

Présentation de la DMM, règle de sélection des routages alternatif en temps réel dans les FMS.

A. HASSAM, Z. SARI

*Laboratoire d'Automatique de Tlemcen(L. A. T), Université d'Aboubekr Belkaïd,
BP 230, Tlemcen 13000, Algérie.*

Tel: 213 43 28 56 89, Fax: 213 43 28 56 86

hassam_api04@yahoo.fr

z_sari@mail.univ-tlemcen.dz

Résumé

Cet article présente la méthode DMM (Dissimilarity maximization method) comme une règle de sélection des routages alternatifs en temps réel.

DMM est une règle de sélection des plans de processus, développer pour la sélection des routages en temps différé dans l'ordonnancement des systèmes flexible manufacturiers (FMS).

Dans cette présentation on va comparer la règle DMM avec deux autre règles de sélection des routages, First-In First-Out \ First Available (FIFO\FA) et Equal Probability Loading (EPL).

La règle DMM est :

- 1. Utilisée comme un outil de décision en temps réel pour sélectionner les routages des pièces qui sont dans le système.*
- 2. Tester et comparer avec les deux règles FIFO\FA et EPL.*

Un modèle d'un système flexible manufacturier (FMS) est présenté comme exemple pour montrer l'efficacité de la DMM devant les règles FIFO\FA et EPL.

Le modèle FMS proposé dans cet exemple contient : sept machines, une station de chargement et une station de déchargement, six types de pièces différentes.

En raison de présence de machines identiques dans le système, les types de pièces ont des routages alternatifs.

La règle DMM et les deux autres règles vont être utiliser afin de sélectionnée une pièce puis de la diriger vers une machine.

Les résultats de cet exemple montre que la règle DMM \ FIFO est plus performante que les deux autres règles du point de vue taux de production.

Mais il reste tous de même des mesures comme le temps moyen d'attente, le temps moyen de transport et le taux d'utilisation des machines où la DMM n'est pas toujours meilleur.

Mots Clés :

Système Flexible Manufacturier ; Contrôle des FMS en temps réel ; Routage alternatifs ; Règle de priorités ;

1. Introduction :

Un système Flexible de production est composé d'ordinateurs de commande et d'une configuration intégré de machines à outils numériquement commandées, tous liées par un système de manutention automatisé.

En combinant les valeurs de production des ateliers spécialisés (Job shop) et celles des ateliers en flux (Flow shop), les systèmes flexibles manufacturiers (FMS) fournissent une technologie prometteuse pour une production mi volume mi variété [1,2].

Dans un FMS chaque machine est capable de faire beaucoup d'opérations différentes et le système peut usiné une série de type de pièce en même temps.

On raison de la capacité des machines à commandes numériques, chaque pièce peut avoir des routages alternatifs dans le système.

Puisque les routages sélectionnés créés un encombrement dans le système, sélectionné le routage le plus approprié pour chaque pièce, devient un problème critique qui a un grand impact sur les performances du système.

La complexité est due à l'arrivée aléatoire des pièces, qui rendent la sélection des routages et le contrôle en temps réel un problème multidimensionnel.

Dans ces dernières années il est devenu très important pour les FMS d'être capable de répondre aux changements dynamiques dans la demande et les variétés des produits.

A partir de ce point de vue, les systèmes flexible manufacturier fournissent des solutions divers comme : Augmenter l'utilisation des machines, réduire les en-cours, augmenter la productivité, réduire le nombre d'outils, réduire les délais etc. Donc il y a divers difficultés rencontrés dans la conception, la planification, l'ordonnancement et le contrôle des systèmes flexibles manufacturier.

L'objectif de cet étude et de tester l'efficacité de la règle DMM (Dissimilarity maximization method).

2. Etat de l'art :

L'ordonnancement inclus le temps de répartition sur les ressources pour l'exécution des opérations.

Les décisions d'ordonnancement comprennent :

- 1-La détermination de l'opération à lancer.
- 2-Les temps de début et d'exécution des opérations.
- 3-Les plans imprévus en cas des interruptions inattendu comme les pannes de machine [3].

Les problèmes d'ordonnancement sont généralement de type NP complexe [4]. L'une des première étude sur ce problème d'ordonnancement des FMS est le travail de Nof et al [5] qui ont

démontré l'importance des décisions de l'ordonnancement sur les performances du système. En fait l'ordonnancement est une activité effectuée en temps différé, où les opérations déjà connues avant la production sont ordonnancées avant le début de la production.

Divers approches et recherches existent sur l'ordonnancement en temps différé [6,7].

Le problème de ce type d'ordonnancement c'est qu'il est souvent changé dans le pilotage des ateliers en raison du réordonnancement.

C'est pour sa que l'ordonnancement en temps différé cause beaucoup de problèmes comme :

L'augmentation des temps d'attentes, l'augmentation des en-cours, la faible utilisation des équipements et bien sur la dégradation des performances du système [8-9].

Cependant l'ordonnancement temps réel reste toujours un but désirable mais insaisissable [6,10].

Donc établir un système d'ordonnancement et de contrôle temps réel intégré qui réagit bien aux changements de l'état du système est essentiel pour améliorer les performances du système manufacturier.

L'ordonnancement et le contrôle temps réel des FMS est devenu un domaine de recherche très populaire dès 1980 [7,11].

En raison de l'échec des méthodes analytiques, la simulation a été utilisée dans l'ordonnancement temps réel par plusieurs chercheurs.

Le cadre du modèle de la simulation basé sur l'ordonnancement temps réel des FMS inclus un modèle de simulation lié à un système physique [6,10].

Un des champs de recherche majeur lié au contrôle des FMS est l'utilisation des diverses règles d'affectation dans le modèle de simulation.

Une règle d'affectation est utilisée pour la sélection de l'opération suivante qui va être usiné parmi un ensemble d'opérations en attentes, ou pour résoudre

un conflit dans le cas d'un événement inattendu dans un FMS [12].

Beaucoup d'études sur l'ordonnancement et le contrôle des FMS en temps réel ne prennent pas en considération l'influence de la flexibilité des routages [13]. La plus part des études qui prennent en considération la flexibilité des routages, sélectionnent les routages avant le début de la production. Cette approche n'est applicable aux types de FMS aléatoires où l'entrée des pièces dans le système est aléatoire.

Donc l'objectif de cette étude est de tester l'efficacité de la méthode DMM pour l'ordonnancement des FMS en temps réel.

La DMM est sélectionnée pour deux raisons :

- 1-Elle capte les informations des différents niveaux du système.
- 2-Elle utilise la flexibilité de opérations et des routages.

3. Règles de sélection des routages :

Dans les systèmes flexible manufacturier on trouve souvent des machines d'usines identiques, pour cela les types de pièces vont avoir des routages alternatifs.

Il existe plusieurs règles de sélection des routages alternatifs ici on va utiliser trois règles :

First-In First-Out \ First Available (FIFO\FA) , Equal Probability Loading (EPL) et la règle Dissimilarity maximization method \ First-In First-Out (DMM\FIFO) pour sélectionner une pièce qui arrive puis la diriger vers une machine d'usinage pour effectuer la prochaine opération sur cette dernière.

1. First in First out / First available (FIFO/FA):

Cette règle est utilisée pour sélectionner une pièce. La pièce arrivée en premier est sélectionnée parmi les pièces qui attendent et puis orientée vers la première station de

travail disponible parmi celles définies dans le plan de processus de cette pièce.

2. Equal Probability Loading (EPL):

Cette règle est utilisée pour fournir les pièces aux stations de travail en maintenant un chargement équilibré parmi les machines alternatives définies dans le plan de processus.

3. Dissimilarity Maximisation Method (DMM):

DMM est une méthode de sélection des plans de processus alternatif développer pour la sélection de routage dans l'ordonnancement des FMS. Les coefficients de dissimilitude entre les routages i et j sont définis comme suit

$$D_{ij} = \frac{\text{Nombre de machine non communes dans les deux routages i et j}}{\text{Le nombre total de type de machine dans les deux routages i et j}}$$

Pour implémenter le concept de la DMM on va présenter une formulation d'un programme linéaire.

Notation :

n : nombre de pièce.

q : nombre de routage.

Dij : dissimilitude entre les routages i et j.

Cij = 1 si le routage j appartient à la pièce i.

Xij = 1 si le routage j est sélectionné.

La fonction objective maximise la somme total des dissimilitude entre les routages sélectionnés:

$$Max \sum_{j=1}^q \sum_{i=1}^q X_j D_{ij}$$

Cette fonction est soumise aux contraintes suivantes:

$$\sum_{j=1}^q C_{ij} X_j = 1. \text{ pour tous les pièces } i = 1, \dots, n. \quad (1)$$

Cet équation assure que seulement un seul routage doit être sélectionné pour chaque pièce.

$$\sum_{j=1}^q X_j = n \quad \text{pour tous les routages } j=1, \dots, q. \quad (2)$$

Équation (2) nécessite que le nombre des routages sélectionnés doit être égal au nombre de pièces.

4. Exemple à étudier :

Présentation du modèle FMS étudié :

Le système utilisé dans cette étude comprend:

1. Deux fraiseuses verticales.(FV)
2. Deux fraiseuses horizontales.(FH)
3. Deux tours vertical.(TV)
4. Une toupie.(TP)
5. Une station de chargement.(SC)
6. Une station de déchargement.(SD)

Chaque machine dans le système a un buffer d'entrée et de sortie avec une capacité de deux pièces, la stations de chargement a une capacité de deux pièce et la station de déchargement a une capacité d'une seul pièce.

Il y a six types de pièces. Les routages alternatifs et les temps d'exécution de chaque pièce sont montrés dans le tableau 1.

Le taux de production des types de pièces qui arrivent aléatoirement à la station de chargement est donné dans le tableau 2.

Les opérations sur le modèle FMS utilisé dans cet exemple est basé sur les hypothèses suivantes :

1. Le plan de processus flexible de chaque type de pièce est connu avant la production.

2. Le temps d'exécution est connu et il inclus le temps de changement d'outil, le temps de changement (setup time) et le temps d'usinage.
3. Le temps d'exécution d'une opération est le même sur les machines alternatives identifier pour cet opération.
4. Chaque machine peut exécuter une seul machine à la fois.
5. Le matériel de manutention est toujours disponible avec une capacité infinie.
6. Le temps de transport entre les machines est calculé on se basant sur la distance entre les machines.
7. Les matières premières, les outils sont toujours présentes.
8. les machines ne tombes pas en panne.

Le tableau 1 montre les routages alternatifs des pièces.

1. Les entiers noté dans chaque colonne des station de travail représentent le numéro de l'opération dans chaque routage.
2. Les valeurs entre parenthèses représentent le temps d'exécution en minutes.

Type de Pièce	N° de PPAL	Stations de travail								
		SC	TV1	TV2	FV1	FV2	FH1	FH2	TP	SD
A	1	1(3)	2(30)		3(20)					4(1.5)
	2	1(3)	2(30)			3(20)				4(1.5)
	3	1(3)		2(30)	3(20)					4(1.5)
	4	1(3)		2(30)		3(20)				4(1.5)
B	1	1(3)	2(20)		4(15)				3(1)	5(1.5)
	2	1(3)	2(20)			4(15)			3(1)	5(1.5)
	3	1(3)		2(20)	4(15)				3(1)	5(1.5)
	4	1(3)		2(20)		4(15)			3(1)	5(1.5)
C	1	1(3)	2(40)		3(25)					4(1.5)
	2	1(3)	2(40)			3(25)				4(1.5)
	3	1(3)		2(40)	3(25)					4(1.5)
	4	1(3)		2(40)		3(25)				4(1.5)
D	1	1(3)	2(40)				5(35)			
			4(20)							
	2	1(3)	2(40)	4(20)				5(35)		
	3	1(3)	2(40)				5(35)			
			4(20)							
	4	1(3)	2(40)	4(20)				5(35)		
	5	1(3)		2(40)					3(1)	6(1.5)
				4(20)			5(35)			
E	1	1(3)	2(25)				5(50)		3(1)	6(1.5)
			4(35)							
	2		2(25)	4(35)				5(50)	3(1)	6(1.5)
	3		2(25)				5(50)		3(1)	6(1.5)
			4(35)							
	4		2(25)	4(35)				5(50)	3(1)	6(1.5)
	5	1(3)		2(25)			5(50)		3(1)	6(1.5)
				4(35)						
F	1	1(3)					2(40)			
	2	1(3)						2(40)		

Tableau 1. Les routages alternatifs des pièces.

Type de Pièce	Taux de production (% Arrivé)
A	17
B	17
C	17
D	21
E	20
F	8

Tableau 2. Taux de production des pièces.

Utilisation de la DMM pour la sélection des routages en temps réel :

Dans cette étude la DMM est utilisée comme un outil de sélection des routages en temps réel. La pièce qui arrive en premier est la plus prioritaire parmi les pièces qui attendent dans la même position (Station de chargement,

machine, etc.). Ainsi la règle de contrôle est appelée DMM\FIFO.

La méthode est intégrée en utilisant un environnement qui se compose de quatre modules informatiques.

L'environnement présenté dans la figure suivante fonction de la manière suivante :

- 1-Système de gestion appelle le modèle de simulation.
- 2-Le modèle de simulation génère le fichier de l'état du système durant l'exécution qui supervisé par le système de gestion.
- 3-En cas de changement dans l'état du système, le système de gestion arrête la simulation.
- 4-Le système de gestion génère le modèle DMM basé sur l'état actuel du système.

5-Ensuite, le système de gestion exécute le DMM solver.

6-Le DMM solver va lire le Modèle DMM.

7-Puis le DMM solver génère le fichier de sortie des plans de processus sélectionnés.

8-Le système de gestion va lire le fichier de sortie des plans de processus sélectionnés.

9-En fin le système de gestion mis à jour le fichier de sortie puis, il donne l'ordre au modèle de simulation de reprendre la simulation.

Ce cycle va se répéter jusqu'à ce que la fin de la simulation soit atteinte.

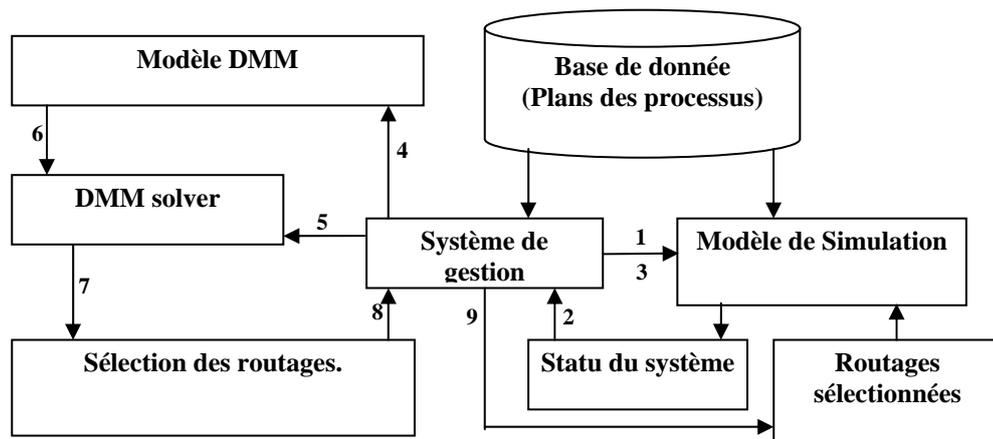


Fig 1. Contrôleur d'un FMS basé sur la DMM.

Résultat de la simulation :

Cette simulation nous mène à une comparaison entre les trois règles de sélection, First-In First-Out \ First Available (FIFO\FA), Equal Probability Loading (EPL) et Dissimilarity maximization method (DMM\FIFO) en se basant sur le taux de production.

Ces trois règles sont simulées en utilisant les mêmes données figurées dans les tableaux 1 et 2.

Pour chaque modèle on a fait neuf répliques.

Les résultats sont donnés dans le tableau 3, elles sont analysées avec en utilisant un test T-période avec un intervalle de confiance de 90%. Suivant les analyses montrées dans le tableau 4, La règle (DMM\FIFO) est plus performante que les règles (FIFO\FA) et (EPL) en se basant sur le taux de production.

Réplifications	Taux de production (pièces \ 20h)		
	FIFO\FA	EPL	DMM
1	53	53	55
2	56	55	59
3	59	61	61
4	50	41	54
5	55	55	56
6	56	41	58
7	52	53	53
8	56	52	58
9	54	55	56

Tableau 3. Taux de production.

Comparaison	Intervalle de confiance 90%
[FIFO\FA – EPL]	[-0.75, +6.31]
[DMM - FIFO\FA]	[+1.54, +2.70]
[DMM - EPL]	[+1.10, +8.70]

Tableau 4. Résultat du test T-période.

Bien que DMM\FIFO fourni des résultats meilleure que celle donnés par les deux autres règles, le temps moyen d'attente des pièces en utilisant la règle DMM\FIFO n'est pas le plus faible par rapport aux deux autres règles comme le montre la figure 2.

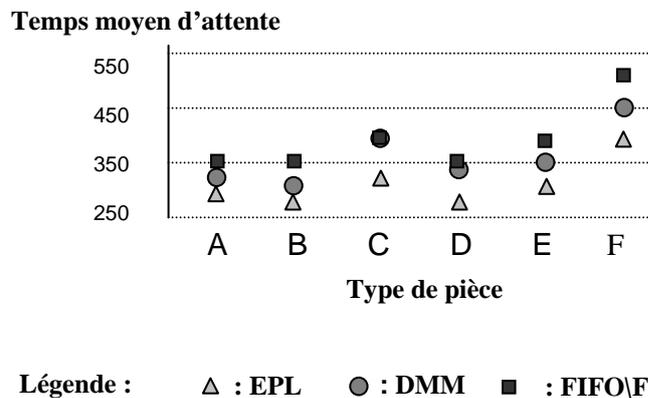


Fig 2. Comparaison des temps moyen d'attente entre les trois méthodes

En utilisant la DMM\FIFO le temps de transport moyen est plus grand que celui dans les règles (FIFO\FA) et (EPL) comme on peut le remarquer dans la figure 3.

On peut dire qu'avoir le taux de production le plus élevé et avoir le temps de transport le plus important semble contradictoire cela est due au changement de routage des pièces puisque la

DMM\FIFO à chaque changement d'état du système fais une mise à jour des routages sélectionnés.

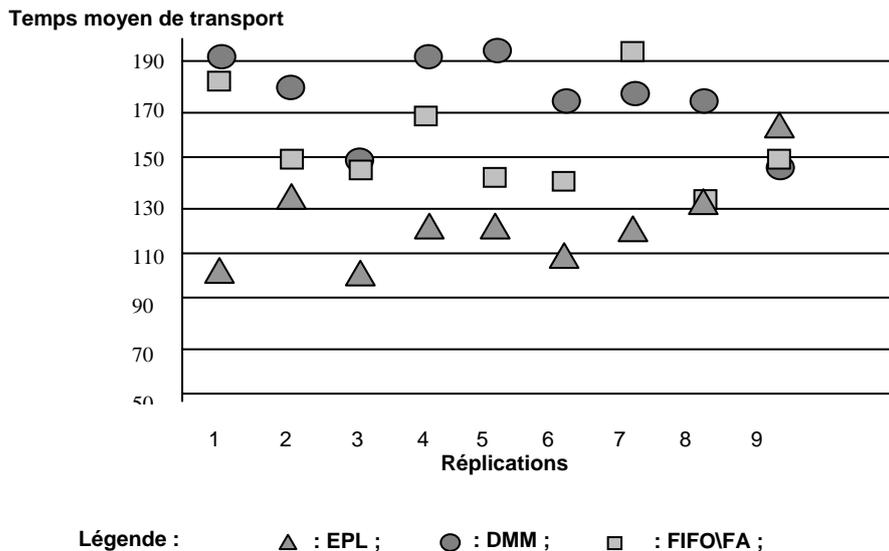


Fig 3. Comparaison des temps moyen de transport entre les trois méthodes.

5. Conclusion :

Cet article présente une présentation de la règle de sélection des routages alternatifs en temps réel DMM\FIFO, qui est comparé avec deux autres règles de sélection FIFO\FA et EPL. Les résultats ont montré que la DMM\FIFO est plus performante que les règles FIFO\FA et EPL en se basant sur le taux de production. Mais cette règle (DMM) en la comparant avec les deux autres règles ne donne pas de résultats aussi bons du point de vue réduction du temps d'attente et du temps de transport. Pour cela la suite de mon travail consiste à étudier cette règle plus profondément et développer une heuristique afin de réduire les temps d'attentes et de transport en se basant sur d'autres critères qui peuvent influencer les systèmes flexibles manufacturiers.

Références :

1. C. Saygin, F.F. Chen and J. Singh, "Real-Time Manipulation of alternative Routings in Flexible Manufacturing Systems: A simulation Study", International journal of advanced Manufacturing Technology, 18, pp.755-763, 2001.
2. C. Saygin and S.E. Kilic, "Integrating flexible manufacturing systems with scheduling in flexible manufacturing system", International journal of advanced Manufacturing Technology, 15(4), pp.268-280, 1999
3. I.Sabuncuoglu and S. Karabuk, "A beam-search based algorithm and evaluation of scheduling approaches for flexible manufacturing systems", IIE Transactions, 30, pp. 179-181, 1998.
4. J. Liu and B. L. Mac Carthy, "A goal MILP model for FMS scheduling", European journal of operational research, 100, pp. 441-453, 1997.
5. S. Nof, M. Barash and J. Solberg, "Operational control of item flow in versatile manufacturing system", International journal of production research, 17, pp. 479-489, 1979.
6. C. Basnet and J. H. Mize, "Scheduling and control of flexible manufacturing systems: a critical review", International journal of

- Computer Integrated Manufacturing, 7(6), pp. 340-355, 1994.
7. C. Saygin, S. E. Kilick, T. Toth and F. Erdelyi, "On scheduling approaches of flexible manufacturing systems: gap between theory and practice", Selected paper – Postprint volume of the 3rd IFAC/IFIP/IFORS Workshop – Intelligent Manufacturing Systems 95, Pergamon/Elsevier Science, pp. 61-66, 1995.
8. S. Y. D. Wu and R. A. Wysk, "An application of discrete event simulation to on-line control and scheduling in flexible manufacturing", International journal of Production Research, 27, pp. 1603-1623, 1989.
9. N. Ishii and M. Muraki, "A process-variability-based on-line scheduling system in multi product batch process", Computing in Chemical Engineering, 20, pp. 217-234, 1996.
10. C. S. Shukla and F. F. Chen, "The state of the art in intelligent real-time FMS control: a comprehensive survey", Journal of intelligent Manufacturing, 7, pp. 441-455, 1996.
11. C. Saygin, S. E. Kilick, "Scheduling of flexible manufacturing system", MicroCAD 97 Conference, University of Miskolc, Hungary, vol. H, pp. 19-23, 1997.
12. S. S. Panwalker and W. Iskander, "A survey of scheduling rules", Operations Research, 25(1), pp. 45-61, 1977.
13. M. D. B. Byrne and P. Chutima, "Real-time operational control of an FMS with full routing flexibility", International journal of Production Economics 51, pp. 109-113, 1997.