Tableau de bord : est un ensemble d'indicateur permettant au responsable de maintenance de piloter au mieux son servie, en se basant sur une synthèse optimale des données d'organisation et de gestion. Il permet d'apprécier les écarts par rapport aux prévisions, de les analyses, de rechercher les causes et d'y remédier.

La GMAO : un système informatique de management de la maintenance est un progiciel organisé autour d'une base de données permettant de programmer et de suivre sous 3aspects (technique, budgétaire, organisationnel), toutes les activités d'un service de maintenance et les objets de cette activité (service, lignes atelier, machines, équipements, pièces, etc.) à partir de terminaux disséminés dans les bureaux techniques, ateliers, magasins et bureaux d'approvisionnement.

I.8 Domaines à gérer par la maintenance

- Les activités du servies
- Le matériel
- Les stocks de rechanges et l'approvisionnement
- La gestion budgétaire : ventilation des couts par matériel, service, type de maintenance
- Les investissements
- Les ressources humaines

I.9 Coûts de maintenance

Les coûts de la maintenance peuvent être divisés en deux grandes familles : les coûts directs qui conditionnent l'activité même de maintenance, ils sont quantifiables et les coûts indirects correspondant au « manques à gagner » résultant de l'indisponibilité de l'équipement de production, certains sont quantifiables d'autres non .

I.9.1. Coûts directs

- Coût de main- d'œuvre (Coût de la prestation humaine à tous les niveaux, cadres et maîtrisés compris).
- Coût de formation des personnes (c'est l'actualisation des compétences par des formations sur le tas, recyclages, perfectionnement, stages…).
- Coût de consommables, pièces de rechange(en plus des Coût de la matière et des pièces de rechange consommées, il faut tenir compte de leur stockage et sa gestion).
- Coût d'équipement (en plus des équipements et outillages propres à la maintenance, il arrive souvent qu'en cours d'exploitation se présente la nécessité d'acquérir des équipements instrument ou outils facilitant l'intervention).

I.9.2Coûts indirects «coût de défaillance »

- Réduction de la production (manque à gagner suite à l'arrêt de l'outil de production).

- Diminution la qualité de production (certains insuffisances de maintenance ont pour conséquence un fonctionnement dégradé et par conséquent un produit de moindre qualité : on sera amené à réduire le prix de vente ou à perdre une part du marché).
- Pénalités de retard (lors perturbation de la production suite aux pannes, les clients sont livrés en retard d'ou pénalités).

I.10La stratégie de la maintenance

La stratégie de la maintenance est l'ensemble des décisions qui conduisent à définir le portefeuille d'activité de la maintenance et conjointement, à organiser structurellement le système pour y parvenir dans le cadre de la mission impartie (objectif technique, économiques et humains).

I.10.1 La maintenance basée sur la fiabilité (MBF)

I.10.1.1La fiabilité

La fiabilité est la caractéristique d'un dispositif exprimée par la probabilité que ce dispositif accomplisse une fonction requise dans les conditions d'utilisations et pour une période du temps déterminée .

I.10.1.2 Fonction de répartition et de fiabilité

En fiabilité, la fonction de répartition F(t) représente la probabilité d'avoir au moins une défaillance avant le temps t, la fonction de fiabilité notée R(t), représente la probabilité de fonctionnement sans défaillance pendant la période [0, t].

$$R(t) = \mathbf{1 - \boldsymbol{F}(\boldsymbol{t})} = P(T > t)$$

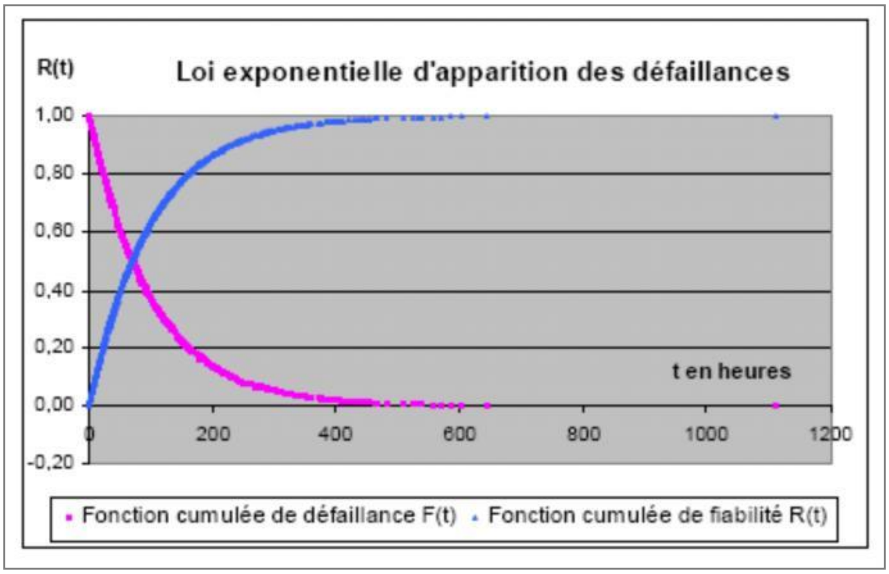

Figure I.7 : Loi exponentielle d'apparition des défaillances

I.10.2 Densité de probabilité

Elle est notée f(t), c'est la fonction dérivée de la fonction F(t),

$$F(t) = \frac{d\ \ (t)}{d} = -\frac{d\ \ (t)}{d}$$

Elle représente la probabilité de défaillance d'un élément à l'instant t.

I.10.3 Taux défaillance

Le taux de défaillance λ(t) représente la proportion de dispositifs qui, ayant vécu un temps t, ne sont plus en vie à t + dt. Il s'agit de la probabilité conditionnelle suivante :

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{1-F(t)} = \frac{f(t)}{R(t)}$$

Particulièrement importante, cette notion représente statistiquement le nombre de pannes se produisant au cours d'une unité de temps rapporté au nombre d'éléments fonctionnant encoure sans défaillance.

L'observation expérimentale montre que l'évolution du taux de défaillance en fonction du temps est en général représentée par la courbe suivante dite "courbe en baignoire".

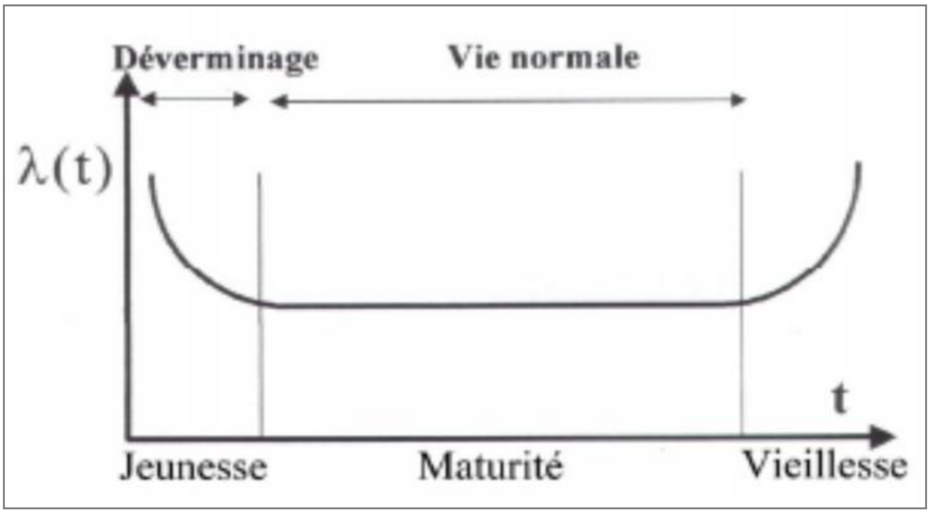

Figure I.8 : Courbe en baignoire

On y distingue trois périodes différentes selon l'âge du matériel :

- ❖ Période de jeunesse (période de défaillance), pendant laquelle le taux défaillance décroit.
- ❖ Période de vie utile qui correspond à la maturité du matériel durant laquelle les défaillances sont aléatoires et le taux de défaillance sensiblement constant.
- ❖ Période de vieillesse pendant laquelle le taux défaillance croit.

I.10.4 Analyse la fiabilité par les lois de probabilité

I.10.4.1 Analyse la fiabilité à partir la loi exponentielle

La loi exponentielle est fréquemment utilisée en fiabilité, notamment dans domaine de l'électronique. Elle est applicable pendant la période de vie utile du dispositif pendant laquelle le taux instantané de défaillance $\lambda(t)=\lambda$ est constante et les défaillances surviennent de façon aléatoire.
Les caractéristiques d'une variable T distribuée suivant une loi exponentielle sont :

- Fonction de répartition : $F(t)=1-R(t)= 1-e^{-\lambda t} \quad t\geq 0$
- Densité de probabilité : $f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \qquad t\geq 0$
- Fonction de fiabilité : $R(t) = e^{-\lambda t}$
- Espérance mathématique : $E(t) = \lambda(t)$

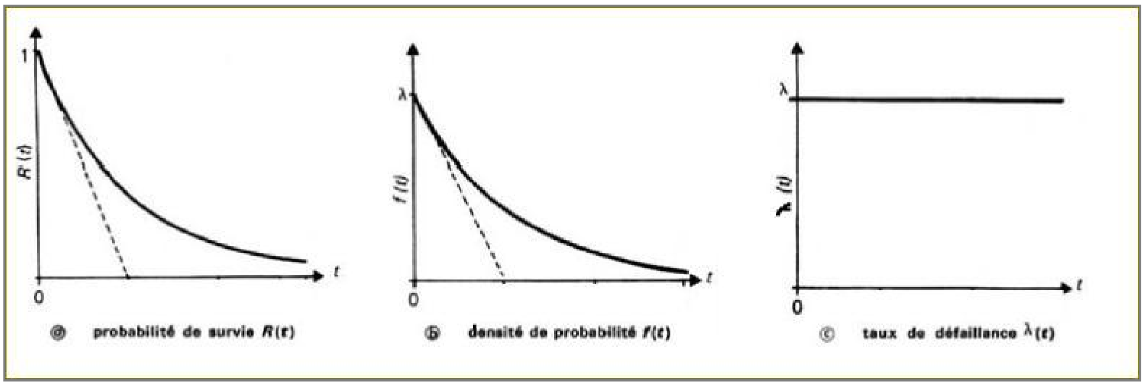

Figure I.9 : Principales propriétés de la distribution exponentielle

I.10.4.2 Analyse da la fiabilité par la loi de Weibull

La loi de Weibull est une loi continue à trois paramètres, utilisée en fiabilité. Elle prend une place plus importante dans le domaine mécanique, d'un emploi très souple, elle couvre un grand nombre de distributions et permet notamment de modéliser alternativement les trois phases de la vie d'un dispositif (figure5).

Ses trois paramètres sont **:**

β : paramètre de forme(β >0).

η: paramètre d'échelle (η >0).

γ : paramètre de position ou d'origine ($-\infty< \gamma<\infty$)

Ses expressions mathématiques avec : $(t- \gamma) > 0$

- **La fonction de fiabilité en fonction de β:**

$$R(t) + F(t) = 1$$

$$\mathbf{R(t)= 1-F(t)}$$

$$\mathbf{R(t)} = e^{-(\frac{t-\gamma}{\eta})^{\beta}}$$

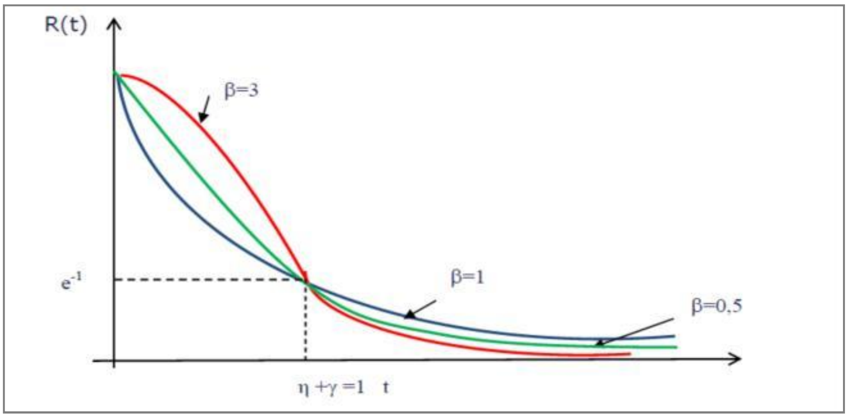

Figure I.10 : Influence du facteur de forme **β** sur la fiabilité

R(t) est la probabilité de bon fonctionnement à l'instant t.

- **La fonction de répartition F(t) :**

$$\mathbf{F(t)} = \mathbf{1} - \mathrm{e}^{-(\frac{t-\gamma}{\eta})^{\beta}}$$

- **La densité de probabilité :**

$$\boldsymbol{f(t)} = \frac{\boldsymbol{\beta}}{\boldsymbol{\eta}}(\frac{\boldsymbol{t-\gamma}}{\boldsymbol{\eta}})^{\beta-1}\mathbf{e}^{-(\frac{t-\gamma}{\eta})^{\beta}}$$

La densité de probabilité f(t) pour une loi de Weibull (figure I.10) est représentée par différents courbes selon la valeur de facteur de forme$\boldsymbol{\beta}$.

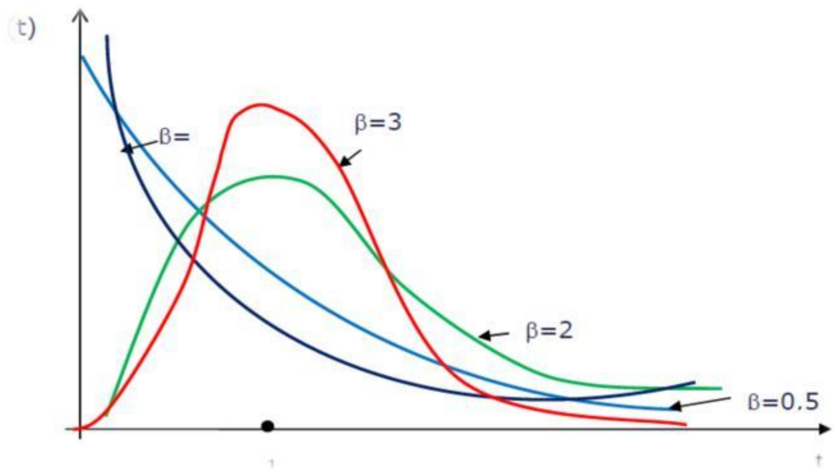

Figure I.11 : Représentation de la fonction de densité pour diverses valeurs de**β**.

- **Le taux défaillance λ(t)**

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

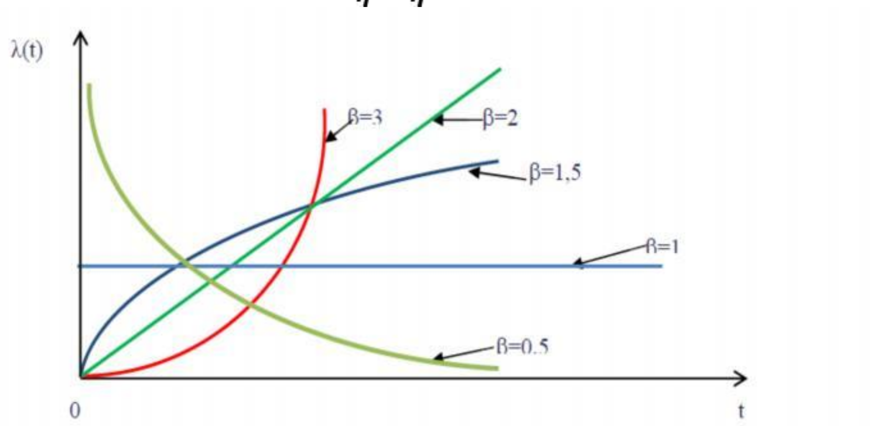

Figure I.12 : Influence de facteur de forme **β** sur le taux de défaillance .

Cas particulière γ=**0**et $\boldsymbol{\beta = 0}$ alors :

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)}$$

On retrouve la distribution exponentielle, qu'est un cas particulière de la loi de Weibull.

$$\lambda = \frac{1}{\eta} = \frac{1}{M}$$

I.10.4.3Signification des paramètres de Weibull

- **Paramètre de forme**

Le paramètre de forme il est important car il joue sur la variation du taux défaillance et permet ainsi de modéliser alternativement les trois phases de la courbe en baignoire.

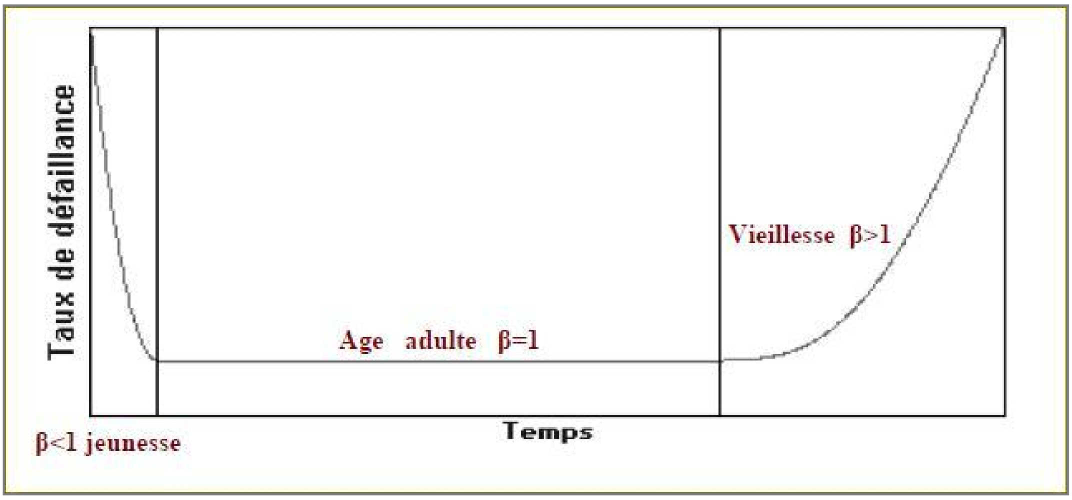

Figure I.13 : courbe en baignoire

- **β<1** : Phase de jeunesse avec défaillances des défauts de fabrication ou de montage

- $\beta = 1$: Phase de maturité avec défaillances aléatoires, il correspond cas particulière ou le taux défaillance est constant.
- $\beta > 1$: Phase de vieillesse avec apparition d'un mode de défaillance prédominant caractérisé par les grand valeurs de β

❖ **Paramètre échelle η**

Est un simple paramètre d'échelle de temps appelé aussi durée de vie caractéristique.

Si $t-\gamma = \eta$ on aura $F(t) = 63\ \%$.

❖ **Paramètre γ**

C'est le paramètre de localisation ou de repérage, très souvent on choisit $\gamma=0$ et la loi de Weibull est ramenée à deux paramètres. Donc γ correspond à une simple translation de l'axe des temps.

I.11 Disponibilité

Un dispositif est dit disponible s'il peut accomplir la mission ou la fonction pour laquelle il a été conçu. Le concept de disponibilité permet de mettre en évidence l'amplitude à la réparation d'un dispositif en mesurant l'efficacité de la maintenance

La disponibilité dépend à la fois de la fiabilité (du nombre de défaillance), de la maintenabilité (rapidité pour réparer ou remettre en état) et de la logistique de maintenance (procédure d'entretien et de réparation, moyens en personnel, stock de composant..).

- **Taux de disponibilité**

Au cours du temps t, le taux de disponibilité (D) d'un matériel est définit par le rapport suivant :

$$D(t) = \frac{T\ d'u\ \ d'a}{T\ d'u\ \ d'a + te\ \ d\ \ m}$$

- **Indisponibilité**

L'indisponibilité du dispositif est le contraire de la disponibilité, elle est définit par :

Indisponibilité = 1- Disponibilité = 1- D

I.12 Types de la disponibilité

- **Disponibilité intrinsèque**

La disponibilité intrinsèque D_i est égale à la disponibilité précédente Den excluant la maintenance préventive, les délais logistique (attente fourniture…) et les délais administratifs. La disponibilité intrinsèque s'exprime par le rapport suivant :

$$D_i = \frac{M}{M\ \ +M} = \frac{\mu}{\mu+\lambda}$$

- **Disponibilité opérationnelle**

La disponibilité opérationnelle D_0 est égale à la disponibilité intrinsèque D_i en prenant compte les détails logistiques avec le MTL (moyenne des temps logistique). La disponibilité opérationnelle s'exprime par le rapport suivant :

$$D_0 = \frac{M \quad F}{M \quad +M \quad +M}$$

I.13 Disponibilité de dispositif connecté en série ou en parallèle

- **Disponibilité de dispositif ou composant connecté en série**

La disponibilité globale D_S d'un dispositif composé de n composant (A, B, C…N) montés en série est égale au produit des disponibilités respectives D_A, D_B, D_C…D_N de chacun des composant.

$D_S = (D_A)\ (D_B)\ (D_C)\ldots(D_N)$

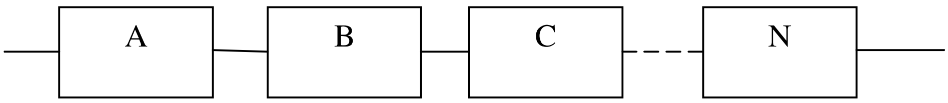

Figure I.14 : Configuration en série

- **Disponibilité de dispositif connecté en parallèle**

La disponibilité globale D_p de n composants A, B, C…N montés en parallèle et dont les disponibilités respectives sont D_A, D_B, D_C …D_N est égale a :

$D_p = (D_A)\ (D_B)\ (D_C)\ldots\ (D_N)$

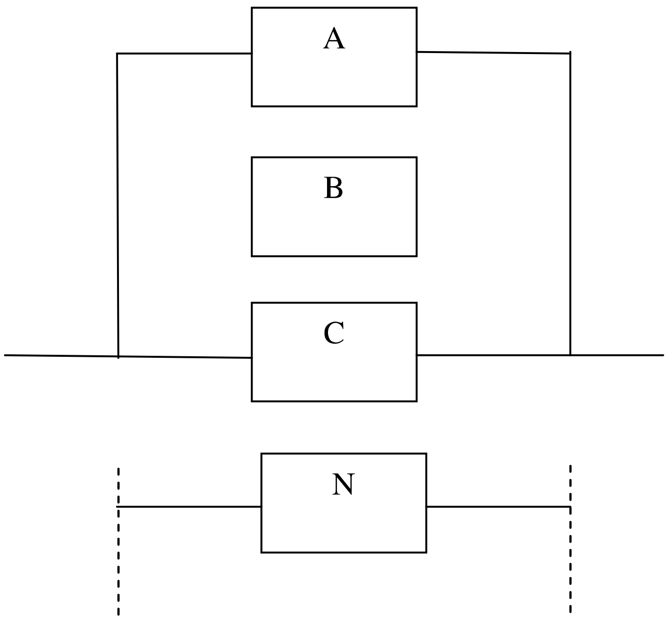

Figure I.15 : Configuration en parallèle