

Comparaison entre un système AGV Tandem et un système AGV Conventionnel.

Nihed GAOUAR, Latéfa GHOMRI, Zaki SARI.

Laboratoire d'Automatique de Tlemcen

Université de Aboubekr Belkaïd,

BP 119, Tlemcen 13000, Algérie

Tel: 0 43 28 56 89

Fax: 0 43 28 56 85

E.Mail : {n_gaouar; ghomri; z_sari}@mail.univ-tlemcen.dz

Résumé : L'arrivée des véhicules autoguidés (*Automated guided Vehicles, AGV*) dans les systèmes flexibles de production (*Flexible Manufacturing System, FMS*) a changé l'environnement de la production grâce à leurs grandes flexibilité et fiabilité et leur adaptation aux autres équipement de production.

Toutefois, il existe plusieurs types de configurations pour un système AGV tels que la configuration conventionnelle et la configuration tandem. Cet article a pour objectif de mettre en évidence les avantages d'un AGVS tandem, et ceci en les rapportant aux performances d'un AGVS conventionnel.

Mots clés : Système de véhicules autoguidés (*Automated guided Vehicles Systems, AGVS*), Véhicule autoguidé (*Automated guided Vehicle, AGV*), AGVS Tandem, AGVS Conventionnel, Simulation.

I. Introduction :

Un AGVS est considéré comme l'un des moyens de manutention et de transport les plus appropriés pour un environnement flexible de production [1], [2].

Un tel système comporte un ensemble de véhicules en coopération, ils sont chargés de transporter des pièces entre les différentes stations de travail et les zones de stockage dans l'unité de production. Durant ce transport un véhicule suit un ensemble de pistes, physiques ou virtuels, prédéfinis, et qui forment le circuit de circulation de ces véhicules. Selon ce circuit on peut distinguer trois types de configuration pour le système AGV [3] :

- Les AGVS conventionnels;
- Les AGVS tandem;
- Les AGVS à boucle unitaires optimale.

Le but de ce travail est d'aborder le sujet de la configuration tandem des AGVS [4], et ce qu'apporte cette configuration par rapport à la configuration conventionnelle [5].

I.1. Les AGVS conventionnels [1], [3] :

Un AGVS conventionnel utilise plusieurs véhicules ; chacun de ces véhicules peut servir

n'importe quelle station de travail dans le système. Le circuit de circulation (fig. 1) peut être soit unidirectionnel, bidirectionnel ou mixte. Un AGVS conventionnel à l'avantage d'être flexible et précis.

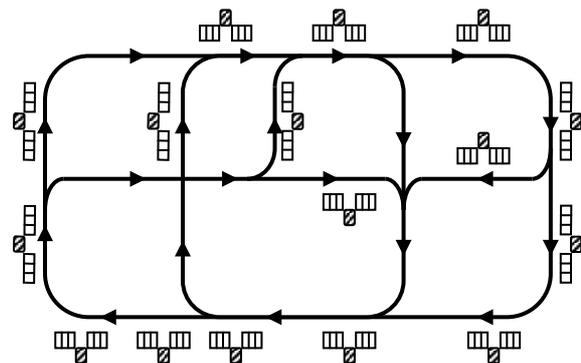


Fig. 1 : Configuration conventionnelle des AGVS.

Cependant la conception d'un tel système doit passer par les étapes suivantes :

- Conception du circuit de circulation;
- Evaluation du nombre de véhicules nécessaire;
- Localisation des stations de dépôt et de livraison;
- Gestion des véhicules et routage;

- Choix de type de véhicules;
- Gestion de la circulation.

Le système de contrôle d'un AGVS conventionnel doit être assez performant pour effectuer :

- L'affectation des véhicules : Cette tâche est assez compliquée pour un système conventionnel.
- Le routage des véhicules : Il s'assure que les véhicules suivent les chemins optimaux pour atteindre leurs destinations. Dépendant de la technique utilisée (une seule fréquence ou fréquences multiples) le matériel directement lié au système de routage augmente considérablement avec l'ajout d'un nouveau segment ou raccourci.
- La gestion de la circulation : Elle s'occupe principalement de l'éviction des collisions dans le système. Hormis plusieurs types de détecteurs installés sur les véhicules, il est impératif d'utiliser la technique du blocage de zone dans un système conventionnel.

I.2. Les AGVS tandem [6], [7] :

La configuration tandem, proposé par Bozer et Srinivasan, consiste à répartir toutes les stations en zones, chacune de ces zones ne doit se chevaucher avec aucune une autre. Toute zone est une boucle fermée contenant un ensemble de stations servis par le même véhicule. Des stations supplémentaires de dépôt/livraison servent d'interface entre les zones adjacente.

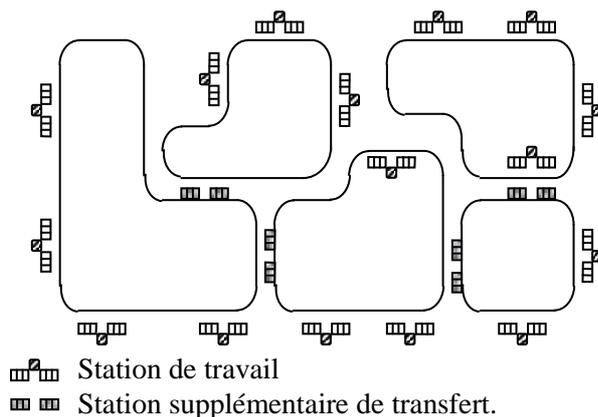


Fig. 2 : La configuration tandem des AGVS.

La figure 2 schématise un exemple d'un système tandem, où les positions des stations sont identiques à l'exemple du système conventionnel (fig. 1). Chacune des stations appartient à une seule boucle et est donc servie par un seul véhicule.

Le but principal pour lequel la configuration tandem a été conçue est pour remédier aux différents conflits trouvés dans les AGVS conventionnels et pour simplifier le système de contrôle en simplifiant :

- L'affectation des véhicules aux tâches : Un seul véhicule pour toutes les stations d'une boucle donnée, c'est donc le véhicule choisi chaque fois qu'une de ces stations demandent un AGV;
- Le contrôle de la circulation est complètement éliminé à cause de la non-existence d'autres véhicules sur la même zone pouvant être cause d'accident.

La conception d'un AGVS tandem pose plusieurs problèmes le plus important est la répartition des stations de travail entre différentes zones, le nombre de ces zones et donc le nombre de véhicules nécessaires. Pour parer à ce problème, plusieurs algorithmes et heuristiques ont été proposés dans différentes recherches, nous citons l'heuristique proposée par Bozer et Srinivasan en 1992 [7], notons que ce sont ces même auteurs qui ont suggéré la configuration tandem pour les AGVS en 1991 [6].

II. Avantages et limites de la configuration tandem [7]:

Le principal avantage qu'offre la configuration tandem aux AGVS est la remarquable simplicité au niveau du mécanisme de contrôle, puisqu'un seul véhicule doit être contrôlé par zone, et donc un AGV n'entrave jamais la circulation d'un autre. Outre ceci cette configuration présente d'autres avantages :

- Un AGVS tandem est plus flexible étant donné que des zones ou des stations de travail peuvent être ajoutées ou enlevées sans affecter les zones existantes. Et que des AGV de types différents peuvent être utilisés dans différentes zones;
- Cette configuration évince les retards dus aux embouteillages et aux blocages dans un AGVS conventionnel.

Les limites de cette configuration sont :

- Une charge peut être servie par plusieurs véhicules avant d'atteindre sa destination finale ; ce qui non seulement exige des opérations supplémentaires de dépôt et de livraison, mais qui induit aussi des retards supplémentaires aux stations de transfert;

○ Un AGVS tandem nécessite un espace et un investissement plus important pour doter le système par des stations de transfert.

III. Présentation du problème :

Les performances citées dans le paragraphe précédent sont ceux qui apparaissent de prime abord en étudiant la configuration tandem des AGVS. Le but de ce travail, qui utilise la simulation, est d'étudier les performances de cette même configuration, du point de vue productivité du système de production, pour cela plusieurs mesures de performances sont considérées, et un système de production a été simulé sous les configurations conventionnelles et tandem, et pour plusieurs débit de pièces.

III.1. Description du modèle :

Le système comporte vingt stations de travail (fig. 3) dont trois sont des stations d'entrée/sortie qui sont les stations S1, S9 et S18. Six types de pièces affluent dans le système suivant les gammes de production données dans le tableau 1. Ce système est étudié pour un taux de création croissant.

Type de pièces	Taux de création (pièces/heure)	Gamme de production (N° de station de travail)
A	T/6	1-3-6-2-5-4-1
B	T/6	1-6-8-7-9
C	T/6	9-7-8-16-20-17-13-9
D	T/6	18-15-11-12-16-13-17-9
E	T/6	18-25-19-12-11-10-14-18
F	T/6	18-14-10-4-5-1

Tableau 1. Taux de création et gamme de production de chaque type de pièces dans le système.

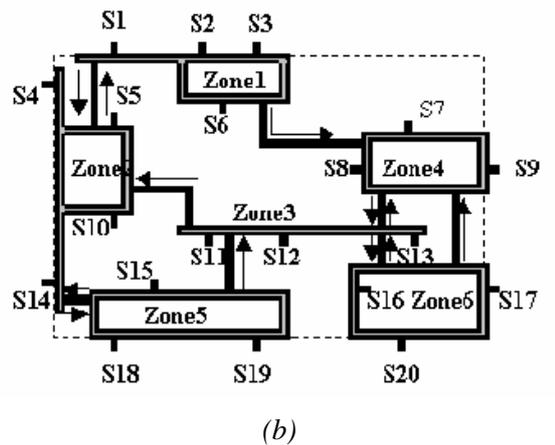
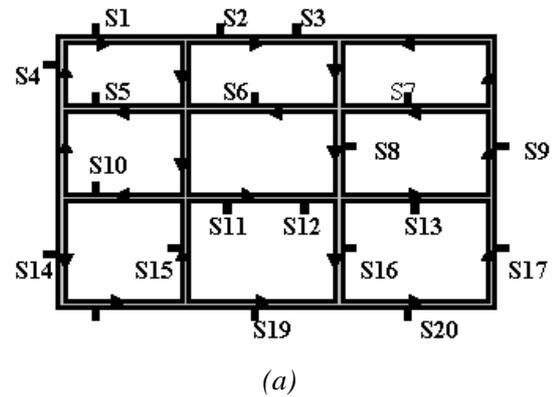


Fig. 3 : Disposition des stations de travail et des voies des AGV dans le système (a) en mode conventionnel et (b) en mode tandem.

III.2. Définitions et hypothèses :

Pour réaliser l'étude nous avons considéré les points suivants :

Le système modélisé est pris d'un article portant sur les AGV et La configuration Tandem du système est obtenue en appliquant une heuristique développée par BOZER et SRINIVASAN en 1992 [7]. Cette heuristique a pour but de répartir les stations de travail dans un système donné et pour un taux de charge donné en zones (ensemble de stations servies par un même AGV) de telle sorte que les taux d'utilisation des AGV dans les différentes zones soit raisonnablement équivalents c à d que les charges dans le système sont réparties d'une manière équivalente entre toutes les zones [7]. Des convoyeurs sont utilisés pour le transport des charges entre les différentes zones, 10 convoyeurs sont nécessaires dans le système.

- Le flux des pièces à travers les systèmes est assuré par les AGV qui circulent sur des pistes unidirectionnelles pour le mode conventionnel et bidirectionnel pour le mode tandem, avec une vitesse constante, qui est la

même aussi bien pour les AGV libres que chargés et qui est de 15 (unités de longueur / unité de temps).

- Le temps de chargement ou de déchargement d'un AGV est égal à 0.20 (unité de temps).

- Le taux d'utilisation des processeurs est maintenu inférieur ou égale à 75% pour éviter qu'il y ait un blocage dans le système qui leurs soit dû.

- Dans le système conventionnel, si un AGV se vide dans une file d'attente de sortie d'une station et qu'il n'est demandé par aucune autre station, ce véhicule est envoyé à une zone de parking pour éviter qu'il block d'autres véhicules dans le système. Durant le trajet du véhicule à la zone de parking il est considéré comme occupé et toute requête de transport qui apparaît durant ce temps doit attendre qu'il soit de nouveaux disponibles (son arrivée à la zone de parking).

- Les capacités de toutes les files d'attente sont supposées infinies, les pièces sur chacune de ces files d'attente sont servies selon la loi premier arrivée premier servie (*First-Come First-Served, FCFS*).

- La distance entre la file d'attente d'entrée et celle de sortie de la même station est négligeable.

- Les pannes des processeurs ainsi que celles des AGV n'ont pas été prises en considération.

- Le système dans sa configuration conventionnel utilise la combinaison des règles NV (*Nearest Vehicle*) et STTF (*Shortest Travel Time*). Le système en configuration tandem utilise la règle STTF.

- Les convoyeurs utilisés dans le système tandem ont une vitesse de 30.

III.3. Mesures des performances :

Afin d'étudier le système et de comparer les deux configurations, les performances prises en considération sont :

1. Taux d'utilisation des AGV : Il est la somme de deux taux :

- Taux d'utilisation vide : c'est le taux de circulation vide jusqu'au point de ramassage.

- Taux d'utilisation chargé : c'est le taux de circulation chargé jusqu'au point de ramassage.

Il est nécessaire de minimiser le mouvement des AGV tout en minimisant leur

circulation vide, afin d'avoir une bonne rentabilité.

2. Temps de cycle : TIS (Time In System) C'est le temps que passe une pièce dans le système de production, il est composé de plusieurs intervalles de temps qui sont :

- 1) Temps d'attente pour la disponibilité d'un processeur.

- 2) Le temps de traitement sur le processeur.

- 3) Temps d'attente pour la disponibilité d'un AGV.

- 4) Temps de transport.

3. Temps de cycle corrigé (TIS corrigé): Comme on l'a précédemment signalé, le taux d'utilisation des machines est maintenu égale à 75%. Etant donné que le temps de traitement dépend du taux d'utilisation des machines ainsi que du taux de création des pièces, il va varier avec ce dernier. Le temps de cycle corrigé est le rapport entre temps de cycle et le temps de traitement. Le temps de cycle corrigé reflète donc mieux les performances de l'AGVS.

4. Taille moyenne des files d'attente des AGV : Souvent une charge à besoin d'attendre la disponibilité d'un AGV sur une file d'attente, Le nombre de pièces sur une file d'attente est parmi les raisons principales de blocage des systèmes de production, il doit donc être minimisé.

5. Stock d'en cours (Work-in-Process, WIP): C'est l'ensemble de toutes les pièces semi-finies qui existe dans l'unité de production, ces pièces semi-finies sont soit en cours de traitement, soit en attente pour la disponibilité d'une ressource. Idéalement l'en cours doit être minimisé pour que le taux de production (le taux auquel les pièces quittent le système de production) soit maximisé. Un en cours croissant est une des principales raisons de saturation des systèmes de production.

IV. Résultats et interprétations :

La simulation du système pour un taux de création croissant a donné les résultats illustrés sur les figures 4, 5, 6 et 7.

Les résultats obtenus indiquent que les performances des configurations tandem et conventionnelle sont comparables pour des taux de création bas, jusqu'à 0.3 pièces/mn, mais le système tandem peut fonctionner pour des taux de création nettement supérieure. On

rappelle que le système en configuration conventionnelle fonctionne avec huit véhicules, alors qu'il ne fonctionne qu'avec six AGV et des convoyeurs dans sa configuration tandem.

V. Conclusion:

Notre travail consistait à faire l'étude d'un AGVS Tandem et de comparer ses performances avec son équivalent Conventionnel. La simulation par le logiciel Arena a simplifié l'étude du système.

Ce qui nous amène à dire en conclusion que la configuration tandem est plus préférable que la configuration conventionnelle, du fait qu'elle simplifie le système de contrôle et ses performances en production se manifestent avec le degré de complexité du système AGV et avec la fréquence d'arrivée des charges dans le système.

Bibliographie :

- [1] **R.G. Askin, C.R. Standrige**, "Modeling and Analysis of manufacturing systems", John Wiley & Sons, New York (1993).
- [2] **N. Singh**, "Computer-Integrated Design and manufacturing", John Wiley & Sons, New York (1996).
- [3] **Lin J.T., Chang. C.C.K.**, "Approaches to analyzing the load routing problem in tandem AGV systems" in "Material flow systems in manufacturing" Edited by Tanchoco J.M.A., Chapman & Hall, Londres (1994) 273-299.
- [4] **N. Gaouar, Z. Sari**, "Simulation d'un système de véhicules autoguidés en configuration tandem par le logiciel Arena", CGE'01 (2001) 1-6.
- [5] **L. Ghomri, K. Kdrouci, Z. Sari**, "Simulation d'un système de véhicules autoguidés en fonctionnement conventionnel par le logiciel Arena", CGE'01 (2001) 1-6.
- [6] **Bozer Y.A., Srinivasan M.M.**, "Tandem configurations for automated guided Vehicle systems and the analysis of single-Vehicle loops", IIE transactions 23/1 (1991) 72-82.
- [7] **Bozer Y.A., Srinivasan M.M.**, "Tandem AGV systems: A partitioning algorithm and performance comparison with conventional AGV systems", European Journal of operational research 63 (1992) 173-191.

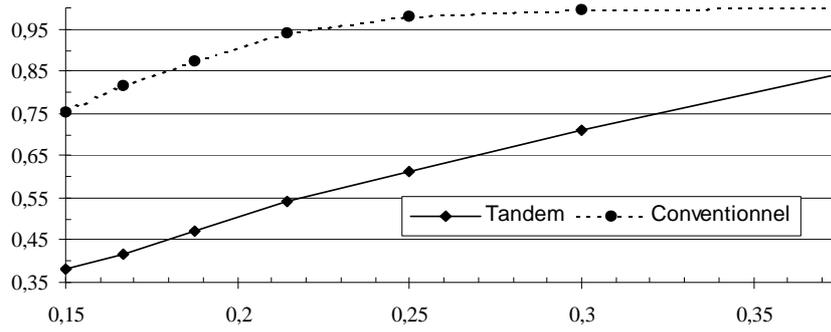


Fig. 4 : Taux d'utilisation des AGV en fonction du taux de création (pièces/mn).

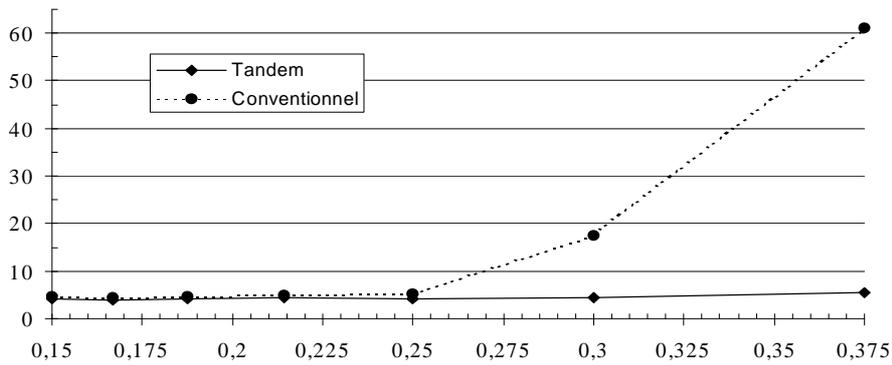


Fig. 5 : Valeur moyenne du temps de cycle en fonction du taux de création (pièces/mn).

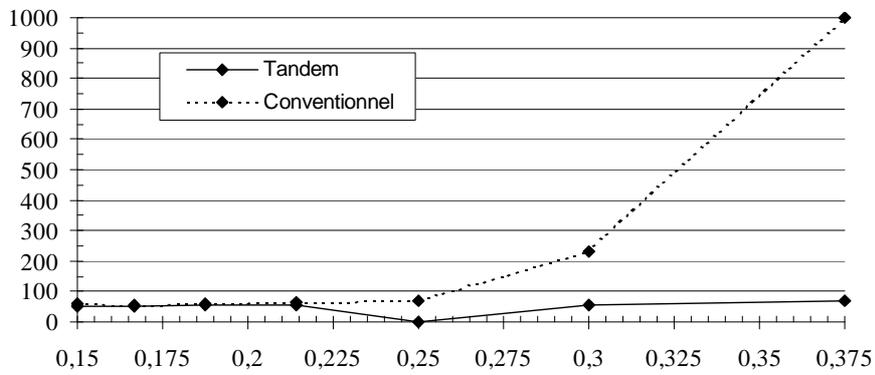


Fig. 6 : Valeur moyenne du stock d'en-cours en fonction du taux de création (pièces/mn).

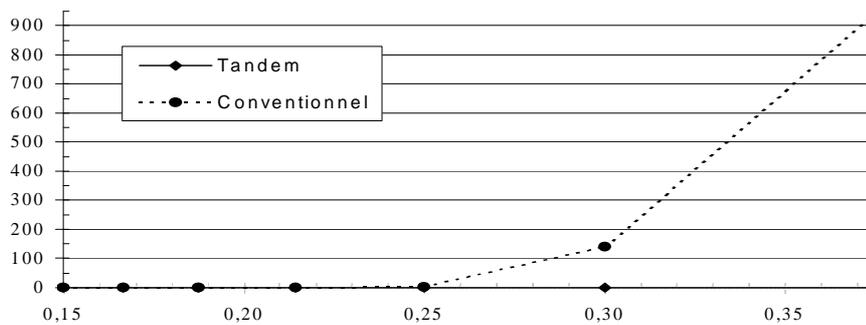


Fig. 7 : Taille moyenne de la file d'attente 18 en fonction du taux de création (pièces/mn).