

SIMULATION ET EVALUATION DE PERFORMANCES D'UN AS/RS MULTI ALLEES ET COMPARAISON AVEC LES RESULTATS ANALYTIQUES

Sihem KOULOUGHLI, Latefa GHOMRI et Zaki SARI
 Laboratoire d'Automatique de Tlemcen
 Kouloughli_sihem@yahoo.fr

Résumé - Dans cet article nous considérons les systèmes automatisés de stockage/déstockage de type multi allées. Nous proposons deux expressions analytiques discrètes, la première évalue le temps de cycle du système de stockage/déstockage opérant en simple cycle et la seconde évalue le temps de cycle du système de stockage/déstockage opérant en double cycle. On a simulé ces systèmes par le logiciel Arena, les résultats donnés par la simulation étaient proche des valeurs calculés par les expressions analytiques. Nous proposons par la suite une heuristique pour minimiser le temps de cycle.

I. INTRODUCTION

Durant toute son existence, l'homme a dû subvenir à ses besoins en transformant les matériaux en produits utiles, d'abord de façon artisanale, ensuite cette activité a été remplacé par de grandes unités industrielle qui à leur tour disparaissent en laissant leur place aux systèmes flexibles de production FMS.

Un FMS est caractérisé par son haut degré d'automatisation [1], il est composé de :

Station de travail (machines, outils, station d'assemblage...), équipements de manutention et de transport (convoyeur, AGV...), systèmes de stockage, système de communication, et système de gestion par ordinateur.

L'objectif le plus important d'un système flexible de production est de minimiser tous les facteurs provoquant les surcoûts, d'où la nécessité du stockage pour le bon fonctionnement du système de production et ceci malgré la consommation du temps, d'espace et d'argent due au stockage.

En effet, la non disponibilité d'une pièce paralyserait la chaîne toute entière provoquant ainsi des surcoûts.

Par conséquent, le système de stockage doit être le plus petit possible (pour minimiser l'investissement initial, le nombre de produits stockés et les durées de stockage) de façon à rester opérationnel [2].

Pour ces besoins, les systèmes de stockage/déstockage automatisés (AS/RS) répondent à tous les objectifs précédents.

II. AS/RS MULTI ALLEES

Material handling définit un système de stockage/déstockage automatisé comme suit :

C'est une combinaison d'équipements et de systèmes de contrôle qui prend en charge, stocke et déstocke des produits avec précision, exactitude et célérité sous un certain degré d'automatisation.

Un système de stockage/déstockage automatisé se compose essentiellement de :

Rack de stockage, machine de stockage/déstockage (S/R), une station de dépôt/livraison (P/D), et un système de contrôle.

Un AS/RS multi allée est composé d'un ensemble de racks fixes disposés deux à deux en parallèle et séparés par des allées.

Chacune de ces allées appelées allée de desserte donne accès à deux racks.

Une allée commune placée perpendiculairement aux racks relie toutes les allées de desserte.

Une machine de stockage / déstockage desserte l'ensemble des racks ; de ce fait cette machine S/R se déplace suivant trois axes : verticalement le long des colonnes formant les racks, horizontalement le long des allées de desserte et transversalement le long de l'allée commune dont l'une des extrémités est équipée d'une station de dépôt / livraison [3].

A l'état initial, la machine S/R se trouve à la station P/D.

Pour une opération de stockage, la machine S/R se déplace simultanément dans le sens horizontal et dans le sens vertical jusqu'à ce qu'elle atteigne l'emplacement où elle désire déposer le produit.

Pour une opération de déstockage, la machine S/R se déplace vers l'emplacement où se trouve le produit à déstocker et le récupère, ensuite elle revient à la station dépôt / livraison.

Simple cycle

La machine se déplace depuis le point de dépôt / livraison jusqu'au casier de stockage / déstockage, dépose ou récupère le produit et revient au point de dépôt / livraison.

Double cycle

Une opération de stockage et une opération de déstockage sont réalisées en même temps

La machine S/R après avoir réalisé une opération de stockage ne retourne pas au point de dépôt / livraison mais se déplace vers le casier ou elle va réaliser l'opération de déstockage, arrivée à ce casier elle récupère le produit et retourne à la station P/D.

Expressions analytiques du temps de cycle d'un AS/RS multi allées

Dans la littérature, on trouve plusieurs travaux qui se sont consacrés à la modélisation du temps de cycle des AS/RS par des expressions analytiques. On cite par exemple le travail de Bozer [4][5], dont le but est d'exprimer par une expression continue le temps simple et double cycle des AS/RS à charge unitaire. De même SARI *et al* [6][7][8] ont proposé une expression analytique continue pour les AS/RS à racks glissants.

Dans ce travail nous proposons une expression analytique discrète pour les AS/RS multi – allées pour cela nous considérons la notation suivante :

M : nombre de racks dans le système.

M/2 : nombre d'allées dans le système.

N : nombre de casier total.

N_p : nombre de casier par ligne.

N_h : nombre de casier par colonne.

t'_h : temps de déplacement horizontal d'un casier au suivant.

t'_v : temps de déplacement vertical d'un casier au suivant

t'_p : temps de déplacement d'une allée à la suivante.

$\overline{E(SC)}$: Temps moyen simple cycle.

$\overline{E(DC)}$: Temps moyen double cycle.

Temps moyen simple cycle

Le temps moyen simple cycle comprend le temps de déplacement de la machine S/R vers le casier de stockage / déstockage et le temps de retour depuis ce même casier vers la station de dépôt / livraison.

$$\overline{E(SC)} = (4/N) \sum_{k=1}^{M/2} \sum_{i=1}^{N_i} \sum_{j=1}^{N_h} \max[(t'_h | \delta - i | + (k-1) t'_p), t'_v | - j |]$$

Temps moyen double cycle

Le temps moyen double cycle comprend le temps de déplacement de la machine S/R vers le casier de stockage(E(SC) 1), le temps de déplacement de la machine S/R du casier de stockage vers le casier de déstockage (E(TB)) et le temps de retour de la machine S/R depuis ce casier de déstockage vers la station de dépôt / livraison (E(SC) 2).

$$\overline{E(DC)} = (2/N) \sum_{k=1}^{M/2} \sum_{i=1}^{N_i} \sum_{j=1}^{N_h} \max[(t'_h | \delta - i | + \max((k-1) t'_p; T_r), t'_v | - j |] + \max[(t'_h | i - 0 | + (k-1) t'_p); t'_v | - j |]$$

IV. SIMULATION D'UN AS/RS MULTI ALLEES

La simulation permet de mesurer les performances globales et de déterminer les ressources (machines, stocks, moyens de manutention, personnel,...) les plus influentes sur les performances dans un scénario de production donné [9].

A. Présentation du logiciel de simulation Arena

System Modeling Corporation définit ARENA de la manière suivante : « Le système ARENA est un support de modélisation intégré permettant de construire des modèles plus au moins détaillés pour un large éventail d'applications possibles. ARENA intègre également toutes les fonctions liées à la simulation, tel que : l'animation, l'analyse des données d'entrée, la vérification du modèle et l'analyse des résultats dans un seul environnement de modélisation [10].

B. Organigrammes des modèles simulés

La figure "fig1" ci-dessous représente l'organigramme des étapes de l'opération de stockage dans un système multi allées.

La figure "fig2" ci-dessous représente l'organigramme des étapes de l'opération de déstockage dans un système multi allées.

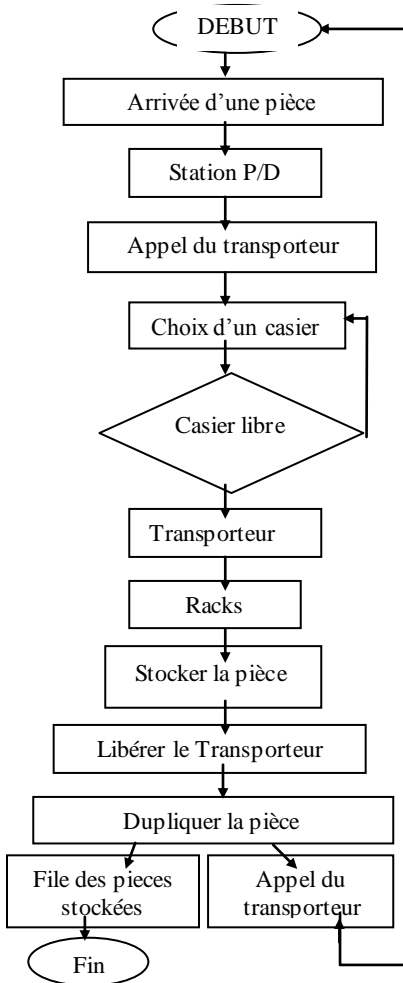


Fig1. Organigramme de l'opération de stockage

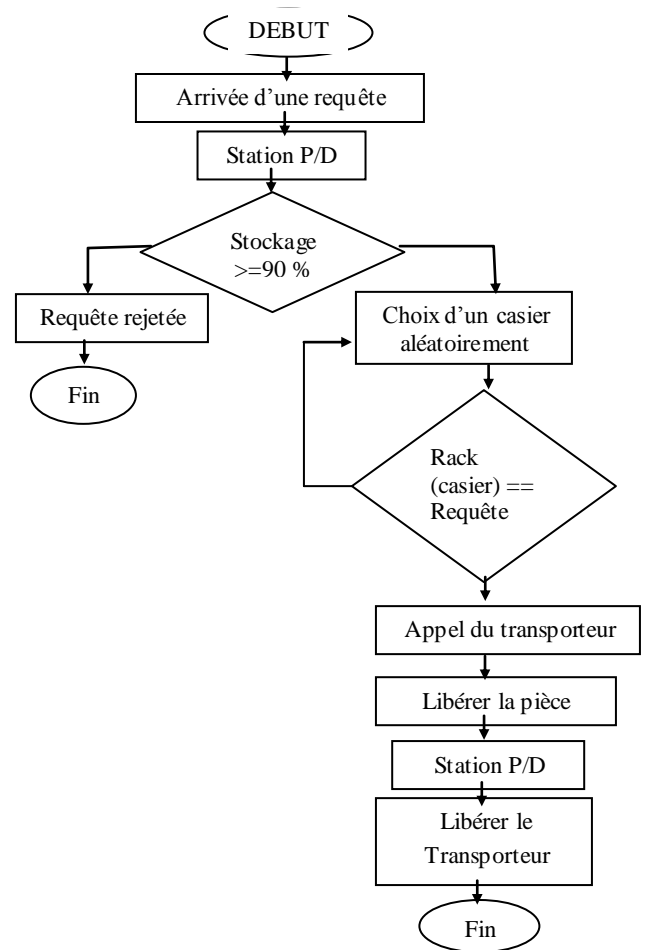


Fig 2. Organigramme de l'opération de déstockage

V. RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS

Les valeurs calculées par les expressions analytiques et les résultats donnés par la simulation sont représentés dans le tableau I

TABLEAU I

Valeur analytique et résultat de la simulation

Système à	Valeur analytique	Moyenne des 10 réplifications de la simulation	Différence
64 casiers (stockage simple cycle)	0.20625	0.206631	0.381 ‰
64 casiers (déstockage simple cycle)	0.20625	0.206649	0.399 ‰
64 casiers (double cycle)	0.332459	0.326663	5.796 ‰
100 casiers (stockage simple cycle)	0.2350	0.234707	0.293 ‰
100 casiers (déstockage simple cycle)	0.2350	0.234636	0.364 ‰
100 casiers (double cycle)	0.37869	0.374823	3.867 ‰
400 casiers (stockage simple cycle)	0.388750	0.386658	2.092 ‰
400 casiers (déstockage simple cycle)	0.388750	0.386636	2.114 ‰
400 casiers (double cycle)	0.622976	0.625657	2.681 ‰

Les résultats donnés par la simulation sont très proches des valeurs calculées par les expressions analytiques, la différence la plus importante est de 5.796 ‰ ce qui nous confirme une bonne simulation

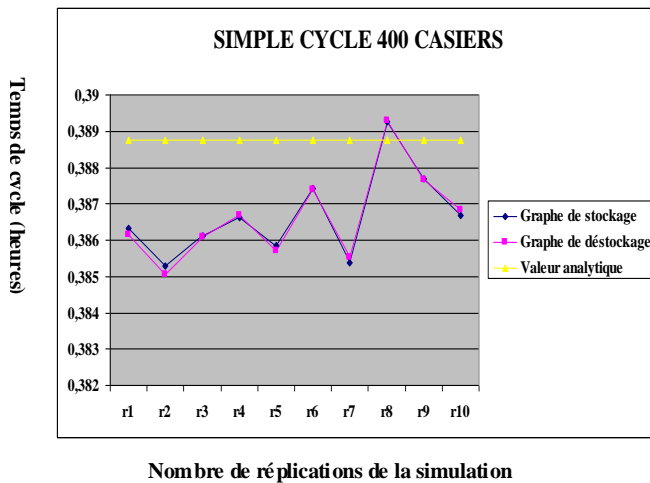


Fig3. Représentation des résultats du système à 400 casiers pour le cas du simple cycle

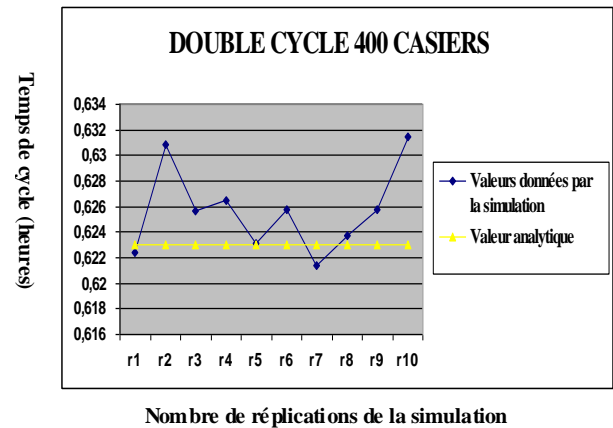


Fig4. Représentation des résultats du système à 400 casiers pour le cas du double cycle

Heuristique

Dans ce système le transporteur se trouve initialement à la station de dépôt/livraison. A l'arrivée d'une requête de déstockage un casier contenant une pièce est choisi aléatoirement dans le rack (casier de déstockage).

Avant de pouvoir effectuer l'opération de déstockage le transporteur doit d'abord stocker et donc le casier de stockage sera choisi de la manière suivante :

Il est plus prioritaire de stocker dans un casier ayant la même adresse que le casier de déstockage c à d un casier qui se trouve en face dans le rack adjacent. Si ce casier est occupé on recherche ensuite un casier de stockage dans le chemin par le quel passe le transporteur pour accéder au casier de déstockage. Si on n'a toujours pas trouvé de casier libre on continue notre recherche sur les casiers les plus proches du casier de déstockage.(plus le casier est proche du casier de déstockage plus il est prioritaire).

TABLEAU II

Valeur du temps de cycle avant et après utilisation de l'heuristique

Taux de charge	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	98%
Sans heuristique	0.312	0.32	0.322	0.324	0.325	0.325	0.326	0.325	0.326	0.327
Avec heuristique	0.276	0.26	0.257	0.256	0.251	0.248	0.247	0.245	0.244	0.250
Différence	3.57%	5.51%	6.46%	6.76%	7.32%	7.76%	7.97%	8.07%	8.24%	7.63%

VI. CONCLUSION

L'étude détaillée des AS/RS basée sur la modélisation et la simulation a mis en valeur leur importance dans le domaine de l'industrie et de la production et a confirmé leurs performances dans les différents champs d'application, de la conception à l'utilisation, a savoir une meilleur gestion de stock en minimisant le temps de cycle de la machine S/R et en optimisant la sécurité.

L'AS/RS multi allées se caractérise par l'existence de plusieurs racks séparés par des allées utilisées pour la circulation de la machine de stockage/déstockage.

REFERENCES

- [1] Gershwin, S, "Manufacturing Systems Engineering". Prentice Hall, 1993
 [2] Singh, N, Computer -Integrated Design and Manufacturing, 1996.

- [3] Hark Hwang and Seong Beak Lee "Travel-time models considering the operating characteristics of the storage and retrieval machine" INT.J, Vol. 28, No. 10, 1779-1789, 1990.
 [4] Bozer Y. A. White J. A. Travel time models for automated storage/retrieval systems, IIE Transactions, 16(4), p. 329-338, 1984.
 [5] Bozer, Y.A, Cho, M-S, Srinivasan. Expected waiting times in single-device trip-based material handling systems, European Jnl Operational Research, 75 (1), 200-216, 1994
 [6] Sari Z., Chetto H., Ghouali N. Impact of P/D stations and restoring conveyor locations on retrieval time models of flow rack AS/RS, Conception et Production Intégrées (CPI'2001), Fes, Maroc, 2001.
 [7] Sari Z, Modélisation, Analyse et Evaluation des Performances d'un AS/RS à Convoyeur Gravitationnel, thèse de Doctorat d'état, LAT, Université de Tlemcen, Algérie, 2003.
 [8] Sari Z., Saygin C., Ghouali N. Travel-Time Models for Flow-Rack Automated Storage and Retrieval Systems, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, on line publication February, 2004.
 [9] Jerry Banks John S.Carson, Barry L. Nelson David M Nicol "Discrete-Event System Simulation", 1999 by Prentice-Hall, Inc. Upper Saddle River, New Jersey 07458, 2001.
 [10] W. David Kelton Randall P.Sadowski Deborah A. Sadowski "Simulation With Arena" WCB McGraw-Hill, Boston, 1998.