

Optimisation des paramètres de coupe lors de tournage de l'acier inoxydable AISI 316L en utilisant ANOVA et la méthode de Taguchi

Youssef Touggui^{1*}, Salim Belhadi², Salah-Eddine Mechraoui¹, Mohamed Athmane Yallose², Mustapha Temmar¹

¹Laboratoire de structure (LS), université de Blida1, Algérie.

²Laboratoire Mécanique de structure (LMS), université 8 mai 1945, Guelma, Algérie.

*Auteur correspondant : touggiyoussef@gmail.com

Résumé— L'acier inoxydable austénitique est largement utilisé dans de nombreux domaines en raison de ses propriétés mécaniques élevées et de sa résistance à la corrosion. De plus, en raison de sa conductivité thermique faible et de sa ductilité élevée, ce matériau se caractérise par une faible usinabilité. Le but principal de cette étude est de déterminer l'influence des paramètres de coupe telles que la vitesse de coupe, l'avance par tour et la profondeur de passe sur le critère de rugosité de surface (Ra) et l'effort de coupe (Fz) lors de tournage à sec de l'AISI 316L avec plaquette en carbure revêtue (GC1125). Sur la base d'un tableau orthogonal (L27), la technique de la méthodologie des surfaces de réponse (MSR) et l'analyse ANOVA sont utilisées pour développer des modèles de régression quadratique et de déterminer la contribution de chaque paramètre pour trouver quel paramètre a une influence significative sur les réponses (Ra et Fz). On le constate que l'avance est le paramètre le plus significatif sur la rugosité de surface (Ra) avec 81.58% en terme de contribution, alors que la profondeur de passe affect fortement l'effort de coupe (Fz) avec une contribution de 65.12%. En outre, en utilisant la méthode d'optimisation de Taguchi qui nous a permis de conclure que $V_c = 170$ m/min, $f = 0,08$ mm/tr, $a_p = 0,2$ mm et $V_c = 125$ m/min, $f = 0,08$ mm/tr, $a_p = 0,1$ mm sont les combinaisons des niveaux optimisés pour minimiser la rugosité de surface et l'effort de coupe, respectivement.

Mots clés— *Optimisation. Rugosité. Effort de coupe. ANOVA. Méthode de Taguchi. Acier inoxydable*

I. Introduction

L'usinage par enlèvement de matière tient une place considérable dans la fabrication industrielle. Á nos jours, l'amélioration de l'usinage de certains matériaux est d'un intérêt incontournable dans les procédés d'usinage, notamment le tournage. Parmi ces matériaux, les aciers inoxydables austénitiques sont considérés comme des matériaux difficiles à usinés en raison de leur ductilité élevée, un taux d'érouissage important et une faible conductivité thermique [1]. Plusieurs travaux de recherche ont été effectués afin d'étudier l'usinabilité des aciers inoxydables, on peut citer : Berkani et al. [2] qui ont étudié l'effets des paramètres de coupe sur la rugosité de surface (Ra) et l'effort de coupe (Fz) lors du tournage à sec de l'acier inoxydable 304 avec un outil en carbure revêtue. Ils ont montré que l'avance est le facteur le plus important affectant la rugosité avec une contribution de (71.04%), alors que l'efforts de coupe est influencé par la profondeur

de passe avec (60.74%) de contribution. M. Kaladhar et al. [3] ont étudié la rugosité de surface durant l'usinage d'un acier inoxydable 304 avec une plaquette de coupe en cermet. Ils ont trouvé que les paramètres optimales pour obtenir une rugosité minimale sont $V_c=150$ m/min, $f=0.25$ mm/tr, $a_p= 2$ mm et $r=0.4$ mm. Nur et al [4] ont examiné l'influence des paramètres d'usinage sur la rugosité de surface et l'effort de coupe lors de tournage à sec d'un acier inoxydable 316L avec un outil en carbure revêtue. Les résultats ont montré que l'avance a un effet proportionnel sur les efforts de coupe (Fc) et la rugosité de surface (Ra). Dans une étude récente, Acayaba et al. [5] ont estimé une rugosité de surface optimale en se basant sur la régression linéaire multiple et un réseau de neurone artificiel (ANN) durant le tournage d'acier inoxydable austénitique AISI 316. Ils ont observé que les valeurs minimales de la rugosité ont été obtenues à une combinaison de la vitesse de coupe de 49.3 m/min, à une l'avance de 0.156 mm/tr, une profondeur de passe de 0.52mm et un rayon de nez de 0.57mm. Dans notre travail, des essais de tournage sur l'acier inoxydable austénitique AISI 316L avec un outil de coupe en carbure revêtue (GC1125) ont été réalisés, l'objectif du travail est d'étudier l'influence des paramètres de coupe tels que la vitesse de coupe, l'avance et la profondeur de passe sur la rugosité de surface (Ra) et l'effort de coupe tangentiel (Fz).

II. Abréviation

ANOVA : Analyses de Variance

MSR : Méthodologie de Surface Réponse

Ra : Rugosité moyenne arithmétique (μ m).

Fz : Effort de coupe tangentielle (N).

S/B : Signal sur Bruit

V_c : Vitesse de coupe (m/min).

f : Avance (mm/tr).

a_p : Profondeur de passe (mm).

Cont % : Contribution (%).

III. Méthodologie d'analyse

L'optimisation des paramètres de coupe dans le domaine d'usinage a fait l'objet de différents travaux de recherche [1, 2,4]. Plusieurs méthode d'optimisation existes. Dans notre travail, nous avons utilisé la Méthode des Surfaces de Réponse (MSR) et la méthode de Taguchi.

A. Méthode de surface réponse (MSR)

La Méthode des Surfaces de Réponse (MSR) est une approche de modélisation empirique pour déterminer la relation entre divers paramètres d'entrées du processus et la réponse considérée [6]. Dans cette méthode, Les paramètres d'entrées s'appellent parfois les variables indépendantes, et la mesure d'exécution ou la caractéristique de qualité est la variable dépendent [7]. Ainsi, la première étape dans la MSR est de trouver une approximation appropriée pour le véritable rapport fonctionnel entre les variables dépendantes Y et l'ensemble de variables indépendantes [8]. Généralement, un modèle de régression de type polynôme du second degré est utilisé dans la méthode de surface de réponse (MSR). Ce modèle s'appelle le modèle quadratique de Y. Ce dernier peut s'écrire de la manière suivante :

$$Y = a_0 + \sum_{i=1}^k a_i X_i + \sum_{\substack{i=1 \\ j \neq i}}^k a_{ij} X_i X_j + \sum_{i=1}^k a_{ii} X_i^2 + \varepsilon \quad (1)$$

Avec a_0 est le terme libre de l'équation de régression. Les coefficients $a_1, a_2 \dots a_k$ et a_{11}, a_{22}, a_{kk} sont les termes linéaires et quadratiques respectivement, tandis que $a_{12}, a_{13}, a_{1-k+1}$ sont les termes d'interaction. X_i représente les variables indépendantes (Vc, f et ap), ε représente l'erreur de l'ajustement pour le modèle de régression. En fin, Y représente les variables dépendants (Ra et Fz).

B. Méthode de Taguchi

La méthode de Taguchi est une technique puissante et efficace de plan d'expérience, elle peut améliorer l'exécution de processus avec un nombre minimum d'expériences [9]. De plus, elle réduit le coût de fabrication et le temps de cycle dans le processus de fabrication. Comparer aux plans d'expérience traditionnelles, la méthode de Taguchi se sert d'un plan spécial de table orthogonale (TO). Les résultats expérimentaux basés sur (TO) sont alors transformés en rapports de signal sur bruit pour évaluer les caractéristiques de fonctionnement. Par conséquent, La méthode de Taguchi se concentre sur les effets des variations sur des caractéristiques de qualité, plutôt que sur les moyennes. Cela est, la méthode de Taguchi fait l'exécution de processus peu sensible aux variations des facteurs de bruit incontrôlables [9]. Dans notre travail, l'étude a été réalisée à partir d'une table orthogonale L27 (3^{13}) de Taguchi pour quantifier l'influence des trois paramètres retenus (Vc, f et ap).

IV. Procédure expérimentale

A. Les facteurs et leurs niveaux

En accord avec plusieurs études, trois paramètres de coupe tels que la vitesse de coupe, l'avance et la profondeur de passe et leurs niveaux ont été choisi. Les conditions expérimentales ont été illustrées dans le tableau 1.

B. Matériel

La matière usinée est l'acier inoxydable AISI 316L. C'est une nuance d'acier inoxydable utilisée principalement dans les industries chimiques et pétrochimiques, marines, dans le domaine médical et équipements alimentaires. Le tableau 2 montre sa composition chimique. L'éprouvette utilisée est une barre cylindrique de diamètre de 80 mm et de longueur de 400 mm avec une dureté d'environ 197 HV. Les essais de tournage ont été exécutés à sec sur un tour conventionnel « TOS TRENCIN », modèle SN40C, de puissance sur la broche égale à 6.6 KW. Le dispositif expérimental est présenté dans la figure 1. Après chaque essai, la rugosité de surface (Ra) et l'effort de coupe (Fz) ont été mesurés avec un rugosimètre (2D) Surfrest 201 de Mitutoyo et un dynamomètre piézoélectrique Kistler 9257B. Les mesures de Ra ont été répétées 3 fois pour prendre en considération la dispersion des résultats. L'ensemble des résultats expérimentaux sont présentés dans le tableau 3.

Tableau 1. Paramètres de coupe et leurs niveaux

Paramètres de coupe	Symbole	Unités	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
Vitesse de coupe	« Vc »	m/min	125	170	245
L'avance	« f »	mm/tr	0.8	0.12	0.16
Profondeur de passe	« ap »	mm	0.1	0.2	0.3

Figure 1. Dispositif expérimentale

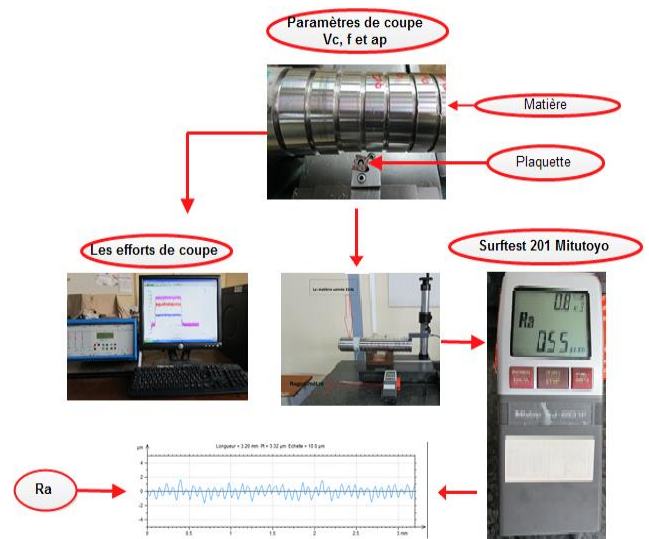


Tableau 2. Composition chimique de l'acier inoxydable AISI 316L

C %	Si %	Mn %	S %	Cr %	Ni %	Mo %	Al %	Cu %	Co %	V %	Ca %	Fe %
0.013	0.50	1.79	0.031	16.57	9.79	2.00	0.0028	0.373	0.163	0.074	0.0022	68.3

Après élaboration des essais, l'objectif est d'analyser les résultats et d'optimiser les paramètres de coupe pour identifier leurs significations statistiques. L'analyse de variance ANOVA et le rapport (S/N) ont été utilisées pour évaluer l'effet de chaque paramètre sur le critère de rugosité (Ra) et l'effort de coupe (Fz).

C. Analyse de Variance ANOVA

La méthode statistique d'ANOVA est utile non seulement pour déterminer l'influence de n'importe quels paramètres qui apporte une contribution à une série de résultats expérimentaux par le plan d'expérience mais aussi pour interpréter des données expérimentales [10]. Le coefficient de détermination R^2 , définie comme le ratio de la variation rapportée à la variation totale, est un critère important pour mesurer le degré d'ajustement [11]. Le modèle de réponse s'adapte mieux aux données réelles, quand la valeur de R^2 s'approche de l'unité. Les tableaux 4 et 5 montrent les résultats d'ANOVA pour (Ra) et (Fz). Cette analyse était effectuée pour des valeurs de la probabilité « P » inférieur à 0.05, ce qui correspond à un niveau de confiance de 95% [6].

D. Analyse de rapport signal/bruit (S/B)

Taguchi a employé le rapport S/B comme caractéristique de qualité de choix pour analyser les données [12, 13]. Dans ce rapport, il y a trois catégories de caractéristique de qualité :

1. Préférer plus grand.
2. Préférer nominal.
3. Préférer plus petit.

Dans notre cas, la rugosité de surface doit être minimale, nous avons choisi la catégorie "préférer plus petit". L'équation pour calculer le rapport S/N pour la catégorie "préférer plus petit" (en décibel) est donné comme suit :

$$\frac{S}{B} = -10 \log_{10} \left[\frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n y_i^2 \right) \right] \quad (2)$$

Avec n est le nombre de répétitions d'expérience, et y est la valeur mesurée de la rugosité de surface ou l'effort de coupe.

Le niveau optimal d'un paramètre est obtenu à la valeur la plus élevé du rapport S/B [14]. Le logiciel statistique Minitab 18 a été employé pour analyser les données expérimentales, les résultats calculés du rapport signal/bruit (S/B) sont résumés dans tableau 3. Les effets principaux des paramètres de coupe sur la rugosité de surface (Ra) et l'effort de coupe (Fz) sont présentés sur les figures (2 et 3).

V. Résultats et discussion

A. L'effet des paramètres de coupe (Vc, f, ap) sur la rugosité de surface (Ra).

Le tableau (4) d'analyse de la variance ANOVA montre que l'avance (f) est le facteur ayant la plus grande influence sur la rugosité avec une contribution de 81.58% dans ce modèle. En effet, son augmentation produit des stries parallèles à la direction de la vitesse de coupe qui résulte de la cinématique d'usinage. Ces stries sont plus profondes et plus larges proportionnellement avec l'avance (f) [15]. Aussi, la vitesse de coupe a un effet significatif de 2.02% sur la rugosité de surface, en raison de la plus grande longueur du contact entre l'outil et la pièce. L'influence des termes carrés (f^2 et ap^2) est estimée en termes de contribution avec des valeurs de (8.07 % et 2.75 %), respectivement. D'autre part, l'analyse indique que la profondeur de passe (ap) et les interactions (Vc*ap et f*ap) n'ont pas une influence significative sur le critère Ra car la valeur de Probabilité ($P > 0.05$).

B. L'effet des paramètres de coupe (Vc, f, ap) sur l'effort de coupe (Fz).

Le tableau (5) donne les résultats d'analyse d'ANOVA de sorte que l'influence des différents facteurs sur la force tangentielle (Fz) puisse être déterminée. L'analyse des résultats montre que la profondeur de passe est le facteur dominant qui affecte considérable l'effort de coupe (Fz) avec une contribution de 65.12%. Donc, le deuxième facteur qui a la plus grande influence sur l'effort (Fz) est l'avance par tour (f), sa contribution est de 29.25%. Alors que la vitesse de coupe (Vc) a un effet beaucoup plus négligeable sur la force tangentielle (Fz) avec 1.94% de contribution comparés à celui de (ap) et (f). Ces résultats sont en accord avec d'autres travaux [1,2 et16]. En ce qui concerne les interactions, on constate que les termes (Vc*f, Vc*ap, f*ap) et le terme quadratique (Vc²) ont une signification non considérable sur l'effort tangentielle (Fz).

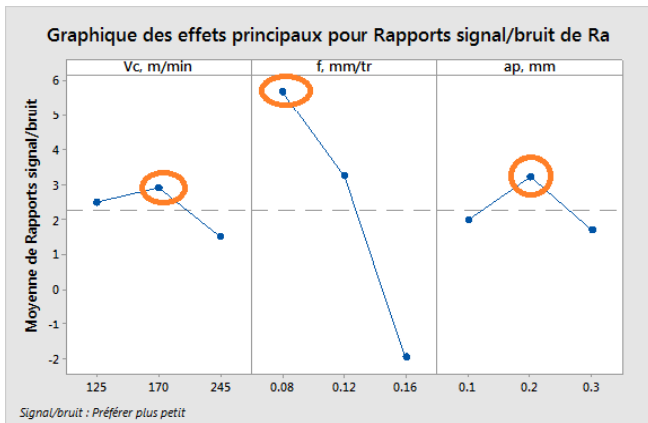
C. Analyse des effets principaux du rapport (S/B) sur la rugosité de surface (Ra)

Le tableau (6) et la figure (2) montrent que les trois paramètres étudiés ont une influence sur la rugosité de surface (Ra). En premier lieu, la plus importante influence correspond à l'avance avec un effet de 7.618. En deuxième lieu, vient la profondeur de passe (ap) avec 1.511d'effet. En dernier lieu vient la vitesse de coupe (Vc) avec un effet de 1.372. D'après l'approche de Taguchi, les paramètres optimales de la rugosité de surface (Ra) sont donc la vitesse de coupe (Vc) = 170 m/min, l'avance (f) = 0,08 mm/tr et la profondeur de passe (ap) = 0,2mm. (Fig.2)

Tableau.3. Résultats expérimentaux

	Vc, m/min	f, mm/tr	ap, mm	Ra, µm	Fz (N)	S/B pour Ra	S/B pour Fz
1	125	0.08	0.1	0.47	21.79	6.55804	-26.7651
2	125	0.08	0.2	0.40	54.87	7.95880	-34.7867
3	125	0.08	0.3	0.69	75.11	3.22302	-37.5140
4	125	0.12	0.1	0.77	35.15	2.27019	-30.9185
5	125	0.12	0.2	0.64	64.67	3.87640	-36.2141
6	125	0.12	0.3	0.80	87.85	1.93820	-38.8748
7	125	0.16	0.1	1.15	45.6	-1.21396	-33.1793
8	125	0.16	0.2	1.03	78.3	-0.25674	-37.8752
9	125	0.16	0.3	1.25	116.93	-1.93820	-41.3585
10	170	0.08	0.1	0.57	32.17	4.88250	-30.1490
11	170	0.08	0.2	0.46	54.12	6.74484	-34.6672
12	170	0.08	0.3	0.46	79.84	6.74484	-38.0444
13	170	0.12	0.1	0.62	49.58	4.15217	-33.9061
14	170	0.12	0.2	0.62	74.47	4.15217	-37.4396
15	170	0.12	0.3	0.63	107.79	4.01319	-40.6516
16	170	0.16	0.1	1.17	59.5	-1.36372	-35.4903
17	170	0.16	0.2	1.11	94.47	-0.90646	-39.5059
18	170	0.16	0.3	1.32	139.46	-2.41148	-42.8890
19	245	0.08	0.1	0.59	15.31	4.58296	-23.6995
20	245	0.08	0.2	0.52	50.53	5.67993	-34.0710
21	245	0.08	0.3	0.60	81.1	4.43697	-38.1804
22	245	0.12	0.1	0.87	41.45	1.20961	-32.3505
23	245	0.12	0.2	0.60	80.12	4.43697	-38.0748
24	245	0.12	0.3	0.71	104.71	2.97483	-40.3998
25	245	0.16	0.1	1.44	65.9	-3.16725	-36.3777
26	245	0.16	0.2	1.38	97.65	-2.79758	-39.7934
27	245	0.16	0.3	1.53	141.53	-3.69383	-43.0170

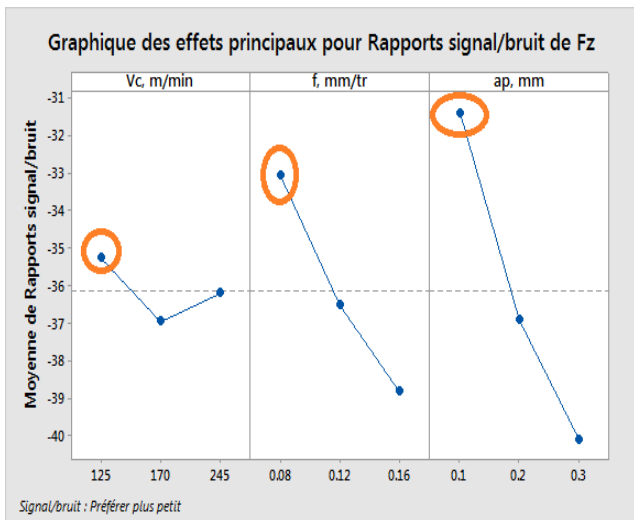
Figure.2. Effets principaux de Vc, f et ap sur la rugosité de surface (Ra).



D. Analyse des effets principaux du rapport (S/B) sur l'effort de coupe tangentielle (Fz).

Le tableau (7) et la figure (3) montrent que les trois paramètres étudiés ont une influence sur l'effort de coupe (Fz). La plus importante influence correspond à la profondeur de passe avec un effet de 8.68 suivie par l'avance avec 5.73 d'effet. En dernier rang vient la vitesse de coupe (Vc) avec un effet de 1.70. D'après l'approche de Taguchi, les paramètres optimaux de l'effort de coupe tangentielle (Fz) sont donc la vitesse de coupe (Vc) = 125 m/min, l'avance (f) = 0,08 mm/tr et la profondeur de passe (ap) = 0,1mm, (fig. 3).

Figure.3. Effets principaux de Vc, f et ap sur l'effort de coupe (Fz).



E. Analyse de regression de la rugosité de surface (Ra) et l'efforts de coupe (Fz) en fonction de Vc, f, et ap.

La modélisation par la régression non linéaire multiple (eq 1) de la rugosité de surface et l'effort de coupe montre l'influence des paramètres de coupe (Vc, f et ap) sur ces dernières.

Les équations empiriques de (Ra) et (Fz) obtenues - calculés d'après Eq 1- sont données par les équations (3) et (4) :

$$Ra = 2,742 - 0,00872 Vc - 27,00 f - 4,12 ap + 0,000020 Vc*Vc + 126,6 f*f + 11,82 ap*ap + 0,02698 Vc *f - 0,00550 Vc*ap + 4,81 f*ap \quad (3)$$

$$Fz = -46,91541 + 0,64050*Vc - 254,60771 *f + 90,82381 *ap + 2,32868 * Vc*ap + 1252,91667 * f *ap - 2,44835E-003 *Vc^2 + 437,5000 * f^2 + 13,16667 * ap^2 \quad (4)$$

Les valeurs de coefficients de détermination R² pour la rugosité de surface (Ra) et l'effort de coupe (Fz) sont R²=0.9671 et R²= 0.9895, respectivement. La validité des modèles (Ra) et (Fz) sont confirmés avec les valeurs suivantes : R² = 96.71 % et R² =98.95%. Les valeurs de coefficients de détermination sont proche à l'unité, suggérant une signification élevée des modèles, et montrent la bonne concordance avec les données expérimentales. Les figures 4 et 5 représentent une comparaison entre les valeurs prévues de (Ra) et (Fz) par les équations des modèles développés et de leurs valeurs expérimentales. Cette comparaison montre que la divergence entre les valeurs expérimentales et prévues est très petite.

Figure. 4. Comparaison entre les valeurs mesurées et prévues de Ra.

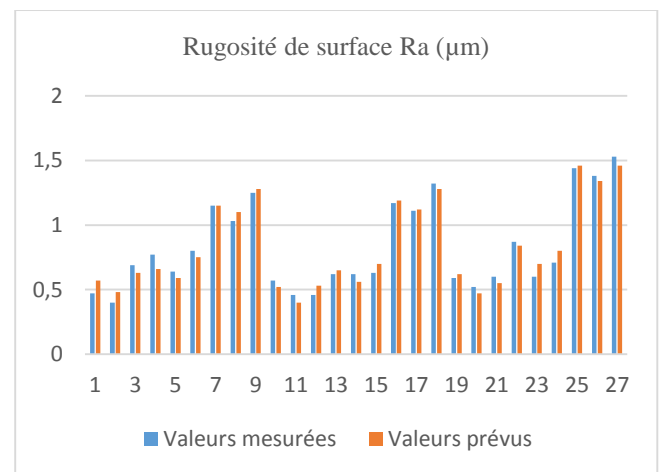


Figure.5. Comparaison entre les valeurs mesurées et prévues de Fz.

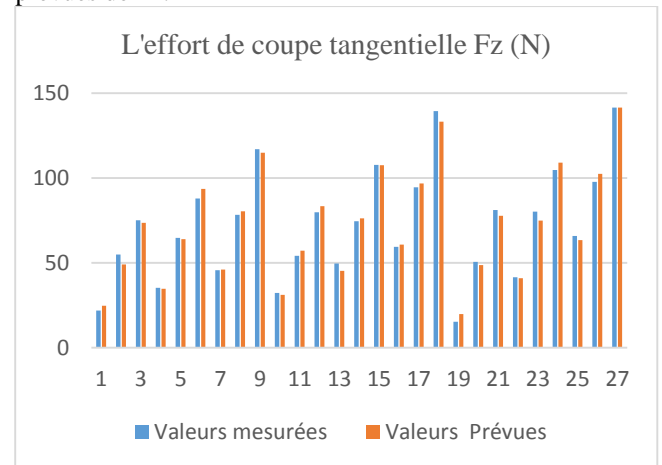


Tableau.4. Analyse de variance ANOVA pour Ra

Source	Somme des carrés	DF	Moyen des carrés	Valeur de F	Valeur de P	Cont%	Remarque
Model	2.94	9	0.33	55.94	< 0.0001	96.71	Signifiant
Vc	0.06	1	0.06	10.3	0.0051	1.97	Signifiant
f	2.48	1	2.48	425.22	< 0.0001	81.58	Signifiant
ap	4.68E-03	1	4.68E-03	0.8	0.383	0.15	No Signifiant
Vc x f	0.051	1	0.051	8.82	0,0086	1.68	Signifiant
Vc x ap	0.013	1	0.013	2.17	0,1587	0.43	No Signifiant
f x ap	4.68E-03	1	4.68E-03	0.69	0,4173	0.13	No Signifiant
Vc ²	0.029	1	0.029	4.94	0,0402	0.95	Signifiant
f ²	0.24	1	0.24	41.59	< 0.0001	7.89	signifiant
ap ²	0.083	1	0.083		< 0.0015	2.73	signifiant
Erreur	0.099	17	5.84E-03				
Total	3.04	26					

Tableau.5. Analyse de Variance (ANOVA) pour Fz

Source	Somme des carrés	DF	Moyen des carrés	Valeur de F	Valeur de P	Cont%	Remarque
Model	27278.67	9	3030.96	178.96	< 0.0001	98.95	Signifiant
Vc	533,88	1	533,88	31,52	< 0.0001	1,94	Signifiant
f	8062,16	1	8062,16	476,02	< 0.0001	29,25	Signifiant
ap	17950,66	1	17950,66	1059,87	< 0.0001	65,12	Signifiant
Vc x f	382,63	1	382,63	22,59	0,0002	1,39	Signifiant
Vc x ap	64,88	1	64,88	3,83	0,0669	0,24	No Signifiant
f x ap	301,4	1	301,4	17,8	0,0006	1,09	Signifiant
Vc ²	401,32	1	401,32	23,7	0,0001	1,46	Signifiant
f ²	2,94	1	2,94	0,17	0,6822	0,01	No signifiant
ap ²	0,1	1	0,1	6,14E-03	0,9385	0,00	No signifiant
Erreur	287,92	17	16,94				
Total	27566,6	26					

Tableau. 6. Moyenne des ratios S/B(Ra) pour chaque niveau des facteurs. Préférer plus petit.

Niveau	Vc (m/min)	f (mm/tr)	ap (mm)
1	2.491	5.646	1.990
2	2.890	3.225	3.210
3	1.572	-1.972	1.699
Δ	1.372	7.618	1.511
Rang	3	1	2

Tableau.7. Moyenne des ratios S/B(Fz) pour chaque niveau des facteurs. Préférer plus petit.

Niveau	Vc (m/min)	f (mm/tr)	ap (mm)
1	-35.28	-33.10	-31.43
2	-36.97	-36.54	-36.94
3	-36.22	-38.83	-40.10
Δ	1.70	5.73	8.68
Rang	3	2	1

VI. Conclusion

Dans cette investigation, certains paramètres de coupe tels que la vitesse de coupe, l'avance et la profondeur de passe ont été étudiés lors du tournage à sec de l'acier inoxydable AISI 316L dans le but d'améliorer la rugosité de surface. Durant cette étude, la méthode d'optimisation de Taguchi et l'analyse de variance ANOVA ont été utilisés pour quantifier l'effet de chaque paramètre sur le critère de rugosité (Ra) et l'effort de coupe (Fz).

L'analyse de Variance ANOVA a montré que Le coefficient de détermination (R^2) pour les modèles de rugosité (Ra) et l'effort de coupe (Fz) sont plus élevé c-à-dire $R^2 = 96.77\%$, $R^2 = 98.96\%$, respectivement. Ceci montre la bonne concordance entre les valeurs expérimentales et les valeurs prévues. En ce qui concerne l'effet des paramètres, il a été conduit que l'avance et la profondeur de passe étaient les paramètres les plus significatif sur Ra et Fz respectivement.

Reconnaissance

Ce travail a été réalisé dans le laboratoire LS (Université de Blida, Algérie) en collaboration avec le laboratoire LMS (Université de Guelma, Algérie).

Références Bibliographiques

- [1] Bouzid L, Yallese M, Chaoui K, Mabrouki T, Boulanouar L. Mathematical modeling for turning on AISI 420 stainless steel using surface response methodology. Proc. IMechE Part B J. Eng. Manuf. 229(1), 45–61 2015.
- [2] Berkani S, Yallese M, Boulanouar L, Mabrouki T. Statistical analysis of AISI304 austenitic stainless steel machining using Ti (C, N)/Al₂O₃/TiN CVD coated carbide tool. International Journal of Industrial Engineering Computations, 6 539-552 2015.
- [3] Kaladhar M, Venkata Subbaiah K, Srinivasa Rao Ch. Determination of optimum Process Parameters during turning of AISI 304 Austenitic stainless steels using Taguchi method and ANOVA. International Journal of lean thinking Volume3, Issue 1 June 2012.
- [4] Nur R, Noordin My, Izman S and Kurniawn D. Machining parameters effect in dry turning of AISI 316L stainless steel using coated carbide tools. J Process Mechanical Engineering 0(0)1-8 © IMechE 2015.
- [5] Acayaba, Medrado G, Muñoz de Escalona P. Prediction of surface roughness in low speed turning of AISI316 austenitic stainless steel. CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology, 11. pp. 62-67. ISSN 1755-5817 2015.
- [6] Montgomery D.C. Design and Analysis of Experiments, John Wiley & Sons, New York. 2001.
- [7] Asiltürk I, Neseli S. Multi response optimisation of CNC turning parameters via Taguchi method-based response surface analysis. Measurement 45 785–794 2012.
- [8] Aouici H, Yallese M, Chaoui K, Mabrouki T, Rigal J.F. Analysis of surface roughness and cutting force components in hard turning with CBN tool: prediction model and cutting conditions optimization. Measurement, Vol. 45, No. 3, pp.344–353 2012.
- [9] Liu Y-T, Chang W-C, Yamagata Y. A study on optimal compensation cutting for an aspheric surface using the Taguchi method. CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology 3 40–48 2010.
- [10] Suresh R, Basavarajappa S, Samuel G-L. Some studies on hard turning of AISI 4340 steel using multilayer coated carbide tool. Measurement, Vol. 45, No. 7, pp.1872–1884 2012.
- [11] Neseli S, Yaldiz S, Türkes E. Optimization of tool geometry parameters for turning operations based on the response surface methodology. Measurement, Vol. 44, No. 3, pp.580–587 2011.
- [12] Park S. Robust design and analysis for quality engineering. Chapman & Hall, London. 1996.
- [13] Phadke S. Quality engineering using robust design. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ 1989.
- [14] Bouzid L, Boutabba S, Yallese M, Belhadi S, Girardin F. Simultaneous optimization of surface roughness and material removal rate for turning of X20Cr13 stainless steel. Int J Adv Manuf Technol DOI 10.1007/s00170-014-6043-9 2014.
- [15] Bouzid L, Yallese M, Belhadi S, Mabrouki T, Boulanouar L. RMS-based optimisation of surface roughness when turning AISI 420 stainless steel. International Journal of Materials and Product Technology, 49(4), 224-251 2014.
- [16] Selaimia A, Yallese M, Bensouilah H, Meddour I, Khattabi I, Tarek M. Modeling and optimization in dry face milling of X2CrNi18-9 austenitic stainless steel using RMS and Desirability approach. Measurement doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.2017>