

II.1 Objectifs :

Issus des méthodes japonaises, la gestion de l'entreprise en flux tendus repose sur la mise en œuvre de différentes méthodologies permettant d'optimiser les ressources pour améliorer la productivité, réduire les délais et permettre à l'entreprise de produire au plus juste. La base de l'amélioration continue est l'outil Kaizen (qui signifie kai « changement » et zen « bon »). Le Kaizen est un ensemble de méthodologies que nous détaillerons dans les paragraphes suivants tels que le 5S, le SMED, la TPM,... conduisant par la mise en œuvre de méthodes simples et peu onéreuses à l'amélioration des performances de l'entreprise. C'est une démarche qui repose sur des petites améliorations quotidiennes requérant peu de moyens financiers mais beaucoup de motivation et d'investissement de la part du personnel de l'entreprise.

Les principaux objectifs de cette démarche sont :

- ❖ La simplification des flux
- ❖ L'amélioration de la qualité
- ❖ L'amélioration des délais
- ❖ L'amélioration de la productivité de l'entreprise
- ❖ L'amélioration des conditions de travail [6].

II.2 Les méthodes de réduction des délais :

II.2.1 La méthode des 5S :

Les 5 S représentent le préalable au juste-à-temps ou plus généralement au *Lean Management*. Les industriels japonais ont coutume de dire que toute action de juste-à-temps doit commencer par au moins deux ans de campagne 5 S. Les cinq S sont les cinq initiales de mots japonais qui ont pour objectif de systématiser les activités de rangement, de mise en ordre et de nettoyage dans les lieux de travail. De plus, la démarche 5 S met tout en œuvre pour maintenir et améliorer l'état actuel de la situation. Ces mots commençant par S sont les suivants :

- *SEIRI* – Rangement,
- *SEITON* – Mise en ordre,
- *SEISO* – Nettoyage,
- *SEIKETSU* – Propreté,
- *SHITSUKE* – Éducation morale.

La finalité de la méthode est d'améliorer :

- la qualité des pièces produites,

- la sécurité,
- l'efficacité,
- le taux de pannes.

La figure II.1 indique les grandes étapes d'une démarche 5 S. Cette figure est la traduction littérale d'une affiche que nous avons vue dans plusieurs usines japonaises lors d'une visite. Il ne s'agit pas de la francisation de la campagne. Une campagne 5 S s'articule autour de deux phases :

II.2.1.1 Mise à niveau

a) *SEIRI* : rangement, trier l'utile et l'inutile

Cette étape consiste à faire le tri entre les objets nécessaires et les objets inutiles sur le poste de travail. La manie d'accumuler et de garder « parce que cela peut servir » ne favorise pas la propreté et l'efficacité d'une recherche. En général, on utilise un système de classification du type ABC :

- A = usage quotidien,
- B = usage hebdomadaire ou mensuel,
- C = usage rarissime.

b) *SEITON* : mettre en ordre, réduire les recherches inutiles.

Le Seiton s'illustre par le proverbe : « Une place pour chaque chose et chaque chose à sa place. Dans cette étape, on cherchera à organiser le poste de travail de façon fonctionnelle et à définir des règles de rangement de façon à trouver immédiatement les outils nécessaires. L'objectif est de pouvoir ranger et retrouver en 30 secondes documents et outils usuels.

c) *SEISO* : le nettoyage régulier.

Les deux premières étapes ont permis de parvenir à une organisation rationnelle du poste. Comme l'indique la figure II.1, l'étape Seiso n'est pas séquentielle par rapport aux deux précédentes, mais commence en parallèle. Dans un environnement propre, une fuite ou toute autre anomalie se détecte plus facilement et plus rapidement. Le nettoyage régulier est une forme d'inspection. Il sert aussi à contrôler l'état de fonctionnement des machines. Ainsi, le manque d'huile, les boulons mal serrés, les pièces présentant une usure précoce, sont autant d'anomalies que peut révéler cette simple inspection de routine.

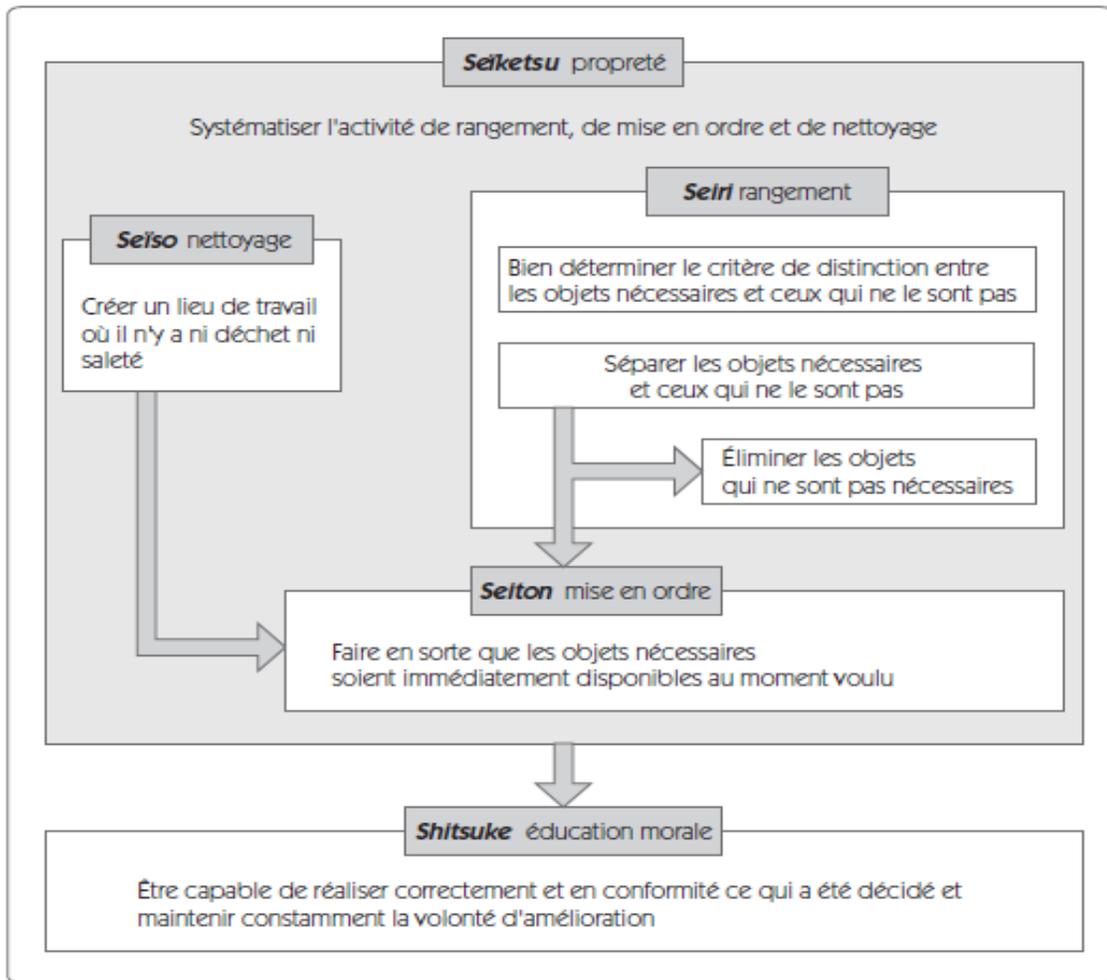


Figure II.1 : Les étapes de la méthode des 5S [2]

II.2.1.2 Maintien :

a) **SEIKETSU** : propreté, conserver propre et en ordre

L'étape *Seiketsu* doit permettre d'éviter de retourner aux vieilles habitudes. On peut prendre l'exemple d'une famille de cinq personnes : si chacun pose ses chaussures et son manteau de façon aléatoire dans l'appartement, très vite le désordre s'installe. Les trois premières règles auront permis de définir un placard bien positionné dans l'appartement pour ranger facilement vestes et chaussures. De même, le *Seiketsu* consistera à définir les règles de rangement et à les faire respecter.

b) **SHITSUKE** : suivi de l'application

Cette dernière étape va principalement consister à établir un suivi de l'application de l'ensemble des règles et décisions qui ont été prises lors des quatre premiers S. On procède à cette

étape à base d'auto-évaluation afin de promouvoir un esprit d'équipe. Pour garantir sa pérennité, un certain nombre de points devront être réalisés :

- instaurer des règles de comportement à l'aide de la communication visuelle et de la formation ;
- vérifier que chacun participe, agit, se sent concerné et prend conscience de sa responsabilité en regard de la tâche qui lui incombe.

II.2.2 Le SMED:

SMED est l'acronyme de *Single Minute Exchange of Die*, que l'on peut traduire par « changement d'outil en moins de 10 minutes ». Cette méthode a pour objectif la réduction des temps de changement de série, en appliquant une réflexion progressive qui va de l'organisation du poste à son automatiser. L'application de cette méthode implique donc directement la fonction Méthode. Cependant, afin de faciliter les changements de séries, des modifications peuvent être apportées au tracé de la pièce. La fonction Étude est alors également concernée.

Un des obstacles principaux à la production par petits lots est le temps de changement de série. Il est en effet difficile d'envisager une production qui correspondrait au chronogramme de la figure II.2

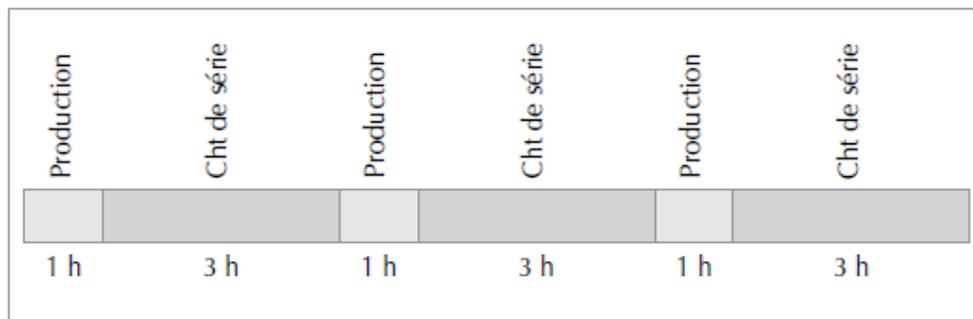


Figure II.2 : Production avec changements de séries longs [2]

Mais il est plus facile d'envisager celle de la figure II.3.

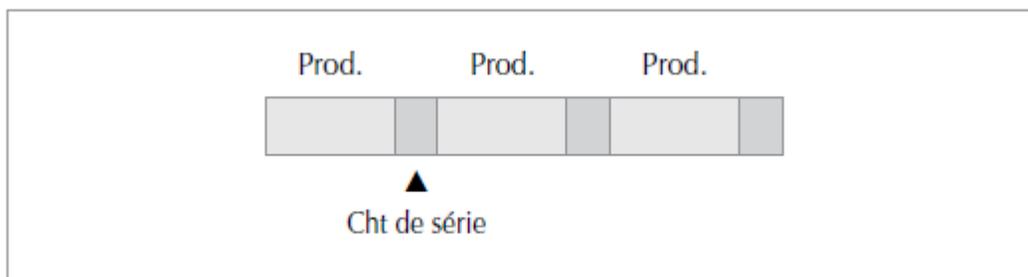


Figure II.3 : Production avec changements de séries courts [2]

Travailler en flux tendus passe donc obligatoirement par une réduction des temps de changement de séries. C'est l'objectif de la méthode SMED.

La méthode SMED (inventée par Shigeo Shingo, à l'usine Mazda d'Hiroshima visant à diminuer les temps de changement de séries. Et distingue, deux types d'opérations :

- ✓ des opérations internes (IED, pour *Input Exchange of Die*) qui ne peuvent être effectuées que lorsque la machine est à l'arrêt ;
- ✓ des opérations externes (OED, pour *Output Exchange of Die*) qui peuvent et doivent être effectuées pendant le fonctionnement de la machine.

Pour mettre en oeuvre la méthode SMED, il faut suivre les huit points suivants :

1) Établir la distinction entre IED et OED

Observer le processus et identifier clairement quelles sont les opérations internes (IED) et externes (OED). Si l'OED est possible, il faut l'exécuter en dehors des temps de changement de série. Si l'IED est inévitable, on doit se résoudre à l'exécuter ainsi.

Cette simple distinction entre opérations externes et internes permet, par une rationalisation des opérations de changement de série, une réduction de l'ordre de 30 %, sans apporter au procédé des modifications importantes. En effet, il n'est pas rare, par exemple, que l'opérateur cherche un outillage nécessaire pour le changement de série alors que la machine est arrêtée. Cette attente inutile peut facilement être supprimée par une meilleure préparation de l'opération de changement de série.

2) Transformation des IED en OED

C'est le principe le plus efficace de la méthode SMED. Par une meilleure préparation du travail, on transforme des opérations internes en opérations externes.

3) Adoption d'une standardisation des fonctions

Pour changer rapidement de série, il faut supprimer le plus possible de réglages sur la machine ; pour cela, il est nécessaire de standardiser les fonctions qui doivent être échangées sur la machine.

II.3 La gestion des files d'attente et des causes de rupture des flux :

II.3.1 La méthode de la théorie des contraintes :

La méthode de la théorie des contraintes est une méthode de gestion industrielle qui est basée sur la distinction dans un processus de fabrication des postes dits « goulet » et de ceux dits « non-goulets ». Cette méthode est apparue à la fin des années 70 aux Etats Unis.

Contraintes du processus pour améliorer le processus de fabrication entier. Elle part du principe que ce sont les postes « goulets » qui limitent la productivité et donc les performances du système de production de l'entreprise. Un goulet d'étranglement est une ressource dont la capacité est généralement juste égale ou inférieure aux besoins du processus de fabrication. Un poste « non goulet » est une ressource dont la capacité est généralement supérieure aux réels besoins du processus de fabrication, provoquant une « surcapacité ».

Dans un processus de fabrication, on peut généralement trouver cinq principaux types de configuration d'enchaînement de postes.

- ❖ Un poste goulet alimentant un poste non goulet
- ❖ Un poste non goulet alimentant un poste goulet
- ❖ Un poste non goulet alimentant un poste non goulet
- ❖ Un poste goulet alimentant un autre poste goulet
- ❖ Deux postes, l'un goulet et l'autre non goulet alimentant un poste goulet

Les contraintes logistiques qui sont particulièrement importantes dans le cas d'entreprise multi-sites dont le processus de fabrication implique de nombreuses manutentions et du transport. La logistique devient alors une contrainte importante à maîtriser par l'entreprise si elle veut pouvoir répondre aux demandes et respecter les contraintes du marché en termes de délai et de prix.

Le type de management doit permettre à l'entreprise de motiver son personnel pour inciter la productivité et l'amélioration continue du processus, et doit s'organiser pour minimiser les coûts (une meilleure gestion des achats, la fabrication en lots économiques) afin d'assurer sa marge.

L'adaptation au changement et les comportements qui jouent un rôle essentiel dans l'amélioration de l'entreprise. En fonction des comportements à la fois du personnel dirigeant et du reste du personnel, l'entreprise pourra s'adapter et accepter plus ou moins facilement les changements nécessaires à son amélioration [2].

II.3.2. L'implantation d'atelier :

Les objectifs principaux de la réimplantation d'un atelier de production sont :

- Des gains de productivité
- Une réduction des efforts inutiles
- Une réduction des délais de production

La première étape de la réimplantation d'un atelier consiste à constituer une équipe de travail composée de personnes qui représentent chaque fonction de l'entreprise afin d'aborder cette réimplantation sous différents regards. Il s'agit d'impliquer par exemple aussi bien la fabrication, les bureaux que les services commerciaux. Ce comité polyvalent permettra d'évaluer chacune des propositions présentées sous différentes approches. Il s'agit alors de réaliser, si cela n'est pas à disposition de l'entreprise la cartographie de la chaîne de valeur.

Le personnel impliqué étant du personnel interne, il connaît généralement les principales forces et faiblesses de l'entreprise. Il s'agit alors de demander à chaque personne de dessiner, selon elle, ce que serait l'implantation idéale c'est-à-dire permettant de minimiser les déplacements de personnes et de matières et d'améliorer l'ergonomie des postes de travail.

Les propositions sont alors évaluées par le comité complet, y opposants des contraintes, exigences, ...

Il s'agit alors, de trouver un compromis réaliste entre les différentes solutions proposées permettant de répondre aux objectifs fixés en prenant en considération les budgets et le retour sur investissement.

Ensuite, il suffira de mettre en oeuvre le plan d'implantation ainsi défini en s'assurant toutefois que la nouvelle implantation respectera les contraintes suivantes :

- ✓ Respect de la sécurité
- ✓ Pas de croisement entre les flux d'entrée et de sortie
- ✓ Suppression des activités redondantes
- ✓ Visibilité des flux par l'ensemble des personnes qui les touchent afin d'assurer leur écoulement régulier
- ✓ Garantir que chaque produit sortant d'un poste soit conforme avant de rejoindre le poste aval

Compte tenu de l'importance des manutentions dans les coûts et dans les délais de production, il apparaît nécessaire de définir une implantation géographique des moyens de magasinage et de production qui fournit la meilleure cohérence entre la fabrication et les manutentions.

Suivant la nature des produits et des flux de production, il est possible d'envisager des implantations basées sur les déplacements des opérateurs ou des implantations basées sur le déplacement des produits.

II.3.2.1. Déplacement des opérateurs :

Le produit a une position fixe et ce sont les opérateurs qui se déplacent sur le lieu de travail. Cette implantation est caractéristique de la fabrication de produits de taille ou de poids important (aéronautique, construction navale...) et d'ouvrages d'art (bâtiment, génie civil...). Dans ce dernier cas, ce type d'implantation est quelquefois nommé « en disposition de travaux ». Pour la réalisation du produit, la main-d'œuvre se déplace et amène avec elle les composants ou les matières nécessaires.

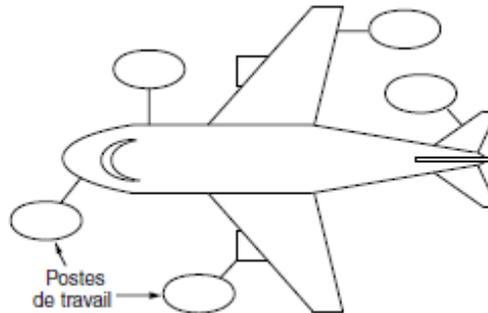


Figure II.4 : Déplacements des opérateurs [7]

II.3.2.2. Déplacement des produits :

Les postes de travail sont disposés dans l'atelier de façon aléatoire. Nous trouvons ce genre d'implantation dans les petites industries qui se sont développées progressivement ; l'implantation des postes s'effectue souvent, dans ce cas, en fonction de l'évolution de l'entreprise et de la place disponible.

Il n'est pas rare de voir, également, une implantation des machines en fonction du trajet suivi par les visiteurs et les clients : les machines les plus modernes à proximité des couloirs de circulation.

Dans ce type d'entreprises, il en résulte souvent une grande perte de temps dû au transfert désordonné des produits dans l'atelier.

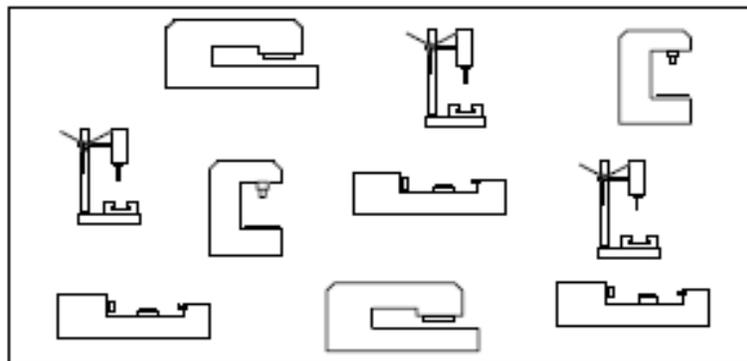


Figure II.5 : Déplacements des produits [7]

II.3.2.3. Implantation d'atelier en processus :

Une première idée d'organisation consiste à regrouper les équipements ou les compétences par type de processus de production. Le produit circule entre tous ces regroupements de machines en fonction de son processus d'élaboration. Il est possible, alors, d'être conduit à traverser toute l'usine pour amener les pièces du magasin au lieu de production. Il en résulte des délais de transfert importants et donc un gaspillage de temps. L'analyse de Carter que nous avons déjà citée a montré que c'est dans ce type d'organisation, les temps inter opératoires représentent jusqu'à 95 % du cycle moyen d'une pièce dans l'atelier. Pourtant, 70 à 80 % des entreprises sont organisées de cette manière.

Cette organisation appelée quelquefois « job-shop » est plus connue sous le nom d'organisation par sections fonctionnelles, par sections homogènes ou par ateliers technologiques.

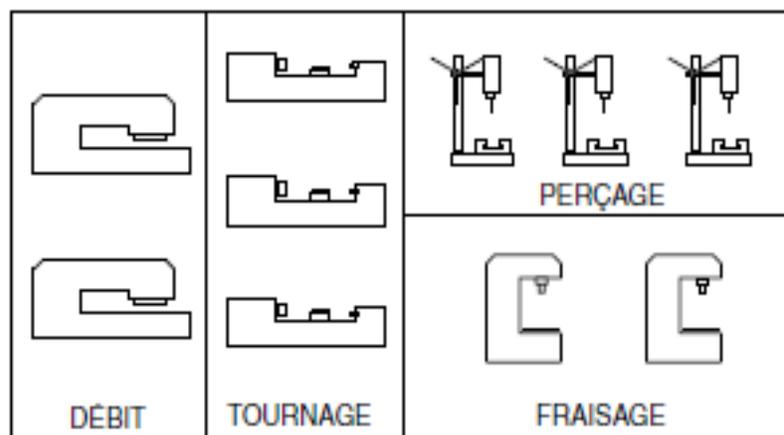


Figure II.6 : Implantation d'atelier en processus [7]

II.3.2.4. Implantation d'atelier à débit de produit :

Le produit en cours de fabrication est déplacé par un transporteur (tapis roulant ou moyen similaire) d'un poste de travail à l'autre et est progressivement fabriqué. Ce type d'organisation, qui convient à une production de masse, manque relativement de flexibilité. Dans ce type de disposition, il est principalement recherché un bon équilibre de la vitesse de circulation des produits compte tenu des temps de travail à chaque poste et de leur implantation géographique. Cette organisation est appelée quelquefois « flow-shop ».

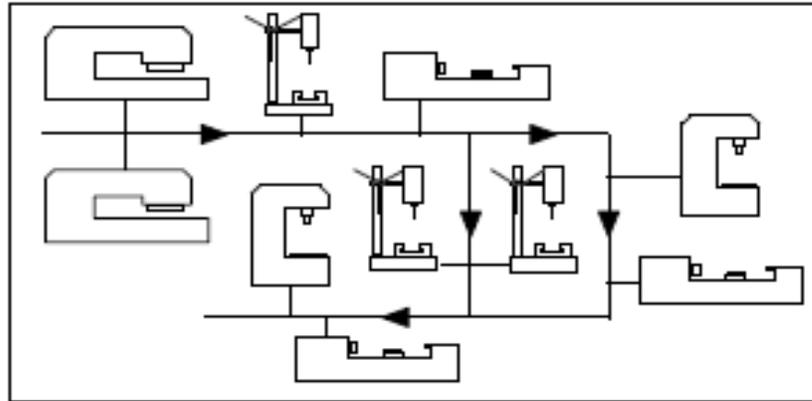


Figure II.7 : Implantation d'atelier à débit de produit [7]

Par extension, ce type d'organisation est utilisé lorsque l'on cherche à mettre en œuvre les outils du Juste A Temps, comme le Kanban, et à avoir des lignes de produit. L'automatisation des moyens de transfert n'est plus alors le maître mot, mais on vise principalement à diminuer les temps interopérateurs en rapprochant les postes de travail qui s'enchaînent naturellement.

II.3.2.5. Implantation d'atelier en îlots :

Lorsque l'atelier permet la fabrication de produits de natures relativement différentes, il est possible de regrouper les machines en ensembles de fabrication spécialisés par type de produits. Ces ensembles s'appellent des îlots et peuvent être disposés eux-mêmes suivant les trois types d'organisation décrits précédemment.

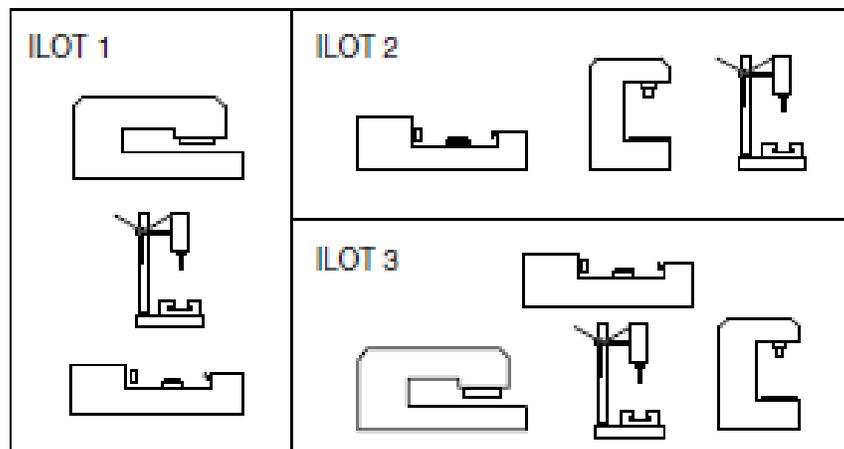


Figure II.8 : Implantation d'atelier en îlots [7]

II.4. Méthode d'implantation d'atelier :

II.4.1. Démarche générale d'implantation :

Il est évident qu'une disposition aléatoire de l'atelier est fortement déconseillée car une bonne étude d'implantation peut permettre des gains importants dans les temps de fabrication.

Dans un premier temps, il faut chercher à implanter les points de stockage de façon à minimiser, non seulement les temps de transports des pièces aux postes de production, mais aussi les temps de déchargement ou de chargement des moyens de livraison ou de distribution.

Ensuite, il faut chercher à disposer les postes de travail de façon à minimiser les temps de transfert des produits entre ces postes. Il n'y a pas « une bonne solution » d'implantation d'atelier mais il existe plusieurs types d'organisation permettant d'intégrer les contraintes de production, de gestion et d'organisation des services.

► *Détermination des processus de production*

Cette étape consiste à déterminer les familles de pièces qui sont réalisées dans le système de production. Cette analyse peut être faite par analyse de la demande du marché et/ou par une analyse de type technologie de groupe. À chaque famille correspond une gamme de réalisation caractéristique.

► *Analyse des processus*

Plusieurs techniques permettent de déterminer l'implantation de l'atelier. Elle se regroupe en deux grandes familles : celles qui recherchent à optimiser les échanges entre les postes et celles qui conduisent à une mise en ligne des moyens (nous ne présenterons, ici, la méthode la plus connue de chaque famille : la méthode des chaînons et la méthode des gammes fictives).

► *Implantation théorique*

Cette étape consiste à déterminer, sur une trame architecturale, la position des postes de travail sans se soucier de leurs implantations réelles. Il sera plus particulièrement privilégié l'analyse des communications entre les postes.

► *Prise en compte des contraintes techniques*

L'implantation théorique peut nous fournir plusieurs solutions acceptables. Cette étape consiste à choisir l'implantation la mieux adaptée en fonction de contrainte de génie civil (localisation des services, surfaces disponibles, emplacement des allées...) et/ou de choix technologiques (mise en place de convoyeurs partageables...).

II.4.2. Méthodes d'implantation :

Il existe plusieurs méthodes d'implantation d'atelier qui privilégient, chacune d'entre elles, un type d'implantation.

- Méthode d'implantation générale : la plus connue est la méthode des chaînons. Cette méthode n'est pas dédiée à un type particulier d'implantation, mais vise à répartir les postes de travail en évitant, dans la mesure du possible, les croisements de flux et en cherchant à avoir des distances constantes de transfert entre les postes.
- Méthode de mise en ligne de production : la plus connue est la méthode des gammes fictives. Cette méthode vise à disposer les moyens de production de telle façon que le flux de production est toujours dirigé dans une direction donnée.
- Méthode de mise en îlot de production : il existe plusieurs méthodes matricielles ayant cet objectif (méthode de Mac Cormick, algorithme GPM...). De nombreuses études sont menées sur ce sujet et il n'y a pas de méthode qui sort vraiment du lot.

II.4.2.1. Méthode des chaînons :

Un chaînon représente un chemin faisant l'objet de manutentions réellement exécutées entre deux postes de travail. Un poste de travail possède autant de chaînons qu'il existe de postes de travail avec lesquels il échange des pièces.

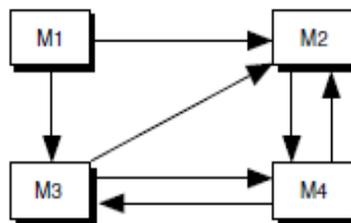


Figure II.9 : Représentation d'un chaînon. [7]

Dans notre exemple :

- M1 possède 2 chaînons,
- M2 en possède 3...

Une liaison caractérise le trafic sur un chaînon exprimé en nombre de manutentions par unité de temps.

► Détermination des processus de production

L'analyse de la production d'un atelier nous donne l'échantillon représentatif suivant :

P1	P2	P3	P4	P5	
10 M4	10 M4	10 M1	10 M1	10 M4	
20 M2	20 M1	20 M6	20 M6	20 M7	
30 M6	30 M6	30 M3	30 M5	30 M1	
40 M5	40 M5	40 M5	3 liaisons		
2 liaisons		5 liaisons		3 liaisons	

Figure II.10 : Exemple de processus d'étude. [7]

► Analyse des processus

Cette étape consiste à renseigner un tableau des chaînons à double entrée suivant :

Entre	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
M7	5 3			5 3			2 6
M6	2 3 4 5 2 3	1 2	3 2		1 2 4 2 5 3	4 24	
M5			3 5 2 3		2 15		
M4	2 5	1 2		3 10			
M3	5 3		3 10				
M2		2 4					
M1	4 21						

Figure II.11 : Tableau des chaînons. [7]

Ce tableau est obtenu en appliquant le raisonnement tel que décrit dans le détail d'une ligne de ce tableau suivant :

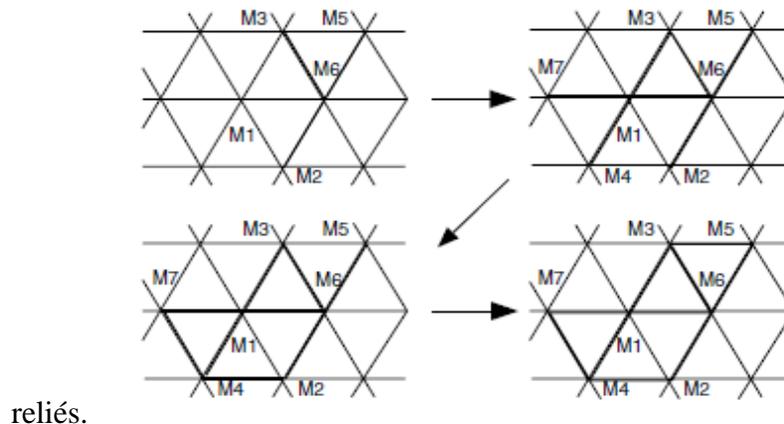
Entre	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
M7	5 3			5 3			2 6

Numéro produit
Nombre de liaisons
Nombre de chaînons

Nombre de liaisons
Nombre de chaînons

Figure II.12 : Détail d'une ligne du tableau des chaînons. [7]

► *Implantation théorique* : On commence par placer le poste qui totalise le plus grand nombre de chaînons (M6). On dispose autour de lui, par ordre de priorité, les postes qui lui sont directement



reliés.

Figure II.13 : Construction de l'implantation théorique. [7]

Nous procédons de la sorte jusqu'à ce que tous les postes soient placés pour obtenir l'implantation théorique suivante :

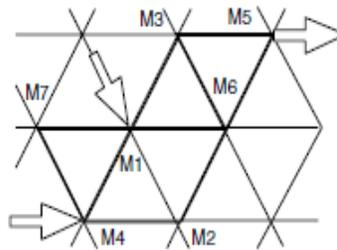


Figure II.14 : Résultat de l'implantation théorique. [7]

Il est possible de trouver plusieurs implantations acceptables suivant la manière dont on dispose les postes sur le canevas de travail.

► *Prise en compte des contraintes techniques*

L'implantation théorique peut nous fournir plusieurs solutions acceptables (voir figure

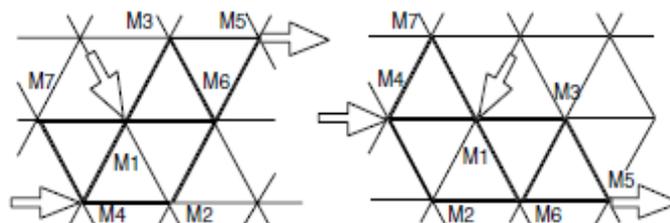


Figure II.15 : Prise en compte des contraintes techniques. [7]

Cette étape consiste à choisir l'implantation la mieux adaptée en fonction de contrainte de génie civil (localisation des services, surfaces disponibles, emplacement des allées...) et/ou de choix technologiques (mise en place de convoyeurs partageables...).

II.4.2.2. Mise en ligne de production :

► Présentation :

Cette méthode permet de créer une ligne de fabrication permettant de réaliser des produits ayant des gammes très proches. Cette ligne doit permettre l'écoulement des pièces dans un sens unique de circulation.

► Analyse des processus :

On crée une gamme fictive à partir de la gamme la plus longue. Ensuite, gamme après gamme, on vérifie s'il est possible de réaliser le produit. Si nécessaire, on intercale dans cette gamme fictive le, ou les, poste(s) qui permet (tent) d'assurer la réalisation. À ce stade, il peut être nécessaire de dupliquer les postes.

En raisonnant sur le même exemple que précédemment :

On part de la gamme P5 : M4 M7 M1 M3 M5

Pour réaliser P2, P3 et P4, on intercale M6 entre M1 et M3 :

M4 M7 M1 M6 M3 M5

Pour réaliser P1 on intercale M2 entre M4 et M7 ou entre M7 et M1; ce qui nous donne la gamme fictive finale :

M4 M2 M7 M1 M6 M3 M5

► Implantation théorique

L'implantation théorique revient à construire la ligne de fabrication qui correspond à la gamme fictive. Toutefois, la localisation du magasin ou l'unicité d'un moyen que l'on avait été amené à dupliquer au cours de la méthode peut nous conduire à proposer différentes formes de lignes de production :

Production linéaire. Dans le cas de magasins d'entrée et de sortie différents et éloignés.



Figure II.16 : Production linéaire[7]

Production en U. Dans le cas de magasins d'entrée et de sortie différents et très proches ou identiques.

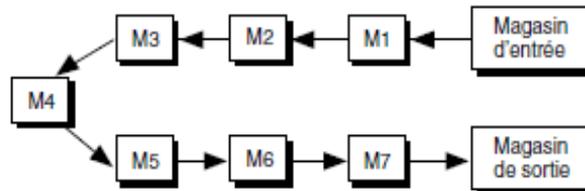


Figure II.17 : Production en U. [7]

Production en U avec point de recouplement. Cas d'un poste de travail dupliqué fictivement pour la méthode.

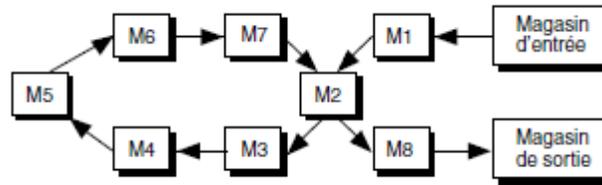


Figure II.18 : Production en U avec point de recouplement. [7]

Production en arbre. Cas d'implantation très proche de la nomenclature du produit.

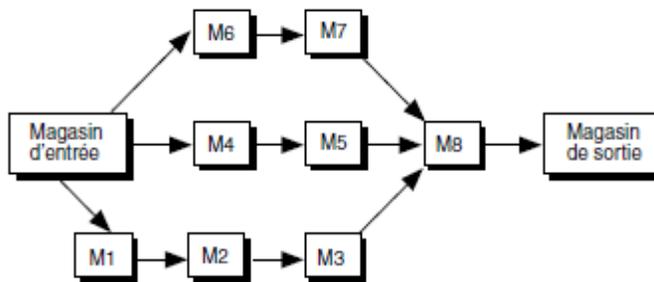


Figure II.19 : Production en arbre. [7]

► Prise en compte des contraintes techniques

Cette étape consiste à choisir, comme pour la méthode précédente, l'implantation la mieux adaptée en fonction des contraintes de génie civil (localisation des services, surfaces disponibles, emplacement des allées...) et/ou de choix technologiques (mise en place de convoyeurs partageables...).

II.4.2.3. Mise en îlots de production :

L'organisation ou la réorganisation d'un atelier en juste-à-temps est entièrement basée sur les principes de la technologie de groupes appliquée à l'étude des flux de production. Ces flux sont en fait les gammes de fabrication associées aux pièces que l'entreprise produit.

Pour un très grand nombre d'entreprises, de secteurs industriels très différents, ces flux sont beaucoup plus similaires qu'on pourrait croire.

Par une étude systématique des gammes, on peut identifier des familles de pièces qui ont des flux similaires et regrouper les machines requises en un îlot. On pourrait ainsi avoir plusieurs îlots dédiés à des familles différentes de pièces. Au sein des îlots, on fait circuler un produit à la fois d'une machine à l'autre.

La définition des îlots de fabrication s'effectue en deux étapes :

- identification des machines et des pièces susceptibles de former un îlot ; cette étape est réalisée sans tenir compte de la séquence de fabrication de chaque pièce sur les équipements choisis ;
- pour chaque îlot on examine les flux détaillés de chaque pièce en essayant de linéariser ces flux ; on vérifie aussi la capacité de production de chaque cellule en contrôlant son équilibrage ou en calculant ses besoins en capacité par rapport aux quantités à fabriquer.

La démarche consiste à préparer une matrice où l'on indique par le chiffre « 1 », quelle pièce (ou groupe similaire de pièces) passe sur quelle machine. À partir de cette matrice, il s'agit de regrouper des familles de pièces qui sont produites par un sous-groupe de machines (ce qui deviendra l'îlot).

II.4.2.4. Méthode Mac Cormick :

Les données de départ sont regroupées dans une matrice dans laquelle les produits sont en lignes et les postes en colonnes. L'objectif de cette méthode est de transformer cette matrice de base pour la structurer en sous-matrices disjointes (qui définiront les îlots), disposées sur la diagonale et comportant une forte densité de « 1 ». Cette méthode consiste à :

- modifier l'ordre des lignes en rapprochant celles qui se ressemblent puis
- modifier l'ordre des colonnes en rapprochant celles qui se ressemblent.

La difficulté de cette méthode réside dans la détermination des critères de ressemblance.

Pour exemple, étudions un système de production de 6 produits différents réalisés sur 6 postes de travail (notés de M1 à M6). Les informations des gammes de ces 6 produits nous permettent de construire la matrice suivante :

	M1	M2	M3	M4	M5	M6
P1	1	1		1		
P2			1		1	
P3	1	1				1
P4	1	1		1		
P5			1		1	
P6		1	1		1	

Nous observons que :

- les lignes P1 et P4 sont strictement identiques ;
- la ligne P3 ressemble à P1 et P4 ;
- les lignes P2 et P5 sont strictement identiques ;

- la ligne P6 utilise M2 en plus des mêmes moyens que P2 et P5.

Par permutation des lignes, nous obtenons la nouvelle matrice suivante :

	M1	M2	M3	M4	M5	M6
P1	1	1		1		
P4	1	1		1		
P3	1	1				1
P2			1		1	
P5			1		1	
P6		1	1		1	

Ensuite, nous observons que :

- les colonnes M3 et M5 sont identiques ;
- les colonnes M1, M2 et M4 se ressemblent ;
- la colonne M6, relativement différente, pourrait s'apparenter avec les colonnes M1 et M2.

Par permutation des colonnes, nous obtenons la nouvelle matrice suivante :

	M1	M2	M4	M6	M3	M5
P1	1	1	1			
P4	1	1	1			
P3	1	1		1		
P2					1	1
P5					1	1
P6		1			1	1

De l'analyse de cette matrice résultante, il est possible d'envisager 2 îlots :

- l'îlot 1 comporterait les postes M1, M2, M4 et M6 et
- l'îlot 2 comporterait les postes M3 et M5.

Le poste M6, n'étant utilisé que pour la réalisation du produit P3, a été rattaché à l'îlot 1 pour éviter des échanges inter îlots lors de la réalisation de ce produit. Par contre, pour la réalisation du produit P6, il faudra envisager des échanges inter îlots.

Pour éviter ces échanges inter îlots, il faudrait dupliquer le poste M2 dans l'îlot 2 ou modifier la gamme de fabrication du produit P6. Il aurait été possible de nous aider dans le choix de la solution en remplaçant les « 1 » de la matrice par les temps effectifs d'utilisation des moyens. [7]