

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



UNIVERSITE EL-HADJ LAKHDAR – BATNA
LA FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIEUR
DEPARTEMENT GENIE INDUSTRIEL
LABORATOIRE D'AUTOMATIQUE ET DE PRODUCTIQUE



MEMOIRE DE MAGISTER

PRESENTE AU

LABORATOIRE D'AUTOMATIQUE ET DE PRODUCTIQUE

En vue de l'obtention du diplôme de

MAGISTER

Option : Génie Industriel

PAR:

Hichem AOUAG
Ingénieur en Génie Industriel

Thème :

*Management de la production :
Outils et diagnostic
Etude de cas : Entreprise Bouteilles A Gaz-Batna*

JURY

Dr. A.RAHAL	Prof	UNIVERSITE DE BATNA	<i>Président</i>
Dr.A.MECHENENE	CC	UNIVERSITE DE BATNA	<i>Rapporteur</i>
Dr.T.HAROUN	Prof	UNIVERSITE DE BATNA	<i>Examineur</i>
Dr.L.DELMI	MC	UNIVERSITE DE CONSTANTINE	<i>Examineur</i>
Dr.N.K.MOUSS	MC	UNIVERSITE DE BATNA	<i>Examinatrice</i>
Dr.M.ZAMMOURI	MC	UNIVERSITE DE BATNA	<i>Examineur</i>
Mr : S.BENZITOUNI	CADRE	<i>ENTREPRISE BAG</i>	<i>Invité</i>

Année universitaire 2004/2005

Table des matières

Introduction générale	01
Partie I : Approche théorique du management et du diagnostic de la production	

Chapitre I : Organisation de la production

Introduction	6
I.1- Pilotage des flux	6
I.1.1- Le flux et les notions associées.....	6
I.1.2- Définition du pilotage.....	7
I.1.3- les indicateurs de pilotage des flux.....	8
<i>I.1.3.1- Les indicateurs d'efficacité</i>	8
<i>I.1.3.2- Les indicateurs d'efficience</i>	8
I.1.4- les principaux modèles de pilotage des flux.....	9
<i>I.1.4.1- production sur stock ou par anticipation totale</i>	9
<i>I.1.4.2- production à la commande</i>	9
<i>I.1.4.3- production par anticipation partielle</i>	9
I.2- Méthodes et outils d'organisation de la production	10
I.2.1- Organisation par planification : la méthode MRP.....	10
<i>I.2.1.1- Définition</i>	10
<i>I.2.1.2- le fonctionnement global d'un système MRP</i>	11
<i>I.2.1.3- Mise en œuvre du MRP</i>	16
<i>I.2.1.4- Limite de la méthode MRP</i>	16
I.2.2- Organisation par le juste à temps.....	16
<i>I.2.2.1- Définition</i>	17
<i>I.2.2.2- La production en JAT</i>	17
<i>I.2.2.3- la mise en œuvre des principes du JAT</i>	18
<i>I.2.2.4- Les instruments du JAT</i>	19
<i>I.2.2.5- La méthode et les outils liés au JAT</i>	20
<i>I.2.2.6- les limites et contraintes du JAT</i>	32
I.2.3- La gestion par les contraintes.....	33
<i>I.2.3.1- Qu'est ce qu'une contrainte</i>	33
<i>I.2.3.2- Les différents types de contraintes</i>	33
<i>I.2.3.3- Les concepts de base de la TOC</i>	35
<i>I.2.3.4- La méthode OPT</i>	35
Conclusion au chapitre I	40

Chapitre II : Planification de la production

Introduction	42
II.1- Définition de la planification de la production	43
II.2- Importance de la planification	45
II.3- Les étapes de la planification	46

II.3.1- Etape d'analyse : Analyser.....	46
II.3.2- Etape décisionnelle : Décider.....	46
II.3.3- Etape de programmation : Programmer.....	46
II.4- Les niveaux de la planification.....	47
II.4.1- Les plans stratégiques.....	47
II.4.2- les plans d'activité.....	48
II.4.3- les plans de production.....	49
II.4.4- les programmes directeurs de production.....	51
II.4.5- Ordonnancement et pilotage d'atelier.....	55
II.4.5.1- Objectifs de l'ordonnancement.....	55
II.4.5.2- les étapes de l'ordonnancement.....	56
II.4.5.3- Les types d'ordonnancement.....	56
II.4.5.4- Solution des problèmes d'ordonnancement.....	57
II.5- Les outils de planification.....	57
II.5.1- L'outil P.E.R.T.....	59
II.5.1.1- Définition.....	59
II.5.1.2- les étapes de construction d'un réseau PERT.....	59
II.5.1.3- Quelques extensions de la méthode PERT.....	62
II.5.2- La méthode des POTENTIELS.....	65
II.5.3- Diagramme de GANTT.....	66
II.5.3.1- Définition.....	66
II.5.3.2- Méthodologie.....	66
Conclusion au chapitre II.....	68

Chapitre III : Contrôle et Diagnostic de la production

III.1- Contrôle de la production.....	70
Introduction.....	70
III.1.1- Définition du contrôle de la production.....	70
III.1.2-les formes de contrôle existantes.....	70
III.1.2.1- le contrôle de réception.....	70
III.1.2.2- le contrôle en cours de fabrication.....	78
III.1.2.3- le contrôle final de fabrication.....	83
III.2- Diagnostic de la production.....	84
Introduction.....	84
III.2.1- définition du diagnostic de la production.....	84
III.2.2- classification des méthodes de diagnostic.....	85
III.2.2.1- Classification par approche de diagnostic interne/externe.....	85
III.2.2.2- Classification Par approche inductive/déductive.....	86
III.2.2.3- Classification Par approche orienté mauvais/bon fonctionnement..	86
III.2.3- Gestion du diagnostic.....	88
III.2.3.1- Première phase : LA PREPARATION.....	88
III.2.3.2- Deuxième phase : L'OBSERVATION.....	89
III.2.3.3- Troisième phase : LA CRITIQUE.....	90
III.2.3.4- Quatrième phase : LA SYNTHÈSE.....	90

III.3- les outils de contrôle et de diagnostic de la production	91
Introduction.....	91
III.3.1- L'outil : Poka Yoké.....	91
III.3.1.1- Définition.....	91
III.3.1.2- Objectifs des Poka Yoké.....	92
III.3.1.3- Domaine d'application.....	92
III.3.1.4- Types des POKA YOKE.....	92
III.3.1.5- La méthodologie.....	93
III.3.1.6- Mise en place des solutions.....	93
III.3.2- L'outil Maîtrise Statistique des Procédés MSP.....	94
Introduction.....	94
III.3.2.1- Définition.....	94
III.3.2.2- Principe de la maîtrise statistique des procédés.....	95
III.3.2.3- Schéma de fonctionnement.....	95
III.3.2.4- Les outils de la MSP.....	96
III.3.3- La capacité.....	98
III.3.3.1- la capacité de la machine.....	98
III.3.3.2- La capacité du Procédé.....	101
III.3.3.3- Les indices Pp et Ppk.....	101
III.3.3.4- Synthèse des différents indicateurs.....	102
III.3.4- Les cartes de contrôle.....	102
III.3.4.1- Objectif des cartes de contrôle.....	103
III.3.4.2- Type de carte de contrôle.....	103
Conclusion au chapitre III	111

Partie II : ETUDE PRATIQUE DE L'ENTREPRISE BAG

Chapitre I : Fiche technique de l'entreprise

I.1- Présentation de l'entreprise BAG	114
I.2- Evolution de l'entreprise BAG	114
I.3- Organigramme de l'entreprise BAG	116
I.4- Description du Process de fabrication du BAG	117
I.4.1- Atelier Mécanique.....	117
I.4.2- Atelier de soudage.....	120
I.4.3- Atelier de finition.....	121

Chapitre II : Mise en œuvre de la méthode Kanban au sein de BAG

II.1- Modalités de circulation des flux dans l'entreprise BAG	126
II.2- Les conditions d'application du système Kanban	127
II.3- La mise en place du Kanban dans l'entreprise BAG	128

II.3.1- Production des pièces (E, P) dans l'atelier mécanique.....	129
II.3.2- Consommation des pièces (E, P) dans l'atelier de soudage.....	129
II.3.3- Lancement en production dans l'atelier mécanique	129
II.4- Calcul du nombre de Kanban.....	132
II.5- Les gains réalisés par le Kanban dans BAG.....	142
Conclusion du chapitre.....	146

Chapitre III : Mise en œuvre de la démarche MSP au sein de BAG

III.1- Le service du contrôle de production de l'entreprise BAG.....	148
III.2- Les différents types de contrôle appliqués dans l'entreprise BAG	148
III.2.1- Contrôle de réception.....	149
III.2.2- Contrôle de fabrication	149
III.2.3- Contrôle de montage.....	150
III.3- Mise en œuvre de la démarche MSP au niveau l'entreprise BAG.....	151
III.3.1- Atelier mécanique	151
III.3.2- Atelier de soudage	160
III.4- Les conditions de réussite de la M.S.P dans l'entreprise BAG	164
III.4.1- Structure de mise en place	164
III.4.2- Exigences de base et rôle des méthodes d'industrialisation	164
III.4.3- Condition de réussite	165
Conclusion au chapitre.....	167

Chapitre IV : Diagnostic des dysfonctionnement dans l'entreprise BAG

Introduction.....	169
IV.1- Diagramme de Pareto	169
IV.2- Diagramme de cause a effet (diagramme d'ISCHIKAWA).....	170
IV.3- Evolution des rebuts.....	171
IV.4- Les erreurs d'usinage	177
IV.5.1- Les erreurs par inadvertance	178
IV.5.2- les erreurs par insuffisance	178
IV.5.3- Les erreurs volontaires	178
IV.5- Les principaux générateurs de rebuts.....	179
IV.6- Les perturbations.....	184
IV.7- Une opportunité : l'engagement de BAG à la certification ISO 9002.....	184
Conclusion du chapitre	185
Conclusion Générale.....	186

Références Bibliographiques

Annexes

INTRODUCTION

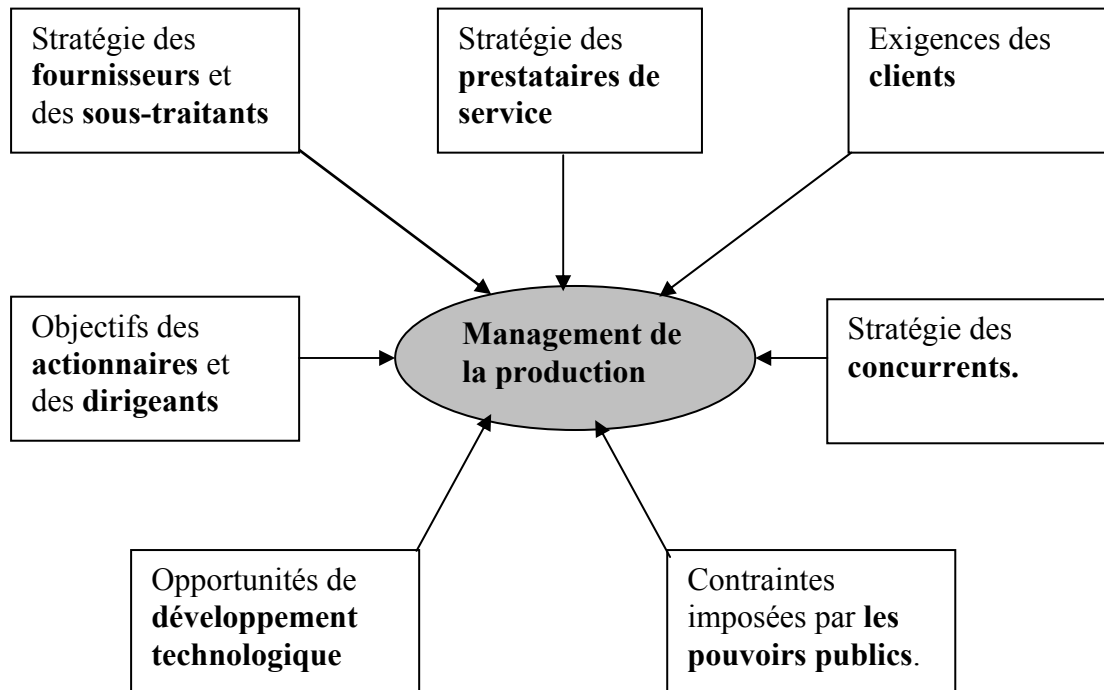
Dans toute entreprise, quelle que soit son activité, la production est une fonction dont le rôle consiste à combiner des facteurs plus ou moins disponibles (« matière grise », travail humain, matière première, équipement, argent, information) pour réaliser des produits ou services demandés, soit par des clients soit par des autorités de tutelle.

Cette fonction est traditionnellement rapprochée des autres fonctions : achat, vente, direction dans l'expression la plus simple et la plus ancienne. Puis progressivement, au cours du XX^{ème} siècle, on a constaté le développement des nouvelles fonctions plus sophistiquées destinées, à **fournir** d'une part, de meilleures réponses aux besoins des marchés, et à **supporter** d'autre part, les précédentes : étude, finance, marketing, approvisionnement, logistique, contrôle de gestion, planification, stratégie,..etc.

Grâce à ces ramifications de la fonction production, les gestionnaires de la production utilisent actuellement le concept de management de la production qui est défini comme l'art de mobiliser les énergies pour atteindre des objectifs partagés. Il comprend les éléments suivants :

- Valeurs, culture, vocation, activités.
- Objectifs
- Animation, leadership, communication, motivation
- Stratégie
- Organisation
- Opérations
- Système de gestion
- Contrôle et diagnostic

Il est d'ailleurs plus facile de définir cette notion à partir de ces objectifs que par ses composantes, tellement ces dernières sont nombreuses. La qualité, le respect et la réduction des délais, la productivité et la réduction des coûts, la flexibilité résument les impératifs actuels des entreprises. Dans un environnement où la réponse optimale au consommateur est au cœur de la stratégie des firmes, les responsables du management de la production doivent apporter une réponse globale aux exigences cout-qualité-délai-adaptabilité, et non limiter à l'une de ses composantes.



Dans le domaine de la productique, un des objectifs de la recherche est de trouver des méthodes et des outils d'analyse et d'amélioration des procédés industriels afin de faciliter leur pilotage. C'est dans ce cadre que s'inscrivent les outils du management de la production.

Les outils du management de la production jouent un rôle déterminant à partir du moment où ils sont convenablement utilisés dans l'entreprise. Mais leurs multiplications provoquent souvent une certaine confusion dans leur approche conceptuelle, et des maladresses dans leur utilisation.

En conséquence, des outils dits performants donnent parfois des résultats décevants. Plusieurs raisons justifient cet état de fait. D'une part, ces outils peuvent être soumis à des phénomènes de mode qui les conduisent à être appliqués abusivement dans l'entreprise. D'autre part, ils sont aussi plaqués parfois dans l'entreprise sans réflexion et mutation organisationnelle préalable et aussi, ils peuvent être carrément inadaptés aux besoins réels de l'entreprise.

Dans le cadre de ce travail, il est impératif d'utiliser des outils performants et puissants (économique, rapide et efficace) qui ont une grande importance et ayant des résultats plus adaptés avec la démarche de l'entreprise.

Notre travail consiste à essayer d'une part, d'appliquer un des principaux outils du Juste A Temps à l'organisation de la production (KANBAN) et d'autre part d'appliquer l'outil Maîtrise Statistique des Procédés (MSP) au contrôle et au diagnostic de la production de l'entreprise.

L'entreprise retenue pour la réalisation de notre étude est « l'entreprise Bouteilles A Gaz (BAG) » de Batna.

Dans cet ordre d'idées, nous nous poserons trois questions auxquelles nous tenterons de répondre à travers notre étude :

- Comment opérer un choix judicieux parmi les outils d'organisation, de planification, de contrôle et de diagnostic de la production ?
- Comment opérer un choix judicieux dans les techniques de contrôle et de suivi de la qualité ?
- L'entreprise faisant ses premiers pas dans l'économie de marché, peut-elle appliquer les mêmes méthodes et outils que ceux des entreprises des pays industrialisés ?

Ces trois questions nous amènent à suivre la méthodologie suivante :

Chapitre I : C'est une présentation des concepts fondamentaux de l'organisation de la production. Nous étudierons dans ce chapitre l'importance du pilotage des flux et les différentes méthodes et outils d'organisation de la production.

Chapitre II : Il est consacré à la présentation des principes de la planification de la production et les principaux outils liés à cette approche.

Chapitre III : Il permet de dégager une base théorique se rapportant au concept de contrôle et de diagnostic de la production et de la qualité ainsi que ses évaluations afin d'appréhender toutes ses facettes.

Chapitre IV : Il expose la partie mise en œuvre. C'est une partie pratique dont la finalité consiste à mettre en place les outils KANBAN et MSP dans l'entreprise BAG.

- ❖ Nous commencerons cette partie par la présentation de la fiche technique de l'entreprise BAG ;
- ❖ Puis, nous essayerons d'appliquer un des outils du JAT (KANBAN) aux ateliers de mécanique et de soudage de l'entreprise ;

- ❖ Ensuite, nous mettrons en oeuvre la méthode MSP au sein de l'entreprise ;
- ❖ En s'appuyant sur les points faibles et les points forts de l'entreprise, cette dernière phase permet de réaliser un diagnostic du niveau de la qualité de la production dans l'entreprise.
- ❖ Nous terminerons notre travail par une conclusion qui se proposera de recenser les principales défaillances rencontrées et les actions correctives que nous pourrions suggérer tout en relevant les obstacles que nous avons rencontrés dans la réalisation de ce travail.

Un dernier point mérite d'être présenté : les raisons du choix de ce thème qui sont double :

- ↳ Tout d'abord, ma formation universitaire en Génie Industriel m'a orienté à choisir ce sujet sur les outils du management et du diagnostic de la production
- ↳ La deuxième raison tient au constat que tous les ouvrages économiques, ainsi que les grands débats et la réalité d'aujourd'hui, placent le problème du management de la production comme un déterminant de taille que nos entreprises algériennes, publiques et privées, sont tenues de l'étudier avec soin et de le placer en tant que nécessité absolue de compétitivité sinon de survie.

Chapitre I :

Organisation de la production

INTRODUCTION

I.1- PILOTAGE DES FLUX

I.1.1- Le flux et les notions associées

I.1.2- Définition du pilotage

I.1.3- Les indicateurs de pilotage des flux

I.1.4- les principaux modèles de pilotage des flux

I.2- METHODES ET OUTILS D'ORGANISATION DE LA PRODUCTION

I.2.1- Organisation par planification : la méthode MRP

I.2.2- Organisation par le juste à temps

I.2.3- la gestion par les contraintes : la méthode OPT

CONCLUSION DU CHAPITRE I

Introduction :

Les objectifs de la production deviennent plus complexes : productivité, qualité et flexibilité. Dans ce contexte, la pertinence de l'organisation de la production apparaît comme un facteur de compétitivité aussi important que la technologie elle-même.

Les objectifs de cette première partie du management de la production consistent à gérer et à piloter les flux, de définir ce qu'est la fonction de production, de la situer dans l'entreprise et d'analyser son évolution dans le temps. La production est étudiée ici en esprit dynamique. Elle est indissociable du contexte économique et technologique dans lequel elle s'inscrit et qui suscite son évolution.

I.1- PILOTAGE DES FLUX :

Une des priorités majeures de la gestion de la production consiste à s'intéresser aux modes de gestion et de pilotage des flux dans l'entreprise, ainsi qu'aux techniques opérationnelles qui sont associées et qui permettent à l'entreprise de fournir aux clients le produit demandé dans les délais prévus.

Les entreprises ne sont pas totalement libres de retenir la méthode de gestion des flux de leur choix car de nombreuses contraintes s'imposent à elles : la nature du produit, les exigences des consommateurs, les performances des équipements, les modes de distribution, etc.

I.1.1- Le flux et les notions associées :

Un **flux** est un déplacement d'éléments dans le temps et dans l'espace.

- Dans le **temps**, le déplacement se fait entre deux instants. Il a donc une durée.
- Dans l'**espace**, le déplacement a lieu entre un point A (appelé parfois "amont" ou "fournisseur" ou "émetteur") et un point B (appelé parfois "aval" ou "client" ou "récepteur"). Il correspond à une distance.

D'une façon générale, l'élément déplacé peut être matériel (pièces, matières premières, produits semi-finis, etc.) ou immatériel (idées, données, informations, etc.).

Dans le domaine de la production industrielle, les deux flux les plus importants sont :

- Le flux physique : déplacement de matières premières, de composants, de sous-ensembles, de produits finis, etc.

- Le flux d'informations : déplacements de données.

❖ **Le flux principal :**

Le flux principal d'un système est celui qui doit répondre à une attente extérieure.

Dans le cas d'un système de production, le flux principal est constitué de composants et de produits finis attendus par le client.

❖ **Le non-flux :**

Un non-flux est un état de stagnation (non-déplacement dans l'espace) dans lequel se trouvent des éléments. Bien que cette notion puisse apparaître comme une évidence, il est important de préciser que le non-flux est une situation de non-déplacement **dans l'espace**, alors que le **temps continue à s'écouler**. En production les non-flux s'appellent les stocks

❖ **L'anti-flux :**

Un **anti-flux** est une cause qui empêche des éléments de se déplacer dans l'espace. Un anti-flux est comme un barrage en travers d'une rivière. L'eau va s'arrêter et s'accumuler.

On peut dire qu'un anti-flux est une "maladie" pour un flux, car il empêche celui-ci de progresser vers le client externe qui l'attend.

I.1.2- Définition du pilotage :

Comme chaque méthode incorpore ses propres techniques de correction d'erreurs et de validation de détail, un pilotage global des flux s'impose pour s'assurer que le résultat d'ensemble est adapté avec les objectifs fixés.

Dans ce contexte, la définition du pilotage se décline suivant deux axes :

- Améliorer le mode de fonctionnement de la chaîne logistique globale pour qu'elle ait une performance optimale dans un environnement donné;
- Faire évoluer le mode de fonctionnement de la chaîne logistique globale pour qu'elle puisse répondre de façon toujours aussi performante à un changement prévisible d'environnement.

Pour l'un et l'autre objectif, il faut disposer d'une mesure qui constate l'écart éventuel entre la réalité et l'attendu puis un moyen d'action qui permette de corriger cet écart.

I.1.3- Les indicateurs de pilotage des flux :

Pour déterminer si les résultats obtenus sont conformes aux objectifs ou attentes, il faut qu'ils soient mesurables. On peut définir de nombreux indicateurs différents qui seront chacun jugés pertinents par ceux qui les auront mis en place.

1- Les indicateurs d'efficacité :

Ces indicateurs mesurent l'écart entre le but atteint et le but recherché. On distingue :

- **Les indicateurs de résultats conformes:** ils sont utilisés pour évaluer la performance d'un processus. Ces indicateurs sont de la forme suivante :

$$\text{Taux de service client} = \frac{\text{Nombre de livraisons conformes}}{\text{Nombre total de livraisons}}$$

- **Les indicateurs d'efficacité en moyens :** ces indicateurs sont aussi de la forme suivante :

$$\text{Taux d'approvisionnement conforme} = \frac{\text{Nombre de livraisons conformes}}{\text{Nombre total de livraisons}}$$

2- les indicateurs d'efficience :

Ces indicateurs mesurent le coût d'obtention du résultat, on distingue :

- **Les indicateurs d'efficience en matière :** on sait que tout indicateur mesure le niveau de stock nécessaire en moyenne pour satisfaire les clients. Le plus fréquent évalue la rotation des stocks par la formule suivante:

$$\text{Rotation des stocks} = \frac{\text{Valeur du stock}}{\text{Valeur de la production}}$$

- **Les indicateurs d'efficience en moyenne :** les indicateurs les plus couramment utilisés mesurent la capacité administrative nécessaire à assurer le service. Comme tout système de gestion d'approvisionnement a pour but de définir le bon approvisionnement à réaliser, il est soumis à des propositions. L'indicateur qui permet de suivre cet aspect mesure le taux d'acceptation qui est donné par la formule suivante :

$$\text{Taux d'acceptation} = \frac{\text{Nombre de propositions acceptées}}{\text{Nombre de propositions soumises}}$$

I.1.4- Les principaux modèles de pilotage des flux :

Les deux principales méthodes d'organisation des flux dans l'entreprise sont traditionnellement appelées **flux poussés** (ou production sur stock) et **flux tirés** (ou production à la demande).

Le choix de l'une ou de l'autre modalité ou d'un panachage entre les deux, s'explique essentiellement par la comparaison entre le délai d'obtention du produit et le délai exigé par le client.

I.1.4.1- Production sur stock :

Dans de nombreux secteurs, les entreprises sont contraintes de fabriquer le produit avant que le client ne l'achète ou passe réellement commande. Dans ce cas, elles doivent anticiper les achats et les commandes des clients, afin de les satisfaire le plus rapidement possible.

Le terme de flux poussé (*push system*) signifie que les composants, les produits intermédiaires et les produits finis sont poussés dans le stock, suite à un ordre de fabrication, décidé sur la base de prévisions chiffrées, et non parce qu'il existe un besoin effectif et identifié.

I.1.4.2- Production à la commande :

Dans certaines situations et pour certains produits, le lancement de la fabrication intervient uniquement lorsque la commande est ferme, et pas avant. Cela suppose des délais parfois très longs, mais connus et acceptés par le client. On parle alors de production à la commande (BTO build to order)

La gestion en flux tirés (*pull system*) désigne cette stratégie. C'est le client final qui déclenche le flux en exprimant une commande ferme ; c'est donc cette dernière qui tire le flux dans toute l'entreprise, de postes aval en postes amont.

I.1.4.3- Production par anticipation partielle :

Les deux modalités précédentes correspondent en réalité aux deux extrémités d'un mode sur lequel l'entreprise va se placer en fonction d'un certain nombre de critères tels que la technologie, la nature des produits, les attentes de clients, etc. On parle dans ce cas de production par anticipation partielle. Cela consiste à associer les deux modes de gestion précédents :

- Les premières opérations du cycle productif sont par exemple réalisées sur des bases statistiques (prévision des ventes) sans attendre la commande du client;
- Les dernières opérations du cycle productif, souvent l'assemblage, ne sont lancées qu'après le passage effectif de la commande.

Cette situation intermédiaire possède un atout majeur : elle bénéficie des avantages de la production sur stock (délai de livraison le plus court) et de ceux de la production à la commande (accroissement de la variété des produits finis).

I.2- METHODES ET OUTILS D'ORGANISATION DE LA PRODUCTION :

Il existe aujourd'hui trois grandes logiques de gestion adoptées par les diverses méthodes d'organisation et de gestion de la production. Ces logiques sont :

- Gérer par une planification;
- Gérer en JAT (juste à temps);
- Gérer par les contraintes.

Les méthodes d'organisation et de gestion de la production ont à l'origine privilégiée une logique de gestion plutôt qu'une autre. Parmi les plus célèbres, citons : « gérer par une planification » pour la méthode **MRP**, « gérer en JAT » pour la méthode **KANBAN**, et « gérer par les contraintes » pour la méthode **OPT**.

I.2.1- Organisation par planification : la méthode MRP « Manufacturing Resource Planning » :

I.2.1.1- Définition :

- MRP est une technique de gestion industrielle qui répond aux objectifs suivants :
- Donner au client le meilleur service;
 - Définir un programme de production;
 - Réaliser au mieux l'adéquation charge/capacité résultant de ce programme de production;
 - Respecter les délais;
 - Maîtriser les coûts de production.

1.2.1.2- le fonctionnement global d'un système MRP :

Selon J.Orlicky [17], le calcul des besoins en MRP repose sur une décomposition arborescente des produits, ces derniers sont l'objet de deux types de besoins :

- **Besoins indépendants** (ou externes) : ils expriment les besoins des clients de l'entreprise. Ce sont des besoins qui s'expriment de façon externe et aléatoire à l'entreprise, c'est à dire, ils ne peuvent être qu'estimés par prévision.
- **Besoins dépendants** (ou internes) : ce sont les besoins induits par les besoins indépendants (matières premières, composants achetés...). Ils sont calculés grâce aux nomenclatures de fabrication, décrivant la dépendance structurelle de fabrication des produits.

Grossièrement, cette méthode permet notamment de déterminer :

- Les quantités exactes de tous les composants à fabriquer afin d'obtenir les produits finis (appelés ordres de fabrication **OF**);
- Les quantités exactes de tous les composants à commander auprès de fournisseurs (appelés ordres d'achat **OA**);
- Les plans de charge des ateliers de fabrication.

Mais avant d'étudier la façon dont on obtient ces informations, il est indispensable de présenter les niveaux de décision et de planification en MRP, qui sont :

- 1- Le plan industriel et commercial (PIC).
- 2- Le programme directeur de production (PDP).
- 3- Le calcul des besoins nets (CBN).
- 4- Le pilotage du court terme (gestion d'atelier et d'achat).

1- Le PIC :

Le PIC, appelé parfois plan de production, est la traduction chiffrée de la stratégie globale de l'entreprise, puisque toute entreprise a besoin d'un minimum de connaissances sur le niveau de son activité future. Le PIC exprime les ventes connues et espérées des familles de produits, ainsi que la production et les stocks, disponibles et disponibles prévisionnelles, de ces familles. Son utilité est justifiée par le fait que les prévisions de ventes par familles de produits sont plus faciles à établir que celles sur les produits eux-mêmes.

Le PIC est habituellement réalisé par la direction générale et financière de l'entreprise en étroite collaboration avec les directions du marketing, de la production et des achats. Il est annuel ou semestriel, et périodiquement révisé afin

d'intégrer les dernières informations disponibles, dans ce cas on parle de « plan glissant ».

2- Le PDP :

Le PDP constitue le premier niveau de désagrégation du PIC. Il représente la passerelle entre le PIC et le calcul des besoins. Il traduit les objectifs du PIC exprimés en familles de produits, en ventes, production et stocks, détaillés à chaque produit. En effet, on ne fabrique pas une famille de produits mais un produit, et on n'approvisionne pas des familles de composants ou des familles de matières premières, d'où la nécessité d'une traduction de cette stratégie.

Le PDP est donc le premier tableau sur lequel s'appuie le calcul des besoins, les chiffres du PDP représentent les besoins bruts. Sur cette base, le cœur du MRP va consister à déterminer les besoins nets. Le PDP est composé de deux zones :

- L'une est dite **ferme**, à l'intérieur de laquelle les valeurs ne sont pas modifiables, sauf intervention directe du gestionnaire de la production.
- L'autre zone est dite **libre**, les valeurs sont de moins en moins sûres et peuvent être remises en cause sans perturber la production.

3- Expression des besoins nets EBN:

C'est le résultat du calcul des besoins nets. Elle exprime les fabrications (OF : ordres de fabrication) et les approvisionnements (OA : ordres d'achat) à réaliser. Un OF décrit une quantité et une date de mise en fabrication d'un produit entrant dans la nomenclature de fabrication des produits apparaissant dans le PDP. Chaque quantité est une quantité économique ou technique, qui satisfait des contraintes de coût de production ou de contrainte technique de fabrication, en donnant lieu à des regroupements en lots de fabrication. La date de mise en fabrication est calculée en fonction de la date de mise à disposition des quantités, en tenant compte des délais de fabrication. Cette date de mise en fabrication est en général calculée au plus tard. Toute quantité tient aussi compte des stocks résiduels de fabrication (disponibles ou disponibles prévisionnels) d'un produit

❖ Calcul des besoins nets (CBN) :

Les objectifs du CBN doivent déterminer les composants qui sont nécessaires pour réaliser le PDP. En tenant compte des délais, on détermine les moments où les

composants doivent être disponibles. Il doit alors connaître: quoi commander ? combien commander ? quand commander ?

Pour le calcul des besoins bruts et nets jalonnés des composants, deux opérations sont simultanément réalisées : le calcul des volumes de production et le jalonnement dans le temps de ces volumes.

Pour le calcul des volumes ou besoins nets en composants, deux équations simples (1) et (2) sont employées :

$$BN_j(t) = BB_j(t) - STOCK_j(t) \dots\dots\dots(1)$$

$$BB_j(t) = BN_{\text{père } j} \times C_{j, \text{ père } j} \dots\dots\dots(2)$$

Avec pour notations :

$BN_j(t)$: besoins nets du composant j à l'instant t ;

$STOCK_j(t)$: stock de l'article j à l'instant t ;

$BB_j(t)$: besoins bruts de j à l'instant t ;

$BN_{\text{père } j}$: besoins nets du père de j, le père de j étant le composant de niveau directement supérieur à j et dans la conception duquel j est utilisé ;

$C_{j, \text{ père } j}$: coefficient de passage de j vers le père de j : il indique le nombre de composants j nécessaire à la fabrication du père de j.

Le jalonnement est obtenu par l'équation (3) :

$$DISPO_j = DISPO_{\text{père } j} - DELAI_{j, \text{ père } j} \dots\dots\dots(3)$$

Avec pour notations :

$DISPO_j$: période à laquelle doit être disponible le composant j ;

$DISPO_{\text{père } j}$: période à laquelle doit être disponible le père de j ;

$DELA I_{j, \text{ père } j}$: délai d'usinage-montage de j vers père de j.

4- Programme de production :

Le programme de production permet d'ajuster les capacités aux charges. La capacité d'un moyen de production mesure la production maximale en unités de produits par unités de temps. La charge du moyen de production mesure, elle, l'utilisation sur une période d'un nombre d'unités de capacité. En outre, l'ajustement a pour but d'assurer que :

- La charge est inférieure à la capacité : c'est une contrainte matérielle évidente;

- La charge tend vers la capacité : c'est une contrainte économique importante, car elle permet de rentabiliser l'usage des moyens de production, c'est à dire, assurer leur plein emploi.

La constitution du programme de production nécessite le choix des ordres de fabrication à réaliser. Ce choix est appelé lancement. Il dépend principalement du suivi de production, c'est à dire, l'état de la production à tout instant

5- Le pilotage du court terme :

Il concerne le lancement et le suivi des ordres d'achat et de fabrication, l'ordonnancement, le suivi de fabrication, le contrôle des entrées/sorties. Il couvre le court terme. Il est mis à jour au moins journalièrement.

❖ Gestion des capacités :

La gestion des capacités est responsable de l'utilisation des ressources lors de la réalisation des programmes de production.

La capacité est le total de travail qui peut être fait dans une période donnée. C'est la possibilité d'un opérateur, d'une machine, d'un poste de travail... à produire des pièces dans une période donnée. C'est une cadence potentielle de travail.

❖ Pilotage d'atelier :

Le pilotage d'atelier est responsable de l'exécution du PDP et de la planification du besoin en composants (CBN), ainsi que de la bonne utilisation de la main d'œuvre et des machines, il doit aussi minimiser les en-cours et assurer le taux de service client Il comporte les fonctions suivantes : Ordonnancement, Lancement, Suivi de production et Réordonnancement.

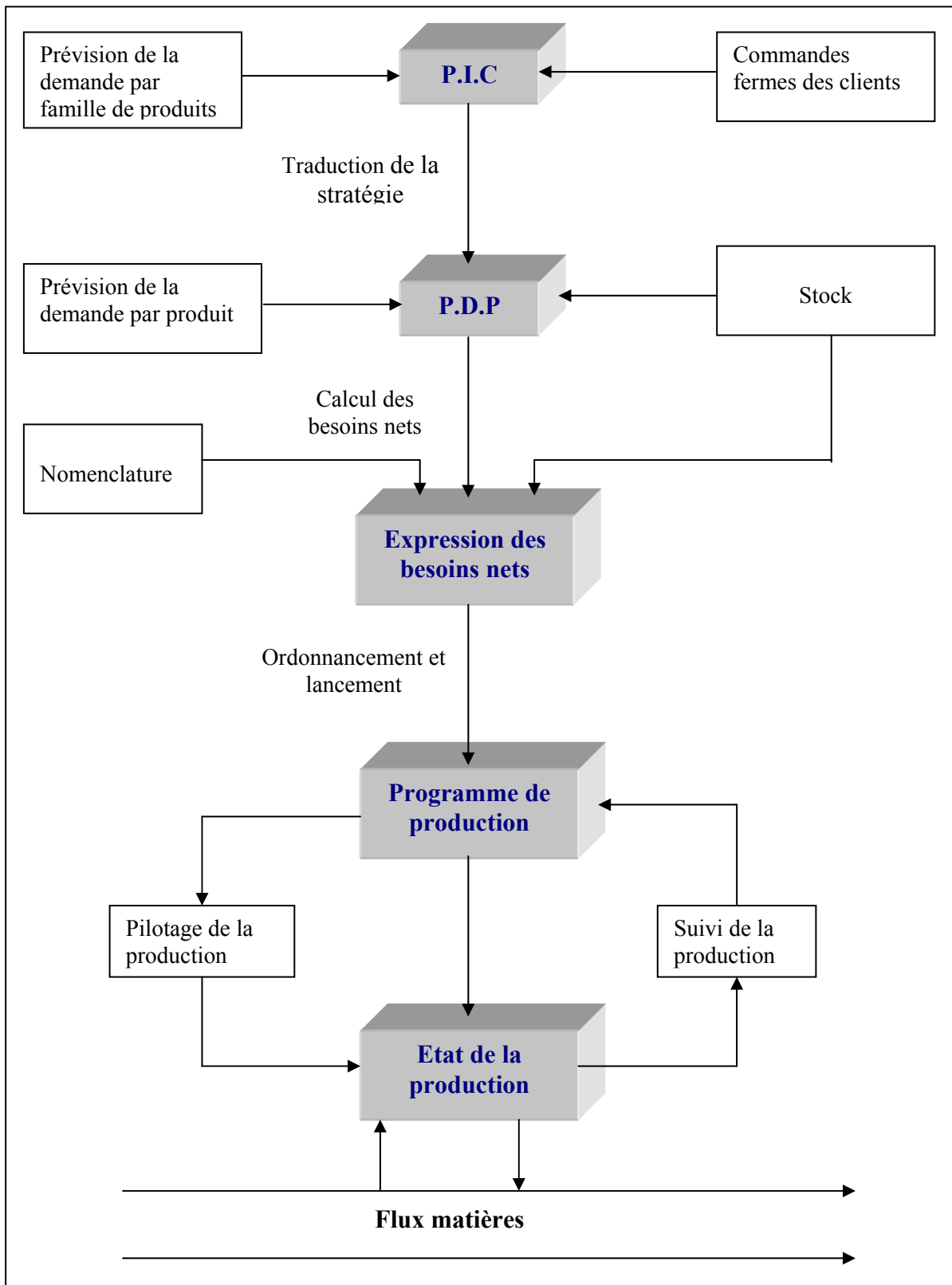


Fig I.1 : Architecture générale d'un système MRP [31]

1.2.1.3- Mise en œuvre du MRP :

A chacun des niveaux précédents, le système et le gestionnaire devront vérifier que les ressources nécessaires pour réaliser ces plans seront disponibles en temps voulu.

Compte tenu du volume de données et de leurs nombreuses interactions, il est nécessaire d'avoir recours à des logiciels MRP adaptés pour remplir les fonctions de planification. Ils auront une base de donnée unique et des possibilités d'interfaçage avec les autres systèmes informatiques de l'entreprise. Ce système est organisé de façon à être un système de gestion de production complètement intégré. Il fonctionne du haut vers le bas avec des remontées d'informations. Ceci est appelé **Closed Loop MRP** (MRP boucle fermée), c'est le **MRP2**

1.2.1.4- Limites de la méthode MRP :

La méthode MRP s'appuie sur un système de planification qui met l'accent sur les traitements de niveau supérieur, c'est-à-dire, l'établissement du PIC, du PDP, de l'EBN, et de la cohérence des passages d'un niveau à un autre.

C'est en ce sens qu'elle propose une logique de gestion adaptée à de nombreux types de production : la planification. Malheureusement elle néglige les niveaux inférieurs, en particulier la constitution du programme de fabrication. Des travaux dans ce domaine sont nombreux, et proposent de pallier les manques d'un système de planification comme celui du MRP. Ils s'appuient souvent sur le fait que la combinatoire du problème à traiter est élevée, et que le temps imparti est très faible.

En tout état de cause, il est difficile d'ignorer la spécificité de la production dans l'entreprise, lorsqu'on cherche à la gérer. Une approche possible pour appréhender cette difficulté est de considérer certaines propriétés de la production, donc sa spécificité, et en tenir compte dans la méthode de gestion KANBAN qui sera présenté par la suite.

1.2.2- Organisation par le juste à temps (JAT) :

Depuis la fin des années 70, la complexification de l'environnement et son instabilité conduisent les entreprises à adopter une nouvelle philosophie productive d'inspiration japonaise (bien sûr à cause des succès industriels des japonais lors des années 70). Cette philosophie dite « juste à temps » (ou just in time JIT). Les auteurs célèbres s'appellent Ohno Taichi et shigeo shingo et portent « l'esprit Toyota » dans toutes les grandes manifestations traitant de la production.

1.2.2.1- Définition :

Nous pouvons définir le JAT comme un concept qui vise à acheter et à produire uniquement les quantités dont l'entreprise a besoin à l'instant où elle en a besoin.

De plus 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*».

1.2.2.2- La production en JAT :

Cette méthode dénommée aussi production à flux tirés (ou tendus), en opposition au calcul des besoins a pour finalité :

- Grâce à un système d'appel par l'aval, de fabriquer le juste produit, dans la juste quantité, au juste endroit et au juste moment que souhaite le client;
- De fabriquer au moindre coût ce produit, en éliminant toutes les sources de gaspillage qui pourraient apparaître lors de la production.

Le niveau des stocks est l'indicateur privilégié de mesure du gaspillage, dont les principales sources sont:

- Les pannes des machines trop fréquentes;
- Les changements d'outils trop longs;
- La qualité non maîtrisée et la fabrication de produits défectueux;
- L'implantation inadéquate des postes de travail;
- Les contraintes externes : celles imposées par la sous-traitance et les fournisseurs.

Le principe des cinq zéros « zéro stock, zéro panne, zéro défaut, zéro papier et zéro délai » reflète bien de lutter contre ces différentes causes.

1.2.2.3- La mise en œuvre des principes du JAT :

- Le Toyota Productive System (TPS) « un outil de maîtrise des flux » :

Selon T. Ohno [4], le Toyota Productive System (TPS) peut être considéré comme «un système de conduite des entreprises industrielles susceptibles de s'appliquer à toute espèce d'entreprise»

Ainsi, la mise en pratique des principes du JAT nécessite de situer les efforts de l'entreprise sur quatre piliers de l'organisation productive à l'image du système productif de Toyota. Ces quatre éléments permettent de rationaliser et de maîtriser

les flux de production. Ils assurent leur tension tout en minimisant les risques liés à une gestion à flux tirés :

- **Le jidoka** : il s'agit de la qualité intégrée au système de production.
- **Le task time** : c'est le battement de cœur de la ligne de production. En fait, il s'agit du temps qui sépare la sortie consécutive de deux produits finis pour livrer le client en juste à temps.
- **L'heijunka** : ce terme japonais traduit le lissage de la production. Il a pour intérêt majeur de limiter les ruptures de stock ou la surproduction grâce à une prévision des variations des besoins des clients.
- **La standardisation** : les opérateurs doivent normaliser le travail à effectuer. Ce principe part de l'idée qu'un mode opératoire prédéfini permet notamment d'anticiper certaines erreurs, d'accélérer la formation des nouveaux opérateurs, tout en les motivant.

➤ **Le Kaizen « outil de gestion du changement » :**

La principale différence qui existe entre l'Occident et le Japon dans la gestion du changement se traduit par le concept KAIZEN.

En japonais le mot "KAIZEN" signifie amélioration. Il se définit comme une amélioration continue englobant tout le monde, du dirigeant à l'ouvrier, et à des degrés divers. C'est une "philosophie de management" qui repose sur le principe que l'efficacité d'une organisation dépend de l'amélioration permanente de celle-ci.

Ce concept regroupe toutes les pratiques "typiquement japonaises" connues dans le monde entier.

Cette vision japonaise du management est illustrée dans le schéma suivant :

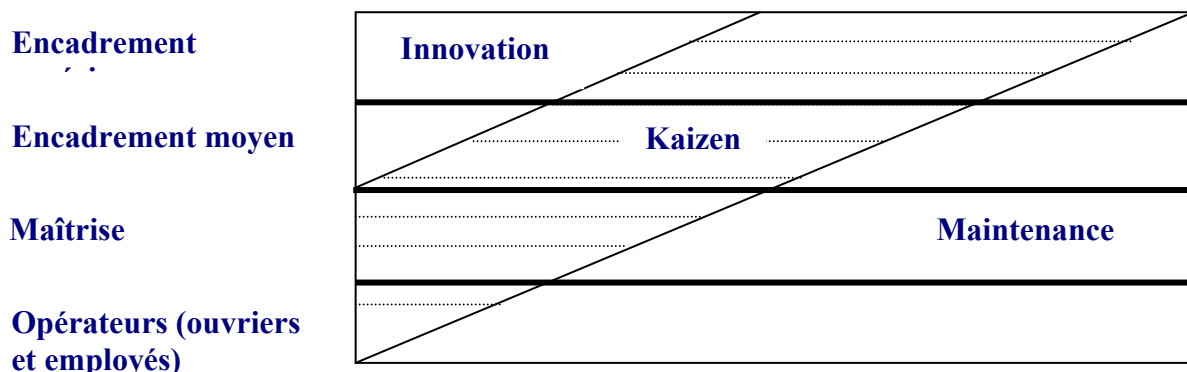


Fig I.2 : les concepts du Kaizen [37]

↳ **Les étapes du Kaizen :**

La mise en œuvre du Kaizen nécessite de commencer par revoir les procédures traditionnelles. Il s'agit de deux principales phases:

- **Phase de proposition** : le plus souvent, le Kaizen est piloté par des groupes d'amélioration ou **Kaizen workshop** « ou ateliers Kaizen » et s'accompagne d'un système de recueil de suggestions (**TEIAN** en japonais) sous forme de "boîte à idées", qui permet à tous, quel que soit leur rang, de faire connaître leurs observations et de proposer des améliorations. Celles-ci sont évaluées par un comité compétent.
- **Phase de réalisation** : dans cette phase les personnels mettent en œuvre les améliorations proposées. Il peut s'agir d'augmenter l'efficacité des équipements en utilisant des **Poka-Yoké**. Les systèmes Poka-Yoké « ou systèmes anti-erreurs » permettent d'assurer la prévention de défauts de production lors de la réalisation de gestes simples et fréquents. Changer la disposition des machines dans un atelier afin de limiter les déplacements d'en-cours permet aussi de dégager du temps et de libérer les opérateurs pour des tâches créatrices de valeur.

1.2.2.4- Les instruments du JAT « les moyens de lutte contre le gaspillage » :

Pour parvenir à l'élimination complète des gaspillages (**muda** en japonais), il est important de garder à l'esprit les deux remarques suivantes :

- Atteindre l'excellence en terme d'efficacité du système productif ne constitue un objectif légitime que si cela permet une réduction des coûts. La politique à adopter est donc de ne fabriquer que les produits strictement indispensables. Cette logique de gestion doit s'appliquer dans tous les ateliers et à tous les niveaux de la production ;
- La recherche de l'efficacité implique la mise en œuvre d'une démarche rigoureuse et agrégée qui s'organise en trois étapes :
 - **Etape 1** : il faut obtenir l'efficacité individuelle de chacun des opérateurs sur chacune des lignes de production;
 - **Etape 2** : l'efficacité du groupe des opérateurs doit être recherchée ;

- **Etape 3** : c'est celle de l'ensemble du processus productif (l'usine) qui doit être réalisée.

Les différentes sources de gaspillages concernées sont :

- ↪ Gaspillages provenant de la surproduction
- ↪ Gaspillages provenant des temps d'attente
- ↪ Gaspillages occasionnés par les transports
- ↪ Gaspillages dus aux stocks inutiles
- ↪ Gaspillages dans les processus de fabrication
- ↪ Mouvements inutiles
- ↪ Gaspillages dus aux pièces défectueuses

On comprendra donc que ces sept sources de gaspillage peuvent engendrer d'énormes coûts pour l'entreprise, sans ajouter de valeur au produit. Le JAT est donc un mode de gestion flexible qui s'appuie sur le long terme.

1.2.2.5- La méthode et les outils liés au JAT

Ceci concerne successivement : la méthode kanban, la TPM et le SMED.

1- La méthode Kanban :

La logique de gestion en JAT est d'assurer que la production (ou la livraison) soit à tout moment strictement égale à la demande. Cette logique est souvent abusivement associée à la méthode de gestion de production Kanban. La méthode Kanban n'est qu'une certaine mise en application de cette logique.

❖ Définition générale et description :

En japonais « kanban » signifie étiquette, fiche, carte.

La méthode "Kanban" est une méthode de gestion des systèmes de production à flux tirés, c'est-à-dire, dans lesquels ce sont les commandes clients qui déclenchent automatiquement la fabrication par remontée des ordres depuis la sortie des produits.

Elle gère les flux d'approvisionnement, de fabrication ou de distribution et leur lancement à très court terme. Elle est surtout utilisée pour des fabrications de grande série à flux réguliers, et vise à atteindre le zéro stock et la rationalisation des flux d'informations et donc à supprimer les gaspillages. Cette méthode permet également de faire circuler une information de qualité.

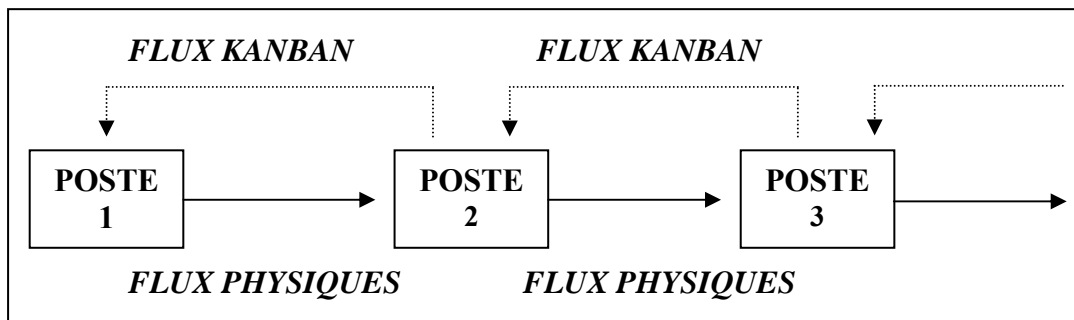


Fig I.3 : Flux Kanban

L'étiquette kanban sert donc à la fois de « *fiche suiveuse* » et « *d'ordre de fabrication du lot produits* ». Les informations que l'on peut trouver sur ces étiquettes sont très variables selon les entreprises:

- La référence de la pièce : nom, numéro;
- La provenance et la destination : poste amont-poste aval;
- La capacité du container;
- Eventuellement un code barres pour une lecture optique

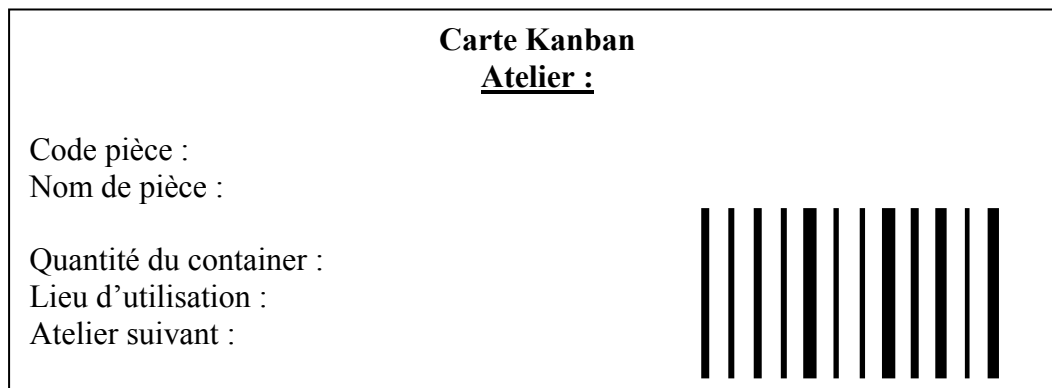


Fig I.4 : l'étiquette Kanban

❖ **Objectifs du Kanban :**

Les principaux objectifs de la méthode Kanban sont les suivants :

- *Appeler la production par l'aval*, c'est-à-dire, à partir de la consommation réelle du client (interne ou externe);
- *Rendre plus facile l'établissement des priorités* en les reliant directement à la consommation réelle;
- *Ramener l'ordonnancement précis des ordres de fabrication au niveau de l'exécution*;
- *Rendre le flux de fabrication continuellement visible*;

- *Pouvoir se passer* du système informatique.

❖ **Mise en place du Kanban :**

Pour chaque référence travaillée et pour chaque chaînon concerné du processus, la mise en route d'un enchaînement Kanban s'établit de la manière suivante :

1- Collecter les données relatives au flux à organiser :

- Caractéristiques du flux (demande journalière, variation de cette demande, délai d'obtention des palettes, collecte des Kanban);
- Caractéristiques du poste amont (fournisseur);
- Caractéristiques du poste aval (client);
- Caractéristiques de la liaison poste amont-poste aval.

2- Définir les paramètres de fonctionnement :

- Capacité et nombre de machines par poste;
- Capacité des conteneurs;
- Taille du lot mini de fabrication autorisant un lancement;
- Taille de l'en-cours mini. L'en-cours mini doit permettre d'éviter la rupture d'approvisionnement au poste aval ;
- Taille du tampon de régulation. Le tampon de régulation sert à donner de la souplesse au système et à limiter les demandes « en catastrophe ».

3- Mettre en œuvre :

- Confectionner le planning d'ordonnancement. Il s'agit d'un tableau mural, qui sera placé au poste amont et sur lequel seront rangés les kanbans quand ils ne seront pas sur les conteneurs ;
- Définir le contenu des kanbans ;
- Définir les règles de circulation des kanbans et de fonctionnement du planning.

4- Affiner le planning :

- Régler les index en fonction de l'évolution du système;
- Améliorer l'écoulement du flux.

Dans le planning à Kanban (fig. I.6), chaque case vide représente le nombre de containers disponibles pour chaque type de pièces. Il s'agit en fait de containers stockés. Les Kanbans qui apparaissent sur le planning traduisent en fait des ordres de production.

Produit X	Produit Y	Produit Z

Fig I.5 : Planning des kanbans (sans priorité)

❖ **Fonctionnement du Kanban:** il existe deux types de système kanban :

1- Le système kanban à simple boucle :

La circulation des kanbans entre les deux postes s'organise suivant une logique de type client-fournisseur. Si les deux postes de travail se situent géographiquement dans le même atelier, il s'agit d'un système à **simple Kanban** (ou à simple boucle).

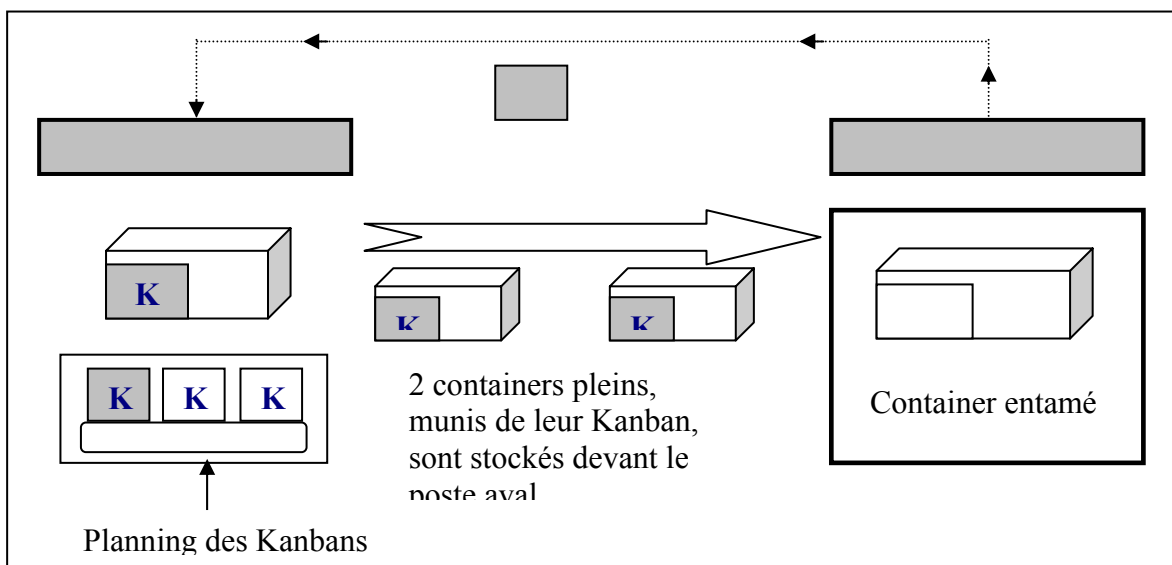


Fig I.6- Fonctionnement du système simple Kanban ou simple boucle [34]

❖ **La gestion des priorités en Kanban :**

Quand le planning Kanban d'un poste de travail comporte plusieurs types de Kanbans, le principal problème de l'opérateur consiste à choisir le type de pièces à fabriquer en priorité.

Le tableau Kanban contient alors deux signaux d'alerte :

- **L'index triangulaire (rouge) :** correspond au nombre maximum de Kanbans en circulation pour une pièce donnée. Lorsque l'index triangulaire est atteint, cela signifie que le poste aval n'a presque plus de stock, l'opérateur du poste amont doit lancer la fabrication s'il ne souhaite pas prendre le risque de casser le flux.
- **L'index flèche (vert) :** représente un seuil d'alerte. On peut en effet décider de conserver un stock minimal de containers de pièces. Lorsque l'on atteint l'index flèche, il y'aura automatiquement une rupture d'approvisionnement en aval susceptible de causer l'arrêt du processus de production. Le lancement de la référence ayant atteint cet index s'impose alors.

❖ **Détermination du nombre de Kanbans :**

L'objectif est de rechercher le nombre minimum de kanbans à créer sans provoquer de rupture de production.

Cet optimum (K) est obtenu en appliquant la formule ci-après :

$$K = \frac{D \times T}{N}$$

Où :

D : la demande quotidienne qui s'adresse au poste aval;

N : le nombre de pièces contenues dans chaque container;

K : le nombre de Kanbans (ce que nous cherchons à déterminer);

T : le temps de cycle (ou délai de réaction).

2- Le système Kanban à double boucle :

Lorsque les postes ne sont pas localisés au même endroit ou lorsque par manque de place, il est impossible de stocker les pièces dans l'atelier, un système qualifié de système à **double Kanban** (ou à deux boucles) est alors mis en place. Il nécessite le recours à un magasin intermédiaire (une aire de stockage) où sont stockés des containers de pièces, ainsi que l'utilisation d'un type de carte supplémentaire, les Kanbans de transfert.

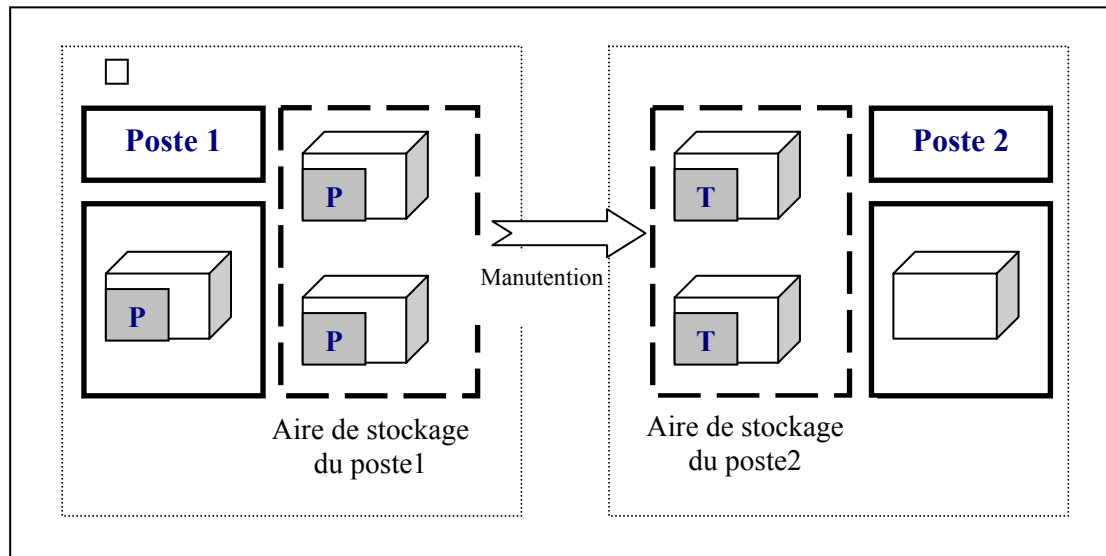


Fig I.7- Fonctionnement du système à double Kanban [34]

❖ **Domaine et contraintes d'utilisation :**

La méthode Kanban est applicable à des productions de type "masse" pour lesquelles le nombre de références n'est pas trop élevé et la demande reste régulière ou à faibles variations. Elle implique, au préalable, des temps de changement de références courts, un équilibrage des temps opératoires sur tous les postes de travail, une maintenance préventive efficace des équipements, un contrôle qualité performant et des opérateurs responsables et polyvalents.

❖ **La combinaison MRP KANBAN :**

Le Kanban étant dédié à une gestion à court terme des ateliers, il s'adapte naturellement mal à un mode de gestion par anticipation.

Cela justifie le fait même que dans les entreprises japonaises, ce système ne pilote le plus souvent qu'une seule partie de la fabrication, le reste étant géré par le MRP.

Donc, bien que les flux tirés constituent l'instrument privilégié du JAT, ils sont souvent **combinés** dans l'entreprise à une démarche en flux poussés. La production est alors lissée, c'est à dire régularisée sur une longue période grâce au MRP.

2- Total productive maintenance (TPM) « la maîtrise des équipements » :

La TPM signifie « *Total Productive Maintenance* ». Cette méthode institue des solutions intéressantes qui permettent d'une part, la rentabilisation la plus optimale des investissements et d'autre part une adaptation des structures productives de l'entreprise par ajustement des modes de gestion.

Le J.I.P.M (Japan Institute of Plant maintenance) définit la TPM ou la Maintenance Productive Totale comme: « la recherche permanente de l'amélioration des performances des équipements de production par une implication concrète au quotidien de tous les acteurs ». Dans ce sens, l'approche TPM trouve une entière justification dans la mise en place d'une gestion de la production en juste à temps.

La signification de la TPM peut être décomposée ainsi :

Maintenance : ce terme désigne une action qui vise à «garder en bon état » : comme réparer, nettoyer et graisser. La maintenance recherche donc un maintien optimal des outils et des conditions de production pour prévenir au maximum les défauts et les pannes.

Productive : ce mot peut être appréhendé comme une opération de cette maintenance sans pénaliser la production.

Totale : ce terme englobe la totalité des aspects, en considérant toutes les tâches à effectuer (repeindre une machine par exemple) mais en tenant également compte des facteurs humains, en incluant toutes les parties prenantes. Le terme «total » englobe donc l'ensemble de la structure de production.

❖ **Buts de la TPM**

La maintenance productive totale a pour but de rendre le matériel plus performant. En substance, il y a deux façons d'accroître le rendement des installations :

- La première consiste à exploiter, au mieux, les fonctions et les capacités du matériel;
- La seconde consiste à éliminer ces obstacles à l'efficacité, ce que nous appelons en TPM : les six grandes sources de pertes (figure I.9).

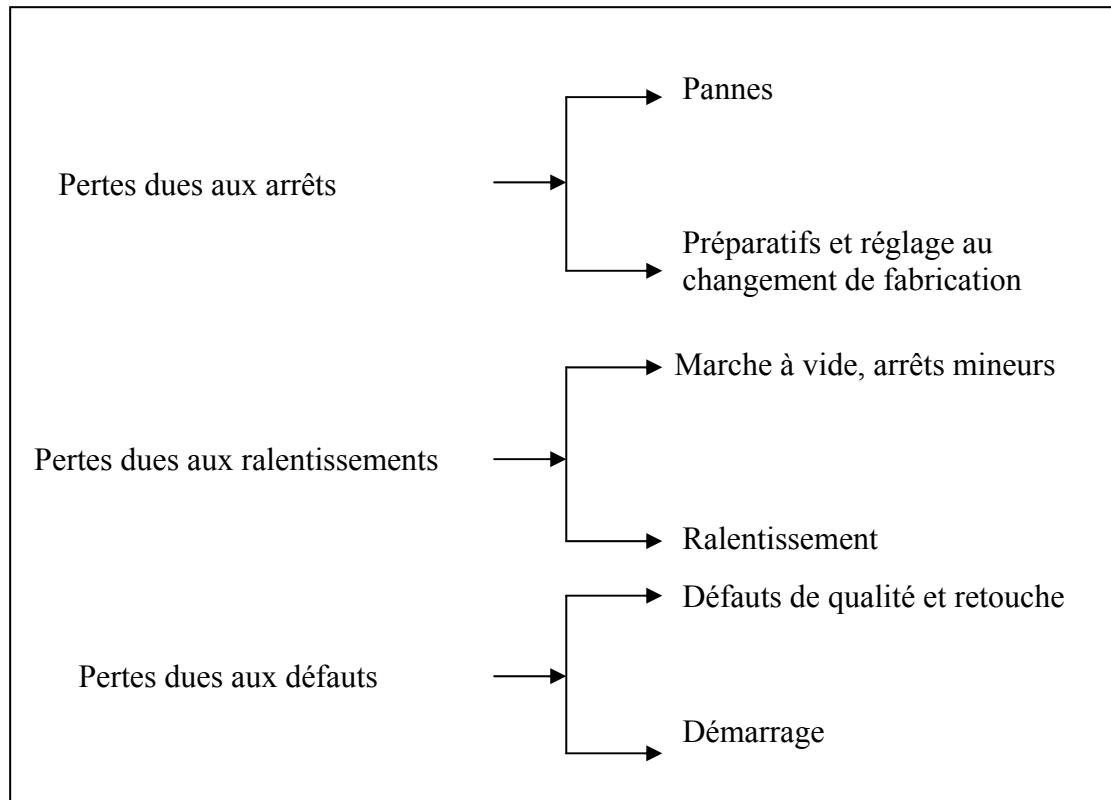


Fig I.8- Les six grandes pertes visées par la TPM

❖ **Principes de la TPM :**

La TPM est une méthode qui vise à optimiser l'équipement de production durant toute sa vie, mais sa mise en place au sein d'une entreprise doit répondre à des principes fondamentaux:

- Maintenir dans un parfait état de fonctionnement les outils de production, demande à l'entreprise de n'accepter aucun compromis vis-à-vis des performances d'un outil neuf;
- Identifier et améliorer toutes les causes organisationnelles de sous utilisation de l'organe productif;
- Impliquer le personnel de fabrication en le responsabilisant davantage;
- Les opérateurs peuvent, en effet, s'occuper des tâches primaires à travers l'enrichissement de leur travail et une implication accrue;
- Tirer partie des enseignements pour mettre en place une démarche d'amélioration continue.

❖ **Indicateurs de la TPM :**

L'utilisation d'indicateurs de mesure du progrès permet de quantifier les efforts apportés, mais également d'indiquer où ceux-ci doivent être entrepris pour augmenter le rendement global. Un de ces indicateurs est le **TRS** pour « *Taux de Rendement Synthétique* » appelé parfois **TRG** « *Taux de Rendement Global* »

Cet outil de mesure calcule le rapport entre le nombre de bonnes pièces produites et le nombre de pièces qu'aurait réalisée la machine si elle était utilisée à sa cadence normale d'utilisation sans aucune interruption. Cet indicateur tient compte de tous les paramètres qui agissent sur le rendement d'une machine.

$$T_{RS} = \frac{\text{Le nombre de bonnes pièces produites}}{\text{Le nombre de pièces qu'aurait réalisée la machine}}$$

❖ **Pratique de la TPM:**

La TPM consiste à prendre en compte de manière globale toutes les actions de maintenance industrielle et ce tout au long du processus de production. L'objectif est de rechercher et de lutter contre les causes d'indisponibilité des machines. Concrètement, il s'agit de limiter leurs temps d'arrêts lors des pannes et d'assurer la fluidité parfaite du processus de production.

L'application de la TPM dans l'entreprise passe notamment par l'adoption d'une démarche globale et continue visant à la réalisation d'un double objectif :

- Déterminer précisément ce qui se passe lors du dysfonctionnement d'une machine afin d'en éliminer la cause.
- Lutter contre les défaillances les plus répétitives afin de limiter leurs fréquences. Il s'agit là d'une phase d'amélioration qui repose sur l'usage de la méthode SMED et sur les notions d'auto maintenance et d'auto-inspection.

L'aspect collectif de la TPM s'illustre dans la nécessaire application pour tous les membres du personnel de la règle des **5S** de Nakaijima. Cette méthode est composée de cinq principes de base dont le nom commence par « S » en japonais.

- 1° *Seiri* ➡ **rangement ;**
- 2° *Seiton* ➡ **mise en ordre, méthode ;**
- 3° *Seiso* ➡ **nettoyage ;**
- 4° *Seiketsu* ➡ **propreté, netteté ;**
- 5° *Shitsuke* ➡ **éducation morale, discipline**

Le tableau suivant explique en détail chacun des cinq principes

Principe	Traduction littéraire	Application dans l'entreprise
Seiri	Ranger	S'organiser, c'est à dire, trier, enlever l'inutile et garder le strict nécessaire sur le poste de travail
Seiton	Mettre en ordre	Situer les choses : c'est à dire, arranger et minimiser les recherches inutiles
Seiso	Nettoyer	Scintiller, c'est à dire, nettoyer très régulièrement le poste de travail et son environnement afin de permettre une détection plus rapide des défaillances
Seiketsu	Standardiser	Formaliser : afin que les trois S précédents soient respectés, il faut les inscrire comme des règles ordinaires à suivre, c'est à dire, comme des standards. Cette formalisation passe par la participation du personnel afin qu'il s'approprie le projet 5 S
Shitsuke	Suivre	Surveiller : pour obtenir les 4S précédents, il faut assurer un suivi régulier de leur application et en corriger les dérives. L'implication des acteurs est nécessaire.

Tableau: principe des 5S [18]

❖ **Utilités de la TPM**

L'application de la TPM offre plusieurs avantages :

- Augmentation de la productivité;
- Amélioration de la qualité;
- Baisse des stocks de sécurité entre les phases de production;
- Baisse des coûts liés à la maintenance et de main d'œuvre. En effet, par l'enrichissement des tâches et la diminution des défaillances, un opérateur peut s'occuper de plusieurs machines;
- Baisse des investissements en machines. Ce phénomène est directement relié à l'augmentation de la productivité. Assurément, grâce à un rendement meilleur, le nombre de machines nécessaires pour une production inchangée est le même.

3-Le SMED ou l'amélioration des temps de changement de série :

SMED vient de l'Anglais et signifie « *Single Minute Exchange of Die* » ou « *changement d'outils en quelques minutes* ». Selon l'AFNOR, le SMED est : « méthode d'organisation qui cherche à réduire de façon systématique le temps de changement de séries à partir d'un objectif quantifié »

Le SMED repose sur la distinction entre trois types d'opérations:

- Les opérations inutiles : elles entraînent des pertes de temps qu'il faut éliminer ;
- Les opérations internes (ou IED pour Input Exchange of Die) : elle nécessite l'arrêt complet de la machine pour pouvoir être effectuées;
- Les opérations externes (ou OED pour Output Exchange of Die) : on peut les effectuer alors que l'équipement fonctionne, elles sont alors réalisées en temps masqué.

L'idée générale de SMED est de supprimer toutes les opérations inutiles et de convertir les opérations internes en opérations externes afin de limiter les temps d'arrêt de la machine.

❖ Méthodologie

La démarche à adopter par l'entreprise peut être résumée en quatre étapes majeures:

- **Étape 1** : analyser un changement de fabrication tel qu'il est pratiqué dans l'entreprise. Cette étape permet de collecter une série d'informations concernant notamment la durée de changement initiale;
- **Étape 2** : identifier les opérations internes et les opérations externes. Il s'agit de chercher les gains de temps qui peuvent se dégager grâce au temps masqué.
- **Étape 3** : transformer les opérations internes en opérations externes, ce qui nécessite souvent des investissements. Cette étape est peut être délicate à mettre en œuvre car la conversion n'est pas toujours aisée et elle peut aussi s'avérer coûteuse pour l'entreprise;
- **Étape 4** : rechercher la réduction du temps d'exécution des opérations tant internes qu'externes en les rationalisant:
 - Il s'agit en fait de simplifier des gestes simples dont la réalisation demande du temps. Concrètement, cela se traduit par leur suppression partielle ou totale,

par la minimisation des mouvements, par la normalisation de l'outillage. Cette dernière étape n'est pas forcément onéreuse;

- Il s'agit aussi de prévoir les conditions des réglages en fixant des valeurs indicatives, en privilégiant des méthodes sans réglage.

❖ **Les avantages du SMED :**

La méthode SMED permet donc des changements de fabrication plus souples et rend possible une réduction de la taille des lots, ce qui aide l'entreprise dans sa quête permanente de réactivité, de qualité et de réduction des coûts.

Elle a des avantages qui ont une grande importance pour l'entreprise et s'avère quasiment obligatoire pour se positionner correctement dans un marché donné et répondre aux besoins de plus en plus personnalisés des clients. Citons par exemple :

- Réduction des stocks
- Economie de temps
- Augmentation de la productivité
- Qualité supérieure des produits
- Diminution des besoins en personnel qualifié, économie de compétence

1.2.2.6- Les limites et les contraintes du JAT :

Suite au développement précédent, force est de constater que l'organisation en flux tendus fragilise fortement l'entreprise et l'oblige à mettre en place des mesures adéquates, via les outils et les méthodes développés plus tôt, pour assurer une production efficiente et constante.

Assurément, l'absence de stock de sécurité couplée à un arrêt de la production pour une raison non prévisible peut être lourde de conséquences et très néfaste pour l'entreprise (retard de livraison, défauts, etc.).

Ce raisonnement introduit immédiatement une seconde contrainte liée au JAT : les prévisions. En effet, l'introduction et l'adoption du JAT impliquent des prévisions de vente les plus fiables possibles, car toute commande réelle doit être affectée sur un en-cours de production qui a été anticipé à l'aide de celles-ci. Du point de vue qualitatif, ces prévisions nécessitent également une gestion particulière, notamment en assurant une information de qualité la plus fiable possible pour éviter toutes mauvaises surprises.

Le risque inhérent est une mise en place catastrophique du JAT car, lorsque les principes ne sont pas correctement compris et mal appliqués, il est impossible d'entrevoir quelconques avantages et l'entreprise peut être conduite à un rejet total du JAT.

I.2.3- La gestion par les contraintes (La théorie des contraintes TOC) :

La Théorie des Contraintes est une *philosophie* de management qui se concentre sur les performances des contraintes, souvent des ressources limitées, pour améliorer la performance globale du système. La théorie des contraintes est utilisée dans le logiciel OPT d'où l'amalgame éventuel entre TOC et OPT. L'origine de cette théorie remonte aux années 70 et à la création du logiciel OPT pour OPTIMIZED PRODUCTION TECHNOLOGY.

I.2.3.1- Qu'est ce qu'une contrainte :

Une contrainte est un facteur qui limite la performance d'un système. Aussi une contrainte limite la **capacité** à atteindre le but, c'est à dire, de garantir des profits ou de les accroître.

I.2.3.2- Les différents types de contraintes :

Nous savons que l'analyse d'un déséquilibre existant permettait d'identifier la ou les contraintes qui empêchent une entreprise de faire face à la demande en termes de débit (contrainte de capacité) ou en termes de respect des délais (contrainte de synchronisation), ce sont des contraintes internes. Il se peut que ces contraintes ne se situent pas à l'intérieur mais à l'extérieur de l'entreprise, soit en amont dans les approvisionnements, soit en aval dans le marché.

1- Les contraintes extérieures : on trouve :

❖ Les contraintes en amont « les contraintes d'approvisionnement » :

Dans certains cas, les approvisionnements peuvent constituer un facteur déséquilibrant. Il existe alors des contraintes externes qui proviennent non pas de l'aval, mais de l'amont (les fournisseurs).

Ces contraintes peuvent se présenter sous trois formes différentes :

1- Une disponibilité insuffisante : il est possible qu'une entreprise soit dans l'incapacité de se procurer en quantité suffisante un des composants ou une des matières dont elle a besoin. La disponibilité de cet approvisionnement critique est la contrainte principale de l'entreprise et doit être traitée dès le programme directeur de production.

2- Des fluctuations non prévisibles des approvisionnements : certaines industries agroalimentaires et d'extraction ou d'exploitation d'une ressource naturelle sont productrices de leurs propres matières mais elles n'ont pas ou peu de moyens de contrôle sur la quantité et l'échéance de l'arrivée de celle-ci.

3- Des manquants ponctuels inévitables : sous la pression de la concurrence, certains types d'industries ne peuvent se permettre de financer des niveaux de stocks suffisamment importants pour faire face à tous les soubresauts de la demande. Pour ces entreprises, quelques manquants ponctuels sont inévitables.

❖ **Les contraintes en aval :**

Les entreprises cherchent sans cesse à équilibrer leurs capacités avec la demande en modifiant d'un côté, leurs politiques de prix et de l'autre leurs capacités de production. C'est un des principaux objectifs de la politique industrielle. Il est de plus en plus rare qu'une entreprise puisse maintenir cet équilibre à cause des fluctuations croissantes de la demande. Alors la contrainte du marché est un élément permanent du contexte de par le prix qu'il est prêt à payer et la quantité qu'il est prêt à acheter.

2- Les contraintes internes :

Le plus souvent, les contraintes internes sont des « goulots », des ressources qui sont un mélange des contraintes de capacité et de synchronisation.

❖ **La contrainte de capacité :** est une ressource dont la capacité est, en moyenne, égale ou inférieure aux besoins.

❖ **La contrainte de synchronisation :** est une ressource qui, si elle est gérée comme une non-contrainte normale risque, de temps en temps, d'être surchargée à un point tel que ce qui est prévu est irréalisable ou trop peu performant.

1.2.3.3- Les concepts de base de la TOC :

On sait bien que tout système subit au moins une contrainte, sans quoi il serait en mesure d'atteindre indéfiniment des performances élevées. Cette logique s'organise autour de deux phases majeures :

Phase 1 : élaboration d'un graphe qui représente le processus de fabrication et le détail des relations entre les produits fabriqués et les ressources nécessaires (machine, main d'œuvre, outillage,...).

Phase 2 : dans cette phase, deux types de ressources sont différenciés:

- **Les ressources goulets ou critiques** : ces goulots d'étranglement sont des ressources dont la capacité moyenne est juste égale ou inférieure au besoin et qui limite donc la production;
- **Les ressources non-goulets ou non critiques** : il s'agit des ressources dont la capacité est en moyenne supérieure au besoin donc avec des excédents de capacité.

1.2.3.4- La méthode OPT :

La méthode OPT (**O**ptimized **P**roduction **T**echnology) est née d'une réflexion critique sur de nouveaux objectifs pour la gestion de production:

- Augmenter le produit des ventes, c'est à dire l'argent généré par les ventes;
- Diminuer les dépenses d'exploitation, c'est à dire l'argent dépensé pour produire;
- Augmenter la trésorerie, c'est à dire retarder l'engagement d'argent pour produire.

La logique de gestion de la méthode OPT considère de prime abord que l'élaboration d'un plan de production consiste à satisfaire simultanément des contraintes de nature différente. Ces contraintes sont d'ordre technique, d'ordre économique et d'ordre externe. Cependant, deux idées comblent cette logique :

- Toutes ces contraintes ne sont pas indépendantes, parce que les événements de la production ne sont pas eux-mêmes indépendants;
- Elle repose essentiellement sur une recherche d'optimisation des flux de production et non sur la régulation des capacités de production.

1- Les indicateurs de la méthode OPT :

L'OPT réhabilite la notion de **profit** en la définissant comme **le but**. Cependant, la comptabilité classique suit des règles que certains qualifient d'obsolètes et conduisent à de mauvais choix stratégiques.

Trois indicateurs « débit des ventes », « stocks » et « dépenses de fonctionnement » ont été proposés pour remplacer le bénéfice net, la rentabilité et la trésorerie comme unités de mesure à l'intérieur de l'entreprise. Nous ne pouvons recommander leur utilisation, car ils sont encore en pleine évolution et leurs incohérences et leur instabilité pourraient être dangereuses.

Ces indicateurs ont été décrits au début des années quatre-vingts (première génération) puis subrepticement modifiés (deuxième génération).

❖ Première génération :

- Le produit des ventes (le **Throughput T**) est le rythme auquel le système génère de l'argent par les ventes. C'est un débit d'argent. Le **Throughput**, conventionnellement abrégé **T**, se définit comme la valeur des ventes moins les dépenses de matière première;
- Les stocks (**Inventory I**) représentent tout l'argent que le système a investi : les matières, les équipements et autres investissements. Les stocks à proprement parler sont valorisés à leur prix d'achat. Pour les machines et autres investissements, une partie des stocks est transférée à chaque période comptable vers les dépenses de fonctionnement à titre d'amortissement ;
- Les dépenses de fonctionnement (**Operating Expenses OE**), c'est à dire l'argent que le système dépense pour transformer les stocks en produits des ventes. C'est la somme des dépenses sauf celles qui concernent l'achat de matière (qui sont considérées comme investies dans les stocks).

L'OPT s'attache à augmenter le Troughput et à diminuer les stocks ainsi que les dépenses d'exploitations, avec comme corollaires :

- L'augmentation des ventes (**T**) augmente le profit;
- La diminution des stocks (**I**) diminue d'autant les besoins en trésorerie, et aussi les frais liés au stockage diminuent et font mécaniquement baisser les dépenses d'exploitation.

- La rentabilité globale augmente si l'on diminue également les dépenses d'exploitation (**OE**).

Dr Goldratt [26] a proposé une nouvelle définition. Le squelette est resté le même, mais des modifications importantes ont été introduites.

Il est précisé que le produit des ventes n'est pas le chiffre d'affaires, mais la somme des ventes et autres revenus à laquelle on a soustrait les dépenses pouvant directement être attribuées aux différents produits vendus (d'où la notion de dépenses unitaires liées à la fabrication d'une unité d'un produit). Le sens donné auparavant à chacun des indicateurs change et devient :

❖ **Deuxième génération :**

- Le produit des ventes : la somme des ventes moins les dépenses unitaires. (le cas échéant, il faut rajouter d'autres types de revenus.) ;
- Les stocks ou investissements : inchangés ;
- Les dépenses de fonctionnement : (dépenses) – (dépenses unitaire). Les dépenses unitaires sont celles réalisées sur des entités extérieures à l'entreprise que l'on peut attribuer sans ambiguïté aux produits.

2- Le Tambour, Tampon, Corde de la méthode OPT :

La méthode OPT parle en anglais de « Drum-Buffer-Rope » ou « Tambour-Tampon-Corde » pour représenter la logique de synchronisation :

- **Le Tambour** : les goulots sont gavés de tâches à effectuer et c'est le programme maître qui donne le rythme à l'ensemble de l'activité;
- **Les Tampons** : l'alimentation du goulot est assurée en le protégeant des éventuels retards. Les lots arrivent devant lui avec une légère avance sur la date de transformation planifiée. Il en va de même pour garantir le respect des délais;
- **La Corde** : les matières sont lancées en production en fonction des dates inscrites dans le programme maître desquelles on a retranché le décalage de protection et le cycle technique.

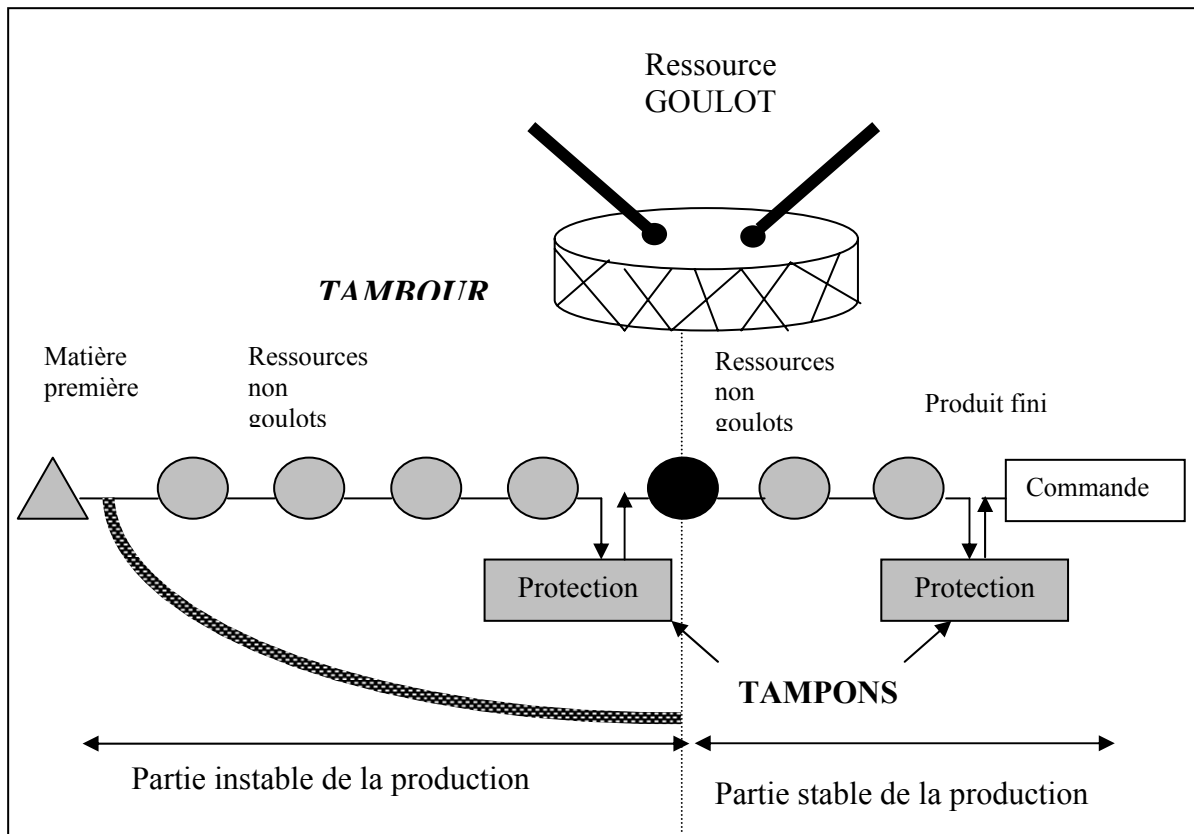


Fig I.9 : Drum-Buffer-Rope de la méthode OPT [26]

Cette représentation entraîne malheureusement des erreurs d'interprétation. Le fait que « le tambour donne le rythme à l'ensemble des troupes », mène à penser que toutes les ressources produisent de manière parfaitement synchrone.

Or, ceci n'est pas le cas puisque l'on admet que les non-goulots connaîtront des retards par rapport au rythme du tambour, d'où le besoin de tampon. De même « la corde qui déclenche le lancement des matières » prête à confusion. Premièrement, parce que le déclenchement des lancements se fait par anticipation sur les besoins futurs du goulot. Il ne s'agit donc pas d'une corde physique mais d'une « corde logique » qui agit sur le passé. Deuxièmement, parce que le concept de « flux tiré » que l'on associe tout naturellement à la notion de corde a acquis un sens bien précis auprès des experts depuis que Taiichi Ohno l'a employé pour expliquer le mécanisme du kanban.

3- Les règles de la méthode OPT :

Partant du principe que l'optimum d'un ensemble n'est pas la somme des optimums locaux et qu'il existe des postes de travail plus contraignants que d'autres, la méthode OPT propose dix règles de gestion en gardant toujours à l'esprit le but de l'entreprise : **faire du profit**,

Règle 1 : il faut équilibrer les flux et non les capacités.

Règle 2 : l'activation d'un non-goulot ne doit pas être déterminée par son potentiel mais par les autres contraintes du système.

Règle 3 : l'utilisation d'une ressource et son plein emploi ne sont pas synonymes

Règle 4 : toute perte de temps sur un goulot est une perte pour tout le système.

Règle 5 : tout gain de temps sur un non-goulot est un leurre.

Règle 6 : les goulots déterminent le débit de sortie et les niveaux de stocks.

Règle 7 : les Lots de fabrication et les lots de transfert ne doivent pas forcément être égaux.

Règle 8 : les lots de fabrication doivent être de taille variable.

Règle 9 : les programmes de fabrication doivent prendre en compte toutes les contraintes simultanément ; les délais de fabrication sont le résultat d'un programme et ne peuvent donc pas être prédéterminés

Règle 10 : la somme des optima locaux n'est pas égale à l'optimum global.

4- Limites de la méthode OPT :

A partir des règles précédentes, on peut dire que la méthode OPT est un système de gestion par contraintes qui met l'accent sur la prise en compte simultanée de contraintes de nature différente. Cette approche n'est, néanmoins, possible que si les moyens de production goulots sont identifiés à chaque nouvelle élaboration de programme. En effet, un moyen de production peut changer de statut d'une période de fabrication à une autre.

Conclusion du chapitre :

Ce chapitre a eu pour objectif de montrer l'efficacité et l'intérêt du pilotage des flux ainsi que les principaux modèles y afférents. Nous avons également présenté les principaux outils et méthodes de l'organisation de la production afin de mettre en évidence leur dynamique d'ensemble.

En effet, pour gérer les flux et les moyens de production, la mise en oeuvre des méthodes d'organisation, tels que le MRP1 et MRP2 sur lesquelles se basent la

majorité des progiciels de GPAO, des techniques de synchronisation à la Japonaise dont la méthode Kanban constitue la partie court terme et des différentes approches de pilotage et de gestion par les contraintes dont la plus connue est OPT, est essentielle dans une unité de production.

Chapitre II :

Planification de la production

Introduction

II.1 Définition de la planification de la production

II.2- importance de la planification

II.3- les étapes de la planification

II.4- Les niveaux de la planification

II.5- Les outils de planification

Conclusion au chapitre II

Introduction :

La planification est la base du management de l'entreprise, c'est d'elle que dépendent l'efficacité et le bon fonctionnement de l'usine. Elle doit à la fois répondre au plus près à la demande du marché et correspondre aux possibilités réelles de la fabrication.

Elle devra faire l'objet de procédures formelles sur lesquelles toutes les parties prenantes (commerciales, fabrication, achats, logistique, développement) se seront en commun accord.

II.1- DEFINITION DE LA PLANIFICATION DE LA PRODUCTION :

Planifier, c'est rationaliser des décisions en vue d'atteindre des objectifs définis, en tenant compte des contraintes et en utilisant de façon optimale les ressources disponibles.

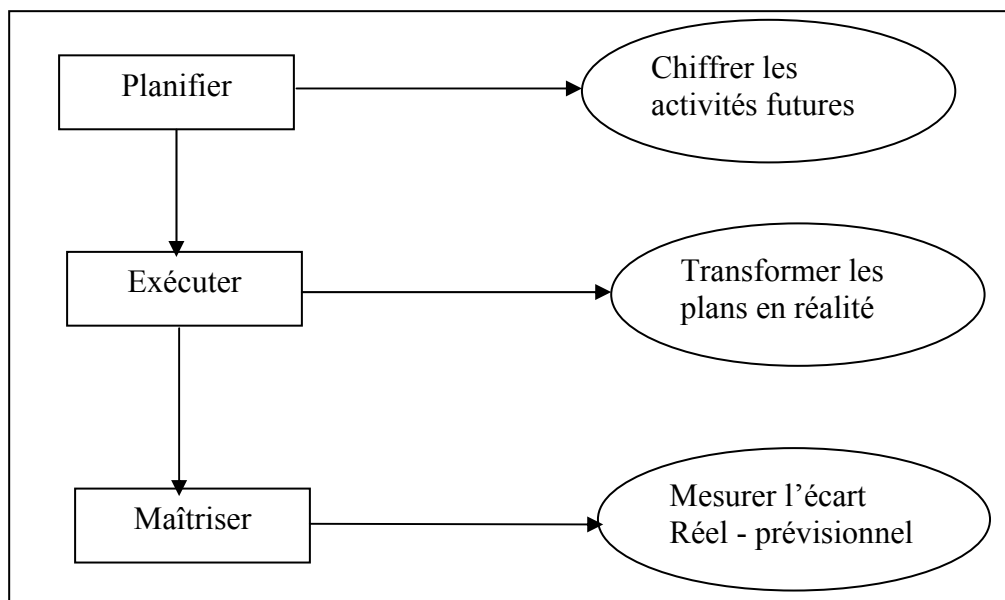


Fig. II.1 : Définition d'une planification

On peut définir La planification de la production comme "*un mode de régulation du système de production, par prévision adaptation*". C'est un mode de régulation scientifique très achevé puisqu'il procède par anticipation. A partir d'informations prévisionnelles sur la demande, il s'agit d'engager les moyens les moins coûteux pour la satisfaire sinon, dans le délai client, du moins, dans un délai acceptable par celui-ci.

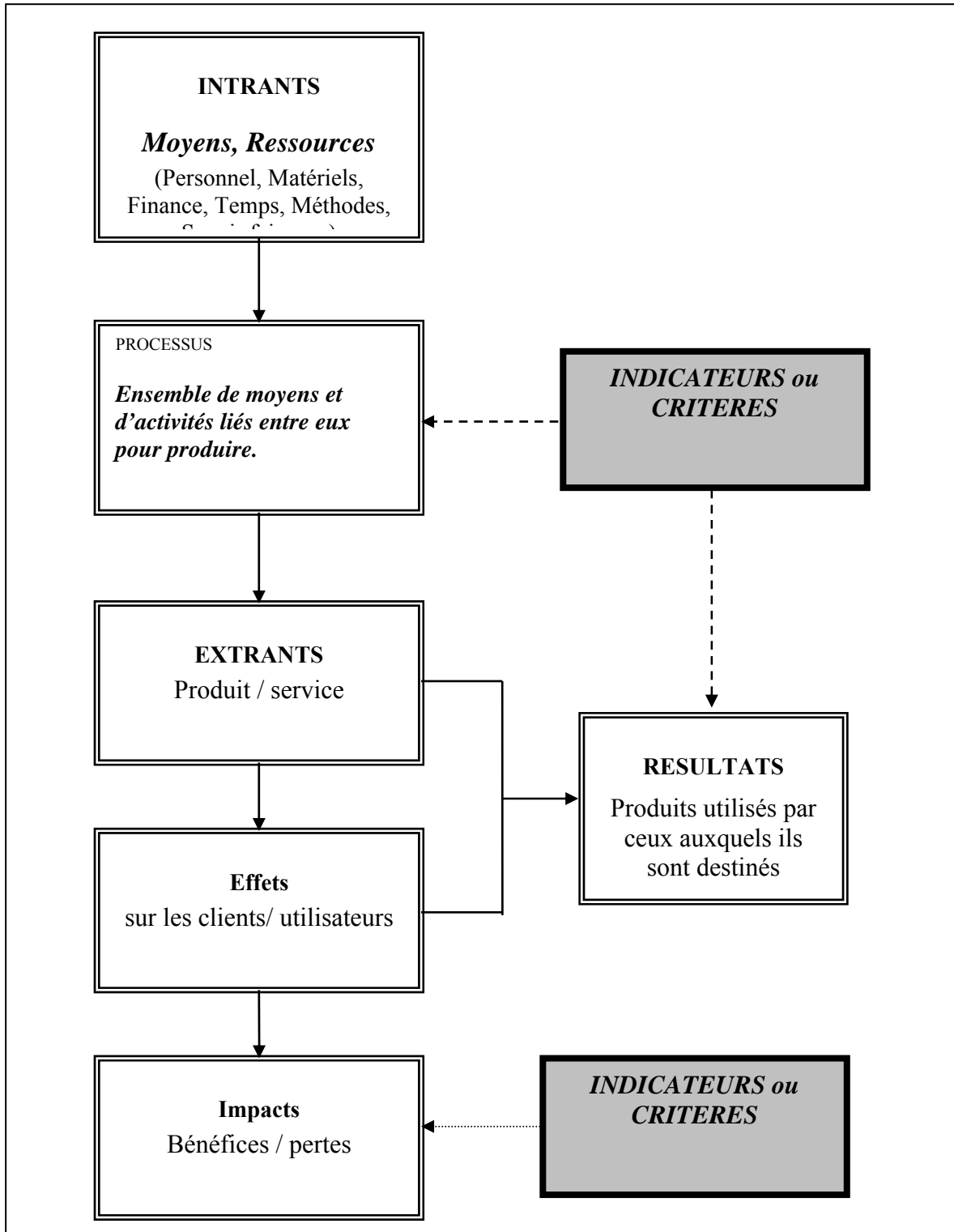


Fig II.2 : Evaluation et critères de la planification [2]

A partir de la figure II.2 on peut conclure :

- **Il n'y a pas de planification sans évaluation des résultats** : c'est à dire sans vérifier si le produit est de bonne qualité et est vraiment utilisé par ceux pour lesquels il est fabriqué. Pour vérifier cela, il faut se baser sur des indicateurs ou critères. Ces derniers sont en quelque sorte des *instruments de mesure* permettant de vérifier si le processus était correct (*indicateurs de processus*), si le produit est vraiment utilisé, ou du moins utilisable (*indicateurs de résultats*) et si à la fin on obtient bien ou du moins, on peut espérer un bénéfice (*indicateurs d'impact*).
- **Il n'y a pas d'évaluation possible sans indicateurs ou critères** : ceci implique que ces indicateurs ou critères doivent être définis **avant** la phase d'exécution, c'est à dire pendant la **programmation**.

D'une façon générale, la roue ou cycle de la planification (de Deming) apparaît ainsi :

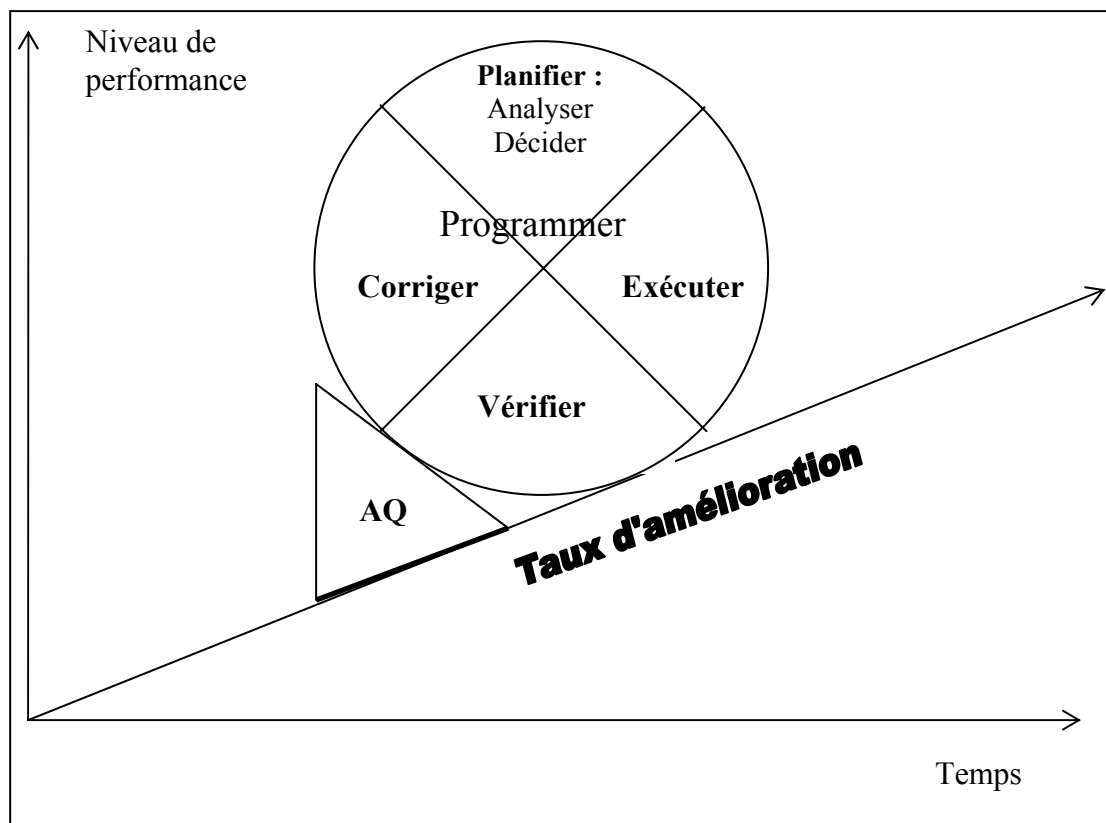


Fig II.3: Roue de Deming [13]

II.2- IMPORTANCE DE LA PLANIFICATION :

La fonction planification a quatre objectifs importants : faire contrepoids à l'incertitude et au changement, diriger l'attention sur les objectifs, réaliser des économies et faciliter le contrôle.

II.2.1- Faire contrepoids à l'incertitude et au changement:

L'incertitude et le changement rendent la planification nécessaire. Le chef d'entreprise ne peut pas se contenter d'établir un but puis laisser les choses se dérouler d'elles-mêmes. L'avenir est rarement très certain, et plus les conséquences d'une décision se feront sentir tard, plus grande est l'**incertitude**.

II.2.2- Diriger l'attention sur les objectifs:

Toute la planification vise à réaliser les objectifs de l'entreprise, l'acte de planification fait porter l'attention sur ces objectifs. Des plans bien conçus unifient les activités de tous les départements. Les dirigeants, constamment pressés de problèmes immédiats, se voient forcés, en planifiant, d'envisager l'avenir et de reconnaître la nécessité de revoir et de modifier périodiquement leurs plans, de façon à les rendre plus aptes à réaliser les objectifs.

II.2.3- Réaliser des économies:

La planification minimise les coûts en mettant l'accent sur l'efficacité et la cohérence des opérations. Les économies qui permettent de réaliser la planification sont particulièrement évidentes au niveau de la production.

II.2.4- Faciliter le contrôle:

Le gestionnaire ne peut pas vérifier les réalisations de ses subordonnés sans avoir préalablement défini des buts avec lesquels il peut les comparer. Donc, il faut souligner le fait qu'un contrôle efficace est orienté vers l'avenir (figure II.4).

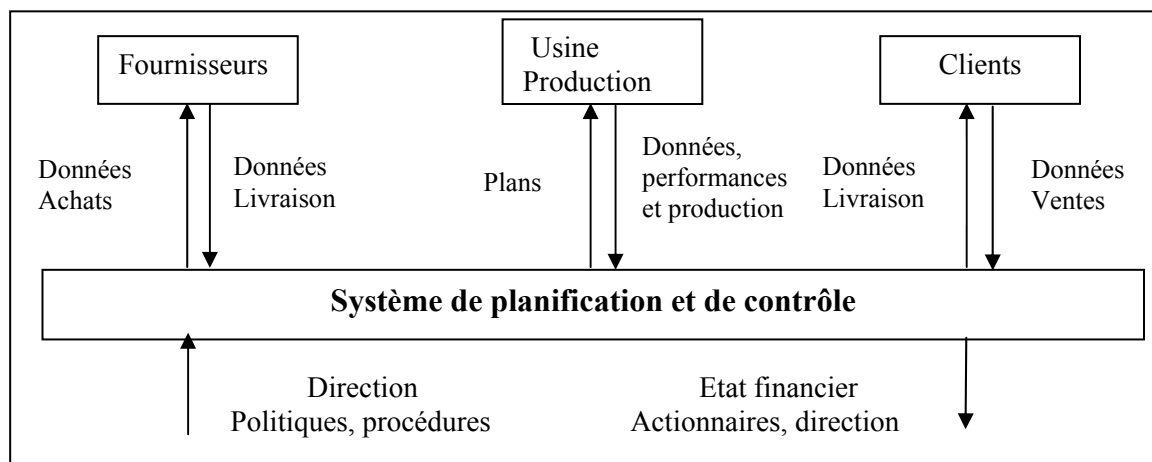


Fig II.4 : Planification et contrôle dans l'entreprise

II.3- LES ÉTAPES DE LA PLANIFICATION :

II.3.1- Etape d'analyse : analyser

Il s'agit, dans ce contexte, d'étudier une situation (ou un système) donnée, en vue de produire quelque chose ayant un impact, sinon un effet.

Pour une entreprise, il est nécessaire d'étudier avec soin la demande des consommateurs, les nouvelles techniques de production, la concurrence, c'est ce qu'on appelle : l'*analyse de marché*.

La situation étant plus complexe, on doit d'abord, dans ce cadre, *identifier et préciser les problèmes puis les classer par ordre de priorité avant de pouvoir prendre une décision*.

La question à laquelle il faut répondre est : **où en est-on exactement maintenant ?**

II.3.2- Etape décisionnelle : décider

Dans cette étape, on doit **choisir le produit, le service, la formation, l'intervention ou la recherche que l'on veut planifier.**

La question à laquelle il faut répondre varie selon la mission et les buts de l'institution:

Pour une entreprise : **quel produit voulons-nous fabriquer ?**

⇒ Caractéristiques du produit fini ;

Pour une institution de développement : **où voulons-nous arriver?**

⇒ Caractéristiques du problème à résoudre ;

Pour une institution de recherche : **que voulons-nous trouver ?**

⇒ Hypothèse de recherche

pour une institution de formation : **qui voulons-nous former ?**

⇒ Profil professionnel des étudiants/personnels formés.

II.3.3- Etape de programmation : programmer

C'est, dans ce contexte, structurer avec précision toute la chaîne de production de façon à avoir le maximum de chances, d'obtenir un impact, sinon un résultat.

La question est la suivante : **comment allons-nous faire/procéder pour réussir (obtenir un résultat positif)?**

La figure II.5 montre les étapes de la planification et leurs dépendances.

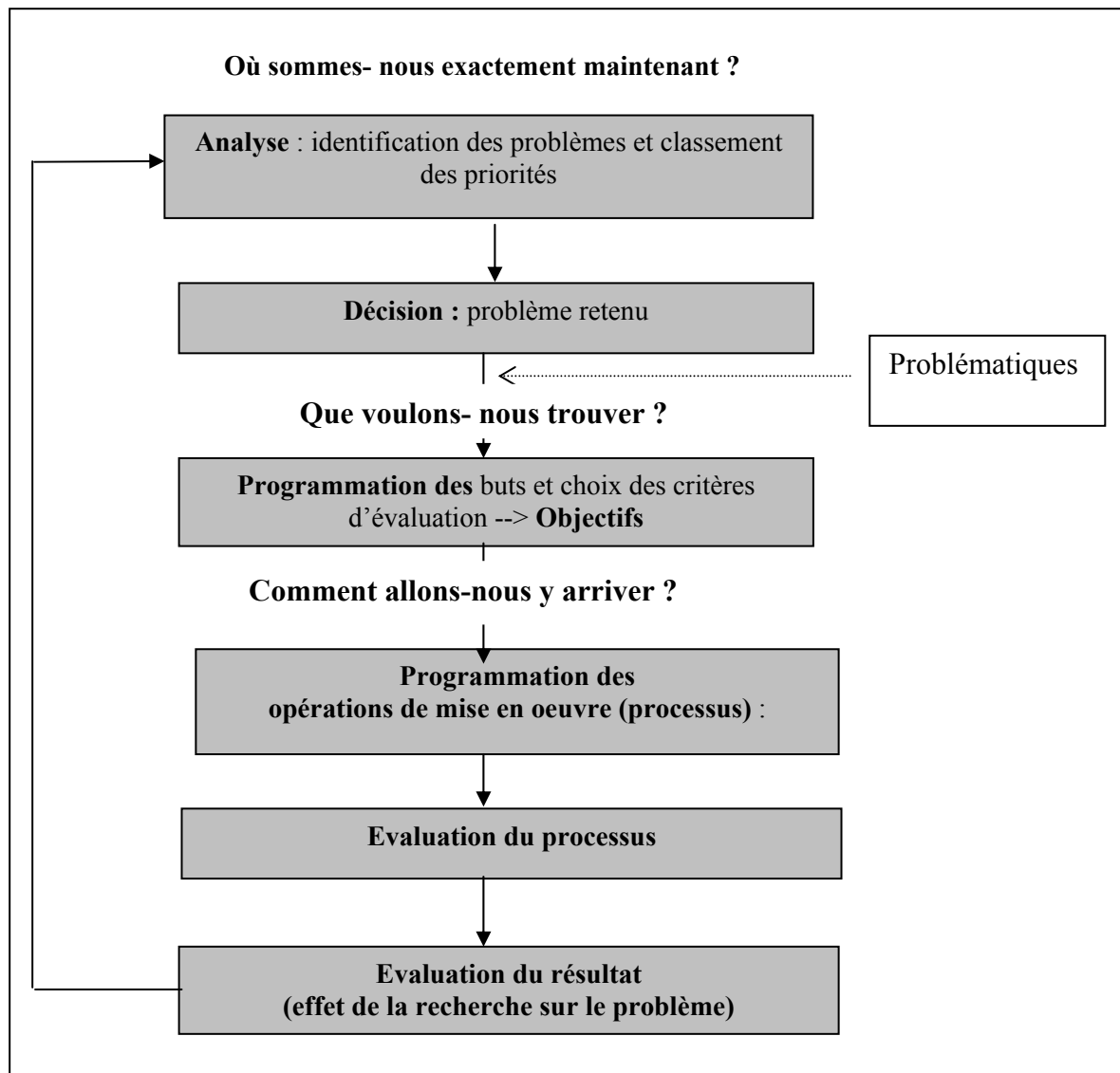


Fig II.5 Les étapes de la planification [22]

II.4- LES NIVEAUX DE LA PLANIFICATION:

La planification de la production dans une entreprise se fait à plusieurs niveaux. Il est courant d'avoir:

II.4.1- Les plans stratégiques :

Les grandes options fondamentales, c'est-à-dire celles qui déterminent et qui limitent les opportunités ouvertes à l'entreprise dans le long terme, portent principalement sur la composition du plan stratégique.

La planification stratégique couvre une grande importance du management. Elle exige beaucoup de temps et d'efforts. Ainsi, la planification stratégique débute

par une définition de la nature et de la charte de l'entreprise. Les plans stratégiques identifient les principaux marchés que l'entreprise veut servir et spécifie les stratégies que doivent appliquer les différentes fonctions.

L'évolution permanente des marchés et des technologies rend souvent cet horizon trop lointain. Donc, les plans stratégiques tentent de répondre aux questions suivantes :

- Quelle est la nature de notre activité ?
- Quels sont nos marchés ?
- Quelle activité voulons-nous avoir ? comment ?
- Quels autres marchés nous intéressent ?
- Que devons-nous faire aujourd'hui pour s'y préparer ? en Recherche & Développement ? en ingénierie ? en marketing ? en finance ? en production ?
- Qu'attendons-nous ultérieurement de ces fonctions ?
- Ces fonctions ont-elles des stratégies compatibles ?

L'élaboration du plan stratégique est une réflexion que l'équipe dirigeante doit accepter chaque année. Ce plan doit être soumis à des révisions périodiques, au moins deux fois par an, pour y apporter éventuellement des changements.

II.4.2- Les plans d'activité (commerciaux) :

Le plan d'activité s'intéresse aux familles de produits, leurs cycles de vie et leur part de marché. Il doit être en phase avec le plan stratégique. Ce plan tente de répondre aux questions suivantes:

- Quelle est la situation actuelle de nos produits et de nos marchés ?
- Lesquels sont en baisse ? dans quelle proportion ?
- Lesquels faut-il abandonner ? maintenant ? plus tard ?
- Lesquels sont stables ?
- Lesquels progressent ? à quel rythme ?
- Quels produits nouveaux faut-il ? quand ?
- Que fait la concurrence ? produits ? technologies ? application ?
- Quelles actions devons-nous entreprendre ? quand ?

Bien qu'il soit une étape distincte de la planification, le plan d'activité ne peut être développé indépendamment des plans stratégiques déjà établis; ils doivent être étroitement liés et soutenus mutuellement. Comme dans les plans stratégiques,

la première ou les deux premières années du plan commercial contiennent des données plus détaillées et spécifiques, afin qu'ils puissent mieux s'intégrer au processus de planification ultérieur.

Cette planification comprend les étapes suivantes :

- Rassembler des données précises sur les ventes réelles de produits ;
- Analyser la position du cycle de vie des produits ;
- Déterminer les actions et intentions des concurrents ;
- Etablir des plans spécifiques pour améliorer les produits viables ;
- Préparer des plans pour le retrait progressif des produits obsolètes.

II.4.3- Les plans de production :

Le rôle de ces plans est de planifier globalement le volume et l'utilisation des ressources ainsi que les niveaux de production et de stocks à atteindre au cours de chaque sous-période, afin de satisfaire, au mieux la demande prévisionnelle sur un horizon à moyen terme, c'est un plan agrégé de la production.

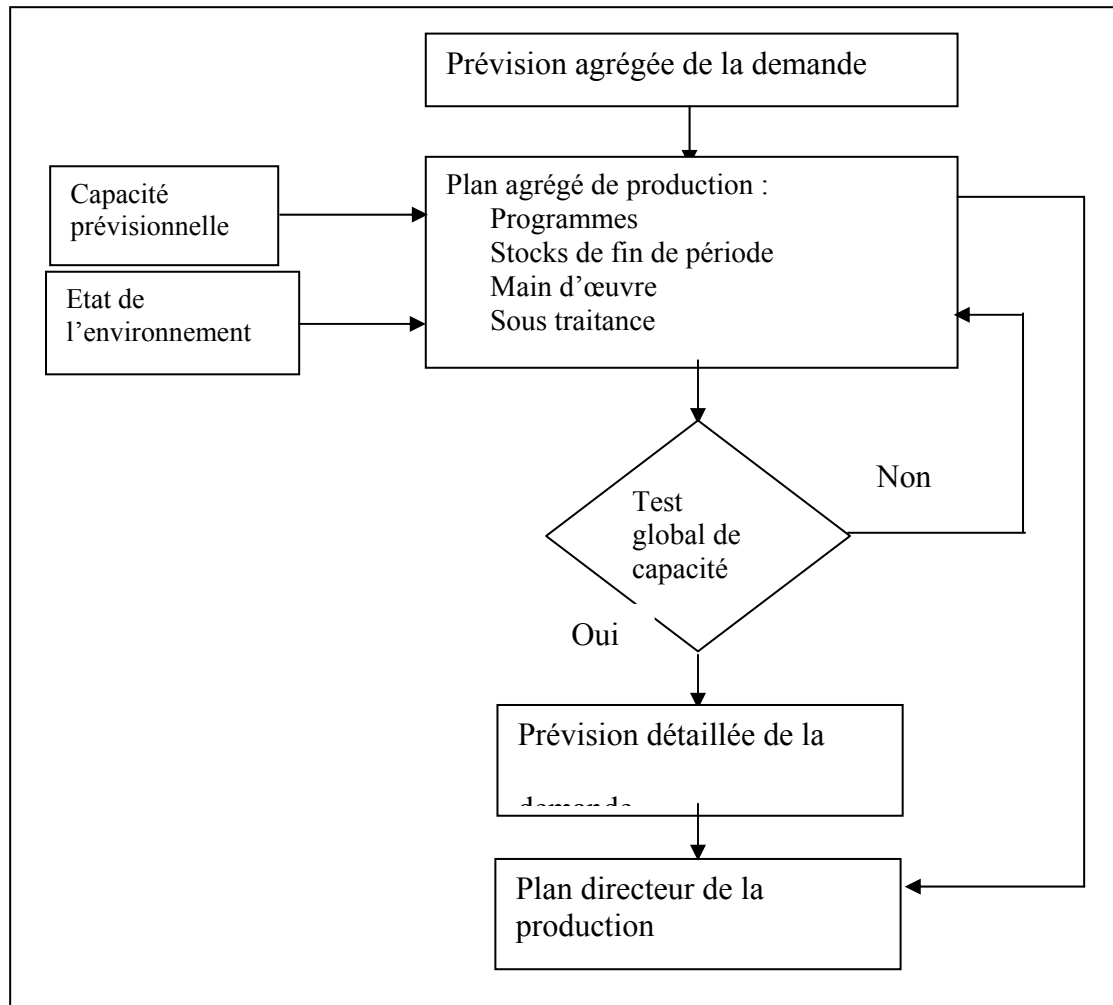


Fig II.6 : Plan agrégé de la production [1]

❖ **En quoi les plans sont-ils «agrégés»?**

Au niveau de décision considérée, il comprend trop d'incertitudes pour vouloir s'encombrer de détails qui compliqueraient inutilement la prise de décision. A ce niveau, on cherche à planifier « dans les grandes lignes », ce qui se traduit par:

- **L'agrégation des décisions:** les produits sont agrégés en *familles de produits*, les ressources en grandes catégories (de personnel, d'équipements, etc.), les sous-périodes sont relativement longues;
- **L'omission de nombreux détails:** produits peu demandés, ressources peu utilisées, etc.

L'agrégation des décisions permet de simplifier considérablement la formulation, la résolution et l'interprétation des modèles (moins de données à collecter, moins de calculs à effectuer, moins de résultats à analyser). Par ailleurs,

elle augmente généralement la qualité des prévisions de demande ainsi que l'estimation d'autres paramètres. Ils essayent de répondre aux questions suivantes :

- Est-ce que les machines et les équipements existants sont bien utilisés?
- Où se trouvent les goulots d'étranglement ? des excédents de capacité ?
- Qu'exigera-t-on au total des moyens de production ? quand ?
- Quelles technologies nouvelles seront utilisées ? quand ?
- Quels produits nouveaux seront introduits ? quand ?
- Quels produits seront abandonnés ? quand ?
- Quelles machines et quels équipements nouveaux seront nécessaires ? quand ?

II.4.4- Les Programmes directeurs de production (PDP) :

Un programme directeur de production est un ensemble de chiffres qui indiquent ce qui sera fabriqué, en quelle quantité et quand. C'est un plan pour la fabrication, non pour les ventes ou les expéditions. Il tient compte des exigences pesant sur les ressources d'un site, y compris toutes les ventes de produits finis, les ventes de pièces détachées (de rechange), et les besoins correspondant aux différents sites.

Le rôle essentiel du PDP est de planifier et de déclencher la production des références finales. Il fournit également l'information de base pour la gestion des matières et composants nécessaires à la production de ces références.

Le PDP désagrège le plan à moyen terme afin d'établir :

- La planification sur un horizon plus court (souvent 3 à 6 mois),
- Une découpe plus fine en sous-périodes (semaines),
- Une désagrégation des familles en *références finales*.

Il peut donc être vu comme une version détaillée du plan agrégé de production dans laquelle est intégrée toute l'information actualisée relative au court terme (prévisions de demande, état des stocks, disponibilité des machines, etc.). Le PDP s'efforce de répondre aux questions suivantes :

- Quels produits spécifiques faut-il fabriquer ? combien ? quand ?
- Quels autres matières faut-il produire ? combien ? quand ?
- Quelles sont les contraintes de capacités ? chez nous ? chez les fournisseurs ?
- Quelles sont les autres contraintes ? outillage ? espace ? personnel ? autres ?

La désagrégation du plan agrégé comporte deux aspects:

- D'une part, le passage des familles de produits aux références finales individuelles,
- D'autre part, la division des périodes de planification du plan agrégé en sous-périodes plus fines.

Il doit prendre en considération, à la fois la capacité de l'usine et celle de ses fournisseurs, à satisfaire ces besoins. Tout plan détaillé concernant les matières, les hommes, les installations, les équipements et les autres ressources indispensables à la fabrication des produits seront piloté par le programme directeur.

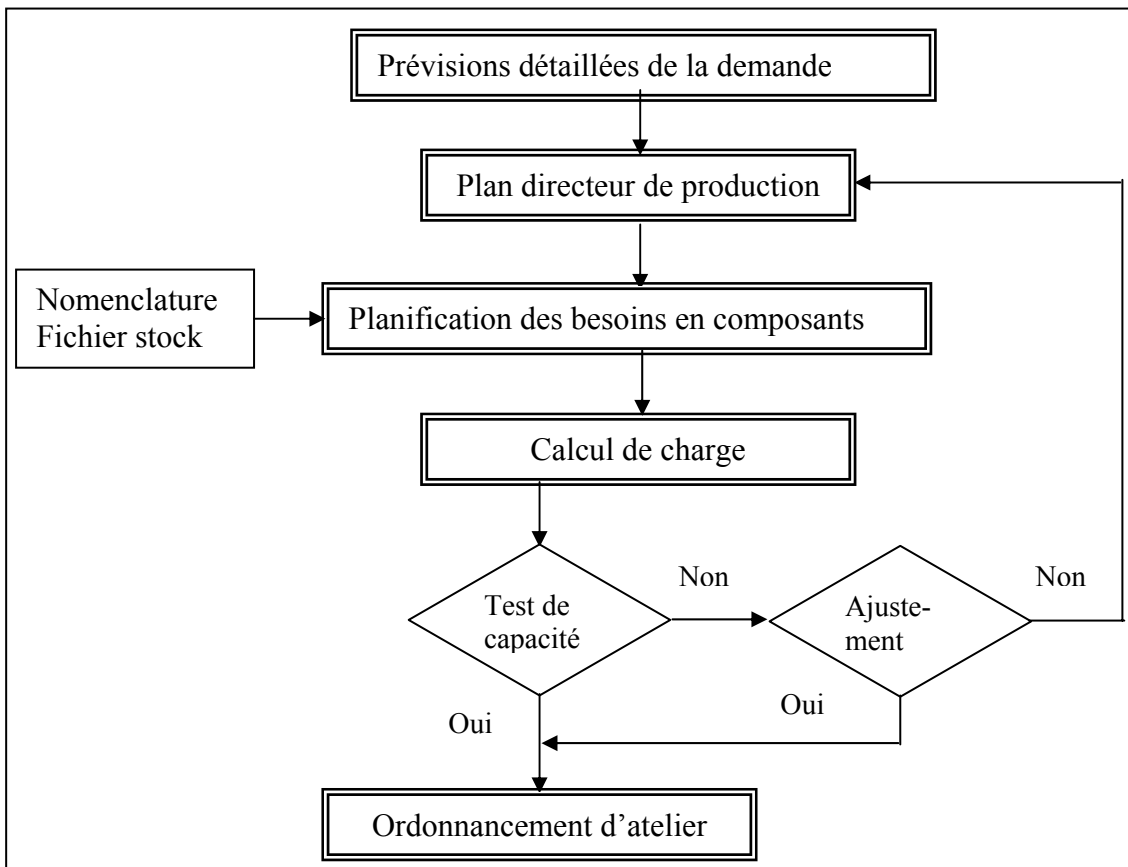


Fig II.7 : Désagrégation du plan de production [1]

❖ **Objectifs du PDP :**

Le plan directeur a pour objectifs :

- De fournir à la direction générale le moyen de gérer et de maîtriser les principales ressources de l'entreprise, et notamment les immobilisations, les employés, les stocks et la trésorerie ;
- De donner aux dirigeants un moyen d'action réel sur le service aux clients et la rentabilité ;
- De constituer un mécanisme pour coordonner les activités des fonctions marketing, production, ingénierie et finances, afin qu'elles travaillent ensemble à atteindre des objectifs communs ;
- De concilier les besoins des clients et les capacités des sites de production ;
- D'offrir une mesure globale de la capacité de chacune des grandes fonctions à établir un plan viable et à le mener à bien.
- De fournir des données pour les programmes détaillés concernant les matières, les capacités et les impératifs financiers, les reliant ainsi aux plans de niveaux supérieurs.

Le schéma de la figure II.8 montre la relation entre les différentes composantes de la hiérarchie de la planification, ainsi que les deux volets : capacité (les moyens disponibles pour fabriquer) et priorité (ce qu'il doit fabriquer).

La planification globale des capacités : utilise des données extraites de la partie court terme du plan de production pour calculer les besoins en capacités dans le temps, à la fois pour l'atelier de l'entreprise et pour celles des fournisseurs.

Elle implique une vérification assez rapide de quelques ressources clés indispensables à la mise en œuvre du PDP, pour s'assurer que celui-ci est réalisable du point de vue des capacités.

La planification des besoins en matières : applique la logique fondamentale de la production à la planification des priorités. Cette logique amène à se poser les questions suivantes :

- Quels produits faut-il fabriquer ou quel service faut-il fournir ?
- En quelle quantité ? quand ?
- Quelles sont les ressources nécessaires ?

- Lesquelles sont actuellement disponibles ?
- Que faut-il de plus ? quand ?

La planification des besoins en capacité : donne une image des capacités plus détaillées que celle produite par la planification globale des capacités. Son objectif est d'utiliser plus efficacement les ressources existantes, en programmant la réalisation de commandes détaillées au travers d'opérations critiques.

En conséquence, la planification des besoins en capacité ne facilite pas la planification interactive et elle sert surtout d'outils de vérification.

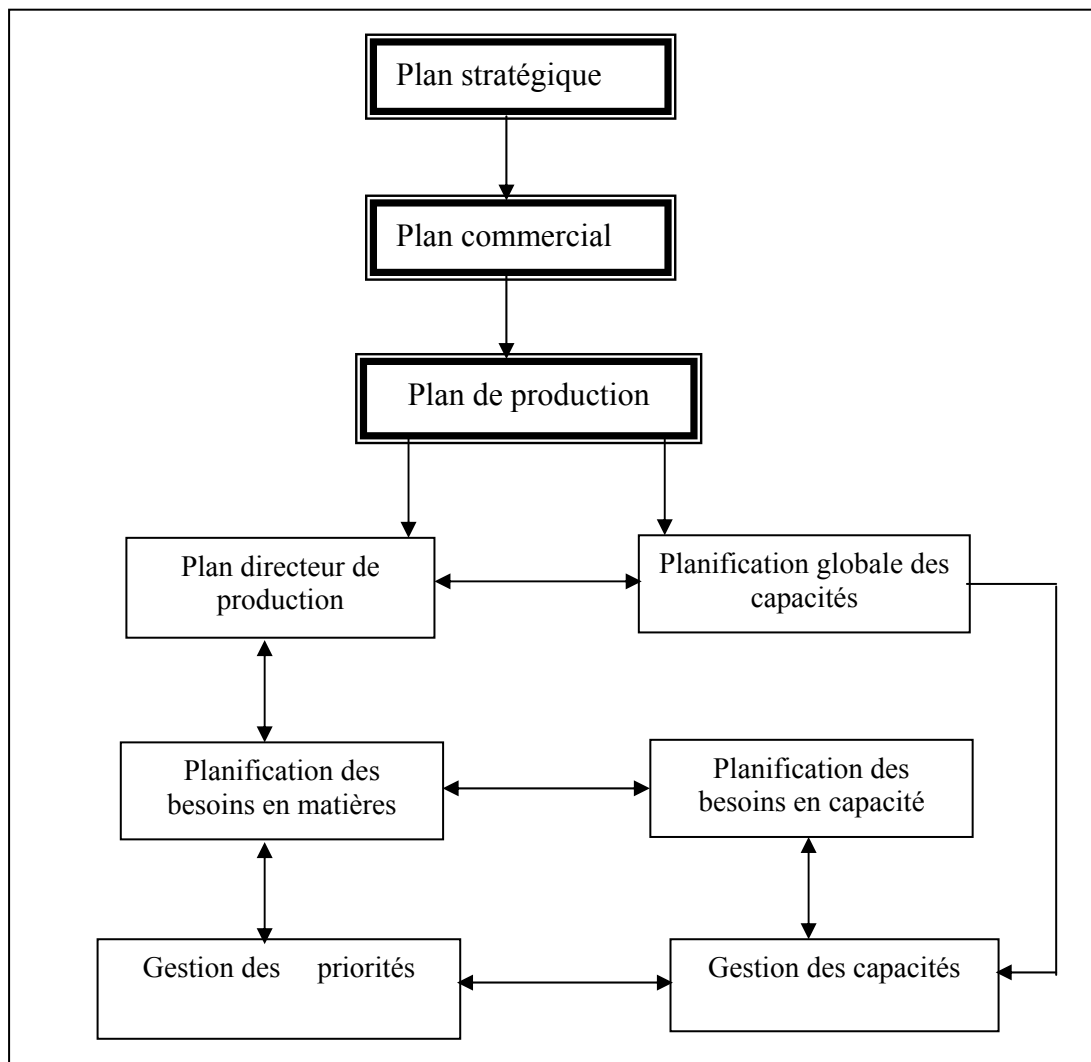


Fig II.8 : La hiérarchie des plans [31]

II.4.5- Ordonnancement et pilotage des ateliers :

Le dernier niveau de décision concernant la mise en route de la production est celui du *contrôle* ou du *pilotage en temps réel* des opérations.

Ordonnancer, c'est programmer l'exécution d'une réalisation en attribuant des ressources aux tâches et en fixant leurs dates d'exécution.

Cette programmation se fait alors, en vue d'optimiser un certain critère tel que la minimisation de la date d'achèvement de la réalisation ou l'optimisation de l'utilisation des ressources sous des contraintes de durée.

Une tâche est un travail élémentaire dont la réalisation nécessite un certain nombre d'unités de temps (sa durée) et d'unités de chaque ressource.

Une ressource est un moyen, technique ou humain, dont la disponibilité, limitée ou non, est connue à priori.

II.4.5.1- Objectifs de l'ordonnancement :

Les principaux objectifs de la fonction « ordonnancement » sont :

- Améliorer le service aux clients en matière de quantités à livrer, de respect des délais de livraison et de qualité des produits ;
- Réaliser les commandes au moindre coûts en maintenant les stocks au minimum, en réduisant les stocks de produits en cours de fabrication, en contrôlant les priorités et en optimisant l'utilisation des ressources disponibles ;
- Tenir compte en tout temps des besoins et du bien-être du personnel d'entreprise ;
- L'ordonnancement vise le traitement des commandes en fonction d'un objectif principal et parfois d'objectifs secondaires auxquels sont rattachés des critères de performance servant à mesurer le degré d'atteinte de ces objectifs ;
- Tous les objectifs ne peuvent être atteints simultanément, car certains sont en opposition avec d'autres ;
- Il en résulte donc des arbitrages importants qui sont effectués à partir de la stratégie des opérations et de la stratégie globale de l'entreprise.

II.4.5.2- Les étapes de l'ordonnancement :

La fonction « ordonnancement » doit définir un planning de travail pour les ateliers de telle sorte que les dates planifiées de mise à disposition des produits à fabriquer soient respectées. Ce planning doit assurer une bonne utilisation des ressources de production en évitant les périodes d'inactivité et en optimisant les temps de réglage des machines.

L'ordonnancement comprend 5 étapes principales qui peuvent être regroupées en trois phases : la planification, l'exécution et le contrôle.

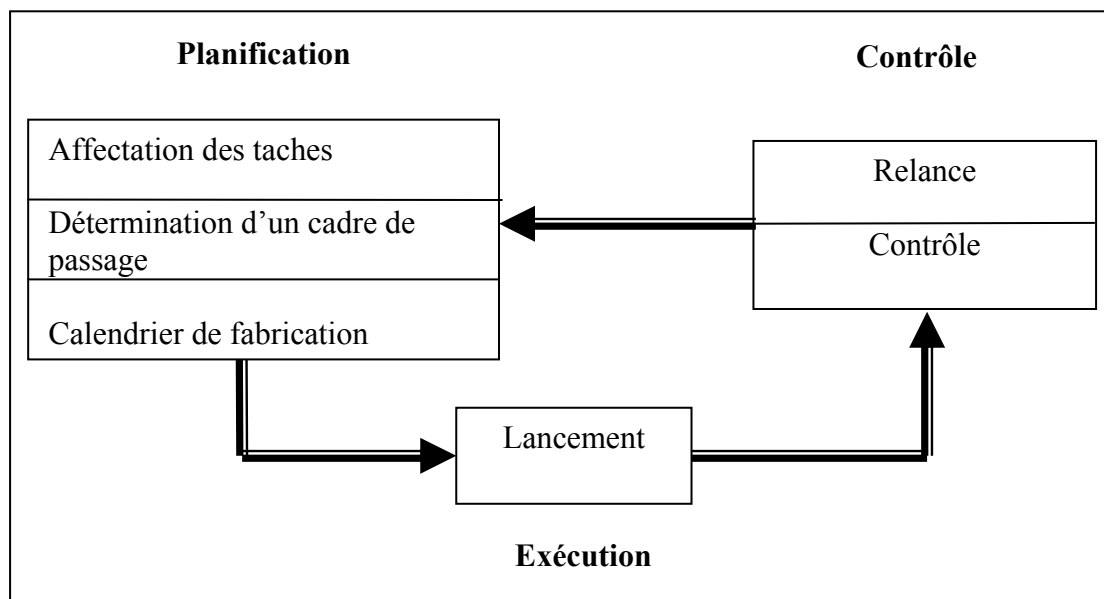


Fig II.9 : Les étapes de l'ordonnancement

II.4.5.3- Les types d'ordonnancement :

❖ **Ordonnancement centralisé :**

Dans le cas de ce type d'ordonnancement, le problème est traité à priori par le service d'ordonnancement qui définit le plan de charges des ateliers. La fonction ordonnancement est alors accompagnée d'une fonction de contrôle de fabrication par le jeu de fiches suiveuses des lots.

Les méthodes utilisées peuvent être :

- D'une part, de nature statique, en ce sens que les opérations et leurs paramètres sont donnés à priori et qu'il s'agit d'optimiser une fonction objective (délai ou coût).

- D'autre part, elles peuvent être de nature dynamique, reposant sur la théorie des files d'attente et les modèles de simulation.

Ce type d'ordonnement a l'avantage de proposer un planning d'atelier très complet, mais a l'inconvénient de centraliser la prise de décision.

❖ **Ordonnement décentralisé :**

Une autre manière de traiter le problème d'ordonnement d'atelier est d'en partager le traitement entre le service ordonnancement et les opérationnels. Il y a alors enrichissement des tâches au niveau de ces derniers par l'intégration d'une partie du travail administratif que constitue la programmation de très court terme de l'activité des ateliers. Il y a également une amélioration de la flexibilité du système de production par une gestion des priorités qui tend à s'effectuer en temps réel.

Dans un ordonnancement décentralisé, la décision est prise en fonction d'informations sur les lots en attente devant un poste de charge sans avoir à considérer la situation des autres files d'attente.

Cette solution a l'avantage de réduire les délais de réalisation, mais a l'inconvénient de ne pas régler le problème de la gestion des capacités des postes et de ne pas fournir un planning d'atelier de synthèse.

II.4.5.4- Solution des problèmes d'ordonnement :

Les problèmes d'ordonnement sont en général de telle taille qu'il est difficile de les résoudre par des méthodes théoriques. On distingue, d'une part, les méthodes de l'optimisation et de la recherche d'algorithmes performants et d'autre part, des méthodes non optimisantes mais satisfaisantes basées sur une logique plus heuristique.

II.5- LES OUTILS DE PLANIFICATION :

Gérer une production consiste à organiser les flux physiques des produits au travers des moyens de production, il s'agit donc, d'organiser les moyens physiques,

et cela sur la base de choix d'une typologie de production, de telle sorte que chaque type de production a ses problèmes spécifiques. Le schéma de la figure II.10, montre les problèmes de contingence posés.

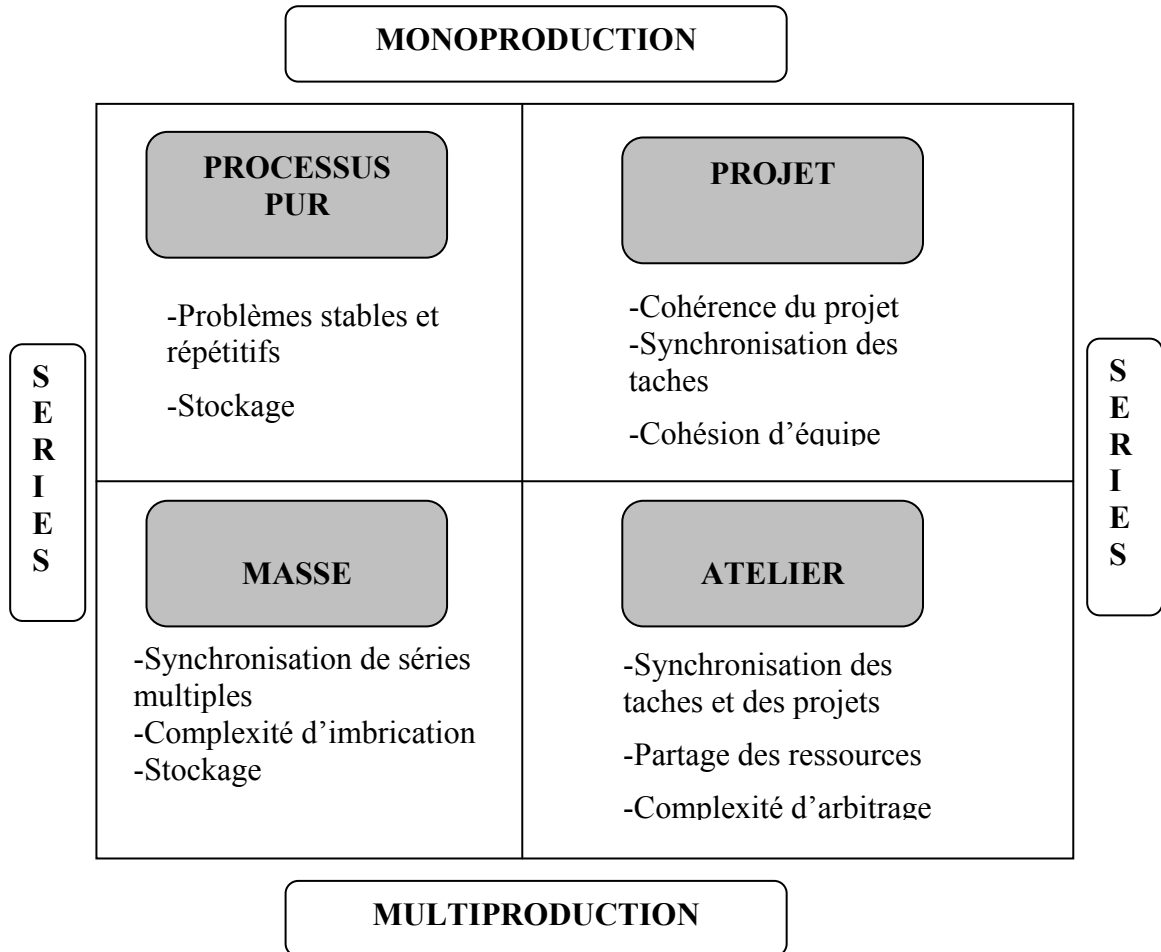


Fig II.10 : Types de production et problèmes spécifiques [35]

Pour répondre aux problèmes de production posés ci-dessus, des outils différents de planification ont été développés. Les outils employés peuvent se regrouper en deux grandes familles selon le principe de base qu'elles utilisent. On distingue:

- Les méthodes à chemin critique : **PERT, Potentiel**
- Les méthodes du type diagramme à barres: **GANTT**

Ces outils cherchent à modéliser la complexité opératoire à travers la représentation des tâches à exécuter et leurs liaisons.

II.5.1- Outil P.E.R.T (Program Evaluation and Review Technical) : ou technique d'établissement et de remise à jour des programmes.

II.5.1.1- Définition :

Le P.E.R.T. est une méthode consistant à mettre en ordre, sous forme de réseau, plusieurs tâches qui, grâce à leur dépendance et à leur chronologie, concourent toutes à l'obtention d'un produit fini. Ce type d'outil systématiquement utilisé pour des projets de construction, est couramment utilisé dans l'entreprise pour régler des problèmes d'organisation, d'ordonnancement, de mise en place d'un système d'information, ou de modifier l'implantation d'un site, ou l'implantation d'un équipement de tri automatique...

II.5.1.2- Les étapes de construction d'un réseau PERT :

Pour élaborer et exploiter un réseau PERT, il convient d'effectuer chronologiquement les étapes suivantes :

1- Etablissement d'une liste de tâches (précise et détaillée)

Cette étape consiste à :

- ↳ Donner la liste exhaustive des tâches à exécuter.
- ↳ Evaluer la durée des tâches et déterminer les ressources nécessaires pour les accomplir.
- ↳ Codifier les tâches pour faciliter la construction du réseau (A, B, C, D,...)

2- Détermination des conditions d'antériorités des tâches

En répondant aux questions suivantes :

- ↪ Quelle(s) tâche(s) doit être terminée immédiatement avant qu'une autre ne commence ?
- ↪ Quelle tâche doit suivre une tâche connue?

3- Tracer le réseau PERT

Un réseau est constitué par des **étapes** et des **tâches**.

On appelle **étapes** le commencement ou la fin d'une tâche symbolisée par un cercle numéroté.

On appelle **tâche** le déroulement dans le temps d'une opération symbolisé par un arc sur laquelle seront indiqués l'action à effectuer et le temps de réalisation de cette tâche.

Pour alléger le réseau PERT, on attribue à chaque définition une lettre alphabétique.

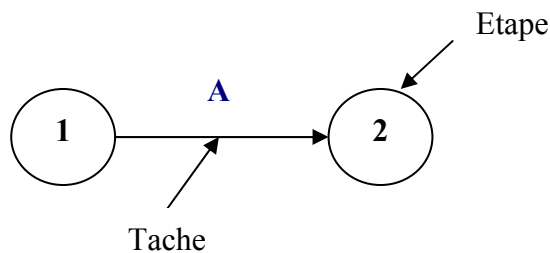


Fig II.11 : Etape et tache

Les tâches, suivant leur disposition dans un réseau, peuvent être: successives, simultanées ou convergentes

Les tâches sont **successives** lorsqu'elles se déroulent les unes après les autres, séparées par des étapes.

Les tâches sont **simultanées** lorsque plusieurs d'entre elles peuvent commencer en même temps, en partant d'une même étape. Si 2 tâches partent d'une même étape pour aboutir à une même étape, on doit créer une étape **fictive** et une tâche fictive (pointillée).

Les tâches sont **convergentes** lorsque plusieurs d'entre elles aboutissent à une même étape.

4- Calculer les dates des tâches et déterminer le chemin critique

Pour représenter le graphe on utilisera la convention suivante:

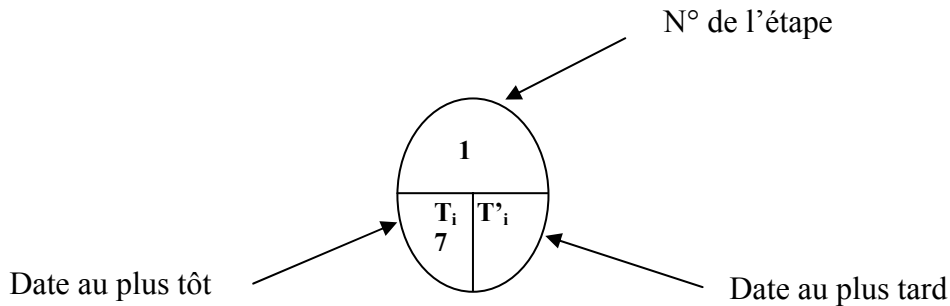


Fig II.12 : Caractéristiques d'une étape

- ❖ **Le chemin critique:** c'est le chemin dont la succession des tâches donne la plus longue durée d'exécution. Sur le diagramme PERT, il est marqué par des traits gras. Aucun incident sur ce chemin n'est tolérable.
- ❖ **La date au plus tôt (Earliest Starting Time):** c'est le délai nécessaire pour atteindre une étape déterminée. C'est le chemin critique (le plus long de tous) conduisant de l'étape initiale à l'étape considérée;

- a) on affecte à l'entrée $T_e = 0$
- b) pour un sommet (j), on calcule la date au plus tôt (T_j), en posant :

$$T_j = \max \{ T_i + D_{ij} \} \text{ avec } i = \text{antécédent de } j$$

$$D_{ij} = \text{durée de l'arc } (i,j)$$

$$T_i = \text{date au plus tôt du sommet } i$$

$$T_j = \text{date au plus tôt du sommet } j$$

$$T_s = \text{durée minimale de réalisation de l'ouvrage}$$

- ❖ **La date au plus tard (Latest Starting Time):** c'est la date limite à laquelle doit être atteinte l'étape considérée pour que le délai global du projet ne soit pas modifié.

Date au plus tard = durée minimale de réalisation de l'ouvrage – les dates au plus tôt dans le graphe inversé

- ❖ **Les tâches critiques :** ce sont les tâches dans lesquelles les dates au plus tôt et les dates au plus tard sont **égales**

Tâches critiques : \longleftrightarrow Date au plus tôt = date au plus tard

- ❖ **Intervalle de flottement (IF) d'un sommet** : le flottement d'une activité est la différence entre la date au plus tard et la date au plus tôt

$$\text{IF} = \text{date au plus tard} - \text{date au plus tôt} = T'i - T_i$$

5- Calculer les marges :

Pour calculer les marges on utilise les conventions suivantes :

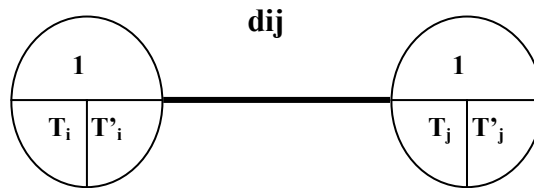


Fig II.13 : Définition des marges

Sur le diagramme PERT, on distingue les marges suivantes :

- ↵ **Marge libre (ML)** : Marge dont on peut disposer sans réaction sur les marges des autres tâches

$$\text{ML} = T_j - T_i - D_{ij}$$

- ↵ **Marge total (MT)**

$$\text{MT} = T'_j - T_i - D_{ij}$$

- ↵ **Marge certaine (MC)**

$$\text{MC} = T_j - T'_i - D_{ij}$$

II.5.1.3- Quelques extensions de la méthode P.E.R.T :

1- La méthode PERT-coût : cette méthode consiste à moduler l'efficacité technique par le critère **coût**. On recherche les coûts correspondant à un ensemble de tâches homogènes.

- Coûts de la main d'œuvre,
- Coûts directs liés au travail,
- Coûts indirects liés au travail.

Elle suppose que le coût direct d'une opération croît avec la diminution de sa durée d'exécution. En effet, plus l'on souhaitera accélérer une opération, plus il sera nécessaire

de faire appel à de la main d'œuvre complémentaire, de débloquer des heures supplémentaires,...

Cependant, la recherche du moindre coût direct de production, se traduit par un allongement de la durée opératoire de chaque tâche, et par une augmentation du risque de dépassement du délai pour la livraison de projet. Ce dépassement peut être sanctionné par des pénalités de retard, et d'une manière plus générale entraîne un accroissement du coût de gestion et de suivi de projet.

Le coût global du projet, se calcule en faisant la somme des différents coûts de tous les groupes de tâches intermédiaires

La confrontation sur un même graphique de ces deux courbes est présentée sur la figure ci-dessous.

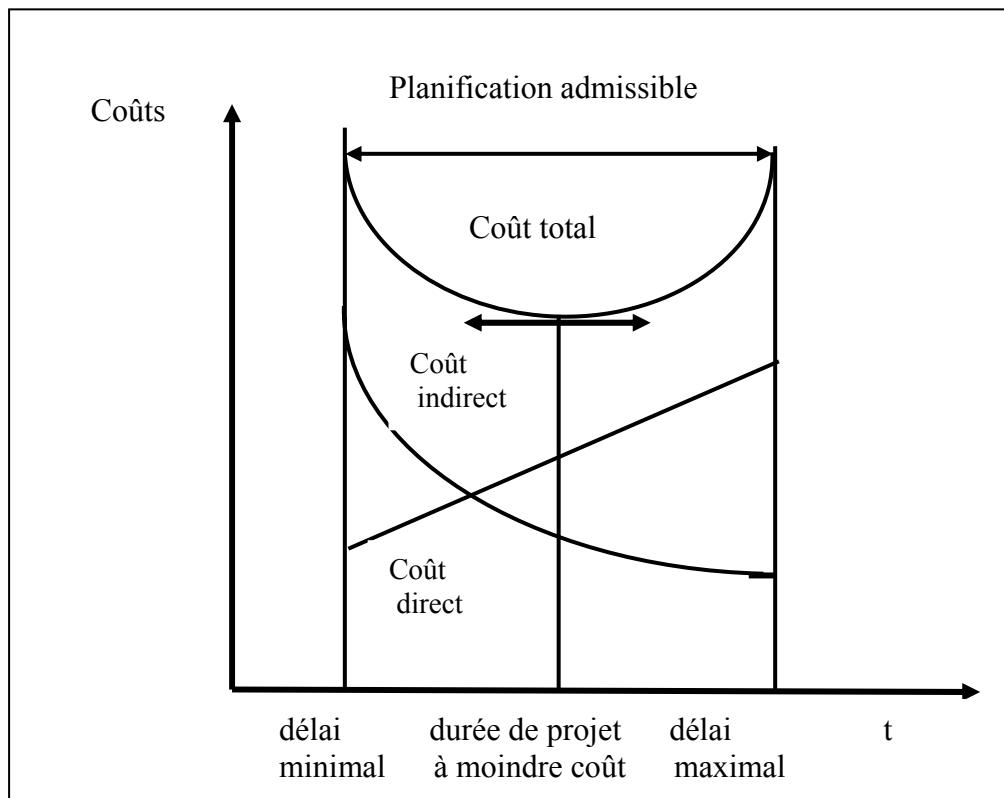


Fig II.14 : les différents coûts liés aux tâches [35]

La durée de la planification se situe entre deux bornes acceptables qui sont les durées minimales (liées aux contraintes techniques) et maximales du projet (liées aux contraintes commerciales et financières).

2- La méthode PERT-probabiliste : cette méthode consiste à inclure le risque et l'incertitude de chaque tâche utilisée pour des projets à forte incertitude. L'estimation de l'incertitude est établie à partir d'enquêtes faites auprès de différents experts dont l'expérience ou l'intuition sont reconnues comme pertinentes.

On s'aperçoit que, bien souvent, la courbe des temps correspondant à une tâche particulière à la forme suivante:

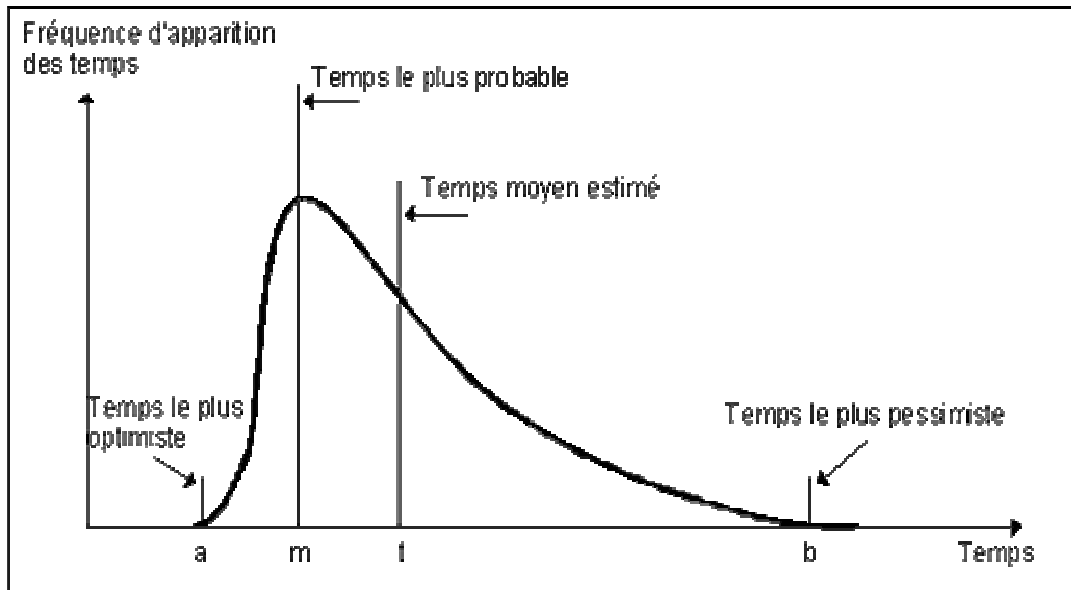


Fig II.15 la courbe des temps [6]

❖ **Calcul des paramètres :**

1- Détermination de la loi de probabilité attachée à chaque étape :

Pour la durée de chaque tâche, on peut ainsi définir:

- **a :** évaluation vraisemblable du délai de réalisation le plus faible (le temps le plus optimiste) ;
- **m :** évaluation vraisemblable du délai de réalisation le plus probable (le temps le plus probable) ;
- **b :** évaluation vraisemblable du délai de réalisation le plus fort (délai pessimiste).

2- Calcul pour chaque tâche i:

- La durée probable $d(i)$: temps moyen de la tâche si elle était répétée un grand

nombre de fois :
$$d(i) = \frac{a + 4m + b}{6}$$

- L'écart type $\sigma = \frac{(b-a)}{6}$
- La variance : $v(i) = \sigma(i)^2$

3- Calcul pour chaque chemin :

- La durée probable de réalisation d_c : $d_c = \sum_i d_i$
- La variance estimée : $v(i) = \sum_i \sigma(i)^2$
- L'écart type estimé : $\sigma_c = \sqrt{\sum_i \sigma^2}$

Si le nombre d'opérations sur le chemin critique est grand ($n > 20$), alors la loi qui suit la durée totale de réalisation peut être approchée par une loi normale $N(D_C, \sigma_c)$.

La probabilité de réaliser les tâches du chemin critique dans une durée prévisionnelle fixée à D_0 est alors :

$$prob(D < D_0) = \pi \left(T \leq \frac{D_0 - D}{\sigma_c} \right)$$

Où T est la variable normale centrée réduite ($T \approx N(0,1)$) et π sa fonction de répartition.

II.5.2- La méthode des potentiels :

La méthode des potentiels, développée en France dans les années 60, et qui associe à chaque tâche un nœud du réseau, tandis que les relations d'antériorités sont représentées par des arcs entre les tâches qui sont visualisées par des rectangles.

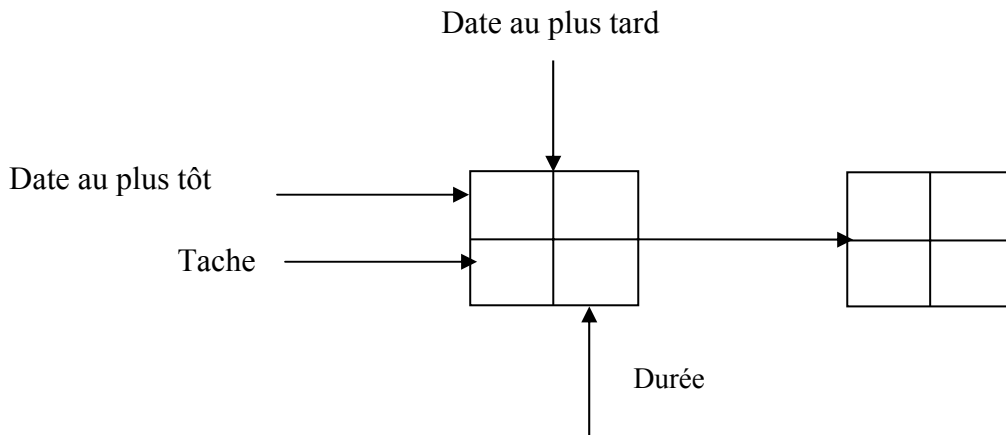


Figure II.16 : Graphe de la méthode des potentiels

Algorithmiquement, les deux méthodes de résolution (PERT et Potentiels) sont équivalentes, mais la seule différence est que la Méthode des potentiels permet de construire le graphe ou le réseau de manière systématique (sans ajouter d'arc fictif).

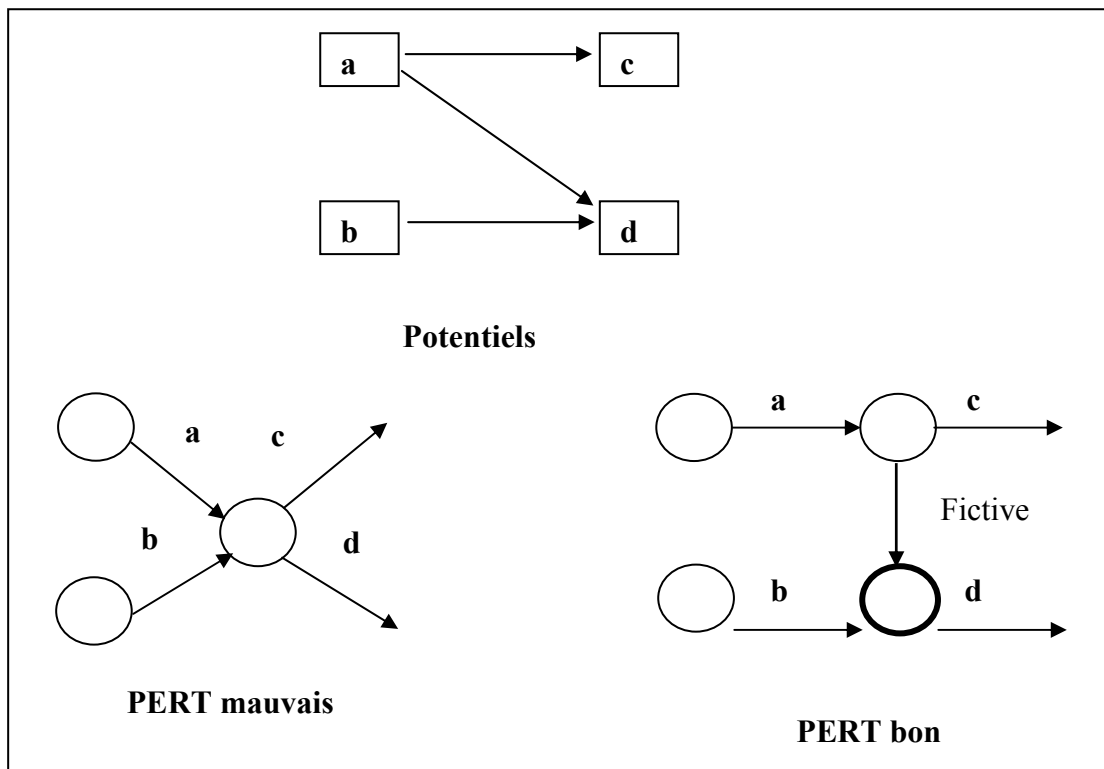


Fig. II.17 Différence entre PERT et Potentiel

Donc, il est certain que la méthode des potentiels facilite le tracé du réseau et permet une grande souplesse dans l'emploi des contraintes de début à début, par l'introduction de délais négatifs.

II.5.3- Diagramme de Gantt :

II.5.3.1- Définition :

Le diagramme de Gantt est un outil qui permet d'assurer la surveillance des délais d'exécution et de suivre l'évolution des opérations à effectuer.

II.5.3.2- Méthodologie :

Le principe du diagramme de Gantt est de représenter les opérations et leur localisation temporelle (date de début, date de fin et déroulement) par des traits dont la longueur, compte tenue de l'échelle des temps choisie, est égale à la durée de l'opération et dont la position correspond selon l'axe des temps à la localisation de cette opération. La mise en œuvre de techniques de planification nécessite que :

- Les tâches soient identifiées ;
- Les tâches soient quantifiées en terme de délais, de charges ou de ressources ;
- La logique de l'ensemble des tâches ait été analysée.

Ces éléments sont issus de l'analyse d'un projet, qui se situe en amont de la planification. Afin de mener à bien la réalisation de cet outil, il faut donc procéder comme suit :

- ☞ **Déterminer et structurer la liste des tâches à réaliser pour mener à bien le projet :** cette identification peut se faire par des techniques comme le Brainstorming ou les groupes nominaux. La liste obtenue doit être ensuite structurée : on tente de regrouper les tâches, de les hiérarchiser par lots de travail.
- ☞ **Estimer les durées et les ressources :** il faut remplir un tableau présentant, pour chaque tâche, la durée de celle-ci et les ressources affectées. L'unité de temps pour exprimer la durée est fonction du type de projet réalisé.
- ☞ **Réaliser le réseau logique :** le réseau doit reprendre les hypothèses de priorités des tâches. Il se présente souvent sous la forme de tâches reliées entre elles par des liens logiques. Pour chaque tâche, il est primordial de trouver les

- ↪ relations d'antécédence et de succession. Une fois le réseau tracé, on retrouvera la chronologie du projet
- ↪ **Tracer le diagramme de Gantt** : Avec en abscisse l'échelle de temps et en ordonnée la liste des tâches, il faut tracer un rectangle d'une longueur proportionnelle à sa durée, le tout suivant la logique d'ordre d'exécution du réseau. Il peut apparaître des tâches se réalisant pendant la même période. En effet, c'est un peu le but recherché car plus les tâches pourront se faire simultanément plus la durée du projet sera courte et plus le coût du projet risque de baisser. Il faut toutefois vérifier la disponibilité des ressources en regardant dans le tableau d'affectation, les ressources utilisées plusieurs fois.

Donc, à partir du réseau de PERT, on peut dresser le diagramme de Gantt qui établit le planning des opérations.

Conclusion au chapitre II :

L'objectif de ce chapitre porte sur l'analyse et la présentation des spécificités et des concepts de base de la planification.

Après avoir établi cette présentation, nous avons passé en revue les principaux outils utilisés pour une planification efficace. Cette étude nous a permis de noter l'importance de ces derniers, surtout pour l'évolution de l'entreprise

Autrement dit, il s'agit d'informer, notamment, les dirigeants des entreprises sur l'importance des concepts et des outils de la planification qui vont aider les décideurs à mieux réfléchir et à mieux agir pour un meilleur pilotage de l'entreprise.

Chapitre III :

Contrôle et Diagnostic de la production

III.1- CONTROLE DE LA PRODUCTION

Introduction

III.1.1- Définition du contrôle de la production

III.1.2- Les formes de contrôle existantes

III.2- DIAGNOSTIC DE LA PRODUCTION

III.2.1- Définition du diagnostic de la production

III.2.2- Classification des méthodes de diagnostic

III.2.3- Gestion du diagnostic

III.3- LES OUTILS DE CONTROLE ET DU DIAGNOSTIC DE LA PRODUCTION

III.3.1- L'outil : Poka Yoké

III.3.2- L'outil Maîtrise Statistique des Procédés MSP

III.3.3- La capacité

III.3.4- Les cartes de contrôle

Conclusion au chapitre III

III.1- LE CONTROLE DE LA PRODUCTION :

Introduction :

Dans l'évolution économique actuelle, le contrôle de la production devient un des objectifs essentiels des responsables. A partir du contrôle, la qualité contribue fortement à la promotion de l'image de marque de l'entreprise. En revanche, son défaut précipite sa détérioration. De plus, l'existence dans les produits de vices cachés peut engager gravement la responsabilité de l'entreprise sur les plans financiers et pénaux. En outre, le but du contrôle de la production est d'assurer la stabilité de la qualité de la production à un niveau fixé dans le cadre de la politique de qualité de l'entreprise.

III.1.1- Définition du contrôle de la production:

On peut définir le contrôle de la production comme suit : « *ensemble d'opérations qui permettent de vérifier que les matériels, les produits et l'environnement sont conformes aux spécifications préétablies, et effectuées selon un programme définissant les paramètres à contrôler, la périodicité des contrôles, la qualification du personnel et ses responsabilités* ».

III.1.2-les formes de contrôle existantes :

Dans tous les cas, une livraison, quelle que soit sa nature, doit systématiquement être soumise à un **contrôle de réception**. En outre, la fabrication locale nécessite un **contrôle en cours de fabrication**. Le produit fini exige un **contrôle final** avant la livraison et au suivi en exploitation (service après vente, maintenance, etc.)

III.1.2.1- le contrôle de réception :

❖ *Qu'est ce que le contrôle de réception ?*

Le contrôle de réception ou contrôle statistique des lots est un domaine important du contrôle statistique de la qualité. Il s'applique à un lot **complet** et **homogène**. Ses objectifs sont :

- Décider l'acceptation ou le rejet d'un lot
- Comparer la qualité des lots provenant de plusieurs fournisseurs
- Pour une série de lots, apprécier le niveau de qualité de la fabrication pour adoucir ou durcir les règles de contrôle

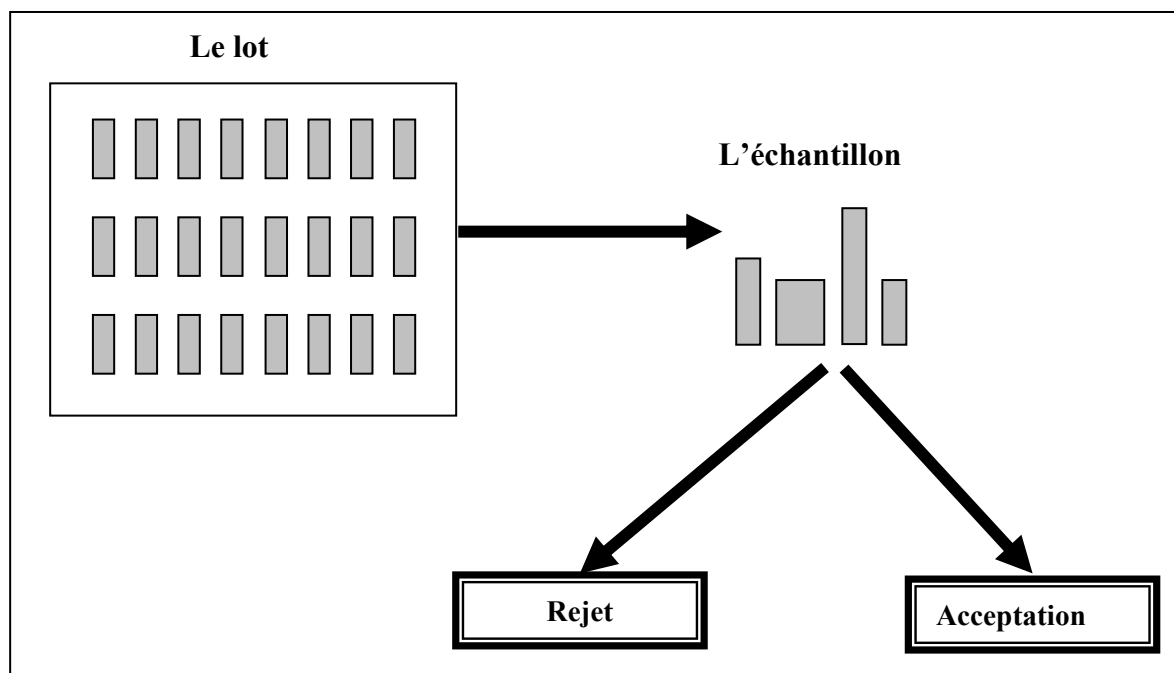


Fig III.1 : Principe du contrôle de réception

❖ **Domaines d'application** : il est appliqué :

- ↪ Sur des lots constitués de produits susceptibles d'être individualisés,
- ↪ Sur des productions venant d'organismes extérieurs ou d'autres départements de l'entreprise,
- ↪ Se situe :
 - Lors d'une livraison d'un fournisseur
 - Avant passage d'une opération de production à la suivante
 - Avant livraison à un client
- ↪ Consiste en :
 - **Contrôle à 100 % (recensement)** : il est obtenu par une vérification systématique de tous les individus. Ce genre de contrôle donne en principe plus de sécurité, par contre, il est plus long et par conséquent, plus onéreux. En revanche, il présente l'inconvénient majeur de ne pas être envisageable dans le cas d'un contrôle exigeant la destruction des pièces à contrôler.
 - **Contrôle par échantillonnage** : il est effectué sur un échantillon prélevé au hasard dans le lot. D'une part, il présente l'avantage d'être moins long et par conséquent moins coûteux, d'autre part, il s'impose dans le cas du contrôle demandant la destruction des pièces.

❖ **Les types de contrôle :**

Dans tous les cas, il s'agit de contrôler la proportion d'individus non conformes. On distingue deux types de contrôle:

1-Le contrôle par attribut :

L'un des objectifs de ce type de contrôle est l'acceptation ou le refus d'un lot selon les critères du plan de contrôle établi à l'avance par les parties concernées. Toutefois, il faut remarquer que l'on ne peut pas faire une estimation du niveau de qualité du produit et le situer par rapport à une qualité minimale et maximale limite.

Le principe de ce contrôle consiste à soumettre un échantillon de taille (n) à un contrôle selon deux critères, l'un d'acceptation et l'autre de rejet.

Si l'on établit un nombre (N) de défectueux maximum (Ac) à partir duquel on refuse le lot, on établit les critères suivants :

- ↪ Si $N \leq Ac$ on accepte le lot
- ↪ Si $N > Ac$ on refuse le lot

Cela se traduit par la détermination de la taille de l'échantillon à prélever et le pourcentage maximum de défectueux à tolérer qui conduit à l'acceptation du lot contrôlé.

❖ **La courbe d'efficacité :**

La décision d'accepter ou de rejeter le lot est basée sur un test. L'efficacité du plan est donc traduite par la courbe d'efficacité du test, c'est-à-dire, par la probabilité (P_{Ac}) d'accepter le lot sachant que la proportion de non conformes est (p).

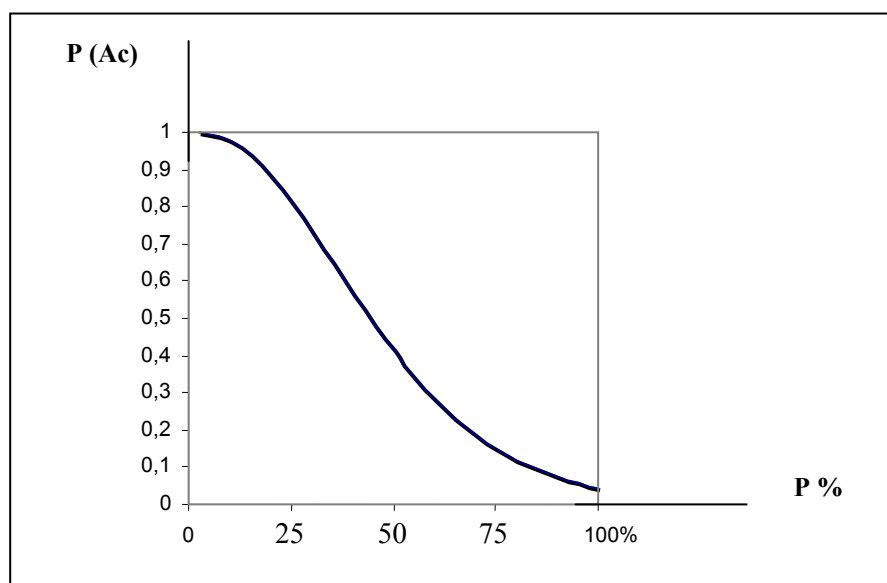


Fig III.2 : Courbe d'efficacité [6]

Dans le cas d'un échantillonnage simple, la courbe d'efficacité est déterminée à partir d'une loi binomiale, soit :

$$P = \sum_{K=0}^{k=Ac} C_n^k P^k (1-P)^{n-k}$$

Avec :

P : la probabilité d'acceptation ou de rejet de l'échantillon

n : la taille de l'échantillon

K : le nombre de défectueux

Ac : critère d'acceptation

A partir de ce raisonnement, on peut déterminer la probabilité de trouver (K) pièces défectueuses dans l'échantillon prélevé de taille (n).

Pour $K = n$, la probabilité de trouver n pièces défectueuses est :

$$P(k) = \sum_{K=0}^{k=Ac} C_n^k P^k (1-P)^{n-k}$$

Par conséquent, la probabilité de trouver au plus Ac pièces défectueuses est égale à :

$$P(X \leq Ac) = \sum_{K=0}^{k=Ac} C_n^k P^k (1-P)^{n-k}$$

2-Contrôle par mesure :

La condition nécessaire et suffisante pour pouvoir pratiquer ce type de contrôle est la mesure du caractère à apprécier. La décision d'acceptation ou de rejet est prise sur la base de la moyenne arithmétique et de la dispersion qui en découle. La connaissance de la distribution de la moyenne d'échantillon permet la construction de la courbe d'efficacité.

❖ Principe de contrôle par mesure :

Nous introduisons tout d'abord, quelques notations et hypothèses de base, sur lesquelles est fondé le contrôle par mesure :

- Soient N , le nombre total d'individus du lot et n , le nombre d'unités à prélever dans le lot pour effectuer le contrôle par échantillonnage. On suppose que N est beaucoup plus grand que n pour pouvoir assimiler la population à une population infinie.
- Soient X , la caractéristique mesurée pour évaluer la conformité des individus du lot et $X_1, X_2 \dots X_n$ les valeurs prises par cette caractéristique pour chaque unité de l'échantillon.

La variable mesurée obéit à une loi normale de moyenne \bar{X} et d'écart type δ estimé respectivement par :

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

- On convient que le client et le fournisseur se sont entendus sur des limites de spécification (ou limites de tolérance), c'est-à-dire, des limites à l'intérieur desquelles, le produit est considéré comme conforme et à l'extérieur desquelles, il est considéré comme non conforme. Nous noterons ces limites

↪ **Tolérance supérieure Ts**

↪ **Tolérance inférieure Ti**

- Soit, la proportion (inconnue) de produit non conforme définie par :

$$\pi = P(X < Ls) + P(X > Li)$$

- Le fournisseur définit une valeur π_a du pourcentage de produit non conforme sous laquelle, il juge que le lot ne peut être refusé que très rarement. Il définit également α la probabilité maximum de devoir refuser un lot qui a une proportion de non conforme plus petite ou égale à π_a . Ceci se note :

$P(\text{Refuser un lot} / \pi \leq \pi_a) \leq \alpha$, avec α le risque du fournisseur qui est en général de l'ordre de 5 à 10%.

- Le client définit une valeur π_b du pourcentage de produit non conforme au-delà de laquelle il juge que le lot ne peut être accepté que très rarement. Il définit également β la probabilité maximum de devoir accepter un lot qui a une proportion de non conforme plus grande ou égale à π_b . Ceci se note :

$P(\text{accepter un lot} / \pi \geq \pi_b) \leq \beta$, avec β le risque client qui est en général de l'ordre de 5 à 10%.

Construire un plan d'échantillonnage, consiste à choisir une taille d'échantillon, une règle de décision d'acceptation et de rejet du lot qui garantissent que la courbe d'efficacité associée passe par les couples $(\pi_a, 1 - \alpha)$ et (π_b, β)

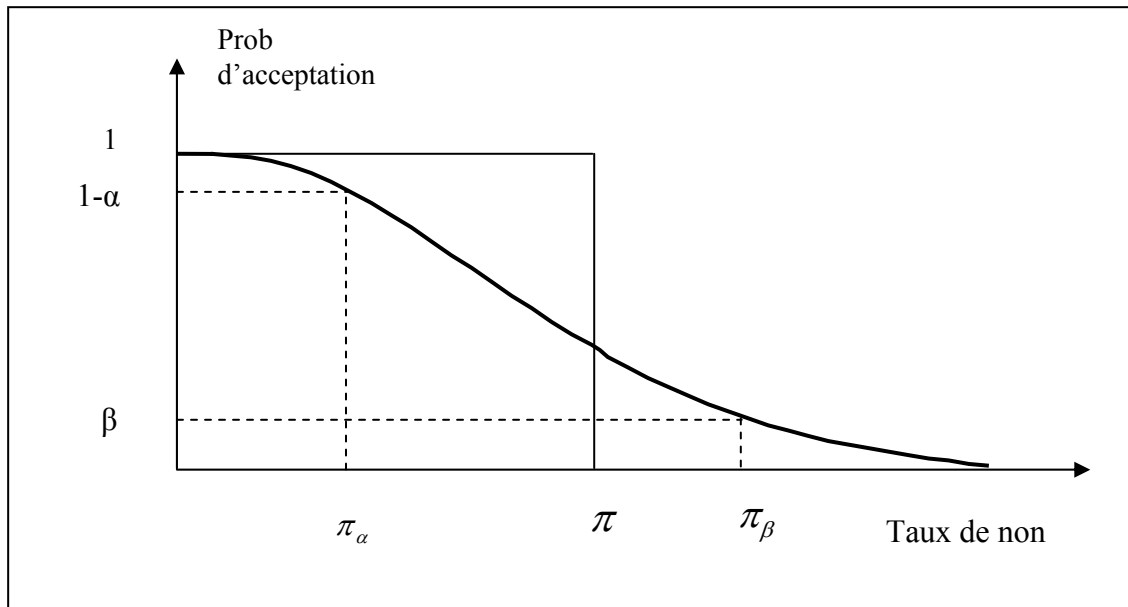


Fig III.3 : Courbe d'efficacité d'un plan d'échantillonnage [6]

❖ **Choix d'une règle de décision**

La règle de décision d'acceptation ou de rejet du lot pour un contrôle par mesure est en général basée sur la moyenne arithmétique de la caractéristique estimée sur la base de l'échantillon plutôt que sur la base d'une estimation du taux de non conforme.

Si une limite de spécification supérieure T_s est présente, la règle de décision pour un plan simple à σ connu sera la suivante :

$$\begin{cases} \text{Acceptation du lot si } \bar{X} + kS \leq T_s \\ \text{Rejet du lot si } \bar{X} + kS > T_s \end{cases}$$

Une limite inférieure T_i est traitée de manière similaire. La règle de décision devient :

$$\begin{cases} \text{Acceptation du lot si } \bar{X} - kS \geq T_i \\ \text{Rejet du lot si } \bar{X} - kS < T_i \end{cases}$$

Deux paramètres doivent être précisés pour établir le plan : (n) la taille de l'échantillon et (k). Ces deux valeurs sont déterminées en fonction de la courbe d'efficacité désirée pour le plan.

❖ **Plans de contrôle :**

Organiser le contrôle de réception consiste à choisir les systèmes d'échantillonnage et les plans de contrôle en fonction, d'une part, de la qualité qu'on cherche à atteindre, et d'autre part, du coût que l'on entend y consacrer. Le plan de contrôle est défini par :

- ↪ **Le type d'inspection** : il est fonction du caractère à contrôler (qualitatif ou quantitatif)
- ↪ **Effectif de l'échantillon** : c'est un paramètre qui dépend de l'interaction de la taille du lot, et du degré de sévérité du contrôle. Il est évident que pour un contrôle normal, la taille de l'échantillon est plus importante que dans le cas d'un contrôle réduit, en revanche, elle sera moins importante pour un contrôle plus sévère.
- ↪ **L'itinéraire suivant lequel le prélèvement doit être fait** : il peut être simple, double, multiple, continu ou progressif
- ↪ **La relation entre la décision envisageable et les résultats du contrôle**
- ↪ **Le risque fournisseur α** : il correspond généralement à la probabilité pour qu'un lot acceptable soit refusé par les résultats du contrôle.
- ↪ **Le risque client β** : il correspond à la probabilité pour qu'un lot rejetable soit accepté par les résultats du contrôle.
- ↪ **Niveau de qualité acceptable (N.Q.A)** : il correspond au pourcentage maximum de défectueux qu'un lot peut contenir en général, il est sensiblement égal au risque fournisseur α
- ↪ **Niveau de qualité toléré (N.Q.T)** : il correspond au niveau de qualité toléré qui est égal à la proportion réelle de défectueux correspondant au risque client β

En fonction du contexte, on peut appliquer différents niveaux de contrôle. On peut envisager trois niveaux : un contrôle normal, réduit et renforcé comme l'illustre la figure (III.4) :

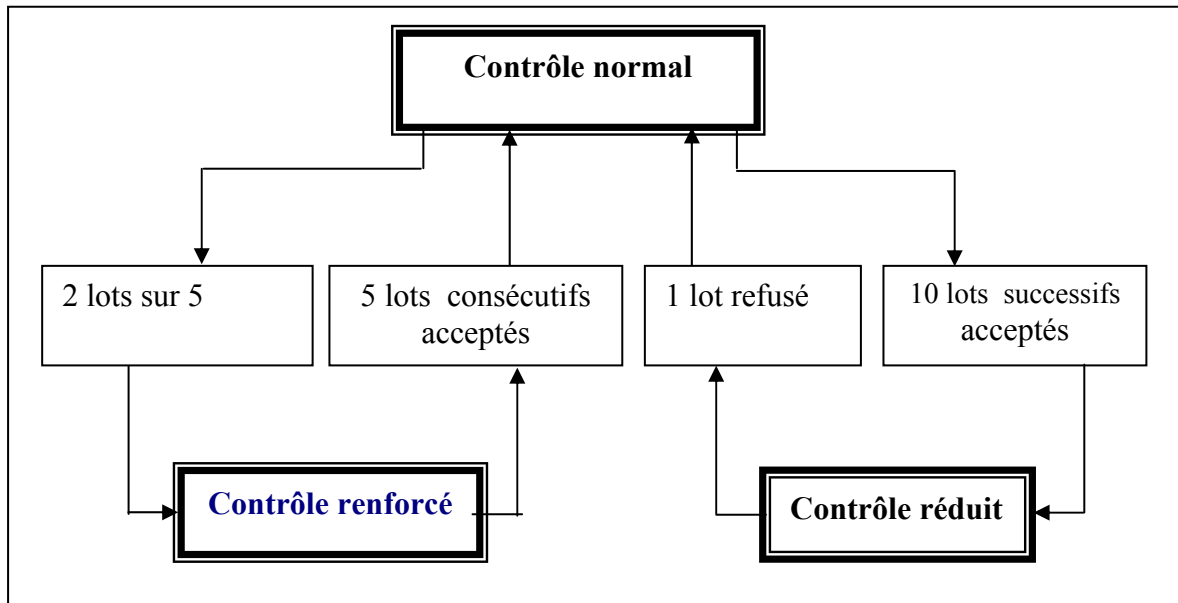


Fig III.4: Niveaux de contrôle [40]

III.1.2.2- le contrôle en cours de fabrication:

Alors que la technique de l'acceptation s'utilise avant ou après une opération de transformation, le contrôle en cours de fabrication s'utilise pendant la fabrication, avant que le lot entier ne soit achevé. Un schéma de contrôle d'un procédé est représenté dans la figure (III.5) :

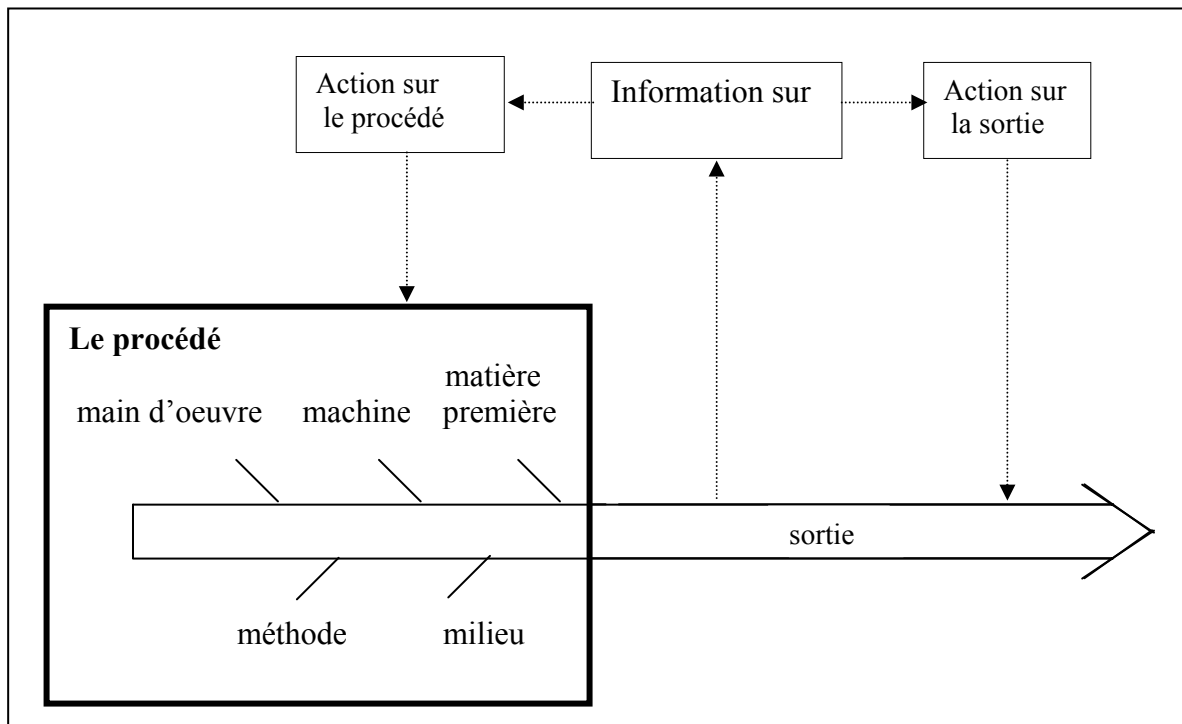


Fig III.5 : Schéma de contrôle d'un procédé [40]

Quatre éléments du système sont importants à définir :

❖ **Le procédé :**

Pour mieux contrôler chaque phase de développement d'un produit, un procédé pourra souvent être décomposé en une chaîne de procédés. Le but ne sera donc plus seulement de satisfaire le client final mais également de satisfaire chaque client interne responsable de la suite des opérations.

Le procédé constitue l'étape élémentaire qui regroupe les personnes, l'équipement, les matières premières, les méthodes et l'environnement qui "travaillent ensemble" pour fabriquer un produit donné. La performance du procédé dépend de la façon dont le procédé a été conçu, ainsi que de la façon dont il est utilisé.

On parle souvent des "5M" pour désigner les différentes composantes d'un procédé : main d'œuvre, machine, matière première, méthode et milieu.

❖ **Information concernant la performance du procédé :**

L'information concernant la performance du procédé se trouve dans les sorties de celui-ci, c'est-à-dire, dans les caractéristiques du produit fabriqué et dans les paramètres ou variables mesurées sur le procédé. Ces paramètres sont par exemple des températures, temps de réaction, pressions, quantités de matières premières consommées.... Le produit peut, par exemple, être caractérisé par sa taille, son poids, son aspect, sa viscosité ou ses propriétés mécaniques pour une matière (plastique par exemple)... Les variables utilisées pour caractériser un produit dépendront de l'usage qui en est fait.

Deux types d'actions sont possibles sur un procédé de fabrication :

❖ **Action sur le procédé**

Elle consiste à tenter de contrôler le procédé pour prévenir la production de produit "hors normes". Ce type d'action peut être de deux types : Changement de conditions d'utilisation du procédé (température de consigne, type de matière première utilisée...) et modification du procédé lui-même (qui entraîne des investissements beaucoup plus importants).

❖ **Action sur le produit**

L'action sur le produit, consiste à détecter si le produit répond aux spécifications après sa fabrication. Cette action coûteuse est toujours

nécessaire mais fortement diminuée quand les actions préventives de contrôle du procédé sont bien menées.

❖ *Variation* : on distingue :

1- Variabilité d'un produit :

Pour utiliser efficacement des données émanant d'un procédé de fabrication, il est important de comprendre et de définir précisément le concept de variabilité.

Deux produits fabriqués ne sont jamais exactement les mêmes, car tout procédé contient de nombreuses sources de variabilité. Que la différence entre deux produits soit petite ou grande, elle est toujours présente. Les sources potentielles de variation peuvent émaner des cinq éléments du procédé décrits dans la figure III.5 : la main-d'œuvre, les machines, les matériaux, les méthodes et le milieu.

2- Causes de variation

Pour contrôler efficacement un procédé et en réduire la variabilité, il est utile de localiser les sources de variation tout au long du procédé de fabrication et d'utilisation d'un produit et d'identifier les causes de ces variations.

Taguchi [9] classe les sources de variation en trois groupes : le bruit variationnel, le bruit externe et le bruit interne.

Deux causes possibles de variation sont définies: les causes normales et les causes spéciales de variation.

3- Sources de variation

Les trois sources de variation localisées par Taguchi sont définies comme suit

- **Bruits variationnels** : ils présentent les variations des conditions de fabrication du produit (température de réaction, qualité des matières premières, débit ...).
- **Bruits externes**: sont des sources de variations externes, difficilement contrôlables, qui affectent la qualité du produit lors de sa fabrication ou de ses performances lors de son utilisation. Ces facteurs de bruit externe peuvent par exemple être la température ou l'humidité ambiante, des fluctuations de voltage de l'alimentation électrique, etc.

- **Bruits internes** : sont les bruits qui affectent les performances du produit lors de son utilisation prolongée. Ils proviennent de l'usure ou du vieillissement dû à la fréquence d'utilisation ou à l'âge du produit.

❖ *Causes normales et causes spéciales de variation*

Les causes normales ou aléatoires reprennent l'ensemble des sources de variations inhérentes à un procédé qui sont présentes même si le procédé est mené exactement de la même manière qu'habituellement. Un procédé qui ne subit que des causes normales de variation est appelé un procédé sous-contrôle statistique.

Les causes spéciales ou assignables de variation se réfèrent à toutes les variations, en général, non prévisibles, dues à des anomalies dans le procédé.

Elles apparaissent quand un événement non prévu dans la marche normale du procédé intervient (impureté dans les matières premières, encrassement d'un réacteur, usure d'une pièce, ...). Ce type de cause a pour conséquence que les caractéristiques du produit ne suivent plus une distribution stable comme l'illustre la figure III.6. Le procédé n'est plus sous contrôle statistique et la distribution des caractéristiques devient imprévisible

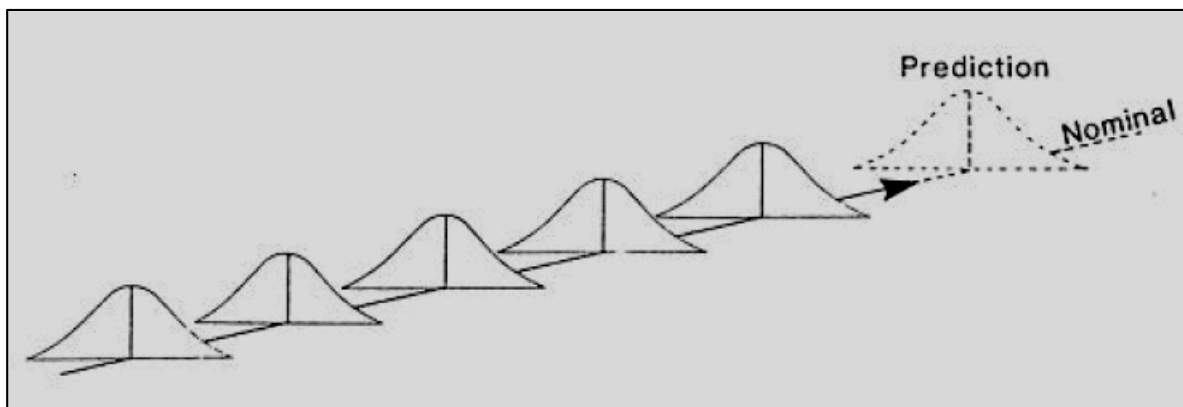


Fig III.6 : Procédé sous contrôle statistique

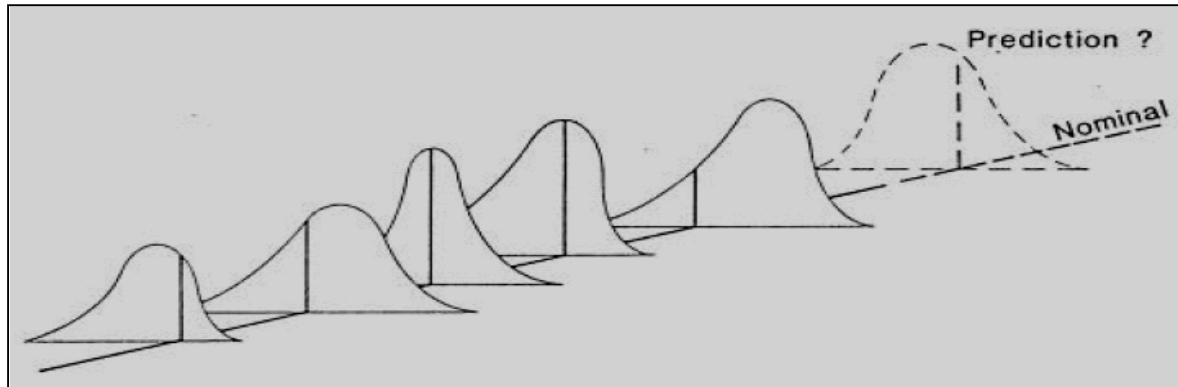


Fig III.7 : Procédé hors contrôle

❖ **Actions pour réduire la variabilité d'un procédé :**

Les actions à mener pour réduire la variabilité d'un procédé sont fonction de chaque type de variation rencontrée.

Les causes spéciales de variation pourront en général être détectées par un opérateur de la fabrication à l'aide d'outils statistiques simples comme les cartes de contrôle.

La carte indiquera à l'opérateur à quel moment le procédé n'est plus sous contrôle et quand il doit intervenir. Dans la plupart des cas, l'ajustement à faire pour éliminer le problème sera local (modification d'une température, d'un débit...) et sera pris en charge par l'opérateur habitué à conduire la fabrication.

L'utilisation d'outils statistiques permet d'éviter un sur ou sous contrôle du procédé qui induit habituellement une augmentation de la variabilité du produit fabriqué.

La variation normale d'un procédé peut en général être bien mesurée par des méthodes statistiques mais les causes sont en général difficiles à cerner. Ce type de variation ne peut pas être imputé à l'opérateur mais souvent au procédé de fabrication lui-même.

❖ **Procédé sous contrôle :**

Un procédé est dit sous contrôle statistique quand les seules sources de variation sont les causes normales de variation ou, en d'autres termes, les distributions des variables qui caractérisent le procédé sont stables dans le temps.

Le but primordial des outils de contrôle de procédé est de signaler quand une cause spéciale intervient, c'est-à-dire, quand le procédé n'est plus sous contrôle

statistique. Il est évidemment souhaitable que ces outils provoquent peu de "fausses alarmes" quand le système ne subit que des variations normales.

Le premier but à atteindre est de mettre un procédé sous contrôle, c'est-à-dire, une grande proportion du produit est dans les limites de spécification. Si ce n'est pas le cas, le procédé doit être revu. Ces différentes étapes sont illustrées dans la figure III.8

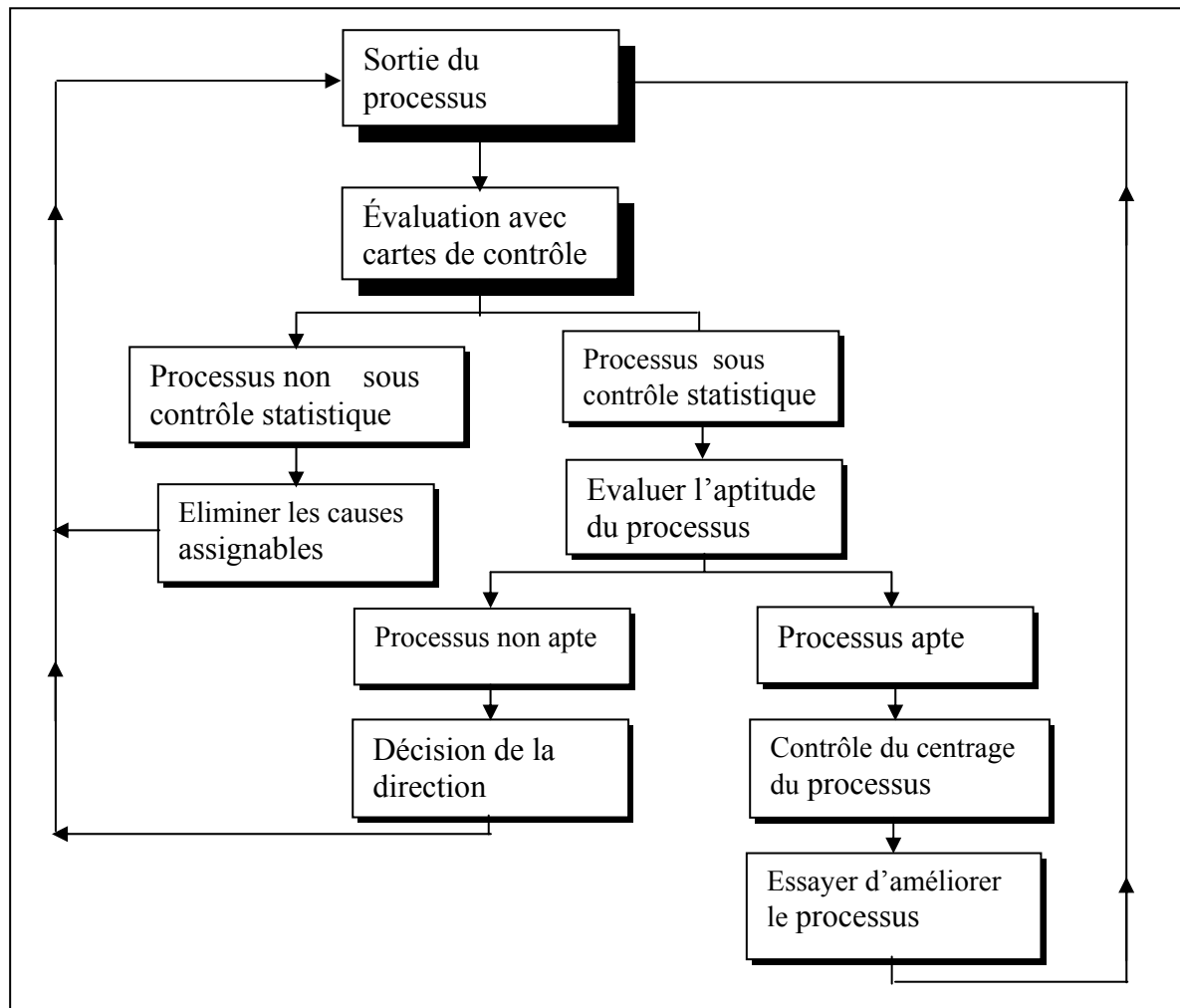


Fig III.8 : Contrôle d'un procédé [30]

III.1.2.3- Le contrôle final de la production :

Le produit fini termine son cycle par un contrôle final qui a pour but de :

- Contrôler tous les produits ;
- Contrôler le bon fonctionnement des ensembles ;
- S'assurer du respect du flux de montage ;
- S'assurer que les produits finis sont exempts de défauts.

III.2- Diagnostic de la production :

Introduction :

Pour assurer la pérennité de l'entreprise, le système de production doit répondre aux exigences de son environnement en termes de qualité, productivité et flexibilité. Mais aussi, il importe de piloter ce système pour éviter que certaines causes ou facteurs mal contrôlables viennent contrarier le fonctionnement normal du système. Ceci s'effectue au moyen du diagnostic qui sera détaillé ci-dessous.

III.2.1- Définition du diagnostic de la production :

A l'origine, le terme diagnostic utilisé dans le domaine médical, ce terme signifie «identification d'une maladie par ses symptômes». D'une manière générale, on peut le définir comme « un jugement porté sur une situation ou sur un état".

Actuellement, la démarche du diagnostic est utilisée dans plusieurs domaines et notamment dans celui de la gestion de la production.

En production, le diagnostic est l'identification de la cause probable de la (ou des) défaillance(s) à l'aide d'un raisonnement logique fondé sur un ensemble d'informations provenant d'une inspection, d'un contrôle ou d'un test.

Il consiste aussi à déceler les points faibles et les points forts d'un système de production, pour améliorer les premiers et exploiter au mieux les seconds. Il conduira à :

- Analyser l'organisation générale de la production;
- Tester le fonctionnement de ses éléments constitutifs;
- Mettre en évidence les défauts pour en déduire les corrections à apporter et la manière de le faire;
- Prendre conscience des déséquilibres entre certains éléments afin d'éviter qu'ils ne se développent.

A cet effet, les responsables doivent:

- Réaliser l'adéquation aussi parfaite que possible entre les objectifs de la production et les ressources (humaines et techniques) dont elle dispose ;
- Assurer la qualité des informations et du respect des procédures.

III.2.2- Classification des méthodes de diagnostic :

La grande diversité des technologies des systèmes industriels (mécanique, thermique, électrique, électronique, numérique...) ne permet pas d'utiliser une méthode universelle, la sélection de la méthode du diagnostic la plus appropriée à un système de production donné ne peut se faire qu'après un recensement des besoins et des connaissances disponibles. Le recensement des éléments indispensables à étudier est le suivant :

- Nature des causes des défaillances à localiser ;
- Connaissance des symptômes associés aux défaillances induites par les causes ;
- Maîtrise des moyens de mesure des symptômes ;
- Maîtrise des moyens de traitement des symptômes ;
- Connaissance des mécanismes physiques entre les causes et les effets.

Les méthodes de diagnostic sont classées suivant trois grandes approches :

- Approche du diagnostic interne/externe ;
- Approche inductive/déductive ;
- Approche orientée mauvais/bon fonctionnement.

III.2.2.1- Approche de diagnostic interne/externe :

Cette approche consiste à séparer le diagnostic interne du diagnostic externe.

- ❖ **Le diagnostic externe :** au sens strict, ces méthodes supposent qu'aucun modèle n'est disponible pour décrire les relations de causes à effets. La seule information dont on dispose est celle relative aux grandeurs d'entrées/sorties du système. Dans cette catégorie, on retrouve toutes les méthodes basées sur l'intelligence artificielle (système expert, réseaux de neurones, reconnaissance des formes,...)

❖ **Le diagnostic interne :** cette catégorie des méthodes est principalement dérivée des techniques utilisées par les automaticiens. Elle repose sur des analyses typologiques ou fonctionnelles détaillées des matériaux.

Elle implique une connaissance approfondie sous la forme de modèles mathématiques qui devront être obligatoirement validés expérimentalement avant toute utilisation industrielle. Elles se regroupent en trois familles :

- Méthodes du modèle ;
- Méthodes d'identification des paramètres ;
- Méthodes d'estimation des paramètres.

III.2.3.2- Approche inductive/déductive :

Cette approche est basée sur le mode de raisonnement utilisé pour remonter à la cause de la défaillance.

Les méthodes inductives du diagnostic correspondent à une approche ascendante où l'on identifie toutes les combinaisons d'évènements élémentaires possibles qui entraînent la réalisation d'un événement unique indésirable (par exemple l'arbre de défaillance)

Pour les méthodes déductives, la démarche est inversée, puisque l'on part de l'événement indésirable et l'on recherche ensuite par une approche descendante toutes les causes possibles (par exemple l'AMDEC)

III.2.2.3- Approche orientée mauvais/bon fonctionnement :

Cette approche vise à séparer les approches utilisables à partir d'expériences de défaillances du processus industriel, des approches applicables aux nouveaux systèmes :

❖ **L'approche Mauvais Fonctionnement (MF) :** les approches mauvais fonctionnement peuvent être assimilées aux techniques du diagnostic externe et interne, reposant sur des analyses de mauvais fonctionnement.

Cette approche s'appuie principalement sur les connaissances suivantes :

- Liste des symptômes ;
- Liste des défaillances ;
- Liens entre les symptômes et les défaillances.

Toute la difficulté de l'approche réside dans l'obtention de ces liens. Elle est basée sur l'exploitation des relations de causes à effets entre les défaillances et les observations et fait appel aux connaissances de dysfonctionnement des systèmes, qui sont extraites d'historique d'exploitation ou d'analyses issues des études de sûreté de fonctionnement (figure III.9)

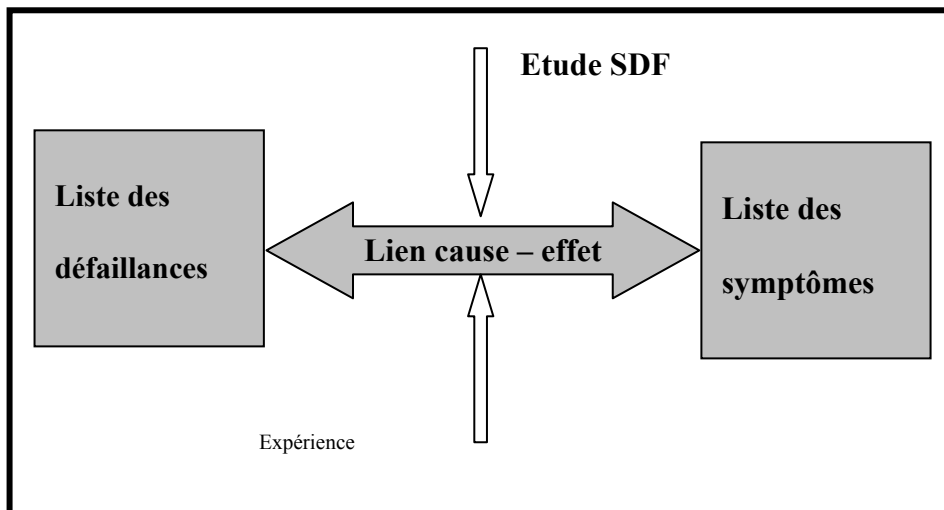


Fig III.9: Principe de l'approche « mauvais fonctionnement » [36]

- ❖ **L'approche Bon Fonctionnement (BF) :** cette approche s'appuie sur une description approfondie du système à diagnostiquer et sur une observation de son comportement, si le comportement diffère du comportement prévu, le problème du diagnostic consiste à déterminer quels composants du système (en les supposant défaillants) peuvent expliquer la différence entre les comportements observés et corrects. Il faut donc déduire une différence de structure à partir de la différence de comportement.

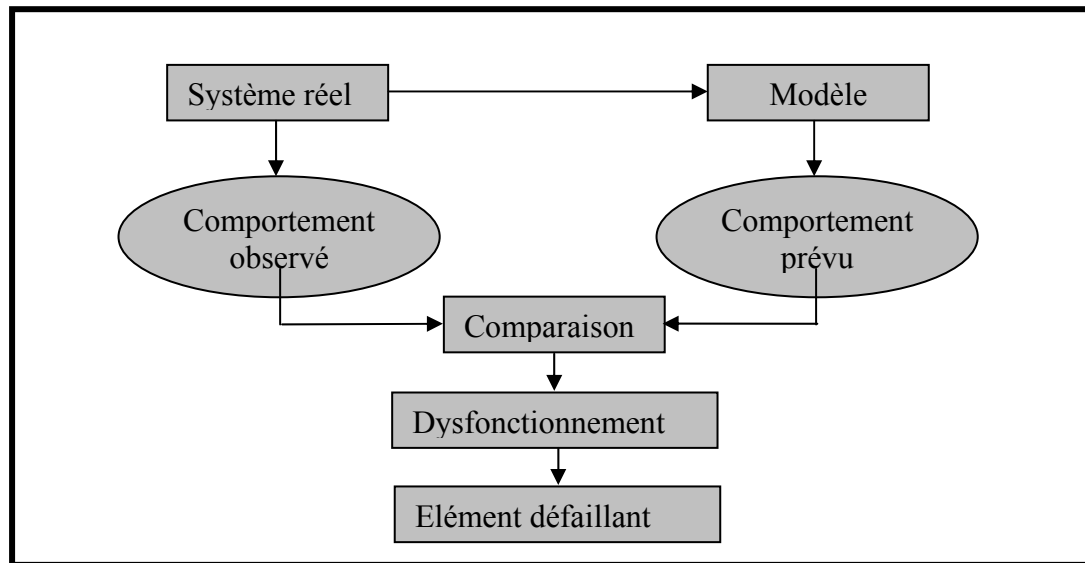


Fig III.10: Principe de l'approche Bon Fonctionnement [36]

Dans cette approche, les symptômes sont listés mais les liens et les défaillances sont déduits à l'aide du modèle comme l'illustre la figure III.10.

A la différence de la première approche, pour résoudre le problème du diagnostic, les seules connaissances que l'on s'autorise sont la description du système et son comportement observé. Le raisonnement se fait à partir des observations disponibles prélevées sur le système réel et de prédictions obtenues par simulation, grâce au modèle du système. Toute différence relevée entre les observations et les prédictions est perçue comme un dysfonctionnement au niveau du système réel.

III.2.3- Gestion du diagnostic :

Pour gérer le diagnostic, la personne ou le groupe concerné doit suivre une méthodologie logique et rationnelle qui comprend certaines phases citées ci-après :

III.2.3.1- Première phase « LA PREPARATION » :

De la qualité de la réalisation de cette phase dépendra l'efficacité du diagnostic. La préparation consiste essentiellement en une collecte d'informations et une action psychologique.

❖ Collecte d'informations : elle concerne :

↳ L'entreprise, c'est à dire :

- l'organisation générale (structure)
- les résultats et la rentabilité
- les documents commerciaux

- les documents administratifs
- les documents généraux (règlement intérieur, journal d'entreprise,...)

↪ **La production, c'est à dire :**

- Les résultats en quantités, délais, qualité et coûts; on recherchera les tableaux de bord, les rapports du contrôle de gestion, etc.
- L'organigramme de la production, l'existence des principales fonctions ;
- Les effectifs ;
- Les documents et procédures en service dans les différents secteurs.

↪ **L'environnement, c'est à dire :**

- Réunir les informations permettant de bien connaître la fonction concernée par le diagnostic.
- comprendre l'implantation de l'entreprise (caractéristiques de l'environnement, particularités générales, rôle économique, etc.)

❖ **La préparation psychologique :**

C'est une action indispensable, il faut préparer les individus au diagnostic et principalement les cadres et les agents de maîtrise :

- En expliquant les raisons qui ont motivé le diagnostic, il faudra s'efforcer d'éliminer les notions de danger;
- En présentant la manière dont le diagnostic sera conduit ;
- En valorisant le rôle de chacun dans la réalisation du diagnostic.

Cette première phase permet :

- D'appréhender globalement l'entreprise et la fonction production et d'en comprendre les spécificités, les rôles et le fonctionnement global ;
- De donner les moyens et le temps d'obtenir du personnel sa coopération, de faire disparaître méfiance et inquiétude et d'instaurer l'indispensable climat de confiance ;
- De renseigner l'enquêteur sur la branche d'activité concernée, lui permettant ainsi de se faire une idée juste sur l'importance de la place que tient l'entreprise considérée ;

- Permettre enfin à l'enquêteur de présenter à la hiérarchie :
 - Le schéma général de la démarche suivie pour le diagnostic;
 - Le plan du questionnaire qui sera utilisé dans le but d'apporter les corrections nécessaires à la suite des observations et critiques éventuelles.

III.2.3.2- Deuxième phase « L'OBSERVATION » :

C'est la phase essentielle du diagnostic, puisque, toutes les propositions de modifications et d'améliorations vont en résulter.

Le but de cette phase est de radiographier la production sous tous ses angles, de mettre en valeur ses points faibles mais aussi ses points forts, d'identifier les vrais problèmes et d'éliminer les faux. Ainsi, parfois l'importance est donnée au coût d'une défaillance qui ne représente pourtant qu'un faible élément de l'analyse; c'est pourquoi il est indispensable de chiffrer, de quantifier et de ne pas se contenter d'impressions et de préjugés.

III.2.3.3- Troisième phase «LA CRITIQUE » :

Elle se situe à l'issue de la phase d'observation; il est vrai que certaines conclusions ont déjà pu être tirées mais il faut toujours être très prudent et se méfier des décisions fragmentaires, en opposition avec une vue d'ensemble rationnelle du secteur observé.

III.2.3.4- Quatrième phase «LA SYNTHÈSE » :

Lors de cette dernière phase, il s'agira d'établir la synthèse générale de l'ensemble du diagnostic, de concevoir le programme d'actions proposées et de rédiger le rapport de diagnostic :

- ↳ **Synthèse générale :** l'analyste devra imaginer les principales orientations de la réorganisation qu'il préconise, sans omettre de préciser les objectifs de ses propositions. Il est fondamental de faire participer, à cette phase, les responsables de la production et leurs principaux collaborateurs afin de connaître leurs réactions en tenant compte de leurs observations.
- ↳ **Programme de réalisation :** les actions étant déterminées, il importe d'en programmer l'application en précisant les différentes étapes à observer et en fixant à chacune d'elles des objectifs partiels et des

objectifs généraux. Le programme proposé devra respecter un déroulement logique des actions préconisées. Il devra aussi s'intéresser aux contraintes humaines en cherchant à obtenir l'adhésion des individus dans un climat de confiance indispensable.

↳ **Rapport du diagnostic** : toutes les phases du diagnostic devront faire l'objet d'un rapport. Ce dernier comportera :

- a- Une introduction exposant les objectifs, les limites et les conditions de réalisation du diagnostic;
- b- Un exposé central sur l'analyse effectuée (comportant l'ensemble commenté des observations relevées);
- c- Une conclusion présentant, sous forme de synthèse, le plan d'action intégré dans un plan à long terme et définissant :
 - Les étapes de l'application ;
 - Les moyens à mettre en œuvre.

III.3- LES OUTILS DE CONTROLE ET DE DIAGNOSTIC DE LA PRODUCTION :

Introduction :

La démarche d'un contrôle efficace de la production et de la qualité s'applique au niveau le plus élevé de l'entreprise. C'est par l'application simultanée des outils et méthodes de la production et de la qualité que les industriels performants arrivent à placer rapidement sur le marché des produits compétitifs.

Plusieurs outils sont utilisés, citons par exemple l'outil "COUT" qui a pour but de déterminer un coût horaire objectif pour les postes de production, afin d'avoir un contrôle de gestion efficace, et aussi l'outil "King" qui a pour but de mettre en évidence et de déterminer le coût horaire conjoncturel d'un poste de production.

Dans notre cas, nous présentons les outils POKA YOKE et M.S.P dans la partie suivante.

III.3.1- L'outil Poka Yoké :

III.3.1.1- Définition :

Poka-Yoké est une expression japonaise dérivée de "**Poka**" signifiant erreur et de "**Yokery**" signifiant éviter. Cette méthode est utilisée pour réduire ou éliminer

les erreurs lors de la production, l'assemblage et l'utilisation. Les Poka-Yoké sont des techniques qui, d'une manière simple et peu coûteuse, garantissent ou contrôlent la qualité d'une opération.

Poka-Yoké se situe dans la ligne du Zero Quality Control (ZQC) de Shigeo Shingo. Une inspection de la qualité donne les meilleurs résultats quand les fautes peuvent être détectées juste après leurs apparitions. Il est donc nécessaire de contrôler la qualité de chaque étape de la production au moment même où cette étape se termine. Ceci est uniquement faisable si on utilise des techniques de contrôle simples et peu coûteuses : les Poka-Yoké.

III.3.1.2- Objectifs des Poka Yoké :

L'objectif du Poka-Yoké est de détecter le plus rapidement possible les erreurs, afin de produire des produits de haute qualité, en utilisant à la fois des appareils de mesure et d'inspection en amont. Ils permettent de :

- Faire la différence entre erreur et défaut ;
- Agir sur l'erreur ;
- Détecter les éléments permettant de contrôler la production en amont ;
- Mettre en œuvre des solutions sur place avec des appareils simples et peu coûteux.

III.3.1.3- Domaine d'application :

Les poka-yoké peuvent s'appliquer dans trois domaines:

- a- A l'approvisionnement des matières premières et des pièces;
- b- Au démarrage du flux de production (100% de vérifications sur les matières premières et les pièces) ;
- c- A toutes les étapes de la production où une erreur peut se produire.

Ainsi, les Poka yoké ne sont pas adaptés pour chaque situation. Cependant, il y a quelques endroits où il faut les utiliser, par exemple dans les cas suivants :

- Les opérations manuelles où la vigilance de l'ouvrier est nécessaire ;
- Le mauvais placement ou la survenance d'une déviation d'alignement;
- L'exigence d'un ajustement ;
- La difficulté et l'inefficacité de l'application du MSP ;
- Les attributs sont importants ;
- Les coûts de la formation et le chiffre d'affaires des employés sont élevés.

III.3.1.4- Types des POKA YOKE :

On distingue deux sortes de Poka-Yoké : les Poka-Yoké de correction et ceux d'avertissement.

- ❖ **Poka-Yoké de correction** : avec les Poka-Yoké de correction, l'action et le processus sont interrompus ou corrigés au moment où une anomalie se manifeste. Prenons quelques exemples de la vie quotidienne :
 - La plupart des fours à micro ondes ne peuvent pas être mis en marche si la porte n'a pas été ouverte et refermée quelques moments plutôt. Ceci, afin d'éviter les dommages qui pourraient survenir si le four vide était accidentellement mis en marche.
 - Les floppydisks de 3 1/4 inch sont rectangulaires et ont un angle en biseau. Grâce à cette asymétrie et à un mécanisme dans les PC, il est impossible d'introduire un floppydisk à l'envers.
- ❖ **Poka-Yoké d'avertissement** : l'utilisateur ou l'opérateur est averti d'une anomalie au moyen d'un signal lumineux ou sonore. L'utilisateur ou l'opérateur doit intervenir personnellement et immédiatement pour corriger l'erreur.

Exemples :

- Un signal sonore nous avertira si nous oublions d'attacher notre ceinture de sécurité ou si nous voulons quitter la voiture alors que les phares sont encore allumés.
- Quand nous copions des fichiers sur notre ordinateur et qu'il existe déjà un fichier du même nom au même endroit, le logiciel nous demandera si nous désirons remplacer le fichier existant.

III.3.1.5- La méthodologie

Après avoir convaincu tous les employés d'adhérer à cette démarche, on peut procéder de la manière suivante :

- ↪ Identifier à quel niveau du processus a eu lieu l'erreur ;
- ↪ Décrire cette erreur en détail ;
- ↪ Revoir les instructions du processus considéré ;

- ↳ Déterminer les causes d'erreurs et les analyser ;
- ↳ Chercher les solutions possibles pour détecter ou éviter l'erreur et choisir la meilleure solution pour éviter toute difficulté ;
- ↳ Mettre en place les Poka Yoké et vérifier s'ils sont fonctionnels.

III.3.1.6- Mise en place des solutions

Les solutions interviennent à trois niveaux :

1. A la source, afin d'éliminer l'erreur avant qu'elle ne se produise ;
2. En cours du processus, dans le but d'éviter un défaut ;
3. Après l'erreur, afin qu'elle ne se reproduise plus jamais.

Si cette méthode est plus fréquemment employée en production, elle peut très bien être appliquée dans les processus de services (ex. : mettre un client en attente peut amener à l'oublier. Une sonnerie de rappel peut éviter cela).

Ce dispositif aide au développement de l'innovation et de la créativité, augmente la production et améliore la satisfaction des clients.

III.3.2- L'outil Maîtrise Statistique des Procédés MSP :

Introduction

L'approche traditionnelle de la fabrication consiste à fabriquer les produits finis, contrôler leur qualité, puis faire ressortir les unités ne répondant pas aux spécifications.

Cette stratégie de détection est souvent non économique et cause des gaspillages, car elle entraîne un contrôle après les faits (à posteriori) lorsque la production non correcte existe déjà.

En fait, il est beaucoup plus efficace d'instituer une stratégie de prévention pour éviter, en premier lieu, une production inutilisable. Ceci peut être fait par la collecte et l'analyse de l'information sur le processus, de façon à agir sur le processus lui-même.

La maîtrise statistique des processus (M.S.P) est une stratégie qui répond à cette problématique de contrôle à priori, c'est en fait une stratégie préventive.

III.3.2.1- Définition :

La norme française AFNOR X06030 définit la Maîtrise Statistique des Procédés comme suit :

« La MSP est un ensemble d'actions pour évaluer, régler et maintenir un processus de production en état de fabriquer tous ses produits conformes aux spécifications retenues et surtout avec des caractéristiques stables dans le temps. »

Nous pouvons aussi définir la MSP comme une technique de pilotage des procédés associant des outils statistiques et la manière de les mettre en œuvre, dont le but est :

- 1- de maîtriser l'ensemble des facteurs composant un procédé de fabrication pour en améliorer la performance globale relative ;
- 2- d'améliorer la qualité du produit par la suppression de toutes les causes assignables puis par la réduction des causes aléatoires ;
- 3- de s'assurer que la qualité du produit est conforme aux spécifications techniques et que cette qualité est reproductible dans le temps.

III.3.2.2- Principe de la maîtrise statistique des procédés :

La maîtrise statistique des procédés est une méthode qui permet de réduire la variabilité des processus de fabrication en diminuant la dispersion et en améliorant le centrage de la production sur les côtes de référence.

Outre la diminution des rebuts/retouches, cette méthode permet d'améliorer constamment la qualité des produits par une réalisation plus proche de la côte de référence, les limites de tolérance étant considérées comme une licence accordée à titre temporaire.

Il s'agit donc, de donner aux clients de meilleurs produits aux performances sensiblement identiques et dont la qualité est continuellement améliorée.

Le principe de cette méthode consiste à :

- Recueillir des informations sur le produit fabriqué (dimension, poids, résistance...) et/ou sur le processus lui-même (vitesse, température...);
- Exploiter ces informations pour agir sur le processus **avant** que la production ne sorte des limites "prédéfinies" afin d'éviter la production de défectueux.

Contrairement aux méthodes traditionnelles, cette méthode privilégie la prévention par rapport à la détection. Elle prend en compte les facteurs agissants sur la production en l'occurrence des 5 M.

III.3.2.3- Schéma de fonctionnement :

La maîtrise du processus en temps réel est réalisée suivant le plan de surveillance à trois niveaux de responsabilité :

- Le niveau I : l'opérateur maîtrise le moyen de production ;
- Le niveau II : généralement, la hiérarchie directe du niveau I assure que le processus de fabrication (opérateur + machines) fonctionne comme prévu ;
- Le niveau III : l'agent du service qualité garantit l'étalonnage qualité des fabricants.

Pratiquement, chacun des 3 niveaux, et plus particulièrement le niveau I, prélève des pièces au plus près de leurs endroits de fabrication, les mesure et transcrit les résultats sur les cartes de suivi.

Il surveille également les différents paramètres du processus et transcrit les résultats de ses vérifications sur des supports appropriés.

Au vu des résultats, il déclenche toutes les actions interdisant la fabrication des produits défectueux ou en cas de dérive accidentelle, les opérations de tri de la production.

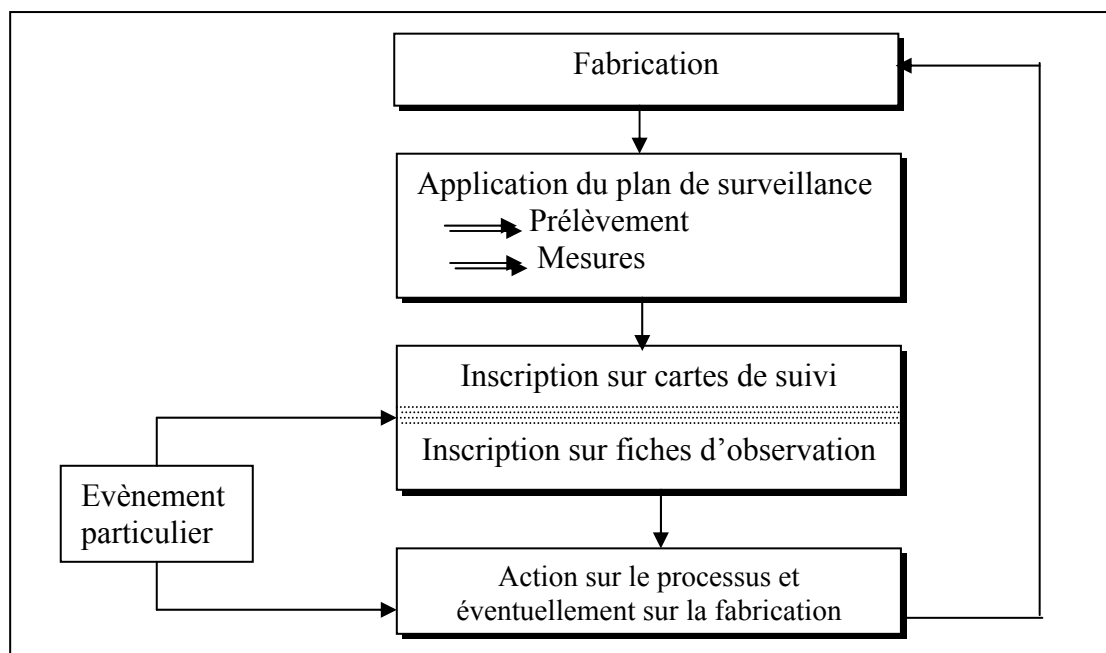


Fig III.11 : Schéma de fonctionnement de la MSP [30]

III.3.2.4- Les outils de la MSP :

On trouve dans la boîte à outils du spécialiste de la MSP un ensemble des techniques que l'on peut classer en deux rubriques :

- Les outils MSP fondés essentiellement sur les statistiques, et dont les plus importants sont la carte de contrôle, l'histogramme et la capacité ;
- Les outils nécessaires à la mise en œuvre de la MSP, tels que l'AMDEC, les plans d'expériences, le diagramme causes-effets ou encore le graphique de Pareto.

L'organigramme de la figure III.12 permet de lier les outils de la MSP à la démarche :

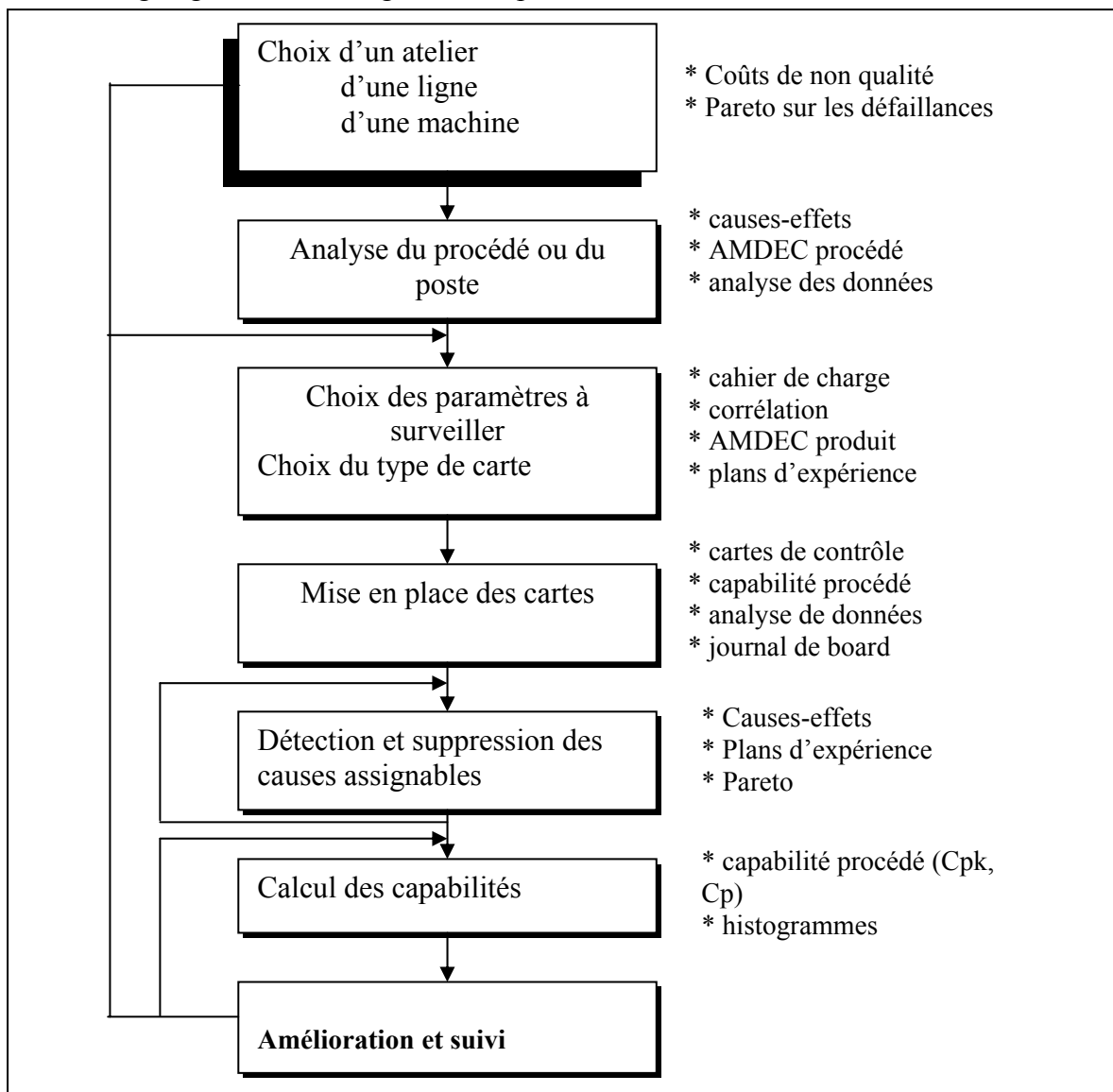


Fig III.12 : Choix des outils utilisés dans la démarche MSP [24]

Il existe d'autres techniques qui touchent des domaines plus vastes de l'animation de réunion, de la communication, de la mesure des coûts de non-qualité. Parmi ces techniques, on peut citer :

1- Les histogrammes :

Un histogramme est une représentation graphique de résultats de mesures sur une caractéristique.

On le construit généralement à partir d'un tableau de données. Il est constitué par des rectangles placés côte à côte. Les bases sont égales et représentent des nombres entiers ou des intervalles de mesures. La hauteur de chaque rectangle est proportionnelle au nombre d'observations dans l'intervalle correspondant.

Son but permet l'interprétation d'un grand nombre de données. Sa lecture est immédiate et donne une idée précise de la répartition des données.

2- Le journal de board :

Le journal de board d'un procédé n'est pas un outil statistique mais sa mise en place doit impérativement accompagner celle des cartes de contrôle. C'est un document dont la fonction est de recenser toutes les interventions ayant eu lieu pendant la production.

Il couvre donc tous les domaines de la vie du procédé, depuis sa première mise en route jusqu'à son arrêt définitif, par exemple, les heures de mise en route et d'arrêt, la quantité produite entre deux arrêts et leurs causes, ...etc.

Ce journal est fondamental car il permet de retrouver les événements pouvant avoir une relation avec les indications de la carte de contrôle. Sans sa présence, aucune tentative de mise en œuvre de la MSP ne peut réussir ; car le journal de board est la mémoire du fonctionnement du procédé.

Les deux principaux outils statistiques sont la capabilité et la carte de contrôle.

III.3.3- Capabilité :

On définit la capabilité d'un processus par son aptitude à produire des produits conformes. Elle est caractérisée par sa propre dispersion naturelle. On définit la capabilité naturelle d'un processus par : $C_n = 6\sigma$

On distingue la capabilité de la machine et la capabilité du procédé.

III.3.3.1- la capabilité de la machine :

La capabilité d'une machine C_m , ou d'un moyen de production, est exprimée par le rapport :

$$C_m = \frac{T_s - T_i}{6\sigma_i} \quad \text{Tels que } T_s - T_i \geq 8\sigma_i$$

Avec : T_s = tolérance supérieure

T_i = tolérance inférieure

σ_i = écart type instantané

$T_s - T_i = IT$ = intervalle de tolérance

On dira alors que la machine est apte si $C_m \geq \frac{8\sigma_i}{6\sigma_i}$, soit **$C_m \geq 1.33$**

En voici les trois situations types du processus :

Tableau III.1 : Exploitation de l'indice C_m

$C_m < 1$	La machine n'est pas apte à produire des pièces conformes aux spécifications. Des valeurs seront supérieures ou inférieures aux tolérances spécifiées, ce qui signifie qu'une partie de la production sera en dehors des tolérances.
$C_m = 1$	La machine est tout juste apte. La dispersion est égale à l'intervalle de tolérance. Elle produira bien 99.8 % de pièces bonnes, mais la moindre variation entraînera la production de pièces non-conformes.
$C_m > 1.33$	La machine est apte et tolère une dérive d'autant plus grande que l'indice C_m est plus élevé.

❖ **Indice de centrage :**

Malgré la situation confortable d'un processus, il est toujours possible de voire apparaître une certaine proportion de défectueux à la suite du décentrage de la moyenne du processus. D'où la nécessité de définir un autre indicateur à savoir l'indicateur de centrage C_{mk}

A- Décentrage du côté de la limite supérieure de la tolérance :

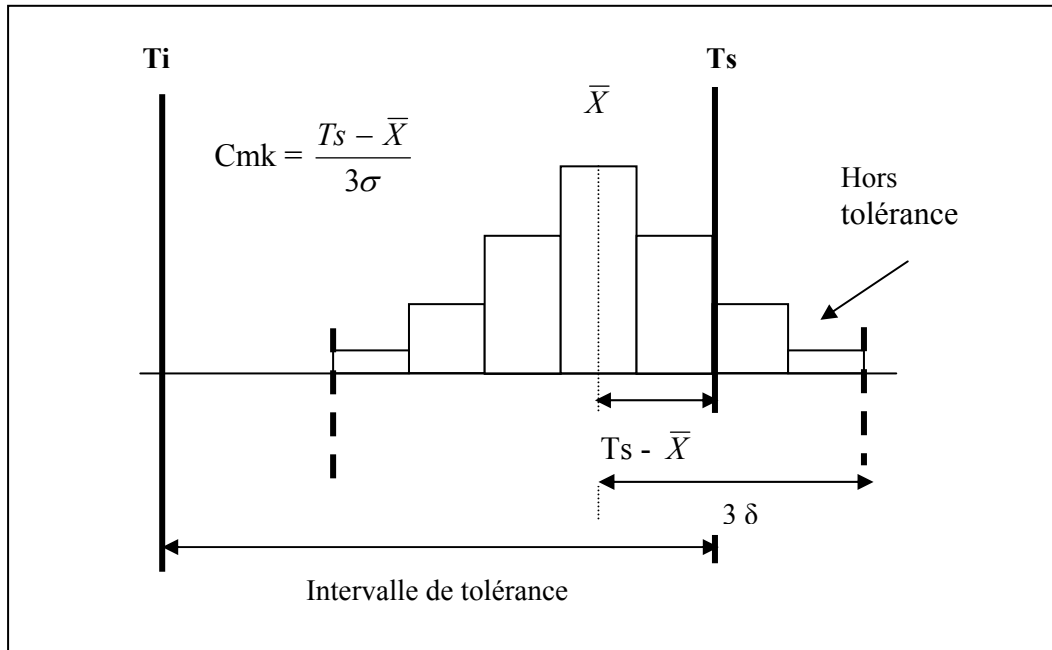


Fig III.16 : Décentrage vers la limite supérieure

B- Décentrage du côté de la limite inférieure de la tolérance :

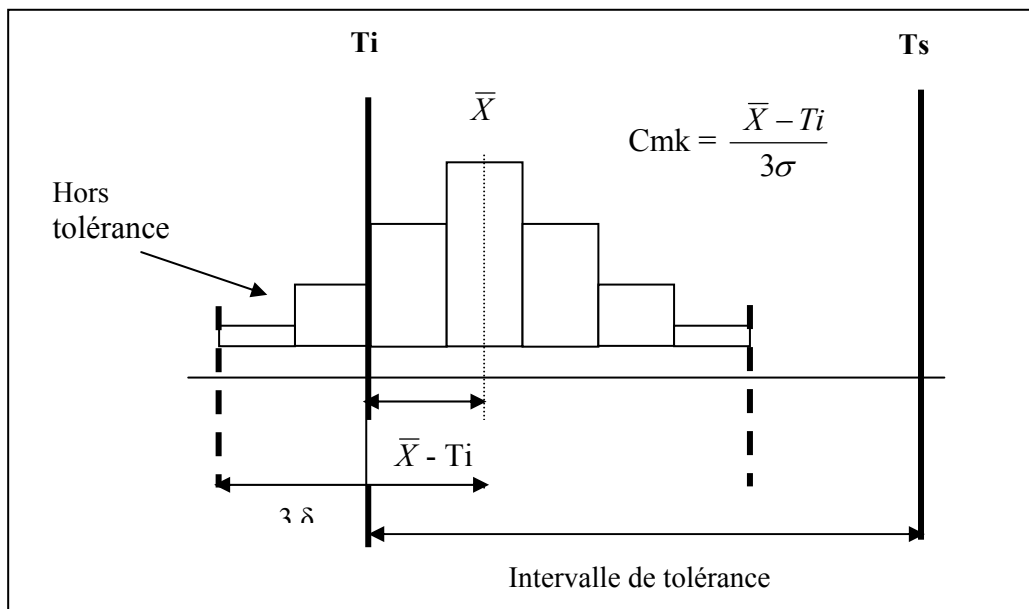


Fig III.17 : Décentrage vers la limite inférieure

III.3.3.2- La capacité du procédé :

Il existe deux indicateurs de capacité du procédé :

❖ **L'indice de capacité procédé Cp :**

Cet indice ne peut être calculé que lorsque le procédé est sous contrôle. Il permet d'apprécier la dispersion du procédé :

$$Cp = \frac{Ts - Ti}{6\hat{\sigma}} \text{ , avec } \hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2} \text{ ou } \hat{\sigma} = \frac{\bar{S}}{C_4}$$

❖ **Le coefficient de capacité procédé Cpk :**

Il permet d'apprécier la dispersion et le centrage :

$$Cpk = \left[\min \frac{Ts - \bar{X}}{3\hat{\sigma}} \text{ ou } \frac{\bar{X} - Ti}{3\hat{\sigma}} \right] \text{ , avec } \hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2} \text{ ou } \hat{\sigma} = \frac{\bar{S}}{C_4}$$

Avec :

\bar{X} = moyenne des moyennes des échantillons

Ts = tolérance supérieure

Ti = tolérance inférieure

\bar{S} = moyenne des écarts types des échantillons

$\bar{S} \quad \bar{R}$ = moyenne des étendues des échantillons

$\bar{S} \quad \bar{R} \quad d_2$ = coefficient (voir annexe 4)

Tableau III.2 : Signification du coefficient de capacité procédé Cpk :

Cpk < 1	Le procédé n'est pas capable de maintenir toute la production dans les spécifications.
1 < Cpk < 1.33	C'est le minimum acceptable : il faut améliorer le procédé.
1.34 < Cpk < 2	Le coefficient est bon, il faut continuer les efforts.
Cpk > 2	Le coefficient est excellent.

III.3.3.3- Les indices Pp et Ppk :

En France, Ford [36] a introduit ces nouveaux indicateurs en avril 1991. Pp signifie Preliminary process. Ces indicateurs ont pour objectif de déterminer, lors d'un démarrage de séries, les capacités Cp et Cpk probables.

La capabilité préliminaire est en fait une première estimation de la capabilité du procédé sur une présérie. Le prélèvement nécessaire pour établir une capabilité préliminaire est constitué de plusieurs échantillons de petite taille prélevés avec une fréquence élevée. La dispersion globale est estimée, au cours de la production d'une présérie, sur un temps suffisamment long.

Les formules de calcul pour P_p et P_{pk} sont strictement identiques aux formules de calcul de C_p et C_{pk} . La condition de capabilité est : **$P_{pk} > 1.67$**

III.3.3.4- Synthèse des différents indicateurs :

Chaque indicateur a un intérêt particulier, et la connaissance des performances d'un système de production implique l'évaluation de l'ensemble de ces indicateurs. Le tableau ci-dessous résume l'objectif de chacun des indicateurs.

Les indicateurs les plus importants sont C_p et C_{pk} car ils reflètent la qualité des pièces livrées chez le client.

Tableau III.3 : Synthèse des différents indicateurs

Indicateur	Intérêt	Symbole
Capabilité à long terme : capabilité procédé	Traduit la qualité des pièces livrées aux clients	C_p et C_{pk}
Capabilité préliminaire	Traduit la capacité à obtenir un C_{pk} satisfaisant à partir d'une présérie	P_p et P_{pk}
Capabilité à court terme : Capabilité machine	Traduit la capabilité intrinsèque du moyen de production dans les conditions de la gamme.	C_m et C_{mk}

III.3.4- Les cartes de contrôle :

Une carte de contrôle est un graphique sur lequel on fait correspondre un point à chacune des valeurs d'une statistique calculée à partir d'échantillons successifs prélevés dans une fabrication. Chacun de ces points a pour abscisse le numéro de l'échantillon (ou son heure et jour de prélèvement) et pour ordonnée la valeur de la statistique calculée sur cet échantillon.

La carte contient aussi une ligne centrale qui représente la valeur moyenne de la statistique représentée quand le processus est sous-contrôle et une ou deux autres limites appelées limite de contrôle supérieure (LCS) et limite de contrôle inférieure (LCI).

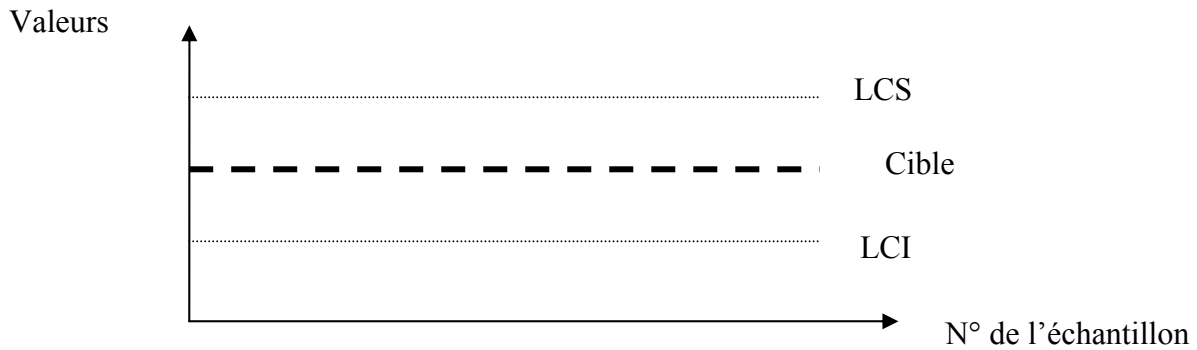


Fig III.18 : la carte de contrôle

III.3.4.1- Objectifs des cartes de contrôle :

Les cartes de contrôle ont pour objectifs de prévenir l'apparition des causes spéciales et de dissocier celles qui ne nécessiteront qu'un réglage de celles qui risquent de modifier la capabilité habituellement rencontrée..

Et aussi l'objectif d'une carte de contrôle est de donner une image de la façon dont le processus de fabrication se déroule. Cette image doit permettre de discerner s'il y a présence d'une cause spéciale ou si les variations observées ne sont dues qu'à des causes communes.

Les cartes de contrôle permettent donc de suivre les différents paramètres d'une fabrication et servent à :

- Déterminer les moments opportuns pour un réglage éventuel en utilisant les cartes comme base de décision ;
- Connaître la capabilité du procédé, tant qu'il est sous contrôle ;
- S'assurer que cette capabilité n'évolue pas et déclencher une action dans le cas contraire ;
- Stimuler l'amélioration de la qualité du procédé.

Grâce à l'outil statistique, les cartes de contrôle permettent de maîtriser les procédés et d'obtenir des productions capables et sous contrôle.

III.3.4.2- Types de carte de contrôle :

Il existe essentiellement deux types de cartes de contrôle :

- ↳ **Les cartes de contrôle par mesure :** dans ce cas, la caractéristique ou le paramètre surveillé est mesurable ou quantifiable (température, pression, viscosité,...)
- ↳ **Les cartes de contrôle par attributs :** elles sont utilisées pour la surveillance des caractéristiques quantitatives ou qualitatives lorsqu'elles sont classées simplement en conformes ou non conformes

Type1- Carte de contrôle par mesure :

Les données par mesures sont des observations obtenues en mesurant et en notant l'ordre de grandeur d'un caractère pour chacune des unités du sous-groupe étudié. L'établissement d'une carte de contrôle aux mesures est fondé :

- Sur l'hypothèse que la distribution des valeurs suit une loi connue ;
- sur les propriétés des échantillons

❖ Les étapes de la mise en place des cartes de contrôle aux mesures :

La mise en place de ce type de carte s'effectue en deux phases distinctes :

- une phase de préparation
- Une phase de mise en place.

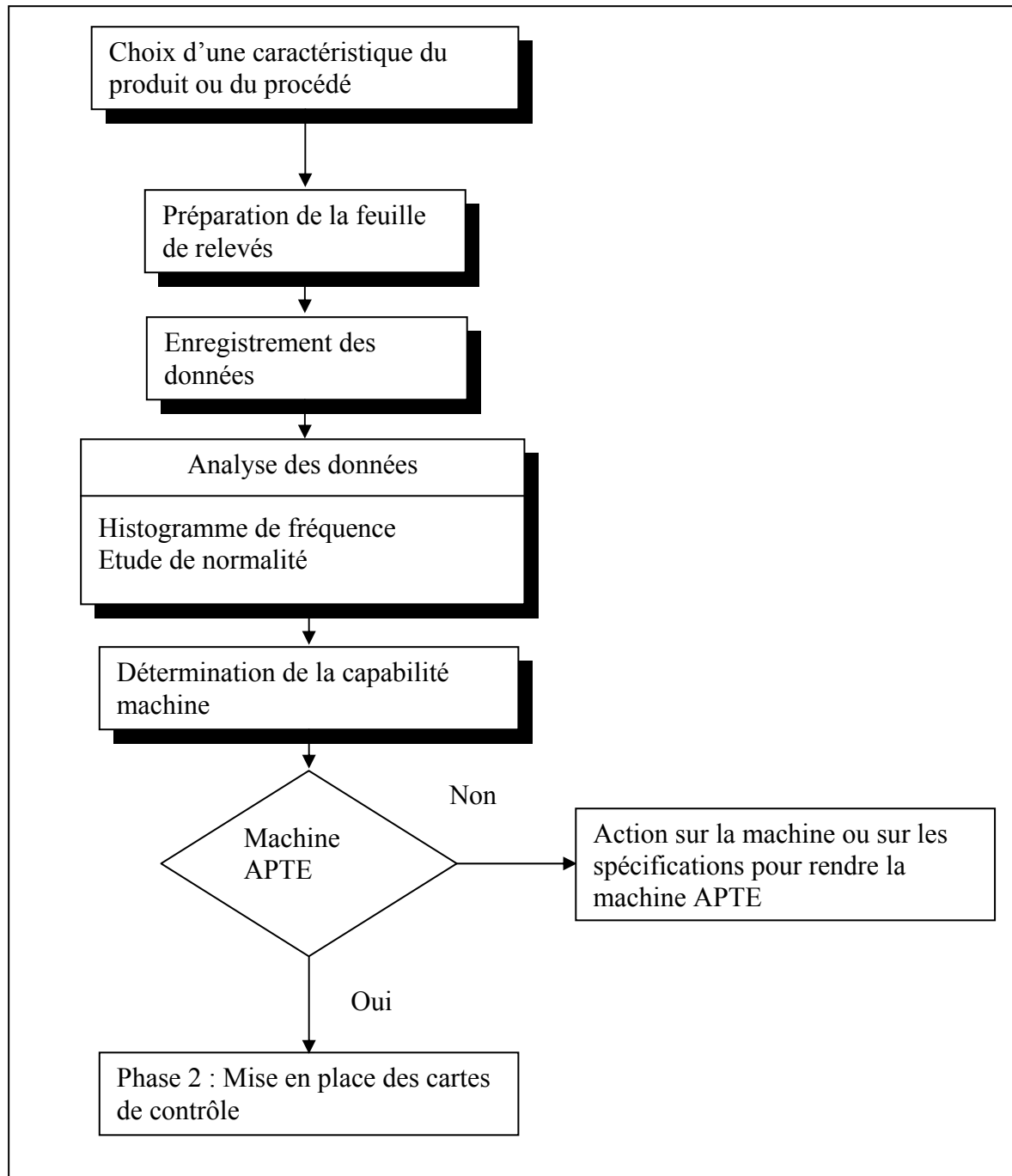


Fig III.19 : Phase 1 : Préparation à la soumission sous contrôle du procédé [24]

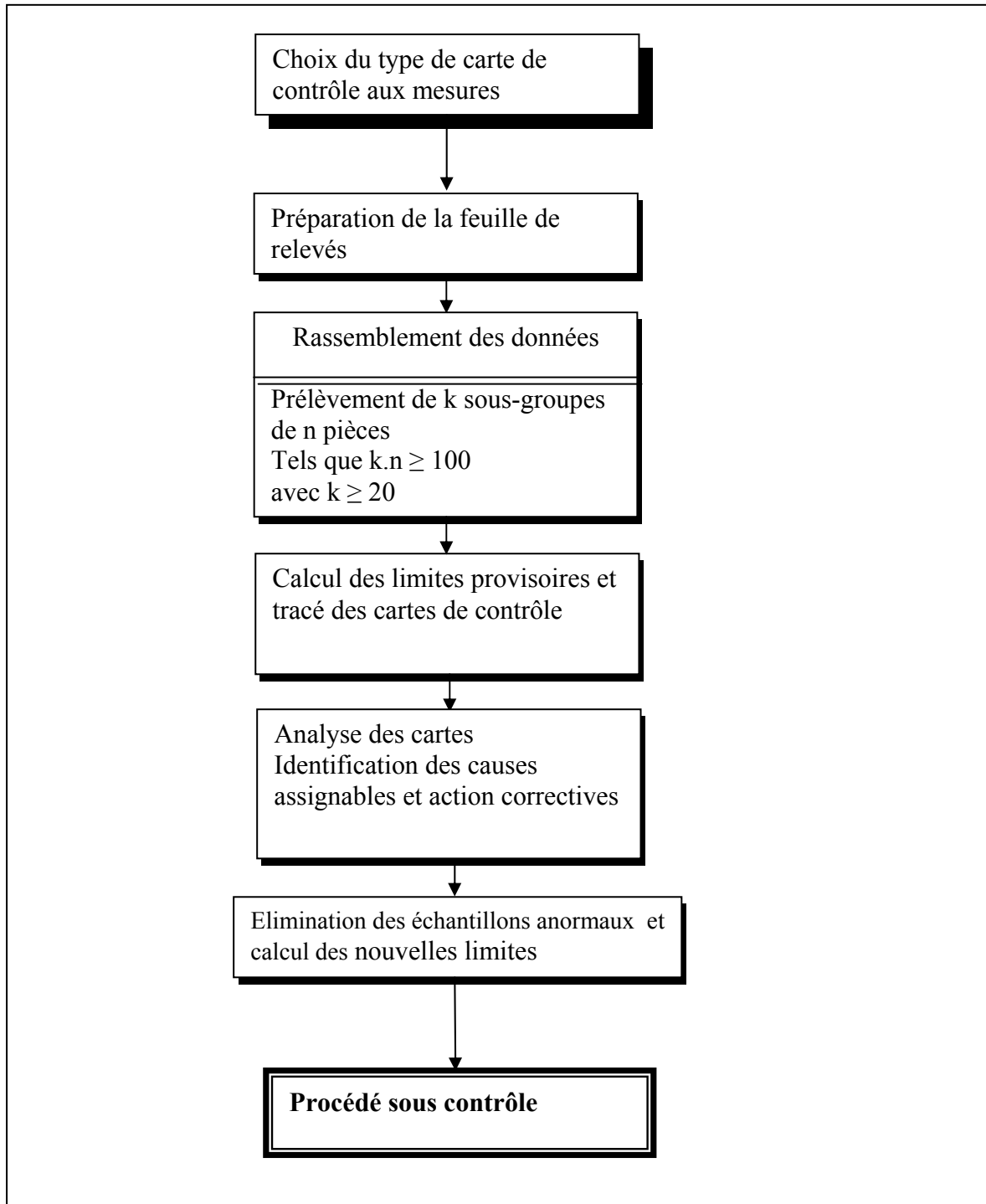


Fig III.20 : Phase 2 : Mise sous contrôle du procédé [24]

Les cartes de contrôle aux mesures se caractérisent par deux graphiques distincts qui permettent de visualiser simultanément les variations de la tendance centrale et celles de la dispersion du procédé.

Les cartes les plus utilisées sont les suivantes :

- Carte des moyennes \bar{X} (X barre) et de l'étendu (R), appelée (\bar{X} , R)
- Carte des moyennes \bar{X} (X barre) et de l'écart type (s), appelée (\bar{X} , s)
- carte de la médiane (Me) et de l'étendu (R), appelée Me
- Cartes d'observations individuelles (X) et de l'étendu mobile (R).

Le choix du type de carte se fait par rapport à des critères tels que :

- L'efficacité des cartes ;
- la difficulté rencontrée par les opérateurs pour effectuer les calculs
- Le temps nécessaire et le coût de réalisation des mesures, en particulier pour les cartes d'observations individuelles.

❖ **Calcul des limites de contrôle :**

Les formules de calcul des limites de contrôle sont les suivantes :

1- Cas où les valeurs-types sont inconnues :

A- Carte (\bar{X} , R) :

Carte des moyennes

Ligne centrale $\bar{\bar{X}}$

$$\text{Limite de contrôle inférieure LCI} = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$$

$$\text{Limite de contrôle supérieure LCS} = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$$

Avec : \bar{R} : Moyenne des étendues des échantillons

A_2 : Coefficient (voir annexe IV)

$\bar{\bar{X}}$: Moyenne des moyennes des échantillons.

Carte des étendues :

Ligne centrale \bar{R}

$$\text{Limite de contrôle inférieure LCI} = D_3 \bar{R}$$

$$\text{Limite de contrôle supérieure LCS} = D_4 \bar{R}$$

Avec : D_3 et D_4 : Coefficients (voir annexe IV)

\bar{R} : Moyenne des étendues des échantillons

B- Carte (\bar{X}, s) :

Carte des moyennes Ligne centrale $\bar{\bar{X}}$

$$\text{Limite de contrôle inférieure LCI} = \bar{\bar{X}} - A_3 \bar{S}$$

$$\text{Limite de contrôle supérieure LCS} = \bar{\bar{X}} + A_3 \bar{S}$$

Avec : \bar{S} : Moyenne des écarts-types des échantillons

$\bar{\bar{X}}$: Moyenne des moyennes des échantillons

A_3 : Coefficient (voir annexe IV)

Carte des écarts-types Ligne centrale \bar{S}

$$\text{Limite de contrôle inférieure LCI} = B_3 \bar{S}$$

$$\text{Limite de contrôle supérieure LCS} = B_4 \bar{S}$$

Avec : B_3 et B_4 : Coefficients (voir annexe IV)

\bar{R} : Moyenne des étendus des échantillons

\bar{S} : Moyenne des écarts-types des échantillons

C- Carte (\bar{Me}, R) :

Carte des moyennes Ligne centrale \bar{Me}

$$\text{Limite de contrôle inférieure LCI} = \bar{Me} - A_4 \bar{R}$$

$$\text{Limite de contrôle supérieure LCS} = \bar{Me} + A_4 \bar{R}$$

Avec : \bar{Me} : Moyenne des médianes des échantillons

A_4 : Coefficient (voir annexe IV)

\bar{R} : Moyenne des étendus des échantillons

Carte des étendus Ligne centrale \bar{R}

$$\text{Limite de contrôle inférieure LCI} = D_3 \bar{R}$$

$$\text{Limite de contrôle supérieure LCS} = D_4 \bar{R}$$

Avec : D_3 et D_4 : Coefficients (voir annexe IV)

\bar{R} : Moyenne des étendus des échantillons

2- Cas où les valeurs-types sont connues :

Les valeurs-types sont dites connues lorsqu'elles sont spécifiées. Ces valeurs peuvent être issues de l'expérience, de données économiques, de coût de production, de normes,...

A- Carte (\bar{X} , R) :

Carte des moyennes

Ligne centrale \bar{X}_0

Limite de contrôle inférieure LCI = $\bar{X}_0 - A\sigma_0$

Limite de contrôle supérieure LCS = $\bar{X}_0 + A\sigma_0$

Ave : \bar{X}_0 : Valeur de la moyenne connue ou spécifiée

A : Coefficient (voir annexe IV)

σ_0 : Valeur de l'écart type connu ou spécifié

Carte des étendues

Ligne centrale R_0 ou $d_2\sigma_0$

Limite de contrôle inférieure LCI = $D_1\sigma_0$

Limite de contrôle supérieure LCS = $D_2\sigma_0$

Avec : D_1 et D_2 : Coefficients (voir annexe IV)

B- Carte (\bar{X} , s) :

Carte des moyennes

Ligne centrale \bar{X}_0

Limite de contrôle inférieure LCI = $\bar{X}_0 - A\sigma_0$

Limite de contrôle supérieure LCS = $\bar{X}_0 + A\sigma_0$

Avec : A : Coefficient (voir annexe IV)

Carte des écarts-types

Ligne centrale S_0 ou $C_4\sigma_0$

Limite de contrôle inférieure LCI = $B_5\sigma_0$

Limite de contrôle supérieure LCS = $B_6\sigma_0$

Avec : B_5 et B_6 : Coefficients (voir annexe IV)

Type 2- Cartes de contrôle aux attributs :

❖ Définition :

Des cartes de contrôle pour attributs sont utilisées quand le produit étudié ne peut être caractérisé par une propriété mesurée sur une échelle numérique continue

(infaisable ou trop coûteux) mais peut être classé en conforme ou non-conforme ou caractérisé par un nombre de défauts.

❖ **Types de Carte de contrôle aux attributs :**

Supposons qu'un échantillon (i) de (n) unités $Ui1, Ui2, \dots \cdot Uin$ soit prélevé dans la fabrication. Quatre classes de cartes de contrôle pour attributs sont proposées dans la littérature. Chacune est basée sur une statistique qui peut être calculée sur cet échantillon.

1- Carte p :

Représente la fraction ou proportion d'unités non conformes dans l'échantillon. Cette carte s'applique également si (n), la taille des échantillons, est variable.

Si l'on appelle :

n : le nombre d'articles contrôlés dans un échantillon ou sous groupe ;

np : le nombre de non-conformes ;

p : la proportion de non-conformes ;

k : le nombre d'échantillons ;

\bar{p} : la proportion moyenne de non-conformes

La ligne centrale :
$$\bar{p} = \frac{\sum np}{k}$$

Alors les limites sont calculées de la façon suivante :

$$LCS = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{\bar{n}}}$$

$$LCI = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{\bar{n}}}$$

Avec : \bar{n} taille moyenne des échantillons = $\frac{\sum n}{k}$

2- Carte np : nombre d'unités non conformes

Ligne centrale :
$$n\bar{p} = \frac{\sum np}{k}$$

$$LCS = n\bar{p} + 3 \sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$$

$$LCI = n\bar{p} - 3 \sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$$

3- Carte u : nombre de non-conformités par unité :

Ligne centrale $\bar{u} = \frac{\text{nombre de non conformité}}{\text{total d'articles contrôlés}}$

$$LCS = \bar{u} + 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$$

$$LCI = \bar{u} - 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$$

4- Carte c : Nombre de non-conformités :

Ligne centrale $\bar{c} = \frac{\text{nombre de non conformités}}{\text{nombre d'échantillons}}$

$$LCS = \bar{c} + 3 \sqrt{\bar{c}}$$

$$LCI = \bar{c} - 3 \sqrt{\bar{c}}$$

Tout comme les cartes dont les variables sont basées sur l'hypothèse de normalité, les cartes (p) et (np) sont basées sur la distribution binomiale et les cartes (c) et (u) sur la distribution de poisson.

Conclusion au chapitre III :

Ce chapitre s'est fixé pour objectif de présenter quelques concepts de base du contrôle et de diagnostic de la production. La nécessité d'un contrôle efficace de la production nous a autorisé à exposer les différentes formes existantes ainsi leurs domaines d'application.

Puis, nous avons présenté les fondements du diagnostic de la production. Ce dernier est devenu une exigence primordiale permettant de mettre en relief les contraintes de coûts, de délai et de qualité qu'exigent la gestion moderne des entreprises.

Nous avons également choisi de développer les deux principaux outils de contrôle de la production et de la qualité (poka yoké et MSP). Ces deux derniers sont actuellement utilisés à une large échelle dans l'entreprise et ont prouvé leurs efficacités pour l'amélioration de la qualité des produits.

Dans ce chapitre, nous nous sommes étalés sur les indicateurs de capabilité utilisés dans les entreprises. L'analyse de ces indicateurs nous a conduit à dégager les limites d'utilisation et d'exploitation de ces indicateurs.

Nous avons détaillé enfin le principal outil de la MSP qui est la carte de contrôle, ce qui permettra aux responsables ou aux opérateurs d'engager les actions correctrices dès qu'elles s'avèrent nécessaires.

PARTIE II

Etude pratique : l'entreprise BAG

Chapitre I

Fiche technique de l'entreprise

I.1- Présentation de l'entreprise BAG

I.2- Evolution de l'entreprise

I.3- Organigramme de l'entreprise

I.4- Description du process de fabrication

I.1- Présentation de l'entreprise :

L'entreprise BAG (Bouteille A Gaz) est issue de la restructuration de la SNS. Elle a été transformée en société par actions en 1995. Elle est détenue à 100% par le Holding EMB

Sa raison sociale est la fabrication et la commercialisation des appareils à pressions suivants :

- La bouteille à gaz 11 / 13 kg neuve ;
- Les bouteilles à gaz propane 35 kg ;
- Les réservoirs GPL (40 L, 60 L, 80 L) ;
- Les bouteilles à gaz 12.5 kg vers l'Irak.

Mais son activité actuelle porte essentiellement sur la conception, la production et la commercialisation des bouteilles à gaz 11 / 13 kg.

Géographiquement, elle est implantée au niveau de la zone industrielle au Nord-Est de la ville, et s'étend sur une superficie de 71114 m² dont 17000 m² couverte.

Le régime de travail est le système des 2*8 pour le service production, 3*8 pour le service de sécurité et 1*8 pour l'administration.

Son effectif est de 525 personnes réparties dans les différents services :

- Personnel technique : 314 ouvriers.
- Agents de maîtrise et techniciens : 166 ouvriers.
- Cadres : 44.

Dans notre étude, on va s'intéresser à la fabrication de la bouteille à gaz, puisqu'elle représente le produit principal de l'entreprise.

I.2- Evolution de l'entreprise :

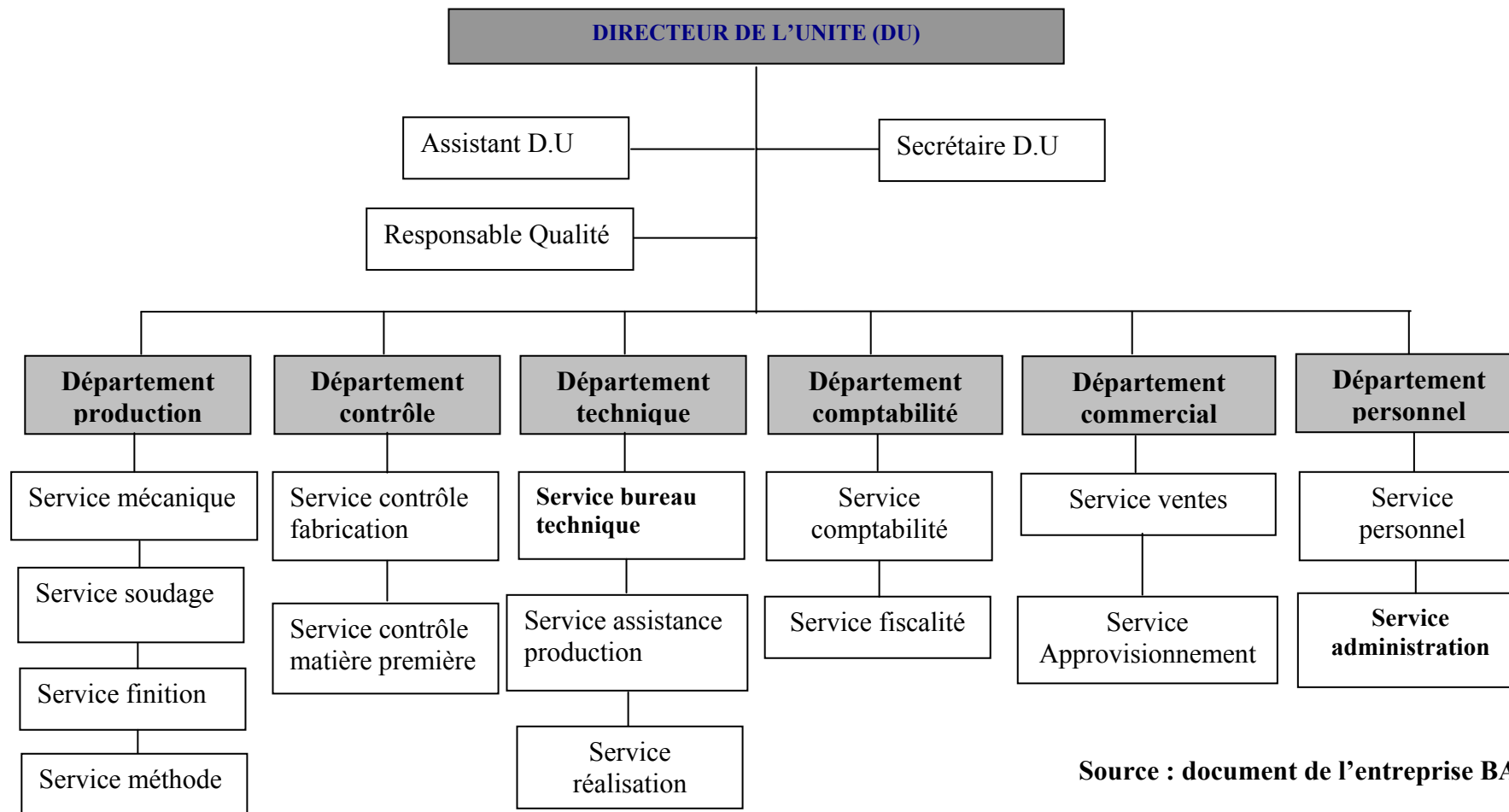
L'entreprise BAG a évolué au cours des cinq dernières années dans un contexte particulièrement difficile caractérisé par la variation de la demande sur le marché national, la réduction de son programme de production et un plan de compression du personnel qui l'a amené plusieurs fois à réduire ses effectifs.

Les principales causes sont :

- D'une part :
 - L'insuffisance de l'assainissement lors du passage à l'autonomie de gestion en 1995, ce qui a eu pour conséquence un déséquilibre financier de l'entreprise;

- La durée de vie de la bouteille à gaz est très élevée (presque 20 ans). En conséquence, la vitesse de rotation des stocks de l'entreprise est très lente.
- D'autre part :
- Un endettement très lourd générant des frais financiers, auxquels l'entreprise ne pouvait faire face par les seules recettes de son exploitation ;
 - La fabrication d'un seul produit ne suffit pas à cause de la durée de vie de la bouteille mais aussi de la diminution de la demande.
 - Un immobilisme de l'entreprise face à un marché en pleine mutation.

.3- Organigramme de l'entreprise BAG :



Source : document de l'entreprise BAG

Fig IV.1- organigramme de l'entreprise BAG

I.4- Description du process de fabrication d'une bouteille à gaz :

Le système de fabrication d'une bouteille à gaz, se compose de trois ateliers, chacun d'eux regroupe un ensemble d'opérations. Ces ateliers sont :

- ↳ Atelier mécanique : il regroupe les lignes de production des emboutis et des pieds ;
- ↳ Atelier de soudage : il comprend les lignes de soudage :
 - soudage collerette,
 - soudage pieds,
 - soudage circulaire.
- ↳ Atelier de finition : il concerne la ligne de finition de la bouteille par métallisation, grenailage, peinture, etc.

I.4.1-ATELIER MECANIQUE

A- Ligne d'emboutissage :

1- Dérouleuse :

Les bobines sont stockées dans le hall de stockage du secteur mécanique. Elles sont transportées à l'aide d'un pont roulant qui les pose sur un chariot appelé porte bobines. A l'aide d'un vérin, la bobine est placée au niveau de la dérouleuse.

2- Redresseuse :

La redresseuse reçoit la tôle par le bras d'un opérateur. L'opération de redressage se fait à l'aide des cylindres qui font passer la tôle sur une table de guidage qui est liée à l'avance bande.

3- L'avance Bande :

L'avance bande est munie de quatre pinces : deux fixes et deux mobiles qui font passer la tôle à la découpeuse des flancs. Après que l'avance bande reçoit la tôle, la table de guidage descend dans la fosse pour la synchronisation du travail.

4- Découpeuse des Flancs :

Au niveau de l'avance bande, la tôle est découpée en flancs (forme circulaire) par une presse découpeuse appelée « découpeuse des flancs ». Les flancs découpés sont transportés à l'aide de deux tapis roulants « transporteurs » l'un, destiné pour les emboutis supérieur et l'autre pour les emboutis inférieurs. Les déchets qui restent sont découpés par une cisaille et introduits dans des bacs pour être évacués ensuite dans la presse à déchets.

4.1- Ligne des emboutis inférieurs :

4.1.a- La graisseuse des flancs :

A partir de la découpeuse des flancs et par l'intermédiaire d'un tapis roulant, les flancs sont graissés par une graisseuse des flancs pour faciliter l'opération d'emboutissage.

4.1.b- La presse d'emboutissage :

Les flancs graissés passent à la presse d'emboutissage par un tapis roulant pour leur donner la forme d'emboutis.

4.1.c- La soyeuse rogneuse :

Les emboutis sortent de la presse d'emboutissage sur une bande transporteuse vers la soyeuse rogneuse pour leur faire subir les opérations de soyage et le rognage.

Soyage : il consiste à enlever les retouches sur les cotés pour placer les emboutis aux dimensions voulues.

Rognage : il consiste à faire une rainure pour que les emboutis supérieurs s'emboutent avec les emboutis inférieurs.

4.2- Ligne des emboutis supérieurs :

4.2.a- Le marquage des flancs :

La plaque signalétique est imprimée sur les flancs découpés et porte les indications suivantes :

BAG 03/2000	BATNA
TARE	12 kg
CAP	26.5 L
BUTANE	13 kg
PROPANE	11 kg
PE	30 bar

Ensuite les flancs marqués subissent les mêmes opérations que celles des emboutis inférieurs.

B- Ligne des pieds :

1- l'avance bande :

L'avance bande attrape le col pieds à l'aide de deux pinces, une fixe et l'autre mobile, puis elle le passe à la presse découpe pieds.

2- La presse découpe pieds :

La presse découpe les pieds, les chutes s'évacuent dans le bac à déchets. Les pieds sont empilés par un ouvrier et transportés à l'aide d'un chariot à la cintreuse.

3- La cintreuse :

L'opérateur fait passer les pieds à une cintreuse pour obtenir une forme circulaire ; les pieds sont ensuite transportés par un tapis roulant vers la soudeuse des pieds.

4- La cambrouse :

Une fois les pieds soudés, ils sont transportés par un tapis roulant vers la cambrouse où ils subissent l'opération de cambrage.

Cambrage: il consiste à couder les têtes des pieds à l'intérieur pour les souder avec l'embouti inférieur.

I.4.2- ATELIER SOUDAGE

A-Le dégraissage :

Tous les éléments de la bouteille (emboutis supérieurs, emboutis inférieurs) passent au dégraissage pour les nettoyer de toutes les huiles et saletés.

Le dégraissage se fait en trois étapes :

❖ Le lavage :

Pour un bon nettoyage, le lavage est réalisé grâce à un mélange d'eau chaude et de carbonate de soude.

❖ Le rinçage :

Les éléments passent au rinçage et sont nettoyés par le carbonate de soude.

❖ Le séchage :

La soudure de ces éléments nécessite leur passage préalable par le séchage.

Après le dégraissage, les emboutis sont dirigés vers une soudeuse :

- Les emboutis inférieurs vont être soudés avec les pieds dans la ligne de soudage des pieds
- Les emboutis supérieurs vont être soudés aux collerettes.

Le type de soudure utilisé est le soudage par métal d'appuis, décapant pour protéger la vue de l'opérateur.

B- Ligne de soudage collerette :

Les collerettes et les emboutis supérieurs sont envoyés du dégraissage à la ligne de soudeuse collerettes. Cette ligne est composée de quatre machines travaillant en parallèle pour augmenter la cadence de production. Elle est alimentée par un stock tampon.

C- ligne de soudage pieds :

Cette ligne est composée de cinq postes ; elle a pour rôle l'assemblage des emboutis inférieurs et des pieds par le soudage à métal sous gaz (CO₂).

D- ligne de soudage circulaire :

Les lignes de soudage des pieds et de soudage des collerettes se rejoignent au niveau de la soudeuse circulaire dont le rôle consiste à souder les emboutis supérieurs avec les emboutis inférieurs pour former les bouteilles. Elles possèdent quatre machines identiques qui travaillent en parallèle. Le type de soudure utilisé est identique à celui de la soudeuse des collerettes.

I.4.3- ATELIER FINITION :

A-Le four de traitement thermique (recuit) :

C'est un four pour traitement thermique qui fonctionne avec du gaz. Le traitement que doivent subir les bouteilles est le recuit qui est utilisé pour éliminer les contraintes et les déformations que les éléments des bouteilles ont subi pendant les différentes étapes de leur fabrication.

Le four comprend quatre zones :

❖ **la zone (1) :**

Les bouteilles entrent au four par un tapis à la température ambiante, cette zone augmente la température des bouteilles à 700°C, on l'appelle zone de préchauffage.

❖ **La zone (2) :**

Dans cette zone, la température des bouteilles augmente à 850°C, c'est la zone de chauffage.

❖ **La zone (3) :**

Dans cette zone, la température varie entre 880°C et 900°C.

❖ **La zone (4) :**

Dans cette zone la température monte à 930°C.

Ces deux dernières zones sont les zones de maintien où le recuit se réalise.

❖ **La zone (5) :**

Dans cette zone, il y a un refroidisseur à air qui diminue la température des bouteilles jusqu'à 300°C environ.

Une fois les bouteilles formées, elles sont placées sur le transporteur et font un trajet de 150m environ pour que leurs températures tombent jusqu'à la température ambiante. Les ouvriers les empilent en lots, ces derniers vont ensuite passer au banc d'épreuve.

B- Banc d'épreuve :

Les bouteilles empilées passent l'une après l'autre grâce à l'opérateur qui, pour les besoins de vérification, les remplit d'eau avec une pression de 30bar et contrôle :

- Des joints de soudure de la collerette
- De la soudure circulaire
- Et vérifie que la tôle ne contient pas de fuites.

Les bouteilles rebutées sont transportées vers la presse à déchets pour être écrasées et emballées en bennes de déchets.

On doit prendre des bouteilles de chaque lot (coulée) pour un essai d'éclatement, et déduire si le résultat est négatif. L'opération est répétée sur 05 bouteilles pour s'assurer si le résultat est toujours négatif. Le service de contrôle et des mines doit passer à un contre essai de deux bouteilles pour valider le résultat final.

Si le résultat est toujours négatif, tout le lot sera rebuté

Si le résultat est positif, le lot continue son processus vers la grenailleuse.

C-La grenailage :

Une fois que les bouteilles sont réputées bonnes, elles sont envoyées vers la grenailleuse à l'aide d'un tapis roulant pour qu'elles subissent l'opération de grenailage qui consiste à rendre la bouteille poreuse et à supprimer le calame produit au recuit.

D- La métallisation :

Les bouteilles sortent de la grenailleuse en direction de la métallisation.

Cette opération est effectuée par une machine qui fait tourner la bouteille, le chalumeau fait fondre le fil de zinc sur toute la surface de la bouteille pour la protéger contre la corrosion et la peindre.

Chacune des lignes de métallisation et grenailage possède trois machines travaillant en parallèle.

E- La peinture :

La peinture est réalisée par une machine à pistolets qui injecte la peinture dans tous les sens, pour toucher tous les cotés de la bouteille.

F- Le séchoir :

Les bouteilles passent au séchoir pour sécher la peinture.

G- Le vissage robinets :

Le vissage des robinets se fait en deux étapes ;

- La première étape : elle est réalisée manuellement par des ouvriers pour faire un entour spécial sur les robinets, puis un pré vissage.
- La deuxième étape : elle réalise le vissage des robinets par une machine automatique réglée à la pression voulue.

H- Le vissage des chapeaux :

Après avoir vissé les robinets, on doit passer au vissage des chapeaux qui est effectué par une machine et des ouvriers.

I- Le pesage :

Après le séchage, le vissage des robinets et le vissage des chapeaux, les bouteilles passent au pesage sur un tapis roulant en vue de déterminer le poids final de chaque bouteille.

J- Le stockage :

Enfin, les bouteilles passent au stockage pour être commercialisées.

Le schéma de la figure IV.2, présente d'une manière récapitulative les différentes opérations pour la fabrication d'une bouteille à gaz.

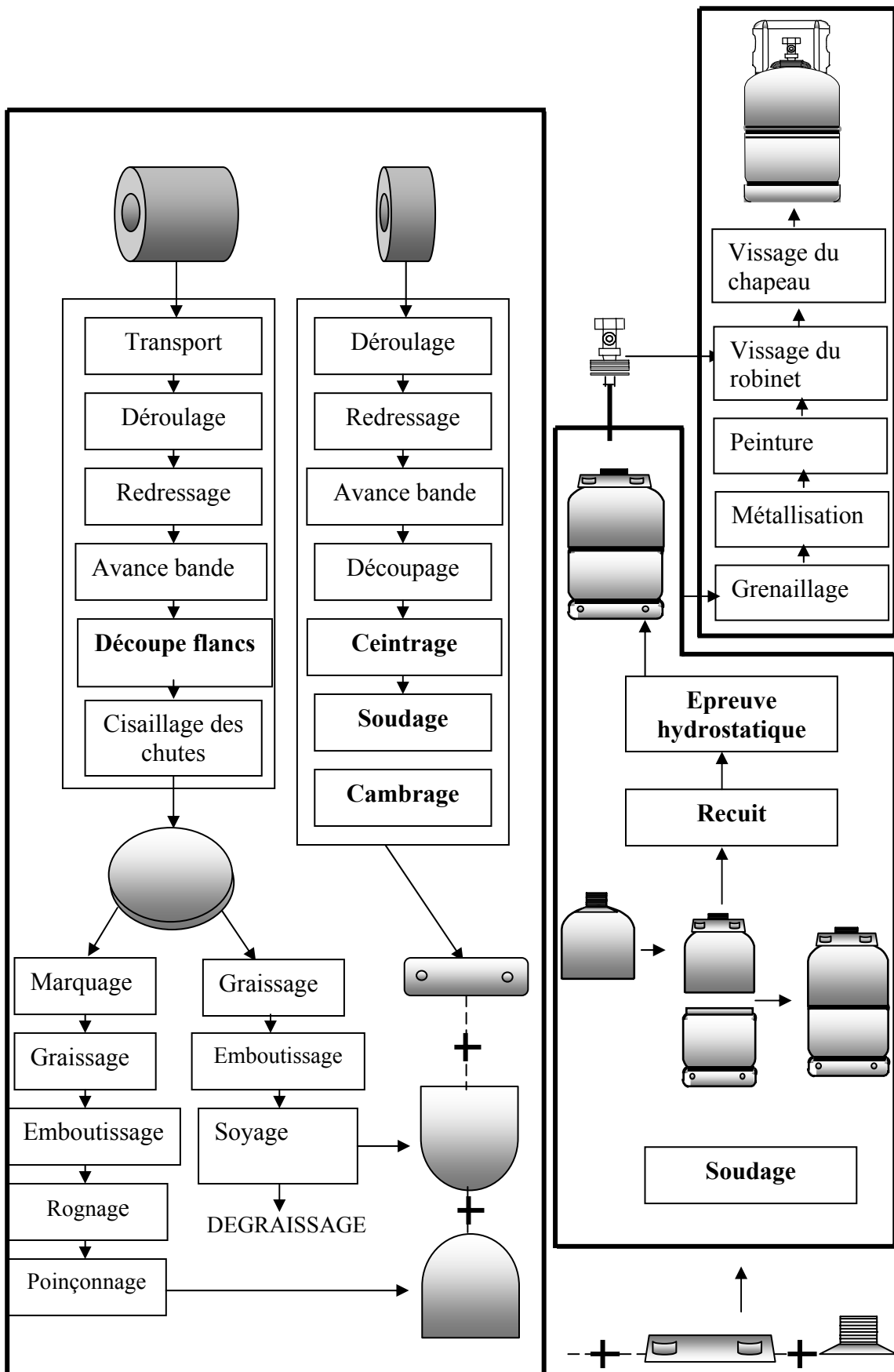


Fig IV.2 : Process de fabrication de la bouteille à gaz

Chapitre II

Mise en œuvre de la méthode Kanban au sein de BAG

II.1- Modalités de circulation des flux dans l'entreprise BAG

II.2- Les conditions d'application du système Kanban

II.3- Application du Kanban

II.4- Calcul du nombre de Kanbans

II.5- Les gains réalisés par le Kanban dans BAG

Conclusion

II.1 Modalités de circulation des flux dans l'entreprise BAG :

Lors de notre passage à l'usine, on a observé que la ligne de production est organisée selon une disposition parallèle, c'est-à-dire que la ligne de production est un simple collecteur, un simple moyen de transport assurant la fonction de transfert des pièces.

L'opération est répartie sur un ou quelques opérateurs placés côte à côte. C'est l'opérateur le plus proche du convoyeur qui alimente la ligne. Donc, les pièces ne défilent pas toutes selon le même rythme que celui du convoyeur.

La figure ci-dessous nous montre la disposition des différents ateliers et la circulation des différents flux dans l'usine BAG

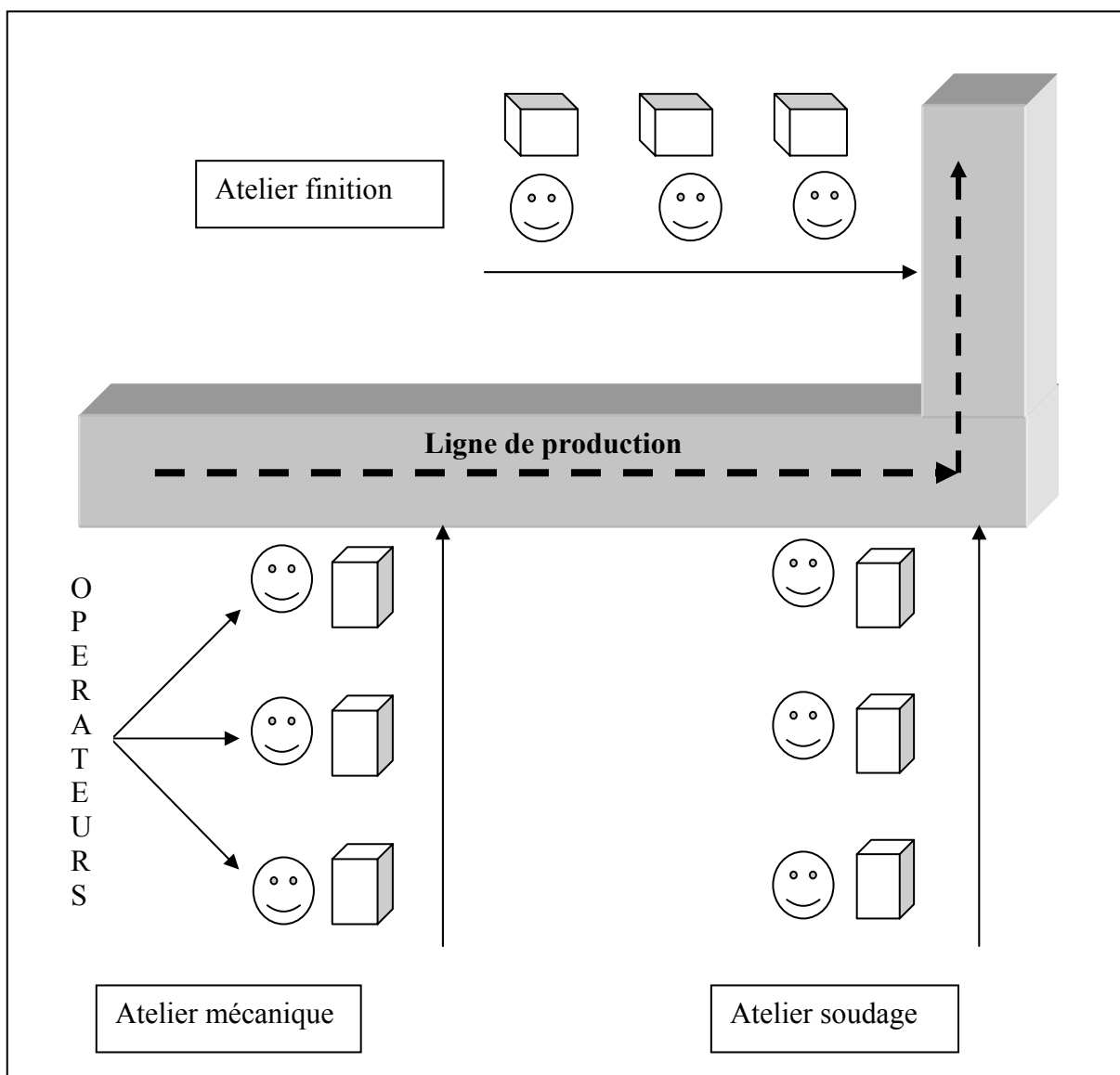


Fig IV.3: Circulation des flux dans l'usine BAG

Ce type d'implantation a comme avantages :

- Absence d'un opérateur sans graves conséquences ;
- Assemblage simultané de produits différents ;
- Changement de séries sans graves répercussions.

Mais aussi comme inconvénients :

- Pilotage à vue difficile ;
- Perte d'espaces ;
- Constitution de stocks ;
- Résultats peu prévisibles.

II.2- Les conditions d'application du système Kanban :

La mise en place d'un système Kanban exige les conditions suivantes :

- Une des premières conditions à laquelle il doit répondre concerne la nature du produit et de la demande. En effet, sachant que l'objectif général du système est la suppression des aléas, mais sachant aussi que l'on ne peut pas supprimer tous les aléas, on comprendra que le système Kanban est dédié à des produits techniquement stabilisés. Il suppose aussi que la production soit de nature répétitive et relativement régulière. Dans la mesure du possible, il faudrait pouvoir geler le plan directeur de production de façon à répartir pendant une période relativement longue la production et s'assurer ainsi de la stabilisation. A défaut, le temps de réaction des boucles Kanban ne permet pas de répondre à la demande dans les délais. De plus, une variation de la demande entraîne une modification dans le même sens du nombre de Kanbans en circulation, ce qui risque à terme de déstabiliser le système ;
- Deuxièmement, les stocks intermédiaires étant limités, le système doit disposer d'une forte rapidité de réaction. L'application de la méthode SMED est recommandée afin d'améliorer les temps de changement des séries. De même, pour répondre à l'impératif stratégique de gestion du temps, le volume des containers doit être relativement faible. En effet, la rapidité de réaction du système dépend de son degré de fluidité. Sachant que la taille des containers dépend du délai de production et du délai de consommation des produits, on a tendance à considérer que la fluidité du

processus dans l'entreprise est assurée lorsque le nombre de pièces dans le container représente moins d'un dixième de la consommation journalière. Mais cette règle ne présente pas de caractère systématique.

- Troisièmement, une grande rigueur doit être respectée en matière de gestion de l'information. C'est pourquoi les Kanbans détachés des containers doivent être transmis rapidement au poste amont, ce qui suppose aussi une bonne implantation des ateliers pour faciliter la circulation des Kanbans et des containers. D'autre part, chaque poste doit respecter scrupuleusement les ordres de production signifiés par les Kanbans. Ils ne doivent produire qu'au moment où l'ordre de fabrication leur parvient, afin de limiter les stocks. De même, pour éviter toute ambiguïté concernant les informations qui circulent, les containers doivent être soit pleins, soit vides, mais en aucun cas, ils ne doivent circuler en étant partiellement remplis.

II.3- La mise en place du Kanban dans l'entreprise BAG

L'entreprise BAG est une société qui fabrique des bouteilles à gaz. Pour vivre et prospérer, elle doit savoir répondre aux attentes du marché, dans les meilleurs délais, en respectant le rapport qualité / prix.

Or, l'entreprise manque de souplesse et de rapidité de réaction, elle est peu efficace, gaspille les hommes, le temps, la matière et les équipements productifs.

Afin de ne pas produire trop, le principe de base du JAT consiste à lutter contre les différentes formes de gaspillages déjà évoquées. Dans cette logique, la méthode Kanban constitue un outil privilégié de lutte contre la surproduction car elle participe à la rationalisation des flux d'information dans l'entreprise ainsi qu'à leur simplification.

Dans notre cas, nous essayerons d'appliquer la méthode Kanban dans l'atelier mécanique (poste amont) et l'atelier de soudage (poste aval) dans le but :

- D'éviter toute interruption de la production d'un atelier ou d'une personne en raison d'un manque de pièces,
- De ne produire les pièces, sous-ensembles et produits finis que lorsque l'on en a besoin,
- De contrôler les niveaux d'en-cours et de les maintenir au niveau le plus bas possible.

1- Production des pièces (F, E, P) dans l'atelier mécanique (poste amont) :

La mise en œuvre du JAT, à travers la méthode Kanban, repose sur un système d'information performant qui permet aux ordres de mise en production de circuler de l'aval du processus productif vers l'amont. L'information sur le niveau de la consommation est transmise par l'intermédiaire du Kanban

Tout d'abord, tous les conteneurs de pièces (F, E, P) sont identiques afin d'être repérés immédiatement.

Les pièces F représentent les *flans*, les pièces E représentent les emboutis *supérieurs et inférieurs* et les pièces P représentent *les pieds*.

Chaque conteneur, lorsqu'il est plein de pièce (F, E, P), porte une étiquette portant au dos la mention en cours le cas échéant.

Le nombre total de cartes Kanban, pour les pièces (F, E, P), est strictement contrôlé. Ceci permet de garantir que le nombre total de pièces (F, E, P) existantes ou en cours de fabrication dans l'atelier, ne dépasse pas un niveau déterminé.

2- Consommation des pièces (F, E, P) dans l'atelier de soudage (poste aval):

Le stock de pièces (F, E, P) dans le conteneur correspondant est donc situé au poste de travail.

Les conteneurs sont placés l'un derrière l'autre. Lorsque l'opérateur prend la première pièce du premier conteneur, il enlève la carte Kanban de ce conteneur et la met dans un panier prévu à cet effet.

Lorsque le conteneur est vide, l'opérateur l'enlève. Il reprend la carte Kanban et la replace au début du cycle pour qu'un nouveau conteneur parte dans le processus de production s'il y a une commande.

3- Lancement en production dans l'atelier mécanique :

Chaque fois que le poste aval (atelier de soudage) entame un container de pièces, il détache de celui-ci un Kanban qu'il retourne au poste amont (atelier mécanique). Le Kanban est placé sur un tableau, appelé le planning des Kanbans situé au poste amont.

Chaque fois que le poste amont (atelier mécanique) reçoit un Kanban, cela équivaut à recevoir un ordre de fabrication. Le poste amont met donc en fabrication le nombre de pièces nécessaires pour remplir le container.

Lorsqu'il a terminé de fabriquer la quantité requise, l'opérateur renvoie le container muni du Kanban au poste aval.

Ce n'est que lorsque le planning des Kanbans est vide que la production du poste amont (atelier mécanique) s'arrête.

Il faut qu'il y ait un agent de manutention dans l'atelier qui récupère toutes les cartes Kanban mises de côtés par les opérateurs des différents postes de soudage.

Remarques :

- On remarque bien ici que le système Kanban est un système à production « tirée ». La production des pièces est déclenchée par la consommation effective des mêmes pièces pour le montage final.
- Le nombre de cartes Kanban ainsi calculé constitue la valeur maximale du nombre de conteneur pour chaque pièce. Ceci permet ainsi de contrôler les encours.
- On stocke les encours le plus près possible de l'endroit où ils seront utilisés.
- Les niveaux de stocks et d'encours ne sont pas réduits à zéro, mais ils sont minimisés. Il existe toujours au moins un conteneur plein pour chaque type de pièces.

La figure (IV.4) permet de visualiser une simulation de la méthode Kanban appliquée à l'atelier mécanique et à l'atelier de soudage de l'entreprise BAG

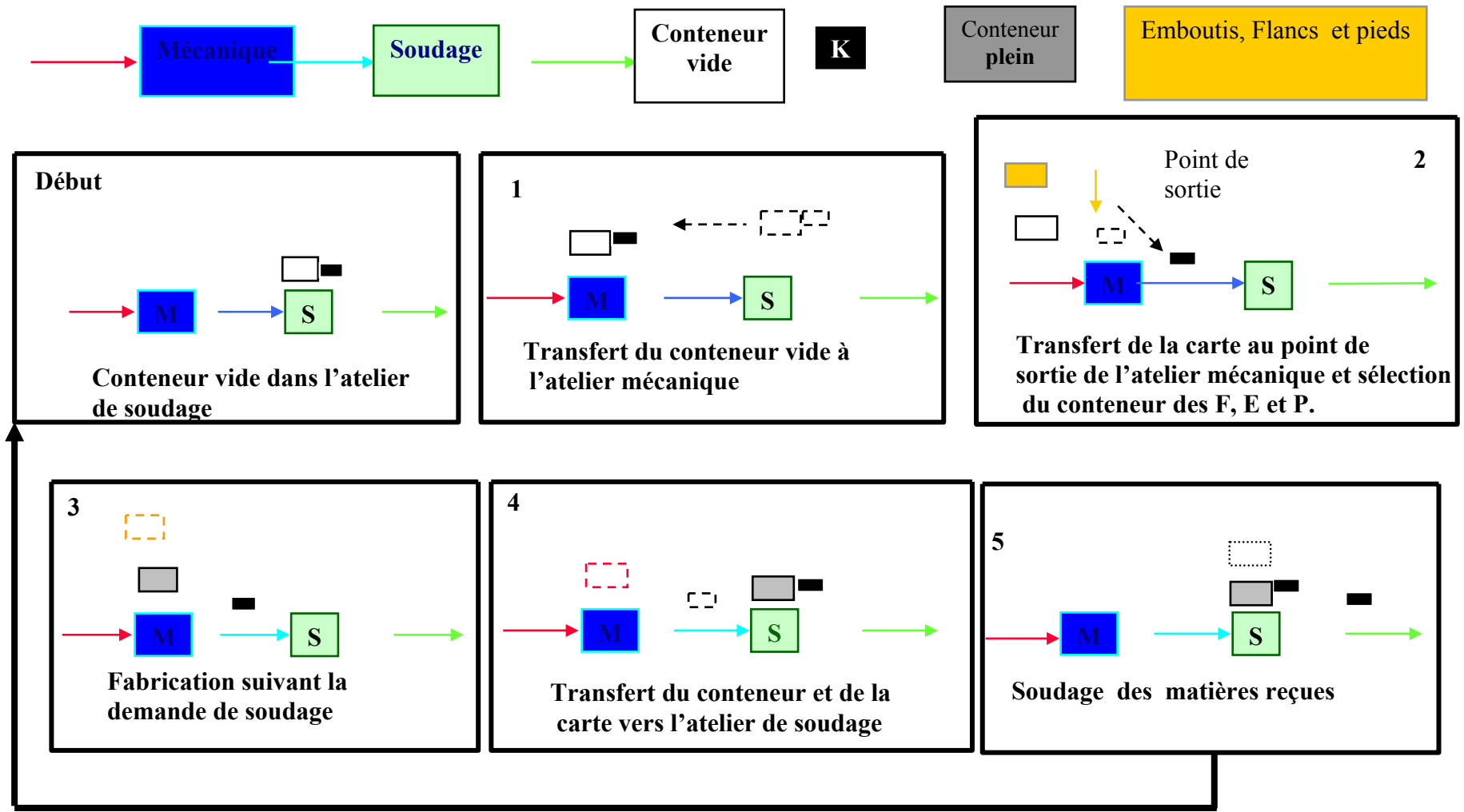


Fig IV.4 : La méthode Kanban dans l'usine BAG

II.4- Calcul du nombre de Kanbans :

Pour calculer le nombre de Kanbans nécessaire, on doit respecter les étapes suivantes :

Etape 1 : Collecter les données relatives aux flux à organiser

- **Caractéristiques du flux :**

Nous avons :

- Une demande journalière moyenne de 2200 bouteilles semi-finies;
- Une variation de la demande: + ou - 7%

- **Caractéristiques du poste amont (fournisseur)**

Le poste amont est un atelier de mécanique qui travaille en 2 x 8, 5 jours par semaine qu'on peut diviser en trois parties :

- La partie 1 : pour usiner les flancs
- La partie 2 : pour usiner les emboutis supérieurs et inférieurs ;
- La partie 3 : pour usiner les pieds

Le schéma suivant nous illustre l'atelier mécanique et ses parties.

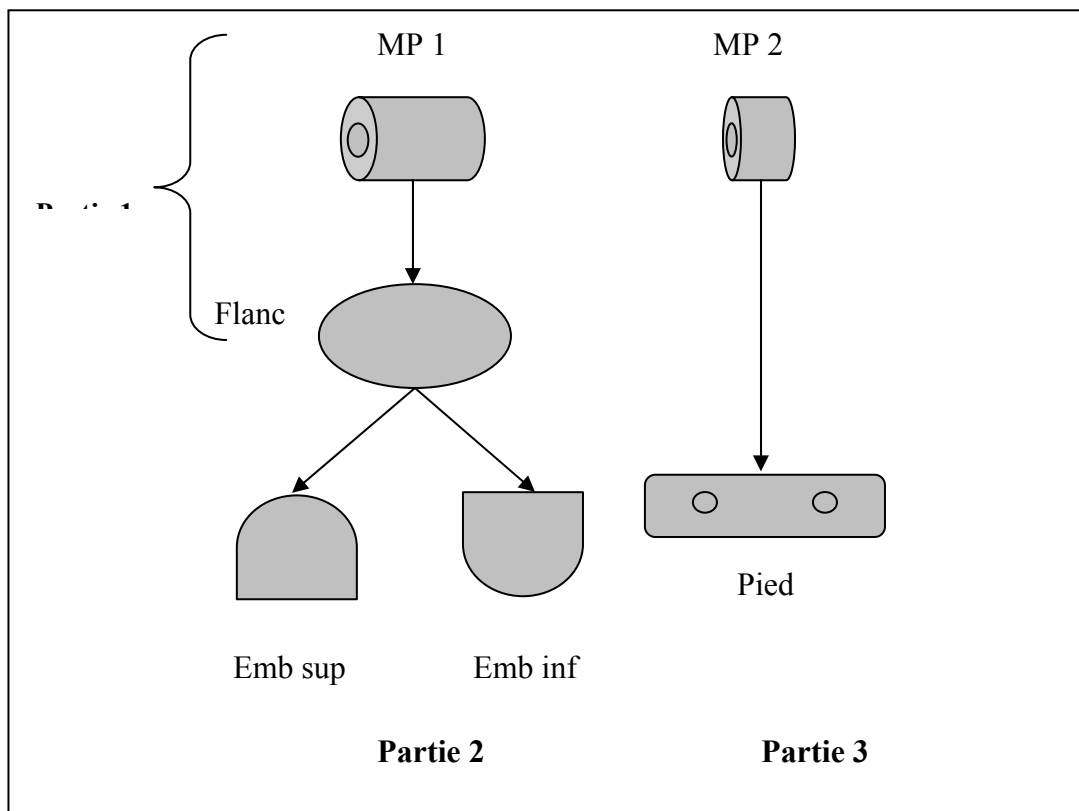


Fig IV.5 : Atelier Mécanique de l'entreprise BAG

La cadence moyenne de production dans cet atelier est donnée par le tableau suivant :

Tableau IV.1- Cadence moyenne du poste amont

POSTE	CADENCE MOYENNE (pièce/h)
Découpage flancs	943
Emb INF	450
Emb SUP	450
Dégraissage	450
Marquage collerette	650
Fabrication pied	235

Source : service programmation de production BAG

Remarques :

On constate que le poste amont ne réalise pas le même nombre de pièces de chaque partie, pour les raisons suivantes :

- Le nombre d'opérations est différent d'une partie à une autre ;
- Chaque partie à un taux de panne différent ;
- La rupture d'approvisionnement de la matière première est différente d'une partie à une autre ;

- **Caractéristiques du poste aval (client)**

Le poste aval est un atelier de soudage. Il fonctionne 14 heures par jour en deux équipes, 5 jours par semaine.

On peut aussi diviser l'activité de cet atelier en 04 parties :

- Partie 1 : soudage de l'embouti inférieur et les pieds ;
- Partie 2 : soudage de l'embouti supérieur et la collerette ;
- Partie 3 : bouteille à gaz soudée (partie 1 + partie 2)
- Partie 4 : bouteille à gaz soudée et collier

Le schéma suivant présente l'atelier de soudage et les différentes étapes qui le composent.

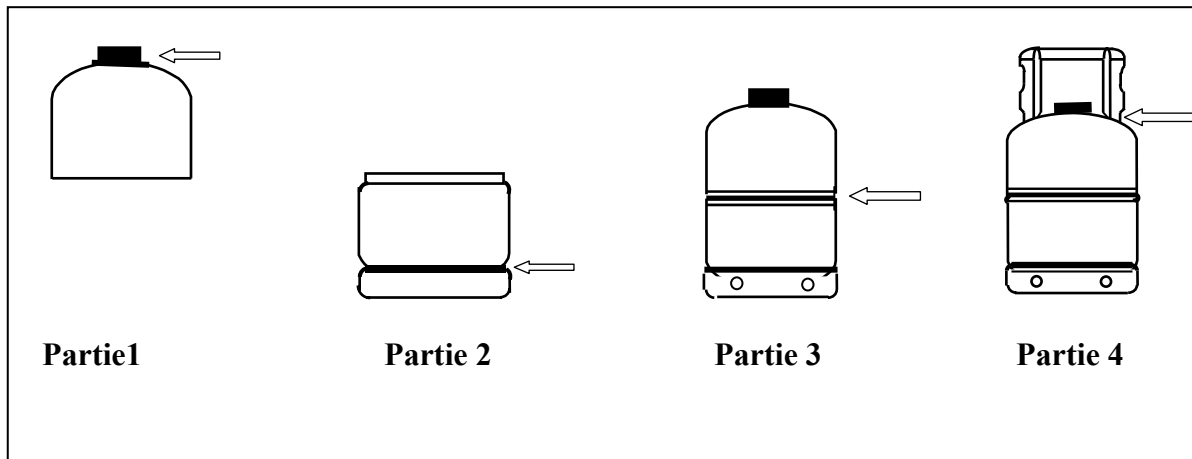


Fig IV.6 : Atelier de soudage de l'entreprise BAG

Sa cadence moyenne est donnée par le tableau suivant :

Tableau IV.2- Cadence moyenne du poste aval

POSTE	CADENCE MOYENNE (pièce/h)
Partie 1	376
Partie 2	389
Partie 3	372
Partie 4	372

Source : service programmation de production BAG

- **Caractéristiques de la liaison post amont - poste aval**

- Le délai de transport des pièces de l'atelier mécanique vers l'atelier de soudage est négligé.
- Collecte des kanbans: chaque kanban est recyclé dès que le poste aval entame le conteneur sur lequel il était fixé. On estimera la durée de l'opération à 5 minutes maxi.

Etape 2 : Définir les paramètres de fonctionnement

- **Capacité des conteneurs**

La taille du conteneur définit la vitesse du flux de matières.

Le conteneur est le plus petit lot de transfert entre deux postes ou deux ateliers.

Plus sa capacité est petite plus le délai d'obtention des pièces est faible. La règle donnée par Toyota est la suivante : « **La capacité des conteneurs doit correspondre au 1/10 de la demande journalière** ».

Dans notre cas, la demande journalière est de 2200 pièces en moyenne. Nous prendrons donc des conteneurs de 220 pièces qui représentent environ le 10ème de la demande journalière.

Pour l'embouti supérieur par exemple la durée d'écoulement est calculée de la manière suivante :

$$\begin{array}{l} 450 \text{ emboutis supérieurs} \longrightarrow 60 \text{ mn} \\ 220 \text{ emboutis supérieurs} \longrightarrow X \end{array} \quad \Longrightarrow \quad X = 29.3 \text{ mn}$$

Les durées d'écoulement pour les différents postes sont données par le tableau suivant :

Tableau IV.3- les durées d'écoulements des différents postes

POSTE	DUREE D'ECOULEMENT (min)
Découpage flancs	14
Emb INF	30
Emb SUP	30
Dégraissage	30
Marquage collerette	21
Fabrication pied	57
Partie 1	36
Partie 2	34
Partie 3	36
Partie 4	36

- **Taille du lot mini de fabrication**

Le lot mini de fabrication est le nombre minimal de kanbans présents sur le planning d'un poste qui autorise l'activation de celui-ci alors qu'il est désactivé.

On estime le temps de changement d'outillage et de réglage des machines à 25 mn pour tous les ateliers.

Le poste amont produit à la cadence de **450 pièces** à l'heure pour l'embouti supérieur. Le lot de fabrication sera de $(450/60) \times 25 = 188$ pièces, ce qui représente $188/220$ soit 01 conteneur, soit 220 pièces qui représentent 30 minutes de production.

Le tableau suivant présente le nombre de lots mini de fabrication et les temps de production pour chaque composant

Tableau IV.4- Lot mini de fabrication et temps de production

POSTE	Lot mini de fabrication	Temps de production (min)
Découpage flancs	2	28
Emb INF	1	30
Emb SUP	1	30
Dégraissage	1	30
Marquage collerette	2	41
Fabrication pied	1	56

- **Taille de l'en-cours mini**

L'en-cours mini doit permettre d'éviter la rupture d'approvisionnement au poste aval. C'est l'anti-aléa mini du flux. Si le poste aval a un besoin urgent de pièces, le temps de réponse du poste amont est la durée minimale d'une rotation complète d'un kanban, tenant compte des aléas de ce poste.

Elle comprend :

- Le temps d'usinage d'un conteneur au poste amont (tableau IV.3)
- Le temps de transit de ce conteneur vers le poste aval.
- Le temps de recyclage du kanban.

Pour l'embouti supérieur :

- Recyclage d'un Kanban = 05 mn
- Temps d'usinage d'un container = 30 mn
- Livraison du conteneur au poste aval = 00 mn

T = 35 mn

Il s'agit de 35 minutes pendant lesquelles l'embouti supérieur produit. Cela représente $450 \times (35/60) = 263$ unités ou $263/220 = 1,2$. Nous prendrons deux **(02) conteneurs** pour tenir compte des aléas au poste amont.

Pour les autres composants, la taille de l'encours mini est donnée par le tableau suivant :

Tableau IV.5- L'encours mini de fabrication

POSTE	EN-COURS MINI (conteneur)
Découpage flancs	2
Emb INF	2
Emb SUP	2
Dégraissage	2
Marquage collerette	2
Fabrication pied	1

- **Taille du tampon de régulation**

Le tampon de régulation sert à donner de la souplesse au système et à limiter les demandes en "catastrophe". Le besoin de souplesse est particulièrement nécessaire lorsque le poste amont travaille plusieurs références de pièces. Nous estimerons le tampon nécessaire à 4 heures.

Pour l'embouti supérieur on a : $450 * 4 = 1800$ unités Ce qui correspond à $1800/220 = 8,18 = 9$ **conteneurs**.

Il n'y a pas de contre-indication à prendre un tampon important. Si dans la pratique il s'avère excessif, il suffira d'éliminer les kanbans superflus.

Le tableau suivant représente les tampons de régulation de chaque poste et ses capacités

Tableau IV.6- Tampons de régulation

POSTE	TAMPON DE REGULATION (conteneur)	TAILLE DE TAMPON DE REGULATION
Découpage flancs	18	3772
Emb INF	9	1800
Emb SUP	9	1800
Dégraissage	9	1800
Marquage collerette	12	2600
Fabrication pied	5	940
Phase 1	7	1504
Phase 2	7	1556
Phase 3	7	1488
Phase 4	7	1488

Etape 3 : Mettre en œuvre

- **Définir le planning d'ordonnancement**

Il s'agit d'un tableau mural qui sera placé au poste amont et sur lequel seront rangés les kanbans quand ils ne sont pas sur les conteneurs. Le tableau de Kanban contient alors deux signaux d'alerte :

- **L'index rouge** : lorsque l'index rouge est atteint, cela signifie que le poste aval n'a presque plus de stock, l'opérateur du poste amont doit lancer la fabrication s'il ne souhaite pas prendre le risque de casser le flux.
- **L'index vert** : lorsque l'on atteint l'index vert, il nous informe qu'il reste suffisamment de kanbans dans l'atelier et donc des pièces finies ou en cours de fabrication pour satisfaire les besoins du consommateur.

Les résultats de l'étape deux nous donnent pour l'embouti supérieur :

- Lot minimal de fabrication : 01 Kanban
- En-cours mini : 02 kanbans
- Tampon de régulation : 09 kanbans
- **TOTAL = 12 kanbans**

Le planning comportera donc 12 emplacements. L'empilement des kanbans se fera à partir du bas. L'emplacement 1 concernant le lot mini de fabrication Les emplacements 2 à 10 concernent le tampon de régulation. Ensuite viennent les emplacements 11 et 12 de l'en-cours mini. L'index rouge sépare le tampon de régulation de l'en-cours mini. Voici l'allure du planning vide :

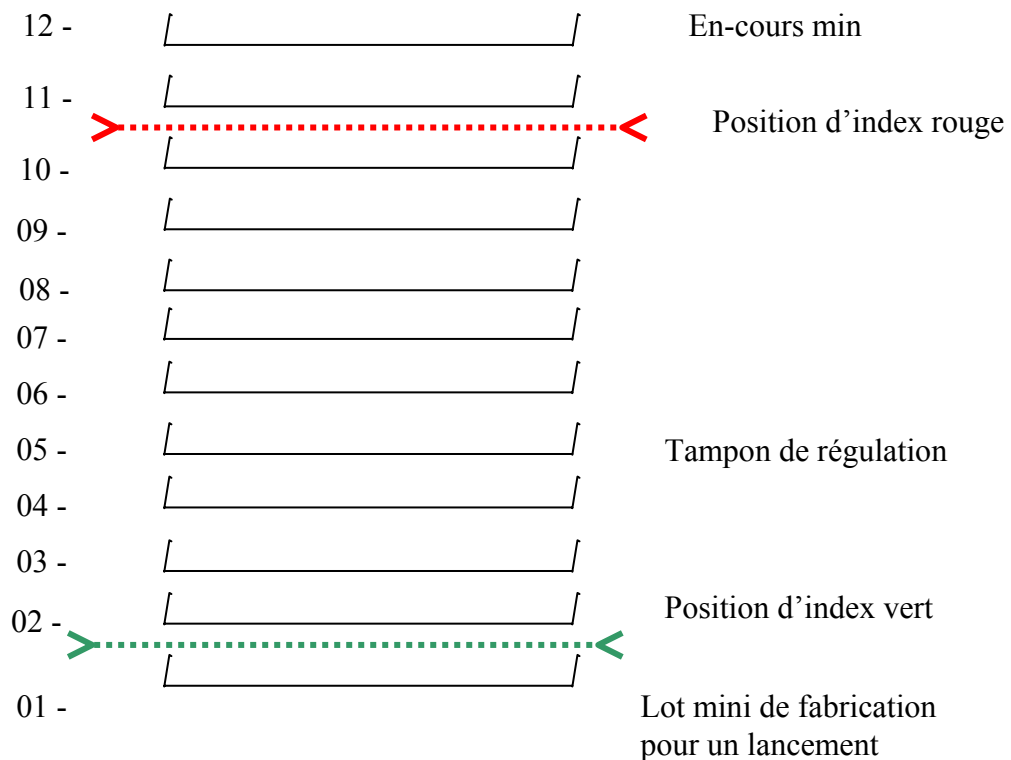


Fig IV.7 : Planning d'ordonnancement « embouti supérieur »

Les 12 kanbans représentent l'en-cours maximum entre les deux postes. Il sera ici de $220 \times 12 = 2640$ pièces. Il ne pourra jamais être supérieur à cette valeur.

On définit tous les plannings d'ordonnement concernant toutes les postes dans le tableau IV.7 :

TAB IV.7- Tableau représentant les plannings d'ordonnement et l'en-cours max.

POSTE	Lot mini de fabrication	En-cours min	Tampon de régulation	Total (Li)	EN-COURS MAX (Pièce)
Découpage flancs	2	2	18	22	4840
Emb INF	1	2	9	12	2640
Emb SUP	1	2	9	12	2640
Dégraissage	1	2	9	12	2640
Marquage collerette	2	2	12	16	2420
Fabrication pied	1	1	5	7	1540

- **Définir le contenu des kanbans**

La liste minimale des informations à porter sur chaque kanban est la suivante :

- 1- La référence de l'article
- 2- L'état de la matière
- 3- La quantité d'articles dans le conteneur
- 4- La destination du conteneur (postes aval ou stockage).

D'autres indications peuvent être jointes comme :

- La désignation en clair de la pièce;
- Le nombre de conteneurs du lot traité;
- L'emplacement sur le lieu de stockage;
- Des renseignements concernant le trajet de la pièce dans l'unité de production;
- des renseignements sur le conditionnement des pièces, les traitements, etc.

Dans notre exemple, qui est relatif à des bouteilles à gaz, le contenu du kanban est celui-ci :

Bouteille à gaz semi-fini Référence :R
Origine : Atelier mécanique Destination : Atelier de soudage
Conteneur : 220 pièces

- **Définir les règles de fonctionnement :**
- **Règles de circulation des kanbans** : Les kanbans accompagnent toujours les matières du poste amont appelé " fournisseur " au poste aval appelé " client ". Voici une liste de règles parmi les plus couramment édictées :
 - ↳ Un conteneur plein doit toujours être muni de son kanban.
 - ↳ Dès qu'un conteneur est entamé au poste aval, son kanban doit être détaché et recyclé vers le planning du poste amont auquel il appartient.
 - ↳ Chaque kanban recyclé demeurera sur le planning du poste amont jusqu'à la fin du remplissage du conteneur sur lequel il sera fixé.
- **Règles de fonctionnement du planning** : Plus il y a de kanbans présents au planning moins il y a de matières en circulation (en-cours) entre le poste amont et le poste aval.

La modulation du flux s'opère donc par le contrôle du nombre de kanbans sur le planning.

1- Le lancement devient obligatoire lorsque la pile atteint l'index rouge car on risque une rupture d'approvisionnement au poste aval.

2- Le lancement est autorisé lorsque la pile s'arrête entre les deux index.

3- Le lancement est interdit lorsque la pile de kanbans rangés sur le planning n'atteint pas l'index vert.

Etape 4 : Affiner le planning

Le planning est à l'image d'instantanés photographiques. En cela, il ne permet pas de mémoriser ces états successifs. Or, pour supprimer des kanbans il est nécessaire de savoir lesquels, sur une longue période, n'ont jamais été utilisés.

Seul un suivi, par exemple informatique, peut permettre l'évolution en fonction du temps du planning.

II.5- Les gains réalisés par le kanban dans l'entreprise BAG :

1- Le gain de surface par la diminution des stocks :

Dans cette partie, on compare les encours et les stocks dans le cadre du système existant aux stocks obtenus par le système Kanban.

Dans le tableau (IV.8), on présente les stocks existants (année 2004) et les stocks calculés par la méthode Kanban (le tampon de régulation)

Tableau IV.8- Evaluation des stocks existants/stocks Kanban

POSTE	Stock existant (pièce)	Stock Kanban (pièce)
Découpage flancs	4000	3772
Emb INF	2700	1800
Emb SUP	2700	1800
Dégraissage	2700	1800
Marquage collerette	2600	2600
Fabrication pied	1100	940
Phase 1	1550	1504
Phase 2	1550	1556
Phase 3	1500	1488
Phase 4	1500	1488

La figure suivante visualise cette différence des stocks

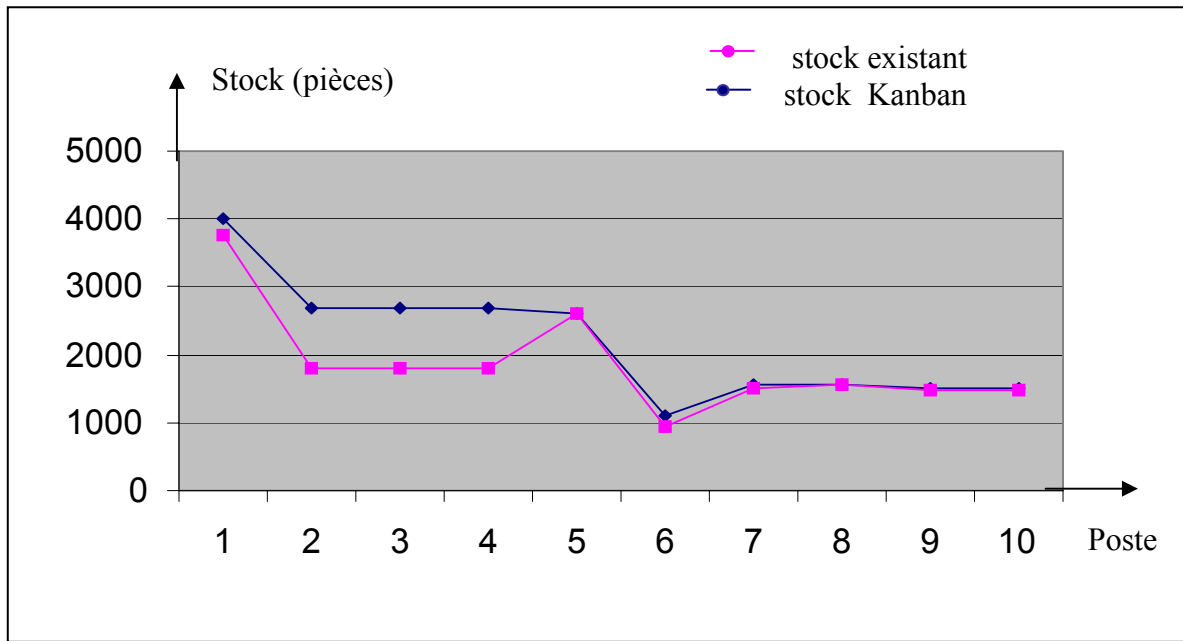


Fig IV.8 :Variation des stocks existants et stocks Kanban

A partir du diagramme de la figure ci-dessus, on observe bien la différence entre les stocks Kanbans et les stocks existants. Les stocks Kanbans sont toujours inférieurs aux stocks existants. A titre d'exemple, le stock d'embouti supérieur est de 2700 dans le système existant contre 900 dans le système Kanban Ceci implique moins de coûts de stockage et moins de surface.

2- L'augmentation du chiffre d'affaires de l'entreprise:

La diminution des stocks, générée par le système Kanban, implique automatiquement une diminution des coûts de financement des stocks et se traduit par une augmentation du chiffre d'affaire de l'entreprise.

Le tableau suivant donne les valeurs des coûts engendrés par l'augmentation des stocks dans l'entreprise BAG.

Tableau IV.9 : les coûts engendrés par l'augmentation des stocks

	POSTES	Stocks existants	Stocks Kanban	Ecart	Coûts unitaires	Coûts de production (DA)
01	Découpage flans	4000	3772	228	287	65436
02	Emb INF	2700	1800	900	24	21600
03	Emb SUP	2700	1800	900	30	27000
04	Dégraissage	2700	1800	900	40	36000
05	Marquage collerette	2600	2600	0	130	0
06	Fabrication pied	1100	940	160	262	41920
07	Phase 1	1550	1504	46	163	7498
08	Phase 2	1550	1556	- 6	163	978
09	Phase 3	1500	1488	12	150	1800
10	Phase 4	1500	1488	12	150	1800

A partir des résultats du tableau (IV.9), on constate bien l'importance des coûts de stockage. Le système existant n'est pas économe, il entraîne un gonflement des stocks d'emboutis supérieurs (2700) de (1/3), donc des coûts supplémentaires, comparativement au système Kanban (900).

3- La production réelle et la production Kanban :

Selon les statistiques de ventes fournies par l'entreprise, la demande des clients est totalement satisfaite mais les délais de livraisons sont longs.

Pour l'année 2004 par exemple, on a relevé une demande de 350 000 bouteilles dans un délai de 8 mois.

Tableau IV.10 : la production réelle et la production Kanban

Mois	Quantité KANBAN (Bouteille)	Quantité produite réellement (Bouteille)	Différence entre quantité
Janvier	43750	21 000	+ 22 750
Février	43750	42 000	+ 1750
Mars	43750	46 482	-2732
Avril	43750	34 010	+ 9710
Mai	43750	24 500	+19 250
Juin	43750	19 720	+24 030
Juillet	43750	18 000	+ 25750
Août	43750	7500	+ 36250
Septembre	/	25 098	- 25 098
Octobre	/	28 800	- 28 800
Novembre	/	44 430	- 44 430
Décembre	/	38 460	- 38 460
Total	350000	350000	

Les résultats du tableau IV.10 sont illustrés par la figure (IV.8) qui représente la variation de la production réelle par rapport à la production kanban.

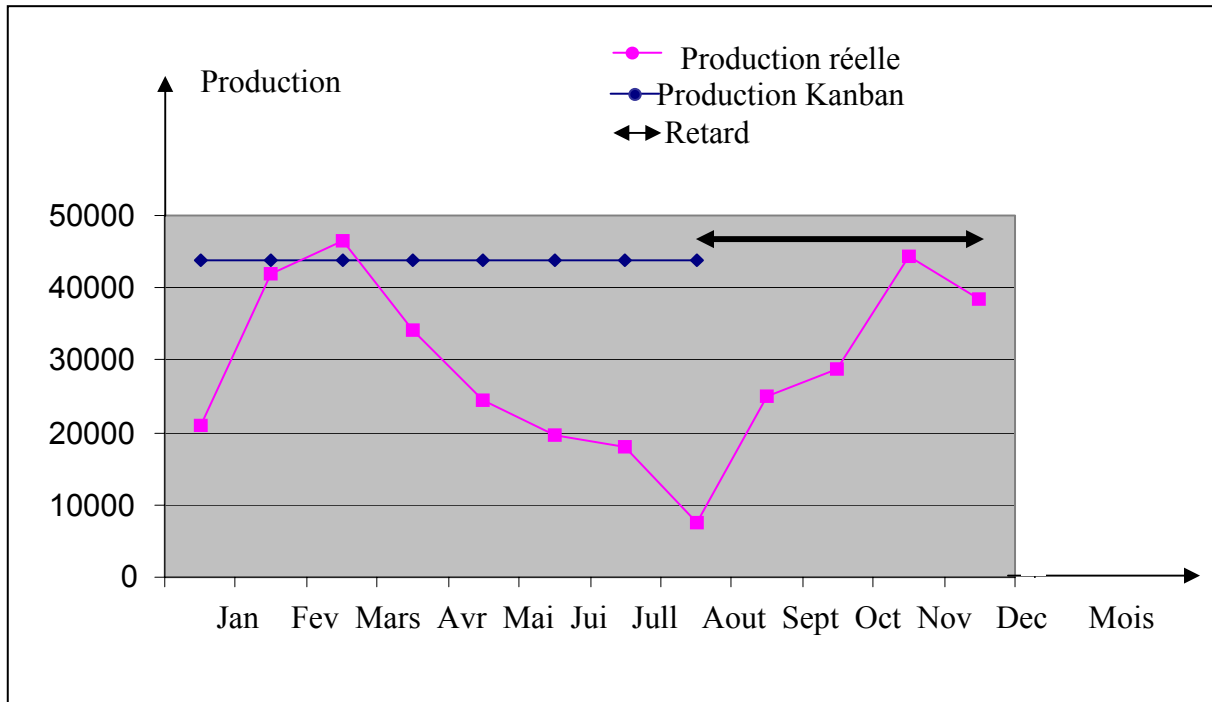


Fig IV.9 : comparaison de la production réelle et de la Production Kanban

La lecture de cette courbe nous renseigne sur le retard de livraison (de 03 mois environ) accusé par l'entreprise pour satisfaire la demande des clients dans les délais (08 mois)

Conclusion :

L'application de la méthode Kanban; modifie l'organisation de la production de l'entreprise, son fonctionnement, sa gestion, ainsi que les tâches effectuées par le personnel, les relations avec ses clients et ses fournisseurs ; par l'amélioration des implantations, la diminution des temps de changement d'outils, la réduction des aléas et l'établissement des relations plus étroites avec ses principaux fournisseurs. On a pu, grâce à l'introduction de la méthode Kanban, observer ainsi les améliorations suivantes :

- La réduction des délais et des stocks,
- L'accroissement de la productivité globale,
- La réduction de la surface utilisée,
- La réduction des temps d'arrêt de machines dus aux pannes ou aux incidents,
- La diminution du nombre de défauts.

Chapitre III

Mise en œuvre de la démarche MSP au sein de BAG

III.1- Le service du contrôle de la production de l'entreprise BAG

III.2- Les différentes formes de contrôles appliqués dans BAG

III.3- Mise en œuvre de la démarche MSP

III.4- Les conditions de réussite de la M.S.P

Conclusion

III.1- Le service du contrôle de la production de l'entreprise BAG

Le département contrôle est chargé de :

- Détecter et d'évaluer les risques de non-conformité ;
- Procéder aux contrôles nécessaires des pièces, composants et produits achetés ;
- Prendre toutes les mesures indispensables afin que toute pièce entrant dans le processus de fabrication réponde aux exigences prescrites.

Il est donc responsable du contrôle durant la fabrication des pièces et du contrôle final au niveau des différents ateliers, ainsi que de la pièce achetée (simple ou ensemble) et de toute matière (première ou auxiliaire) entrant dans le processus de fabrication

Le département est doté d'un laboratoire lui permettant d'effectuer les essais et les contrôles nécessaires.

Il utilise comme base technique quelques outils parmi lesquels on peut citer :

- Les plans ou dessins ;
- Les normes ;
- Les catalogues ;
- Les certificats de conformité, etc....

Son schéma d'organisation est conçu de telle sorte que toutes les opérations spécifiques au contrôle s'effectuent dans chacun des ateliers concernés. Ce qui permet de déceler à temps chaque non-conformité et de déclencher les actions d'intervention nécessaires afin de l'éliminer d'une part, et d'éviter l'erreur à l'avenir, d'autre part.

III.2- Les différents types de contrôle :

Les différents types de contrôle pratiqués sont au nombre de trois :

- a- Le contrôle de réception ;
- b- Le contrôle en cours de fabrication ;
- c- Le contrôle final.

III.2.1- Le contrôle de réception :

Il est chargé de veiller à la conformité de la pièce d'achat réceptionnée conformément aux prescriptions, plans, normes, catalogues et certificats de conformité.

Le service contrôle de réception est doté d'un laboratoire équipé d'instruments permettant, grâce aux machines d'essai de traction, d'essai de résilience, d'essai de pliage, microscope à lumière etc..., de contrôler la conformité de la matière réceptionnée aux prescriptions techniques.

En plus de cela, il effectue les analyses chimiques des bains de traitements thermiques.

Le déroulement des opérations de contrôle se fait selon la nature des produits réceptionnés. Par exemple, le contrôle des tôles et des collerettes se fait sur la base des certificats de conformités et les perspectives des fournisseurs qui comportent des fréquences de contrôle. Les échantillons prélevés seront analysés par le laboratoire.

Donc, le contrôle de réception permet de vérifier la conformité des matières premières et des pièces d'achat. En cas de non-conformité, et suite à un rapport de contrôle, on prend l'une des décisions suivantes :

- Décision 1 : utilisable sous réserve ;
- Décision 2 : reprise d'usinage à la charge du fournisseur ;
- Décision 3 : à retourner pour échange.

III.2.2- Le contrôle de fabrication :

Il se subdivise en 3 types : volant, intermédiaire et final.

Le contrôle volant: permet la surveillance continue de la conformité des produits en cours de fabrication.

Son déroulement consiste en la réception obligatoire et sur demande du service fabrication de la première pièce :

- D'une série;
- Après casse d'outillage;
- Après réglage machine;
- Au début de chaque équipe.

Ensuite, un échantillon à intervalle régulier est prélevé.

Le contrôle intermédiaire : figurant comme opération de gamme, il est destiné à déceler des éventuels vices de fabrication entre deux procédés différents. Exemple : « pieds » - contrôle intermédiaire- « embouti inférieur ».

Ce contrôle s'effectue dans un poste stationnaire et se base sur les documents : plans de contrôle, dessins et fiches suiveuses. C'est à ce niveau que le tri des lots se fait par pièces rebutées ou à retoucher.

Le contrôle final : figurant aussi comme opération de gamme, il a pour objet de solder les différentes commandes lancées en fabrication par le biais des avis de finition. Il se base sur les documents, les plans de contrôle, les dessins et les fiches suiveuses.

III.2.3- Le contrôle montage :

Il a pour mission de :

- Contrôler tous les montages ;
- Contrôler le bon fonctionnement des ensembles montés ;
- S'assurer du respect du flux de montage ;
- S'assurer que les produits finis sont exempts de défauts.

Il se subdivise en deux catégories : contrôle pré montage et contrôle montage final.

- Le contrôle de pré montage se fait à 100% selon les plans et les plans de contrôle relatifs à chaque organe (mentionnés dans les gammes et les fiches suiveuses)
- Le contrôle montage final se fait par phase et par opération selon un « Check-list »

III.3- Mise en œuvre de la démarche MSP au niveau de l'entreprise BAG

Introduction :

Dans cette partie, on se propose de choisir une caractéristique du procédé, mettre en évidence la stabilité du procédé choisi, implanter les cartes de contrôle appropriées et vérifier si celui-ci est capable ou non.

Afin de suivre l'évolution de notre procédé, on utilise les deux types de carte de contrôle :

- Pour l'atelier mécanique : on utilise les carte de contrôle aux variables
- Pour l'atelier de soudage : on utilise les cartes de contrôle aux attributs.

III.3.1- Atelier mécanique :

III.3.1.1-Description du procédé choisi

La description du procédé choisi dans le cadre de cette démarche est **l'embouti supérieur** qui représente l'opération la plus sensible et la plus importante dans l'atelier mécanique. Les autres opérations y participent également, mais il n'est pas toujours possible de remédier aux rebutis totaux, ainsi elle contribue à hauteur de 20% environ du coût de production de la bouteille à gaz.

La figure suivante décrit les étapes d'usinage de l'embouti supérieur

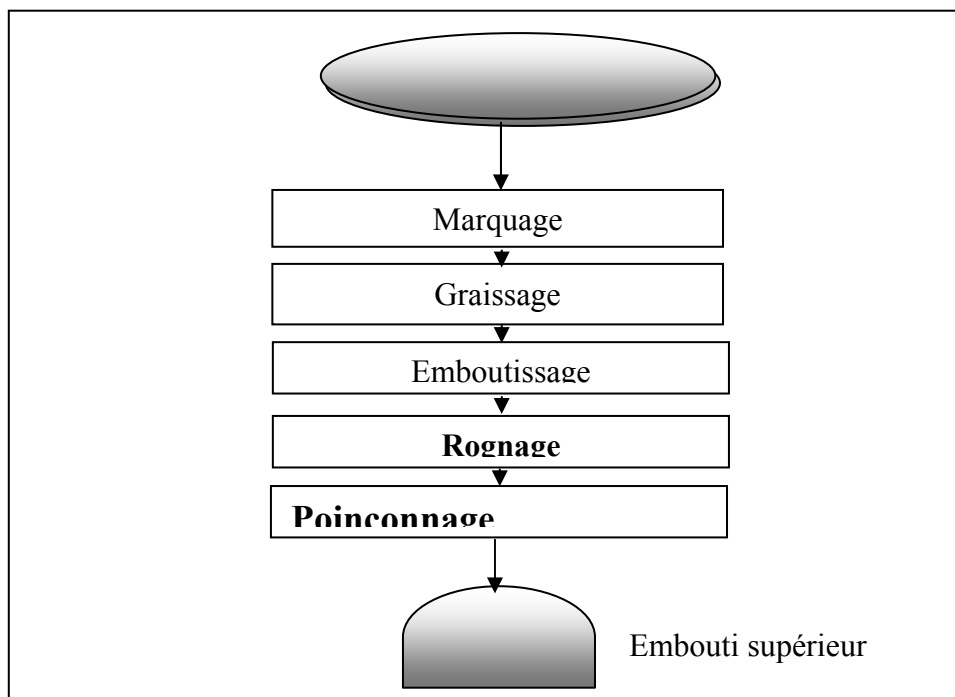


Fig IV.10 : Usinage de l'embouti supérieur

III.3.1.2- Pareto sur les défaillances :

Dans notre cas, on s'intéresse au nombre de pièces rebutées dans l'atelier mécanique. Pour atteindre ce but, nous utiliserons le diagramme de Pareto qui permet de discriminer, parmi toutes les sources, celles qui sont les plus importantes de celles qui le sont moins.

Le tableau suivant illustre l'évaluation des coûts de la non-qualité (DA) au sein de l'atelier mécanique (1^{er} semestre 2004)

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Total	%
Flancs	35796.6	16193.7	34376.1	28694.1	21023.4	24432.6	136 083,9	15%
Emb sup	62429.3	18380.2	139752.9	126126.2	21549.2	130879.7	458 871.2	49%
emb inf	26460.5	9027.7	38912.5	55411.4	10272.9	32063.9	170 592,4	18%
Pieds	52340.4	14322	57027.6	27602.4	21873.6	32680.2	165 484.2	18%

Source département de contrôle

Tableau IV.11 : coûts de la non-qualité (DA) dans l'atelier mécanique

100%

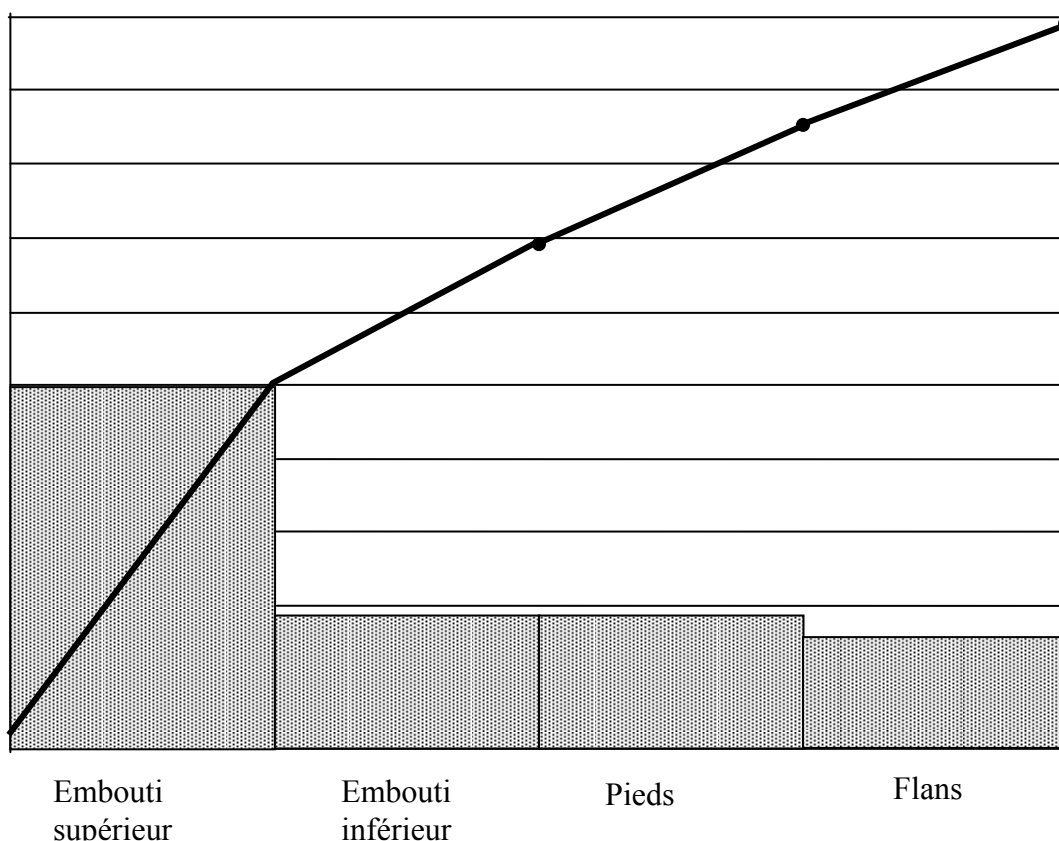


Figure IV.11 : Diagramme de Pareto : rebuts de l'atelier mécanique

A partir de ce diagramme, on constate bien la dominance, par rapport aux autres, des rebuts des emboutis supérieurs au sein de l'atelier mécanique. Ils représentent environ 50% des rebuts totaux de l'atelier. Ce qui nous oblige à privilégier, par la suite, cette étape de l'analyse dans la démarche MSP.

III.3.1.3- Analyse du procédé : choix des paramètres à surveiller :

On choisit comme paramètre à étudier, le diamètre extérieur (D1) de l'embouti supérieur puisque l'opération qui la suit (soudage de l'embouti supérieur et de l'embouti inférieur) ne peut se réaliser que si le diamètre extérieur de l'embouti supérieur respecte les limites de tolérance d'une manière très précise.

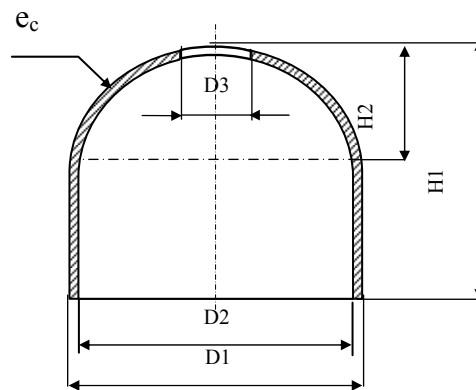


Figure IV.12 : L'embouti supérieur

III.3.1.4- Etude statistique du procédé :

1- Collecte de données :

L'analyse statistique d'un phénomène est basée sur l'étude de valeurs, il en résulte que toute analyse statistique comporte une séquence de collecte des valeurs relatives au phénomène que l'on veut observer.

Ces valeurs doivent être assez homogènes, représentative de la population à étudier. C'est pour cette raison que nous avons opté pour des valeurs relatives au diamètre extérieur de l'embouti supérieur qui se répartir sur 3 années 2000-2003 pour avoir une meilleure idée sur la stabilité du procédé choisi. Ces valeurs sont dressées dans le tableau de l'annexe III.1.

Nous avons vu que les outils statistiques sont organisés en trois grandes familles : descriptive, probabiliste et théorie des tests.

On dispose maintenant d'une représentation graphique et numérique de nos données. Afin de progresser dans l'analyse et la compréhension de notre procédé, on va associer à cette représentation un modèle probabiliste.

3- Modélisation de la variation du procédé :

La statistique probabiliste, met à notre disposition un certain nombre de modèles mathématiques, que l'on appelle des distributions de probabilité. Celles-ci sont définies par des expressions mathématiques et nous permettent de connaître la probabilité d'apparition d'une valeur de la variable. Ainsi, pour notre cas, lorsqu'on a choisi une distribution de probabilité modélisant le diamètre extérieur, on peut connaître la probabilité de produire un embouti supérieur dont la valeur du diamètre extérieur sera égale à une valeur donnée ou comprise dans un certain intervalle.

Parmi l'ensemble des lois de probabilité, on propose d'utiliser la loi de Laplace Gauss, appelée loi normale. Cette loi sert très souvent de référence à une modélisation car elle régit la plupart des processus de fabrication, et beaucoup de phénomènes physiques et d'autre de toute nature.

La loi normale est définie par deux paramètres : sa moyenne μ et son écart type σ , elle est représentée par une courbe de distribution symétrique, unimodale souvent résumée par l'expression « courbe en cloche »

L'interprétation de l'histogramme nous permet de dire que les valeurs de la caractéristique étudiée se dispersent autour de la valeur nominale, ou plus généralement d'une valeur moyenne, et forment ainsi une courbe de variation qui reproduit assez près la courbe de Gauss, on peut donc supposer que la loi de distribution de la variable (diamètre extérieur) est une distribution normale.

Pour affiner cette analyse, il convient de vérifier par un test que l'hypothèse de normalité peut être acceptée, afin de diminuer l'incertitude due à une simple interprétation de l'histogramme, pour cela nous avons utilisé une méthode graphique dite : la droite de Henry (annexe III.2)

Utilisant le logiciel STATISTICA pour l'élaboration du test de normalité, nous avons obtenu la droite de Henry de la figure (III.4)

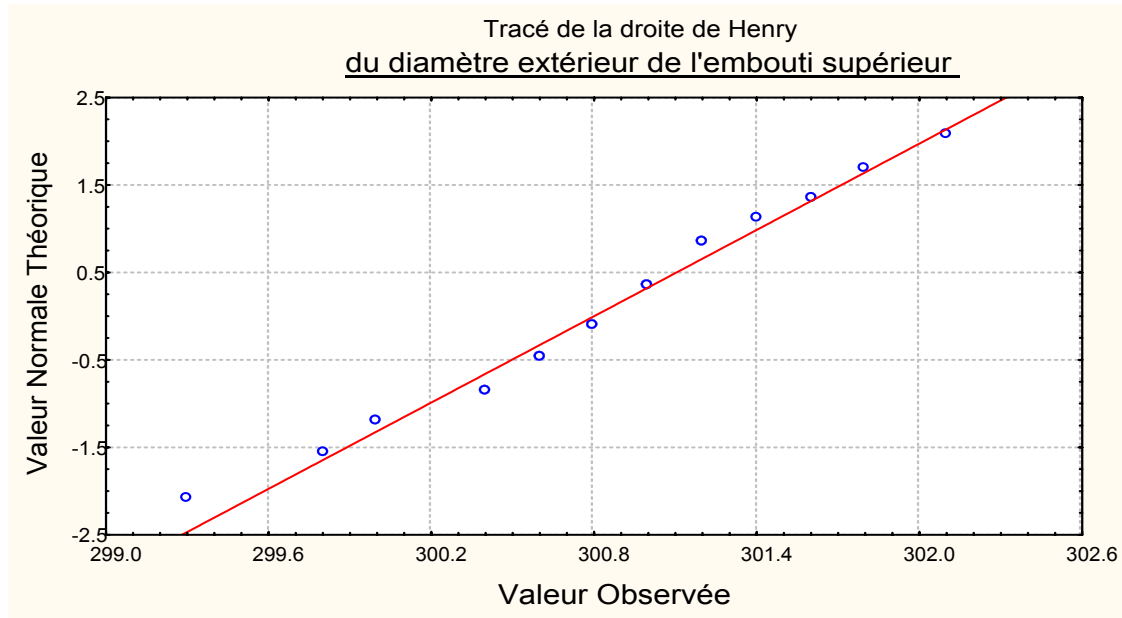


Fig IV.14: Tracé de la droite de Henry du diamètre extérieur

On remarque que tous les points sont distribués aléatoirement de part et d'autre de la droite ajustée. Aussi on peut conclure que notre distribution est normale.

La normalité de notre distribution étant vérifiée, nous pouvons alors passer à l'implantation des cartes de contrôle.

III.3.1.5- Mise en œuvre de la carte (\bar{X}, R) :

La qualité de la production d'un procédé repose sur la capacité du pilote à stabiliser son procédé, ce qui implique le choix d'un outil efficace et précis. Les cartes de contrôle sont une très bonne réponse à cet objectif.

Les cartes de contrôle permettent de faire de la prévention et d'agir sur le procédé de façon efficace grâce à l'avantage de détecter à priori les changements du processus qu'elles peuvent procurer.

Pour maîtriser un procédé en suivant l'évolution d'une variable, il est important de mettre sous contrôle un paramètre de position centrale et un paramètre de dispersion de cette variable.

Notre choix est porter sur l'implantation d'un couple de cartes : la carte de contrôle des moyennes (X-barre) et la carte de contrôle des étendus (R).

- ↳ La carte des moyennes X-barre : la moyenne étant le meilleur estimateur de la position centrale de la distribution.
- ↳ La carte des étendus (R) : l'étendu permet de mesurer les variations au sein de chaque échantillon observé.

Remarque :

On peut utiliser la carte (X-barre, S), mais on a utilisé la carte (X-barre, R) puisque la taille de l'échantillon ($n = 5$) est inférieure à 8 ($n < 8$)

Pour cela, Cinq mesures ($n = 5$) sont prélevées chaque deux heures, pour un total de 25 échantillons. Le tableau de l'annexe III.2 illustre les différentes mesures réalisées au premier semestre 2004.

Le tableau de l'annexe III.3 présente la moyenne des mesures prélevées et l'étendue de chaque échantillon

❖ Calcul des moyennes :

$$\bar{X} = \frac{\sum \bar{X}}{k} = \frac{7505.2}{25} = 300.208 \text{ mm}$$

$$\bar{R} = \frac{\sum \bar{R}}{k} = \frac{38}{25} = 1.52 \text{ mm}$$

La première étape consiste à tracer une carte R et d'évaluer son état de contrôle

❖ **Carte R :**

$$\begin{aligned} \text{Ligne centrale} &= \bar{R} \\ &= 1.52 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} LCS &= D_4 * \bar{R} \\ &= 2.114 * 1.52 = 3.213 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} LCI &= D_3 * \bar{R} \\ &= 0 * 1.52 = 0 \text{ mm} \end{aligned}$$

Les valeurs D_3 et D_4 sont tirées du tableau (Annexe IV) des coefficients pour $n=5$.

Puisque les valeurs R du tableau précédent sont à l'intérieur des limites de contrôle de la carte R ($LCI = 0 < R < LCS = 3.213$) la carte R indique donc un état de contrôle statistique.

La valeur R peut maintenant être utilisée pour calculer les limites de contrôle de la carte X.

❖ **Carte X :**

$$\begin{aligned} \text{Ligne centrale} &= \bar{X} \\ &= 300.208 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} LCS &= \bar{X} + A_2 * \bar{R} \\ &= 300.208 + 0.577 * 1.52 \\ &= 301.085 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} LCI &= \bar{X} - A_2 * \bar{R} \\ &= 300.208 - 0.577 * 1.52 \\ &= 299.331 \end{aligned}$$

Les valeurs du coefficient A_2 sont tirées du tableau de l'annexe IV

Les cartes de contrôle pour X et R sont alors tracées comme suit :

CARTE DE CONTROLE DU PROCEDE (X-barree/R)		
Caractéristique	Opération	Machine
Diamètre extérieur	Emboutissage	Presse d'emboutissage

III.3.1.6-Analyse des cartes :

➤ **Carte X-barre :**

Une analyse de la carte X révèle que les échantillons 09 et 10 ont des moyennes situées en dehors de la limite de contrôle supérieure. Ces deux cartes indiquent que le processus est hors contrôle désiré

Il faut donc rechercher la cause de cet événement. Les causes possibles d'une telle situation :

- Opérateur mal formé,
- Machine mal entretenue ou mal réglée,
- Rupture d'un organe,
- cassure d'un outil
- Un arrêt brusque de la machine entraînant un déséquilibre dans l'emboutissage des flancs.

Donc, il faut engager une action curative appropriée afin qu'elle ne se produise plus.

❖ **Carte R :**

Pour la carte R, aucun point n'est en dehors des limites de contrôle, aucun suspect de causes assignables. Nous remarquons pour les points (3) et (8) une diminution de l'étendue qui peut être interprété par l'amélioration de la dispersion du procédé pouvant être générée par :

- ↳ Amélioration de la méthode d'échantillonnage
- ↳ Amélioration de la méthode ou l'outil de mesure
- ↳ Entretien récent du procédé.

III.3.1.7- Détection et suppression des causes assignables: Calcul des nouvelles limites :

La procédure de la carte est poursuivie en supprimant les points hors contrôle (échantillon 09 et 10) dans les calculs de X et de R. Il suffit ensuite de reprendre les mêmes formules et de recommencer les calculs.

❖ **Carte X :**

$$\begin{aligned}\bar{X} &= (x_1 + x_2 + \dots + x_{23}) / 23 \\ &= 6901.2 / 23 = 300.052\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\bar{R} &= (r_1 + r_2 + \dots + r_{23}) / 23 = 35.1 / 23 \\ &= 1.526\end{aligned}$$

$$LCS = \bar{X} + A_2 * \bar{R} = 300.052 + 0.577 * 1.526$$
$$LCS = 300.933$$

$$LCI = \bar{X} - A_2 * \bar{R} = 300.052 - 0.577 * 1.526$$
$$LCI = 299.171$$

❖ **Carte R:**

$$\bar{R} = 1.526$$

$$LCS = D_4 * \bar{R} = 2.114 * 1.526$$
$$= 3.226$$

$$LCI = D_3 * \bar{R} = 0$$

Les cartes révisées sont tracées comme suit :

CARTE DE CONTROLE DU PROCEDE (X-barree/R)		
Caractéristique	Opération	Machine
Diamètre extérieur	Emboutissage	Presse d'emboutissage supérieur MC 020

III.3.1.8-- Analyse des cartes révisées :

On voit maintenant que le graphique représente bien un procédé sous contrôle, aussi bien au niveau de la moyenne qu'au niveau des étendues. Avec la suppression des causes de variabilité anormales apparues dans le graphique précédent, il est possible d'affirmer, sans risque d'erreur, qu'il ne reste plus que des causes de variations aléatoires.

Toutefois, le graphique de l'étendue montre qu'il est certainement encore possible d'améliorer la dispersion en réglant mieux le procédé.

III.3.1.9- Etude de la capacité Cp et de l'indice de capacité Cpk du procédé :

1- La capacité Cp:

Avec le processus montrant un état de contrôle statistique, selon les limites révisées, la capacité du processus peut être évaluée par l'application de la formule : $C_p = \frac{\text{tolérance prescrite}}{\text{dispersion du processus}}$ on obtient :

$$C_p = \frac{(LST - LIT)}{6\delta}$$

$$C_p = \frac{(302 - 298)}{6\delta} \text{ avec } \delta = R/d_2$$

$$\left\{ \begin{array}{l} R = 1.526 \\ d_2 = 2.326 (n = 5) \end{array} \right. \longrightarrow \delta = 1.526 / 2.326 = 0.656$$

Donc **Cp = 1.016**

2- Indice de la capacité Cpk :

$$C_{pk} = \left[\min \frac{T_s - \bar{X}}{3\delta} \text{ ou } \frac{\bar{X} - T_i}{3\delta} \right]$$

$$C_{pk_s} = \frac{T_s - \bar{X}}{3\delta} = \frac{302 - 300.052}{3 * 0.64}$$

$$C_{pk_s} = 1.015$$

$$C_{pk_i} = \frac{\bar{X} - T_i}{3\delta} = \frac{300.052 - 298}{3 * 0.64}$$

Cpki = 1.069

Donc **Cpk = 1.015**

L'étude de la capabilité du procédé conduit à un $C_p=1,016$ et un $C_{pk}=1,015$ inférieurs donc tous deux à **1,33**. La capabilité du procédé est tout juste apte mais il faut améliorer le procédé.

Le procédé ne peut naturellement inclure les spécifications techniques demandées du fait que la dispersion du procédé est supérieure à la tolérance, d'où la nécessité de la réduction de l'étendue de la production pour que celle-ci soit comprise dans l'intervalle de tolérance. Cela n'est possible que par une concentration des efforts sur le fonctionnement du procédé, la recherche des causes assignables et l'élimination de toute perturbation pouvant affecter la stabilité du fonctionnement du procédé comme un mauvais réglage, un sur-réglage, une composition de la matière première etc.... C'est dans ce sens que la carte de contrôle constitue en quelque sorte un pilote pour stabiliser le procédé.

III.3.2- Atelier de soudage :

III.3.2.1-Description du procédé choisi :

Dans cet atelier, le procédé choisi est l'étude du **soudage circulaire** qui est considéré comme l'opération essentielle dans l'atelier de soudage. Elle représente environ 50% du coût de production de la bouteille à gaz.

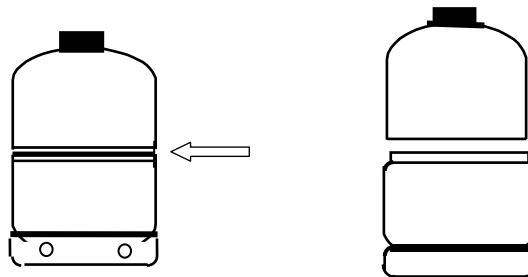


Fig IV.17 : Le soudage circulaire

III.3.2.2-- Pareto sur les défauts :

On s'intéresse au nombre de défauts apparus sur la bouteille à gaz. Le diagramme de Pareto illustre l'opération la plus dominante dans l'atelier de soudage.

Le tableau suivant illustre l'évaluation des coûts de la non-qualité (DA) au sein de l'atelier de soudage (1^{er} semestre 2004).

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Total	%
Soud pied	26405.5	12002.5	35527.4	33126.9	14883.1	4801	126746.4	12.20
Soud colrt	28740.6	8667.8	43795.2	52919.2	28740.6	68430	231293.4	22.26
Soud cir	178500	64812.5	68000	134973.5	75437.5	150875	672562.5	64.74
Soud colier	1194.8	-	-	1194.8	3584.4	2389.6	8363.6	0.80

Source département de contrôle

Tableau IV.12: coûts de la non qualité dans l'atelier soudage (1^{er} semestre 2004)

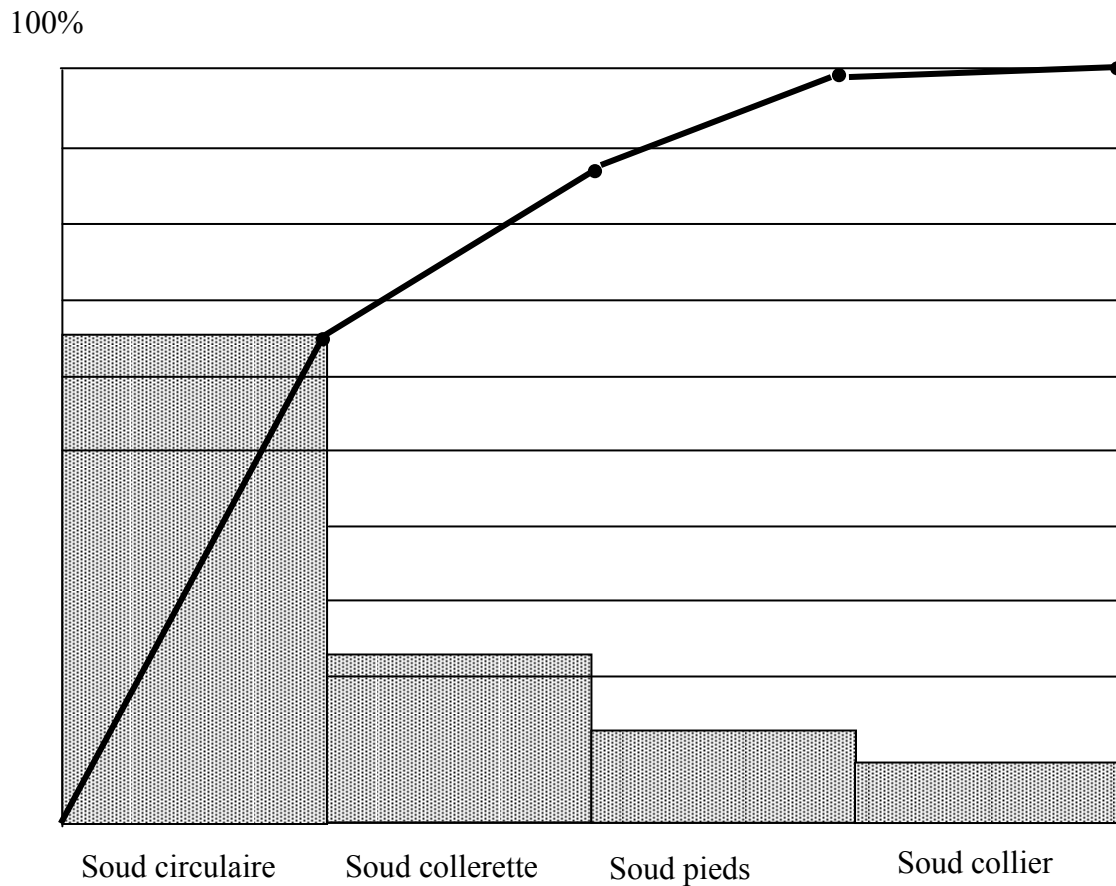


Fig IV.18 : Diagramme de Pareto : rebuts de l'atelier soudage

Ce diagramme montre la prédominance des rebuts du soudage circulaire dans l'atelier de soudage par rapport aux autres secteurs. Ils représentent 64% du rebut total de l'atelier de soudage. Pour cette raison, on va choisir le soudage circulaire comme base d'analyse et d'évaluation de cet atelier dans la démarche globale.

III.3.2.3- Choix des paramètres à surveiller :

Nous allons nous intéresser au nombre de défauts apparus dans le secteur du soudage circulaire.

Grâce à un contrôle effectué à 100% sur les bouteilles à gaz (premier semestre 2004), nous présentons le tableau suivant qui nous donne le nombre de pièces non conformes par heure.

Dans ce cas, nous essayerons d'appliquer une carte de la proportion de non conformes np

N° sous-groupe	Nombre contrôlé n	Nombre Non conforme np	% Non conforme p
1	120	4	3.33
2	120	9	7.5
3	120	8	6.67
4	120	6	5
5	120	1	0.83
6	120	3	2.5
7	120	3	2.5
8	120	4	3.33
9	120	7	5.83
10	120	5	4.17
11	120	2	1.67
12	120	6	5
13	120	8	6.67
14	120	2	1.67
15	120	5	4.17
16	120	5	4.17
17	120	6	5
18	120	5	4.17
19	120	5	4.17
20	120	6	5
Total	2400	100	

Tableau IV.13 : Défauts apparus dans le soudage circulaire

III.3.2.4- Calcul des limites de contrôle :

$$\text{Ligne centrale : } \bar{p} = \frac{\sum np}{k} = \frac{100}{2400} = 0.0417 = 4.17\%$$

$$LCS = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

$$LCS = 0.0417 + 3\sqrt{\frac{0.0417(1-0.0417)}{120}}$$

$$LCS = 0.0964 = 9.64\%$$

$$LCI = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

$$LCI = 0.0417 - 3\sqrt{\frac{0.0417(1-0.0417)}{120}}$$

$$LCI = -0.0130 = -1.3\%$$

Donc la carte p est tracée comme suit :

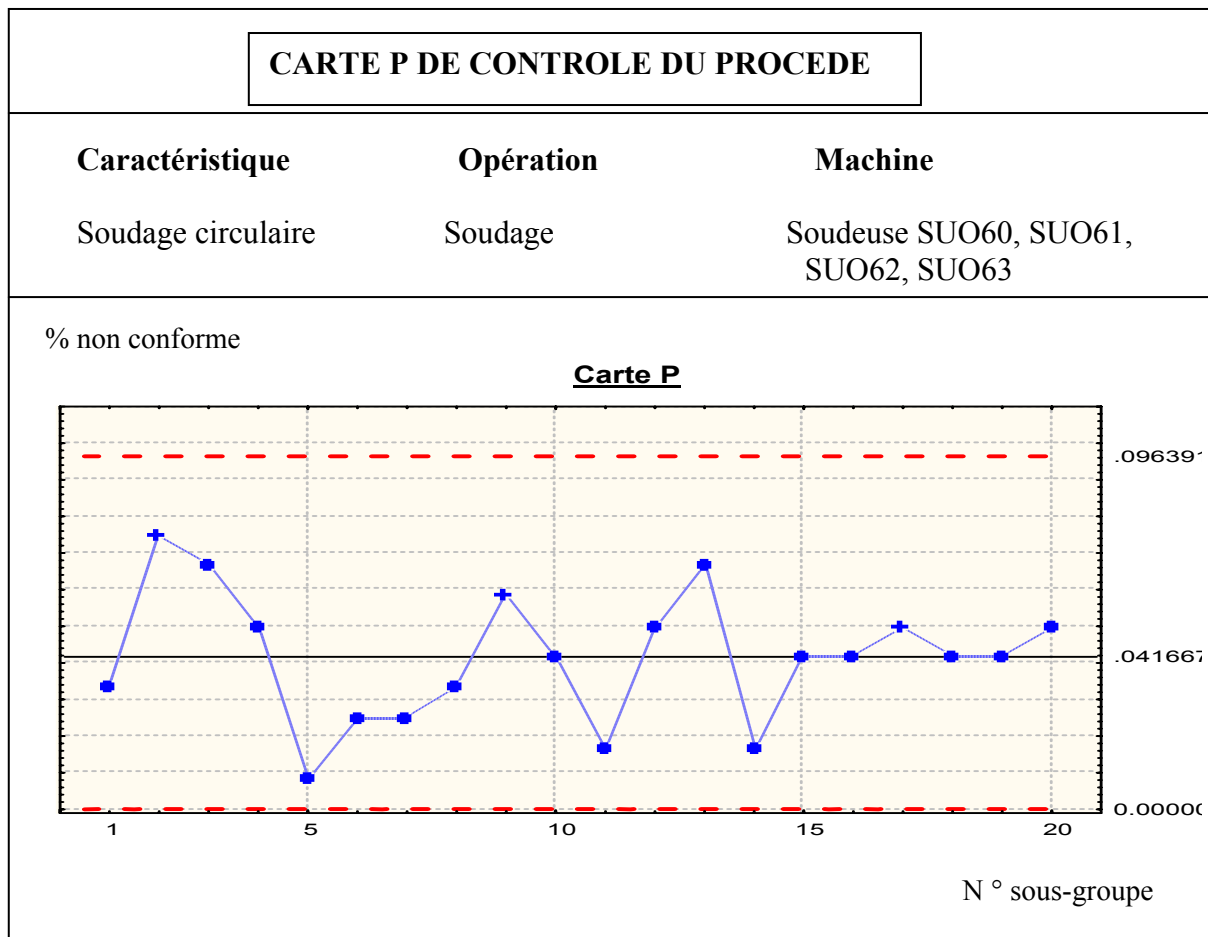


Fig IV.19 : Carte P pour les données du tableau IV.14

III.3.2.5- Analyse de la carte :

La carte indique que la qualité des bouteilles soudées est sous contrôle bien que le pourcentage de non conforme soit trop important.

Ces limites peuvent être utilisées pour la production future jusqu'au moment où le processus sera altéré ou sera hors contrôle. Il est improbable que toute amélioration puisse être obtenue sans changement de processus. Dire simplement aux opérateurs d'être plus attentifs est insuffisant.

Si le processus est amélioré (p plus petit), on utilisera les nouvelles limites, mais si le processus se détériore (p plus grand), on cherchera des causes assignables supplémentaires.

Notons aussi qu'une carte np aurait été également appropriée pour ces données puisque les effectifs sont égaux.

III.4- Les conditions de réussite de la M.S.P dans l'entreprise BAG :

III.4.1- Structure de mise en place :

Le succès de mise en place de la MSP dépend de l'organisation.

En premier lieu, la décision d'implanter la MSP dans une entreprise, ou un de ses secteurs, appartient à la direction. A cet effet, on doit créer une commission de pilotage. Cette commission, composée de tous les chefs de département, est placée sous la responsabilité d'un cadre directement rattaché à la direction. Ce cadre a pour mission de prendre, en fonction du contexte, toutes les décisions concernant l'application (ou la non-application) de la MSP.

Le pilotage joue le rôle coordinateur entre tous les services impliqués dans la mise en place et l'exploitation de la méthode. Il coordonne et contrôle l'avancement de la mise en place et suit l'application du système.

III.4.2- Exigences de base et rôle des méthodes d'industrialisation :

La MSP ne s'applique qu'à des processus stabilisés dont les performances sont parfaitement connues. En conséquence, sa mise en place pour un produit ne se fera que si :

- Le processus de fabrication est prévu pour une intégration parfaite de la MSP ;
- La mise au point des moyens de production est complètement terminée ;
- La production se réalise en séries ;

Les méthodes d'industrialisation ont donc pour mission de donner à l'entreprise, dès le démarrage de la production, tout ce qui est nécessaire au fonctionnement de la méthode :

- Moyens de fabrication stables ;
- Moyens de vérification adaptés ;
- Gamme de fabrication incluant les opérations de surveillance ;

- Processus prévus pour effectuer sans problème les prélèvements nécessaires ;

III.4.3- Conditions de réussite :

- La direction est l'élément moteur du système. Chaque membre du personnel doit ressentir son engagement envers la qualité. Cet engagement doit être également partagé par l'ensemble de la hiérarchie de tous les services de l'entreprise.
- La MSP ne doit pas être l'apanage exclusif du service qualité, mais de la compétence de toutes les fonctions de l'entreprise (méthode, étude, production, maintenance, personnel, etc.)
- Bien estimer que la MSP est un outil de progrès permanent et non une fin en soi ;
- La formation est un facteur de réussite prépondérant. Elle est dispensée dans l'ordre descendant à l'ensemble du personnel, du directeur aux opérateurs.

Elle est adaptée à la fonction du personnel et donne une large place à la présentation du concept de la MSP de manière à ce que le changement de culture de l'entreprise soit admis de tous. D'autre part, la possibilité d'une mise à niveau, notamment en ce qui concerne les statistiques, doit être donnée à tout le personnel n'ayant pas reçu de formation.

De même, les opérateurs reçoivent une formation pratique aux statistiques de base dans laquelle leur seront expliqués les notions de dispersion et de capabilité.

- Tous les moyens humains ou matériels nécessaires doivent être mis à disposition ;
- Chaque opérateur doit être tenu au courant des résultats de son travail ;
- Toute l'intelligence du personnel doit être mobilisée ;
- La mise en place d'indicateurs et d'une procédure d'analyse permanente des résultats et de déclenchement des actions d'amélioration du processus qui en découlent est le seul gage de pérennité du système.

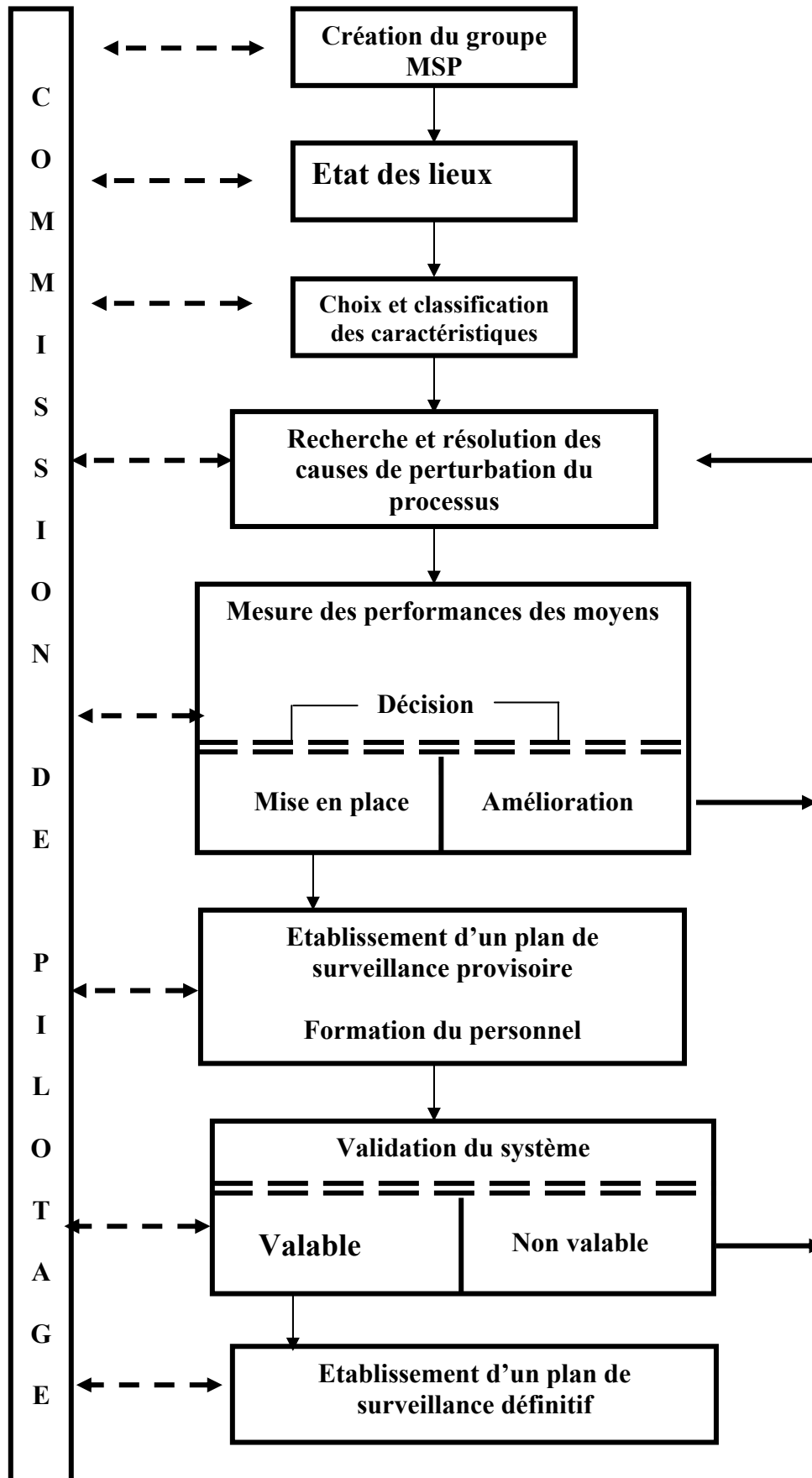


Fig IV.20: Schéma de mise en œuvre de MSP

Conclusion :

Le recours à la carte de contrôle permet de procéder, avec un risque minimum d'erreur, au contrôle de la qualité en temps réel sur la base d'échantillons de petites tailles, ce qui réduit les coûts de sa réalisation, et suivre l'évolution de l'état de réglage de la machine et de prévenir ainsi toute formation de déchets.

Les résultats obtenus à la suite de l'étude de la capacité du procédé révèlent une capacité acceptable du processus à satisfaire les exigences relatives à la qualité du produit.

De même, les résultats émanant de l'interprétation des cartes de contrôle annoncent la présence de causes assignables de variation du procédé qui sont à l'origine de l'instabilité du processus.

La recherche de ces causes dans le cadre d'une analyse dysfonctionnelle sera détaillée dans le chapitre suivant.

Chapitre IV

Mise en œuvre d'un diagnostic des dysfonctionnements

Introduction

IV.1- Diagramme de Pareto

IV.2- Diagramme de causes à effets

IV.3- Evolution des rebuts de l'entreprise BAG

IV.4- Application de la méthode Pareto à l'évolution des rebuts

IV.5- Application du diagramme causes-effets

IV.6- Interprétation des résultats

IV.7- Une opportunité pour l'entreprise: l'engagement pour la certification ISO

Conclusion

Introduction :

Ce chapitre se fixe pour buts : l'application de deux méthodes de la démarche MSP. La première étant l'analyse de Pareto qui permet de hiérarchiser les dysfonctionnements selon leurs degrés croissants d'importance. La deuxième étant la méthode ISCHIKWA qui permet d'analyser, en profondeur, les causes des dysfonctionnements relevées au niveau de l'entreprise BAG.

IV.1- Diagramme de Pareto :

Le principe de Pareto peut s'énoncer comme suit :

En observant la performance d'un groupe de personnes ou d'objets, on constate qu'un petit nombre présente une grande importance alors qu'un grand nombre présente une faible importance.

Ce principe est intéressant pour l'étude des problèmes liés à la qualité car la plus grande partie du coût de la non-qualité d'une entreprise s'explique généralement par un petit nombre de causes.

L'allure de cette courbe est donnée dans la figure ci-dessous :

On distingue trois zones :

- **Zone A** : 15 à 20% des causes expliquent 75 à 80% des effets ;
- **Zone B** : 30 à 40% des causes expliquent 15 à 20% des effets ;
- **Zone C** : 5 à 10% des causes expliquent 5 à 10% des effets.

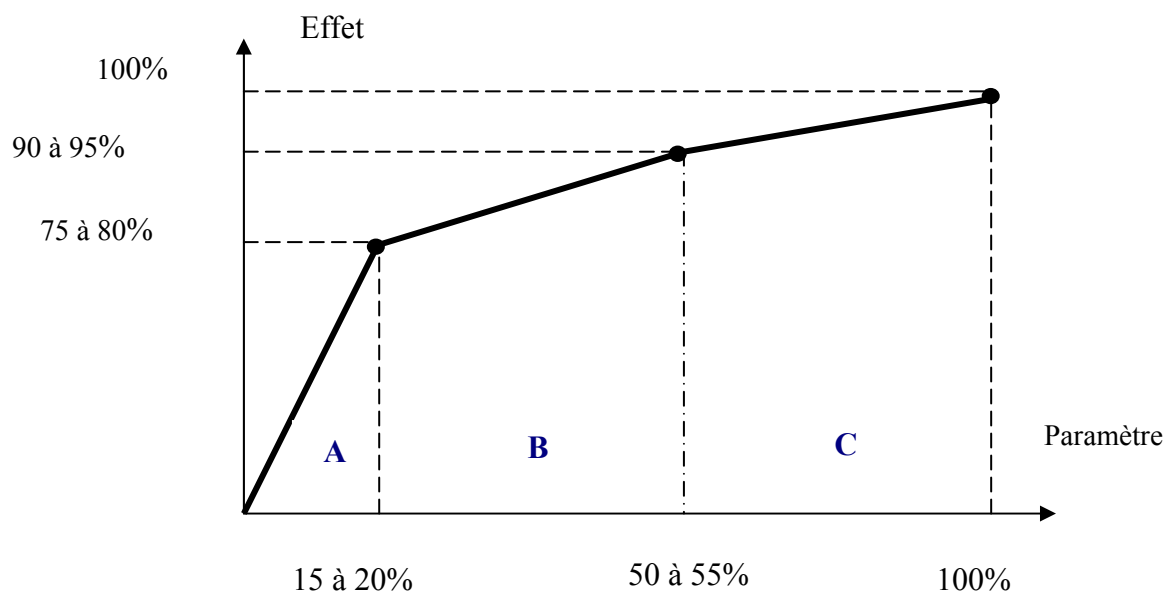


Fig IV.19: Diagramme de Pareto

Les étapes suivantes sont essentielles pour mener à bien une étude par la méthode de Pareto :

- 1- Choisir les causes à analyser ;
- 2- Choisir l'unité de mesure pour l'analyse, tel que le nombre d'évènements, les coûts, les heures, etc.
- 3- Placer les causes de gauche à droite sur l'axe horizontal dans l'ordre décroissant de l'unité de mesure,
- 4- Au-dessus de chaque cause, tracer un rectangle dont la hauteur représente la grandeur de l'unité de mesure pour cette cause,
- 5- Construire la ligne de fréquence cumulée, en additionnant les amplitudes de chaque cause de gauche à droite.

IV.2- Diagramme de causes à effets (diagramme d'ISCHIKAWA):

Lorsque nous constatons une cause spéciale dans les résultats d'une production, nous devons chercher et identifier sa source.

Une méthode graphique très simple, particulièrement bien adaptée au travail de groupe, peut nous y aider : c'est le diagramme causes à effets.

Les étapes nécessaires à la construction de ce diagramme sont :

- Définir la caractéristique de qualité : c'est ce que nous voudrions améliorer et contrôler
- Décrire cette caractéristique du côté droit et tracer une grande flèche de la gauche vers la droite.
- Décrire les facteurs principaux qui peuvent causer cet effet, en traçant des flèches en direction de la flèche principale. Ce sont les causes de l'effet.

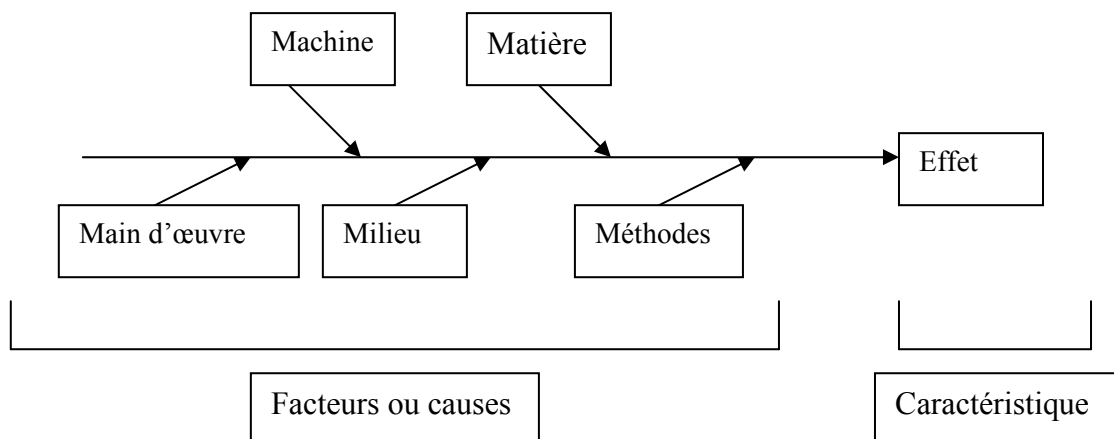


Fig IV.20 : Diagramme d'IISHIKWA

- Sur chaque branche, décrire les facteurs détaillés qui peuvent être considérés comme des causes,
- Sur chaque cause déterminer les « sous-causes »

❖ **Les étapes de la mise en œuvre de la méthode :**

Les étapes de la méthodologie de mise en œuvre sont illustrées dans l'organigramme de la figure IV.21

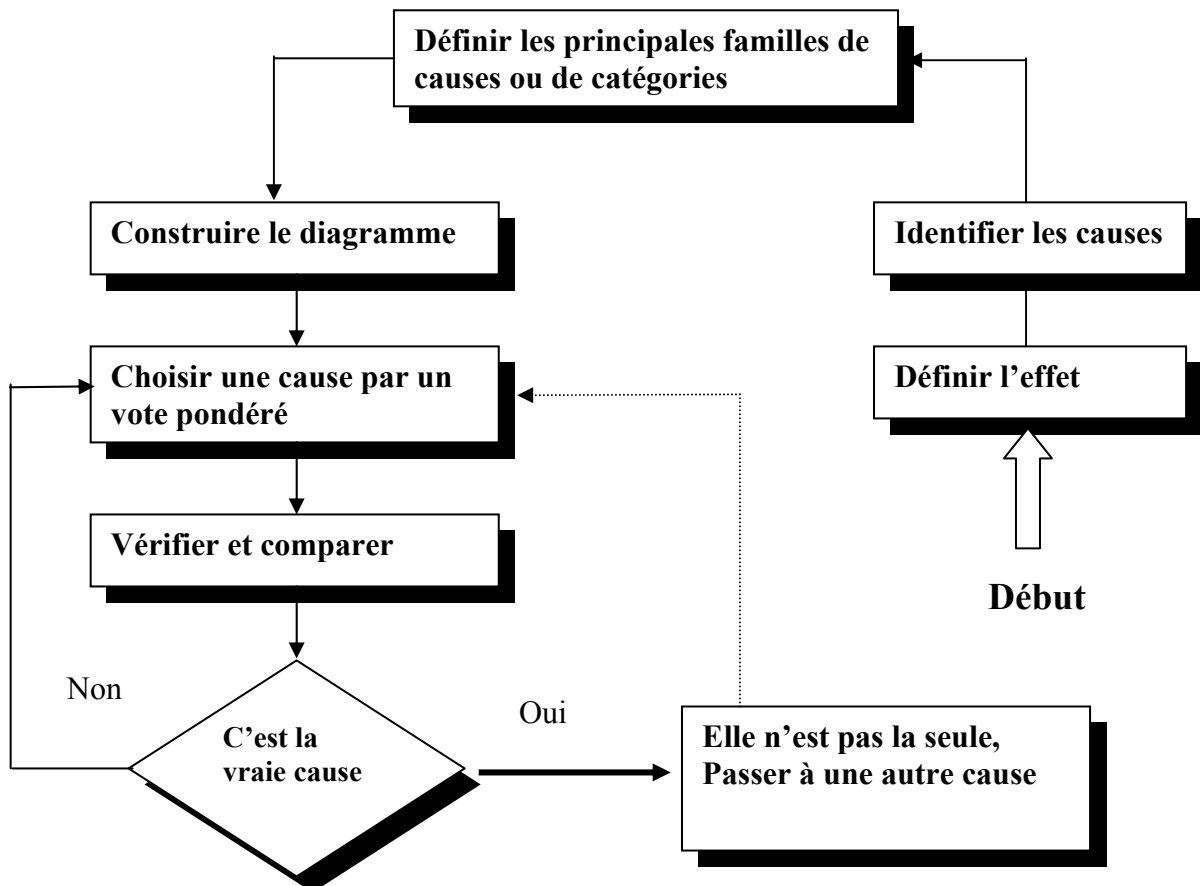


Fig IV.21 : Organigramme de la méthode Causes-effets

IV.3- Evolution des rebuts :

Des perturbations comme le manque de matière, le manque d'outillage, le manque de documents de travail, les pannes machines, les retards répétés ainsi que d'autres facteurs non apparents, qui sont souvent des facteurs de non qualité, alimentent convenablement les comptes de l'usine qui rongent l'entreprise BAG depuis plusieurs années.

L'évaluation suivante s'appuie principalement sur des données qui sont collectées :

- Dans les documents administratifs ou techniques ;
- Auprès du département comptabilité ;
- Auprès du département contrôle ;
- Auprès du service programmation de la production

Notons que les différentes remarques et appréciations ont été faites à partir des discussions avec les responsables du département contrôle et ceux du service programmation.

Tableau IV.15 : Evolution des rebuts de l'entreprise (DA)

Mois Atelier	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
<u>Mécanique</u>						
Flans	30114.6	10511.7	28694.1	23012.1	19318.8	24432.6
Emb sup	47535	12042.2	133414.9	119788.2	15211.2	130879.7
Emb inf	26460.5	9027.7	38912.5	53854.9	10272.9	32063.9
Pieds	26300.4	14322	42705.6	27602.4	21873.6	32680.2
<u>Soudage</u>						
Soud pieds	26405.5	12002.5	35527.4	33126.9	14883.1	4801
Soud collerette	28740.6	8667.8	43795.2	52919.2	28740.6	68430
Soud circulaire	178500	64812.5	68000	134973.5	75437.5	150875
Soud collier	1194.8	-	-	1194.8	3584.4	2389.6
<u>Finition</u>						
BAG éprouvé	49533.9	29212.3	30482.4	58424.6	63505	78746.2
BAG finie	-	-	-	-	-	-

Notons que le taux de rebuts a toujours été important et proportionnel à la production comme le montre le tableau suivant

Tableau IV.16 : Evolution des taux de rebuts de l'entreprise

	Valeur rebuts	Valeur production	Taux de rebuts
Flans	136083.9	126076261.6	0.11
Emb sup	458871.2	61024482.3	0.75
Emb inf	170592.4	56920893.7	0.30
Pieds	165484.2	25122090	0.65
Soud pieds	126746.4	93363606.7	0.14
Soud collerette	231293.4	85961309.8	0.27
Soud circulaire	672573.3	199062562.5	0.34
Soud collier	8363.6	223520794.4	0
BAG éprouvée	309904	257318449.7	0.12

Notons que le rebut se subdivise en deux grandes catégories : les pièces d'achat et les pièces de propre fabrication.

Le rebut des pièces d'achat estimé représente environ le 2/10 du rebut des pièces d'achat. Cette situation dénote le non respect des procédures d'organisation (démontage inutile, conditions de stockage,...etc.)

IV.4- Application de la méthode Pareto à l'évolution des rebuts :

Lors de l'analyse des différentes causes des rebuts, au niveau des différents ateliers, nous avons remarqué que les erreurs d'usinage occupent une place prépondérante dans l'ensemble des causes de rebut comme le montre le tableau IV.17 ainsi que les graphes correspondants :

Tableau IV.17: Le rebut par cause et par atelier (DA)

	CAUSES DE REBUT			
	Erreur d'usinage	Défauts matière	Défaut machine	Total
<u>Mécanique</u>				
Flans	59661	28125.9	48297	136083.9
Emb sup	282041	94436.2	95070	471547.2
Emb inf	65373	49185.4	56034	170592.4
Pieds	117180	22264.2	26040	165484.2
<u>Soudage</u>				
Soud pieds	86418	11522.4	28806	126746.4
Soud collerette	136860	26003.4	68430	231293.4
Soud circulaire	478125	88187.5	106250	672562.5
Soud collier	3584.4	1194.8	3584.4	8363.6
<u>Finition</u>				
BAG éprouvé	127010	101608	81286.4	309904.4
Total	1356252.4	422527.8	513797.8	2292578

Source : Dpt contrôle

ATELIER	CAUSES DE REBUT			
	Erreur d'usinage	Défauts matière	Défaut machine	Total
<u>Mécanique</u>				
Flans	2.6	1.23	2.11	5.94
Emb sup	12.3	4.12	4.15	20.57
Emb inf	2.85	2.15	2.44	7.44
Pieds	5.11	0.97	1.14	7.22
<u>Soudage</u>				
Soud pieds	3.77	0.5	1.26	5.53
Soud collerette	5.96	1.13	2.98	10.08
Soud circulaire	20.86	3.85	4.63	29.34
Soud collier	0.16	0.05	0.16	0.36
<u>Finition</u>				
BAG éprouvé	5.54	4.43	3.55	13.52
Total	59.15	18.43	22.42	100

Source : Dpt contrôle

Tableau IV.18: Pourcentage de rebuts par cause et par atelier

IV.4.1- Diagramme de Pareto : origine des rebuts

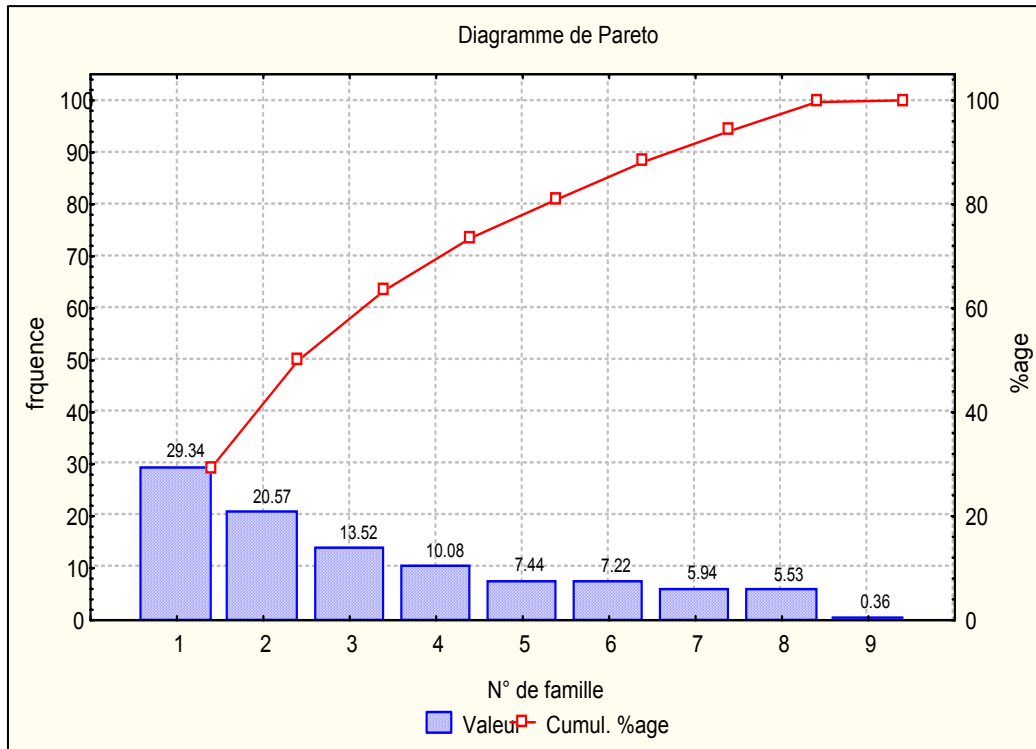


Fig IV 22 · Diagramme de Pareto : origine des rebuts

❖ Interprétation des résultats :

Le constat fait à partir de ce diagramme est la prépondérance du procédé soudage circulaire dans les rebuts : plus de 29% de l'ensemble de rebuts sont générés par ce procédé. Le procédé embouti supérieur avec ses 20% vient en second lieu.

Notons que ces deux seuls secteurs sont générateurs des deux quarts des rebuts. La règle des 20/80 trouve ici son application: 20% des secteurs génèrent 80% des rebuts.

IV.4.2- Diagramme de Pareto : cause des rebuts

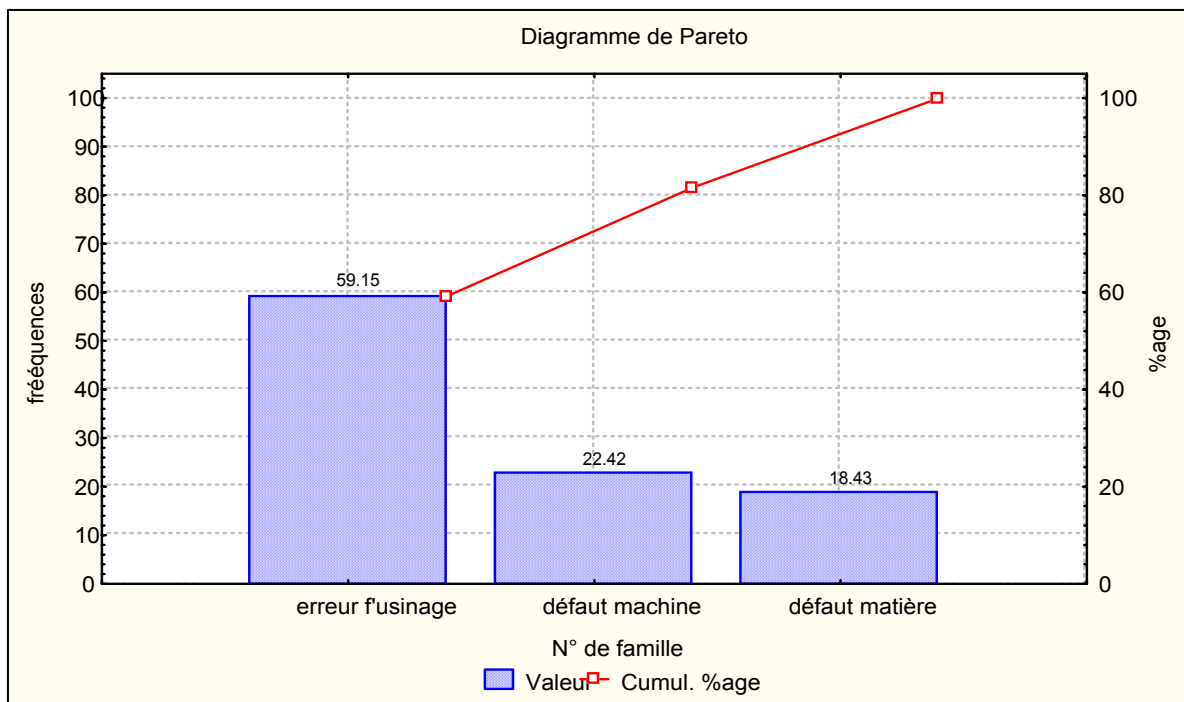


Fig IV.23 : Diagramme de Pareto : cause de rebuts

❖ Interprétation des résultats :

La loi de Pareto explique également les causes des rebuts. Les erreurs d'usinage sont les principales causes des rebuts à 59.15%, la cause pannes des machines génère 22.42% des rebuts, et ces deux causes représentent 81% des rebuts au total.

IV.5- Application du diagramme causes-effets :

Après avoir sélectionné, par le graphique de Pareto, les origines de rebuts ainsi les causes essentielles de ces derniers, on se passe à l'analyse de ces causes en profondeur et la recherche progressive des sous causes par la méthode causes-effets

IV.5.1- Identification de l'effet :

L'objectif principal de l'entreprise c'est fabriquer des bouteilles à gaz en qualité et en quantité requise avec une optimisation totale de ces charges. Cet objectif ne peut être atteint que par la stabilité et le bon fonctionnement des ateliers. Ces derniers ne fonctionnent pas de manière continue, régulière et stable et dégagent beaucoup de rebuts qui perturbent l'évolution de l'entreprise. D'où nous avons opté pour le choix de l'effet : **l'augmentation de rebuts.**

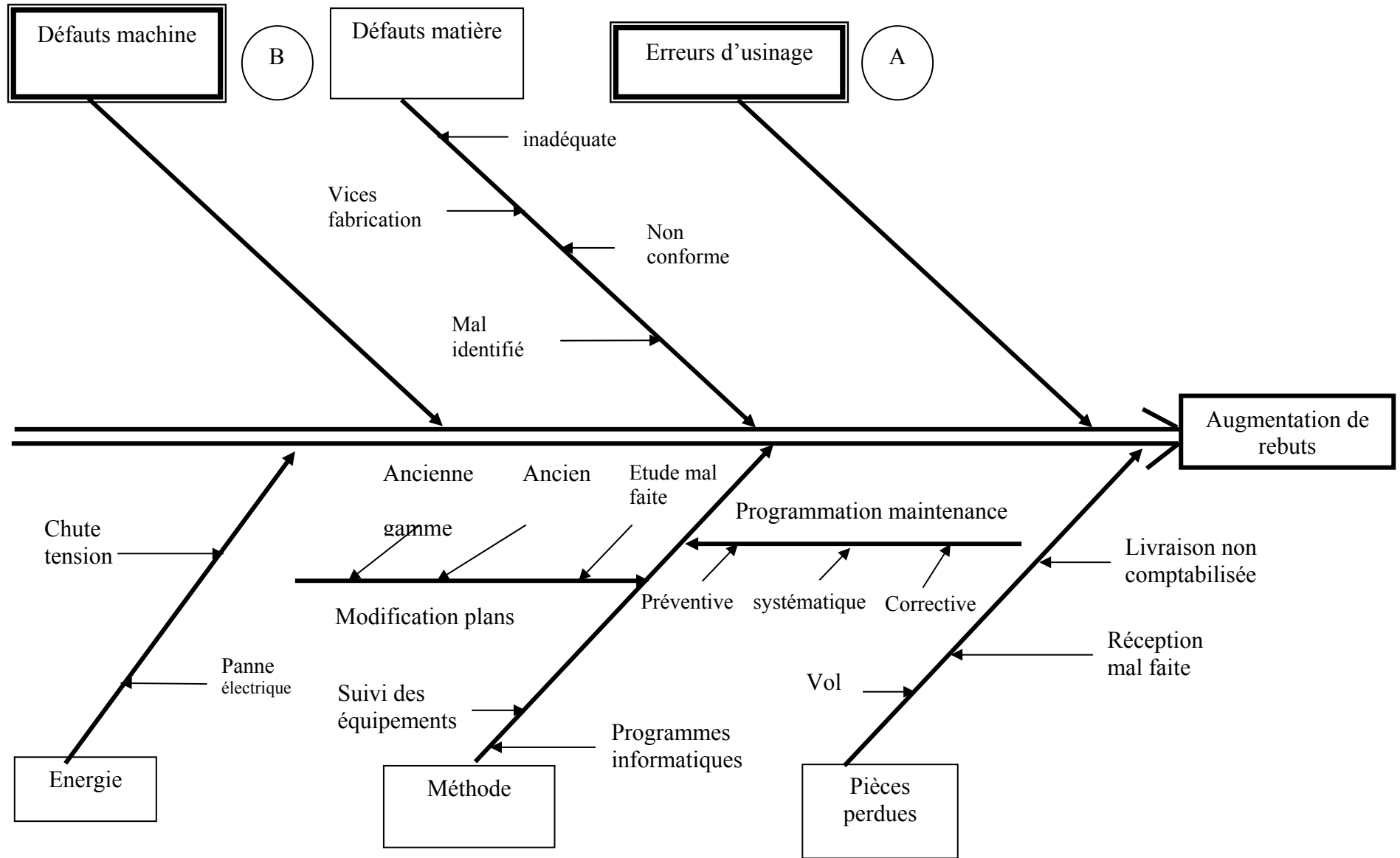
IV.5.2- Analyse :

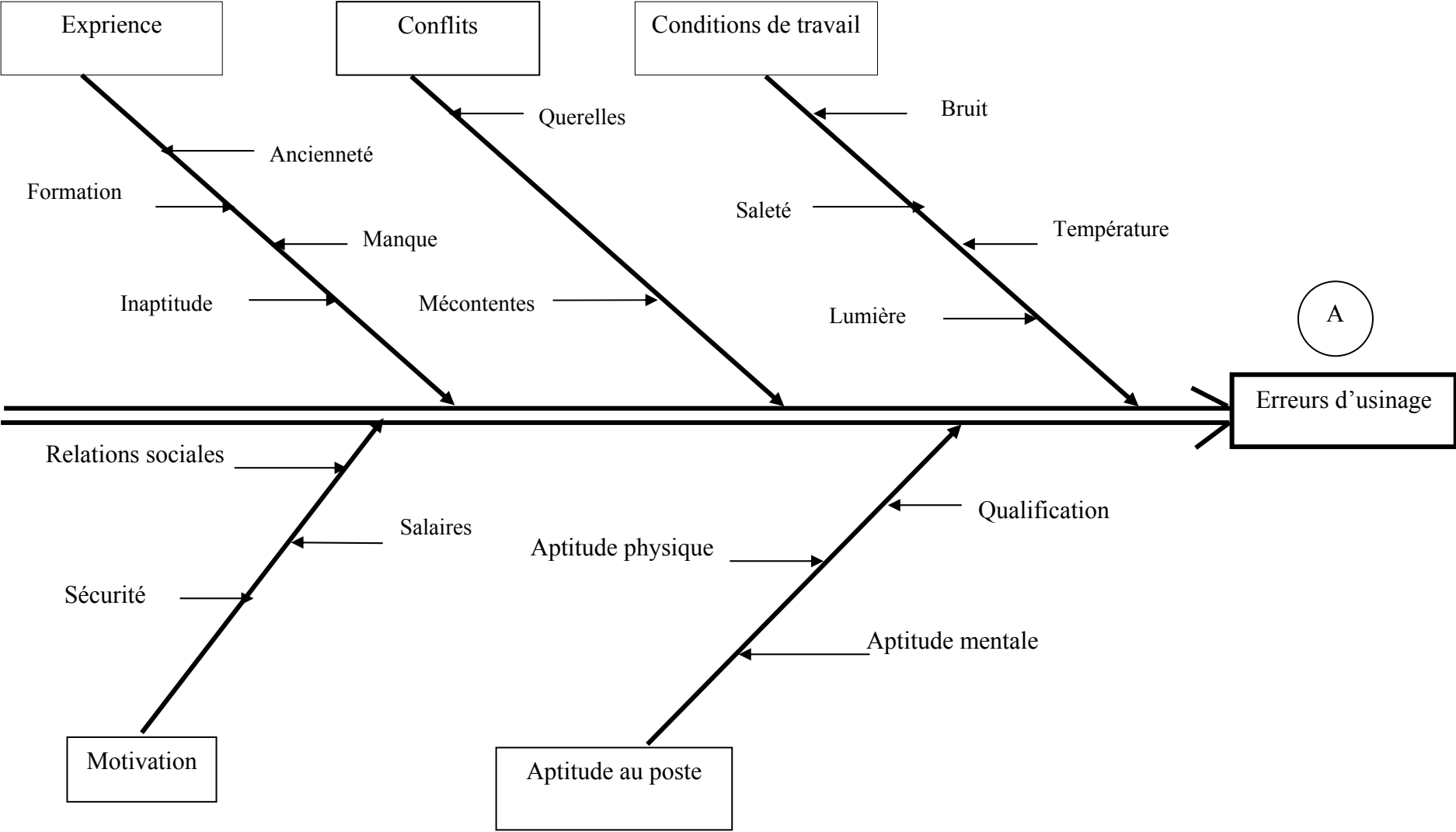
La première étape de cette analyse consiste en une collecte de données puis l'analyse de ces données avec l'aide précieuse et la collaboration des opérateurs de l'entreprise BAG.

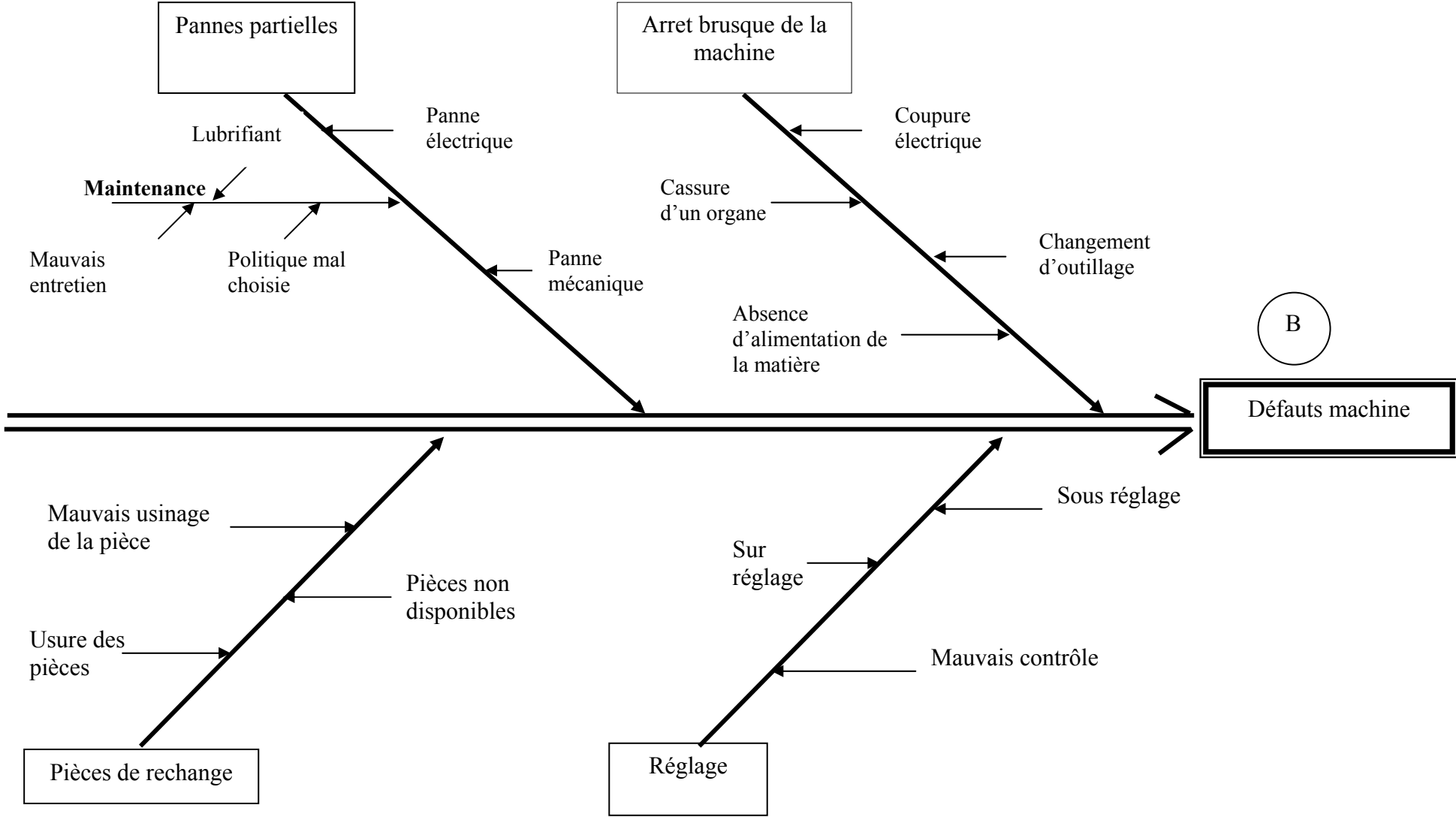
Dans notre analyse on s'intéresse à l'étude de l'embouti supérieur ainsi les différentes causes et sous causes dans ce procédé.

IV.5.3- Présentation des diagrammes :

Les résultats de cette analyse causes-effets sont présentés dans les diagrammes suivants :







IV.6- Interprétation des résultats :

Partant des résultats de l'analyse de Pareto, les deux causes essentielles qui sont pour 81% des rebuts sont :

- **Les erreurs d'usinage**
- **Les défauts machine**

Après l'analyse de ces derniers en profondeur et la recherche progressive des sous causes par la méthode causes-effets, nous avons classé ces causes et sous causes en numérotant par ordre décroissant, c-à-d en passant de la cause plus redoutable (en terme de fréquence, gravité, temps d'arrêt,...) jusqu'à arriver aux causes qui ont une faible influence.

IV.6.1- Les erreurs d'usinage :

Cette cause trouve donc son origine dans la fiabilité de l'homme. Autrement dit, c'est l'opérateur qui est derrière tous les cas de rebuts. Or, il est connu et reconnu de tous que ces défauts sont maîtrisables par les opérateurs.

Donc, pourquoi l'opérateur commet trop d'erreurs ? n'est-il pas responsable de ces défauts ? n'est-il pas suffisamment qualifié ? n'est-il pas assez formé ? Manque-t-il de réflexes ?

Les erreurs suivantes, commises par les opérateurs, sont parfaitement maîtrisables :

- Erreurs par inadvertance ;
- Erreurs par insuffisance ;
- Erreurs volontaires.

1- Les erreurs par inadvertance : ce sont les erreurs que le personnel d'exécution ne peut

éviter en raison de l'incapacité de l'homme à maintenir son attention. Ces erreurs

présentent plusieurs caractéristiques distinctes :

- Elles ne sont pas commises intentionnellement.
- Elles sont imprévisibles : le moment, le type ou le responsable de l'erreur ne peuvent être déterminés de façon systématique. Du fait de cette imprévisibilité, la structure des erreurs est aléatoire.

La seule cause évidente est l'inattention. La recherche de la cause est très complexe (psychologie, physiologie,...).

Donc, le remède à cette cause c'est motiver l'opérateur par des encouragements et des rémunérations.

2- Les erreurs par insuffisance : ces erreurs se produisent parce que l'opérateur manque de technicité, d'habileté, de connaissance, pour contrer les erreurs. Ces erreurs, par insuffisance ou par manque de métier ont beaucoup de traits communs. Elles sont souvent :

- Involontaires : l'opérateur ne cherche pas à commettre ces erreurs ;
- Régulières : pour le même exécutant, il y a le même type de défauts.
- Inévitables : incapacité de certains d'atteindre le niveau de résultat requis.

3- Les erreurs volontaires : elles présentent des caractéristiques reconnaissables et qui leurs sont propres :

- Faites consciemment : l'opérateur est conscient de son erreur ;
- Intentionnelles : erreurs résultant d'une intention délibérée.
- Persistantes : celui qui commet l'erreur a généralement l'intention de continuer.

Ce genre d'erreurs est commis par l'opérateur parce qu'il nourrit des griefs réels ou imaginaires contre le responsable ou contre l'entreprise ou parce qu'il veut se venger ou saboter.

Pour faire face à ces types d'erreurs, il s'agit de modifier les comportements des opérateurs comme suit :

- Dépersonnaliser l'ordre donné ;
- Etablir la responsabilité ;
- Assurer l'équilibre des critères.

En résumé, les causes d'erreurs sont, de manière globale, imputables :

- A 80% au management : c'est à dire tout ce qui est dépend de l'organisation industrielle classique, donc de l'encadrement ;
- A 20% aux exécutants directs, quel que soit leur niveau.

Bien que l'origine des rebuts soit identifiée, les responsabilités sont multiples et diluées, la qualité ne peut s'obtenir qu'avec la collaboration générale. Cependant, les procédés embouti supérieur et soudage circulaire apparaissent comme les principaux générateurs de rebuts. Ainsi, les causes principales de rebuts sont connues, ces causes sont communes à tous les procédés.

En se basant sur le tableau IV.19, où il n'est tenu compte que de l'erreur d'usinage pour chaque secteur, on remarquera que le taux de cette cause d'erreur est pratiquement élevé pour tous les secteurs.

Tableau IV.19: Répartition des erreurs d'usinage selon les secteurs (Unité DA)

	1	2	(1)/(2)
Secteur	Erreur d'usinage	Valeur rebut total	%
Flans	59661	136083.9	43.84
Emb sup	282041	471547.2	59.81
Emb inf	65373	170592.4	38.32
Pieds	117180	165484.2	70.81
Soud pieds	86418	126746.4	68.18
Soud collerette	136860	231293.4	59.17
Soud circulaire	478125	672562.5	71.09
Soud collier	3584.4	8363.6	42.85
BAG éprouvé	127010	309904.4	40.98

Un autre point mérite d'être soulevé pour ces procédés. Pratiquement, c'est dans ceux-ci, qu'on trouve les défauts de matières, de formes, d'outils et de perturbations. Dans ce contexte, une analyse technico-économique très avancée est vraiment nécessaire pour délimiter les véritables causes et l'origine des défauts.

Il est établi que la cause principale de rebuts est «l'erreur d'usinage» causée par l'opérateur.

Ces erreurs sont détectées par le contrôleur. Cependant, est ce que le contrôleur ne commet pas d'erreurs? La réponse est évidemment négative, mais comment savoir que le contrôleur fait des erreurs ?

Les erreurs des contrôleurs peuvent, dans certaines mesures, être limitées par le processus normal de surveillance de leurs activités. La mesure de précision des contrôleurs devient possible et sert d'indicateurs pour les résultats futurs. Cette mesure nécessite qu'on vérifie les unités acceptées par le contrôleur afin de déterminer combien de défauts ont été omis.

On doit également examiner les unités refusées par le contrôleur afin de déterminer combien parmi les refus sont en réalité acceptables. Les résultats permettront de reconstituer la teneur véritable en défectueux et en non-défectueux

avant le contrôle et donc la précision avec laquelle le contrôleur a procédé à ce travail.

Pour schématiser cette mesure, on prend comme référence le diagramme suivant (précision des contrôleurs de J-M. Juran) :

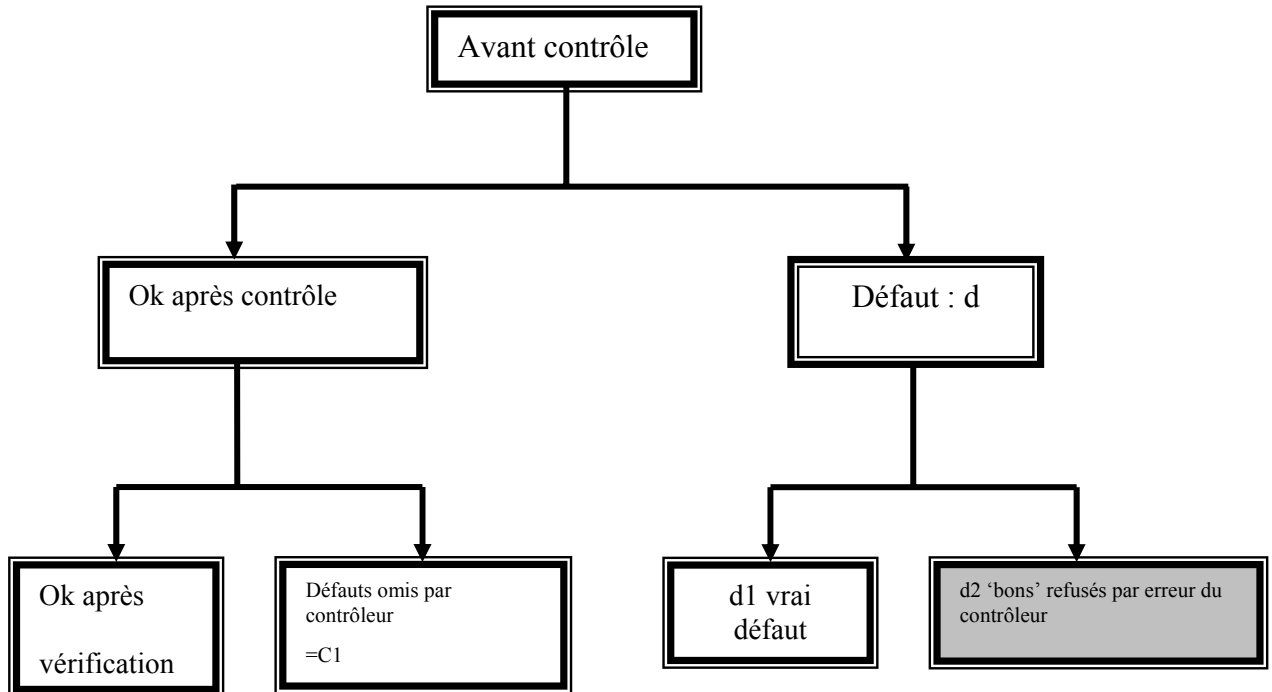


Fig IV.25: Processus de détermination de la précision des contrôleurs de J-M. Juran [23]

$$\frac{(d - d_2)}{d - d_2 + c_1} = \frac{d_1}{d_1 + c_1}$$

d = Nombre de défauts jugés selon le contrôleur ;

d2 : Nombre d'unités bonnes refusées par le contrôleur ;

c1 : Nombre de « défauts » omis par le contrôleur.

IV.6.2- Les défauts machine :

Cette deuxième cause permet d'aboutir aux résultats suivants :

↳ Les pannes partielles constituent une cause importante qui engendre l'augmentation des rebuts. La présence fréquente des éléments suivants entraîne les pannes partielles :

- Les pannes mécaniques
- Les pannes électriques
- Sur réglage
- Sous réglage
- Mauvais entretien

↳ Les arrêts brusques de la machine sont dus essentiellement à :

- Coupure électrique
- Cassure d'un organe
- Changement d'outillage
- Absence d'alimentation de la matière

Lors de notre passage à l'usine, nous avons remarqué que le manque de matières et les pannes constituent les principales perturbations de l'activité de l'entreprise.

Cette importance du manque des matières ainsi que les pannes des machines sont à l'origine de l'augmentation totale des perturbations, ce qui implique la diminution de la production réalisée.

Nous pouvons dire que la maîtrise de toutes ces perturbations constitue la solution primordiale au problème d'augmentation des rebuts. Il ne faut plus attendre la survenue des incidents et des perturbations, il faut cependant anticiper les événements en augmentant les actions de contrôle de la production.

IV.7- L'engagement de BAG à la certification ISO 9002

Depuis plusieurs années, on a vu se développer les démarches de certification se référant aux normes internationales ISO (International Standard Organization). Ce mouvement s'est effectué sous la pression des grands donneurs d'ordres.

L'entreprise BAG s'engage, depuis presque deux années, à cette certification ISO. Les normes qui concernent le plus l'entreprise BAG sont celles de la série ISO 9000. Les normes ISO 9000 comportent 20 exigences en matière de système qualité.

Les démarches de certification ont au moins ceci de bon qu'elles obligent à formaliser certains des processus clés en termes d'assurance qualité.

La démarche de certification suppose donc que l'entreprise soit en mesure de produire au moins deux travaux considérés comme essentiels : un manuel qualité et un plan qualité.

- **Le manuel qualité** : décrit la politique qualité, le système mis en place et les pratiques. C'est un document qui est établi généralement à partir des 20 exigences de la norme ISO 9000 ;
- **Le plan qualité** : c'est un document interne décrivant les actions engagées par l'entreprise pour améliorer la qualité.

Ces documents doivent comprendre des procédures. Une procédure précise : ce qui doit être fait ? Qui le fait ? Et comment cela doit être fait ?

Notons aussi que la certification n'est pas donnée une fois pour toute. Elle est délivrée pour une période de 3 ans.

Les responsables de la certification viennent, une fois par an, pour une revue du système qualité afin de vérifier que leurs éventuelles remarques et constats de non conformité lors de la certification ont été pris en compte.

La norme ISO 9000 est une série de normes subdivisées en 4 séries de chapitres (9001, 9002, 9003, 9004) :

- ISO 9001 : le système qualité est un modèle pour l'assurance de la qualité en conception, développement, production et soutien après la vente.
- ISO 9002 : le système qualité est un modèle pour l'assurance de la qualité en production et installation ;
- ISO 9003 : le système qualité est un modèle pour l'assurance de la qualité en contrôles et essais finals ;

- ISO 9004 : gestion de la qualité et éléments de système qualité (guide).

Conclusion au chapitre

Au cours de cette partie du diagnostic, nous avons développé et identifié les principales causes de rebuts et de perturbations.

A partir des données statistiques de l'entreprise et à l'aide d'utilisation du diagramme de Pareto et du diagramme d'Ischikawa, nous avons décelé les points faibles qui menacent l'entreprise.

Cette partie montre que les deux procédés : embouti supérieur et soudage circulaire sont les principaux générateurs de rebuts. Ce qui nous amène à constater d'une part, la nécessité de diminuer ces rebuts et d'autre part, la nécessité d'appliquer les procédés du diagnostic quotidiennement.

En se basant toujours sur des données statistiques, nous avons pu déceler les causes de ces rebuts.

Enfin, l'opportunité de l'entreprise dans son engagement à la certification ISO permet à celle-ci de développer ses produits et les positionner sur un marché international.

Conclusion générale

Le management de la production recherche la performance de l'organisation mesurée, non seulement par les critères traditionnels, mais surtout par la qualité entendue au sens large, c'est-à-dire la capacité à créer de la valeur pour des clients, dans les meilleures conditions d'utilisation des ressources.

A travers cette étude, nous avons essayé de montrer l'importance et l'utilité que peut revêtir la mise en œuvre des outils du management et du diagnostic de la production.

Dans ce cadre, le pourquoi du Management est, avant tout, une réponse aux enjeux de la concurrence mondiale, à l'évolution du marché et donc aux attentes et aux besoins des clients.

La réponse à cet impératif passe essentiellement par une organisation où il s'agit de mobiliser les hommes par une participation active, d'analyser les dysfonctionnements pour un programme d'action, de maîtriser les risques pour prévenir les erreurs. Cette maîtrise des risques passe par une réduction de la variabilité en évitant les dérives et en prévenant les dysfonctionnements.

Cette démarche regroupe un certains nombre d'outils, mais elle naît avant tout d'une volonté. Il s'agit d'une volonté consensuelle, c'est-à-dire, d'une volonté globale de l'entreprise et non celle d'un individu. L'aspect participatif est fondamental pour ce qui touche la démarche.

Cette volonté se traduit par des moyens, et au niveau des moyens on met en place des outils.

Au terme de notre approche, nous avons mis en évidence, dans l'univers industriel, le rôle du MRP, Kanban, TPM, SMED et OPT en tant qu'outils d'organisation de la production, PERT, POTENTIEL, et GANTT en tant qu'outils de planification de la production et de la MSP et POKA YOKE en tant qu'outils de contrôle, de suivi et d'aide à la décision. Ces outils sont beaucoup plus vastes, beaucoup plus globaux, comprenant des actions en amont « études, méthodes, achat, fournisseurs » et des actions en aval de la fabrication.

Dans notre application, notre choix s'est focalisé sur la méthode Kanban et la démarche MSP pour bien illustrer d'une part, la manière la plus efficace d'organisation de la production dans l'entreprise BAG, par le Kanban, et d'autre part, la façon du contrôle et du suivi de la production la plus adaptée à cette entreprise par la MSP.

Néanmoins, si du point de vue organisationnel, cette entreprise est dotée de toutes les structures nécessaires, il est malheureusement apparu, à travers les résultats constatés, que les dysfonctionnements restent trop importants et impliquent des coûts élevés, d'autant plus que l'entreprise traverse une situation financière difficile.

Lors de notre passage, l'entreprise postulait à l'obtention de la certification ISO 9002 et devrait, dans ce cadre, répondre à certaines exigences « Manuel Qualité, Plan Qualité,... »

Cette exigence de qualité, nécessaire pour la certification, ne doit pas s'arrêter à une simple formalité, mais au contraire s'étendre à tous les niveaux, afin d'augmenter la performance de l'entreprise et lui permettre une grande maîtrise de ses coûts.

La démarche qualité doit être réalisée, en sensibilisant, en formant et en responsabilisant l'opérateur.

Certes, la mise en place des outils du management va créer des soucis à l'intérieur de l'entreprise. Il faut donc préparer le personnel à cette nouvelle culture par un apprentissage progressif. Donc : **METTRE EN PLACE DES OUTILS, C'EST AVANT TOUT CULTIVER LES HOMMES**

Finalement, notre modeste contribution, à travers cette étude, permet à l'entreprise de se doter d'outils efficaces, qui l'aideront à surmonter les difficultés et contribueront à son progrès.

Perspectives :

A l'avenir, l'amélioration de la gestion et du fonctionnement de l'entreprise, dans le cadre de la mondialisation de l'économie, est la priorité des priorités. A cet égard, nous lui proposons les actions suivantes :

- Le développement de l'activité commerciale;
- L'amélioration du développement des produits;
- La réduction des charges;
- La formation du personnel.

1- Développement de l'activité commerciale :

Les données statistiques sur les ventes, le marché national est saturé, ce qui contraint l'entreprise à terme à exporter ses produits sur le marché international.

Pour atteindre cet objectif, différentes actions peuvent être entreprises :

↳ **Accroissement du chiffre d'affaires par:**

- Une meilleure maîtrise des besoins du produit;
- Une réduction des stocks;
- Une réduction des coûts de production l'entreprise;
- Une réduction des rebuts;
- Une réduction des délais d'approvisionnement, notamment pour les commandes de dépannage.

↳ **Développement des activités d'exportation**

L'entreprise doit continuer à saisir les opportunités d'exportation sur le marché international. Elle devra cependant, développer ses possibilités de sous-traitance en qualité de receveur d'ordre en vue d'augmenter l'utilisation de ses capacités de production.

2- Amélioration et développement des produits :

↳ Les actions d'amélioration et de développement des produits et des composants doivent viser, d'une part, la valorisation des produits sur le plan de la fiabilité et des performances (puissance, poids, consommations,...) et d'autre part, l'aboutissement à un rapport qualité/prix plus compétitif. Donc, les actions de développement des produits portent essentiellement sur des adaptations, des améliorations et des intégrations.

↳ **La durée de vie de la bouteille :** Puisque la durée de vie d'une bouteille à gaz est élevée (20 ans au minimum), il s'agit d'explorer toutes les possibilités de modification des composants physiques et chimiques de la bouteille pour diminuer sa durée de vie.

↳ **Implantation des POKA YOKE :** le contrôle visuel utilisé dans l'atelier de soudage et de finition ne suffit pas. Des fuites non visibles à l'œil peuvent apparaître. En conséquence, une implantation des systèmes POKA YOKE est recommandée.

↳ **La diversification des produits :** puisque le marché national est saturé, l'entreprise peut diversifier ses activités, et relancer dans la production de pelles, de brouettes, etc....

3- Réduction des charges :

Parallèlement à l'amélioration du chiffre d'affaire et de la valeur ajoutée, l'entreprise doit inscrire dans son programme d'action la réduction des charges et des actifs qui grèvent son exploitation.

↳ **Réduction des coûts des inputs :**

- diversification des fournisseurs (minimum 2 par produit)
- Adaptation et homologation de nouvelles versions ;
- Standardisation des produits ;
- Réduction des coûts de financement ;
- Regroupement des achats.

↳ **Réduction du coût de production :**

- Réduction des délais de fabrication ;
- Rationalisation des opérations
- Réduction des consommations et des rebuts ;

↳ Réduction des coûts de service et de gestion (assurance, transport, téléphone, carburant, énergie,...) :

- Chasse à toutes les sources de non-qualité et de gaspillage ;
- Utilisation rationnelle des moyens ;
- Sensibilisation du personnel.

↳ **Réduction des frais de personnel :**

- Adaptation des effectifs et des frais aux activités projetées ;
- Compression des effectifs (départ volontaire, retraite anticipée, etc.) ;
- La diminution des effectifs particulièrement le personnel contractuel lorsque la demande du produit sur le marché diminue.

↳ Réduction des stocks :

- Rationalisation de l'utilisation des matières premières ;
- Diminuer le taux de rebuts ;

- Vente ou recyclage des stocks de déchets.

4- La politique de formation du personnel: les dirigeants doivent développer des programmes de formation dans le but de :

- Développer les qualifications et les compétences techniques nécessaires;
- Stimuler la volonté de s'améliorer;
- Mettre en place des méthodes de travail qui laissent place à l'initiative privée pour la résolution des problèmes;
- Communiquer les politiques, les buts et les objectifs de l'entreprise;
- Faire participer tous les employés à l'amélioration des performances de l'entreprise sur tous les plans.

Références bibliographiques :

- [1] BARANGER.P, CHEN.J, "Management des opérations", Ed, LITEC, Paris, 1994
- [2] BERANGER.P, "Les nouvelles règles de la production", Ed, Dunod, Paris 1995
- [3] BOURBONNAIS.R, VALLIN.P, "Comment optimiser les approvisionnements", Ed, Economica, Paris, 1995.
- [4] BOUZEKOUK.S, "Produire vraiment sans gaspiller", Ed, Organisation, Paris 2002
- [5] BOYER L, EQUILBEY.N, "Organisation: théories et applications", Ed, Organisation, Paris, 2003
- [6] BOYER.L, M.POIREE, E.Salin, "Précis d'organisation et de gestion de la production", Ed, Organisation, Paris 1986
- [7] BRESSY.G, "Economie d'entreprise", Ed. Sirey , Paris 1990
- [8] CATTAN.M, IDRISSE.N, KNOCKAERT.P, "Maîtriser les processus de l'entreprise", Ed, Organisation, Paris 2001.
- [9] CAVE.R, "Le contrôle statistique des fabrications", Ed. Eyrolles, Paris 1971
- [10] COLIN.R, "Produire JAT en petites séries", Ed, Organisation, Paris 1996
- [11] COURTOIS.A, MARTIN-BONNEFOUS.C, PILLET.M, "Gestion de production", Ed, Organisation, Paris 2003.
- [12] DJENDLI.S, Mise en œuvre de la Gestion de la qualité dans une entreprise Algérienne, mémoire de magister en Hygiène et Sécurité, Université EL HADJ LAKHDAR de Batna, 2001/2002.
- [13] DOUCHY.J-M., "Vers le zéro défaut dans l'entreprise", Ed, DUNOD, Paris 1986
- [14] DUCLOS.E, "Contribution à la Maîtrise Statistique des Procédés, Cas des procédés non normaux", thèse doctorat, UNIVERSITE DE SAVOIE, 1997
- [15] FEIGENBAUM.A.V, "Comment appliquer le contrôle totale de la qualité dans votre entreprise", Ed. d'Entreprise, Strasbourg, 1984.
- [16] FLORENTINO.R, A.PALSKY, "Maîtrise statistique des processus continues", Ed, AFNOR, 1981.
- [17] GRATACAP.A, MEDANP, "Management de la production: Concepts et Cas", Ed, DUNOD, Paris, 2001.
- [18] GIARD.V, "Gestion de la production", Ed, Economica, Paris 1988.

Références bibliographiques

- [19] GRUA.H, J-M.SEGONZAC, "La production par les flux", Ed, Dunod, Paris 1999
- [20] HAMADOUCHE.A, "Méthodes et outils d'analyse stratégique", Ed, CHIHAB, Alger, 1997
- [21] JAULENT P, QUARES .M-A., "Méthodes de gestion : Comment les intégrer" Ed, Organisation, Paris 2004
- [22] JAVEL.G, "L'organisation et gestion de la production", Ed, Masson, Paris 1993
- [23] JURAN.J-M, Gestion de la qualité, AFNOR, Paris 1989.
- [24] LAMOUILLE.J-L, MURY.B, POTIE.C: "LA MSP : démarche et outils", Ed, AFNOR, Paris 1989
- [25] LORINO.P, "L'économiste et le manager", ENAG, Alger, 1991
- [26] MARRIS.P, "Le Management par les contraintes en gestion industrielle", Ed, Organisation, Paris, 1996.
- [27] MIHAT.N, "Méthodes d'organisation de la production industrielle", OP, Alger, 1984.
- [28] MINTZBERGLE.H, "MANAGEMENT : Voyage au centre des organisations", Ed, Organisation, Paris, 1990
- [29] MOLLET.H, "Une nouvelle gestion industrielle", Ed, Hermès, Paris 1993
- [30] PILLET.A, "La maîtrise statistique des processus : MSP", Ed, Organisation, Paris 1991.
- [31] PLOSSI.W.G, "La nouvelle donnée de la gestion de production", AFNOR de gestion, 1993
- [32] RAYMOND, BITEAU.S, "La maîtrise des flux industriels", Editions d'Organisation, Paris 2003
- [33] SHINGO.S, "Maîtrise de la production et méthode Kanban", Ed, Organisation, Paris 1986.
- [34] SPALANZANI.A, "Précis de gestion industrielle de production", OPU, Alger, 1994.
- [35] TRENTESAUX.D, SENECHAL.O, "Conduite des systèmes de production manufacturière", Edition technique de l'ingénieur, 2003, S-7254,
- [36] VACHETTE.J-L, "Amélioration continue de la qualité", Ed, Organisation, Paris, 1990.

- [37] VALLIN.P, "Modèles et méthodes de pilotage des flux", Ed, Economica, Paris, 1999.
- [38] VIGIER.M, "Pratique de la maîtrise statistique des procédés", Ed, Organisation, Paris, 1989.
- [39] ZIANE.E, "Maîtrise de la qualité totale", Ed, HERMES, Paris, 1993

Reuves et Documents :

- [40] AFNOR, "Gérer et assurer la qualité, Recueil de normes françaises", Ed, AFNOR, Paris 1992.
- [41] BOURANTAS.D, "Industrie : les bases de la compétitivité internationale", Revue française de gestion, Sept-Oct, 1983.
- [42] CRAMA.Y, Eléments de gestion de la production, Notes de cours, UNIVERSITE DE LIEGE, 2002-2003
- [43] DEWOLF.D, Gestion de la Production, notes de cours, UNIVERSITE DE LIEGE, 2003
- [44] Documents de l'entreprise :
- Bilan comptable
 - Rapport de contrôle,
 - Bilans qualité.
- [45] LAMOURIS, THOMAS.A, "Juste à temps et qualité totale : concepts et outils", Ed, techniques de l'ingénieur. AG 5 190
- [46] LAMOURIS, THOMAS.A, "MRP, DRP et flux poussé", Ed, techniques de l'ingénieur. AG 5 110
- [47] MEGGLE.V, "Le juste à temps est-il un art japonais", revue française de gestion, Juin 1987.
- [48] PAGE.J.C, "La maîtrise statistique des procédés ou SPC", Recueil de conférence, CETIM, Senlis, 1992.
- [49] POCHET.C, "A la recherche de la nouvelle productivité", Revue française de gestion, Nov-Déc 1998
- [50] Séminaire "Gestion statistique de la qualité", BELL, Annaba 2000.

ANNEXES

Annexe I : Règles d'interprétation des cartes de contrôle :

Les règles d'interprétation des cartes de contrôle découlent directement des propriétés de la loi normale, et en particulier de celles qui suivent :

- ↪ 68,27 % des points sont situés dans l'intervalle $[-1\delta ; +1\delta]$
- ↪ 95,45 % des points sont situés dans l'intervalle $[-2\delta ; +2\delta]$
- ↪ 99,97 % des points sont situés dans l'intervalle $[-3\delta ; +3\delta]$

On décompose la carte en trois zones (figure III.20) :

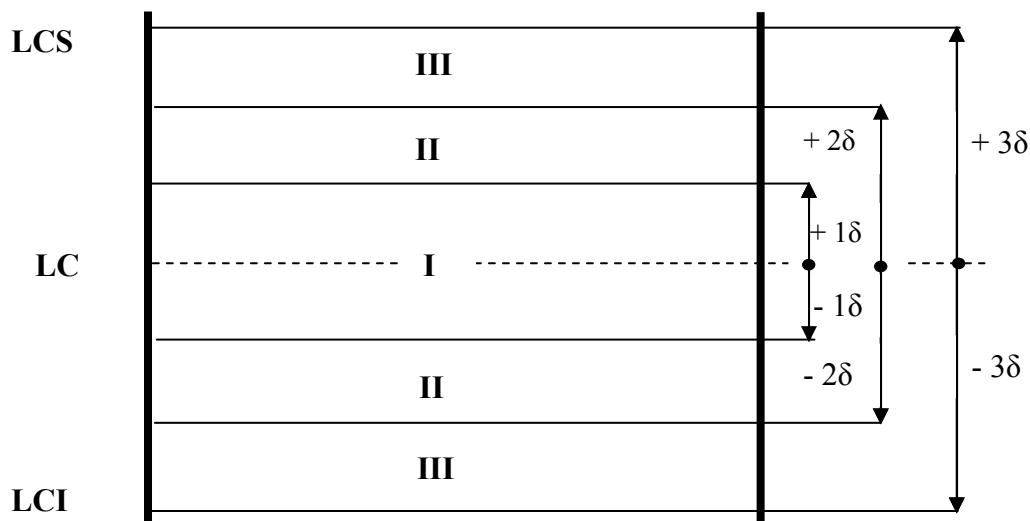


Figure III.18 : Les différents intervalles d'une carte de contrôle

On aurait créé une cartographie qui, conjuguées aux règles de base, permettra de déceler la présence de causes anormales

En raisonnant sur dix points on doit trouver :

- Sept points sur dix dans la zone $[-1\delta, +1\delta]$
- Deux points sur dix dans la zone $[-2\delta, +2\delta]$
- Un point sur dix dans la zone $[-3\delta, +3\delta]$

Règles de base d'interprétation :

- ↪ 9 points du même côté de la droite centrale, dans la zone C ou au delà. Si ce test est positif, la moyenne du processus a probablement changé. Notons que l'on considère que la distribution de la caractéristique de la qualité respective dans le tracé est symétrique autour de la moyenne.

- ↪ 6 points sur une ligne ascendante ou descendante monotone. Ce test signale que la moyenne du processus dérive. Souvent ce décalage est le résultat de l'usure de l'outil, de la détérioration de la maintenance, l'amélioration du savoir faire, etc.
- ↪ 14 points sur une ligne alternativement ascendants et descendants. Si ce test est positif, ceci indique que deux causes systématiquement alternées produisent des résultats différents. Par exemple, on peut utiliser deux fournisseurs alternativement ou surveiller la qualité de deux décalages différents.
- ↪ 2 points sur 3 sur une ligne au delà de la zone A. ce test fournit un avertissement précoce qu'un processus dérive. Notons que la probabilité de fausse alarme de ce test pour les cartes X-barre est d'environ 2%.
- ↪ 4 points sur 5 sur une ligne au delà de la zone B. ce test peut être appréhendé comme un indicateur d'avertissement précoce d'un potentiel décalage du processus. Le risque de seconde espèce pour ce test est de l'ordre de 2%
- ↪ 15 points sur une ligne dans la zone C, au-dessus et en-dessous de la droite centrale. Ce test indique une plus petite dispersion que prévue (sur la base des limites de contrôle courante).
- ↪ 8 points ou plus sur une ligne dans la zone B, A, d'un côté ou l'autre de la droite centrale (sans points dans la zone C) ce test indique que différents échantillons sont affectés par différents facteurs, produisant une distribution de moyenne bimodale. Un tel schéma peut se produire, par exemple si différents échantillons d'une carte X-barre ont été produits par une machine sur les deux qui servent à la production, la première produisant des éléments au dessus de la moyenne, et l'autre des éléments en dessous de la moyenne.

Annexes II Les coûts de production pour chaque poste :

E BAG	
Unite : BAG Batna	
Fiche prix de revient	unité de mesure : 1000
Produit : emboutis INF	
Code : K0106	
Désignation	Valeur (DA)
Total matières	4 134. 200
Total accessoires	286 987. 949
Total main d'œuvre	3 303. 429
Total charges indirectes de production	16 910. 417
Coût de production	331 335. 995
Coût engendré par le poste	24 348. 046
Produit : Emboutis sup	
code :k0 101	
Designation	Valeur (DA)
Total matières	4 134. 200
Total accessoires	286 987. 949
Total main d'œuvre	4 208. 072
Total charges indirectes de production	21 541. 328
Coût de production	316 871. 549
Coût engendré par le poste	29 883. 600

Produit : Pied BAG	
code :k0 104	
Designation	Valeur (DA)
Total accessoires	93 527. 500
Total main d'œuvre	5 995. 113
Total charges indirectes de production	30 689. 275
Coût de production	130 211. 888

Produit : Emboutis INF + Pieds		code :k0 109
Designation	Valeur (DA)	
Total matières	7 450. 000	
Total accessoires	443 755. 623	
Total main d'œuvre	3 967. 311	
Total charges indirectes de production	24 938. 595	
Coût de production	480 111.528	
Coût engendré par le poste	36 355. 950	

Produit : Emboutis sup + collerrtte		code :k0 110
Designation	Valeur (DA)	
Total matières	104 667. 547	
Total accessoires	318 455. 907	
Total main d'œuvre	4 540. 970	
Total charges indirectes de production	28 544. 632	
Coût de production	456 209. 057	
Coût engendré par le poste	137 753. 150	

Produit : Emboutis sup + collier		code : /
Designation	Valeur (DA)	
Total matières	127 409. 900	
Total accessoires	458 490. 102	
Total main d'œuvre	487 3. 089	
Total charges indirectes de production	30 632. 338	
Coût de production	621 405. 429	
Coût engendrée par le poste	162 915. 327	

Produit : BAG soudee		code :k0 105
Designation	Valeur (DA)	
Total matières	43 530. 000	
Total accessoires	1107 024. 542	
Total main d'œuvre	6068. 717	
Total charges indirectes de production	38 148. 079	
Coût de production	1194 771. 338	
Coût engendré par le poste	87 746. 796	

Produit : BAG recuite		code :k0 115
Designation	Valeur (DA)	
Total accessoires	1 194 771. 338	
Total main d'œuvre	5 682. 470	
Total charges indirectes de production	24 378. 710	
Coût de production	1224 832.519	
Coût engendré par le poste	30 061.181	

Produit : BAG epreuve		code : k0 107
Designation	Valeur (DA)	
Total accessoires	1237 080. 844	
Total main d'œuvre	6 237. 667	
Total charges indirectes de production	26 760. 593	
Coût de production	1 270 079. 103	
Coût engendré par le poste	32 998. 259	

Produit : BAG métallisée		code : k0 116
désignation	Valeur (DA)	
Total matières	36 549. 183	
Total accessoires	1270079. 103	
Total main d'œuvre	8 951. 715	
Total charges indirectes de production	38 404. 297	
Coût de production	1353 984. 299	
Coût engendré par le poste	83 905. 196	

Produit : BAG FINIE NAFTAL		code :k0 601
Designation	Valeur (DA)	
Total matières	210 654. 199	
Total accessoires	1353 984. 299	
Total main d'œuvre	15 160. 627	
Total charges indirectes de production	65 041.526	
Coût de production	1 644 840. 650	
Coût engendré par le poste	290 856. 351	

Annexe III :

- 1- Valeurs du diamètre extérieur relatives à la normalité du procédé
- 2- Mesures du diamètre extérieur de l'embouti supérieur
- 3- Tableau 3 : Moyenne des mesures du diamètre extérieur de l'embouti supérieur

1 : Valeurs du diamètre extérieur relatives à la normalité du procédé :

	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
2000	300	299.3	301	300.8	301.2	301	299.8	300.6	300.6	301.4	300.6	300.8
2001	300.6	301	301	301	300	300.4	301	300.6	299.8	300.8	300.4	300.8
2002	301	300.4	301	301.2	301.2	301.8	302.1	301.2	301.6	300.4	301.6	300

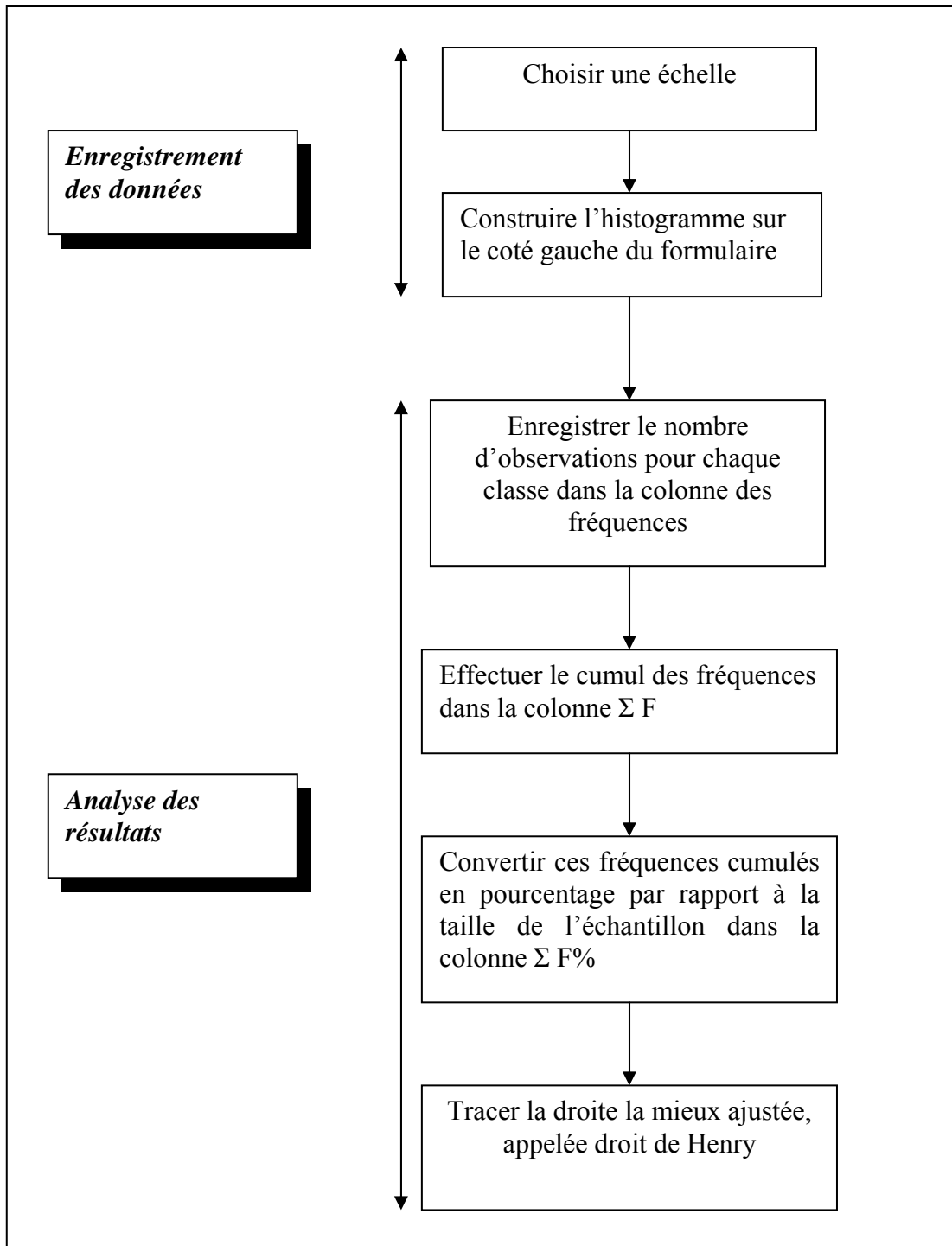
2: Mesures du diamètre extérieur de l'embouti supérieur

N° sous groupe	Mesures					Moyenne des mesures
	X1	X2	X3	X4	X5	
1	300.75	301	300.80	299.95	300.50	300.60
2	300.50	300.25	299.35	300.40	301	300.30
3	300.40	300.85	300.65	300.70	300.40	300.60
4	300.65	301.50	299.55	300.45	300.35	300.50
5	300.40	298.85	299.10	300.15	301	299.90
6	299.35	299.50	300	298.65	300	299.50
7	299.35	300.75	300.75	300.90	300.25	300.40
8	300.40	300.50	300.45	300.35	300.80	300.50
9	302.50	302.90	302.15	302.80	302.65	302.60
10	299.95	301.75	302	302	301.30	301.40
11	300.90	299.25	298.65	299	299.20	299.40
12	300	299.20	300	300.60	298.20	299.60
13	299.50	300.50	300.50	300	300	300.10
14	300.60	301	298.80	300.85	300.75	300.40
15	299.15	299.50	299.45	299	299.90	299.40
16	299.80	300.30	298.90	299.40	299.60	299.60
17	299	299.20	299.35	298.70	300.25	299.30
18	300.20	298.65	300.20	299.95	300.50	299.90
19	300.75	300.75	300.75	299.45	300.80	300.50
20	298.85	299.55	300.10	299.30	299.70	299.50
21	300	299.90	301.20	299.45	299.95	300.10
22	300	300	301.65	300.10	300.25	300.40
23	299.55	300	299.85	300	301.10	300.10
24	300.40	302.20	300.50	300.90	300.50	300.90
25	299.40	299.40	299.50	299.60	300.60	299.70

3: Moyenne des mesures du diamètre extérieur de l'embouti supérieur

N° sous groupe	Moyenne des mesures	Etendue de l'échantillon
1	300.6	1.05
2	300.3	1.65
3	300.6	0.45
4	300.5	1.95
5	299.9	2.15
6	299.5	1.35
7	300.4	1.55
8	300.5	0.45
9	302.6	0.75
10	301.4	2.05
11	299.4	2.25
12	299.6	2.4
13	300.1	1
14	300.4	2.2
15	299.4	0.9
16	299.6	1.4
17	299.3	1.55
18	299.9	1.85
19	300.5	1.35
20	299.5	1.25
21	300.1	1.75
22	300.4	1.65
23	300.1	1.55
24	300.9	1.8
25	299.7	1.2

4 : Méthode d'élaboration du test de Henry :



La méthodologie du test de Henry

Annexe IV

Tables des coefficients pour calculer les limites de contrôle

- 1- Coefficients pour les limites de contrôle**
- 2- Coefficients pour la ligne centrale**


1- Coefficients pour les limites de contrôle :

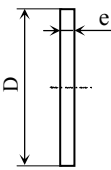
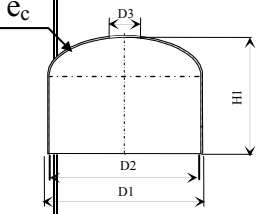
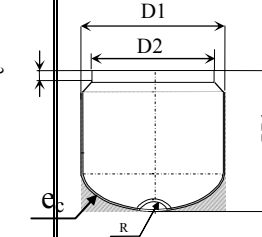
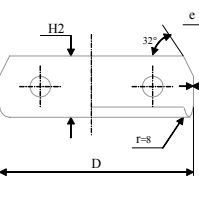
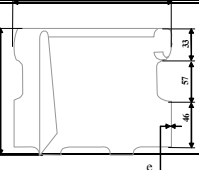
n	A	A ₂	A ₃	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
2	2.121	1.880	2.659	0.000	3.267	0.000	2.606	0.000	3.686	0.000	3.267
3	1.732	1.023	1.954	0.000	2.568	0.000	2.276	0.000	4.358	0.000	2.574
4	1.500	0.792	1.628	0.000	2.268	0.000	2.086	0.000	4.698	0.000	2.282
5	1.342	0.577	1.427	0.000	2.089	0.000	1.964	0.000	4.918	0.000	2.114
6	1.225	0.483	1.287	0.03	1.970	0.029	1.874	0.000	5.078	0.000	2.004
7	1.134	0.419	1.182	0.118	1.882	0.113	1.806	0.204	5.204	0.076	1.924
8	1.061	0.373	1.099	0.185	1.815	0.179	1.751	0.388	5.306	0.136	1.864
9	1.000	0.337	1.032	0.239	1.761	0.232	1.707	0.547	5.393	0.184	1.816
10	0.949	0.308	0.975	0.284	1.716	0.276	1.669	0.687	5.469	0.223	1.777


2- Coefficients pour la ligne centrale :

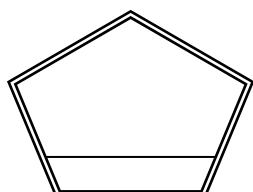
n	C ₄	1/C ₄	d ₂	1/d ₂
2	0.7979	1.2533	1.128	0.8865
3	0.8862	1.1284	1.693	0.5907
4	0.9213	1.0854	2.059	0.4857
5	0.9400	1.0638	2.326	0.4299
6	0.9515	1.0510	2.534	0.3946
7	0.9594	1.0423	2.704	0.3698
8	0.9650	1.0363	2.847	0.3512
9	0.9693	1.0317	2.970	0.3367
10	0.9727	1.0281	3.078	0.3249

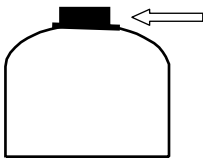
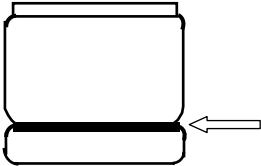
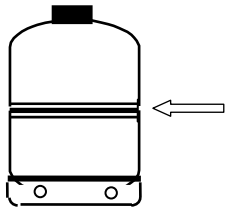
Annexe V : Procédures de contrôle dans l'entreprise BAG

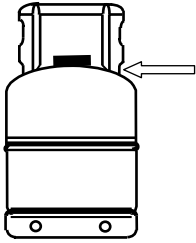
	PROCEDURE DE CONTROLE	PAGE/PAGE S	/	REF.	
		ETABLIÉ PAR		LE	/ /
		M.A.J. PAR		LE	/ /
		DIFFUSION	RESTREINTE		
ATELIER MECANIQUE		COPIE N°	/	DEST	
PROCEDURE DE REFERENCE				EDITIO N	


CROQUIS	INSTRUMENT DE MESURE	PRECISION DE MESURE	TAILLE D'ECHANTILLON	FREQUENCE DE CONTROLE	
	D	Double mètre	1/1	03	01/Semaine
	e	Micromètre	1/100	03	01/2heures
	D1	Pied a coulisse	1/10	05	01/2heures
	D2				
	D3	Pied a coulisse	1/50	05	01/2heures
	e _c	Ultra-son	1/100	05	01/2heures
	H1	Trusquin	1/10	05	01/2heures
	H2				
	D1	Pied a coulisse	1/10	05	01/2heures
	D2				
	e _c	Ultra-son	1/100	05	01/2heures
	H1	Trusquin	1/10	05	01/2heures
	H2				
	C				
	L	Double mètre	1/1	03	01/2heures
	H1	Pied a coulisse	1/10	05	01/Bobino
	H2	Pied a coulisse	1/10	05	01/2heures
	D	Pied a coulisse	1/10	05	01/2heures
	e	Ultra-son	1/100	05	01/Bobino
	D				
	H2				
	E				

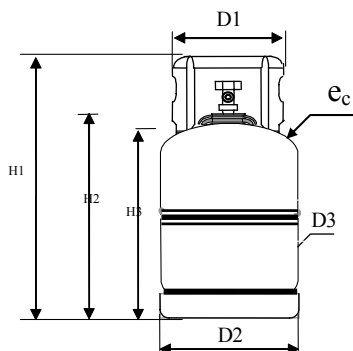
	PROCEDURE DE CONTROLE	PAGE/PAGE	/	REF.	
		ETABLI PAR		LE	/ /
		M.A.J. PAR		LE	/ /
		DIFFUSION	RESTREINTE		
ATELIER DE SOUDAGE		COPIE N°	/	DEST	



CROQUIS	FAMILLE DE DEFAUTS	MOYEN DE CONTROLE	TAILLE D'ECHANTILLON	FREQUENCE DE CONTROLE
	Fissures	Visuel	50	1/poste
	Cavités	Visuel	50	1/poste
	Inclusions solides	Visuel	50	1/poste
	Manque de fusion	Visuel	50	1/poste
	Défauts de forme	Visuel	50	1/poste
	Défauts divers	Visuel	50	1/poste
	Fissures	Visuel	50	1/poste
	Cavités	Visuel	50	1/poste
	Inclusions solides	Visuel	50	1/poste
	Manque de fusion	Visuel	50	1/poste
	Défauts de forme	Visuel	50	1/poste
	Défauts divers	Visuel	50	1/poste
	Fissures	Visuel	50	1/poste
	Cavités	Visuel	50	1/poste
	Inclusions solides	Visuel	50	1/poste
	Manque de fusion	Visuel	50	1/poste
	Défauts de forme	Visuel	50	1/poste

	Défauts divers	Visuel	50	1/poste
	Fissures	Visuel	50	1/poste
	Cavités	Visuel	50	1/poste
	Inclusions solides	Visuel	50	1/poste
	Manque de fusion	Visuel	50	1/poste
	Défauts de forme	Visuel	50	1/poste
	Défauts divers	Visuel	50	1/poste

	PROCEDURE DE CONTROLE	PAGE/PAGE <i>S</i>	/	REF.	
		ETABLIE PAR		LE	/ /
		M.A.J. PAR		LE	/ /
		DIFFUSION	RESTREINTE		
ATELIER DE FINITION		COPIE N°	/	DEST	
PROCEDURE DE REFERENCE				EDITIO <i>N</i>	



PROPRIETES		INSTRUMENT DE MESURE	PRECISION DE MESURE	TAILLE D'ECHANTILLON	FREQUENCE DE CONTROLE
Hauteur totale	H1		1/1	01	1/500
Hauteur Avec robinet (mm)	H2				
Epaisseur critique (mm)	e_c	micromètre	1/100	01	1/500
Diamètre du collier (mm)	D1				
Diamètre du pied (mm)	D2				

Annexes

Diamètre du corps (mm)	D3	Pied a coulisse	1/10	01	1/500
Poids (Kg)	Pds	Bascule	1/10	01	1/500
Limite élastique (N/mm ²)	E	Machine de traction	1/100	01	1/1000
Résistance à la rupture (N/mm ²)	R	Machine de traction	1/100	01	1/1000
Allongement (%)	A	Machine de traction	1/100	01	1/1000
Pression d'éclatement (N/mm ²)	P.ecl	Manomètre	1/10	01	1/500
Augmentation volumétrique (%)	AV	Calcul	1/100	01	1/500
Couche de métallisation (μ)	m	U.S	1/1000	01	1/500
Couche de peinture (μ)	p	U.S	1/1000	01	1/500

Annexe VII :

**Questionnaire pour la conduite du diagnostic de la
production**

- 1- Les produits et la production**
- 2- Les approvisionnements**
- 3- Le bureau d'étude et le bureau des méthodes :**
- 4- La fabrication**
- 5- Les aspects économiques de la production**

1- Les produits et la production :

❖ Complexité et caractéristiques des produits :

- Le nombre des pièces, sous éléments et éléments entrant dans chaque produit est-il élevé ?
- Que présente l'usinage d'une part et d'autre part l'assemblage des composants ?
- A quelle phase de sa courbe de vie se situe chacun des produits ?

❖ Qualité des produits :

- Existe-t-il un contrôle de qualité efficace
 - en cours de fabrication ?
 - des produits finis ?
- utilise-t-on les méthodes de contrôle statistique ?
- Le pourcentage des retouches est-il important ?
- Le pourcentage des rebuts est-il élevé ?

❖ Les stocks :

- Les stocks de produits finis sont-ils élevés ? Si oui, est-ce nécessaire ?

❖ Organisation générale :

- L'organisation générale de la production paraît-elle claire et comprise de tous ?
- Y a-t-il des projets de réorganisation en cours ?

2- Les approvisionnements :

❖ Matières premières :

- Le prix n'est-il pas élevé ?
- A-t-on réalisé les meilleurs achats et bénéficié des meilleures conditions du marché ?
- dans le cas de pièces approvisionnées, la production ne pourrait-elle les fabriquer elle-même et à quel prix ?

❖ Manutention et magasin :

- Qui assure les manutentions ?
- N'y a-t-il pas trop de temps passé en déplacements pour les approvisionnements ?
- les magasins sont-ils bien rangés ? bien organisés ?
- L'accès des magasins est-il libre ou réglementé à certaines heures ?
- Y a-t-il des attentes de personnel aux guichets d'approvisionnement ?

- Quel est le taux d'occupation des magasiniers ?
- Quels sont les moyens dont il dispose le magasinier ?
- ❖ **Achats :**
- Surveille-t-on l'importance absolue et relative des différents types d'achats ?
- Quelle nature d'achat faut-il particulièrement surveiller ?
- Y a-t-il un service achat centralisé ?
- Qui assure la coordination entre les acheteurs et les fournisseurs ?
- ❖ **Prix :**
- Fait-on jouer au maximum la standardisation ?
- Consulte-t-on un nombre suffisant de fournisseurs pour bénéficier de la mise en concurrence ?
- Suit-on régulièrement l'évolution des prix ?

3- Le bureau d'étude et le bureau des méthodes :

- ❖ **Bureau d'étude :**
- Quels sont les rôles du bureau d'étude ?
- Comment juge-t-on de son efficacité, de sa rentabilité ?
- Le temps passé par le bureau d'étude en recherches et mises au point sur tel produit est-il compatible avec la marge dégagée par le produit ?
- Quelles relations existe-t-il avec le bureau de méthode ?
- Si le bureau d'études n'existe pas en tant que tel, qui remplit la fonction ? et comment ?
- ❖ **Bureau de méthode :**
- Qui établit les nomenclatures détaillées : le bureau d'étude ou le bureau de méthodes ?
- Les gammes sont-elles correctement établies ?
- Les causes des temps improductifs ont-elles été supprimées ?
- Le dossier de fabrication est-il bien établi ?
- ❖ **L'ordonnancement :**
- La production assure-t-elle la transformation des matières ?
- De qui dépend l'ordonnancement ?
- L'équilibre entre les besoins des ventes et les programmes de production est-il assuré ?

- Le lancement des ordres des fabrications est-il réalisé par série économique ?
- Contrôle-t-on le suivi des bons de travail ?

4- La fabrication :

❖ Organisation du travail en atelier :

- Existe-t-il une bonne adéquation entre spécificité et volume de production ?
- Existe-t-il une bonne adéquation entre quantité et qualification de la main d'œuvre ?
- le niveau de productivité est-il suffisant ?
- Le cycle de fabrication est-il constitué essentiellement de temps machine ou de temps humain ?

❖ Contrôle de l'exploitation :

- Les opérateurs et la maîtrise ne sont-ils pas transformés, pour une part trop considérable en employés administratifs ?
- Les temps portés sur les bons sont-ils quotidiennement vérifiés avec les temps de présence effective ?
- Suit-on régulièrement le pourcentage des rebuts et des retouches pour avoir une idée juste de la qualité de la production et de l'efficacité du contrôle ?
- Existe-t-il des primes d'intéressement à la productivité ?
- Ces primes sont-elles individuelles ou collectives ?

❖ Sous-traitance :

- La sous-traitance est-elle importante ?
- Pourrait-on intégrer dans les activités de production ?
- S'agit-il une sous-traitance de capacité ou une sous-traitance technique ?
- Quel type de relation existe-t-il avec les sous-traitant ? qui contrôle les prix, les délais, la qualité ?

❖ Les équipements et la maintenance :

- les machines et les équipements sont-ils adaptés aux nécessités de la fabrication ?
- Pourrait-on améliorer les matériels et les outillages en fonction des besoins des opérateurs ?
- L'utilisation des machines automatiques est-elle raisonnable ?

- les investissements sont-ils rationnellement étudiés ? Sont-ils choisis afin d'assurer la meilleure rentabilité ?
- L'implantation des machines est-elle correcte ?
- Le circuit des pièces est-il rationnel ?
- L'alimentation des postes de travail en sources d'énergie est-elle suffisante ?

❖ **Maintenance :**

- La qualité de la maintenance est-elle satisfaisante ?
- La politique d'entretien a-t-elle été judicieusement déterminée en fonction des exigences de la production ?
- Les documents de maintenance permettent-ils un suivi correct de la connaissance des équipements et de l'efficacité de la maintenance ?
- Les effectifs de la maintenance sont-ils adaptés ?

5- Les aspects économiques de la production :

❖ **Gestion prévisionnelle :**

- Dans le cadre des politiques et en fonction des objectifs, les programmes et l'utilisation des moyens sont-ils correctement chiffrés et discutés préalablement à l'action ?
- Les décisions d'investissement sont-elles intégrées dans un plan à long terme ?
- Sont-elles déterminées en tenant compte des possibilités de rentabilité maximale ?

❖ **Contrôle de gestion :**

- Le modèle de détermination des coûts est-il judicieusement choisi ?
- Les réalisations sont-elles suivies en permanence, afin de pouvoir réagir au jour le jour et décider les actions correctives qui s'imposent ?
- Les charges de structure de production sont-elles régulièrement contrôlées ?
- Les seuils de rentabilité pour l'ensemble de la production, sont-ils examinés périodiquement ?
- Le rythme d'établissement des comptes d'exploitation est-il suffisant ?
- Quels sont les moyens et les méthodes utilisés pour assurer le contrôle de gestion de la production ? sont-ils efficaces,

- La gestion et le contrôle budgétaire fonctionnent-ils correctement ?

❖ **L'information et son traitement :**

- Le système d'information de la production est-il satisfaisant ? fonctionne-t-il correctement ?
- Les circuits administratifs sont-ils simples, rapides et efficaces ?
- Sont-ils bien intégrés dans les méthodes de traitement de l'information de l'entreprise ?
- la saisie de l'information est-elle correcte ? Est-elle rapide ?