

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE ABOUBAKR BELKAID TLEMCEN

FACULTE DES SCIENCES ECONOMIQUES DE GESTION ET  
DES SCIENCES COMMERCIALES

Thèse de Magister en sciences économiques  
Option : Recherche Opérationnelle et Management des Entreprises

**GESTION DES OPERATIONS ET DE LA PRODUCTION :  
CAS DE L'ENTREPRISE DES EAUX MINERALES MANSOURAH**

Présentée par :  
Mme KHELIL Chafika née BOUDGHENE TANI

Sous la direction de :  
Mr le Professeur BELMOKADDEM Mostéfa

Devant le jury composé de :

M. TCHOUAR Kheireddine	professeur université de Tlemcen	Président
M. BELMOKADDEM Mostéfa	professeur université de Tlemcen	Encadreur
M. KERZABI Abdellatif	maître de conférences université de Tlemcen	Examineur
M. YAHIA BERROUGUET Abdelkrim	maître de conférences université de Tlemcen	Examineur

Année Universitaire : 2010 – 2011

## **Remerciements**

Je tiens tout d'abord à remercier Mon DIEU qui m'a donné le courage et la force pour terminer mes études.

Je remercie infiniment mon encadreur, Mr. BELMOKADEM MUSTAPHA, pour l'encadrement, son suivi et ses orientations pendant la préparation de mon mémoire.

Je remercie aussi Mme S.DIB qui m'a ouvert ses portes, durant mon stage pratique.

Mes remerciements vont aussi à mes enseignants de la faculté des sciences économiques de Tlemcen.

A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

C.KHELIL

## **Introduction générale :**

De tous temps, les entreprises ont dû gérer leurs productions pour imposer leur efficacité. Ainsi, le rôle de la gestion de production est aussi ancien que l'entreprise elle-même. On peut dater les premières réelles expériences en matière de gestion de la production au moment de la réalisation des premières pyramides égyptiennes. Ces grands chantiers ont suscité les premières réflexions dans le domaine des approvisionnements, des ressources humaines mais aussi la standardisation des tâches.<sup>1</sup>

Dans le contexte actuel de la mondialisation et l'environnement socio-économique instable caractérisé par une concurrence sévère, une demande de plus en plus variée, les entreprises se trouvent contraintes d'être plus performantes en plus réactives. Il s'ensuit que la prise de décision est plus compliquée parce que la formulation des problèmes est plus complexes et que la cohérence entre ces décisions est plus difficile à assurer.<sup>2</sup> Pour cette raison là, la gestion de la production occupe aujourd'hui une place prépondérante dans le management des entreprises et le recours aux méthodes appropriées de gestion de la production reste indispensable pour garantir la satisfaction des besoins voire la pérennité de l'entreprise.

L'ouverture de l'Algérie sur l'économie de marché, les accords pour l'adhésion à l'OMC ainsi que la création d'une zone de libre échange Euro-méditerranéenne vont induire l'ouverture des frontières aux produits extérieures ce qui va soumettre par conséquent l'économie du pays à une concurrence très rigide qui requiert une mise à niveau des entreprises en terme de capacités managériales, de technologies et d'innovation, de qualité de produits et services.

Certes, les réformes économiques et les plans d'assainissement entrés en vigueur depuis l'an 2000 ont contribué à la croissance économique du pays.

---

<sup>1</sup> Alain Courtois, Maurice Pillet, Chantal Martin-bonnefous, « Gestion de production », éditions d'organisations, 4<sup>ème</sup> ed.2003,p1

<sup>2</sup> Vincent Giard , « gestion de la production et des flux »,economica,3<sup>ème</sup> ed.2003,p7

Néanmoins, ils existent encore des entreprises mal gérées qui restent influencées par la gestion socialiste et qui manquent de managers performants.

Il apparaît donc que le rôle du manager au sein de l'entreprise est d'une grande importance pour assurer une bonne gestion à tous les niveaux et pouvoir répondre par la suite aux besoins sociaux économiques afin d'assurer la pérennité des entreprises et résister aux influences internes et externes.

Dans cette perspective, la prise de décisions relatives à la fonction de la production devient de plus en plus difficile et la gestion de la production prend de l'ampleur puisque il faut répondre à la demande avec une grande diversité de produits et au plus juste coût, avec une qualité élevée et dans des délais plus courts.

À cet effet, il faut doter les entreprises algériennes de méthodes de gestion appropriées pour permettre aux gestionnaires de prendre de bonnes décisions afin d'atteindre ses objectifs avec une meilleure utilisation des ressources disponibles et en prenant en considération tous les éléments qui peuvent affecter ces décisions.

Les techniques de la planification et les méthodes de gestion de la production ont fait leurs preuves dans les pays développés dans le secteur industriel depuis très longtemps, alors qu'au niveau des entreprises algériennes, ces techniques restent de nos jours difficiles à introduire.

A la lumière de ce qui a été cité précédemment, nous formulons notre problématique :

**Comment expliquer la rigidité des systèmes de production au niveau des entreprises algériennes et qui empêche par conséquent l'intégration des nouvelles techniques de gestion ?**

Pour résoudre cette problématique nous avons émis les hypothèses suivantes :

- La gestion de la production et des opérations se place au cœur de la stratégie de l'entreprise.

- Les décisions liées à la gestion de la production nécessitent l'utilisation des techniques scientifiques pour l'aide à la prise de décisions.
- L'utilisation de ces méthodes est confrontée à certaines contraintes (managériales, environnementales...)

Ces méthodes permettent au manager de prendre des décisions efficaces et efficientes en matière de gestion de la production pour réaliser les objectifs de l'entreprise et pouvoir répondre à une demande fluctuante dans un environnement très concurrentiel.

Pour intégrer les entreprises algériennes dans un environnement pareil, il nous a semblé utile de présenter au manager algérien quelques méthodes qui aident à la prise de décisions dans ce modeste travail.

Pour ce faire, nous avons organisé notre travail en quatre chapitres :

-Le premier chapitre intitulé « Le champs de la gestion des opérations et de la production ». Ce chapitre comporte deux sections, la première contiendra des généralités sur la gestion de la production, l'évolution historique et le rôle de cette fonction au sein de l'entreprise ainsi que les décisions concernant la gestion de la production.

La deuxième section parlera des typologies des systèmes productifs.

-Le deuxième chapitre « système opérations-production » discute les décisions stratégiques liées à la gestion de la production. Il est scindé en trois sections. La première parle de la conception des produits et des méthodes de la conception. La deuxième aborde la capacité de production. Dans la troisième section nous exposerons la localisation et l'aménagement des centres de production en présentant deux méthodes d'implantation.

- Le troisième chapitre intitulé « techniques de planification de la production » présente trois méthodes de gestion ou des techniques de planification qui aident à la prise de décisions.

- MRP (Manufacturing Resources Planning)
- JAT (Juste-à-temps)

- La programmation linéaire

On va parler aussi brièvement dans ce chapitre des prévisions des ventes. Enfin, pour mener à bien notre recherche, nous avons consacré le quatrième chapitre à une étude de cas à l'entreprise des eaux minérales Mansourah (E.M.M).

La première section comportera une présentation historique de l'entreprise ainsi que les résultats de son activité au cours de ces dernières années.

La deuxième section comporte une proposition d'une méthode d'aide à la prise de décisions « la programmation linéaire » ainsi qu'une méthode de prévision.

# CHAPITRE I :

LE CHAMP DE LA GESTION DES OPERATIONS ET DE LA  
PRODUCTION

Section1 : Généralités sur la GOP

Section2 : Typologies des systèmes de production

## **Introduction**

Dans le contexte actuel avec l'intensification de la concurrence internationale, l'offre est considérablement excédentaire par rapport à la demande et par conséquent, le client devient de plus en plus exigeant. Ceci implique pour l'entreprise de répondre à la demande avec précision en temps voulu à un coût déterminé et une qualité élevée.

Par ailleurs, l'obtention d'un meilleur compromis entre "Prix, Délai, Qualité" relève de la problématique de la gestion de production.

Dans ce chapitre introductif, nous allons présenter dans une première section quelques notions de base concernant la gestion des opérations et de la production, un panorama du développement historique de la gestion de la production au fil du temps ainsi que la place qu'occupe cette fonction au sein des entreprises.

Nous esquisserons aussi dans une deuxième section les principaux modes de production.

# **Section 1: Généralités sur la gestion des opérations et de la production**

## **1/ Concepts de base :**

Avant de définir ce qu'est la gestion de la production, il est utile de présenter une définition de la production.

"La production est une transformation de ressources appartenant à un système productif et conduisant à la création de biens ou de services "<sup>3</sup>

La production est l'activité première de l'entreprise

"Elle consiste à transformer, assembler des matières et des composants pour proposer des biens et des services"<sup>4</sup>

Donc la notion de la production est fondée sur l'utilisation et la transformation des ressources afin de créer des biens ou des services.

Les ressources mobilisées dans le processus de production peuvent être de quatre types : <sup>5</sup>

- des équipements (bâtiments, machines, outillage, etc.) ;
- des hommes (opérateurs intervenant soit directement dans le processus de transformation, soit indirectement pour en permettre le bon déroulement ou même l'existence, ce qui correspond à des activités dites de support) ;
- des matières (matières premières, composants, etc.) ;
- des informations techniques ou procédurales (gammes, nomenclatures, consignes, procédures, etc.) ou relatives à l'état et à l'utilisation du système productif (ce qui permet de programmer la production et de réagir aux perturbations observées).

---

<sup>3</sup> Vincent Giard.gestion de la production et des flux.3<sup>ème</sup> édition p41

<sup>4</sup> R.brennemeann S.Sépari.économie d'entreprise.dunod.paris2001p297

<sup>5</sup> V.Giard. op cité p41

« La production est une activité, un processus qui rend les biens utiles, c'est-à-dire susceptibles de satisfaire les besoins humains. La création d'utilités peut être considérée sous deux aspects : un aspect technique et un aspect économique »<sup>6</sup>

Du point de vue technique, la production recouvre l'ensemble des opérations nécessaires à l'élaboration d'un produit à partir des matières premières disponibles.

Du point de vue économique, la création d'utilités s'étudie au regard du résultat attendu par le consommateur comme par le producteur, autant au niveau individuel qu'au niveau collectif.

Cette définition repose sur l'idée de l'utilité, considérant la production comme un processus de transformation de biens afin de satisfaire les besoins humains. La création d'utilités satisfait les besoins du consommateur en répondant à ses désirs ainsi que le producteur par la vente de ses produits.

Quant à la gestion de la production, "la gestion de la production analyse la manière dont s'effectuent la combinaison et la transformation des facteurs en fonction des objectifs poursuivis"<sup>7</sup>

Parmi les définitions de la gestion de la production, on retient celle de V. Giard.

"La gestion de production a pour objet la recherche d'une organisation efficace de la production de biens et de services"<sup>8</sup>

Aussi bien que l'organisation, la gestion de la production on comprend le pilotage de cette fonction.

Il s'avère à ce compte-là que la gestion de la production englobe toutes les activités qui participent à la conception, la planification et le contrôle des

---

<sup>6</sup> L.BOYER. M POIREE. E.SALIN. Précis d'organisation et de gestion de la production. Editions d'organisation.Paris1982.p25

<sup>7</sup> Pascal Laurent. François Bouard. Economie d'entreprise. Edition d'organisation. Tome 1 p 195

<sup>8</sup> V.Giard op cité p44

opérations pour la réalisation de biens ou de services en vue d'attendre les objectifs de l'entreprise.

Quand on parle de la gestion des opérations et de la production, on peut pas passer outre à la notion des flux.

En effet, la production s'intéresse essentiellement à deux types de flux : flux physiques, flux d'informations <sup>9</sup>

### **Flux physiques :**

L'entreprise achète des matières premières et les transforme en produit en passant par un processus de fabrication.

### **Flux d'informations :**

Les flux informationnels accompagnent conjointement les flux physiques, ils peuvent être des documents, des ordres de fabrication, des données informatiques ...

## **2/ Evolution historique de la gestion des opérations et de la production**

La révolution industrielle au 19<sup>e</sup> siècle a permis de transiter d'une économie traditionnelle qui repose sur l'agriculture à une économie basée sur la production mécanisée, et avec le développement de la machinerie et de l'automatisation, la gestion de production a connu un grand essor.

A la fin du 19<sup>e</sup> siècle, les idées de la rationalisation du travail sont apparues dans le cadre de ce qu'on appelle le Taylorisme.

En fait, le Taylorisme est tiré de l'ingénieur américain Frederick Winslow Taylor (1816-1915) <sup>10</sup> père du management scientifique et le premier à avoir étudié scientifiquement le travail par une méthode qui repose sur la division du

---

<sup>9</sup> Alain Courtois. Maurice Pillet. Chantal Martin-Bonnefous. gestion de production. 4<sup>ème</sup> édition p6

<sup>10</sup> Anne Gratacap. la gestion de la production. Dunod. Paris 2002 p13

travail en tâches simples et répétitives, tout en se basant sur des principes qu'il exposa dans son œuvre « Principales of Scientific Management" en 1911<sup>11</sup>

Parmi les grands principes<sup>12</sup> qui caractérisent le Taylorisme on cite :

- la décomposition du travail (Parcellisation) en activités élémentaires afin d'éliminer les tâches inutiles.

- la division du travail en tâches élémentaires très restreintes, puis les affecter aux mêmes travailleurs de façon à augmenter leurs habiletés.

Il est à noter qu'Adam Smith en 1776, a bien démontré les avantages de division du travail pour la fabrication des épingles.

- les temps imposés pour accomplir le travail dans les temps voulus (Chronométrage).

- l'individualisation des postes, c'est-à-dire que chaque poste de travail est conçu de sorte que l'ouvrier puisse effectuer son travail sans avoir à échanger avec ses pairs.

- La séparation entre la conception, l'exécution et le contrôle des tâches, c'est-à-dire que la direction se charge de la gestion et les opérateurs se contentent d'exécuter leurs tâches.

Ce sont pratiquement, ces principes qui ont donné naissance à l'organisation scientifique du travail (OST) et qui ont également révolutionné l'approche de la productivité.

Le Taylorisme a prouvé son efficacité au sein des entreprises américaines durant longtemps, cependant, les principes sur lesquels se fondait ce dernier ont été mis en cause d'autant plus que ce système industriel déshumanise le travail et démotive les ouvriers ce qui a favorisé l'apparition d'un nouveau courant de pensée : l'Ecole des Relations Humaine [Elton Mayo (1880-1949)]<sup>13</sup> qui insistait sur l'importance du facteur humain dans le comportement de l'homme au travail point de vue psychologique (Motivation, relations dans le groupe, ...) et non

---

<sup>11</sup> Anne Gratacap op cité p13

<sup>12</sup> P Laurent.F Bouard op cité p26

<sup>13</sup> P Laurent F Bouard.op cité p27

seulement physiologique (mouvements, les temps, les gestes, ...) comme le suggérait Taylor.

Vient après Henry Ford qui a élaboré une nouvelle méthode de travail industriel : le fordisme caractérisé par la production de masse.

Henry Ford a inventé le principe de la chaîne de montage dans les années 1920<sup>14</sup>, et a instauré également le principe de standardisation en permettant de produire en grande séries et de réduire les coûts de production, ce qui a entraîné en contrepartie un accroissement de la production et de la productivité.

A partir de 1945, de nombreuses techniques issues de théories mathématiques sont mises au point par le professeur Patrick Blackett et son groupe de Manchester<sup>15</sup> pour résoudre certains problèmes d'organisations des opérations militaires tels que l'implantation optimale de radars de surveillance dans le cadre de la Recherche Opérationnelle.

Ces techniques de recherche opérationnelle aidant à la prise de décision se sont rapidement propagées pour toucher plusieurs domaines de gestion de l'entreprise notamment la gestion de la production grâce à l'essor de l'informatique.

A partir des années 1970, le système classique Taylorien-Fordien commence à atteindre ses limites en raison de la concurrence et l'incapacité du système à répondre à la diversification de la production, il a fallu donc repenser ce système rigide et envisager un système susceptible de répondre à une demande de plus en plus exigeante et variée par une production flexible.

Pour répondre à ces contraintes dont la flexibilité, les usines japonaises ont instauré un nouveau modèle "Le juste-à-temps".

---

<sup>14</sup> G Baglin.Olivier Bruel.Alain Garreau.Michel Greif.Laoucine Kerbache.Christian Van Delft.ma nagement industriel et logistique.4<sup>ème</sup> édition p15

<sup>15</sup> JP Vedrine.E Bringuier.A Brisard.techniques quantitatives de gestion.Vuibert 1985 p6

Le concept du juste-à-temps (JAT) a été développé au Japon au sein de l'usine Toyota, dans les années 1950, par Taichi Ohno et avait comme motivation principale une élimination des gaspillages à tous les niveaux <sup>16</sup>

La philosophie japonaise se résume par une idée simple : "Il faut produire ce dont on a besoin juste au bon moment" <sup>17</sup> ni trop tôt, ni trop tard.

Et c'est ainsi que la gestion des opérations et de la production s'est développée au fil du temps.

### **3/ Place de la gestion des opérations et de la production (GOP) dans l'entreprise**

Dans un environnement économique instable, avec l'accentuation de la concurrence et le changement permanent de la demande, la GOP occupe une place de grande envergure au sein des entreprises.

En effet, l'activité fondamentale de l'entreprise est de produire des biens ou des services afin de satisfaire les besoins du marché.

Néanmoins, la réalisation de cet objectif requiert la mise en place de moyens matériels, financiers et humains importants qu'il faut organiser.

Ces moyens doivent être payés pour créer une valeur ajoutée, c'est ce que normalement doit assurer la fonction financière. Dans le cas contraire, cette fonction peut affecter les activités de la production si elle est mal exploitée.

Pour produire, la disponibilité de matières premières est nécessaire, c'est bien alors à la fonction d'achat d'assumer cette responsabilité pour mieux répondre aux besoins de l'entreprise en matière de production et à mener bien ses opérations.

---

<sup>16</sup> Michel Nakhla. L'essentiel du management industriel. Dunod. Paris 2006 p127

<sup>17</sup> G Baglin. Olivier Bruel op cité p16

La GOP ne peut pas assurer la commercialisation des produits, c'est pourquoi le recours au marketing reste indispensable.

C'est à travers cette fonction que les besoins peuvent être identifiés et satisfaits.

Certes, la politique marketing fondée sur la satisfaction des désirs des clients préconise à augmenter constamment le nombre de produits, les options, les exigences de qualité aussi de raccourcir la durée de vie des produits, ainsi que les délais de fabrication et de livraison, mais cela n'empêche pas de pallier l'impact négatif de cette politique sur la GOP qui peut se traduire par une obsolescence des procédés, difficulté de planification, augmentation des stocks, diminution de la qualité.

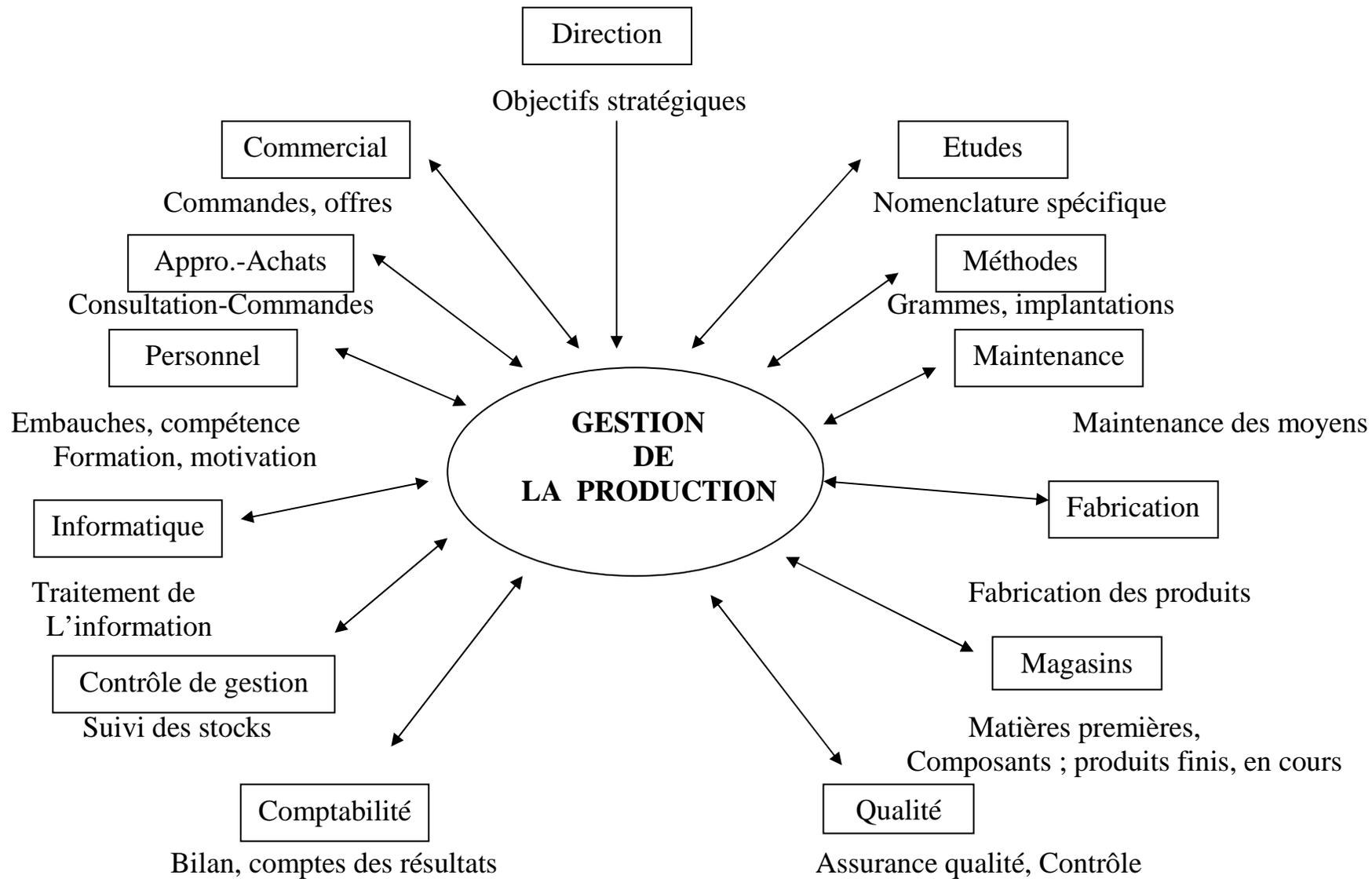
Une bonne gestion de production est la résultante d'une bonne gestion des ressources humaines car, seule l'activité humaine est véritablement créatrice de valeur (il n'est de ressources que d'hommes)<sup>18</sup> et toute réussite en dépend du facteur humain.

Donc la GOP est une fonction transversale puisqu'elle est en relation avec la plupart des fonctions et la majeure partie des systèmes d'information.

La figure suivante met en évidence la position de la GOP vis-à-vis des autres fonctions.

---

<sup>18</sup> P Laurent.F Bouard op cité p291



**Figure 1 : Place de la GOP dans l'Entreprise**

Source: Alain Courtois, Maurice Pillet, Chantal Martin  
 Gestion de production 4<sup>e</sup> édition p 12

## **4/ Typologies décisionnelles**

En gestion de production, on distingue généralement trois catégories<sup>19</sup> de décisions partant du niveau stratégique au niveau opérationnel.

### **Décisions stratégiques :**

Ces décisions portent sur le long terme, elles sont relatives à la définition de la mission de l'entreprise en premier lieu, la composition du portefeuille de produits, les choix de processus de production et la définition de la stratégie concurrentielle.

Les décisions qui relèvent généralement de l'analyse stratégique présentent de profondes implications sur la fonction de la gestion de production, étant donné l'environnement concurrentiel et les exigences du marché qui influent sur les décisions liées à la définition des produits et leurs processus de conception.

### **Décisions tactiques :**

Elles portent sur le moyen terme et servent à la gestion des ressources de l'entreprise pour réaliser les objectifs prévus. Ces décisions s'inscrivent dans un cadre logique dessiné par les décisions stratégiques. Parmi les décisions tactiques concernant la gestion de la production on cite : la planification de la production qui est une programmation prévisionnelle de la production pour une période qui varie entre 6 et 18 mois, aussi la préparation du plan de transport est une décision tactique.

---

<sup>19</sup> V Giard op cité p44

## **Décisions opérationnelles :**

Comme l'indique son nom, elles sont opérationnelles fréquemment prises, assurent la flexibilité quotidienne nécessaire pour faire face aux fluctuations prévues de la demande et des disponibilités de ressources et réagir aux aléas, dans le respect des décisions tactiques.

La gestion des stocks qui assure la mise à disposition des matières premières et des composants, l'ordonnancement qui consiste en une programmation prévisionnelle détaillée des ressources mobilisées afin de pouvoir exécuter les opérations de production dans les délais et de fournir les produits demandés avec le moindre coût sont des décisions opérationnelles.

La présentation de ces trois niveaux décisionnels dans un cadre hiérarchique révèle la profonde interdépendance entre ces décisions.

## **Section 2 : Typologie des systèmes de production :**

Chaque entreprise industrielle doit choisir et organiser les ressources nécessaires pour la production afin de pouvoir choisir le processus de production. Or le processus de production diffère d'une entreprise à l'autre selon les fins et les moyens de chacune.

Le choix du processus dépend de plusieurs paramètres : nature du produit, environnement, demande, etc. Dès lors, une classification des modes de production reste indispensable pour mieux cerner le type de l'entreprise, et par la suite de mieux choisir les méthodes de gestion de la production.

A ce propos, on présentera dans cette deuxième section une typologie des systèmes productifs.

### **1/ Typologie selon la relation avec le client :**

Cette typologie distingue deux catégories de relation avec le client : production pour stock, production à la commande.<sup>20</sup>

#### **A/ Production pour stock :**

La production est déclenchée par l'anticipation de la demande, donc lorsqu'une commande se manifeste, le client est immédiatement satisfait puisqu'il existe un stock de produit finis.

Dans le cas de la production sur stock, les délais de fabrication sont supérieurs aux délais de livraison et les coûts de production sont plus faibles puisque la production se fait en grande quantité, mais l'inconvénient est que les frais financiers dus aux stocks sont importants.

---

<sup>20</sup> A Courtois.M Pillet op cité p24

En cas de baisse de la demande ou d'obsolescence de produits, les risques de mévente sont inéluctables.

### **B/ Production à la commande :**

La production n'est engagée que si une demande ferme apparaît. Cette situation semble être la plus favorable à l'entreprise car elle lui permet de produire uniquement sur commande, et par conséquent, les stocks sont nuls, ce qu'il lui favorise une diminution des coûts si bien le délai du cycle (achat + fabrication + assemblage + livraison) est inférieur ou égal au délai acceptable par le client.

Le principal inconvénient de la production sur commande, c'est qu'il faut disposer d'un système de production très flexible et qui présente le minimum d'aléas pour pouvoir s'adapter aux perturbations de la demande.

Et là, on revient sur le modèle japonais dont le principe est : qu'il faut acheter ou produire seulement ce dont on a besoin, quand on en a besoin.

Entre ces deux extrêmes, la production à la commande et la production pour stock, il existe un autre type de production, celui de l'assemblage à la commande.

Les composants qui rentrent dans le processus de fabrication en l'occurrence sont standardisés et fabriqués sur stock mais l'assemblage se fait à la commande. Ce type de production peut conduire à des milliers de variantes d'un même produit de base, et cette variété des produits finis s'effectue à partir du choix d'options par le client.

L'exemple typique de ce mode de production est celui de la construction automobile.

## **2/ Typologie selon les modes d'organisation de la production**<sup>21</sup>

### **A/ La production unitaire ou par projet :**

---

<sup>21</sup> V Giard op cité p50

Dans ce cas de production, le produit est unique et complexe en même temps puisque toutes les ressources de l'entreprise sont mobilisées pour le réaliser et ce sur une assez longue période.

C'est le cas des grands projets industriels ou civils comme la construction d'un barrage, d'un avion, ou bien l'organisation d'une manifestation sportive internationale, etc.

Le personnel employé pour ce type de production est généralement qualifié et polyvalent, le problème des stocks est secondaire puisque le produit est livré dès son achèvement.

Néanmoins, la réalisation du projet en un temps minimum avec coût compétitif reste un problème majeur dans ce mode de production.

### **B/ Production par ateliers spécialisés (Job-shop) :**

Un système productif est organisé en ateliers spécialisés lorsque tous les équipements assurant une même fonction technique (percer ou emboutir) sont réunis en un même lieu.

Les exemples en sont les ateliers traditionnels (Menuiserie, Mécanique)

Le produit dans ce type de production circule d'un atelier à l'autre suivant un processus de fabrication.

Un job-shop se caractérise par une grande variété de produits adaptés aux exigences spécifiques de chaque client, mais des volumes de production plutôt faibles ; des équipements non spécialisés peu automatisés mais très flexibles ; une main-d'œuvre qualifiée ce qui permet d'assurer une qualité meilleure.

En effet, l'adoption d'un tel mode de production reste avantageuse en matière de coûts (Coûts fixes modestes et les coûts variables importants), en produisant des quantités relativement faibles.

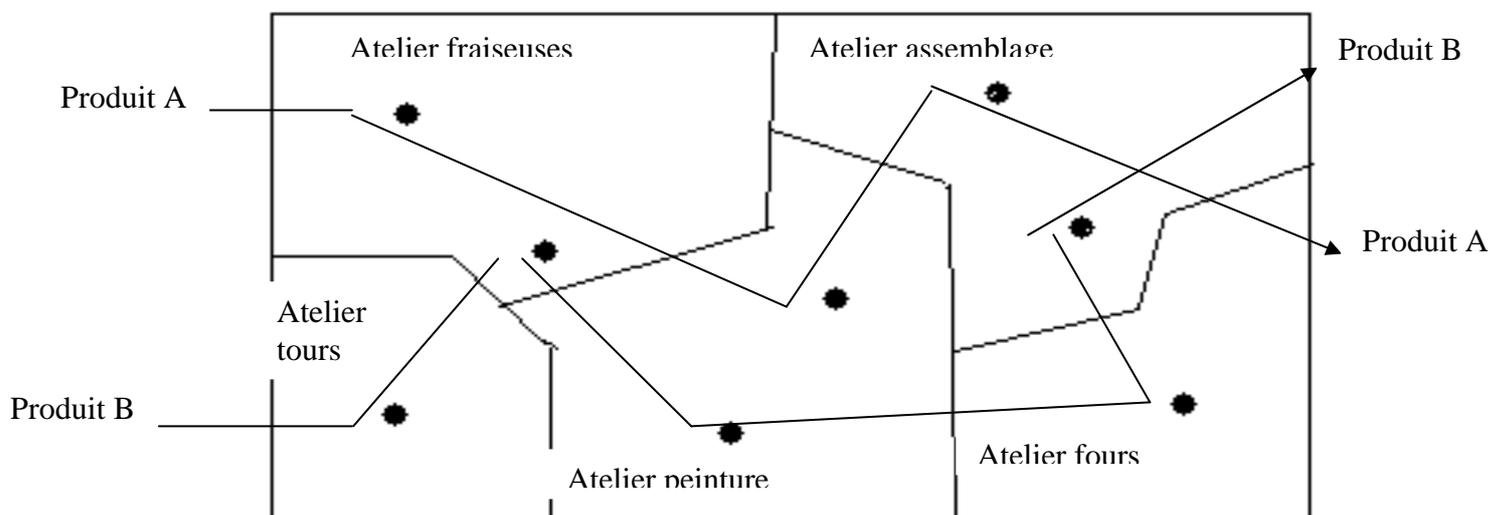
Des problèmes de logistique sont considérables dans ce type de production, tels les coûts de manutention (automatisée ou non), aussi, la production par ateliers spécialisés reste coûteuse compte tenu du niveau élevé d'encours qui conduit à des files d'attente devant les machines, et les réglages nécessaires des équipements avant chaque lot.

Pour faire face à ce genre de problèmes, deux solutions sont proposées :

L'une repose sur la recherche d'une meilleure localisation des centres de production les uns par rapport aux autres, l'autre se base sur le partage de l'usine en cellules organisées.

On en parlera sur les problèmes de localisation dans le deuxième chapitre.

Schéma de principe d'un système productif organisé en ateliers spécialisés.



Source : Vincent Giard – Gestion de la production et des flux 3<sup>e</sup> édition p 52

### **C/ Production en ligne (chaîne de production) :**

Dans ce cas de production, les produits passent par les mêmes postes de travail, suivant les mêmes séquences d'opérations ce qui donne lieu à une fabrication en grande quantité de produits standards ce qui favorise par conséquent la réduction des coûts; la construction automobile, les appareils électroménagers sont des exemples de ce type de production.

Les machines dans un tel système, sont attribuées à une ligne et donc spécifiques à cette ligne, ce qui fait amoindrir la flexibilité du système de production.

Quant aux investissements en équipements et en études de conception du système, ils sont élevés, les produits sont de qualité moyenne vu la main d'œuvre qui est limitée.

Les stocks de matières premières et les stocks des produits finis sont élevés puisque la production se fait pour stock, mais les stocks d'encours sont relativement faibles.

### **D/ Industries de process :**

Les opérations de fabrication d'un produit dans ce type de production sont successives, elles ne peuvent être ni séparées ni arrêtées. Les produits circulent très vite grâce à des systèmes de manutention automatiques (Tuyaux, convoyeurs, etc.)

Parmi les entreprises utilisatrices de ce mode de production, on trouve les raffineries de pétrole, les usines chimiques et les fabriques alimentaires.

Les investissements sont élevés, ils sont exploités 24h/24 afin d'optimiser les équipements et éviter tout arrêt imprévu et des redémarrages d'activité généralement coûteux.

## **Conclusion Chapitre I :**

Confrontée à la mondialisation, à une forte concurrence et une nouvelle économie, la gestion des opérations et de la production occupe aujourd'hui une place prépondérante au niveau des entreprises puisqu'elle s'intéresse aux activités liées aux opérations. Elle a pour objet la réalisation des biens et/ou des services en vue d'atteindre les objectifs de l'entreprise, tout en assurant une gestion efficace et en même temps efficiente des matières, des équipements, des personnes et de la technologie.

Pour la réalisation de ces biens et services l'entreprise doit opter pour un système de production qui s'adapte avec les produits qu'elle désire mettre sur le marché, et qui s'adapte en parallèle avec les moyens qu'elle entend mettre en œuvre pour parvenir à ses fins.

Pour qu'il ait une cohérence entre les fins et les moyens, il faut tout d'abord mettre en place un système productif performant.

# CHAPITRE II :

## LE SYSTEME OPERATIONS-PRODUCTION

Section1 : conception du produit

Section2 : détermination de la capacité de production

Section3 : localisation et aménagement des centres de production

## **Introduction:**

Dans un marché concurrentiel et face à un client exigeant qui souhaite avoir un produit bien spécifique qui s'adapte à ses besoins, les entreprises se trouvent contraintes et forcées de disposer d'un système productif susceptible de répondre à ces besoins dans des délais plus courts avec des prix bas et une qualité irréprochable.

Les décisions relatives au système de production relèvent de la planification stratégique; elles concernent généralement la conception du produit, la capacité de production et la localisation des unités de production.

De là, on a consacré ce chapitre pour discuter ces trois grandes décisions.

## **Section1: conception du produit**

Aujourd'hui, la conception des produits est devenue un enjeu majeur pour les entreprises car, ces entreprises face à des conditions de concurrence féroce sont amenées à répondre à des besoins fonctionnels variés par des produits personnalisés.

Néanmoins, cette diversité commerciale peut conduire à l'augmentation des coûts dans toutes les activités de l'entreprise de la conception à la production en passant par le service commercial et le soutien logistique.

Pour une définition judicieuse d'un nouveau produit à moindre coût, on a recours à des méthodes de conception appropriées.

### **1/processus d'introduction d'un nouveau produit:**

La conception du produit est intimement liée à la politique d'innovation qui comporte deux grandes phases celles de la recherche des idées et de la transformation d'idées en produit nouveau.

La recherche des nouvelles idées est la première étape du processus de conception, cette dernière peut être stimulée par des techniques de créativité<sup>22</sup> (Brainstorming, synectique, l'analyse fonctionnelle...) dans le cas d'une pure innovation.

En fait, la conception du produit nouveau ne dépend pas seulement des innovations pures, au contraire, elle peut concerner des produits déjà existants et ce avec la combinaison des options et des variantes.

Pour la concrétisation des idées, une suite d'étapes<sup>23</sup> s'engage depuis l'étude marketing jusqu'à la mise à disposition du nouveau produit aux clients.

- **L'étude marketing:**

---

<sup>22</sup> Pascal Laurent.François Bouard.op cité p244

<sup>23</sup> G Baglin.A Garreau.op cité p706

Cette étude est très importante du point de vue des services intervenants à la conception du produit (bureau d'études, production...) car elle concourt à bien identifier et traduire les besoins du client pour la conception technique du produit. A partir des besoins et des désirs des clients, un cahier des charges fonctionnels est délivré de façon à préciser les fonctions que doit remplir le produit selon les spécifications et les performances attendues, aussi un prix de vente objectif peut être déterminé pour pouvoir fixer un coût de revient industriel objectif et en déduire la marge bénéficiaire.

- Conception du produit:

Dans cette étape, le cahier des charges fonctionnel se traduit en nomenclatures, pièces, plans... sous la responsabilité du bureau des études.

Pour vérifier les performances techniques et commerciales, le bureau des études réalise un ou plusieurs prototypes. Un coût de revient prévisionnel peut être calculé à cette étape à partir des coûts des matières et composants et les estimations des coûts de fabrication.

- L'industrialisation:

C'est à cette étape où le processus de fabrication sera défini après avoir transmis les plans et les dessins de fabrication relatifs au produit du bureau des études au bureau des méthodes qui va rechercher de quelle manière sera fabriqué le produit au moindre coût en optimisant les matières premières, la main-d'œuvre, le mode opératoire, les postes de travail. Il définit ainsi les gammes opératoires, c'est-à-dire les moyens de production nécessaires.

Il arrive souvent que le bureau des études conçoive des produits qui sont difficiles à fabriquer, en ce cas le bureau des méthodes demande des modifications de conception.

- Fabrication:

Dès que la définition du processus est faite, la fabrication des produits commence.

- Distribution et l'après vente:

Le lancement de fabrication doit être accompagné par le lancement commercial ainsi que par la mise en place de la distribution et de la maintenance après-vente. Il faut créer une documentation technique, former le réseau de réparateurs et mettre à sa disposition les pièces de rechange nécessaires.

De là, on peut dire que le processus de conception d'un produit est un processus intégré car il fait intervenir des équipes pluridisciplinaires regroupant des acteurs de métiers différents où chaque acteur possède sa propre vision du produit.

- a. cycle de vie d'un produit:*

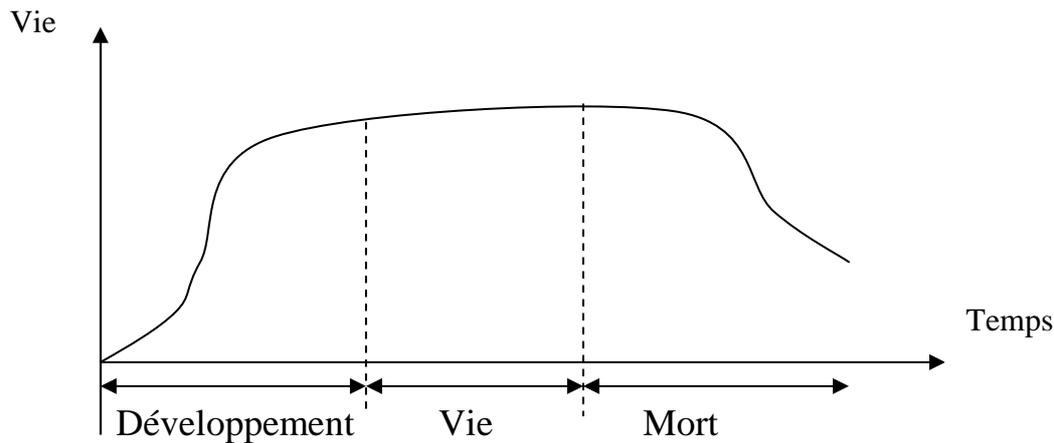
La vie d'un produit peut se décomposer en trois grandes périodes:<sup>24</sup>

- une période de "**naissance**" ou de développement, qui regroupe la phase de conception et d'industrialisation; durant cette période le produit n'est pas commercialisable;
- une période de «**vie** » durant laquelle le produit est fabriqué conformément à la demande des consommateurs, cette période caractérise la stabilité de la demande du produit;
- une période de «**mort** » durant laquelle la demande diminue jusqu'à cessation totale des ventes.

---

<sup>24</sup> Georges Javel. Organisation et gestion de production. Dunod Paris 2000 2<sup>ème</sup> édition p56

### Cycle de vie d'un produit



Source: Georges Javel, Organisation et gestion de la production, 2<sup>ème</sup> édition, Dunod p56

#### **b. La variété des produits:**

Pour satisfaire des besoins de forte variété, les entreprises se doivent de diversifier leurs productions.

Cependant, cette variété coûte cher à produire puisqu'il faut introduire des modifications sur le système productif à chaque fois que l'on veut fournir des produits bien spécifiques susceptibles de répondre aux attentes et désirs de chaque client.

Or, pour maîtriser les coûts prohibitifs de cette diversité, les entreprises font appel au concept de la standardisation de manière à diminuer les coûts de fabrication dans le cadre des économies d'échelles.

"La standardisation est la rationalisation de la conception d'une gamme de produits homogènes partiellement interchangeables, destinée à couvrir un ensemble de besoins".<sup>25</sup>

De cette définition, on peut conclure que la satisfaction des besoins variés est réalisée par un produit unique, par exemple en électroménager ou dans le domaine du logiciel.

---

<sup>25</sup>V Giard op. cité p133

Face à un dilemme de variété et de standardisation, on trouve une solution intermédiaire pour répondre à des besoins différents. Cette solution repose sur l'utilisation d'éléments standards et d'autres personnalisés, c'est-à-dire que les produits sont fabriqués à partir des éléments standards et se déclinent par la combinaison d'options et variantes choisies par le client pour créer à la fin un produit sur mesure qui s'adapte exactement à ses besoins.

Dans la perspective de cette solution intermédiaire, on trouve deux politiques de conception de produits qui permettent de réaliser des produits différents en partant d'éléments standardisés: *la conception modulaire* et *la différenciation retardée*.<sup>26</sup>

La conception modulaire permet de réaliser un grand nombre de produits différents en utilisant un nombre limité de composants modulaires. Un module est un assemblage de composants élémentaires assurant une ou plusieurs fonctions.

La différenciation retardée vise à personnaliser le produit le plus tard possible de préférence au niveau de l'assemblage final ou postérieurement à la production. Cette politique permet de produire un maximum d'éléments standards mais dont le moment où le produit se décline est long.

En fait, la conception modulaire est l'une des formes de la différenciation retardée.

## **2/Les enjeux de la conception:**

Les enjeux associés à la conception de nouveaux produits sont considérables.

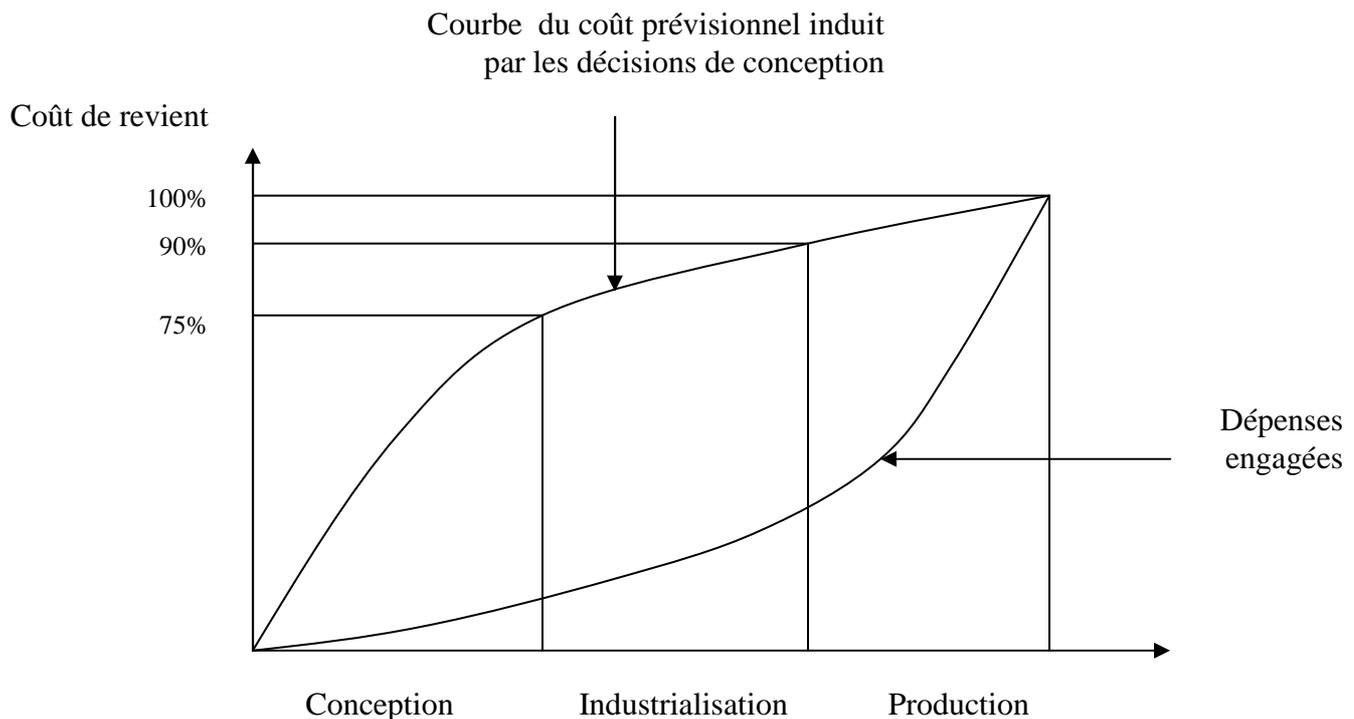
- les coûts:

Le coût de revient du produit dépend en premier lieu de la conception du produit lui-même, c'est bien avant le début de fabrication que les coûts d'achats et de

---

<sup>26</sup> V Giard op. cité p104

production sont déterminés par les choix des fonctionnalités offertes aux clients, des matières et des composants achetés et des procédés retenus pour la fabrication. Cette détermination du coût prévisionnel peut être illustrée par le graphique suivant:



### **Incidences économiques des décisions** **selon le stade d'intervention**

Selon les principales phases de développement d'un produit, on remarque que 75% de son coût total futur est déterminé lors de la conception et s'élève jusqu'à 90% à la phase d'industrialisation. En parallèle, la courbe des dépenses engagées illustre l'évolution de ces dépenses durant les phases de développement.

On déduit que les économies peuvent être réalisées pendant les phases initiales du fait qu'il n'y a pas encore d'investissements lourds en matière de production, moyens humains. Donc, il est évident de se concentrer sur la recherche d'une optimisation du produit le plus en amont possible du

processus, les potentialités de gains étant importantes et les coûts engagés faibles.

- Le temps de développement du produit:

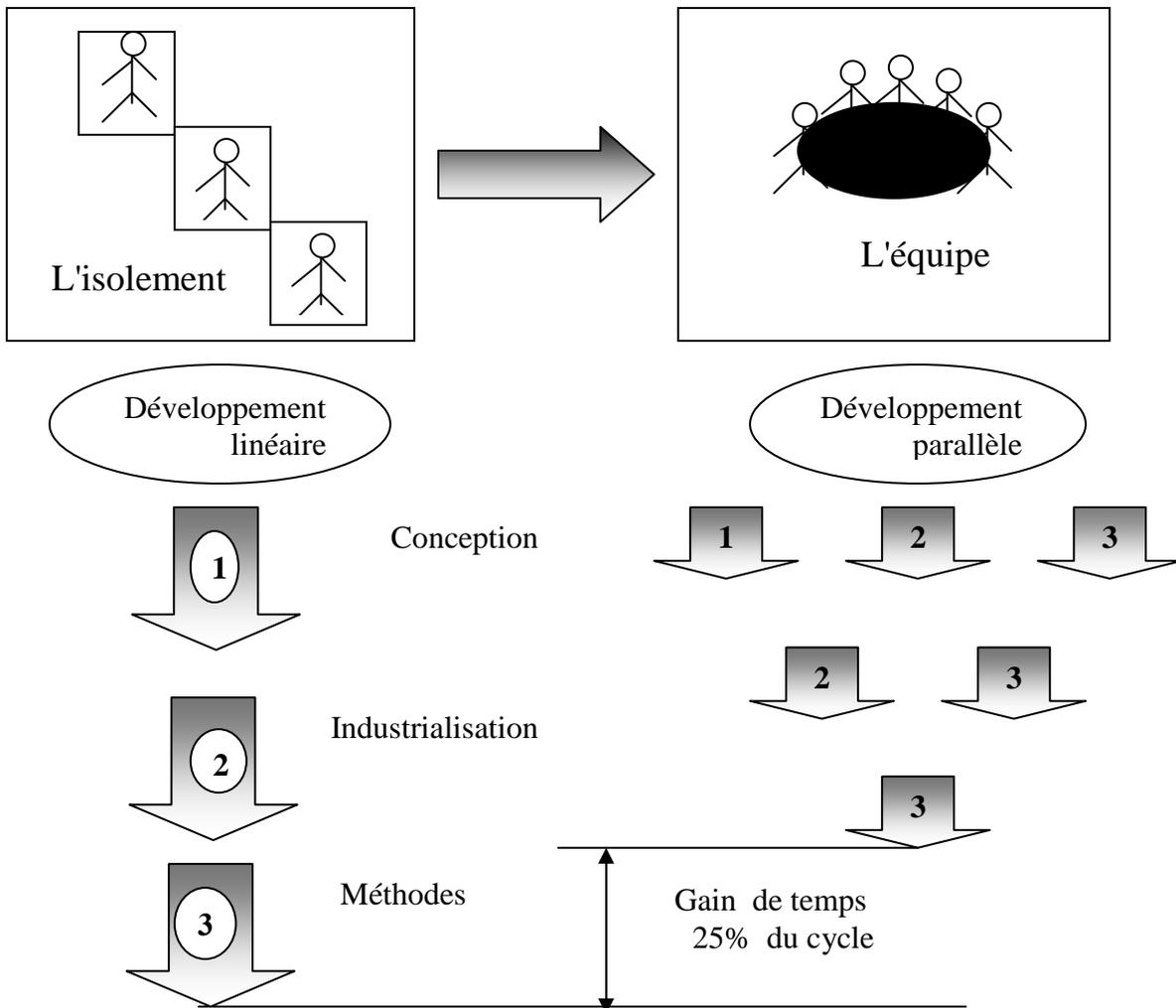
Le développement des produits en un temps plus court permet d'accélérer le taux de renouvellement des produits et donc une meilleure satisfaction des besoins des clients. Ainsi, l'introduction d'un nouveau produit sur le marché avant les concurrents permet de créer une image de nouveauté en avance sur les compétiteurs et de prendre par conséquent des parts de marché importantes.

On ne peut parler de la conception du produit sans parler du processus de production car les produits étant spécifiés, il faut concevoir leurs processus de production et cela induit différents axes décisionnels concernant les équipements, les matières et le recrutement. Aujourd'hui, quand on parle de la conception produit/processus on parle alors de l'ingénierie simultanée (Concurrent Engineering); cette approche se caractérise par un chevauchement des étapes du cycle de développement et une prise en compte de tous les acteurs de l'entreprise concernés par le produit permettant d'accélérer le processus de développement des nouveaux produits. Cette méthode fait appel le plus souvent possible au développement parallèle des tâches.

Le but de l'ingénierie concourante est de mettre en œuvre un travail collaboratif impliquant toutes les disciplines devant concourir au développement du produit (concepteurs, service, commercial, service qualité, production, service de maintenance, clients, utilisateurs, etc.).

Le grand avantage de l'ingénierie simultanée est qu'elle permet de prévoir à temps les problèmes et donc de les éviter, ce qui réduit le temps requis pour lancer un nouveau produit et augmente la qualité. Elle permet également de minimiser la longueur du cycle de production en éliminant les phases de re-conception (sur le principe que le gain de temps augmente la compétitivité).

Le schéma suivant illustre les avantages de l'ingénierie simultanée.



Source: Georges Javel op. Cité p70

Conséquences:

- Il n'est plus pensable, aujourd'hui de concevoir des produits en ignorant leur processus de fabrication.

- Une bonne conception, visant à retarder le plus possible les décisions d'engagement des coûts peut se traduire par des économies significatives pour l'entreprise.

### **3/Données de description du produit à fabriquer:**

La gestion de la production a pour objet la maîtrise des flux physiques, pour se faire, il faut maîtriser le flux informationnel. Le flux d'informations comporte des données techniques qui sont indispensables pour gérer la production.

Les données qui servent à décrire le produit et son processus de fabrication sont: le cahier des charges, les plans, les nomenclatures et les gammes.

#### **a. Le cahier des charges:**

C'est un document qui est fourni par le service marketing il décrit en termes de fonctions et caractéristiques techniques ce que l'on attend d'un produit Il permet également de spécifier les conditions particulières d'emploi ainsi que les quantités à réaliser.

#### **b. Les plans :**

##### 1/ plan de conception ( ou plan ensemble)

C'est un document créé dans la fonction " études" il définit le produit dessiné tel qu'il se présentera devant le client conformément au cahier des charges.

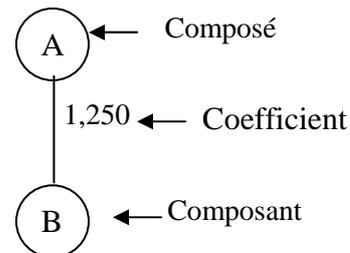
##### 2/ plan de détail :

Ce plan est subordonné au plan d'ensemble il explicite toutes les données nécessaires à l'exécution d'une pièce ou une partie d'un ensemble.

**c. Les nomenclatures :**

On appelle nomenclature la " liste hiérarchisée et quantifiée des composants entrants dans la fabrication d'un produit " le lien de nomenclature est l'ensemble composant- composé, chaque lien est caractérisé par un coefficient indiquant la quantité de composant dans le composé, ce coefficient peut être entier ou non..

Une nomenclature est ainsi un ensemble de liens

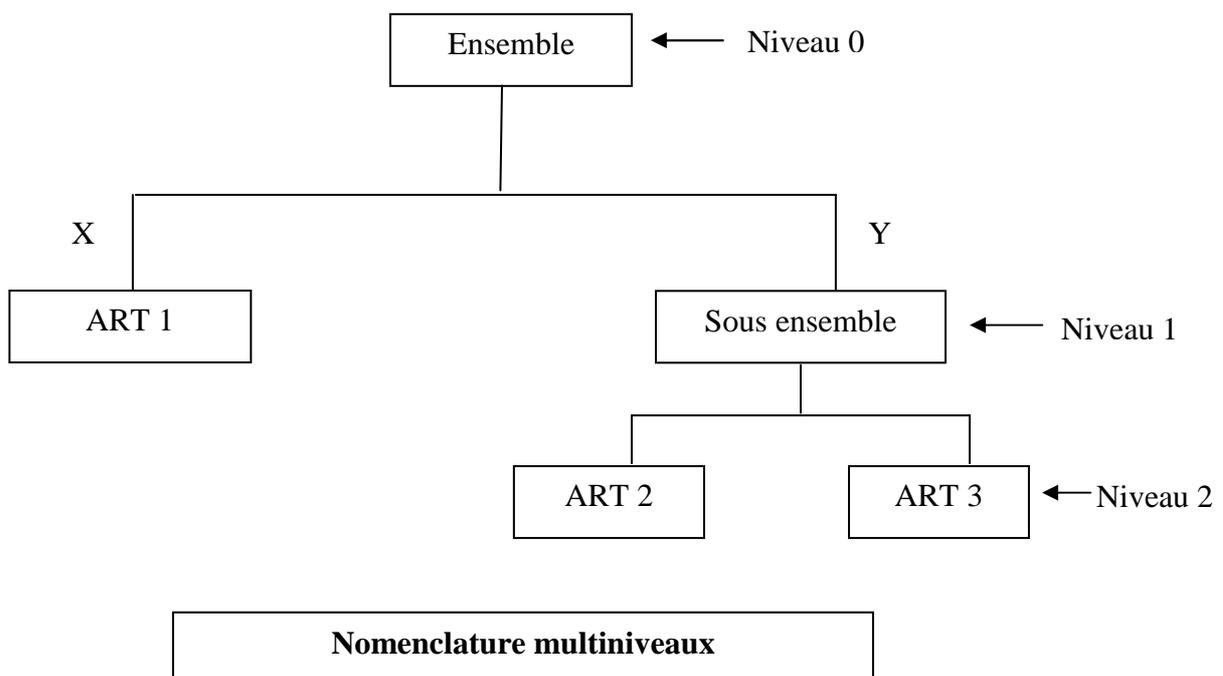


**Différentes structures de nomenclatures :**

*1/ nomenclatures convergentes :*

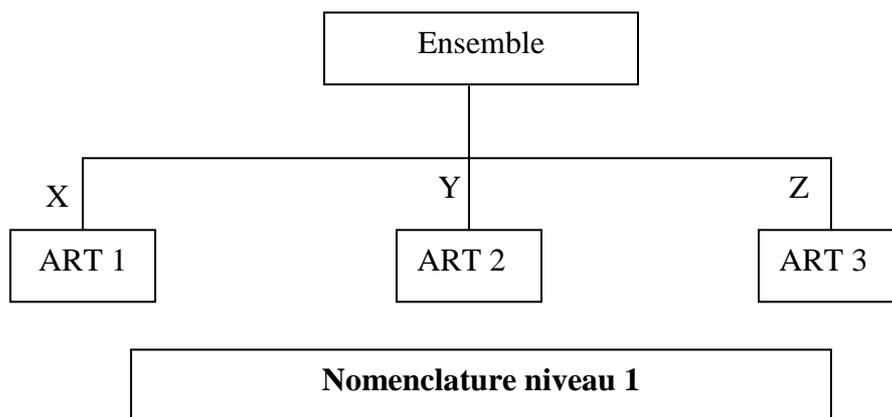
Ce sont des nomenclatures où les composants sont eux-mêmes constitués de composants.

Une nomenclature comprend plusieurs niveaux. Par convention, on attribue aux produits finis le niveau 0. à chaque décomposition, on passe du niveau n au niveau n+1.



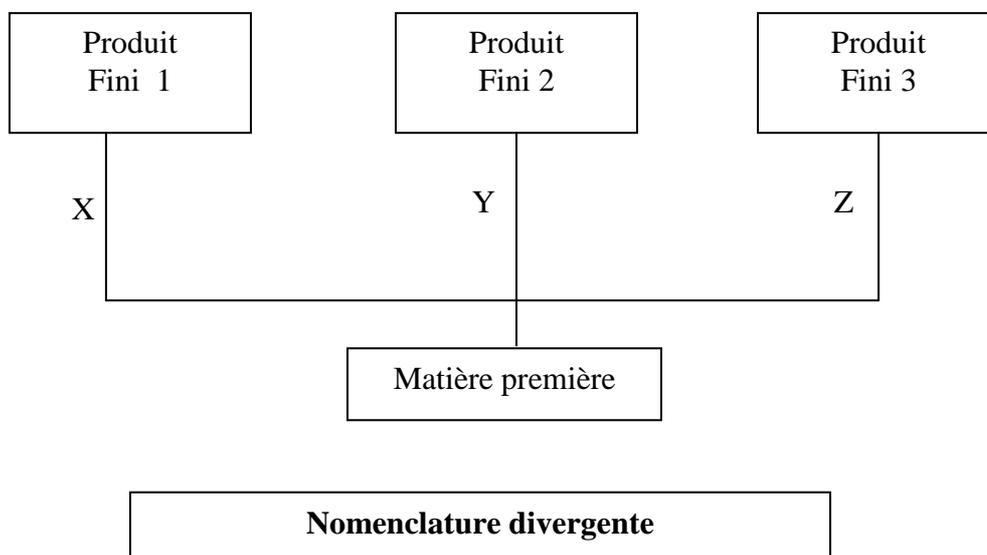
2/ nomenclature à "plat" ou "mère" ou "râteaux" :

C'est la liste non ordonné des composants du produit, cette nomenclature n'a qu'un niveau .si un composant intervient à plusieurs niveaux de la fabrication, il n'apparaît qu'une fois dans la nomenclature.



3/ nomenclatures divergentes :

Dans certains cas, à partir d'une seule matière première on peut faire une grande variété de produits finis (par exemple le lait) .nous avons alors une structure divergente.



#### **d. Les gammes :**

La gamme indique la suite des instructions techniques détaillées qui permettant la réalisation dans les ateliers d'une pièce ou d'un ensemble donné. Ce document est édité par le service "méthodes" il définit donc les séquences nécessaires à la fabrication, le montage des produit, il contient la description détaillée de chaque opération ou phase et pour chaque phase il est précisé les ressources nécessaires.

#### **Type de gammes**

Nous pouvons voir les gammes sous plusieurs aspects :

\*selon la nature du travail à exécuter : gammes d'usinage (la pièce est obtenue par transformation de la matière)

- gamme d'assemblage (la pièce est obtenue par assemblage)

- gamme de contrôle (gamme qui indique la suite des instructions de certification du produit)

\*selon la nature de la gamme :

- gamme principale : la fonction "méthodes" définit au départ, un processus de fabrication caractérisé par les différentes tâches à réaliser sur des ressources déterminées que l'on appelle gamme principale.

- gamme secondaire ou de remplacements si pour différentes raisons, il n'est pas possible d'appliquer la gamme principale, il est possible d'utiliser une gamme secondaire qui définit un processus légèrement différent mais tout aussi acceptable.

\*selon la chronologie du travail à exécuter :

- gamme linéaire : elle définit un processus de fabrication strictement séquentiel, une phase ne pouvant être exécutée que lorsque la précédente est terminée.
- gamme à enclenchement : il est possible de décrire la réalisation d'un produit complexe en plusieurs gammes correspondant chacune à une partie de l'ensemble. Il sera alors nécessaire de définir un graphe pour déterminer l'enclenchement et les éventuels recouvrements des gammes.

#### **4/ les méthodes de conception :**

Le besoin de compétitivité impose aujourd'hui dans un marché de plus en plus complexe et avec des besoins de plus en plus variés, de concevoir plus rapidement, mieux et moins cher que les concurrents. L'une des réponses à cette problématique est l'usage des méthodes qui permettent d'améliorer le processus de conception des produits. Parmi ces méthodes on cite : l'Analyse de la Valeur(AV), Quality Function Deployment (QFD), la Conception à Coût Objectif(CCO).

##### **a/ l'analyse de la valeur (AV).**

l'analyse de la valeur est, selon la norme NF x50-150, une "méthode de compétitivité organisée et créatrice, visant la satisfaction du besoin de l'utilisateur par une démarche spécifique de conception à la fois fonctionnelle, économique et plus disciplinaire"<sup>27</sup> donc l'analyse de la valeur est une méthode d'aide à la conception des produits et des services qui vise à concilier la satisfaction du client et la maîtrise des coûts. Cette méthode a été inventée à la fin des années 1940 aux Etats Unis (travaux de L.D.Miles à la Général Electric).

Cette méthode s'adopte aussi bien à la conception d'un nouveau produit qu'à un produit existant, elle nécessite de bien identifier les différentes fonctions. Celles-ci se

---

<sup>27</sup> Michel NAKHLA . OP cité p276

décomposent notamment en fonctions d'usage et de service (celles pour lesquelles le produit est effectivement créé) et en fonctions d'estime (qui motivent l'achat du produit).

L'analyse de la valeur a pour objectif de réduire le coût de production total sans réduire la qualité ni la performance technique du produit ou du service, elle repose sur quatre notions fondamentales : le besoin, la fonction, le coût et la valeur.

Variables de conception du produit		Variables économiques et valeurs du produit	
Besoin	Fonction	Coût	Valeur
L'exigence qui justifie l'existence du produit	Le service rendu par le produit à son acheteur en répondant à son besoin	L'ensemble des dépenses engagées dans la production du produit	Représente le degré d'utilité du produit (valeur d'usage) et la qualité à son utilisation

#### Les phases d'une étude d'analyse de la valeur :

L'étude d'AV exige un travail d'équipe. Les membres sont choisis parmi les différents services intervenant dans la conception du produit (bureau d'études, bureau des méthodes, achats, production, commercial) sous la responsabilité d'un spécialiste de l'analyse de la valeur.

La méthodologie de l'AV repose sur sept phases<sup>28</sup> :

Phase 1 : orientation de l'action. Il s'agit d'explicitier le problème que l'on cherche à traiter et la stratégie de l'entreprise par rapport au produit concerné.

Phase 2 : recherche d'informations concernant le produit et la concurrence.

<sup>28</sup> Michel NAKHLA .OP cité p 278

Phase 3 : analyse du produit .il s'agit de faire une analyse concernant les fonctions du produit (établir un cahier des charges fonctionnel du besoin des clients) et leurs coûts.

Phase 4 : créativité ou recherche des solutions, elle consiste à trouver de nouvelles idées ou solutions.

Phase 5 : études et évaluation des solutions (étude de faisabilité).

Phase 6 : analyse des solutions et choix. Cette phase consiste à faire une synthèse des acquis du projet, et de sélectionner une solution.

Phase 7 : mise en œuvre de la solution retenue et bilan du projet.

### **b/ Quality Function Deployment ( QFD) :**

Progressivement théorisé au japon par YOGI AKAO à partir de 1966, le Quality Function Deployment s'est progressivement diffusé est devenu, sous des formes variées la principale méthodologie globale de maîtrise et de mise en cohérence des processus de conception et de fabrication dans une optique de satisfaction des besoins des consommateurs.<sup>29</sup>

Le principe du QFD consiste à faire entrer la voix du consommateur dans l'entreprise (sous forme d'attributs critiques) et de la traduire en cibles de conception (sous forme de spécifications).

Le QFD permet de cibler les paramètres fondamentaux pour satisfaire les attentes du client et travailler sur la qualité perçue dès la conception.

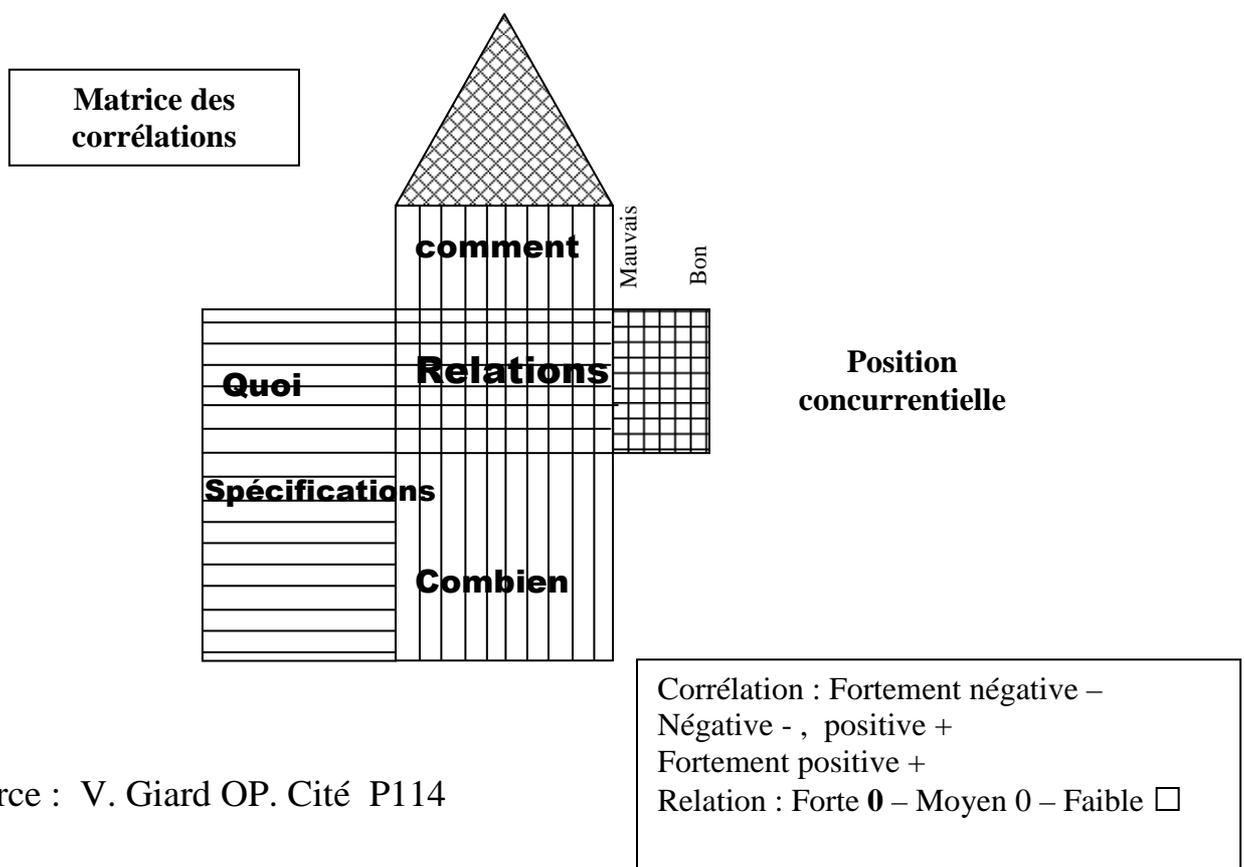
Cette méthode de travail de groupe s'appuie sur un ensemble de matrices pour organiser l'information et faciliter la réflexion collective.

Pour la mise en œuvre du QFD, il faut d'abord élaborer des matrices Quoi-Comment qui permettent de définir les spécifications d'un produit (les comment) à partir des attentes des clients (les quoi) recueillies au préalable par le service marketing, et de comparer le produit avec ses produits concurrents.

---

<sup>29</sup> V.GIARD OP .cité p111

La matrice qui présente verticalement les attentes des clients et horizontalement les spécifications des produits (solutions) est connue sous le nom de "maison de la qualité". Ces attentes peuvent être affectées d'une pondération en fonction de l'importance qu'attache le consommateur à chacune de ces qualités. Les corrélations entre les différentes fonctions sont décrites dans une matrice triangulaire formant le "toit de la maison ". Les corrélations sont généralement définies par des symboles permettant d'identifier les corrélations fortes faibles, positives ou négatives.

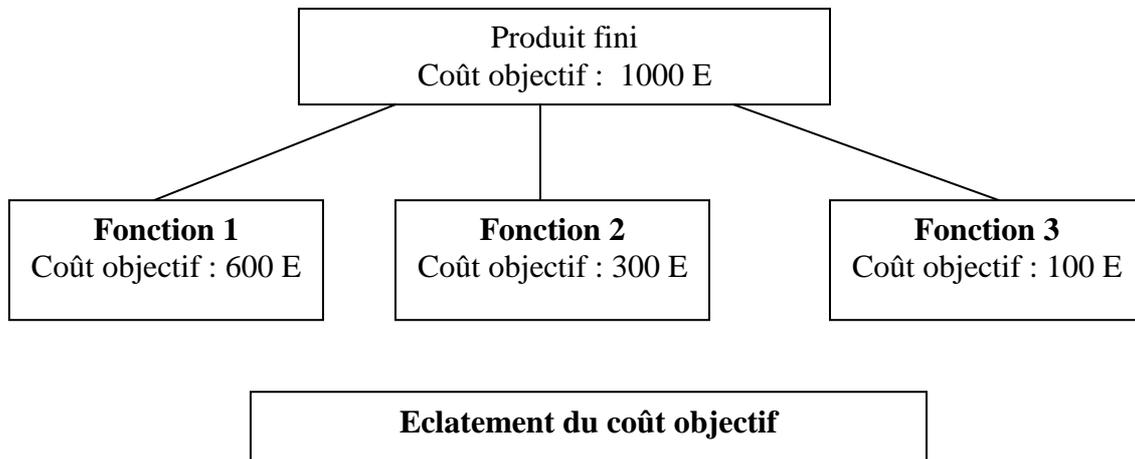


Source : V. Giard OP. Cité P114

Après avoir rempli cette première matrice, on passe à la phase de déploiement ou le "comment " de celle-ci devient le "quoi "de la matrice suivante.

**c/ la conception à coût objectif :**

La conception à coût objectif appelée CCO<sup>30</sup> (Traduction du concept anglo-saxon de design-to-cost) est une démarche générale visant à piloter la conception des produits cette méthode est basée sur un coût objectif plafond prédéterminé et un cahier des charges fonctionnel du produit à concevoir. Elle permet de répondre aux attentes du client en respectant impérativement le coût financier. On parle de coût "objectif" car il est évalué à partir d'un objectif de prix de vente et de marge brute puis éclaté selon les sous-ensembles des produits. Le concept de coût évoqué ici est le coût de revient prévisionnel du produit qui est déterminé à partir des coûts objectifs élémentaires de chaque sous-ensemble ou chaque fonction du produit selon l'éclatement fonctionnel de la nomenclature du produit.



Source : G. Baglim – Olivier Bruel . A Garreau OP. Cité p718

Par le coût objectif, la démarche évite les dérapages et dépassements ultérieurs de budgets puisque l'entreprise s'engage dans une politique globale de réduction des coûts, elle vise aussi à atteindre les performances techniques attendues par le client dans son souhait d'origine et d'atteindre les cibles de coûts estimés concernant les coûts de développement de production, de la technologie et de la capacité à le produire. Pour fixer un coût objectif, il faut d'abord définir le prix de vente cible, celui

<sup>30</sup> G. Baglim O. Bruel . A. Garreau OP. cité P 718

pour lequel les consommateurs seront prêts à le payer en tenant compte de la concurrence aussi il faut déterminer le profit cible du produit.

$$\text{Coût objectif} = \text{prix de vente} - \text{profit cible}$$

Il faut calculer le coût estimé du produit (coûts variables de production et les coûts indirectes) pour pouvoir réduire l'écart entre le coût cible et le coût estimé. Et dans ce cas, l'entreprise doit ou bien sacrifier des fonctionnalités au produit pour réduire le coût cible ou bien d'enrichir plus le produit de nouvelles fonctionnalités pour accroître son profit cible.

Pour finir, on évoque l'apport informatique dans le domaine de la conception en particulier la CAO (conception assistée par ordinateur) et la CFAO (conception et fabrication assisté par ordinateur)<sup>31</sup>

La CAO remplace la planche à dessin traditionnelle de bureaux d'études par une planche à dessin électronique qui permet de réaliser les dessins sur un écran d'ordinateur à l'aide d'un crayon électronique et de les stocker. Ces dessins peuvent être rapidement retrouvés, modifiés, transmis à d'autres utilisateurs. La CAO permet d'accélérer le processus de développement et de générer facilement des designs différents, c'est à dire qu'elle permet un gain sur les délais de réalisation du produit ce qui permet une grande souplesse dans l'introduction des modifications.

Quant à la CFAO, elle assure la conversion directe des dessins (créés sur ordinateur par la CAO) en tâche de fabrication, effectuées par des machines outils dirigées par ordinateur. La CFAO ajoute aux avantages de la CAO la possibilité de générer automatiquement les séquences d'opérations – machines à effectuer pour fabriquer le produit.

Outre, la CFAO permet de réduire les délais de production et assure une bonne coordination entre le bureau d'études et la production.

---

<sup>31</sup> v. plauchu..Mesure et amélioration des performances industrielles. Office des publications universitaires 2006.p 177

## **Section2 : détermination de la capacité de production**

On a vu dans la section précédente que la conception des produits nécessite des ressources (main d'œuvre, machines...) pour réaliser la transformation des matières premières et composants en produits finis, et c'est selon les quantités de produits que l'entreprise espère vendre qu'elle va définir le niveau de capacité de production.

### **1/qu'est-ce qu'on entend par la capacité ?:**

Avant de définir ce qu'est la capacité, il nous a semblé utile de donner quelques définitions<sup>32</sup> liées à cette dernière pour mieux l'appréhender.

Poste de travail : c'est une machine ou un endroit aménagé spécifiquement où peut être exécutée une opération donnée.

Poste de charge : c'est un poste (ou un ensemble de postes) de travail apte à exécuter une tâche. Il est donc composé d'un, ou plusieurs poste(s) de travail et de l' (ou des) opérateur(s) nécessaire(s) à son fonctionnement.

« La capacité est le taux de rendement maximal d'un processus »<sup>33</sup>

Capacité théorique : c'est ce que l'on peut faire au maximum sur un poste de charge par période de référence.

Capacité réelle : c'est la capacité qui est prise en compte lors de l'élaboration du planning. Elle correspond à ce que l'on peut faire réellement sur un poste de charge par période de référence compte tenu des aléas possibles (rebuts, pannes, absentéisme, compétence des opérateurs...)

Quand on parle de la capacité, on entend souvent parler de la charge.

### **Qu'est ce que c'est que la charge ?**

C'est la quantité de travail à effectuer sur un poste de charge. Elle est exprimée dans les mêmes unités que la capacité (unité de temps ou quantité de pièces à réaliser) et est obtenue par sommation des charges élémentaires de toutes les fabrications qui doivent être exécutées sur ce poste pour la période considérée.

---

<sup>32</sup> Georges Javel. OP cité p141.

<sup>33</sup> Larry Ritzman.Lee Krajewski.Jim Mitchell.Christopher Town ley. Management des operations/principes et applications. Pearson education France 2004 p179.

La capacité de production est tributaire du capital disponible et de la demande prévisible. Il est clair que si la capacité est insuffisante, la demande ne pourra être satisfaite et les clients seront livrés en retard ce qui met l'entreprise dans une situation d'infériorité par rapport à des concurrents qui produisent à plus grande quantité donc à des coûts plus bas. Et si la capacité est excédentaire, l'entreprise supportera des investissements inutiles.

Donc, la maîtrise des délais de livraison et des coûts de revient est conditionnée par une bonne adaptation de capacité de production à la demande.

### **2/mesure de la capacité :**

L'unité de mesure de la capacité diffère d'une situation à l'autre. Dans un atelier par exemple, la capacité se mesure en nombre d'heures/machines, pour un cinéma en nombres de places et pour un restaurant en nombre de client/heure.

Généralement, une capacité est mesurée en fonction du nombre d'unités que peut produire un système productif dans un laps de temps donné.

Mais, en réalité cette mesure reste simple car la capacité est souvent difficile à estimer, en partie parce qu'elle est déterminée par plusieurs paramètres dont certains sont eux-mêmes difficilement quantifiables (main d'œuvre, motivations des ouvriers, choix technologiques...).

La capacité se mesure en fonction de la production ou de la consommation.

Pour la mesure de la production (ou mesure des sortants), elle est utilisée dans le cas des processus à volumes élevées qui fournissent un seul type de produit.

Cependant, les entreprises produisent souvent plusieurs produits ou services. Plus la personnalisation et la variété des produits augmentent, plus l'intérêt de cette méthode diminue ce qui rend la mesure de la production appropriée aux entreprises qui proposent un nombre restreint de produits ou de services.

Concernant la mesure de la consommation (ou mesure des entrants), elle est utilisée dans le cas des processus flexibles à faibles volumes. Seulement pour mesurer la capacité, il faut convertir la demande en unités de consommation. Tel le cas d'un

responsable de magasin de photocopies qui doit convertir la demande annuelle de copies en nombres de machines nécessaires.

### **3/Planification de la capacité :**

La planification de la capacité est limitée généralement par les décisions à long terme concernant les investissements dans les moyens de production et les équipements. Les plans de capacité à court terme se rapportent à la main d'œuvre, aux budgets d'heures supplémentaires.

Nombreuses sont les questions liées à la capacité dans le cas où on veut la développer.

Quand faut-il modifier la capacité de production ? De combien faut-il la modifier ?

Quelle est la réserve nécessaire pour gérer une demande variable et incertaine ?

Pour répondre à ce type de questions, il faut d'abord connaître la capacité actuelle du processus et le niveau d'utilisation des moyens.

Il est possible d'étudier l'utilisation des moyens à travers trois taux :

Taux de charge d'un moyen =  $\frac{\text{cumul des charges}}{\text{capacité réelle}}$

Taux d'utilisation d'un moyen =  $\frac{\text{cumul des charges}}{\text{capacité théorique}}$

Taux de disponibilité d'un moyen =  $\frac{\text{capacité réelle}}{\text{capacité théorique}}$

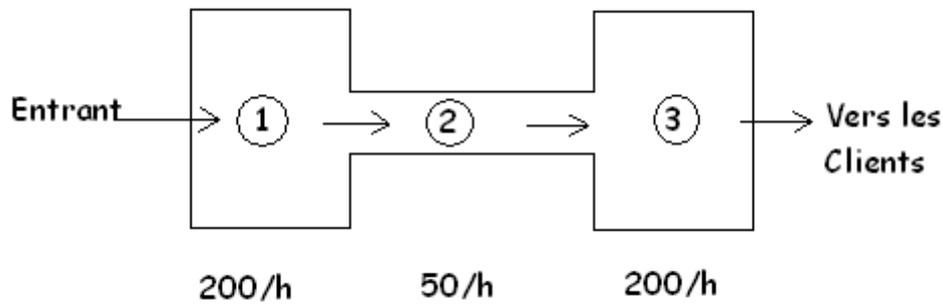
A travers le calcul de ces taux, on déduit s'il faut augmenter la capacité ou la restreindre.

Généralement, on augmente la capacité quand il existe des goulets d'étranglement. Un goulet d'étranglement représente la plus faible capacité utile de toute opération entrant dans un processus, et, en conséquence limite la production de système<sup>34</sup>

C'est une ressource de production, quelle qu'elle soit dont la capacité de production ne permet pas de répondre aux besoins du marché.

---

<sup>34</sup> Management des opérations. OP page 182



L'opération 2 constitue un goulet d'étranglement puisque la quantité produite ne répond pas à la demande 200/h.

Parmi les méthodes utilisées pour augmenter la capacité au niveau des goulets d'étranglement, on trouve l'OPT (Optimized Production Technology)<sup>35</sup> qu'on va parler brièvement.

L'OPT est une méthode proposée en 1976 par Eliyahu, M. Goldratt et Jeff Cox qui s'est fondée sur la détermination des goulets d'étranglement.

Partant de l'objectif de chaque entreprise de réaliser un profit qui se traduit par des indicateurs financiers (bénéfice net, rentabilité, trésorerie), les concepteurs de l'OPT proposaient d'autres indicateurs significatifs :

Produit des ventes : l'argent que le système génère par ce qu'il vend.

Les stocks : l'argent que le système immobilise sous forme de matière en attente ou en-cours de transformation.

Les dépenses d'exploitation : c'est l'argent que le système dépense pour transformer les stocks en produits vendus.

Donc pour augmenter la rentabilité, il faut augmenter le bénéfice net et les réserves de trésorerie et ceci s'obtient par l'augmentation du produit des ventes, par la réduction des stocks et la réduction des dépenses d'exploitation.

**Les règles de l'OPT :**

R1 : il faut équilibrer les flux et non les capacités.

<sup>35</sup> George Javel op cité page 177

R2 : le niveau d'utilisation d'un non-goulet n'est pas déterminé par son propre potentiel mais par d'autres contraintes du système. Une ressource non-goulet est une ressource dont la capacité est supérieure à la demande du marché.

R3 : utilisation et plein emploi ne sont pas synonymes.

R4 : une heure perdue sur un goulet est une heure perdue sur tout le système.

R5 : une heure gagnée sur un non-goulet n'est qu'un leurre.

R6 : les goulets déterminent à la fois le débit de sortie et les niveaux des stocks.

R7 : souvent, le lot de transfert ne doit pas être égal au lot de fabrication.

Lot de transfert : quantité de produits transférés d'une opération à l'autre.

Lot de fabrication : quantité produite par une ressource entre deux changements de série.

R8 : les lots de fabrication doivent être variables et non fixes.

R9 : établir les programmes en prenant en compte toutes les contraintes simultanément. Les délais de fabrication sont le résultat d'un programme et ne peuvent donc pas être prédéterminés.

Devise OPT : la somme des optimums locaux n'est pas l'optimum du système global.

Les règles de l'OPT peuvent se résumer ainsi :

Il est inutile de faire des efforts sur les postes non-goulets, cela ne rapporte rien, par contre on focalise les efforts sur les goulets qui serviront de base à l'ordonnancement.

#### **4/Outils de planification de la capacité :**

La planification de la capacité dépend de la demande que l'entreprise prévoit sur une longue période. Cependant, la concurrence, les évolutions technologiques rapides et la demande fluctuante du marché limitent pour l'entreprise la possibilité de générer des prévisions précises faites à long terme car plus on s'éloigne dans le temps, plus le degré de précision de la prévision se réduit. Ces réalités entraînent l'utilisation des réserves de capacité.

La réserve de capacité est une capacité de production que les gestionnaires préservent afin de gérer les augmentations soudaines de la demande ou les pertes temporaires de capacité de production.<sup>36</sup>

On la calcule en soustrayant le pourcentage correspondant à l'utilisation moyenne (en terme de capacité utile) à 100%.

Réserve de capacité=100%- Taux d'utilisation(%)

Il faut tenir compte de l'absentéisme des employés et des congés.

Les surcoûts liés aux heures supplémentaires et la sous-traitance peuvent entraîner le besoin d'augmenter les réserves de capacité.

Les modèles des files d'attente ont tendance à se développer devant un poste de travail ou bien un centre de service (guichets, stations, distributeur ou ordinateur central) ; les arrivées d'unités (tâches ou clients) s'effectuent de façon aléatoire et le temps de traitement diffère d'une tâche ou d'un client à l'autre.

Le problème consiste à optimiser la capacité de réception de façon à rendre acceptable le temps d'attente.

Les modèles de files d'attente portent sur l'utilisation des lois de probabilité qui permettent aux gestionnaires d'estimer le délai d'attente moyen, la longueur moyenne des files d'attente, le nombre optimal des postes de travail qu'il faut mettre en service pour répondre à la demande tout en évitant une file d'attente trop importante et le départ de certains clients. Ces informations peuvent contribuer largement à choisir la capacité la plus rentable et trouver un équilibre entre le service client et le coût de l'augmentation de capacité.

Les problèmes de file d'attente plus complexe doivent être analysés par simulation. La simulation permet d'identifier les goulets d'étranglement du processus et d'améliorer son efficacité en mettant en place les réserves de capacité appropriées.

L'arbre de décision est aussi un outil de planification de capacité qui permet d'évaluer les solutions de développement par anticipation des événements tels que les actions de concurrents.

---

<sup>36</sup> Larry Ritzman, Lee Krajewski op cité p187.

## **5/Techniques d'ajustement de la capacité :**

Pour l'ajustement de la capacité, les organisations appliquent plusieurs techniques, les plus courantes sont les suivantes :

- Modification des horaires de travail : cette action se traduit soit par des heures supplémentaires, soit par des heures de fermeture.
- Négociation des périodes de congés avec les employés tenant compte des variations de la demande durant l'année.
- Variations du niveau de main-d'œuvre par embauche compte tenu de la rigidité d'une embauche traditionnelle et le risque associé, la plupart des entreprises recourent à des contrats à durée déterminée.
- Appel à du personnel intérimaire.
- Investissements en machines et équipements supplémentaires.
- Appel à la sous-traitance.
- Développement de la polyvalence de la main-d'œuvre et de la flexibilité des machines.
- Développement d'une politique de maintenance préventive permettant de planifier les interventions d'entretien à des périodes creuses, tout en évitant les pannes intempestives génératrices de temps d'arrêts beaucoup plus longs.

## **Section3 : localisation et aménagement des centres de production**

Après avoir défini les produits à fabriquer, le processus de production à utiliser et le niveau de capacité à acquérir, l'entreprise se voit confrontée à des problèmes plus spécifiques d'implantation des centres de production.

Pour réduire les coûts et les délais de production, il est nécessaire de définir une implantation géographique des centres de production fournissant la meilleure cohérence entre la fabrication et les manutentions. En pratique, il faut prendre en considération plusieurs paramètres dans les décisions de localisation : nature des produits, facteurs humains, sécurité...

## **1/Différentes organisations de la production :**

a. Implantation d'atelier en position fixe :

Dans ce type d'implantation, le produit a une position fixe et ce sont les opérateurs qui se déplacent sur le lieu de travail. Elle correspond au type de production par projet (avion, navire...)

b. Implantation d'atelier aléatoire :

Le transfert des matières et des pièces est désordonné du fait que les postes de travail sont disposés de façon aléatoire ce qui entraîne une grande perte de temps. Ce genre d'implantation s'effectue souvent en fonction de l'évolution de l'entreprise et de la place disponible.

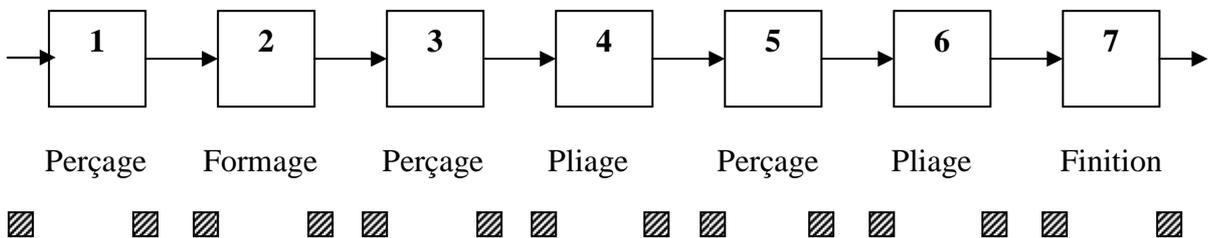
c. Implantation en sections homogènes :

C'est l'implantation que l'on rencontre le plus dans le cas de la production discontinue (job-shop) où les produits subissent des séquences d'opérations très diverses. Dans ce type d'implantation on regroupe les machines en départements par type de processus de production. Ainsi, dans un atelier de mécanique, on regroupe les fraiseuses, les tours, etc.

Les avantages principaux de cette implantation est que les opérateurs sont professionnels et polyvalents ; il est possible de fabriquer tous les types de produits utilisant les moyens de l'atelier c'est-à-dire que cette implantation assure la flexibilité de production.

Pour les inconvénients, les flux sont complexes et par conséquent les en-cours sont importants et font allonger le délai de production.

**Atelier en ligne**

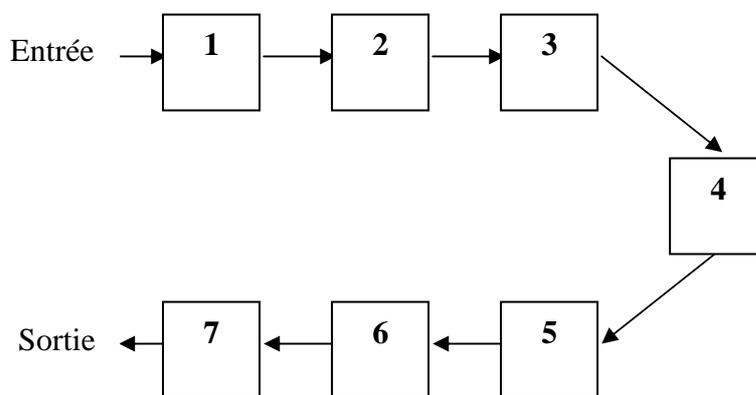


Stocks de pièces avant et après chaque poste

**Ancienne implantation**

Pour éliminer les stocks d'encours et raccourcir le délai de production, il est recommandé d'utiliser l'écoulement pièce à pièce (mécanisme du JAT) au lieu de pratiquer le stockage pour la taille du lot c'est-à-dire que dès qu'une pièce est terminée sur un poste A elle est immédiatement transférée vers B pour être traitée.

La mise en œuvre de l'écoulement pièce à pièce préconise une implantation en U.



**Nouvelle implantation**

L'aménagement des sections en U présente plusieurs avantages :<sup>37</sup>

Les opérateurs travaillent ensemble, deviennent polyvalents, se sentent responsables de la qualité de leurs production puisqu'ils la contrôlent eux-mêmes, assurent la maintenance élémentaire de leurs machines.

d. Implantation d'atelier à débit de produit :

Cette implantation est appropriée à la production en ligne pour produire un seul produit (avec variantes éventuelles). Elle est dictée par les séquences d'opérations nécessaires à la fabrication de ce seul produit. Le problème des stocks d'encours est assez mineur dans ce type d'implantation mais les problèmes de fiabilité et de maintenance sont fondamentaux puisque l'arrêt

<sup>37</sup> Francis LAMBERSEND. Organisation et Génie de production. Ellipses.1999.p 172

d'une machine provoque l'arrêt de la chaîne, aussi la production horaire dans une telle implantation dépend du poste qui a la plus forte charge de travail.

Les concepteurs d'une ligne de production sont confrontés au problème de l'équilibrage de la chaîne<sup>38</sup>, c'est-à-dire celui d'une définition du travail à réaliser sur chaque poste de travail telle que le temps passé par le produit sur chaque poste soit aussi proche que possible d'un temps constant défini comme objectif (appelé temps de cycle=temps écoulé en moyenne entre la production de deux unités successives) tout en respectant les contraintes techniques du produit.

Le problème de l'équilibrage de la chaîne a évolué depuis la fin des années soixante-dix en raison de la pression du marché qui implique une diversification permanente des produits avec une demande moins stable. Or, cette diversification s'obtient par la combinaison de variantes et d'options ce qui entraîne une variation des temps opératoires des postes de travail chargés de monter ces options. Dès lors, une chaîne est définie non seulement pour un certain volume de production (découlant du temps de cycle de base), mais aussi pour une certaine structure d'options, dans ce cas là, l'équilibrage de la chaîne se fait soit en dédoublant les postes chargés de monter les options, soit de les partager pour assumer un renfort occasionnel permettant de s'ajuster quotidiennement aux fluctuations de la demande.

Pour répondre à une demande constamment variée, différentes manières permettant d'atteindre une certaine flexibilité en volume sont proposées tout en gardant les avantages de la production en ligne :

- On peut faire varier le temps de travail quotidien sur la ligne dans le cadre d'accords annuels de modulation du temps de travail.
- Concevoir des chaînes de fabrication ou d'assemblage permettant de traiter plusieurs familles de produits, en partant du principe que l'on reste dans une logique de variabilité du temps opératoire de certains postes.

---

<sup>38</sup> Vincent Giard OP cité p55

Cette solution utilisée depuis peu par quelques constructeurs automobiles, nécessite une certaine homogénéité de conception des familles de produits, pour que des produits différents puissent passer sur la même ligne, ce qui implique d'avoir « remonté » le problème à la conception des produits.

- Concevoir une organisation permettant de travailler avec quelques valeurs de temps de cycle et donc avec plusieurs niveaux de production horaire ; la ligne dans cette organisation est en « serpentín » (structure en U), ce qui donne la possibilité à un même opérateur d'exécuter des opérations sur des postes qui ne sont pas tous en séquence contrairement à une organisation en ligne droite où l'opérateur peut intervenir sur des postes de travail contigus.

e. Implantation d'atelier en îlots (en cellules de fabrication) :

Lorsque l'atelier permet la fabrication de produits de nature relativement différente, il est possible de regrouper les machines en ensembles de fabrication spécialisés par type de produits. Ces ensembles s'appellent des îlots. C'est l'implantation intermédiaire entre l'implantation en ligne et l'implantation fonctionnelle (en sections homogènes).

On a vu que dans un job-shop, le nombre de produits différents et importants, et chaque produit a une gamme opératoire différente des autres mais cela implique des problèmes de logistique considérables, puisqu'il faut gérer efficacement les transports d'encours entre les ateliers.

***La technologie de groupe***<sup>39</sup> grâce à l'intérêt de l'îlot de production répond à ce genre de problèmes.

Cette méthode est née aux Etats-Unis dans l'industrie manufacturière (production discontinue de composants élémentaires destinés à être assemblés). Le premier qui a proposé de manière formelle et scientifique la technologie de groupe est le soviétique MITROFANOV en 1959.

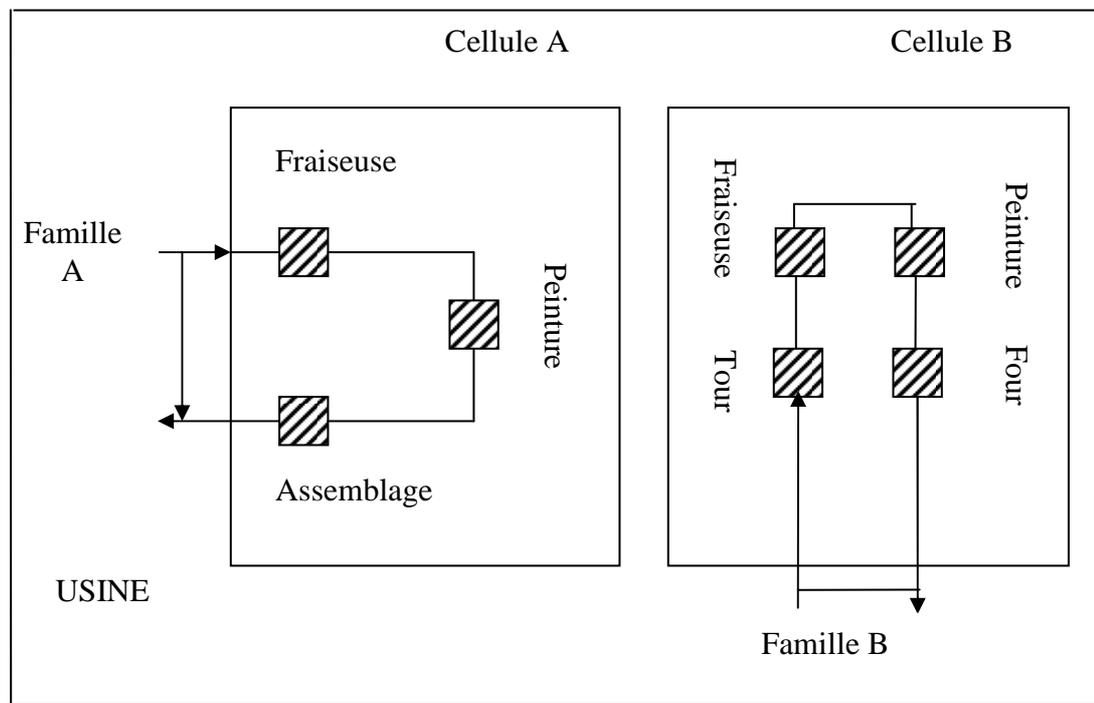
Les principes de la technologie de groupe sont simples :

---

<sup>39</sup> V.Giard op cité p59

On scinde l'usine en un nombre limité de cellules correspondant à de véritables « sous-usines ». Chaque cellule est spécialisée dans une famille de produits, c'est-à-dire un sous-ensemble de références à produire. Ces sous-ensembles sont définis sur une base technique (similitude des gammes de production, importance voisine des cellules). Cette définition et la détermination du nombre de cellules restent très empiriques même si certaines techniques d'analyse des données sont utilisables pour résoudre de tels problèmes. Une implantation des cellules suivant la technologie de groupe conduit nécessairement à avoir un même type de machines dans plusieurs cellules.

Ce type d'implantation est illustré par le croquis suivant :



### Structure du système productif en cellules

**Source :** V. Giard. OP cité p59

L'adoption de la technologie de groupe permet de retirer certains bénéfices de la production en ligne :

- Spécialisation des équipements (tous les produits d'une famille requièrent les mêmes équipements)
- Systématisation des procédés (les gammes opératoires sont similaires)

- Diminution du nombre de variété de pièces, d'où une planification aisée
- Facilité de l'écoulement des pièces
- Réduction des manutentions.

## **2/Les méthodes d'implantation :**

Il existe plusieurs méthodes d'implantation d'atelier qui privilégient chacune d'entre elles un type d'implantation. Ces méthodes visent à organiser au mieux l'implantation des ressources d'une unité de production pour structurer et raccourcir les flux de matières.

Parmi ces méthodes on cite : la méthode des chaînons et la méthode des gammes fictives.<sup>40</sup>

### a) Méthode des chaînons :

C'est la méthode d'implantation la plus répandue, elle 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.

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

Il est à noter qu'avant la mise en œuvre d'une méthode d'implantation, il faut d'abord inventorier les postes de travail ainsi que les gammes opératoires.

---

<sup>40</sup> Georges Javel. OP cité p97

➤ Détermination des processus de production :

L'îlot à implanter comporte sept postes de travail notés de M1 à M7.

Il est prévu pour produire une famille de cinq pièces notées de P1 à P5 dont les gammes opératoires sont décrites dans le tableau suivant :

Repère Pièce	Gammes					Liaison
	10	20	30	40	50	
P1	M4	M2	M6	M5		2
P2	M4	M1	M6	M5		5
P3	M1	M6	M3	M5		2
P4	M1	M6	M5			3
P5	M4	M7	M1	M3	M5	3

➤ Analyse des processus :

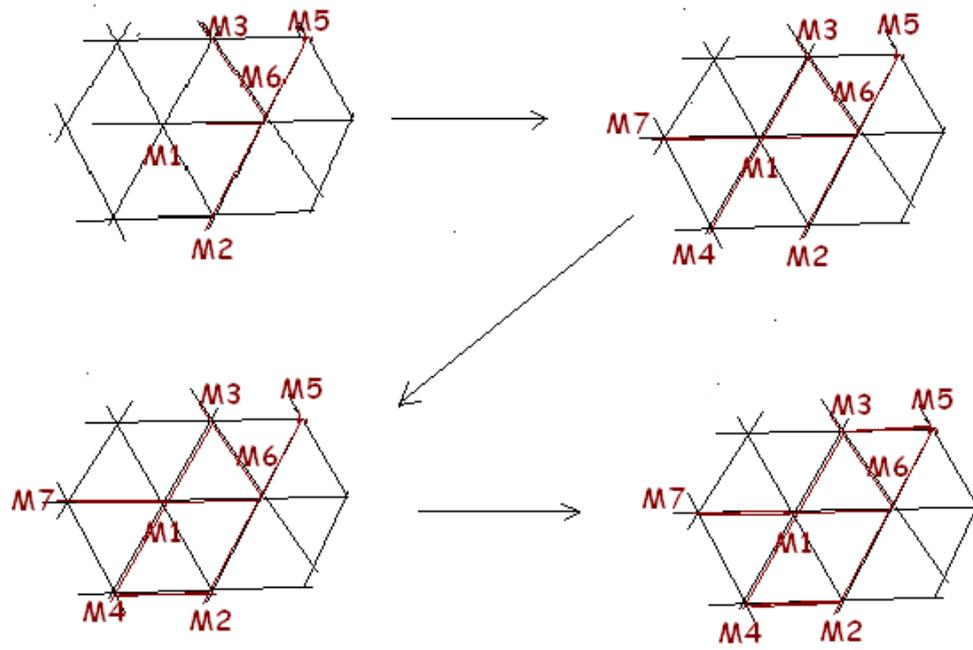
Cette étape consiste à tracer la matrice des flux (ou table des chaînons) ; déterminer le nombre des chaînons et déterminer les indices de flux. Une liaison caractérise le trafic sur un chaînon exprimé en nombre de manutentions par unité de temps.

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

Dans le cas où deux postes comportent un nombre identique de chaînons, on privilégiera les flux les plus importants.

➤ Implantation théorique :

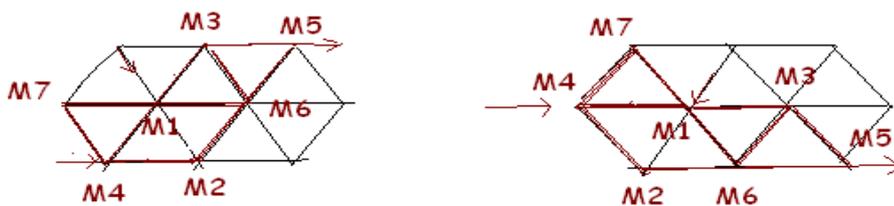
Pour cette étape, il convient d'utiliser une trame à maille hexagonale ; on commence par placer le poste qui totalise le plus grand nombre de chaînons (M6). On dispose autour de lui, par ordre de priorité les postes qui lui sont directement reliés.



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 :



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

b) Méthode des gammes fictives :

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 qui utilise tous les postes de travail, ensuite on commence à lister dans l'ordre de cette gamme les postes puis à intercaler les postes utilisés par les autres gammes.

En raisonnant sur le même exemple précédent on part de la gamme P5.

P5 : M4 \_\_\_\_\_ M7 \_\_\_\_\_ M1 \_\_\_\_\_ M3 \_\_\_\_\_ M5 (gamme la plus longue)

P2 : M4 \_\_\_\_\_ M1 \_\_\_ M6 \_\_\_\_\_ M5

P3 : M1 \_\_\_ M6 \_\_\_ M3 \_\_\_\_\_ M5

P4 : M1 \_\_\_ M6 \_\_\_\_\_ M5

Pour réaliser P2, P3 et P4 on intercale M6 dans la gamme de P5.

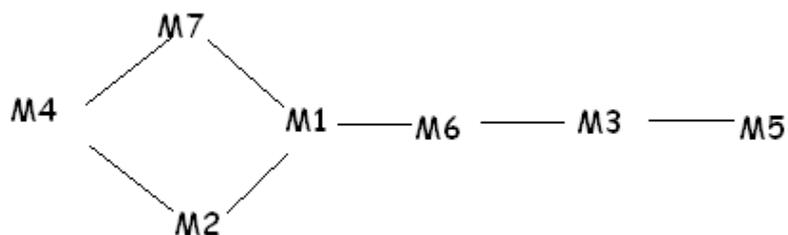
M4 \_\_\_\_\_ M7 \_\_\_\_\_ M1 \_\_\_\_\_ M6 \_\_\_\_\_ M3 \_\_\_\_\_ M5

Pour réaliser P1 on intercale M2, mais il est impossible de le situer avec précision.

1<sup>er</sup> cas : M4 \_\_\_ M2 \_\_\_ M7 \_\_\_ M1 \_\_\_ M6 \_\_\_ M3 \_\_\_ M5

2<sup>ème</sup> cas : M4 \_\_\_ M7 \_\_\_ M2 \_\_\_ M1 \_\_\_ M6 \_\_\_ M3 \_\_\_ M5

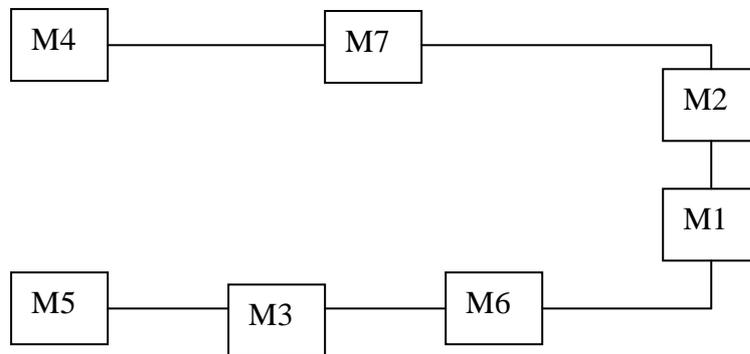
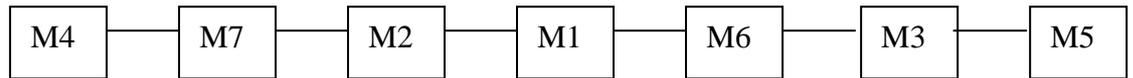
On ne connaît pas la position de M2 par rapport à M7, donc on peut les situer au même niveau et la gamme fictive devient :



➤ Implantation théorique :

L'implantation théorique revient à construire la ligne de fabrication qui correspond à la gamme fictive.

Les postes de la ligne de fabrication pourront être rangés en ligne ou disposés en U.



➤ Prise en compte des contraintes techniques :

Cette étape consiste à choisir l'implantation théorique la plus adaptée pour réaliser l'implantation pratique en tenant compte des contraintes techniques (surfaces disponibles...)

# CHAPITRE III :

PLANIFICATION ET PILOTAGE DES SYSTEMES PRODUCTIFS

Section1 : Techniques de planification

Section2 : Pr evision des ventes

## **Introduction**

Nous quittons le domaine des décisions stratégiques portant sur le long terme qui concernent la conception des produits, la détermination de la capacité, et la localisation des unités de production pour entrer dans le domaine de la planification à moyen terme.

La planification de la production qui est une décision tactique répond à un souci de régulation à moyen terme de la production et constitue aussi un lien entre les décisions opérationnelles du court terme et les décisions stratégiques du long terme.

Cette problématique se retrouve principalement dans les systèmes productifs produisant pour stock ou assemblant à la commande.

Dans ce chapitre, nous allons présenter trois méthodes aidant à la planification et à la prise de décision en matière de production.

La première est très empirique dans ses fondements, c'est celle de la MRP (Materiel Requirements Planning).

La deuxième est présentée dans le cadre de la philosophie Japonaise (JAT) Juste A Temps qui est utilisée à la place du MRP dans des environnements bien particuliers et en complément de la MRP dans beaucoup d'autres.

La troisième est une méthode qui traite également des problèmes de planification en utilisant des techniques de recherche opérationnelle, c'est celle de la programmation linéaire qui aide à définir des problèmes de production beaucoup plus complexe.



## **Section 1 : Techniques de planification**

### **1/MRP (Manufacturing Resources planning)**

#### **A/Gestion des stocks et MRP2 :**

a. Les limites de la gestion de la production traditionnelle :<sup>41</sup>

Les méthodes de gestion de la production traditionnelle sont très simples, elles se résumaient bien souvent à une gestion par les niveaux de stocks.

La méthode la plus représentative de ce type de gestion est celle du point de commande : le niveau des stocks de composants, semi-finis ou produits finis est alors surveillé par un gestionnaire (visuellement, manuellement, avec des fiches ou informatiquement) et dès que le niveau du stock atteint un certain seuil (point de commande) un ordre de fabrication (OF) d'une quantité fixe est lancé en production (composant fabriqué) ou une nouvelle commande est passée (composant ou matière acheté).

Rappelons que pour calculer le point de commande, il faut tenir compte de la consommation moyenne par unité de temps, du délai de fabrication (ou délai d'approvisionnement de l'article). Un stock de sécurité est en général ajouté pour contrecarrer les incertitudes de la demande (produits finis) ou des approvisionnements (matières, composants) et des délais de livraison.

Ces méthodes sont d'usage très simple, par contre, elles ont de très gros défauts. La principale hypothèse qui est faite pour l'utilisation de ces méthodes est la constance de la demande, ce qui est rarement le cas.

Le deuxième défaut de ce type de gestion est que les articles sont gérés indépendamment les uns des autres, alors qu'en réalité, ces articles sont liés.

---

<sup>41</sup> Alain courtois op cité p205

Lorsqu'un produit fini est assemblé à partir de plusieurs composants, un retard ou une rupture sur n'importe lequel de ses composants remet en cause la fabrication du produit fini.

Le seul moyen d'éviter les ruptures ou les retards était de multiplier les stocks de sécurité sur tous les articles.

Toutes ces limitations ont conduit à mettre au point à partir de 1965 aux Etats-Unis un concept de gestion de la production permettant d'anticiper les besoins exacts avec leur décalage dans le temps.

Cette méthode a été initialement appelée MRP (Material Requirement Planning).

b. Historique et définition du MRP :

La méthode MRP est apparue aux Etats-Unis dans les années soixante. Elle n'a cessé d'évoluer au cours du temps (MRP0, MRP1, MRP2).<sup>42</sup>

La première version avait pour nom Material Requirement Planning, elle permet de répondre aux questions suivantes :

Quel produit ? Pour quand ? combien?

Dans MRP1 (1971), également appelée « Méthode de Régulation de la Production », c'est l'intégration des capacités des moyens : gestion et planification de ceux -ci ainsi que la notion de systèmes à boucles fermées.

Le système MRP s'enrichit d'une boucle de validation des délais et d'une boucle de validation des charges par rapport aux capacités des postes de travail.

Il permet à répondre à :

- Est-ce-que j'ai la capacité de le faire ? (sinon : boucle de retour et informer l'échelon supérieur)

---

<sup>42</sup> G.Javel op cité p170

- Avec quel délai ?

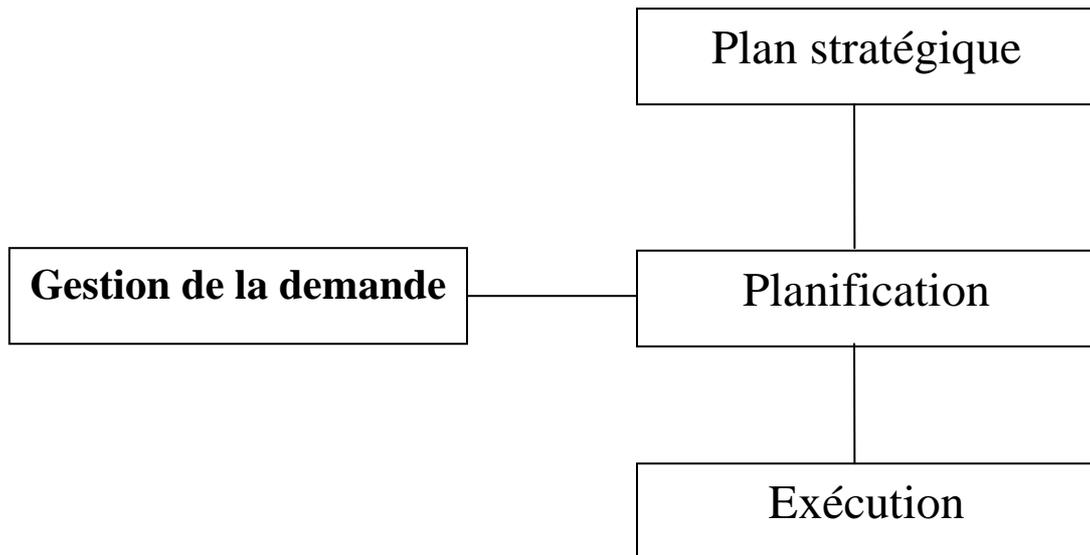
Le MRP2(1979), également appelée « Management des Ressources de Production », « Manufacturing Resource Planning » a introduit la planification financière et comptable. Celle-ci est réalisée grâce à une boucle de validation des priorités de fabrication.

MRP2 permet de répondre à :

- Avec quelle priorité ?
  - A quel prix ? à partir des prévisions de la demande et des commandes clients
- MRP2 permet de gérer la production depuis le long terme jusqu'au court terme. C'est également une méthode de simulation de l'activité industrielle qui permet de répondre à la question générale « que ce passera-t-il si ? »

C'est un outil de communication entre les diverses fonctions de l'entreprise, notamment les fonctions commerciale et production. Il permet à tous les services de l'entreprise de gérer la production en parlant un langage commun.

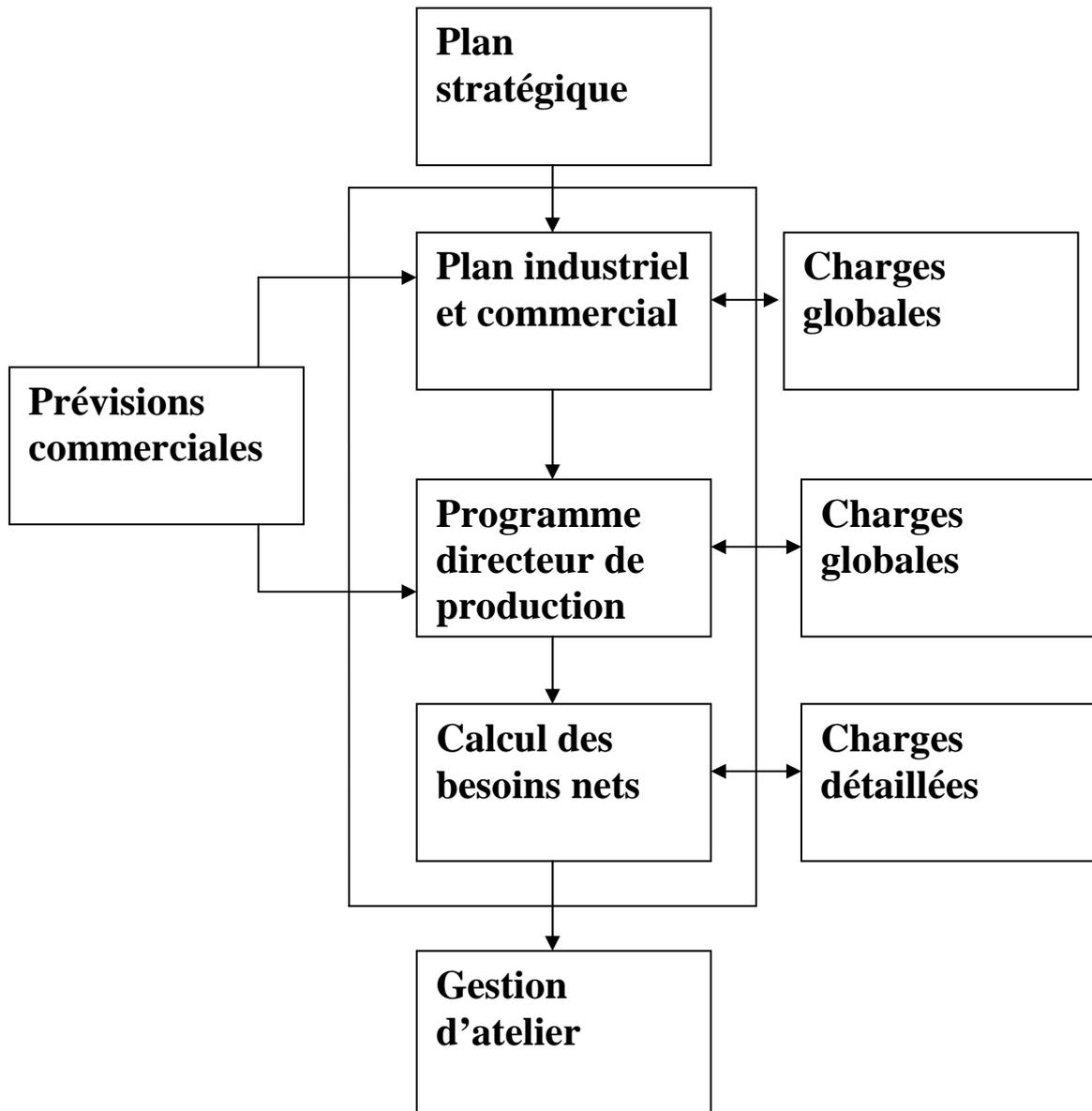
Le schéma suivant illustre le principe général du MRP2, avec la planification déduite de la gestion de la demande (prévisions commerciales et commandes des clients)



### Principe Général MRP2

Source : Alain Courtois. OP cité p207

Le schéma suivant présente les trois niveaux de la planification en détail. Il précise, en outre, l'indispensable gestion des charges et des capacités qui permet de valider chaque niveau afin de maintenir un degré de réalisme indispensable au bon fonctionnement du système.



MRP2 avec les trois niveaux de planification

Source : A.Courtois. OP cité p207

c. Principe d'Orlicky :<sup>43</sup>

Dans une entreprise tous les produits sont fabriqués pour satisfaire des besoins. Joseph Orlicky créateur de la méthode MRP a mis en évidence deux types de besoins : les besoins dépendants et les besoins indépendants.

Les besoins indépendants : sont ceux qui proviennent de l'extérieur de l'entreprise, indépendamment de sa volonté propre. Il s'agit essentiellement des produits finis et des pièces de rechange achetées par les clients de l'entreprise.

Les besoins dépendants : sont générés par les précédents. Ils proviennent de l'intérieur de l'entreprise elle-même. Il s'agit des composants, matières premières et fournitures entrant dans la composition des produits vendus. Ils se déduisent des besoins indépendants par l'utilisation des nomenclatures des produits.

Donc le postulat d'Orlicky s'énonce de la façon suivante :

- Les besoins indépendants ne peuvent être qu'estimés par des prévisions.
- Les besoins dépendants, au contraire, et doivent être calculés

Le type de gestion de ces besoins diffère l'un de l'autre, car la gestion des besoins indépendants repose sur des méthodes de prévision<sup>44</sup>, alors que la gestion des besoins dépendants s'effectue par le calcul à l'aide des nomenclatures qui expriment la composition des produits. Ce calcul s'appelle le calcul des besoins que nous allons voir par la suite.

Il faut noter que certains articles peuvent avoir des besoins à la fois dépendants et indépendants tel une pièce de rechange.

L'activité de prévision est le point de départ de la planification. Toute activité de production est fondée sur des commandes fermes et des prévisions de commande. Et puisque on a évoqué ces méthodes, nous allons les présenter succinctement.

Il existe deux types de méthodes de prévision :

---

<sup>43</sup> Alain Courtois. OP cité p208

<sup>44</sup> Anne Gratacap OP cité p36

Les méthodes qualitatives : elles font appel à une méthodologie non mathématique (mais elles peuvent impliquer des valeurs numériques). Elles sont souvent utilisées pour le moyen et le long terme. C'est le cas des études de marché, de l'utilisation des panels, du recours aux opinions des experts (méthode Delphi) ...

Les méthodes quantitatives : elles consistent à développer des modèles mathématiques explicites, calculant les prévisions à partir des données historiques, et par conséquent, il est plus facile de les analyser et de les améliorer. Ces méthodes elles mêmes se décomposent en deux méthodes : méthodes causales et méthodes d'extrapolation statistique.

Les méthodes causales consistent à établir sur la base de données passées une relation entre les demandes à prévoir et une ou plusieurs autres variables explicatives. Ces variables peuvent être soit internes à l'entreprise, soit liées à l'économie et à la concurrence.

Les méthodes extrapolatives consistent à dégager dans la série elle-même un certain nombre de composantes que l'on peut prolonger dans le futur.

Aussi, l'entreprise peut aussi utiliser parfois des méthodes de prévision plus simples et plus empiriques, visant à lui donner une idée de la demande.

A présent nous allons examiner les trois de niveaux de planification.

## **B/ Plan stratégique :**

Le plan stratégique est un plan à long terme : l'horizon est de 3 à 5 ans, son objectif est de définir le cadre global et d'arrêter des décisions concernant la politique de l'entreprise en phase avec le marché. Il fixe les grandes orientations stratégiques telles que : marché à conquérir, planification des effectifs, technologie à maîtriser, développement des gammes de produits...

## **C/ Plan Industriel et Commercial (PIC) :**

### *1/ Définition et objectif :*

Ce plan industriel et commercial (PIC) est une partie importante de la méthode MRP2. C'est l'élément de base de la planification élaboré entre les responsables de la production, les responsables commerciaux et la direction de l'entreprise.

Le plan industriel et commercial est un échéancier mensuel voire trimestriel, il est établi avec un horizon entre un an (produits à cours délai) et cinq ans (pour des produits à délai long). Ce plan industriel et commercial est établi par familles de produits compris entre 5 et 20 selon les entreprises.

Le plan industriel et commercial doit permettre de calculer globalement la charge induite par les choix de production qui ont été ainsi formalisés et donc de déterminer les besoins en capacité. Ceci permet par la suite d'équilibrer la charge entre usines ou ateliers, de définir la politique d'embauche ou de définir les investissements.

Il doit permettre également d'anticiper les problèmes potentiels (avant qu'ils ne deviennent réels) notamment une inadéquation entre la capacité de l'E et la charge induite par les besoins commerciaux. La prise de décision PAR anticipation permet d'assurer, à un niveau global, le service client souhaité.

### *2/Le document du PIC :*

Le plan industriel et commercial est établi à partir du carnet de commandes et des prévisions commerciales (ventes, production et le niveau de stock). C'est un document approuvé entre le service production et le service commercial. Le PIC comporte trois parties : Prévisions de ventes, prévisions de production et niveaux de stock résultants. Il comporte une partie « passé » qui permet de comparer les prévisions avec les données réelles. La partie « futur » permet de planifier. Tout écart entre données réelles et prévisionnelles nécessite une explication et doit conduire à mettre en place des actions correctives. (écart en % par rapport à l'objectif).

Les prévisions de vente sont établies par le service commercial pour chaque famille de produit et par période, les prévisions de production sont de la responsabilité du service production.

L'objectif de stock est un compromis entre le souhait du service commercial de disposer d'un stock de sécurité copieux afin d'assurer un bon service client, l'objectif économique de l'entreprise cherchant à minimiser l'immobilisation financière (due au stock) et les possibilités de production qui ne peut pas suivre les variations brutales de la demande l'obligeant à jouer sur le stock pour lisser la charge.

Le niveau de stock dans un PIC est le résultat d'un calcul en utilisant la formule suivante<sup>1</sup>

$$\text{Stock (M)} = \text{Stock réel (M - 1)} + \text{Production (M)} - \text{Vente (M)}$$

Le PIC réunit tous les mois la direction générale et les directeurs opérationnels des services commercial, industriel et logistique à la fois. Cette réunion est un forum d'analyses et de décisions, plus stratégiques qu'opérationnelles. Il faut pouvoir dégager pour chaque fonction l'évolution des ventes, production et des stocks.

Exemples : Les tableaux ci-dessous illustrent l'établissement du PIC de la famille A pendant la réunion faite au 2 avril.

Les colonnes de janvier et février ont été remplies durant les deux réunions précédentes (janvier et février), les valeurs réelles de vente et de production de mars viennent d'être connues.

Le nouveau stock réel est :

$$S \text{ mars} = S \text{ février} + P \text{ mars} - V \text{ mars} = 210 + 490 - 510 = 190$$

Les indicateurs de performance sont les suivantes :

$$510 - 500 = 10 \quad \text{soit } 10/500 = 2 \% \text{ (vente)}$$

$$490 - 510 = -20 \quad \text{soit } -20/510 = 4 \% \text{ (Production)}$$

$$190 - 210 = -20 \quad \text{soit } 190/250 = 76 \% \text{ de l'objectif de stock}$$

D'après ces indicateurs, on remarque que la production n'a pas atteint ses prévisions ces trois derniers mois, le service commercial les a dépassées.

Le stock est actuellement tombé en dessous de la fourchette prévue. Le rôle de la réunion du PIC est de prendre une décision concernant la politique à choisir. Les tableaux seront complétés en supposant que les problèmes de production soient résolus et permettent d'être au niveau 520 K€ pour les mois ç venir. Avec les ventes prévues, le niveau de stock remontera rapidement vers l'objectif.

Famille A Unité : K€ Date : 2 avril

Ventes	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août
Prévis	500	500	500	500	500	510	510	520
Réel	510	510	510					
Ecart	10	10	10					
Ecart %	2	2	2					

Produc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août
Prévision	490	500	510	520	520	520	520	520
Réel	480	490	490					
Ecart	-10	-10	-20					
Ecart %	- 2	- 2	-4					

Stock	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août
Prévis	250	230	210	210	230	240	250	250
Réel	230	210	190					
Ecart	-20	-20	-20					
Objectif %	92	84	76					

		300
Objectif de stock	250	
		200

Dans le cas où la demande n'est pas régulière, L'entreprise peut choisir entre deux politiques extrêmes.

La première où la production suit la demande avec une nécessaire flexibilité. La deuxième est de forcer la production à un niveau constant. Ceci conduit à un lissage de la charge induite par le PIC.

Le défaut de cette solution réside dans un niveau de stock parfois élevé.

Naturellement, entre ces deux solutions extrêmes, il est possible de faire un choix intermédiaire qui permet de suivre dans une certaine mesure les variations de la demande en modulant la capacité des ressources de production (horaire annualisé, appel à la sous-traitance en période de forte vente) tel le cas d'une entreprise qui fabrique des matériels de sport.

Ex : on stocke avant la saison d'hiver malgré la capacité réduite et on accroît la capacité au moment de la forte demande (horaire lourd et embauche d'intérimaires)

### 3/Le calcul des charges globales :

Le PIC sert de base à la planification des ressources et par voie de conséquence aux décisions d'investissement et l'établissement des plans financières et pour que le management des ressources donne de bons résultats, il faut que la charge programmé globale soit compatible avec la capacité des ressources de production. L'objectif du calcul des charges globales est de donner de façon globale la charge et donc le besoin en capacité pour certaines ressources critiques de l'E. il permet à la direction de l'E de prévoir la capacité nécessaire pour réaliser l'objectif de production fixé dans le PIC. Dans le cas où la charge dépasse la capacité de la ressource considérée, les gestionnaires ont recours à deux solutions extrêmes : augmenter la capacité ou diminuer la charge.

En cas de surcharge :

- Heures supplémentaires.
- Emprunt de personnel à d'autres ateliers.
- Embauche de personnel.
- Sous-traitance.
- Mise en place d'équipe de week-end.
- Achat de machine.

En cas de sous-charge :

- Réduction des heures supplémentaires.
- Arrêt de contrat de travail temporaire.
- Limitation de la sous-traitance...

Le calcul des charges globales est très simple. Des ratios très généraux, actualisés 1 à 2 fois par an, sont appliqués aux données du PIC. L'établissement du PIC se fait par famille de produits et puisque certaines ressources seront utilisées par plusieurs familles, il faut donc établir l'équilibre charge/capacité à partir de tous les PIC impliqués.

L'exemple suivant présente un caractère global du calcul des charges.

Prenons la ressource du personnel d'un atelier d'emboutissage où passent 4 familles de produits A, B, C et D. des ratios donnent le nombre de personnes nécessaires pour produire 100 K€ par jour.

Familles	Ratios
A	5
B	2
C	3
D	2

Prod.	PIC (en K€ par jour)				
	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
Famille A	200	180	210	230	200
Famille B	400	300	200	250	200
Famille C	400	400	500	600	500
Famille D	250	200	225	225	200

Pour calculer le nombre de personnes nécessaires dans l'atelier considéré, il suffit d'appliquer les ratios.

$$5 \times 2 + 2 \times 4 + 3 \times 4 + 2 \times 2,5 = 35 \text{ personnes (Fév)}$$

	Charge (nombre de personnes)				
	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
A	10	9	10,5	11,5	10
B	8	6	4	5	4
C	12	12	15	18	15
D	5	4	4,5	4,5	4
<b>Total</b>	<b>35</b>	<b>31</b>	<b>34</b>	<b>39</b>	<b>33</b>

#### D/ Programme directeur de production (PDP) :

##### 1/Définition et objectif :

Le PDP est une partie essentielle de la méthode MRP<sub>2</sub>. Il établit une passerelle entre le PIC et le calcul des besoins. C'est un contrat qui définit à partir du PIC, l'échéancier des quantités à produire pour chaque produit fini.

Le respect du PDP doit permettre à l'entreprise de satisfaire ses clients. Ce respect n'est possible que si le PDP est établie en prenant en compte les exigences des clients (en terme de délai et de quantité) et en tenant compte des possibilités réelles de

l'entreprise (capacité). Il permet au gestionnaire d'anticiper les variations commerciales.

Ces principales fonctions sont :

- De donner les ordres de fabrication pour les produits finis, il induit le calcul des besoins nets.
- De concrétiser le PIC en traduisant en produits finis réels chaque famille de produits du PIC.
- De suivre les ventes réelles en comparant les commandes reçues avec les prévisions.
- De déterminer le disponible à vendre.
- De mesurer l'évolution du stock de PF.

Le PDP recourt à un échéancier dont la période est généralement la semaine ou même le jour. Son horizon total couvre au moins le délai cumulé de tous les composants nécessaires à son élaboration.

Ex (approvisionnement, fabrication et assemblage). Il peut varier de trois mois à un an selon les types de produits. Il est revu couramment chaque semaine.

Les informations nécessaires pour l'établissement du PDP sont :

- Prévision de vente (PV) qui sont établies par le service commercial pour les périodes à venir.
- Les commandes fermes (CF) : enregistrées par l'entreprise pour les périodes à venir.

Pour une période donnée, l'augmentation de la quantité de produits finis en commande ferme doit s'accompagner d'une baisse de la prévision des ventes initiales de ce produit (les commandes fermes consomment les prévisions de ventes).

Ex [c'est-à-dire que l'entrée d'une valeur C dans la ligne des commandes retranche C à la ligne « prévisions de vente » correspond aux commandes que l'E a encore prévu de recevoir. Si la somme des commandes dépasse la prévision correspondante, une valeur négative apparaîtra dans la 1<sup>ère</sup> ligne. Le signe (-) aura pour but de souligner le

dépassement et faire remarquer que l'E ne s'attend pas à d'autres commandes puisque les commandes acceptées sont déjà supérieures aux prévisions.]

Le disponible prévisionnel (DP) est le stock réel auquel on retranche le stock de sécurité (dans le cas où la demande réelle est supérieure à la prévision des ventes, pour éviter les ruptures). Tout passage à zéro signifie un besoin de rechargement en produit, mais il en reste physiquement la valeur du stock de sécurité.

Le PDP fournit :

- Des ordres (PDP) pour lesquels la ligne « date de fin » traduit une quantité disponible en début de période.
- Le disponible à vendre (DAV) donne le nombre de produits disponibles à la vente sans modifier le PDP.
- $DAV(1) = \text{stock} + PDP(1) - \text{somme des commandes fermes jusqu'à la}$
- $DAC(P) = \text{stock prochaine réception ou prévue (PDP) fin.}$
- Ligne (Début) des ordres PDP indique la période de lancement de la production. Cette ligne engendra les besoins bruts des articles de niveau immédiatement inférieur au produit fini considéré.
- Ligne « message » alerte le gestionnaire de toute anomalie.

Le pilotage de la production d'une E s'effectue par l'établissement du PDP. Pour une raison ou une autre, le PDP peut varier d'une semaine sur l'autre et par conséquent les opérations effectuées dans les ateliers de l'E vont être modifiées, remises en cause, décalées dans le temps ou annulées ce qui va entraîner par la suite une baisse de productivité. Pour éviter les perturbations de production et les changements dans le PDP, une zone de gestion dite ferme est fixée dans le PDP. A l'intérieur de cette zone ferme le PDP est donné par des ordres fermes placés par le gestionnaire de la production, alors que dans la zone libre il s'agit d'ordres proposés par le système. La longueur de la zone ferme (ZF) doit être au moins égale au délai d'obtention cumulé du produit fini. Des modifications peuvent être envisagées dans la zone ferme. Cependant ces modifications sont sous la

responsabilité du gestionnaire qui doit avoir étudié toutes les conséquences de ces modifications et prenant aussi l'accord de la production.

Exemple de PDP :

Le tableau suivant donne un exemple du PDP :

$$St = 125 ; L = 100 ; D = 1 ; SS = 5 ; ZF = 4$$

	1	2	3	4	5	6	7
Prévision de vente	5	20	30	40	45	50	50
Commandes fermes	35	20	15	5	2		
Disponible prévisionnel /120	80	40	95	50	3	53	3
PDP (date de fin)			100			100	
Disponible à vendre							
PDP (date de début)		100			100		

On remarque bien que les commandes déjà enregistrées décroissent vers le futur et consomment les prévisions : dans la période 1 ; les prévisions initiales étaient de 40 mais 35 produits in été commandés et in prévoir encore 5 commandes.

Montrons le déroulement du calcul. On voit bien qu'il existe à présent des ordres fermes, c'est-à-dire des ordres déjà placés précédemment par le gestionnaire (100 produits sont prévus dans un ordre ferme avec date de début en période 2 pour date de fin en période 3).

$$DP_0 = S_t - SS = 125 - 5 = 120$$

$$DP_1 = DP_0 - PV_1 - CF_1 = 120 - 5 - 35 = 80$$

$$DP_2 = DP_1 - PV_2 - CF_2 = 80 - 20 - 20 = 40$$

$$DP_3 = DP_2 - PV_3 - PDP_3 - CF_3 = 40 - 30 - 100 - 15 = 95$$

$$DP_4 = DP_3 - PV_4 - CF_4 = 95 - 40 - 5 = 50$$

Si dans une des périodes précédentes, le DP était négatif, il y aurait eu un message avec proposition de solution, mais pas d'ordre proposé car nous sommes dans la zone ferme.

$$DP_5 = DP_4 - PV_5 - CF_5 = 50 - 45 - 2 = 3$$

$$DP_6 = DP_5 - PV_6 = 3 - 50 < 0 \text{ donc } PDP_6 = 100 \text{ avec début en } 6 - 1 = 5$$

$$\text{Et } DP_6 = DP_5 + PDP_6 - PV_6 = 3 + 100 - 50 = 53$$

$$DP_7 = DP_6 - PV_7 = 53 - 50 = 3$$

Calcul du disponible à vendre : (DAV)

Le DAV donne ce qui peut encore être promis à des clients. Une valeur est à calculer en première période puis chaque fois qu'il y a une nouvelle ressource, donc un ordre « PDP » « fin ».

$$DAV_1 + S_t - CF_1 - CF_2 = 125 - 35 - 20 = 70$$

S'il existait un ordre PDP (Fin) ; il faudrait l'ajouter au stock.

Pour les autres périodes, on ne doit tenir compte que des ressources PDP, car tout le disponible prévisionnel a pu être vendu (il est inclus dans le DAV précédent).

$$\begin{aligned} DAV_3 &= PDP_3 - CF_3 - CF_4 - CF_5 \\ &= 100 - 15 - 5 - 2 = 78 \end{aligned}$$

$DAV_6 = PDP_6 = 100$  puisqu'il n'y a plus de commandes.

$$St = 125 ; L = 100 ; D = 1 ; SS = 5 ; ZF = 4$$

	1	2	3	4	5	6	7
Prévision de vente	5	20	30	40	45	50	50
Commandes fermes	35	20	15	5	2		
Disponible prévisionnel /120	80	40	95	50	3	53	3
PDP (date de fin)			100			100	
Disponible à vendre	70		78			100	
PDP (date de début)		100			100		

2/Calcul des charges globales (PDP) :

Au niveau du PDP, les ordres de fabrication de produits finis ont été placés sans prendre en compte les conséquences en terme de charge. Comme pour le PIC.

C'est pour cette raison là qu'on doit faire un calcul des charges pour valider le PDP, ce calcul sera effectué à partir de critères qui seront plus fins que ceux du PIC puisque étant caractéristiques de produits au lieu d'une famille. Ce PDP validé va

constituer le programme de référence pour réaliser l'explosion de calcul des besoins.

## **E/ Le calcul des besoins :**

### *1/ Définition et objectif :*

Le calcul des besoins est la traduction de « Material Requirements Planning » d'où le nom de la méthode MRP. Le calcul des besoins nets constitue le cœur du MRP<sub>2</sub>. Il a pour objectif de définir, à partir des besoins indépendants, l'ensemble des besoins dépendants. Il fournit les approvisionnements et lançements de fabrication de tous les articles autres que les produits finis, pour les périodes à venir. Il permet aussi de vérifier pour chaque article la cohérence des dates de livraison avec les dates des besoins.

Pour effectuer un calcul des besoins, il faut connaître les quantités à fabriquer, positionnées dans le temps (c'est-à-dire un échéancier) pour chaque produit fini. Nous verrons par la suite que c'est cet échéancier qui donne ces indications et constitue donc le point de départ du calcul des besoins, il s'appelle le programme directeur de production (PDP).

- Lors du calcul, il faut disposer des informations suivantes :
  - Les nomenclatures donnant les composants de chaque article.
  - Le délai nécessaire pour le fabriquer, l'acheter ou l'assembler : pour un article fabriqué le délai est la somme des temps d'usinage ou d'assemblage (U), des temps de changement de série (S), des temps de transport (T) entre machines, des temps d'attente (At) [représente souvent 80% du délai] devant les machines et d'un temps administratif (Ad). Dans le cas d'un produit acheté le délai est composé seulement du temps de traitement administratif de la commande et de la durée de la livraison. Dans certains cas, un délai de sécurité est ajouté pour tenir compte des aléas de production ou de livraison ;

- La quantité actuellement en stock (d'où l'importance des inventaires pour disposer d'une valeur fiable) ;
- Les règles de gestion fixées comme la taille de lot de fabrication, valeur d'un stock de sécurité, taux de rebut.
  - Le calcul des besoins nets fournit les résultats suivants :
    - Des ordres deancements ou de commandes proposés pour l'horizon de planification retenu.
    - Des messages proposant au gestionnaire les actions à mener : lancer, avancer, retarder un ordre de fabrication ou de commande en vue d'une bonne gestion de la production prévue.

## *2/ Le principe du calcul des besoins :*

Un échancier sous forme de tableau est associé à chaque article géré dans le calcul des besoins, dont les colonnes représentent des périodes de temps. La valeur de la période dépend du délai de production dans le processus considéré ; elle est couramment d'une semaine mais peut être d'un jour. L'horizon de planification correspond au nombre de période pour lesquelles on effectue le calcul des besoins. Il est lié au délai d'obtention du produit fini et la position de l'article considéré dans la nomenclature du PF. Il peut être par exemple d'un an.

Figure 7.4 p 211 (Echancier du calcul des besoins nets).

Dans les colonnes, les valeurs sont valables en début de période sauf le stock prévisionnel, le tableau est présenté comme suit :

- En tête : Stock de départ ( $S_t = 150$ ) qui est le stock réel d'articles au moment du calcul.

- La taille de lot : ( $L = 500$ ) précisant le groupement des articles d'un ordre (besoins nets, c'est-à-dire la quantité exactement nécessaire, quantité fixe comme une quantité économique, multiple d'une quantité...
- Délai ( $D= 2$ ) d'obtention de l'article, exprimé en nombre de périodes, donnant le délai de production ou le délai de livraison de cet article. Il sert au décalage entre les dates début et fin d'un ordre.
- Les lignes : besoins bruts ( $BB = 500$ ) prévisions de consommation d'un article) proviennent du programme directeur de production (PDP) de production dans le cas d'articles gérés à ce niveau (produits finis) ou des besoins d'articles situés au niveau de nomenclature juste supérieur (Date début d'ordres de fabrication planifiés pour les articles parents). Lorsqu'un article a plusieurs parents, c'est-à-dire qu'il entre dans la composition de plusieurs produits différents, les besoins bruts sont la somme des besoins engendrés par les ordres proposés de chacun des parents.
- Ordres lancés ( $OL=500$ ) ordres de fabrication en cours de production, ou ordre d'achat en cours de livraison et attendus pour la période indiquée.
- Stock prévisionnel ( $SP=150$ ) c'est le stock attendu après les transactions réalisées au cours de la période donnée. Sachant que les ordres lancés et les ordres proposés (fin) alimentent le stock tandis que les besoins bruts le font décroître.
- Ordres proposés ( $OP= 500$ ) ce sont les ordres suggérés par le système pour satisfaire les besoins à la date de fin. La ligne début indique le lancement proposé de l'ordre en tenant compte du délai ( $D$ ) d'obtention de l'article.

La dernière ligne du tableau contient les messages destinés au gestionnaire. Dans notre exemple, il lui est proposé de lancer 500 articles S en période 1 afin qu'ils soient disponibles en début de période 3.

- Le besoin (BNP) net d'une période est déduit du besoin brut en lui soustrayant le stock prévisionnel (St) existant en début de période et les en-cours de production qui doivent être terminés dans la période (ordres lancés) Olp

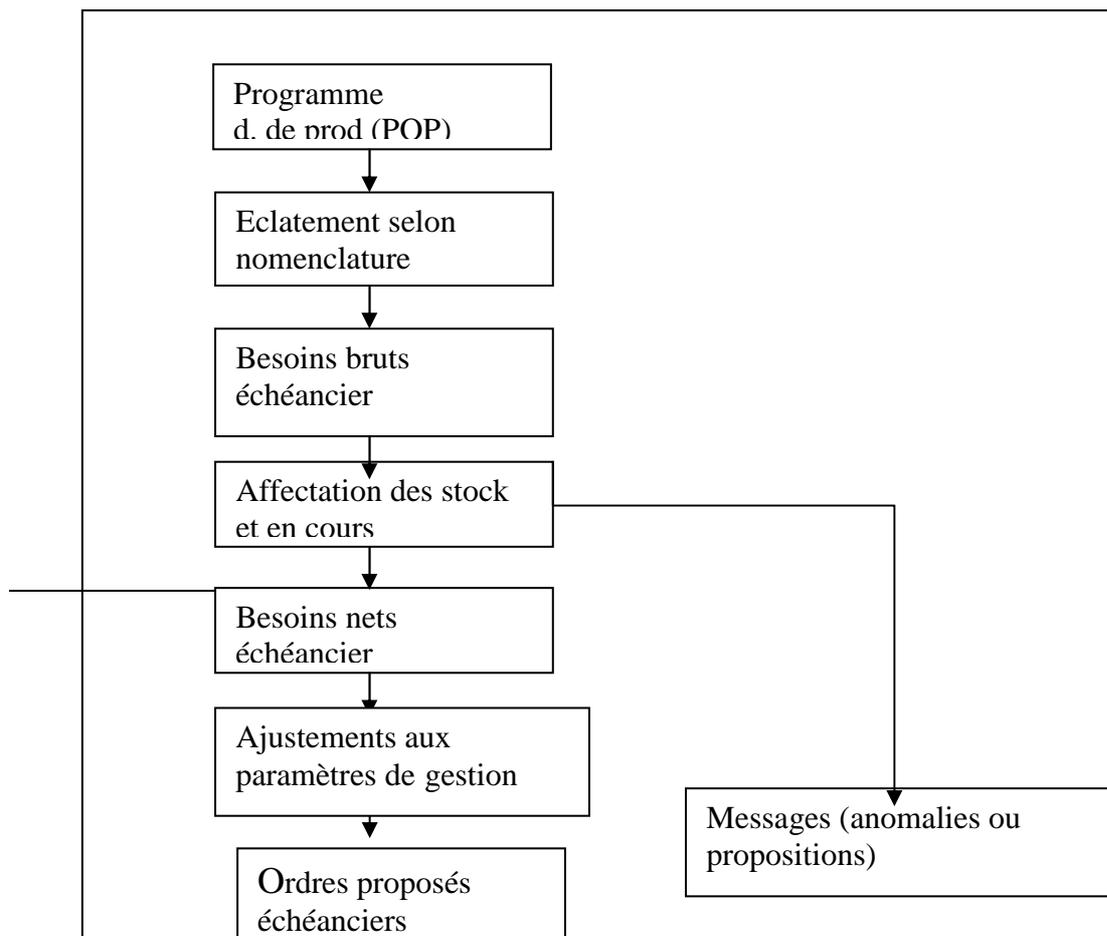
$$BNp = BBp - SPp-1 - Olp$$

$$\text{Si } BNp \leq 0 \text{ alors } BNp = 0$$

Si un besoin net existe dans une période (résultat positif), il faut prévoir des ordres de fabrication (ordres proposés) ou des ordres d'achat que système placera avec date de fin p avec date de début p- D.

Après avoir placé un ordre proposé dans une période le nouveau stock prévisionnel (enfin de période précédente) et en ajoutant les ordres lancés (Olp) et/ou proposés et en retranchant le besoin brut(BBp) pour cette période.

$$Stp = Stp-1 + Olp + Op p - BBp$$



Logique du calcul des besoins nets Source : A.Courtois op cité p213



N.B. : Pour connaître les besoins en B, il faut connaître d'abord les besoins en C et A

Calcul des BN de A :

	St = 450		D = 1	L = 400	
Article A	1	2	3	4	5
Besoins bruts	200	200	200	200	200
Ordres lancés					
Stock prévision.	450 250	250	250	250	250
Ordres proposés	Fin		400		400
	Début	400		400	

Crée les BB C x 2

$$BN_1 = BB_1 - St_0 = 200 - 450 = -250 \leq 0 \text{ donc } BN_1 = 0$$

$$St_1 = St_0 - BB_1 = 450 - 200 = 250$$

$$BN_2 = BB_2 - St_1 = 200 - 250 = -50 \leq 0 \text{ donc } BN_2 = 0$$

$$St_2 = St_1 - BB_2 = 250 - 200 = 50$$

$$BN_3 = BB_3 - St_2 = 200 - 50 = 150 \geq 0 \text{ donc}$$

$$OP_3 = 400$$

$$\text{Avec début en } 3 - 0 = 2$$

$$St_3 = St_2 + OP_3 - BB_3 = 50 + 400 - 200 = 250$$

$$BN_4 = BB_4 - St_3 = 200 - 250 = -50 \leq 0 \text{ donc } BN_4 = 0$$

$$St_4 = St_3 - BB_4 = 250 - 200 = 50$$

$$BN_5 = BB_5 - St_4 = 200 - 50 = 150 \geq 0 \text{ donc } OP_5 = 400$$

$$\text{Avec début en } 5 - D = 4$$

$$St_5 = St_4 + OP_5 - BB_5 = 50 + 400 - 200 = 250$$

Calcul des BN de C :

St = 850

L = 900

D = 1

Article C	1	2	3	4	5
Besoins bruts		800		800	
Ordres lancés					
Stock prévision.	850 850	50	50	150	150
Ordres proposés	Fin				900
	Début			900	

Calcul des besoins nets de B:

St = 500

L = 800

D = 2

Article C	1	2	3	4	5
Besoins bruts		400	900	400	
Ordres lancés					
Stock prévision.	500 500	100	100	400	400
Ordres proposés	Fin		800	800	
	Début	800	800		
Message = Lancer 800 B					

3/ Les différents types d'ordres :

Il existe trois types d'ordre :

- Les ordres proposés :

Sont gérés par le système de calcul des besoins, si les besoins changent, ils seront automatiquement réordonnés par le système

- Les ordres lancés : sont les ordres de fabrication ou d'approvisionnement déjà lancés, donc en cours de réalisation. Le gestionnaire (mais pas le logiciel) peut toujours les modifier en date et/ou en quantité puisque c'est lui qui les a fixés. (Suite à un message par exemple.)

- Les ordres fermés : sont mis en place par le gestionnaire afin de pouvoir figer les quantités et/ou les délais.

Il s'agit d'un lancement prévisionnel qui ne doit être utilisé que pour que les situations exceptionnelles (planifier une quantité différente du lot normal, compression ou allongement d'un délai d'obtention, surtout pour régler des problèmes de surcharge dans une période donnée, ...). S'il y a une modification des besoins, le déplacement de ces ordres n'est pas automatiquement contrairement aux ordres proposés. Ils permettent aux gestionnaires d'imposer sa décision au système de calcul des besoins.

Exemple d'ordre ferme :

St = 190

L = 500

D = 2

Article C	1	2	3	4	5
Besoins bruts	150	180	140	200	210
Ordres lancés		500			
Stock prévision.	190 40	360	220	520	310
Ordres proposés	Fin			500F	
	Début		500F		
Message :					
Reculer ordre de 500 x 127 avec date de fin de période 4 pour fin en période 5					

Dans cet exemple, on remarque que le gestionnaire a avancé la fabrication de cet article d'une semaine pour éviter une surcharge en période 5. Le système a réagi par message que le gestionnaire décidera de ne pas suivre.

4/ Les messages du calcul des besoins :

Le calcul des besoins produit deux types de résultats : les ordres proposés et les messages. Ces messages sont destinés aux gestionnaires afin de l'aider à prendre des décisions et mener des actions qui lui permettent de résoudre des problèmes potentiels.

Il est important de remarquer que le système informatique ne constitue qu'une aide à la décision, il détecte des problèmes mais c'est au gestionnaire de décider et de mettre en place des actions sans perturber la production.

Les principaux messages sont :

- Avancer un ordre lancé ou planifié ferme : l'ordre devrait être réordonné en avance de périodes pour compenser un stock prévisionnel négatif (Risque de rupture donc problème de manquants)
- Reculer un ordre lancé ou planifié ferme :  
Il devrait être réordonné plus tard de n périodes pour éviter un stock prévisionnel trop important (Trop de stock détecté dans une ou plusieurs périodes donc gaspillage).
- Annuler un ordre lancé ou planifié ferme : l'ordre devrait être annulé car le besoin n'existe plus (ce message est rare).
- Lancer un ordre proposé : c'est le message le plus fréquent. Il propose au gestionnaire d'effectuer un lancement de fabrication. Début de période courante pour éviter des manquants quelque temps plus tard. Il correspond à de l'échéancier du calcul des besoins.

#### 5/Le calcul de charges détaillées :

Au niveau du PIC, un calcul des charges globales est effectué pour les comparer avec les capacités globales. Pour la même raison, le PDP est validé par un calcul des charges. Au niveau du calcul des besoins nets, il est nécessaire aussi de faire un calcul des charges afin de les comparer aux capacités disponibles mais cette fois-ci le calcul se fait de manière plus détaillée.

L'objectif du calcul des charges détaillées est de déterminer de façon précise l'échéancier des charges de chaque centre de charge et donc des besoins des besoins en capacité pour chaque centre de charge de l'E. Rappelons qu'un centre de charge peut être une machine, un groupe de machines, un opérateur ou un atelier dont on veut suivre la charge prévisionnelle. Le début en est de

détecter tout problème de surcharge qui se poserait suite à l'établissement du PDP.

Le calcul des charges détaillées doit porter sur tous les ordres qui vont apporter une charge (ordres lancés par les opérations non encore exécutées).

Ordres planifiés fermes et ordres proposés.

Pour chaque ordre de fabrication concernant le centre de charge j on calcule la charge induite :

$$\begin{aligned}
 \text{Exemple : Temps de changement de série} &= && 0.50 \text{ h} \\
 \text{Temps unitaire d'exécution} &= && 0.01 \text{ h} \\
 \text{Nombre d'articles à produire} &= && 200 \\
 \text{Charge induite} &= && 0.5 + 0.01 \times 200 && 2.5 \text{ h}
 \end{aligned}$$

La charge du centre est la somme des charges induites par tous les ordres i exécutés pendant la période.

L'échéancier des charges est souvent représenté sous la forme d'un "profil de charge"

Périodes	Capacité (h)	Charge (h)	Charge/capacité %	100 %
7	120	90	75	
8	120	108	90	
9	80	105	130	
10	120	95	79	
11	120	120	100	
12	120	145	120	
13	80	90	112	
14	120	85	70	

Dans cette représentation, la charge de chaque période est calculée comme indiqué précédemment, la capacité provient du fichier des centres de charge avec le calendrier associé.

Le diagramme illustre les rapports charge/capacité de chaque période et repère les écarts.

Le profil de charge indique clairement au gestionnaire les périodes de sous-charge et les périodes de surcharge.

La méthode MRP fait le calcul des besoins à capacité infinie ce qui signifie que l'on ne tient pas compte de la capacité lors de la génération des ordres. Cela peut engendrer des incompatibilités entre le planning et les ressources installées.

En cas de surcharge, certains ordres de fabrication ne pourront pas être réalisés dans les délais impartis, ce qui va entraîner par conséquent des retards sur les ordres de fabrication.

Pour éviter cela, il est alors aisé d'anticiper les problèmes et de prendre les mesures appropriées pour lisser la charge en respectant les délais et en tenant compte des coûts d'augmentation de capacité. Plusieurs actions sont possibles pour rétablir l'adéquation charge/capacité :

Utilisation d'une machine supplémentaire, effectuer du travail de nuit, effectuer des heures supplémentaires, effectuer du travail de week-end, faire appel à la sous-traitance, ...

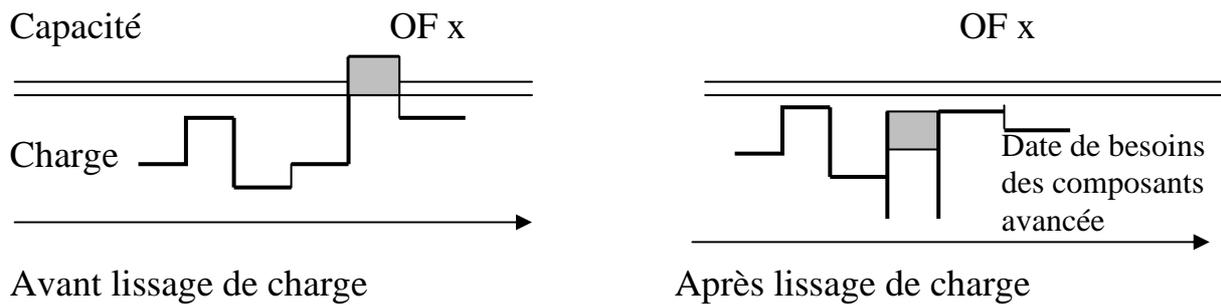
#### Lissage des charges<sup>45</sup>

Pour lisser la charge, on avance certains ordres (dans la mesure où cela est possible) ; la charge d'une période diminuera et la charge de la période précédente augmentera. Il y aura création d'un stock (les produits fabriqués en avance ne sont pas consommés immédiatement). Mais cela a aussi pour conséquence de modifier les calculs des besoins pour les niveaux inférieurs puisque l'on aura besoin plus tôt des composants qui entrent dans les produits dont on aura avancé la fabrication. Il est alors nécessaire de relancer le calcul des besoins.

---

<sup>45</sup> Gérard Baglin, Op cité p349

Surcharge : on avance OF



Lissage de charge par déplacement d'un ordre

Source : Gérard BAGLIN, Olivier Bruel, Alain Garreau, Michel Greif, Laoucine KERBACHE, Christian Van DELFT OP cité p 349

Le management des ressources de la production est donc une méthode de planification de l'ensemble des ressources d'une entreprise industrielle. Cette méthode comprend trois niveaux de planification en partant du plan industriel et commercial vers le calcul des besoins nets, en passant par le programme directeur de la production. Cette planification prépare l'exécution. La planification est fondée sur une prévision de la demande.

La méthode du MRP a évolué au cours des 30 dernières années d'un simple moyen de calcul des besoins en matières et composants (qui ne prenait pas en compte les capacités de production de l'entreprise) à la gestion automatisée de toutes les activités de l'entreprise.

Les changements de plus en plus fréquents des prévisions des ventes, entraînant des ajustements continuels et manuels du plan de production ont conduit à revoir le modèle MRP qui est limité aux approvisionnements de matières pour le faire évoluer vers un moyen de gestion plus large des ressources de production (le MRP2) qui a intégré la gestion de toutes les ressources de l'entreprise (matières et composants, main d'œuvre, machines, ...)

Les évolutions technologiques dans le domaine de l'informatique ont fortement contribué à la progression et au développement de la méthode MRP<sub>2</sub> qui devient le

précurseur des progiciels (ERP) (Entreprise Ressources) qui est "un logiciel qui permet de gérer l'ensemble des processus opérationnels d'une entreprise, en intégrant l'ensemble des fonctions de cette dernière comme la gestion des ressources humaines, la gestion comptable, financière, mais aussi la vente, la distribution, l'approvisionnement, le commerce électronique"

## **2/Juste à Temps :**

Les produits standards fabriqués en très grande quantité sont de moins en moins convoités par les consommateurs. En effet, ces derniers préfèrent acheter un produit de bonne qualité, qui correspond parfaitement à leur besoins et ce avec un prix adorable. Cette nouvelle réalité oblige les entreprises à passer d'une production de masse à bas prix, destinée à un client standard, à une production de qualité de plus en plus diversifiée.

De plus, l'économie de marché et l'accentuation de la concurrence exigée de ces mêmes entreprises qu'elles dépensent moins en agissant sur les coûts afin d'offrir un prix de vente concurrentiel et qu'elles accélèrent la commercialisation de leurs nouveaux produits. Ainsi, pour répondre aux exigences des clients, les entreprises tendent de rendre plus flexibles et plus efficaces leurs méthodes de productions pour ce jour, plusieurs ont adopté les juste à temps.

### **A/La philosophie du JAT :**

#### *1. Principe et définition du JAT :*

Le concept du juste à temps est une traduction littérale du terme anglais « Just In Time ». Il a été développé au Japon au sein de l'usine TOYOTA, dans les années 1950, par TAIICHI OHNO.

Ce n'est sans doute pas au Japon<sup>46</sup>. En effet, elle vise fondamentalement à éliminer toutes les sources de gaspillage dans la production hantise du gaspillage des japonais s'explique par l'exigüité de l'espace disponible au Japon et l'absence quasi complète de ressources minières ou énergétiques.

Il s'ensuit que tout ce qui ne contribue pas directement à la valeur d'un produit est considéré comme du gaspillage.

Une entreprise qui fonctionne en Juste à temps reçoit ces matières premières uniquement lorsqu'une commande ferme est donnée par un client fabrique ses

---

<sup>46</sup> V.Giard OP cité p510

produits finis ou sous-ensembles juste à temps pour être vendus ou assemblés en produits finis et finalement livré au client uniquement lorsque ce dernier en fait la commande l'objectif est donc que le client reçoive le bon produit, en bon état, au bon moment, au bon endroit en quantité suffisante et à un prix adorable.

Donc, la philosophie du JAT repose sur la fabrication de plusieurs produits en petites quantités afin de satisfaire la demande diversifiée contrairement à la production de masse qui repose sur la fabrication de plusieurs gros lots d'un même produit qui seront reposés jusqu'à ce qu'un client passe une commande.

Cette philosophie, en fait l'amélioration continue de la qualité et de la productivité dans toutes les activités de l'entreprise.

L'APICS (American Production and Inventory Control Society) définit le JAT comme « une philosophie de production basée sur l'élimination systématique des gaspillages et l'amélioration continue de la productivité »<sup>47</sup>.

Le JAT, c'est aussi obtenir le produit voulu au moment voulu dans la quantité voulue, ainsi, la commission de terminologie du Commissariat Général de la langue Française définit le JAT comme « un mode de livraison de marchandises au moment précis de leur utilisation »<sup>48</sup>.

L'idéal dans l'approche JAT est que toutes les matières dans le processus de fabrication ne restent jamais inactives produisant des coûts et des charges supplémentaires.

## 2. les principales sources de gaspillage :

Le JAT s'attaque à sept types de gaspillage :

1/La surproduction : c'est-à-dire en fabriquant plus de produits qui dépassent la commande, car cela entraîne un surplus de marchandises de moins d'œuvre de machines, d'espace, de manutention sans compter l'augmentation des probabilités de

---

<sup>47</sup> Michel Nakhla OP cité p129

<sup>48</sup> Michel Nakhla Op cité p129

casses des produits finis. Il est donc préférable de produire selon une méthode synchrone, suivant la demande.

2/L'attente : c'est-à-dire en éliminant les pauses et les arrêts non voulus. En produisant selon la méthode JAT, donc en évitant de produire pour stock, les arrêts non désirés de la chaîne de production deviennent extrêmement critiques pour le respect des délais de livraison. Au moment où ils surviennent, la recherche de la cause devient prioritaire ce qui n'est pas le cas avec la méthode traditionnelle.

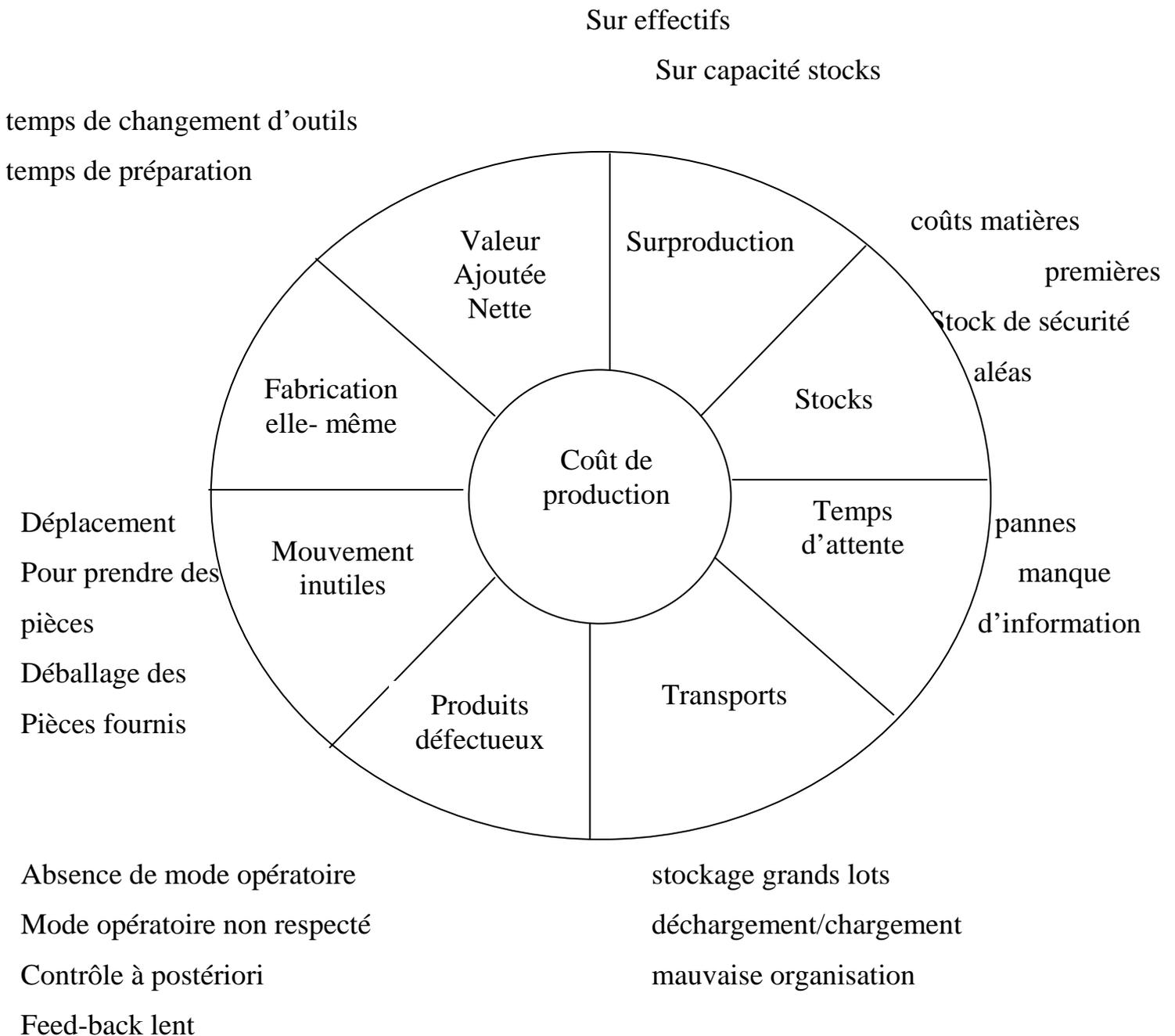
3/Le transport et la manutention : un aménagement non fonctionnel augmente les distance lors de déplacements de s'assurer un aménagement optimal ainsi que de garder les lieux de travail propres et en ordre.

4/Les transformations inutiles du produit : il faut éliminer toute transformation qui n'ajoute aucune valeur au produit et qui est, en fait, reliée au processus lui-même.

5/Les stocks de surplus : c'est-à-dire les produits qui ne font pas encore l'objet d'une commande d'un client. Donc, il faut éliminer ce genre de stocks puisque ils font qu'augmenter les frais de stockage, les primes d'assurance et les besoins en espace d'entreposage.

6/ Les mouvements inutiles : Tout mouvement qui n'ajoute aucune valeur dit être éliminé.

7/Les défauts de fabrication : De fait, tout produit défectueux doit être, soit mis aux ordures, soit réusiné, ce qui peut entraîner des retards de livraisons ou encore nécessiter le rapatriement de produits déjà vendus. Par conséquent, l'élimination on des rejets des produits augmente la satisfaction des clients mais aussi les profits de l'entreprise.



### Roue du gaspillage

Source : Georges Javel.OP cité p228

On voit bien que ces sept sources de gaspillage peuvent engendrer des coûts prohibitifs pour l'entreprise, sans ajouter de valeur au produit, d'après ces types de gaspillage, on remarque bien que la notion de gaspillage ne s'arrête pas seulement aux produits et aux équipements, mais elle vise également la bonne utilisation des

ressources humaines. On doit alors considérer comme gaspillage toute sous-utilisation du potentiel des travailleurs.

La philosophie du JAT préconise de considérer les employés comme des personnes entières par l'utilisation non seulement de leurs habilités physiques, mais aussi de leurs habilités mentales, intellectuelles et créatives contrairement aux pratiques traditionnelles de la division et de la spécialisation des taches où chacun ne fait qu'une partie de l'activité sans se soucier des lieux et des interdépendances avec d'autres activités et où, lorsque survient un problème, chacun prétend que ce n'est pas le sien.

Dans le JAT, le travailleur est formé à devenir polyvalent dans ses taches, il participe aux décisions, il est très informé des activités de l'E et en cas d'incidents, il contribue à la résolution des problèmes sur le moyen terme, cette philosophie conduit à impliquer fortement les travailleurs dans la recherche permanente d'une amélioration des processus de fabrication, et ce, à travers des systèmes participatifs divers (cercles de qualité, systèmes de suggestion ...)

La philosophie japonaise, considérant les stocks comme su gaspillage, a conduit à prêter une attention aussi grande aux temps de préparation qu'aux temps de fabrication proprement dits. Dans la mesure où un temps de préparation réduit implique un cout de lancement faible et donc des séries économiques courtes, la diminution drastique des stocks devient économiquement intéressante. Ce raccourcissement des temps de préparation est facilité, notamment par la polyvalence du personnel qualifié qui rend le plus souvent rare l'intervention d'un régleur.

On doit ajouter enfin que cette conception japonaise conduisant à la réduction des stocks rend le système productif plus flexible.

### 3. Objectifs du JAT :

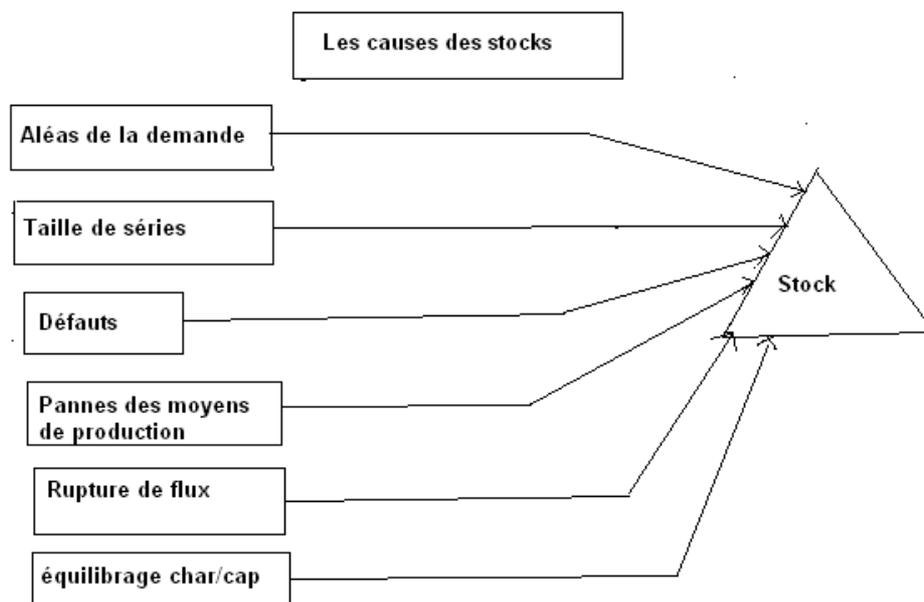
D'après la philosophie du JAT et son principe, il s'avère que ce dernier présente un double objectif :

- 1- L'augmentation de la réactivité du système logistique : en diminuant le délai et en diversifiant la production, le but est de pouvoir répondre rapidement aux

variations quantitative et qualitative de la demande, c'est-à-dire être plus flexible pour ce faire, il faut raccourcir le cycle de fabrication en réduisant les stocks :

- Pour réduire les stocks des matières premières, les fournisseurs doivent livrer plus souvent.
- Pour réduire les stocks d'encours, le temps de transfert entre les ateliers doit être réduit
- Pour réduire les stocks de produits finis, il faut pouvoir changer souvent la fabrication.

Pour réduire les stocks, il faut s'attaquer à leurs causes : pannes, temps de réglage....d' où l'idée de traiter les stocks comme une manifestation des dysfonctions dans les flux de production.



2-la rationalisation de la production : éliminant les gaspillages inutiles. Le but est d'améliorer la performance globale en éliminant les gaspillages, le principe fondamental est que les seuls temps utiles sont ceux pendant lesquels il y a augmentation de la valeur du produit, les opérations suivantes sont non productives :

déplacer, stocker, grouper, contrôler....., pour pouvoir les diminuer, il faut s'attaquer à leurs causes : pannes, défauts de fabrication, lenteurs administratives ...

En s'attaquant aux causes de dysfonctionnement, l'entreprise améliore sa productivité globales et la qualité de ses produits.

### **B/ les techniques du Juste à temps :**

Pour éliminer les différents types de gaspillages, le JAT fait appel à différentes techniques et méthodes, parmi ces méthodes ont cite :

le Kanban, le SMED, Poka-Yoke, cellule en "U"....

#### a. Kanban : 1/ Définition :<sup>49</sup>

Il ne faut pas confondre Kanban et Juste à Temps, le juste à temps est un concept stratégique de production qui consiste à livrer, fabriquer et approvisionner juste à temps (ni trop tôt, ni trop tard). Kanban est une des méthodes utilisées pour respecter le principe JAT.

La méthode Kanban est d'origine aussi japonaise qui a été mise au point par l'entreprise TOYOTA.

Le diagnostic de départ, qui a donné lieu au développement du Kanban, est que les responsables ont tendance à surproduire. Pour limiter cette surproduction, il faut trouver un moyen qui permette de produire le produit demandé au moment et dans la quantité où il est demandé.

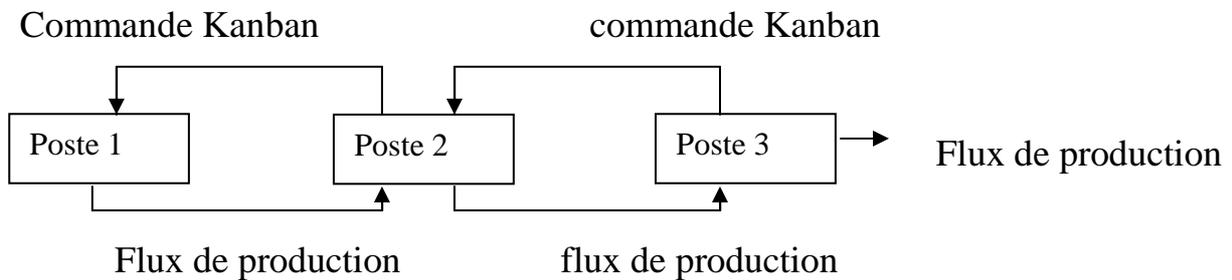
Pour un atelier de production cette exigence signifie que chaque poste ne produit que ce qui lui est demandé par le poste qui le suit, le dernier poste étant.....le client.

A cet effet il faut mettre au point un système d'information qui fasse rapidement remonter les informations depuis les clients jusqu'aux fournisseurs en passant par tous les postes de production intermédiaires.

---

<sup>49</sup> Panorama de la gestion. André Boyer. Gérard Hirigoyen. Jacques Tbépot. Nadine Tournois. Jean-Pierre Védrine. Les éditions d'organisation. 1997p113

Le Kanban est la méthode de transmission de l'information de poste à poste par l'intermédiaire d'une commande transmise en amont par un Kanban (qui signifie étiquette en japonais) et d'un bon de livraison transmis en aval par un Kanban.



Les flux de production, commandes et bons de livraison Kanban  
 Source : André Boyer Gérard Hirigoyen. Jacques Tbépot op cité p 113.

2/Composition d'un Kanban :

Le Kanban doit assurer, comme on vient de le voir, une fonction "Bon de Commande" et une fonction "Bon de Livraison" un Kanban se présente sous la forme d'une étiquette :

Numéro du fournisseur	Référence de la pièce
Numéro du client	Quantité du container

Recto



Verso

Source : G. Javel op cité p 182

Chaque client (poste de production ou client final) passe une commande à l'aide d'un Kanban lorsqu'il est prêt à travailler, le fournisseur analyse son carnet de commande (ensemble des Kanban reçus) organise sa production et exécute une des commandes qui lui a été passée. Quand le travail est terminé, il envoie les pièces demandées dans un container accompagnées d'un bon de livraison (Kanban).

De surcroît, cette demande est souvent décrite par “la gestion en flux tire” par la consommation par la consommation par opposition à la logique MRP considérée comme une “gestion en flux poussé” par l’information.

Car une entreprise qui travaille en flux tirés produira uniquement lorsqu’une unité finie sera vendue. Ainsi, un poste de travail transformera sa matière uniquement lorsque le poste en aval aura besoin de composantes dans un avenir très proche et ainsi de suite jusqu’au début du processus de fabrication.

### 3/Types de Kanaban :

On distingue deux types de Kanaban :

- Les kanbans de fabrication qui servent à transmettre des ordres de fabrication à un poste de travail en amont ;
- Les Kanbans de transport (ou de transfert) qui servent à transmettre des ordres, de transport entre deux postes de travail, généralement, les transports sont effectués sur des palettes ou containers “à taille humaine”, c'est-à-dire véhiculés par un ou deux individus

### 4/ Tableau d’ordonnancement de production on (TOP) :

Chaque poste fournisseur possède un TOP ou planning des Kanbans, qui lui sert de carnet de commande. C’est un espace comprenant des emplacements prévus pour recevoir les Kanbans correspondants aux demandes de production.

Tableau d'Ordonnement de la Production Du poste de travail M			
Pièce référence 1	Pièce référence 2	Pièce référence 3	Pièce référence n

Dans ce TOP, nous remarquons que le poste de travail M peut fabriquer les pièces de références 1, 2, 3,4. De plus, nous voyons qu'il y a 2 emplacements de prévus pour recevoir les Kanbans correspondant à la pièce de référence 1 par similitude, il y en a 4 pour les pièces de références 2,3 pour les pièces de référence 3et n.

Sachant que sur le TOP, s'il n'y a aucun Kanban pour un produit donné, cela signifie qu'il n'y a pas de demande (le stock de ce produit est suffisant). Si pour un produit donné, tous les emplacements de Kanban sont occupés, cela signifie au contraire une forte demande pour ce produit et sans doute un risque de rupture de stock.

On notera qu'à chaque Kanban correspond une unité de pièces à livrer qui est matérialisée par un casier ou un conteneur. Pour faciliter la circulation de l'information, chaque casier contient le même nombre de produit, dans lequel on ne mélange pas deux produits différents.

Pour un poste de production, il faut déterminer le nombre de Kanbans possibles sur son tableau de Kanban, compte tenu de la taille des casiers et de la demande moyenne par unité de temps.

La formule la plus couramment référencés dans les ouvrages s'exprime de la manière suivante :

$$n = [(D*L) + G]/C$$

D : Demande moyenne par unité de temps.

L : Délai de mise à disposition d'un container de pièces.

C : Capacité d'un container

G : Facteur de gestion ou marge de sécurité permettant de pallier à l'irrégularité plus ou moins importante de la fabrication (souvent égal à 10% de DL).

#### Exemple :

Imaginons un poste de production fonctionnant en Kanban avec ses fournisseurs pour lesquels il réalise des produits de deux types A et B.

Le poste fournisseur produit 50 produits de type A ou 100 produits de type B à chaque heure de production, ce qui correspond aux besoins des clients (D =50 pour A et 100 pour B, L =1).

Il requiert 2 heures à chaque réglage, il peut tomber en panne et cela nécessite en moyenne une heure de remise en route à chaque fois (G =150 pour A et 300 pour B).

Les containers des produits A et B sont de 100 pièces.

#### Nombre de Kanban A :

Pour A =  $(50*1 + [100+50])/100 = 2$  Kanban. Le facteur de gestion G sera égal à 100+50 car on aura besoin de 100 pièces pour conteneur à produire sur les postes clients pendant que le poste fournisseur effectue un réglage et de la même manière, on aura besoin de 50 pièces supplémentaires pour absorber les arrêts liés au temps de remise en route après une panne.

#### Nombre de Kanban B :

Pour  $B = (100*1 + [200+100])/100 = 4$  Kanban. La formule de calcul du nombre de Kanban doit être considérée avec beaucoup de prudence.

Le bon sens reste un élément essentiel dans la mise en place de ce type de méthode, dans son application et dans son évolution.

D'ailleurs, ainsi que le note S.Shingo dans son ouvrage « Maîtrise de la production et méthode Kanban »

« La façon de déterminer le nombre de Kanban n'est pas le plus important. Ce qui compte, c'est de se demander comment doit-on améliorer le système de production pour fixer un nombre de kanban minimum ? »

La réponse à cette question compte un certain nombre d'éléments, en particulier :

- La diminution des temps de changement ;
- La diminution des pannes machines ;
- La diminution du nombre de pièces non conformes ;
- La suppression des stocks de sécurité que l'on garde généralement pour se protéger contre les aléas de production

Tous ces éléments vont permettre de diminuer considérablement le délai de mise à disposition des containers.

#### 5/ Les caractéristiques générales de la méthode Kanban :

La méthode Kanban est une méthode très simple d'utilisation : le remplissage du tableau Kanban, grâce à ses différents niveaux, permet d'organiser la production. Son cout est très faible, c'est un système de gestion décentralisé.

En effet ; c'est le chef d'atelier qui prend les décisions de fabrication à partir de Kanbans présents sur le TOP.

Une méthode qui permet de gérer les stocks et de les maîtriser.

Le nombre total de fiches dans une boucle fixe le stock maximum. Le stock évolue, si le dimensionnement est bien adopté aux ventes, entre deux niveaux. Le stock maximum et le stock seuil qui déclenche les relances.

Une méthode qui permet de profiter au maximum de la flexibilité des moyens de production.

Cette technique ne demande pas l'aide de l'informatique, le système Kanban exige :

- Un outil capable de passer rapidement d'une fabrication à une autre ;
- Une production avec des cycles les plus courts possibles ;
- Un outil de production sans défaillance avec des pièces sans défaut (contrôle qualité à 100%) ;
- Un système de pilotage maîtrisant l'écoulement des produits et les changements.

Donc, il est indispensable de :

- Mettre en place un contrôle qualité à 100% (Toute pièce défectueuse entraîne une rupture de flux) ;
- Ne mettre en place un système Kanban qu'après avoir amélioré l'outil de production.

Malgré ces avantages, cette méthode présente aussi des inconvénients :

- Cette technique ne s'applique qu'à une production en flot continu se rapprochant d'une industrie de type processus (les produits doivent s'écouler régulièrement).
- Le Kanban n'est pas une technique de stock mais un système à stock mini (point de commande) et qui reconstitue les stocks simplement parce qu'il y aura en consommation. Le stock se trouve dans la ligne de production à différents états de fabrication.

b. SMED<sup>50</sup> : 1/ Définition et Objectif:

Une entreprise qui produit en JAT, doit fabriquer en petits lots afin d'être le plus flexible possible.

Néanmoins, pour que la fabrication en petits lots soit rentable, l'entreprise ne doit pas passer plus de temps à préparer sa production qu'à produire.

---

<sup>50</sup> Michel Nakhla op cité p185

Dans cette optique, il existe une méthode appelée SMED (“Single Minute Exchange of Die”) qui permet se traduire par “changement d’outil en moins de dix minutes”.

La méthode vise à réduire le plus possible des délais de mise en course\* et consiste à procéder au changement d’outils sur un équipement en un nombre de minutes comportant un seul chiffre.

Le principe du changement rapide de fabrication a été conceptualisé par le Japon Shigeo Shingo au cours d’une étude d’amélioration de la production à l’usine Mazda à Hiroshima.

Shiges Shingo a procédé à une analyse sur les presses (goulots d’étranglement de la production) en mesurant les différentes opérations sur le terrain, et en identifiant les différents réglages réalisés au cours des changements de production, il a abouti à une amélioration notable de la productivité.

Selon la Norme AFNOR NFX50-310, le SMED est « une méthode d’organisation qui cherche à réduire de façon systématique le temps de changement de série, avec un objectif quantifié »

## 2/Qu’est-ce qu’un changement de fabrication<sup>51</sup> ? :

Le temps de changement de fabrication est “le temps qui s’écoule entre la dernière bonne pièce d’un lot et la bonne pièce du lot suivant. Il ne s’agit pas uniquement du temps de réglage propre de la machine ou de l’équipement mais du temps pendant lequel la machine ne produit pas » » (Lasnier,2001).

On considère généralement les procédures de réglages comme étant infiniment variées, et dépendantes du type d’opération et du type d’équipements utilisés.

Pourtant, quand ces procédures sont analysées sous un angle différent, on peut voir qu’elles comportent toutes une suite d’étapes nécessaires.

On distingue deux types d’opérations :

- Des opérations internes (IED, Input Exchange of Die) qui ne peuvent être effectuées que lorsque la machine est à l’arrêt.

---

<sup>51</sup> Michel Nakhla op cité p186

- Les opérations externes (OED, Output Exchange of Die) qui peuvent doivent être effectuées pendant le fonctionnement de la machine. Par exemple apporter et préparer le matériel nécessaire au changement.

### 3/La mise en place d'une action SMED :

L'application de la méthode SMED se déroule selon les étapes suivantes :

#### 1-Etablir la distinction entre IED et OED :

Observer le processus et identifier clairement quelles sont les opérations internes et externes. 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 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.

#### 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.

Par exemple si le préchauffage est nécessaire sur la machine, le faire en externe ou bien si une phase d'essai est nécessaire, chercher à la supprimer par une meilleure maîtrise du procédé.

Ou bien remplacer des vissages par des clipsages plus rapides à effectuer.

#### 3-Adoption d'une standardisation des fonctions :

Pour changer rapidement de série, il faut supprimer le plus possible de réglages sur la machines, pour cela, il est nécessaire de standardiser les fonctions qui doivent être échangées sur la machine par exemple pour les outils sur centre d'usinage ; il n'est plus nécessaire de changer les outils du magasin lors du changement de série.

#### 4-Serrages fonctionnels :

Par exemple quand le bouton est serré lorsque l'on visse le dernier filet et il desserré lorsque l'in dévisse le dernier filet. Pourtant, il faut souvent plusieurs tours d'écran pour arriver à fixer l'outillage, d'où une perte de temps. Il faut chercher au moyen de toutes les techniques disponibles à optimiser le temps pendant lequel la machine est arrêtée.

#### 5-Adoption de la synchronisation des tâches :

Les opérations de réglages sur les grosses machines nécessitent souvent de travailler à la fois à l'avant et à l'arrière de celle-ci. Dans ce cas, faire exécuter le changement en parallèle par deux ouvriers supprime les déplacements inutiles, et accélère le travail.

#### 6-Suppression des réglages :

Le réglage d'une machine ne doit subsister que s'il est réellement indispensable. Souvent, celui-ci est un moyen de contourner un problème qui peut résolu autrement.

Comment supprimer le réglage ?

- Utilisation de gabarits : les éléments sont toujours au même endroit au moment du serrage.
- Figurer les positions utiles.

#### 7- Adoption de la mécanisation :

Ce point doit arriver en dernier car c'est le plus coûteux et pas toujours le plus efficace. Lorsque le coût de réduction des temps de changement de série devient trop important, il faut faire un calcul rentabilité.

Cependant, l'ensemble des apports structurels d'un temps de changement de série rapide reste difficilement chiffrable.

Certaines entreprises préfèrent se limiter à une diminution du temps de changement de série jusqu'à 30 à 45 mn en raison du coût qu'il faudrait engager pour le diminuer davantage.

La méthode SMED a permis à de nombreuses entreprises de réduire considérablement les temps de changement de série. Couramment, des entreprises y passent de plusieurs

heures à quelques minutes. Les changements les plus spectaculaires ont été obtenus dans le domaine de l'industrie automobile.

L'application de cette méthode est indispensable, car les longs changements de série, sont des obstacles infranchissables pour fluidifier la circulation des pièces.

### c. Poka-Yoke :

Un système Poka-Yoke consiste à mettre en œuvre des mécanismes permettant de diminuer, et même d'éliminer les ajustements causés par des erreurs humaines. En fait, le Poka-Yoke est un dispositif anti erreur communément appelé détrompeur.

#### 1/Fonction corrective du système Poka-Yoke :

Il existe deux genres de fonctions correctives :

- La fonction arrêt : lorsque le Poka-Yoke est déclenché, la machine ou la ligne de fabrication s'arrête pour interrompre le processus.
- La fonction alarme : lorsque le Poka-Yoke est déclenché, un signal sonore ou lumineux averti l'ouvrier.

De même, on distingue deux types de défaut :

- Les défauts occasionnels : plusieurs pièces présentent des défauts, mais ceux-ci n'entraînent pas le rejet de tous les produits (par exemple un défaut de matière qui s'atténue permet d'avoir finalement une pièce satisfaisante.).
- Les défauts continus : avec l'apparition d'un défaut, les produits sont défectueux de façon continue.

Indépendamment de la fréquence et de la correction possible des défauts, la fonction du Poka-Yoke sera l'alarme ou l'arrêt.

#### 2/Détermination de la forme du Poka-Yoke :

Généralement, on peut envisager trois types différents du Poka-Yoke :

- Le type « à contact » : on contrôle les écarts de forme ou de dimension par un mode de détection électrique.

- Le type « à nombre prédéterminé » : pour détecter les anomalies, on vérifié si un nombre déterminé de mouvements a été effectué.
- Le type « à étapes » : on vérifie si des phases déterminées de la fabrication ont été effectuées.

Le recours au Poka-Yoke est souvent utile.

Toutefois, il est important de ne pas oublier qu'il ne constitue qu'une méthode de détection des défauts et non un système de contrôle en lui-même.

### **C/ L'amélioration continue des performances industrielles :**

Selon la définition du JAT par l'APICS « philosophie de production basée sur l'élimination systématique des gaspillages et l'amélioration continue de la productivité », on remarque bien que l'amélioration continue est fortement liée au principe du JAT car l'élimination des gaspillages ne peut pas être obtenue par la seule réorganisation du processus de production une fois pour toutes, au contraire elle doit être menée par petits pas, mais de façon continue, permanente, par tous les acteurs de l'entreprise.

#### 1. Démarche Kaizen :

Le mot « Kaizen » est la fusion des deux mots japonais Kai et zen qui signifient respectivement "changement" et "bon"

La traduction française courante est « amélioration continue ».

C'est le non d'une méthode de gestion de la qualité. Le Kaizen est un processus d'amélioration concrètes, simples et peu onéreuses réalisées dans un laps de temps très court. Mais le Kaizen est tout d'abord un état d'esprit, une attitude des acteurs de l'entreprise, qui les amène à améliorer continuellement leur processus, en recherchant et en éliminant toute forme de gaspillage.

La démarche Kaizen repose sur des petites améliorations faites au quotidien, constamment. C'est une démarche graduelle et douce, qui s'oppose au concept plus occidental de réforme brutale du type « on jette le tout et recommence à neuf » ou de l'innovation, qui est souvent le résultat d'un processus de réingénierie. En revanche,

le Kaizen tend à inciter chaque travailleur à réfléchir sur son lieu de travail et à proposer des améliorations. Donc, contrairement à l'innovation, le Kaizen ne demande pas beaucoup d'investissements financiers, mais une forte motivation de la part de tous les employés.

En conséquence, plus qu'une technique de management, le Kaizen est une philosophie, une mentalité devant être déployée à tous les niveaux de l'entreprise. La bonne mise en œuvre de cette technique passe notamment par :

- Une réorientation de la culture de l'entreprise
- La mise en place d'outil et concepts comme la roue Deming (PDCA), les outils du TQM (Gestion Globale de la Qualité).
- Standardisation des processus.
- Un programme de motivation (système de récompense, satisfaction du personnel.....).

## 2. La méthode des "5S" :

Les « 5S » représentent le préalable au juste à temps. Les industriels japonais ont coutume de dire que toute action de juste à temps doit commencer par au moins deux ans de campagne 5S. Cette méthode vise à éliminer tout gaspillage engendré par la malpropreté ou le désordre.

Elle a pour objectif de débarrasser le poste de travail des choses inutiles, qui s'y trouvent, de s'assurer qu'il reste bien rangé et visuel, de permettre de le nettoyer de façon régulière et finalement d'y instaurer la procédure nécessaire à l'exécution d'un bon travail.

Les cinq S sont les cinq initiales des mots japonais :

- Seiri (Rangement)
- Seiton (Ordre)
- Seiso (Nettoyage)
- Seiketsu (Standartisation)
- Shitsuke (Education)

La finalité de la méthode est d'améliorer :

- La qualité des pièces produites
- La sécurité
- L'efficacité
- Le taux de pannes

-Seiri (Ranger et supprimer l'inutile) : il s'agit de trier et éliminer tout ce qui est inutile sur le poste de travail et dans son environnement. En général, on utilise un système de classification du type ABC :

A = Usage quotidien

B = Usage hebdomadaire ou mensuel

C = Usage rarissime

Cela permet de déterminer ce qui mérite effectivement d'être au poste de travail, ce que l'on peut éloigner et ce dont il faut se débarrasser.

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

Par exemple, délimiter les aires de travail par marquages au sol, mettre en place des tableaux avec repérages pour ranger les outils, effectuer des chariots spécifiques aux différents outils de nettoyage....

-Seiso (Nettoyage régulièrement) : Dans un environnement propre, une amélioration se détectera plus facilement et plus rapidement dans un environnement propre. Le nettoyage régulier est une forme d'inspection.

Il sert aussi à contrôler l'état de fonctionnement des machines.

-Seiketsu (Standardiser) et respecter les 3S précédents qui sont le plus souvent exécutés sous la contrainte hiérarchique), pour pérenniser la propreté et l'élimination

des causes de désordre, cette dimension vise la formation de règles et la définition de standards avec la participation du personnel.

L'idée étant de stimuler le changement, garantir et faciliter l'appropriation de la méthode par les opérateurs.

-Shitsuke (Suivre et corriger les dérives) : Cette dernière étape de principalement consister à établir un suivi de l'application l'ensemble des règles et décisions qui ont été prises lors des quatre premiers S. elle servira également à alimenter le processus d'amélioration continue (Kaizen) en modifiant et faisant évoluer le processus cela est nécessaire.

\*Mise en place des « 5S » :

La mise en place des 5 S doit se traduire par l'implication de tous les membres du groupe. Elle ne peut donc pas être réalisée sans un travail de groupe.

Généralement, on procède aux 5S comme ceci :

- 1- Motiver l'encadrement
- 2- Former le personnel à la méthode faire un état des lieux général
- 3- Choisir une zone pilote mettre en place un comité de pilotage
- 4- Former le groupe de travail pilote
- 5- Mettre en place un "tableau 5S"
- 6- Démarrer le travail de groupe mettre en œuvre les 5 étapes
- 7- Généraliser à d'autres chantiers.

Le recours à la méthode des "5S" va permettre à l'entreprise :

- D'augmenter le niveau de santé et de sécurité à l'interne (diminuer les risques d'accidents et les chutes des objets),
- D'augmenter la qualité de vie de ses employés,
- D'augmenter la qualité de ses produits,
- D'augmenter son degré d'efficacité,
- De diminuer le nombre de casse des machines et par conséquent des pannes.

Après avoir défini le juste à temps et présenté certaines méthodes liées à ce concept, il est plus facile d'en tirer les avantages. Lorsque le JAT est implanté de façon efficiente et efficace, il permet à l'entreprise :

- De fabriquer une plus grande variété de produits,
- D'augmenter la qualité de ses produits,
- De réduire ses coûts de fabrication,
- De réduire les frais de main-d'œuvre,
- De réduire son temps de cycle,
- D'augmenter la qualité des relations avec les fournisseurs,
- D'augmenter la sa flexibilité et sa facilité d'adaptation,
- D'augmenter la satisfaction de ses clients en livrant à temps et au bon endroit, un produit de qualité à prix compétitif.

Malgré les nombreux succès rencontrés en matière de temps et d'argent, l'approche du JAT n'est probablement pas acceptée à toutes les entreprises car elle peut présenter certains risques.

Certaines conditions d'implantation de ce système ne sont pas rencontrées dans des entreprises fonctionnant en Job-shops et fabriquant une grande variété de produits. Aussi, le JAT peut engendrer du stress chez les employés, car ces derniers doivent travailler dans un environnement non traditionnel (fréquence régulière de réapprovisionnement, cadence rapide, amélioration continue, polyvalence...). D'où l'importance de ne rien prendre à la légère et de bien réfléchir aux implications d'une telle implantation avant de se lancer dans cette expérience, aussi enrichissante qu'exigeante.

### **3/ La programmation linéaire :**

Le développement technologique soumet l'homme aux contraintes d'un système de relation économique de plus en plus complexe.<sup>52</sup>

Par conséquent, la prise de décision dans le domaine de gestion devient de plus en plus délicate et nécessite l'usage de techniques et de méthodes mathématiques et ce dans un environnement incertain. La recherche opérationnelle est l'une des méthodes qui aide à la prise de décision 'elle consiste à réunir les données disponibles à propos d'un problème spécifique, à les traiter et à en tirer des états quantitatifs sur les mérites relatifs des diverses alternatives »<sup>53</sup>

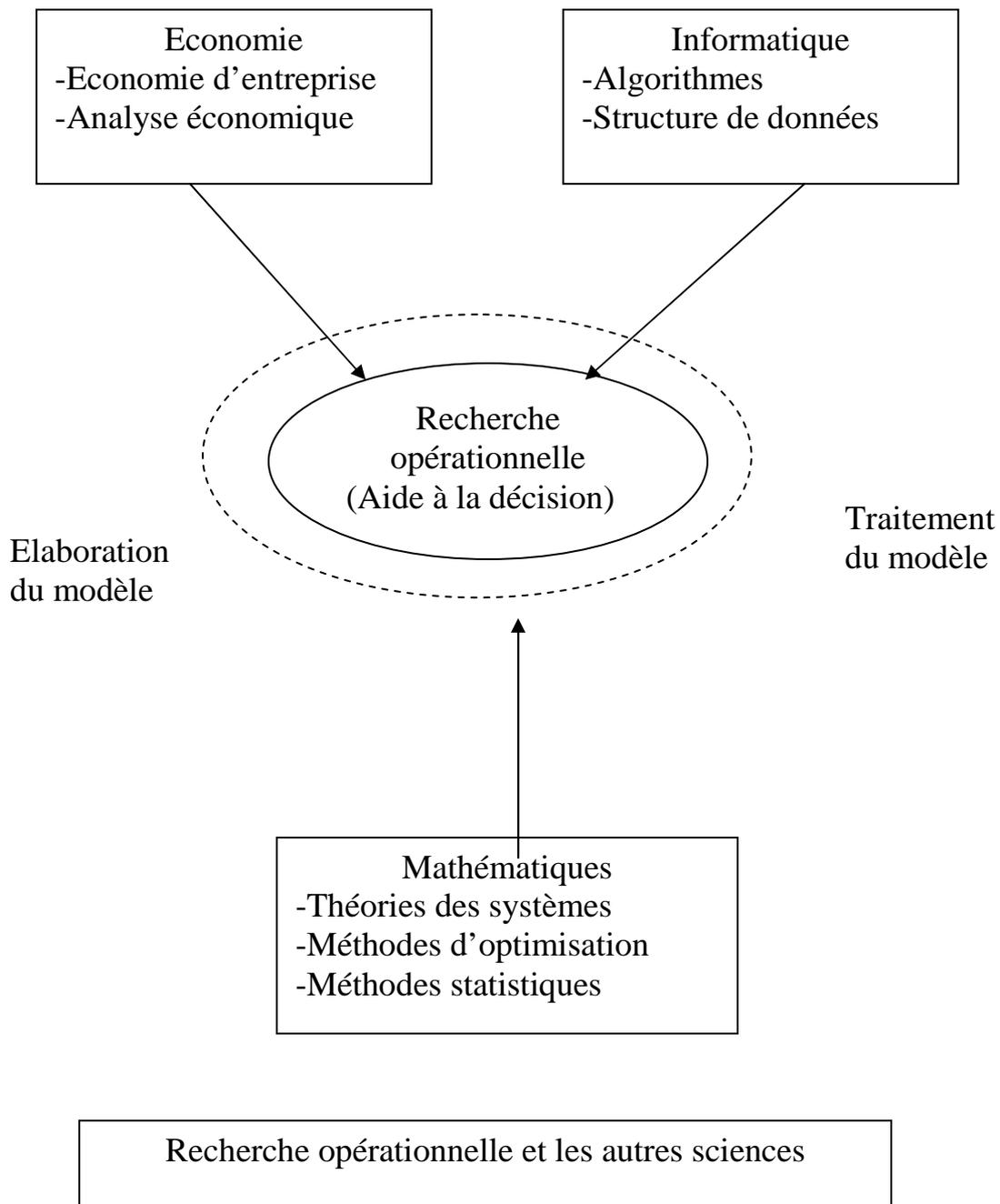
C'est au cours de la seconde guerre mondiale que s'est développée la recherche opérationnelle afin d'optimiser la stratégie militaires par la suite, ces méthodes de recherches opérationnelle se sont répandues pour toucher plusieurs domaines. Ainsi, l'essor de l'informatique a fortement contribué dans le développement de cette science.

Le schéma suivant illustre la relation entre la recherche opérationnelle et les autres sciences :

---

<sup>52</sup> M.AIDINE, B.OUKACHA « Recherche opérationnelle », Maison d'édition pour l'enseignement et la formation. 2007 p 28.

<sup>53</sup> P.AZOULAY, P. DASSONVILLE 'Recherche opérationnelle de gestion' Presses universitaires de France, Paris, 1974 P166.



Source : Robert Faure, B. Lemaire, CH. Picouleau, « Précis de recherche opérationnelle », 5<sup>ème</sup> édition, Dunod Paris, 1992, p17

## 1. Définition :

La programmation linéaire<sup>54</sup> est une branche de la programmation mathématique qui s'occupe des problèmes d'optimisation sous contraintes. Son objectif réside dans l'étude et l'analyse des diverses alternatives qui se présentent, puis la recherche parmi, ces alternatives de celle la plus appropriée, celle qui réalise l'objectif économique qui est la maximisation du profit ou la minimisation des coûts.

La programmation linéaire a été introduite par le russe Kantorovitch et la première résolution a été faite par l'américain G.B.Dantzig en 1951.

## 2. L'utilisation de la programmation linéaire dans la gestion<sup>55</sup>

La plupart des organisations quelque soit leur nature industrielle, commerciale ou de service, dépend de ressources limitées constituées généralement par :

- Les capitaux financiers,
- Les ressources humaines,
- La technologie (équipements),
- Les matières premières,
- Les lieux de travail (usine, aire de stockage ...),
- Le temps,
- .....

Ces ressources sont disponibles mais pas avec des quantités illimitées. C'est la raison pour laquelle le problème fondamentale réside dans leur allocation judicieuse, celle qui réalise le meilleur rendement dans leur utilisation.

Les techniques de la programmation linéaire sont ainsi utilisées dans ce domaine (l'allocation optimale des ressources) dans des situations très diverses :

- Le problème de planification de la production (l'exploitation optimale des capacités de production).
- Le problème de transport,

---

<sup>54</sup> V.Giard OP cité p1105

<sup>55</sup> Boutaleb Kouider. «théorie de la décision» office des publications universitaires.2006 p76

- La détermination des meilleurs plans d'investissements dans les limites des ressources disponibles.

### 3. Formulation du problème de programmation linéaire sous forme canonique :

Tout problème de programmation linéaire peut se formuler de la manière suivante :

Trouver les valeurs des variables  $x = (x_j, j = \overline{1, n})$  qui maximisent ou minimisent la fonction linéaire suivante :

$$Z = Z(x_1, x_2, \dots, x_n) = c_1 x_1 + c_2 x_2 + \dots + c_j x_j + \dots + c_n x_n$$

$$= \sum_{j=1}^n c_j x_j \longrightarrow \max (\min) \quad (1)$$

Sous les contraintes suivantes :

$$a_{11} x_1 + a_{12} x_2 + \dots + a_{1j} x_j + \dots + a_{1n} x_n = b_1$$

$$a_{21} x_1 + a_{22} x_2 + \dots + a_{2j} x_j + \dots + a_{2n} x_n = b_2 \quad (2)$$

$$a_{i1} x_1 + a_{i2} x_2 + \dots + a_{ij} x_j + \dots + a_{in} x_n = b_i$$

$$a_{m1} x_1 + a_{m2} x_2 + \dots + a_{mj} x_j + \dots + a_{mn} x_n = b_m$$

$$\overline{x_j \geq 0, j = \overline{1, n}} \quad (3)$$

ou  $c_j, j = \overline{1, n}$ , représentent les coûts des différents produits.

Les coefficients  $c_j$  et  $a_{ij}$  ( $i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}$ ) sont supposés être des nombres réels, en plus on considère que l'entier  $m$  est inférieur ou égal à  $n$ , tous les nombres  $b_i$  ( $i = \overline{1, m}$ ) sont tous positifs ou nuls et le rang du système est inférieur ou égal à  $m$ .

La fonction  $Z$  (1) est appelée fonction objective, fonction de but, fonction économique ou critère de qualité.

Les contraintes (2) sont appelées contraintes principales, ou essentielles.

Les contraintes (3) sont dites directes.

Les problèmes de programmation linéaire peuvent naturellement se présenter sous une forme différente de celle du programme (1) – (3) qui est dite canonique.

### 4. Écriture matricielle d'un problème de programmation linéaire :

Pour écrire le problème linéaire (1)- (3) sous forme compacte, on utilise la forme matricielle (vectorielle). Pour ce faire on introduit les notations suivantes :

soient  $I = (1, 2, \dots, i, \dots, m)$  l'ensemble des indices des lignes et  $J = (1, 2, \dots, j, \dots, n)$  l'ensemble des indices des colonnes.

Ainsi l'ensemble des variables  $x_1, x_2, \dots, x_n$  s'écrira sous forme vectorielle :

$$x = x(J) = (x_j, j \in J)$$

De manière analogue on aura :

$$c = c(J) = (c_j, j \in J), \quad b = b(I) = (b_i, i \in I)$$

L'ensemble des coefficients  $a_{ij}, i \in I, j \in J$  sera représenté sous forme d'une matrice  $A$  d'ordre  $(m \times n)$  :

$$A = A(I, J) = (a_{ij}, i \in I, j \in J) = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \dots & a_{1j} \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} \dots & a_{2j} \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{i1} & a_{i2} \dots & a_{ij} \dots & a_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} \dots & a_{mj} \dots & a_{mn} \end{pmatrix}$$

On écrit souvent  $A$  de la manière suivante :

$$A = (a_1, a_2, \dots, a_j, \dots, a_n), \text{ où } a_j \text{ est le vecteur colonne :}$$

$$a_j = A(I, j) = \begin{pmatrix} a_{1j} \\ a_{2j} \\ \cdot \\ \cdot \\ a_{ij} \\ \cdot \end{pmatrix}$$

$a_{mj}$

Avec ces nouvelles notations le problème (1)-(3) peut être écrit sous la forme matricielle suivante :

$$\begin{cases} Z=Z(x)=C'x \longrightarrow \text{Max} \\ Ax=b \\ x \geq 0 \end{cases}$$

Ici  $c'$  est le transposé de  $C$ , la matrice  $A$  est en général la matrice de condition du problème et  $b$  sont les quantités de matières premières.

Exemple :

$$\begin{cases} 2x_1 - x_2 + 3x_3 \longrightarrow \text{Max} \\ x_1 + 2x_2 - x_3 = 4 \\ 4x_1 - x_2 + 3x_3 = 3 \end{cases} \quad (P)$$

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0$$

$$\text{En posant : } X = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix}, C = \begin{pmatrix} 2 \\ -1 \\ 3 \end{pmatrix}, b = \begin{pmatrix} 4 \\ 3 \end{pmatrix}$$

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 2 & -1 \\ 4 & -1 & 3 \end{pmatrix}$$

Le problème (p) prend la forme matricielle suivante :

$$\begin{cases} Z = c'x \longrightarrow \max \\ Ax = b \\ 5. X \geq 0 \end{cases}$$

6. Résolution des problèmes de la programmation linéaire :

a) La solution par la méthode graphique :<sup>56</sup>

La méthode graphique est utilisée pour solutionner les problèmes qui ne comportent généralement pas plus de deux variables, il devient difficile dans le cas contraire de représenter graphiquement un nombre plus élevé de variables (le nombre d'axes nécessaires).

La démarche de la méthode graphique comporte 4 phases :

- L'expression mathématique du problème,
- L'expression graphique des limites (contraintes) de ressources,
- L'expression graphique de la fonction objective,
- La détermination du lieu (point) représentant la solution optimale, celle qui réalise le maximum de profit ou le minimum de coût.

Exemple :

A l'approche des fêtes de pâques, un artisan chocolatier décide de confectionner des œufs en chocolat. En allant inspecter ses réserves, il constate qu'il lui reste 18 Kg de cacao, 8Kg de noisettes et 14 kg de lait. Il a deux spécialités, l'œuf extra et l'œuf sublime. Un œuf extra nécessite 1Kg de cacao, 1Kg de noisette et 2Kg de lait. Un œuf sublime nécessite 3Kg de cacao, 1Kg de noisette et 1Kg de noisettes et 1Kg de lait. Il fera un profit de 20€ en vendant un œuf extra, et de 30€ en vendant un œuf sublime.

Combien d'œufs extra et sublime doit-il fabriquer pour faire le plus grand bénéfice possible ?

Notons  $x_1$  le nombre d'œufs extra et  $x_2$  le nombre d'œufs sublime à produire. Le chocolatier cherche à maximiser la fonction objectif :

$$\text{Max } Z = 20x_1 + 30x_2$$

---

<sup>56</sup> Boutaleb Kouider.Op cité p83

Etant donné les réserves du chocolatier, les contraintes suivantes devront être satisfaites

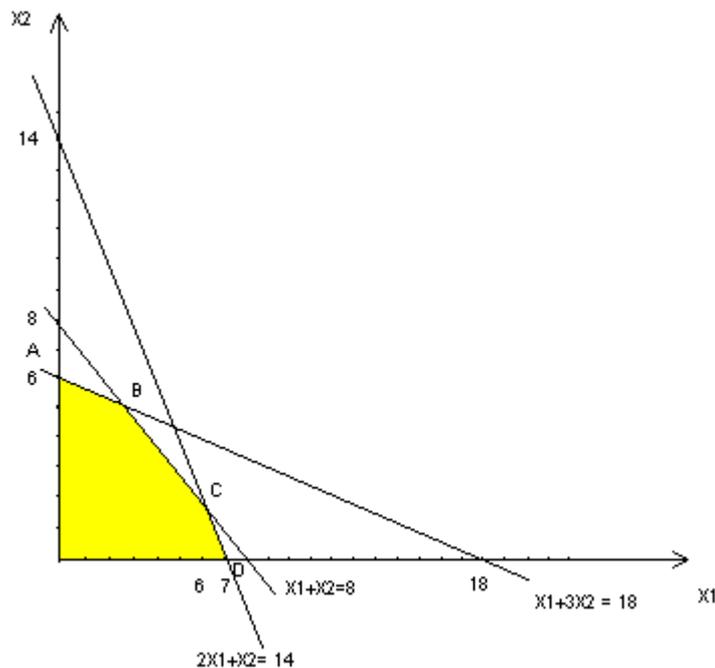
$$\begin{cases} X_1+3x_2 \leq 18 \\ X_1+x_2 \leq 8 \\ 2x_1 +x_2 \leq 14 \end{cases}$$

Evidemment, on a encore les deux contraintes :

$$X_1 \geq 0, x_2 \geq 0$$

Résolution graphique :

Dans un système orthonormé avec  $x_1$  comme abscisse et  $x_2$  comme ordonnée, on définit les champs qui correspondent aux inéquations de contraintes. Ces tracés permettent de délimiter un domaine de solutions possibles en nombre d'œufs  $x_1$  et  $x_2$ .



le problème consiste à déterminer les valeurs de  $x_1$  et  $x_2$  qui maximisent la fonction économique:

$$Z=20x_1+30x_2$$

Les bénéfices aux différents sommets du polygône sont calculés d'après les coordonnées des points correspondants.

Le bénéfice au point A(0,6) est égal à :

$$Z=20(0)+30(6)=180\text{€}$$

Le bénéfice au point D(7,0) est égal à 140€

Le point B se trouve à l'intersection des deux droites :

$$\begin{cases} x_1 + 3x_2 = 18 \\ x_1 + x_2 = 8 \end{cases}$$

Pour trouver les coordonnées de B on résous le système d'équations

$$x_1 = 8 - x_2$$

On substitue  $x_1$  dans la première équation, le système devient :

$$(8-x_2) + 3x_2 = 18$$

$$8+2x_2 = 18$$

$$x_2=5$$

La valeur de  $x_1$  en est déduite :

$$x_1=8-5=3$$

Le bénéfice au point B (3,5) est égal à :

$$Z = 20 (3) + 30 (5) = 210\text{€}$$

Le point C se trouve à l'intersection des droites :

$$\begin{cases} x_1+x_2=8 \\ 2x_1+x_2=14 \end{cases} \longrightarrow x_1=6, x_2=2$$

Le bénéfice au point C(6,2) est égal à 180 €

Le point optimal est B(3,5), ce qui signifie que  $x_1=3$ ,  $x_2=5$

S'il veut maximum son bénéfice, le chocolatier doit donc confectionner 3 œufs extra et 5 œufs sublime.

Son bénéfice sera de 210€.

Il utilisera 18Kg de cacao, 8Kg de noisettes et 11Kg de lait.

#### *b) Algorithme du simplex :*

L'algorithme du simplex de George Dantzig est une technique à la fois fondamentale et très populaire pour les problèmes d'optimisation linéaire. Ainsi, étant donné un ensemble d'inégalité linéaire sur  $n$  variables réelles, l'algorithme permet de minimiser (ou maximiser) une fonction objectif, qui est

elle aussi linéaire (l'algorithme fonctionne encore quand la fonction est croissante en chacune des n variables).

Dans un cas de maximisation d'une fonction le système de M inéquations représentant les contraintes est transformé en un système d'équations par l'introduction de M variables d'écart supérieures ou égales à zéro. Ces variables "fictives" sont nécessaires au déroulement de la méthode analytique du simplex.

Le système initial des contraintes est le suivant :

$$\sum a_{ij} x_j \leq b_i \quad \text{pour } i \text{ variant d'une à } m \text{ contraintes}$$

Par l'adjonction de m variables d'écarts :  $x_{n+1}$  à  $x_{n+m}$ , le nouveau système d'équations devient :

$$\sum a_{ij} x_j + x_{(n+i)} = b_i \quad \text{pour } i \text{ variant d'une à } m \text{ contraintes.}$$

La fonction économique est :

$$Z = \sum c_j x_j \text{ avec } j \text{ variant d'une à } n \text{ variables.}$$

Les étapes de la résolution:<sup>57</sup>

1) Le nouveau système d'équation est établi avec les variables d'écart correspondantes :

$$\sum a_{ij} x_j + x_{(n+i)} = b_i \quad \text{avec } i \text{ variant d'une à } m \text{ contraintes.}$$

Et la fonction économique Z :

$$Z = \sum c_j x_j$$

- 2) Elle consiste à sélectionner dans la fonction économique, la variable  $x_j$  ayant le coefficient de coût  $c_j$  le plus grand positif non nul.
- 3) puis pour chaque équation de contraintes, les rapports entre le deuxième membre  $b_i$  et le coefficient  $a_{ij}$  correspondant à la variable  $x_j$  sélectionnée précédemment à l'étape 2, sont déterminés. Ces calculs sont effectués pour les **m** équations de contraintes.

---

<sup>57</sup> Daniel THIEL « Recherche opérationnelle et management des entreprises », édition ECONOMICA, 1990 p4

En fin, c'est l'équation ayant le rapport calculé le plus petit positif qui est choisi (d'après la démonstration effectuée par George Dantzig)

4) Cette équation de contraintes est modifiée en divisant chaque membre par la valeur  $(-C_j/a_{ij})$ ,  $c_j$  étant le coefficient de coût de la variable  $x_j$  sélectionnée à l'étape 2.

Cette équation est additionnée à l'équation de la fonction économique, de façon à éliminer la variable  $x_j$  dans l'équation résultante. Une nouvelle fonction économique est ainsi obtenue.

5) La nouvelle équation obtenue à l'étape 4 est résolue pour déterminer une valeur de  $Z$ . Pour cela, toutes les variables  $x_j$  sont annulées, ce qui correspond à poser  $x_j = 0$  quel que soit  $j$ .

6) Il est vérifié dans l'équation résultante obtenue à l'étape 4, s'il existe encore des coefficients positifs. Si tous les coefficients de coûts sont négatifs, alors il est possible de passer à l'étape suivante, car les résultats sont optimisés.

Sinon, il faut retourner à l'étape 2, avec le nouveau système et la fonction économique obtenue à l'issue de l'étape 4, et poursuivre à nouveau les calculs dans le même ordre que précédemment.

7) L'optimum économique est atteint puisque tous les coefficients de l'équation de la fonction économique sont négatifs.

Les solutions du problème sont obtenues en résolvant le système d'équations de contraintes.

Pour cela, les valeurs non nulles de  $x_j$  sont déterminées en posant les hypothèses établies à l'étape 5 sur les variables  $x_j$  nulles.

On remarque bien à travers la présentation de ces étapes que l'algorithme du simplexe est un procédé itératif qui progresse dans un sens évolutif : il passe d'une solution de base réalisable non optimale à une autre solution ayant une meilleure valeur d'objectif.

De cette façon, on évite de parcourir les solutions de base réalisable dont le nombre est en général prohibitif, pour vérifier le non optimal d'une solution, un simple test

sera effectué. De plus grâce à l'algorithme du simplexe, on sera capable de détecter, le cas échéant que l'optimum est infini.

7. Etude de la sensibilité et la dualité dans la programmation linéaire :

a. Etude de la sensibilité :

Dans de nombreuses applications, les valeurs numériques permettant de définir les variables du modèle de programmation linéaire, sont connues avec une certaine incertitude. Cela peut concerner aussi bien la fonction économique, que les éléments de contraintes. L'étude de la sensibilité de l'optimum économique s'effectue en faisant varier ces paramètres d'influence. Trois cas sont possibles.

- 1) L'un des coefficients de coûts  $c_j$  a été défini avec une mauvaise précision.
- 2) Ou l'une des contraintes  $b$  est mal connue,
- 3) Ou l'un des coefficients  $a_{ij}$  est connu avec peu de précision.

Premier cas :

L'un des coefficients  $c_j$  est connu à une mauvaise précision, par exemple le coefficient  $c_k$ .

Dans ce cas, la variable  $c_k$  est paramétrée en fonction de son domaine de variation, en posant :

$c_k (1 + \mu)$  Variant de  $c_{min}$  à  $c_{max}$

Ce qui correspond à  $\mu$  variant de  $[(C_{min} / c_k) - 1]$  à  $[(c_{max}/c_k - 1)]$

Deuxième cas :

L'une des contraintes  $b$  est mal connue, soit  $b_k$  la contrainte imprécise.

Cette contrainte devient  $b_k (1+\mu)$  en tenant compte de son domaine de définition possible.

Troisième cas :

L'un des coefficients  $a_{ij}$  est connu avec peu de précision de la même manière, le coefficient de coût devient  $a_{ij} (1+\mu)$  en tenant compte de son intervalle de définition.

\*Traitement de ces différents problèmes de programmation linéaire paramétrée :

L'approche de ces différents cas est décrite ci-dessous :

Premier cas :

Le système définissant Z en fonction de m est noté :

$$Z = \sum_{j=1}^{k-1} c_j x_j + c_r (1 + \mu) x_r + \sum_{j=(r+1)}^n c_j x_j$$

Les contraintes sont :

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_i$$

Avec i variant d'une à m contrainte

La méthode du simplexe vue précédemment est utilisée pour déterminer l'optimum en fonction de la variation du paramètre m.

Deuxième cas :

La fonction économique est :

$$Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j$$

Les équations de contrainte sont :

$$Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j$$

Les équations de contraintes sont :

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_i \text{ pour } i = 1, 2, \dots, (k-1)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_k (1 + \mu) \text{ pour } i = k$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_i \text{ pour } i = 1, 2, \dots, (k-1), (k+1), (k+2) \dots m$$

En pratique, pour résoudre un problème de ce type, il est possible de remplacer la matrice primale par la matrice duale et traiter le problème dual par la méthode du simplexe en veillant à effectuer un changement de variable adéquat.

Le programme primal est :

$$a_{11} x_1 + a_{12} x_2 + a_{13} x_3 + \dots + a_{1n} x_n \leq b_1$$

$$a_{21} x_1 + a_{22} x_2 + a_{23} x_3 + \dots + a_{2n} x_n \leq b_2$$

$$a_{m1} x_1 + a_{m2} x_2 + a_{m3} x_3 + \dots + a_{mn} x_n \leq b_m$$

Et la fonction économique à maximiser :

$$\text{Max } (Z) = c_1 x_1 + c_2 x_2 + c_3 x_3 + \dots + c_n x_n$$

Le programme dual correspond est :

$$h_{11} y_1 + h_{12} y_2 + \dots + h_{1m} y_m \geq P_1$$

$$h_{21} y_1 + h_{22} y_2 + \dots + h_{2m} y_m \geq P_2$$

$$h_{n1} y_1 + h_{n2} y_2 + \dots + h_{nm} y_m \geq P_n$$

Et la fonction économique correspondante à minimiser :

$$\text{Min } (Z) = r_1 y_1 + r_2 y_2 + \dots + r_m y_m$$

Représentation matricielle du programme primal :

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ \dots & & & & \\ a_{m1} & a_{m2} & a_{m3} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix} \leq \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_m \end{pmatrix}$$

Le vecteur de la fonction économique à maximiser :

$$(c_1, c_2, c_3 \dots c_n)$$

Représentation matricielle du programme dual correspondant :

$$\begin{pmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} & \dots & h_{1m} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} & \dots & h_{2m} \\ \dots & & & & \\ h_{n1} & h_{n2} & h_{n3} & \dots & h_{nm} \end{pmatrix} \cong \begin{pmatrix} P_1 \\ P_2 \\ \dots \\ P_n \end{pmatrix}$$

Le vecteur de la fonction économique à minimiser :

$$(r_1, r_2, r_3 \dots r_m)$$

La minimisation de la fonction économique  $Z$  du programme dual équivaut à la recherche du maximum de la fonction  $(-Z)$  :

$$\text{Min}(Z) = \text{Max}(-Z)$$

Les coûts marginaux de la matrice primale sont les solutions du problème de la matrice duale (et inversement).

- Le programme linéaire dual :

Commençons par une interprétation économique du programme dual.

Exemple : problème de la production

Notons :

$x_j$  Nombre d'unités du produit  $p_j$  fabriquées en entreprise  $I(j = 1, 2, \dots, n)$

$a_{ij}$  Nombre d'unités de la matière première  $M_i$  utilisées pour la fabrication d'une unité de  $P_j$ .

$C_j$  bénéfice de l'entreprise  $I$  en vendant une unité de  $p_j$ .

Le programme linéaire pour déterminer le plan de production qui permet de maximiser le bénéfice de l'entreprise  $I$  s'énonce comme suit :

Maximiser  $Z(x) = cx$

Sous les contraintes de disponibilité

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i \quad (i = 1, 2, \dots, m), x_j \geq 0 \quad (j = 1, 2, \dots, n)$$

En forme matricielle les contraintes se lisent

$$Ax \leq b, x \geq 0 \text{ ou } A = (a_{ij}, i = 1, 2, \dots, m \\ j = 1, 2, \dots, n), b = (b_1, b_2, \dots, b_m)$$

Supposons que l'entreprise II essaie de s'emparer du marché, sous l'hypothèse d'un comportement économique de l'entreprise I, celle-ci est prête à céder les matières premières à un prix qui est au moins aussi élevé que le bénéfice qu'elle fera en vendant ses produits.

Soit  $y_i$  le prix que l'entreprise II devra payer pour une unité de  $M_i$  ( $i = 1, 2, \dots, m$ )

Les contraintes sont les suivantes :

$$\sum_{i=1}^m y_i a_{ij} \geq c_j \quad (j = 1, 2, \dots, n), y_i \geq 0 \quad (i = 1, 2, \dots, m)$$

En forme matricielle  $yA \geq c, y \geq 0$  ou  $y = (y_1, y_2, \dots, y_m)$  l'entreprise II essaie de minimiser le coût d'achat des matières premières : elle essaiera de minimiser

$$\sum_{i=1}^m y_i b_i$$

Le programme linéaire pour l'entreprise II est donc de minimiser  $w(y) = yb$  sous les contraintes  $yA \geq c, y \geq 0$  comme on verra il y a un lien mathématique étroit entre les deux programmes linéaires.

Définition :

$$\begin{array}{ll}
 \text{Programme primal} & \text{programme Dual} \\
 \text{(P)} \left\{ \begin{array}{l} \text{Maximiser } Z(x) = Cx \\ \text{Sous } Ax \leq b, x \in Rn + \end{array} \right. & \text{(D)} \left\{ \begin{array}{l} \text{Minimiser } w(y) = yb \\ \text{Sous } yA \geq c, y \in Rm + \end{array} \right.
 \end{array}$$

Remarque : On a les liens suivants :

M= nombre de contraintes de (p) = nombre de variables de (D).

N= nombre de variables de (P) = nombre de contraintes de (D).

Si (P) contient deux contraintes (D) contient deux variables et peut être résolu graphiquement quelque soit le nombre de variables de (P).

Quelle est la forme de (D) si (P) n'est pas en forme canonique ? On détermine (D) en ramenant (P) à la forme canonique, comme la montre l'exemple suivant :

Maximiser  $Z(x) = Cx$

(P) sous  $Ax = b, x \geq 0 \Leftrightarrow \begin{pmatrix} A \\ -A \end{pmatrix} x \leq \begin{pmatrix} b \\ -b \end{pmatrix}, x \geq 0$  par la définition ci-dessus le dual de

(P) est donné par

$$\begin{array}{ll}
 \text{(D)} & \text{minimiser } w(u, v) = (u, v) \begin{pmatrix} b \\ -b \end{pmatrix} = (u - v)b \quad \text{sous} \\
 & (u, v) \begin{pmatrix} A \\ -A \end{pmatrix} = (u, v)A \geq c, u, v \in (R^m_+)
 \end{array}$$

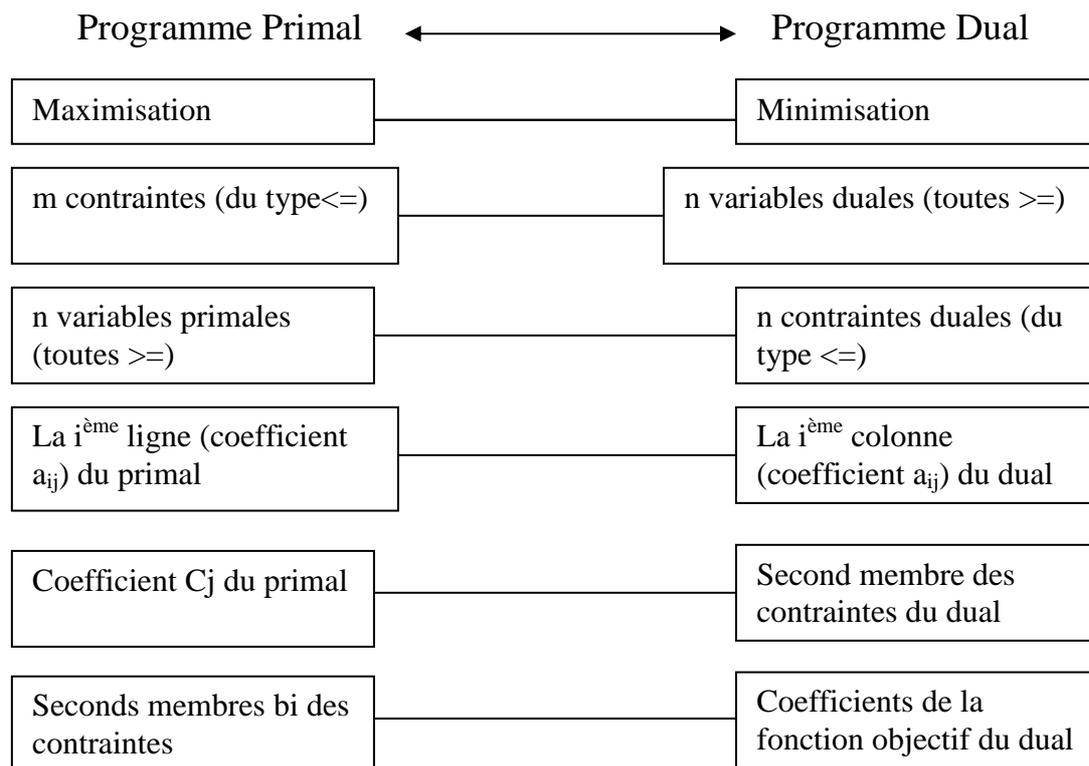
En posant  $y = u, v$ , on obtient (D) minimiser  $w(y) = yb$  sous  $yA$  sans restriction de signe (noté (y))

Théorème : Les liens entre le programme primal et son dual sont les suivants :

<u>Primal</u>	<u>Dual</u>
Maximisation	Minimisation
Coefficient de Z	second membre des contraintes
	Coefficient se w
Contrainte $\begin{cases} = \\ \leq \\ \geq \end{cases}$	variable $\begin{cases} \text{sans contrainte de signe} \\ \geq 0 \\ \leq 0 \end{cases}$

Variable  $\left\{ \begin{array}{l} \text{---} \\ \text{---} \\ \text{---} \\ \text{---} \end{array} \right.$                       contrainte  $\left\{ \begin{array}{l} \text{---} \\ \text{---} \\ \text{---} \\ \text{---} \end{array} \right.$

Le schéma suivant nous montre la relation entre le Primal et le Dual :



Source : Gérald Baillagean, « programmation linéaire appliquée outil d'aide à la décision », canada, édition SMG, 1996 p196

## **Section2 : prévision des ventes**

### **A/Définition et objectif :**

La prévision des ventes consiste à anticiper les ventes c'est-à-dire évaluer sur une période donnée, la quantité d'articles à vendre et/ou le chiffre d'affaires à réaliser, en s'appuyant sur des informations internes et/ou externes.

C'est en fonction des prévisions de ventes que l'entreprise détermine la production, les achats et les investissements nécessaires. La prévision des ventes conditionne l'ensemble de la construction budgétaire.

La période de prévision est à court terme (quelques jours à quelques semaines ou mois), moyen terme (1 à 2 ans) ou à long terme (plusieurs années). L'horizon dépend de l'entreprise, son secteur d'activité et l'évolution de son marché.

A court et moyen terme, l'objectif de la prévision est lié à la mise en œuvre des plans d'actions commerciales, soit avant la définition des actions (évolution des ventes sur un marché dans son ensemble, par concurrent, évolution du comportement du consommateur, incidence des variables d'environnement...) soit au moment de l'évaluation de l'incidence des actions engagées (modifications des produits, des prix, campagnes promotionnelles, modifications du réseau de distribution...).

A long terme, les prévisions sont liées à la stratégie mercatique et fournissent des informations sur le marché permettant de prendre des décisions dans les domaines suivants :

- choix des segments stratégiques possibles ;
- choix des technologies du futur ;
- identification des concurrents potentiels, des alliances possibles...

### **B/méthodes de prévision :**

La prévision recouvre un ensemble de méthodes très diverses qui ont en commun de chercher à réduire l'incertitude liée à la non-connaissance du futur.<sup>58</sup>

#### *a. Les méthodes qualitatives ou prospectives de prévision :*

Elles consistent à recueillir les opinions de personnes qualifiées en raison de leurs connaissances du marché ou de leur participation à l'activité de celui-ci :

- les consommateurs sont soumis à des enquêtes par questionnaire (les résultats sont en général peu fiables et il est difficile de faire des prévisions précises) ;
- les experts (personnalités extérieures ou consultants spécialisés dans un secteur économique) ;

---

<sup>58</sup> Régis BOURBONNAIS, Jean-Claude USUNIER « Prévision des ventes théorie et pratique », 3<sup>ème</sup> édition ECONOMICA2001p5

- les commerciaux.

Ces méthodes non mathématiques, sont utiles pour des approches globales de marchés ou quand les informations détaillées et chiffrées manquent. Elles reposent souvent sur des scénarios laissant apparaître des tendances lourdes. Se rapprochant souvent de la démarche intuitive, elles permettent de « se faire une idée » plus ou moins précise mais empêchent toute évaluation chiffrée.

*b. Les méthodes quantitatives de prévision :*

Elles ont pour objet de fournir des prévisions chiffrées. Elles font appel à des techniques mathématiques et statistiques et partent toutes de l'idée que l'avenir n'est qu'une projection plus ou moins sûre du passé.

Il existe deux types de méthodes statistiques :

- 1) Les méthodes extrapolatives : appelées aussi endogènes, consistant à dégager dans la série elle-même un certain nombre de composantes que l'on peut prolonger dans le futur, les plus connues sont : la moyenne mobile, le lissage exponentiel, méthode de Box-Jenkins ;
- 2) Les méthodes explicatives : appelées aussi exogènes, recherchant des liaisons entre la série à prévoir et des séries explicatives, à travers les calculs de corrélation (analyse de régression).

**C/L'analyse des séries chronologiques :**

Une série chronologique est composée d'un historique, c'est-à-dire d'une suite de valeurs ordonnées dans le temps à périodicité constante.<sup>59</sup>

-  $X_i$  exprime le temps (mois, trimestre, année)

-  $Y_i$  exprime la variable (Chiffre d'affaires, Quantités vendues, etc.)

Un historique doit réunir certaines propriétés :

---

<sup>59</sup> Régis Bourbonnais, Jean-Claude Usunier OP cité p27

- Il ne se compose que de valeurs connues et calculées, qui sont effectivement réalisées ;
- Il est représentatif de ce que l'on cherche à prévoir. Un historique des livraisons ne permet pas de prévoir la demande !;
- Il est homogène dans le temps. Pour reprendre notre exemple d'indice de prix, toutes les valeurs sont en base 100 en 1980 et correspondent au même mode de calcul et de collecte statistique ;
- Il comprend un nombre minimal d'observations. Il semble logique d'écrire que plus l'historique est long, meilleure sera la qualité de l'analyse et par voie de conséquence de la prévision.

L'étude des phénomènes économiques a distingué depuis longtemps divers types d'évolution, qui peuvent éventuellement se combiner :

- La tendance( $T_t$ ) correspond à une variation lente s'effectuant dans un sens déterminé qui se maintient pendant de longues périodes ;
- Le cycle( $C_t$ ) est un mouvement d'allure quasi périodique comportant une phase croissante et une phase décroissante. En conjoncture, il est représenté par le cycle de Kitchin d'une période de 4 à 5 ans. Dans la plupart des travaux sur les séries temporelles, la tendance et le cycle sont regroupés en une seule composante ;
- La composante saisonnière( $S_t$ ) correspond à des variations s'effectuant régulièrement au cours de la semaine, du mois, du trimestre, etc. elle tient aux saisons, à des habitudes sociologiques et aux rythmes de l'activité humaine ;
- Les fluctuations accidentelles( $R_t$ ) sont des mouvements erratiques, de fréquences élevées, présentant une allure générale plus ou moins stable. Elles résultent des influences, que toutes sortes d'événements exercent sur la grandeur en cause, si nombreuses que l'on a renoncé à(ou que l'on ne peut) les étudier toutes dans le détail.

La représentation graphique d'une série chronologique met souvent en évidence :

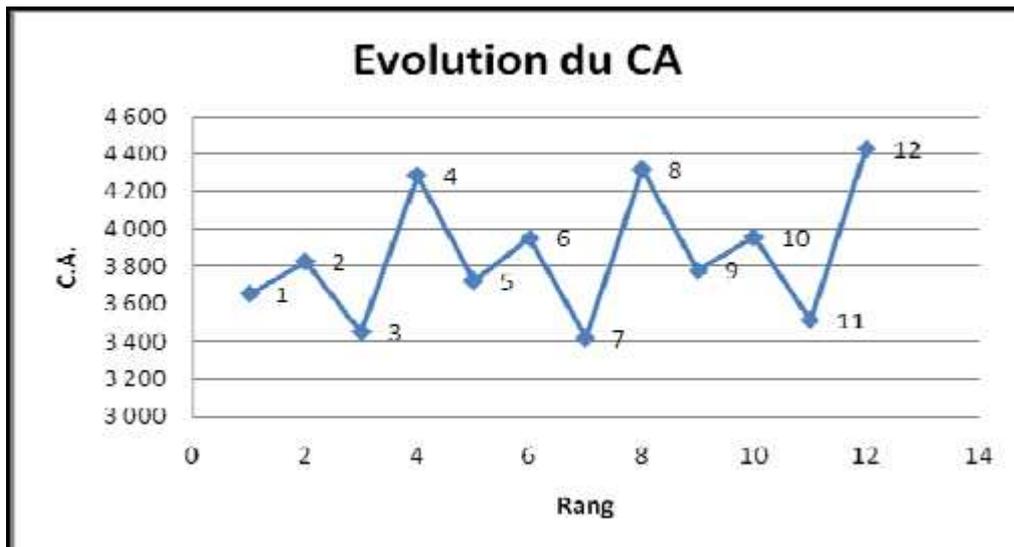
- Un mouvement de tendance générale (ou trend)

- Un mouvement saisonnier correspondant à des variations renouvelées à des périodes déterminées.

Exemple : l'entreprise LAPAIRE souhaite déterminer ses ventes prévisionnelles des 4 trimestres de l'exercice N+1.

Au cours des 3 derniers exercices, la société LAPAIRE a constaté les C.A.H.T. suivants :

<sup>2</sup> Trimestre	Rang du Trimestre	C.A.H.T (en K€)
T1 N-2	1	3655
T2 N-2	2	3825
T3 N-2	3	3450
T4 N-2	4	4285
T1 N-1	5	3725
T2 N-1	6	3952
T3 N-1	7	3420
T4 N-1	8	4319
T1 N	9	3780
T2 N	10	3956
T3 N	11	3512
T4 N	12	4429



Le graphique permet d'observer une tendance à l'augmentation du C.A., marquée par un phénomène périodique.

Pour prévoir les ventes, il est nécessaire de distinguer la tendance des variations saisonnières.

Deux méthodes peuvent être mises en œuvre pour déterminer la tendance

- La méthode de l'ajustement linéaire
- La méthode des moyennes mobiles ;

Une fois la tendance déterminée, il sera nécessaire de calculer les coefficients saisonniers.

### 1. Le trend d'une série chronologique par l'ajustement linéaire

L'ajustement linéaire d'une série chronologique se fait sous la forme d'une droite  $y = a x + b$ .

Les démarches de calcul exposées précédemment permettent de mettre en évidence l'équation de la droite de tendance.

### 2. Le trend d'une série chronologique par les moyennes mobiles

Pour déterminer le trend, il est parfois nécessaire de lisser les données afin d'obtenir une série épurée des irrégularités. Le lissage peut être obtenu par la méthode des moyennes mobiles.

Reprenons l'exemple précédent et calculons les moyennes mobiles sur 4 périodes (l'objectif étant de conserver le centrage de la moyenne)

→Moyenne mobile T3 (N-2)= (T1 (N-2)/2 + T2 (N-2) + T3 (N-2) +T4 (N-2) + T1 (N-1)/2)/4

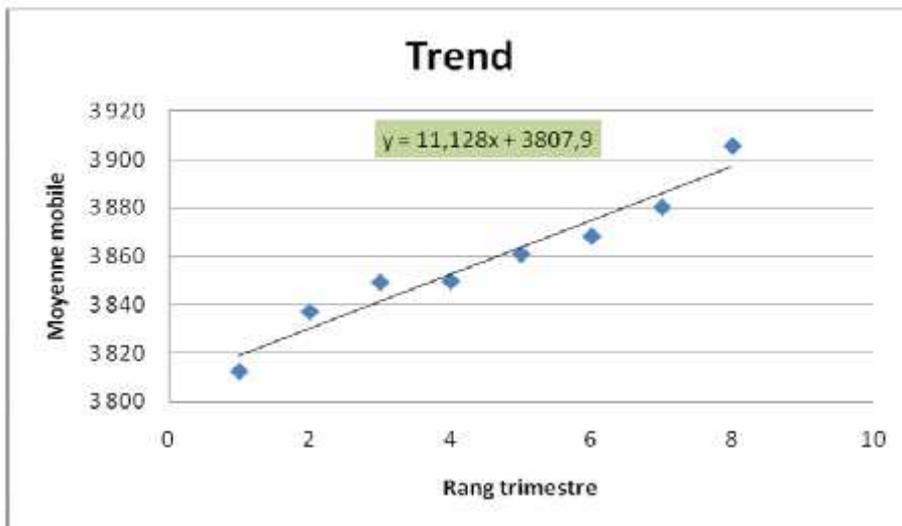
$$= (3655/2+3825+3450+4285+ 3725/2)/4= 3813$$

→Moyenne mobile T4 (N-2) = (T2 (N-2)/2 + T3 (N-2) + T4 (N-2) +T1 (N-2) + T2 (N-1)/2)/4

$$= (3825/2+3450+4285+ 3725+3952/2)/4= 3837$$

→ Etc.

Trimestre	Rang du trimestre	C.A.H.T(en K€)	Moyennemobile
T1 N-2	1	3655	
T2 N-2	2	3825	
T3 N-2	3	3450	3813
T4 N-2	4	4285	3837
T1 N-1	5	3725	3849
T2 N-1	6	3952	3850
T3 N-1	7	3420	3861
T4 N-1	8	4319	3868
T1 N	9	3780	3880
T2 N	10	3956	3906
T3 N	11	3512	
T4 N	12	4429	



Le lissage de la courbe montre un accroissement régulier des ventes dans le temps. On peut déterminer la tendance de la série chronologique par la méthode des moindres carrés.

$$y = 11.128x + 3807.9$$

### 3. Les coefficients saisonniers

Le calcul des coefficients saisonniers consiste à déterminer, pour chaque période, la moyenne des rapports entre la valeur observée et la valeur ajustée correspondante. La valeur ajustée est obtenue à partir de l'équation de la droite de tendance générale (obtenue à partir d'un ajustement linéaire ou de la méthode des moyennes mobiles).

Trois étapes sont nécessaires pour le calcul des coefficients saisonniers :

- Calcul des valeurs ajustées à l'aide de l'ajustement linéaire ou des moyennes mobiles appliquée à la série chronologique

$$(y = 27,846x + 3678)$$

Remarque : une autre méthode vise à appliquer la droite des moindres carrés aux moyennes mobiles.

- Calcul du rapport à la tendance: valeur observée/valeur ajustée

Trimestre	Rang du trimestre	C.A.H.T(en K€)	Valeur ajustée	Valeur observée/ valeur ajustée
T1 N-2	1	3655	3706	0.9863
T2 N-2	2	3825	3734	1.0245
T3 N-2	3	3450	3762	0.9172
T4 N-2	4	4285	3789	1.1308
T1 N-1	5	3725	3817	0.9758
T2 N-1	6	3952	3845	1.0278
T3 N-1	7	3420	3873	0.8831
T4 N-1	8	4319	3901	1.1072
T1 N	9	3780	3929	0.9622
T2 N	10	3956	3956	0.999
T3 N	11	3512	3984	0.8815
T4 N	12	4429	4012	1.1039

- Calcul du coefficient saisonnier (moyenne des rapports de chaque période).

Année	1 <sup>er</sup> trimestre	2 <sup>ème</sup> trimestre	3 <sup>ème</sup> trimestre	4 <sup>ème</sup> trimestre
N-2	0.9863	1.0245	0.9172	1.1308
N-1	0.9758	1.0278	0.8831	1.1072
N	0.9622	0.999	0.8815	1.1039
Moy coefficient	0.9748	1.0174	0.8938	1.1140
Coefficient rectifié	0.9748	1.0174	0.8938	1.1140

La somme des coefficients saisonniers est égale à 4 (correspondant à 4 trimestres dans une année).

$$\text{Coefficient rectifié} = \text{coefficient} / \text{total coefficient} * 4$$

Les coefficients saisonniers vont permettre de prévoir les ventes en tenant compte de la tendance et de la saisonnalité

$$\text{Prévision} = \text{Valeur ajustée} * \text{coefficient saisonnier}$$

Pour effectuer la prévision, il faut utiliser l'équation de la droite d'ajustement et les coefficients saisonniers.

Trimestre	Rang	Trend	Coefficient	Prévision
T1 N+1	13	4040	0.9748	3938
T2 N+1	14	4068	1.0174	4139
T3 N+1	15	4096	0.8939	3661
T4 N+1	16	4124	1.1140	4593

L'analyse des séries chronologiques peut se faire aussi en utilisant des indicateurs statistiques. Ces indicateurs peuvent être des valeurs absolues comme ils peuvent être des valeurs proportionnelles.

Pour effectuer les prévisions, on peut faire des ajustements de la série par l'indice moyen de la variation absolue ou par l'indice dynamique moyen. On en parlera de cette méthode dans le cas pratique.

L'entreprise peut attendre beaucoup de la prévision à condition de bien l'utiliser. Il faut à tout prix éviter la vision passéiste qu'entraîne le sentiment que la prévision est ce que la firme subira inévitablement. Elle est bien au contraire un outil d'aide à la décision : elle doit servir à l'entreprise à agir sur son futur et non à le subir.

# CHAPITRE IV

UTILISATION DE LA PROGRAMMATION LINEAIRE AU SEIN  
DE L'ENTREPRISE DES EAUX MINERALES MANSOURAH

Section1 : Présentation historique de l'entreprise E.M.M

Section2 :

- a) Application de la programmation linéaire pour  
l'évaluation d'une production optimale
- b) Prévision des ventes

## **Section1: présentation historique de l'entreprise des eaux minérales de Mansourah**

La Spa EM Mansourah est issue d'une reprise par les salariés (RES) d'une EPL sous tutelle du Ministère de l'industrie légère en 2005.

C'est une Spa au capital social de 10.000.000 DA. Son siège social est situé à Mansourah (Route de Sabra) - Tlemcen. Ses coordonnées actuelles sont les suivantes :

	Adresse Postale	Téléphone	Télécopie	Courrier électronique
Direction Générale	Mansourah - BP58 - Tlemcen	(213) 043 21 54 00	(213) 043 21 46 27	<a href="mailto:em_mansourah@yahoo.fr">em_mansourah@yahoo.fr</a>

L'entreprise "Mansourah", créée en 1989, est à l'origine une Entreprise publique locale placée sous tutelle du ministère de l'industrie légère. Fait surprenant, elle doit sa naissance à un pur hasard. En effet, lors d'une prospection de forage effectuée en 1984 par l'hydrogéologue Bernard Coullignon, il a été mis en évidence une "Eau Mansourah" intéressante sur les deux plans quantitatif et qualitatif. Son exploitation à des fins industrielles et commerciales fut la conséquence logique de cette découverte. Elle fût reprise par les salariés en 2005 dans le cadre du dispositif de reprise des entreprises par les salariés (RES) – Elle est alors transformée en Société Par Actions (Spa) et le Management est confié à neuf (09) agents qui composent l'organe de gestion de l'entreprise (conseil d'administration).

Il est à signaler que les habitants de Tlemcen ont de tout temps préféré l'eau de "MANSOURAH" aux eaux de distribution publiques ainsi qu'aux autres eaux minérales embouteillées venant d'ailleurs. Cette énigme a été levée aujourd'hui, une fois l'eau de "MANSOURAH" analysée et ses vertus démontrées.

La société n'était pas prête financièrement à ses débuts puisqu'elle ne pouvait alors supporter le coût du passage aux nouvelles technologies de conditionnement, ce qui lui a occasionné un retard dans la promotion et la production de l'eau de "MANSOURAH", une eau naturelle pourtant de très bonne qualité et riche en sels minéraux. Utilisant un emballage PVC avec bouchon à pression jusqu'en 1996, l'entreprise "Mansourah" innove en 1996 avec la bouteille de 2 litres à bouchon à vis (première société algérienne à le faire).

L'entreprise, soucieuse d'assurer une meilleure qualité d'emballage, est passée dès l'année 2000 de la technologie PVC à la technologie PET, ce qui lui a permis de connaître un essor considérable et par la même occasion de concurrencer ses plus grands rivaux. Plus encore, en réalisant la bouteille de 5 litres dite "bouteille familiale" et qui a connu un large succès, l'entreprise "Mansourah" s'emploie à satisfaire actuellement une demande de plus en plus grandissante pour ses produits.

Les structures de conditionnement de l'eau de MANSOURAH sont implantées à proximité de la zone de captage, dans un site isolé, en pleine campagne et loin de toute pollution. Ce dernier est proche du faubourg aujourd'hui moderne de Mansourah.

L'entreprise est actuellement en phase finale de certification ISO 9001/V2008

- *Les moments repères dans l'histoire de l'entreprise :*

Date	Evénements
1984	1984 prospection et découverte d'une "Eau Minérale Mansourah" intéressante sur les deux plans quantitatif et qualitatif par l'hydrogéologue Bernard Coullignon
1989	Création d'une EPL et exploitation industrielle de la source
1996	Distribution d'une bouteille de 2 l. dotée d'un bouchon à vis (fait une première en Algérie)
2000	Passage au PET (bouteilles en PET dotées d'un bouchon à vis)
2005	Reprise de l'Entreprise par les salariés

- *Le concept d'affaire et la vision*

L'EM Mansourah Spa est une entreprise capable, moyennant :

Le renouvellement de ses équipements et installations qui lui permettrait d'exploiter pleinement le potentiel de sa source (débit de 4 l./s correspondant à une production annuelle de plus de 80.000.000 litres)

Ainsi que par le développement de sa flotte de transport, d'être présente au niveau d'une partie importante du territoire national.

En effet faute de moyens financiers liés à son processus de restructuration/privatisation inachevé (reprise de l'entreprise par les salariés dans le cadre d'une RES), l'entreprise est contrainte d'utiliser une vieille chaîne de fabrication (mise en bouteille, conditionnement) qui lui permet de se maintenir sur le marché et de réaliser des résultats positifs en dépit d'un taux d'utilisation faible des ressources du gisement d'eau (environ 16.000.000 litres/an correspondant à peine à 20% des capacités de la source d'eau minérale).

La mobilisation de son Management et de ses salariés ont permis à l'entreprise:

- De livrer des produits conformes aux exigences du marché
- De maintenir un rapport qualité/prix quasiment inégalable
- Livraison d'un produit conforme aux exigences du marché :

L'objectif de conformité à l'exigence du marché est décliné à travers, d'une part, les qualités intrinsèques de l'eau de Mansourah et d'autre part au respect des normes les plus strictes de fabrication et de qualité. Les contrôles de conformité sont intégrés à tous les stades de mise en bouteille et conditionnement des produits et impliquent l'ensemble du personnel dans le suivi et la détermination des mesures correctives éventuelles.

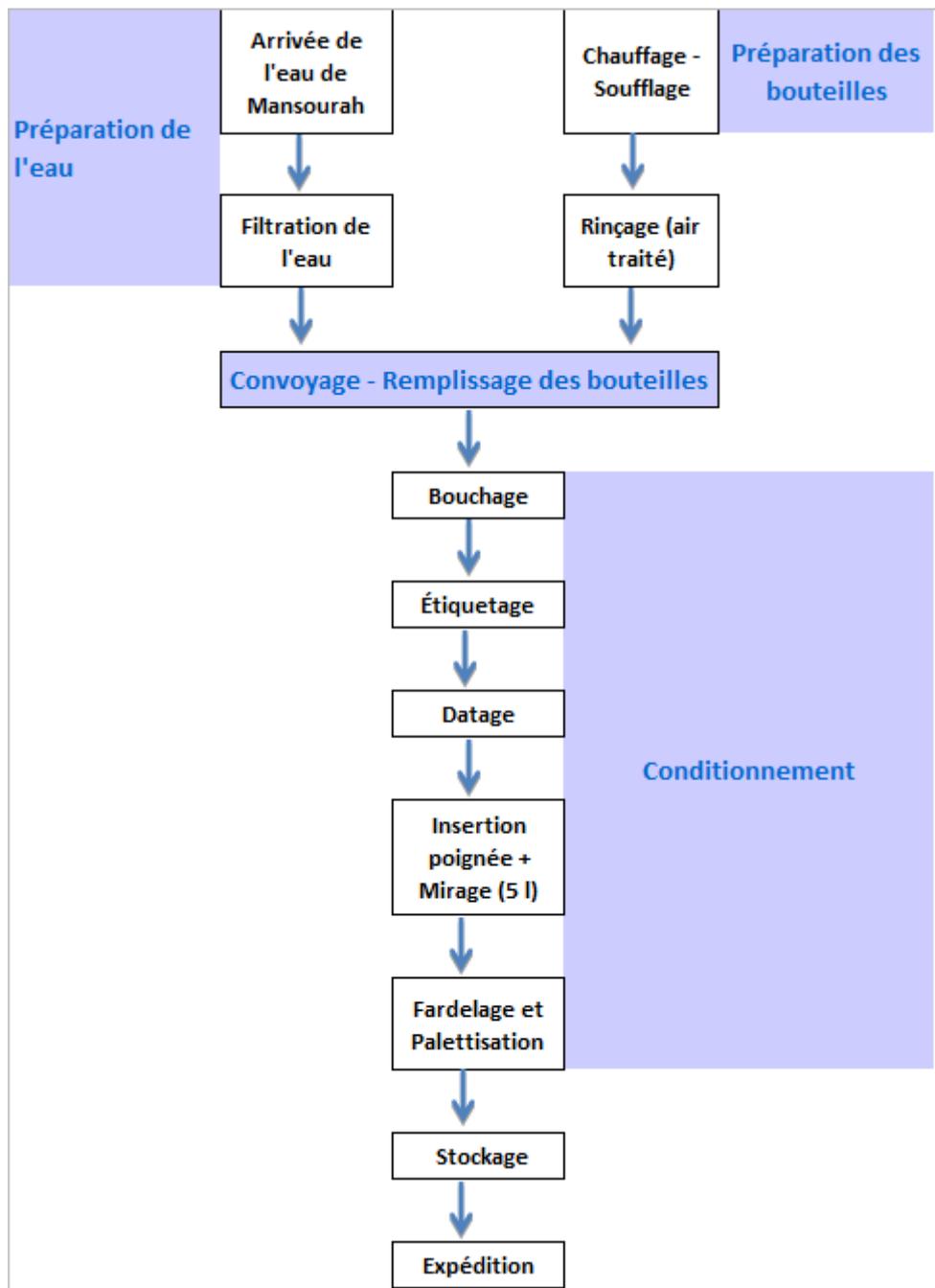
- Maintien d'un rapport qualité/prix quasiment inégalable :

Ce paramètre constitue une des préoccupations majeures de l'EM Mansourah ayant comme corollaire un rapport qualité/prix quasiment inégalable sur le marché algérien.

L'entreprise offre sur le marché un produit de grande qualité à un prix faible (considéré actuellement comme le plus bas sur le marché).



L'eau de Mansourah fait l'objet de contrôles stricts et d'une surveillance avancée. Certifiée par Qualité expert comme étant bien une eau minérale, l'eau de Mansourah est de type bicarbonaté calcique. Elle est puisée au niveau d'un environnement sain au niveau des Monts de Tlemcen (en dehors des sites industriels et des cultures intensives) ce qui garantit sa pureté, son goût et autres vertus naturelles. La mise en bouteille et le conditionnement de l'eau de Mansourah sont faits selon le process de fabrication suivant :



Composition de l'eau Minérale de Mansourah - en mg/l (ANRH 2001)			
Anions		Cations	
Calcium (Ca <sup>2+</sup> )	89	Bicarbonates (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	396
Magnésium (Mg <sup>2+</sup> )	62	Sulfates (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	60
Sodium (Na <sup>+</sup> )	30	Chlorures	90
Potassium (K <sup>+</sup> )	1	Silices	9,2
pH : 7,2			
Résidu sec : 640 mg/l			

Cette eau, assure un apport suffisant en sels minéraux indispensable pour la santé.

Parmi ses composants, on peut relever :

Le Calcium : nécessaire pour la formation des os et des dents, la transmission nerveuse et la coagulation sanguine.

Le Magnésium : renforce l'équilibre nerveux et l'excitabilité musculaire.

Potassium : renforce l'équilibre hydrique, la contraction musculaire et le rythme cardiaque.

Sodium : renforce l'équilibre hydrique.

Bicarbonates : renforce l'équilibre acido-basique des liquides organiques et facilite la digestion.

- *Les dirigeants et leurs systèmes de valeur*

L'entreprise (ex. EPL) a été reprise par les salariés en 2005 dans le cadre du dispositif de reprise des entreprises par les salariés (RES) – Elle est alors transformée en Société Par Actions (Spa) et le Management est confié à neuf (09) agents qui composent l'organe de gestion de l'entreprise (conseil d'administration).

Le Management de l'entreprise intègre dans son mode de gestion l'appréhension de l'importance de l'environnement sur le fonctionnement de l'entreprise et sur son devenir. La priorité étant donnée à l'action sur le terrain notamment en ce qui concerne la fidélisation de la clientèle et la gestion/maintenance des ateliers.

A cet effet, l'équipe dirigeante possède l'ambition de faire de l'entreprise:

- Un acteur de premier ordre au niveau du marché des eaux minérales grâce à la qualité de sa source

- Un label reconnu au niveau national en matière d'eau minérale grâce à l'amélioration de la disponibilité

- D'engager un processus continu d'amélioration de la qualité et de la productivité par agent

- D'élargir les compétences techniques et commerciales de l'entreprise de sorte qu'elle puisse répondre au mieux aux évolutions du marché et de la demande afin de faire face ainsi à un environnement concurrentiel de plus en plus difficile

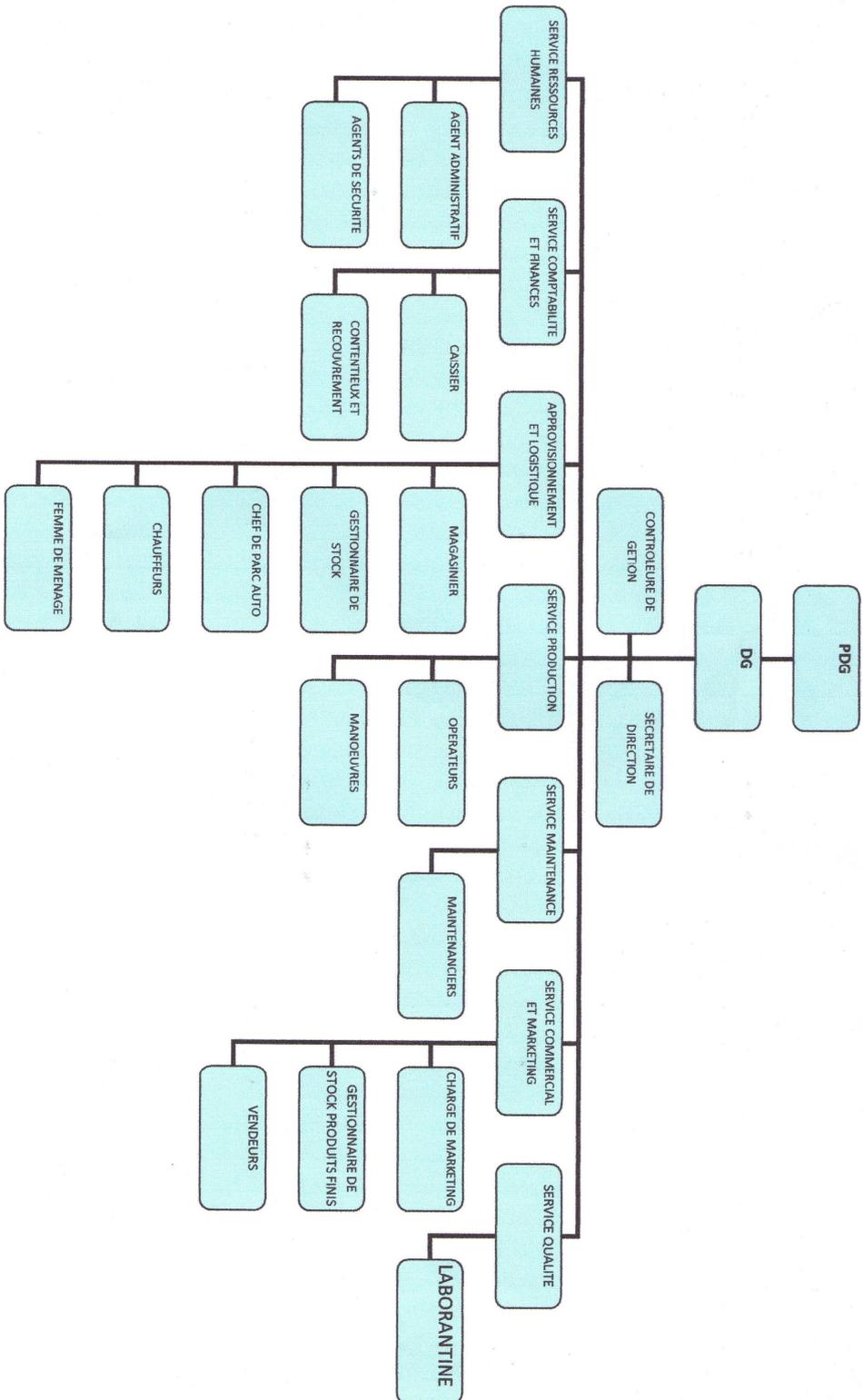
Cette ambition intègre les contraintes actuelles et prévisibles aussi bien internes qu'externes (environnement) parmi lesquelles on peut relever :

- L'accès au financement bancaire (contrainte prévisible) des investissements et de l'exploitation caractérisé par le refus des banques d'octroyer des crédits en l'absence de sûretés réelles (tous les biens de l'entreprise étant hypothéqués jusqu'au paiement intégral du prix de la reprise). En l'état actuel des choses, les garanties bancaires classiques ne peuvent mises en place.

- Investissements : chaîne de production (ligne complète) est à changer. La chaîne actuelle permet de produire actuellement 30 à 40% de sa capacité nominale

- Logistique (transport et distribution) : s'agissant d'un facteur important de succès, la flotte actuelle est insuffisante. L'entreprise désire acquérir quelques camions mais bute actuellement sur le problème avec la banque pour l'accès aux financements.

Cette politique ne peut en tout état de cause se réaliser sans la mise en œuvre d'une stratégie de formulée par un Plan intégrant ces contraintes et matérialisée par des actions précises intégrant à la fois les aspects matériels et immatériels.



EFFECTIF TOTAL : 68

## **Section2 :**

### **a/Application de la programmation linéaire pour l'évaluation d'une production optimale**

Selon les informations recueillies des différents services de l'entreprise E.M.M, nous avons remarqué que cette dernière réalise des profits faibles concernant ces produits (les bouteilles d'eau minérale de contenance 0.5 L, 1.5 L, 5 L) malgré la demande grandissante de ces produits.

Les chaines de production sont obsolètes, elle ne sont exploitées qu'à 40% de leurs capacités maximales.

Les opérations du process de fabrication des bouteilles de contenance de 0.5, 1.5 L sont automatisées, par contre le process de fabrication de la bouteille de contenance de 5 L est mi automatisé, ce qui fait perdre beaucoup de temps du temps total de la production.

En mettant la lumière sur ces faiblesses, et pour que l'entreprise puisse exploiter ses potentiels productifs à bon escient, nous proposons d'appliquer une méthode scientifique très connue pour la prise de décision en matière de production celle de la programmation linéaire qui consiste a formuler sous forme d'équations l'objectif économique de l'entreprise qui est dans notre cas la maximisation du profit en prenant en considération les contraintes aux quelles elle est soumise la fonction objectif.

#### **Formulation du problème**

La mise en bouteille de l'eau de Mansourah se fait en trois types de bouteilles de contenance de 0.5, 1.5, 5 L.

La capacité de production des trois produits est respectivement de : 32000 bouteilles, 25000, 17000 bouteilles/ Jours.

La capacité de stockage (deux hangars) est de 52000 bouteilles de contenance de 1.5 L et de 120000 bouteilles de contenance de 5 L, soit 172000 bouteilles. Il n'y a pas de contrainte de stockage pour la bouteille de contenance de 0.5 L, car sa production se fait plus souvent à la commande (Cathring ALGER ...)

Enfin, les marges unitaires réalisés en 2010 sur les trois produits sont : 0.35 DA pour la bouteille de 0.5 L, 0.52 DA pour la bouteille de 1.5 L, 0.99 DA pour la bouteille de 5 L.

Les jours ouvrables de l'entreprise sont de 286 jours par an.

La marge pour la bouteille de 0.5l est de  $0.35 \cdot 286 / 365 = 0.27 \text{ DA}$ .

Pour la bouteille de 1.5l, la marge est de  $0.52 \cdot 286 / 365 = 0.41 \text{ DA}$

Pour la bouteille de 5l, la marge est de  $0.99 \cdot 286 / 365 = 0.77 \text{ DA}$

Le problème consiste donc à trouver un plan de production qui tout en prenant en compte les contraintes citées plus haut, doit conduire à réaliser le meilleur profit possible sachant qu'un certain nombre de contrainte s'impose dans la production.

On note :

X1 : La quantité produite des bouteilles de contenance de 0.5 L

X2 : La quantité produite des bouteilles de contenance de 1.5 L

X3 : La quantité produite des bouteilles de contenance de 5 L

La fonction économique à maximiser est la suivante :

$$\text{Max } Z = 0.27 X1 + 0.41 X2 + 0.77 X3$$

Sous les contraintes :

$$\begin{cases} X1 \leq 32000 \\ X2 \leq 25000 \\ X3 \leq 17000 \\ X2 + X3 \leq 172000 \end{cases}$$

Sous les conditions de non négativité :

$$X1, X2, X3 \geq 0$$

On est bien conscient que la contrainte des temps unitaires du passage à la chaîne de chaque produit n'a pas été prise en compte vu les arrêts répétitifs des chaînes. Par conséquent on n'a pas pu obtenir des informations exactes sur cette contrainte.

Tout d'abord, il faut mettre le système à résoudre sous forme standard en introduisant des variables d'écart qui permettent de transformer les inéquations en équations.

Le système devient :

$$\text{Max } Z = 0.27x_1 + 0.41x_2 + 0.77x_3$$

Sous les contraintes :

$$\left\{ \begin{array}{l} X_1 + e_1 = 32000 \\ X_2 + e_2 = 25000 \\ X_3 + e_3 = 17000 \\ X_2 + X_3 + e_4 = 172000 \end{array} \right.$$

Sous les conditions :

$$X_1, X_2, X_3, e_1, e_2, e_3, e_4 \geq 0$$

Le système peut être résolu par la méthode du simplexe, mais comme l'outil informatique s'est propagé dans tous les domaines ; sa maîtrise reste incontournable en matière de gestion et ce pour en faciliter le traitement d'une multitude d'informations, nous allons faire la résolution en utilisant le logiciel LINDO 6.1.

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 3

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 31980.00

	VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	32000.000000	0.000000	
X2	25000.000000	0.000000	
X3	17000.000000	0.000000	

ROW SLACK OR SURPLUS DUAL PRICES

2)	0.000000	0.270000
3)	0.000000	0.410000
4)	0.000000	0.770000
5)	130000.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 3

La solution obtenue représente une solution maximale  $Z=31980$ DA c'est-à-dire le profit qui peut être réalisé par jour par l'entreprise dans le cas où elle atteint ces capacités maximales de production.

C'est-à-dire que la combinaison  $(X1, X2, X3) = (32000, 25000, 17000)$  représente la combinaison idéale à produire par l'entreprise.

La variable d'écart  $e_4$  est d'une valeur positive. Cela veut dire que la contrainte correspondante n'est pas saturée et par conséquent, elle n'est pas contraignante à la production.

## **B/ Prévision des ventes :**

On a vu dans le chapitre précedent que la nécessité de prévoir irrigue l'entreprise à tous les niveaux, de la direction à l'exécutant, dans tous les secteurs.

Les prévisions des ventes faites au niveau de l'entreprise E.M.M reposent sur des méthodes qualitatives qui ont un caractère subjectif, c'est-à-dire qu'elle se base sur la prospection du marché, selon la demande et les ventes réalisées au passé (encourageantes ou décevantes).

Les ventes des produits de l'E.M.M ne se répartissent pas uniformément sur l'année car elles sont soumises à des variations saisonnières par la nature de ses produits. Par exemple, la demande sur les produits à la période estivale sera supérieure à la demande sur ces produits en hiver mais le problème qui se pose c'est que l'entreprise est parfois incapable de satisfaire toute la demande en raison des chaines obsolètes.

De notre côté, nous allons proposer l'utilisation d'une méthode de prévision en dépit de ces contraintes et selon les informations que nous avons pu obtenir auprès de cette entreprise.

Les ventes de l'entreprise à partir de l'année 2007 sont représentées dans le tableau suivant :

Ventes	Types de produits		
	Bouteille (0.5L)	Bouteille (1.5L)	Bouteille (5L)
2007	1485957	2034691	2427154
2008	1235329	2421508	2577546
2009	1615578	2168994	2669838
2010	1623026	2534394	2458511

Tout d'abord, nous allons calculer les indicateurs statistiques absolus et proportionnels pour chaque produit.

Les premiers servent à indiquer le niveau que le phénomène étudié a atteint pendant deux périodes différentes. Ces variations absolues sont calculées avec base fixe et base mobile.

Les indicateurs statistiques proportionnels ont un rôle très important dans l'analyse statistique et économique de plusieurs phénomènes, elle est utilisée surtout pour trouver le rapport et la relation entre plusieurs secteurs et plusieurs branches de l'économie nationale, elle sert aussi à mesurer les variations qui peuvent surgir au phénomène étudié pendant une période donnée comparativement avec une période de base.

- La bouteille de contenance de 0.5 L :

Années (n)	Ventes (bouteilles) Y	Variations absolues		Indice dynamiques %		Rythme de croissance %	
		Base fixe	Base mobile	Base fixe	Base mobile	Base fixe	Base mobile
		$\Delta_{i/0}$	$\Delta_{i/i-1}$	$I_{i/0}$	$I_{i/i-1}$	$R_{i/0}$	$R_{i/i-1}$
2007 (0)	1485957	-	-	100	-	-	-
2008 (1)	1235329	- 250628	-250628	83.13	83.13	-16.87	-16.87
2009 (2)	1615578	129621	380249	108.72	130.78	8.72	30.78
2010 (3)	1623026	137069	7448	109.22	100.46	9.22	0.46
$\Sigma$	$\Sigma y=5959890$		$\Sigma \Delta_{i/i-1}=137069$		$\Pi I_{i/i-1}= 1.0922$		

Variation absolue (augmentation ou diminution) à base fixe :

$$\Delta_{i/0} = y_i - y_0 \quad \Leftrightarrow \quad \Delta_{1/0} = 1235329 - 1485957 = -250628$$

$$\Delta_{2/0} = 1615578 - 1485957 = 129621$$

.....

Variation absolue à base mobile :

$$\Delta_{i/i-1} = y_i - y_{i-1} \quad \Leftrightarrow \quad \Delta_{1/0} = 1235329 - 1485957 = -250628$$

$$\Delta_{2/1} = 1615578 - 1235329 = 380249$$

.....

$$\sum \Delta_{i/i-1} = \Delta_{n/0} = (y_1 - y_0) + (y_2 - y_1) + \dots + (y_n - y_{n-1}) = y_n - y_0$$

Indice dynamique à base fixe :

$$I_{i/0} = y_i / y_0 * 100 \quad \Leftrightarrow \quad I_{1/0} = y_1 / y_0 = 1235329 / 1485957 * 100 = 83.13$$

$$I_{2/0} = y_2 / y_0 = 1615578 / 1485957 * 100 = 108.72$$

.....

Indice dynamique à base mobile :

$$I_{i/i-1} = y_i / y_{i-1} * 100 \quad \Leftrightarrow \quad I_{1/0} = y_1 / y_0 = 1235329 / 1485957 * 100 = 83.13$$

$$I_{2/1} = y_2 / y_1 = 1615578 / 1235329 * 100 = 130.78$$

.....

$$\prod I_{i/i-1} = I_{n/0} = I_{1/0} * I_{2/1} * \dots * I_{n/n-1} = I_{n/0}$$

Rythme de croissance à base fixe:

$$R_{i/0} = y_i - y_0 / y_0 = y_i / y_0 - 1 = I_{i/0} - 1$$

$$R_{1/0} = y_1 - y_0 / y_0 = y_1 / y_0 - 1 = (I_{1/0} - 1) = 83.13 - 100 = -16.87$$

Rythme de croissance à base mobile :

$$R_{i/i-1} = y_i - y_{i-1} / y_{i-1} = y_i / y_{i-1} - 1 = I_{i/i-1} - 1$$

$$R_{1/0} = y_1 / y_0 - 1 = (I_{1/0} - 1) * 100 = 83.13 - 100 = -16.87$$

Indicateur moyen de la variation absolue:

$$\bar{\Delta} = \sum \Delta_{i/i-1} / n = 137069 / 3 \approx 45690$$

Indice dynamique moyen :

Indique le pourcentage avec lequel a augmenté le niveau du phénomène étudié d'une période à l'autre sous forme d'une suite géométrique.

$$\bar{I} = \sqrt[n]{\prod I_{i/i-1}} = \sqrt[n]{I_{n/0}} = \sqrt[n]{y_n/y_0}$$

$$\bar{I} = \sqrt[3]{1.0922} \implies \log \bar{I} = 1/3 \log(1.0922) = 0.038302/3 = 0.012767$$

$$\implies \bar{I} = 1.03 \rightarrow 103\%$$

Cela veut dire que les ventes de la bouteille de 0.5l ont augmenté chaque année pendant la période 2007-2010 de 103%.

Rythme de croissance moyen :

$$R = I - 1 = 1.03 - 1 = 0.03 \rightarrow 3\%$$

Cela veut dire que les ventes ont augmenté en moyenne de 3% chaque année pendant la période 2007-2010.

L'ajustement par indicateur moyen de la variation absolue  $\bar{\Delta}$ :

$$\hat{Y}_n = y_0 + \Delta_{1/0} + \Delta_{2/1} + \dots + \Delta_{n/n-1}$$

On suppose que  $\Delta_{1/0} = \Delta_{2/1} = \dots = \Delta_{n/n-1} = \bar{\Delta}$

$$\hat{Y}_n = y_0 + n \bar{\Delta}$$

$$\hat{Y}_{2007} = 1485957 + 0 * 45690 = 1485957$$

$$\hat{Y}_{2008} = 1485957 + 1 * 45690 = 1531647$$

...

L'ajustement avec l'indice dynamique moyen I :

$$\hat{Y}_n = y_0 * I_{1/0} * I_{2/1} * \dots * I_{n/n-1}$$

On suppose que :  $I_{1/0} = I_{2/1} = \dots = I_{n/n-1} = I$

$$\hat{Y}=y_0*(\bar{I})^0=y_0=1485957 \quad \text{avec } I=1.03$$

Ajustement et prévision des ventes pour la bouteille de contenance de 0.5l :

Années	Ventes	$\hat{Y}_{n=y_0+n\bar{\Delta}}$ $\hat{Y}=1485957+n45690$	$\hat{Y}=y_0*(\bar{I})^n$ $\hat{Y}=1485(1.03)^n$
2007(0)	1485957	1485957	1485957
2008(1)	1235329	1531647	1530535.71
2009(2)	1615578	1577337	1576451.78
2010(3)	1623026	1623027	1623745.33
2011(4)	-	1668717	1672457.69
2012(5)	-	1714407	1722631.43
2013(6)	-	1760097	1774310.37

- La bouteille de contenance de 1.5l :

Années (n)	Ventes (bouteilles) Y	Variations absolues		Indice dynamiques %		Rythme de croissance %	
		Base fixe	Base mobile	Base fixe	Base mobile	Base fixe	Base mobile
		$\Delta_{i/0}$	$\Delta_{i/i-1}$	$I_{i/0}$	$I_{i/i-1}$	$R_{i/0}$	$R_{i/i-1}$
2007 (0)	2034691	-	-	100	-	-	-
2008 (1)	2421508	386817	386817	119,01	119,01	19,01	19,01
2009 (2)	2168994	134304	-252514	106,6	89,57	6,6	-10,43
2010 (3)	2534394	499703	365400	124,56	116,85	24,56	16,85
$\Sigma$	9159587		$\Sigma \Delta_{i/i-1}$ =499703		$\Pi I_{i/i-1}$ 1.2456		

$$\bar{\Delta} = \sum \Delta_{i/i-1} / n = 499703 / 3 \approx 166568$$

$$\bar{I} = \sqrt[3]{1.2456} \implies \bar{I} = 1.076$$

Ajustement et prévision des ventes pour la bouteille de contenance de 1.5l :

Années	Ventes	$\hat{Y}_n = y_0 + n \bar{\Delta}$ $\hat{Y} = 2034691 + n166568$	$\hat{Y} = y_0 \cdot \bar{I}^n$ $\hat{Y} = 2034691(1.076)^n$
2007(0)	2034691	2034691	2034691
2008(1)	2421508	2201259	2189327.5
2009(2)	2168994	2367824	2355716.4
2010(3)	2534394	2534395	2534750.8
2011(4)	-	2700963	2727392
2012(5)	-	2867531	2934674.7
2013(6)	-	3034099	3157709

- La bouteille de contenance de 5l :

Années  (n)	Ventes (bouteilles)  Y	Variations absolues		Indice dynamiques %		Rythme de croissance %	
		Base fixe	Base mobile	Base fixe	Base mobile	Base fixe	Base mobile
		$\Delta_{i/0}$	$\Delta_{i/i-1}$	$I_{i/0}$	$I_{i/i-1}$	$R_{i/0}$	$R_{i/i-1}$
2007 (0)	2427154	-	-	100	-	-	-
2008 (1)	2577546	150392	150392	106,2	106,2	6,2	6,2
2009 (2)	2669838	242684	92292	110	103,6	10	3,6
2010 (3)	2458511	31357	-211327	101,3	92,08	1,3	-7,92
$\Sigma$	10133049		$\Sigma \Delta_{i/i-1} = 31357$		$\Pi I_{i/i-1} = 1,013$		

$$\overline{\Delta} = 31357/3 \approx 10452$$

$$\overline{I} = \sqrt[3]{1.013} \Rightarrow \overline{I} = 1.0043$$

Ajustement et prévision des ventes pour la bouteille de contenance de 5l :

Années	Ventes	$\hat{Y}_{n=y_0+n\bar{\Delta}}$ $\hat{Y}=2427154+n10452$	$\hat{Y}=y_0*(I)^n$ $\hat{Y}=2427154(1.0043)^n$
2007(0)	2427154	2427154	2427154
2008(1)	2577546	2437606	2437590.7
2009(2)	2669838	2448058	2448072.4
2010(3)	2458511	2458510	2458599.1
2011(4)	-	2468962	2469171.1
2012(5)	-	2479414	2479788.5
2013(6)	-	2489866	2490451.6

Ces prévisions ne peuvent être valables que si les conditions économiques qui ont présidé auparavant ne changent pas significativement à l'avenir.

### Conclusion :

Dans ce chapitre, on a voulu montré l'efficacité de la programmation linéaire dans la prise de décision concernant la gestion de la production.

L'utilisation de cette méthode nous a permis de proposer un plan de production optimal pour les trois produits de l'entreprise de façon à dégager un maximum de profit par jour dans les limites de ses capacités et en dépit des contraintes qui n'ont pas été prises en considération par manque d'informations et qui peuvent influencer le programme de production .

En se basant sur les ventes de l'entreprise E.M.M des quatre dernières années, on a essayé de faire des prévisions des ventes pour les années à venir en utilisant une méthode très simple qui repose sur l'utilisation des indicateurs statistiques qui servent à mesurer les variations d'un phénomène pendant des périodes différentes.

## **Conclusion générale :**

Le monde des affaires étant confronté à la mondialisation, les entreprises doivent posséder des avantages concurrentiels par rapport aux adversaires.

L'ouverture de l'Algérie sur l'économie de marché contraint les entreprises Algériennes à moderniser leurs systèmes de gestion.

La fonction de gestion des opérations et de la production (GOP) est l'un des volets qui permettent à l'entreprise d'être plus compétitive et plus performante en termes de délai, de qualité et des coûts qui constituent les étalons incontournable en matière de production.

Dans cette optique, nous avons axé notre travail sur la gestion de la production et son importance au sein de l'entreprise

Nous avons parlé en premier lieu de la fonction de gestion des opérations et de la production qui consiste à assurer de façon opérationnelle la combinaison des facteurs de production pour réaliser les objectifs liés à cette dernière.

On a parlé aussi du rôle important que joue actuellement cette fonction au niveau de l'entreprise et de son évolution au cours du temps.

Les décisions liées à la production peuvent être stratégiques, comme elles peuvent être opérationnelles. Elles s'influencent mutuellement et requièrent des traitements d'information. Leur considération nous a amené à présenter une typologie des systèmes productifs.

Nous avons ensuite abordé les grandes options fondamentales qui déterminent et qui limitent les opportunités ouvertes à l'entreprise dans le long terme, qui portent principalement sur la conception des produits, la capacité de production et l'implantation des centres de production.

Le problème majeur que doit résoudre la gestion de la production est celui de l'harmonisation entre la production et les ventes en quantité, en qualité, et en délai.

L'obtention de cette harmonisation repose sur l'anticipation ou sur l'adaptation en utilisant des techniques de planification qui aident à la prise de décision.

Le MRP est une méthode de planification qui permet de gérer la production depuis le terme jusqu'au court terme. Il est né de la mise en évidence du fait qu'il existe deux types de besoin dépendant et indépendant. En partant d'un produit fini, les besoins bruts en composant sont calculés d'après la nomenclature, c'est-à-dire les différents niveaux de décomposition du produit.

La philosophie du juste à temps qui a été mise en place au Japon durant la décennie 70, elle aussi sert à la planification de la production pour mieux répondre aux objectifs de la gestion de la production le plus efficacement possible. La gestion de la production suivant cette méthode cherche à produire pour satisfaire la demande juste au bon moment, dans la quantité et la qualité demandées. La programmation linéaire est l'une des techniques les plus répandues qui sert plus souvent à la résolution des problèmes de production.

Les techniques de prévision des ventes, elles aussi concourent à établir une planification de la production.

La prise de décision en matière de gestion de la production requiert l'usage de ses techniques d'une façon judicieuse par des personnes spécialisées dans ce domaine afin de pouvoir prendre des décisions efficaces.

Pour montrer l'importance de la gestion de production et des techniques qui aident à la prise de décision, nous avons procédé à une étude de cas.

Nous avons utilisé la méthode de la programmation linéaire pour proposer un plan de production optimal dans le but de maximiser le profit de l'entreprise et ce, selon l'information qu'on a pu obtenir.

Le programme de production peut être modifié par le service concerné en ajoutant des contraintes qui correspondent aux conditions de travail ainsi que milieu environnant de l'entreprise.

Nous avons fait aussi des prévisions des ventes en utilisant une méthode qui se base sur l'analyse statistique au lieu des méthodes qualitatives utilisées par l'entreprise qui repose sur l'analyse du marché.

Donc l'objectif de cette étude était de proposer une méthode qui aide à la panification de la production en l'absence de l'utilisation d'une méthode scientifique.

#### Perspectives et recommandations :

A la suite de ce qui a été dit précédemment, nous recommandons l'utilisation des techniques scientifiques de gestion en matière de production en faisant appel à des cadres spécialisés dans le domaine de la recherche opérationnelle de façon à rationaliser les décisions relatives à la production.

Nous proposons à l'entreprise aussi de faire usage des programmes informatiques (logiciels) qui sont conçus spécialement pour le traitement des problèmes de production.

Enfin, nous tenons à indiquer quelques lacunes à cette étude, néanmoins son achèvement ne signifie pas la fin de la recherche sur le sujet, mais peut être un point de départ à d'autres projets ou recherches aussi bien dans la communauté universitaire qu'au niveau de l'entreprise.

## Références bibliographiques

1. Alain COURTOIS, Maurice PILLET, Chantal MARTIN-BONNEFOUS, « Gestion de production », 4<sup>ème</sup> édition, éditions d'organisation, 2003
2. Anne GRATACAP, « la gestion de la production », Dunod, Paris 2002.
3. André BOYER, Gérard HIRIGOYEN, Jacques TBEPOT, Nadine TOURNOIS, Jean-Pierre VEDRINE « panorama de la gestion », éditions d'organisation, 1997.
4. BOUTALEB Kouider, «théorie de la décision », offre des publications universitaires 2006
5. Daniel THIEL « recherche opérationnelle et management des entreprises » édition Economica, 1990.
6. Francis LAMBERSEND « organisation et génie de production », éllipses1999.
7. G.BAGLIN, Olivier BRUEL, Alain GARREAU, Michel GREIF, Laoucine KERBACHE, Christian VAN DELF « management industriel et logistique » 4<sup>ème</sup> édition, Economica 2005.
8. George JAVEL « organisation et gestion de production », Dunod, Paris2006.
9. Gérald BAILLAGEAN « programmation linéaire appliquée outil d'aide à la décision », Canada, édition SMG, 1996.
- 10.JP VEDRINE, E.BRINGUIER, A.BRISARD « techniques quantitatives de gestion », Vuibert 1985.
- 11.Jean-Luc CHARRON, Sabine SEPARI « organisation et gestion de l'entreprise », 3<sup>ème</sup> édition, Dunod, Paris 2004.
- 12.L.BOYER, M.POIREE, E.SALIN « précis d'organisation et de gestion de la production », éditions d'organisations, Paris 1982.
- 13.Larry RITZMAN, Lee KRAJEWSKI, Jim Mitchell CHRISTOPHER, Town LEY «management des operations/ Principes et applications », Pearson education, France 2004.

14. Michel NAKHLA «l'essentiel du management industriel», Dunod, Paris 2006.
15. M.AIDINE, B.OUKACHA «recherche opérationnelle », maison d'édition pour l'enseignement et la formation, 2007.
16. Pascal LAURENT, François BOUARD «économie d'entreprise », édition d'organisations, tome1, 1997.
17. P.AZOULAY, P.DASSONVILLE « recherche opérationnelle de gestion », presse universitaire de France, Paris 1974.
18. Robert FAURE, B.LEMAIRE, CH.PICOULEAU « précis de recherche opérationnelle », 5<sup>ème</sup> édition, Dunod, Paris 1992.
19. R.BRENNEMEAN, S.SEPARI « économie d'entreprise », Dunod, Paris 2001.
20. Régis BOURBONNAIS, Jean-Claude USUNIER « prévision des ventes théorie et pratique », 3<sup>ème</sup> édition, Economica 2001.
21. V.PLAUCHU « mesure et amélioration des performances industrielles » office des publications universitaires 2006.
22. Vincent GIARD « gestion de la production et des flux », 3<sup>ème</sup> édition, Economica 2003.

Sites internet :

<http://www.lomag-man.org>

<http://www.groupeisf.net>

<http://www.licp.fr>

Encyclopédie libre wikipedia.

## ملخص

ان وظيفة تسيير الانتاج و العمليات تلعب حاليا دورا هاما داخل المؤسسات وذلك لانه من شأنها ان تنسق بين عوامل الانتاج من اجل تحقيق الاهداف المسطرة لوظيفة الانتاج فيما يخص الكمية الجودة السعر والوقت وهذا في ظل المحيط الاقتصادي المفعم بالمنافسة الشديدة و تنوع المنتوجات مما يتطلب على المؤسسة ان تكون اكثر مرونة لمواجهة الطلب. ان التقنيات الخاصة بتخطيط الانتاج تساعد بشكل كبير في اتخاذ القرارات المتعلقة بوظيفة الانتاج. من بين هذه التقنيات نذكر طريقة تسيير موارد الانتاج طريقة الوقت المحدد طريقة البرمجة الخطية التنبؤ بالمبيعات... الكلمات المفتاحية وظيفة تسيير الانتاج, اتخاذ القرار, طرق تسيير الانتاج, الوقت المحدد, البرمجة الخطية, التنبؤ بالمبيعات...

## Résumé

La fonction de gestion des opérations et de la production joue actuellement un rôle très important au niveau des entreprises puisque elle doit assurer la combinaison des facteurs de production de façon opérationnelle pour réaliser les objectifs fixés à la fonction de production en terme de quantité, qualité, coût et délai ; ceci dans un environnement économique fortement concurrentiel où la diversité des produits à fabriquer est de plus en plus grande, ce qui nécessite une flexibilité importante pour être réactif.

Les techniques de la planification de la production sont un support essentiel à la prise de décision en matière de gestion de la production. Parmi ces techniques on cite : le MRP (Management Ressources planning), JAT (juste-à-temps), la programmation linéaire, prévision des ventes...

Mots clés : gestion des opérations et de la production, prise de décision, techniques de planification, MRP, JAT, programmation linéaire, prévision des ventes...

## Abstract

The operation and production management play actually a very important role in the firms since it insure the combination of production factors in such operational way, to carry out the fixed objectives of the production function in terms of quality, quantity, cost and delay; this in an economical environment, with great competition which the various product to be manufacture is more and more big, this request an important flexibility to be reactive.

The techniques of production management are very essential to get a right decision. Among these techniques we cite: MRP (Management Resources Planning), JAT (just in time), linear programming and selling forecast...