

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

BADJI MOKHTAR –ANNABA UNIVERSITY  
UNIVERSITE BADJI MOKHTAR-ANNABA



جامعة باجي مختار – عنابة -  
كلية المهندس

Faculté des sciences de l'ingénieur

Département de Génie Mécanique

## MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de MAGISTER

**Gestion de la Production Assistée par Ordinateur**  
**-Application à l'Entreprise ALFAPIPE unité de Annaba-**

Option : Productique

Présenté par :

**Kheireddine Abdelaziz**

**DIRECTEUR DE MEMOIRE: M.C BOUCHELAGHEM Abdelaziz U. ANNABA**

**DEVANT LE JURY**

**PRESIDENT: Pr. HAIAHEM Amar U. ANNABA**

**EXAMINATEURS: M.C BEY Kamel U. ANNABA**

**M.C LAOUAR Lakhdar U. ANNABA**

**M.C TADJINE Kamel U. ANNABA**

**Année universitaire 2009 – 2010**

# Remerciements

Avant tout, je remercie Dieu pour tous ses dons.

Je tiens à remercier tous ceux qui ont contribué de loin ou de près à la réalisation de ce travail, je cite en particulier :

- ↪ Mon encadreur **Mr. Abdelaziz Bouchelaghem** pour son aide, soutien, collaboration et ses conseils afin d'établir ce mémoire,
- ↪ Monsieur **Amar Haihem**, professeur à l'université de Annaba qui a bien voulu me faire de présider le jury de soutenance,
- ↪ Membres du jury,
- ↪ Monsieur **C. Boubetnikh**, ingénieur de processus au niveau de l'Entreprise ALFAPIPE unité de Annaba,
- ↪ Enseignants du département Génie mécanique/U. Annaba, je cite en particulier Monsieur **Bachir Merzoug**,
- ↪ Enfin mes sincères remerciements sont adressés à **ma petite famille**.

## Sommaire

<i>Introduction</i> .....	01
<i>Chapitre I: Recherche bibliographique</i>	
I-1. Définition de la gestion de production .....	03
I-2. Objectifs de la gestion de production .....	03
I-3. Evolution de la production et nouvelle règles.....	05
I-3-1. Les principales périodes .....	05
I-3-2. Les nouvelles règles de la production moderne .....	05
I-4. Classification des systèmes productifs.....	06
I-4-1. Organisation de type série unitaire .....	06
I-4-2. Organisation en ateliers spécialisés.....	06
I-4-3. Organisation en ligne de production.....	07
I-4-4. Les industries de procédés.....	07
I-5. Circulation des produits dans l'atelier.....	08
I-5-1. Job Shop.....	08
I-5-2. Flow Shop.....	08
I-5-3. Fixed site.....	08
I-6. Stratégie de produit.....	08
I-7. Structure des produits.....	09
I-8. Décision de gestion.....	10
I-9. Relation avec le client.....	11
I-10. Les stocks.....	14
I-10-1. Notion de quantité économique.....	15
I-10-2. Notion de stock de sécurité.....	18
I-10-3. politique de gestion de stock.....	18
I-10-4. Les coûts associés aux stocks.....	20
I-10-4-a. Les coûts de possession.....	21
I-10-4-b. Les coûts de rupture.....	22
I-10-4-c. Les coûts de commande.....	22
I-11. MRP (Manufacturing Resources Planing) .....	23
I-11-1. Architecture générale.....	23
I-11-2. Le plan industriel et commercial (PIC) .....	25
I-11-3. Le programme directeur et le programme directeur de production.....	25

I-12. Techniques de juste à temps(JAT).....	26
I-12-1. Origine et principe du JAT.....	26
I-12-2. Objectifs et approches du JAT.....	27
I-12-3. Facteurs clés du JAT.....	28
I-13. La maintenance, volet important de la production .....	29
I-13-1. Définition de la maintenance.....	29
I-13-2. Objectifs de la maintenance.....	30
I-13-3. Formes de maintenance.....	30
I-13-3-a. La maintenance préventive.....	31
I-13-3-b. La maintenance corrective.....	31
<b>Chapitre II: Production des tubes à soudure spirale</b>	
II-1. Présentation de l'Entreprise .....	33
II-2. Procédé de fabrication .....	34
II-2-1. La fabrication des tubes .....	34
II-2-2. Parachèvement des tubes .....	37
II-2-3. Contrôle en ligne des fabrications .....	37
II-2-3-1. Contrôles destructifs et essais en laboratoire .....	37
II-2-3-2. Contrôles non destructifs en ligne.....	38
II-2-3-3. Essai hydrostatique .....	39
II-2-4. Les expéditions .....	40
<b>Chapitre III: Problématique et Objectifs</b>	
III-1. Eléments de gestion de la production de l'Entreprise et données.....	42
III-1-1. Stock de matière première .....	42
III-1-2. Gestion de process .....	45
III-2. Problématique .....	46
III-2-1. Schéma de circulation du flux informationnel suivant le modèle existant....	47
III-2-2. Schéma des liaisons directes et indirectes entre les différents services.....	48
III-3. Objectifs .....	49
<b>Chapitre IV: Liens et algorithmes</b>	
IV-1. Modèle de liaison proposé.....	51
IV-2. Eléments d'étude.....	52
IV-2-1. Stock de matières premières (Bobines).....	53
IV-2-2. Production .....	62

IV-2-3. Qualité .....	63
IV-2-4. Maintenance .....	70
IV-2-5. Délais estimatifs .....	74
<b>Chapitre V : Présentation du logiciel de gestion développé</b>	
V-1. Menu principal.....	80
V-2. Interfaces .....	81
<b>Conclusion générale et perspectives</b> .....	86
<b>Références bibliographique</b> .....	87
<b>Annexes</b>	

## Résumé :

Toute entreprise, voulant la réussite le long de sa carrière professionnelle, doit respecter les facteurs suivants : délai, qualité et prix compétitif par une gestion qui consiste en la recherche d'une organisation efficace de la production des biens et des services, en mettant en œuvre un minimum de ressources.

La communication entre les différents postes de travail est un facteur très important qui influe sur la production.

Pour que le flux informationnel atteigne sa destination au bon moment sans déphasage de temps, il faut éliminer les causes qui provoquent les empêchements.

A cet effet, ce travail consiste à gérer le flux informationnel de production et le mettre au service de l'intéressé afin de l'aider à intervenir convenablement au bon moment, et offre une consultation immédiate de tous les problèmes rencontrés avec une analyse statistique des principaux facteurs qui influent sur la production « *Analyser le passé pour au présent, prendre des décisions qui évitent la répétition des erreurs dans l'avenir* ».

## Abstract :

All enterprise, wanting the success along her professional career, must respect the following factors : delay, quality and competitive price by a management that consists in the research of efficient organization of the production of goods and services, while putting in work a minimum of resources.

The communication between the different stations of work is very important factor that influences on the production.

So that the informational flux reaches its destination to the good moment without impedance of time, it is necessary to eliminate the causes that provoke the obstacles.

To this effect, this work consists to managing the informational flux of production and do put it to the concerned person's service in order to help him intervene appropriately to the good moment, and offer an immediate consultation of all problems met with a statistical analysis of the main factors which influence on the production « *analyze the past for in the present take the decisions that avoid the repetition errors in the future* ».

## ملخص:

كل مؤسسة إنتاجية تريد النجاح طيلة عملها المهني، عليها احترام المعايير التالية: مهلة التسليم، نوعية المنتج و بسعر تنافسي، بواسطة تسيير يعتمد على تنظيم فعال لإنتاج المواد و تقديم الخدمات بتسخير أقل ما يمكن من إمكانات مادية و بشرية.

إن الاتصال بين مختلف مراكز العمل له تأثير كبير على الإنتاج. و لكي يصل الكم المعلوماتي إلى مبنغاه في الوقت المناسب دون تأخير و دون فارق زمني، يجب إزالة كل مسببات تأخيره و تعطيله. في إطار هذا التوجه، كان هذا العمل الذي يهدف إلى تسيير التدفق المعلوماتي داخل الوحدة الإنتاجية و وضعه تحت تصرف المعني، لأجل مساعدته للتدخل في الوقت المناسب، و توفير معاينة لحظية لكل المشاكل المعترضة، مصحوبة بتحليل إحصائي لأهم العوامل المؤثرة على سير الإنتاج. تحليل الماضي، يسمح في الحاضر أخذ قرارات تجنب تكرار الأخطاء في المستقبل "

## Introduction

Aujourd'hui, l'entreprise industrielle se trouve dans un environnement où la concurrence s'impose, cela influe sur la continuité de son activité.

A cet effet, les critères suivants doivent être respectés :

↳ **Qualité** : est l'aptitude d'une pièce mécanique à respecter les spécifications dimensionnelles, géométriques, d'état de surface et de structure d'un cahier des charges ;

La qualité est définie comme "aptitude d'un ensemble de caractéristiques intrinsèques à satisfaire des exigences" (norme ISO 9000:2000)[5]. Il est également précisé que les exigences sont des besoins ou des attentes qui peuvent être exprimés, habituellement implicites ou imposés.

La qualité implique une mesure de la satisfaction de l'utilisateur d'un produit ou d'un service.

Dans une entreprise ou une organisation, la qualité est définie en fonction des besoins et des attentes des clients : La qualité est aussi définie en fonction de critères précis et concerne tous les secteurs de l'entreprise tels que les produits, les services, la stratégie, les processus, les indicateurs de performance organisationnelle, la gestion, ainsi que l'information sur les clients et l'environnement organisationnel.

↳ **Délai** : il doit être le plus court possible, il est souvent un critère de choix pour le client ;

↳ **Coût** : on peut le maîtriser avec un suivi précis de la production par :

- ✓ La réorganisation ou l'élimination des procédures coûteuses n'apportant que peu de valeurs ajoutées,
- ✓ La minimisation des encours, des stocks et des pannes,
- ✓ L'assurance d'équilibre entre la demande, les ressources disponibles de l'entreprise et la politique de production.

L'entreprise ne peut s'imposer dans un tel milieu qu'en suivant une gestion prenant la flexibilité et la réactivité comme un premier souci.

Le travail envisagé consiste à gérer le flux informationnel de production et le mettre au service de l'intéressé afin de l'aider à intervenir convenablement au bon moment, et offre une consultation immédiate de tous les problèmes rencontrés avec une analyse statistique de tous les facteurs qui influent sur la production « Analyser le passé pour, au présent, prendre des décisions qui évitent la répétition dans l'avenir.

# Chapitre I

---

## Recherche Bibliographique



## **I-1. Définition de la gestion de production**

Pour pouvoir donner une définition de la gestion de production, il faut d'abord définir ce que l'on entend par la production.

La production consiste à une transformation de ressources (humaines ou matérielles) en vue de la création des biens ou des services :

- La production d'un bien s'effectue par une succession d'opérations consommant des ressources et transformant les caractéristiques de la matière. Un exemple classique est la production de tubes.
- La production d'un service s'effectue par une succession d'opérations consommant des ressources sans qu'il n'y ait nécessairement transformation de matière. Des exemples classiques sont la mise à disposition de produits aux consommateurs (la vente), le traitement de dossier (par un notaire), la maintenance d'équipements.

On peut alors définir la gestion de production comme suit.

La gestion de la production consiste en la recherche d'une organisation efficace de la production des biens et des services. [4]

La gestion de production consiste donc à l'obtention d'un produit donné dont les caractéristiques sont connues en mettant en œuvre un minimum de ressources. [13]

En gestion de production, on considère, généralement comme données, les caractéristiques du produit suivants :

- ✓ la définition du produit;
- ✓ le processus de fabrication;
- ✓ la demande à satisfaire.

Les outils de la gestion de la production sont un ensemble de techniques d'analyse et de résolution des problèmes de manière à produire au moindre coût.

## **I-2. Objectifs de la gestion de production**

BLONDEL [2] définit la Gestion de Production comme la fonction qui permet de réaliser les opérations de production en respectant les conditions de qualité, délai, coût qui résultent des objectifs de l'entreprise et dont le but est d'assurer l'équilibre entre :

- ❖ le taux d'emploi des ressources,
- ❖ le niveau des encours et des stocks,

❖ les délais.

MOLET [2] remarque justement que cet équilibre est très difficile à obtenir puisque l'on veut réduire en même temps les stocks, les délais et les pannes tout en accroissant la flexibilité, la variabilité des produits,... autant d'objectifs complexes, multiples mais souvent contradictoires et dont l'importance relative peut varier à chaque moment. Il en conclut d'ailleurs que "la gestion de production reste, malgré les apports des outils, la gestion des compromis".

Selon COURTOIS [2], l'objectif principal de la Gestion de Production est de gérer les flux de matières et d'informations par rapport aux objectifs prioritaires définis par la Direction Générale de l'entreprise. Le schéma suivant montre l'ensemble des flux que gère, totalement ou partiellement, la gestion de production.

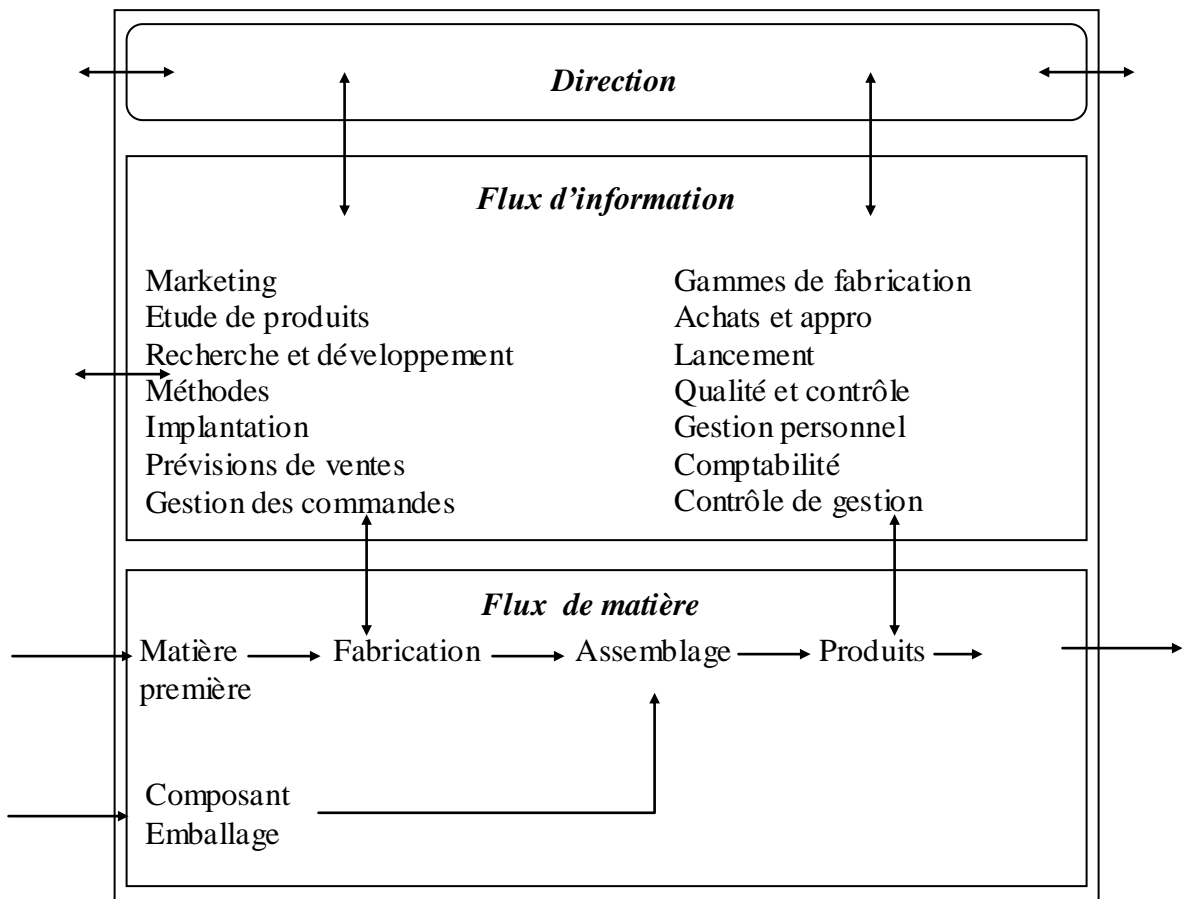


Fig. I-1: Les flux informationnels et physiques [13]

### **I-3. Evolution de la production et nouvelles règles**

#### **I-3-1. Les principales périodes**

D'après COURTOIS et BLONDEL [2], on distingue trois à quatre périodes qui marquent chacune évolution de la production industrielle :

**1<sup>ère</sup> période** : les débuts de l'industrie (à partir de la fin du 19<sup>ème</sup> siècle), la production est alors proche de l'artisanat : faibles quantités, grande diversité, personnel très qualifié.

**2<sup>ème</sup> période** : de la première guerre mondiale à 1975, période incluant les fameuses "Trente glorieuses" de l'industrie de 1945 à 1975, pendant laquelle la demande est très importante, et même supérieure à l'offre. Les marges sont confortables et les principales caractéristiques de la production sont les suivantes : fabrication en très grandes séries, faible diversité (on connaît la phrase d'Henry Ford " le client qui désire une Ford T peut demander n'importe quelle couleur, pourvu qu'elle soit noire"), personnel peu qualifié, travail découpé en tâches élémentaires simplifiées et rapides pour garantir un enchaînement rapide des opérations.

Dans ce contexte, pour que l'entreprise existe, il suffit de **PRODUIRE PUIS VENDRE**.

**3<sup>ème</sup> période** : durant cette période transitoire, de 1975 à 1985, l'offre et la demande s'équilibrent, le client a le choix du fournisseur. C'est l'après choc pétrolier, qu'il était nécessaire de faire des prévisions commerciales, d'organiser les approvisionnements et de réguler les stocks. Il faut alors **PRODUIRE CE QUI SERA VENDU**.

**4<sup>ème</sup> période** : depuis la fin des années 70, les marchés sont devenues fortement concurrentiels et surtout se sont mondialisés. L'offre est supérieure à la demande et de nouvelles contraintes apparaissent : maîtrise des coûts, qualité, délais de livraisons courts et fiables, produits personnalisables et à faible durée de vie,....Les séries sont toujours importantes, mais très diversifiées.

Des pays comme le Japon sont les précurseurs de l'utilisation de nouvelles méthodes dont le mot clé est le "JUSTE A TEMPS" . L'entreprise doit tendre à **PRODUIRE CE QUI EST DEJA VENDU**.

#### **I-3-2. Les nouvelles règles de la production moderne**

Dans le contexte de la 4<sup>ème</sup> période définie précédemment, l'entreprise est face à plusieurs difficultés :

- Evoluer dans un marché volatile, mal maîtrisé, où les clients sont imprévisibles, infidèles à une marque et sensibles au délai ou à son respect, à la qualité, au service après-vente.

- Trouver des compromis entre stocks minimums, délais minimums et aléas minimums.
- Réduire les coûts de production, limiter les investissements, disposer de ressources flexibles.

#### **I-4. Classification des systèmes productifs [13]**

On peut classer les modes d'organisation de la production en quatre grandes classes :

- l'organisation en série unitaire;
- l'organisation en ateliers spécialisés;
- l'organisation en ligne de production;
- l'organisation en industries de procédés.

Nous examinons dans chaque cas, le type de ressources à mettre en oeuvre et le problème principal de leur utilisation.

##### **I-4-1. Organisation de type série unitaire**

La production de type "série unitaire" est une production mobilisant sur une période assez longue l'essentiel des ressources d'une entreprise pour réaliser un nombre très limité de projets. Comme exemples, on peut citer la construction de navires de grande taille (qui se font, le plus souvent, en quelques exemplaires), les grands travaux publics (tel que le creusement d'un tunnel sous la manche ou la construction d'un pont suspendu, . . .).

En ce qui concerne les ressources mobilisées, on fait le plus souvent appel à un personnel hautement qualifié vu le caractère non répétitif des tâches.

En ordonnancement, le problème majeur est l'arbitrage entre la recherche d'un coût compétitif et le respect des délais. En effet, d'une part, les commandes sont rapidement honorées si beaucoup de ressources sont mises en oeuvre. Mais, d'autre part, le coût des ressources est généralement croissant avec leur niveau d'utilisation : la location de machines supplémentaires et l'engagement d'intérimaires coûtent généralement plus cher que l'utilisation des ressources propres de l'entreprise.

Dans les deux cas, l'ordonnancement des tâches, c'est-à-dire la détermination de l'ordre d'exécution des tâches, est essentiel. En effet, non seulement l'ordre d'exécution des tâches détermine la date de livraison, mais il a aussi une influence sur les coûts dans la mesure où une mauvaise coordination s'accompagne souvent de chômage technique pour certaines ressources et du paiement de pénalités pour non respect des délais.

##### **I-4-2. Organisation en ateliers spécialisés**

On parle d'organisation en ateliers spécialisés lorsque tous les équipements assurant une fonction spécialisée sont réunis en un même lieu, comme exemple, on peut citer un atelier d'emboutissage des tôles de voitures ou un atelier de peinture dans une usine d'assemblage automobile.

En ce qui concerne les ressources mobilisées, la main d'œuvre est plutôt qualifiée et les équipements sont polyvalents.

Pour l'organisation efficace des ressources, deux problèmes principaux sont à considérer :

- ✓ Lors de la conception de l'atelier, le problème principal est la gestion des coûts de manutention entre les différents postes de travail. Afin de diminuer ces coûts, on détermine la meilleure localisation des machines les unes par rapport aux autres dans l'atelier. Ceci fait appel aux méthodes d'agencement dans l'espace.
- ✓ Lors de la gestion quotidienne de l'atelier, le problème principal est de déterminer l'ordre d'exécutions des différentes tâches au niveau d'une ou l'ensemble des machines.

#### **I-4-3. Organisation en lignes de production**

On parle d'organisation en lignes de production lorsqu'un flux régulier de produits passe d'un poste à l'autre, l'ordre de passage étant fixé ; comme exemple, on peut citer les lignes d'assemblage d'automobiles.

En ce qui concerne les ressources mises en œuvre, les équipements sont généralement très spécialisés. Leur organisation efficace dans ce cas nécessite l'équilibrage de la chaîne : c'est à dire définir les tâches à réaliser à chaque poste de manière à avoir le même temps de réalisation. En effet, un mauvais équilibrage de la chaîne entraînera une sous utilisation des ressources puisque la chaîne tourne à la vitesse de l'élément le plus lent.

Deux autres problèmes sont aussi à considérer dans ce mode d'organisation de la production. Il s'agit de la fiabilité de la chaîne (un maillon défectueux et toute la chaîne s'arrête) et de la fiabilité du système d'informations.

#### **I-4-4. Les industries de procédés**

On parle d'industries de procédés lorsque le mode d'organisation est caractérisé par un flux régulier et important de matières premières destinées à être transformées en matières plus élaborées ; comme exemples, on peut citer la sidérurgie, la pétrochimie, le secteur de la chimie lourde, le secteur agro-alimentaire, etc. . .

Concernant l'organisation efficace des ressources, vu l'importance et la régularité de la demande, le problème d'organisation au coût minimum est généralement assez simple. Il peut être résolu par la programmation linéaire.

## **I-5. Circulation des produits dans l'atelier**

Cette typologie est très liée aux critères précédents. On distingue trois grandes classes [13]:

**I-5-1. Job Shop :** C'est le cas d'un atelier général, destiné à fabriquer une grande variété de pièces. Les produits circulent de machines en machines suivant un routage correspondant à leur gamme de fabrication, les équipements de production sont groupés fonctionnellement (functional layout) en départements (exemples: fraisage, soudage, assemblage, ..); le job shop est capable de fabriquer une gamme étendue de produits qui, en lots, suivent un chemin spécifique dans l'atelier ;

**I-5-2. Flow Shop :** tous les articles suivent le même cheminement. C'est le cas des lignes transférées dédiées où les articles "visitent" systématiquement chaque poste de travail implanté sur la ligne, et toujours dans le même ordre, les équipements de production sont organisés en fonction des produits (product layout); chaque équipement ne fabrique qu'un produit (ou une famille de produits) et est intégré à une ligne de production dédiée à ce produit (ou cette famille de produits) (exemple : l'assemblage d'automobiles); la conception d'un flow shop implique le regroupement d'opérations au sein de stations de travail installées en ligne avec l'équilibrage de ligne ;

**I-5-3. Fixed site :** qui correspond au cas où le volumineux produit fabriqué est fixe tandis que les équipements de production viennent à lui (exemple : construction navale).

## **I-6. Stratégie de produit**

Les facteurs déterminant la stratégie produit sont les suivants :

- le lead time de la production, c'est-à-dire le temps nécessaire à l'exécution d'une commande;
- le délai acceptable par le marché;
- le degré de personnalisation souhaitée pour les produits.

Les stratégies produit fondamentales sont :

- ❖ MTS (Make To Stock) qui correspond à la production de produits standards pour lesquels le marché impose une disponibilité immédiate (exemple: les boites de petits pois);
- ❖ ATO (Assemble To Order) qui concerne des produits comportant de nombreuses variantes (qu'on ne peut, par conséquent, pas maintenir en stock) assemblées à partir de sous-ensembles standards en nombre limité; les sous-ensembles sont en général produits en MTS tandis que les produits finaux sont assemblés sur commande (exemple: construction d'automobiles);
- ❖ MTO ou ETO (Make To Order ou Engineer To Order) où les produits fortement personnalisés sont construits sur commande (exemple: construction de maisons).

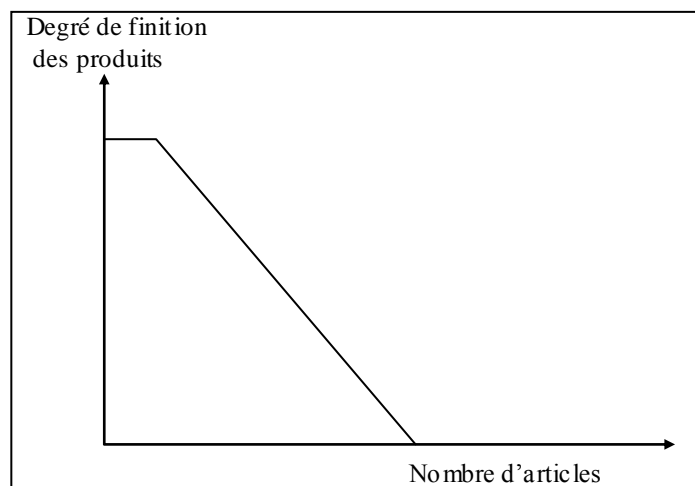
La durée de vie des produits devient, de plus en plus fréquemment, inférieure à la durée de vie des équipements de production. Il est donc indispensable de concevoir ces équipements en sorte de pouvoir les réutiliser pour d'autres productions; leur flexibilité et leur programmabilité prend, dans ce cadre, toute son importance stratégique.

La stratégie MTO est la plus favorable pour le producteur dans la mesure où elle n'impose, le cas échéant, que le stockage de matières premières beaucoup moins coûteuses que les produits finis. Le recours à une telle stratégie n'est possible que si l'entreprise réussit à réduire son lead time à une valeur inférieure au délai accepté par le marché.

### **I-7. Structure des produits** [13]

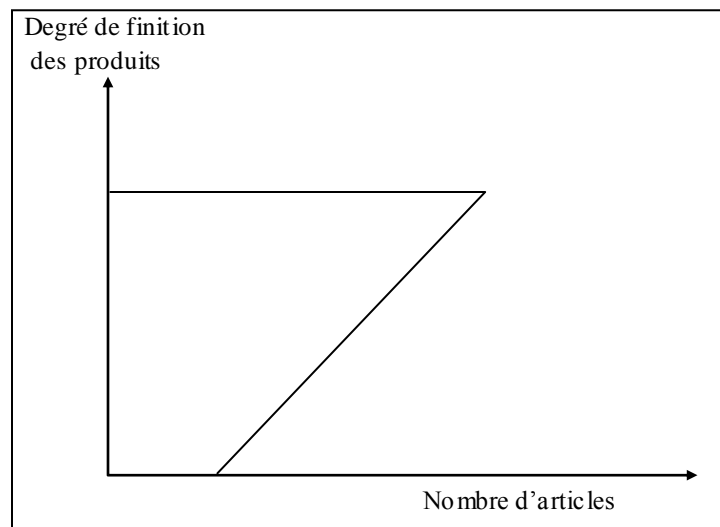
On distingue les structures suivantes :

- Structure convergente où les produits finis en variété limitée sont assemblés au départ d'un nombre important de composants eux-même usinés ou formés à partir de matières premières très variées (exemple: moniteurs de télévision);



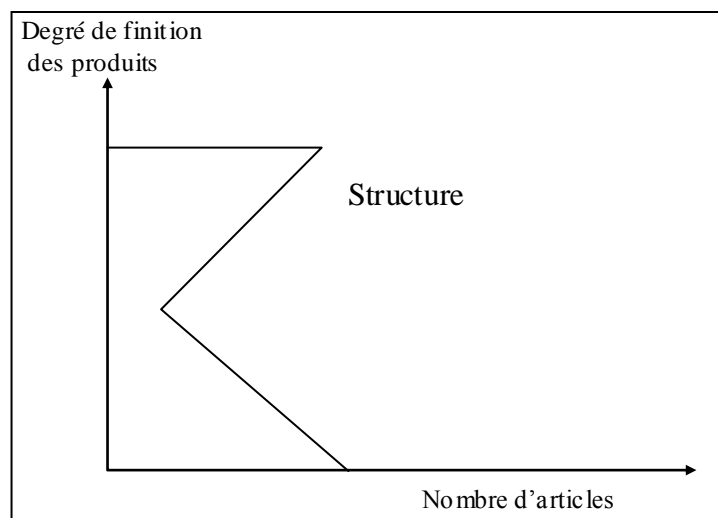
*Fig. I-2 : Structure convergente*

- Structure divergente qui correspond à un nombre restreint de matières premières et à une abondance de produits finis (exemple: pièces estampées).



*Fig. I-3: Structure divergente*

- Structure à points de regroupement qui concerne le cas où les produits finis et les matières premières sont en nombre important tandis qu'il n'existe qu'un nombre limité de sous-ensembles intermédiaires (exemple: construction d'automobiles);



*Fig. I-4 : Structure à points de regroupement*



## I-8. Décisions de gestion

En gestion il existe trois classes de décisions :

↳ **Les décisions stratégiques** : il s'agit de la formulation de la politique à long terme pour l'entreprise (c'est-à-dire à un horizon de plus de deux ans).

Dans ces décisions, il faut tenir compte de :

- ❖ la définition du portefeuille d'activités,
- ❖ définition des ressources stables : aussi bien humaines (engagement, licenciement, préretraite, .) que matérielles (décisions d'investissement, de cession, de fermeture,...).

↳ **Les décisions tactiques** : il s'agit des décisions à moyen terme parmi lesquelles on trouve la planification de la production par exemple à 18 mois. Il s'agit de produire au moindre coût pour satisfaire la demande prévisible en s'inscrivant dans le cadre fixé par le plan stratégique de l'entreprise ou les à ressources matérielles et humaines sont connues.

↳ **Les décisions opérationnelles** : il s'agit des décisions de gestion quotidienne pour faire face à la demande au jour le jour, dans le respect des décisions tactiques. Parmi ces décisions, on trouve :

- la gestion de stocks;
- la gestion de la main d'oeuvre;
- la gestion des équipements.

Ces trois classes de décisions de gestion de production se différencient par au moins trois éléments :

★ **par l'horizon de temps considéré, et là :**

- les décisions opérationnelles se prennent au jour le jour,
- les décisions tactiques concernent la planification à 18 mois,
- les décisions stratégiques concernent la planification à long terme.

★ **par le niveau d'agrégation, et là:**

- les décisions opérationnelles se prennent au niveau d'un atelier,
- les décisions tactiques se prennent au niveau d'une usine,
- les décisions stratégiques se prennent au niveau de l'ensemble de l'entreprise.

★ **par le niveau de responsabilité, et là :**

- les décisions opérationnelles sont prises par les agents de maîtrise,
- les décisions tactiques sont prises par les cadres,
- les décisions stratégiques sont prises par la direction générale.

## I-9. Relation avec le client

Cette typologie distingue deux catégories de relation avec le client selon [GIARD 88] et [COURTOIS95] qui sont la production sur stock et la production sur commande ou mixte.

### ➤ Production sur Stock :

Une production sur stock est déclenchée par anticipation d'une demande s'exerçant sur un produit dont les caractéristiques sont définies par le fabriquant. Ce type de production s'applique dans les cas suivants où :

- ✓ l'éventail des produits finis est restreint ;
- ✓ la demande des produits est prévisible;
- ✓ le délai de fabrication est supérieur au délai admissible par le client;
- ✓ la saisonnalité du produit est trop forte pour justifier le maintien de ressources en hommes et machines qui seraient excédentaires une bonne partie de l'année.

L'équation qui régit le stock de produits finis est :

Stock de produits finis	=	stock de sécurité	+	quantité de produits fabriqués	-	quantité de produits vendus
----------------------------	---	----------------------	---	-----------------------------------	---	--------------------------------

Le stock de sécurité permet d'amortir les variations de ventes par rapport aux prévisions.

L'objectif est de minimiser ce stock, soit à partir de prévisions de ventes très précises, soit grâce à une très grande réactivité du système de production lui permettant de se réguler par rapport aux ventes effectives

- si les ventes diminuent → ralentir la production.
- si les ventes augmentent → accélérer la production.

La production sur stock repose donc sur une prévision très fine de la demande.

L'inertie du système de production pouvant être très importante, il est primordial d'avoir une boucle de retour des ventes effectives très rapide.

On peut assimiler un tel système à une boucle de régulation (fig.I-5). Le système de production est piloté par l'écart entre les ventes effectives et les prévisions :

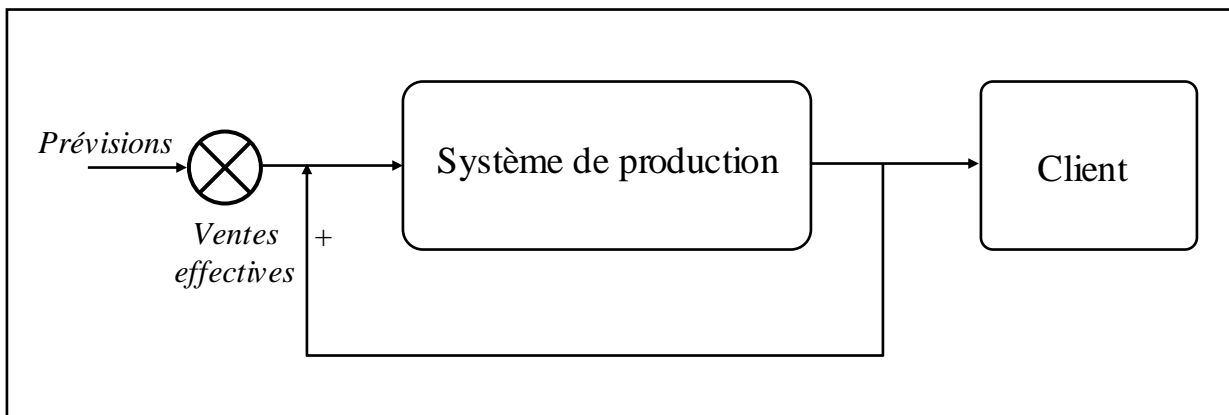


Fig. I-5: Boucle de régulation du système de production [4]

- Si l'écart est positif, l'excédent des ventes est tiré du stock de sécurité.
- Si l'écart est négatif, il faut ralentir ou même arrêter le système afin de ne pas augmenter le stock de produits finis.

Dans les deux cas, il est nécessaire d'augmenter ou de ralentir la cadence de production afin de tendre vers un écart nul entre prévisions et ventes effectives.

➤ **Production sur commande :**

Cette situation semble être la plus favorable à l'entreprise car elle lui permet de produire uniquement sur commande, mais à condition que le délai du cycle (achat + fabrication + assemblage + livraison) soit inférieur ou égal au délai acceptable par le client.

En théorie, si la condition précédente est remplie, aucun stock n'est nécessaire.

Dans certains cas où le délai de fabrication est trop long, il est possible d'anticiper l'achat et la fabrication des composants, et de procéder à l'assemblage dès que l'on a une commande ferme. Ceci implique aussi d'avoir de bonnes prévisions de ventes afin de ne pas constituer de stocks excessifs de composants.

On parle alors de **Production MIXTE**, qui est de plus en plus rencontrée. En effet, dans ce type de production, le produit fini peut être personnalisé le plus en aval possible, tout en étant constitué de composants et sous-ensembles standards.

Le principal inconvénient de la production sur commande ou mixte est l'obligation d'avoir un système de production présentant le minimum d'aléas afin de ne pas perturber les délais. Parmi ces aléas, on peut citer la maintenance préventive et prédictive qui doit donc jouer un rôle très important.

C'est ce type de fonctionnement que l'on appelle aujourd'hui le "**JUSTE A TEMPS**" (JAT) dont le principe est :

*Il faut acheter ou produire seulement ce dont on a besoin, quand on en a besoin.*

La différence avec la production sur stock réside dans la chronologie des opérations de ventes et de production :

- ★ Production sur stock : *production puis vente,*
- ★ Production sur commande : *vente puis production.*

Comme on l'a vu, nous sommes maintenant entrés dans une période dans laquelle les entreprises sont amenées à fonctionner en Juste à Temps, avec des productions très diversifiées, sur commande ou mixtes.

Bien que ce contexte semble plus favorable à l'entreprise vis à vis de sa trésorerie, il implique une gestion très précise, une forte réactivité de l'entreprise, une grande rationalisation des équipements de production, une grande maîtrise des flux physiques et informationnels, ...

La figure( I-1 ) présente un modèle de représentation des flux physiques et informationnels d'une production mixte en Juste à Temps. Il s'agit d'un macro-modèle, d'un niveau de description très général, qui permet de situer l'un des centres d'intérêt de ce travail.

## **I-10. Les stocks**

Le succès d'une organisation est déterminé, entre autres, par sa capacité de proposer le bon produit (ou service) au bon moment et au bon endroit. Un stockage intelligent contribue de manière décisive à cet objectif stratégique.

On distingue, en général, différents types de stockage :

- ★ stocks de produits finis,
- ★ stocks d'entrants de fabrication (matières premières, pièces sous-traitées),
- ★ stocks de pièces de rechange et de produits pour la maintenance des équipements de production,
- ★ stocks d'outillages et d'accessoires,
- ★ en-cours.

Donc une production sans stock est quasi inconcevable vu les nombreuses fonctions que remplissent les stocks. En effet, la constitution de stocks est nécessaire s'il y a :

1. Non coïncidence dans le temps et l'espace de la production et de la consommation : le stock est indispensable dans ce cas car il est impossible de produire là et quand la demande se manifeste. Les exemples classiques sont les jouets et la confiserie pour la non coïncidence dans le temps, et les supermarchés pour la non coïncidence dans l'espace.

2. Incertitude sur le niveau de demande ou sur le prix : s'il y a incertitude sur la quantité demandée, on va constituer un stock de sécurité qui permet de faire face à une pointe de demande. S'il y a incertitude sur le prix, on va constituer un stock de spéculation. Par exemple, les compagnies pétrolières achètent plus que nécessaire en pétrole brut lorsque le prix de celui-ci est relativement bas.

3. Risque de problèmes en chaîne: il s'agit ici d'éviter qu'une panne à un poste ne se répercute sur toute la chaîne ; un retard d'exécution au poste précédent ou une grève des transports n'arrêtera pas immédiatement l'ensemble du processus de production s'il y a des stocks tampons.

4. Présence de coûts de lancement : dans ce cas, travailler par lots permet une économie d'échelle sur les coûts de lancement mais, en revanche, provoque une augmentation des coûts de possession du stock.

Les stocks ont les rôles positifs suivants :

- ☉ lissage de la production dans les cas nombreux où la demande subit des variations saisonnières,
- ☉ robustesse par rapport à des indisponibilités de ressources de production;
- ☉ réduction des délais de mise à disposition (dans le cas des stocks de produits finis).

Par contre on peut signaler les inconvénients suivants :

- ☆ rigidification de la production
- ☆ immobilisation de moyens financiers importants (ils peuvent représenter 25 à 30 % du capital immobilisé),
- ☆ utilisation d'espace,
- ☆ occultation d'insuffisances graves en matière de prévision et de gestion.

Vu l'investissement considérable et improductif que constituent les stocks, il est impératif, pour toute entreprise, de tenter de les minimiser. Cette minimisation très souhaitable implique:

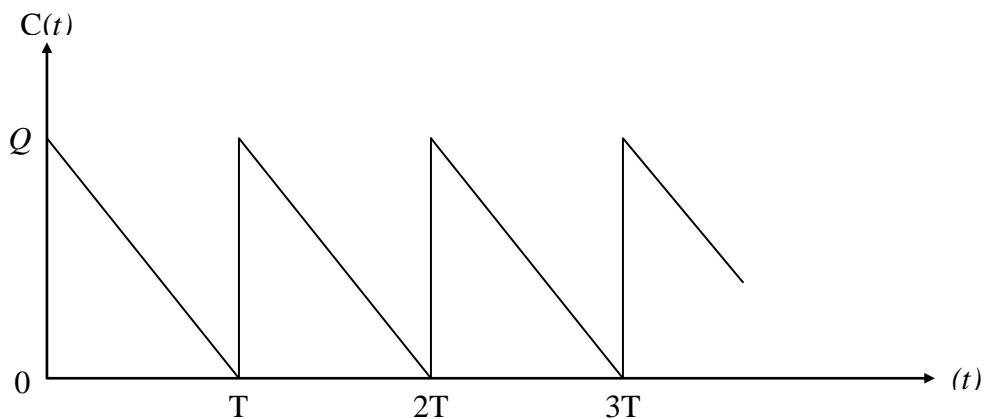
- la diminution drastique des pannes de ressources; ceci explique l'intérêt de plus en plus grandissant accordé aux problèmes de maintenance,
- l'élimination des rebuts; ceci justifie l'importance stratégique de la philosophie qualité dans l'entreprise;
- la réduction de la taille des lots de fabrication; ceci requiert des temps et coûts de changement de série (set up) aussi faibles que possible.

**I-10-1. Notion de quantité économique [13]**

Le but de la gestion de stocks est de les minimiser en respectant un niveau de service donné. Le niveau de service est quantifié par la probabilité de rupture. Si  $e(t)$  et  $s(t)$  représentent les débits d'entrée et de sortie d'un stock donné, le contenu instantané dudit stock correspond à :

$$C(t) = \int_0^t (e(t) - s(t)) dt + C(0) \dots\dots\dots(I-1)$$

Dans le cas un peu idéalisé d'une fonction  $s(t)$  constante et d'une réception instantanée, on obtient cette forme d'évolution.



*Fig. I-6: Evolution du stock avec réception instantanée*

$$e(t) = Q \text{ pour } t = nT$$

$$e(t) = 0 \text{ pour } t \neq nT$$

Le stock moyen est, alors, égal à  $Q/2$ .

Simplement minimiser ce stock moyen, et donc  $Q$ , n'est pas une bonne idée dans la mesure où le lancement d'un ordre d'achat ou d'un ordre de fabrication entraîne des coûts fixes ( non proportionnels ).

Le calcul de la quantité optimale ( dite économique ) se fait en minimisant la somme du coût de stockage et du coût de lancement sur une base annuelle, par exemple. Ce coût global est donné par:

$$C = C_{stockage} + C_{lancement} \dots\dots\dots(I-2)$$

avec :

$$C_{stockage} = p a Q/2 \dots\dots\dots(I-3)$$

où :

p = taux de possession annuel tenant compte de l'intérêt du capital immobilisé, de la détérioration éventuelle, des obsolescences et des frais divers ( loyer, assurances, manutentions, taxes, ...); p peut valoir jusqu'à 30%.

a = prix de l'article

et

$$C_{lancement} = L N/Q \dots\dots\dots(I-4)$$

où :

L = coût de lancement d'un ordre d'achat (écriture d'un bon de commande, préparation de spécifications, suivi et relance, traitement de factures, paiement) ou de fabrication (setup, rebut de début de série).

N = nombre d'articles commandés ou fabriqués par an.

L'équation  $\frac{\partial C}{\partial Q} = 0$  nous donne la formule dite de Wilson :

$$Q_e = \sqrt{\frac{2NL}{pa}} \dots\dots\dots(I-5)$$

Cette formule suppose, entre autres, que les coûts de lancement sont purement fixes et que le prix de l'article est indépendant des quantités achetées ou fabriquées.

L'hypothèse de réception instantanée est tout-à-fait justifiée dans le cas d'un ordre d'achat. Si l'article est produit intra muros (cas d'un ordre de fabrication), la réception ne sera probablement pas instantanée. L'évolution du stock se présente alors comme indiqué à la figure suivante.

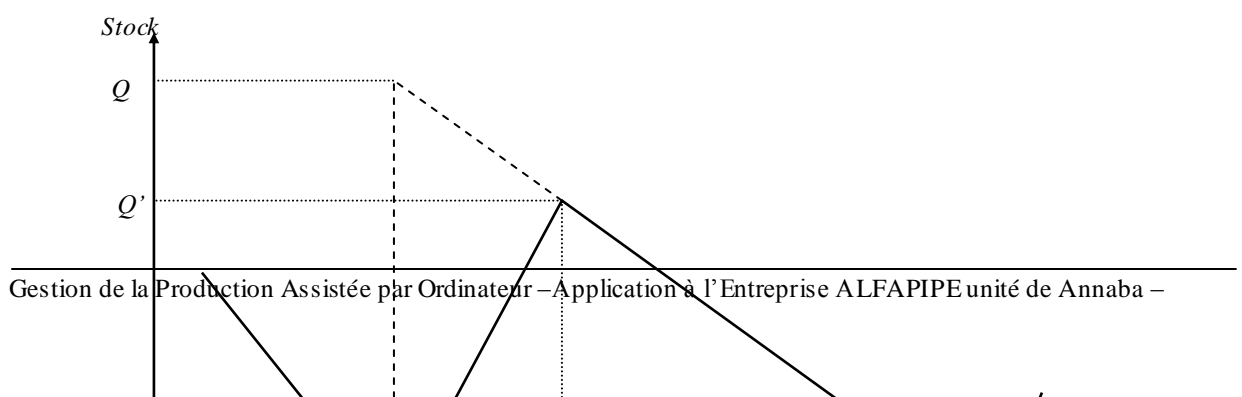


Fig. I-7-a : Evolution du stock avec une réception non instantanée

TC : période de consommation;

TP : période de production;

PR : rythme de production =  $Q / TP$ ;

CO : débit de consommation =  $Q / TC$ .

$$C = LN/Q + paQ'/2$$

Avec :

$$Q'/Q = (TC - TP)/TC = (1 - TP/TC).$$

On déduit que :

$$Q' = Q (1 - CO/PR).$$

Il vient :

$$C = LN/Q + paQ (1 - CO/PR)/2.$$

L'équation  $\frac{\partial C}{\partial Q} = 0$  nous donne :

$$Q = \sqrt{\frac{2LN}{pa(1 - \frac{CO}{PR})}} \dots\dots\dots(I-6)$$

**I-10-2. Notion de stock de sécurité :** Le stock de sécurité permet d'absorber l'imprévisible et, par conséquent, d'éviter la rupture de stock. On peut, donc, considérer que le paragraphe précédent s'applique au stock disponible ( stock physique - stock de sécurité ) et non au stock physique.

La détermination du stock de sécurité développé ultérieurement.

**I-10-3. Politiques de gestion de stock**

Les politiques de gestion de stock visent à répondre aux deux grandes questions :



## 1. Quand déclencher l'approvisionnement du stock?

La réponse à cette question est différente suivant la politique de gestion adoptée :

- ☆ En gestion de stock par point de commande, l'approvisionnement du stock est déclenché lorsque l'on observe que le stock descend en dessous d'un niveau S, le point de commande.
- ☆ En gestion calendaire, l'approvisionnement du stock est déclenché à intervalles réguliers T,
- ☆ En gestion calendaire conditionnelle, l'approvisionnement du stock est déclenché à intervalles réguliers T, mais uniquement lorsque l'on observe que le stock descend en dessous d'un niveau S, le point de commande.

## 2. Combien commander ?

La réponse à cette question dépend également du type de gestion de stock appliquée :

- ❖ En cas de gestion par point de commande, on commande une quantité fixe, notée q et appelée quantité économique de commande.
- ❖ En cas de gestion calendaire de stock, la quantité commandée est égale à la différence entre le stock résiduel observé R et S, le niveau de rechargement du stock.

La combinaison entre les différentes réponses nous ramène à les classer dans quatre méthodes :

↳ **La méthode de réapprovisionnement ( dates fixes, quantités fixes )** : Ce type de contrat prévoit de commander à date fixe ( par exemple le 20 de chaque mois pour un article donné ) une quantité fixe dudit article ( voisine de la quantité économique ). Il est évident qu'on étale dans le temps les ordres d'achat ou de fabrication correspondant à l'ensemble des articles.

↳ **La méthode de rechargement ( dates fixes, quantités variables )** : A date fixe ( par exemple le 20 de chaque mois ), le responsable du stock lance un ordre visant à ramener le stock d'un article à son niveau maximum. A nouveau, les ordres correspondant à l'ensemble des articles sont étalés dans le temps. Un des inconvénients est que l'on est amené, à certains moments, à lancer des ordres pour des quantités très différentes de la quantité économique.

↳ **La méthode du point de commande ( dates variables, quantités fixes )** : C'est l'atteinte d'un certain niveau de stock ( le point de commande ) qui déclenche l'ordre d'achat ou de fabrication. Le point de commande est le niveau de stock nécessaire à la couverture des besoins ( sans entamer le stock de sécurité ) entre le lancement de l'ordre et la réception correspondante. La quantité commandée est la quantité économique.

Stock

Fig. I-7-b : Evolution du stock avec une réception non instantané

Le point de commande PC est donc donné par :

$$PC = SS + C_{moy} * LT_{moy} \dots\dots\dots(I-6)$$

Où

SS : stock de sécurité;

C<sub>moy</sub> : consommation moyenne;

LT<sub>moy</sub> : lead time moyen pour la réception de l'article acheté ou fabriqué.

Pour la détermination du stock de sécurité, on utilise l'approche statistique :

C (consommation de l'article) peut être considérée comme une variable normale de moyenne C<sub>moy</sub> et d'écart-type C<sub>sd</sub>.

On a :

$$QC = C * LT_{moy}$$

Où :

QC est la quantité consommée pendant LT<sub>moy</sub>.

Considérons la variable normale réduite :

$$Créd = (C - C_{moy}) / C_{sd} \dots\dots\dots(I-7)$$

Dans le cas d'un niveau de service exigé de 0.95 (probabilité de ne pas avoir de rupture de stock pour l'article considéré), il vient :

$$P(QC < PC) = 0.95$$

$$Si P(Créd < 1.65) = 0.95$$

on en déduit :

$$P(C < C_{moy} + 1.65 * C_{sd}) = 0.95 ,$$

$$P(QC < (C_{moy} + 1.65 * C_{sd}) * LT_{moy}) = 0.95$$

et

$$PC = (C_{moy} + 1.65 * C_{sd}) * LT_{moy};$$

cela correspond au stock de sécurité :

$$SS = 1.65 * C_{sd} * LT_{moy} \dots\dots\dots(I-8)$$

↳ **La méthode à quantités et dates variables** : Cette méthode, qui requiert une attention permanente, ne s'utilise que pour des articles très coûteux.

**I-10-4. Les coûts associés aux stocks**

Un stock constitué pour satisfaire une demande future. En cas de demande aléatoire, il peut y avoir non coïncidence entre la demande et le stock. Deux cas sont évidemment possibles :

- ⊖ une demande supérieure au stock, on parle alors de rupture de stock;
- ⊖ une demande inférieure au stock, on aura alors un stock résiduel.

Le critère de gestion généralement retenu en gestion des stocks est celui de la minimisation des coûts. Nous noterons cette fonction par la lettre C, suivie entre parenthèses, de la ou des variables de commande du système. Par exemple, si la variable de commande est la quantité commandée, nous noterons l'objectif C(q).

Ces variables de commandes déterminent en général trois variables d'état du système :

- ⇒ Ir, la rupture moyenne, c'est-à-dire le nombre moyen de demandes non satisfaites au cours d'une période, auquel est associé un coût unitaire de rupture, noté Cr;
- ⇒ Ip, le stock moyen possédé au cours d'une période, auquel est associé un coût de possession unitaire, Cp;
- ⇒ Ic, le nombre moyen de commandes passées au cours d'une période, auquel est associé un coût de commande unitaire, Cc.

La fonction de coût s'écrit donc en général comme une fonction de ces trois variables d'état :

$$C = CrIr + CpIp + CcIc. \dots\dots\dots(I-9)$$

**I-10-4-a. Les coûts de possession**

Les coûts de possession comprennent :

1. les coûts de détention d'un article en stock durant une certaine période en fonction des conditions financières d'acquisition et des éventuelles conditions de reprise.
2. les coûts de stockage qui sont les dépenses de logistique, de conservation du stock.

Comme signalé précédemment, en présence d'une demande aléatoire, il peut y avoir non coïncidence du stock et de la demande, et donc une rupture ou un stock résiduel. Les conséquences de ce stock résiduel seront bien différentes selon que l'on se trouve dans :

↳ **Le cas du stock à rotation nulle**, c'est-à-dire lorsque le stock résiduel est sans utilité pour l'entreprise. Ceci se présente notamment :

- en cas d'obsolescence technique ou commerciale : par exemple, les vêtements de modes, . . .
- en cas où la consommation a un délai maximum : par exemple, les primeurs, les journaux, . . .

Dans ce cas, le coût de possession d'un article se calcule comme le coût d'acquisition d'un article

↳ **Le cas du stock à rotation non nulle**, c'est-à-dire lorsque l'inventaire peut être vendu à une période ultérieure. C'est l'exemple des boîtes de petits pois en épicerie non vendues une période qui le seront aux périodes suivantes.

Dans ce cas, le coût de possession est lié à l'immobilisation du capital. En gelant la somme d'argent correspondant au coût d'achat de l'article inventaire, l'Entreprise se prive du revenu d'un placement financier qu'elle aurait pu réaliser. Ce coût est appelé coût d'opportunité. Le taux d'opportunité est la rentabilité du meilleur investissement que l'entreprise aurait pu faire. L'autre partie du coût de possession concerne les coûts de stockage. Ces coûts de stockage comprennent, en général des frais fixes, tels que le coût de location d'entrepôts, ainsi que des frais variables, tels que le coût de manutention. Le coût unitaire de stockage que l'on doit prendre en considération dans la fonction objectif est le coût moyen de l'ensemble de ces frais. Malheureusement, ce coût moyen dépend du volume d'activité et ne peut donc pas être considéré comme une constante. Cette difficulté fait que souvent on n'inclut pas le coût de stockage dans le coût de possession et le coût de possession se réduit donc au seul coût d'immobilisation du capital.

#### **I-10-4-b. Les coûts de rupture**

La rupture se présente lorsque la demande excède le stock constitué au cours de la période. Les conséquences de cette rupture sont différentes selon que la demande est interne ou externe.

En cas de demande externe, la demande non satisfaite peut être perdue (on parle de ventes manquées) ou reportée (on parle de ventes différées) :

- Dans le cas de ventes manquées, le coût de rupture est le manque à gagner de la non fourniture d'une unité, généralement la marge bénéficiaire sur cet article.

- En cas de ventes différés, le coût de rupture n'inclut pas la marge car la vente sera réalisée plus tard. Ce coût de rupture est le coût administratif d'ouverture d'un dossier et éventuellement un coût commercial (on fait une ristourne pour ne pas perdre le client).

En cas de demande interne, on ne parle plus de stock de distribution mais bien de stock de fabrication. Dans ce cas, la rupture entraîne un chômage technique des postes en aval. Le coût de rupture correspond au coût financier du chômage technique.

#### I-10-4-c. Les coûts de commande :

A nouveau, il faut ici distinguer le cas d'une demande interne et celui d'une demande externe :

- En cas de stock de fabrication, le coût de commande est le coût de lancement de la production. Il s'agit du réglage des machines, etc . . .  
Normalement, ce coût est indépendant de la quantité fabriquée.
- En cas de stock d'approvisionnement, le coût de commande est le coût administratif de gestion de la commande : établissement d'un bordereau, contrôle de livraison, liquidation comptable, . . . Normalement, ce coût est également indépendant de la quantité commandée.

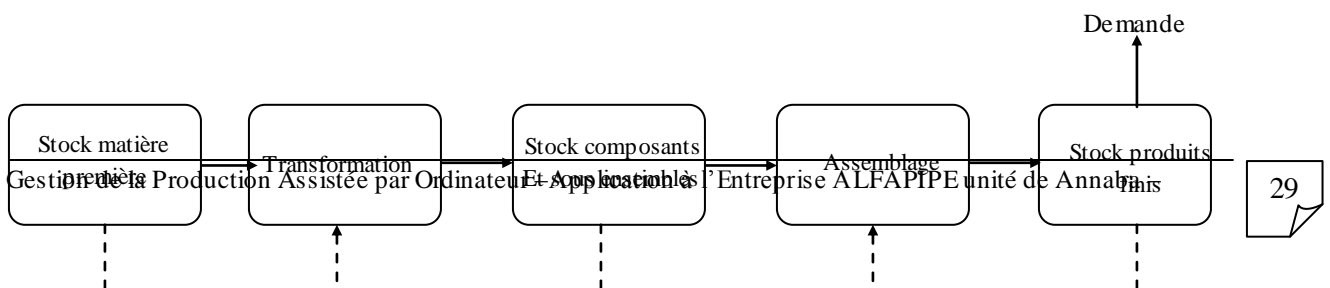
#### Gestion calendaire de stock à rotation nulle :

Pour rappel, on se trouve dans le cas d'un stock à rotation nulle lorsqu'il n'y a pas de report possible des invendus aux périodes suivantes.

On va ici déterminer le niveau du stock initial  $S$ , qui est donc ici la variable de commande. En effet, la période de révision calendaire, c'est-à-dire l'intervalle entre deux approvisionnements, noté  $T$  est généralement fixée par la nature de l'approvisionnement.

### I-11. MRP: Planification des besoins en composants (Manufacturing Resources Planning ) [13]

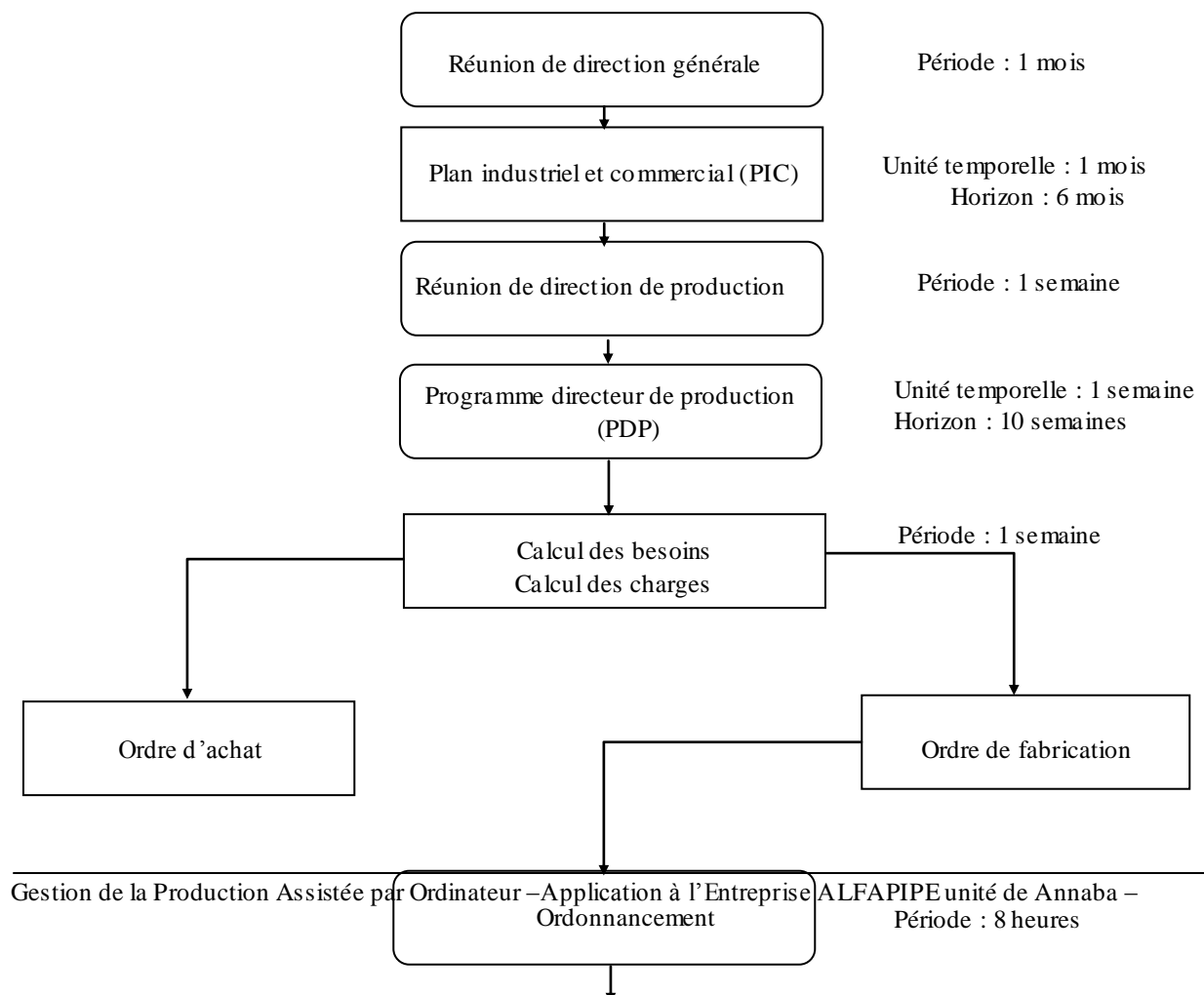
Il est parfaitement concevable de gérer un environnement productif par les stocks correspondants, comme indiqué sur le schéma suivant, où les lancements sont faits conformément à la méthode du point de commande.



L'avantage majeur de cette approche est sa simplicité, elle présente néanmoins l'inconvénient de n'être acceptable que pour les stocks de produits finis et d'être très sous-optimale pour tous les autres stocks. Un stockage important et inutile de sous-ensembles, composants et matières premières, est la conséquence la plus négative que l'on puisse mettre en évidence.

### I-11-1. Architecture générale

Dans son principe, MRP a une structure hiérarchisée dans laquelle chaque niveau correspond à un horizon temporel donné qui diminue avec ledit niveau (de 1 mois à la minute). Cette structure MRP peut être intégrée à la gestion de production dans son ensemble.



### **I-11-2. Le plan industriel et commercial (PIC)**

Ce plan définit l'activité globale de l'entreprise par familles de produits. Il est établi lors d'une réunion mensuelle entre le PDG et les directeurs opérationnels (production, commercial, achats et logistique). Son objet est de prévoir l'évolution liée des ventes, de la production et du stock. Un objectif fréquemment poursuivi dans ce plan est soit la stabilisation du stock à un niveau constant raisonnable, soit le maintien d'une production constante (en nombre de produits/jour) malgré des ventes saisonnières. La relation entre les diverses grandeurs est :

$$Production ( t ) = Ventés ( t ) + Stock désiré ( t ) - Stock ( t -1 )..... (I-10)$$

Le PIC est un premier outil permettant à l'entreprise de planifier ses capacités de production. La production prévisionnelle est convertie en heures de travail dans le but de vérifier l'adéquation entre la charge et la capacité globales par atelier et pour toutes les familles de produits.

En cas de surcharge, on peut utiliser les moyens suivants :

- recours aux heures supplémentaires

- mutation de personnel depuis les ateliers en sous charge
- recours à la sous-traitance
- recours au personnel intérimaire
- embauche
- investissement en ressources de production supplémentaires

En cas de sous charge, on a le choix entre :

- suppression des heures supplémentaires
- chômage technique
- rapatriement de la sous-traitance
- suppression du travail intérimaire
- licenciements.

### **I-11-3. Le programme directeur (PD) et le programme directeur de production (PDP)**

Le programme directeur est un échéancier des produits finis à fabriquer compte tenu des prévisions de vente, des commandes clients et du stock disponible; il s'agit en fait de détailler le PIC pour tous les produits finis avec une résolution temporelle plus grande ( de l'ordre de la semaine ) sur un horizon plus court ( de l'ordre d'une dizaine de semaines ).

Le programme directeur de production est le sous-ensemble du PD qui ne reprend que les ordres de fabrication. Selon la structure des produits, la mise en oeuvre du PD se fait de la manière suivante :

- ★ structure convergente (MTS): PD des produits finaux basé sur des prévisions de vente;
- ★ structure à points de regroupement (ATO): PD des produits finaux basé sur des commandes fermes; PD des sous-ensembles basé sur des prévisions d'utilisation;
- ★ structure divergente (MTO) : PD des produits finaux basé sur des commandes fermes; PD des matières premières et composants basé sur des prévisions d'utilisation.

## **I-12. Techniques de juste à temps (JAT) [4]**

### **I-12-1. Origine et principe du JAT**

Comme le souligne Baglin et al [8], les techniques de juste à temps trouvent leur origine dans les nouvelles exigences du marché :



- ❖ La variabilité de la demande : l'augmentation du nombre de modèles et la diminution de la durée de vie des produits nécessitent une adaptation plus rapide des produits.
- ❖ Le délai admissible par les clients est plus court : on ne peut donc plus produire à la commande.
- ❖ La concurrence internationale impose de produire une bonne qualité à un prix très bas.

En conclusion, il faut produire à la demande du client, sans délai et en comprimant au maximum le coût de fabrication. Il y a donc conflit entre la gestion en grande série (qui permet de réduire les coûts de fabrication) et la gestion à la carte (qui est beaucoup plus souple).

L'idée du JAT est de chercher à concilier les avantages de la grande série (flux rapides et importants) avec ceux de la petite série (grande adaptabilité).

La logique fondamentale du JAT est la suivante : Production = Demande

Autrement dit, on produit la quantité strictement nécessaire aux besoins immédiats du client. Le principe est appliqué de proche en proche jusqu'aux fournisseurs.

Ceci entraîne la suppression des stocks intermédiaires, on parle de gestion en flux tendus. La suppression des stocks apparaît donc comme une conséquence de la logique du JAT.

Ceci va à l'encontre des politiques traditionnelles d'organisation de la production. Le mode d'organisation traditionnel a pour objectif essentiel la recherche de la plus grande productivité du système. Ses conséquences sont :

1. Pour raison d'économie d'échelle, on a des unités de fabrication de grande taille organisées en ateliers spécialisés. On a donc des flux importants et discontinus entre ces unités nécessitant des stocks intermédiaires.
2. Pour raison de coût, on met en place des capacités de production correspondant à la demande moyenne qui sont saturées en permanence : la variabilité de la demande nécessite donc des stock de produits finis.
3. On lance de grandes séries pour amortir le coût de lancement. Ce qui entraîne aussi des stocks importants.
4. Pour diminuer le coût de manutention, on transporte en grande quantité (camions, containers complets). Ce qui occasionne également des stocks élevés de matières qui ne sont pas immédiatement consommées.
5. Pour découpler les problèmes, on constitue des stocks intermédiaires.

6. A chaque stade du produit, on ajoute un délai d'obtention pour tenir compte des arrêts fréquents (contrôle, maintenance, . . . ).

On en conclut que chacun a tendance à gonfler les stocks.

Le JAT, devant ce constat, plutôt que d'essayer de gérer l'ingérable, propose de supprimer les stocks. Le fonctionnement en JAT appelle cependant les remarques suivantes :

1. Souvent, les usines ne fonctionnent que partiellement en flux tendus : en flux tendus au moment où l'on personnalise le produit, avec des stocks d'approvisionnement pour les pièces standards.

2. Les flux de production peuvent être tirés non par des commandes clients mais par le plan directeur de production.

3. Le JAT nécessite tout de même l'établissement d'un plan directeur de production et le calcul des besoins.

### **I-12-2. Objectifs et approches du JAT**

Le JAT a donc un double objectif avec les approches suivantes :

- augmenter la réactivité du système logistique : diminuer le délai, diversifier la production, . . .
- diminuer le coût global de production : en éliminant les gaspillages inutiles.

#### **Augmenter la réactivité du système logistique**

Le but est ici de pouvoir répondre rapidement aux variations quantitative et qualitative de la demande. Le moyen utilisé est le suivant : pour raccourcir le cycle de fabrication, on réduit les stocks.

↻ Pour réduire les stocks de matière première, les fournisseurs doivent livrer plus souvent.

↻ Pour réduire les stocks d'en-cours de production, on doit réduire le temps entre ateliers.

↻ Pour réduire les stocks de produits finis, on doit pouvoir changer souvent de fabrication.

Remarquez que, pour réduire les stocks, il faut s'attaquer à leur cause : les pannes machines, les temps de réglage longs, etc. . .

#### **La rationalisation de la production**

Le but est d'améliorer la performance globale en éliminant les gaspillages. Le principe fondamental est que les seuls temps utiles sont ceux pendant lesquels le produit voit sa valeur

s'accroître. Ainsi, les opérations suivantes sont non productives : déplacer, stocker, grouper, contrôler, . . . Pour pouvoir diminuer ces opérations improductives, il faut s'attaquer à leurs causes : les défauts de fabrication, les retards, les pannes, les lenteurs administratives, . . .

On peut ici citer l'image donnée par Taichi Ohno (de Toyota) qui dit que, pour traverser une rivière sans encombre, dans l'approche traditionnelle : on augmente le niveau de l'eau et on passe au dessus des épaves, dans l'approche JAT : on drague le fleuve, ce qui permet un niveau d'eau plus faible. En conclusions, en s'attaquant aux causes de dysfonctionnement, on améliore la productivité globale du système et on améliore la qualité des produits.

### **I-12-3. Facteurs clés du JAT**

La réussite du passage d'une organisation classique à une organisation JAT nécessite des méthodes de gestion très réactives ainsi que la maîtrise des aléas.

#### **Recherche d'une plus grande réactivité**

On atteindra une plus grande réactivité en augmentant la flexibilité de la production.

On peut définir la flexibilité comme la capacité du système de production à s'adapter en permanence à la demande. On distingue deux types de flexibilité :

- ↳ La flexibilité quantitative qui est la capacité de faire face aux pointes des demandes:
  - ★ il faut surdimensionner la capacité, par exemple, en gardant les anciennes machines lors d'un renouvellement.
  - ★ il faut faire appel à la flexibilité de la main d'oeuvre : appel aux temporaires, à la sous-traitance, aux heures supplémentaires, . . .
- ↳ La flexibilité qualitative qui est la capacité de traiter une grande variété de produits :
  - ★ il faut pouvoir passer rapidement d'un produit à l'autre en utilisant des machines à commandes numériques.
  - ★ la polyvalence du personnel est également souhaitable.

#### **Maîtrise des aléas**

Il faut ici se prémunir contre les causes des stocks que sont les pièces reçues défectueuses, les pannes machine, ainsi les retards de livraison. On visera ici le zéro défaut pour les pièces fabriquées. En effet, en l'absence de stock, le défaut d'une pièce livrée interrompt la chaîne de montage. Le zéro défaut sera recherché par la prévention plutôt que par le contrôle à posteriori.

Il faut également assurer la fiabilité des équipements. En effet, l'arrêt d'une machine entraîne l'arrêt de toutes les machines en aval faute d'approvisionnement.

De même pour les machines en amont qui, autrement, constitueront des stocks. La fiabilité est obtenue par des procédures de maintenance préventive.

Enfin, il existe relation plus étroite entre le client et le fournisseur car le fournisseur d'une usine JAT est généralement plus conscient des conséquences de l'envoi d'une pièce défectueuse pour le client.

### **I-13. La maintenance, volet important de la production**

La fonction maintenance a pour but d'assurer la disponibilité optimale des installations de production et de leurs annexes, impliquant un minimum économique de temps d'arrêt.

Pour mener à bien sa mission, la fonction maintenance exige des moyens humains et matériels importants et adéquats. Elle ne peut pas devenir le refuge d'un personnel inapte à la fabrication et doit bénéficier d'un budget de fonctionnement qui doit lui permettre de jouer un rôle qui dépasse celui d'un service de dépannage.

Une organisation, une planification et des mesures méthodiques sont nécessaires pour gérer les activités de maintenance pour les intégrer dans l'organisation et la gestion des productions.

#### **I-13-1. Définition de la maintenance**

La maintenance c'est l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé. [10]

C'est ainsi que la maintenance d'aujourd'hui, est placée dans une relation fournisseur client. Le client est l'utilisateur du bien et le fournisseur assure avec ses prestations la fiabilité et la disponibilité de l'outil de production.

La maintenance contribue en effet, avec des mesures ponctuelles (préventifs, contrôles, visites etc.) à diminuer l'indisponibilité et à préserver la fiabilité des biens et des systèmes techniques.

La **fiabilité** est le terme pour la description de la disponibilité et des facteurs d'influence tels la fonctionnalité.

La **maintenabilité** et la disposition à la maintenance. Fiabilité et maintenabilité se traduisent en **disponibilité**.

Ces trois termes aux initiales « F - M - D » sont tellement liés les uns aux autres que la maintenance les traite comme une seule notion.

La véritable portée de la fonction maintenance mène beaucoup plus loin, elle doit être une recherche incessante de compromis entre la technique et l'économique.

### **I-13-2. Objectifs de la maintenance**

Les principaux objectifs de la maintenance sont: [10]

- ↻ Maintenir l'équipement dans un bon état de marche, dans les meilleures conditions de qualité, de délai et de prix de revient;
- ↻ Remplacer l'équipement à des périodes prédéterminées;
- ↻ Assurer à l'équipement des performances de haute qualité;
- ↻ Améliorer la sécurité du travail;
- ↻ De former le personnel dans les spécialités spécifiques à la maintenance;
- ↻ Conseiller la direction d'usine et la fabrication;
- ↻ Maintenir l'installation dans un état de propreté absolue.

La fonction maintenance a donc un caractère productif tout comme la fonction fabrication. On parle souvent de la maintenance productive, et il convient de lui attacher une importance aussi grande que la fonction fabrication. Les deux ont la tâche d'assurer une conduite et une qualité constante de la production.

### **I-13-3. Formes de maintenance**

Pour une conception donnée du matériel, l'optimisation du coût global de possession peut-être atteinte, du moins en théorie, par un dosage judicieux entre maintenance préventive et corrective.

Au sein de la maintenance préventive, on peut opérer selon un échéancier prédéterminé (maintenance systématique) ou en fonction d'un événement défini préalablement .

En d'autres termes, dans les concepts de maintenance, il est convenu de distinguer:

#### **❖ La maintenance préventive**

La maintenance préventive est qualifiée être la maintenance effectuée selon des critères prédéterminés, dans l'intention de réduire la probabilité de défaillance d'un bien, ou la dégradation d'un service rendu.

Dans le cadre de la maintenance préventive, on peut opérer:

Selon un échéancier établi, d'après le temps ou le nombre d'unités d'usage: c'est la maintenance systématique;

Ou en fonction d'un événement défini préalablement et révélateur de l'état de dégradation du bien, par exemple information d'un capteur, mesure d'une usure: c'est la maintenance conditionnelle.

❖ **La maintenance corrective**

La maintenance corrective est effectuée après défaillance du matériel.

# Chapitre II

---

## *Production des tubes à soudure spirale*

### **II-1. Présentation de l'Entreprise ALFAPIPE**

à environ 10 000 m<sup>2</sup>, à un bâtiment administratif et à une sous-station de 1012/300 V (2 transformateurs de 1 600 KVA et de transformateurs d'éclairage).

La puissance totale installée est de 3 800 KVA.

- La halle de stockage des bobines est desservie par 2 voies ferrées et par un pont roulant de 44t. Elle permet de stocker 15 000 t de bobines, soit la consommation d'un mois et demi de production.

- La halle des machines à souder est desservie par 2 voies ferrées et par un pont de 44t. Elle abrite les 4 machines à souder en spirale, la machine de préparation des bobines et la machine de régénération du flux.

L'approvisionnement de la machine de préparation des têtes de bandes se fait à partir de halle des bobines par un chariot transfert à bobines en fosse par treuil.

Les deux halles de parachèvement des tubes sont disposées perpendiculairement aux 2 halles précédentes et sont desservies chacune par un pont de 7,5 t de 34,8 m de portée, destinés à l'entretien des machines et au transfert rapide de tubes faisant l'objet de procédures spéciales de fabrication.

Les manutentions normales des tubes dans ces halles se font par un système de convoyeurs à rouleaux et de grilles équipées de dispositifs de manutention tels qu'éjecteurs, etc... à commande hydraulique, alimentés par 7 groupes hydrauliques indépendants.

## **II-2. Procédé de fabrication**

L'unité, dont le schéma de circulation des produits est représenté par la figure (II-1), se consacre à trois activités majeurs :

- ↪ La fabrication des tubes,
- ↪ Le contrôle des fabrications,
- ↪ Les expéditions de tubes.

### **II-2-1. La fabrication des tubes**

Elle comprend deux phases principales :



- Le formage et le soudage des viroles,
- Le parachèvement des tubes.

#### ❖ **Formage et soudage des viroles**

Les tubes sont obtenus à partir de bobines à chaud dans les largeurs 600 à 1 800 m, pour des poids variant de 10 à 30 t.

Les bobines sont déroulées, planées, formées en hélice puis soudées à l'arc immergé sous flux en deux passes successives sur une même machine dite machine à souder en spirale.

Théoriquement, les tubes sont de longueur illimitée car la machine est équipée en amont d'un stand de raboutage des bobines par soudure à l'arc immergé assurant un défilement continu de la bande en dehors des arrêts pour raboutage.

Pratiquement, les conditions de transport des tubes imposent une limite fixée à 15 m, base retenu pour le schéma de circulation des produits de toute l'unité.

Quatre machines identiques ont été implantées pour assurer une production globale annuelle à trois poste de l'ordre de 100 000 t/an de tubes de qualité pétrole ( 110 000 t en Ø42'' ou 80 000 t en Ø 30'').

Le tonnage de tubes produits varie essentiellement en fonction du poids des bobines, de la largeur de la bande et de la vitesse de soudage.

La vitesse de soudage est directement liée à l'épaisseur traitée.

#### ❖ **Formage de bandes**

Le formage en hélice est obtenu par l'introduction de la bande dans une cage à galet, réglée au diamètre et à l'angle de l'hélice des tubes à fabriquer ; l'effort poussant est transmis à la bande par deux pinch-rolls entraînés par un ensemble moto-réducteur de 45 KW.

Moyennant certains réglages, d'ailleurs très limités dans le temps, ce type de cage permet de passer toutes les bandes de 600 à 1 800 mm pour une gamme de diamètre s'étendant du 16'' au 48'' soit le 406 à 1 220 mm.

#### ❖ Soudage des bandes

Une fois enroulées en hélice, les bandes sont soudées par le procédé dit à l'arc immergé sous flux par 2 passes successives, l'une à l'intérieur du tube, à l'accostage des rives, l'autre extérieure, une demi-spire plus loin.

La préparation des bords de bande pour soudage se fait sur le châssis amont de la machine où sont fixés les dispositifs de planage de la tôle, de cisailage et chanfreinage des rives. L'emploi de bobines importées comportant des risques d'oxydation de la tôle, fait que la machine est équipée de dispositifs de brossage énergiques de la face intérieure du tube et des rives après chanfreinage.

Lors du soudage, l'accostage des rives est contrôlé par un système automatique de réglage de la fente de soudage. La machine est conçue pour pouvoir passer des bandes présentant un cambrage de l'ordre de 25 mm sur une longueur de 10 m.

#### ❖ **Oxycoupage des tubes**

Lorsque le tube a atteint sa longueur programmée, il est oxycoupé automatiquement sur le châssis arrière de la machine spirale, puis évacué sur grilles de stockage.

#### ❖ **Equipements complémentaires de fabrication**

Bien que très complète, les machines à souder en spirales requièrent un certain nombre d'équipements annexes.

##### *a. Machine de préparation des bobines*

Sur cette machine les têtes de bobines sont ouvertes et préparées par oxycoupage de façon à permettre le raboutage sur la machine spirale.

Les longueurs à chuter sont déterminées par contrôle visuel et ultrasonique, les têtes de bande présentant systématiquement des défauts soit dimensionnels, soit de laminage.

##### *b. Machine de régénération du flux de soudage*

Cette machine permet de réaliser le cordon extérieur des soudures de raboutage, non terminées sur la machine spirale.

Elle permet d'autre part, la reprise éventuelle des interruptions ou défauts de grande longueur du cordon de soudure extérieur.

##### *c. Aire de réparation des défauts de soudage*

Les défauts de soudage pouvant apparaître dans le cordon de soudure sont réparés manuellement sur une aire de réparation des tubes, équipée de quatre vireurs et de quatre postes à souder manuels (redresseurs de 1 000 A), permettant le soudage et le gougeage selon le « procédé Arc-Air ».

## **II-2-2. Parachèvement des tubes**

Les tubes sains, c'est-à-dire les tubes ayant subi avec succès les différents contrôles en ligne, sont chanfreinés à leurs extrémités sur deux chanfreineuses du type « à tourillonner », la

qualité de cette préparation spéciale pour tube de forte épaisseur étant de grande importance puisqu'elle conditionne les cadences de soudage manuelles du chantier de pose du pipe-line.

### **II-2-3. Contrôles en ligne des fabrications**

De façon à effectuer un contrôle sérieux des qualités dimensionnelles des tubes, des stands de contrôles dimensionnels est visuels ont été implantés derrière les machines spirales et après essai hydrostatique, afin d'obtenir un suivi systématique de la qualité de chaque tube, aux différents points des vues des longueurs, diamètres, rectitudes, ovalisations, effets de toit des soudures, aspect extérieurs des cordons, états du métal de base.

De plus, compte tenu des exigences imposées par l'industrie pétrolière, les opérations de contrôle du métal de base et du cordon de soudure sont très poussées et ont requis la mise en place à la tuberie d'un laboratoire d'essais mécaniques et l'installation dans l'atelier d'un matériel de contrôle non destructif important.

#### **II-2-3-1. Contrôles destructifs et essais en laboratoire**

Ces contrôles portent essentiellement sur la qualité du feuillard d'une part et d'autre part sur la qualité des soudures obtenues à la machine à souder en spirale.

Ces différents contrôles nécessitent le découpage d'un grand nombre d'éprouvettes sur bobines et sur tubes à tous les niveaux de fabrication. Leur conditionnement se fait au niveau du laboratoire sur machines-outils.

##### **↗ Qualité du feuillard**

Les hautes caractéristiques demandées aux bobines requièrent un contrôle sévère des qualités du métal employé :

- ✓ Contrôle des caractéristiques mécaniques des bobines d'une même coulée, principalement limite élastique, limite de résistance à la traction et allongement. Ces contrôles se font sur tête de bobine avant formage et sur tubes après formage.

- ✓ Contrôle de l'analyse chimique du métal suivant les différents critères de soudabilité.

##### **↗ Qualité du joint soudé**

- Contrôle des caractéristiques mécaniques, principalement la limite de résistance à la traction transversale et l'essai de pliage.

- Prises de macrographies et micrographies assurant le suivi des réglages des variables de soudage des machines.

### **II-2-3-2. Contrôles non destructifs en ligne**

Ces contrôles mettent principalement en œuvre les techniques ultrasoniques, radiographiques et radioscopiques.

#### **★ Contrôles des têtes de bande**

La recherche des défauts des têtes de bande, en particulier des dédoubleures de laminage, se fait à l'aide d'appareils manuels à ultrasons au niveau de la machine de préparation des bobines.

#### **★ Contrôle continu du cordon de soudure sur la machine spirale**

La recherche des défauts internes du cordon de soudure, en particulier les inclusions gazeuses et les fissures, se fait à l'aide d'un appareillage à ultrasons automatique sur la machine spirale. Deux palpeurs émetteurs récepteurs disposés de chaque côté du cordon et en contact avec le tube, testent la soudure et déclenchent des jets de peinture au droit des défauts hors tolérance.

Cette localisation des défauts éventuels facilitera la recherche de leur importance et de leur type par radiographie.

#### **★ Radiographie des défauts de soudage**

Chaque défaut de soudage repéré aux ultrasons automatiques sur la machine spirale fait l'objet d'une radiographie au rayon X. L'appareillage de prise de radiographie est disposé en fosse et permet le traitement de 30 films/heure.

L'interprétation des films peut conduire à la réparation du défaut par gougeage et soudage manuels.

Les défauts réparés manuellement font tous l'objet d'une nouvelle radiographie qui a pour but de constater la qualité de la réparation.

L'appareillage de radiographie est complété par un équipement de radioscopie qui permet de suivre en continu la qualité du cordon de soudure sur un écran de télévision.

Cette opération se pratique en particulier lors des sondages à 100% de la qualité des

soudures ou lors de l'étalonnage des installations de contrôle automatique de la soudure aux ultra-sons.

#### ★ Radiographie des soudures d'extrémités de tubes

Un second appareillage de radiographie, identique au premier cité, est spécialisé dans la prise de radiographies des soudures d'extrémités.

Il est en effet important de pouvoir livrer des soudures d'extrémités très saines et éviter ainsi des défauts risquant d'apparaître au moment de la réalisation des soudures de chantier.

Il s'agit donc là d'un suivi systématique de la qualité des extrémités des cordons de soudure qui par ailleurs ont déjà été testées aux ultra-sons automatique.

#### ★ Contrôle ultrasonique des extrémités de tubes

Dans le même esprit, le métal de base de chaque extrémité de tube est testé à l'aide d'appareils à ultra-sons manuels de façon à localiser puis écarter par oxycoupage tout défaut de laminage tel que dédoubleure ou feuilletage.

### II-2-3-3. Essai hydrostatique

Conformément aux règlements de sécurité des gazoducs et oléoducs actuellement en vigueur, chaque tube produit est éprouvé à une pression correspondant à un taux de travail d'environ 90% de sa limite élastique.

Cette épreuve est faite avant radiographie des extrémités de tubes et doit permettre de faire apparaître éventuellement les fissures du cordon de soudure qui n'auraient pas été détectées par ultra-sons.

Elle a d'autre part, comme conséquences favorables, de normaliser les tensions internes du métal du tube et de relever légèrement les valeurs de la limite élastique.

Cette épreuve se fait sans expansion proprement-dite, le procédé de formage en spirale permettant d'obtenir des tubes très ronds.

#### Caractéristiques de l'installation d'essais hydrostatique

- ↪ Pression d'épreuve maxima : 210 bars.
- ↪ Pompe basse pression de 6 000 m<sup>3</sup>/h.
- ↪ Longueur des tubes pouvant être éprouvés : 7 à 15 m.

- ↪ Diamètre des tubes jusqu'à 48''.
- ↪ Effort de serrage des plateaux sur tube contrôlé par balance hydraulique.
- ↪ Enregistrement graphique des épreuves.
- ↪ L'ensemble de l'appareillage est disposé en fosse.

#### **II-2-4. Les expéditions**

A leur sortie du stand de contrôle final, les tubes sont stockés sur des grilles disposées en aval de l'atelier. Ces grilles réalisent un stockage tampon d'un ou de deux jours de production (soit environ 350 tubes pour le diamètre 34''). Elles permettent une plus grande souplesse dans les opérations de stockage et d'expédition, liées à l'arrivée des rames de wagons et à la rotation des engins de chargement.

Les stockages par épaisseur et par diamètre de tubes sont faits sur un parc drainé de 25 000 m<sup>2</sup> permettant le stockage d'environ un mois à un mois et demi de production (environ 3 000 à 4 000 tubes de Ø 34'').

L'opération de stockage est réalisée par 2 chariots élévateurs à fourches latérales, capables de transporter chacun 2 tubes de 36'', longueur 15 m.

Les expéditions sont faites par wagons spéciaux à tube. Le chargement sur wagons est effectué par une grue à poste fixe alimentée par les chariots à fourches latérales.

Les différentes opérations de stockage et d'expédition sont rendues possible de nuit par l'implantation sur parc de 4 tours d'éclairage de 35 m de hauteur équipées de 7 projecteurs de 2 000 watts donnant un éclairage moyen de 10 lux.

Actuellement, les expéditions se font au rythme d'une rame de 150 tubes par jour.

## Chapitre III

---

### Problématique et objectifs



### III-1. Eléments de gestion de la production de l'entreprise et données

#### III-1-1. Stock de matière première

La réception d'une commande d'approvisionnement de matière première principale (bobines), s'effectue après une commande suivant la théorie du point de commande, qui prend le lead time en considération (dépend de fournisseur).

A la réception, un contrôle de différents paramètres s'effectue sur chaque bobine, ils sont consignés dans un rapport dit « Rapport de réception et contrôle bobines », afin de créer une fiche technique de chaque bobine ou "carte bobine" (voir annexe n°1) collée sur la bobine examinée.

Tableau III-1. Rapport de réception et contrôle bobine :

Date :06/02/2009		Poste: A		Nuance:48''X70		Ep: 14.30	
Ordre	N° bobine	Poids(t)	EP. D (mm)	Larg. D (mm)	EP. F (mm)	Larg. F (mm)	Observation
01	7241020	30331	14,20	1715	14,20	1725	
02	7226037	30313	14,22	1700	14,26	1712	
03	7211059	30780	14,20	1710	14,31	1680	
04	7260057	30810	14,30	1685	14,45	1710	
05	7235065	30870	14,35	1690	14,10	1695	

#### III-1-2. Gestion du Process

##### ❖ Préparation des bobines

Avant de la mettre sur la machine à souder, la bobine doit être préparée sur " la machine de préparation des bobines" et les données doivent être enregistrées dans le tableau (III-2) .

##### ❖ Rapport de production

Sur les quatre machines à souder en spirale, les bobines sont formées en hélice puis soudées à l'arc immergé. Les tubes fabriqués, les diamètres, les longueurs obtenues et les différents arrêts avec leurs causes sont mentionnés dans un rapport dit "Rapport de production" (voir annexe n°2 )

##### ❖ Contrôle visuel

Dans cette phase, le tube doit passer par un contrôle visuel, afin de déterminer sa destination.  
Les résultats sont enregistrés dans un rapport sous forme de tableau (III-3)

❖ **Rapport de tubes déclassés**

Les tubes déclassés sont envoyés vers le stock de rebuts et un rapport contenant les informations nécessaires est rédigé sous la forme suivante :

*Tableau III-4. Tubes refusés (Mars 2009)*

Date : 25/03/2009				Projet : GK3	
A	B	C	D	Causes	Commentaires
	703			< Dmin	
			614	> Dmax	

❖ **Rapport d'essai hydrostatique**

Chaque tube est éprouvé sous une pression correspondant à un taux de travail d'environ 90% de sa limite élastique. Les différentes observations sont enregistrées dans un rapport sous la forme suivante :

*Tableau III-5. Rapport d'essai hydrostatique :*

Date :12/03/2009		Poste: A		Nuance:48''X70		Ep: 14.30		
OR	Opérateur	N° de Tube	Press (Kg. cm <sup>2</sup> )	Observations	Arrêt		Temps d'arrêt	Causes
					de	à		
01		A526	102					
02		B529	102	B529				
03		B527	102				30'	Nettoyage des filtres
04		A528	102					
05		D476	102					

❖ **Rapport d'essai macrographique : (Voir annexe n°3 )**

❖ **Rapport de chanfreineuse**

Les tubes sains, c'est-à-dire les tubes ayant subi avec succès les différents contrôles en ligne, sont chanfreinés à leurs extrémités sur deux chanfreineuses, un rapport contenant les informations nécessaires est rédigé sous la forme suivante :

*Tableau III-6. Rapport de chanfreineuse (Mars 2009)*

Date : 12 .03.2009				Poste : A		
Opérateurs : <b>1.</b> ..... <b>2.</b> .....						
Commande : GK3		Diamètre : 48"			.Nombre de tube : 45	
ordre	N° Tube	ordre	N° Tube	ordre	N° Tube	Observations
01	<b>A467</b>					
02	<b>A459</b>					
03	<b>B448</b>					

❖ **Rapport de réception tubes**

Lors de la réception des tubes sains, le stock des produits finis fait un rapport sous la forme suivant :

*Tableau III-7. Tubes réceptionnés (Mars 2009)*

Poste	Date :13.03.2009	TP	Rebut	Divers
Responsable	Du : 285	Du :	Du :	Du :
	Au: 360	Au	Au	Au
	Soit : 75	Soit :	Soit :	Soit :
Responsable	Du :	Du :	Du :	Du :
	Au	Au	Au	Au
	Soit :	Soit :	Soit :	Soit :

❖ **Carte tube** : Lors de la réception, plusieurs informations doivent figurer dans une fiche technique appelée "carte tube" (voir annexe n°4 ) et collée sur le tube réceptionné.

### III-2. Problématique

Toute entreprise, voulant la réussite le long de sa carrière professionnelle, doit respecter les facteurs suivants : délai, qualité et prix compétitif.

Une entreprise est une organisation qui réunit plusieurs postes, chacun a une ou plusieurs tâches à accomplir. Ces postes sont reliés entre eux par un flux informationnel ou un flux physique ou même par les deux.

Ainsi une bonne décision s'effectue après une analyse approfondie et une étude de données rigoureuses en prenant en considération toutes les données liées au problème posé, au bon moment.

Une décision, basée sur une analyse qui ne prend pas toutes les données en considération, parfois non convenables, conduit inévitablement à des résultats non souhaitables.

Lors d'un stage au sein de l'entreprise ALFAPIPE, j'ai constaté que :

**1.** La circulation du flux informationnel dans le Département de fabrication, colonne vertébrale de l'Unité, prend un temps considérable à l'intérieur et à l'extérieur de ce Département à cause de la structure globale. Cette dernière détermine les relations entre les différents services et les liaisons indirectes augmentent le temps d'arrivée de l'information.

Dans ce contexte on peut citer les liaisons suivantes :

- La liaison indirecte entre l'atelier de fabrication et le service commercial d'une part et avec le stock de matières première d'autre part,
- La liaison indirecte entre les stocks et le service commercial,
- La liaison indirecte entre la direction et l'atelier de fabrication,

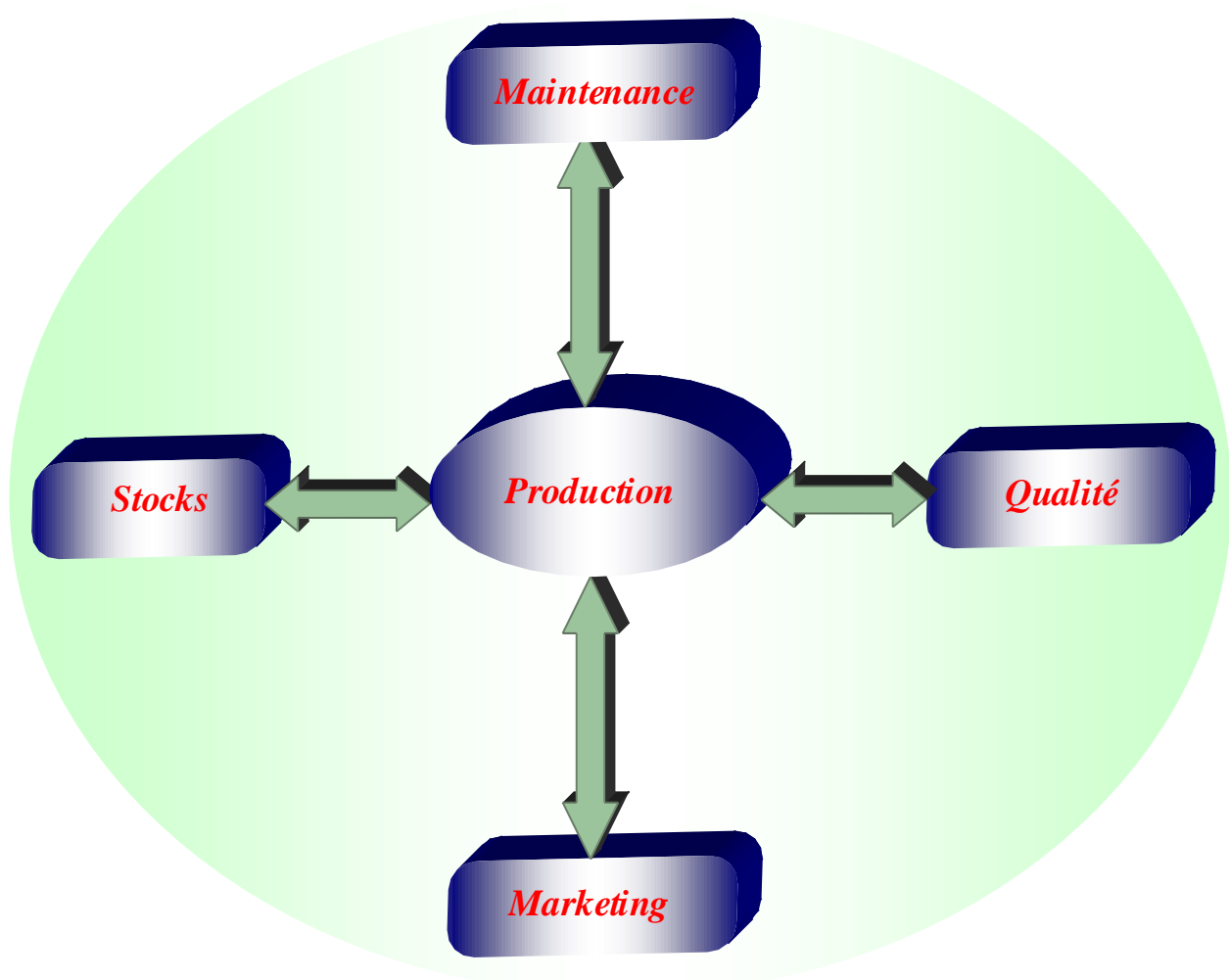
Dans certains cas, la situation d'un tel problème exige une intervention ou bien une décision immédiate, mais le mode de circulation du flux informationnel dans l'entreprise – liaisons indirectes - empêche d'atteindre sa destination au bon moment. Ce déphasage de réception des données handicape l'intéressé dans la prise d'une décision immédiate aggravant aussi le problème posé.

**2.** L'absence des études d'évolutions de différentes pannes, l'absence d'un carnet de suivie pour chaque machine avec un travail de 3×8 influent négativement sur les différents diagnostics de certaines pannes.

### III-2-1. Schéma de circulation du flux informationnel suivant le modèle existant

L'organigramme interne de l'Entreprise nous renseigne sur le type de liaisons qui existe entre les différents services et postes de travail, détermine les responsabilités, précise la tâche de chaque personne et son lieu et intervalle qu'il occupe, ainsi que ses canaux d'émission et de réception des flux informationnels nécessaires.

Le schéma suivant montre les liaisons directes entre les différents services de fabrication de l'Entreprise.



*Fig .III-1 : Circulation du flux informationnels suivant le modele existant*

### III-2-2. Schéma des liaisons directes et indirectes entre les différents services

Lors de la production, chaque service indiqué dans la figure III-1 a besoin de données des autres services, ce qui résulte les liaisons indirectes représentées sur le schéma suivant.

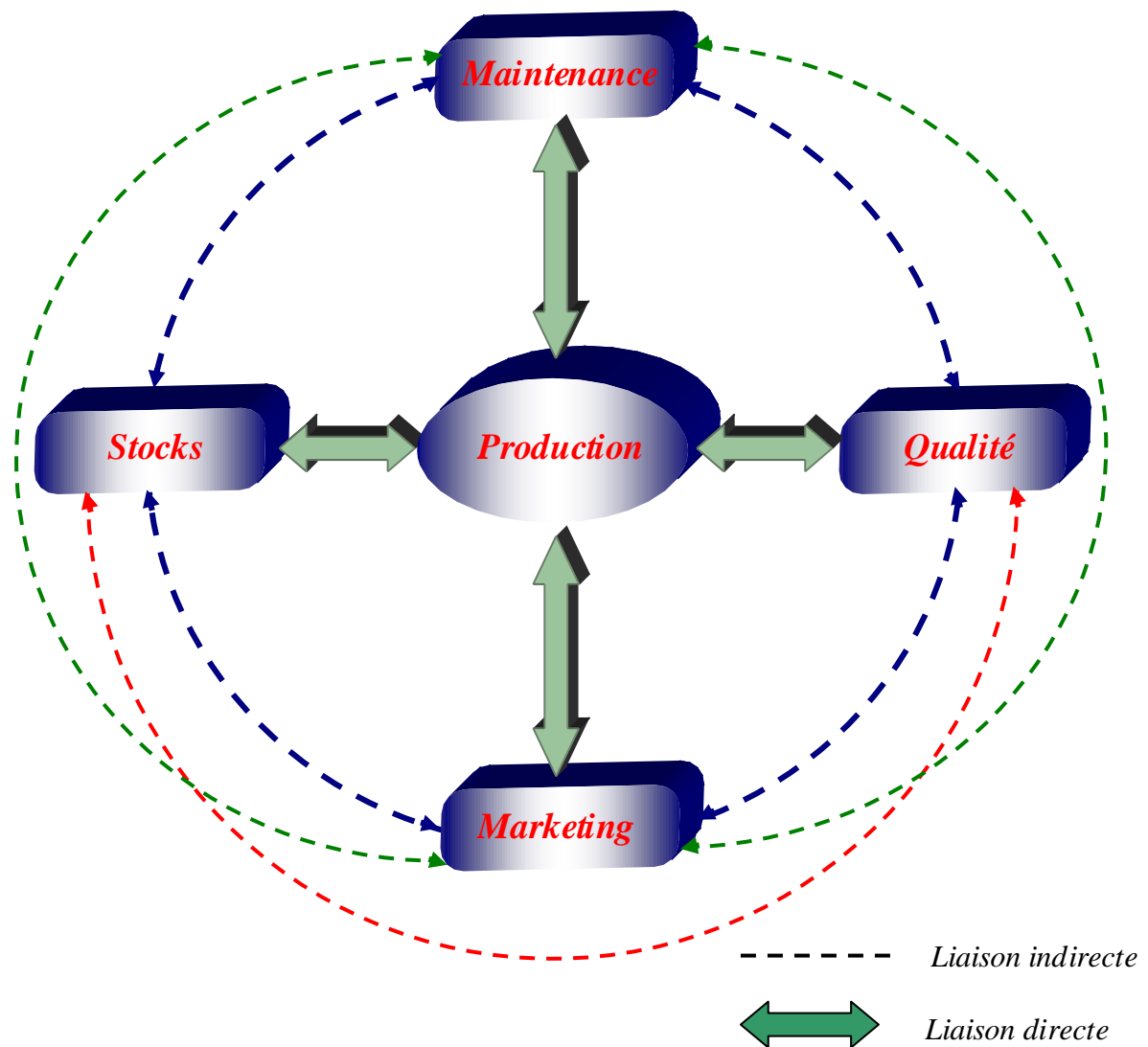


Fig .III-2 : Différents liaisons entre les services

Ces liaisons indirectes, empêchent l'information d'atteindre sa destination au bon moment à cause du long trajet qu'elle doit suivre, parfois accusant un retard de transfert de l'information par le service intermédiaire (négligence, ignorance de l'importance des données,...).

### III-3. Objectifs :

Les objectifs fixés par ce travail sont :

- ↪ Gestion des flux informationnels pour mieux relier les postes concernés par une tâche,
- ↪ Fourniture de toutes les données nécessaires à tous les participants à la prise de décision, au bon moment, sans déphasage,
- ↪ Déclenchement de l'alerte d'approvisionnement concernant le stock de matière première lorsqu'il atteint un seuil désigné, ainsi que le stock de sécurité,
- ↪ Surveillance de la qualité du produit et consultation des différentes interventions de maintenance avec analyse statistique,
- ↪ Détermination des délais estimatifs de réalisation des commandes en cours ou des nouvelles commandes.





## Chapitre IV

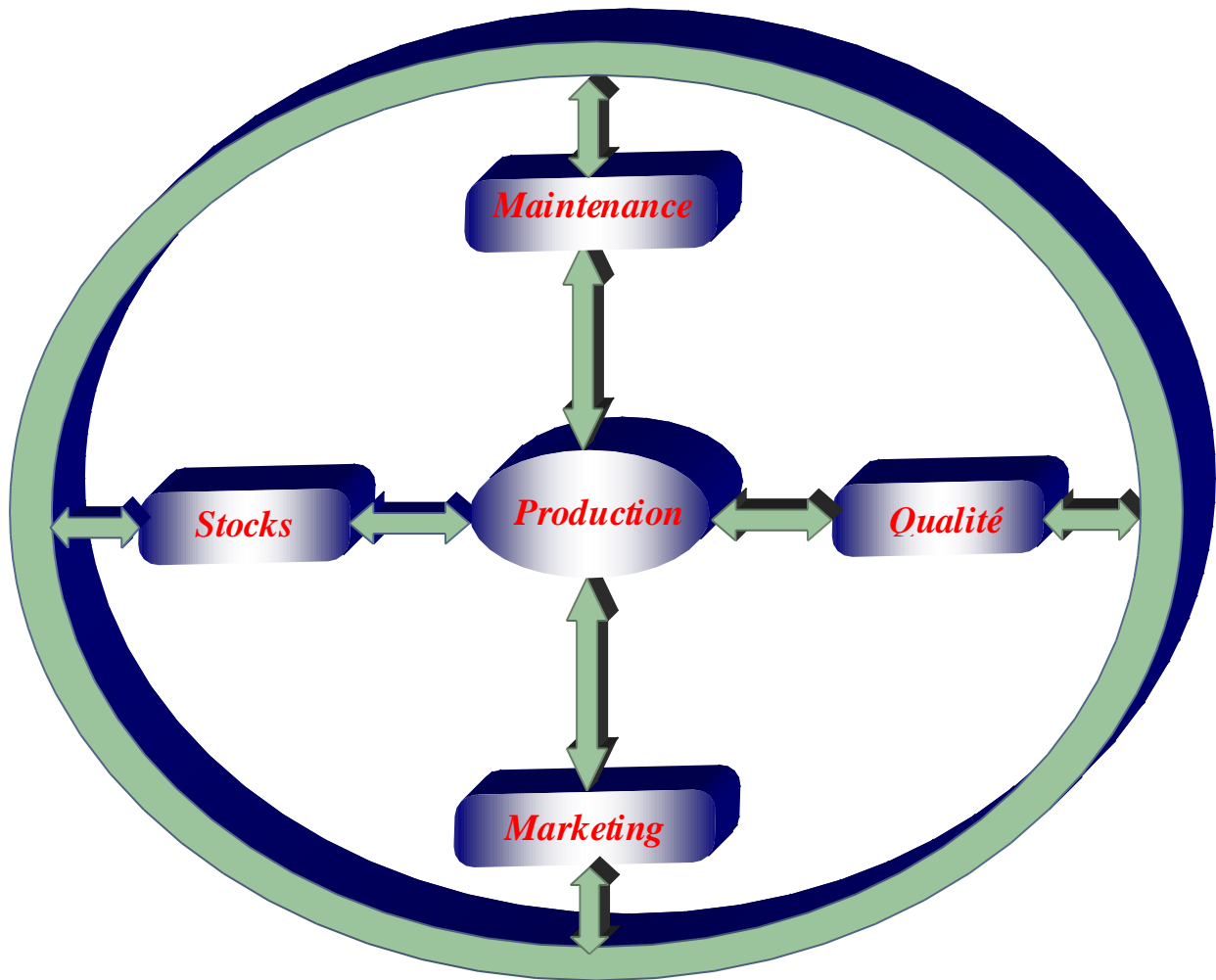
---

### Liens et algorithmes

#### IV-1. Modèle de liaisons proposé

A cet effet, nous proposons à l'Entreprise le modèle de liaisons qui transforme les liaisons indirectes en liaisons directes.

Celui-ci permet au flux informationnel d'atteindre sa destination au bon moment sans déphasage de temps, d'éliminer les causes qui provoquent les empêchements.



*Fig. IV-1: Modèle proposé de circulation du flux informationnel*

Dans ce modèle, chaque service et poste de travail reçoit et émet les données nécessaires sans passer par des services intermédiaires pour transférer un flux informationnel.

## IV-2. Eléments d'étude

N'importe quelle entreprise industrielle cherche le succès dans l'exercice de ses activités, par l'obtention d'un produit qui répond aux exigences techniques et des clients, avec une quantité prédéterminée dans un délai acceptable et un coût compétitif.

L'Entreprise est implantée dans ce monde industriel, c'est pourquoi la minimisation de prix du revient par la production en quantité avec le moindre rebut (bonne qualité) dans un délai le plus court possible est le souci de tous les managers.

Les chercheurs aussi tentent d'apporter leur contribution à cette problématique.

Dans ce contexte, le travail proposé consiste à traiter un facteur très important qui influe sur les différentes phases de production de cette Entreprise, ce facteur n'est autre que la circulation du flux informationnel entre les différents services.

La gestion proposée est basée sur les éléments suivants :

- ↪ *Stock de matières premières(Bobines)*
- ↪ *Consultation de production*
- ↪ *Contrôle de qualité*
- ↪ *Consultation des interventions*
- ↪ *Services commerciaux et délais estimatifs de livraisons*

### IV-2-1. Stock de matières premières (Bobines)

Le stock de matières premières consiste à alimenter les machines à souder par les bobines, et assurer la continuité de production des tubes sans rupture avec un minimum possible de bobines.

A cet effet, la politique d'alimentation du stock, suivie par l'Entreprise, est le point de commande (niveau de stock nécessaire à la couverture des besoins sans entamer le stock de sécurité entre le lancement de l'ordre d'achat et la réception correspondante). La quantité commandée est la quantité économique.

#### ❖ *Approvisionnement du stock*

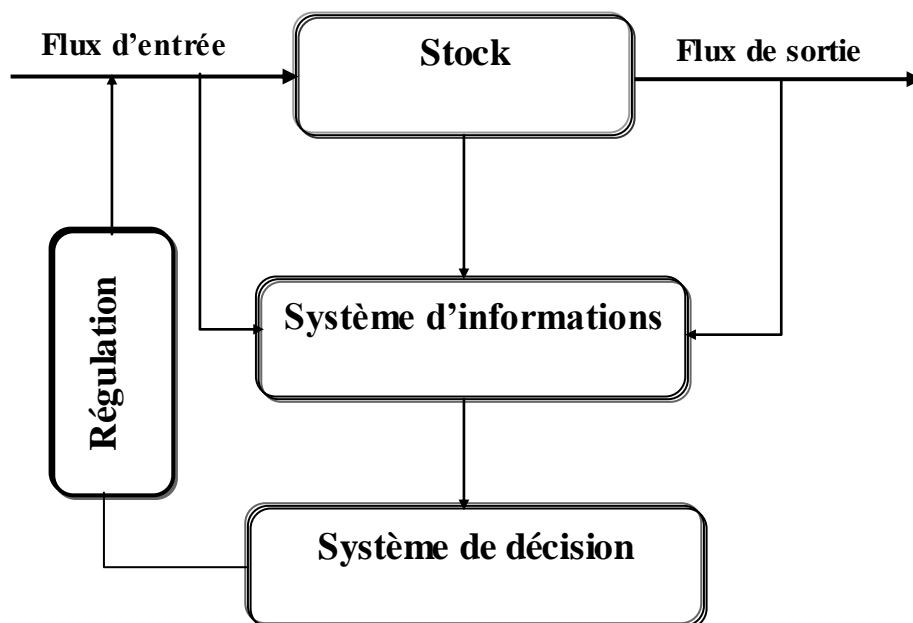
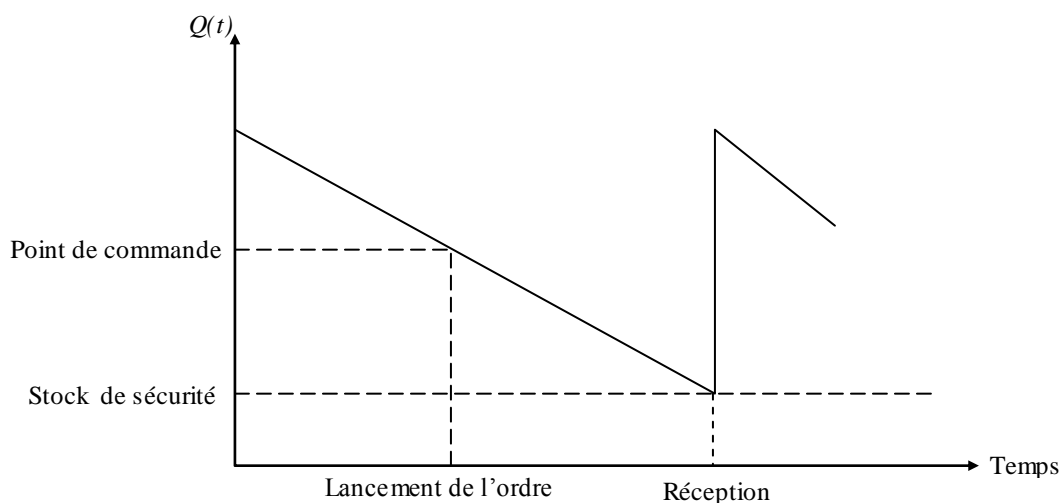


Fig. IV-2 : Principe d'alimentation du stock

**Détermination du point de commande :**



*Fig. IV-3 : Evolution du stock*

Le point de commande PC est donné par :

$$PC = SS + C_{moy} * LT_{moy} \dots\dots\dots (IV-1)$$

Où

SS : stock de sécurité,

C<sub>moy</sub> : consommation moyenne,

LT<sub>moy</sub> : lead time moyen pour la réception de l'article acheté.

Le "lead time" est déterminé d'après le fournisseur de la matière première,

Dans notre cas, le LT<sub>moy</sub> est présenté dans le tableau suivant :

*Tableau IV-1 :*

<b>Fournisseur</b>	<b>LT<sub>moy</sub></b>
Arcelor Mittal (Annaba)	02 jours
Arcelor Mittal ( France)	20 jours
Itissen (Allemagne)	30 jours
Poscu (Kourée)	60 jours

Pour la détermination du stock de sécurité, on utilise l'approche statistique :

C (consommation de l'article) peut être considérée comme une variable normale de moyenne  $C_{moy}$  et d'écart-type  $\sigma$ .

On a :

$$QC = C * LT_{moy} \dots \dots \dots (IV-2)$$

où QC est la quantité consommée pendant  $LT_{moy}$ .

Considérons la variable normale réduite

$$Créd = (C - C_{moy}) / \sigma \dots \dots \dots (IV-3)$$

La probabilité de ne pas avoir de rupture de stock de bobines est considérée comme une donnée que le gestionnaire peut changer suivant l'exigence de son service.

Dans le cas d'un niveau de service exigé de 0.90 (probabilité de ne pas avoir de rupture de stock de bobines, il vient :

$$P(QC < PC) = 0.90$$

Utilisons la courbe de Gauss :

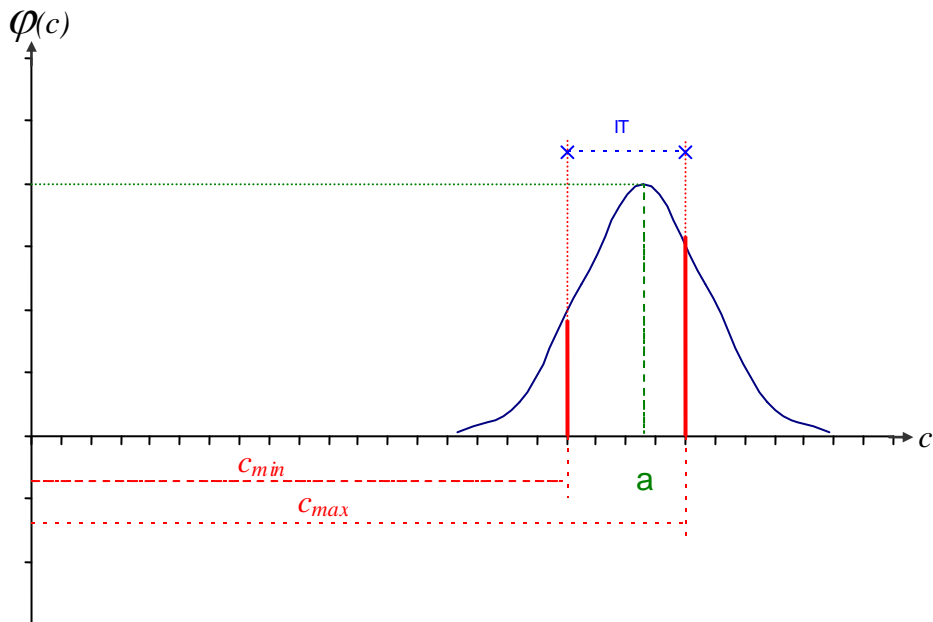


Fig. IV-4: Distribution d'une population de consommation

$$P(C_{min} \leq C \leq C_{max}) = \frac{\int_{c_{min}}^{c_{max}} y dc}{\int_{-\infty}^{+\infty} y dc} = \frac{A_e}{A_t} \dots \dots \dots (IV-4)$$

$$\frac{A_e}{A_t} = \frac{\text{L'aire engendrée par la courbe et les deux axes } (c=c_{\min}, c=c_{\max})}{\text{L'aire totale}}$$

Dans le cas de production, la loi normale peut prendre la forme suivante

$$y(c) = \varphi(c) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(c_i - \bar{c})^2}{2\sigma^2}} \dots\dots\dots (IV-5)$$

$$\text{Soit: } C = c_i - \bar{c} \Rightarrow \varphi(C) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{C^2}{2\sigma^2}}$$

Dans ce cas 
$$A_e = \int_{c_{\min}}^{\bar{c}} ydc + \int_{\bar{c}}^{c_{\max}} ydc = \int_0^{-C} ydc + \int_0^{+C} ydc \dots\dots\dots (IV-6)$$

avec un changement d'origine :

$$+C = c_{\max} - \bar{c}$$

$$-C = c_{\min} - \bar{c}$$

Pour un changement de variable:

$$Z = \frac{C}{\sigma} \Rightarrow \frac{(c_i - \bar{c})^2}{2\sigma^2} = \frac{Z^2}{2}$$

$$\text{l'équation: } \varphi(c) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(c_i - \bar{c})^2}{2\sigma^2}}$$

$$\text{devient: } \varphi(z) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}} \dots\dots\dots (IV-7)$$

L'équation (IV-7) représente La forme usuelle de la fonction de LAPLACE-GAUSS, présentée sur la courbe suivante :

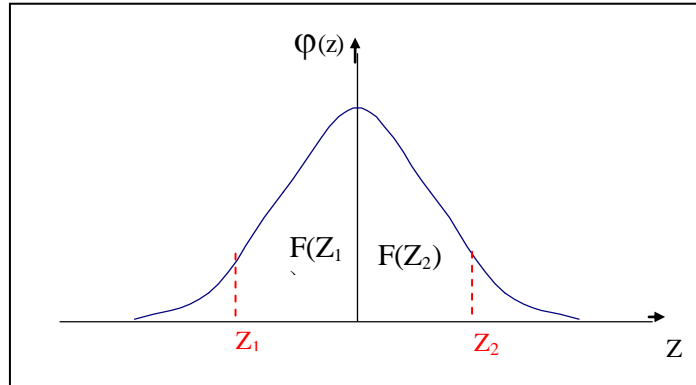


Fig. IV-5: Forme usuelle de la fonction de LAPLACE-GAUSS

Dans ce cas l'expression de "A<sub>e</sub>" devient

$$A_e = \int_{z_1}^0 y dz + \int_0^{z_2} y dz = |F(z_1)| + |F(z_2)| \dots\dots\dots(IV-8)$$

$$A_e = \int_{z_1}^{z_2} y dz = F(z_2) - F(z_1)$$

Algébriquement on a :

$$z_2 = \frac{+C}{\sigma} = \frac{c_2 - \bar{c}}{\sigma}$$

$$z_1 = \frac{-C}{\sigma} = \frac{c_1 - \bar{c}}{\sigma}$$

F(z<sub>1</sub>) et F(z<sub>2</sub>) sont respectivement les résultats d'intégration de la fonction (IV-7)

L'air total engendré par la courbe normale et l'axe des abscisses est égale à l'unité c'est-à-dire

$$A_t = \int_{-\infty}^{+\infty} y dz = \int_{-\infty}^{+\infty} y dz = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{z^2}{2}} dz = 1 \dots\dots\dots(IV-9)$$

$$F(z) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{z^2}{2}} dz$$

$$F(z) = F(z_1) + F(z_2)$$

$$F(z) = \int_{z_1}^0 \varphi(z) dz + \int_0^{z_2} \varphi(z) dz$$



La probabilité de non rupture de stock est :

$$P(Z_1 \leq Z_i \leq Z_2) = P(C_{\min} \leq C_i \leq C_{\max}) \dots\dots\dots (IV-10)$$

$$= P(C_i \in IT) = A_e = \int_{z_1}^{z_2} \varphi(z) dz$$

$$P(C_i \in IT) = F(z_2) - F(z_1)$$

avec:

$$F(-z_1) = -F(z_1) \text{ propriété de la fonction de Laplace}$$

Dans notre cas,

$$|F(Z_1)| + |F(Z_2)| = 0.90$$

$$0.5 + |F(Z_2)| = 0.90$$

$$|F(Z_2)| = 0.9 - 0.5$$

$$|F(Z_2)| = 0.4$$

Pour déterminer  $Z_2$  on utilise l'abaque suivant [3]:

Z	F(Z)
0.00	0.000
0.01	0.004
0.02	0.008
.	.
.	.
.	.
1.27	0.398
1.28	0.400
1.29	0.401
.	.
.	.
.	.
5.00	0.499

La valeur de  $Z_2$  (Créd) correspond à  $F(Z_2)$  calculée

Dans notre exemple  $Z_2 = \text{Créd} = 1.28$

Si  $P(\text{Créd} < 1.28) = 0.90$ , on déduit :

$$P(C < C_{moy} + 1.28 * \sigma) = 0.90$$

$$P(QC < (C_{moy} + 1.28 * \sigma) * LT_{moy}) = 0.90$$

et le point de commande

$$PC = (C_{moy} + 1.28 * \sigma) * LT_{moy}$$

Cela correspond au stock de sécurité :

$$SS = 1.28 * \sigma * LT_{moy}.$$

La variance  $\sigma^2$  définie par :

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} (C_i - \bar{C})^2$$

avec:

$C_i$  : la consommation de bobine pendant la  $i^{\text{ème}}$  journée

$\bar{C}$  : la consommation moyenne de bobine pendant la période de  $LT_{moy}$  antérieure

$n$ : nombre de jour ( $LT_{moy}$ )

D'où l'écart type  $\sigma$  est déterminé par :

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

Pour un exemple concret :

- date d'aujourd'hui : 20/03/2009
- exigence de non rupture de 90%,
- fournisseur: Arcelor Mittal (France), ce qui nous donne  $LT_{moy}=20$  jours

L'analyse nous donne les résultats suivants:

- $C_{moy} = 10,63$  bobines
- $\sigma = 4.54$
- $Z_2 = 1.28$

D'où:

$$PC = (C_{moy} + 1.28 * \sigma) * LT_{moy} = 359 \text{ bobines}$$

$$SS = 1.28 * \sigma * LT_{moy.} = 146 \text{ bobines}$$

En définitive, la liaison entre le stock de matières premières et la production est très claire, l'augmentation de la production entrainera forcément des mouvements d'approvisionnements au niveau du stock, et la diminution de la production implique aussi des mouvements d'approvisionnement (moins que celui du premier cité).

En contre partie, la rupture du stock, entrainera un arrêt de production.

Pour une consultation précise, le système de gestion proposé donne aussi:

- une consultation globale de toutes les bobines réceptionnées avec leurs détails,
- une consultation détaillée mensuelle durant la production,
- une consultation détaillée à n'importe quelle moment de production.

Et enfin pour ne pas tomber dans un état de rupture de stock, le système de gestion proposé permet aussi :

- ✓ d'afficher l'état du stock de bobines à tout moment sans la nécessité d'une demande, en :
  - Donnant le nombre de bobines restant dans le stock à tout instant ( $t$ )
  - Déclenchant l'alerte d'approvisionnement lorsque le stock atteint un seuil déterminé et calculé suivant la variation de rythme de production et le changement de fournisseur.
- ✓ d'afficher l'état du stock de sécurité, et de déclencher l'alerte d'urgence s'il est entamé.

Pour l'obtention de ces résultats, il a été judicieux d'établir l'algorithme de gestion de stock suivant :

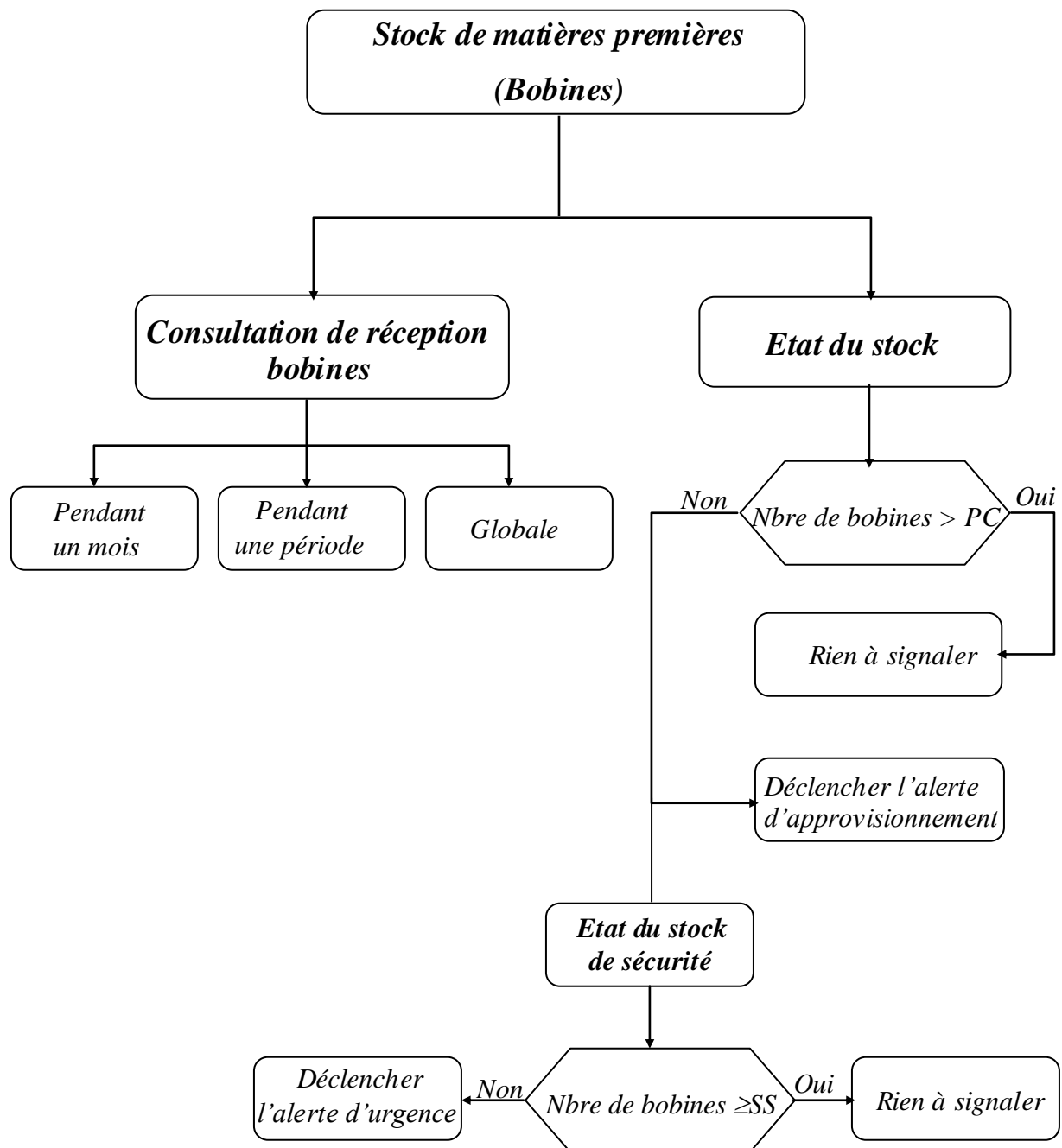


Fig. IV-8 : Algorithme de gestion du stock

## IV-2-2. Production

La quantité de produits finis à fabriquer avec les exigences techniques est l'objectif principal à atteindre par toute Entreprise. A cet effet, notre système de gestion propose une consultation de la production exprimant sa chronologie soit :

- ↗ Globale, en donnant l'historique de production avec tous les détails.
- ↗ Pendant une période, en donnant les détails de la production durant n'importe quelle période demandée, avec une possibilité de préciser la production sur l'une des machines au choix.
- ↗ Pendant une journée, en donnant les détails de la production durant n'importe quelle journée demandée, avec une possibilité de préciser la production sur l'une des machines au choix.

Ces consultations permettent d'éclaircir certaines situations et surtout pour prendre des décisions au bon moment.

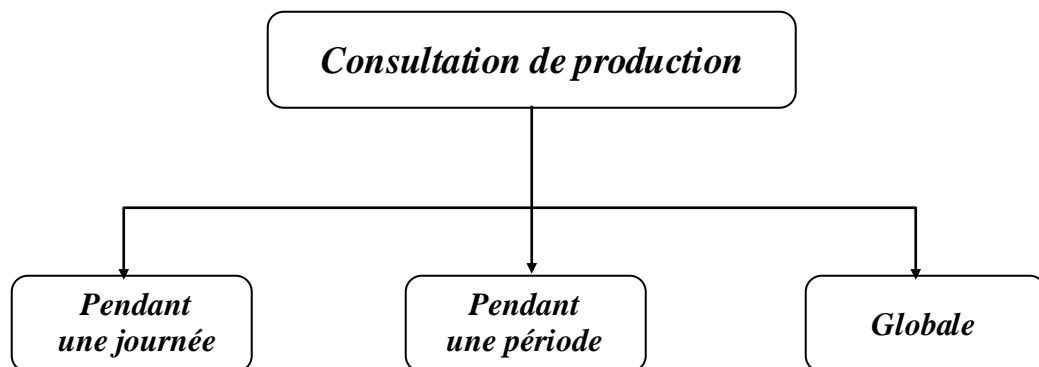


Fig .IV-9 : Consultation de la production

### IV-2-3. Qualité

La qualité implique une mesure de satisfaction de l'utilisateur du produit ou du service.

Dans une Entreprise ou une Organisation, la qualité est définie en fonction des [besoins](#) et des attentes des clients.

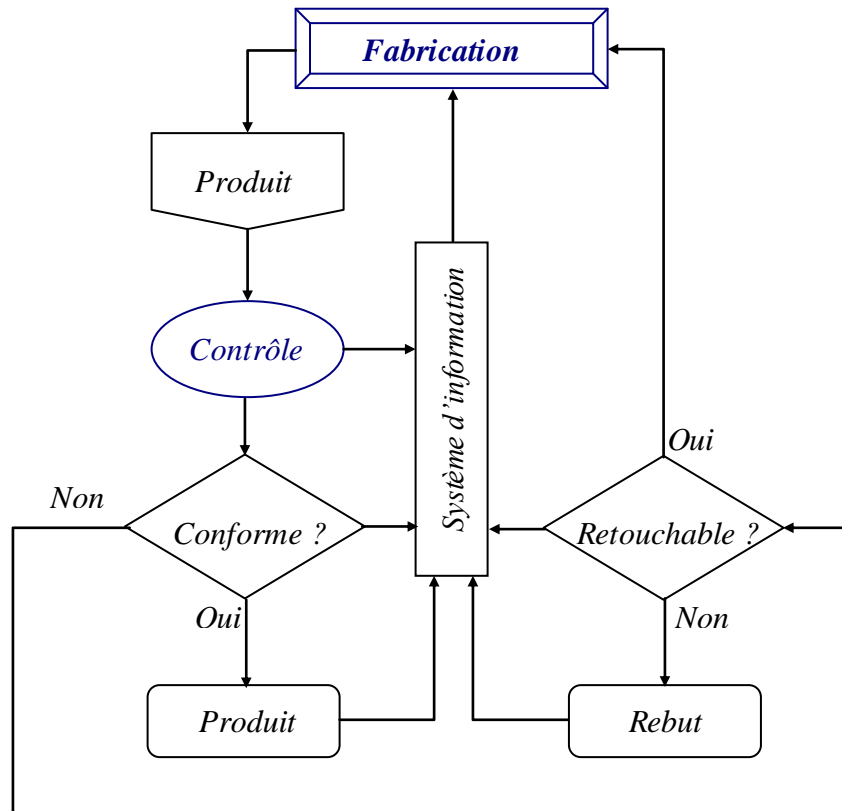


Fig. IV-10 : Algorithme de gestion de la qualité

Le contrôle de la qualité s'exerce à toutes les étapes de la fabrication, de la conception à l'utilisation du produit

**Le contrôle industriel** est la vérification de la conformité d'un produit ou d'un service à des spécifications préétablies et incluant une décision d'acceptation, de rejet ou de retouche.

Le contrôle est un acte technique permettant de déterminer la conformité d'un produit. Pour effectuer un contrôle sur un produit, il faut au préalable en déterminer les caractéristiques et choisir les limites (les [tolérances](#)) à l'intérieur desquelles le produit est conforme. Il faut que ces limites soient connues par le « contrôleur » qui effectuera le contrôle.

A l'issue de l'acte technique de contrôle, une décision doit être également concernant la conformité.

Les situations de conformité et de non-conformité sont :

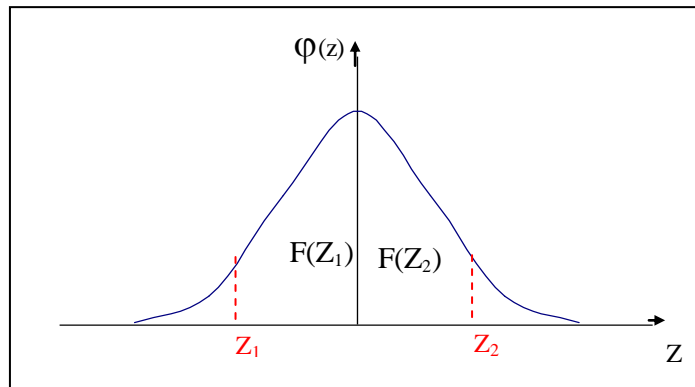
- Produit conforme.
- Produit non conforme qui doit être rebuté.
- Produit non conforme pouvant être retouché.
- Produit non conforme pouvant être accepté en dérogation.

Concernant les tubes d'ALFAPIPE , le contrôle se fait selon le diamètre et la longueur.

Le calcul est identique dans les deux cas, diamètre ou longueur.

Pour exemple de démonstration, nous prenons le contrôle de qualité suivant le diamètre :

Nous utilisons la courbe de Gauss :



Dans ce cas l'expression de "A<sub>e</sub>" est :

$$A_e = \int_{Z_1}^0 ydz + \int_0^{Z_2} ydz = |F(Z_1)| + |F(Z_2)|$$

$$A_e = \int_{Z_1}^{Z_2} ydz = F(Z_2) - F(Z_1)$$

Algébriquement on a :

$$Z_2 = \frac{+D}{\sigma} = \frac{D_2 - \bar{D}}{\sigma}$$

$$Z_1 = \frac{-D}{\sigma} = \frac{D_1 - \bar{D}}{\sigma}$$

F(Z<sub>1</sub>) et F(Z<sub>2</sub>) sont respectivement les résultats d'intégration de la fonction :

$$\varphi(Z) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{Z^2}{2}}$$

L'air total engendré par la courbe normale et l'axe des abscisses est égale à l'unité, c'est-à-dire :

$$A_i = \int_{-\infty}^{+\infty} y dD = \int_{-\infty}^{+\infty} y dD = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{z^2}{2}} dz = 1$$

$$F(z) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{z_1}^{z_2} e^{-\frac{z^2}{2}} dz$$

$$F(z) = f(z_1) + F(z_2)$$

$$F(z) = \int_{z_1}^0 \varphi(z) dz + \int_0^{z_2} \varphi(z) dz$$

La probabilité d'obtenir de bons tubes est:

$$\begin{aligned} P(Z_1 \leq Z_i \leq Z_2) &= P(D_{\min} \leq D_i \leq D_{\max}) \\ &= P(D_i \in IT) = A_e = \int_{z_1}^{z_2} \varphi(z) dz \end{aligned}$$

$$P(D_i \in IT) = F(z_2) - F(z_1)$$

avec:

$$F(-z_1) = -F(z_1) \quad \text{propriété de la fonction de Laplace}$$

La probabilité d'obtenir des tubes rebutés est:

$$\bar{P} = P(D_i \notin IT) = 1 - [F(z_2) - F(z_1)]$$

Avec

$$\bar{P}_1 = P(D_i < D_{\min}) = 0.5 - |F(Z_1)|$$

$$\bar{P}_2 = P(D_i > D_{\max}) = 0.5 - |F(Z_2)|$$

Pour un exemple de calcul, nous avons effectué des mesures de diamètres des tubes produits dans la période de mars 2009.

❖ La probabilité d'obtenir de bons tubes est:

$$\begin{aligned} P(Z_1 \leq Z_i \leq Z_2) &= P(1150 \leq D_i \leq 1250) \\ &= P(D_i \in IT) = A_e = \int_{z_1}^{z_2} \varphi(z) dz = F(Z_2) - F(Z_1) \end{aligned}$$



$$Z_2 = \frac{+D}{\sigma} = \frac{D_2 - \bar{D}}{\sigma} =$$

$$Z_1 = \frac{-D}{\sigma} = \frac{D_1 - \bar{D}}{\sigma} =$$

Pour déterminer  $F(Z_1)$  et  $F(Z_2)$  on utilise l'abaque [3]

$$F(Z_1) = 0.49$$

$$F(Z_2) = -0.49$$

$$P(1150 \leq D_i \leq 1250) = F(Z_2) - F(Z_1)$$

$$P(D_i \in IT) = 0.49 - (-0.49) = 0.98$$

$$\text{Donc } P(D_i \in IT) = 98\%$$

❖ La probabilité d'obtenir des tubes rebutés est:

$$\bar{P} = P(D_i \notin IT) = 1 - [F(z_2) - F(z_1)]$$

$$\bar{P} = P(D_i \notin IT) = 1 - 0.98 = 0.02 = 2\%$$

- La probabilité d'obtenir des tubes rebutés dont le diamètre inférieure à 1150 mm est :

$$\bar{P}_1 = P(D_i < 1150) = 0.5 - |F(Z_1)|$$

$$\bar{P}_1 = 1\%$$

- La probabilité d'obtenir des tubes rebutés dont le diamètre supérieure à 1250 mm est :

$$\bar{P}_2 = P(D_i > 1250) = 0.5 - |F(Z_2)|$$

$$\bar{P}_2 = 1\%$$

Le calcul est identique dans les deux cas, diamètre ou longueur.

Pour illustrer ce calcul, les analyses et les résultats des probabilités nous ont donné le tableau suivant:

Tableau IV-2: Résultats du contrôle de qualité

Les exigences			Intervalle d'analyse	
Dmin	Dmax	Unité	Date début	01/03/2009
1150	1250	mm	Date Fin	31/03/2009

<i>La probabilité d'obtenir de bons tubes est de :</i>	98%
--	-----

<i>La probabilité d'obtenir des tubes rebutés est de:</i>	2%
---	----

<i>La probabilité d'obtenir des tubes rebutés dont le diamètre supérieur à Dmax est de :</i>	1%
--	----

<i>La probabilité d'obtenir des tubes rebutés dont le diamètre inférieur à Dmin est de :</i>	1%
--	----

Les exigences			Intervalle d'analyse	
Lmin	Lmax	Unité	Date début	01/03/2009
11 800	12 200	mm	Date Fin	31/03/2009

<i>La probabilité d'obtenir de bons tubes est de :</i>	99,98%
--	--------

<i>La probabilité d'obtenir des tubes rebutés est de:</i>	0.02%
---	-------

<i>La probabilité d'obtenir des tubes rebutés dont la longueur est supérieur à Lmax est de :</i>	0.01%
--	-------

<i>La probabilité d'obtenir des tubes rebutés dont la longueur est inférieur à Lmin est de :</i>	0.01%
--	-------

Le contrôle de qualité, dans son **aspect passif**, a essentiellement un rôle d'inspection et de vérification, c'est à dire faire des comparaisons entre les propriétés ou les caractéristiques des produits avec des spécifications qui peuvent être intérieures à l'usine ou être au contraire, des cahiers des charges ou des normes générales. A la suite de cette vérification, on classera les produits en bons ou mauvais et on établira des pourcentages des rebuts (non-conformité). Il aura dans un certain sens un rôle de répression, et comme tel, il rencontre assez souvent un accueil très réservé dans les services de fabrication.

**Dans son rôle actif**, le contrôle de qualité doit être un guide pour la fabrication. Il doit l'aider à trouver la cause des défauts et, surtout, à la trouver assez vite pour qu'elle puisse être corrigée aussitôt que possible après son apparition. On n'est plus dans une situation de **répression** mais de **prévention**. Dans ces conditions, le contrôle peut même **contribuer** à la **modification d'un processus de fabrication**.

Il faut bien préciser les tâches du contrôle qualité pour que son rôle doit être actif et non se borner à une inspection ou à une vérification. C'est seulement sous cette forme que le contrôle qualité pourra jouer un rôle **économique efficace** par la réduction des frais généraux, à la diminution des rebuts et le maintien de la qualité.

Là aussi, on utilise la courbe de Gauss pour localiser et limiter la cause de dispersion, afin d'identifier et de mettre la main sur la source principale de cette dispersion.

La loi normale est une loi à deux paramètres :  $a$  et  $\sigma$

*$a$  : est un paramètre de position*

*$\sigma$  : est un paramètre de forme.*

Ainsi nous pouvons avoir les cas de figure suivant:

↳ **1<sup>er</sup> Cas :** Le paramètre  $\sigma$  ( $\sigma_1 = \sigma_2 = C^{te}$ ), alors que le paramètre "a" est variable ( $a_1 < a_2$ ):

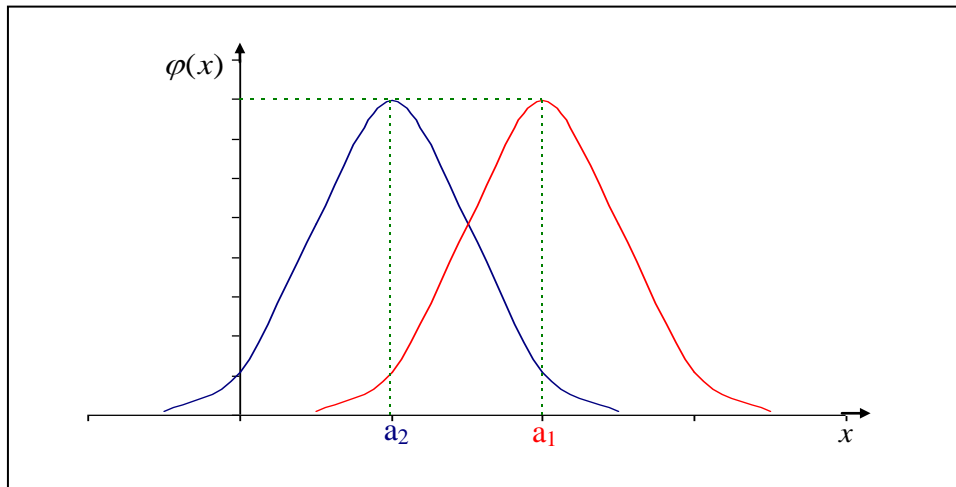


Fig. IV-11: Variation de deux fonctions  $\varphi(x)$  dont :  $a_1 > a_2$  et  $\sigma_1 = \sigma_2$

Les courbes de ces distributions sont identiques mais elles sont placées en abscisses l'une par rapport à l'autre de distance  $\Delta R$ .

Ce qui peut nous renseigner en fabrication mécanique sur la différence de réglage ( Ecart ) des différentes machines.

↳ **2<sup>ème</sup> Cas:** Le paramètre "a" est constant ( $a_1 = a_2 = C^{te}$ ), alors que le paramètre " $\sigma$ " est variable ( $\sigma_1 \neq \sigma_2$ )

Lorsque " $\sigma$ " croît au-delà de l'unité ( $\sigma > 1$ ); la grandeur de  $\varphi(x)$  diminue et la courbe s'aplatit tout en s'allongeant suivant l'axe des abscisses .

Pour des grandeurs décroissantes de " $\sigma$ " ( $\sigma < 1$ ); La courbe est poussée en hauteur à cause des augmentations des valeurs de  $\varphi(x)$ .

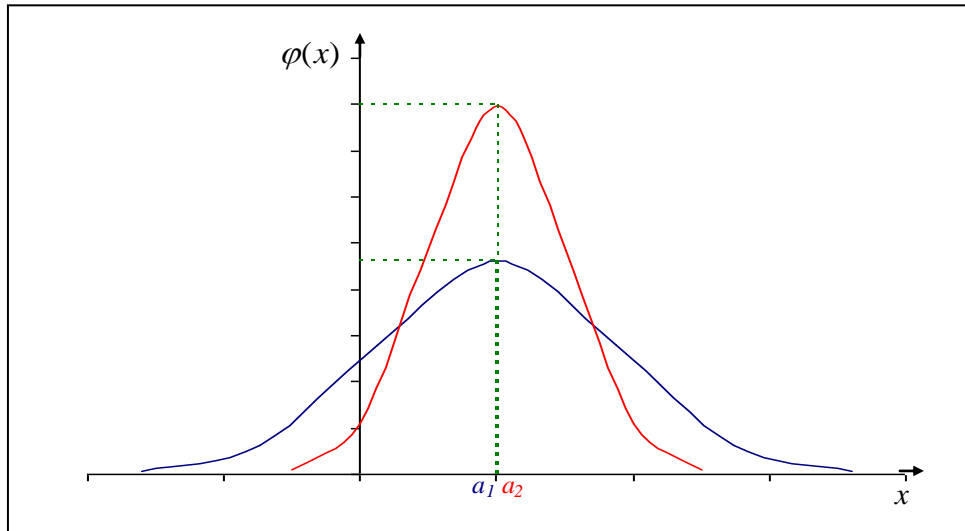


Fig. IV-12: Variation de deux fonctions  $\varphi(x)$  dont :  $a_1 = a_2$  et  $(\sigma_1 > \sigma_2)$

Le paramètre " $\sigma$ " montre comment sont situées les variables (écarts des côtes) par rapport au centre de distributions (côte de réglage moyenne par exemple.)

#### **IV-2-4. Maintenance**

La maintenance est l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé. Maintenir, c'est donc effectuer des opérations (dépannage, graissage, visite, réparation, amélioration, ...etc) qui permettent de conserver le potentiel du matériel pour assurer la continuité et la qualité de la production (ou d'un service). Bien maintenir, c'est assurer ces opérations au coût global optimum.

Le service de maintenance est un service de l'Entreprise et non pas une Entreprise de maintenance. C'est-à-dire que ses objectifs sont calqués sur ceux de l'Entreprise et non sur ses désirs.

Un service Maintenance, qui ne connaît pas les objectifs de l'Entreprise,

ou

qui ne répond pas aux objectifs,

ou

qui va au-delà de ces objectifs,

est un

**Danger pour l'Entreprise.**

Le service maintenance doit donc établir un mode de communication très étroit avec tous les services de l'Entreprise.

#### **↗ Les Services Administratifs**

C'est une erreur de penser que les Services Administratifs ont peu de rapport avec la Maintenance.

Les Services Administratifs regroupent :

La DAF - Direction Administrative et Financière (achats, budgets, etc..),

La DRH - Direction des ressources Humaines (recrutement, formation)

*Ces Services gèrent l'argent permettant l'achat des pièces et les Ressources Humaines.*

Ces deux Services sont indispensables au Service Maintenance. N'ayant pas toujours une vision très nette de la fonction exacte et de la réalité des demandes du service Maintenance, ces services peuvent être amenés à prendre ou à ne pas prendre des décisions souvent justifiées par des motifs financiers, mais contraires à l'intérêt de la Maintenance et donc de l'Entreprise.

Pour améliorer la relation il est intéressant de fournir :

- aux DAF des tableaux de bord, des budgets prévisionnels, des plannings.
- aux DRH des plannings de ressources, des définitions précises de postes, des plans de formation.

#### ↗ **Le service marketing**

Il engage l'Entreprise en promettant une marchandise avec une qualité, un délai, un prix. La richesse de l'entreprise dépendra du respect de ses engagements. Il est important que le service Maintenance soit tenu au courant de ces promesses et puisse avoir un effet régulateur en expliquant le pourquoi de l'impossibilité de certaines promesses. En fonction des besoins de la clientèle, le Service Marketing va définir de nouveaux produits. Le service Maintenance devra participer à la conception de ces nouvelles lignes et devra définir rapidement le rendement de ces lignes, les méthodes de démarrage et l'entretien. Il devra prévenir des difficultés qui pourraient être rencontrées.

#### ↗ **Les services techniques**

Ces services sont évidemment en prise Directe avec la Maintenance.

#### ↗ **Le service production**

Ce service est concerné directement par la maintenance. La relation entre les deux services peut souvent être ambiguë. La Maintenance de Premier niveau (Graissage, nettoyage, réglage) peut être faite par des opérateurs. Le Curatif peut être pris en charge par des techniciens de Maintenance en poste. Ces techniciens pourraient appartenir à un Service et être sous la responsabilité de l'autre. Malheureusement le service Production n'a pas toujours une parfaite compréhension de la fonction réelle des services de la Maintenance.

La production est liée directement au temps effectif de fonctionnement ou temps d'arc.

La maintenance a pour but de maintenir les équipements en leurs performances, ainsi minimiser le temps d'arrêt le plus possible.

*Le temps d'arc = la durée de travail –  $\Sigma$  (durées des arrêts)*

*La durée de travail = volume horaire ( 8,16,24) –  $\Sigma$  (durées de pauses)*

*$\Sigma$  (durées des arrêts) =  $\Sigma$  (durées des interventions avec arrêts) +  $\Sigma$  ( durées des ruptures).*

*Donc le temps d'arc = volume horaire –  $\Sigma$ (durées de pauses)–  $\Sigma$  ( durées des interventions avec arrêts) –  $\Sigma$  (durées des ruptures des stocks)*

Ces formules de calcul des temps sont composées de paramètres connus ou constants tels :

- *volume horaire*

-  $\Sigma$ ( *durées des pauses* )

Les ruptures de stocks sont complètement négligés, voire nulles

Ce qui résulte :

*Le temps d'arc = Constante –  $\Sigma$ ( durées des interventions avec arrêt )*

Si on pose : *Le temps d'arc =  $t_{arc}$*

*Constante C= volume horaire +  $\Sigma$ ( durées des pauses)*

$$\Sigma(\text{durées des interventions avec arrêt}) = \Sigma t_i = T$$

11)

$$\boxed{t_{arc} = -T + C} \dots\dots\dots (IV-$$

$$v(t) = \omega \times R$$

$$\omega = 2\pi \times n$$

$$v(t) = 2\pi R \times n$$

$$L(t) = v t + l_0$$

$$\text{On a } l_0 = 0$$

$$\Rightarrow L(t) = v t$$

$$L_r = 2\pi R \times n \times (t_{arc})$$

$$L_r = 2\pi R \times n \times (c - T)$$

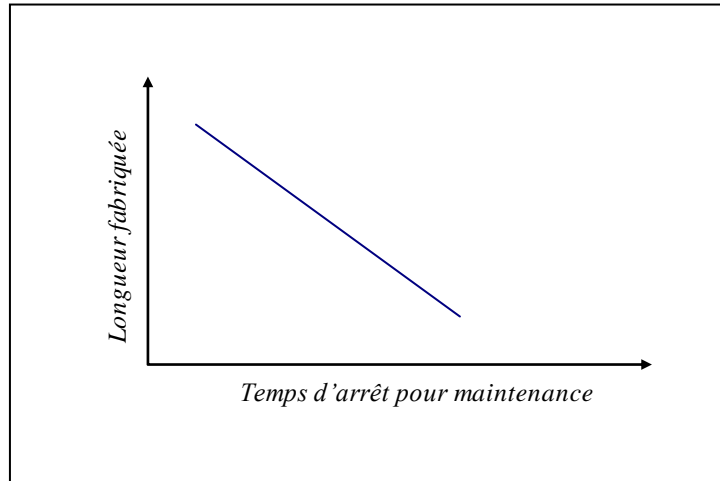
Si on considère *n* constante pendant la durée de production étudiée,

$$L_r(t) = aT + C \dots\dots\dots (IV-12)$$



avec  $a = -2\pi R \times n$

Ce qui nous donne une dépendance inverse, comme indiquée sur la figure suivante:



*Fig. IV-13 : Allure de la dépendance entre la production et la maintenance*

↗ **Le service méthodes, études.**

Il a un rapport très important, puisque avec le Service Maintenance et la Production, ils vont définir les améliorations, gérer les travaux neufs, étudier les investissements, écrire les procédures etc.

- ✓ La production émet des besoins.
- ✓ La Maintenance soumet des propositions.
- ✓ Les méthodes analysent, étudient
- ✓ La Maintenance réalise et met en application.

Avec tous ces services il sera utile de déterminer le niveau de relation et les besoins exigés. Ces services ont pour objectifs la réalisation des enjeux de l'Entreprise. Ils détiennent tous une partie des possibilités de l'entreprise.

## ↗ **Les Services Divers**

Ces services recouvrent le Marketing, l'Informatique, les Laboratoires, la Logistique. A priori ces services ne sont pas concernés directement par la Maintenance si ce n'est qu'en utilisateurs de besoins généraux. Néanmoins chacun de ces Services va avoir une relation avec la Maintenance.

### ❖ **Le service informatique**

Il devra aider le Service Maintenance à maîtriser les outils informatiques. Il devra y avoir un échange important pour améliorer la compréhension. Le Service Maintenance a des besoins informatiques relativement différents des autres Services. Une informatisation traditionnelle peut avoir des résultats catastrophiques.

### **III-2-5. Délais estimatifs :**

L'action sur l'un des facteurs de production conduit directement à l'augmentation ou la diminution du délai de livraison,

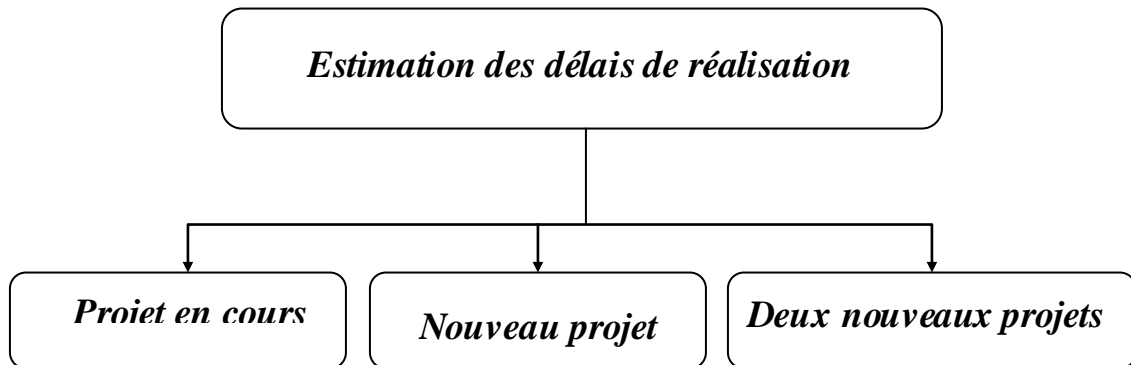
- Ajouter une autre équipe de travail —————> diminue le délai de livraison
- Augmenter la vitesse d'avance —————> diminue le délai de livraison

En contre partie le délai de livraison exigé par le client( ou par le PD) est un facteur très important qui influe sur la production.

- Il détermine la stratégie du produit,
- En cas d'un court délai (l'existence de surcharge), on peut utiliser les moyens suivants :
  - recours aux heures supplémentaires,
  - mutation de personnel depuis les ateliers en sous-charge,
  - recours à la sous-traitance,
  - recours au personnel intérimaire,
  - embauche,
  - investissement en ressources de production supplémentaires.
- En cas d'un long délai (l'existence de sous-charge), on a le choix entre :
  - suppression des heures supplémentaires,
  - chômage technique,
  - rapatriement de sous-traitance
  - suppression du travail intérimaire,
  - licenciement.

Dans ce contexte, en se basant sur une analyse statistique, le logiciel envisagé consiste à estimer :

- Le délai restant à réaliser du projet en cours,
- Le délai nécessaire pour réaliser un nouveau projet,
- Le délai nécessaire pour réaliser deux projets simultanément.



Ces délais sont impressionnés au fil du temps par la variation d'un des différents facteurs qui ont une influence sur la production positivement ou négativement, telle que :

- la rupture de stock,
- les pannes et leurs durées de maintien,
- la variation des régimes de travail ( vitesse d'avance, nombre d'équipe, disponibilité et fiabilité des machines, les grèves,...)

Les données et les résultats à obtenir (délais de livraisons) sont présentés sur les tableaux suivants :

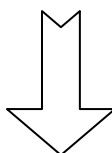
↗ *Projet en cours et délai restant*

<i>Données</i>		<i>unité</i>
<i>Longueur total</i>	500	<i>km</i>
<i>Diamètre</i>	1200	<i>mm</i>
<i>Résultats calculées</i>		
<i>Longueur réalisée</i>	200	<i>km</i>
<i>Longueur reste a réalisé</i>	300	<i>km</i>
<i>Paramètres de production</i>		
<i>Vitesse antérieur</i>	0,75	<i>m/min</i>
<i>Vitesse proposée</i>	0,2	<i>m/min</i>
<i>Nombre d'équipe/J</i>	3X8	<i>équipe.h</i>
<i>Disponibilité des machines</i>		
<i>Machine A</i>	<i>Disponible</i>	
<i>Machine B</i>	<i>Disponible</i>	
<i>Machine C</i>	<i>Disponible</i>	
<i>Machine D</i>	<i>Disponible</i>	

<i>Délai probable de livraison du projet</i>			
<i>1 ans</i>	<i>5 mois</i>	<i>22 jours</i>	

↗ *Délai estimatif d'un nouveau projet*

<i>Données</i>		<i>unité</i>
<i>Longueur total</i>	200	<i>km</i>
<i>Diamètre</i>	1000	<i>mm</i>
<i>Paramètres de production</i>		
<i>Vitesse proposée</i>	0,75	<i>m/min</i>
<i>Nombre d'équipe/J</i>	3X8	<i>équipe.h</i>
<i>Disponibilité des machines</i>		
<i>Machine A</i>	<i>Disponible</i>	
<i>Machine B</i>	<i>Disponible</i>	
<i>Machine C</i>	<i>Disponible</i>	
<i>Machine D</i>	<i>Disponible</i>	



<i>Délai probable de livraison du projet</i>				
<i>0 ans</i>	<i>11</i>	<i>mois</i>	<i>28</i>	<i>jours</i>

↗ *Délais estimatifs de réaliser deux nouveaux projets simultanément*

<i>Projet n°1</i>		
<i>Données</i>		<i>unité</i>
<i>Longueur total</i>	150	<i>km</i>
<i>Diamètre</i>	800	<i>mm</i>
<i>Paramètres de production</i>		
<i>Vitesse proposée</i>	0,75	<i>m/min</i>
<i>Nombre d'équipe/J</i>	3X8	<i>équipe.h</i>
<i>Disponibilité des machines</i>		
<i>Machine A</i>	<i>Disponible</i>	
<i>Machine B</i>	<i>Disponible</i>	
<i>Machine C</i>	<i>Indisponible</i>	
<i>Machine D</i>	<i>Indisponible</i>	

<i>Projet n°2</i>		
<i>Données</i>		<i>unité</i>
<i>Longueur total</i>	100	<i>km</i>
<i>Diamètre</i>	1000	<i>mm</i>
<i>Paramètres de production</i>		
<i>Vitesse proposée</i>	0,75	<i>m/min</i>
<i>Nombre d'équipe/J</i>	3X8	<i>équipe.h</i>
<i>Disponibilité des machines</i>		
<i>Machine A</i>	<i>Indisponible</i>	
<i>Machine B</i>	<i>Indisponible</i>	
<i>Machine C</i>	<i>Disponible</i>	
<i>Machine D</i>	<i>Disponible</i>	

<i>Délai probable de livraison</i>		
<i>Projet n° 1</i>	<i>01 Année</i>	<i>21 jours</i>
<i>Projet n° 2</i>	<i>01 Année 06 mois</i>	<i>16 jours</i>

## Chapitre V

---

### Présentation du logiciel de gestion développé

Dans ce chapitre, on présente quelques interfaces du logiciel développé, et pour plus de détails, le CD-ROM associé contient le volet consultation avec analyses statistiques concernant la production, le stock de matières premières, les interventions de maintenance et les délais estimatifs, il suffit de cliquer et entrer les données nécessaires.

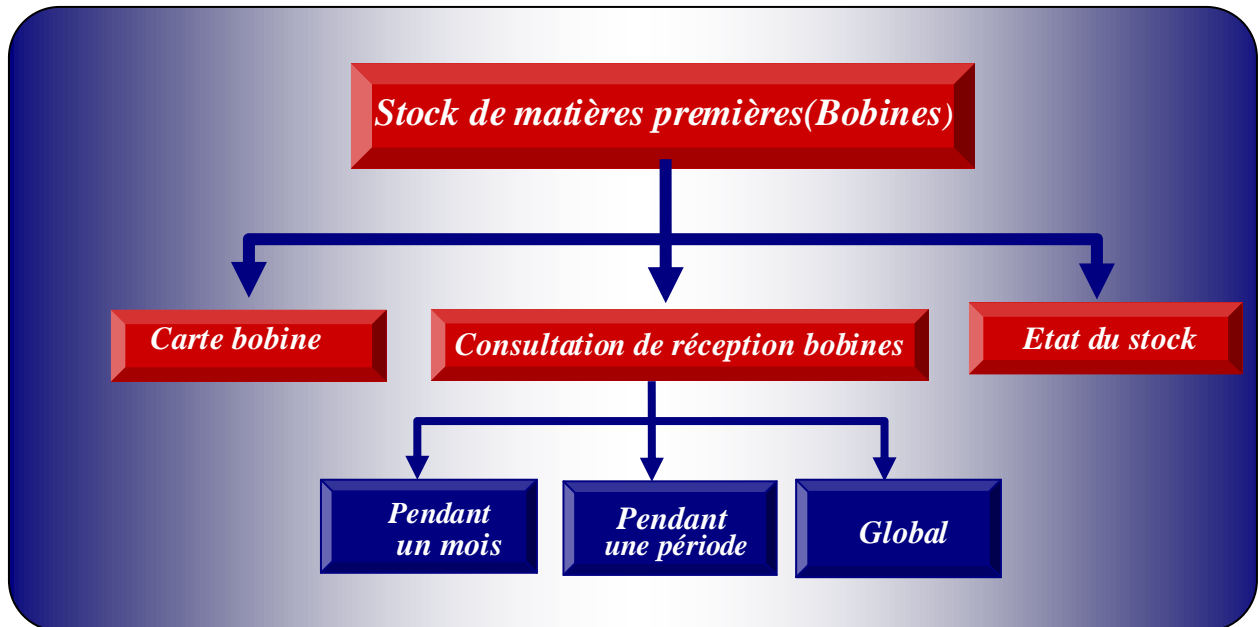
### V-1. Menu principal



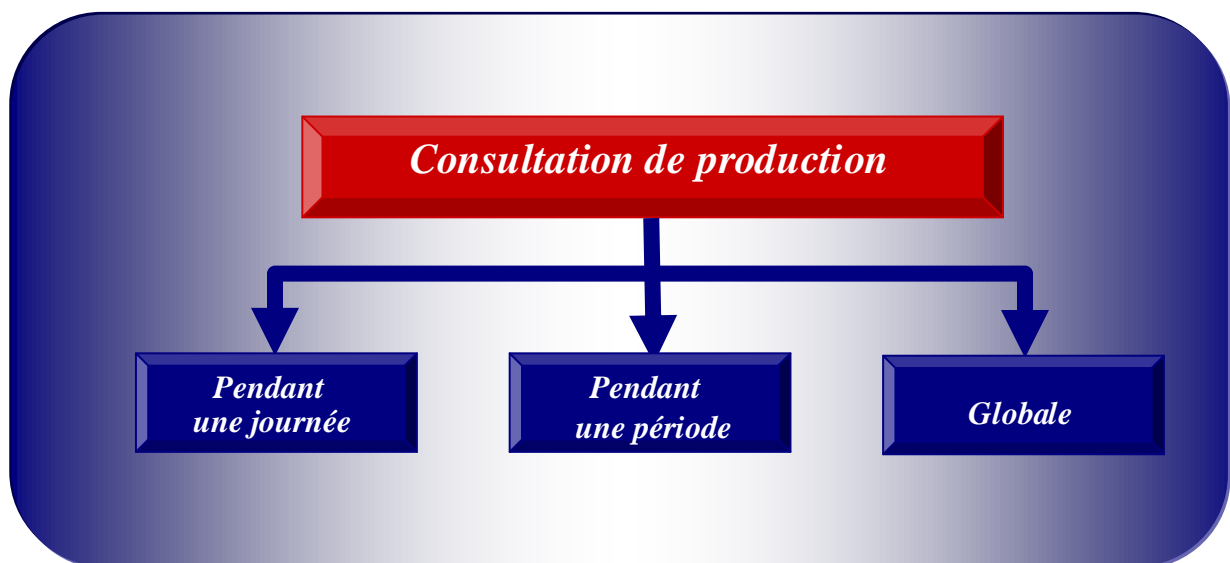


## V-2. Interfaces

### 1 Interface "stock de matière première "



### 2 Interface "consultation de production "



### 3 Interface "Interventions "

*Les interventions globales pendant une durée*

*Les interventions globales  
pendant une durée sans arrêt*

*Les interventions globales  
pendant une durée avec arrêt*

*Les interventions détaillées  
pendant une durée*

*Comparaison de différentes interventions pendant  
une période avec la période antérieure*

#### 4 Interface "Estimation des délais de réalisation "

##### Contrôle de qualité selon le diamètre

Les exigences			Intervalle d'analyse	
Dmin	Dmax	Unité	Date début	01/03/2009
1150	1250	mm	Date Fin	31/03/2009

La probabilité d'obtenir de bons tubes est de : **99,98%**

La probabilité d'obtenir des tubes rebutés est de : **0,02%**

La probabilité d'obtenir des tubes rebutés  
dont le diamètre supérieur à Dmax est de : **0,01%**

La probabilité d'obtenir des tubes rebutés  
dont le diamètre inférieur à Dmin est de : **0,01%**

##### Contrôle de qualité selon la longueur

Les exigences			Intervalle d'analyse	
Lmin	Lmax	Unité	Date début	01/03/2009
11800	12200	mm	Date Fin	31/03/2010

La probabilité d'obtenir de bons tubes est de : **99,98%**

La probabilité d'obtenir des tubes rebutés est de : **0,02%**

La probabilité d'obtenir des tubes rebutés  
dont la longueur supérieur à Lmax est de : **0,01%**

La probabilité d'obtenir des tubes rebutés  
dont la longueur inférieur à Lmin est de : **0,01%**

**5** Interface "Estimation des délais de réalisation "

