

## ORGANISATION ET SUIVI DE LA MAINTENANCE

\*Suite et support du cours NI872. \*

### - LA MAINTENANCE

et

### L'ENTREPRISE -

#### I. Mise en situation

L'entretien, à la fin des années 70, était souvent pauvre des services de l'entreprise. Cette dernière, s'était, intervenir sur un système défaillant pour relancer la production et effectuait les opérations courantes préconisées par le constructeur. Il n'y avait, donc, pas de prise en compte des caractéristiques spécifiques et des conditions de fonctionnement (cadence, ancienneté, température ambiante, etc.) des matériels. Nous pouvons donc, être conduit à effectuer (sans évaluation à priori ou à Posteriori) trop ou pas assez d'entretien. Les choses ont évolué, depuis: la part du coût machine dans le coût de production ne cesse d'augmenter aux dépens de celui de la main-d'œuvre. Ceci, est dû à l'automatisation presque systématique des procédés, et à leurs coûts croissants. Et sans oublier aussi, que les arrêts brusques et inattendus coûtent très cher.

**« Dans ces conditions, la fonction maintenance est devenue stratégique »**  
**« Entretien, c'est subir alors que maintenir, c'est prévoir et anticiper »**

Les coûts directs de maintenance sont devenus secondaires, voire négligeables, par rapport aux coûts indirects (la non production et les conséquences de la panne). Pour le gestionnaire la **disponibilité des machines** est devenue l'indicateur clé. Parallèlement à cette évolution, la maintenance s'est dotée de méthodes de gestion, d'organisation, d'aide au diagnostic des pannes, de stratégies. Des techniques d'auscultation sophistiquées se sont développées (analyse vibratoire, des systèmes, des commandes, etc...). La qualification des spécialistes s'est alourdie et la gestion de la maintenance requiert une spécialisation professionnelle (STS, IUT, écoles d'ingénieurs).

## II – APPROCHE ECONOMIQUE DE L'ENTREPRISE :

L'entreprise est un agent économique dont l'activité principale est de produire des biens ou des services destinés à être vendus sur le marché des biens de consommation ou de production (Figure 1).

### FONCTIONS ECONOMIQUES DE L'ENTREPRISE

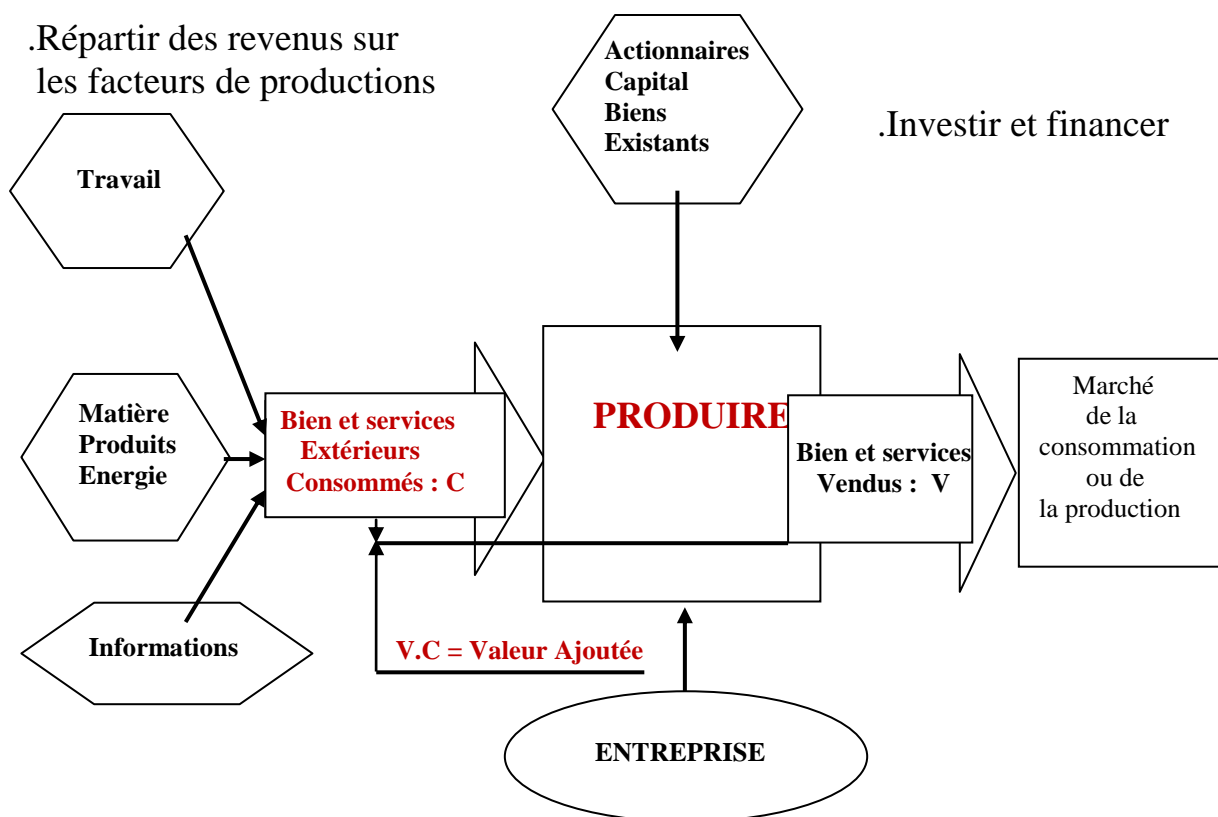
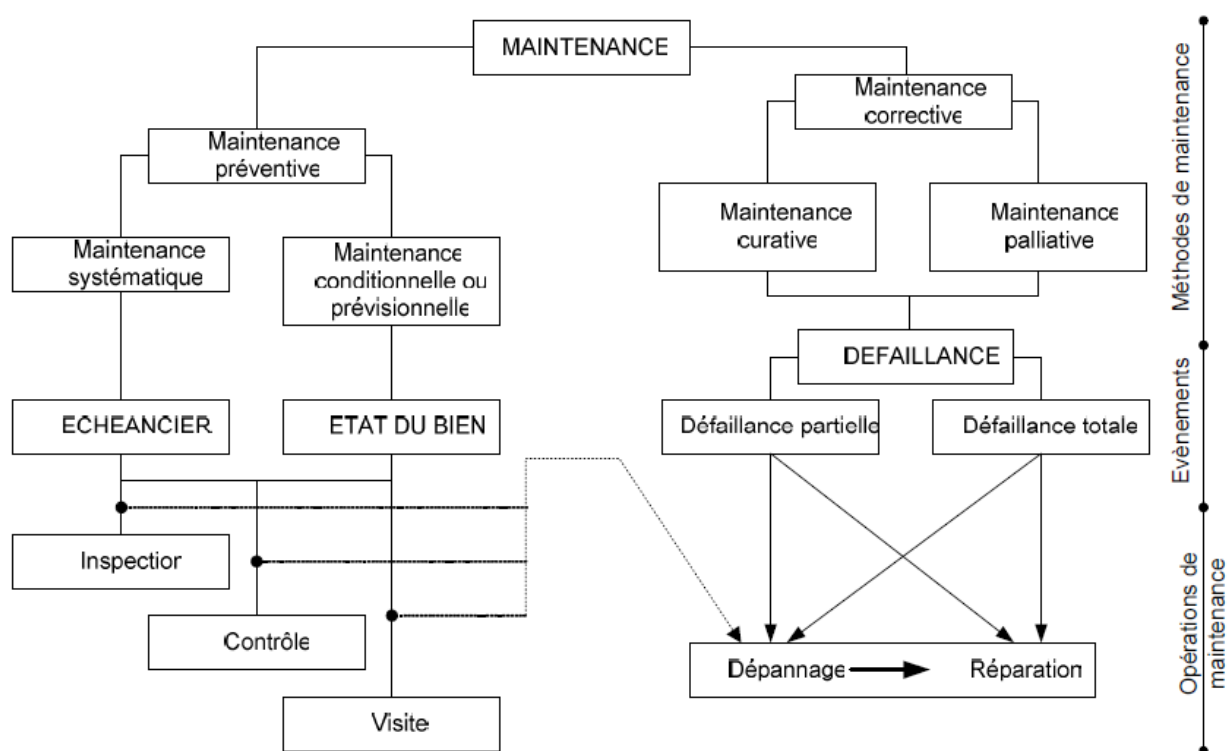


Figure 1 : Revenus et la production dans une entreprise

## II.1 Différents types (ou de formes) de maintenance.

Le diagramme suivant synthétise selon la norme NF EN 13306 les méthodes de maintenance (Figure 2).



**Figure 2 :** Le Diagramme de Synthétisation des méthodes de maintenance (selon : NF EN 13306)

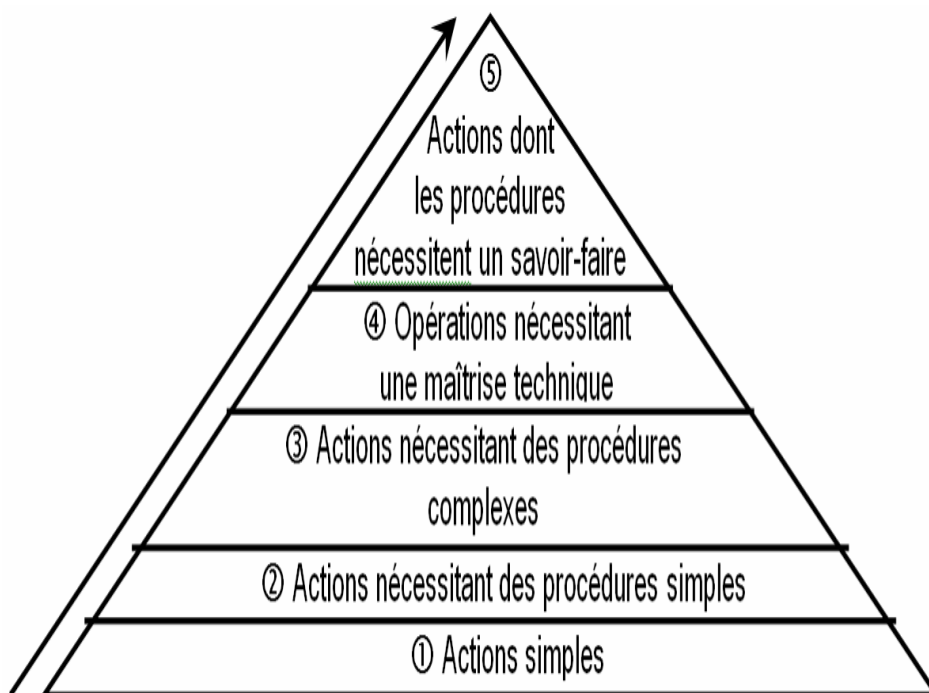
### III. Les niveaux de maintenance.

La maintenance et l'exploitation d'un bien s'exercent à travers de nombreuses opérations, parfois répétitives, parfois occasionnelles, communément définies jusqu'alors en 5 niveaux de maintenance. Le classement de ces opérations permet de les hiérarchiser de multiples façons. Ce peut être en fonction des critères suivants :

#### III.1. L'analyse 'qui fait quoi' des niveaux de maintenance

(Figure 3):

- Le personnel de production ;
- Le personnel de maintenance en tenant compte de la qualification de l'intervenant ;
- Le personnel de l'entreprise ou un sous-traitant ;
- Une combinaison des 3.



**Figure 3:** Triangle des niveaux des actions de maintenance

### III.2. La maintenance et les interventions nécessaires (Tableau 1):

#### L'analyse 'qui fait quoi' des niveaux de maintenance :

Niveaux	Nature de l'intervention	Compétence de l'intervenant	Lieu de l'intervention	Outillage nécessaire à l'intervention	Stock des pièces de rechange
1 <sup>e</sup>	- <b>REGLAGE SIMPLES</b> prévus par le constructeur au moyen d'éléments accessibles sans aucun démontage ou ouverture d'équipement. - <b>ECHANGE</b> d'éléments consommables accessibles en toute sécurité (voyants, certains fusibles...)	Exploitant du bien	Sur place	Instructions d'utilisation sans outillage	Très faible en pièces consommables
2 <sup>e</sup>	- <b>DEPANNAGE</b> par échange standard des éléments prévus à cet effet. - <b>OPERATION MINEURES</b> de maintenance préventive (graissage, contrôle de bon fonctionnement...)	Technicien habilité de qualification (pouvant travailler en sécurité sur une machine présentant certains risques potentiels)	Sur place	Instructions d'utilisation. Outillage portable défini par les instructions de maintenance.	Pièces de rechange nécessaire transportables sans délai et à proximité du lieu d'exploitation
3 <sup>e</sup>	- <b>IDENTIFICATION</b> et <b>DIAGNOSTIC</b> des pannes - <b>REPARATIONS</b> par échange de composants ou éléments fonctionnels - <b>REPARATIONS</b> mécaniques mineures. - <b>Toutes opérations</b> courantes de maintenance préventive (réglage général, réaligement...)	Technicien spécialisé	Sur place ou Local de maintenance	Outillage prévu dans les instructions de maintenance. Appareils de mesure et de réglage. Bancs d'essais et de contrôle des équipements	Pièces approvisionnées par le magasin
4 <sup>e</sup>	- <b>Tous les travaux</b> importants de maintenance corrective ou préventive à l'exception de la rénovation et de la reconstruction. - <b>REGLAGE</b> des appareils de mesure utilisés pour la maintenance. - <b>VERIFICATION</b> des étalons de travail	Equipe comprenant un encadrement très spécialisé	Atelier spécialisé	Outillage général. Bancs de mesure et étalons. Toute documentation	
5 <sup>e</sup>	- <b>RENOVATION</b> - <b>RECONSTRUCTION</b> ou exécution des réparations importantes	Constructeur ou Reconstructeur	Atelier central ou Unité extérieure	Moyens proches de la fabrication.	

**Tableau 1 : l'ordonnancement des interventions nécessaires dans la maintenance**

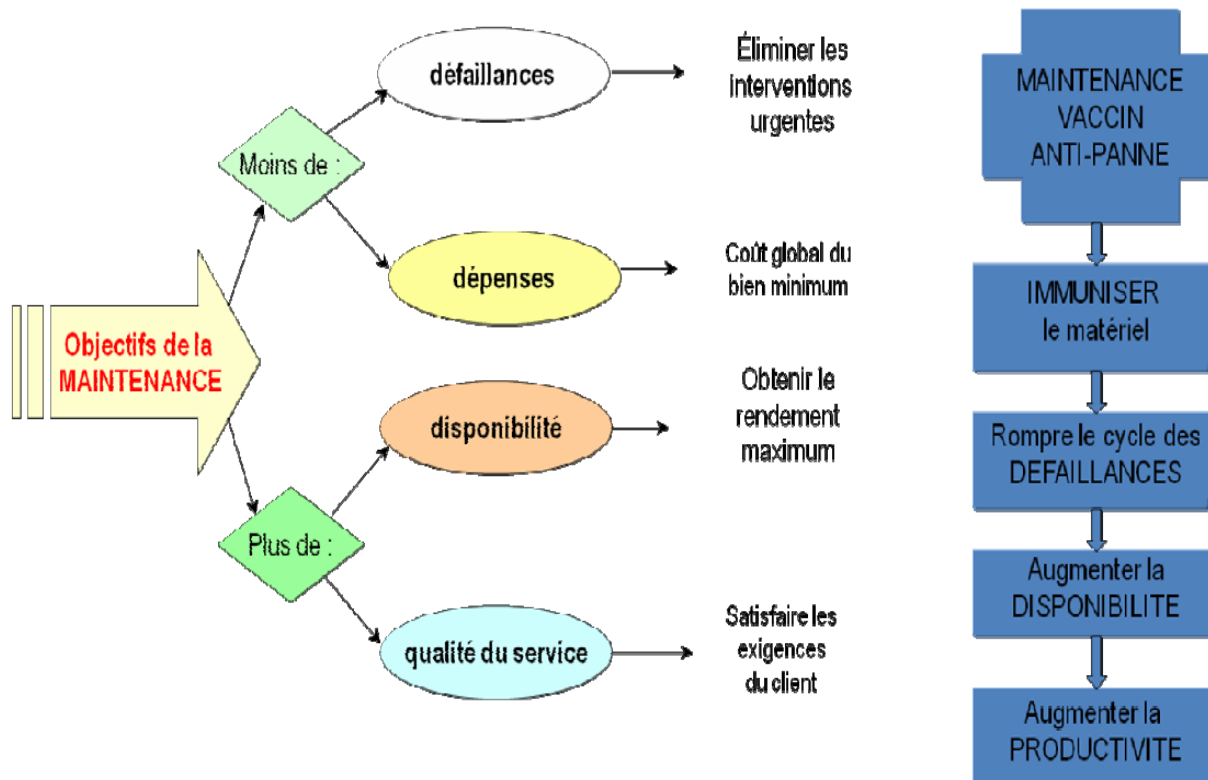
### III.3. Stratégies de maintenance

La stratégie de maintenance, qui résulte de la politique de maintenance, impose des choix pour atteindre, voire dépassé, les objectifs fixés. Ces choix sont à faire pour :

- Développer, adapter ou mettre en place des méthodes de maintenance ;
- Elaborer et optimiser les gammes de maintenance ;
- Organiser les équipes de maintenance ;
- Internaliser et/ou externaliser partiellement ou totalement les tâches de maintenance;
- Définir, gérer et optimiser les stocks de pièces de rechange et de consommables.

➤ Et cela, avec comme objectifs suivant l'organigramme donné ci-dessous,

(Figure 4) :

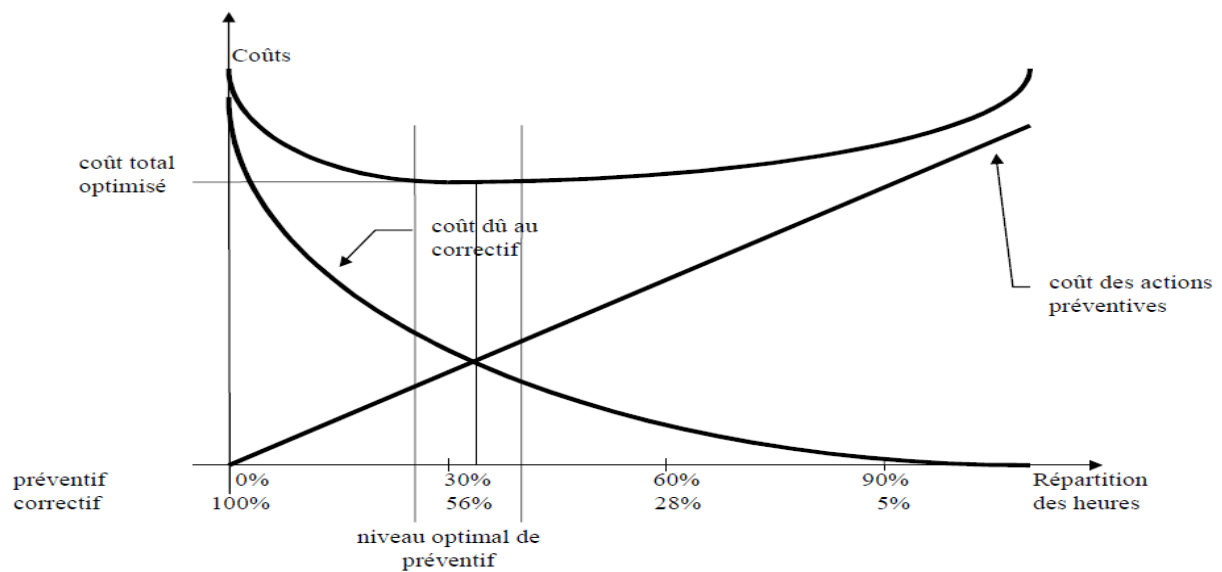


**Figure 4:** les objectifs de la maintenance

- Augmenter la *productivité* de l'entreprise et la *qualité* des produits fabriqués ;
- Améliorer la *sûreté de fonctionnement* des installations, et leur *durabilité* ;
- Augmenter le *taux de rendement global* des installations ;
- Diminuer les *coûts* associés à une politique (Coûts directs et indirects, coût global) ;
- Optimiser les *stocks* de pièces de rechange ;
- Optimiser les *méthodes de maintenance* mises en place ;

➤ Les aspects économiques sous la forme de la courbe

(Figure 5) :



**Figure 5 : Aspects économiques**

IV.1 – Situations de la Fonction Maintenance (Figure 6) :

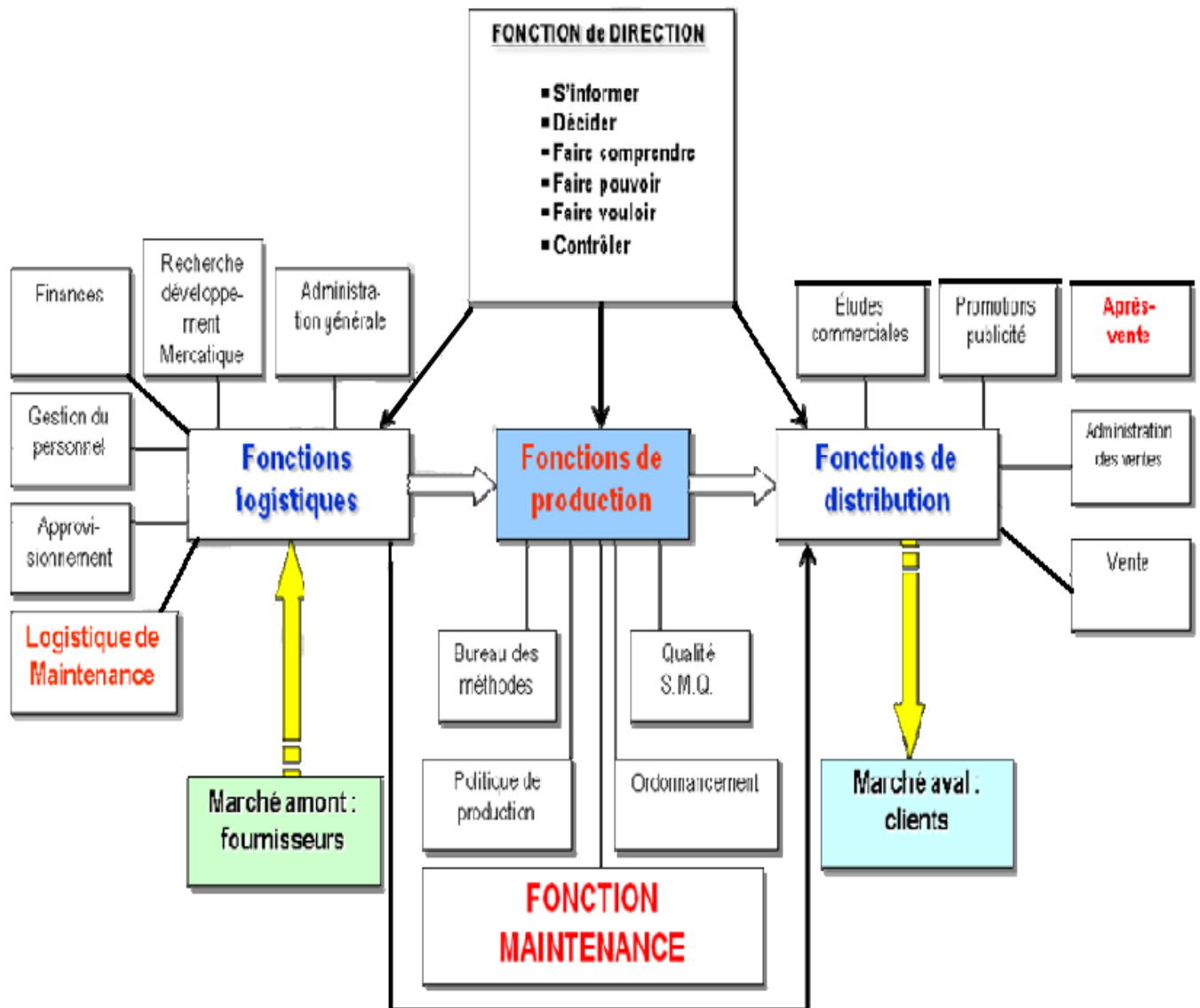


Figure 6 : l'Organigramme de la Maintenance au sein de l'entreprise



Il existe deux (02) tendances quant au positionnement de la maintenance dans l'entreprise :

**\_ La centralisation :**

Toute la maintenance est assurée par un service.

Les avantages sont :

- ✓ Standardisation des méthodes, des procédures et des moyens de communication
- ✓ Possibilité d'investir dans des matériels onéreux grâce au regroupement
- ✓ Vision globale de l'état du parc des matériels à gérer
- ✓ Gestion plus aisée et plus souple des moyens en personnels
- ✓ Rationalisation des moyens matériels et optimisation de leur usage  
(Amortissement plus rapide)
- ✓ Diminution des quantités de pièces de rechange disponibles
- ✓ Communication simplifiée avec les autres services grâce à sa situation centralisée

**\_ La décentralisation :**

La maintenance est confiée à plusieurs services.

Ces services sont de dimension proportionnellement modérés et liés à chacun de ceux de l'entreprise.

Le service maintenance, dans ce cas, n'a pas de direction unique. Les différents axes de la maintenance collaborent aux autres services de l'entreprise qui leur sont hiérarchiquement dépendent.

**- Les avantages sont :**

- ✓ Meilleures communications et relations avec le service responsable et utilisateur du parc à maintenir
- ✓ Effectifs moins importants dans les différentes antennes
- ✓ Réactivité accrue face à un problème
- ✓ Meilleure connaissance des matériels
- ✓ Gestion administrative allégée

Il y va de soi que les 2 modèles d'organisation étant contraires, les avantages de l'un sont souvent les inconvénients de l'autre.

## IV.2 – Fonction Maintenance et systèmes de management (Figure 7):

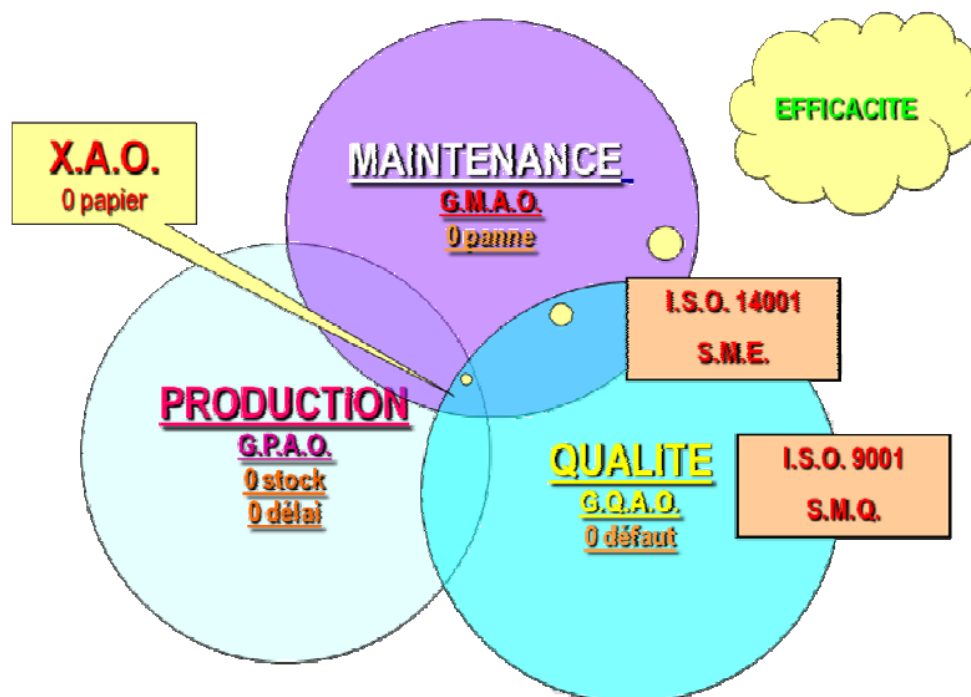


Figure 7 : La Maintenance et les systèmes de management

## IV.3 – La Qualité et ses principes

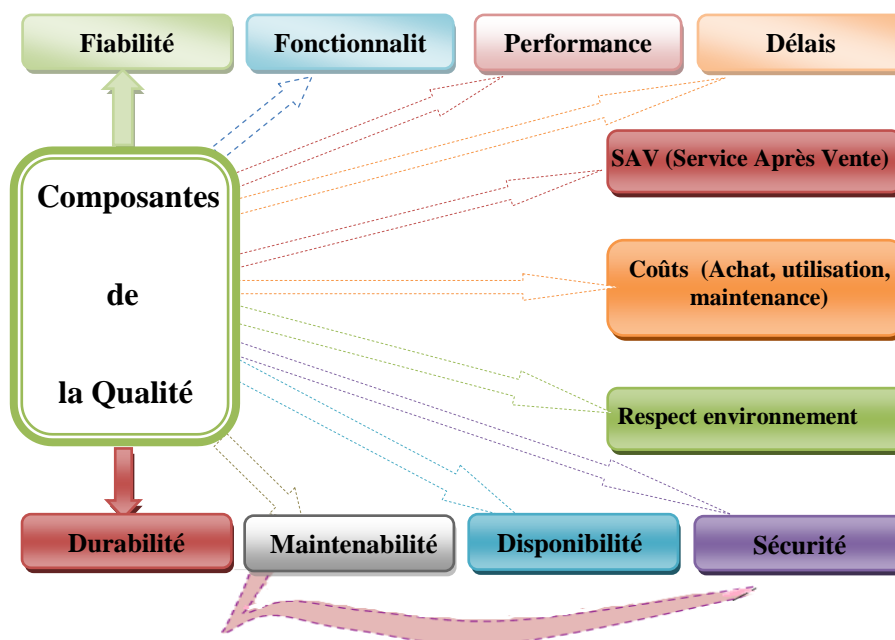
La « *Qualité* » est un mot que tout le monde connaît, ou plutôt, croit connaître. Il convient ici, de la définir pour déterminer le cadre de notre étude. Nous pouvons dire que sa meilleure définition, ne peut provenir que des pionniers du management de la qualité. Elle a des normes relatives qui sont au cœur de ce dispositif et chaque norme ISO, est revue périodiquement (tous les cinq ans) pour s'assurer qu'elle reste conforme à l'état de l'art.

Elle n'est toutefois, pas la performance maximale, mais le respect de la performance spécifiée. C'est un ensemble de caractéristiques, propre à un produit ou service, selon la norme NF X 50-120 (Facilité de maintenance, sécurité, normes, coûts d'achat,...).

La nécessité stratégique mondiale pour l'ensemble des entreprises est de satisfaire les exigences médiocre, bon et excellent, selon la NF EN ISO 9000:2005. En effet, l'économie leur impose de s'adapter à ces nouvelles exigences, comprendre leurs besoins et y répondre à temps.

### IV.3.1. Principales composantes de la qualité

La qualité dépend de nombreux facteurs et composantes, si l'une d'elles n'est pas satisfaisante, nous aurons une 'non qualité' (figure III.7).



**Figure III.7.** Facteurs et composantes de la qualité ' Q ' (B.BELARBI, 2013)

### IV.3.2. Système d'assurance de la qualité

C'est l'outil qui est le plus fréquemment utilisé dans le cadre des Directives Européennes, il se réfère à des modèles normalisés internationaux et contribue notamment à réduire le nombre des audits des donneurs d'ordre avec limitation des exigences spécifiques, à la conquête et au maintien des marchés intérieurs et extérieurs ainsi qu' au développement économique et à son amélioration permanente.

### IV.3.3. Gestion de la qualité

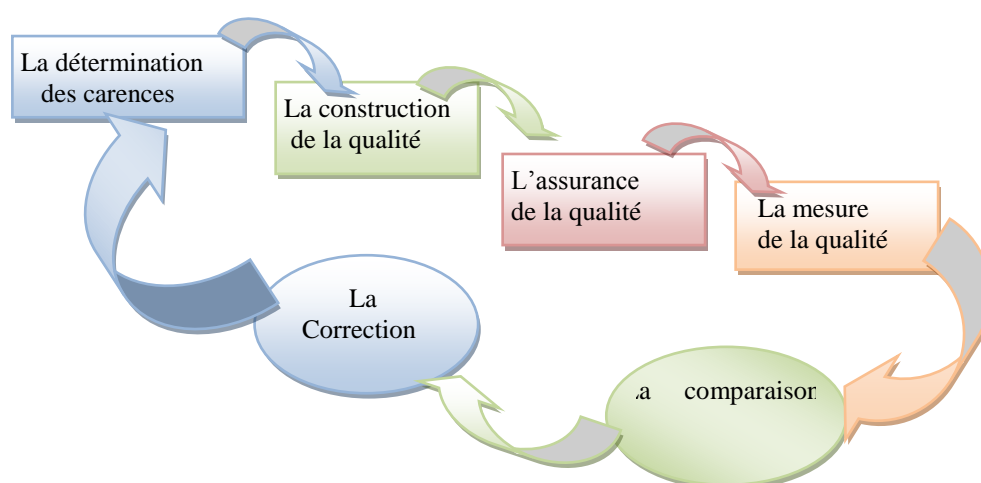
La gestion vise la réalisation des objectifs de qualité dans le meilleur compromis économique, entre les dépenses qui lui sont consacrées et l'appréciation des conséquences d'une insuffisance éventuelle de celle-ci. Pour une recherche d'une efficacité accrue, dans l'élaboration du système du produit (l'imprimante 3D) qui nous a été demandé de qualifier (figure III.8).

Nous sommes, appelés à ne pas :

- Compter uniquement sur les vérifications pour obtenir la qualité
- Faire abstraction dans ses problèmes de questions de coûts et de délais
- S'attacher exclusivement au formalisme de l'organisation
- Perdre de vue la finalité du produit et du service pour l'utilisateur

Par contre, les tâches que nous sommes appelés à suivre pour son obtention sont :

- L'expression des exigences concernant le produit 'l'imprimante 3D'.
- Sa conception, sa production, son emballage, sa manutention et son stockage
- Son évolution ou sa modification et ses approvisionnements
- Le contrôle, les essais et l'exploitation des informations de la qualité
- La formation et la motivation du personnel, opérateurs en tous sens.



**Figure III.8.** Objectifs de gestion de la qualité

#### IV.3.4. Préambule à la démarche qualité

##### ♥ Concept de base

Le terme «démarche qualité» désigne l'approche et l'organisation opérationnelles, afin d'atteindre les objectifs fixés par sa politique. Sa mise en place, démarre nécessairement par une implication de la hiérarchie au plus haut niveau, car elle se traduit par des modifications organisationnelles (une lettre d'engagement signée par la direction). L'adoption du système de management de la qualité 'S.M.Q', est devenue pour les entreprises un leitmotiv ; il faut donc, accepter le droit à l'erreur et établir les stratégies de compensations.

#### **IV.3.5. Le management de la qualité :**

Le « Management de la Qualité est un ensemble d'activités de la fonction générale de management qui déterminent la politique qualité, les objectifs et les responsabilités. Les mettent en œuvre par des moyens tels que sa planification, sa maîtrise, son assurance et son amélioration dans le cadre du système qualité »

##### **♥ Importance du système de management de la qualité**

La qualité est devenue une variable essentielle dans toutes les stratégies compétitives. Elle permet d'avoir une assurance rentabilité et une consolidation de position sur le marché, d'une manière générale, un SQM, apporte des avantages de divers ordres touchant à tout l'environnement et aussi à tous les facteurs du composant, reconnue mondialement comme la base des principes de management pour favoriser l'amélioration continue des performances et pour mettre en œuvre sa politique d'atteinte aux objectifs internes et externes en terme « qualité ».

#### **IV.4. Les Principales caractéristiques des nouvelles normes**

Nous pouvons citer quelques modèles de la norme ISO, les plus utilisées :

◆ ISO 9000, ISO 9001, ISO 9002, ISO 9003, ISO 9004, ISO14001,

Nous pouvons considérer la version précédente (2000), comme équivalente à la dernière (publiée en 2008), elle clarifie et précise un ensemble d'exigences d'ISO 9001:2000.

##### **IV.4.1. L'amélioration continue des processus selon la norme ISO**

###### **a) L'amélioration continue**

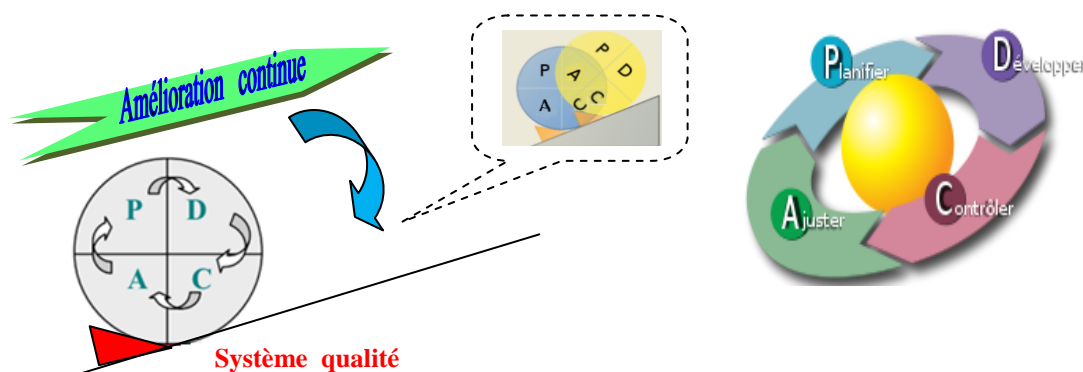
En résumé, l'amélioration continue consiste à analyser nos exigences et les possibilités d'améliorations internes, à rechercher des solutions aux dysfonctionnements, mettre en place et suivre l'efficacité des solutions retenues, à évaluer enfin les résultats obtenus et communiquer ces actions d'amélioration

##### **IV.4.2. La méthode PDCA ou Roue de Deming**

Le scientifique Deming s'est penché sur le sujet et a défini une méthode dite méthode PDCA ou Roue de Deming, symbolique, divisée en 4 secteurs (figure III.17).

###### **🌀 Principe :**

La méthode PDCA, appelée aussi roue de l'amélioration de la qualité ou roue de Deming, et permet de maîtriser et d'améliorer un processus par l'emploi d'un cycle en quatre étapes visant à réduire le besoin de corrections.



**Figure III.17.** *Roue de Deming, vue de face (à gauche) [COLIN, MSIT, 2003] et en perspective (à droite) [Walter A. Shewhart ,1980]*

Nous procédons à une amélioration, par vérification du résultat obtenu, correspondant à l'attente et à la stabilité et nous recommençons.

Suivant le principe de Deming, nous opérons par :

- **Planifier (PLAN)**, préparer le travail, maîtriser les risques et déployer les objectives qualités pour corriger les dysfonctionnements, trois phases sont à mettre en évidence. Identifier le problème (QOQCCP), rechercher les causes racines et les solutions,
- **Réaliser, exécuter (DO)** Mettre en œuvre le plan défini, recueillir les données de mesure prévues à l'étape «Plan» et gérer des actions correctives et de progrès,
- **Evaluer, analyser (CHECK, Study the results)**, examiner les résultats atteints dans l'étape « Do », identifier la différence par rapport à ceux définis dans l'étape « Plan », vérifier l'efficacité du système qualité et évaluer les résultats obtenus par rapport aux objectives qualités et,
- **Agir, améliorer (ACT)**, décider des nouvelles actions à mener et à intégrer en fonction des résultats de l'étape « Check » ; exploiter les résultats à des fins d'expérience, améliorer en continue ce qui n'a pas fonctionné et consolider ce qui a bien fonctionné.

#### **IV.5 – Domaines d'action de la fonction maintenance :**

Dans une entreprise, il existe un grand nombre de matériels différents qui sont liés ou non à la production. C'est dans ce contexte qu'apparaît la nécessaire polyvalence des techniciens de maintenance ainsi que leurs capacités d'adaptation. La liste (non exhaustive) qui suit permet de se rendre compte de la variété des actions qui constituent souvent le quotidien de la mission d'un service maintenance :

- Maintenance préventive et corrective de tous les systèmes dont le service a la charge ainsi que toutes les opérations de révisions, contrôles, etc.
- Travaux d'installation et de mise en route de matériels neufs
- Travaux directement liés aux conditions de travail : sécurité, hygiène, environnement, pollution, etc.
- Amélioration, reconstruction et modernisation des installations.
- Gestion des pièces de rechange, des outillages et des moyens de transport et de manutention.
- Fabrication de certaines pièces détachées
- Travaux divers dans les locaux de l'entreprise, agrandissements, déménagements
- Gestion des différentes énergies et des réseaux de communication.

Pour tous ces points, l'objectif permanent est de maintenir les matériels dans un état optimal de service. La priorité sera bien sûr toujours orientée vers l'outil de production. Le service maintenance doit donc maîtriser le comportement des matériels en gérant les moyens nécessaires et disponibles. C'est là que l'importance de la mutation de l'entretien traditionnel vers une logique de maintenance prend toute son importance

##### **IV.5.1. Importance de la maintenance par rapport à l'activité de l'entreprise :**

L'importance de la maintenance diffère selon le secteur d'activité. La préoccupation permanente de la recherche de la meilleure disponibilité suppose que tout devra être mis en œuvre afin d'éviter toute défaillance. La maintenance sera donc inévitable et lourde dans les secteurs où la sécurité est capitale. Inversement, les industries manufacturières à faible valeur ajoutée pourront se satisfaire d'un entretien traditionnel et limité.

- Importance fondamentale : nucléaire, pétrochimie, chimie, transports (ferroviaire, aérien, etc.)
- Importance indispensable : entreprises à forte valeur ajoutée, de process, construction automobile.

- Importance moyenne : industries de constructions diversifiées, coûts d'arrêts de production limités, équipement semi automatiques.
- Importance secondaire : entreprises sans production de série, équipements variés
- Importance faible ou négligeable : entreprise manufacturière, faible valeur ajoutée, forte masse salariale.

#### **IV.5.2 – Fonctions et tâches associées à la maintenance :**

##### **IV.5.2.a. – Etudes et méthodes :**

Fonctions études et méthodes : optimisation des tâches en fonction des critères retenus dans le cadre de la politique de maintenance définie par l'entreprise.

##### **\_ Etudes techniques :**

Etudes d'améliorations, études de conception et de re-conception des équipements ou des travaux neufs, analyse des conditions et des accidents du travail.

##### **\_ Préparation et ordonnancement :**

Etablissement des fiches et gammes d'instructions pour le personnel, constitution de la documentation pour les interventions, établissement des plannings d'interventions et d'approvisionnements en pièces de rechange, réception et classement des documents relatifs à l'intervention et remise à jour des dossiers techniques.

##### **\_ Etudes économiques et financières :**

Gestion des approvisionnements, analyse des coûts (maintenance, défaillance, fonctionnement), rédaction du cahier des charges et participation à la rédaction des marchés (travaux neufs, investissements, sous-traitance), gestion du suivi et de la réception de ces marchés.

##### **\_ Stratégie et politiques de la maintenance :**

Définition, choix et élaboration des procédures de maintenance (corrective, préventive), des procédures de contrôle, des procédures d'essais et de réception, détermination des domaines d'actions préventives prioritaires, étude des procédures de déclenchement des interventions, gestion de la sécurité dans l'organisation de l'environnement industriel.

Pour remplir cette fonction, les techniciens des études et des méthodes disposent : de dossiers techniques fournissant toutes les caractéristiques des matériels, des fiches d'historiques résumant les opérations déjà effectuées, de la documentation constructeurs et fournisseurs, des banques de données informatiques.



#### **IV.5.2.b. – Exécution / Mise en œuvre :**

L'aspect pluri techniques de cette fonction nécessite une grande expérience sur les matériels et une connaissance approfondie des différentes technologies. Le technicien devra agir avec beaucoup de rigueur pour rendre son action efficace. Il sera aidé par les documents et procédures établis par la fonction « études et préparation ».

Les principales tâches sont : gestion de l'intervention de maintenance, connaissance comportementale du matériel, pilotage des interventions, application des consignes et règles d'hygiène, sécurité et conditions de travail, installation des machines et des matériels (réception, contrôle, mise en fonctionnement), information du personnel sur les équipements, remise en main du matériel après intervention, gestion de l'ordonnancement, établissement de diagnostics de défaillance de matériels, établissement de consignes d'utilisation intégrant les consignes d'hygiène et de sécurité, gestion des stocks (des pièces de rechange, outillages, appareils de contrôle).

#### **IV.5.2.c. – La fonction documentation et ressources :**

Indispensable à tout le service, cette fonction est la mémoire de l'activité sur laquelle s'appuieront les études ultérieures en vue de définir une politique de maintenance. Elle est aussi une source inestimable de renseignements pour la fonction « études et méthodes ».

Les principales tâches sont : élaboration et tenue des inventaires, constitution des historiques, des dossiers techniques, des dossiers économiques, d'une documentation générale, réglementaire et technique, d'une documentation de fournisseurs.

## **V – LES DIFFERENTES FORMES DE MAINTENANCE :**

### **V.1 – Les concepts de maintenance :**

L'analyse des différentes formes de maintenance repose sur 4 concepts :

#### **1) Les évènements qui sont à l'origine de l'action :**

Référence à un échancier, la subordination à un type d'événement (auto diagnostic, information d'un capteur, mesure d'une usure, etc.), l'apparition d'une défaillance

#### **2) Les méthodes de maintenance qui leur seront respectivement associées :**

Maintenance préventive systématique, maintenance préventive conditionnelle, maintenance corrective.

#### **3) Les opérations de maintenance proprement dites :**

Inspection, contrôle, dépannage, réparation, etc.

#### **4) Les activités connexes :**

Maintenance d'amélioration, rénovation, reconstruction, modernisation, travaux neufs, sécurité, etc.

Cette réflexion terminologique et conceptuelle représente une base de référence d'une part, pour l'utilisation d'un langage commun pour toutes les parties (conception, production, prestataires de services, etc.) et de l'autre part, pour la mise en place de systèmes informatisés de gestion de la maintenance

### **V.2 – Les méthodes :**

Le choix entre les méthodes de maintenance s'effectue dans le cadre de la politique de la maintenance et doit s'opérer en accord avec la direction de l'entreprise. Pour choisir, il faut donc être informé des objectifs de la direction, des directions politiques de maintenance, mais il faut connaître le fonctionnement et les caractéristiques des matériels, le comportement du matériel en exploitation, les conditions d'application de chaque méthode, les coûts de maintenance et les coûts de perte de production.

### V.3.1. – La maintenance corrective :

- **Défaillance :**

Altération ou cessation de l'aptitude d'un bien à accomplir la fonction requise.

Il existe deux (02) formes de défaillance à mettre en évidence :

La première c'est la Défaillance Partielle (**DP**) qui est la Dégradation de l'aptitude d'un bien à accomplir (fonction requise) et la seconde c'est la Défaillance complète, qui est la cessation de cette fonction requise.

### V.3.2. – Maintenance curative ou palliative :

La maintenance corrective appelée parfois curative a pour objet de redonner au matériel des qualités perdues nécessaires à son utilisation.

### V.3.3. – Maintenance préventive systématique :

Maintenance préventive exécutée à des intervalles de temps préétablis ou selon un nombre défini d'unités d'usage mais sans contrôle préalable de l'état du bien. Même si le temps est l'unité la plus répandue, d'autres unités peuvent être retenues telles que : la quantité de produits fabriqués, la longueur de produits fabriqués, la distance parcourue, la masse de produits fabriqués, le nombre de cycles effectués, etc. Cette périodicité d'intervention est déterminée à partir de la mise en service ou après une révision complète ou partielle.

- **Cas d'application :**

- Equipements soumis à une législation en vigueur d'une sécurité réglementée (appareils de levage, extincteurs, réservoirs sous pression, convoyeurs, ascenseurs, monte-charge, etc...).

- Equipements dont la panne risque de provoquer des accidents graves, tous les matériels assurant le transport en commun, avions, trains, etc.

- Equipement ayant un coût de défaillance élevé, comme les éléments d'une chaîne de production automatisée, processus fonctionnant en continu (industries chimiques ou métallurgiques).

- Equipements, dont les dépenses deviennent anormalement élevées au cours de leur temps de service de fonctionnement, consommation excessive d'énergie, éclairage par lampes usagées, allumage et carburation déréglés (moteurs thermiques), etc....

**Remarque :** de plus en plus, les interventions de la maintenance systématique se font par échanges standards.

### 🌈 Exemples d'application :

Exemples de périodes d'intervention systématiques :

- Autorail SNCF :
  - ✓ inspections périodiques  $T = 2$  mois
  - ✓ révisions limitées  $T = 500\,000$  km
  - ✓ révisions complètes  $T = 1\,000\,000$  km
- Arrêts annuels d'entreprises :
  - ✓ souvent 3 semaines au mois d'août  $T = 1$  an
- Arrêt de tranche centrale nucléaire  $T = 4$  ans
  - ✓ comprend 400000 heures de maintenance réparties sur 24000 opérations pendant 3 mois.

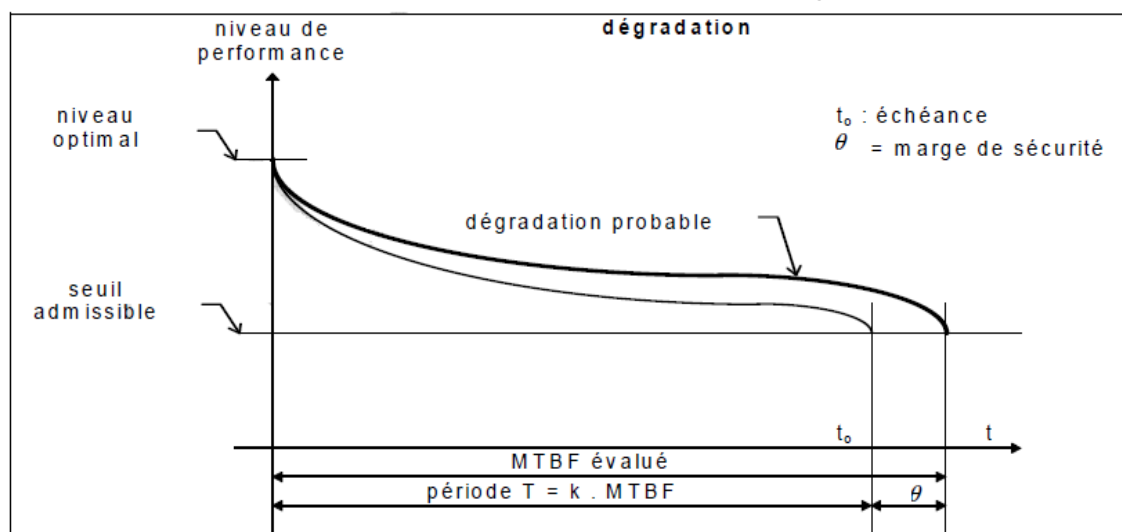
### • Détermination de la périodicité d'intervention :

Les périodicités d'intervention se déterminent à partir :

- Des préconisations du constructeur.
- De l'expérience acquise lors d'un fonctionnement « correctif ».
- De l'exploitation fiabiliste réalisée à partir d'un historique, d'essais, ou des résultats fournis par des visites préventives initiales.
- D'une analyse prévisionnelle de fiabilité.
- Du « niveau de préventif » déterminé, à partir de critères techniques et économiques, par la politique de maintenance choisie pour l'ensemble concerné (choix de  $k$  pour  $T = k \cdot \text{MTBF}$ ).

### - Exemples :

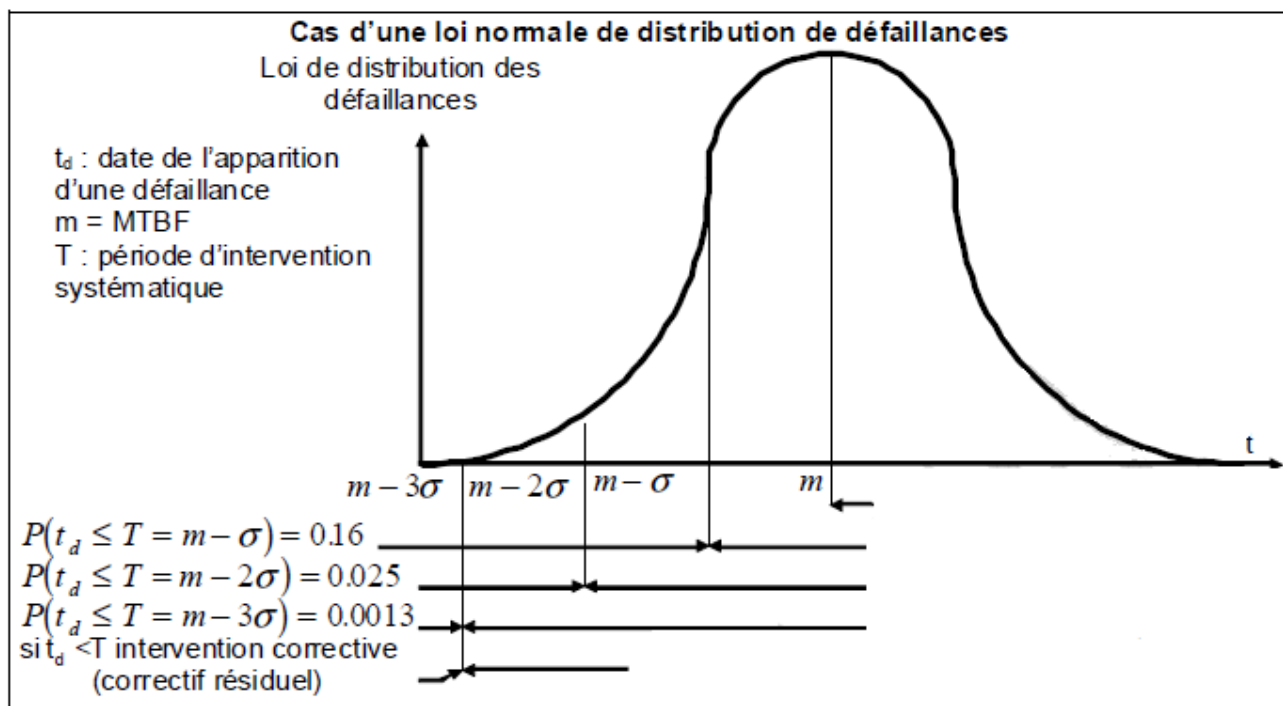
**Cas 1:** quand-on connaît la loi de dégradation d'un équipement et le seuil admissible, limite du « bon fonctionnement », nous avons (Figure 8) :



**Figure 8 :** Courbe de la loi de dégradation

**Cas 2:** quand-on connaît la distribution des défaillances dans le temps.

Dans ce cas d'une « loi Normale », on connaît donc les deux paramètres  $m$  et  $\sigma$ . Les propriétés d'une loi normale donnent les probabilités d'apparition de défaillances avant une date quelconque d'intervention préventive (Figure 9) :



**Figure 9 :** Courbe de la loi Normale

Si on prend, par exemple, la moyenne 2500 heures et  $s = 400$  heures, avec  $T = m - s = 2100$  comme période d'intervention, 16 fois sur 100, une défaillance apparaîtra avant  $T$ , obligeant à une intervention corrective. 84 fois sur 100, aucune défaillance n'apparaîtra, l'intervention sera préventive à la date  $T$ .

$m - s$  représente une marge de sécurité déterminant  $k$  dans  $T = k.MTBF$ .

Incidence économique du choix de  $k$  :

Le plus souvent  $0.5 < k < 1$ . Plus on le choisit petit, moins il y a de correctif résiduel, donc de coût de défaillance (arrêts fortuits). Par contre, on intervient plus souvent, donc on augmente les coûts directs (main d'œuvre, consommation de pièces en échange standard, etc.) et le gaspillage de potentiel.

- **Standardisation des périodes T :**

Au niveau d'une unité de production, il reste à standardiser les différentes périodes d'intervention choisies par module, de façon à rendre cohérente la gestion du système. De façon classique, on prend un pas de base, et ses multiples.

- **Exemple :** T= 500 heures de fonctionnement, puis 1000 h, 2000 h, 4000 h, etc...

### V.3.4. – La maintenance préventive conditionnelle :

Maintenance préventive basée sur une surveillance du fonctionnement du bien et/ou des paramètres significatifs de ce fonctionnement intégrant les actions qui en découlent. La surveillance du fonctionnement et des paramètres peut être exécutée selon un calendrier, ou à la demande (Figure 10).

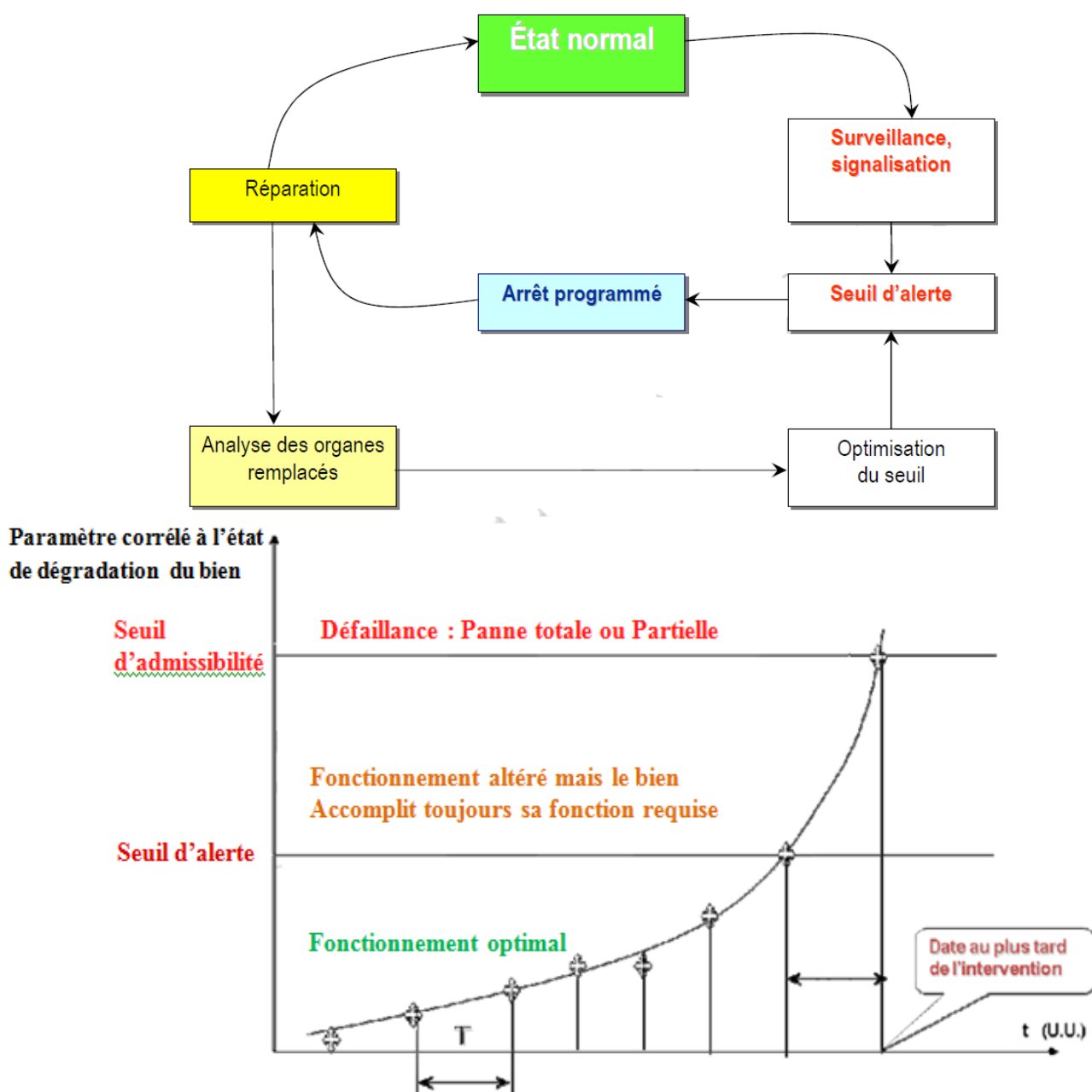


Figure 10 : la maintenance préventive conditionnelle en fonctionnement

**Remarque :**

. La maintenance conditionnelle est dépendante de l'expérience et faisant intervenir des informations recueillies en temps réel.

. La maintenance préventive conditionnelle se caractérise par la mise en évidence des points faibles. Suivant le cas, il est souhaitable de les mettre sous surveillance et, à partir de là, de décider d'une intervention lorsqu'un certain seuil est atteint. Mais les contrôles demeurent systématiques et font partie des moyens de contrôle non destructifs. Tous les matériels sont concernés. Cette maintenance préventive conditionnelle se fait par des mesures pertinentes sur le matériel en fonctionnement.

Les paramètres mesurés peuvent porter sur :

- ✓ La tension et l'intensité des matériels électriques
- ✓ Les vibrations et les jeux mécaniques
- ✓ Le niveau et la qualité de l'huile
- ✓ Les températures et les pressions
- ✓ Etc.

La surveillance est soit périodique, soit continue.

**Avantage :**

La connaissance du comportement se fait en temps réel à condition de savoir interpréter les résultats. A ce niveau, l'informatique prend une place primordiale.

Le matériel nécessaire pour assurer cette maintenance, devra être fiable pour ne pas perdre sa raison d'être. Il est souvent onéreux, mais pour des cas bien choisis, il est rentabilisé rapidement. Cette méthode de maintenance, pour être efficace, être comprise et admise en production avec adhésion de tout le personnel, et standardisation entre les différents secteurs (production et périphériques). Nous savons tous qu'en ce moment, avec l'évolution actuelle du matériel et de leurs tendances de fiabilités, la proportion des pannes accidentelles sera mieux maîtrisée. La maintenance préventive diminuera quantitativement, d'une façon systématique, et s'améliorera qualitativement par la maintenance conditionnelle.

- **Conditions de mise en place :**

- La condition première est que le matériel s'y prête (existence d'une dégradation progressive et détectable) et qu'il mérite cette prise en charge (criticité du matériel).
- Pour que le matériel s'y prête, il est nécessaire de trouver une corrélation entre un paramètre mesurable et l'état du système.

- **Exemples :**

- ✓ paramètres physiques divers (pressions, débit, températures...);
- ✓ niveau de vibrations et de bruits (décibel dB);
- ✓ fréquence de vibration;
- ✓ teneur en résidus d'usure (analyse de lubrifiant);
- ✓ épaisseur de sous-couches, par contrôle non destructif.

- Une période d'expérimentation est nécessaire pour fixer le seuil d'admissibilité, suivant le temps de réaction et la vitesse de dégradation, on fixera un seuil d'alarme.

- **Différentes formes :**

- *Forme stricte : suivi continu* : des capteurs sont fixés en permanence à la machine. Reliés à une chaîne de télémessure, ils permettent d'obtenir un signal d'alarme, un arrêt automatique du fonctionnement, un enregistrement continu des paramètres mesurés.

- *Forme large : suivi périodique* : l'intervalle entre opérations de surveillance doit être proportionné à la vitesse de dégradation estimée, de façon à éviter des défaillances survenant entre les surveillances.

- *Forme intégrée : pas de surveillance* : la prise en compte de la maintenance conditionnelle dès la conception permet de simplifier l'instrumentation

- **Exemples :** témoin d'usure de plaquette de frein automobile.

- **Conséquences :**

Le conditionnel utilise les organes au maximum de leur possibilité, permet leur approvisionnement au plus tard (diminution des stocks). Il diminue la part de correctif résiduel, complique l'ordonnancement, obligeant à une gestion individualisée de la programmation des interventions et il allège les analyses technico-économiques, (choix de la période  $T = k \cdot MTBF$ ), mais il implique des chaînes de télémessures.



### V.3.5. – La maintenance préventive prévisionnelle (Figure 11):

Maintenance conditionnelle exécutée en suivant les prévisions extrapolées de l'analyse et de l'évaluation de paramètres significatifs de la dégradation du bien.  
Maintenance préventive conditionnelle Maintenance préventive prévisionnelle

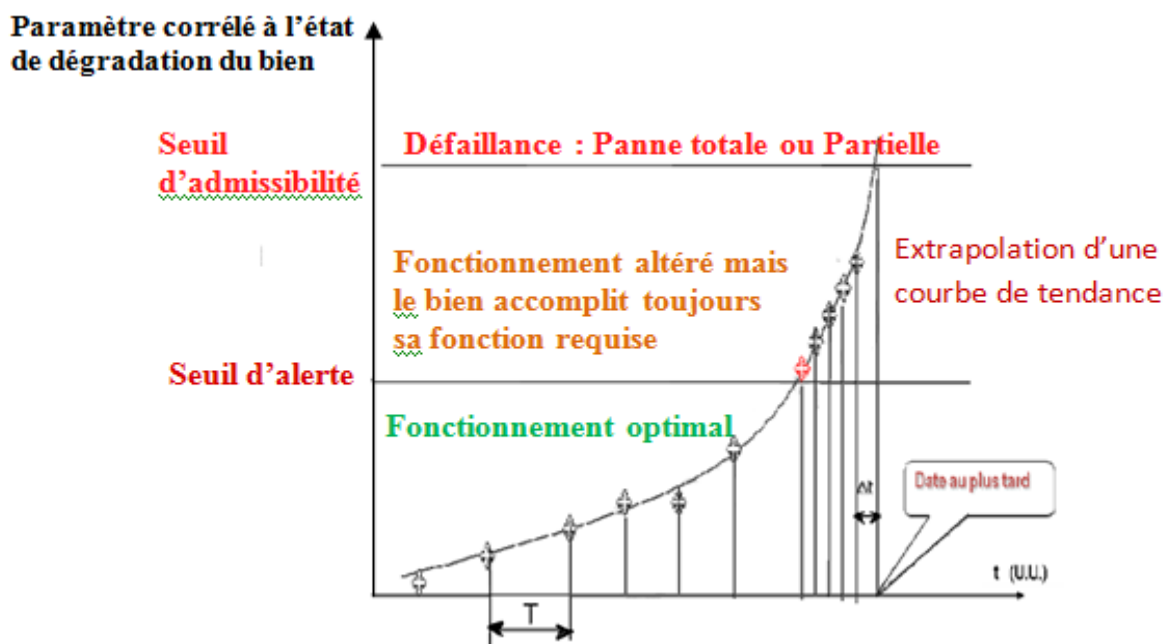


Figure 11 : la maintenance préventive prévisionnelle

**Nota :** - Merci de préparer vos leçons.

La suite vous sera transmise ultérieurement.

- Dès-que j'aurai toutes vos réponses de série de TD-n°1, Je vous enverrai une deuxième série.
- Concernant la correction, Si, inchAllah, nous allons revenir travailler à la fac, dans un temps très proche, nous corrigerons, ensemble les séries, Sinon, je vous enverrai la correction en PDF.

**Bon courage avec une santé sécurisée à tous  
Par notre Créateur Allah Soubhanahou wa Ta3ala.**