

Ordonnancement dynamique d'un système de fabrication flexible piloté par des jumeaux numériques

Ayoub Chakroun^{1,2}, Yasmina Hani¹, Abderrahmane Elmhamedi¹, Faouzi Masmoudi²

¹Laboratoire QUARTZ EA 7393, Université Paris VIII Vincennes, Institut Universitaire de Technologie, Montreuil, FR 93100 France ; 0033 148 703 748
{a.chakroun, y.hani, a.elmhamedi}@iut.univ-paris8.fr

²Laboratoire LA2MP, Université de Sfax, Ecole Nationale d'Ingénieurs de Sfax 3038, Tunisie ; 00216 74 274 862
{ayoub.chakroun, faouzi.masmoudi}@enis.tn

Mots-clés : *Ordonnancement dynamique, Flow shop, Processus d'assemblage, Jumeaux numérique, Industrie 4.0, Programmation linéaire mixte en nombres entiers (MILP)*

1 Contexte conceptuel

L'industrie 4.0 est une étape fondamentale dans la transformation des entreprises manufacturières en entreprises numériques. Elle permet une plus grande flexibilité dans la fabrication, ainsi qu'une personnalisation de masse qui offre une meilleure qualité et améliore la productivité. Par conséquent, elle permet aux entreprises de relever les défis de la fabrication intelligente, qui consiste à individualiser de plus en plus les produits en réduisant les délais de mise sur le marché et en améliorant la qualité (Chakroun et al., 2022). En outre, les entreprises manufacturières doivent disposer d'un certain degré de flexibilité et d'agilité dans la configuration de leurs systèmes de production afin de pouvoir prendre des décisions éclairées face à des perturbations imprévues. Par ailleurs, les programmes de production seront mis à jour à la suite d'un tel événement par une ré-ordonnancement continu, en utilisant des données en temps réel. Par contraste avec les systèmes de production traditionnels, les environnements de fabrication basés sur l'ère 4.0 sont favorisés par un niveau élevé de connectivité et de collecte et de partage des informations en temps réel ; grâce aux technologies avancées de l'industrie 4.0. L'intégration de ces technologies innovantes dans les systèmes de production nous fournit la possibilité de surveiller et de contrôler les processus de production en temps réel grâce à un tel système d'aide à la décision, afin d'assurer l'ordonnancement des tâches. En revanche, le concept de planification, de contrôle et d'ordonnancement de la production d'un tel environnement de fabrication a été largement étudié dans la littérature. Nous mentionnons les contributions scientifiques liées à l'ordonnancement de la fabrication intelligente (Zhang et al., 2019).

2 Méthode proposée

Ce document traite d'une étude de cas réel d'une entreprise de mécanique produisant des accessoires en laiton. En effet, cette étude consiste à mettre en place un ordonnancement dynamique piloté par jumeau numérique pour leur atelier de production et d'assemblage de boisseaux sphériques (type A BS $\frac{3}{4}$ " FF et type B BS $\frac{1}{2}$ " MM). Par ailleurs, les boisseaux sphériques sont des produits composés par des accessoires achetés et d'autres qui sont fabriqués. Dans ce travail, on a un outil d'aide à la décision pour ajuster l'ordonnancement de la production des accessoires et l'assemblage des boisseaux sphériques. Il s'agit notamment d'un jumeau numérique qui servira à ajuster l'ordonnancement de production en cas de notification de l'atelier ; reçue en temps réel ; suite à une variation ou une perturbation. Pour ce faire, le jumeau doit tenir compte de certaines contraintes et exigences (disponibilités des machines, demande en cours, retard en livraison des produits achetés, commandes urgentes, changement de série fréquent...) afin de prendre des décisions éclairées. La Figure 1 ci-dessous présente notre vision du problème global. En outre, l'implémentation de ce jumeau numérique (DT) est le résultat de la combinaison de la programmation linéaire et d'une plateforme de simulation contrôlée par un système Cyber-physique de production, ce qui fournit une base pour la conception de ce jumeau numérique (Chakroun et al, 2022). En effet la prise de décision est automatique. Notre travail a été élaboré en deux étapes comme suit :

- 1 Elaboration d'un modèle d'ordonnancement MILP (Programmation Linéaire Mixte en nombres Entiers) en tenant compte des exigences spécifiques de notre étude de cas à l'aide du logiciel ILOG CPLEX.
- 2 Modélisation et simulation de l'atelier de production et d'assemblage : Conception de la plateforme de simulation 3D de l'atelier

de production et d'approvisionnement gérée par un CPPS. L'optimisation de cette plateforme s'est faite à travers une planification de la production repensée pour l'industrie 4.0 : approche d'ajustement charge-capacité (Chakroun et al., 2022).

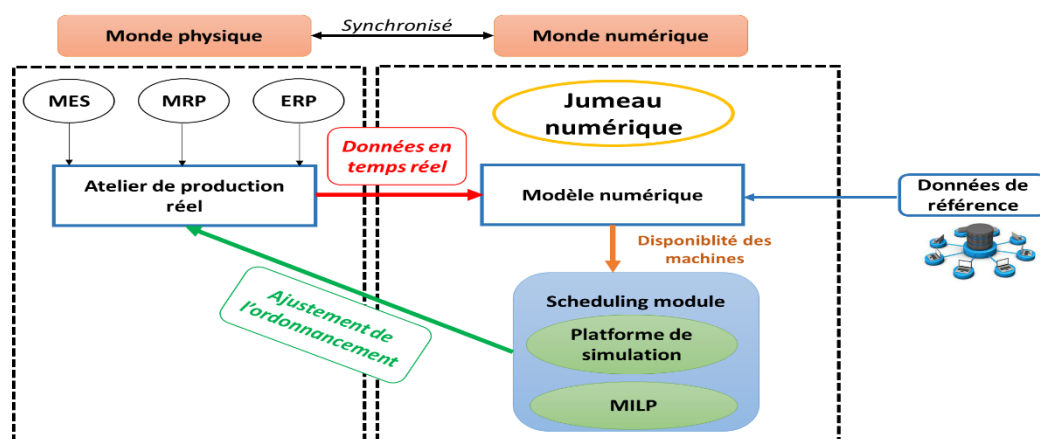


FIG. 1 – Vision globale de la méthode proposée

Références

- [1] Chakroun, A., Hani, Y., Elmhamedi, A. et al. A proposed integrated manufacturing system of a workshop producing brass accessories in the context of industry 4.0. International Journal of Advanced Manufacturing Technology (2022). <https://doi.org/10.1007/s00170-022-10057-x>

- [2] Zhang, J., Ding, G., Zou, Y., Qin, S. and Fu, J. Bilan de la recherche sur la planification des emplois dans les ateliers et ses nouvelles perspectives dans le cadre de l'industrie 4.0.J. Intel. Fab (2019), p. 1809 - 1830, <https://doi.org/10.1007/s10845-017-1350-2>