

TABLE DES MATIERES

• INTRODUCTION.....	1
• Chapitre 01. GENERALITES	2
• Chapitre 02. LA SURETE, VOLET INCONTOURNABLE DE L'EFFICACITE	4
2.1 Aspects intrinsèque et extrinsèque de la SURETE.....	4
2.2 Aptitude a assuré un service spécifique pendant le cycle de vie.....	5
2.3 Les moyens d'étude et de mesure des différentes composante de la disponibilité.....	5
• Chapitre 03. ETUDE DE MODELE DE WEIBULL	7
3.1 Représentation graphique	10
3.2 La courbe en Baignoire.....	12
• Chapitre 04. ESTIMATION DES PARAMETRE DE LA LOI DE WEIBULL	13
4.1 La droite des moindres carrées.....	13
4.2 Détermination des formules générales des moindres carres	13
• Chapitre 05. SIMULATION	15
5.1 Introduction.....	15
5.2 Application : maintenance d'un robot de peinture.....	15
5.2.1 Présentation du robot de peinture.....	15
5.2.2 Description de fonctionnement.....	17
5.2.3 Description des pannes et nature des travaux à faire.....	17
• Chapitre 06. CALCUL DES PARAMETRES DE LA LOI DE WEIBULL	21
6.1 Introduction.....	21

6.2 Cahiers des charges.....	21
6.3 Présentation de l'organigramme.....	22
6.4 Calculs des différents paramètres de l'étude.....	23
6.4.1 Justification des calculs par logiciel EXCEL.....	26
• Chapitre 07. INTERPRETATION	28
• Chapitre 08. CONCLUSION	34

LISTE DES ABREVIATIONS ET ACRONYMES

- AMDEC : Analyse des Modes de Défaillance
- MTBF : (mean time beforefailures) temps moyen entre deux pannes

- TBF : temps de bon fonctionnement

- MTTR : (mean time to repair) temps moyens pour réparer

- C_p : Coût d'un remplacement programmé
- C_d : Coût d'une défaillance en service
- β : paramètre de forme
- η : Paramètre d'échelle

- γ : paramètre de position
- $\lambda(t)$: Taux de défaillance
- L : Durée de vie
- q : Cout de défaillance
- P : Cout de la Pénalisation
- r : Corrélation linéaire

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Description des pannes et nature des travaux à faire.....	16
Tableau 2 : Calcul des différents paramètres de l'étude classe par ordre croissant	22
Tableau 3 : Estimation analytique, méthode des moindres carrés.....	25

LISTES DES FIGURES

Figure 1.1 : Organigramme générale de Maintenance.....	2
Figure 3.1 : Allure de la Fonction de défaillance $F(t)$	8
Figure 3.2 : Allure de la Fiabilité $R(t)$	8
Figure 3.3 : Allure de la fonction de densité défaillance pour diverses valeurs de β	9
Figure 3.4 : Allure de la fonction de répartition $F(t)$ pour diverse valeur de β	10
Figure 3.5 : Allure du taux défaillance $\lambda(t)$	10
Figure 3.4 : Courbe de Baignoire.....	11
Figure 5.1 : Robot de peinture.....	14
Figure 5.2 : Représentation du robot : groupe hydraulique, armoire de contrôle.....	15
Figure 6.1 : Organigramme conforme au cahier des charges (algorithme de calcul).....	21
Figure 7.1 : Allure de la fonction de Défaillance $F(t)$	27
Figure 7.2 : Allure de la fonction Fiabilité $R(t)$	28
Figure 7.3 : Allure de la courbe lambda (t).....	28

INTRODUCTION

Les machines industrielles étant de plus en plus complexes et coûteuses, il devient indispensable d'utiliser au mieux cet investissement en réduisant les temps d'arrêt et ainsi améliorer sa productivité : c'est l'objectif du « zéro panne ». En effet un nombre trop important de pannes peut entraîner des arrêts de production fréquents et ainsi engendrer un « manque à gagner » énorme pour l'entreprise.

De même que les zéro pannes, il existe quatre autres commandements que l'industriel moderne se doit de respecter : zéro défaut, zéro stock, zéro arrêt, zéro papier. Pour chacun de ces commandements, la maintenance a un rôle majeur à jouer, de sorte qu'elle occupe une position centrale dans les préoccupations industrielles d'aujourd'hui.

On aboutit aux concepts de F.M.D.S (fiabilité, maintenabilité, disponibilité et Sécurité) qui commencent à être introduits dans l'industrie. La maintenance corrective (on attend la panne avant d'intervenir) qui est l'entretien historique tend à laisser sa place à la maintenance préventive.

Celle-ci vise à diminuer la probabilité de défaillance d'un système en s'appuyant sur la prévention des pannes.

Cependant, ce changement vers la maintenance préventive n'est pas facile car il exige beaucoup de préparations : une bonne documentation de base avec des plans justes et des nomenclatures à jour ; ou des enregistrements des interventions en vue d'une analyse statistique des défaillances,

Enfin, l'élaboration des programmes d'intervention doit être judicieusement en coordination avec le planning de fabrication.

Chapitre 01 : GENERALITES

1.2 Organigramme générale de Maintenance

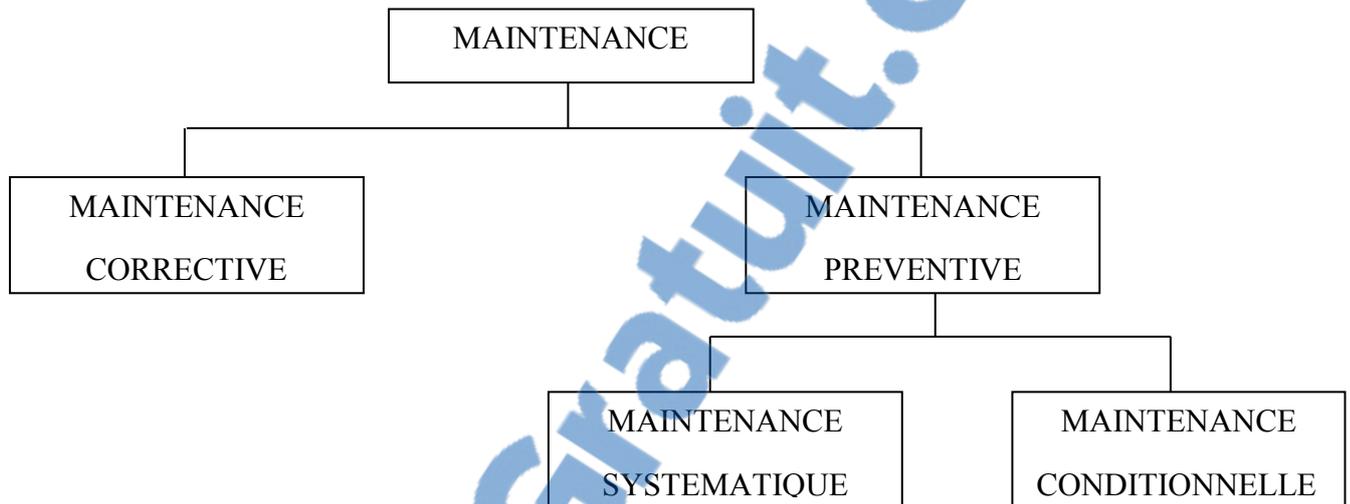


Fig.1.1 Organigramme générale de la maintenance

1.2. Vocabulaire de la maintenance industrielle

- Fiabilité : aptitude d'un dispositif à accomplir une fonction requise, dans des conditions données, pendant une durée donnée ;
- Maintenabilité : dans des conditions données d'utilisation pour lesquelles il a été conçu, aptitude d'un bien à être maintenu ou rétabli dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, ou des procédures et des moyens prescrits ;
- Disponibilité : aptitude d'un bien, sous les aspects combinés de sa fiabilité, maintenabilité et de l'organisation de maintenance, à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions de temps déterminées ;

- Maintenance : ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé. On distingue plusieurs types de maintenance :

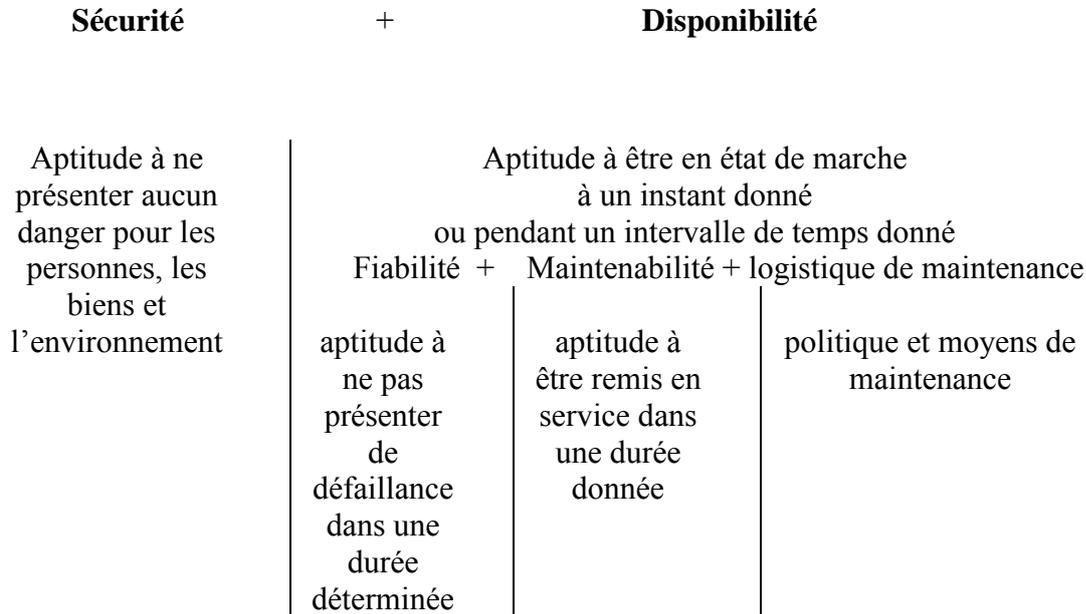
- Maintenance préventive : cette politique de maintenance s'adresse aux éléments provoquant une perte de production ou des coûts imprévisibles classés comme importants pour l'entreprise. Elle vise à prévenir et diminuer la probabilité de défaillance d'un système, pour cela elle s'appuie sur ;

- la maintenance systématique : qui consiste à changer systématiquement suivant un échéancier établi, des éléments jugés comme trop important dans le fonctionnement de l'unité ;

- la maintenance conditionnelle : c'est une maintenance préventive qui demande d'effectuer un diagnostic avant de remplacer l'élément visité ;

- maintenance corrective : elle s'applique après la panne. Cela ne veut pas dire qu'elle n'a pas été pensée. En effet, des méthodes de dépannage rapide peuvent être appliquées (arbres de maintenance).

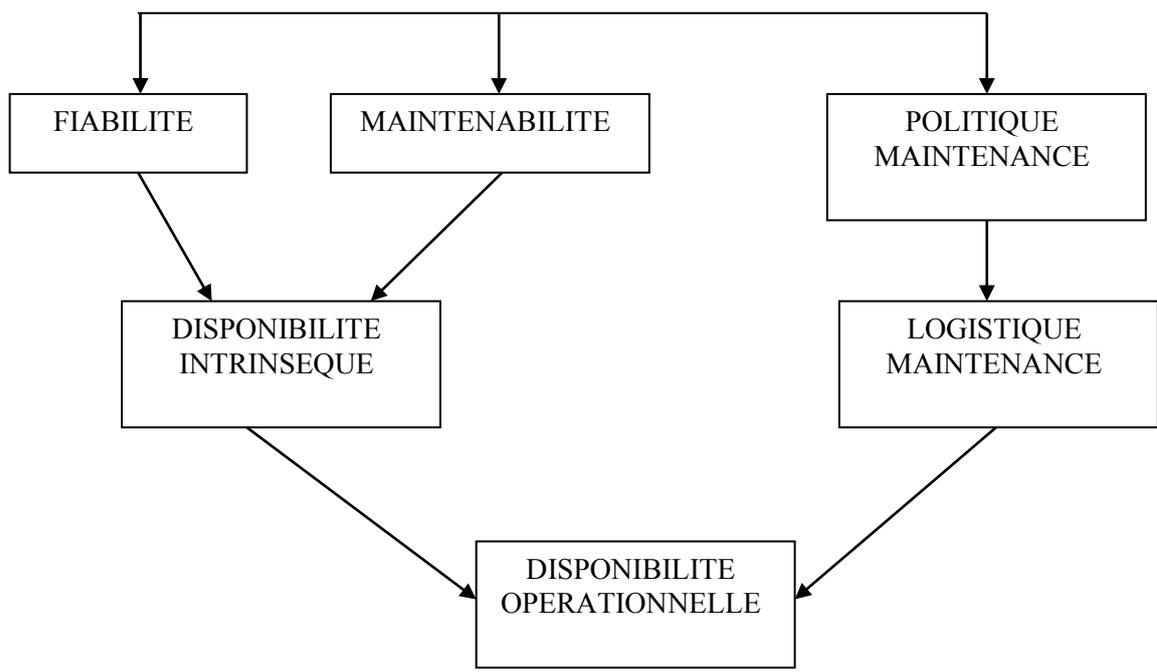
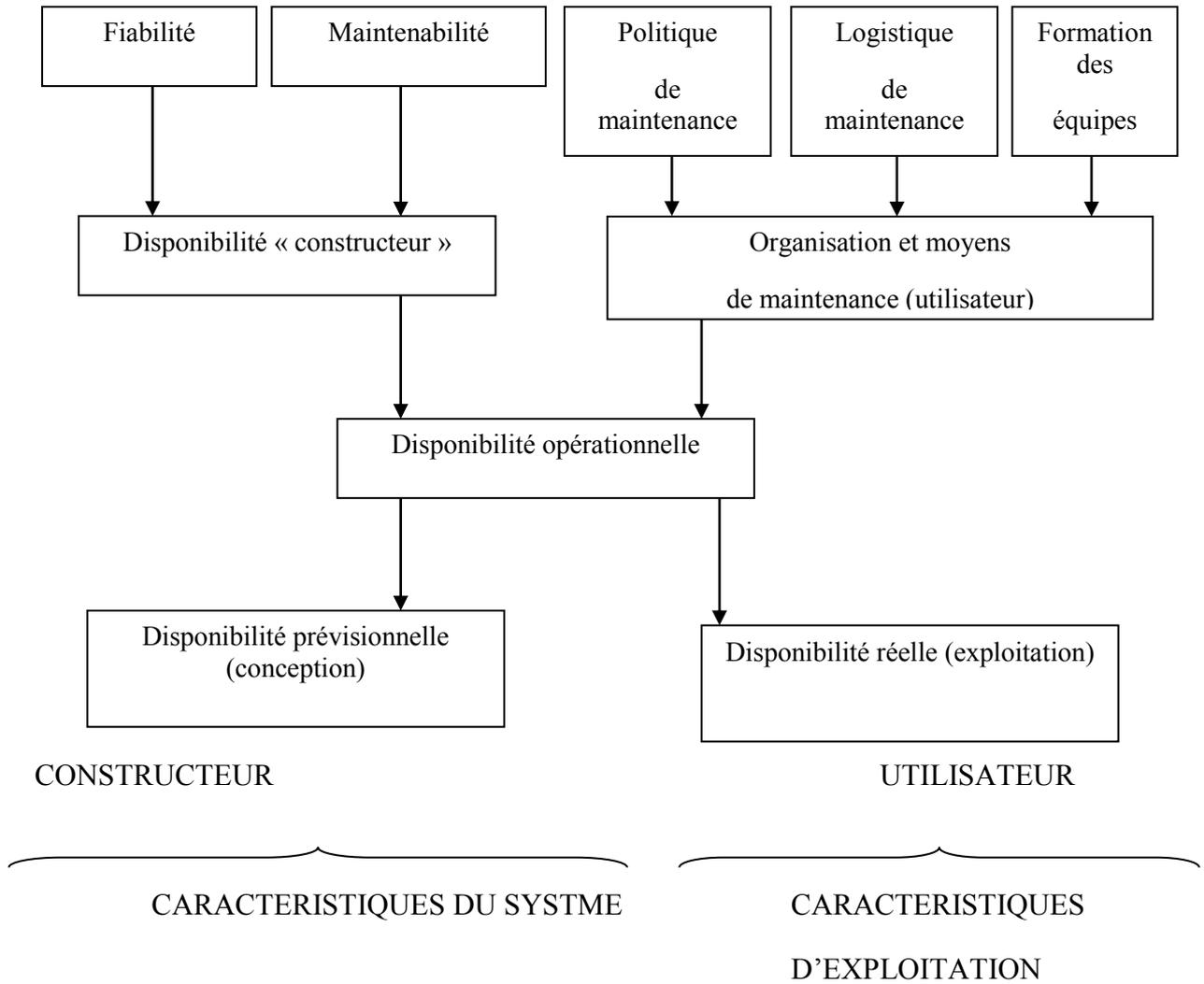
2.2 Aptitude à assurer un service spécifié pendant le cycle de vie



2.3 Les moyens d'étude et de mesure des différents composants de la Disponibilité

Un matériel « disponible » est un matériel dont on peut se servir. A partir de cette évidence, il apparaît de façon intuitive, que la disponibilité dépend à la fois :

- du nombre (ou probabilité) de défaillances FIABILITE ;
- de la rapidité avec laquelle ces défaillances seront réparées MAINTENABILITE ;
- des règles définies pour l'entretien et la réparation POLITIQUE DE MAINTENANCE ;
- de la qualité des moyens mis en œuvre pour cette maintenance (personnel, outillages, stocks...) LOGISTIQUE ;
- Niveau de technicité du personnel exploitant FORMATION.



Chapitre 03 : ETUDE DU MODELE DE WEIBULL EN FIABILITE : $W(\eta, \gamma, \beta)$

En théorie des probabilités, la loi de Weibull, nommée d'après Waloddi Weibull en 1951 est une loi de probabilités continue à trois paramètres, donc d'un emploi très souple .La loi de Weibull est un cas spécial de loi d'extremum généralisée au même titre que la loi de Gumbel ou la loi de Fréchet .

En fonction de la valeur de ses paramètres, elle peut s'ajuster à toutes sortes de résultats expérimentaux ; il faut cependant noter que son emploi peut se relever moins avantageux que celui de lois plus simple, en particulier lors de l'application de tests statistiques.

Cette loi a été retenue pour représenter la durée de vie de pièces mécaniques comme les roulements à billes ou les engrenages.

Un variable aléatoire continue X , distribuée suivant une loi de Weibull, est caractérisée par :

- sa densité de probabilité :

$$F(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \text{ avec } t \geq \gamma$$

β : appelé paramètre de forme

η : appelé paramètre d'échelle

γ : appelé paramètre de position (paramètre de décalage)

- sa fonction de Défaillance est :

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

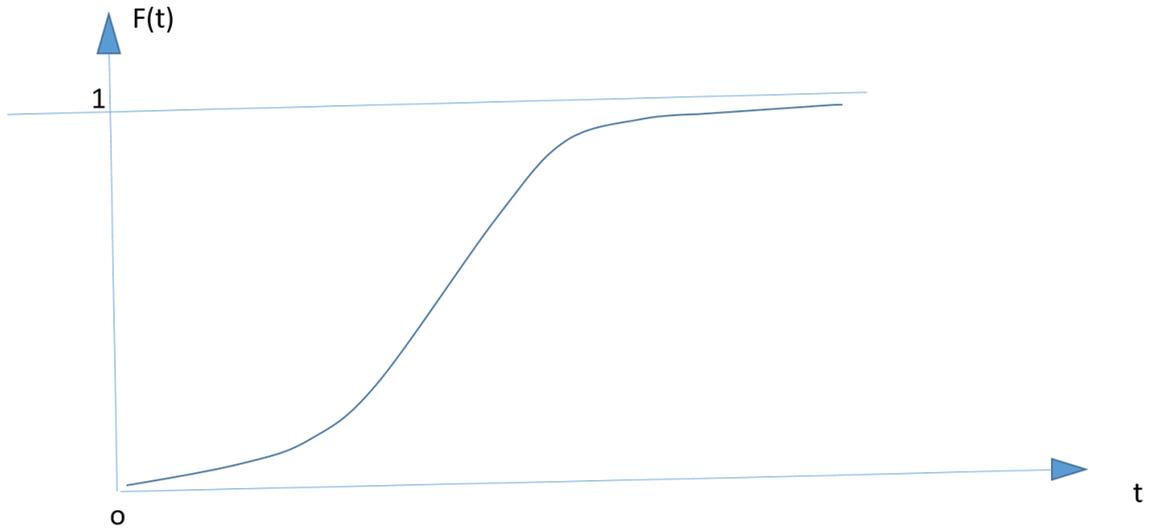


Figure 3.1 Allure de la fonction de Défaillance F(t)

- La fiabilité correspondante est :

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

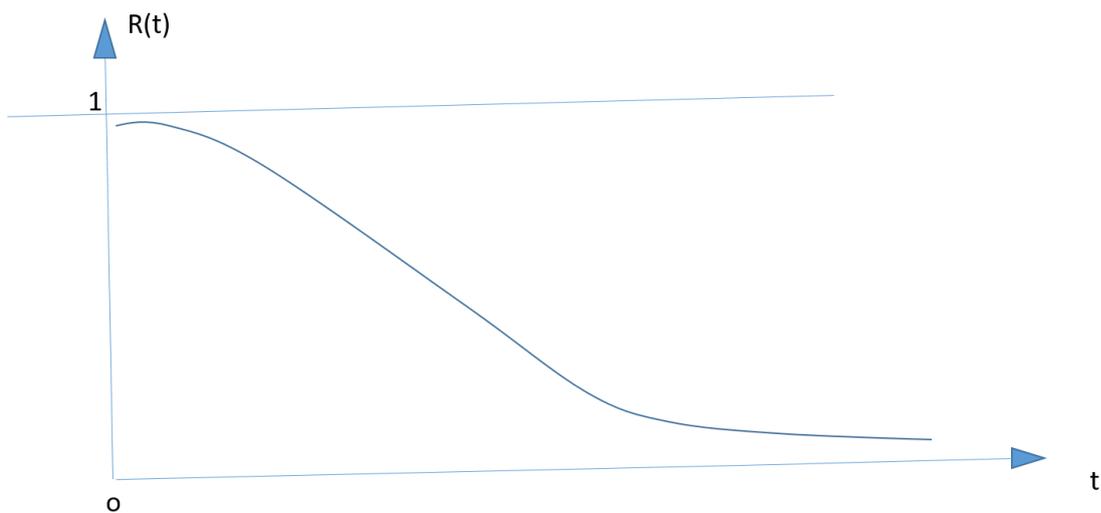


Fig 3.2 Allure de la Fiabilité R(t)

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

- Son espérance mathématique :

$$E(t)=MTBF=\gamma + \eta\Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \text{ -Mean Time Between Failure}$$

- Sa variance :

$$v(t) = \eta^2\left[\Gamma\left(1 + \frac{2}{\beta}\right) - \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)\right]$$

- Taux de défaillance

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

On remarque que pour $\gamma = 0$ et $\beta = 1$

$$f(t) = \frac{1}{\eta} e^{-\frac{t}{\eta}}$$

C'est la distribution exponentielle, cas particulier de la distribution de Weibull .

- Durée de vie : L

La durée de vie est déterminée a partir de R(t)

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

$$\text{Ln } R(t) = -\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta$$

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

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

$$\text{D'où : } t = \gamma + \eta \left(\text{Ln } \frac{1}{R(t)}\right)^{\frac{1}{\beta}} = L$$

Si $R(t) = 0,9$

$$t = L = \gamma + \eta(0,105)^{\frac{1}{\beta}}$$

3.1 Représentation Graphique

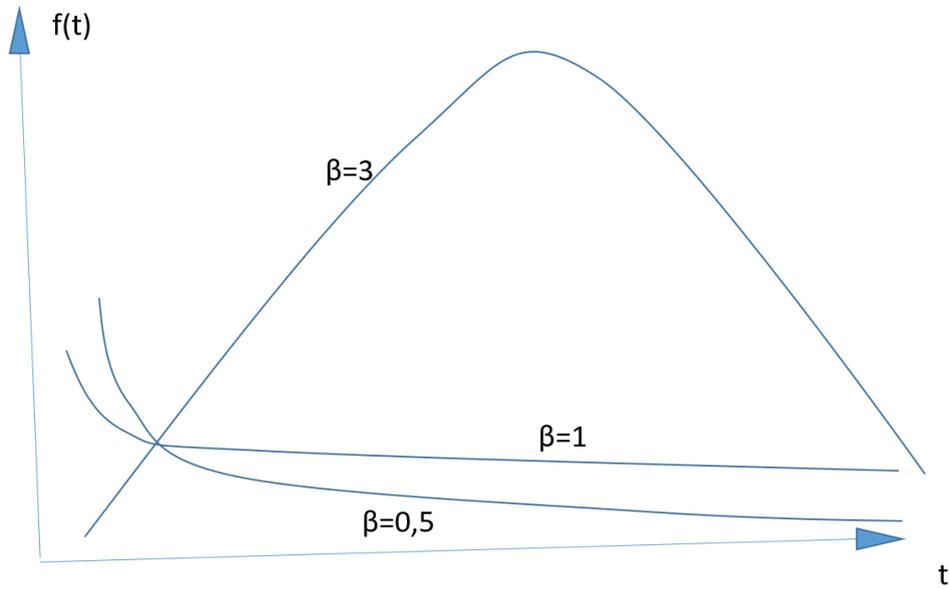


Fig. 3.3 Allure de la fonction de densité de défaillance pour diverses valeurs de β

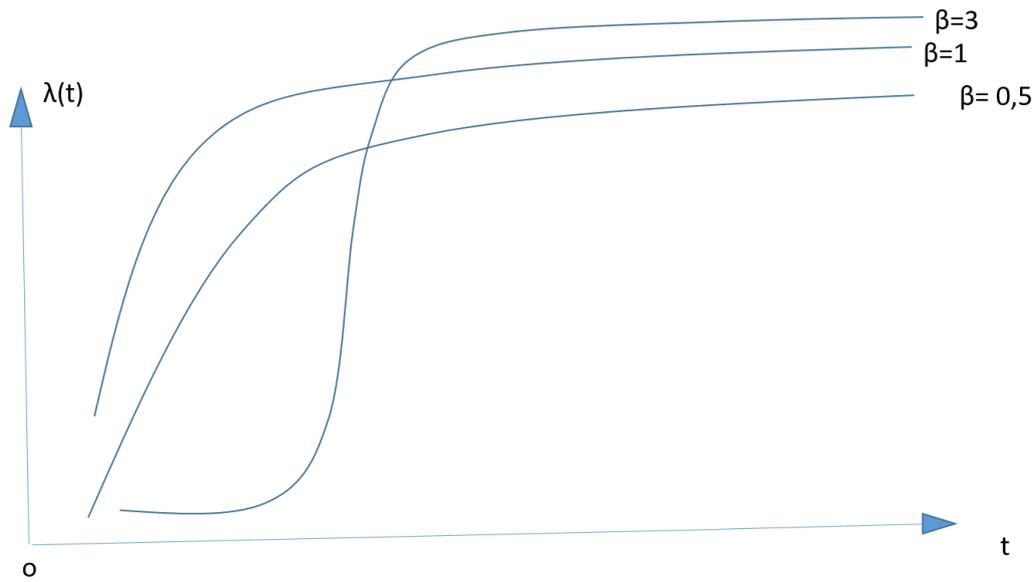


Fig. 3.4 Allure de la fonction de défaillance $F(t)$ pour diverse valeur de β

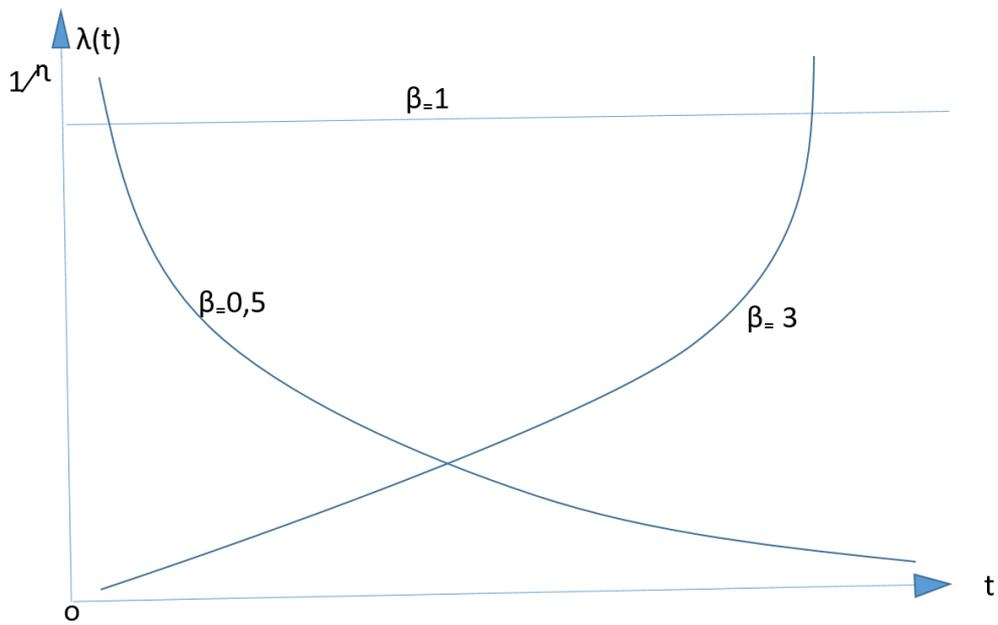


Fig. 3.5 Allure du taux de défaillance $\lambda(t)$

3.2 La courbe en Baignoire

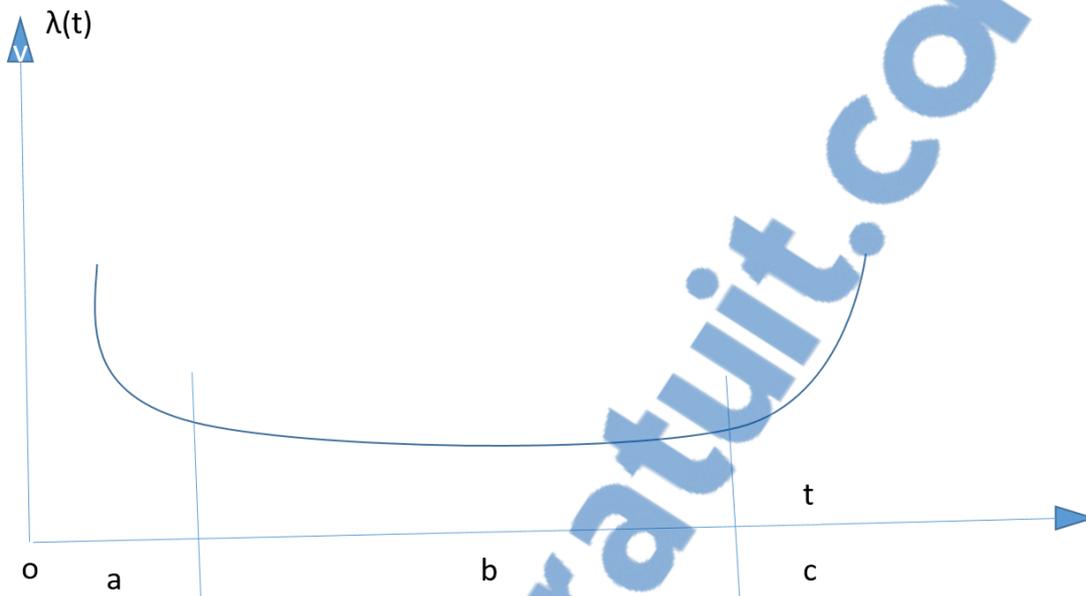


Fig. 3.4 Allure de la courbe en Baignoire

Pour mettre en place une politique de maintenance efficace, il importe de comprendre les phénomènes de défaillance ou de dégradation des matériels.

D'une manière générale, la variation des défaillances s'établit sur trois périodes :

✚ Les défaillances de jeunesse (période a)

Caractérisées par un taux de défaillance décroissant en fonction du temps.

✚ Les défaillances de maturité (période b)

A taux de défaillance sensiblement constant.

✚ Les défaillances de vieillesse (période c)

Avec taux de défaillance croissant (période d'usure)

L'évolution du taux de défaillance $\lambda(t)$ se présente alors sous forme d'une courbe en baignoire.

$\lambda(t)$: probabilité d'avoir une défaillance du système ou de l'élément entre les instants t et $(t + dt)$ à condition que le système ait vécu jusqu'à t .

Chapitre 04 : ESTIMATION DES PARAMETRES DE LA LOI DE WEIBULL

Un des problèmes essentiels est l'estimation des paramètres : (β, η, γ) de cette loi. Pour cela, nous allons utiliser la méthode de moindres carrés.

4.1 La droite des moindres carrés

La droite des moindres carrés ajustant le nuage de points $(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), \dots, (X_N, Y_N)$ a pour équation

$$Y = a_0 + a_1 X$$

Où les constantes a_0 et a_1 sont déterminées en résolvant simultanément les équations.

$$\begin{aligned} \sum Y &= a_0 N + a_1 \sum X \\ \sum XY &= a_0 \sum X + a_1 \sum X^2 \end{aligned}$$

Que l'on appelle souvent équations normales de la droite des moindres carrés.

4.2 Détermination des formules générales des moindres carrés citées ci-dessus à partir de la procédure graphique de Weibull

La procédure graphique de Weibull vise à construire un repère fonctionnel dans lequel le graphe de la fonction de Défaillance $F(t)$ sera linéaire. Pour ce faire, on applique deux fois la transformation logarithmique à celle-ci.

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

$$\ln [1 - F(t)] = -\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta$$

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

$$\ln \ln \left[\frac{1}{1 - F(t)}\right] = \beta \ln \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)$$

$$\text{D'où } \ln \ln \left(\frac{1}{1 - F(t)}\right) = \beta \ln(t - \gamma) - \beta \ln \eta$$

Si on pose $Y = \ln\left(\frac{1}{1-F(t)}\right)$ et $X = \ln(t - \gamma)$

On obtient bien une droite $Y = AX + B$

Ou

$$a_1 = A = \beta$$

$$a_0 = -B \ln \eta = \frac{(\sum Y)(\sum X^2) - (\sum X)(\sum Y)}{N \sum X^2 - (\sum Y)^2} \quad a_1 = \frac{N \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{N \sum X^2 - (\sum Y)^2}$$

$$\ln \eta^\beta = - \frac{(\sum Y)(\sum X^2) - (\sum X)(\sum Y)}{N \sum X^2 - (\sum Y)^2}$$

$$e^{\ln \eta^\beta} = e^{- \frac{(\sum Y)(\sum X^2) - (\sum X)(\sum Y)}{N \sum X^2 - (\sum Y)^2}}$$

$$\eta^\beta = e^{- \frac{(\sum Y)(\sum X^2) - (\sum X)(\sum Y)}{N \sum X^2 - (\sum Y)^2}}$$

Formule Générale

- Calcul de β

$$\beta = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}$$

- Calcul de η

$$\eta^\beta = \exp \left| \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2 \sum_{i=1}^n y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n x_i y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \right|$$

Chapitre 05 SIMULATION

5.1. Introduction

Dans cette partie, nous allons procéder à une application pratique de la loi de Weibull, tout en utilisant la programmation créée (voir annexe 1). Pour cela, nous allons prendre le cas d'un robot de peinture.

Cette étude a été tirée d'une documentation de maintenance d'une entreprise. Les données recueillies ont été exploitées avec la méthode ABC, mais pour notre cas nous allons la refaire à nouveau avec la méthode de Weibull.

5.2. Application : maintenance d'un robot de peinture

5.2.1 Présentation du robot de peinture



Fig. 5.1 Robot de peinture

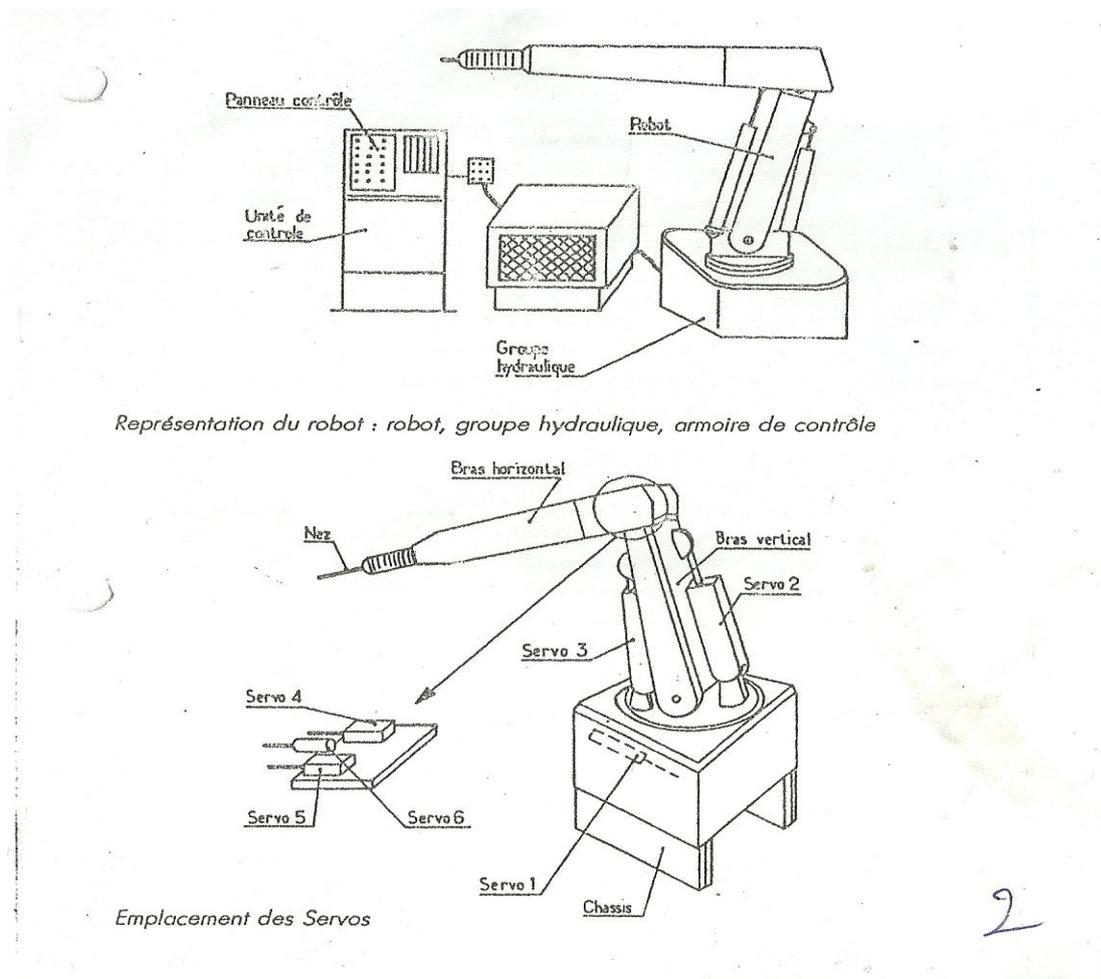


Fig. 5.2 Représentation du robot, groupe hydraulique, armoire de contrôle

Servo 1 (vérin linéaire) : pour les mouvements latéraux du bras du robot.

Servo 2 (vérin linéaire) : pour les mouvements entrée / sortie du bras du robot.

Servo 3 (vérin linéaire) : pour les mouvements haut / bas du bras du robot.

Servo 4 (vérin linéaire) : pour les réglages du pistolet selon un plan vertical.

Servo 5 (vérin linéaire) : pour les réglages du pistolet selon un plan horizontal.

Servo 6 (vérin rotatif) : pour la rotation du pistolet.

5.2.2 Description du fonctionnement

Il est constitué de trois parties :

- Le robot
- Le groupe hydraulique
- L'armoire de contrôle.

- Le robot

Le rôle du robot est de positionner dans l'espace un pistolet de peinture au moyen de six vérins hydrauliques nommés servo 1 à 6.

- Le groupe hydraulique

Le groupe hydraulique alimente le robot en huile sous pression.

- L'armoire de contrôle

L'armoire de contrôle incorpore le système électronique qui gère les mouvements du robot et stocke en mémoire les programmes enregistrés. Elle contient la mémoire programme (le panneau de contrôle, les connections pour l'équipement externe).

5.2.3 Description des pannes et nature des travaux à faire

Electrovanne pistolet

Date	Heures d'arrêt	Nature du travail à faire / défaut
11-01-04	15	Débit d'air faible (électrovanne pistolet)
28-03-04	30	Câble électrovanne de pulvérisation arrachée
14-06-04	15	Echange EV de commande du pistolet
14-09-04	100	Mauvais contact dans câble d'alimentation EV du pistolet
11-10-04	25	Mauvaise projection de peinture. Echange EV

Temps d'arrêt : 185 min

A vérin (servo 5)

Date	Heures d'arrêt	Nature du travail à faire / défaut
30-05-04	15	Mauvaise trajectoire après enregistrement Echange – Carte

Temps d'arrêt : 15 min

Bras horizontal

Il n'y a pas présence de panne.

Poignées de programmation

Date	Heures d'arrêt	Nature du travail à faire / défaut
14-06-04	30	Arrêt pendant le cycle. Contact des poignées de programmation collé par la peinture
28-06-04	80	Cycle trop long (poignées nettoyage et vérification fonctionnement)
29-06-04	30	Mauvais enregistrement
29-06-04	320	Pas de fin d'enregistrement
07-09-04	10	Prise d'enregistrement pleine de peinture.
19-12-04	60	Pas de rotation après enregistrement (permuter poignées enregistrement)

Temps d'arrêt : 530 min

Nez robot

Date	Heures d'arrêt	Nature du travail à faire / défaut
18-01-04	60	Mauvais reproduction, trompe bouge, rotule cassée sur côté bras
24-01-04	30	Arrêt en cours de cycle
15-06-04	225	Plus de rotation trompe (nettoyage)
18-10-04	50	Mauvais reproduction du cycle
19-10-04	35	Difficulté de reproduction du cycle
07-11-04	80	Mauvais recopiage. Jeu important dans la tête et vibrations contrôle servo
28-11-04	20	Mauvaise reproduction du cycle
29-11-04	120	Décalage de reproduction du cycle (1,5cm à gauche)

29-11-04	45	Jeu sur rotules (pendant changement)
11-12-04	170	Jeu dans la tête, servos débloqués

Temps d'arrêt : 835 min

Course du support bras.

Date	Heures d'arrêt	Nature du travail à faire / défaut
03-01-04	20	Pas de rotation actionnée « n » fois bras support
26-10-04	20	Pas d'arrêt rotation, bras du robot coincé
07-11-04	20	Pas d'arrêt du mandrin après enregistrement (contacts bloqués par protection plastique)
17-11-04	10	Arrêt en cours de reproduction (plastique)
19-11-04	20	Pas d'arrêt rotation mandrin
20-11-04	15	Contact fin de course non relâché (trop enfoncé)
22-11-04	10	Pas d'arrêt rotation fin de course non libérée
01-12-04	25	Contact support bras resté collé

Temps d'arrêt : 140 min

Pression du groupe hydraulique

Date	Heures d'arrêt	Nature du travail à faire / défaut
16-04-04	10	Plus de reproduction de l'enregistrement. Fin de course coincée par la peinture

Temps d'arrêt : 10 min

Disquette

Date	Heures d'arrêt	Nature du travail à faire / défaut
09-03-04	30	Départ campagne, mauvaise trajectoire (échange disquette)

Temps d'arrêt : 30 min

Carte DH

Date	Heures d'arrêt	Nature du travail à faire / défaut
15-01-04	35	En fin de programme, le robot ne revient pas en position initiale (carte mémoire du bras)
27-01-04	10	Pas de départ cycle. Fin de course déplacée.

Temps d'arrêt : 45 min

Carte (s) servo

Date	Heures d'arrêt	Nature du travail à faire / défaut
18-01-04	10	Avant par saccade (carte servo) réglage gain du servo 1, carte n°14

Temps d'arrêt : 10 min

Chapitre 06 CALCUL DES PARAMETRES DE LA LOI DE WEIBULL : $W(\eta, \gamma, \beta)$

6.1 Introduction

Pour faciliter les calculs des paramètres de Weibull dans l'étude de la maintenance du robot, nous allons réaliser une programmation qui va nous aider dans les calculs des paramètres de Weibull et aussi à analyser les différentes courbes qui en découlent. Pour cela, nous allons utiliser le logiciel « Fortran 90 » pour la réalisation de ce programme.

6.2 Cahier des charges

Dans ce programme, l'utilisateur va saisir un à un tous les TBF. Quand tous les TBF seront listés, il va saisir « 0 » pour lancer les calculs.

Le programme va afficher la valeur du décalage (γ), de bêta (β), de éta (η) et de la corrélation linéaire r .

Si l'utilisateur veut calculer la MTBF, alors il appuie sur « 1 », si non, il appuie sur « 0 »

Pour la fonction de Défaillance $F(t)$ et l'allure de la Fiabilité $R(t)$, l'utilisateur va saisir la valeur de t à calculer.

Après, on demande si l'utilisateur veut procéder au calcul du temps optimum d'intervention préventive. Si oui, il insère « 1 » et l'ordinateur va demander le coût de défaillance « c_d » et le coût de changement préventive « c_p ». L'écran va alors afficher le coût optimum d'intervention et va donner les courbes $R(t)$, $F(t)$ sous forme .doc ou .PDF. Autrement, l'utilisateur insère « 0 » et c'est la fin du programme

6.3 Présentation de l'organigramme

Voici l'organigramme conforme au cahier des charges.

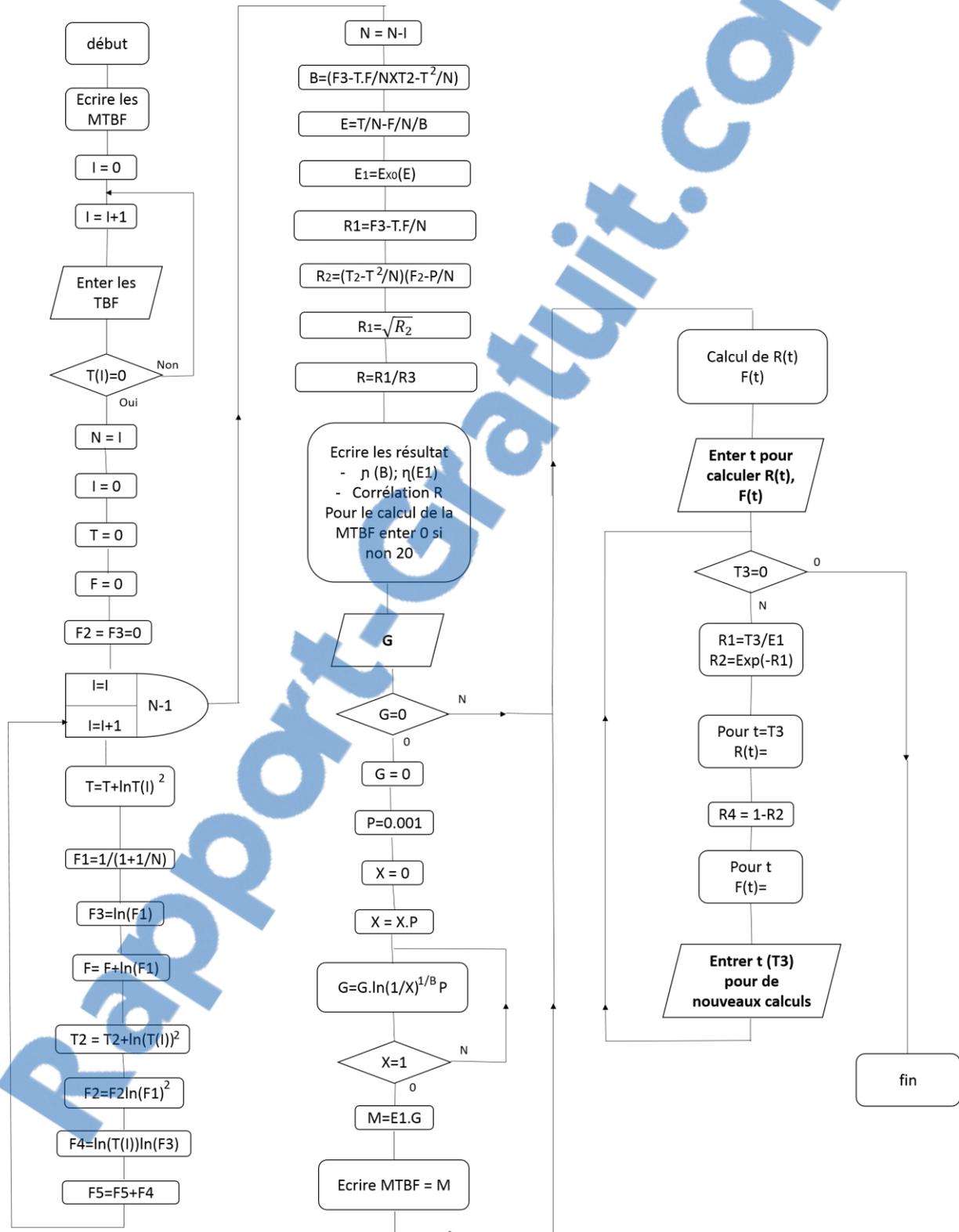


Fig. 6.1 Algorithme de calcul

6.4 Calculs des différents paramètres de l'étude

γ = paramètre de décalage

β = beta

η = eta

Les programmes de ces calculs, en fortran sont regroupés en annexe.

Voici les analyses fines du temps entre défaillance pour trois organes du robot :

Electrovanne pistolet (A)

Classé par ordre croissant, on a

N° Tbf	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
valeur Tbf	30	45	60	100	150	170	195	200	250	340

Cout de défaillance : q=250F

Cout de la Pénalisation : P=24000F

Nombre de tbf saisis = 10

❖ **Résultats de traitement :**

-Décalage 0,000000E+00

-Beta = 1,242850

-Êta = 637,684300

-Corrélation linéaire : r = 9,870367E=01

mtbf = 592,893800

-Temps optimum = 59,600000

-Cout moyen par unité de temps : 24,81

$$R_A(t) = e^{-\left(\frac{t}{180}\right)^{1,24}}$$

Vérin(B)

N° 1	Tbf	2	3	4	5	6	7	8	9
valeur 250 Tbf		400	430	480	670	1000	1050	1200	1500

❖ Nombre de tbf saisis = 9

Cout de défaillance : q=250F

Cout de la Pénalisation : P=2250F

❖ **Résultats de traitement :**

-Décalage 0,000000E+00

-Beta = 1,605660

-Êta = 55908,300000

-Corrélation linéaire : r = 9 ,870367E=01

-mtbf = 50003,02000

$$R_B(t) = e^{-\left(\frac{t}{905}\right)^{1,60}}$$

Carte (s) servo (E)

N° Tbf	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
valeur Tbf	75	81	117	130	130	140	150	155	180	200

Nombre de tbf saisis = 10

Cout de défaillance : q=250F

Cout de la Pénalisation : P=1500F

❖ **Résultats de traitement :**

-Décalage 0,000000^{E+00}

-Beta = 3,120394

-Êta = 6519600,000000

-Corrélation linéaire : r = 9,779732E=01

-mtbf = 5826472, 000000

-Temps optimum = 2500728,00000

-Cout moyen par unité de temps : 1,293870^{E=04}

$$R_E(t) = e^{-\left(\frac{t}{153}\right)^{3,12}}$$

6.5. Justification des calculs par le logiciel EXCEL

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	N°	TBF	nj	Sommes nj	F(Ti)	Xi	1/F(ti)	Yi	Xi*Yi	Xi^2	Yi^2	BETA	
2	1	30	1	1	0,067	1,477	14,857	0,96652778	1,42767873	2,1818872	0,93417596	1,243	
3	2	45	1	2	0,163	1,653	6,118	0,49023189	0,81045749	2,73311162	0,2403273		
4	3	60	1	3	0,260	1,778	3,852	0,04685358	0,08331275	3,16182187	0,00219526	neta	
5	4	100	1	4	0,356	2,000	2,811	-0,5212553	-1,0425106	4	0,2717071	637,6	
6	5	150	1	5	0,452	2,176	2,213	-1,6455644	-3,5808982	4,73537317	2,70788204		
7	6	170	1	6	0,548	2,230	1,825	-0,1929037	-0,4302618	4,97490239	0,03721182		
8	7	195	1	7	0,644	2,290	1,552	-0,5937747	-1,3597646	5,24425852	0,3525684		
9	8	200	1	8	0,740	2,301	1,351	-1,0479686	-2,4114071	5,29473904	1,09823809		
10	9	250	1	9	0,837	2,398	1,195	-1,6326948	-3,9151041	5,75011629	2,66569223		
11	10	340	1	10	0,933	2,531	1,072	-2,6288008	-6,6547539	6,40838551	6,9105938		
12													
13				sommes	20,836		-0,446	-6,7593489	-17,073251	44,4845956	-2,787038		
14													
15													
16	N°	TBF	nj	Sommes nj	F(Ti)	Xi	1/F(ti)	Yi	Xi*Yi	Xi^2	Yi^2	BETA	
17	1	75	1	1	0,067	1,875	14,857	0,96652778	1,81229881	3,51585474	0,93417596	3,122	
18	2	81	1	2	0,163	1,908	6,118	0,49023189	0,93560021	3,64231507	0,2403273		
19	3	117	1	3	0,260	2,068	3,852	0,04685358	0,09690191	4,27739276	0,00219526	neta	
20	4	130	1	4	0,356	2,114	2,811	-0,5212553	-1,1019042	4,4687565	0,2717071	651,95004 E05	
21	5	130	1	5	0,452	2,114	2,213	-1,6455644	-3,4786298	4,4687565	2,70788204		
22	6	140	1	6	0,548	2,146	1,825	-0,1929037	-0,413996	4,60586555	0,03721182		
23	7	150	1	7	0,644	2,176	1,552	-0,5937747	-1,2921079	4,73537317	0,3525684		
24	8	155	1	8	0,740	2,190	1,351	-1,0479686	-2,2953987	4,79755295	1,09823809		
25	9	180	1	9	0,837	2,255	1,195	-1,6326948	-3,6821716	5,08625407	2,66569223		
26	10	200	1	10	0,933	2,301	1,072	-2,6288008	-6,0489496	5,29473904	6,9105938		
27													
28				sommes	21,148		-0,444	-6,7593489	-15,468357	44,8928603	-7,023115		

Tableau1 : Estimation analytique, méthode des moindres carrés

class - Excel

FICHIER ACCUEIL INSERTION MISE EN PAGE FORMULES DONNÉES RÉVISION AFFICHAGE Nitro Pro 8

O58 : f_x

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
	N°	TBF	nj	Sommes nj	F(Ti)	Xi	1/F(ti)	Yi	Xi*Yi	Xi^2	Yi^2	BETA	
31	1	250	1	1	0,067	2,398	14,857	0,96652778	2,31767564	5,75011629	0,93417596	1,606	
32	2	400	1	2	0,163	2,602	6,118	0,49023189	1,27561278	6,7707162	0,2403273		
33	3	430	1	3	0,260	2,633	3,852	0,04685358	0,12338743	6,93515611	0,00219526	neta	
34	4	480	1	4	0,356	2,681	2,811	-0,5212553	-1,3976112	7,18905457	0,2717071	55908	
35	5	670	1	5	0,452	2,826	2,213	-1,6455644	-4,650488	7,98669879	2,70788204		
36	6	1000	1	6	0,548	3,000	1,825	-0,1929037	-0,578711	9	0,03721182		
37	7	1050	1	7	0,644	3,021	1,552	-0,5937747	-1,7939058	9,12758478	0,3525684		
38	8	1200	1	8	0,740	3,079	1,351	-1,0479686	-3,2268851	9,48135715	1,09823809		
39	9	1500	1	9	0,837	3,176	1,195	-1,6326948	-5,1855876	10,0875557	2,66569223		
40													
41													
42													
43					sommes	25,417	-4,737807	-4,1305481	-13,116513	72,3282396	-0,338891		

Tableau 2 : Estimation analytique, méthode des moindres carrés

Chapitre 07 INTERPRETATIONS

7.1 Electrovanne pistolet

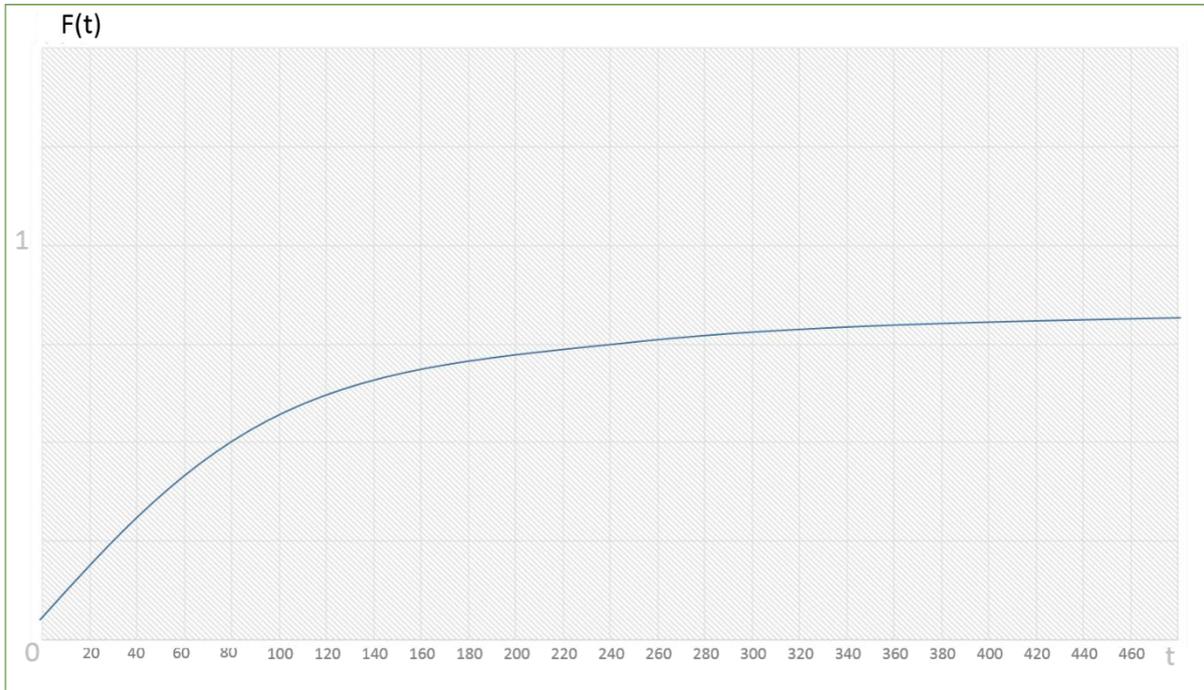


Fig.7.1.1. Allure de la fonction de Défaillance $F(t)$

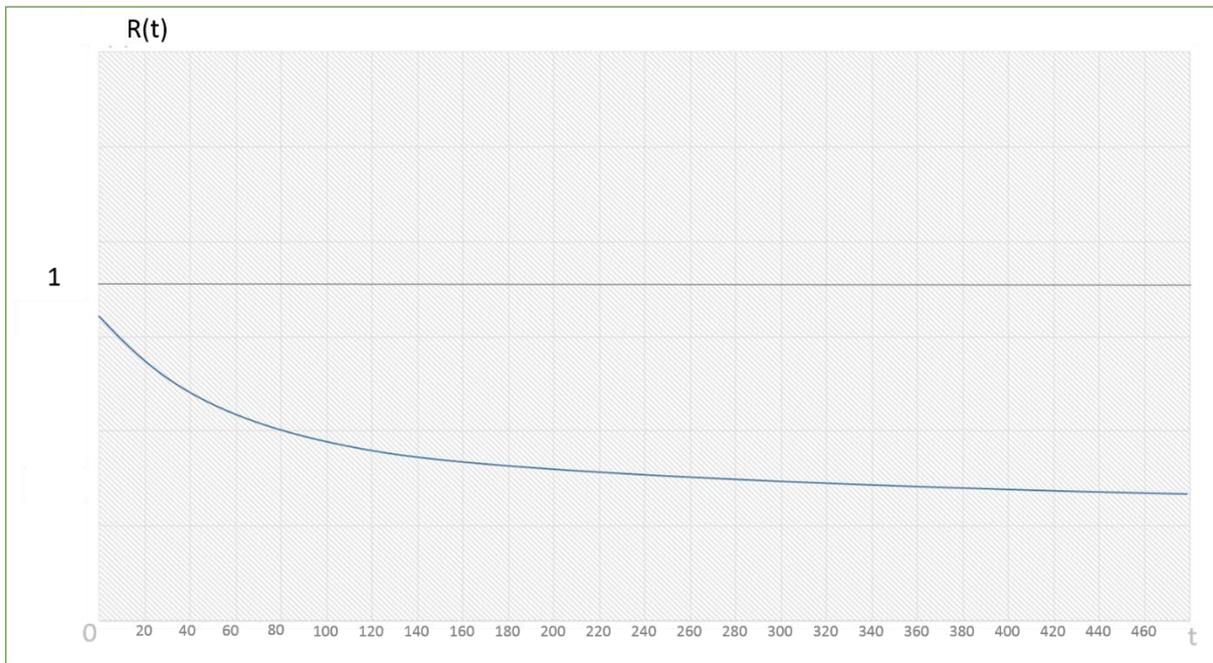


Fig.7.1.2. Allure de la fonction Fiabilité $R(t)$

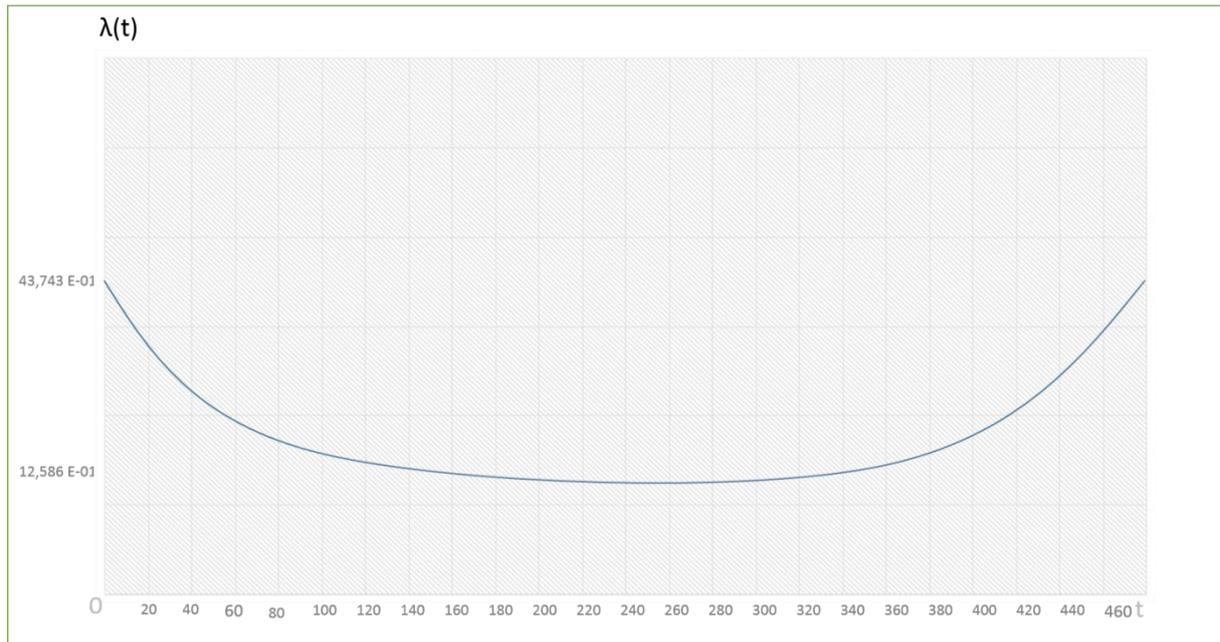


Fig. 7.1.3. Allure de la courbe lambda (t)

0 – 100 : jeunesse

100 – 360 : maturité

360 – 460 : vieillesse

Interprétations :

- Défaillance de maturité avec accroissement $F(t)$ modérée (faible usure), Tendance de stabilisation de $\lambda(t)$
- Décroissance accélérée de la Fiabilité jusqu'à $t = 180$ puis tendance de stabilisation
- Maintenance préventive de Niveau 1 (contrôle, réglage systématique)
- Vigilance aux pannes de jeunesse.
- Période de vieillesse à partir de $t = 400$ h. Prévoir une maintenance préventive renforcée à partir de cette date.

7.2 Vérin

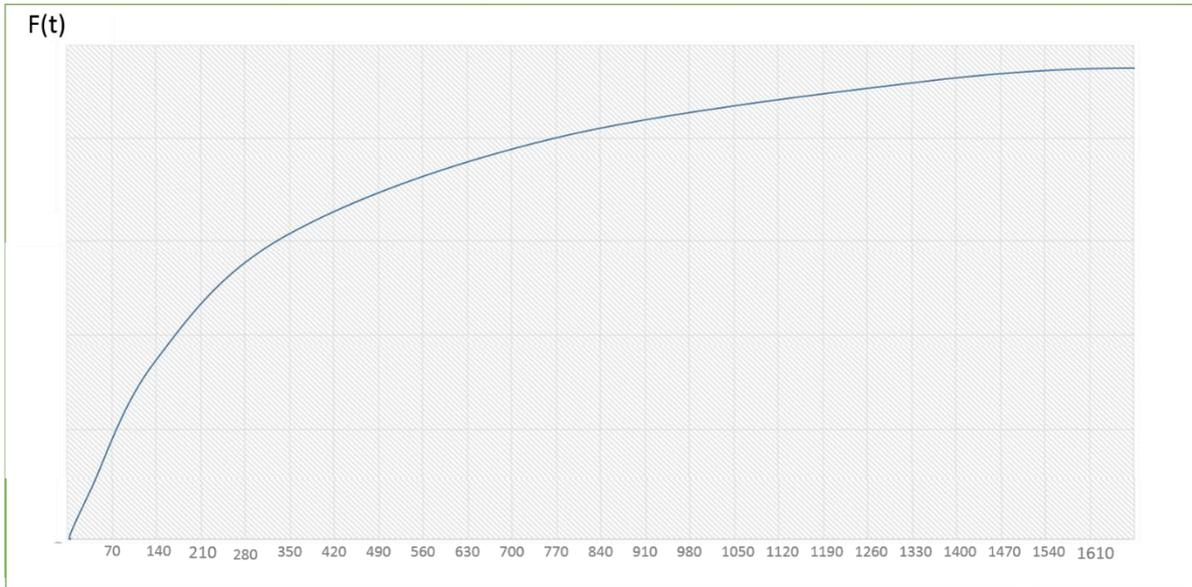


Fig. 7.2.1 Allure de la fonction de Défaillance $F(t)$

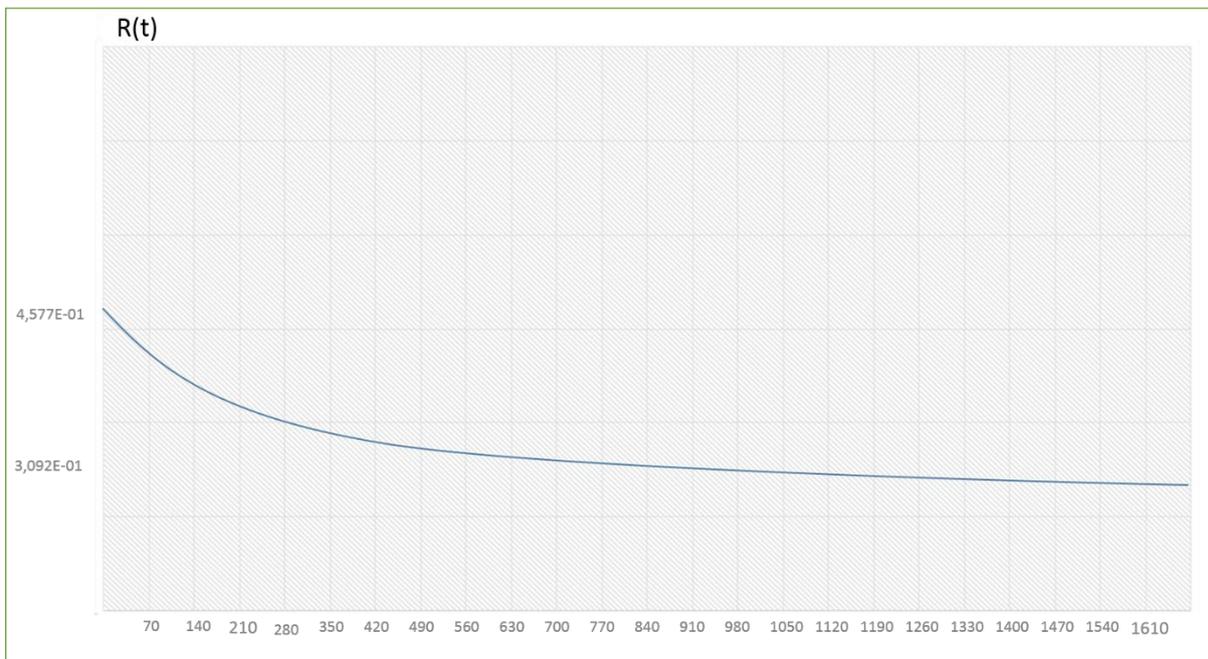


Fig. 7.2.3 Allure de la fonction Fiabilité $R(t)$

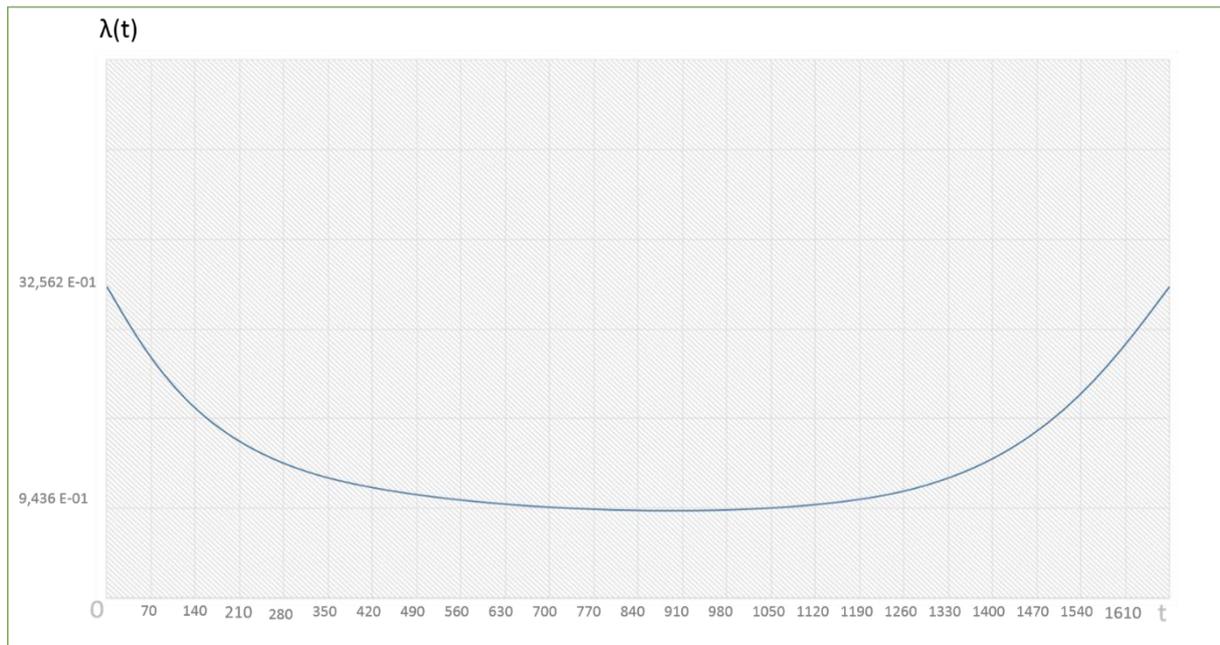


Fig. 7.2.3 Allure de la courbe lambda (t)

0 – 420 : jeunesse

420 – 1090 : maturité

1090 – 1610 : vieillesse

Interprétations :

- Défaillance de maturité avec accroissement $F(t)$ modérée (défaillance d'usure), Tendance de stabilisation de $\lambda(t)$

- Maintenance préventive de Niveau 1 (inspection périodique, contrôle, réglage systématique)

7.3 Carte (s) servo

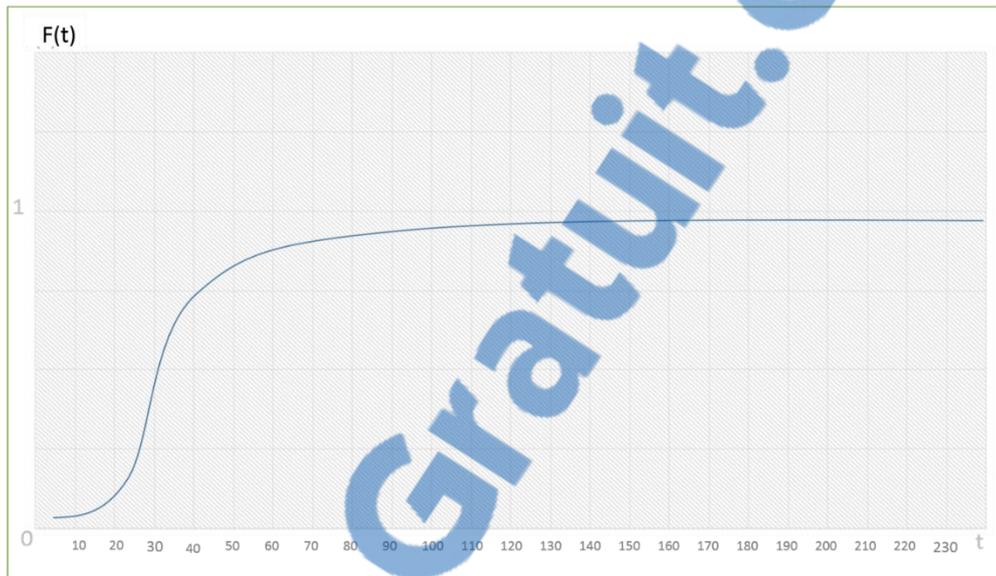


Fig. 7.3.1 Allure de la fonction de Défaillance $F(t)$

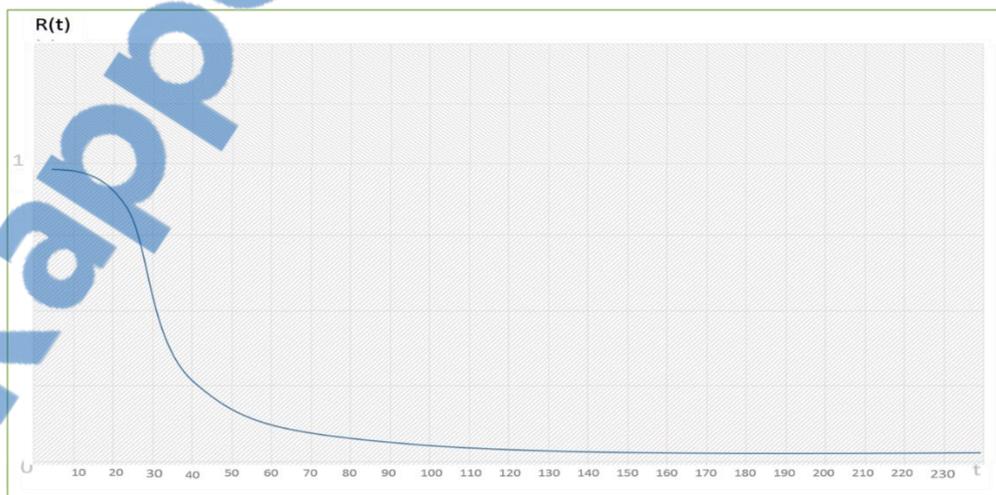


Fig. 7.3.2 Allure de la Fonction Fiabilité $R(t)$

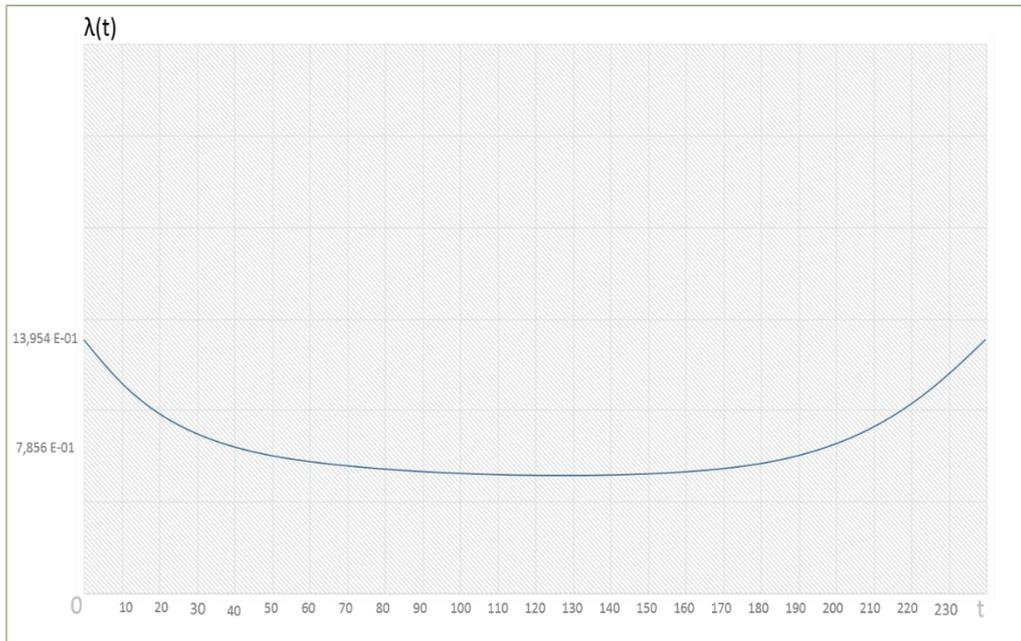


Fig. 7.3.3 Allure de la courbe lambda (t) (Taux défaillance)

0 – 50 : jeunesse

50 – 180 : maturité

180 – 230 : vieillesse

Interprétations :

- Défaillance modérée avec valeur $\lambda(t)$ exponentiellement et valeur $F(t)$ élevée (vieillesse).
- Décroissance accélérée de la Fiabilité jusqu'à $t = 60h$ puis son niveau se stabilise au plus bas.
- Maintenance préventive de Niveau 2 (remplacement systématique de certains composants constatés vulnérables).
- Malgré que le comportement du taux défaillance $\lambda(t)$ peut être jugé normal, ce faible niveau de fiabilité reste inquiétant .Il faut étudier ce problème en profondeur.

Chapitre 8 CONCLUSION

Cette imprégnation sur un cas réel industriel nous a permis d'appréhender tous les problèmes auxquels nous serons inévitablement confrontés dans notre vie professionnelle.

La modélisation et l'optimisation des actions de maintenance tiennent compte des critères généraux communs à toutes les entreprises, elles nécessitent d'avoir des données de retour d'expériences suffisantes et fiables se rapportant aux réalités de l'entreprise tant vis-à-vis des matériels que des personnels exploitants (coûts de maintenance, coûts des arrêts de production, complexités des matériels de production, qualification des personnels exploitants, etc...)

Il est alors assez difficile de définir un plan de maintenance très générale.

Cette étude nous a permis d'élargir et renforcer nos connaissances sur la Sureté de Fonctionnement et sur la Maintenance Industrielle moderne. Elles nous permettront d'apporter nos attributions sur la résolution des problèmes pointus et particuliers de la Maintenance à Madagascar.

La Maintenance Industrielle requiert un nouvel esprit et une nouvelle vision qui sont les bases nécessaires à son développement.

ANNEXES

ANNEXE 01

Programmation par langage FORTRAN

INTEGER s

DIMENSION t(100),d(100)

CHARACTER*10 nomfil

write (*,'(32(/))')

write (*,*)'*****'

write (*,*)' ANJAMALALA LAZASOA '

write (*,*)'*****'

write (*,'(2(/))')

write (*,*)'calcul de la loi de weibull en estimant le decalage'

write (*,'(4(/))')

write (*,*)'entrer les TBF un par un'

write (*,*)'faire TBF =0 pour traiter les donnees'

write (*,*)'*****'

d(-1)=0

ccc=0

j=-1

i=0

5 i=i+1

write (*,*)'tbf n^o',i

read (*,*)t(i)

if (t(i).eq.0) then

```

write (*,*)'nombre de tbf saisis=',i-1
goto 6
else
goto 5
endif
6   j=j+1
    do 7 k=i,i-1
        t(k)=t(k)-(d(j-1))
7   continue
10  n=i
    tt=0
    f=0
    t2=0
    f2=0
    f5=0
    ii=0
    do 20 ii=1,n-1
        tt=tt+log(t(ii))
        f1=1./(1.-(float(ii)/float(n)))
        f3=log(f1)
        f=f+log(f3)
        t2=t2+(log(t(ii)))**2
        f2=f2+log(f3)**2
        f4=(log(t(ii)))*(log(f3))
        f5=f5+f4
20  continue
    n=n-1

```

```

b=(f5-(tt*f)/float(n))/(t2-(tt**2)/float(n))
e=((tt*f5-f*t2)/(t2*float(n)-tt**2))
e1=exp(e)
r1=f5-(tt*f)/float(n)
r2=(t2-(tt**2)/float(n))*(f2-(f**2)/float(n))
r3=sqrt(abs(r2))
r=r1/r3
d(j)=t(1)-0.9*e1/((float(n)**(1/b)))
if (d(j).le.0) goto 21
ccc=ccc+d(j)
a=abs(d(j)-d(j-1))
if (a.lt.0.00001) goto 21
goto 6

```

```

21  write (*,*)'resultat du traitement'
    write (*,*)'decalage',ccc
    write (*,*)'beta=',b
    write (*,*)'eta=',e1
    write (*,*)'*****'
    write (*,*)'correlation lineaire:r=',r
    write (*,*)'calcul de la mtbf oui=1 non=0'
    write (*,*)'*****'
    read (*,*)h
    if (h.eq.1) goto 30
    goto 60

```

```

30  x=0
    g=0

```

```

v=0
p=.001
40  x=x+p
    g=g+p*abs(log(1/x))**(1/b)
    if (x.ge.1) goto 50
    goto 40
50  x=e1*g+ccc
    write (*,*)'mtbf=',x

    write (*,*)'*****'
60  write (*,*)'calcul de r(t) et f(t)'
    write (*,*)' '
    write (*,*)' '
    write (*,*)'R(t)=e^-[(t-gamma)/neta]^beta'
    write (*,*)' '
    write (*,*)'f(t)=(beta/neta)*((t-gamma)/neta)^(beta-1)*R(t)'
    write (*,*)' '
    write (*,*)'lambda(t) = f(t)/R(t)'
    write (*,*)' '
    write (*,*)' '
    write (*,*)'oui=donner la valeur de t, non=tapez 0'
    write (*,*)'*****'
    read (*,*)t3
    if (t3.eq.0) goto 80
70  r1=(t3/e1)**b
    r2=exp(-r1)
    write (*,*)'pour t=',t3

```

```
write (*,*)'R(t)est egal a',r2
r4=1-r2
write (*,*)'f(t)='r4
write (*,*)'pour refaire la calcul entrer t sinon 0'
read (*,*)t3
if (t3.eq.0) goto 71
goto 70
```

```
71 write (*,*)'*****'
write (*,*)'sortie graphique R(t) et f(t)'
write (*,*)'*****'
```

```
80 write (*,*)'*****'
write (*,*)'estimation du temps optimum intervention'
write (*,*)'si oui 1 sinon 0'
write (*,*)'*****'
read(*,*)h
if (h.eq.1) goto 90
goto 200
```

```
90 write (*,*)'entrer la valeur cout de changement preventif cp='
read (*,*)cp
write (*,*)'entrer la valeur cout de defaillance cd='
read (*,*)cd
v=(cp + cd)/x
write (*,*)' '
write (*,*)'gamma(c)='v
```

```

write (*,*)' '
write (*,*)'*****'
write (*,*)'temps optimum d'intervention'
write (*,*)'*****'
u=.1
ff=1E10
95  if (u.le.(ccc+1)) goto 100
    a=((u-ccc)/e1)**b
    r5=exp(-a)
    if (r5.le.0.7) goto 180
    c=(cp+cd*(1-r5))
    c=c/u
    if (c.ge.ff) goto 120
    ff=c
100  u=u+1
    goto 95
120  u=u+.5
    c=(c+ff)/2
    write (*,*)'le temps optimum est :',u
    write (*,*)'le cout moyen par unite de temps est:',c
    goto 190
180  write (*,*)'pas de temps optimum'
190  write (*,*)'*****'
    write (*,*)'sortie graphique du temps optimum'
    write (*,*)'*****'
    write (*,*)'donnez le nom du fichier a tracer'
    read (*,192)nomfil

```

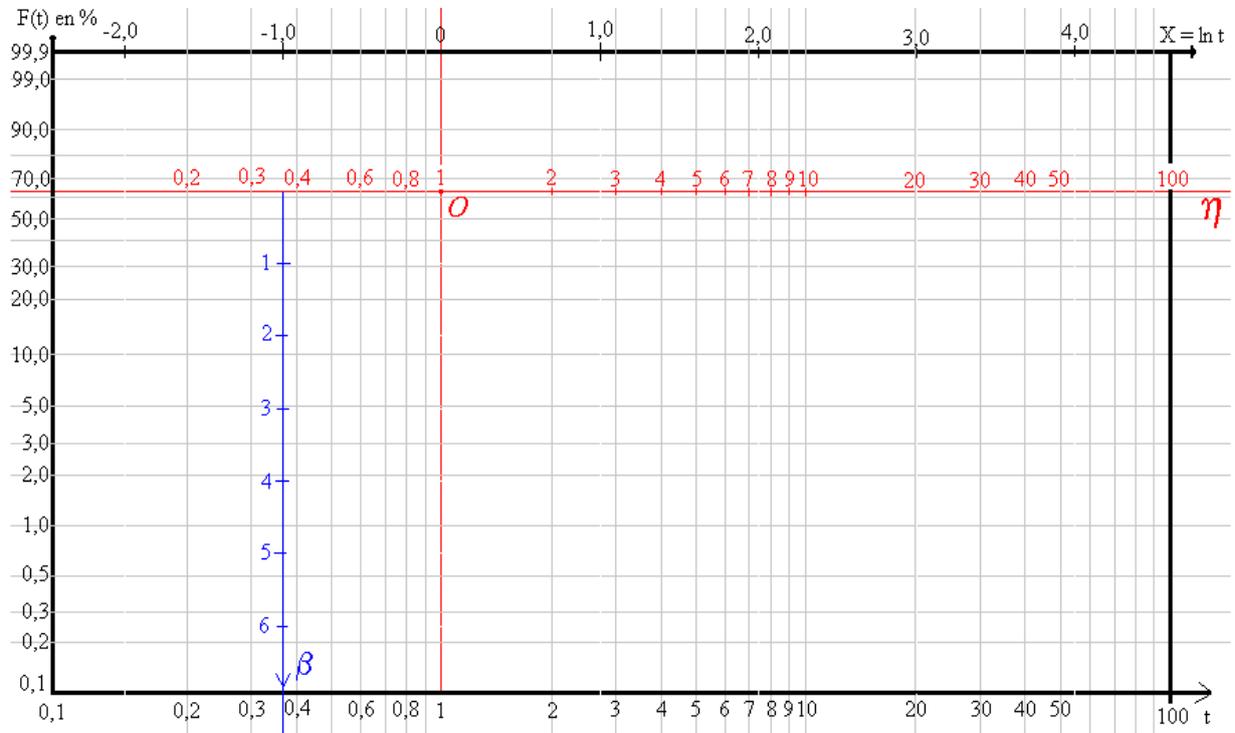
```
192  format(a10)
      open (5,file='aaa.text',status='new')
      write (5,*)nomfil
      open (11,file=nomfil,status='new')
      ra=100+ccc
      do 195 s=int(ccc+1.5),int(ra)
      q=cp+cd*(1.0-exp(-(((s-ccc)/e1)**b)))
      write (11,*)s,q/s
195  continue
200  stop
      End
```

Rapport-Gratuit.com

ANNEXE 02

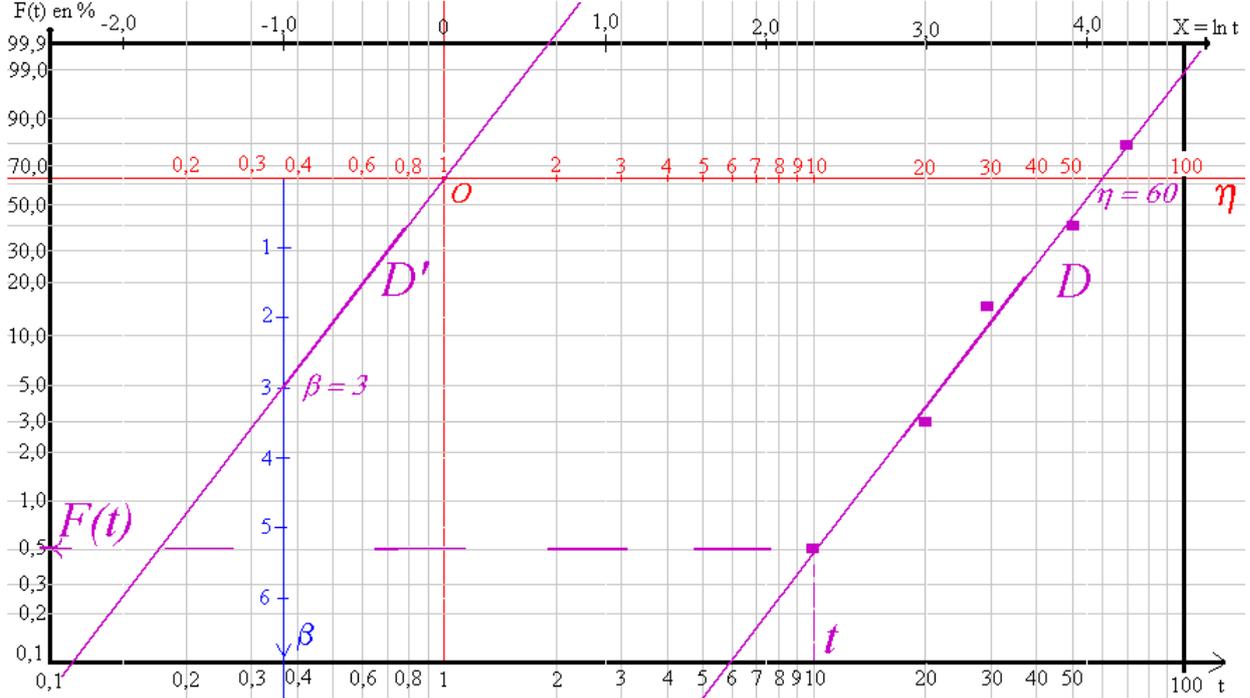
Méthode graphique d' Allan PLAIT

(Papiers speciaux de Weibull)



Exemple de détermination :

On construit tout d'abord le nuage de points $(t ; F(t))$ puis une droite d'ajustement D , on lit la valeur du paramètre η sur l'axe des abscisses puis on trace la parallèle D' à la droite D passant par l'origine O du repère, on lit le paramètre β sur l'axe d'équation $X = -1$.



BIBLIOGRAPHIE

- [1] Waloddi Weibull, *A statistical distribution function of wide applicability*, J. Appl. Mech.-Trans. ASME, 18(3), 1951
- [2] Henri procaccia, Eric Ferton, Marc, *Fiabilité et maintenance des matériels industriels réparables et non réparables*, Lavoisier, 2011
- [3] Bryan Dodson , *Weibull Analysis*, Amer Society for Quality, Pap/Dsk edition (December 1994).
- [4] Fabrice GUERIN, M. Barreau, A. Charki, A. Todoskoff and S. Cloupet, *Reliability of mechanical components estimation using ALT models*, June 2008, Article.
- [5] Mostafa BACHA, Gilles CELEUX, *Bayesian Estimation of Weibull distribution in a highly censored and small sample setting*, Rapport de recherche No 2993, Octobre1996, INRIA.
- [6] Henri Procaccia, *Introduction à l'analyse probabiliste des risques industriels*, Tec & Doc Lavoisier (17 février 2009)
- [7] Ouahiba, TEBBI *Estimation des lois de fiabilité en mécanique par les essais accélérés*, 2005, Thèse, Université d'Angers.
- [8] Fabrice Guérin, Bernard Dumon, Pascal Lantieri ; *Accelerated Life Testing on Repairable Systems*, 2004, Reliability and Maintainability, 2004Annual Symposium - RAMS.
- [9] WEIBULL W. [1951] « *A Statistical Distribution Function of Wide applicability* ». Journal of Applied Mechanic, 18, p. 292-297.

[10] ↑ *Maîtrise des risques et Sûreté de fonctionnement dans les systèmes de production*, sous la direction de E. Niel & E. Craye, coll. Systèmes automatisés IC2, Hermes Sciences, 2002

[11] *Fiabilité des systèmes*, Michel Gondran, Alain Pagès, Eyrolles, 1980

[12] Maintenance industrielle – Recueil de normes française

AFNOR - 3^{ème} édition – 1988

[13] P. LYONNET – La maintenance – Mathématique & Méthodes technique & documentation (Lavoisier) – 1988

[14] A. NOIRET. Recherche de la méthode la plus économique de Maintenance par l'utilisation du modèle graphique de weibull – 1 & 2

[15] J. FAUCHON, G. HERBIN, L.FRAYSSE

Séparation de plusieurs modes de défaillance (Modèle de WEIBULL)

[16] A. OGUS – Les données du problème « Maintenance » TRAVAIL & METHODES n° 340/341 Aout – Sept 77.

[17] Y. CHAIGNEAU – Action de fiabilité, maintenabilité, disponibilité aux divers stades de développement du projet- INGENIEUR DE L'AUTOMOBILE Janv. /Fév. 83-1 page 29-36

[18] Logiciel *EXCEL*

[19] Logiciel *FORTTRAN*

Auteurs :

ANJAMALALA Lazasoa Imanoela

Adresse :

Lot II F 34 AR Ter Andraisoro

Filière :

Genie Mecanique et industriel

Titre :

« Optimisation de Maintenance par la loi de Weibull »

Nombre de page : 40

Nombre de Figure : 13

Nombre de tableau : 3

Résumé

Dans cet ouvrage, nous avons fait l'étude générale d'optimisation de maintenance par la loi de Weibull appliquée par le robot de peinture, Durant notre descente sur terrain (usines), nous avons commencé à appliquer notre recherche sur l'étude des pannes suivant les règles suivants : Mise en épreuve ou suivi de système à étudier suivant une temps bien déterminé, prise de TBF et le temps de panne, insertion des valeurs sur le logiciel pour obtenir le résultat et interpréter .

Abstract

In this work, we made the general survey of maintenance optimization by the law of Weibull applied by the robot of painting, During our coming down on land (factories), we began to apply our research on the survey of the breakdowns according to the rules next one: Set in test or consistent of system to study according to one very determined time, taken of TBF and the time of breakdown, insertion of the securities on the software to get the result and to interpret.

Mot clés : cycle de vie, temps de panne, défaillance, maintenance

