



HAL
open science

Optimisation des paramètres de coupe par l'analyse de la rugosité

Meriem Dib, François Girardin, Nacer Hamzaoui, Lakhdar Laouar

► **To cite this version:**

Meriem Dib, François Girardin, Nacer Hamzaoui, Lakhdar Laouar. Optimisation des paramètres de coupe par l'analyse de la rugosité. CFM 2015 - 22ème Congrès Français de Mécanique, Aug 2015, Lyon, France. hal-03446167

HAL Id: hal-03446167

<https://hal.science/hal-03446167v1>

Submitted on 24 Nov 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Optimisation des paramètres de coupe par l'analyse de la rugosité

M. DIB^a, F. GIRARDIN^a, N. HAMZAOUÏ^a, L.LAKHDAR^b

a. Laboratoire Vibrations Acoustique, INSA Lyon, 25 bis Avenue Jean Capelle, F-69621 Villeurbanne Cedex, France

b. Laboratoire de Mécanique Industrielle, Université Badji Mokhtar, Annaba, 23000, Algérie
meriem.dib@insa-lyon.fr, francois.girardin@insa-lyon.fr, nacer.hamzaoui@insa-lyon.fr,
lakla_55@yahoo.fr

...

Résumé :

Assurer la fonction de production est de produire en temps voulu, les quantités demandées par les clients tout en respectant le coût et la qualité des produits fabriqués.

A cet effet, l'optimisation des paramètres de coupe est très importante pour le contrôle de la rugosité des surfaces usinées, ainsi que, le diagnostic et la surveillance du processus d'usinage, dans le but d'améliorer l'entretien préventif.

L'objectif de la présente étude est d'optimiser les paramètres de coupe ainsi que l'analyse de la rugosité de surface en utilisant la méthode de Taguchi.

Abstract :

Ensure the production function is to produce timely, the amounts requested by customers in terms of cost and quality determined. For this, choice of optimized cutting parameters is very important for controlling the required surface quality. Also, diagnostic of machining tool, in order to improve preventive maintenance.

The focus of the present study is to find the optimum values of cutting parameters and analysing surface roughness using Taguchi method.

Mots clés : Rugosité ; vibrations outils/méthodes ; méthodes de prédiction ; optimisation

1. Introduction

La concurrence économique internationale, a attiré l'attention des fabricants sur l'automatisation comme moyen d'accroître la productivité et d'améliorer la qualité des produits fabriqués. Cette tendance a créé un besoin dans l'industrie pour une approche globale de la qualité du produit. Afin de réaliser avec succès l'automatisation complète de l'usinage, il est nécessaire de prévoir et d'adapter des approches et des dispositifs, ainsi qu'une surveillance en permanence du processus d'usinage dans le but de se rapprocher de zéro défaut de production.

La rugosité de surface est largement utilisée comme indice de qualité des produits et dans la plupart des cas, correspond à une exigence technique pour les produits mécaniques. La réalisation de la qualité

de surface souhaitée est d'une grande importance suite à son impact sur le comportement fonctionnel de la pièce, car elle contribue à l'amélioration de ses propriétés tribologiques, de sa résistance à la fatigue, et à la corrosion, et à l'aspect esthétique du produit. Une meilleure finition de surface peut impliquer une augmentation du coût de fabrication. Selon la norme française, les principaux indicateurs de la rugosité sont : écart arithmétique moyen du profil (R_a), écart quadratique moyen du profil (R_q), hauteur moyenne des irrégularités sur dix points (R_z), hauteur de profil totale (R_t)...

Un grand nombre d'études théoriques et expérimentales sur le profil de la surface et la rugosité des produits usinés ont été rapportés. Ces études ont montré que la qualité de surface des pièces usinées est influencée par plusieurs paramètres tels que : les paramètres de coupe (la vitesse de coupe, la profondeur de coupe, l'avance, la géométrie de l'outil), les propriétés outil/pièce, l'usure de l'outil, l'environnement machine, les vibrations du système usinant. KH. Chibane et al, ont déterminé les paramètres de coupe optimaux en tournage d'un acier (100C6) par rapport à l'état de surface des pièces usinées et la productivité. Une combinaison de méthodes statistiques, analytiques et expérimentales a permis d'obtenir des modèles représentatifs des objectifs fixés. Des conditions optimales ont pu ainsi être déterminées en fonction de la stratégie d'usinage choisie, à l'aide d'un algorithme génétique d'optimisations combiné avec la méthode de sommes pondérées. (cf. [3])

L'étude présentée par ce papier, s'intéresse à la qualité de l'usinage d'une pièce par sa rugosité, et cherche une corrélation d'optimisation de la qualité par les conditions de coupe et les vibrations. Deux approches ont été retenues, une première analyse interprète les mesures d'état de surface (R_a) en fonction des conditions de coupe par la méthode des plans d'expériences et une deuxième fait appel aux analyses vibratoires en lien avec la qualité de l'usinage. Nous ne présentons dans ce papier que la première phase qui utilise une matrice d'expérience de huit essais pour trois facteurs à deux niveaux (la rugosité théorique ($R_{a_{th}}$), la profondeur de passe (a_p) et le rayon du bec (R_ϵ)), pour deux machines différentes.

2. Matériel et méthodes

Des opérations de chariotage ont été réalisées sur deux tours (Machine 1 : SOMAB OPTIMAB 350, Machine 2 : SOMAB Transmab 400). Les pièces usinées sont des rondins en acier S235 (D = 40 mm, L = 300 mm) par fixation mixte « mandrin et contre pointe ». Les outils utilisés sont: SNMG 1204 04-QM et SNMG 1204 12-QM pour une nuance GC4225. La vitesse de coupe est constante à 300 m/min.

Modélisation par la méthode de plan d'expériences

Un plan d'expérience à trois facteurs pour chaque machine nous permettra de quantifier les conditions de coupe optimales et d'établir un modèle de prédiction de la rugosité. En tournage, la rugosité arithmétique théorique ($R_{a_{th}}$) peut être calculée (cf. [1], [2]) comme suit :

$$R_{a_{th}} \approx 1000 * f^2 / (32 R_\epsilon). \quad \text{Avec : } R_\epsilon = \text{rayon du bec de l'outil (mm), } f = \text{l'avance (mm/trs).}$$

Les conditions de coupe utilisées dans le plan d'expérience sont illustrées dans le tableau 1 :

Niveau	$X_1 (R_{a_{th}})$	$X_2 (a_p)$	$X_3 (R_\epsilon)$	$X_4 (\text{machine})$
-1	2,3	1	0,4	M1
1	6,5	3	1,2	M2

Tableau 1 : Niveaux des paramètres de coupe

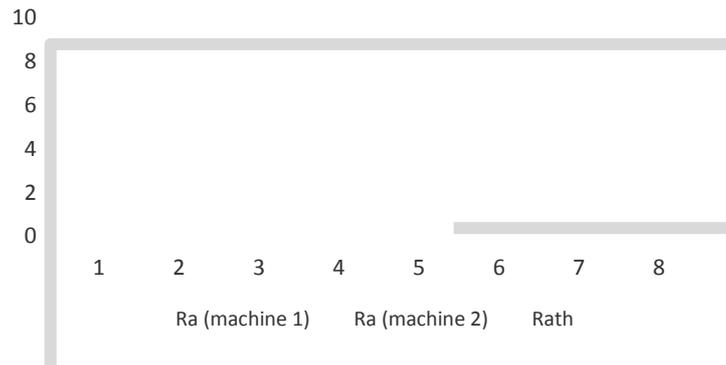


Tableau 1 : Comparaison entre les réponses de rugosité obtenues par les deux machines (M1, M2)

Analyse par le ratio signal sur bruit (S/N)

Le ratio S/N permet de déterminer les facteurs de pilotage qui minimisent la perte engendrée par les bruits extérieurs. Le ratio signal sur bruit est calculé (cf. [4]) par la formule ci-dessous, cas optimum

est un minimum:

$$\frac{S}{N} = -10 \log\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_a^2\right)$$

- L'évolution de S/N en fonction des niveaux choisis pour chaque facteur confirme qu'une rugosité forte est obtenue avec le niveau 1 de l'avance, la profondeur de passe et rayon de bec, et une rugosité cible faible (faible avance par tour), quelle que soit la machine utilisée. Ces résultats corrélerent avec ce qui est mentionné dans la bibliographie, que l'état de surface en tournage de finition dépend principalement de l'avance f et du rayon de bec. Par analogie aux travaux de Chibane et al, qui ont trouvé selon le modèle de rugosité (R_a) que le facteur le plus significatif est l'avance, suivi de l'interaction (profondeur de passe et sortie de l'outil). (cf. [3])

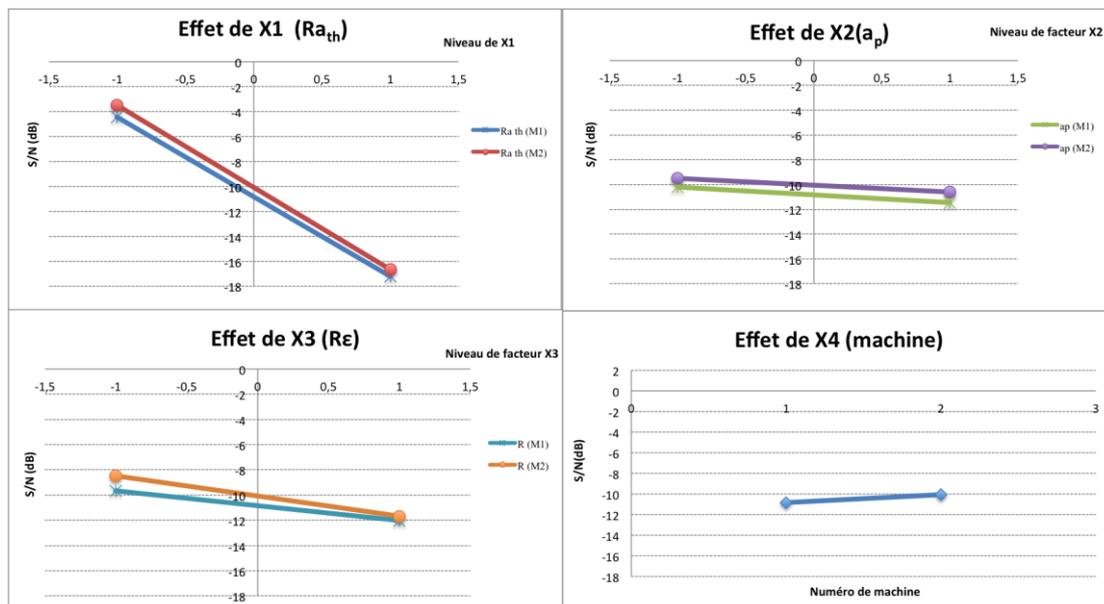


Figure 2 : Graphes des effets des facteurs pour S/N des deux machines.

Nous avons comparé la rugosité Ra prédite par le modèle des plans d'expériences avec la rugosité mesurée, on déduit que:

- Dans l'intervalle des niveaux choisis la prédiction est presque parfaite.
- En dehors de l'intervalle des niveaux choisis, le modèle devient insatisfaisant.

3. Conclusions

Dans le domaine de l'usinage, le modèle établi pour l'optimisation des paramètres de coupe est bien spécifique, pour cela l'intérêt de cette 1^{ère} partie de l'étude est d'optimiser les conditions de coupe pour un état de surface mini, tout en adoptant une méthode simple et rapide afin de définir les paramètres de coupe les plus adéquats. L'analyse vibratoire en cours de réalisation devra compléter cette approche, et définir un ou plusieurs indicateurs en corrélation avec l'état de la rugosité d'une pièce usinée.

Par l'analyse des effets du ratio S/N, on déduit que les conditions de coupe optimales sont : $R_{a\ th} = 2,3\ \mu\text{m}$; $a_p = 1\ \text{mm}$; et $R_g = 0,4\ \text{mm}$.

Une étude par analyse de la variance a confirmé que les paramètres optimaux déterminés précédemment offrent la meilleur stabilité de l'usinage quelque soit la machine utilisée.

Les résultats de la rugosité Ra expérimentaux sont proportionnels à ceux prédis par la formule de la rugosité théorique ($R_{a\ th}$). Pour ces conditions d'essai, une prédiction de la rugosité Ra par la formule théorique est conseillée.

Néanmoins les meilleurs résultats d'état de surface sont obtenus par la machine M2 ; une étude vibratoire est envisagée pour analyser la différence d'instabilité et de qualité entre les deux machines et aussi pour extraire une corrélation avec l'état de rugosité de la pièce usinée.

Références

[1] Chen Lu, Study on prediction of surface quality in machining process, journal of materials processing technology 205 (2008) 439–450.

[2] Ilhan Asiltürk a, Mehmet Çunkas, Modeling and prediction of surface roughness in turning operations using artificial neural network and multiple regression method, Expert Systems with Applications 38 (2011) 5826–5832

[3] KH. Chibane et al, Mise en œuvre d'une optimisation multi-objectif en tournage d'un d'un acier 100C6 : compromis entre qualité de surface et productivité. 20^{ème} Congrès Français de Mécanique. Besançon, 29 août au 2 septembre 2011.

[4] K. Venkata Rao et al, Cutting tool condition monitoring by analyzing surface roughness, work piece vibration and volume of metal removed for AISI 1040 steel in boring. Measurement 46 (2013) 4075–4084