

Caractériser les processus pour une production robuste

Serge-André Maire

Haute École Arc Ingénierie

Espace de l'Europe 11, CH – 2000 Neuchâtel

ingenierie@he-arc.ch – www.he-arc.ch/ingenierie

Jun 2020

51

Bulletin SSC n° 89

Le groupe de compétences en Ingénierie horlogère de la Haute École Arc travaille sur des projets de recherche appliquée et développement tant au niveau de la conception que de l'industrialisation des produits horlogers. Il a récemment mis en place une plateforme dédiée à la caractérisation des processus d'usinage, dans le but d'aider les entreprises à améliorer leur performance industrielle.

Notre industrie microtechnique est l'héritière d'une longue tradition artisanale. Du XVII^e au XIX^e siècle, Genève et l'Arc jurassien ont vu les ateliers d'horlogerie se multiplier. Dès la fin du XIX^e siècle, grâce à l'évolution des moyens de production, l'horlogerie est passée des ateliers à l'usine, de l'artisanat à l'industrie. Cette transition a permis d'augmenter les volumes, tout en maîtrisant les savoir-faire synonymes de qualité.

Les manières de travailler ont évolué, les processus se sont standardisés. Alors que l'horloger affûtait jadis ses outils de coupe au *feeling*, l'opérateur effectue aujourd'hui cette opération en suivant une procédure normalisée.

S'inscrivant dans cette évolution, la Haute École Arc Ingénierie a mis récemment en place une plateforme dédiée à la caractérisation des processus d'usinage.

cause du problème par tâtonnements, mais ce n'est pas la méthode la plus efficace. Nous essayons de comprendre ce qui se passe dans la pratique en nous basant sur une démarche scientifique éprouvée.

La HE-Arc Ingénierie utilise des logiciels de simulation et divers instruments de mesure pour comprendre ce qu'il se passe pendant un cycle d'usinage, par exemple. Ces logiciels et instruments permettent notamment de voir, avec une grande précision, où les forces s'exercent et où les vibrations apparaissent, tant sur la pièce que sur la machine. «*L'objectif de cette démarche de caractérisation des processus est de maîtriser et rendre robuste la production*», continue Gilles Greub. «*Nous visons le zéro défaut, soit 100% de pièces bonnes, que ce soit pour la production de séries ou de pièces uniques.*»

Démarche scientifique éprouvée

«*Si la méthode artisanale a toujours été la norme dans la fabrication de pièces uniques, elle n'a pas sa place dans la production de montres en plus grande série*», explique Gilles Greub, professeur à la HE-Arc Ingénierie. «*Notre objectif est d'aider les entreprises de la région à améliorer leur performance industrielle.*

Lorsqu'un chef d'atelier constate une augmentation des pièces défectueuses qu'il produit, il peut chercher la

Assurer la répétabilité des processus

Actuellement, il faut encore souvent plus de temps pour contrôler la qualité d'une pièce que pour la fabriquer, ce qui n'est pas optimal en termes de performance industrielle. L'objectif est donc d'assurer la «*répétabilité*» des processus, c'est-à-dire de faire en sorte que les différentes opérations qui jalonnent le processus de fabrication soient effectuées exactement de la même manière pour chaque pièce.

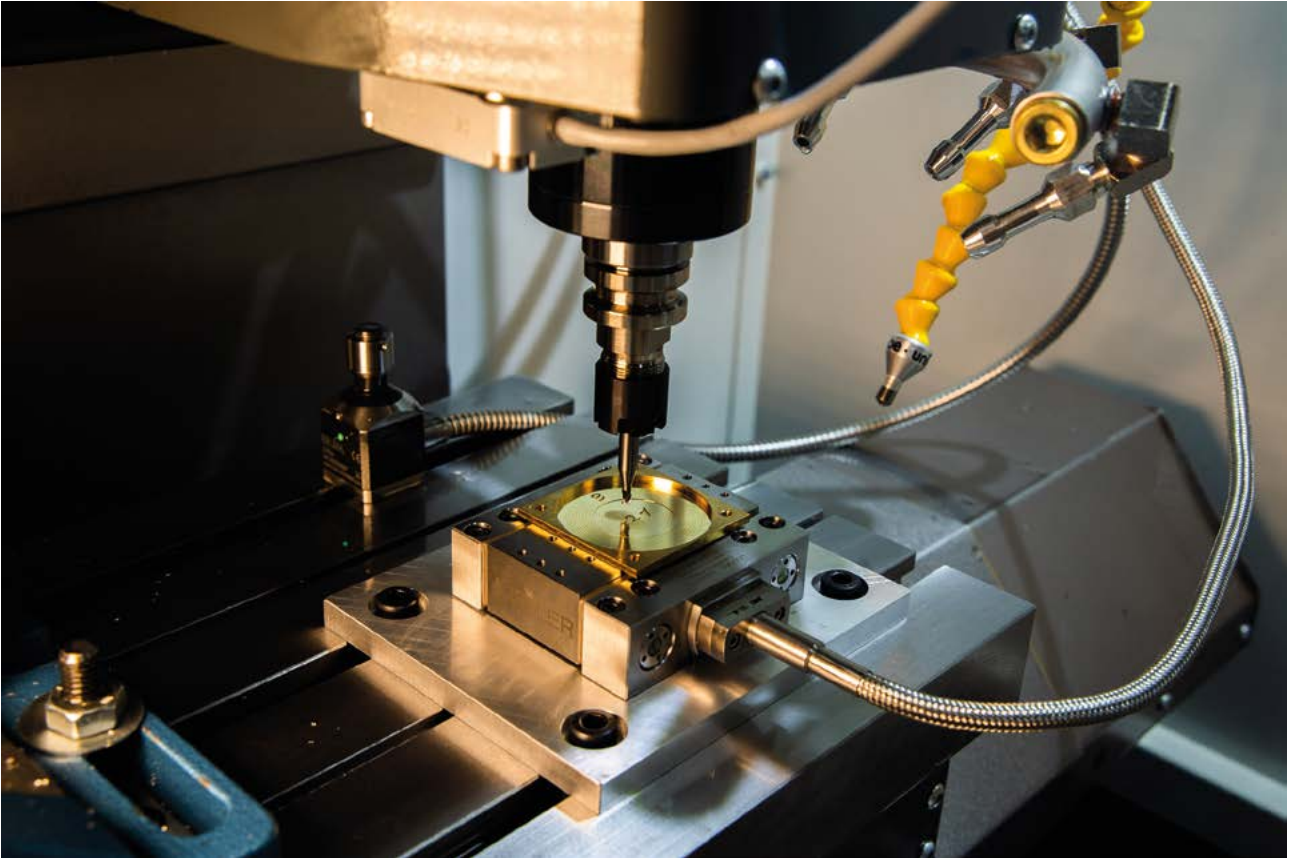


Fig. 1 : Divers instruments de mesure permettent de caractériser un micro-usinage. Ici, on voit une table dynamométrique, vissée sous la pièce usinée, et un accéléromètre, aimanté à la tête de broche.
Photo: HE-Arc

Par exemple, pour usiner tous les exemplaires de la platine d'une montre avec la précision requise, chaque opérateur doit utiliser les paramètres d'usinage prévus pour une machine définie.

Une difficulté réside dans le fait que les défauts ne sont pas toujours apparents. Une platine peut ainsi passer avec succès le test du contrôle dimensionnel mais révéler une

anomalie dans la suite du processus de fabrication. C'est notamment le cas si elle a été usinée avec un outil de coupe usé; ses dimensions sont certes dans la norme mais, du fait de l'usure de l'outil, la matière a subi des contraintes internes telles que la surface de la platine risque de se déformer lors de la phase de sablage, par exemple.

(Suite du texte en page 54)

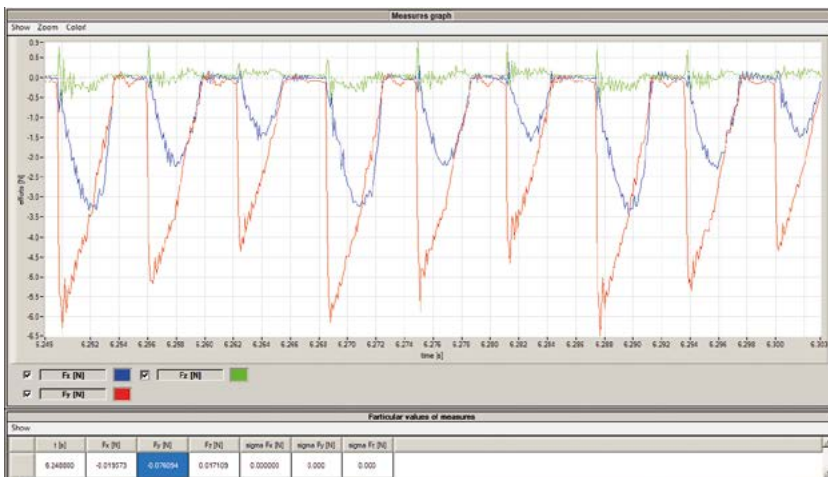


Fig. 2 : Sur ce logiciel développé par la HE-Arc Ingénierie, on peut voir les efforts d'usinage d'une fraise à trois dents sur les axes X, Y et Z.

Le groupe de compétences en Ingénierie horlogère de la HE-Arc

Cette nouvelle plateforme de caractérisation des processus s'inscrit dans le cadre des activités de l'un des onze groupes de compétences de la HE-Arc, celui en Ingénierie horlogère, basé dans le bâtiment du Pôle horloger, au Locle.

Le principal objectif de ce groupe est de proposer des solutions innovantes tant au niveau de la conception que de l'industrialisation des produits horlogers.

Voici les principaux domaines d'activités de ce groupe :

- Conception et simulation horlogères
- Conception de l'habillage et prototypage
- Conception et fabrication de maquettes de complications
- Développement et test d'appareils de contrôle
- Acoustique horlogère et caractérisation vibratoire des composants
- Analyse et optimisation des processus de production, avec caractérisation vibratoire des équipements
- Savoir-faire spécifiques dans des techniques horlogères : chassage, vissage, usinage des métaux précieux
- Développement de composants pour mouvements électroniques et « smart watches »

Plus de détails sur notre site www.he-arc.ch/ingenierie/groupe-competences-ingenierie-horlogere

La HE-Arc Ingénierie se veut au service de l'industrie. Elle met ses compétences et équipements à disposition des entreprises au travers de différents types de collaboration : projet d'étudiant, mandat direct, collaboration avec cofinancement public, prestations de services, formations continues, etc. Voir notre site www.he-arc.ch/ingenierie/collaboration-et-financement.



Ce vibromètre 3D permet de mesurer, par exemple, le comportement vibratoire d'un spiral.
photo : patriceschreyer.com

Plan d'expériences amélioré

Lorsqu'on cherche à comprendre un phénomène physique comme l'usure d'un outil de coupe, on a tendance à vouloir le faire en ne modifiant qu'un facteur à la fois, la vitesse de rotation de la broche, par exemple.

Or cette méthode de recherche exige un nombre d'essais très élevé et elle est surtout imprécise, dans la mesure où elle ne permet pas de comprendre les phénomènes résultant de l'interaction de plusieurs facteurs.

«Notre démarche se base sur un plan d'expériences amélioré», explique Gilles Greub. «Elle nous permet de

comprendre l'effet de chaque facteur sur le phénomène que l'on cherche à comprendre mais aussi l'effet de l'interaction entre les différents facteurs. Nous réalisons un modèle mathématique du phénomène qui nous permet de prédire, par exemple, la durée de vie d'un outil.

Une bonne compréhension des processus de fabrication horlogers est nécessaire pour définir les modèles à construire et les tests à effectuer. Ces modèles et tests doivent également prendre en compte les caractéristiques propres au produit horloger, comme sa haute exigence esthétique ou la dimension micrométrique de ses composants.»■