

Ma thèse en 2 pages

Génération automatique des matrices de réglage : un nouveau pas vers une automatisation complète du pilotage des machines de production

Par :

Thomas MULLER, Université Savoie Mont-Blanc

Directeur de thèse :

Jean Luc Maire, Université Savoie Mont-Blanc

Co-directeur :

Maurice Pillet, Université Savoie Mont-Blanc

Accompagnement CIFRE :

Davy Pillet, CEO Ellistat

Dans le cadre du projet de thèse PISTIL (Pilotage Intelligent des Systèmes de production Industriels), la société Ellistat et le laboratoire SYMME de l'Université Savoie Mont-Blanc développent une solution logicielle permettant la construction automatique de la matrice de pilotage d'une machine de production.

Industrie 4.0 : une nouvelle façon de régler les machines de production

De nos jours, la compétitivité d'une entreprise industrielle repose avant tout sur sa capacité à améliorer la performance de ses systèmes de production en augmentant leur flexibilité et leur agilité. Cette évolution mobilise de nouvelles ressources numériques dont la mise en oeuvre concrétise aujourd'hui le passage à une industrie 4.0 [Lasi, 2014].

Dans un grand nombre d'entreprises, une pièce peut aujourd'hui être usinée en une seule opération. Si cela améliore de manière significative la qualité de fabrication, cela induit également des changements importants dans la manière de régler et piloter les machines de production, avec comme nouvelle exigence, de prendre simultanément en compte plusieurs correcteurs de la machine agissant sur plusieurs cotes de la pièce.

Pour y parvenir, les régleurs cherchent très souvent de manière empirique le meilleur ajustement de ces correcteurs contribuant à centrer l'ensemble des cotes sur leurs cibles. Mais ce réglage peut s'avérer impossible au-delà de plusieurs dizaines de cotes et de correcteurs interdépendants. Le régleur n'a alors d'autre solution que de répéter ses essais de réglage en agissant sur une fraction des correcteurs chaque itération, jusqu'à aboutir à une solution satisfaisante mais pas toujours optimale.

Parallèlement, ces entreprises développent des moyens importants pour réduire les temps de cycle de fabrication avec l'objectif de produire en très petites séries. Cela rend nécessaire l'exigence d'atteindre une qualité de conformité dès la première pièce réalisée.

La nécessité d'utiliser un modèle d'optimisation linéaire et d'automatiser sa construction

L'Automated Process Control (APC) propose une approche innovante au pilotage de procédés en alliant :

- la prise en compte de l'ensemble des cotes et des correcteurs d'un processus pour calculer le meilleur ajustement
- des algorithmes de machine learning permettant d'atteindre la maîtrise statistique du processus à partir d'une quantité réduite d'information.

Lorsque des dépendances existent entre les cotes et les correcteurs, seule une approche globale permet d'obtenir un résultat optimal. Dans le cas des machines CNC, les dépendances sont analytiques et un modèle d'optimisation linéaire [M] peut être déterminé à partir de la matrice de pilotage [Pillet, 1985, 2011]. Son utilisation offre au régleur la possibilité de connaître en une seule itération les corrections [C] à appliquer sur la machine en fonction des écarts mesurés [ΔE] sur les cotes de la pièce.

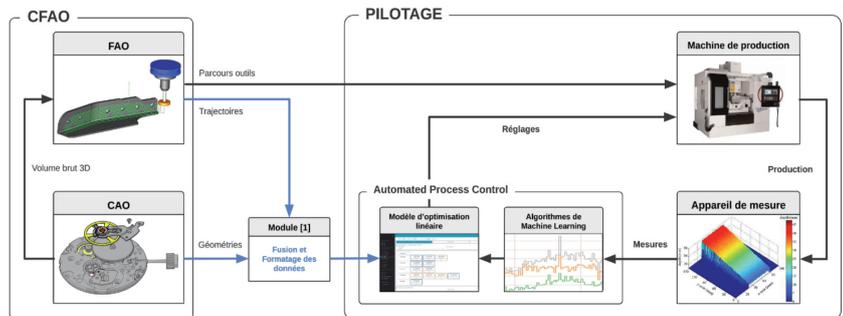
$$[\Delta E] = [M][C]$$

Cependant, pour les entreprises qui ont fait le choix d'utiliser cette approche, des difficultés liées à la complexité des calculs de la matrice de pilotage peuvent apparaître. Le débogage de telles erreurs pouvant être fastidieux, certains industriels renoncent à l'utilisation d'une matrice de pilotage et reviennent à des méthodes de réglage traditionnelles pourtant plus coûteuses.

Intégrer l'Automated Process Control dans la continuité numérique de la conception à la production

La partie théorique des calculs de construction de la matrice de pilotage de manière automatique depuis un format standard de données d'entrée est d'ores et déjà résolue. La solution est capable d'opérer des calculs pour le réglage des machines de tournage, d'usinage trois axes et cinq axes. Elle traite les types d'outils les plus utilisés dans le décolletage (fraises de forme inclus) avec correcteurs de translation, rotation, longueur et rayon ainsi que les changements d'origine. Elle prend également en charge la majorité des géométries communément utilisées en CAO ainsi que les cotes linéaires, radiales et angulaires.

Un verrou technologique freine cependant le déploiement complet du module logiciel.



Actuellement, les trajectoires des outils sont calculées par rapport au volume brut 3D de la pièce (Figure) et les liens entre ces trajectoires et les données sémantiques des géométries (plan, cylindre, b-spline) ne sont donc pas aisément accessibles. Nos travaux en cours visent à extraire ces liens de manière totalement automatique via une fusion des données CAO et FAO.

Une solution semi-automatique de construction de la matrice a cependant déjà été implémentée dans le logiciel Ellisetting*. Le temps de construction de la matrice de pilotage d'une machine CNC a été ramené à quelques minutes, y compris pour la fabrication de pièces complexes (une dizaine de minutes pour une pièce horlogère au lieu de plusieurs heures), et contribue également à réduire de manière significative le nombre d'erreurs généralement relevées lors d'une construction traditionnelle de la matrice.

L'automatisation complète de la construction de la matrice, en combinant l'ensemble des informations CFAO disponibles, ouvrira la possibilité de piloter la production de pièces complexes, en un minimum de temps et avec un minimum de coût. L'innovation visée contribuera également à renforcer la continuité numérique qui doit s'établir de la conception d'une pièce à sa fabrication. L'enjeu est de développer une production la plus agile possible avec l'objectif, dans un futur proche, d'aboutir à la production totalement automatisée d'une pièce à partir seulement de ses données CAO.

T.M.

Références

- Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H.-G., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. *Business & Information Systems Engineering*, 6(4), 239–242. doi:10.1007/s12599-014-0334-4
- Greville, T. N. E. (1959). The pseudoinverse of a rectangular or singular matrix and its application to the solution of systems of linear equations, *this Review*, 1 pp. 38-43.
- Pillet, M., Chabrier, J. F., Jutard, A., & Liegeois, G. (1985). Robotics and the theory of small displacement RAIRO - AUTOMATIC CONTROL PRODUCTION SYSTEMS, 19(2), 99-116.
- Pillet, M., Pairel, P., Maire, J.L. Abdelhakim, B. Différentes stratégies de filtrage en pilotage inertiel multicritères. 7ème Conférence Internationale en Conception & Production Intégrées, Oct 2011, Oujda, Maroc. hal-00634863
- * <https://ellistat.com/ellisetting/>