Gestion des incertitudes dans un problème d'équilibrage de charge d'ateliers d'assemblage

Encadrants : Meriem TOUAT – Nathalie KLEMENT – Xavier DELORME – Esma YAHIA

Présentation du laboratoire et Institut d'accueil

Créé en janvier 2018, le laboratoire d'Ingénierie des Systèmes Physiques et Numériques (LISPEN) résulte de la fédération des anciennes équipes UMR INSM-LSIS (Laboratoire des Sciences de l'Information et des Systèmes) et VAIM-LE2I (Laboratoire d'Électronique, Informatique et Image). Cette jeune unité, placée sous la tutelle unique de l'établissement Arts et Métiers Sciences et Technologies, met en synergie des compétences en ingénierie numérique au sein d'une communauté de plus de 100 membres, répartis sur trois sites : le campus Arts et Métiers d'Aix-en-Provence, l'Institut Arts et Métiers de Chalon-sur-Saône (rattaché au campus Arts et Métiers de Cluny) et le campus Arts et Métiers de Lille.

Ce stage s'inscrit dans le cadre d'une collaboration avec l'École des Mines de Saint-Étienne (EMSE)**,** et plus particulièrement avec l'Institut Henri Fayol (Lieu d'accueil)**.** Il pourra s'appuyer avantageusement sur la plateforme IT'm Factory de l'Institut Henri Fayol, dédiée aux usages de l'industrie du futur et dotée de technologies et démonstrateurs de pointe (cobotique, intelligence artificielle, etc.). Cette collaboration s'articulera également avec les équipes et les différentes plateformes technologiques du laboratoire LISPEN travaillant sur ces thématiques.

Description de la mission

Dans une usine du futur, l'humain est placé au cœur du système. L'intelligence artificielle et la gestion raisonnée des ressources sont intégrées afin de répondre à des exigences et contraintes réalistes, telles que la durabilité, tout en proposant des modèles de production adaptatifs.

Un problème d'équilibrage de charge dans les ateliers d'assemblage est un problème multifacette. En effet, des ressources de natures différentes sont indispensables au bon fonctionnement de l'atelier. Nous nous situons dans un contexte industriel d'un atelier composée de plusieurs stations. Chacune doit réaliser un certain nombre de tâches, consommer de la matière première et/ou de l'énergie, et requiert la présence d'un opérateur humain pour superviser son fonctionnement.

De plus, plusieurs critères liés aux machines doivent être pris en compte, tels que la consommation d'énergie, la vitesse de production et la quantité de matière première consommée. Par ailleurs, les opérateurs humains présentent des caractéristiques spécifiques, telles que la fatigue, les préférences et les niveaux de qualification, rendant leurs capacités à exécuter les tâches variables.

Les aléas survenant à l'intérieur ou à l'extérieur de l'atelier impactent directement les paramètres du problème et perturbent son fonctionnement. Afin de les prendre en compte, des approches dynamiques et adaptatives, capables de réagir rapidement et de ramener le système à un état de fonctionnement normal, sont essentielles pour garantir la stabilité des systèmes de production.

Les systèmes multi-agents constituent une approche particulièrement adaptée pour représenter des contextes complexes dans lesquels la prise de décision doit être réalisée de manière décentralisée. En effet, leurs capacités de coopération, de communication et d'autonomie leur permettent de négocier et de prendre des décisions à l'échelle locale, tout en contribuant à la performance globale du système.

Dans le cadre de ce stage, nous visons une approche basée sur l'intelligence artificielle, et plus particulièrement sur un système multi-agents dans lequel les agents prennent leurs décisions à l'aide de modèles d'apprentissage profond par renforcement (Deep Reinforcement Learning). Cette approche permettra de prendre en compte les aléas et d'assurer la continuité du fonctionnement de l'atelier.

Etapes

- Etablir un état de l'art sur : 1) le problème d'équilibrage de charge dans les ateliers de production, 2) les techniques d'intelligence artificielle pour la prise en compte des incertitudes
- Proposer un système pour prendre en compte des incertitudes dans un problème d'équilibrage de charge
- Collecter les données à partir de la plateforme IT'm Factory ou les plateformes du laboratoire LISPEN
- Valider la méthode proposée

Mots clés : Problème d'équilibrage de charge, Systèmes multi-agent, Deep reinfocement learning

Références

[1] Borba, L., Ritt, M., & Miralles, C. (2018). Exact and heuristic methods for solving the robotic assembly line balancing problem. European Journal of Operational Research, 270(1), 146-156.
[2] Abdous, M. A., Delorme, X., Battini, D., Sgarbossa, F., & Berger-Douce, S. (2023). Assembly line balancing problem with ergonomics: a new fatigue and recovery model. International Journal of Production Research, 61(3), 693-706.
[3] Zheng, T., Wan, J., Zhang, J., & Jiang, C. (2022). Deep reinforcement learning-based workload scheduling for edge computing. Journal of Cloud Computing, 11(1), 3.
[4] Battaïa, O., Delorme, X., Dolgui, A., & Haddou-Benderbal, H. (2025). New trends in line balancing and model sequencing in assembly, disassembly and machining environments. Computers & Industrial Engineering, 111210.

Profil recherché

Bac +4 ou Bac +5 dans l'une des disciplines suivantes :

- Génie industriel
- Informatique
- Recherche opérationnelle

Connaissance approfondie de Python 3. La maîtrise de des systèmes multi-agents (SMA) et des techniques d'apprentissage profond seront un plus.

Date de début de stage : *Mars 2026*

Durée du stage : 6 mois

Lieu d'accueil : Institut Henri Fayol, Saint Etienne

Gratification : Suit la norme tarifaire des stagiaires

Candidature : CV + Lettre de motivation + Relevés de notes à envoyer à : ***meriem.touat@ensam.eu*** *et* ***nathalieklement@ensam.eu*** *avant le* ***20/02/2026***