

Thèse CIFRE : Vers une aide à la décision d'ordonnancement de production face aux aléas par une approche mixte de Modélisation Simulation et Intelligence Artificielle

Contexte

Airbus Helicopters, leader mondial dans la conception et la fabrication d'hélicoptères, est confronté à des problématiques complexes d'ordonnancement de production dans son atelier de fabrication de pièces métalliques de haute précision. Cet atelier gère la production d'environ 350 références réparties sur 20 familles de pièces et 4 types de matériaux, ce qui nécessite plus de 300 postes de travail distincts, allant des machines d'usinage (tournage, fraisage, rectification) aux procédés de traitement thermochimique, en passant par les contrôles qualité et de surface. La variabilité des pièces à produire, les temps de cycle très différents (de 3 à 18 mois), et les flux de production non linéaires rendent l'ordonnancement très complexe.

Cette complexité est amplifiée par de nombreux aléas de production (pannes, non-conformités, absences...), qui nécessitent des prises de décision quotidiennes sur les priorités de production et l'adaptation du planning. Or, ces décisions sont actuellement peu assistées par des outils numériques. Les conséquences à long terme de ces aléas sont souvent difficiles à anticiper, et les changements de priorités peuvent avoir des impacts croisés importants sur l'ensemble du flux de production.

Airbus Helicopters travaille actuellement à réduire ces aléas dans le cadre d'une transformation industrielle de grande envergure, impliquant la modernisation des équipements, la standardisation des processus et une meilleure gestion de l'environnement de production. Parallèlement, des approches numériques sont explorées pour améliorer l'ordonnancement : d'une part, la modélisation numérique de l'atelier pour simuler les flux de production face aux aléas ; d'autre part, l'utilisation de l'intelligence artificielle (IA) et du machine learning pour prédire les perturbations et proposer des actions correctives. L'objectif global est d'augmenter la résilience et la réactivité du modèle industriel pour améliorer la performance opérationnelle.

Le LISPEN (Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes Physiques et Numériques), membre de l'Institut Carnot ARTS, est fortement impliqué dans la recherche sur les systèmes de production, avec un intérêt particulier pour les problématiques de simulation, d'optimisation, et d'aide à la décision dans l'industrie du futur. Les travaux de cette thèse s'inscrivent directement dans le

thème « Transformation industrielle et aide à la décision » et s'insèrent dans la continuité de plusieurs autres thèses, qu'elles soient antérieures ou en cours, portant sur ce même sujet.

Objectifs

L'objectif principal de cette thèse est de développer un outil d'aide à la décision d'ordonnancement basé sur une approche hybride combinant modélisation-simulation numérique et intelligence artificielle (IA). Cette approche permettra de :

- Modéliser les flux de production pour anticiper les aléas.
- Intégrer et analyser les données de production pour prescrire des scénarios d'ordonnancement alternatifs.
- Adapter le système de manière autonome en continu pour augmenter la résilience et la performance des opérations.

Sujet

La thèse se concentre sur le développement d'une approche hybride combinant modélisation-simulation et machine learning pour assister les prises de décision d'ordonnancement en atelier. Face à la complexité des flux de production et aux aléas fréquents, cette approche visera à fournir des recommandations d'ordonnancement réactives et optimisées.

Développement du modèle numérique : Un modèle de simulation sera élaboré pour reproduire les flux de production, prenant en compte les différentes stratégies d'ordonnancement et les paramètres critiques tels que les capacités machine, les temps de cycle, et les aléas potentiels (pannes, variations de flux). Ce modèle servira de base pour l'expérimentation et l'analyse des conséquences des aléas sur la chaîne de production. Il s'agira également de vérifier la précision des simulations en utilisant des données réelles collectées en atelier, permettant d'ajuster le modèle pour refléter au mieux la réalité industrielle.

Modélisation des aléas par machine learning : Des algorithmes de machine learning seront développés pour modéliser les aléas de production et leur impact sur les indicateurs de performance clés (lead time, taux de livraison à temps, efficacité des équipements). L'outil devra être capable d'adapter ses prévisions en continu pour généraliser efficacement sur de nouveaux scénarios et données inédites, tout en évitant le sur-apprentissage. Un des enjeux scientifiques majeurs sera de garantir l'interprétabilité des résultats afin d'éviter l'effet "boîte noire" et d'assurer une adoption par les utilisateurs finaux.

Couplage du modèle numérique et des données temps réel : Une attention particulière sera portée à l'intégration du modèle de simulation avec les données collectées en temps réel depuis l'atelier. Ce couplage permettra de générer des scénarios d'actions viables, actualisés rapidement lors de l'apparition de nouveaux aléas. La synchronisation des paramètres actuels de l'atelier avec les simulations devra être assurée pour refléter les impacts des aléas en temps

réel, ce qui nécessite le développement d'un système de gestion des données robuste et une architecture permettant le fonctionnement simultané de modèles offline et online.

Verrous scientifiques : Plusieurs défis devront être relevés, notamment :

- **Intégration de données en temps réel** : Assurer une synchronisation efficace entre le modèle numérique et le système physique.
- **Fiabilisation des modèles prédictifs** : Développer des modèles robustes pour anticiper les aléas, y compris face à des situations inédites.
- **Adaptabilité des modèles** : Garantir que les modèles s'ajustent aux évolutions rapides du système de production.
- **Gestion des scénarios "what-if"** : Élaborer un corpus exhaustif de scénarios pour tester les différentes stratégies d'ordonnancement.
- **Gestion des recommandations** : Définir le meilleur moment et la meilleure manière d'implémenter les actions correctives.

La finalité de cette thèse sera la conception d'un système d'aide à la décision intégrant les avantages d'un jumeau numérique offline pour la simulation des scénarios complexes, et d'un jumeau numérique online pour la mise à jour et la réaction en temps réel face aux aléas.

Méthodologies

La thèse adoptera une approche de Recherche en Design (DRM), structurée en plusieurs phases allant de l'identification des problématiques industrielles à la conception, l'expérimentation, et la validation des solutions développées. La méthodologie de recherche sera centrée sur la collecte de données représentatives, le développement et la validation des outils d'ordonnancement, puis leur fiabilisation via des tests utilisateurs. Des scénarios "what-if" seront utilisés pour évaluer les recommandations fournies par l'outil, et des études comparatives seront menées pour optimiser le fonctionnement du modèle hybride.

Profil

Le/la candidat(e) devra avoir un Master 2 ou un diplôme d'ingénieur en génie industriel ou mécanique. Des connaissances industrialisation, systèmes de production, IA, simulation numérique et procédés de fabrication sont essentielles. La maîtrise de l'anglais est requise. La connaissance d'AnyLogic est un plus.

Lieu

Aix-en-Provence. Le doctorant sera intégré à l'environnement de recherche du laboratoire LISPEN et de l'entreprise Airbus Helicopters.

Encadrement

- Pr. Philippe Véron (LISPEN)
- Dr. Esma Yahia (LISPEN)

Financement

Thèse CIFRE.

Contact

Envoyez vos candidatures à philippe.veron@ensam.eu
