

Dimensionnement et pilotage d'une flotte d'AGVs dans un atelier flexible

H. Gatt, M. Py, L. Deroussi, N. Grangeon et S. Norre

Université Clermont Auvergne, CNRS, Clermont Auvergne INP, Mines Saint-Etienne,
LIMOS, 63000 Clermont-Ferrand, France

{hector.gatt, matthieu.py, laurent.deroussi, nathalie.grangeon, sylvie.norre}@uca.fr

Mots-clés : *Véhicule Autonome Guidé (AGV), Routage, Système Logistique, Productivité*

1 Présentation du problème

La gestion des Véhicules Autonomes Guidés (AGVs) au sein d'un atelier flexible de type Flexible Manufacturing System (FMS) constitue un défi majeur dans le secteur industriel. L'atelier étudié assure la fabrication de différents produits finis, chacun d'eux résultant de l'assemblage d'un sous-produit de type A et d'un sous-produit de type B. Une zone est dédiée à la fabrication des sous-produits de type A et une autre aux sous-produits de type B. La fabrication d'un sous-produit est décomposée en plusieurs opérations. Plusieurs postes de travail sont disponibles pour chaque opération.

Les sous-produits sont transportés entre les postes de travail par des AGVs. Chaque sous-produit reste associé à l'AGV qui le transporte durant l'intégralité de sa fabrication. Le lancement d'un ordre de fabrication d'un produit fini déclenche la mobilisation de deux AGVs compatibles : un premier pour la fabrication du sous-produit de type A et un autre pour le sous-produit de type B. Un réseau de voies de circulation est défini sur lequel les AGVs se déplacent en respectant l'orientation des voies. Chaque AGV démarre depuis le parking général, exécute une série d'opérations sur différents postes, puis accède à un parking d'appairage. Si lors de son parcours aucun poste n'est disponible pour réaliser une opération donnée, l'AGV est redirigé vers un parking d'urgence où il attendra la disponibilité d'un poste. Une fois qu'un AGV transportant le sous-produit complémentaire est lui aussi présent au parking d'appairage, la paire d'AGVs se dirige vers un poste d'assemblage compatible et disponible. La prise des deux sous-produits est alors effectuée, après quoi les AGVs sont libérés et prêts à réaliser la fabrication de nouveaux sous-produits.

Les paramètres des postes de travail, leurs emplacements, et les temps de traitement étant connus, notre contribution vise à dimensionner la flotte d'AGVs et à développer une stratégie de pilotage adaptée pour garantir la satisfaction des exigences du plan de production tout en fluidifiant au maximum les déplacements des AGVs. L'accent est mis sur la maximisation de l'efficacité des déplacements des AGVs, favorisant ainsi une circulation fluide et réduisant les risques de congestion au sein de l'atelier.

2 Simulation Netlogo

L'approche multi-agents de Netlogo¹ offre une représentation réaliste du comportement individuel de chaque AGV au sein de l'atelier. Chen et al. [2022] et Sanogo et al. [2023] utilisent tous deux Netlogo pour simuler le déplacement d'une flotte d'AGVs afin d'évaluer la performance de leurs algorithmes.

1. <https://ccl.northwestern.edu/netlogo/>

Dans notre modélisation, nous avons défini différents types d’agents pour représenter les AGVs, les produits, les postes de travail, les parkings et les voies de circulation. La figure 1 présente un aperçu de l’atelier flexible implémenté avec Netlogo. Nous avons proposé différentes règles de gestion pour la circulation des AGVs et les choix de postes.

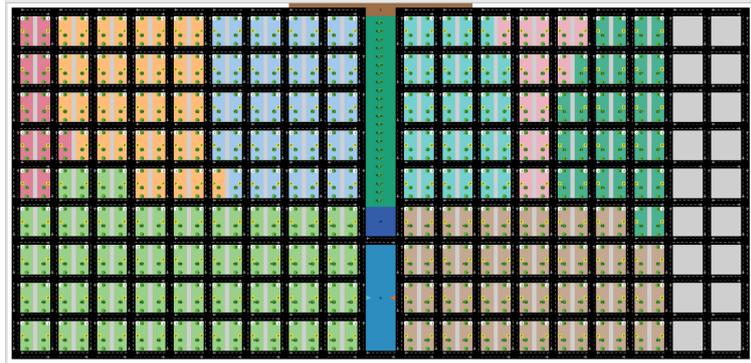


FIG. 1 – Aperçu de l’atelier flexible implémenté avec Netlogo

Sur le plan de la circulation, il convient de souligner que chaque virage représente une source potentielle de ralentissement pour un AGV. Par conséquent, des critères ont été proposés pour trouver un compromis entre charge des routes empruntées et virages effectués. Différentes règles de circulation ont également été implémentées. Les AGVs doivent maintenir une distance de sécurité entre eux tout au long de leur parcours. L’insertion d’un AGV dans un carrefour est conditionnée par l’absence préalable d’autres AGVs à cet emplacement, réduisant ainsi le risque de congestion potentielle pouvant conduire à des arrêts non planifiés des AGVs. Au sein d’un poste de travail, les AGVs se déplacent en effectuant des transitions entre différentes positions. À la fin de l’opération, l’AGV retourne sur la voirie, sous réserve de conditions de trafic favorables (respect de la distance de sécurité avec les AGVs déjà présents sur la voirie).

Pour la sélection des postes de travail, nous explorons deux approches. La première approche repose sur la maximisation de l’utilisation moyenne des postes afin d’équilibrer la répartition des opérations. Cette stratégie vise à minimiser les temps d’attente et à homogénéiser l’usage des postes. La deuxième approche vise à favoriser au maximum les postes déjà utilisés afin de conserver un pool de postes de repli en cas d’aléa. Sur un plan de production test, la deuxième approche accroît le taux d’occupation moyen des postes de 18%, laissant inutilisés 4 postes sur un total de 255, tandis que le taux d’atteinte du plan de production demeure stable.

3 Perspectives

Nous proposons deux axes d’amélioration. Le premier concerne l’orientation dynamique des voies de circulation. Il s’agit d’adopter une stratégie réactive qui s’adapte en temps réel aux besoins de déplacements des AGVs. Cette perspective vise à optimiser l’efficacité des déplacements en ajustant les itinéraires en temps réel, offrant ainsi la possibilité de prévenir les congestions et les arrêts imprévus. Le deuxième axe consiste à intégrer la dimension stochastique du problème au travers de la prise en compte des pannes, que ce soit au niveau des AGVs ou des postes de travail. Cette perspective cherche à modéliser, au moyen de modèles statistiques, les pannes éventuelles des AGVs et des postes de travail. Les méthodes de gestion proposées garantiront une continuité opérationnelle efficace. Par suite, l’analyse permettra d’évaluer l’impact global des pannes sur le fonctionnement du système.

Références

- J. Chen, Z. Xiaoli, P. Xiafu, X. Dongsheng, and P. Jincheng. Efficient routing for multi-agv based on optimized ant-agent. *Computers & Industrial Engineering*, 167, 2022.
- K. Sanogo, A. M. Benhafssa, M. Sahnoun, B. Bettayeb, and M. Abderrahim. A multi-agent system simulation based approach for collision avoidance in integrated job-shop scheduling problem with transportation tasks. *Journal of Manufacturing Systems*, 68 :209–226, 2023.