

Chapitre IV-Organisation des machines-outils dans les ateliers

IV-1-Definition :

Un atelier est formé de machines reliées par des moyens de transport. Il est destiné à fabriquer des pièces (dont le modèle théorique est appelé **job**), elles-mêmes se décomposant en diverses tâches, et ce travail nécessite des ressources (machines, moyens de transport, matière première).

IV-2-Objectifs:

Les objectifs d'une bonne implantation d'atelier sont principalement d'optimiser les flux physiques afin d'augmenter la productivité et la réactivité de l'entreprise, ses objectifs seront atteints par le respect des points suivants:

- Minimiser les temps de transfert des produits entre les postes,
- Supprimer les déplacements inutiles,
- Eviter de déplacer une pièce deux fois sans apport de valeur ajoutée entre les déplacements,
- Optimiser la circulation des flux.

Avantages :

- Circulation des matières
- Circulation des personnes
- Economies du personnel
- Qualité du travail
- Facilité de commandement et de contrôle
- Coûts de construction et d'installation
- Facilité d'entretien
- Extensions possibles

La question d'organisation des ateliers, nous met dans l'un des cas suivants :

IV-2-1- Conception d'un atelier : Il s'agit d'optimiser un atelier, en résolvant le problème du choix des machines et leurs caractéristiques liées au produit à fabriquer. Il faut répondre principalement aux questions suivantes :

- **Agencement global :** Il s'agit de faire un choix d'une topologie de l'atelier en tenant compte des caractéristiques du bâtiment, des impératifs

de sécurité, des impératifs sociaux.... Il faut prendre en considération les points suivants :

- la topologie des machines,
- le stockage,
- la topologie des moyens de transport entre les machines,
- l'entrée et à la sortie de l'atelier.

- **les caractéristiques technologiques :** Il s'agit de faire un choix des machines, des moyens de transport, compte tenu des débits, des besoins envisagés ou prévisibles.

IV-2-2- Modification d'un atelier existant : Il s'agit de proposer une amélioration par la proposition d'une réorganisation sans bouleversements sociaux en tenant compte des contraintes liées au passé, surtout au moindre prix.

IV-2-3- Gestion d'un atelier en fonctionnement : Lorsque les pièces à fabriquer sont de diverses natures, il faut gérer " au mieux " la fabrication en tenant en compte des points suivants:

- Capacités technologiques,
- Capacités organisationnelles,
- Caractéristiques de l'atelier,
- Ressources disponibles en matière première,
- Quantités demandées,
- Gammes d'usinages des pièces considérées (niveau de complexité),
- Délais,
- Contraintes légales et sociales,.....

IV-3- Typologie de production :

Une typologie de production conditionne le choix des méthodes de gestion de production qui sont le plus adaptées à chaque entreprise

Chaque entreprise est unique de par son organisation et la spécificité des produits qu'elle fabrique. Cependant, on peut réaliser une classification des entreprises en fonction des critères suivants :

- Quantités fabriquées et répétitivité ;
- Organisation des flux de production ;
- Relation avec les clients.

IV-3-1-Classification en fonction de l'importance et des séries et de la répétitivité :

La première différence notable entre les entreprises a trait bien sûr à l'importance des productions. Les quantités lancées peuvent être :

- en production unitaire ;(inf à 50p)
- en production par petites séries ; (jusqu'à 100 p)
- en production par moyennes séries ; (jusqu'à 1 000p).
- en production par grandes séries (jusqu'à 100 000 p).

Chacun de ces types de production nécessite un type de gestion particulier, mais aussi de procéder à une implantation adaptée des moyens de production.

IV-3-2-Classification selon l'organisation du flux de production :

On distingue trois grands types de production, sachant que l'on pourrait trouver de nombreux types intermédiaires :

- production en continu ;
- production en discontinu ;
- production par projet.

1) Production en continu :

Ce type de production est choisi pour des quantités importantes d'un produit ou d'une famille de produits. L'implantation est réalisée en **ligne de production** (ce qui rend le flux du produit linéaire). On dit que l'on est en présence d'un atelier à flux ou **flow shop**.

Dans ce type de production, les machines ou les installations sont dédiées au produit à fabriquer ce qui, en général, ne permet pas une grande flexibilité. Les machines sont accompagnées d'une automatisation poussée des processus de production ainsi que des systèmes de manutention. Cette automatisation est rendue nécessaire par le besoin d'obtenir des coûts de revient bas, un niveau de qualité élevé et stable, de n'avoir que très peu d'en cours et d'obtenir une circulation rapide des produits. Elle contraint à procéder à un entretien préventif des machines sous peine de risquer un arrêt total de l'atelier.

Exemples : Industries pétrochimiques, les cimenteries, Assemblages en grandes séries (tels que la fabrication de roulements à billes de série, fabrication et conditionnement, boissons...).

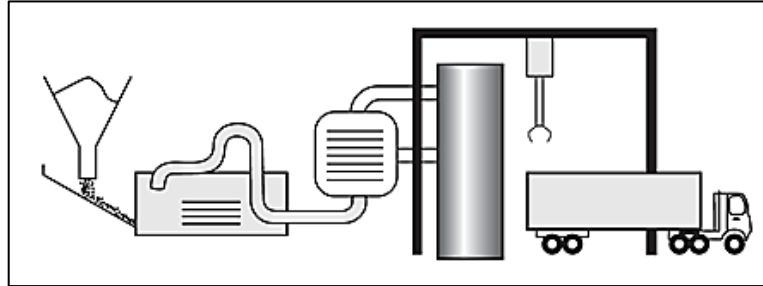


Fig .VI-1 : Implantation en continu.

2) Production en discontinu

Est utilisé pour des quantités relativement faibles de nombreux produits variés, réalisés à partir d'un parc machine à vocation générale (exemple : tours, fraiseuses...).

L'implantation est réalisée par **ateliers fonctionnels** qui regroupent les machines en fonction de la tâche qu'elles exécutent (tournage, fraisage...). Le flux des produits est fonction de l'enchaînement des tâches à réaliser. On dit que l'on est en présence d'un **atelier à tâches** ou **job-shop**.

Dans ce type de production, les machines ou les installations sont capables de réaliser un grand nombre de travaux; elles ne sont pas spécifiques à un produit particulier, ce qui donne une grande flexibilité. Mais il est très difficile d'équilibrer les tâches dans une production en discontinu, ce qui génère en revanche des niveaux de stocks et d'en cours élevés. Exemples : Industries mécaniques et entreprises de confection

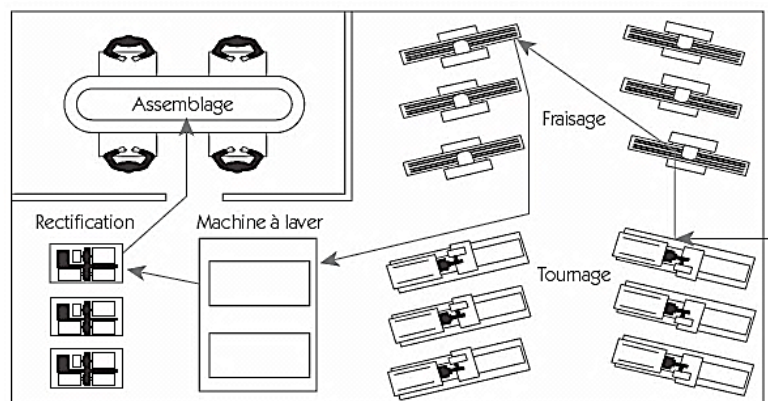


Fig .VI-2 : Implantation en discontinu

3) Production par projet :

Dans le cas où le produit est unique. Le processus de production y est unique et ne se renouvelle pas. Le principe d'une production par projet consiste donc à enchaîner toutes les opérations conduisant à l'aboutissement du projet, en minimisant les temps morts afin de livrer le produit avec un délai minimal ou au moment convenu.

Dans ce type de production, on ne peut pas stabiliser de façon formelle une production. Aussi, l'organisation doit être capable de prendre en compte de nombreuses et importantes perturbations extérieures, et de permettre des modifications.

Exemple : Construction d'une usine, d'une fusée....

IV-4-Les différentes organisations de la production :

IV-4-1- Implantation en sections homogènes :

C'est l'implantation (figure VI-2) rencontrée dans le cas des processus discontinus. On regroupe les machines ayant la même technique, ou les mêmes fonctions. Ainsi, dans un atelier de mécanique, on regroupe les fraiseuses, les tours, etc. On regroupe également les machines sur des critères de qualité (précision) ou de capacité. En règle générale, le montage y est nettement séparé de la fabrication, la réception des matières premières et des produits achetés y est centralisée en un lieu unique (ce qui est souvent justifié par un contrôle de réception).

Avantages :

- Regroupement des métiers – main d'œuvre professionnelle de ce type de machine ainsi peuvent passer d'une machine à l'autre facilement.
- Flexibilité –implantation indépendante des gammes de fabrication, possibilité de fabrication plusieurs types de produits utilisant les moyens de l'atelier sans perturber davantage le flux.

Inconvénients :

- Flux complexes –nombreux points de rebroussement, d'accumulation.
- En-cours importants –conséquence logique de la complexité des flux. délais de production importants.

IV-4-2- Implantation en lignes de fabrication :

On trouve ce type d'implantation dans les processus continus. Les machines sont placées en ligne dans l'ordre de la gamme de fabrication.

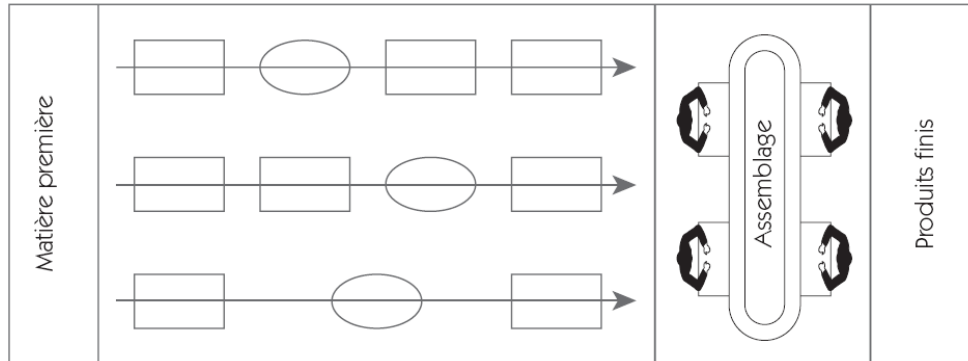


Figure VI-3- Implantation en ligne.

avantages :

- pas de point de rebroussement ;
- flux faciles à identifier.

Inconvénients :

- Implantation spécialisée pour un produit ou une famille de produits
- flexibilité extrêmement limitée.

IV-4-3- Implantation en cellules de fabrication :

Ce type d'implantation constitue un compromis entre flow-shop et job-shop. Il est constitué de **petits ateliers** spécialisés de production ou **îlots de production** de façon à réaliser entièrement un ensemble de pièces. C'est un compromis entre la ligne et l'implantation fonctionnelle. Ce type d'implantation permet de diminuer considérablement les stocks et le délai dans le cas des processus discontinus.

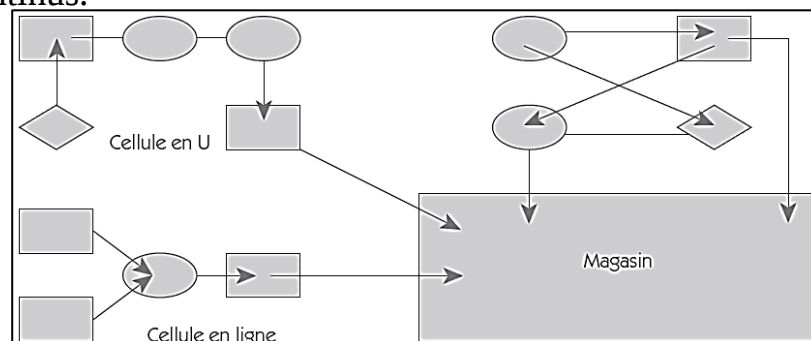


Figure IV-4 – Implantation en cellule.

IV-4-3-1- Aménagements d'une cellule

L'aménagement des cellules peut être très différent d'un cas à l'autre. Les principaux types d'aménagement sont montres à la figure IV-5. La cellule en U est extrêmement intéressante dans le cas de production de petite et moyenne série. Ses principaux avantages en sont :

- possibilité de communication importante entre les opérateurs à l'intérieur du U, ceci permet d'anticiper l'apparition de problèmes.
- Possibilité de passer de nombreuses gammes dans la cellule.
- Facilité variation de la capacité de la ligne en variant le nombre d'opérateurs. À la limite, un seul opérateur au centre peut faire fonctionner l'ensemble de la ligne à vitesse réduite.
- Unicité de la zone de déchargement des matières premières et de sortie des produits finis qui entraîne un gain dans le déplacement.

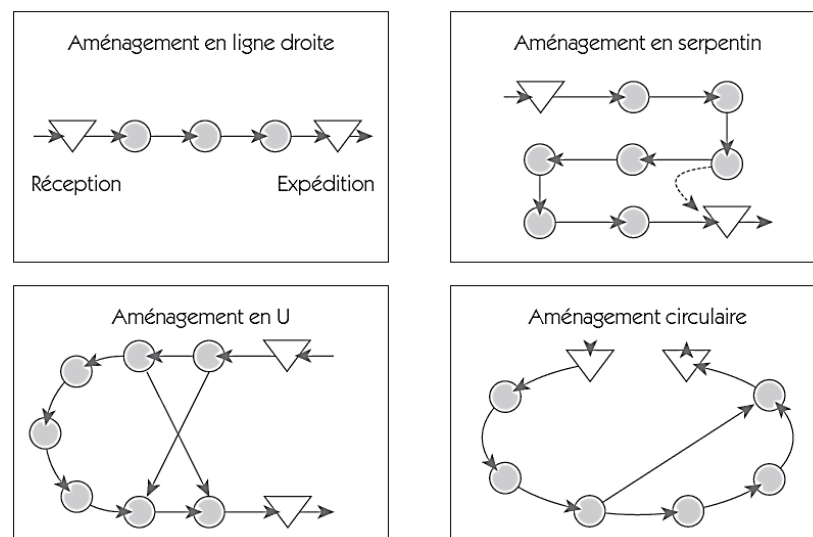


Figure IV-5- Les principaux aménagements de cellules.

IV-4-Conception d'une unité de production :

IV-4-1- Les principes :

Pour fluidifier la circulation des produits à fabriquer, on doit respecter les restrictions suivantes :

- Eviter les déplacements inutiles (n'amène pas de valeur ajoutée) ;
- Cheminement facile des pièces ;
- Eliminer les temps morts entre les opérations (temps perdus pendant les déplacements d'un poste de travail à un autre) ;
- Enchaîner les opérations ;

- supprimer les stocks intermédiaires ;
- Réduire au strict minimum les opérations de manutention.

IV-4-2-calcul des surfaces nécessaires :

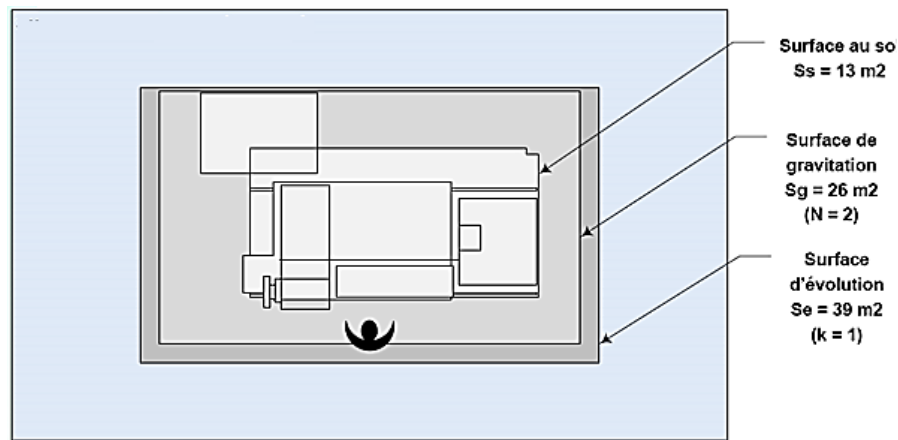


Figure IV-6-

La surface totale minimale : est la somme de 3 surfaces partielles:

$$St = Ss + Sg + Se$$

Surface statique (Ss): Surfaces propres des machines et des installations.

Surface de gravitation (Sg): Surface utilisée par l'ouvrier et par les matières premières approvisionnées autour du poste de travail:

$$Sg = Ss \cdot N$$

Où N : Nombre de côtés d'accès à la machine.

Surface d'évolution (Se) : Surface à réserver entre les postes de travail pour les déplacements et les manutentions:

$$Se = (Ss + Sg) \cdot K.$$

Où K est choisi suivant k choisi en fonction des moyens de manutention correspondant à un type d'industrie peut varier de 0,05 à 3.

- pont roulant K= 0.1
- balancelles K= 0.2
- Convoyeurs K= 0.3 à 0.4
- Manutention manuelle K=0,5
- Transpalette K= 0.75 à 1
- Chariot élévateur K= 2 à 3.

Pour le calcul de la surface à allouer aux stocks en magasin ou en atelier, on ne compte pas de surface de gravitation mais uniquement les surfaces statiques et d'évolution.

Les grandes orientations que l'on doit prendre :

- la séparation des usines ;
- la séparation géographique des fabrications de produits différents ;
- la décentralisation des activités de stockage et d'expédition ;
- le dédoublement de certaines machines.

IV-4-3- La séparation des usines :

Une usine présente souvent un mélange de plusieurs types de production. Or, à chaque type de production correspond un type de gestion et un type d'implantation. Pour gérer cette situation, il faut créer au sein de la même usine plusieurs «micro-usines» ayant chacune sa spécificité. Ainsi, schématiquement, les produits fabriqués en grandes séries pourront être implantés en ligne de fabrication, les séries moyennes en cellules, et on conservera l'implantation fonctionnelle pour les petites séries.

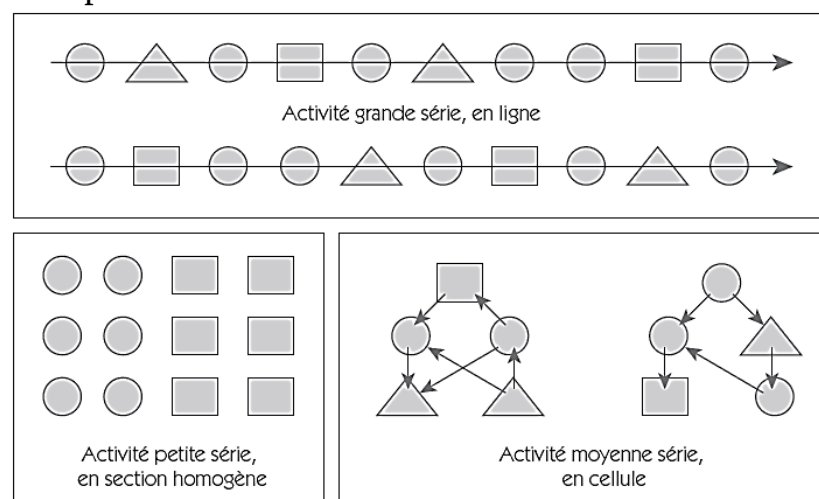


Figure IV-7- Séparation des usines.

IV-4-4- La séparation géographique des fabrications de produits différents :

Méthode couramment employée dans les entreprises qui fabriquent un produit unique dans des versions différentes. Exemple ; une entreprise fabrique

des motoréducteurs en trois gammes de production 40, 60, 80. Un motoréducteur est constitué de deux parties principales : la cage ; le réducteur.

L'implantation traditionnelle (l'atelier à tâches) qui consiste en trois ateliers distincts d'assemblage: des cages; des réducteurs; des moteurs.

Une organisation optimisée en supprimant la séparation entre fabrication et montage et qui consiste à séparer les différents types de produits en créant trois sous-ensembles indépendants dans lesquels les machines sont mises en ligne.

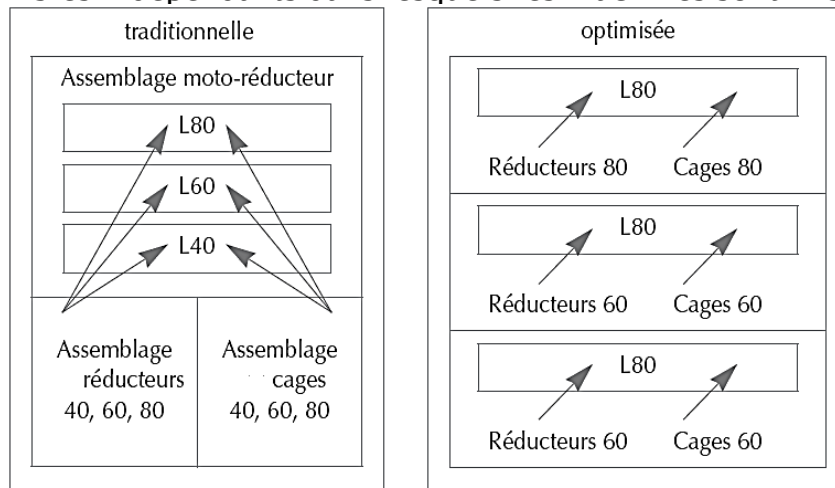


Figure IV-8- Séparation des produits.

IV-4-5- Le dédoublement de certaines machines :

Dans l'exemple la machine à laver est un point de passage obligé entre chaque étape de la fabrication. De ce fait « machines qui concentrent le flux » Il n'est donc pas possible de disposer les machines en ligne. Il est plus intéressant en termes de flux de disposer de plusieurs machines de faible capacité, plutôt qu'une machine de forte capacité. Le dédoublement des machines est parfois source de beaucoup de fluidité dans les ateliers de production.

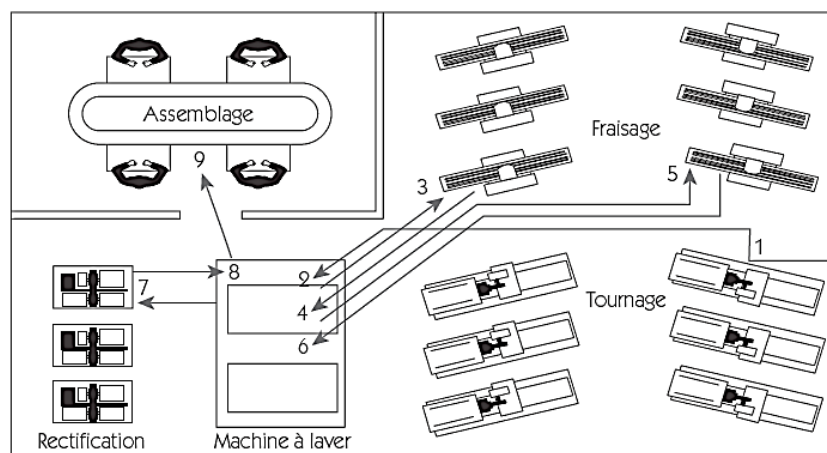


Figure IV-9- Problème des machines qui concentrent les flux.

IV-5-Les méthodes de résolution :

IV-5-1- Les informations indispensables:

L'analyse d'un projet d'implantation consiste à mettre en forme d'informations pour mieux cerner et comprendre les différentes contraintes relatives au projet. Les informations requises sont les suivantes:

- 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.

IV-5-2- Le graphique de circulation :

Il consiste à représenter sur un plan les différents flux par différentes couleurs. Le graphique de circulation est à la base de toute démarche d'implantation, il permet de visualiser :

- la longueur des circuits et la complexité des flux ;
- la logique de l'implantation et les lieux de stockage ainsi que les points de rebroussement ;
- l'importance des manutentions.

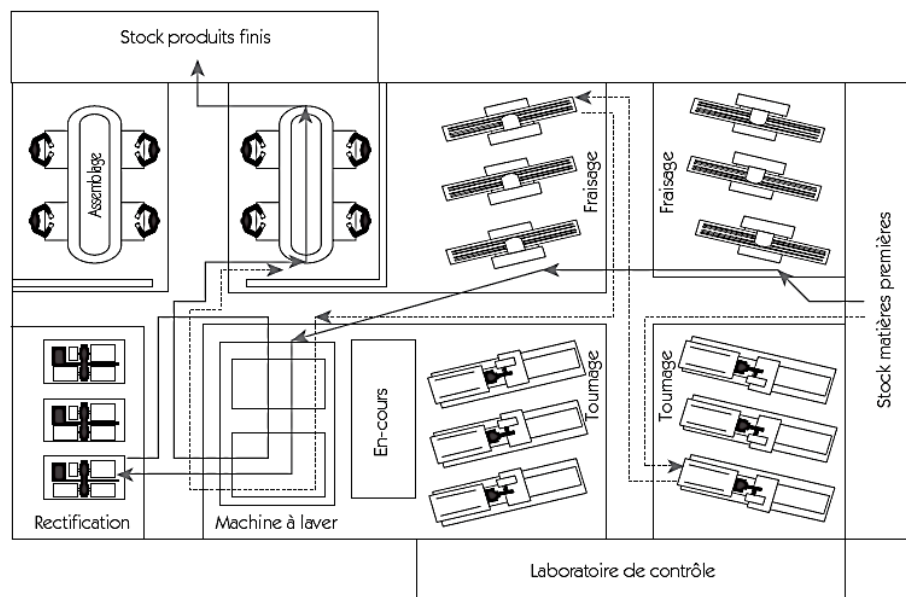


Figure IV-10. Graphique de circulation.

IV-5-3- Le schéma opératoire :

Il permet de schématiser la suite des opérations nécessaires pour fabriquer un produit. Ce schéma a pour principe de 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 
- En combinant production de valeur ajoutée et contrôle pour schématiser les opérations en autocontrôle. 

On rajoute de la couleur pour rendre le schéma plus parlant. Les couleurs utilisées sont :

- Production de valeur ajoutée = Vert
- Transport = Bleu
- Stock = Orange
- Contrôle = Rouge.

Exemple :

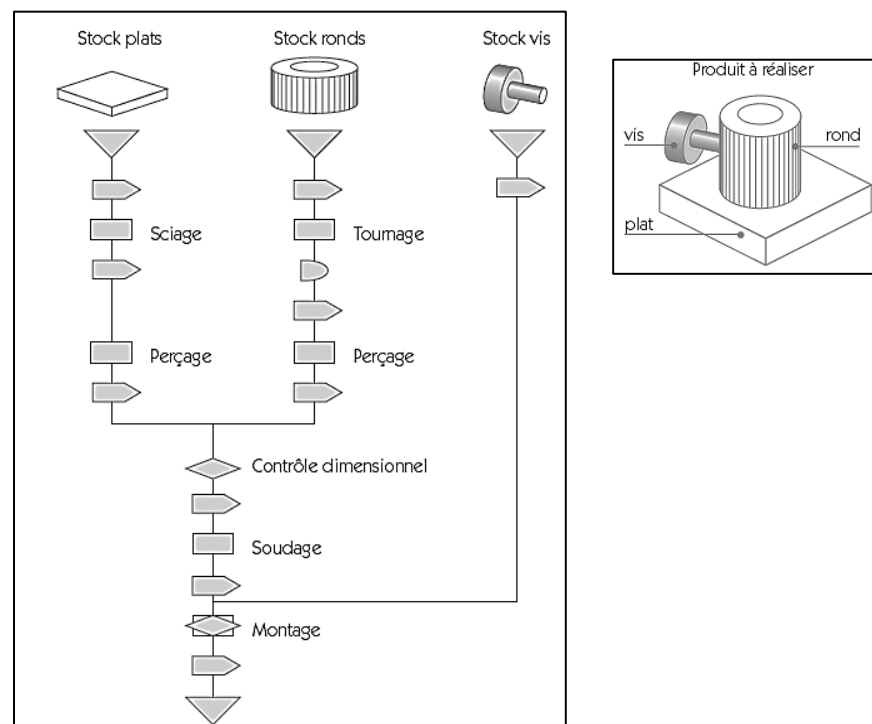


Figure IV-11– Schéma opératoire.

IV-5-4- Logique et méthodes :

L'implantation des moyens de production doit être établie en respectant une logique qui permet de bien séparer les usines. il faut procéder à :

1. Identifier parmi l'ensemble des moyens de production des îlots de production le plus indépendants possible.
2. Implanter chaque îlot repéré, en suivant la démarche suivante :
 - Rechercher une implantation linéaire ;
 - À défaut, rapprocher les machines entre lesquelles circule un trafic important ;
 - À défaut, implanter l'îlot en section homogène.

IV-5-4-1- Recherche des îlots de production

La recherche des îlots de production a suscité de nombreux travaux dont notamment ceux de Kuziack et de King.

- 1) **Méthode de Kuziack:** considérons les gammes d'un ensemble de pièces données par le tableau ci-dessous. La gamme de la pièce P1: Machine M2 /Machine M5...

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				

Étape 1: Sélectionner la première ligne et les colonnes attachées à cette 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				

Étape 2: Sélectionne les lignes attachées aux colonnes sélectionnées. Séparer des îlots éventuellement rattachés entre eux par une machine, on ne prend dans un îlot que les pièces qui ont au moins 50 % des machines déjà rattachées à celui-ci.

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	---	---	---	---

On constate qu'on intègre la pièce P7 (1 machine sur 2) et évidemment P5 (2 sur 2), mais pas la pièce P3 (1 machine sur 3).

Étape 3: On recommence l'étape 1 en sélectionnant les colonnes attachées à l'îlot.

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	---	---	---	---

Étape 4: On arrête lorsque la ligne (ou la colonne) ne comporte plus d'éléments.

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	---	---	---	---

Dans ce tableau, on ne regroupe pas M4 car cette machine concerne 1 pièce de cet îlot pour 2 pièces hors îlot.

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

Étape 5 : On retranche les pièces et les machines déjà regroupées.

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

En réitérant le même processus que précédemment, on identifie deux nouveaux îlots indépendants. La répartition est alors la suivante :

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

La machine M4 doit être dédoublée si on veut rendre les îlots indépendants. Le critère de choix du dédoublement est la charge de cette machine.

2) 2) Méthode de King

Pour utiliser cette méthode, il est indispensable de disposer d'un tableur ou d'un logiciel spécifique tel qu'« IMPACT ». Appliquons la méthode de King sur le même exemple.

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				

Étape 1 : On traduit la matrice en écriture binaire en affectant un poids en puissance de 2 à chacune des pièces (première colonne du tableau ci-après). L'équivalent décimal est alors calculé en sommant les poids des pièces utilisant la machine.

Ainsi, l'équivalent décimal de M4 = $25 + 24 + 21 = 32 + 16 + 2 = 50$.

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
Équivalent décimal		8	69	17	50	84	34	8

Étape 2 : On ordonne les colonnes dans l'ordre décroissant de l'équivalent décimal. En cas d'égalité, on respecte l'ordre des machines. On suit alors le même processus, mais sur les colonnes. Exemple : pour P1, $26 + 25 = 96$.

Pièces	M5	M2	M4	M6	M3	M1	M7	Équivalent décimal
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	0	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	

Étape 3 : On recommence le même processus sur les lignes.

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
Équivalent décimal		112	104	22	6	24	1	1

On ordonne M5, M2, M3, M4, M6, M1, M7, ce qui donne le tableau suivant :

Pièces	M5	M2	M3	M4	M6	M1	M7	Équivalent décimal
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	

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