39 |
| 3.4 | Modélisation..... | 39 |
| 3.5 | Outil développé | 41 |
| 3.6 | Conclusion..... | 49 |
| | Conclusion générale | 50 |

Liste des tableaux

Chapitre III

| | |
|---|----|
| Tableau 3-1 : Caractéristique techniques de la machine..... | 25 |
| Tableau 3-2 : Les caractéristiques d'aluminium AS13..... | 26 |
| Tableau 3-3 : Résultats de l'essai 1..... | 27 |
| Tableau 3-4 : Résultats de l'essai 2..... | 29 |
| Tableau 3-5 : Résultats de l'essai 3..... | 30 |
| Tableau 3-6 : Résultats de l'essai 4..... | 31 |
| Tableau 3-7 : Résultats de l'essai 5..... | 32 |
| Tableau 3-8 : Résultats de l'essai 6..... | 33 |
| Tableau 3-9 : Résultats de l'essai 7..... | 34 |
| Tableau 3-10 : Résultats de l'essai 8..... | 35 |
| Tableau 3-11 : Résultats de l'essai 9..... | 36 |
| Tableau 3-12 : Résultats de l'essai 10..... | 37 |
| Tableau 3-13 : Résultats de l'essai 11..... | 38 |

Liste des figures

Chapitre I

| | |
|--|----|
| Figure 1-1 : Mouvements en opération de tournage..... | 3 |
| Figure 1-2 : Tour Classique. | 4 |
| Figure 1-3 : Différentes opérations de tournage..... | 5 |
| Figure 1-4 : Angles de coupe. | 6 |
| Figure 1-5 : Mouvement de coupe et d'avance pour le fraisage | 7 |
| Figure 1-6 : Fraiseuse universelle | 8 |
| Figure 1-7 : Fraiseuse horizontale. | 8 |
| Figure 1-8 : Fraisage vertical..... | 9 |
| Figure 1-9 : Fraiseuse à C.N. | 9 |
| Figure 1-10 : Fraiseuse multibroches. | 10 |

Chapitre II

| | |
|---|----|
| Figure 2-1 : Représentation de vitesse de coupe..... | 13 |
| Figure 2-2 : Représentation de la vitesse d'avance..... | 13 |
| Figure 2-3 : Représente les paramètres d'usinage ajustable..... | 14 |
| Figure 2-4 : Plaquette d'outil de coupe. | 15 |
| Figure 2-5 : Différentes formes d'inserts d'outils de coupe | 16 |
| Figure 2-6 : Lubrification. | 18 |
| Figure 2-7 : Représentation des Paramètres de coupe en fraisage | 19 |
| Figure 2-8 : Représentation de la vitesse de coupe. | 20 |
| Figure 2-9 : Représentation de Vitesse d'avance en fraisage. | 21 |
| Figure 2-10 : Coordonnées utilisées pour la mesure de la rugosité de surface..... | 22 |

Chapitre III

| | |
|---|----|
| Figure 3-1 : Machine utilisée. | 24 |
| Figure 3-2 : Outil de coupe utilisé. | 25 |
| Figure 3-3 : Matériau utilisé. | 26 |
| Figure 3-4 : Eprouvette brut..... | 26 |
| Figure 3-5 : Eprouvettes à usinée..... | 27 |
| Figure 3-6 : Simulation d'usinage ($a_p=1\text{mm}$). | 28 |
| Figure 3-7 : Evolution de la rugosité en fonction de la vitesse d'avance. | 28 |
| Figure 3-8 : Evolution de la rugosité en fonction de la vitesse d'avance. | 29 |
| Figure 3-9 : Evolution de la rugosité en fonction de la vitesse d'avance. | 30 |
| Figure 3-10 : Evolution de la rugosité en fonction de la vitesse d'avance. | 31 |
| Figure 3-11 : Evolution de la rugosité en fonction de la vitesse d'avance. | 32 |
| Figure 3-12 : Simulation d'usinage..... | 33 |
| Figure 3-13 : Evolution de la rugosité en fonction de la vitesse d'avance. | 34 |
| Figure 3-14 : Evolution de la rugosité en fonction de la vitesse d'avance. | 35 |
| Figure 3-15 : Evolution de la rugosité en fonction de la vitesse d'avance. | 36 |

| | |
|---|----|
| Figure 3-16 : Evolution de la rugosité en fonction de la vitesse d'avance. | 37 |
| Figure 3-17 : Evolution de la rugosité en fonction de la vitesse d'avance. | 38 |
| Figure 3-18 : Evolution de la rugosité en fonction de la vitesse d'avance. | 39 |
| Figure 3-19 : Modélisation par MINITAB. | 40 |
| Figure 3-20 : Effet de la vitesse d'avance f sur la rugosité R_a | 41 |
| Figure 3-21 : L'organigramme de l'interface développée. | 42 |
| Figure 3-22 : Présentation de logiciel. | 42 |
| Figure 3-23 : Type d'usinage. | 43 |
| Figure 3-24 : Choix de la matière de la pièce. | 43 |
| Figure 3-25 : Choix de la matière de l'outil. | 44 |
| Figure 3-26 : Aide au choix des paramètres de coupe dans le cas de CHARIOTAGE/ DRESSAGE. | 44 |
| Figure 3-27 : Aide au choix des paramètres de coupe dans le cas de TRONÇONNAGE. | 45 |
| Figure 3-28 : Aide au choix des paramètres de coupe dans le cas de FILETAGE. | 45 |
| Figure 3-29 : Paramètres de coupe cas du tournage. | 46 |
| Figure 3-30 : Paramètres de coupe en fraisage. | 47 |
| Figure 3-31 : Aide au choix des paramètres de coupe dans le cas de SARFAÇAGE. | 48 |
| Figure 3-32 : Aide au choix des paramètres de coupe dans le cas de RAINURAGE. | 48 |

Introduction générale

La rugosité de la surface est une mesure importante dans l'ingénierie et la fabrication de pièces mécaniques. Elle décrit la texture et les irrégularités de la surface d'une pièce, qui peuvent affecter son apparence, sa performance et sa durabilité. La rugosité de surface est déterminée par une combinaison de facteurs, tels que les méthodes de fabrication, les paramètres de coupe et les matériaux utilisés.

L'état de surface est l'une des caractéristiques les plus importantes d'une pièce usinée. Il décrit les propriétés de la surface, telles que la rugosité, la planéité et la texture, qui affectent directement la qualité, les performances et la durabilité de la pièce. La vitesse d'avance est l'un des paramètres les plus critiques dans les opérations d'usinage, car elle peut avoir une influence considérable sur l'état de surface.

L'objectif de cette étude est d'analyser l'effet de la vitesse d'avance sur la rugosité.

Afin d'atteindre cet objectif, ce mémoire est structuré en trois chapitres.

Le premier chapitre est consacré aux généralités sur l'usinage.

Le second chapitre concerne les paramètres de coupe en tournage et en fraisage.

Le troisième chapitre est consacré à l'étude expérimentale de l'influence de la vitesse d'avance sur l'état de surface.

Ce travail se termine par une conclusion générale.

Généralités sur l'usinage

1.1 Introduction

L'objectif de ce chapitre est de présenter des généralités sur la fabrication des pièces mécaniques par l'enlèvement de matière ou bien l'usinage.

1.2 Type d'usinage

Les différents types d'usinage sont classés en deux familles, le tournage et le fraisage.

1.3 Opération de tournage

L'opération de tournage est une opération d'usinage des métaux de base largement utilisée dans les industries de la coupe des métaux. Un outil de coupe à pointe unique de haute précision est maintenu de manière rigide dans un porte-outil et est avancé le long d'une pièce en rotation dans une direction parallèle à l'axe de rotation de la pièce, à une vitesse constante. Les matériaux indésirables sont enlevés sous forme de copeaux, ce qui donne lieu à un profil cylindrique ou plus complexe [1,2]. Cette opération est réalisée dans un tour, soit manuellement sous la supervision d'un opérateur, soit par un programme informatique de contrôle. Il existe deux types de mouvement dans une opération de tournage. Le premier est le mouvement de coupe, qui est le mouvement circulaire de la pièce, et l'autre est le mouvement d'avance, qui est le mouvement linéaire donné à l'outil.

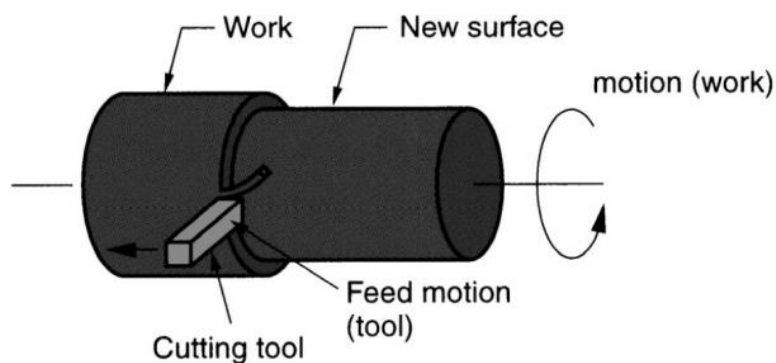


Figure 1-1: Mouvements en opération de tournage. [3]

1.4 Tournage

La figure 1-2 montre une machine de tour classique.

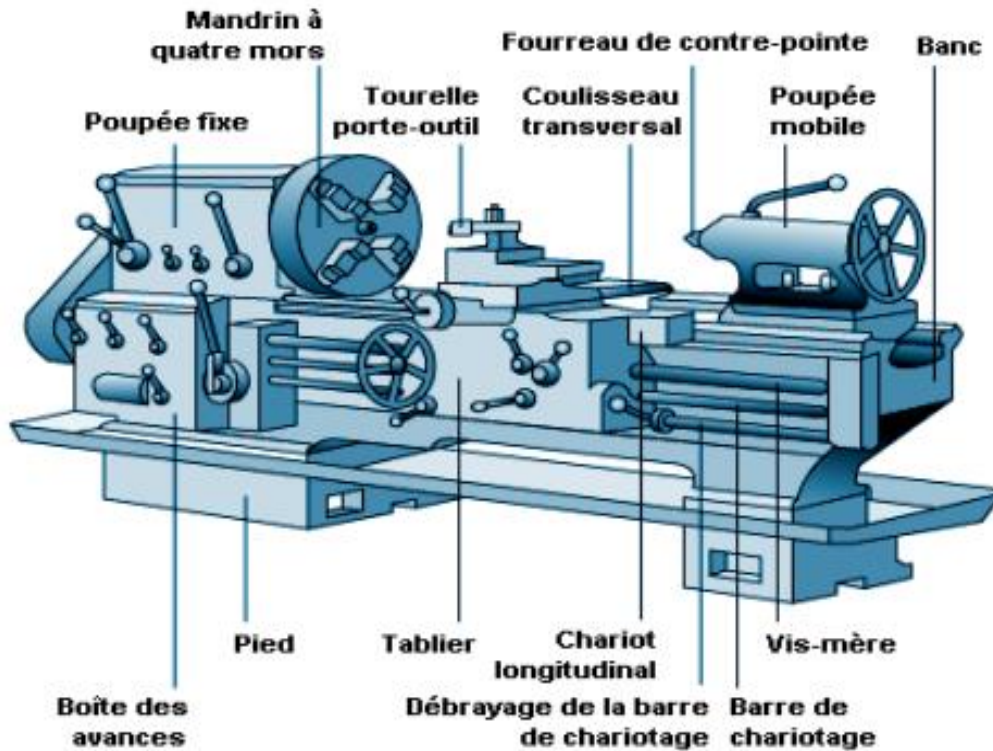


Figure 1-2: Tour Classique.

1.5 Classification des machines de tour[4]

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

- Tours parallèles à charioter et à fileter
- Tours à copier
- Tours semi-automatiques
- Tours automatiques
- Tours automatiques multibroches
- Tours à commande numérique CN

1.6 Différentes opérations de tournage

Les différentes opérations, figure 1-3, les plus utilisées pour le tournage sont :

- Chariotage
- Dressage
- Perçage
- Alésage
- Rainurage
- Tronçonnage
- Filetage

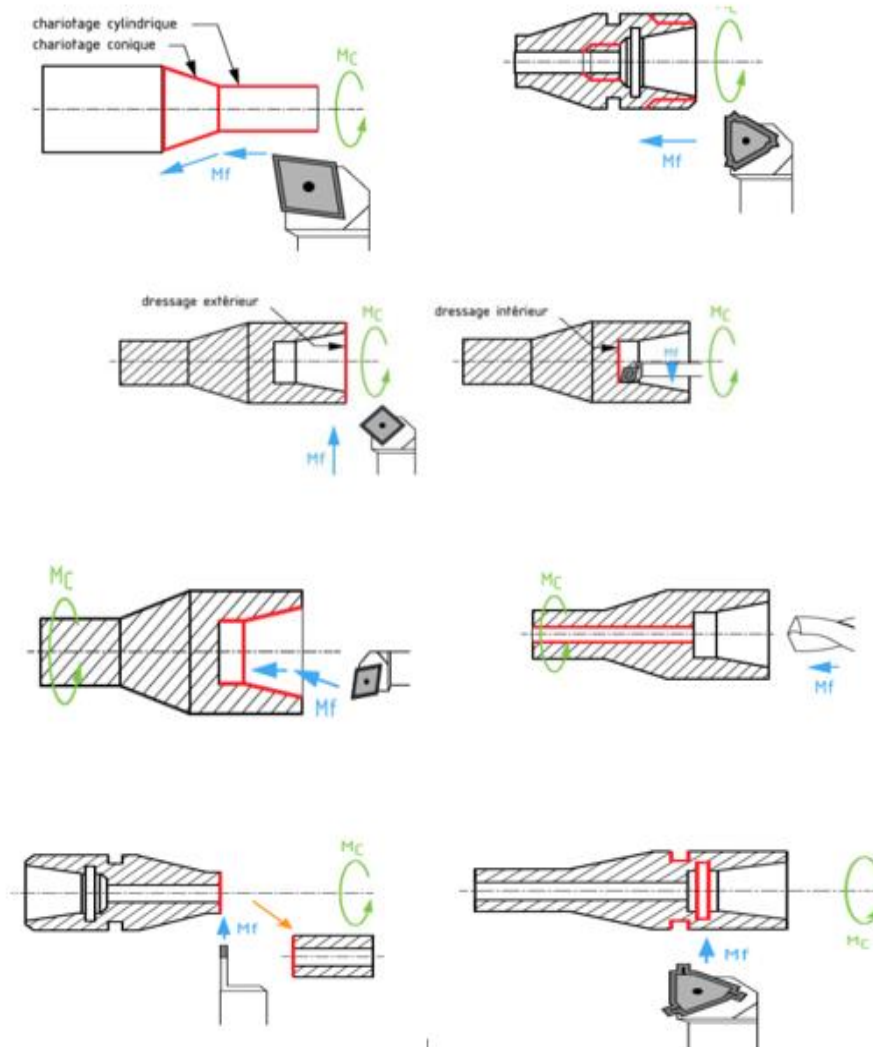


Figure 1-3 : Différentes opérations de tournage. [5]

1.7 Outil de coupe en tournage

Le choix de l'outil de coupe en tournage est basé sur :

- Angle de dépouille α ;
- Angle de taillant β ;
- Angle de coupe γ ;
- Angle d'inclinaison de l'arête λ ;
- Angle de direction de l'arête χ_r ;
- Angle de direction complémentaire ψ_r ;
- Angle de pointe δ_r ;

La figure 1-4 présente les angles de coupe.

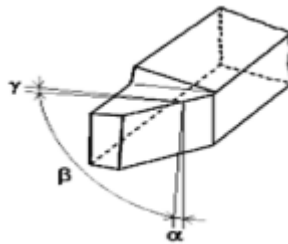


Figure 1-4 : Angles de coupe.

1.8 Fraisage

Le fraisage est un procédé d'usinage couramment utilisé dans l'industrie de la fabrication. Il consiste à enlever des copeaux de matière d'une pièce en faisant tourner une fraise autour de son axe et en déplaçant la pièce de travail dans différentes directions. La fraise est un outil de coupe rotatif doté de dents coupantes disposées sur sa circonférence. Le fraisage peut être réalisé sur différentes machines, telles que les fraiseuses conventionnelles, les fraiseuses à commande numérique par ordinateur (CNC) et les centres d'usinage. Il permet de réaliser une grande variété d'opérations, notamment le fraisage de surfaces planes, de rainures, de poches, de contours complexes et de filetages.

La figure1-5 montre un mouvement de coupe et d'avance pour le fraisage.

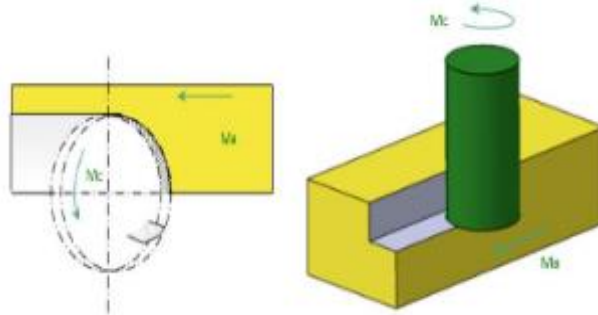


Figure 1-5 : Mouvement de coupe et d'avance pour le fraisage. [5]

1.9 Opération de fraisage

L'opération de fraisage est un processus d'enlèvement de métal utilisant un outil avec une ou plusieurs dents tournant autour d'un axe fixe, chaque dent enlevant du matériau d'une pièce alimentée devant l'outil. Ainsi, le fraisage est un processus de coupe intermittent, chaque dent produisant des copeaux d'épaisseur variable. La rotation de la fraise N (tr/min) et son déplacement avec une vitesse d'avance F (pouces/min) créent le mouvement relatif du bord de coupe par rapport à la pièce à usiner. La vitesse périphérique de la fraise est la vitesse de coupe V (pouces/min), qui dépend de la vitesse de rotation et du diamètre de la fraise.

1.10 Classification des fraiseuses

Les machines-outils les plus utilisées pour le fraisage sont :

- Fraiseuses universelles

La figure1-6 montre une fraiseuse universelle.

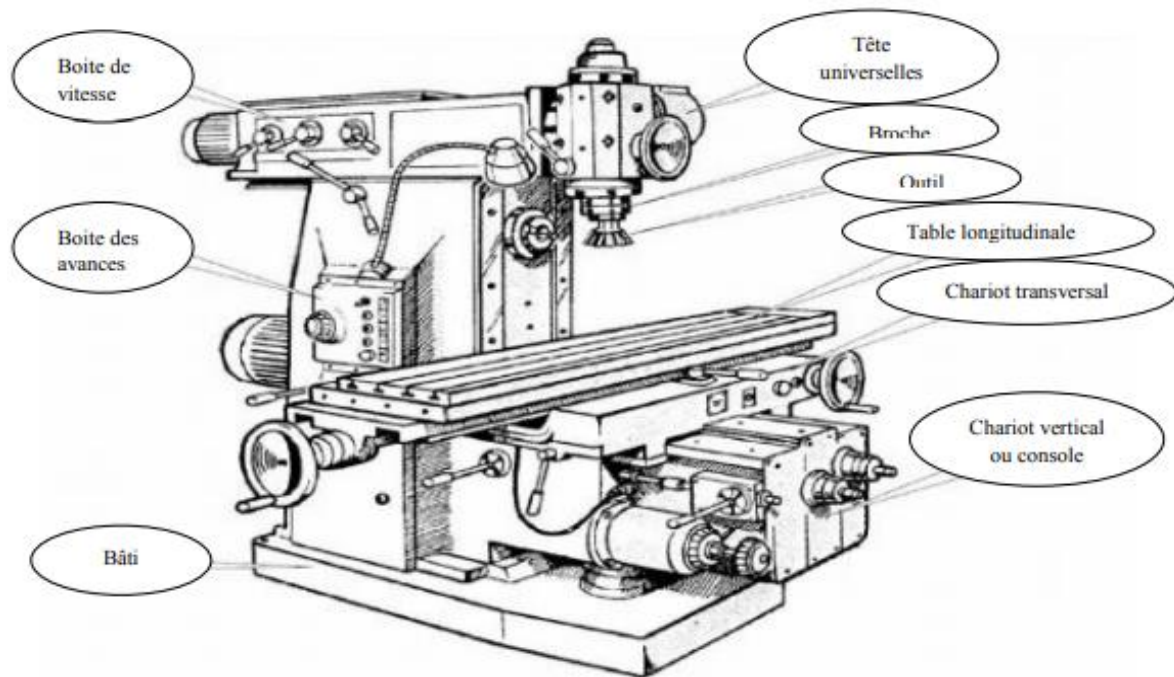


Figure 1-6 : Fraiseuse universelle. [6]

- Fraiseuse horizontale

L'axe de la broche est parallèle à la table.

La figure 1-7 montre la machine de la fraiseuse horizontale.



Figure 1-7 : Fraiseuse horizontale.

- Fraiseuse Verticale

L'axe de la broche est perpendiculaire à la table.

La figure 1-8 montre la machine de fraisage vertical.



Figure 1-8 : Fraisage vertical. [16]

- Fraiseuses de production

La figure 1-9 montre une machine fraiseuse à CN à banc fixe.



Figure 1-9 : Fraiseuse à C.N. [16]

- Fraiseuses spéciales

La figure 1-10 montre une fraiseuse multibroche.



Figure 1-10 : Fraiseuse multibroches.

1.11 Conclusion :

Dans ce chapitre, on a présenté les différents types d'usinage. Cette étude bibliographique montre que l'usinage est une méthode essentielle pour la fabrication de pièces mécaniques et exige une grande précision et un savoir-faire.

Chapitre II
Paramètres de coupe

2 Introduction

Le choix des paramètres de coupe telles que la fréquence de rotation, la vitesse d'avance, la profondeur de coupe, la géométrie de l'outil de coupe ... jouent un rôle primordiale sur la durée de vie des outils de coupe, l'état de surface des pièces usinées, les tolérances de fabrication et la productivité.

2.1 Etat de l'art

L'état de l'art, également connu sous le nom d'état de la technique, fait référence à l'ensemble des connaissances, des techniques, des avancées et des pratiques actuelles dans un domaine spécifique à un moment donné. Il représente le niveau le plus avancé de développement et de compréhension atteint par une communauté de chercheurs, d'experts ou de praticiens dans ce domaine.

Nanavati [7] ont utilisé l'avance, la vitesse de coupe et le rayon de bec de l'outil comme prédicteurs dans la méthode RSM et ont déterminé que l'avance était le facteur le plus significatif affectant la rugosité de surface, suivi du rayon de bec de l'outil. Une étude menée par Bouacha [8] a montré que le débit d'avance était le paramètre le plus influent dans la détermination de la finition de surface d'un produit, suivi de la vitesse de coupe. Halime [3] a constaté que l'usure de l'outil est principalement affectée par la profondeur de coupe, tandis que les autres facteurs semblaient insignifiants. La présente étude utilise la vitesse de coupe, l'avance et la profondeur de coupe en tant que paramètres d'usinage et l'objectif est d'optimiser ces paramètres afin de trouver la rugosité de surface minimale et l'usure de l'outil.

2.2 Choix des paramètres de coupe [9]

Il y a trois facteurs influençant sur le choix des paramètres de coupe, qui sont :

- L'opération d'usinage ;
- La forme de l'outil ;
- La matière de la pièce ;

2.3 Paramètres de coupe en tournage

Les principaux facteurs dans toute opération de tournage de base sont la vitesse, l'avance et la profondeur de coupe. D'autres facteurs tels que le type de matériau et le type d'outil ont bien sûr une grande influence, mais ces trois-là sont ceux que l'opérateur peut modifier en ajustant les commandes.

- Vitesse de coupe

La vitesse de coupe peut être définie comme la vitesse à laquelle la surface non coupée de la pièce à usiner passe devant l'outil de coupe [10], généralement exprimée en m/min (voir figure 2-1).

La vitesse de coupe est liée directement à la fréquence de la broche (voir figure 2-1).

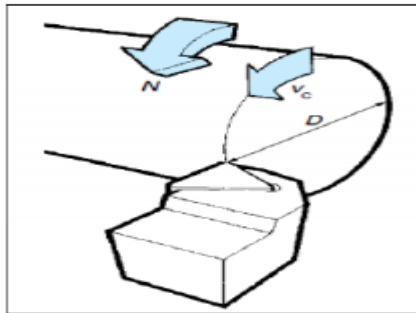


Figure 2-1: Représentation de vitesse de coupe. [6]

La relation de la vitesse de coupe est donnée par (1). [3]

$$V_c = \frac{\pi \times D \times N}{1000} \quad (1)$$

- V_c : vitesse de coupe (m/min) ;

- D : Diamètre à usiné (mm) ;

- N : Fréquence de rotation (tr/min) ;

- Vitesse d'avance

La vitesse d'avance V_f est liée au déplacement de l'outil par rapport au bâti (figure 2-2).

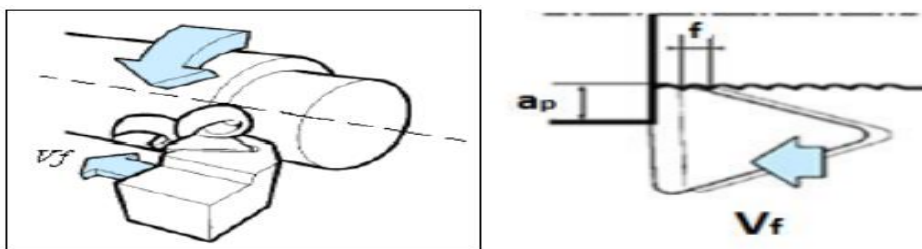


Figure 2-2 : Représentation de la vitesse d'avance. [6]

La relation de la vitesse d'avance est donnée par l'équation (2).

$$V_f = f \times N \quad (2)$$

- V_f : Vitesse d'avance (mm / mn) ;
- f : Avance (mm) ;
- N : Fréquence de rotation (tr / mn) ;

2.4 Profondeur de passe

La profondeur de passe est déterminée en fonction des paramètres de coupe tels que la vitesse d'avance, la vitesse de rotation de la broche et les caractéristiques de l'outil de coupe. Elle correspond à l'épaisseur de matériau enlevée à chaque passage de l'outil sur la pièce à usiner. La profondeur de passe est généralement exprimée en millimètres (mm) et peut être ajustée pour atteindre les objectifs de l'opération d'usinage, tels que l'enlèvement de matière souhaité ou la précision dimensionnelle requise. Elle influence directement la quantité de matière enlevée et peut affecter la durée de vie de l'outil, la rugosité de surface et d'autres caractéristiques de l'usinage.

$$D = \frac{D_1 - D_2}{2}$$

D_1 = représente le diamètre initial de la pièce à usiner.

D_2 = représente le diamètre final de la pièce à usiner.

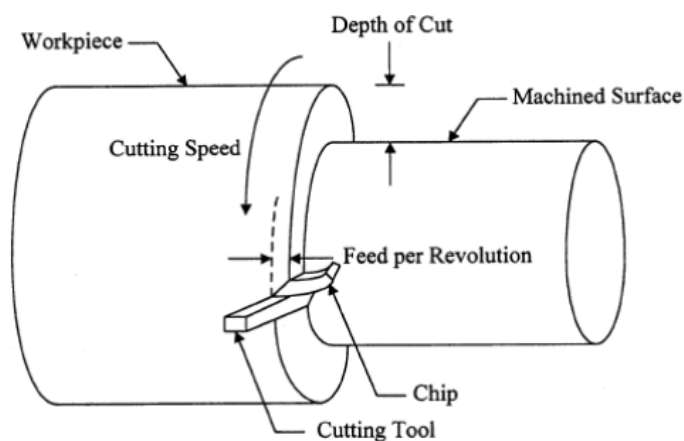


Figure 2-3 : Représente les paramètres d'usinage ajustables. [11]

2.5 OUTIL DE COUPE

Un outil de coupe peut être défini comme une partie d'une machine-outil qui est responsable de l'élimination du matériau excessif de la pièce par abrasion mécanique directe et

déformation par cisaillement [2,12,13]. un outil de coupe efficace doit avoir les caractéristiques suivantes :

- a) Dureté : Le matériau de l'outil doit être plus dur que le matériau de la pièce.
- b) Dureté à chaud : L'outil doit maintenir sa dureté à des températures élevées rencontrées pendant le processus d'usinage.
- c) Résistance à l'usure : L'outil doit avoir une durée de vie acceptable avant de s'user et d'avoir besoin d'être remplacé.
- d) Ténacité : Le matériau doit être suffisamment résistant pour résister aux chocs et aux vibrations. Pendant la coupe interrompue, l'outil ne doit pas s'écailler ou se fracturer. Pour l'étude à venir, l'outil de coupe utilisé sera un outil à plaquette fixe.

2.6 Géométrie de l'outil

Pour les outils de coupe, la géométrie illustrée à la figure 2-4 dépend des propriétés du matériau de l'outil et du matériau à usiner. Pour les outils à un seul point de coupe, les angles les plus importants sont les angles d'inclinaison et les angles de dépouille avant et arrière.

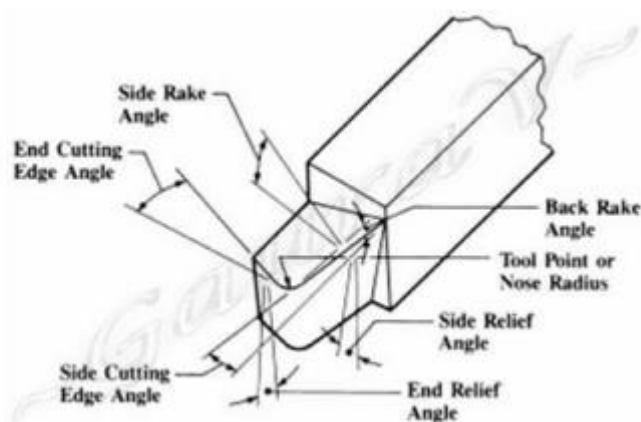


Figure 2-4 : Plaquette d'outil de coupe.

Le terme "plaquette" fait référence à la condition dans laquelle un outil de coupe est vissé ou fixé à un porte-outil qui est à son tour fixé au porte-outil. Les plaquettes sont fixées par divers mécanismes de verrouillage [3]. L'avantage des plaquettes est que lorsqu'un bord particulier est usé, il peut être tourné pour présenter un nouveau bord tranchant. Dans certains cas, si la géométrie le permet, après avoir utilisé tous ces bords, la plaquette peut être retirée, retournée et re-clampée pour révéler un nouvel ensemble de bords tranchants. Les plaquettes existent dans une gamme variée de formes et de tailles, dont certaines sont illustrées à la Figure 2-5 provenant de [13].

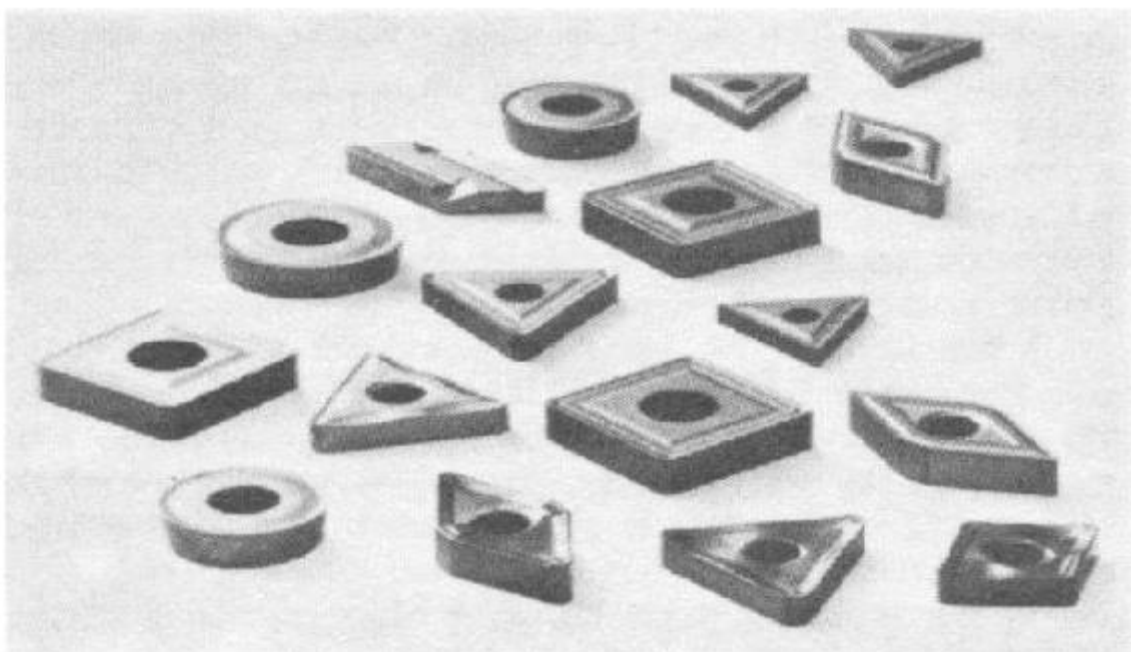


Figure 2-5 : Différentes formes d'inserts d'outils de coupe. [3]

2.6.1 Matériau de la plaquette

Il existe une grande variété de matériaux d'outil de coupe disponibles, chacun ayant ses propres propriétés spécifiques et capacités de performance. Les exemples de matériaux de plaquettes sont les carbures, l'acier rapide, le nitrure de bore cubique (CBN), le diamant, les aciers rapides au carbone, etc. Les outils en carbure sont couramment utilisés dans l'industrie de la coupe des métaux en raison de leur capacité à usiner à des températures élevées et à des vitesses plus élevées [12].

2.6.2 Revêtement de la plaquette

La plaquette d'outil de coupe est revêtue pour améliorer ses performances [14]. Il existe une variété de matériaux de revêtement, chacun ayant ses propres applications spécifiques et avantages. La méthode de dépôt physique en phase vapeur (PVD) est l'une des méthodes largement utilisées pour revêtir un outil de coupe

2.7 Outils de coupe utilisés en tournage dur

Toutes les opérations d'usinage dur nécessitent des matériaux d'outil de coupe spécifiques capables de résister aux conditions critiques rencontrées pendant l'usinage. Les performances des outils de coupe sont affectées par l'usure de l'outil, la force de coupe et la température développée pendant l'usinage. Certaines caractéristiques spéciales requises pour les matériaux d'outil sont une résistance à l'usure élevée, une dureté élevée et une stabilité chimique [7]. Différents matériaux d'outil tels que le carbure de tungstène fritté, les céramiques, le nitrure de bore cubique (CBN) et le diamant sont couramment utilisés pour l'usinage des métaux. À température élevée, la dureté du carbure de tungstène diminue avec la diminution de la teneur en liant. Ainsi, des techniques spéciales de préparation et de traitement de la poudre sont

nécessaires pour minimiser la croissance des grains et fournir une résistance adéquate. En revanche, le nitrure de bore cubique (CBN) est préférable pour l'usinage des pièces trempées. Le CBN est chimiquement plus stable que le diamant lorsqu'il est utilisé pour l'usinage des alliages ferreux. Il présente une bonne stabilité thermique jusqu'à environ 800 °C, cette température pouvant être augmentée en réduisant la teneur en impuretés avec des techniques de traitement spéciales. L'outil CBN est meilleur que les outils en carbure et en céramique. Il peut avoir une durée de vie d'outil ou un taux d'enlèvement de matière de 5 à 100 fois supérieurs à ceux des outils en carbure ou en céramique. Des matériaux de coupe proportionnellement plus durs sont nécessaires pour l'usinage des pièces trempées. Le développement de matériaux plus durs tels que le PCBN (nitrure de bore cubique polycristallin) revêt une grande importance pour l'usinage des matériaux trempés.

2.8 Lubrification

Une lubrification est le processus consistant à appliquer un lubrifiant sur une surface de frottement ou entre deux surfaces en mouvement relatif afin de réduire la friction et l'usure, faciliter le mouvement et assurer une meilleure performance et durabilité des pièces mécaniques. Le lubrifiant peut être sous forme liquide, solide ou semi-solide, tel que l'huile, la graisse, le graphite ou le téflon, et il est choisi en fonction des exigences spécifiques de la pièce et des conditions de fonctionnement. La lubrification est largement utilisée dans de nombreux domaines, tels que l'industrie automobile, l'industrie manufacturière, l'aéronautique et bien d'autres, pour assurer le bon fonctionnement des machines et prolonger leur durée de vie.

L'utilisation d'un lubrifiant sur une pièce mécanique peut avoir plusieurs avantages. Voici quelques-uns des principaux effets bénéfiques du lubrifiant :

- Réduction de l'usure : Le lubrifiant forme une couche protectrice entre les surfaces en contact, réduisant ainsi l'usure due au frottement et à l'abrasion.
- Diminution des frictions : Le lubrifiant réduit les forces de friction entre les surfaces en mouvement, ce qui permet un fonctionnement plus fluide et une réduction de la consommation d'énergie.
- Dissipation de la chaleur : Lorsque les pièces mécaniques fonctionnent à des vitesses élevées ou génèrent beaucoup de chaleur, le lubrifiant peut aider à dissiper cette chaleur, évitant ainsi les dommages liés à la surchauffe.

- Prévention de la corrosion : Certains lubrifiants contiennent des additifs qui protègent les surfaces métalliques de la corrosion, en empêchant la formation de rouille et d'oxydation.
- Amélioration de l'étanchéité : Certains lubrifiants peuvent être utilisés pour améliorer l'étanchéité entre les pièces mobiles, empêchant ainsi les fuites de fluide ou de gaz.
- Réduction du bruit : Le lubrifiant peut réduire le niveau de bruit généré par les pièces en mouvement en agissant comme un amortisseur entre les surfaces. Il est important de choisir le lubrifiant approprié en fonction des spécifications de la pièce mécanique, des conditions de fonctionnement et des exigences de lubrification. Différents types de lubrifiants, tels que les huiles, les graisses et les lubrifiants solides, peuvent être utilisés en fonction des besoins spécifiques de la pièce et de l'application. Il est également essentiel de respecter les intervalles de lubrification recommandés et de surveiller régulièrement l'état du lubrifiant pour assurer un fonctionnement optimal de la pièce mécanique.



Figure 2-6 : Lubrification.

Profondeur de passe est donnée en fonction de la :

- Puissance de la machine ;
- Rigidité de la pièce et de l'outil ;
- Nature du matériau à usiner ;
- Taille de copeau minimum ;
- Forme du bec de l'outil ;
- Nature du matériau et état de la machine ;

2.9 Temps technologique de chariotage [6]

Le temps technologique de chariotage est donné en fonction des paramètres suivants :

- nombre de passes n ;
- la longueur d'usinage L ;
- la fréquence de rotation N ;
- l'avance par tour a ;
- la distance d'approche l_i ;
- la vitesse de coupe V_c ;

Le temps technologique de coupe est donné par la relation (3). [6]

$$T_{tc} = \frac{n(L+l)\pi \times d}{f \times V_c} \quad (3)$$

2.10 Paramètres de coupe en fraisage

Les paramètres de coupe en fraisage sont choisis en fonction des paramètres suivants :

- Type de machine (mécanisme, plage de vitesse) ;
- La puissance de la machine ;
- Matériau de l'outil (ARS, carbure, etc.) ;
- Matériaux de transformation (acier, aluminium, etc.) ;

La figure 2-7 présente les Paramètres de coupe.

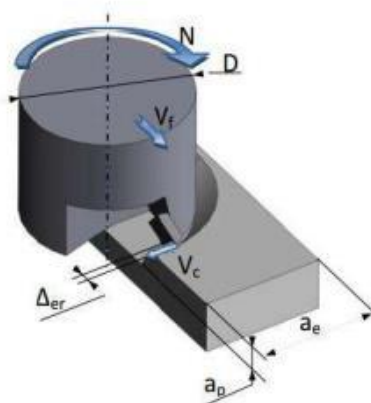


Figure 2-7: Représentation des Paramètres de coupe en fraisage. [15]

- **Vitesse de coupe V_c**

La relation de la vitesse de coupe est donnée par l'équation (4). [3]

$$V_c = R \times \omega$$

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

$$V_c = \frac{\pi \times D \times N}{1000} \quad (4)$$

D : Diamètre de la fraise (mm).

N : Vitesse de broche (tr/min).

V_c : Vitesse de coupe (m/mm).

La figure 2-8 illustre la vitesse de coupe.

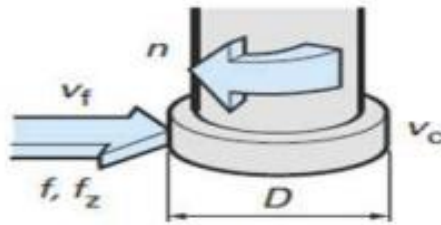


Figure 2-8 : Représentation de la vitesse de coupe. [6]

- **Vitesse d'avance V_f**

La vitesse d'avance est donnée par la relation suivante par l'expression (5). [3]

$$V_f = F \times Z \times N \quad (5)$$

Z : nombre de dents de la fraise.

N : la fréquence de rotation.

V_f : Vitesse d'avance (mm/mn).

F : Avance par dent (mm/dent).

N : Fréquence de rotation en tours par minute (tr/mn).

La figure 2-9 montre la vitesse d'avance en fonction du nombre de dents de la fraise et de la vitesse de rotation.

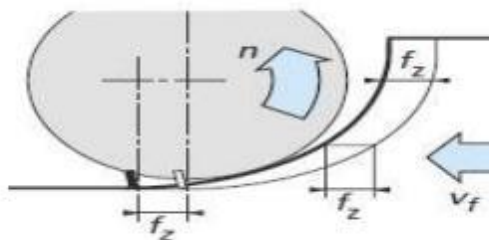


Figure 2-9 : Représentation de Vitesse d'avance en fraisage. [6]

2.11 Profondeur de passe

La profondeur de passe est donnée en fonction de la :

- Puissance de la machine ;
- Rigidité de la pièce et de l'outil ;
- Nature du matériau à usiner ;
- Taille de copeau minimum ;
- Forme du bec de l'outil ;
- Nature du matériau et état de la machine ;

2.12 Rugosité de surface

La rugosité de surface est une mesure de la finition de surface d'un produit et un indicateur de la qualité du produit [3]. La rugosité de surface est une mesure des variations à petite échelle dans la hauteur d'une surface physique [14]. Elle est exprimée de différentes manières et méthodes, telles que la moyenne arithmétique ou la moyenne de la ligne centrale (R_a), la moyenne quadratique (R_q), le pic maximal (R_y), la rugosité moyenne à dix points (R_z), la profondeur de vallée maximale (R_v), la hauteur maximale du profil ($R_t = R_p - R_v$), etc. Parmi toutes ces mesures, l'indicateur le plus couramment utilisé pour la rugosité de surface est R_a . R_a , ou la valeur moyenne arithmétique, anciennement connue sous le nom de AA (Moyenne Arithmétique) ou CLA (Moyenne de la Ligne Centrale), est la moyenne arithmétique des écarts d'une série de points par rapport à la ligne centrale ou à la ligne de référence. La ligne de référence est telle que la somme des surfaces au-dessus de la ligne sera égale à la somme des surfaces en dessous de la ligne. Généralement, la rugosité de surface est exprimée en microns (μm).

$$Ra = \frac{a+b+c+d+e+f \dots}{n}$$

--

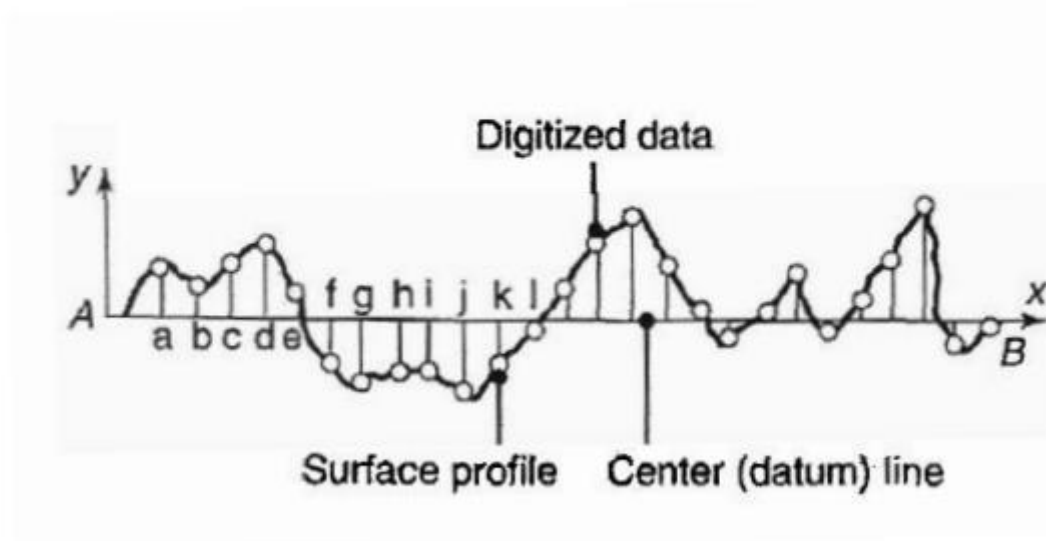


Figure 2-10 : Coordonnées utilisées pour la mesure de la rugosité de surface. [12]

2.13 Conclusion

Ce chapitre montre que le choix des paramètres de coupe a une influence importante pour l'obtention d'un bon état de surface, durée de vie de l'outil de coupe élevée, temps d'usinage réduit et la précision de la pièce ,

Une étude expérimentale est envisagée pour améliorer l'état de surface d'une pièce en fonction de la vitesse d'avance.

Chapitre III
Etude expérimentale et modélisation

3 Introduction

Ce chapitre est consacré à l'étude expérimentale sur l'influence de la vitesse d'avance sur l'état de surface. Les essais ont été réalisés au sein de l'école des sciences appliquées de Tlemcen sur un tour à commande numérique BOXFORRD 160 TCLi

3.1 Etude expérimentale

3.1.1 Machine utilisée

La machine-outil utilisée lors de l'opération d'usinage est celle à commande numérique BOXFORRD 160 TCLi figure 3-1 dont les caractéristiques sont illustrées dans le tableau 3-1.



Figure 3-1 : Machine utilisée.

Tableau 3-1 : Caractéristique techniques de la machine.

| Tour | | Mm | Pouces |
|---|---------------------------------|-------------------------------|-----------------|
| Diamètre maximal admissible au-dessus du banc | | 160 | 6,2 |
| Diamètre maximal admissible au – dessus du chariot de l’axe X | | 70 | 2,7 |
| Diamètre maximal admissible au-dessus de la plaque multiple | | 50 | 1,9 |
| Alésage de la broche | | 20 | 0,8 |
| Entraxe | | 140 | 5,5 |
| Centrage de la contre-poupée | Débattement de la contre-pointe | 75 | 2,9 |
| | Cône de la broche | 2 Cône d’emmanchement d’outil | - |
| Débattement axial | X | 125 | 4,92 |
| | Z | 125 | 4,92 |
| Plage des vitesses de rotation de la broche | | 200-3200 Tr/min | |
| Vitesse de mouvement rapide (maximum) | | 1500 Mm/min | 59 Pouces/min |
| Vitesse d’aménage programmable | | 0-1500 Mm/min | 0-59 Pouces/min |
| Résolution du système | | 0,01 mm | 0,0004 pouce |
| Moteur de la broche | | 490W | |

3.1.2 Outil de coupe utilisé

En utilisant un outil de coupe PMO PCLNR 16 x16 à plaquette rapportée en ARES

(Figure 3-2).



Figure 3-2 : Outil de coupe utilisé.

3.1.3 Matériau utilisé

Dans ce travail, le matériau utilisé est un aluminium **AS13** (figure 3-3).

Les caractéristiques de ce matériau sont données dans le tableau 3-2.



Figure 3-3 : Matériau utilisé.



Figure 3-4 : Epreuve brute.

Tableau 3-2 : Caractéristiques de AS13.

| Caractéristiques physiques | | | | | |
|--------------------------------------|---------------------------------|---|---|---|-------------------------|
| Résistance à la traction (Rm) Mpa | Limite d'élasticité (Re) Mpa | Coefficient de dilatation thermique (α) $\mu\text{m}/\text{m}\cdot^{\circ}\text{C}$ | Conductivité thermique (λ) W/m·K | Densité (ρ) g/cm ³ | Point de fusion (Tm) °C |
| 300-500 | 200-400 | 23-25 | 150-200 | 2,7 | 550 |
| Caractéristiques chimiques | | | | | |
| Composition | Cu | Si | Mg | Al | |
| Pourcentage % | 4 | 0,5 | 0,5 | 95 | |

3.2 Plan des essais

Le but de cette étude est la détermination de l'évolution de l'état de surface en fonction de la vitesse d'avance. Afin d'atteindre cet objectif, on a effectué une série de 55 essais, figure 3-5, en variant les vitesses d'avance dont la profondeur et la vitesse de coupe sont constantes.



Figure 3-5 : Eprouvettes à usinée.

3.2.1 Essai 1

Les conditions de coupe et la rugosité de cet essai, sont regroupées dans le tableau 3-3

Tableau 3-3 : Résultats de l'essai 1.

| N (tr/mn) | A_p (mm) | V_f (mm/tr) | V_c (m/mn) | R_a [μ] |
|-----------|------------|---------------|--------------|-----------------|
| 2196,35 | 1 | 0,05 | 200 | 0,37 |
| | | 0,08 | | 0,65 |
| | | 0,1 | | 0,70 |
| | | 0,12 | | 0,75 |
| | | 0,14 | | 0,83 |

Figure 3-6 : illustre la simulation d'usinage sur la machine CN avec une profondeur $a_p = 1\text{mm}$

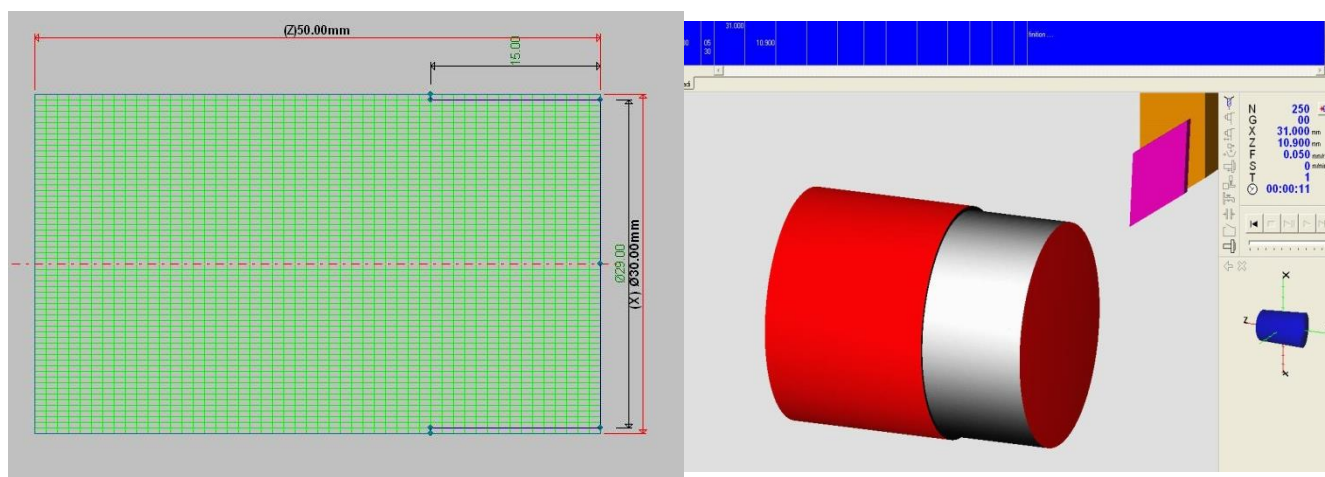


Figure 3-6 : Simulation d’usinage ($a_p=1\text{mm}$).

La figure 3-7 présente l’évolution de la rugosité en fonction de la vitesse d’avance, avec $A_p = 1\text{mm}$ et $V_c = 200\text{ m/mn}$. On remarque que l’allure de cet essai est une fonction croissante, le max de la rugosité se trouve au niveau de $V_f = 0,14\text{ mm/tr}$. On constate qu’il y a une seule déviation au niveau de $V_f = 0,08\text{ mm/tr}$.

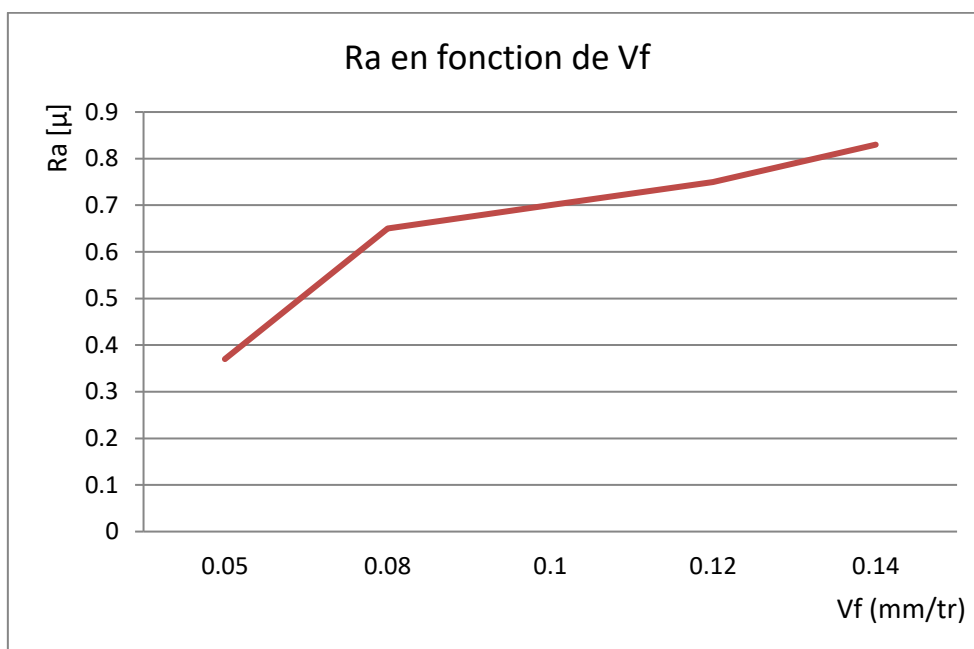


Figure 3-7: Evolution de la rugosité en fonction de la vitesse d’avance.

3.2.2 Essai 2

Les conditions de coupe et la rugosité de cet essai sont regroupées dans le tableau 3-4

Tableau 3-4 : Résultats de l'essai 2.

| N (tr/mn) | Ap (mm) | Vf (mm/tr) | Vc (m/mn) | Ra [μ] |
|-----------|---------|------------|-----------|--------------|
| 2470,89 | 1 | 0,05 | 225 | 0,32 |
| | | 0,08 | | 0,60 |
| | | 0,16 | | 0,84 |
| | | 0,18 | | 0,89 |
| | | 0,20 | | 0,92 |

La figure 3-8 présente l'évolution de la rugosité en fonction de la vitesse d'avance, avec $A_p = 1\text{ mm}$, $V_c = 225\text{ m/mn}$. On remarque que l'allure de cet essai est une fonction croissante. Le max de la rugosité se trouve au niveau de $V_f = 0,2\text{ mm/tr}$. On constate qu'il y a une seule déviation au niveau de $V_f = 0,16\text{ mm/tr}$.

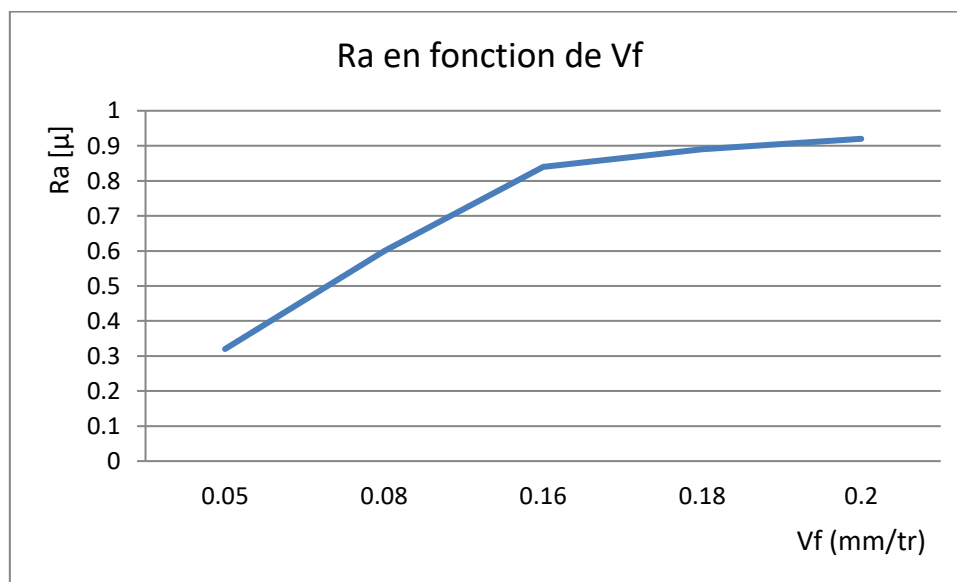


Figure 3-8 : Evolution de la rugosité en fonction de la vitesse d'avance.

3.2.3 Essai 3

Les conditions de coupe et la rugosité de cet essai sont regroupées dans le tableau 3-5

Tableau 3-5 : Résultats de l'essai 3.

| N (tr/mn) | A _p (mm) | V _f (mm/tr) | V _c (m/mn) | Ra [μ] |
|-----------|---------------------|------------------------|-----------------------|--------------|
| 2745,44 | 1 | 0,05 | 250 | 0,28 |
| | | 0,08 | | 0,5 |
| | | 0,18 | | 0,83 |
| | | 0,26 | | 1,13 |
| | | 0,30 | | 1,2 |

La figure 3-9 présente l'évolution de la rugosité en fonction de la vitesse d'avance, avec $A_p = 1\text{mm}$, $V_c = 250\text{m/mn}$. On remarque que l'allure de cet essai est une fonction croissante. Le max de la rugosité se trouve au niveau de $V_f = 0,3\text{ mm/tr}$. On constate qu'il y a deux déviations au niveau de $V_f = 0,08\text{ mm/tr}$ et $0,26\text{ mm/tr}$.

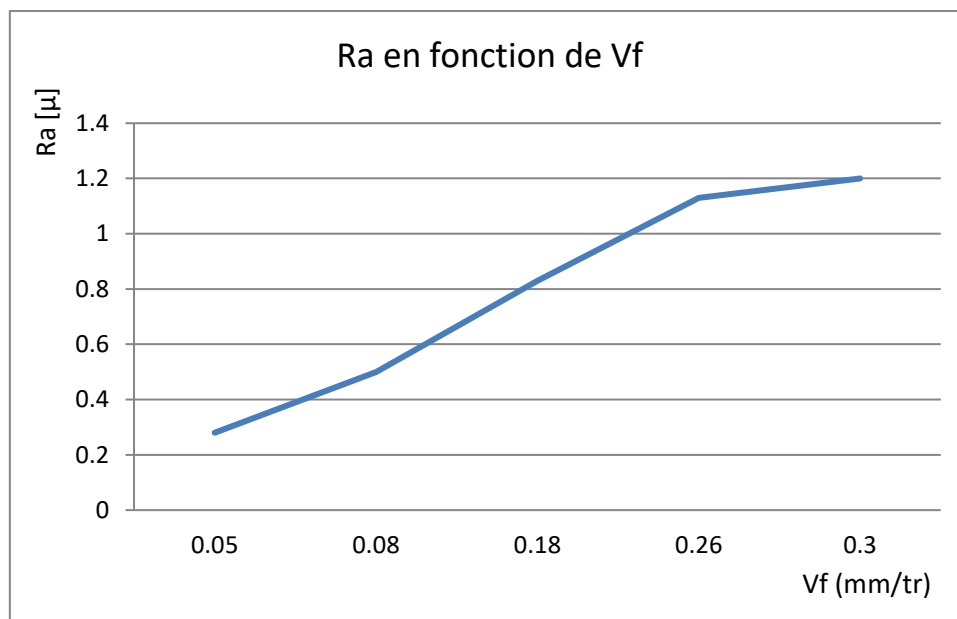


Figure 3-9 : Evolution de la rugosité en fonction de la vitesse d'avance.

3.2.4 Essai 4

Les conditions de coupe et la rugosité de cet essai sont regroupées dans le tableau 3-6

Tableau 3-6 : Résultats de l'essai 4.

| N (tr/mn) | A _p (mm) | V _f (mm/tr) | V _c (m/mn) | Ra [μ] |
|-----------|---------------------|------------------------|-----------------------|--------|
| 1976,71 | 1 | 0,08 | 180 | 0,67 |
| | | 0,13 | | 0,73 |
| | | 0,17 | | 0,77 |
| | | 0,21 | | 0,89 |
| | | 0,23 | | 0,97 |

La figure 3-10 présente l'évolution de la rugosité en fonction de la vitesse d'avance, Avec $A_p = 1\text{mm}$, $V_c = 180\text{ m/mn}$. On remarque que l'allure de cet essai est une fonction croissante. Le max de la rugosité se trouve au niveau de $V_f = 0,23\text{ mm/tr}$. On constate qu'il y a seule déviation au niveau de $V_f = 0,17\text{ mm/tr}$.

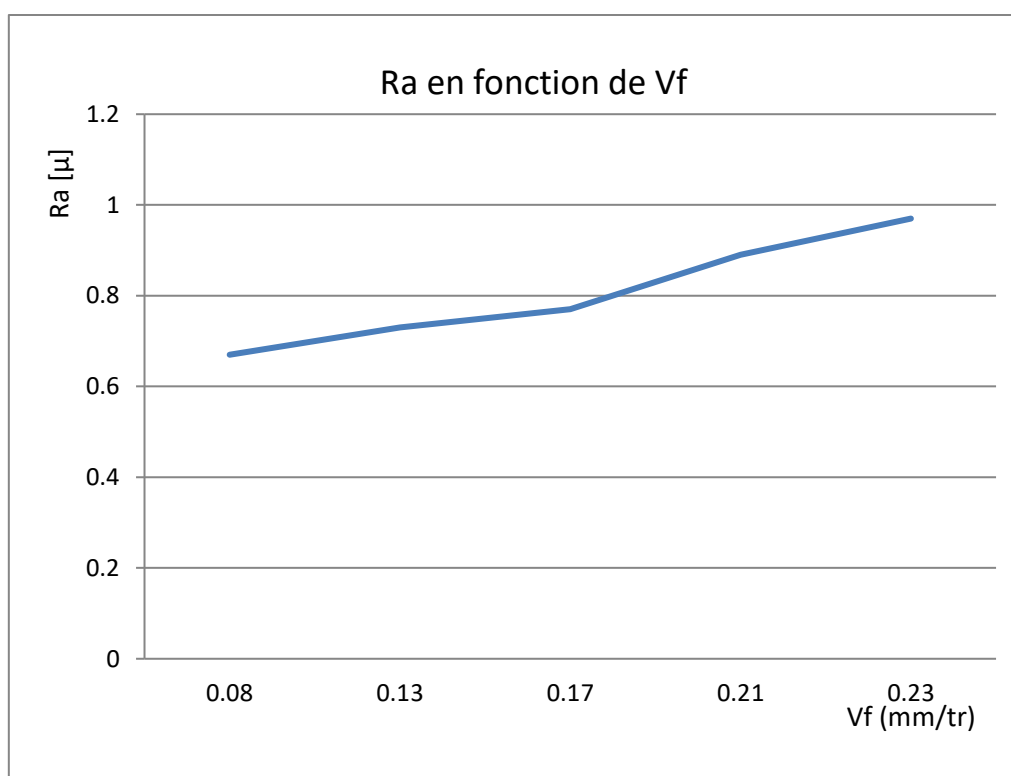


Figure 3-10 : Evolution de la rugosité en fonction de la vitesse d'avance.

3.2.5 Essai 5

Les conditions de coupe et la rugosité de cet essai sont regroupées dans le tableau 3-7

Tableau 3-7 : Résultats de l'essai 5.

| N (tr/mn) | A_p (mm) | Vf (mm/tr) | Vc (m/mn) | Ra [μ] |
|-----------|------------|------------|-----------|--------------|
| 1921,80 | 1 | 0,05 | 175 | 0,64 |
| | | 0,20 | | 0,95 |
| | | 0,28 | | 1,11 |
| | | 0,32 | | 1,21 |
| | | 0,38 | | 1,28 |

La figure 3-11 présente l'évolution de la rugosité en fonction de la vitesse d'avance, avec $A_p = 1\text{mm}$, $V_c = 175\text{ m/mn}$. On remarque que l'allure de cet essai est une fonction croissante. Le max de la rugosité se trouve au niveau de $V_f = 0,38\text{ mm/tr}$. On constate qu'il y a deux déviations au niveau de $V_f = 0,2\text{ mm/tr}$ et $0,32\text{ mm/tr}$.

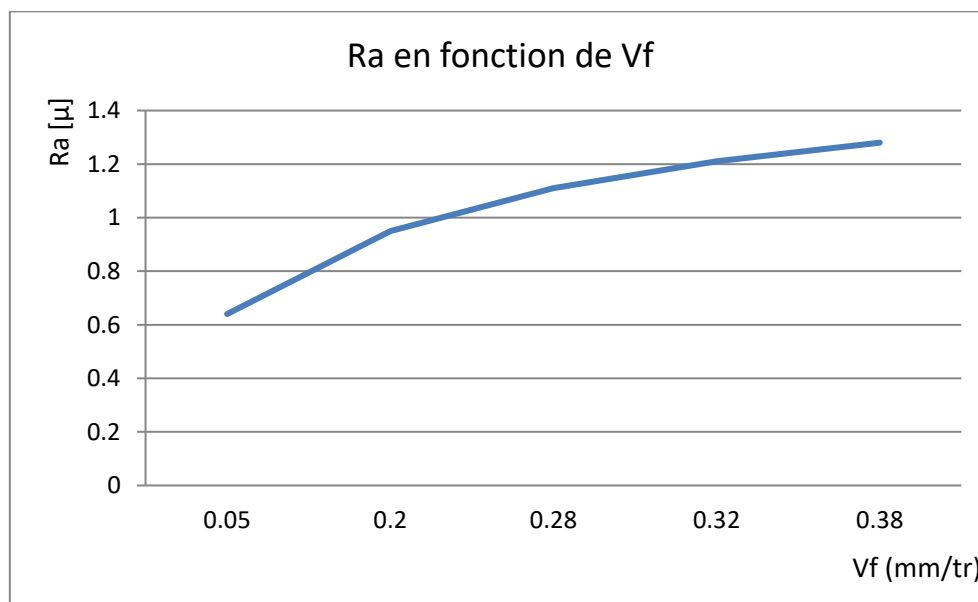


Figure 3-11 : Evolution de la rugosité en fonction de la vitesse d'avance.

3.2.6 Essai 6

Les conditions de coupe et la rugosité de cet essai sont regroupées dans le tableau 3-8.

Tableau 3-8 : Résultats de l'essai 6.

| N (tr/mm) | A_p (mm) | Vf (mm/tr) | Vc (m/mn) | Ra [μ] |
|-----------|------------|------------|-----------|--------------|
| 2229,29 | 2 | 0,05 | 175 | 0,68 |
| | | 0,08 | | 0,75 |
| | | 0,15 | | 0,84 |
| | | 0,18 | | 0,96 |
| | | 0,2 | | 1,05 |

La Figure 3-12 illustre la simulation d'usinage sur la machine CN avec deux profondeurs ($a_p = 2\text{mm}$, $a_p = 2,5\text{mm}$).

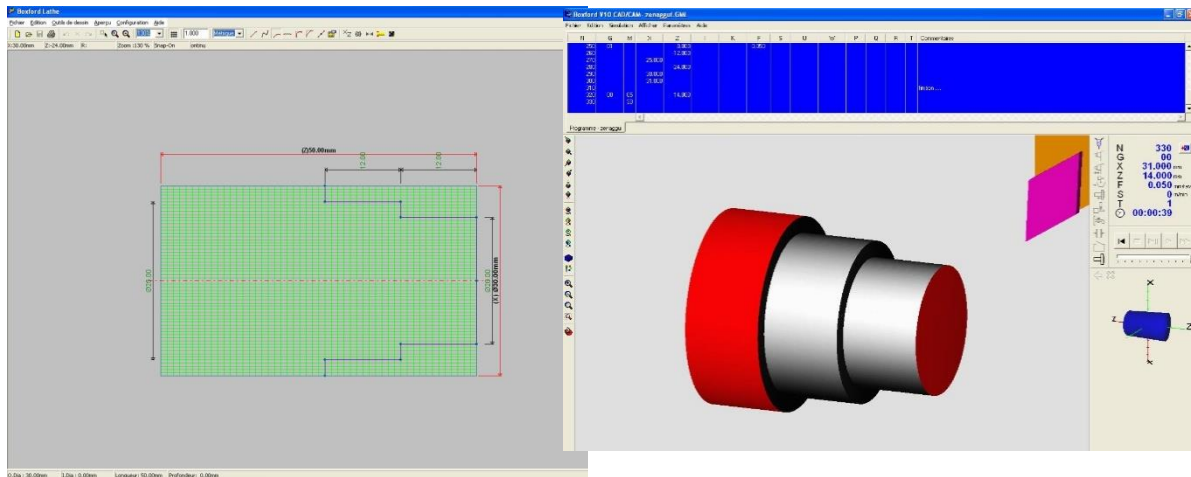


Figure 3-12 : Simulation d'usinage.

La figure 3-13 présente l'évolution de la rugosité en fonction de la vitesse d'avance, Avec $A_p = 2\text{mm}$, $V_c = 175\text{ m/mn}$. On remarque que l'allure de cet essai est une fonction croissante. Le max de la rugosité se trouve au niveau de $V_f = 0,2\text{ mm/tr}$.

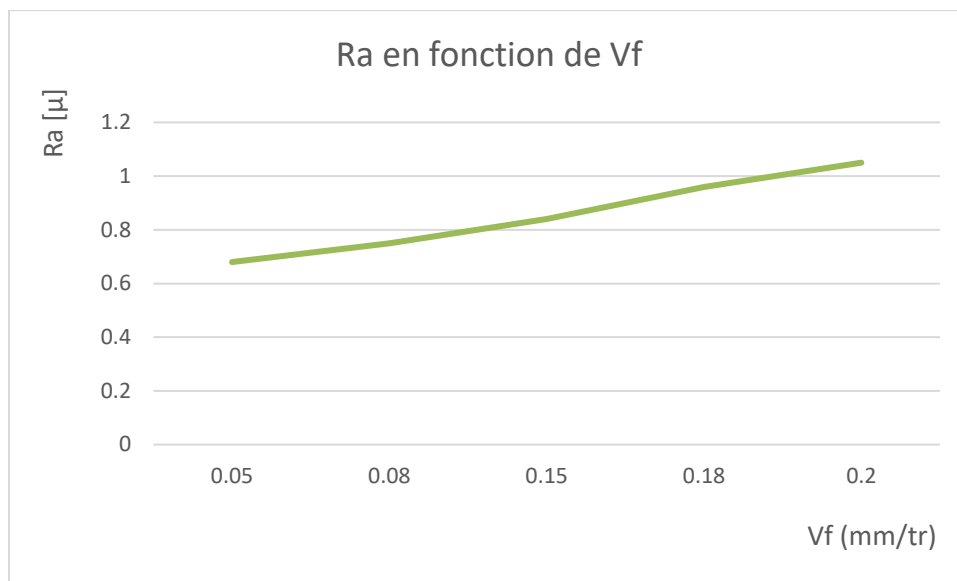


Figure 3-13 : Evolution de la rugosité en fonction de la vitesse d'avance.

3.2.7 Essai 7

Les conditions de coupe et la rugosité de cet essai sont regroupées dans le tableau 3-9

Tableau 3-9 : Résultats de l'essai 7.

| N (tr/mn) | A_p (mm) | Vf (mm/tr) | Vc (m/mn) | Ra [μ] |
|----------------|------------|-------------|------------|--------------|
| 2292,99 | 2 | 0,05 | 180 | 0,68 |
| | | 0,1 | | 0,76 |
| | | 0,12 | | 0,88 |
| | | 0,16 | | 0,99 |
| | | 0,20 | | 1,1 |

La figure 3-14 Présente l'évolution de la rugosité en fonction de la vitesse d'avance, avec $A_p = 2\text{mm}$, $V_c = 180\text{ m/mn}$. On remarque que l'allure de cet essai est une fonction croissante .Le max de la rugosité se trouve au niveau de $V_f = 0,2\text{ mm/tr}$. On constate qu'il y a une seule déviation au niveau de $V_f = 0,1\text{ mm/tr}$.

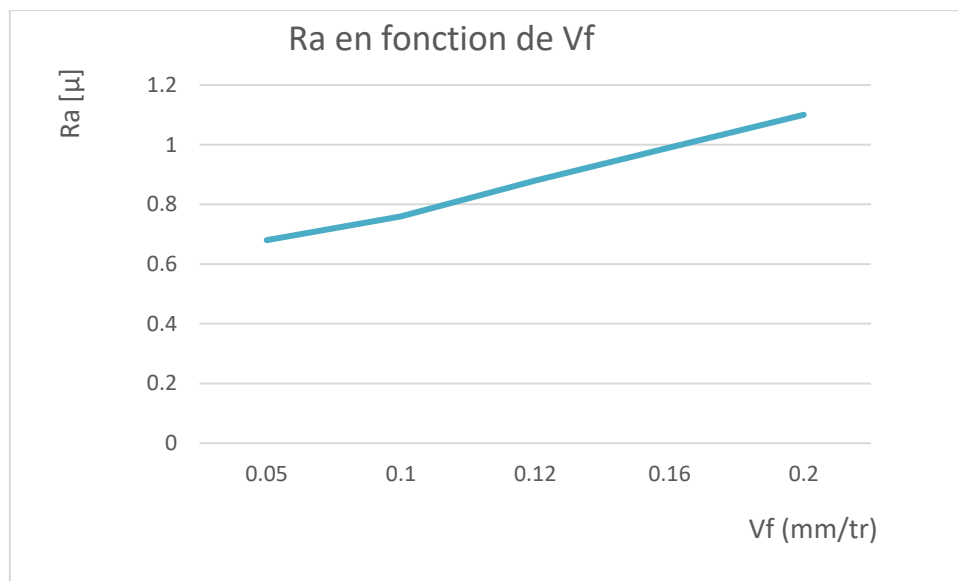


Figure 3-14 : Evolution de la rugosité en fonction de la vitesse d’avance.

3.2.8 Essai 8

Les conditions de coupe et la rugosité de cet essai sont regroupées dans le tableau 3-10

Tableau 3-10 : Résultats de l’essai 8.

| N (tr/mn) | Ap(mm) | Vf (mm/tr) | Vc (m/mn) | Ra [μ] |
|-----------|--------|------------|-----------|--------|
| 2547,77 | 2 | 0,08 | 200 | 0,67 |
| | | 0,10 | | 0,73 |
| | | 0,13 | | 0,79 |
| | | 0,18 | | 0,85 |
| | | 0,25 | | 0,97 |
| | | 0,29 | | 1,17 |

La figure 3-15 Présente l’évolution de la rugosité en fonction de la vitesse d’avance, avec $A_p = 2\text{mm}$, $V_c = 200\text{m/mn}$. On remarque que l’allure de cet essai est une fonction croissante .Le max de la rugosité se trouve au niveau de $V_f = 0,29\text{ mm/tr}$. On constate qu’il y a deux déviations au niveau de $V_f = 0,18\text{ mm/tr}$ et $0,25\text{ mm/tr}$.

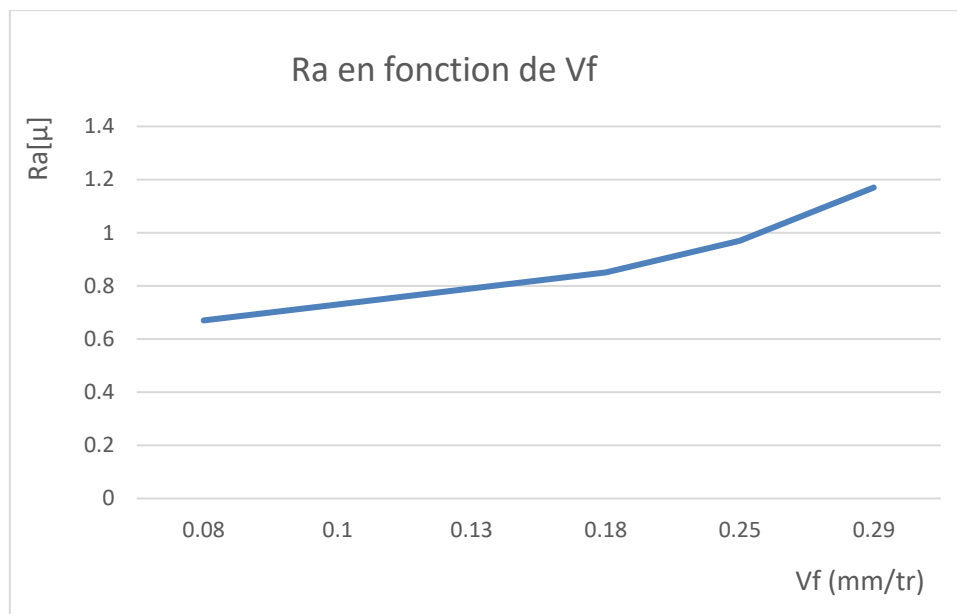


Figure 3-15 : Evolution de la rugosité en fonction de la vitesse d'avance.

3.2.9 Essai 9

Les conditions de coupe et la rugosité de cet essai sont regroupées dans le tableau 3-11

Tableau 3-11 : Résultats de l'essai 9.

| N (tr/mn) | A_p (mm) | Vf (mm/tr) | Vc (m/mn) | Ra [μ] |
|----------------|------------|-------------|------------|--------------|
| 2786,62 | 2,5 | 0,05 | 175 | 0,72 |
| | | 0,08 | | 0,79 |
| | | 0,11 | | 0,87 |
| | | 0,19 | | 0,98 |
| | | 0,25 | | 1,2 |

La figure 3-16 présente l'évolution de la rugosité en fonction de la vitesse d'avance, avec $A_p = 2,5$ mm, $V_c = 175$ m/mn. On remarque que l'allure de cet essai est une fonction croissante. Le max de la rugosité se trouve au niveau de $V_f = 0,25$ mm/tr. On constate qu'il y a une seule déviation au niveau de $V_f = 0,19$ mm/tr.

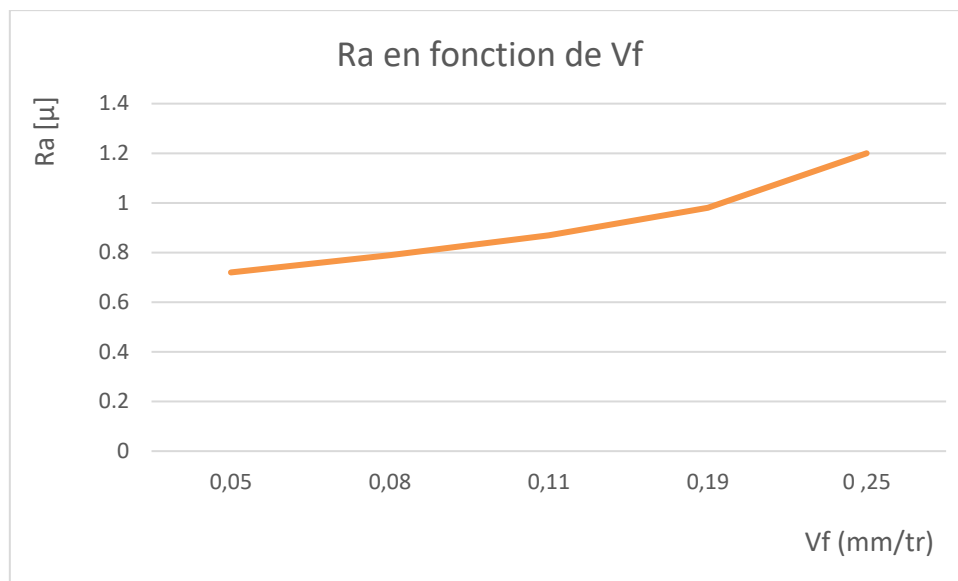


Figure 3-16 : Evolution de la rugosité en fonction de la vitesse d’avance.

3.2.10 Essai 10

Les conditions de coupe et la rugosité de cet essai sont regroupées dans le tableau 3-12

Tableau 3-12 : Résultats de l’essai 10.

| N (tr/mn) | Ap(mm) | F (mm/tr) | Vc (m/mn) | Ra [μ] |
|-----------|--------|-----------|-----------|--------|
| 2866,24 | 2,5 | 0,05 | 180 | 0,73 |
| | | 0,1 | | 0,89 |
| | | 0,15 | | 0,94 |
| | | 0,25 | | 1,25 |
| | | 0,30 | | 1,30 |

La figure 3-17 présente l’évolution de la rugosité en fonction de la vitesse d’avance, Avec $A_p = 2,5\text{mm}$, $V_c = 180\text{ m/mn}$. On remarque que l’allure de cet essai est une fonction croissante. Le max de la rugosité se trouve au niveau de $V_f = 0,3\text{ mm/tr}$. On constate qu’il y a trois déviations au niveau de $V_f = 0,1\text{ mm/tr}$, $0,15\text{ mm/tr}$ et $0,25\text{ mm/tr}$.

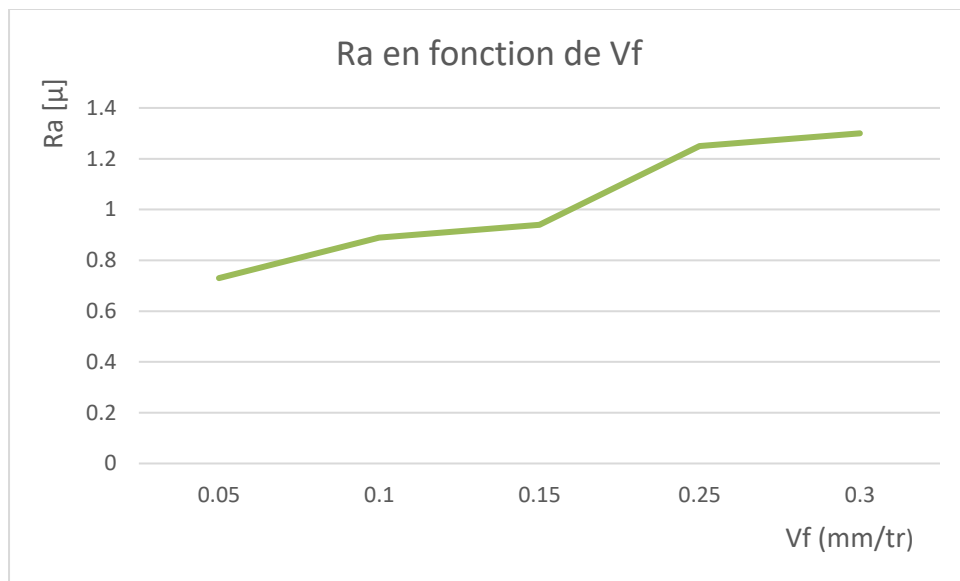


Figure 3-17 : Evolution de la rugosité en fonction de la vitesse d’avance.

3.2.11 Essai 11

Les conditions de coupe et la rugosité de cet essai sont regroupées dans le tableau 3-13

Tableau 3-13 : Résultats de l’essai 11.

| N (tr/mn) | A _p (mm) | Vf (mm/tr) | Vc (m/mn) | Ra [μ] |
|----------------|---------------------|-------------|------------|--------------|
| 3182,71 | 2,5 | 0,08 | 200 | 0,73 |
| | | 0,1 | | 0,88 |
| | | 0,16 | | 0,96 |
| | | 0,22 | | 1,22 |
| | | 0,28 | | 1,28 |
| | | 0,30 | | 1,31 |

La figure 3-18 Présente l’évolution de la rugosité en fonction de la vitesse d’avance, avec

$A_p = 2,5\text{mm}$, $V_c = 200\text{ m/mn}$. On remarque que l'allure de cet essai est une fonction croissante. Le max de la rugosité se trouve au niveau de $V_f = 0,3\text{ mm/tr}$. On constate qu'il y a trois déviations au niveau de $V_f = 0,1\text{ mm/tr}$, $0,16\text{ mm/tr}$ et $0,22\text{ mm/tr}$.

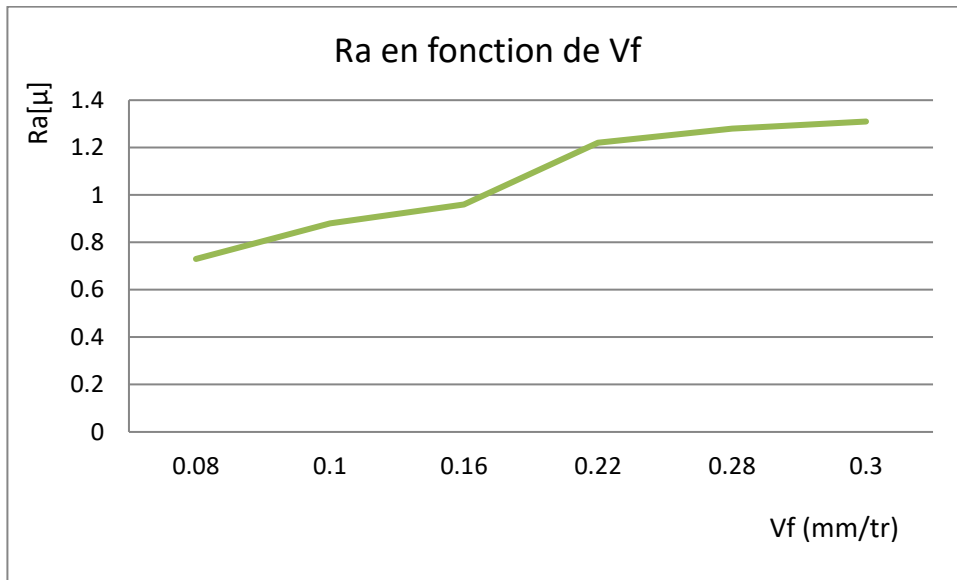


Figure 3-18 : Evolution de la rugosité en fonction de la vitesse d'avance.

3.3 Interprétation des résultats

D'après les graphes, on constate que la vitesse de d'avance possède une influence significative sur la rugosité de surface. Les résultats obtenus dans cette étude montrent que l'état de surface de l'aluminium s'améliore lorsque la vitesse d'avance diminuée.

3.4 Modélisation

Sous la base du logiciel Minitab , on a développé une relation linéaire, équation (6), entre l'état de surface ou la rugosité et la vitesse d'avance.

$$\begin{aligned} Ra = & 2,30 - 14,28 F - 0,01041 V_c - 0,677 A_p + 0,0894 F*V_c \\ & + 8,83 F*A_p + 0,00409 V_c*A_p - 0,0479 F*V_c*A_p \end{aligned} \quad (6)$$

Les résultats obtenus par ce logiciel sont donnés par la figure 3-19.

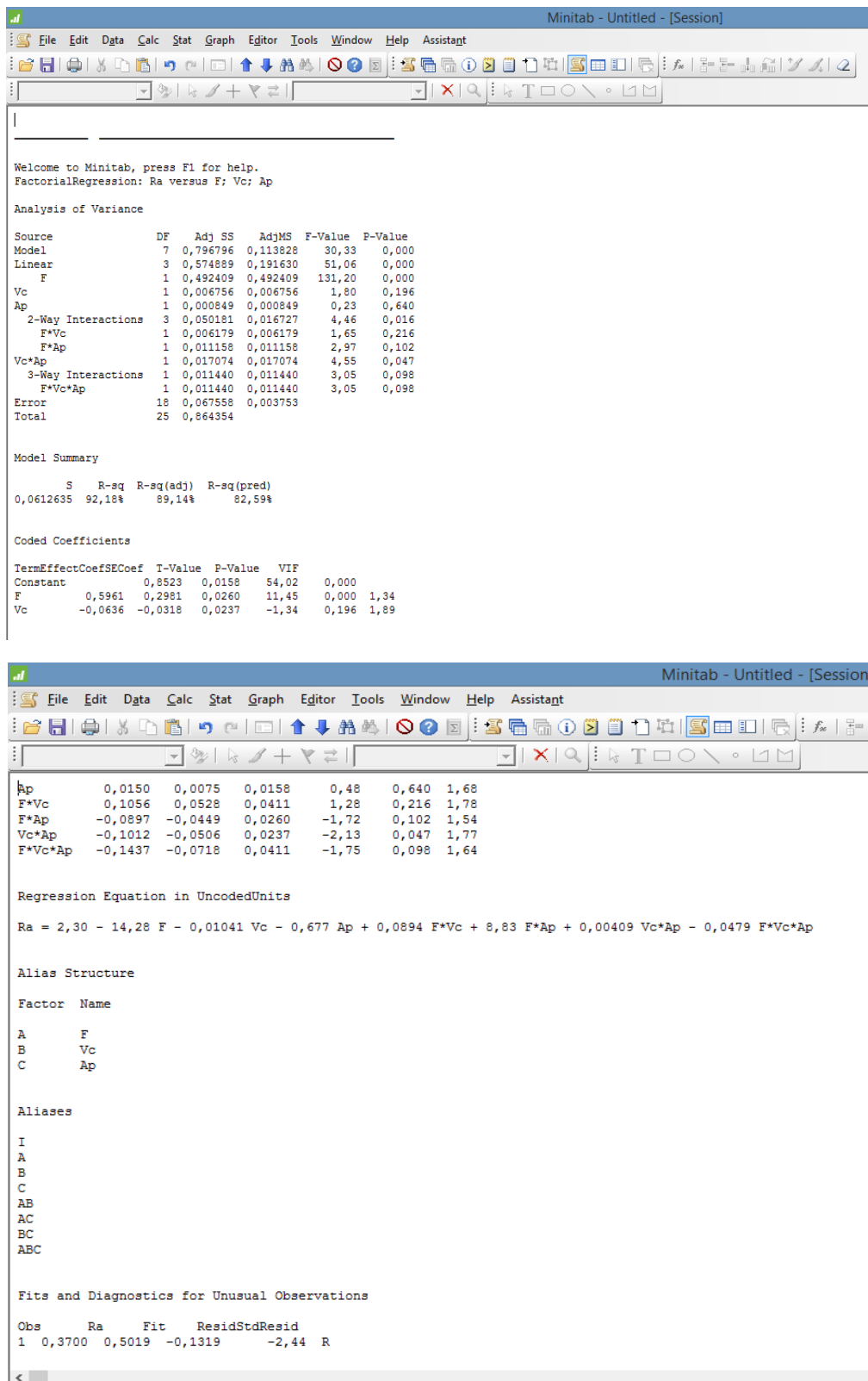


Figure 3-19 : Modélisation par MINITAB.

La figure 3-20 illustre l'impact de la vitesse d'avance f sur la rugosité R_a . On remarque que la vitesse d'avance a une influence importante sur la rugosité par rapport à la profondeur de passe et la vitesse de coupe pour l'aluminium.

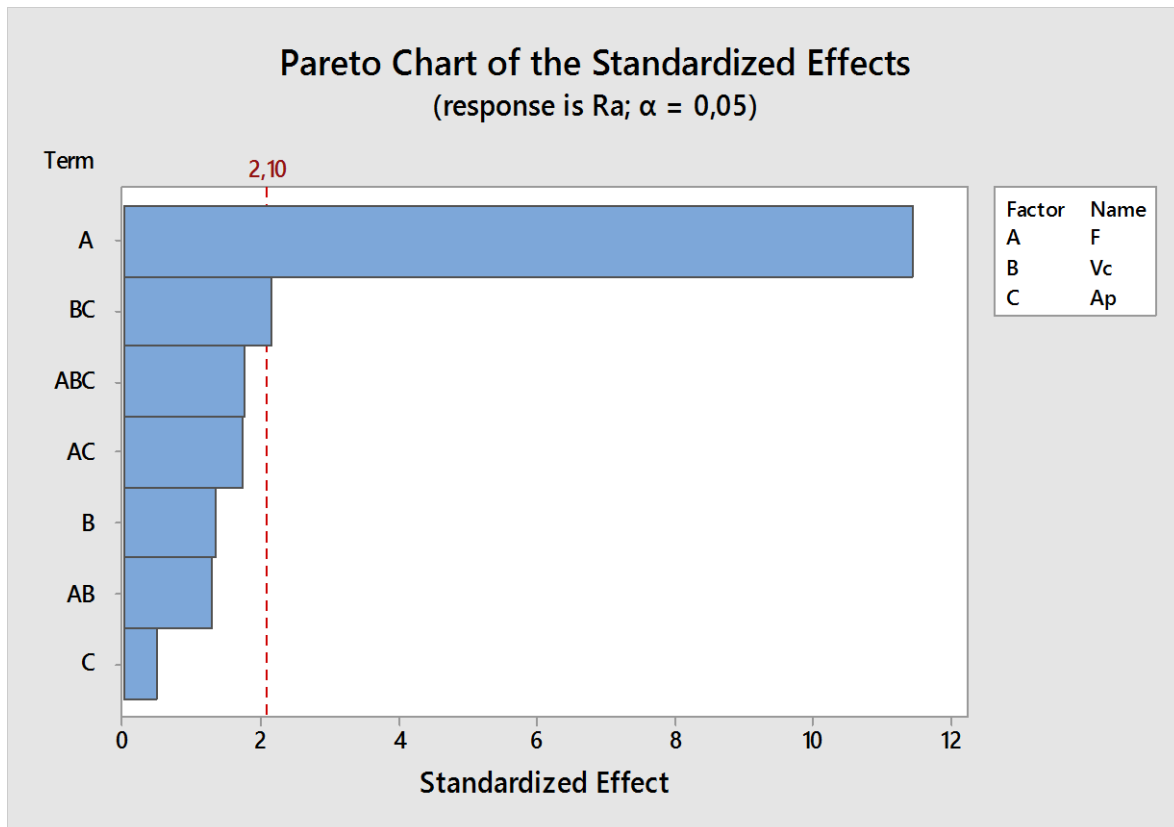


Figure 3-20 : Effet de la vitesse d'avance f sur la rugosité R_a .

3.5 Outil développé

Un outil d'aide au calcul des paramètres de coupe, telles que la vitesse de coupe, vitesse d'avance, la rugosité a été développé sous logiciel Visuel Basic 6.

3.5.1 Organigramme

L'organigramme général du programme développé est présenté par la figure 3-21.

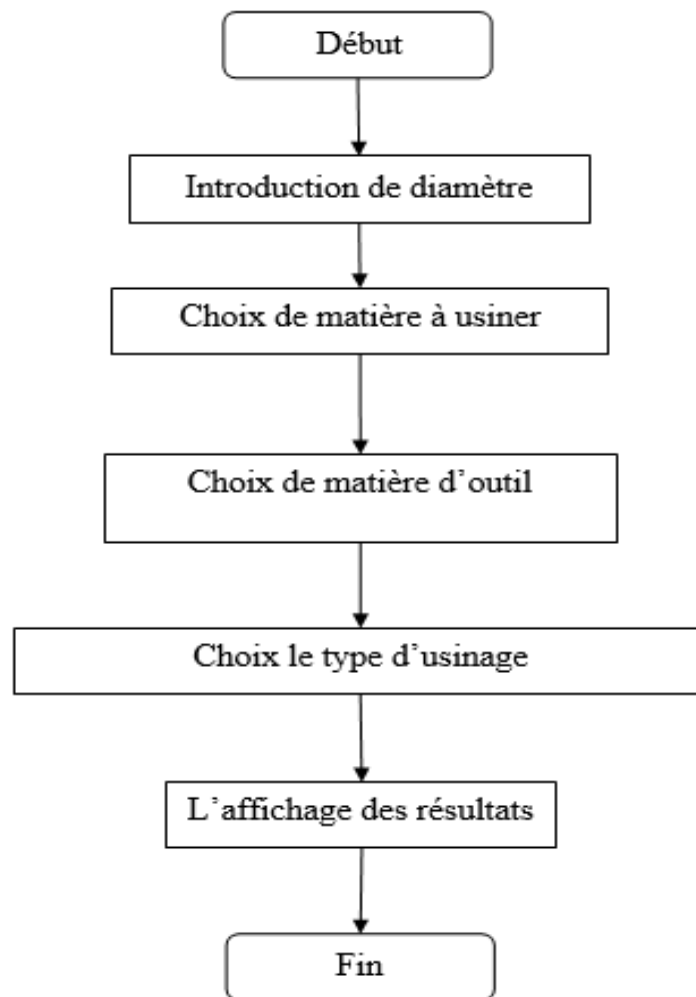


Figure 3-21: L’organigramme de l’interface développée.

3.5.2 Présentation de l’outil

La première fenêtre est réservée pour la présentation de logiciel (voir figure 3-22)



Figure 3-22: Présentation de logiciel.

La deuxième fenêtre (figure 3-23)est réservée pour sélectionner le type d’usinage.



Figure 3-23: Type d’usinage.

A l’aide des écrans des figures3-24 ,3-25 ,3-26 ,3-27,3-28 , on Sélectionne la matière à usiner, la matière de l’outil, type d’opération (finition, demi-finition ou l’ébauche) et l’opération d’usinage (CHARIOTAGE, FILETAGE, PERÇAGE...) pour le tournage, afin de calculer la vitesse de coupe, la vitesse d’avance, le rayon du bec de l’outil de coupe ainsi que la rugosité de la surface.

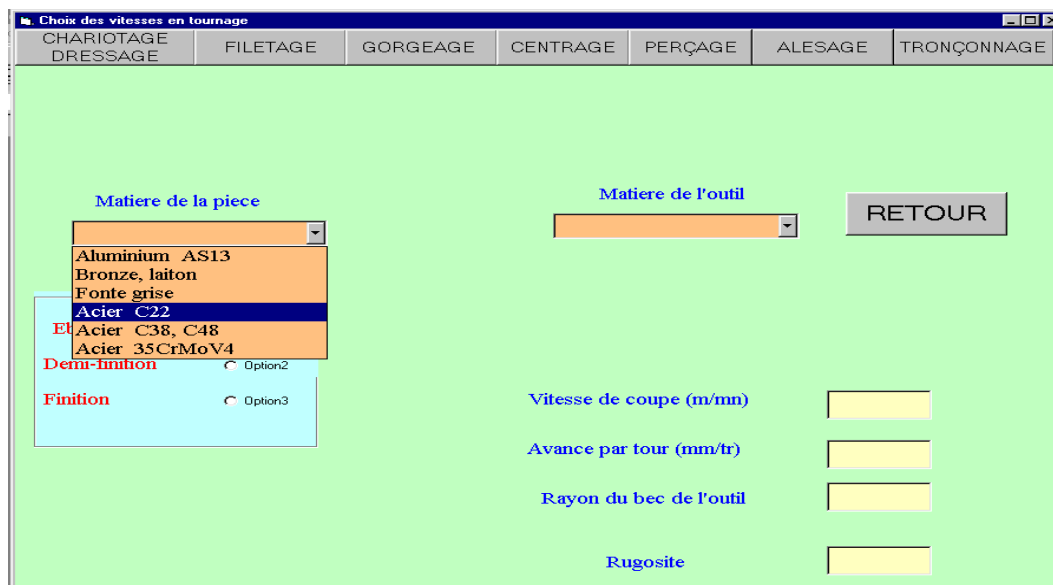


Figure 3-24 : Choix de la matière de la pièce.



Figure 3-25 : Choix de la matière de l’outil.

La figure 3-26 illustre l’affichage de vitesse de coupe, l’avance par tour, rayon du bec de l’outil, rugosité, dans le cas de CHARIOTAGE/ DRESSAGE.

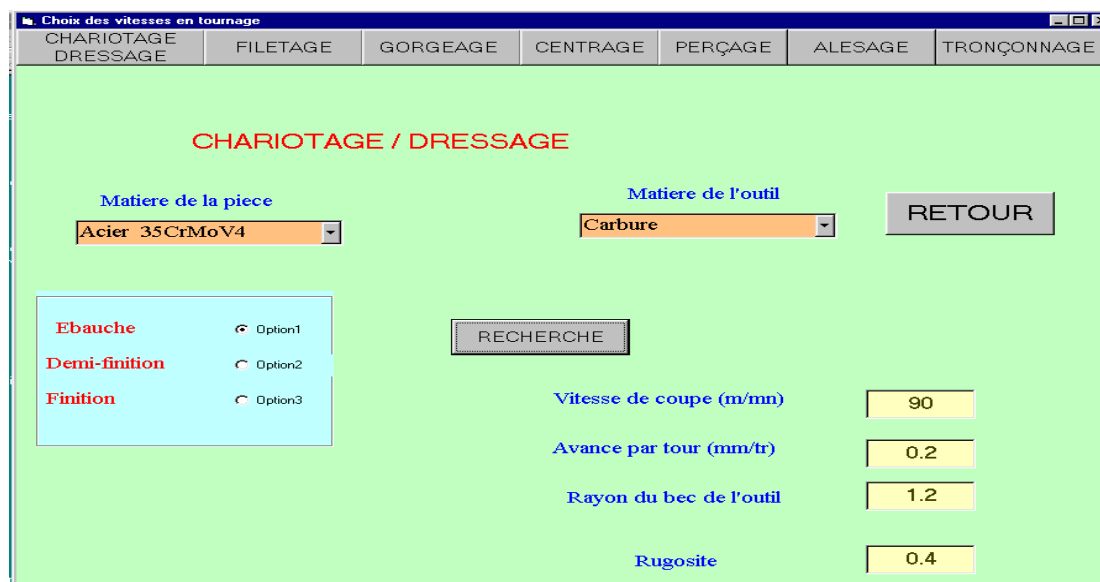


Figure 3-26 : Aide au choix des paramètres de coupe dans le cas de CHARIOTAGE/ DRESSAGE.

La figure 3-27 illustre l’affichage de vitesse de coupe, l’avance par tour, rayon du bec de l’outil, rugosité, dans le cas de TRONÇONNAGE.

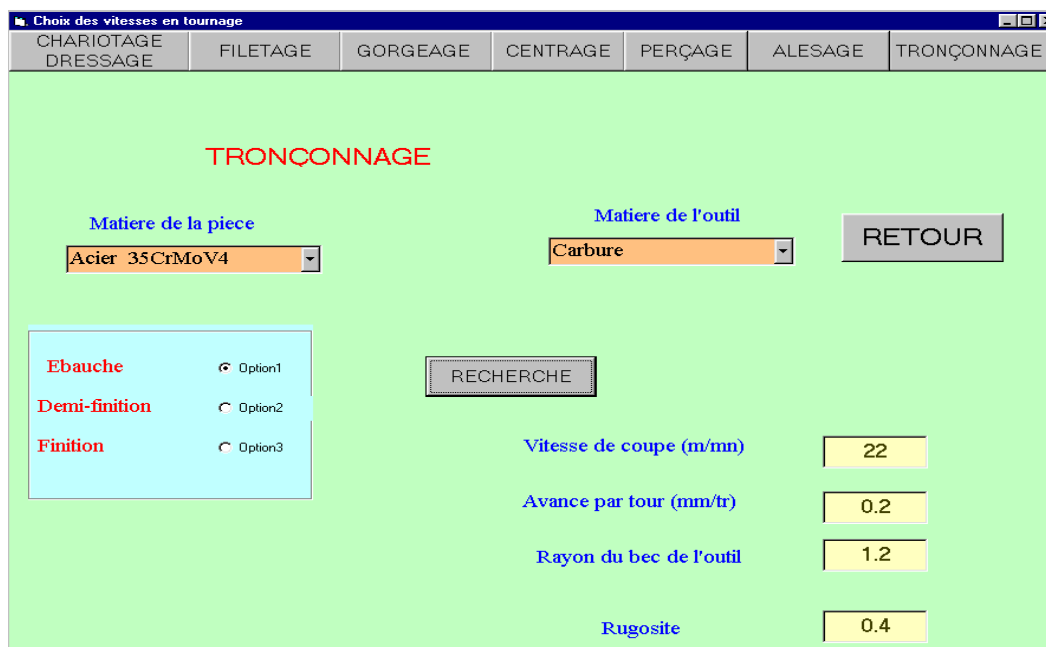


Figure 3-27 : Aide au choix des paramètres de coupe dans le cas de TRONÇONNAGE.

La figure 3-28 illustre l’affichage de vitesse de coupe, l’avance par tour, diamètre normalisé, dans le cas de FILETAGE.

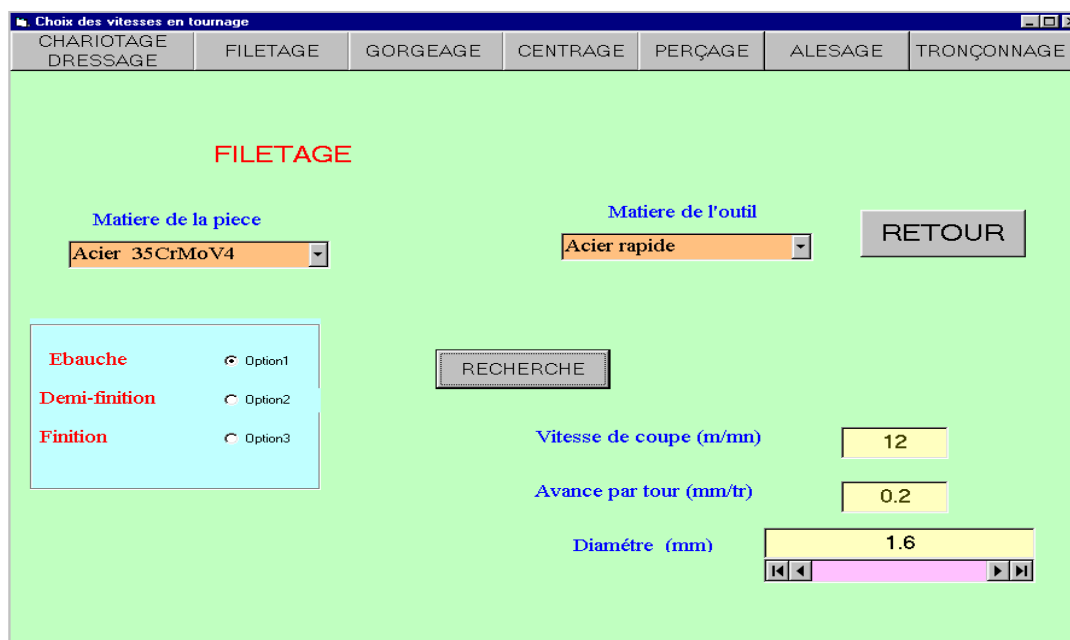


Figure 3-28: Aide au choix des paramètres de coupe dans le cas de FILETAGE.

La figure 3-29 présente un exemple du calcul des paramètres de coupe cas du tournage.

| Paramètre | Valeur | Calculé | Formule |
|------------------------------------|--------|---------|---------|
| Diamètre de la pièce (mm) | 55 | | |
| Vitesse de coupe (m/Min) | 40 | | |
| Calcul vitesse de rotation (tr/mn) | | 231 | FORMULE |
| Avance par tour (mm/tr) | 0.2 | | |
| Vitesse d'avance (mm/mn) | | 46.2 | FORMULE |
| Longueur de coupe (mm): | 60 | | |
| Nombre de passes | 3 | | |
| Calcul temps de coupe (mn) | | 3.89 | FORMULE |
| <i>FERMER</i> | | | |

Figure 3-29: Paramètres de coupe cas du tournage.

La figure 3-30 présente un exemple du calcul des paramètres de coupe en fraisage, sous la base des écrans des figures 3-31 et 3-32.

The screenshot shows a software window titled "PARAMETRES EN FRAISAGE" with a light blue background. It contains several input fields and buttons. The parameters and their values are as follows:

| Paramètre | Valeur | Calculé | Formule |
|-------------------------------------|--------|---------|---------|
| Diamètre de la fraise (mm) | 12 | | |
| Vitesse de coupe (m/mm) | 8 | | |
| Calcul vitesse de rotation (tr/mm) | | 212 | FORMULE |
| Nombre de dents | 04 | | |
| Avance par tour et par dent (mm/tr) | 0.2 | | |
| Calcul vitesse d'avance (mm/mm) | | 169 | FORMULE |
| Longueur de coupe (mm) | 20 | | |
| Nombre de passes | 3 | | |
| Calcul temps de coupe (mn) | | 0.35 | FORMULE |

Additional buttons in the window include "AIDE AU CHOIX DES PARAMETRES DE COUPE" (top right), "FORMULE" (next to calculated values), and "FERMER" (bottom right). The window title bar includes standard minimize, maximize, and close icons.

Figure 3-30: Paramètres de coupe en fraisage.



Figure 3-31: Aide au choix des paramètres de coupe dans le cas de SARFAÇAGE.

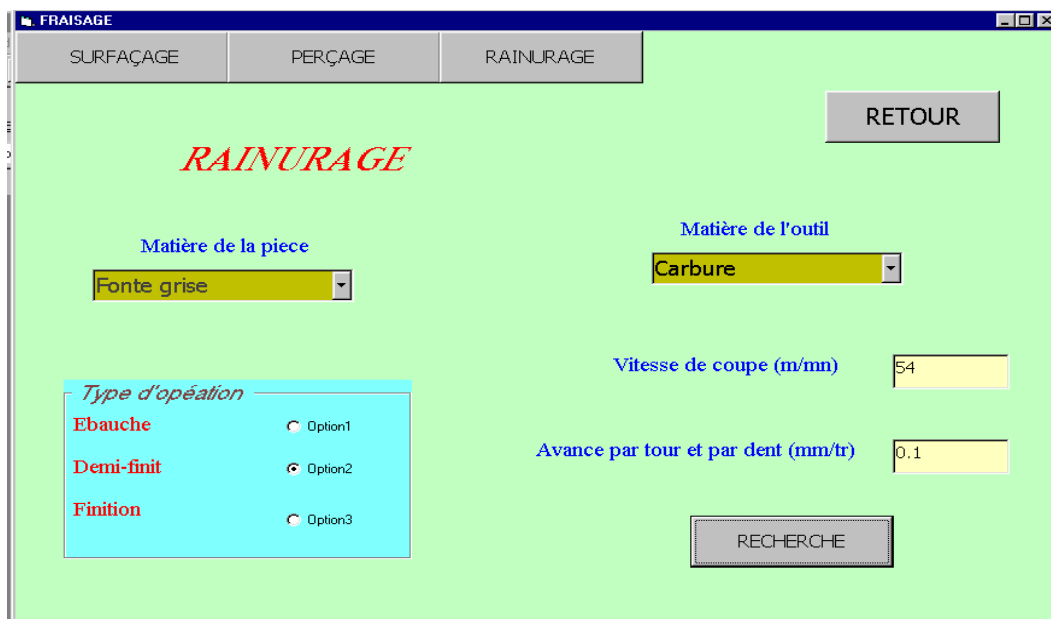


Figure 3-32 : Aide au choix des paramètres de coupe dans le cas de RAINURAGE.

3.6 Conclusion

Une étude expérimentale a été réalisée afin de ressortir l'influence de la vitesse de coupe sur de l'état de surface. On a constaté que le choix de la vitesse d'avance joue un rôle primordial sur l'obtention d'un bon état de surface. Ce chapitre a été enrichi par une modélisation sous logiciel MINITAB pour développer un modèle mathématique entre la rugosité et la vitesse d'avance.

Conclusion générale

La rugosité est l'irrégularité présente à la surface d'une pièce usinée. L'effet de la vitesse d'avance sur la rugosité se réfère à la manière dont la variation de la vitesse d'avance lors du processus d'usinage influe sur l'état de surface obtenue.

L'avance est un paramètre essentiel exerçant une influence cruciale sur la rugosité de surface et la durée de vie de l'outil, comme le démontrent les résultats obtenus. En réduisant l'avance, la rugosité diminue, ce qui se traduit par une amélioration significative de l'état de surface et une diminution de l'usure. Ainsi, l'avance joue un rôle déterminant dans l'optimisation de la durée de vie de l'outil et l'obtention d'une surface de qualité.

Ce travail a pour but d'étudier l'influence de la vitesse d'avance sur l'état de surface de la pièce.

Afin d'atteindre cet objectif, deux parties ont été développées.

La première partie est consacrée aux généralités d'usinage et plus particulièrement le tournage. La seconde partie traite une étude expérimentale basée sur le choix approprié de la vitesse d'avance pour l'amélioration de qualité de surface d'une pièce mécanique.

L'étude expérimentale est axée sur :

- DAO à l'aide de logiciel de CFAO Boxford version CAM 4.42 ;
- Simulation d'usinage ;
- Débitage du brut des éprouvettes ($\text{Ø}30 \times 50$) mm
- Profondeur de passe 1 mm , 2 mm, 2,5 mm
- CAM sur tour à commande numérique TCN Boxford 160TCLi (ESSA Tlemcen)
- Réglage des origines Om OM définies par le constructeur (remise à zéro de la machine) ;
- Réglage des origines Op OP définies par le manipulateur ;
- Chariotage ($\text{Ø}29 \times 15$) mm, ($\text{Ø}25 \times 12$) mm et ($\text{Ø}20 \times 12$) mm en variant la vitesse d'avance F (les syntaxes utilisées sont G99 F 0,08 et G96 S 225 à titre d'exemple, S 0 à 3200 G97) ,
- Métrologie (Contrôle de l'état de surface de la pièce à l'aide d'un comparateur *Mitoyou* de précision 0,001);

Cette étude montre que le choix de la vitesse d'avance joue un rôle primordial sur l'obtention d'un bon état de surface. Ce travail a été enrichi par une modélisation sous logiciel Minitab pour développer un modèle mathématique entre la rugosité et la vitesse d'avance.

Références

- [1] Trent, E. et Wright, P. MetalCutting, 4e édition, Butterworth-Heinemann MA
- [2] Dash, S.K., (2012), "Optimisation multi-objectif des paramètres de coupe dans les opérations de tournage pour réduire la rugosité de surface et les vibrations de l'outil", thèse de B.Tech., Département de génie mécanique, Institut national de technologie, Rourkela.
- [3] Halim, M.S.B "Caractérisation de l'usure de l'outil de coupe en carbure dans une opération de tournage à un seul point de l'acier AISI D2", thèse , Département de génie de fabrication, Université Teknikal Malaysia ., (2008)
- [4] https://dspace.univ-ouargla.dz/jspui/bitstream/123456789/9863/1/MAAMRI_NECIB.pdf
- [5] <https://www.rocdacier.com/cours-tournage-usinage/>
- [6] Gaëtan Albert, identification et modélisation du torseur des actions en fraisage, Thèse de doctorat, école doctorale des sciences physique et l'ingénieur.
- [7] Makadia A.J. et Nanavati J.I "Optimisation des paramètres d'usinage pour les opérations de tournage basée sur la méthodologie de surface de réponse", Measurement, 46(4), pp.1521-1529.
- [8] Bouacha K., Yaltese M.A., Mabrouki T. et Rigal J.F., (2010), "Analyse statistique de la rugosité de surface et des forces de coupe à l'aide de la méthodologie de surface de réponse dans le tournage dur de l'acier de roulement AISI 52100 avec un outil en nitrure de bore cubique", International Journal of RefractoryMetals and Hard Materials, 28(3), pp. 349-361.
- [9] Gaëtan Albert, identification et modélisation du torseur des actions en fraisage, Thèse de doctorat, école doctorale des sciences physique et l'ingénieur.
- [10] Kumar, G., (2013), "Optimisation multi-objectif des paramètres de coupe et géométriques dans les opérations de tournage pour réduire les forces de coupe et la rugosité de surface", thèse de B.Tech., Département de génie mécanique, Institut national de technologie, Rourkela.
- [11] Yang W.H , (1998), "Optimisation de la conception des paramètres de coupe pour les opérations de tournage basée sur la méthode Taguchi", Journal of MaterialsProcessingTechnology, 84(1), pp. 112-129.
- [12] aisal, M.F.B.M., (2008), "Caractérisation de l'usure de l'outil de coupe en carbure revêtu de nitrure de titane (TiN) dans une opération de tournage à un seul point de l'acier AISI D2", thèse de B.Tech., Département de génie de fabrication, Université
- [13] Schneider, S., (1989), "Usinage à grande vitesse : solutions pour la productivité", Actes de la conférence SCTE '89, San Diego, Californie.
- [14] Kalpakjian, S. et Schmid, S. Manufacturing Engineering and Technology, 7e édition, Prentice Hall, New Jersey.
- [15]Gaëtan ALBERT Docteur Spécialité : Mécanique Et Ingénieri Identification et Modélisation
- [16] Atelier mécanique au sein la faculté de Technologie Tlemcen.