

Concepts de maintenance

Organisation et suivi de la maintenance

*Suite et support du cours ES672. *

LA MAINTENANCE

Préparé par : Mr B.Belarbi

I. Mise en situation

A la fin des années 70, l'entretien était souvent le parent pauvre des services de l'entreprise. Les dirigeants le considéraient uniquement comme un poste de dépenses et ne pensaient qu'à réduire ses coûts.

L'entretien se contentait d'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 : 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.

Ainsi les arrêts inopinés coûtent 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 (non production, 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, analyse des huiles, thermographie IR, etc.). La qualification des techniciens s'est accrue. La gestion de la maintenance requiert aujourd'hui 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

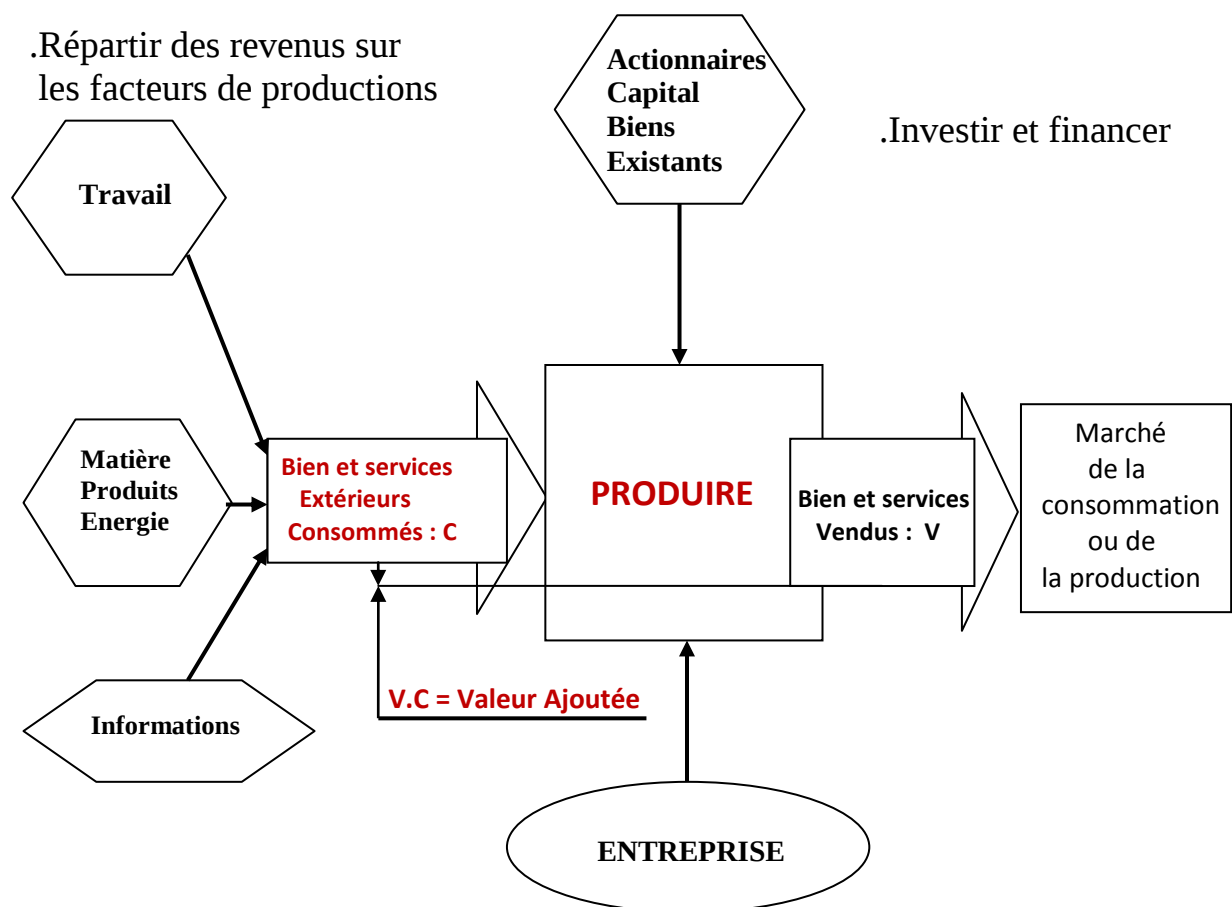


Figure 1 : Revenus et la production dans une entreprise

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).

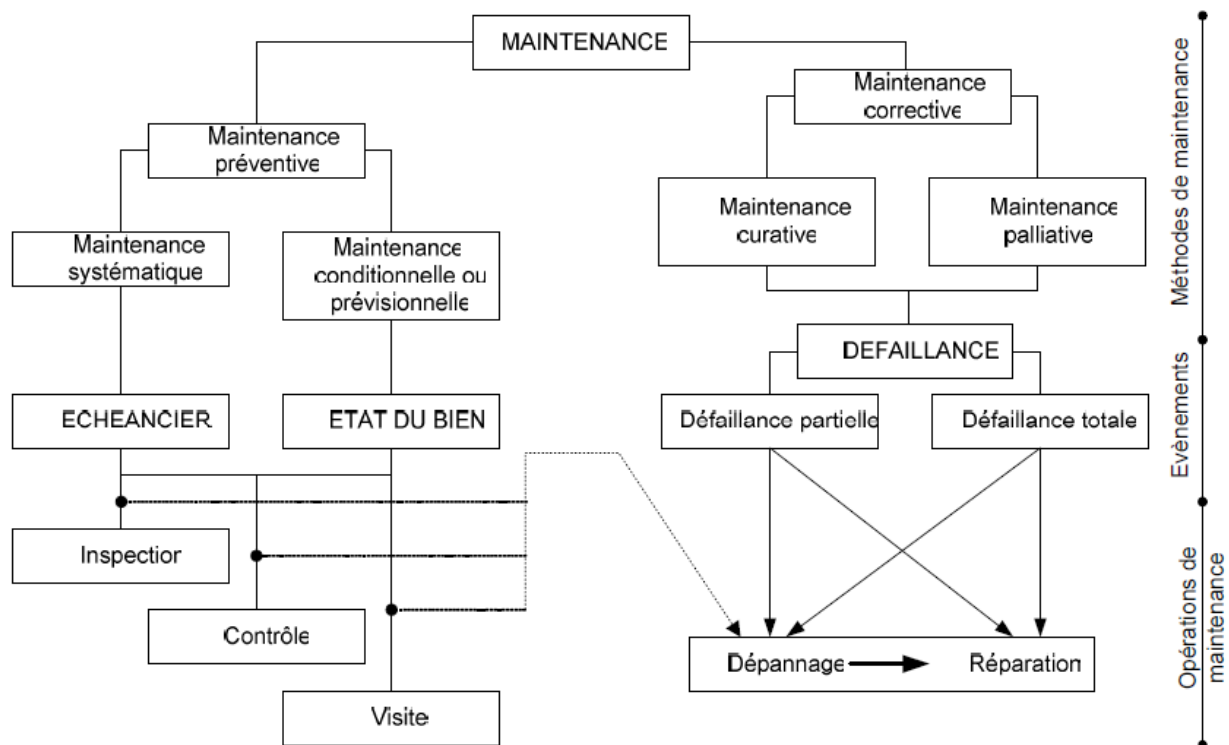


Figure 2 : Le Diagramme de Synthétisation des méthodes de maintenance (selon : NF EN 13306)

II.2 Définition selon la norme NF-EN 13306

(Vous complétez les définitions qui suivent)

➤ Définition selon la norme NF-EN 13306 ? Vous la cherchez ??

.....

➤ Maintenance corrective : Vous la cherchez ??

.....

➤ Maintenance préventive : Vous la cherchez ??

.....

➤ Maintenance préventive systématique : Vous la cherchez ??

.....

➤ Maintenance préventive conditionnelle : Vous la cherchez ??

.....

➤ Maintenance préventive prévisionnelle : Vous la cherchez ??

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. Définir qui fait quoi au regard de chacun 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

Niveaux	Nature de l'intervention	Compétence de l'intervenant	Lieu de l'intervention	Outillage nécessaire à l'intervention	Stock des pièces de rechange
1 ^e	- REGLAGE SIMPLES prévus par le constructeur au moyen d'éléments accessibles sans aucun démontage ou ouverture d'équipement. - ECHANGE 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 ^e	- DEPANNAGE par échange standard des éléments prévus à cet effet. - OPERATION MINEURES 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 ^e	- IDENTIFICATION et DIAGNOSTIC des pannes - REPARATIONS par échange de composants ou éléments fonctionnels - REPARATIONS mécaniques mineures. - Toutes opérations 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 ^e	- Tous les travaux importants de maintenance corrective ou préventive à l'exception de la rénovation et de la reconstruction. - REGLAGE des appareils de mesure utilisés pour la maintenance. - VERIFICATION des étalons de travail.	Equipe comprenant un encadrement très spécialisé	Atelier spécialisé	Outillage général. Bancs de mesure et étalons. Toute documentation.	
5 ^e	- RENOVATION - RECONSTRUCTION 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.2. 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 ;
- élaborer 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.

- **S'agit de décider sur les trois points suivants :**

- **Quelles méthodes de maintenance mettre en œuvre et sur quels biens ?**
- **Quels biens fiabiliser ?**
- **Quand remplacer un équipement ?**

Avec comme objectifs (Figure 4) :

- 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 ;

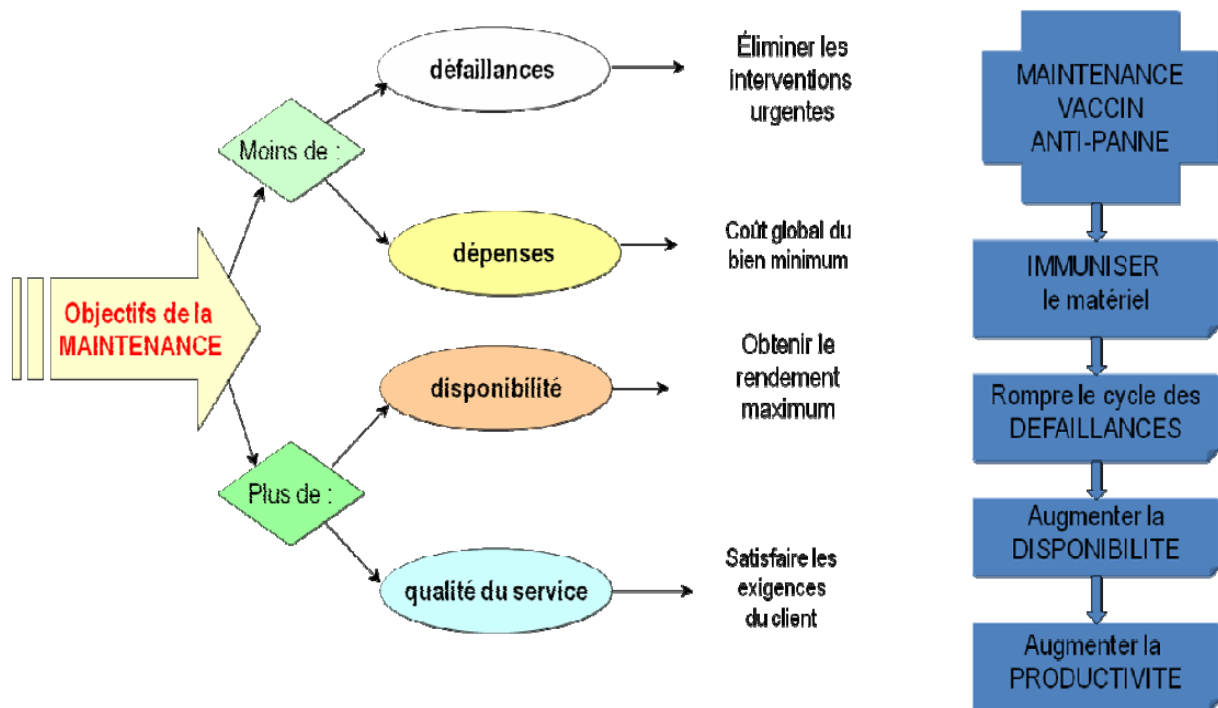


Figure 4: les objectifs de la maintenance

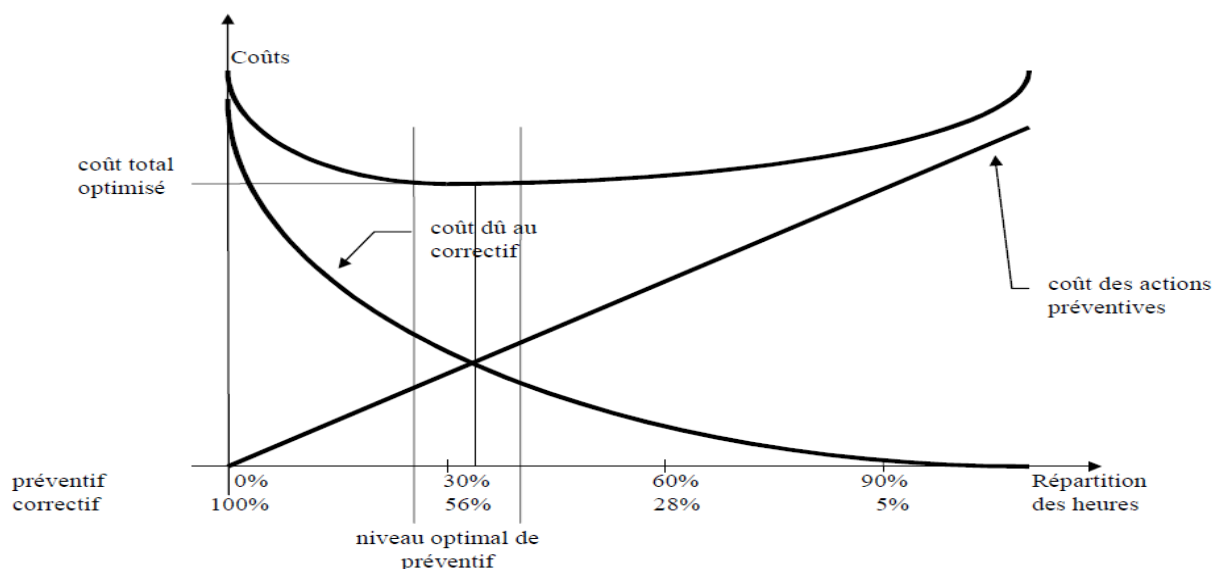


Figure 5 : Aspects économiques

Essayer de séparer chaque courbe seule et donnez votre avis sur chacune d'eux, Commentez les graphes (**comme nous avons faits, en classe, auparavant**).

NB : Nous avons vu, en cours, chaque courbe seule, avec chacune son explication.

IV. – Terminologie :

_ Stratégie de maintenance :

Méthode de management utilisée en vue d'atteindre les objectifs de maintenance.

_ Management de la maintenance :

Toutes les activités des instances de direction qui déterminent les objectifs, la stratégie et les responsabilités concernant la maintenance et qui les mettent en application par des moyens tels que la planification, la maîtrise et le contrôle de la maintenance, l'amélioration des méthodes dans l'entreprise, y compris dans les aspects économiques.

_ Objectifs de maintenance :

Buts fixés et acceptés pour les activités de maintenance. Ces buts peuvent comprendre par exemple la disponibilité, les coûts, la qualité du produit, la protection de l'environnement, la sécurité.

_ Logistique de maintenance :

Ressources, services et moyens de gestion nécessaires à l'exécution de la maintenance. La logistique de maintenance peut inclure par exemple le *personnel*, les *équipements d'essai*, les *ateliers*, les *pièces de rechange*, la *documentation*, les *outils*, etc.

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

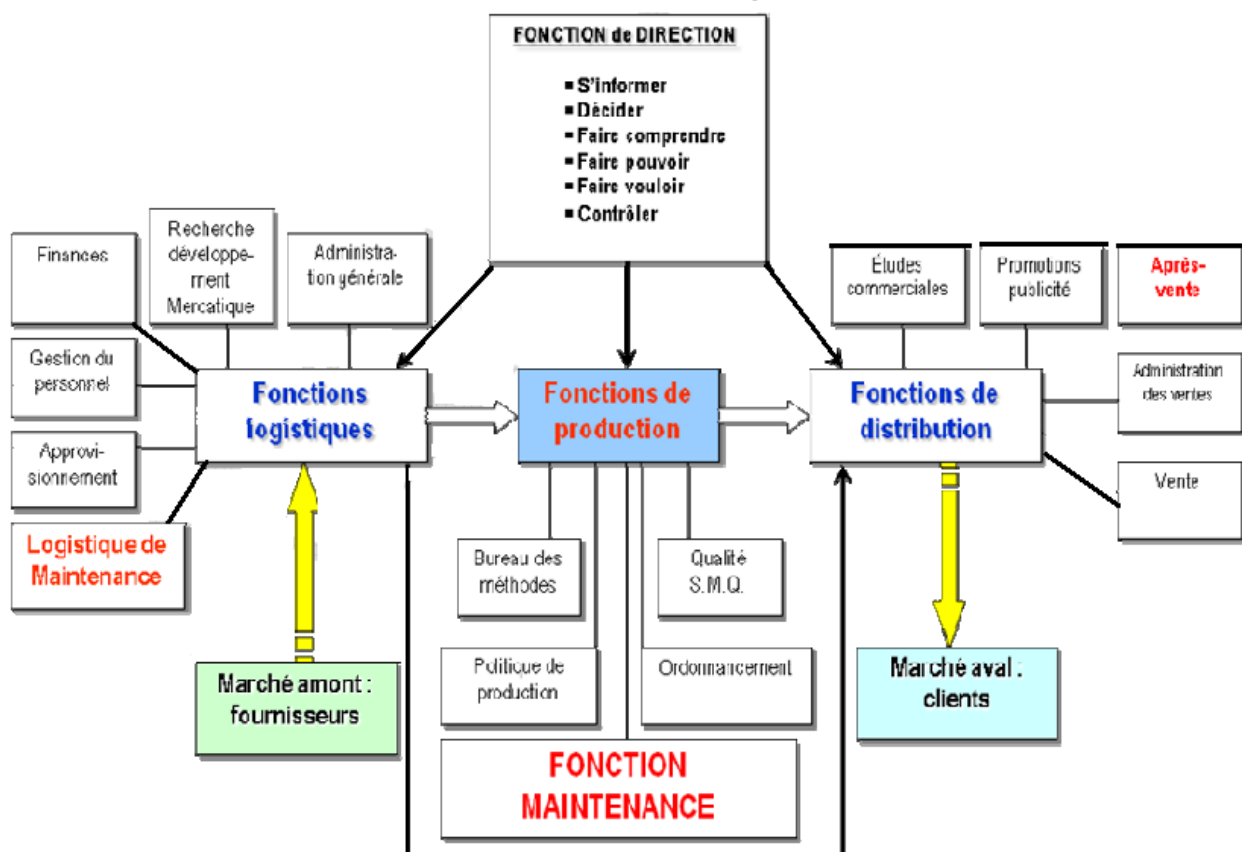


Figure 6 : l'Organigramme de la Maintenance au sein de l'entreprise

Il existe 2 tendances quant au positionnement de la maintenance dans l'entreprise :

_ **La centralisation** où 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**, où la maintenance est confiée à plusieurs services, de dimension proportionnellement plus modeste, et liés à chacun des services de l'entreprise.

Dans ce cas, le service maintenance n'a pas de direction unique. Les différents pôles maintenance adjoints aux autres services de l'entreprise dépendent bien souvent hiérarchiquement de ces derniers.

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 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):

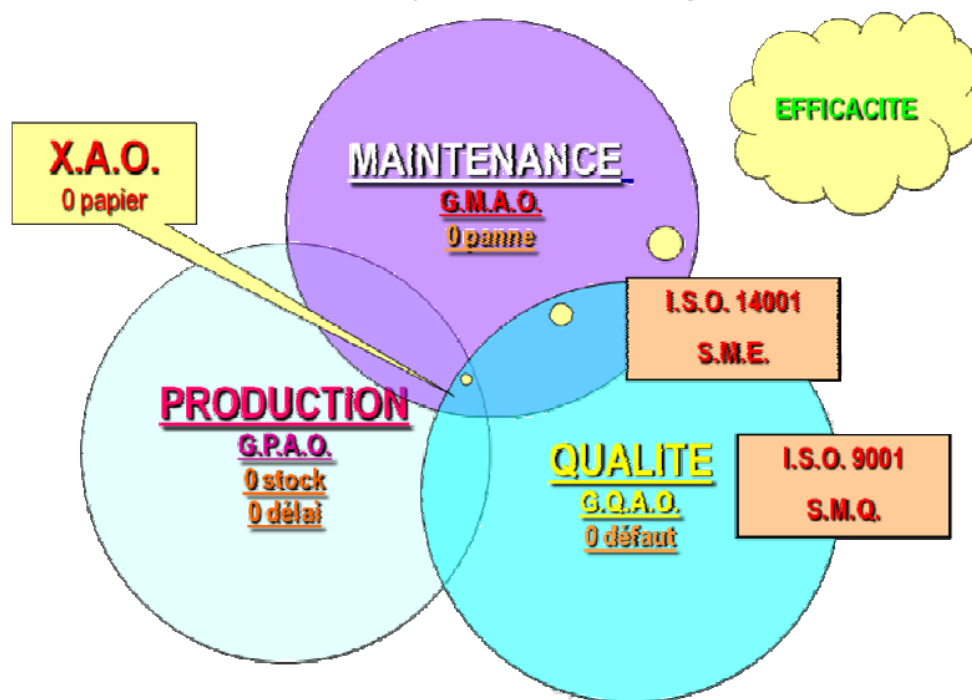


Figure 7 : La Maintenance et les systèmes de management

IV.3 – 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 sur 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.4 – 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– Fonctions et tâches associées à la maintenance :

IV.5.1 – 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 – 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.5.3 – 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 et MAJ des dossiers techniques, des historiques, des dossiers économiques, constitution d'une documentation générale, technique et réglementaire, constitution d'une documentation fournisseurs.

V – LES FORMES DE MAINTENANCE :

V.1 – Les concepts de maintenance :

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

– **Les événements qui sont à l'origine de l'action** : référence à un échéancier, la subordination à un type d'événement (auto diagnostic, information d'un capteur, mesure d'une usure, etc.), l'apparition d'une défaillance

_ **Les méthodes de maintenance qui leur seront respectivement associées :** maintenance préventive systématique, maintenance préventive conditionnelle, maintenance corrective.

_ **Les opérations de maintenance proprement dites :** inspection, contrôle, dépannage, réparation, etc.

_ **Les activités connexes :** maintenance d'amélioration, rénovation, reconstruction, modernisation, travaux neufs, sécurité, etc.

Cette réflexion terminologique et conceptuelle représente une base de référence pour :

_ L'utilisation d'un langage commun pour toutes les parties (conception, production, prestataires de services, etc.)

_ 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 – La maintenance corrective (Figure 8) :

Défaillance : altération ou cessation de l'aptitude d'un bien à accomplir la fonction requise.

Il existe 2 formes de défaillance :

Défaillance partielle : altération de l'aptitude d'un bien à accomplir la fonction requise.

Défaillance complète : cessation de l'aptitude d'un bien à accomplir la fonction requise.

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

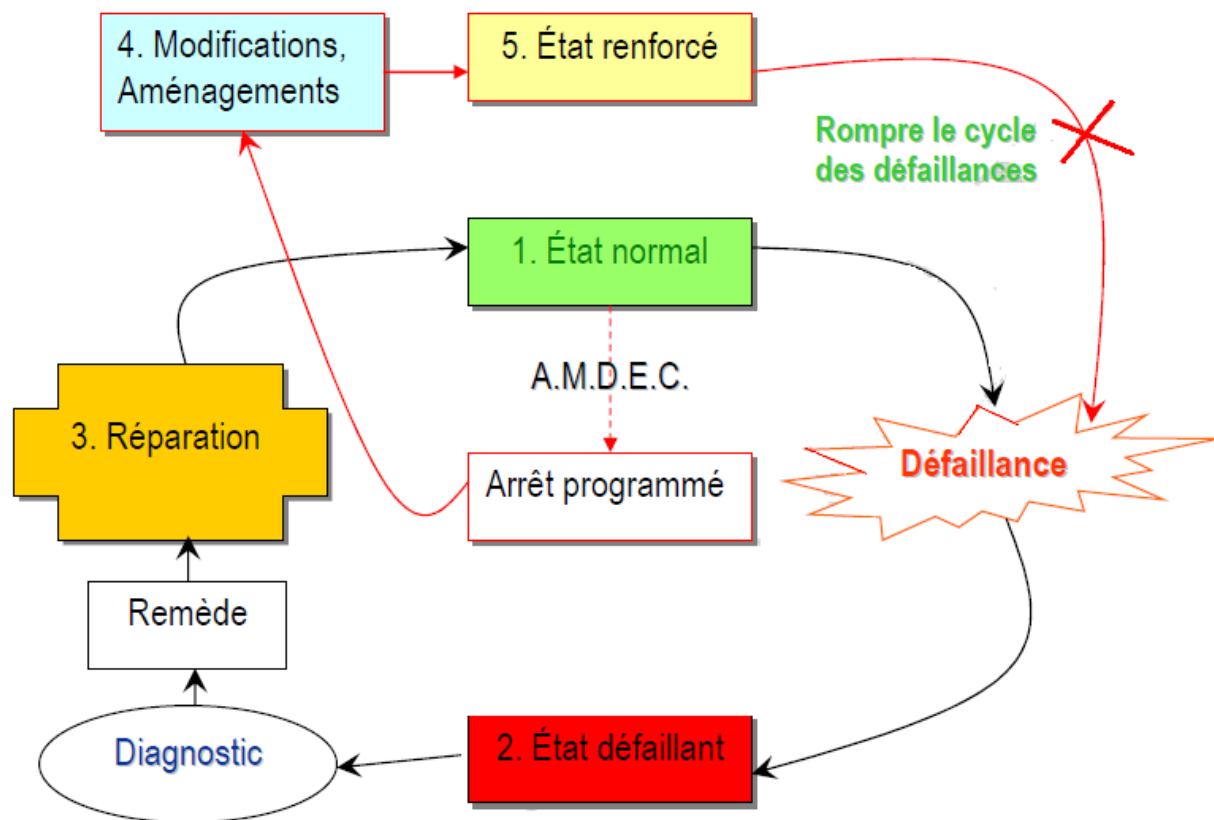


Figure 8 : la Maintenance curative ou REPARATION

Maintenance curative ou palliative (Figure 9) :

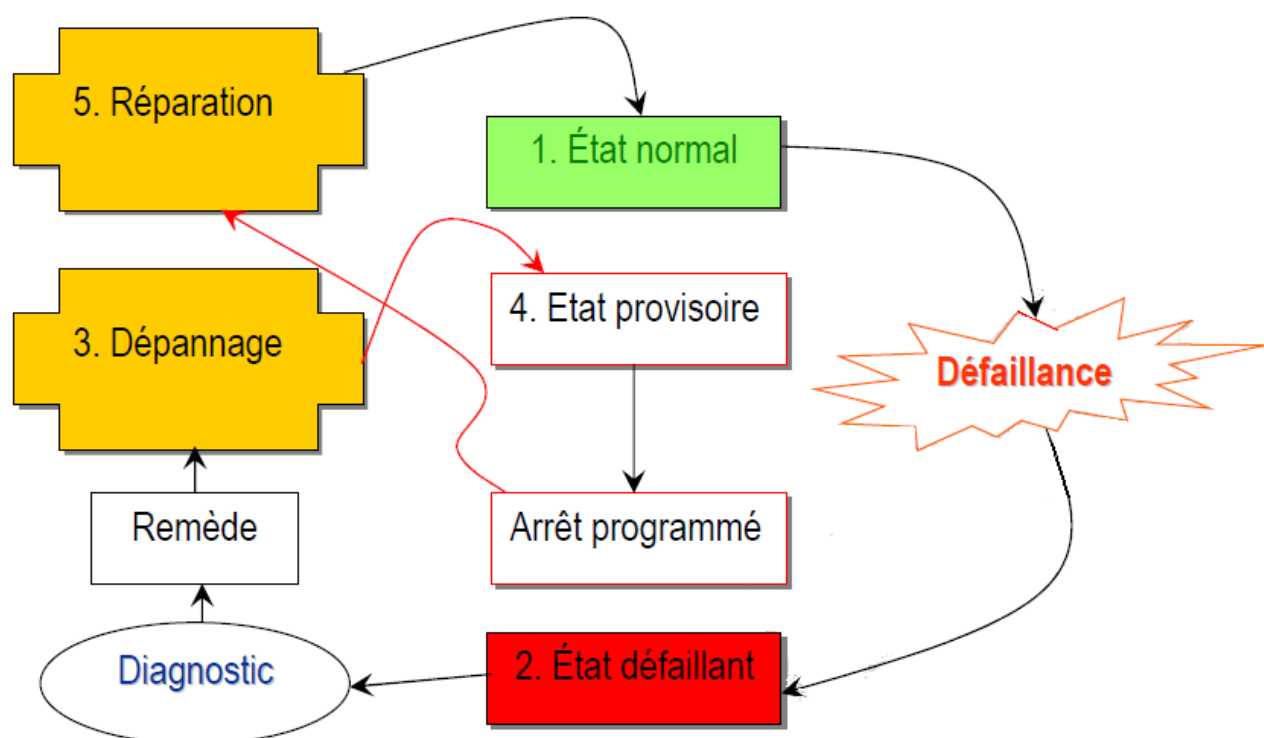
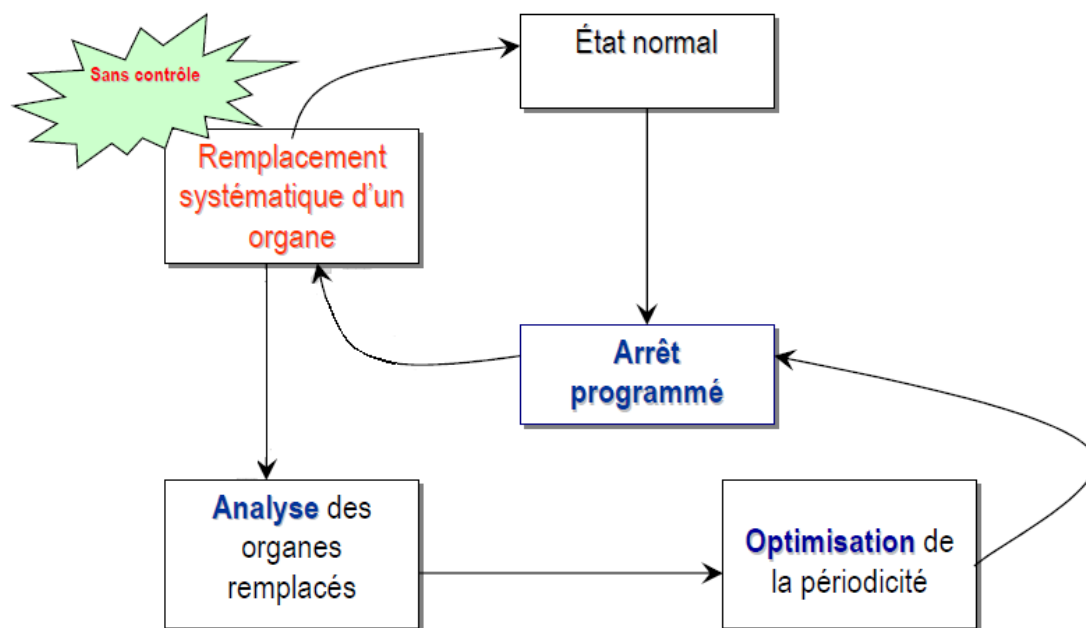


Figure 9 : la Maintenance palliative ou DEPANNAGE**V. 4 – La maintenance préventive systématique (Figure 10) :**

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.

**Figure 10 :** La maintenance préventive systématique

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

Cas d'application :

- Equipements soumis à une législation en vigueur (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 des personnes, avions, trains, etc.
- Equipement ayant un coût de défaillance élevé : éléments d'une chaîne de production automatisée, processus fonctionnant en continu (industries chimiques ou métallurgiques).
- Equipements dont les dépenses de fonctionnement deviennent anormalement élevées au cours de leur temps de service : consommation excessive d'énergie, éclairage par lampes usagées, allumage et carburation déréglés (moteurs thermiques), etc....

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.

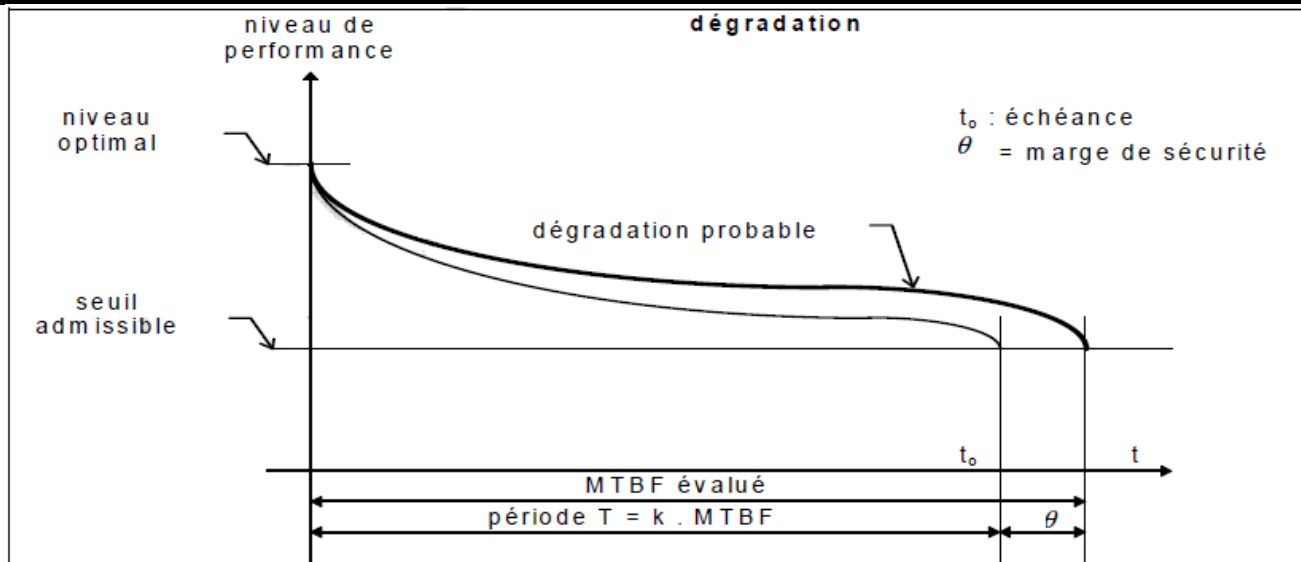
Détermination de la périodicité d'intervention :

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 $T = k.MTBF$).

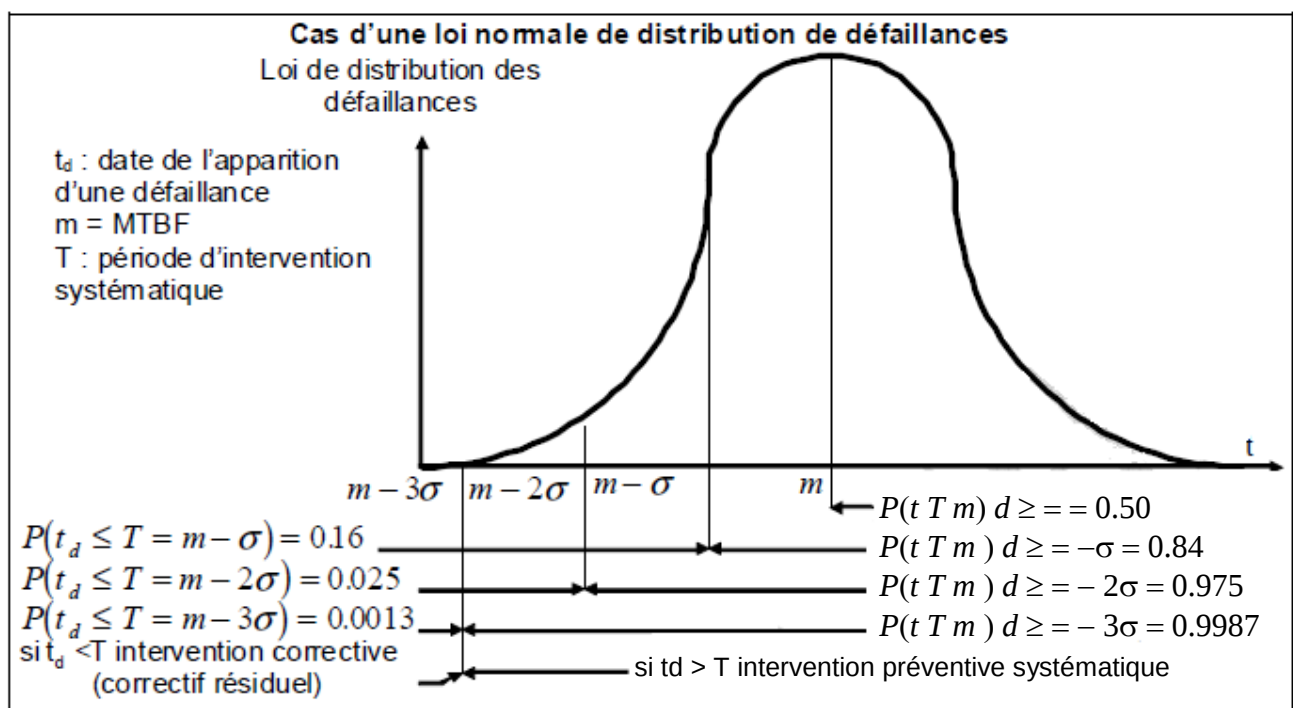
Exemples :

Cas 1: on connaît la loi de dégradation d'un équipement et le seuil admissible, limite du « bon fonctionnement ».



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

Dans ce cas d'une « loi Normale », on connaît donc les deux paramètres m et σ . Les propriétés d'une loi normale donnent les probabilités d'apparition de défaillances avant une date quelconque d'intervention préventive.



Exemple d'application :

si la moyenne vaut 2500 heures et $s = 400$ heures, en prenant $T = m-s = 2100$ 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 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.5 – 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.

Remarque :

La maintenance conditionnelle est donc une maintenance 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.

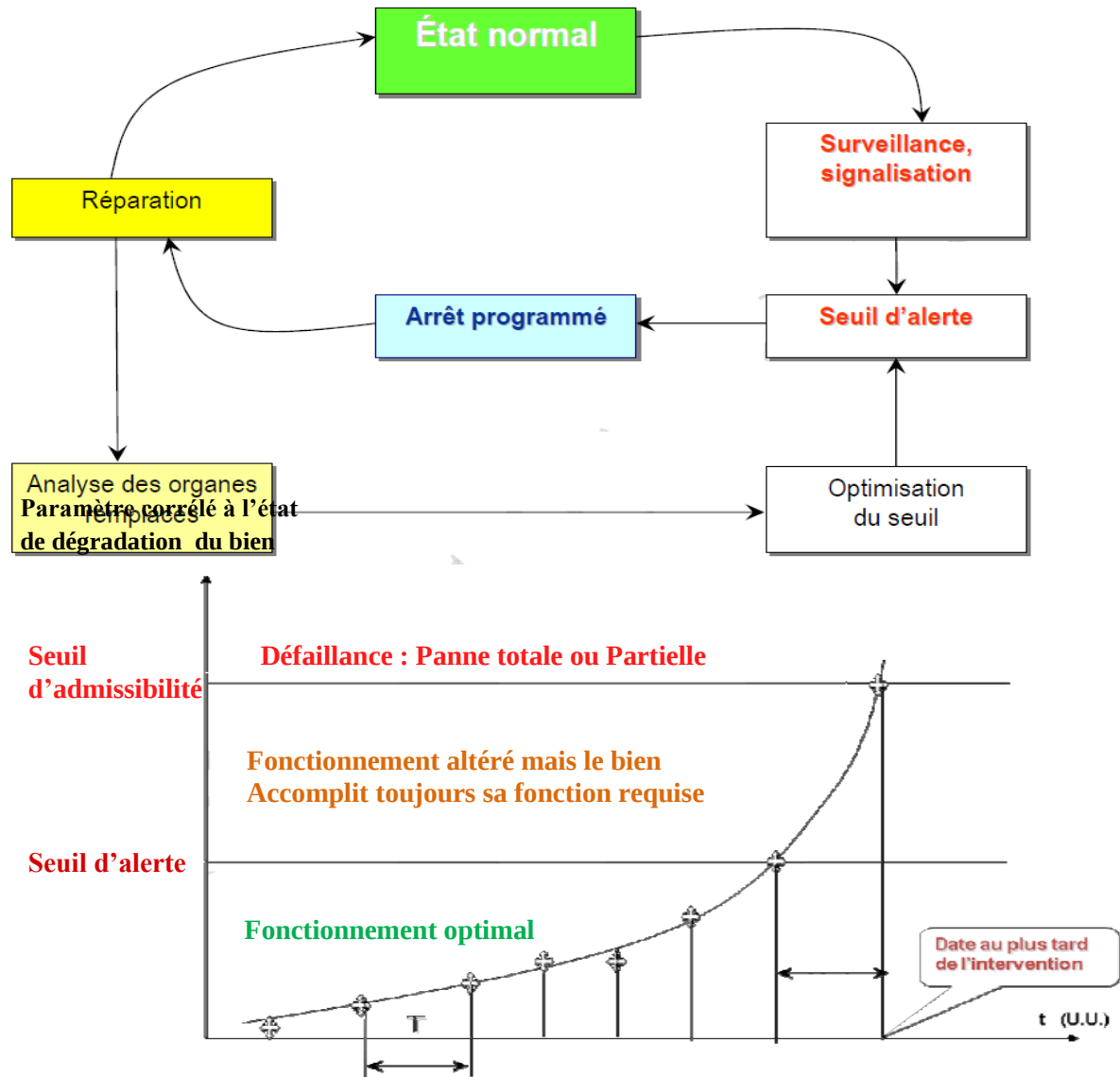


Figure 11 : la maintenance préventive conditionnelle en fonctionnement

Les paramètres mesurés peuvent porter sur :

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

De tous les paramètres énumérés, l'analyse vibratoire est de loin la plus riche quant aux informations recueillies. Sa compréhension autorise la prise de décisions qui sont à la base d'une maintenance préventive conditionnelle.

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 la maintenance préventive conditionnelle 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, doit dans tous cas être comprise et admise par les responsables de production et avoir l'adhésion de tout le personnel. Ces méthodes doivent être dans la mesure du possible standardisées entre les différents secteurs (production et périphériques) ; ce qui n'exclut pas l'adaptation essentielle de la méthode au matériel. Avec l'évolution actuelle des matériels et leurs tendances à être de plus en plus fiables, la proportion des pannes accidentelles sera mieux maîtrisée. La maintenance préventive diminuera quantitativement d'une façon systématique mais 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 $T = k \cdot \text{MTBF}$), mais il implique des chaînes de télémessures.

V.6 – La maintenance préventive prévisionnelle (Figure 12):

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

Paramètre
corrélé à
l'état de
dégradation
du bien

Seuil
d'admissibilité

Défaillance : Panne totale ou Partielle

Fonctionnement altéré mais le bien
Accomplit toujours sa fonction requise

Extrapolation d'une
courbe de tendance

Seuil d'alerte

Fonctionnement optimal

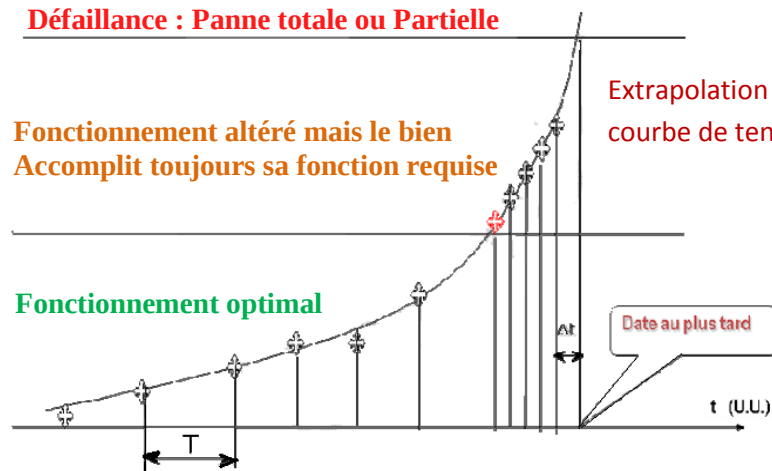


Figure 12 : la maintenance préventive prévisionnelle

Maintenance Préventive conditionnelle	Maintenance préventive prévisionnelle
Evolution du paramètre étudié Seuil d'alarme Date d'alarme DIAGNOSTIC Date de l'intervention Début de l'intervention	Evolution du paramètre étudié Niveau requis Date d'alarme DIAGNOSTIC et INTERVENTION Date prévisible de défaillance Défaillance Tendance extrapolée
DETECTION → DIAGNOSTIC → INTERVENTION	PREVISION → DIAGNOSTIC → INTERVENTION
La détection d'un dépassement d'un seuil d'alarme affecté à l'évolution du paramètre étudié déclenche le diagnostic des causes de la défaillance. Les conclusions de ce diagnostic permettent de définir l'intervention de maintenance.	La courbe d'évolution d'un défaut étant connue, il est possible d'en extrapoler sa tendance pour prévoir la date de la défaillance. A partir de cette prévision, il est planifié la date du diagnostic et du déclenchement de l'intervention de maintenance afin que cette dernière soit terminée avant que le niveau requis pour le paramètre étudié ne soit dépassé.

Figure 12 : La Maintenance préventive conditionnelle (à gauche) et La Maintenance préventive prévisionnelle (à droite).