

# Influence des conditions de coupe sur la rugosité arithmétique en fraisage

Fatiha Khettabi<sup>1\*</sup>, Ahmed Lagred<sup>2</sup> et Amel Bouchareb<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire de Mécanique Industrielle (LMI), Département de Génie Mécanique, Université Badji Mokhtar, BP.12, Annaba23000, Algérie.

<sup>2,3</sup>Laboratoire de Recherche des Technologies Avancées en Production Mécanique (LRTAPM), Département de Génie Mécanique, Université Badji Mokhtar, BP.12, Annaba 23000, Algérie.

\*Auteur correspondant : widedskikda@yahoo.fr

**Résumé** - La mise en forme par enlèvement de matière est l'un des procédés d'élaboration des pièces mécaniques. Ainsi, l'optimisation des procédés d'usinage dans le but d'augmenter la productivité tout en assurant la qualité est une priorité au regard de l'industrie et de la recherche. Notre travail présente les résultats expérimentaux d'une étude sur la rugosité des surfaces usinées pour un acier non allié. Cette étude a permis la mise en évidence de l'influence des conditions de coupe sur la rugosité (Ra), pour ce faire nous avons réalisé des essais d'ébauchage dont les paramètres variables sont : la vitesse de coupe, l'avance par dent et la profondeur de passe. Le résultat montre que l'avance a une grande influence sur la rugosité « Ra ».

**Mots Clés** : Fraisage ; rugosité ; Anova.

## Nomenclature

Vc	vitesse de coupe, m/mn	SS	somme des carrés séquentiels
F	avance par dent (mm/d)	MScarrés	moyennes ajustées
Ap	profondeur de passe (mm)	F	Le rapport du carré moyen pour le carré moyen de l'erreur expérimentale.
Ra	rugosité(um)	P	la probabilité
DF	degree de liberté		

## 1. Introduction

L'usinage est un procédé d'enlèvement de matière avec une dynamique complexe[1].L'étude de l'usinage revêt deux grands objectifs scientifiques que sont la compréhension de l'enlèvement de matière et la maîtrise de la mise en œuvre des procédés qui l'utilisent [2]. La coupe est influencée principalement par les propriétés du matériau à usiner, la géométrie de l'outil, les conditions de coupe, les conditions de lubrification et les paramètres dynamiques du système usinant [3]. L'état de surface est un paramètre très important dans l'industrie, on appelle « état de surface » les irrégularités des surfaces dues au procédé d'élaboration de la pièce .Ils sont mesurés au moyen des appareils appelés rugosimètres[4]. Les travaux de recherche effectués par K.Rao Venkata et autres [5] ont montré que le réseau de neurones peut aider dans le choix de paramètres de coupe appropriées pour minimiser les vibrations de l'outil et de l'usure de l'outil et de réduire la rugosité de la surface, aussi, il est possible de changer l'outil de coupe au moment correct afin d'obtenir une bonne qualité des produits. M. Aguiar et autres [6] ont étudiés le processus de broyage en acier trempé,et ont trouvé que la rugosité de surface n'a pas augmenté de manière significative avec le temps de coupe dans la plupart des conditions testées dans le travail. Le fraisage est un procédé qui réalise

un état de surface par enlèvement progressif d'une certaine quantité de matière de la pièce usinée à un taux de mouvement ou d'avance relativement faible par une fraise tournant à une vitesse comparativement élevée. L'objectif de ce travail est de savoir quel est le paramètre de coupe le plus influent sur l'état de surface.



Figure 1 : Image illustre un bon état surface



Figure 2 : Image illustre un mauvais état de surface [7]

## 2. Procédure expérimentale

Les essais sont réalisés sur une fraiseuse à commande numérique (TNC 355 de HEIDENHAIN) de type DX, caractérisée par une puissance de 12.2 Kw, une vitesse de rotation maximale de 2000 tr/min et avec rotation de la table 360°. Afin d'effectuer des opérations de surfacage, on utilisant des outils de type P25 et des plaques rectangulaires d'un acier non allié (C45) de 150mm de la longueur, de 100mm de largeur et de 100mm de la hauteur. Pour la mesure de la rugosité, on a utilisé un rugosimètre (TR100), ce dernier est constitué d'une pointe de diamant (palpeur) se déplaçant linéairement sur la surface mesurée. Les essais de fraisage ont été réalisés sans lubrification et dans des conditions de coupe différentes.

Tableau 1 : Conditions de coupe en ébauchage

Symbole	Paramètres de coupe	Niveau 1	Niveau2
Vc	Vitesse de coupe (m/mn)	100	150
f	Avance par dent (mm/dent)	0.3	0.4
ap	Profondeur de passe (mm)	3	4

Tableau 2 : Conditions de coupe en finition

Symbole	Paramètres de coupe	Niveau 1	Niveau2
Vc	Vitesse de coupe (m/mn)	180	200
f	Avance par dent (mm/dent)	0.1	0.15
ap	Profondeur de passe (mm)	0.25	0.5

## 3. Résultats obtenus

### 3.1. La méthode de surface de réponse(RSM)

La méthodologie de surface de réponse (MSR) permet d'optimiser une ou plusieurs variables de réponses[8]. Elle est utilisée pour déterminer la relation entre les paramètres indépendants du processus d'usinage ( $V_c$ ,  $f$ ,  $ap$ ) avec la réponse souhaitée ( $R_a$ ), ce qui permet d'explorer l'effet de ces paramètres sur les réponses considérées.

Dans cette étude, la relation entre les conditions de coupe et les paramètres technologiques d'usinage est donné comme :

$$Y = f(V_c, f, ap) \quad (1)$$

Où  $Y$  est la réponse désirée et  $f$  est la fonction de réponse.

### 3.2. Analyse de régression

A l'aide du logiciel Minitab, l'analyse de régression de la rugosité  $R_a$  en fonction de  $V_c$ ,  $f$  et  $ap$  donne l'équation du modèle complet avec un coefficient de corrélation ( $R^2 = 73,92\%$ ).

$$Ra = -0,635721 + 0,00196798 V_c - 0,254571 ap + 6,60502 f \quad (2)$$

Le coefficient de corrélation du modèle  $R_a$  égale à 0,7392, donc 73,92 % des variations des rugosités sont expliquées, et 26,08 % restent par conséquent inexpliqué.

La présentation en 3D de la surface de réponse est donnée par les figures 3 et 4, respectivement. La figure 3 montre l'influence de la vitesse de coupe ( $V_c$ ) et de l'avance par dent( $f$ ) sur la rugosité de surface ( $R_a$ ). La meilleure rugosité de surface

est obtenue avec la combinaison de l'avance la plus basse et de la vitesse de coupe la plus haute.

La figure 4 montre la surface estimée de réponse pour la rugosité de surface ( $R_a$ ) par rapport aux paramètres de coupe (vitesse de coupe ( $V_c$ ) et la profondeur de passe ( $ap$ )).

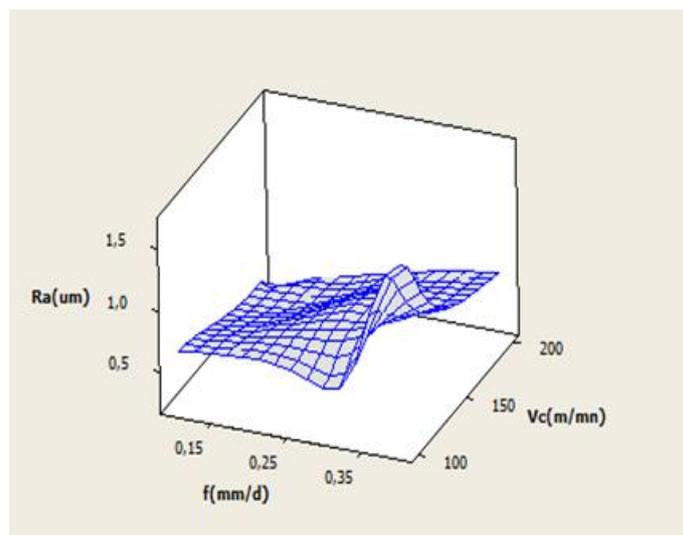


Figure 3 : Evolution de la rugosité  $R_a$  en fonction de l'avance et la vitesse de coupe

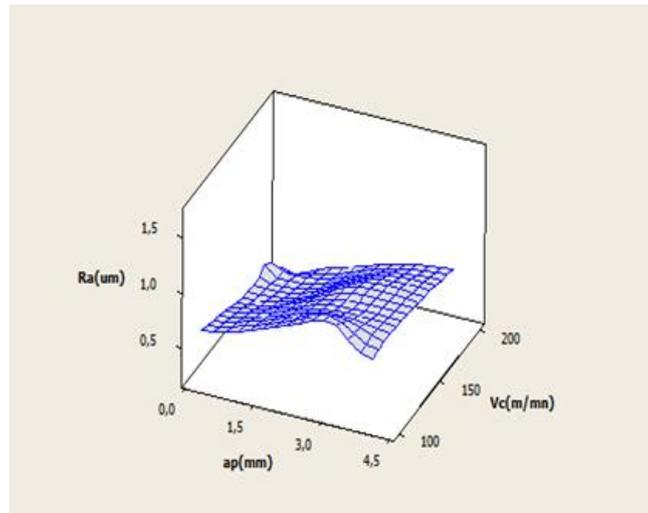


Figure 4 : Evolution de la rugosité Ra en fonction de la profondeur et la vitesse de coupe

La figure 5 illustre l'influence de la combinaison ap et f sur la rugosité de surface (Ra). L'effet de l'avance est plus important que l'effet de la profondeur de passe.

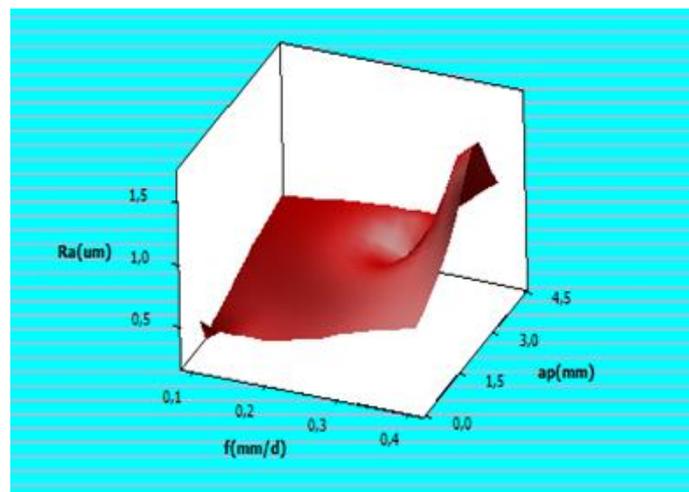


Figure 5 : Evolution de la rugosité Ra en fonction de la profondeur et l'avance.

### 3.3. Analyse de la variance pour la rugosité Ra

Le tableau 2 présente une analyse de la variance ANOVA afin de connaître les facteurs et les interactions qui ont un effet significatif. L'analyse des résultats montre que la vitesse de coupe (Vc), l'avance par tour (f) et la profondeur de passe (ap) ont tous un effet significatif sur la rugosité Ra.

Tableau 3. Analyse de variance ANOVA pour Ra

Source	DF	SeqSS	SS	MS	F	P
Regression	3	1,10875	1,10875	0,369585	3,77902	0,115842
Vc	1	0,52707	0,00650	0,006505	0,06651	0,809209
ap	1	0,000	0,137	0,137	1,409	0,300

		01	89	888	91	764
f	1	0,581 68	0,581 68	0,581 677	5,947 67	0,071 302
Error	4	0,3912 0	0,3912 0	0,0977 99		
Total	7	1,4999 5				

La figure 6 présente l'effet de chaque paramètre de coupe sur l'état de surface, d'après cette figure la valeur de Ra se diminue avec l'augmentation de la vitesse et la diminution de l'avance.

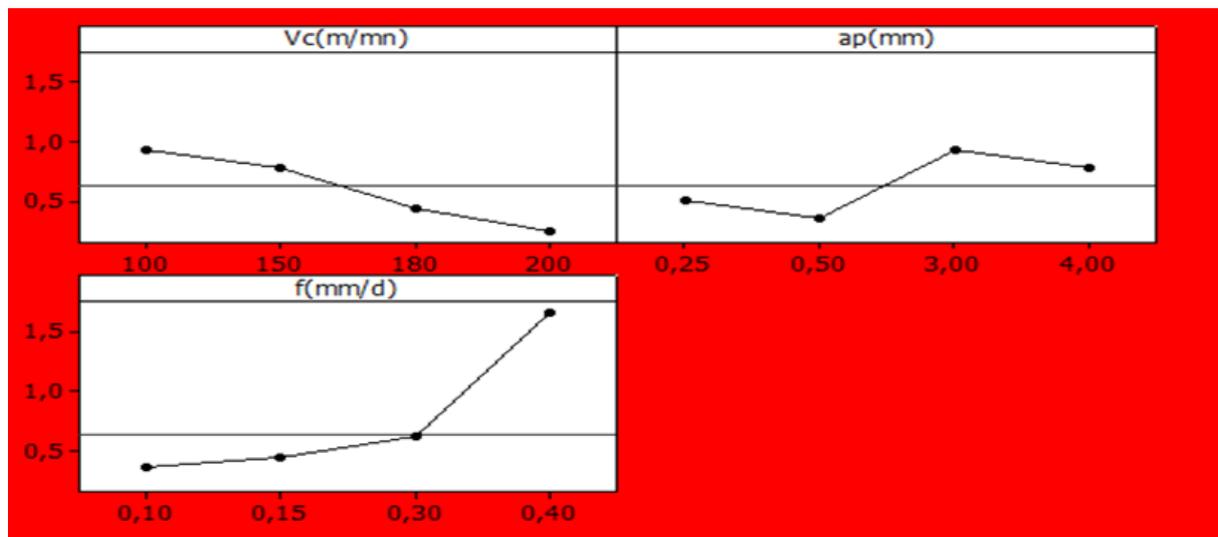


Figure 6 : Graphe des effets principaux de Vc, f et ap sur la rugosité Ra

## Conclusion

L'objectif de ce travail était de montrer la corrélation entre les conditions de coupe (V, ap, f) et la rugosité de surface (Ra). L'application de la méthode des surface de réponse (MSR) en fraisage de C45 avec le carbure métallique a permis d'obtenir un modèle mathématique la rugosité de surface (Ra) en fonction des paramètres d'usinage. Les conditions de coupe ont une influence considérable sur la qualité de la surface usinée. En effet, l'influence la plus pertinente sur la rugosité est attribuée à l'avance, suivie par la vitesse de coupe et enfin la profondeur de passe.

## Références

1. G.F.Moraru. Etude du comportement du système « Pièce-Outil-Machine » en régime de coupe vibratoire. Ecole Nationale Supérieure d'Aarts et Métiers. Thèse (2002).
2. F.Girardin. Etude de l'usinage des matériaux performants et surveillance de l'usinage. Institut National des Sciences Appliquées de Lyon. Thèse (2010).
3. C.F.Bisu. Etude des vibrations auto-entretenues en coupe tridimensionnelle: nouvelle modélisation appliquée au tournage. Thèse (2007).

4. A.Crolet.Contribution à l'étude de l'influence du comportement vibratoire du système « Pièce-Outil-Machine » sur la qualité de surface obtenues en tournage de super finition. Institut national polytechnique de Lorraine.Thèse (2008).
5. RaoVenkata.K. BSN Murthy.N. Mohan Rao. Prediction of cutting tool wear, surface roughness and vibration of work piece in boring of AISI 316 steel with artificial neural network. Journal de Measurement.(2014).
6. M.Aguiar.A.Diniz.R.Pederiva.Correlating surface roughness, tool wear and tool vibration in the milling process of hardened steel using long slender tools.Journal international de machines-outils et Fabrication.(2013).
7. S.Seguy.De l'adaptation à la variation continue de la vitesse de broche afin de contrôler le broutement en fraisage de parois minces : modélisations et études expérimentales. Thèse(2008).
8. F.Rabier.Modélisation par la méthode des plans d'expériences du comportement dynamique d'un module IGBT utilisé en traction ferroviaire. France .Thèse(2007).