

Chapitre I : Identification de la maintenance industrielle

I.1 INTRODUCTION

Quelque soient les efforts des entreprise au stade de la conception et la fabrication des machines pour assurer leur sûreté de fonctionnement, des défaillances apparaissant au cours de leur exploitation, les causes d'apparition de ces défaillances sont variables. Elles vont du coût de simple remplacement d'une pièce détériorée à d'importants frais d'immobilisation pour la machine donnée, elles peuvent aussi provoquer de graves accidents corporels.

Aujourd'hui, il ne s'agit pas seulement de réparer et prévenir, il faut aussi savoir empêcher de tomber en panne, plus qu'une simple technique d'intervention efficace sur le fonctionnement. La maintenance est devenue une technique d'anticipation, d'organisation et de gestion.

Elle doit être considérée comme une fonction de production à part entière.

Pour produire, il faut satisfaire à trois impératifs:

- Approvisionner en matière première.
- Transformer celle-ci en produit finis.
- Assurer la qualité et maintenir l'outil de production en état de marche.

Dans ce chapitre on parle généralement sur la maintenance, leurs types, leurs méthodes, et leurs opérations.[1]

I.2 NOTION SUE LA MAINTENANCE

I.2.1 Définition de la maintenance

La maintenance est un ensemble des travaux destinés à soutenir l'aptitude au travail ou la réparation d'un matériel pendant son utilisation, son stockage ou son transport.

Une autre définition

D'après la norme AFNOR: X60-010/ décembre 1994.

La maintenance est un Ensemble des activités destinées à rétablir un bien dans un état ou dans des conditions données de sûreté de fonctionnement, pour accomplir une fonction requise. Ces activités sont une combinaison d'activités techniques, administratives et de management. [1]

I.2.2 Objectifs de la maintenance

L'existence d'un service de maintenance à pour raison de maintenir les équipements et aussi la diminution des pannes, en effet ces derniers coûtent cher, elles occasionnent :

- Des coûts d'intervention et de réparation.
- Des coûts à la mauvaise qualité de production.
- Des coûts directs.

Parmi les objectifs de la maintenance, on cite ce qui est :

- Assurer en permanence la production avec des coûts de fonctionnement et entretien minimum.
- Garantir la disponibilité et la fiabilité de l'équipement.
- Organisation adéquate des moyens matériels modernes et moyen humaines, qualité compétences et une bonne formation

I.2.3 Le rôle de la maintenance

La maintenance doit s'assurer la rentabilité des investissements matériels des entreprises en maintenant le potentiel d'activités et on tenant compte de la politique définie par l'entreprise.

La fonction maintenance sera donc amener à considérer alors les :

a-Prévision a long terme

Liée a la politique de l'entreprise et permettant l'ordonnancement des charges, des stocks et des interventions en matériels.

b-Prévision à moyen terme

La volonté de maintenir le potentiel d'activité de l'entreprise conduit a l'immobilisation des matériels à des moments qui perturbent le moins possible le programme de fabrication dès lors, il faut fournir nécessairement et suffisamment tôle (tôt) le calendrier des interventions de maintenance, celles-ci ayant une influence sur l'ordonnancement des fabrications.

c-Prévision à court terme

Dans ce cas le service maintenance s'efforcera de réduire les durées d'immobilisation du matériel et des coûts de ces intervention ; sachant que la réduction des coûts et d'immobilisation ne sont pas possible que si le matériel et les interventions ont fait l'objet d'une étude préalable, il est donc nécessaire de préparer une étude préalable, préparer le travail nécessaire et d'étudier les conditions de fonctionnement. [2]

I.3 LE CHOIX D'UN POLITIQUE DE MAINTENANCE

Le choix d'une politique de maintenance au niveau de l'entreprise a pour but de dégager les grandes lignes d'un compromis entre l'entretien maximal, évitant toute panne par le maintien du matériel et l'entretien minimal ou nul qui conduit n'a des arrêts accidentels nombreux.

Et après ce principe, la maintenance doit être fonction à objectif économique. A ce niveau, un choix valable, peut être fait obligeant de déterminer la maintenance préventive ou curative pour l'unité de production de façon à obtenir un facteur de service souhaitable au moindre coût de maintenance de l'importance et de la machine et des stockages.

Sans arrêt de la machine, par la mise sous contrôle de ces organes sous forme de capteur ou d'indicateur, comme ils peuvent être des tests spéciaux destiné à relever les pannes potentielles. En dépit des différents appellations et modes d'entretien classiques préconisées par les uns les autres, deux formes de maintenance à retenir, celle curative et préventive pour pouvoir formuler les trois seuls types de maintenances que stipule la norme AFNOR.

- La maintenance corrective.
- La maintenance préventive

Le choix entre les méthodes de maintenance s'effectue selon les objectifs de la direction conformément aux politique de maintenance arrêtées tout en se basant sur :

- Le fonctionnement et caractéristique des équipements.
- Le compétemment des équipements en exploitation.
- Les conditions d'application de chaque méthode.
- Les coûts de maintenance et les coûts des pertes de production.[3]

I.3.1 Maintenance préventive

Maintenance ayant pour objet de réduire la probabilité de défaillance ou de dégradation d'un bien ou d'un rendu, les activités correspondantes sont déclenchées selon:

- Un échancier établi à partir d'un nombre prédéterminé d'unités d'usage.
- Et / ou des critères prédéterminés significatifs de l'état de dégradation du bien ou de service.

Cette politique s'adresse aux éléments provoquant une perte de production ou des coûts d'arrêt imprévisibles classés comme important pour l'entreprise, il convient donc d'organiser un système visant à minimiser ces arrêts souvent trop onéreux. Ainsi on aura à pratiquer trois formes de maintenance dite préventive :

I.3.1.1 Les différentes formes de la maintenance préventive

I.3.1.1.1 Maintenance systématique

C'est une maintenance préventive effectuée selon un échancier établi selon un temps. Pour maintenir le système dans l'état avec de ses performances initiales, on procède à différentes opérations qui peuvent être :

- **Le remplacement**
 - L'huile des mécanismes en mouvement.
 - Des filtres.
 - Des roulements et des paliers.
 - Des joints d'étanchéité.
- **Le réglage**
 - Des jeux.
 - Des tensions de courroie.
 - Des températures.
- **Le contrôle :**
 - Niveau d'huile.
 - Bocages des boulons.

I.3.1.1.2 Maintenance conditionnelle

Cette politique convient pour un matériel coûtant cher en remplacement et pouvant être surveillé par des méthodes non distinctives (analyse de vibration, pression et de température d'huile).

b-Maintenance prévisionnelle

Maintenance préventive subordonnée à l'analyse de l'évolution surveillée des paramètres significatifs de la dégradation du bien, permettant de retarder et de planifier les interventions.

I.3.2 Maintenance corrective

Elle se borne aux interventions en cas d'avarie les interventions sont généralement des surprises et il n'est donc pas possible de les planifier.

Note: la maintenance corrective comprend en particulier:

- La localisation de la défaillance et son diagnostic.
- La remise en état avec ou sans modification.
- Le contrôle du bon fonctionnement.

La maintenance corrective a deux types de maintenance qui sont :

- Maintenance palliative.
- Maintenance curative.

I.3.2.1 Maintenance palliative

Activités de maintenance corrective destinées pour permettre à un bien d'accomplir provisoirement tout ou une partie d'une fonction requise.

Note: Appelée couramment "dépannage", la maintenance palliative est principalement à qui devront être suivies d'actions constituée d'actions caractère provisoire curatives.

I.3.2.2 Maintenance curative

Activités de maintenance corrective ayant pour objet de rétablir un bien dans un état spécifié ou de lui permettre d'accomplir une fonction requise. Le résultat des activités réalisées doit présenter un permanent, ces activités peuvent être:

- Des réparations.
- Des modifications ou améliorations ayant pour objet de supprimer la (ou les) défaillance(s).

[3]

I.3.3 diagramme es politiques de la maintenance

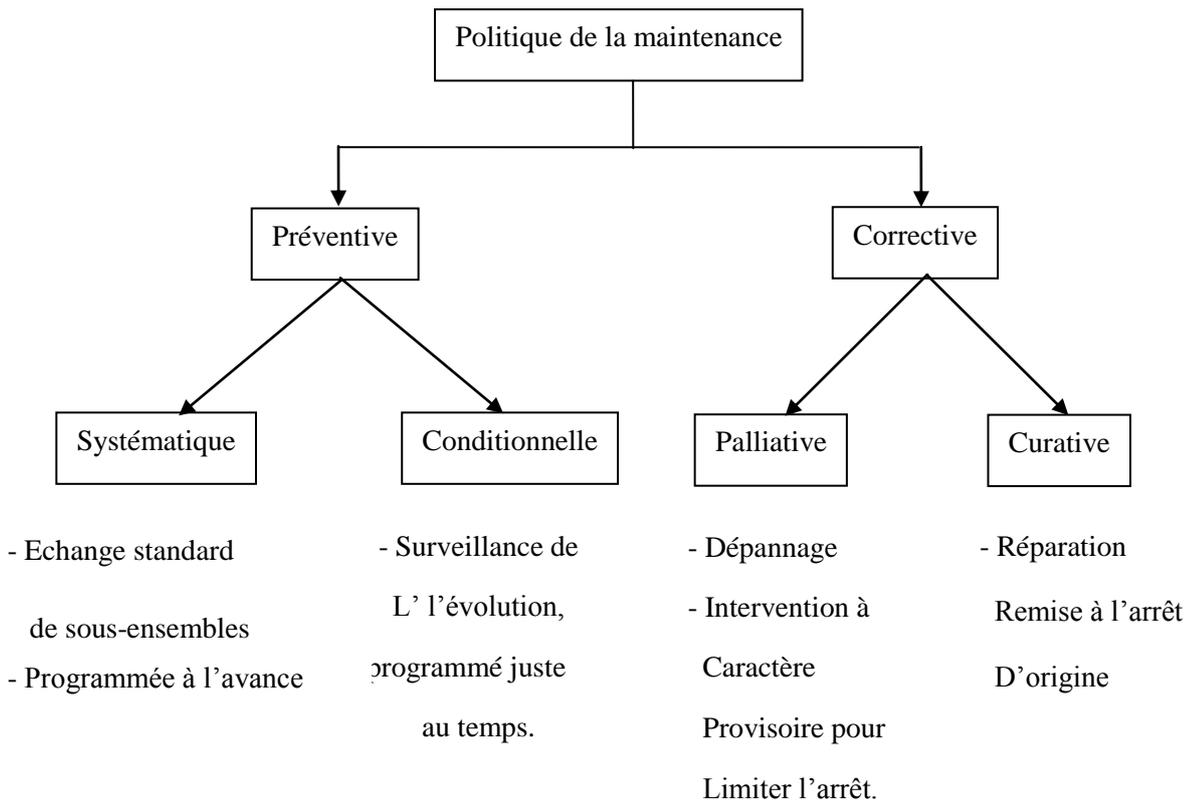


Figure I.1: Diagramme des maintenances [2]

I.3.4 Les opérations de la maintenance

a)Le dépannage

C'est l'opération de la maintenance curative sur un matériel en panne en vue de le remettre en état de fonctionnement, compte Tenu de l'objectif, une action de dépannage peut s'accommoder de résultat provisoire, donc elle sera suivie d'une réparation.

b)La réparation

C'est une opération définitive et limitée en maintenance curative après la panne.

c) Les inspections :

Ce sont des activités de surveillances constituent à relever périodiquement des anomalies et exécuter des réglages simple ne nécessitant pas l'outillage spécifique ni l'arrêt de l'outil de production ou des équipements.

d) Les visite :

Ce sont les opérations de surveillances qui rentrent dans le cadre de la prédéterminée

e) Les révisions :

Effectuées en vue d'assurer le bien contre toute défaillance majeure critique pendant un temps ou un nombre d'unité d'usage donné.

I.3.5 Niveaux de maintenance

Un niveau de maintenance se définit par rapport :

- A la nature de l'intervention.
- A la qualification de l'intervenant.
- Aux moyens mis en œuvre.

La norme NFX60-010 donne à titre indicatif, cinq niveaux de maintenance, en précisant le service qui en a la responsabilité, la production ou la maintenance.

a- Premier niveau

il s'agit de réglages simples prévus par le constructeur ou le service de maintenance, au moyen d'éléments accessibles sans aucun démontage ou ouverture de l'équipement. Ces intervention peut être réalisées par l'exploitant du bien sans outillage particulier à partir des instructions d'utilisation.

b- Deuxième niveau

Il s'agit de dépannages par échange standard des éléments prévus à cet effet et d'opérations mineures de maintenance préventive. Ces interventions peuvent être réalisées par un technicien ou l'exploitant du bien dans la mesure où ils ont reçu une formation pour les exécuter en toute sécurité.

c- Troisième niveau

Il s'agit d'identification et de diagnostic de pannes suivis éventuellement :

- D'échanges de constituants.
- De réparations mécaniques mineures.
- De réglage et ré-étalonnage général des mesureurs.

Ces interventions peuvent être réalisées par un technicien spécialisé directement sur le site ou dans un atelier de maintenance.

d- Quatrième niveau

Il s'agit de tous les travaux importants de maintenance corrective ou préventive à l'exception de la rénovation et de la reconstruction. Les interventions peut être réalisées par une équipe disposant

d'un encadrement technique très spécialisé et de moyens importants bien adaptés à la nature de l'intervention.

e-Cinquième niveau

Il s'agit de tous les travaux de rénovation, de reconstruction ou de réparation importante, confiés à un atelier central de maintenance ou à une entreprise extérieure prestataire de services. Dans ce type de travaux les moyens et les méthodes sont comparables à ceux mis en œuvre lors de la fabrication des matériels. C'est au constructeur d'en fournir les spécifications techniques et constructives. [3]

I.3.6 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. Le diagramme suivant synthétise selon la norme NF X 60-000 les méthodes de maintenance.(Comme le montre la Figure I.7).

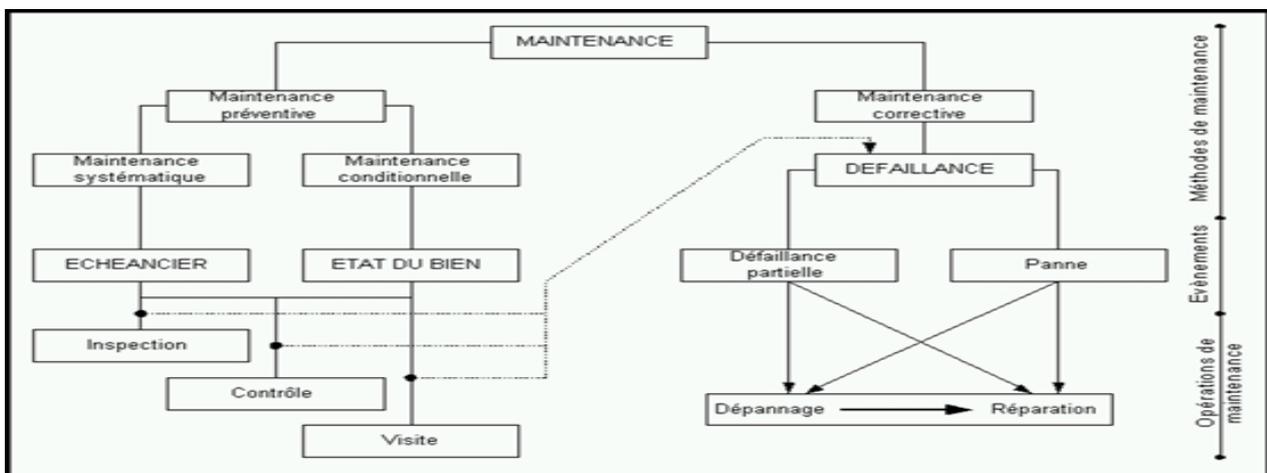


Figure I.2 : les méthodes de maintenance [2]

I.4 LES GRANDS CONCEPTS DE MAINTENANCE INDUSTRIELLE

Les trois grands concepts de la maintenance tels que définis par l'Association française de normalisation (AFNOR).

I.4.1 La Fiabilité

La fiabilité caractérise l'aptitude d'un système ou d'un matériel à accomplir une fonction requise dans des conditions données pendant un intervalle de temps donné.

La fiabilité d'un dispositif dépend aussi de la fonction remplie par ce dispositif.

I.4.1.1 Les différents types de fiabilité

a) fiabilité intrinsèque: elle est propre à un matériel et à un environnement donné et ne dépend que de ce matériel.

b) fiabilité extrinsèque: elle résulte des conditions d'exploitation, de la qualité de la maintenance, d'une manière générale d'événement relatif à l'intervention humaine.

c) fiabilité implicite: basée sur l'expérience et dont le but est de réduire la fréquence et la durée des arrêts.

d) fiabilité explicite: dont le concept est formé mathématiquement, elle permet de déterminer rigoureusement le degré de confiance dans le matériel

I.4.1.2. Objectifs de la fiabilité

La fiabilité a pour objectif de :

- Mesurer une garantie dans le temps;
- Evaluer rigoureusement un degré de confiance;
- Déchiffrer une durée de vie;
- Evaluer avec précision un temps de fonctionnement;
- Déterminer la stratégie de l'entretien;
- Choisir le stock.[2]

I.4.1.3 Paramètres nécessaires à la mesure de fiabilité

a) Variable aléatoire: on appelle variable aléatoire (x) celle à laquelle nous pouvons associer une probabilité pour chaque valeur de (x)

- *variable aléatoire continue:* intervalle de temps entre défaillance consécutive d'un matériel.

- *variable discrète:* nombre de défaillance d'un matériel sur une période donnée ou pour une quantité fabriquée.

b) Densité de probabilité: généralement en fiabilité elle est notée $f(t)$ et représente la probabilité de défaillance en un intervalle de temps (t).

c) La fonction de répartition: $F(t)$ est la notation générale de la probabilité de défaillance dans l'intervalle de temps $[0, T]$.

$$F(t) = \int_0^x f(t) dt \quad (I.1)$$

d) La fonction de fiabilité: nous appelons $R(t)$ la fonction de fiabilité, qui représente la probabilité de fonctionnement sans défaillances pendant un temps (t) , ou la probabilité de survie jusqu'à un temps (t) .

La probabilité d'avoir au moins une défaillance avant le temps (t) , qui représente la probabilité cumulative des défaillances, est appelé : « *probabilité de défaillance* ».

e) Taux de défaillance: Prenons maintenant une pièce ayant servi pendant une durée t et encore survivante.[2]

La probabilité qu'elle tombe en panne entre l'âge t qu'elle a déjà et l'âge $T + dt$ est représentée par la probabilité conditionnelle qu'elle tombe en panne entre T et $T + dt$, sachant qu'elle a survécu jusqu'à T . D'après le théorème des probabilités conditionnelles cette probabilité est égale à :

$$\lambda(t) dt = \frac{F(t+dt) - F(t)}{R(t)} = \frac{dF(t)}{1 - F(t)} \quad (\text{I.2})$$

Avec $\lambda(t)$ taux de défaillance de la pièce d'âge t .

On a donc :

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (\text{I.3})$$

$\lambda(t)$ s'exprime également par l'inverse d'un temps, mais n'est pas une densité de probabilité.

L'expérience montre que pour la plupart des composants, le taux de défaillance suit une courbe en baignoire représenté sur la figure suivante :

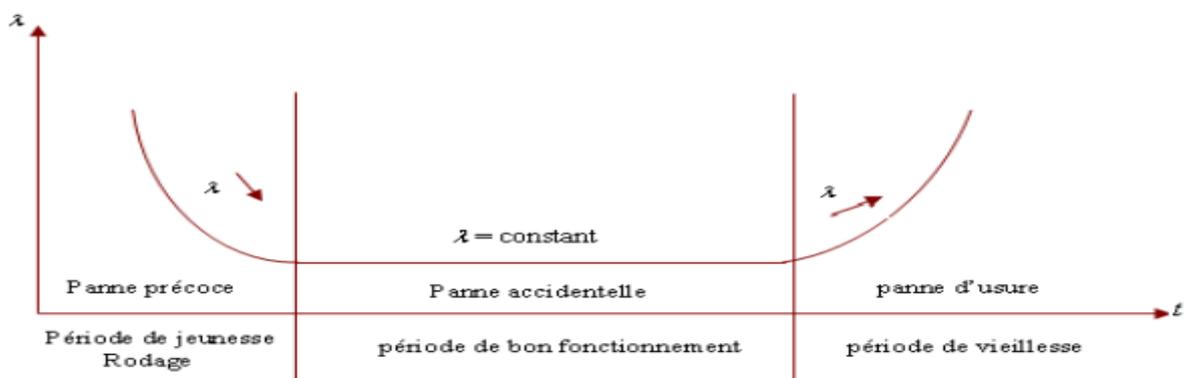


Figure I.3: Courbe en baignoire

Cette courbe représente trois périodes :

• **La période de jeunesse ou de rodage** : correspond à l'apparition de défaillances, dues à des malfaçons ou à des contrôles insuffisants. Dans la pratique, le fabricant procède à un rodage de son matériel afin d'éviter que cette période ne se produise après l'achat du matériel.

• **La période de bon fonctionnement** : dans cette période, le taux d'avaries est sensiblement constant, les avaries surviennent de manière aléatoire et ne sont pas prévisibles par examen du matériel ; ces défaillances sont dues à un grand nombre de causes et sont liées à la fabrication des dispositifs.

• **La période de vieillissement** : le taux d'avaries est croissant, cette période correspond à une dégradation irréversible des caractéristiques du matériel, d'où une usure progressive.

f) La MTBF :

Le MTBF (Mean Time Between Failure) est souvent traduit comme étant la moyenne des temps de bon fonctionnement mais représente la moyenne des temps entre deux défaillances. En d'autres termes, il correspond à l'espérance de la durée de vie t .

$$MTBF = \frac{\sum \text{temps de bon fonctionnement}}{\text{nombre d'intervalles de temps de bon fonctionnement}} \quad (\text{I.4})$$

$$MTBF = \int_0^{\infty} R(t) dt \quad MTBF = \frac{1}{\lambda} \quad (\text{I.5})$$

I.4.1.4 Loi de Weibull:

La loi de Weibull est utilisée en fiabilité, en particulier dans le domaine de la mécanique.

Cette loi a l'avantage d'être très souple et de pouvoir s'ajuster à différents résultats d'expérimentations.

La loi de Weibull est une loi continue à trois paramètres :

- le paramètre de position γ qui représente le décalage pouvant exister entre le début de l'observation (date à laquelle on commence à observer un échantillon) et le début du processus que l'on observe (date à laquelle s'est manifesté pour la première fois le processus observé) ;
- le paramètre d'échelle η qui, comme son nom l'indique, nous renseigne sur l'étendue de la distribution ;
- le paramètre de forme β qui est associé à la cinétique du processus observé

Densité de probabilité : $f(t) = \frac{\beta}{\eta} \cdot \left[\frac{t-\gamma}{\eta}\right]^{\beta-1} \cdot e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}$ (I.6)

Fonction de répartition : $F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}$ (I.7)

Loi de fiabilité : $R(t) = 1 - F(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}$ (I.8)

Taux de défaillance :

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{f(t)}{1-F(t)} = \frac{\beta}{\eta} \cdot \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \cdot e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \cdot \frac{1}{e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}} \Rightarrow \lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \cdot \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta$$
 (I.9)

Remarque : si $\begin{cases} \gamma = 0 \\ \beta = 1 \end{cases} \Rightarrow \lambda(t) = \frac{1}{\eta} = \frac{1}{\text{MTBF}}$ (I.10)

$$a = r \left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \text{ et } deb = \sqrt{r \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) - r^2 \left(1 + \frac{1}{\beta}\right)}$$
 (I.11)

Moyenne des temps de bon fonctionnement : $\text{MTBF} = \gamma + \eta r \left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$ (I.12)

En fonction de β ; d'où $\text{MTBF} = \gamma + a \eta$ (I.13)

Le paramètre de position γ étant souvent nul, on se ramène à

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1} \exp\left(-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta\right)$$
 (I.14)

$$R(t) = \exp\left[-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta\right]$$
 (I.15)

$$R(t) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta\right]$$
 (I.16)

$$\gamma(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1}$$
 (I.17)

Donc $\gamma = 0$ ou, en faisant le changement de variable, $t_1 = t - \gamma$, on obtient la distribution de Weibull à 2 paramètres, définie pour t (ou t_1) positif ou nul, dont les caractéristiques sont illustrés sur la (Figure I-3)

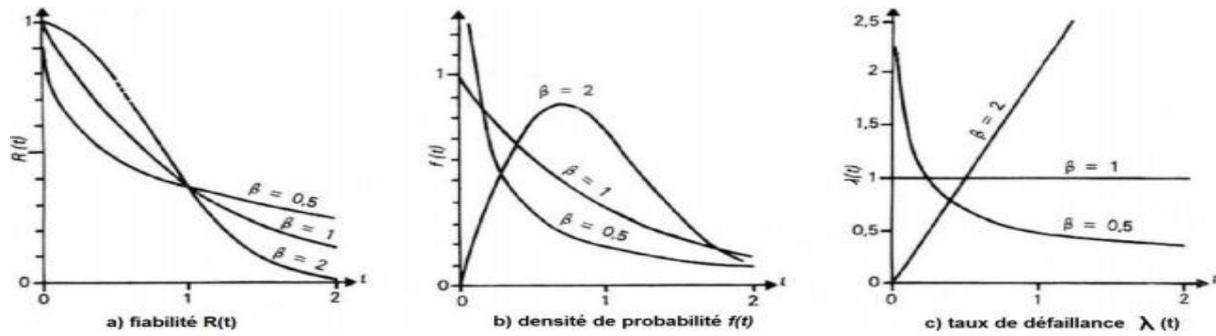


Figure I.4: Principales propriétés de la distribution de Weibull.

a) Application à la fiabilité

Suivant les valeurs de β , le taux de défaillance est

Soit décroissant ($\beta < 1$),

Soit constant ($\beta = 1$),

Soit croissant ($\beta > 1$).

La distribution de Weibull permet donc de représenter les trois périodes de la vie d'un dispositif (courbe de baignoire).

Le cas $\beta > 1$ correspond à des dispositifs dont la probabilité de défaillance est infime jusqu'à un certain âge γ .

b) Estimation des paramètres de la loi de Weibull

Un des problèmes essentiels est l'estimation des paramètres (β, η, γ) de cette loi, pour cela, nous disposons de la méthode suivante :

• Graphique à échelle fonctionnelle

Si pour la distribution de Weibull à 2 paramètres, on fait la transformation :

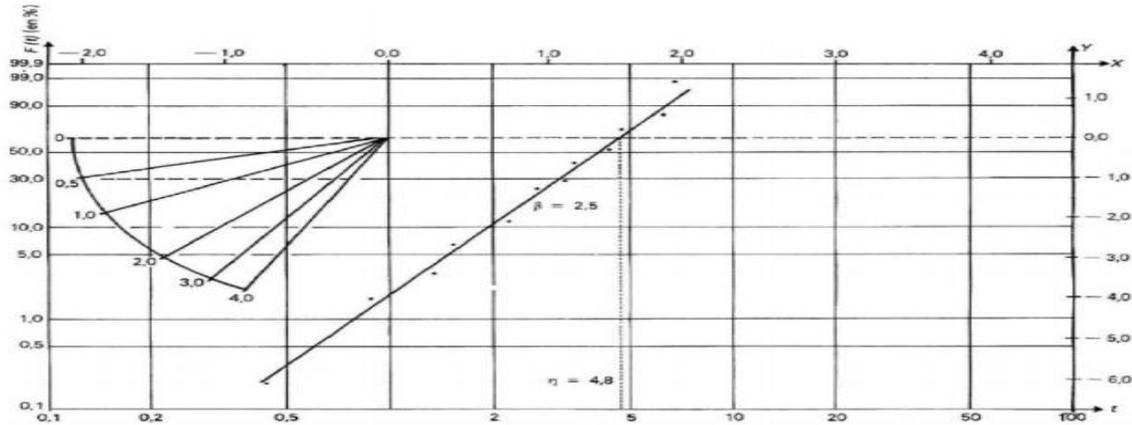


Figure I.5: Représentation sur graphique à échelle fonctionnelle de la distribution de Weibull (graphique d'Allan Plait).

- A : Axe de t
- B : axe de F(t) (en %) (Sur Figure I.2)
- a : Ln (t)
- b : Ln (Ln (1/ [1 -F(t)]))
- X et Y : permettent de déterminer bêta (Y = bêta X)

L'historique permet de déterminer des Temps de bon fonctionnement et des fréquences cumulées de défaillance F(i), approximation de F(t).

c) Préparation des données

- 1) Calcul des Temps de bon fonctionnement
- 2) Classement des temps de bon fonctionnement en ordre croissant
- 3) N = nombre de Temps de bon fonctionnement
- 4) Recherche des données F(i), F(i) représente la probabilité de panne au temps correspondant au Temps de bon fonctionnement de l'ième défaillant.

On a 3 cas différents :

- 1) Si N > 50, regroupement des Temps de bon fonctionnement par classes avec la fréquence cumulée :

$$F(I) = \frac{N_i}{N} = \frac{\sum R_i}{N} \approx F(t) \text{ (I.18)}$$

- 2) Si 20 < N < 50, On affecte un rang "Ni" à chaque défaillance (approximation des rangs moyens): $F(i) = \frac{N_i}{N+1} \approx F(t) \text{ (I.19)}$

- 3) Si N < 20, On affecte un rang "Ni" à chaque défaillance (approximation des rangs médians):

$$F(i) = \frac{Ni-0.3}{N+0.4} \approx F(t) \text{ (I.20)}$$

Et on fait le Tracé du nuage des points M (F(i), t) :

Recherche de γ

Si le nuage de points correspond à une droite, alors $\gamma = 0$. ($\gamma = 0$)

Si le nuage de points correspond à une courbe, on la redresse par une translation de tous les points en ajoutant ou en retranchant aux abscisses "t", une même valeur (γ) afin d'obtenir une droite comme le montre la figure suivante.

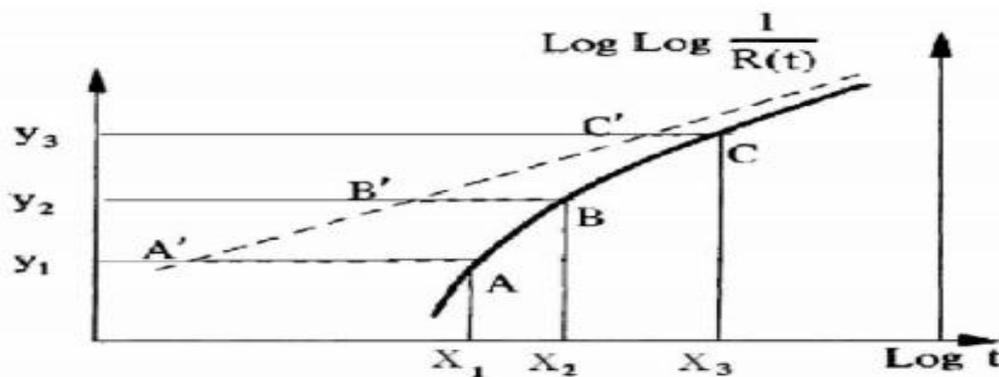


Figure I.6:redressement de la courbe par translation.

Ce redressement peut se faire par tâtonnement ou avec la relation :

$$\frac{X_3 * X_1 - X_2^2}{X_3 + X_1 - 2X_2} \text{ (I.21)}$$

Considérons les points :

A(X1, Y1) ; B(X2, Y2) ; C(X3, Y3)

$$\text{et} \begin{cases} Y_3 > Y_2 > Y_1 \\ 2Y_2 = Y_1 + Y_3 \end{cases}$$

En arrangeant on obtient

$$\gamma = X_2 - \frac{(X_3 - X_2) * (X_2 - X_1)}{(X_3 - X_2) - (X_2 - X_1)} \text{ (I.22)}$$

Recherche de η

La droite de régression linéaire coupe l'axe A à l'abscisse $t = \eta$.

Recherche de β

- Béta est la pente de la droite de corrélation
- On trace une droite parallèle à la droite de corrélation, et passant par $\eta = 1$ On lit ensuite béta sur l'axe B. [2]

I.4.2.La maintenabilité: Dans des conditions données, la maintenabilité est l'aptitude d'un bien à être maintenu ou rétabli dans un état où il peut accomplir une fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, en utilisant des procédures et des moyens prescrits.

La maintenabilité est caractérisée par la moyenne des temps techniques de réparation MTTR :

$$MTTR = \frac{\sum TTR}{N} \text{(I.23)}$$

I.4.2.1. Maintenabilité et maintenance : Pour un technicien de maintenance, la maintenabilité est la capacité d'un équipement à être rétabli lorsqu'un besoin de maintenance apparaît. L'idée de « facilité de maintenir » se matérialise par des mesures réalisées à partir des durées d'intervention.

A partir de ces définitions, on distingue :

- **La maintenabilité intrinsèque:** elle est « construite » dès la phase de conception à partir d'un cahier des charges prenant en compte les critères de maintenabilité (modularité, accessibilité, etc).
- **La maintenabilité prévisionnelle:** elle est également « construite », mais à partir de l'objectif de disponibilité.
- **La maintenabilité opérationnelle:** elle sera mesurée à partir des historiques d'interventions.

I.4.2.2. Taux de réparation μ :

$$\mu = \frac{1}{MTTR} \text{(I.24)}$$

La probabilité de réparation d'un composant est principalement fonction du temps écoulé depuis l'instant de défaillance. Il existe un certain délai t avant que le composant puisse être réparé. Ce délai t comprend le temps de détection et le temps d'attente de l'équipe de réparation.

Il s'y ajoute le temps de réparation proprement dit (Figure I.5) donne l'allure de la probabilité de réparation d'un composant tombé en panne en $t = 0$.

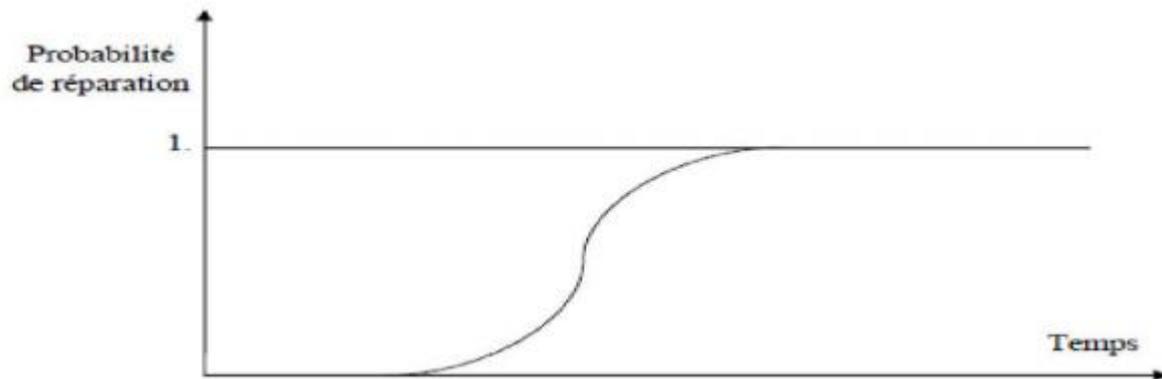


Figure I.7: probabilité de réparation au cours de temps[2]

I.4.2.3. Amélioration de la maintenabilité

L'amélioration de la maintenabilité passe par :

- Le développement de documents d'aide à l'intervention,
- L'aptitude de la machine au démontage (modification, risquant de coûter chère).
- L'accessibilité.
- L'interchangeabilité et la standardisation.
- L'aide au diagnostic.

Il assurera de ce fait la réduction des durées de détection des pannes d'état, diminuant, ainsi les TTR l'amélioration de la maintenabilité d'une manière considérable

le maintenancier doit améliorer la maintenabilité par les actions suivantes :

- 1- disponibilité de la documentation tenue à jour du matériel.
- 2- utilisation des systèmes d'aide au diagnostic
- 3- utilisation des capteurs intégrés pour la localisation de la panne
- 4- disponibilité des accessoires outillages

I.4.3. La disponibilité: La disponibilité est « l'aptitude d'un bien, sous les aspects combinés de sa fiabilité, maintenabilité et de l'organisation de la maintenance, à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions de temps déterminées ».

Pour qu'un équipement présente une bonne disponibilité, il doit :

- Avoir le moins possible d'arrêts de production,
- Être rapidement remis en état s'il est défaillant.

La disponibilité relie donc les notions de fiabilité et de maintenabilité. [2]

I.4.3.1. Les type de disponibilité

a) **disponibilité intrinsèque:** cette disponibilité est évaluée en prenant en compte les moyennes de bon fonctionnement et les moyennes de réparation, ce qui donne

$$D_i = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (I.25)$$

b) disponibilité instantanée

Pour un système avec l'hypothèse d'un taux de défaillance λ constante et d'un taux de réparation μ constant, la disponibilité instantanée est:

$$D(t) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} + \frac{\lambda}{\lambda + \mu} e^{-t(\lambda + \mu)} \quad (I.26)$$

I.4.3.2. Amélioration de la disponibilité:

- L'allongement de l'action sur la fiabilité.
- La réduction de l'action sur la maintenabilité.
- Fiabilité.
- Maintenabilité.
- Logistique.

I.5 CONCLUSION

La maintenance est une fonction complexe qui, selon le type de processus, peut être déterminante pour la réussite d'une entreprise. Les fonctions qui la composent et les actions qui les réalisent doivent être soigneusement équilibrées pour que les performances globales de l'outil de production soient optimisées.

Pour être efficace, il faut d'abord avoir une idée aussi claire que possible des mécanismes qui influent sur les grandeurs significatives (nombre de pannes, temps de réparation, délais logistiques, coûts de maintenance préventive, coûts du stockage des matières, actions de communication, etc.). Il faut ensuite mesurer ces grandeurs et construire des indicateurs pour juger de l'état du système maintenance et pour identifier les points faibles de ce système. Sans oublier le côté HSE (Hygiène – Sécurité et Environnement) et avoir pour devise : pas d'accident et pas d'atteinte à l'environnement.