

# ORDONNANCEMENT ET RÈGLES DE SÉLECTION DE ROUTAGES ALTERNATIFS EN TEMPS RÉEL D'UN JOB SHOP

A. HASSAM, M. MOSTEFFA, I. MOUSSA, et Z. SARI

*a\_hassam@mail.univ-tlemcen.dz, (hassam.ahmed@yahoo.fr), moussamostefa@yahoo.fr, moussaismail@yahoo.fr, z\_sari@mail.univ-tlemcen.dz, (zaki\_sari@yahoo.com)*

*Laboratoire d'Automatique de Tlemcen,  
Faculté des Sciences de l'Ingénieur, Université d'Aboubekr Belkaïd,  
BP 230, Tlemcen 13000, Algérie.*

**Résumé :** *La manipulation et la sélection de plan de processus et des routages alternatifs utilisent plusieurs règles de sélection. Parmi ces règles de sélection nous avons la règle DMM (Dissimilarity Maximization Method) qui est une règle de sélection de routage alternatif en temps réel dans un FMS. Dans cet article, nous proposons d'autres règles de sélection de routages alternatifs en temps réel. Ces règles vont être simulées puis comparées aux résultats déjà trouvés par la règle DMM. Ces règles de routage ont été implémentées dans un logiciel de simulation (ARENA). Sur un modèle Job shop.*

**Mots clés :** *Ordonnancement, Règles de routage, Règles de priorité, Job shop, FMS, Simulation.*

## I. INTRODUCTION

La sélection des routages alternatifs est une étape majeure dans l'ordonnancement des systèmes de production, cette opération est très difficile à réaliser à cause des nombreux problèmes.

Les problèmes d'ordonnancement sont généralement de type NP Complet. L'une des premières études sur l'ordonnancement des systèmes flexibles de production est le travail de [1] où il démontre l'importance et l'effet des décisions d'ordonnancement sur les performances des systèmes de production. Avec l'ordonnancement en temps différé on trouve beaucoup de problèmes à cause des changements inévitables en raison du réordonnancement qui est dues aux pannes des machines ou au manque de matériaux par exemple.

Les facteurs cités ci-dessus et beaucoup d'autres, rendent le réordonnancement obligatoire afin d'éviter l'augmentation des temps d'attente, l'augmentation des en-cours, la faible utilisation des machines et des équipements et éventuellement la dégradation des performances du système de production [2], [3].

Plusieurs chercheurs proposent différentes méthodes pour fournir une flexibilité à l'ordonnancement en temps différé afin d'augmenter les performances des systèmes [4], [5].

Cependant, l'ordonnancement temps réel reste toujours

le but souhaitable mais insaisissable [6], [7]. En conséquence, établir un système intégré d'ordonnancement temps réel et de commande qui répond aux changements de l'état du système, est essentiel pour améliorer les performances du système de production.

Le contrôle et l'ordonnancement temps réel des systèmes flexibles de production sont devenus un domaine de recherche populaire depuis le début des années 80, période dans laquelle les systèmes flexibles de production ont été adoptés par les pays industriels [8], [9]. Mais beaucoup d'études dans le contrôle et l'ordonnancement des FMS en temps réel ne

prennent pas en considération la flexibilité des routages alternatifs et la plupart des études qui prennent en compte ce point, règlent le problème de la sélection des routages avant le début de la production.

Cette approche n'est pas applicable pour les systèmes flexibles de production aléatoires, où on ne peut pas prévoir l'arrivée ou l'entrée des pièces dans le système avant le début de la production. Car les routages des pièces peuvent être différents même pour des pièces de même type. Ainsi le système de commande d'un FMS aléatoire est obligé d'utiliser effectivement et efficacement la flexibilité des opérations et des routages en temps réel pour avoir la capacité de s'adapter, avec l'arrivée aléatoire des pièces et des événements imprévus [10]. Parmi les règles et les méthodes d'ordonnancement en temps réel nous pouvons citer les règles de sélection de routage alternatif en temps réel dont la règle DMM (Dissimilarity Maximization Method). Cette règle développée par [11] a pour objectif de sélectionner pour une pièce qui arrive dans un système, un routage parmi plusieurs autres routages disponibles pour cette pièce en se basant sur des coefficients de dissimilitude entre les machines. Dans cet article, nous proposons d'autres règles de sélection de routage, ces règles vont être modélisées puis simulées afin de comparer leurs performances avec celles de la règle DMM. Les performances du Job shop que nous allons choisir pour

faire notre étude sont : le taux de production, le taux d'utilisation du système de anutention, le temps de cycle et le les en-cours.

## II. PRESENTATION DU MODELE JOB SHOP ETUDIE

Dans notre étude nous allons étudier et simuler un système flexible de production d'un atelier Job shop. Ce système contient sept machines et deux stations : une station de chargement et une station de déchargement. Six types de pièces différentes sont traités dans le système.

Les machines et les stations qui composent le système étudié sont définies comme suit :

Deux fraiseuses verticales (FV).

Deux fraiseuses horizontales (FH).

Deux tours (T).

Une toupie (TP).

Une station de chargement (SC).

Une station de déchargement (SD).

Chaque machine comporte une file d'attente d'entrée et une file d'attente de sortie, la station de chargement contient aussi une file d'attente d'entrée.

La configuration du système flexible de production est donnée dans la figure suivante :

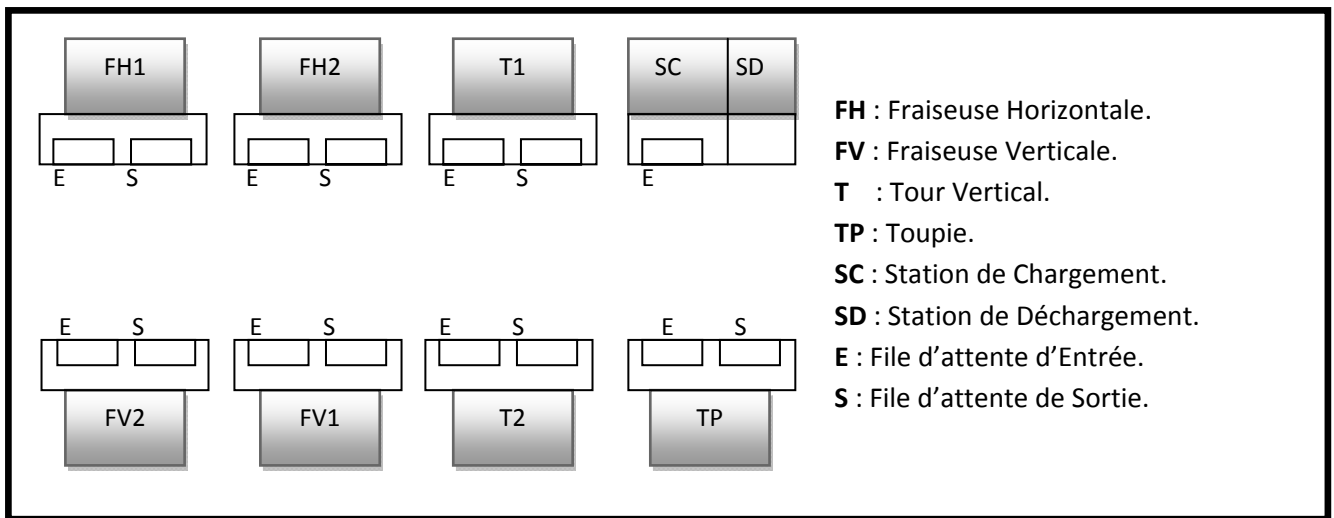


Fig. 1. Modèle Jobshop étudié

Les routages alternatifs et les temps de traitement de chaque type de pièce sont donnés dans le tableau suivant :

TABLEAU I

Routages alternatifs et temps de traitement des pièces

| Pièces | Taux arrivée | Routages & temps de traitement (min) | D | 21% |
|--------|--------------|--------------------------------------|---|-----|
| A      | 17%          | T1 (30) – FV1 (20)                   |   |     |
|        |              | T1 (30) – FV2 (20)                   |   |     |
|        |              | T2 (30) – FV1 (20)                   |   |     |
|        |              | T2 (30) – FV2 (20)                   |   |     |
| B      | 17%          | T1 (20) – TP (1) – FV1 (15)          | E | 20% |
|        |              | T1 (20) – TP (1) – FV2 (15)          |   |     |
|        |              | T2 (20) – TP (1) – FV1 (15)          |   |     |
|        |              | T2 (20) – TP (1) – FV2 (15)          |   |     |
| C      | 17%          | T1 (40) – FV1 (25)                   | F | 8%  |
|        |              | T1 (40) – FV2 (25)                   |   |     |
|        |              | T2 (40) – FV1 (25)                   |   |     |
|        |              | T2 (40) – FV2 (25)                   |   |     |

T1 (40) – TP (1) – T1 (20) – FH1 (35)

T1 (40) – TP (1) – T1 (20) – FH2 (35)

T1 (40) – TP (1) – T2 (20) – FH1 (35)

T1 (40) – TP (1) – T2 (20) – FH2 (35)

T2 (40) – TP (1) – T1 (20) – FH1 (35)

T2 (40) – TP (1) – T1 (20) – FH2 (35)

T2 (40) – TP (1) – T2 (20) – FH1 (35)

T2 (40) – TP (1) – T2 (20) – FH2 (35)

T1 (25) – TP (1) – T1 (35) – FH1 (50)

T1 (25) – TP (1) – T1 (35) – FH2 (50)

T1 (25) – TP (1) – T2 (35) – FH1 (50)

T1 (25) – TP (1) – T2 (35) – FH2 (50)

T2 (25) – TP (1) – T1 (35) – FH1 (50)

T2 (25) – TP (1) – T1 (35) – FH2 (50)

T2 (25) – TP (1) – T2 (35) – FH1 (50)

T2 (25) – TP (1) – T2 (35) – FH2 (50)

FH1 (40)

FH2 (40)

Les opérations sur le système flexible de production étudié sont basées sur les suppositions suivantes :

Les routages alternatifs de chaque type de pièce sont connus avant le début de la production.

Le temps de traitement est déterminé et il comprend le temps de changement des outils et le temps d'exécution de la machine.

Le temps de traitement d'une opération est le même sur les machines alternatives identifiées pour cette opération.

Chaque machine peut traiter une seule pièce à la fois.

### III. LA REGLE DMM

#### A. Présentation de la règle de routage DMM

La règle de sélection des routages alternatifs en temps réel DMM (Dissimilarity Maximization Method), est une méthode inspirée de la technologie de groupe ainsi la méthode DMM a un fonctionnement réciproque de la technologie de groupe puisqu'elle cherche à maximiser les dissimilitudes au lieu des similitudes.

La DMM est une méthode de sélection des plans de processus alternatifs développée par [Saygin et Kilic 99] pour la sélection de routages alternatifs pour l'ordonnement en temps différé des systèmes flexibles de production.

Afin de réduire les encombrements et augmenter le taux de production des systèmes flexibles de production, la DMM va être utilisée pour l'ordonnement des FMS en temps réel.

Cette méthode est basée sur la maximisation des coefficients de dissimilitudes entre les routages alternatifs. Ces coefficients utilisent les types de machines qui appartiennent à chaque routage.

La sélection d'un routage parmi les routages alternatifs de chaque type de pièce se fait en maximisant la somme des coefficients de dissimilitudes.

Le coefficient de dissimilitude entre deux routages  $i$  et  $j$  est défini comme suit [12]:

$$D_{ij} = \frac{\text{Nombres de type de machine non commune entre les routages } i \text{ et } j}{\text{Nombres de machine total entre les routages } i \text{ et } j} \quad (1)$$

Pour la sélection des routages alternatifs nous allons maximiser la somme totale des dissimilitudes entre les routages comme suit [12]:

$$\text{Max} \sum_{i=1}^q \sum_{j=1}^q X_j D_{ij} \quad (2)$$

Contraintes :

$$\sum_{j=1}^q C_{ij} X_j = 1 \text{ pour toutes les pièces } i = 1, \dots, n \quad (3)$$

L'équation (3) implique que seulement un routage sera sélectionné pour chaque pièce.

$$\sum_{j=1}^q X_j = n \text{ pour tout les routages } j = 1, \dots, q \quad (4)$$

L'équation (4) implique que le nombre de routages sélectionnés sera égal au nombre de pièces.

Notations :

$n$  : Nombre de pièces.

$q$  : Nombre de routages.

$D_{ij}$  : Dissimilitude entre les routages  $i$  et  $j$ .

$$C_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si la pièce } i \text{ est sur le routage } j. \\ 0 & \text{si non} \end{cases}$$

$$X_j = \begin{cases} 1 & \text{si le routage } j \text{ est occupé} \\ 0 & \text{si non} \end{cases}$$

#### B. Algorithme de la règle DMM [Saygin et al 01]

L'algorithme de la règle DMM est donné comme suit :

Etape 1 : Tous les routages sont libres (disponibles) donc  $X(i) = 0$ .

Etape 2 : Calcul des coefficients de dissimilitude  $D_{ij}$  comme suit :

$$D_{ij} = \frac{\text{Nombres de type de machine non commune entre les routages } i \text{ et } j}{\text{Nombres de machine total entre les routages } i \text{ et } j} \quad (5)$$

Etape 3 : Création des pièces.

Etape 4 : Selon le type de la pièce testée s'il y'a au moins un routage libre et au moins une place libre dans la file d'attente de la station de chargement.

Etape 5 : Si la condition précédente n'est pas vérifiée, la pièce reste dans une file d'attente jusqu'à ce que la condition soit vérifiée.

Etape 6 : Si la condition de l'étape 4 est vérifiée alors on calcule la somme :

$$S(j) = \sum_{i=1}^q X(i) D(i, j) \quad (6)$$

Etape 7 : Trouver le maximum de  $S(j)$ .

Etape 8 : Le routage  $j$  correspondant à la valeur de  $S(j)$  trouvée dans l'étape précédente est occupé donc :  $X(j)=1$  (Le routage  $j$  contient une seule pièce à la fois).

Etape 9 : Traitement de la pièce selon le routage sélectionné  $j$ .

Etape 10 : A la fin du traitement, le routage devient de nouveau disponible  $X(j)=0$ .

Etape 11 : Sortie de la pièce du système.

Remarque : Ce cycle va se répéter de l'étape 3 à l'étape 11 à chaque création de pièce, jusqu'à la fin du temps de simulation.

#### IV. PRESENTATION DES REGLES PROPOSEES :

##### C. La règle de routage SMM :

Dans cette partie nous allons proposer une règle de sélection des routages alternatifs en temps réel que nous allons appeler SMM (similarity Maximization Method), c'est une méthode inspirée de la technologie de groupe et de la DMM, elle cherche à minimiser les similitudes au lieu de maximiser dissimilitude.

Cette méthode est basée sur la minimisation des coefficients de similitudes entre les routages alternatifs. Ces coefficients utilisent les types de machines qui appartiennent à chaque routage.

La sélection d'un routage parmi les routages alternatifs de chaque type de pièce se fait en minimisant la somme des coefficients de similitudes.

Le coefficient de similitude entre deux routage  $i$  et  $j$  est défini comme suit :

$$S_{ij} = \frac{\text{Nombres de type de machine commune entre les routages } i \text{ et } j}{\text{Nombres de machine total entre les routages } i \text{ et } j} \quad (7)$$

Pour la sélection des routages alternatifs nous allons minimiser la somme total des similitudes entre les routages comme suit :

$$\text{Min} \sum_{i=1}^q \sum_{j=1}^q X_j S_{ij} \quad (8)$$

Remarque : La SMM a les mêmes contraintes que celles de la règle DMM.

Contraintes :

$$\sum_{j=1}^q C_{ij} X_j = 1 \quad \text{pour toutes les pièces } i = 1, \dots, n \quad (9)$$

L'équation (9) implique que seulement un routage sera sélectionné pour chaque pièce.

$$\sum_{j=1}^q X_j = n \quad \text{pour tout les routages } j = 1, \dots, q \quad (10)$$

L'équation (10) implique que le nombre de routages sélectionnés sera égal au nombre de pièces.

Notations :

$n$  : Nombre de pièces.

$q$  : Nombre de routages.

$S_{ij}$  : Similitude entre les routages  $i$  et  $j$ .

$$C_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si la pièce } i \text{ est sur le routage } j. \\ 0 & \text{si non} \end{cases}$$

$$X_j = \begin{cases} 1 & \text{si le routage } j \text{ est occupé.} \\ 0 & \text{si non} \end{cases}$$

##### D. Algorithmme de la règle SMM :

L'algorithmme de la règle SMM est donné comme suit :

Etape 1 : Tous les routages sont libres (disponible) donc  $X(i) = 0$ .

Etape 2 : Calcul des coefficients de similitude  $S_{ij}$  comme suit :

$$S_{ij} = \frac{\text{Nombres de type de machine commune entre les routages } i \text{ et } j}{\text{Nombres de machine total entre les routages } i \text{ et } j} \quad (11)$$

Etape 3 : Création des pièces.

Etape 4 : Selon le type de la pièce testée s'il y'a au moins un routage libre et au moins une place libre dans la file d'attente de la station de chargement.

Etape 5 : Si la condition précédente n'est pas vérifiée, la pièce va dans une file d'attente jusqu'à ce que la condition soit vérifiée.

Etape 6 : Si la condition de l'étape 4 est vérifiée alors on calcule la somme :

$$L(j) = \sum_{i=1}^q X(i) S(i, j) \quad (12)$$

Etape 7 : Trouver le minimum de  $L(j)$ .

Etape 8 : Le routage  $j$  correspondant à la valeur de  $L(j)$  trouvée dans l'étape précédente est occupé donc :  $X(j)=1$  (Le routage  $j$  contient une seule pièce à la fois).

Etape 9 : Traitement de la pièce selon le routage sélectionné  $j$ .

Etape 10 : A la fin du traitement, le routage devient de nouveau disponible  $X(j)=0$ .

Etape 11 : Sortie de la pièce du système.

Remarque : Ce cycle va se répéter de l'étape 3 à l'étape 11 à chaque création de pièce, jusqu'à la fin du temps de simulation.

##### E. La règle de routage RMU (routage le moins utilisé) :

Dans ce paragraphe on parle d'une règle que nous proposons et qui est nommée règle de sélection des routages alternatifs RMU (routage le moins utilisé), c'est une règle basée sur le calcul itérative d'utilisation des routages de l'atelier afin de faire le choix sur le routage le moins utiliser entre les routages occupés par un seul type de pièces. On note  $R(i)$  l'utilisation du routage  $i$  tel que  $i$  appartienne à l'intervalle des routages occupé par un seul type de pièce  $[n,m]$ .

#### F. Algorithme de la règle RMU :

Pour la sélection des routages alternatifs nous allons suivre l'algorithme suivant:

Etape 1 : Aucun routages n'est utilisé ( $R(i) = 0$ ).

Etape 2 : Création des pièces.

Etape 3: Selon le type de la pièce testée il y'a au moins un routage libre et au moins une place libre dans la file d'attente de la station de chargement (station d'entrée).

Etape 4 : Si la condition précédente n'est pas vérifiée, la pièce reste dans file d'attente jusqu'à ce que la condition soit vérifiée.

Etape 5 : Si la condition de l'étape 3 est vérifiée alors, trouver le minimum des  $R(i)$ ,  $i$  appartient à  $[n,m]$ .

Etape 6 : Le routage  $i$  sélectionné correspondant à la valeur de  $R(i)$  trouvée dans l'étape précédente.

Etape 7 : Incrémentation de la valeur de  $R(i)$ ,

$$R(i) := R(i) + 1 \quad (13)$$

Etape 8 : Traitement de la pièce selon le routage sélectionné  $i$ .

Etape 9 : Sortie de la pièce du système.

Remarque : Ce cycle va se répéter de l'étape 3 à l'étape 9 à chaque création de pièce, jusqu'à la fin du temps de simulation.

#### G. La règle de routage TMUM :

La règle de sélection des routages alternatifs TMUM (le temps minimum d'utilisation des machines), est une méthode que nous proposons dans cette section et qui est basée sur la minimisation des temps opératoires des machines entre les routages alternatifs.

Pour la sélection des routages alternatifs nous allons minimiser la somme total des temps opératoire des machines de chaque routage  $i$  comme suit :

$$\text{Min} \sum_{\substack{p=1 \\ n \leq i \leq m}}^{N(i)} To(i,p) \quad (14)$$

$To(i,p)$  : le temps opératoire des machine de chaque routage

$N(i)$  : nombre de position dans un routage  $i$

Avec  $i$  appartienne à l'intervalle  $[n,m]$  des routages occupé par un seul type de pièce.

Contraintes : La TMUM a les mêmes contraintes que DMM

Algorithme de la règle TMUM

L'algorithme de la règle TMUM est donné comme suit :

Etape 1 : Tous les routages sont libres (disponible) donc  $X(i)=0$ .

Etape 2 : Affectation des temps opératoires des machines de chaque routage  $i$ .

Etape 3 : Création des pièces.

Etape 4 : Selon le type de la pièce testée il y'a au moins un routage libre et au moins une place libre dans la file d'attente de la station de chargement.

Etape 5 : Si la condition précédente n'est pas vérifiée, la pièce reste dans la file d'attente jusqu'à ce que la condition soit vérifiée.

Etape 6 : Si la condition de l'étape 4 est vérifiée alors on calcule la somme des temps opératoires des machines de chaque routage auquel appartient la pièce  $i$  :

$$S(i) = \sum_{\substack{p=1 \\ n \leq i \leq m}}^{N(i)} To(i,p) \quad (15)$$

Etape 7 : Trouver le minimum de  $S(i)$ .

Etape 8 : Le routage  $i$  correspondant à la valeur de  $S(i)$  trouvée dans l'étape précédente est occupé donc :  $X(i)=1$  (Le routage  $j$  contient une seule pièce à la fois).

Etape 9 : Traitement de la pièce selon le routage sélectionné  $i$ .

Etape 10 : A la fin du traitement, le routage devient de nouveau disponible  $X(i)=0$ .

Etape 11 : Sortie de la pièce du système.

Remarque : Ce cycle va se répéter de l'étape 3 à l'étape 11 à chaque création de pièce, jusqu'à la fin du temps de simulation.

## V. RESULTATS ET INTERPRETATIONS :

### A. Taux de production :

On peut remarquer Dans les deux figures qui suit que le Taux de production est très élevé dans le cas ou le système est non saturé (taux d'arrivée des pièces inférieur à 1/20 et cela quelque soit la taille de la file d'attente et la règle de routage utilisée.

Ces résultats sont dû au fait que les temps d'entrée des pièces (40, 30,25 min) sont largement suffisants pour que les pièces puissent être traitées sans trop attendre dans les files d'attente du système. Si le système est saturé (taux d'arrivée des pièces supérieur ou égale à 1/20 et files d'attente égale à 2) les règles DMM et SMM donnent les meilleurs résultats et dépassent les deux autres règles, ceci est explique par l'utilisation des routages selon le type de machines qui se trouvent dans ces routages (Sélection du routage selon la dissimilitude ou la similitude des machines dans les routages).

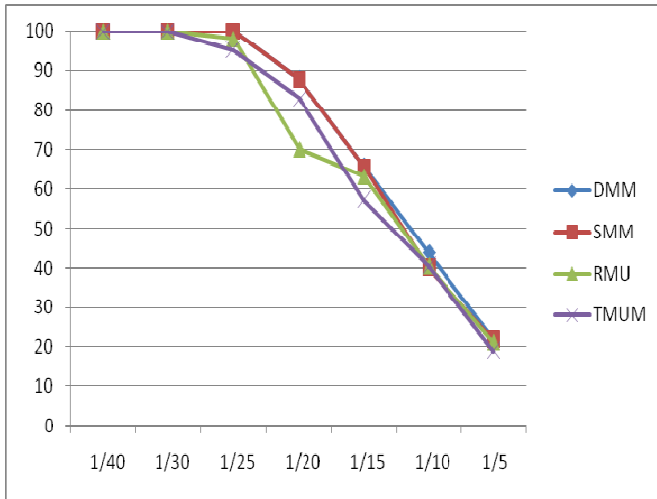


Fig. 2. Taux de sortie des pièces, capacité de file d'attente = 2.

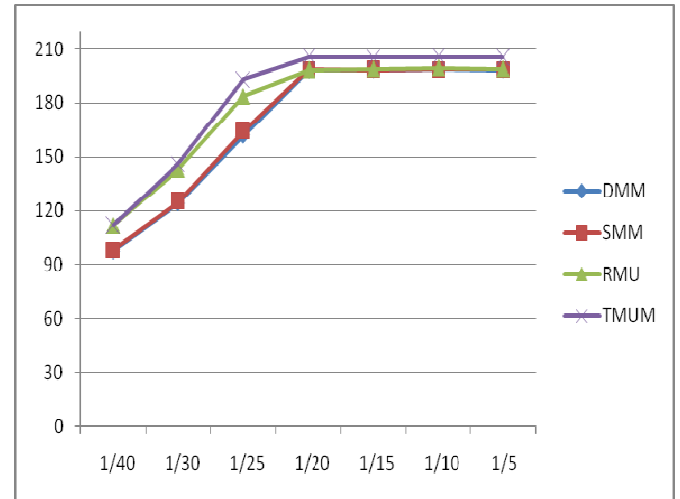


Fig.4. Temps de cycle, capacité de file d'attente = 2.

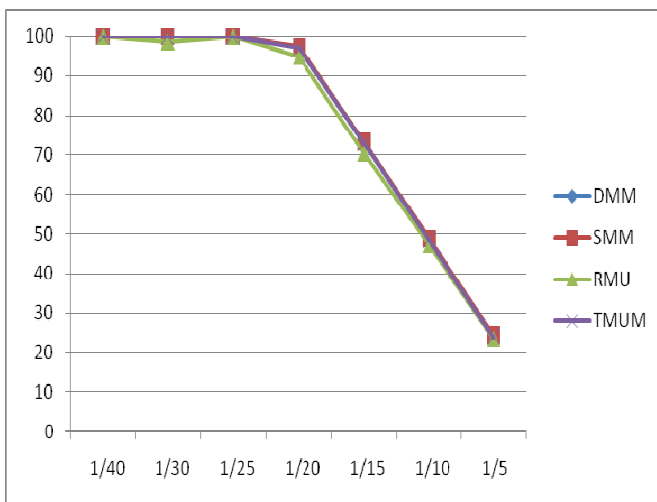


Fig. 3. Taux de sortie des pièces, capacité de file d'attente = 8.

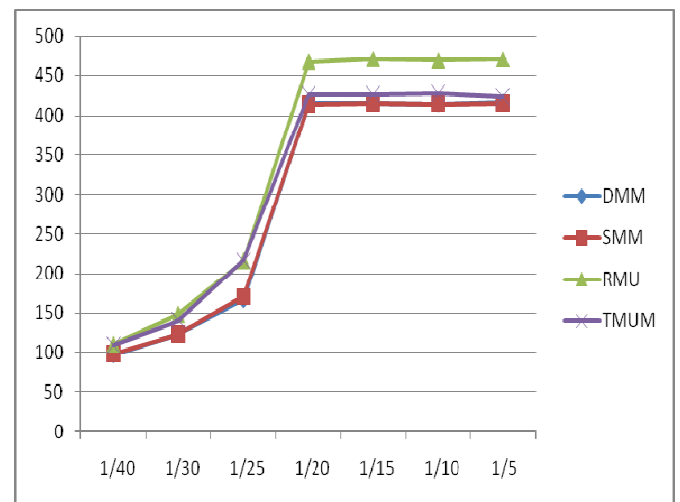


Fig.5. Temps de cycle, capacité de file d'attente = 8.

### B. Temps de cycle :

Dans cette section nous allons montrer les résultats concernant le temps de cycle. Selon les résultats trouver on peut dire que pour un système saturé, de taux d'arrivée de pièces supérieur ou égale à 1/20, les temps de cycle sont assez importantes et presque identiques pour toutes les règles utilisées et cela quelque soit la taille de la file d'attente.

Si le taux d'arrivée des pièces est inférieur à 1/20 on remarque que le temps de cycle va considérablement diminuer et que les deux règles DMM et SMM donnent des résultats plus intéressants. Cela est dû à une meilleur circulation des pièces dans le système pour la DMM et la SMM (Temps d'attente dans les files d'attente inférieur à celui des deux autres règles).

### C. Les en-cours :

Le paragraphe suivant va être consacré aux en-cours (pièces qui restent dans le système). On constate que le nombre de pièce qui reste dans le système démunie si le taux d'arrivée des pièces est inférieur à 1/20 quelque soit la taille des files d'attente pour toute les règles.

La variation des files d'attente va influencer sur le nombre de pièces qui reste dans le système puisque les encours vont augmenter avec l'augmentation de la taille de file d'attente particulièrement pour un système saturé (arrivée des pièces supérieur ou égale à 1/20). Dans ce critère de comparaison, on peut dire que toutes les règles donnent pratiquement les mêmes résultats.

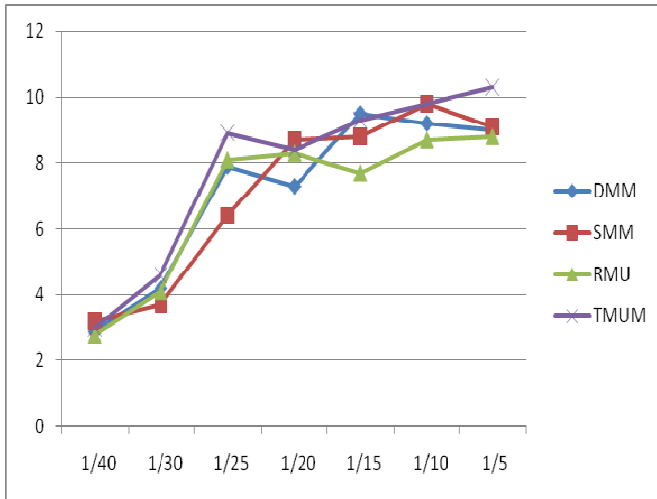


Fig.6. Les en-cours, capacité de file d'attente = 2.

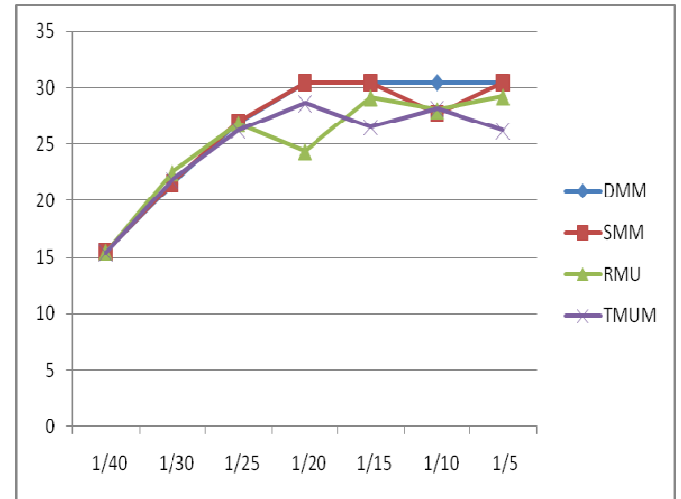


Fig.8. Le taux d'utilisation de l'AGV, capacité de file d'attente = 2.

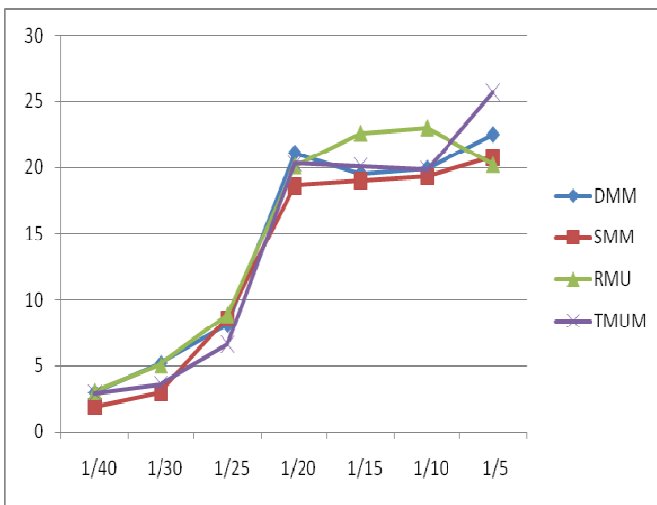


Fig.7. Les en-cours, capacité de file d'attente = 8.

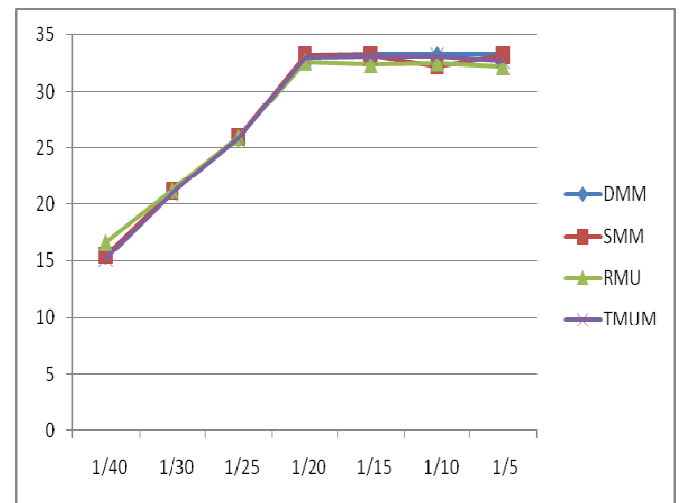


Fig.9. Le taux d'utilisation de l'AGV, capacité de file d'attente = 8.

#### D. Taux d'utilisation de l'AGV :

Dans cette partie nous allons illustrer les taux d'utilisation de l'AGV, on remarque que si les pièces entre dans le système avec une cadence inférieure ou égale à 20min le taux utilisation de l'AGV est plus important par rapport à celui des autres cadences (supérieur à 20 min) et cela indépendamment de la taille des files d'attente la (Fig.8) montre que les règles DMM et SMM permettent d'obtenir un meilleur taux d'utilisation pour un système saturé (taux d'arrivée des pièces supérieur ou égale à 1/20 et file d'attente égale à 2). Pour les autres cas comme le montrent les autres cas les résultats donnés par toutes les règles sont presque semblables.

## VI. CONCLUSION :

Au terme de cet article nous avons pu classer les règles de routage utilisées dans notre atelier job shop. Cette classification nous a permis de voir l'influence de chaque règle sur les performances du modèle Job shop que nous avons étudié.

Nous constatons que les deux règles DMM et SMM donnent les meilleurs résultats pratiquement pour toutes les performances mais en générales la différence entre les quatre règles (La règle DMM et Les trois autres règles que nous avons proposées) n'est pas très considérable et dans beaucoup de cas comme on l'a vu remarqué dans les résultats présentés dans cet article. On peut alors dire que ces règles ont des performances quasi-identiques pour les performances et le Job shop que nous avons choisi. Cela nous amène à dire que les trois règles que nous proposons peuvent donner de meilleurs résultats que la DMM pour d'autres performances et d'autres modèles de Job shop.

## REFERENCES

- [1] S. Nof, M. Barash and J. Solberg, "Operational control of item flow in versatile manufacturing system", *International journal of production research*, vol. 17, 1979, p. 479-489.
- [2] 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*, vol. 27, 1989, p. 1603-1623.
- [3] N. Ishii and M. Muraki, "A process-variability-based on-line scheduling system in multi product batch process", *Computing in Chemical Engineering*, vol. 20, 1996, p. 217-234.
- [4] C. Saygin and S. E. Kilick, "Effect of flexible process plans on performance of flexible manufacturing systems", *Proceedings of 7th International DAAM Symposium*, 1996, p.393-394, Vienna.
- [5] J. Liu, B. L. MacCarthy, "A goal MILP model for FMS scheduling", *European journal of operational research*, vol. 100, 1997, p. 441-453.
- [6] C. Basnet and J. H. Mize, "Scheduling and control of flexible manufacturing systems: a critical review", *International journal of Computer Integrated Manufacturing*, vol. 7, n° 6, 1994, p. 340-355.
- [7] 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*, vol 7, 1996, p. 441-455.
- [8] C. Saygin, S. E. Kilick, T. Toth and F. Erdelyi, "On scheduling approaches of flexible manufacturing systems: gap between theory and practice", *3rd IFAC/IFIP/IFORS Workshop – Intelligent Manufacturing Systems 95*, Pergamon/Elsevier Science, 1995, p. 61-66.
- [9] C. Peng, F. F. Chen, "Real-time control and scheduling of flexible manufacturing systems : a simulation based ordinal optimization approach", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 14, n° 10, 1998, p. 775-786.
- [10] A. G. Mamalis, I. Malagardis and E. Pachos, "On-line scheduling in metal removal processing using variable routing and control strategies", *Computer Integrated Manufacturing Systems*, vol. 8, 1995, p. 35-40.
- [11] 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*, vol. 18, 2001, p. 755-763.
- [12] C. Saygin and S. E. Kilic, "Integrating flexible manufacturing systems with scheduling in flexible manufacturing system", *International journal of advanced Manufacturing Technology*, vol. 15, n° 4, 1999, p.268-280.