

Proposition de stage

M2 MATIS

Optimisation des systèmes de manutention de conteneurs dans les ports maritimes

Cas de terminaux automatisés, non automatisés et hybrides.

Responsables du stage

Adnan YASSINE et Hamdi DKHIL

Email: adnan.yassine@univ-lehavre.fr , hamdi.dkhil@etu.univ-lehavre.fr

Laboratoire

LMAH – Université du Havre

25 rue Philippe Lebon

B.P. 540

76058 Le Havre Cedex

<http://lmah.univ-lehavre.fr/>

Contexte et objectif

L'optimisation de stockage de conteneurs dans un terminal portuaire est un problème logistique très important qui a attiré l'attention des chercheurs depuis plusieurs décennies. Deux grands axes d'optimisation de stockage sont généralement étudiés : l'optimisation du temps de stockage et l'optimisation de l'espace de stockage. Ces deux problèmes sont souvent traités séparément. Quelques travaux traitent la minimisation de la flotte de véhicules dans un terminal à conteneurs. La minimisation du nombre de véhicules utilisés dans un terminal à conteneurs et la minimisation du temps de déplacements des cavaliers sont les objectifs des études d'ordonnancement des tâches attribuées aux cavaliers.

AGVS

Les systèmes de véhicules à guidage automatique (AGVS) ont connu ces dernières années une évolution sans précédente poussant les décideurs à mettre en œuvre des processus assez pointus permettant d'une part d'optimiser leur rentabilité, et d'autre part, de respecter des contraintes de plus en plus nombreuses. L'ensemble des terminaux à conteneurs représente un nœud très important dans la chaîne internationale de transport de marchandises et agit directement sur l'économie mondiale. De nombreuses analyses et études approfondies ont traité l'optimisation des AGVS. L'étude d'un AGVS commence avant même sa conception. En effet, des simulations assez pointues permettent de vérifier les trajectoires et le nombre de tâches exécutables ainsi que le nombre de véhicules nécessaires pour réaliser le travail dans les meilleurs délais, fixés par les décideurs. Vu la multitude des fonctions et des types de véhicules automatiques (transport d'engins lourds, transport de box à rouleaux et/ou de caisses-palettes de stockage, transport des palettes en fin de ligne, transport de produits alimentaires, transport de conteneurs, etc.) des études appropriées ont traité chaque cas en s'adaptant à sa particularité et son contexte. Les résultats généraux ou spécifiques des études des systèmes de véhicules à guidage automatique restent une référence dans l'étude de chaque cas particulier.

Une grande partie de notre travail s'intéresse à un cas très particulier des AGVS qui traite les terminaux à conteneurs automatisés, qui en plus des véhicules autoguidés, sont équipés de grues à quai automatiques et de grues de stockage automatiques (grues de cour), ce qui pousse souvent les scientifiques à considérer les problèmes d'ordonnancement intégré dans les terminaux automatisés ou semi-automatisés. Vu l'évolution rapide du commerce mondial, la productivité des terminaux à conteneurs est continuellement mise à l'épreuve et l'optimisation des temps de stockage et du transfert de conteneurs, de l'espace de stockage et des coûts de stockage en nombre d'équipements devient un besoin principal. Nous traitons dans ce travail l'optimisation de plusieurs objectifs pour stocker les conteneurs. Nous traitons le problème d'ordonnancement intégré considérant les trois équipements d'un terminal à conteneurs automatisé soient : les véhicules autoguidés, les grues à quai et les grues de baie.

L'objectif principal de ce travail est la minimisation du coût opérationnel de stockage. Tous nos résultats pour les terminaux automatisés seront adaptés aux cas de terminaux non automatisés et de terminaux hybrides.

Travail à réaliser par l'étudiant :

Première partie

- Evaluation théorique du coût opérationnel de stockage dans les terminaux maritimes, ce qui devra prendre en compte les paramètres les plus influents comme le coût d'utilisation des AGVs et ASCs, le coût d'emplacements choisis, le temps de stockage, etc.
Trois cas seront étudiés : ports automatisés, ports non automatisés et ports hybrides.
- Développement d'un code java en utilisant ILOG CPLEX (un modèle mathématique vous sera fourni).
- Le problème étant NP-complet, difficile à résoudre par des méthodes exactes pour des grandes instances, vous développerez un algorithme de colonie de fourmis comme approche méta-heuristique.
- Estimation numérique des coûts de stockage optimaux (ou approchés) dans quelques cas de ports maritimes selon les données disponibles.

Deuxième partie

- Malgré l'efficacité des méta-heuristiques, les problèmes NP-complet demandent plus de conception de méthode de résolution exacte pour des instances de dimensions raisonnables. Les résolutions exactes parallèles représentent une alternative à explorer. Vous développerez alors un code java pour une solution qui combine génération de colonnes et parallélisme.

Troisième partie

- Etude numérique de l'influence du choix des équipements (types du terminal) et de l'architecture des réseaux routiers internes (types du trafic des cavaliers) sur la productivité des terminaux.
- Etude numérique des différents paramètres des solutions méta-heuristiques et des solutions parallèles.
- Etude comparative des différentes méthodes de résolution pour des petites, moyennes et grandes instances.
- Etude numérique de l'influence du choix du type de terminal et de l'architecture du réseau de routage sur la productivité des systèmes de stockages.
- Intégration du travail réalisé dans les deux premières parties dans un simulateur 2D dont le code vous sera fourni :
 - Développement d'un générateur de données produisant des fichiers « xml » qui seront utilisés par le simulateur pour produire les instances souhaitées.
 - Intégration des algorithmes réalisés au solveur du simulateur.

Littérature et Références : le problème d'ordonnancement de tâches dans le cadre d'AGVS et de terminaux à conteneurs automatisés.

L'étude de ce problème a souvent comme objectif de minimiser le temps de déplacements des véhicules ou de minimiser la taille de la flotte utilisée. Ces deux approches sont souvent étudiées dans le cadre général des systèmes à véhicules à guidage automatique. Rares sont les travaux qui traitent les deux objectifs à la fois.

Sinreich et Tanchoco [1] ont développé le seul modèle, à notre connaissance, couvrant les deux objectifs à la fois.

La minimisation du nombre de véhicules : ce problème, lors d'une mission dans un terminal à conteneurs, est en relation étroite avec le même problème dans le cadre général de systèmes de véhicules automatisés. La minimisation du nombre de véhicules à utiliser pour effectuer un ensemble de tâches représente une gestion de ressource indisponible qui favorise l'efficacité et la productivité de l'ensemble de leur système. Historiquement, les véhicules automatisés ont été produits en petite quantité. Vu leur coût assez élevé il est très intéressant pour un AGVS d'assurer une bonne gestion de ressources en véhicules. Une gestion intelligente, efficace et économique de la flotte de véhicules permettra d'augmenter la productivité globale du système considéré. Muler [2] a utilisé des estimations approximatives de temps de routage des cavaliers et de la fréquence de leur trafic pour mieux approcher le problème. D'autre part, Maxwell et Mckstadt [3] ont pris en compte l'aspect aléatoire de certaines données du problème (vitesse des véhicules, mode d'attribution des tâches à l'arrivage...) pour concevoir un modèle déterministe qui représente assez bien la réalité du problème des AGVS. Ils ont développé une résolution par programmation en nombres entiers pour déterminer la taille minimale de la flotte de véhicules à utiliser. Rajotia et al. [4] ont traité le même problème en considérant plus des contraintes comme le temps de chargement, etc. Dans le cadre spécifique d'un terminal à conteneurs, les travaux d'IFA VIS [5] sont d'un grand intérêt car il s'agit de la seule contribution relevée de la littérature visant à minimiser le nombre de cavaliers AGV.

Deux approches sont proposées par IFA Vis, la première est basée sur la programmation en nombres entiers et la deuxième consiste à décomposer le problème en un ensemble de sous-problèmes, plus faciles à résoudre.

L'optimisation du temps de déplacement des véhicules répond principalement de l'ordonnement des tâches attribuées, de la qualité du routage de la flotte et des ressources disponibles. Dans le cadre des terminaux à conteneurs nous citons en particulier les travaux de Meersman [6] étant probablement le premier à traiter le problème dans son aspect intégré aux tâches attribuées à des grues de quai et à des grues de stockage. Cet aspect du problème est maintenant décrit comme «le problème intégré d'ordonnement de tâches QC-AGV-ASC ou QC-ALV-ASC, selon le type de cavaliers utilisés». Les travaux les plus récents mettent souvent en œuvre des algorithmes méta-heuristiques pour résoudre le problème intégré : l'équipe de Lu Chen [7] a développé en 2007 un algorithme de recherche tabou, méthode développée par Glover en 1990, pour approcher la solution. Dans la même année Bae et al. [8] ont développé une méthode d'ordonnement dynamique permettant de minimiser le coût de déplacement des véhicules durant le chargement ou déchargement des bateaux. Plusieurs paramètres variables et situations dynamiques sont pris en compte dans cette étude et le coût de déplacements a été évalué principalement en fonction des temps de fin de tâches des véhicules et du temps d'attente des bateaux.

Les approches multi-objectives ont été imposées par l'automatisation générale de certains systèmes mettant en œuvre les AGVs et des autres appareils automatisés. Une bonne évaluation du coût global d'un ensemble de tâches à effectuer doit tenir compte de plusieurs paramètres : le contrôle central, la répartition de véhicules, les opérations de chargement et de déchargement, la multitude des chemins possibles pour chaque opération, la traçabilité des objets transportés, etc. Sinreich et Tanchoco ont développé l'unique modèle, à notre connaissance, couvrant à la fois l'objectif de minimiser le nombre de véhicules utilisés et celui de minimiser le coût total de transferts. Quelques recherches ont traité à la fois l'espace et le temps de stockage. Nous citons en particulier le travail de Kim et Kim [9] qui présente un modèle mathématique statique déterminant analytiquement le coût minimal en nombre de grues de baie et en espace de stockage et en temps de stockage à la fois. Les chercheurs ont souvent traité des modèles spécifiques à un type d'équipement bien précis et à une architecture de terminal particulière et bien déterminée. Quelques modèles traitent le cas d'une architecture générale, plus complexe, et qui demande de meilleurs résultats en solutions optimales. L'optimisation de l'espace de stockage dans le terminal est naturellement traitée à l'import dans le cas d'arrivée de bateaux vu la quantité importante de conteneurs déchargés des navires et la nécessité d'une bonne gestion de l'espace de stockage.

Bibliographie :

- [1] Sinreich, D., Tanchoco, J.M.A. (1992), An economic model determining AGV fleet size, *International Journal of Production Research* 30(6), 1255-1268.
- [2] Muler, T. (1983), *Automated Guided Vehicles*, IFS (Publications) Ltd, UK, Springer-Verlag, Berlin.
- [3] Maxwell, W.L., Muckstadt, J.A. (1982), Design of automatic guided vehicle systems, *IIE Transactions* 14(2), 114-124.
- [4] Rajotia, S., Shanker, K., Batra, J.L (1988), Determination of optimal AGV fleet size for an FMS, *International Journal of Production Research* 36(5), 1177-1198.
- [5] IFA Vis, R de Koster, KJ Roodbergen, LWP Peeters (2001), Determination of the number of automated guided vehicles required at a semi-automated container terminal, 52, 409-417.
- [6] Meersmans, P.J. M. and Wagelmans, A. P. M. (2001). Dynamic scheduling of handling equipment at automated container terminals, *Econometric Institute Report EI*. Erasmus University, Rotterdam, The Netherlands.
- [7] Lu Chen, Nathalie Bostel, Pierre Dejax, Jianguo Cai, Lifeng Xi, A Tabu search algorithm for the integrated scheduling problem of container handling systems in a maritime terminal. *European Journal of Operational Research*, Volume 181, Issue 1, 16 August 2007, Pages 40-58.
- [8] Bae M-K, Park Y-M, Kim KH (2007), A dynamic berth scheduling method. Paper presented at the international. Conference on intelligent manufacturing and logistics systems (IML 2007), Kitakyushu, Japan,
- [9] Kim, K.Y. and Kim (1998), K.H. The optimal determination of the space requirement and the number of transfer cranes for import containers. *Computers and Industrial Engineering*, 35: 427-430.