

Planification de maintenance avec impact sur les temps de fabrication avec des contraintes de production

Alexandre Moritz^{1,2}, Stéphane Dauzère-Pérès¹, Oussama Ben-Ammar³, Philippe Vialletelle²

¹ Mines Saint-Étienne, Univ Clermont Auvergne, CNRS, UMR 6158 LIMOS, CMP, Department of Manufacturing Sciences and Logistics, 880 route de Mimet, 13541 Gardanne, France

{alex.moritz;dauzere-peres}@emse.fr

² STMicroelectronics, 850 rue Jean Monnet, 38926, Crolles, France

philippe.vialletelle@st.com

³ EuroMov Digital Health in Motion, Univ Montpellier, IMT Mines Ales, Ales, France

oussama.ben-amar@mines-ales.fr

Mots-clés : *semi-conducteur, production, dégradation, planification, maintenance*

1 Introduction

Des machines très coûteuses sont nécessaires à la fabrication de semi-conducteur. Nous cherchons à maximiser l'usage pour les amortir et pouvoir fabriquer de plus grandes quantités de produits, ce qui est important durant la pénurie mondiale de semi-conducteurs. Cependant, des opérations de maintenance sont nécessaires pour garantir leur bon fonctionnement.

Dans la littérature scientifique, plusieurs articles proposent des méthodes pour la planification de maintenance qui tiennent compte du plan de production. [2] propose un système de contrôle pour savoir quel est le meilleur moment pour effectuer une maintenance sur une machine en fonction de la prévision de sa charge de travail. Dans une autre étude [6], les auteurs présentent un programme linéaire mixte en nombres entiers pour planifier les maintenances préventives, qui est capable de les consolider. Ce travail fait suite à [3] où nous avons planifié des maintenances préventives avec des fenêtres temporaires avec comme contraintes des plans de production par groupe de machines. Cependant, nous avons constaté que la dégradation des machines impacte les temps de fabrication et qu'ils ne sont pas constants dans certains ateliers. Nous souhaitons donc prendre ces paramètres en compte lors de la planification.

L'état de performance des machines évolue en fonction du temps comme le présente l'article [4]. Dans la plupart des travaux existants, la probabilité de panne d'une machine est supposée croissante en fonction de son usage [5]. Lorsque les machines d'implantation sont dégradées, les temps de fabrication peuvent être plus longs. En effet, si le courant d'implantation n'est pas stable, les machines s'arrêtent temporairement pour ajuster les réglages de production. Les machines peuvent rester fonctionnelles, mais vont prendre plus de temps à produire. Dans ce travail préliminaire, nous mettons en évidence que certaines maintenances peuvent rétablir en partie les temps de fabrication nominaux. Ils peuvent être très différents avant et après une maintenance. Pour cette raison, nous souhaitons prendre en compte l'impact des maintenances sur l'évolution des temps de fabrication lors de leur planification.

2 Modélisation mathématique

Dans les ateliers, plusieurs types de produits sont fabriqués. Plusieurs machines peuvent fabriquer un même produit. Ainsi, lorsqu'une machine est en maintenance, d'autres machines

peuvent le produire pour respecter le plan de production. Chaque opération de maintenance préventive a une date de début flexible et doit être faite durant une fenêtre de temps connue. Cette flexibilité vise à fixer un créneau pour chaque maintenance sans perturber la production.

Afin de définir un plan de maintenance qui ne perturbe pas le plan de production, nous présentons ici deux modèles mathématiques. Dans le premier, nous supposons que (i) les temps de fabrication sont constants dans le temps et fixés en fonction de l'état initial des machines, (ii) à chaque période le temps alloué à la production et à la maintenance d'une machine est inférieur au temps disponible, (iii) les contraintes de production sont respectées (des quantités des différents produits sont données par jour. Un outil de projection des lots dans l'usine basé sur le travail de [1] est utilisé pour donner le plan de production), (iv) la charge totale est partagée par les machines, (v) les machines qui ne sont pas qualifiées ne peuvent pas fabriquer certaines recettes, et (vi) chaque opération de maintenance doit être planifiée dans sa fenêtre temporaire. Nous notons aussi que des poids sont utilisés pour, si besoin, prioriser certaines opérations de maintenance. L'objectif de ce premier modèle est la maximisation du nombre d'opérations de maintenance planifiées. En effet, il est possible que certaines opérations de maintenance ne soient pas réalisables, car il n'y a jamais assez de temps pour les effectuer sans avoir à décaler la production aux périodes suivantes. Afin d'éviter que le modèle propose une date très précoce pour une opération quelconque, nous instaurons une pénalité quadratique. Cette dernière permet, par exemple, de privilégier deux opérations de maintenance anticipées d'un jour chacune à une seule opération de maintenance anticipée de deux jours.

Dans le deuxième modèle proposé, les hypothèses (ii), (iii), (iv), (v), (vi) sont conservées dans le modèle. Nous supposons que les temps de fabrication changent en fonction des opérations de maintenance. Nous prenons en compte l'impact des maintenances sur les temps de fabrication avant et après les maintenances. L'impact des maintenances sur les temps de fabrication a été déterminé statistiquement à partir d'un historique des maintenances et des performances des machines. De plus, nous avons rajouté des contraintes permettant de faire en sorte que les temps de fabrication correspondent à la période où la maintenance a été effectuée.

Références

- [1] Quentin Christ, Stéphane Dauzère-Pérès, and Guillaume Lepelletier. An Iterated Min–Max procedure for practical workload balancing on non-identical parallel machines in manufacturing systems. *European Journal of Operational Research*, 279(2) :419–428, 12 2019.
- [2] Chan Chih Ming, Tan Pei Ling, Muralitharan Subramaniam, Ong Soon Guan, Chan Chih Ming, Tan Pei Ling, Muralitharan Subramaniam, and Ong Soon Guan. Integrated Production Control System in Managing Tool Uptime, Cycle-time and Capacity. In *2006 IEEE International Symposium on Semiconductor Manufacturing*, pages 280–282. IEEE, 9 2006.
- [3] Alexandre Moritz, Stéphane Dauzère-Peres, Oussama Ben-Ammar, and Philippe Vialletelle. Maintenance with Production Planning Constraints in Semiconductor Manufacturing. In *Proceedings - Winter Simulation Conference*, volume 2020-December, 2020.
- [4] James Moyne and Jimmy Iskandar. Big Data Analytics for Smart Manufacturing : Case Studies in Semiconductor Manufacturing. *Processes*, 5(4) :39, 7 2017.
- [5] Zimin Yang, Dragan Djurdjanovic, and Jun Ni. Maintenance scheduling in manufacturing systems based on predicted machine degradation. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 2008.
- [6] Xiaodong Yao, E. Fernandez-Gaucherand, M.C. Fu, and S.I. Marcus. Optimal Preventive Maintenance Scheduling in Semiconductor Manufacturing. *IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing*, 17(3) :345–356, 8 2004.