

Approches d'optimisation pour concevoir et gérer des systèmes de fabrication robustes et résilients

Simon Thevenin

De nos jours, l'industrie manufacturière évolue dans un environnement bien plus complexe et volatil que durant les décennies passées. Pour rester compétitives, les entreprises ont tendance à offrir une vaste gamme de produits à leurs clients. Par exemple, on trouve fréquemment des ateliers assemblant des centaines de variantes de modèles différents. Cela entraîne des défis dans la conception de lignes d'assemblage capables de gérer efficacement une large famille de variantes de modèles. La production d'une grande variété d'articles pose également des problèmes complexes de gestion des stocks, car un fabricant peut avoir à gérer des milliers de composants. De plus, l'assortiment de produits change fréquemment, créant ainsi de l'instabilité et des incertitudes dans le système de fabrication. Les processus de fabrication deviennent de plus en plus complexes et de nombreux paramètres ne peuvent pas être prédits avec précision. Pour relever ce défi, les fabricants ont besoin d'outils logiciels avancés capables de concevoir et de gérer des systèmes de fabrication et des chaînes d'approvisionnement pour les rendre robustes, résilients, flexibles et reconfigurables. Dans ce contexte, mon travail se concentre sur deux problèmes clés : la conception de lignes d'assemblage et le dimensionnement de lots.

En ce qui concerne la conception de lignes d'assemblage, nous attribuons des tâches, des travailleurs et des équipements aux postes. L'objectif est de concevoir une ligne à coût minimum qui équilibre la charge entre les postes. Nous visons à concevoir des lignes d'assemblage capables de s'adapter facilement aux variations de la demande. D'une part, nous étudions des lignes d'assemblage flexible où les travailleurs et les tâches sont assignés dynamiquement pour s'adapter à la variation de la charge de production à chaque takt pendant la production. D'autre part, nous étudions des lignes reconfigurables répondre aux évolutions des besoins de production. Une reconfiguration nécessite l'arrêt de la ligne pendant plusieurs jours (ou une semaine) pour déplacer les équipements et qualifier la ligne.

Le problème de planification de lots consiste à décider de la quantité à commander/produire/distribuer à chaque période et pour chaque nœud du réseau. Nous visons à fournir des plans qui sont robustes face à diverses sources d'incertitude, telles que la demande des clients, les délais de livraison des fournisseurs, et d'autres.

Mes travaux récents améliorent les modèles de planification de lots et de conception de lignes d'assemblage pour prendre des décisions robustes et résilientes. La robustesse est la capacité à avoir de bonnes performances dans différentes conditions, tandis que la résilience est la capacité à s'adapter et à récupérer. Pour fournir des décisions robustes, nous améliorons le modèle de conception de lignes d'assemblage et de planification de lots pour tenir compte de diverses incertitudes. Pour rendre la solution proposée résiliente, nous incorporons une prise de décision dynamique. Le modèle d'optimisation résultant tient compte de les actions correctives disponibles pour chaque scénario et suggère des solutions où le système s'adapte efficacement à un large éventail de situations.

Je travaille avec trois familles d'approches d'optimisation sous incertitude, à savoir la programmation stochastique, l'optimisation robuste et les méthodes de résolution de processus de décision de Markov contraints. La programmation stochastique nécessite de fournir une distribution de probabilité pour les paramètres inconnus, et le modèle peut par exemple minimiser les coûts espérés. L'optimisation robuste recherche la solution qui minimise le coût dans le pire des cas ou qui satisfait une contrainte dans le pire des cas. Les approches d'optimisation robuste sont plus conservatrices et nécessitent une définition adéquate de l'ensemble d'incertitude pour inclure uniquement des scénarios réalistes. Enfin, le processus de décision de Markov contraint s'applique aux processus de décision dynamiques qui respectent la propriété de Markov et sont souvent utilisés dans la gestion des stocks.

Ce document présente les recherches que j'ai menées après mon doctorat sur les approches d'optimisation pour le problème de dimensionnement de lots sous incertitude et pour le problème de conception de lignes d'assemblage. Ces travaux ont commencé durant mon post-doctorat à HEC Montréal sur la programmation stochastique pour la planification de la chaîne d'approvisionnement. Après presque deux ans de post-doctorat, j'ai rejoint IMT Atlantique et l'équipe de recherche MODELIS. J'ai étendu considérablement mes travaux sur la planification de la production en présence d'incertitude. J'ai également commencé à travailler sur le problème d'équilibrage des lignes d'assemblage.