

Etude d'aménagement des systèmes de production manufacturiers

Table des matières

1	Les méthodes d'analyse	1
1.1	Les documents à réunir	1
1.2	Le graphique de circulation	1
1.3	Le schéma opératoire	2
1.4	Analyse du déroulement	2
1.5	Le plan coloré	4
2	Les méthodes de résolution	4
2.1	La logique et les méthodes	4
2.2	Recherche des ilots de production	4
2.2.1	Méthode de Kuziack	4
2.2.2	Méthode de King	7
2.3	Méthodes de mise en ligne	9
2.3.1	La méthode des antériorités	9
2.3.2	Méthode des rangs moyens	11
2.4	Implantation des postes en chaines multiples	13
2.4.1	Méthode des chaînons	13
3	Bibliographie :	16

Ce chapitre est une présentation de quelques méthodes d'étude d'aménagement des systèmes de production : méthode de King, Méthode de Kuziack, , Méthode des antériorités, méthode des Rangs Moyens, et method des chaînon

1 Les méthodes d'analyse

1.1 Les documents à réunir

Un problème d'implantation est un problème complexe qui nécessite un grand nombre de données; Les informations nécessaires sont souvent dispersées, et la première synthèse consiste à réunir l'ensemble des informations.

Les éléments nécessaires sont les suivants :

- Les plans à l'échelle des locaux et des installations ;
- Le catalogue des objets fabriqués dans l'entreprise ;
- les nomenclatures des produits ;
- Les gammes de fabrication des produits ;
- Le programme de fabrication de l'entreprise (quantités, cadences);
- Les caractéristiques des machines et des postes de fabrication ;
- Les caractéristiques des moyens de manutention.

La partie analyse d'un objet d'implantation consiste à mettre en forme ces informations pour bien comprendre les différentes contraintes liées au projet. Les méthodes qui suivent ont toutes pour objectif de synthétiser les informations.

1.2 Le graphique de circulation

Ce graphique consiste à représenter sur un plan, les différents flux par différentes couleurs. Plusieurs versions de ce graphique peuvent être réalisées :

- Plan sur papier avec flux au crayon ;
- Plan mural avec flux représentés par des ficelles de différentes couleurs fixées par des épingles.

la seconde représentation est préférable à la première pour la facilité de modification des flux. Ce diagramme visualise :

- La longueur des circuits ;
- La complexité des flux ;
- La logique de l'implantation ;
- Les lieux de stockage ;
- Les points de rebroussement ;
- Les déplacements inutiles ou trop longs ;
- L'importance des manutentions.

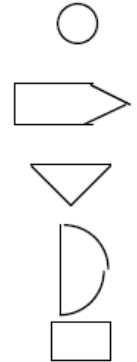
Il est à la base de toute démarche d'implantation;

La Figure 20 donne un exemple de graphique de circulation

1.3 Le schéma opératoire

Le principe de ce schéma consiste à décomposer les processus opératoires en cinq éléments :

- Opération ou transformation qui apporte de la valeur ajoutée.
- transport ou manutention
- Stockage avec opération d'entrée/sortie.....
- Stocks tampons
- Contrôles.....



La Figure 1 donne un exemple du schéma opératoire

Ce schéma n'indique pas d'informations quantitatives de type distance, quantité, temps. Il synthétise les trajets et permet de visualiser l'importance des opérations sans valeur ajoutée par rapport aux opérations avec valeur ajoutée figure 7. Toutes les opérations sans valeur ajoutée sont parfois représentées en rouge. Elles représentent des sources de productivité si on arrive à les supprimer.

1.4 Analyse du déroulement

L'analyse du déroulement est plus précise que le schéma opératoire. En plus de la description des opérations, on y trouve les informations de distance, temps, quantité poids. (Figure 2)

Ce tableau est souvent utilisé pour comparer plusieurs solutions.

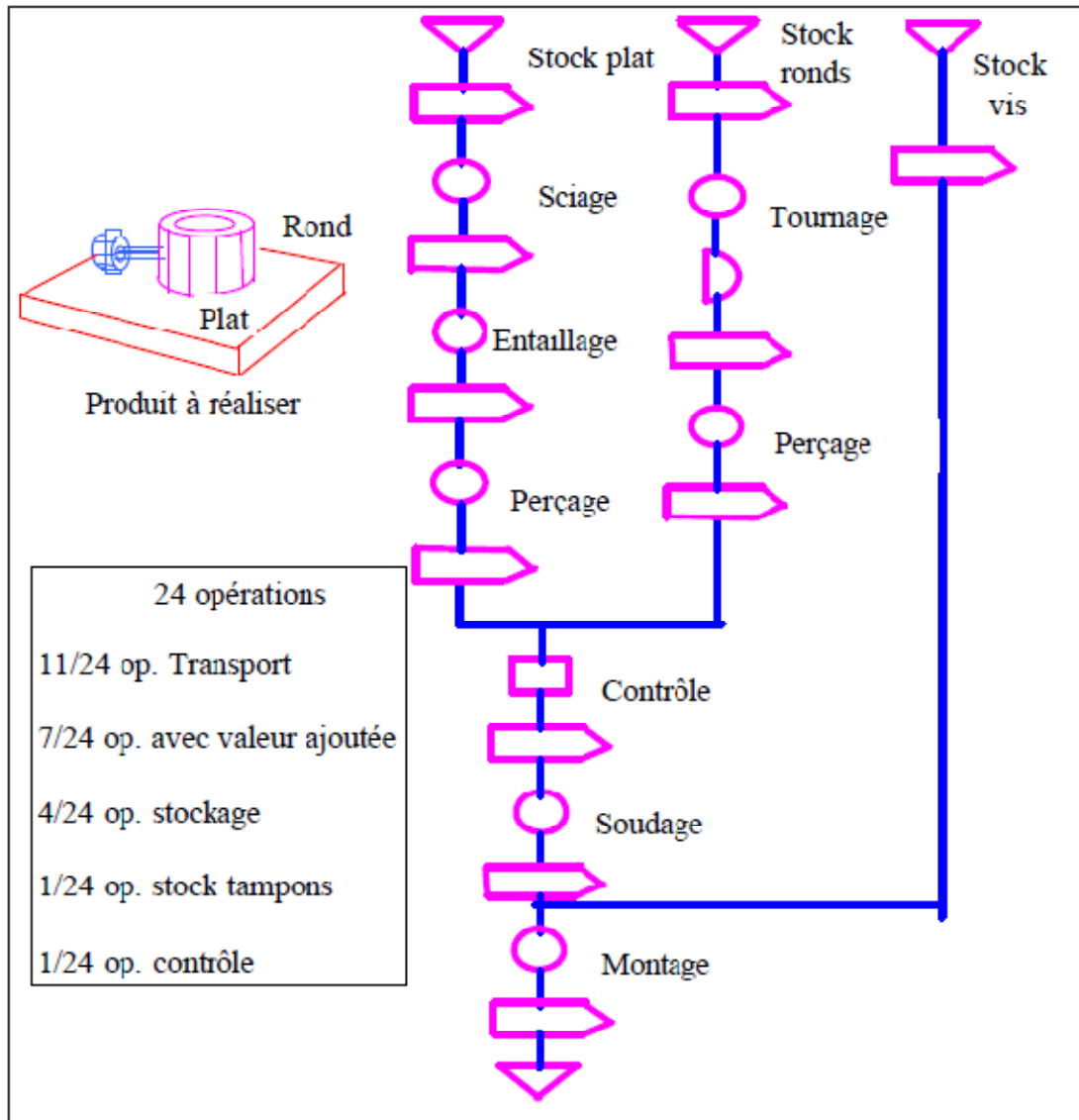


Figure 1. Exemple de schéma opératoire

Application : fabrication du plat

▽	▷	○	◐	□	Distance	Temps	Quantité	Poids	Déroulement
●									Sortie magasin
	●				70 m	0,3 h	1 000	25 kg	Vers sciage
		●				0,15 h/p			Sciage
		●			10 m	0,1 h	1 000	25 kg	Vers entaillage
			●			0,08 h/p			Entaillage
		●			10 m	0,1 h	50	1,25 kg	Vers perçage
			●			0,06 h/p			Perçage
		●			5 m	0,1 h	50	1,25 kg	Vers montage
1	4	3	0	0	95 m				

Figure 2. Exemple analyse de déroulement

1.5 Le plan coloré

Le plan coloré consiste à représenter sur un plan les différentes zones de l'entreprise afin de montrer leurs importances respectives. En général, on différencie quatre types de zone :

- En vert, les zones où il y a apport de valeur ajoutée, c'est à dire principalement les zones de production ;
- En orange les zones de stockage, magasins et en-cours ;
- En bleu les zones de transport, allées, quai de chargement ;
- En rouge les zones de non qualité, zone de rebut, attente pour retouche.

Ce schéma, très didactique, montre clairement le ratio entre les zones apportant de la valeur ajoutée et les autres. Les améliorations à apporter apparaissent clairement.

2 Les méthodes de résolution

2.1 La logique et les méthodes

L'implantation des moyens de production doit être établie en respectant une logique qui permet de bien séparer les usines

- rechercher une implantation linéaire ;
- à défaut, rapprocher les machines entre lesquelles circule un trafic important ;
- à défaut, implanter l'îlot en section homogène.

2.2 Recherche des îlots de production

La recherche des îlots de production parmi l'ensemble des gammes de l'entreprise a suscité de nombreux travaux dont notamment ceux de Kuziak et de King.

2.2.1 Méthode de Kuziak

Pour appliquer cette méthode, considérons les gammes d'un ensemble de pièces données par Figure 3. La gamme des pièces P_i en colonne et les machines M_i en ligne.

Machines Pièces	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
P1		1			2		
P2				2		1	
P3			2	3	1		
P4	1						2
P5		1			2		
P6				2		1	
P7		2	1				

Figure 3. Gamme des pièces

Etape 1 - On sélectionne la première ligne et les colonnes attachées à cette ligne (Figure 4)

Machines Pièces	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
P1		1			2		
P2				2		1	
P3			2	3	1		
P4	1						2
P5		1			2		
P6				2		1	
P7		2	1				

Figure 4. étape 1 exemple Méthode Kuziack

Etape 2 – on sélectionne les lignes attachées aux colonnes sélectionnées, Figure 5. Pour séparer des ilots éventuellement rattachés entre eux par une machine, on ne prends dans un ilot que les pièces qui ont au moins 50% des machines déjà rattachées à celle-ci.

Ainsi, on intègre la pièce P7 (1 machine sur 2), mais pas la pièce P3 (1 machine sur 3).

Machines Pièces	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
P1		1			2		
P2				2		1	
P3			2	3	1		
P4	1						2
P5		1			2		
P6				2		1	
P7		2	1				

Figure 5. étape 2 Méthode Kuziack

Etape 3 - on recommence l'étape en sélectionne les colonnes attachées à îlot (P7 sur M3).

Machines	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
Pièces							
P1		1			2		
P2				2		1	
P3			2	3	1		
P4	1						2
P5		1			2		
P6				2		1	
P7		2	1				

Figure 6. étape 3 méthode de Kuziack

Etape 4 – on arrête lorsque la ligne (ou la colonne) ne comporte plus d'éléments. Dans Figure 7, on ne regroupe pas M4 car cette machine concerne 1 pièce de cet îlot pour deux pièces hors îlot.

Machines	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
Pièces							
P1		1			2		
P2				2		1	
P3			2	3	1		
P4	1						2
P5		1			2		
P6				2		1	
P7		2	1				

Figure 7. Étape 4 méthode Kuziack

Le premier regroupement est alors réalisé (M2, M3, M5).

Etape 5 - On retranche les pièces et les machines déjà regroupées.(Figure 8)

Machines	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
Pièces							
P2				2		1	
P4	1						2
P6				2		1	

Figure 8. Étape 5 Kuziack

En réitérant le même processus que précédemment, on identifie deux nouveaux îlots indépendants (Figure 9)

Machines	M2	M3	M5	M4	M6	M1	M7
Pièces							
P1	1		2				
P5	1		2				
P7	2	1					
P3		2	1	3			
P2				2	1		
P6				2	1		
P4						1	2

Figure 9. Résultat exemple Kuziack

La machine M4 doit être dédoublée si on veut rendre indépendants les îlots. Bien sûr, le critère de choix pour ce dédoublement reste la charge de cette machine.

2.2.2 Méthode de King

La méthode de King est plus rigoureuse que la méthode de Kusiack. Cependant, son traitement sur le papier n'est pas très adapté. Pour utiliser cette méthode, il est indispensable de disposer d'un tableau. Appliquons la méthode de King sur le même exemple que Précédemment (Figure 10)

Machines Pièces	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
P1		1			2		
P2				2		1	
P3			2	3	1		
P4	1						2
P5		1			2		
P6				2		1	
P7		2	1				

Figure 10. Gamme des pièces

Etape 1 – on traduit la matrice en écriture binaire en affectant un poids en puissance de 2 à chacune des pièces (première colonne de la Figure 11)

L'équivalent décimal est alors calculé en sommant les poids des pièces utilisant la machine

Ainsi l'équivalent décimal de M4 $\rightarrow 2^5 + 2^4 + 2^1 = 32 + 16 + 2 = 50$

Poids	Pièces	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
2^6	P1	0	1	0	0	1	0	0
2^5	P2	0	0	0	1	0	1	0
2^4	P3	0	0	1	1	1	0	0
2^3	P4	1	0	0	0	0	0	1
2^2	P5	0	1	0	0	1	0	0
2^1	P6	0	0	0	1	0	1	0
2^0	P7	0	1	1	0	0	0	0
Equivalent décimal		8	69	17	50	84	34	8

Figure 11. Étape 1 exemple Méthode de King

Etape 2 - on ordonne les colonnes dans l'ordre décroissant de l'équivalent décimal. En cas d'égalité, on respecte l'ordre des machines. On refait alors le même processus, mais sur les Colonnes de la Figure 12.

Par exemple pour P1 $\rightarrow 2^6 + 2^5 = 96$

Pièces	M5	M2	M4	M6	M3	M1	M7	Equivalent decimal
P1	1	1	0	0	0	0	0	96
P2	0	0	1	1	0	0	0	24
P3	1	0	1	0	1	0	0	84
P4	1	0	0	0	0	1	1	3
P5	1	1	0	0	0	0	0	96
P6	0	0	1	1	0	0	0	24
P7	0	1	0	0	1	0	0	36
poids	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	

Figure 12. Étape 2 méthode KING

Etape 3 - On recommence le même processus sur les lignes (Figure 13)

Poids	Pièces	M5	M2	M4	M6	M3	M1	M7
2^6	P1	1	1	0	0	0	0	0
2^5	P5	1	1	0	0	0	0	0
2^4	P3	1	0	1	0	1	0	0
2^3	P7	0	1	0	0	1	0	0
2^2	P2	0	0	1	1	0	0	0
2^1	P6	0	0	1	1	0	0	0
2^0	P4	0	0	0	0	0	1	1
Equivalent decimal		112	104	22	6	24	1	1

Figure 13. Étape 3 Méthode KING

On ordonne M5, M2, M4, M6, M1, M7, (Figure 14)

Pièces	M5	M2	M3	M4	M6	M1	M7	équivalent decimal
P1	1	1	0	0	0	0	0	96
P5	1	1	0	0	0	0	0	96
P3	1	0	1	1	0	0	0	88
P7	0	1	1	0	0	0	0	48
P2	0	0	0	1	1	0	0	12
P6	0	0	0	1	1	0	0	12
P4	0	0	0	0	0	1	1	3
Poids	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	

Figure 14. Résultat exemple méthode de KING

On arrête le processus lorsqu'il n'y a plus d'inversion à faire. On retrouve le même regroupement que celui donné par la méthode de Kusiak. Cependant, les regroupements donnés par les deux méthodes ne sont pas toujours identiques.

2.3 Méthodes de mise en ligne

Après avoir identifier les îlots de production indépendants, il faut travailler l'implantation de chaque îlot. L'implantation idéale doit suivre le plus possible la gamme de fabrication. C'est pour cela qu'on cherche le plus possible de faire de multiples façons. Nous présenterons deux méthodes : la méthode des antériorités et le méthode des rangs moyens.

2.3.1 La méthode des antériorités

Soit l'îlot de fabrication avec les gammes définies dans la Figure 15

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
P1		3	1			2	4	5	6
P2	1	5		3	2		4	6	7
P3	1	3		2			4	5	
P4	1	5		3	2	4		6	7

Figure 15. Exemple Méthode des antériorités : gammes de production des pièces

Etape 1 – On place dans chaque colonne l'ensemble des machines qui interviennent dans une gamme avant la machine considérée. Figure 16

Etape 2 - On place et on raye les machines qui n'ont pas d'antériorité (Figure 17)

Machines	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
Antériorités		M1		M1	M1	M1	M1	M1	M1
		M3		M5		M3	M2	M2	M2
		M4				M4	M3	M3	M3
		M5				M5	M4	M4	M4
		M6					M5	M5	M5
		M7					M6	M6	M6
								M7	M7
									M8

Figure 16. étape 1 : Tableau des antériorités

Machines	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
Antériorités		M1		M1	M1	M1	M1	M1	M1
		M3		M5		M3	M2	M2	M2
		M4				M4	M3	M3	M3
		M5				M5	M4	M4	M4
		M6					M5	M5	M5
		M7					M6	M6	M6
								M7	M7
									M8

M1

M3

Figure 17. Étape 2 méthode des antériorités

Etape 3 - La machine M5 n'a plus d'antériorité. On revient à l'étape 2

Figure 18

Machines	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
Antériorités		M1		M1	M1	M1	M1	M1	M1
		M3		M3		M3	M2	M2	M2
		M4				M4	M3	M3	M3
		M5				M5	M4	M4	M4
		M6					M5	M5	M5
		M7					M6	M6	M6
								M7	M7
									M8

Figure 18.étape 3, antériorités

On place de même les machines M4 et M6 :

M1

M3

M5

M4

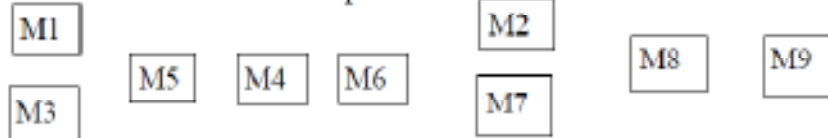
M6

Etape 4. Présence de boucle (Figure 19)

Machines	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
Antériorités		M1		M1	M1	M1	M1	M1	M1
		M3		M3		M3	M2	M2	M2
		M4				M4	M3	M3	M3
		M5				M5	M4	M4	M4
		M6					M5	M5	M5
		M7					M6	M6	M6
								M7	M7
									M8

Figure 19. étape 4. présence de boucle

Lorsqu'il y a une boucle dans le tableau, par exemple
On raye alors M2 et M7 et on les met en parallèle.



On place alors M8 et M9 en suivant la même procédure.

La Figure 20 permet de visualiser la circulation des pièces, le rectangle en pointillé reprend le point de croisement des pièces sur les machines M2 et M7.

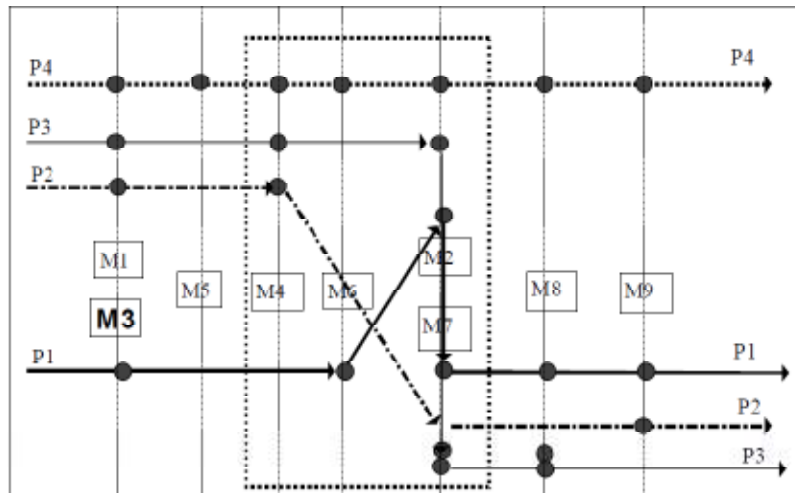


Figure 20. Graphique de circulation

2.3.2 Méthode des rangs moyens

Reprenons le même îlot de fabrication avec les mêmes gammes de fabrication définies dans la Figure 15

Pour chaque machine, on calcule un rang moyen qui est la moyenne de cette machine dans les gammes de fabrication.

Exemple pour M4 $\rightarrow 8/3$ 2,66(Figure 21)

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
P1		3	1			2	4	5	6
P2	1	5		3	2		4	6	7
P3	1	3		2			4	5	
P4	1	5		3	2	4		6	7
Total des rangs	3	*16	1	8	4	6	12	22	20
**Nombre de rang	3	4	1	3	2	2	3	4	3
Rang moyen	1	4	1	2,66	2	3	4	5,5	6,66

$$* 16 = 3 + 5 + 3 + 5$$

Figure 21. Méthode des rangs moyens

La Figure 22 est classé dans l'ordre croissant des rangs moyens. On note sur ce tableau les points de rebroussement par une flèche (ordre des machines ne respectant pas l'ordre des opérations d'une gamme).

	M1	M3	M5	M4	M6	M2	M7	M8	M9
P1		1			2	3	4	5	6
P2	1		2	3		5 ← 4		6	7
P3	1			2		3	4	5	
P4	1		2	3	4	5		6	7
R. moyen	1	1	2	2,66	3	4	4	5,5	6,66

Figure 22. Classement dans l'ordre croissant des rangs moyens

Les points de rebroussement sont éliminés d'une manière empirique lorsque cela est possible par inversion des machines. Lorsque cela n'est pas possible - comme dans notre exemple - on peut éventuellement les supprimer en multipliant les machines si les ressources existent.

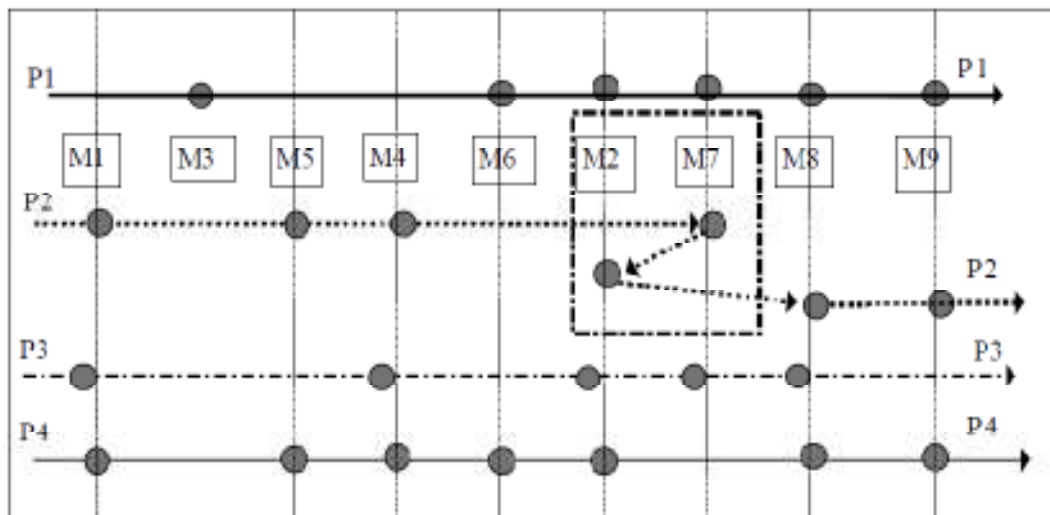


Figure 23. Graphique de circulation

Dans le cas de l'exemple simple que nous avons pris, la méthode des rangs moyens donne immédiatement la bonne gamme fictive. La gamme fictive représente la suite des machines telle que les gammes de fabrications des produits soient un sous-ensemble avec un minimum des points de rebroussement (Figure 23)

2.4 Implantation des postes en chaines multiples

2.4.1 Méthode des chaînons

2.4.1.1 Définition

Fréquemment les mêmes machines et postes manuels d'un atelier fabriquent en série plusieurs types différents de pièces dans les conditions suivantes :

- Ces types de pièces ne passent pas obligatoirement dans les mêmes postes.
- L'ordre de passage défini par les gammes varie suivants les types.
- A un instant donné un seul type de pièces est en fabrication.

Pour implanter ces postes on recherche un arrangement.

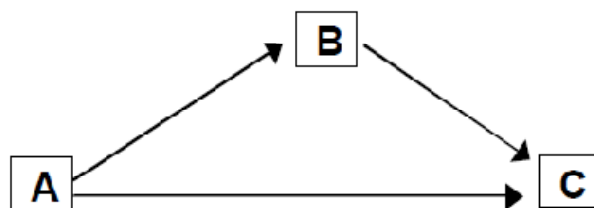
- Déterminant une chaîne de fabrication bien spécifiée pour chaque type de pièces
- Rendant minimum la somme des chemins parcourus par les pièces de tous types.

2.4.1.2 Chaînon

On appelle chaînon la trajectoire de manutention réunissant les postes de travail successifs.

2.4.1.3 Nœud

Un nœud est un poste de travail d'où émane (nt) un (ou plusieurs) chaînons(s).



Exemple :

Soit deux produits P1 et P2
 Gamme de P1 : A, B , C
 Gamme de P2 : A, C

Chacun des déplacements d'un poste au suivant s'appelle un chaînon. C'est l'analogue d'une liaison entre deux postes successifs de la gamme. L'implantation est bonne quand les chaînons sont courts.

2.4.1.4 Déterminations des chaînons par poste et leurs indices de circulation

L'implantation doit tenir compte du nombre et de l'importance relative des chaînons aboutissant aux postes à implanter.

Pour un ensemble de postes assurant un programme de production donne deux moyens :

- La table de chaînons
- La trace circulatoire

Les renseignements nécessaires à l'établissement de l'un ou de l'autre de ces deux moyens sont

extraits des gammes de la Figure 24

GAMMES D'USINAGE											
Pièce N°1 Coefficient 1			Pièce N°2 Coefficient 1			Pièce N°3 Coefficient 2			Pièce N°4 Coefficient 3		
opérations	Mac		opérations	Mac		opérations	Mac		opérations	Mac	
N Désignat	t	N	N Désignat	t	N	N Désignat	t	N	N Désignat	t	N
a	b		a	b		a	b		a	b	
1 Fraisage	A	1	1 Tournag	B	1	1 Fraisage	E	1	1 Tournag	B	1
2 Tournag	B	1	2 Fraisage	E	1	2 Fraisage	A	1	2 Fraisage	A	1
3 Perçage	C	2	3 Perçage	C	2	3 Tournag	B	1	3 Fraisage	E	1
4 Récificat	D	1				4 Récificat	D	1	4 Récificat	D	1

Figure 24. Gammes d'usinage

2.4.1.5 Table des chaînons

Les chaînons des gammes des pièces considérées sont reportées sur une table à double entrée ou tous les postes sont à la fois en ligne et en colonne (Figure 25)

	A	B	C	D	E
E	♣♣ □□□	♠	♠	□□□	4 10
D		♣♣	×	3	6
C		×	3	3	
B	×♣♣ □□□	4	10		
A	2				

Notations

Pièce 1 ×

Pièce 2 ♠♠ (2 indices du trafic)

Pièce 3 ♣

Pièce 4 □□□ (3 indices du trafic)

Figure 25. table des chaînons

Chaque case de la table représente un chaînon possible entre deux postes.

Chaque unité de l'indice de circulation d'un chaînon est noté par un symbole dans la case correspondante. Pour obtenir ces symboles on parcourt successivement les gammes et on pointe au fur et à mesure les cases de la table les chaînons rencontrés en tenant compte des coefficients du programme de fabrication.

2.4.1.6 Trace circulaire

Sur une circonférence(Figure 26), on inscrit les divers postes. On parcourt les gammes pour avoir les chaînons. Chacun d'eux est matérialisé par une corde joignant les deux points qui le définissent sur la circonférence.

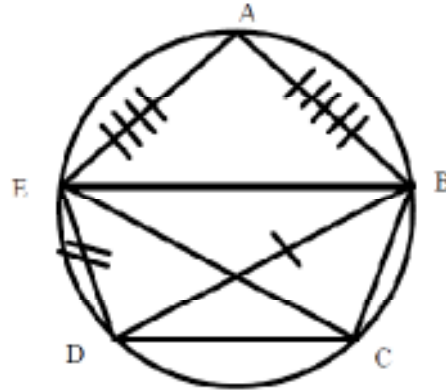


Figure 26.trace circulaire

La valeur de l'indice de circulation d'un chaînon s'inscrit à l'aide de petites barres faites sur la corde qui le représentent. La corde constitue la première unité de circulation.

A l'examen de la figure on compte le nombre de chaînons de chaque poste l'indice de circulation de chaque chaînon. Comme avec la table il est facile de classer les postes en fonction de leur charge d'exploitation.

2.4.1.7 Canevas de l'implantation

Ces résultats étant acquis (nombre de chaînons par poste, indice de circulation par chaînon), il reste à établir une implantation satisfaisante.

Pour cela on utilise le document(Figure 27) Les intersections constituent des noeuds autour desquels rayonnent six chemins différents. Cette disposition offre le nombre maximum de chemins égaux, autour de chaque noeud. Or l'implantation rationnelle correspond a des chaînons courts et égaux.

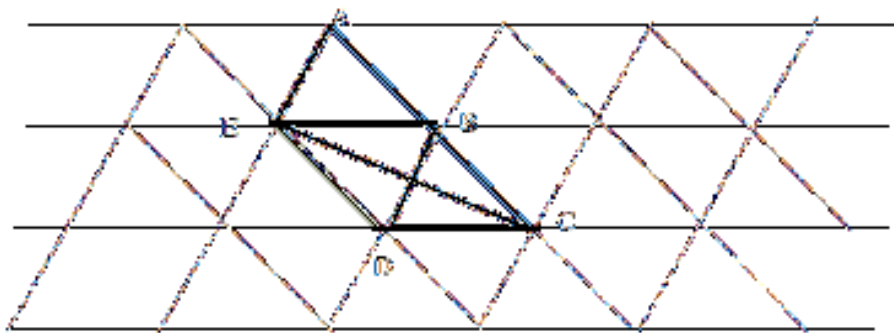


Figure 27. Canevas d'implantation

Pour situer les postes sur le canevas, on commence par le plus chargé en chaînon, que l'on positionne sur un noeud. Autour de ce noeud on trace sans ordre préférentiel les chaînons qui l'intéressent. Tous ces chaînons s'inscrivent sur des lignes directrices du canevas.

Chacun des points obtenus devient à son tour un noeud.

Il arrive que l'on soit conduit à des chaînons n'empruntant pas les directrices du canevas et cela pour deux raisons :

- Quand le nombre de chaînons relatifs à un noeud est supérieur à 6
- Quand les deux noeuds à réunir existent et sont hors module.

Malgré cela la disposition des postes sur le canevas doit être telle que :

- Le nombre de chaînons hors module soit le plus faible possible
- Tout chaînon hors module ait un indice de circulation faible
- Tout chaînon hors module soit le plus court possible.

3 Bibliographie :

Alain Courtois, Maurice Pillet, Chantal Martin : Gestion de production
Edition D'organisation