

III.1. Exploitation de l'historique:

L'historique de panne (la pompe d'expédition) :

Le traitement des données brutes de l'historique (tableau III. 1), passe par :

- Le calcul des heures d'arrêt suite à des pannes (TA) qui résultent des différences entre les dates d'arrêt et de démarrage.
- Le calcul des heures de bon fonctionnement (TBF), qui résultent des différences entre deux pannes successives.

Tableau III-1 historique de la pompe

arrêt/panne	origine	TBF(h)	TA(h)	TTR(h)
P	moteur	168	2	1
P	roue	408	1	1
P	hydraulique ligne	2544	4	2
P	Alimentation elc	4896	24	22
A	inspection	2928	1	1
P	garniture mec	1392	3	1.5
P	hydraulique ligne	720	6	4.5
P	appui	3432	1	1
P	Bague de roulement	144	2	1.5
P	Alimentation elc	2904	4	2.5
P	moteur	312	3	2
P	appui	528	5	4
P	Alimentation elc	4296	4	2
P	Hydraulique ligne	1296	22	20
P	Alimentation elc	864	2	1
P	Pipe aspiration	2280	16	15

III.2.L'application Pratique des méthodes d'analyse:

1°. Méthodes d'analyse prévisionnelle « ABC (Pareto)»:

Définition : Pour l'application de la méthode ABC, il faut en premier lieu faire un classement des pannes par ordre décroissant des heures des pannes puis procéder à l'établissement d'un graphe de Pareto.

Tableau III-2 L'analyse ABC (Pareto)

N°	pannes	TA(h)	TA%	TA cumulée	Nbr de panne	% des pannes	Cumulées des panne
1	aliment	36	35,29	35,29	4	25	25
2	hydro	33	32,35	67,64	3	18,75	43,75
3	pip aspir	16	15,68	83,32	1	6,25	50
4	moteur	7	6,86	90,18	2	12,5	62,5
5	appui	3	2,94	93,13	2	12,5	75
6	garn	3	2,94	96,08	1	6,25	81,25
7	bag rou	2	1,96	98,02	1	6,25	87,5
8	roue	1	0,98	99,02	1	6,25	93,75
9	inspe	1	0,98	100	1	6,25	100
		102			16		

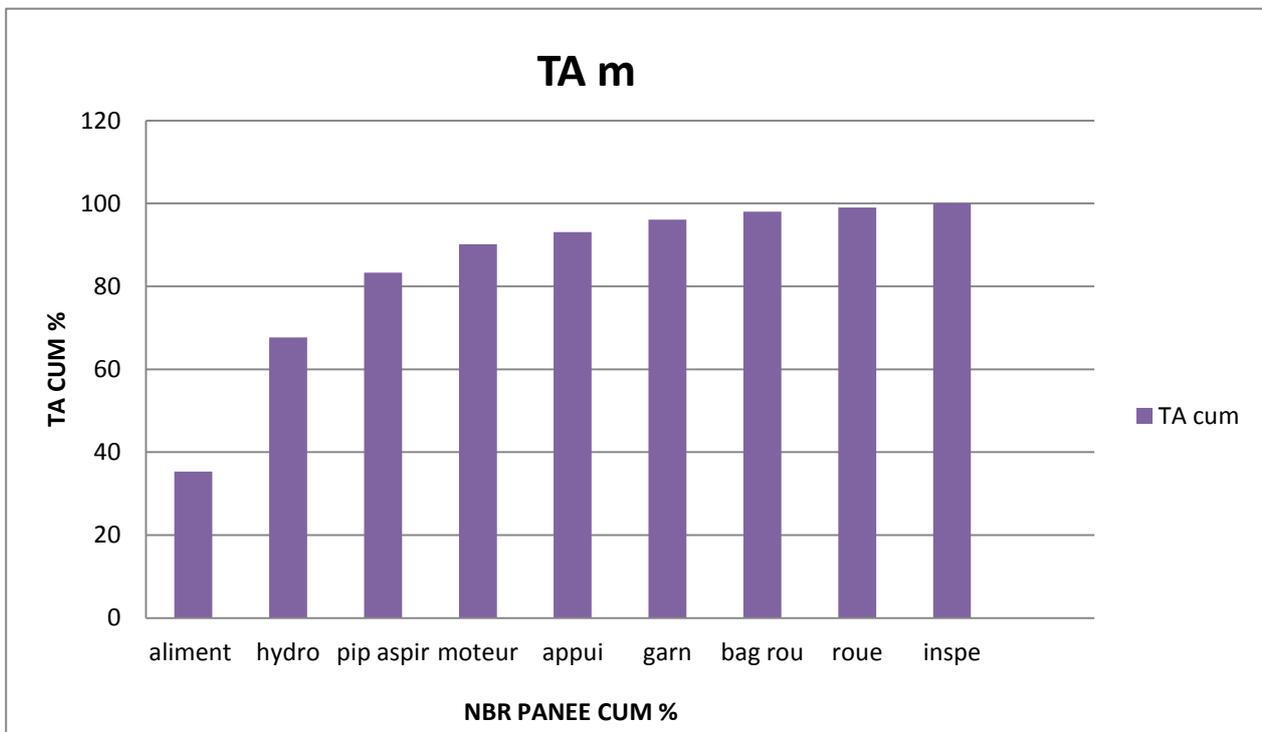


Figure III.1 histogramme des pannes

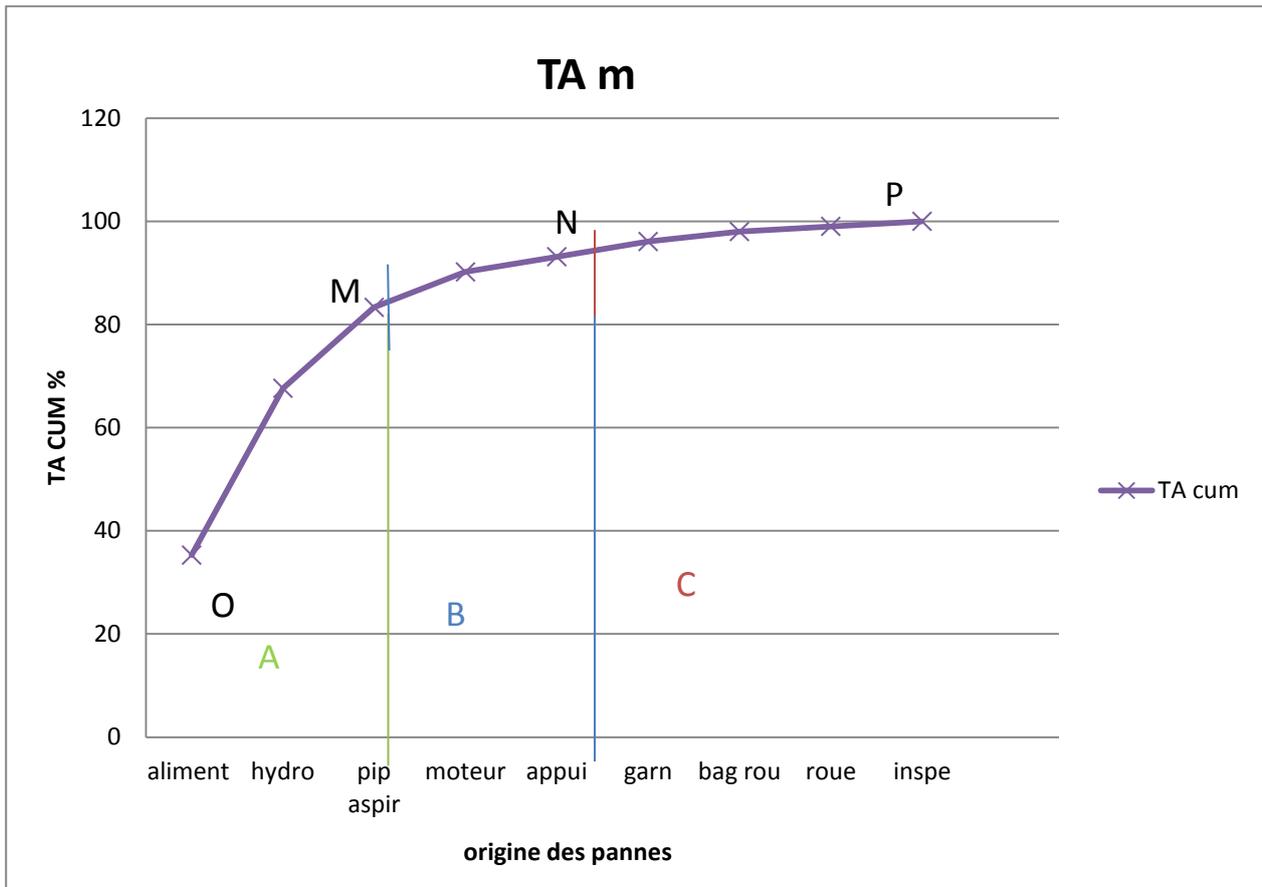


Figure III.2: La courbe d'ABC

La courbe qu'on a obtenue nous permet de définir trois zones :

- La partie droite de la courbe OM détermine la zone A.
- La partie courbe MN détermine la zone B.
- La partie assimilée à une droite NP détermine la zone C.

2°.Interprétation des résultats :

D'après la courbe ABC obtenue, et d'après la loi de Pareto, on remarque que les alimentations, hydraulique ligne et aspiration représentent 83,32 % des temps d'arrêt subies par notre système, ils affectent considérablement son fonctionnement. Pour réduire le temps d'arrêt, ces pièces doivent faire l'objet d'une analyse prioritaire car ils représentent la zone A de la courbe ABC.

On remarque aussi que les éléments suivants : moteur, appui et garniture mec représentent la zone B de la courbe ABC. Ils ont une faible influence sur le système, donc on ne va pas se basée sur ces éléments.

D'après la courbe obtenue, on constate que la zone C est représentée par les éléments suivants : bague de roulement, inspection et la roue Ces éléments peut êtres négligés car ils n'ont aucune influence sur le fonctionnement de notre équipement.

3°. calcul les paramètres de weibull:

Le tableau suivant comporte les TBF classés par ordre croissant, et les F(i) calculés par la méthode des rangs médians $F(i) = \frac{\sum n_i - 0.3}{N + 0.4}$ (dans notre cas N = 16 ≤ 20) et on trace la courbe de WeiBull :

Tableau III-3 : Fonction de réparation réelle

N	TBF	n	∑n	F(i)	F(i)%
1	144	1	1	0.0427	4,27%
2	168	1	2	0.1037	10,37%
3	312	1	3	0.1646	16,46%
4	408	1	4	0.2256	22,56%
5	528	1	5	0.2866	28,66%
6	720	1	6	0.3476	34,76%
7	864	1	7	0.4085	40,85%
8	1296	1	8	0.4695	46,95%
9	1392	1	9	0.5305	53,05%
10	2280	1	10	0.5915	59,15%
11	2544	1	11	0.6524	65,24%
12	2904	1	12	0.7134	71,34%
13	2928	1	13	0.7744	77,44%
14	3432	1	14	0.8354	83,54%
15	4296	1	15	0.8963	89,63%
16	4896	1	16	0.9573	95,73%

A partir de papier de weibull (Fig.III.3).

On déduire les paramètres: β, η et γ.

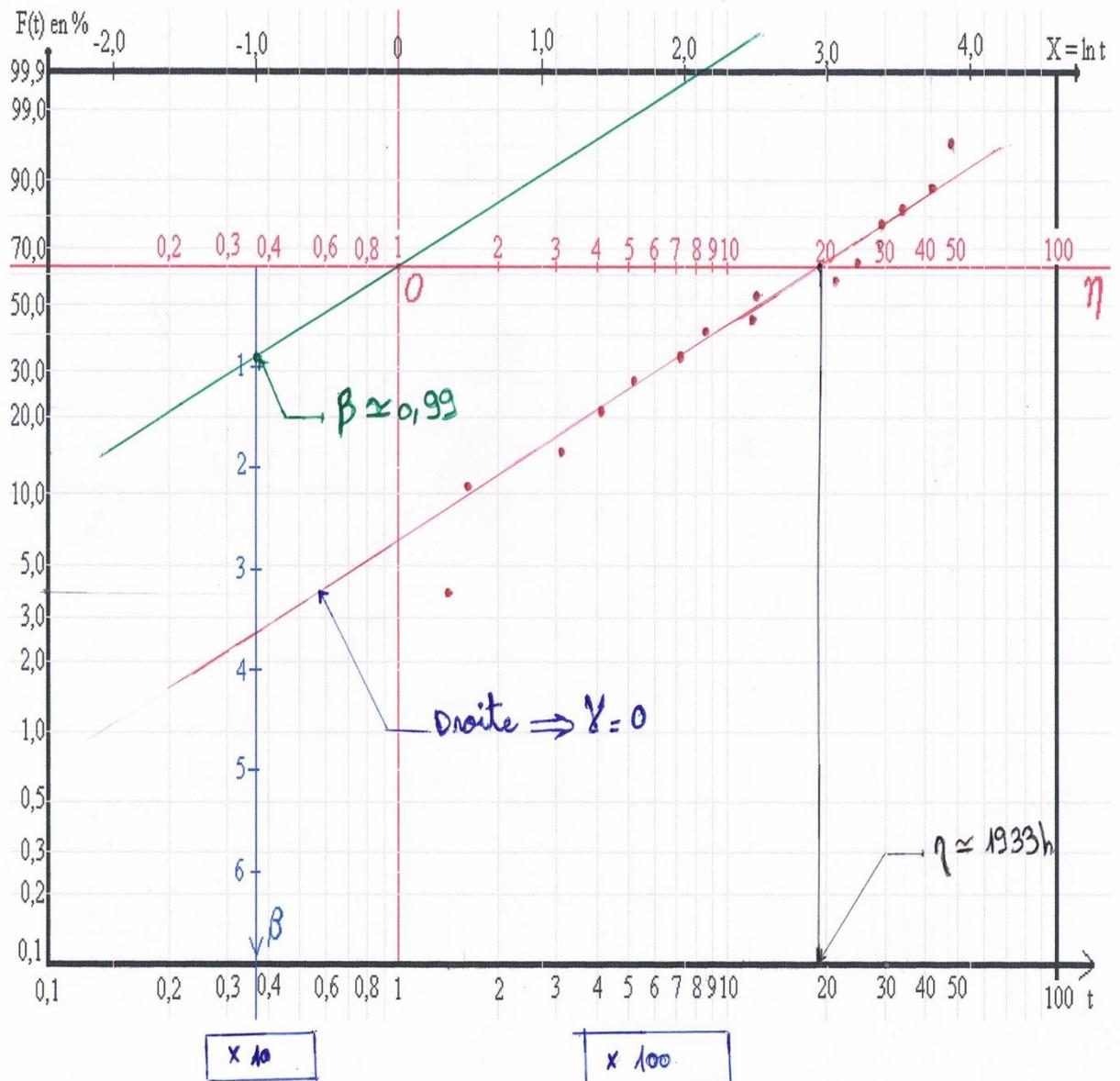


Figure III.3: papier de Weibull.

4°. Test (KOLMOGOROV SMIRNOV):

Avant la validation de toutes les lois de fiabilité, il est nécessaire de tester l'hypothèse pour savoir si nous devons accepter ou rejeter le modèle proposé par le test de K-S avec un seuil de confiance de $\alpha = 20\%$. Ce test consiste à calculer l'écart entre la fonction théorique $F_e(t_i)$ et la fonction réelle $F(t)$ et prendre le maximum en valeur absolue $Dn.max$. Cette valeur est comparée avec $Dn.\alpha$ Qui est donnée par la table de Kolmogorov smirnov (voir annexe1). Si $Dn.max. > Dn.\alpha$ On refuse l'hypothèse.

Tableau III-4: test de kolmogrov-smirnov

N°	TBF	F(i)	F(t)	<i>D_{n,max}</i> = F(i) - F(t)
1	144	0.042	0,087	0.045
2	168	0.103	0,139	0.036
3	312	0.164	0,242	0.078
4	408	0.225	0,293	0.068
5	528	0.286	0,345	0.059
6	720	0.347	0,396	0.049
7	864	0.408	0,448	0.040
8	1296	0.469	0,500	0.031
9	1392	0.530	0,551	0.021
10	2280	0.591	0,603	0.012
11	2544	0.652	0,654	0.002
12	2904	0.713	0,706	0.007
13	2928	0.774	0,757	0.017
14	3432	0.835	0,809	0.026
15	4296	0.896	0,860	0.036
16	4896	0.957	0,912	0.045

D'après la table de K-S:

$D_{Nmax} < D_{N\alpha}$ Ce qui veut dire que le modèle de Weibull est accepté.

Nous avons pris la valeur maximale $D_{Nmax} = |F(i) - F(t)|$

$D_{Nmax} = 0,078$ tandis que $D_{N,\alpha} = D_{16, 0.05} = 0,328$

$0,078 < 0,328$ donc l'hypothèse du modèle de Weibull est acceptable.

III.3. Exploitation les paramètres de WEIBULL :

1°- La MTBF :

Le tableau de MTBF donne $A = 1.0029$, $B = 1.0096$ (voir annexe tab.2).

$$MTBF = A \cdot \eta + \gamma$$

$$MTBF = 1.0029 \times 1933.18 + 0$$

$$MTBF = 1938.78 \text{ h.}$$

2°. La densité de probabilité en fonction de MTBF :

$$f(t = MTBF) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \times e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} = \frac{0.99}{1933.18} \left(\frac{1938.78-0}{1933.18}\right)^{0.99-1} \times e^{-\left(\frac{1938.78-0}{1933.18}\right)^{0.99}} = 0.0001879$$

3°. La fonction de réparation en fonction de MTBF :

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

$$F(t=MTBF) = 1 - e^{-\left(\frac{1938.78-0}{1933.18}\right)^{0.99}} = 0.6328$$

4°. La fiabilité en fonction de MTBF :

$$R(t=MTBF) = 1 - F(t=MTBF) = 1 - 0.6328 = 0.3672.$$

$$R(MTBF) = 36.72 \%$$

On remarque que la fiabilité de la pompe est faible.

5°. Le taux de défaillance en fonction de MTBF :

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

$$\lambda(t=MTBF) = 0.0005128$$

6°. Calcul du temps souhaitable pour une intervention systématique:

$$R(t) = 80\% \Rightarrow t = ?$$

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

$$\ln R(t) = -\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta = \ln(0.8) \Leftrightarrow -[\ln R(t)]^{\frac{1}{\beta}} = \frac{t}{\eta} \Rightarrow t = \eta \left[\ln \frac{1}{R(t)}\right]^{\frac{1}{\beta}}$$

$$t_{sys} = 1960.32 \text{ heures.}$$

Pour garder la fiabilité de la pompe 80% il faut intervenir chaque temps systématique 1960.32 h.

III.4. Étude de modèle de weibull:

a. La fonction de la densité de probabilité :

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

$$f(t) = \lambda(t) \cdot R(t)$$

b. Fonction de répartition F(t) :

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

c. La fiabilité : La fonction fiabilité de celle de répartition: $R(t) = 1 - F(t)$, après calcul la fiabilité de la pompe aux temps $t = \text{MTBF}$, on déduit que la valeur n'est pas satisfaisante donc on peut dire que la pompe n'est pas fiable à $t = \text{MTBF}$

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

$$R(t = \text{MTBF}) = 0,36$$

d. Le taux de défaillance :

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

Tableau III-5: Calcul des paramètres de WEIBULL

TBF(h)	f(t)	F(t)	R(t)	$\lambda(t) \times 10^{-3}$
144	0.000484	0.0729	0.9270	0,52282
168	0.000478	0.0845	0.9154	0,52229
312	0.000441	0.1507	0.8492	0,52013
408	0.000419	0.1920	0.8079	0,5192
528	0.000393	0.2408	0.7591	0,5183
720	0.000355	0.3126	0.6873	0,5166
864	0.000329	0.3619	0.6380	0,5152
1296	0.000263	0.4894	0.5105	0,51495
1392	0.000250	0.5140	0.4859	0,51326
2280	0.000155	0.6921	0.3078	0,51288
2544	0.000137	0.7311	0.2688	0,51243
2904	0.000114	0.7764	0.2235	0,5124
2928	0.000113	0.7791	0.2208	0,51185
3432	0.000087	0.8294	0.1705	0,51109
4296	0.000056	0.8903	0.1096	0,51064
4896	0.000041	0.9192	0.0807	0,52282

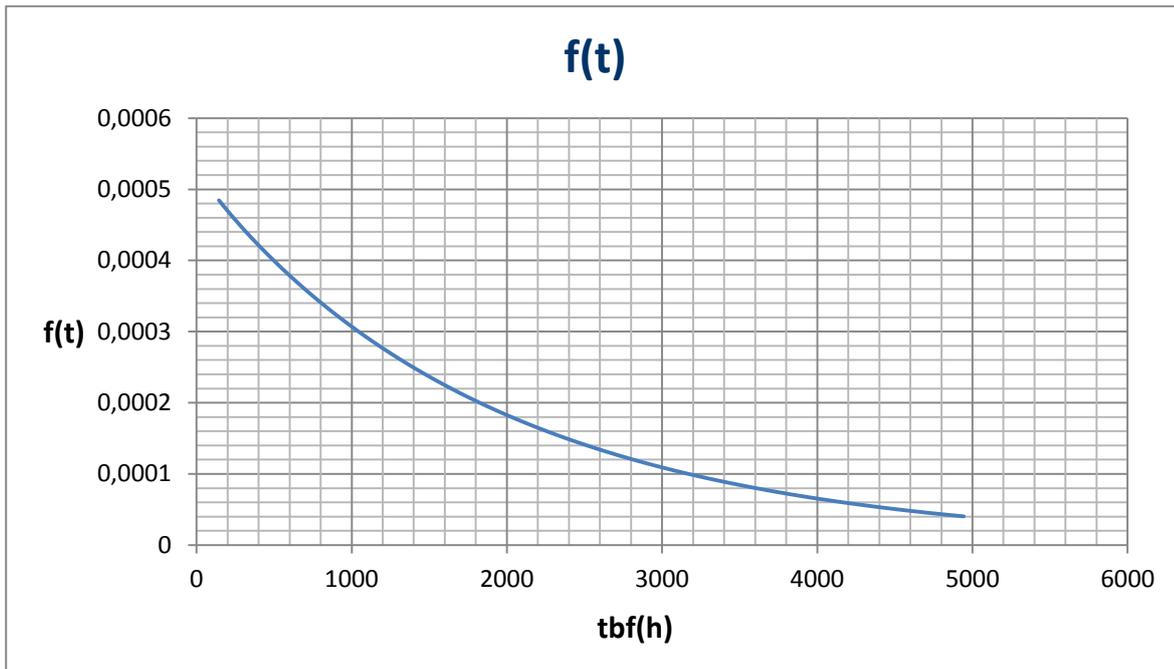


Figure III-4: La Courbe Densité De Probabilité

D'après cette courbe on remarque que la fonction $f(t)$ (densité de probabilité) diminue avec la progression du temps.

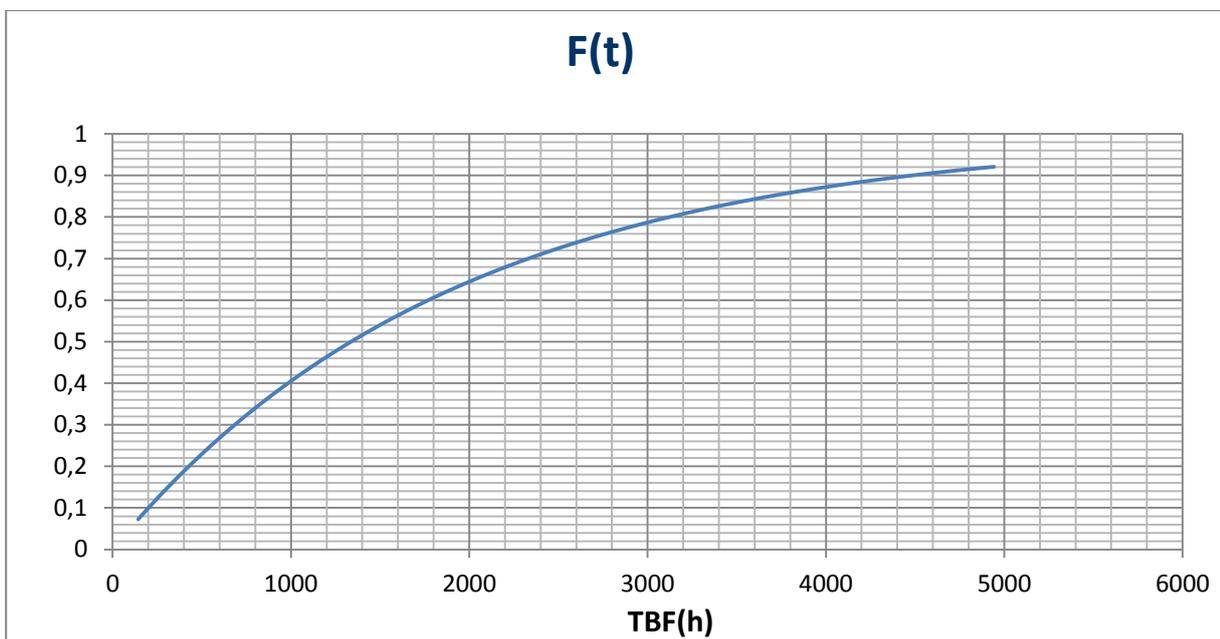


Figure III-5: La Courbe De Fonction Répartition

La fonction de défaillance croissant en fonction de temps, et pour $t=MTBF$,

$$F(MTBF)=0,63=63\%$$

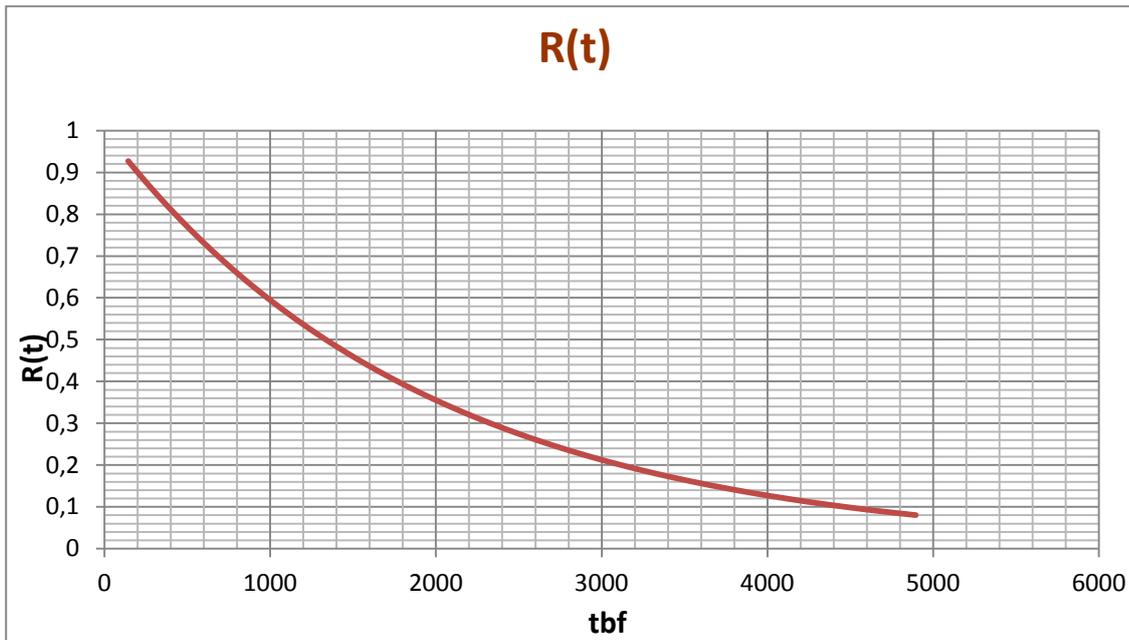


Figure III-6: La Courbe De la Fonction Fiabilité

Le graphe décroissant en fonction de temps et pour $t=MTBF$ $R(t=MTBF)=37\%$ donc on peut dire que la pompe n'est pas fiable à $t=MTBF$

L'amélioration de la fiabilité de la pompe passe obligatoirement par une analyse des défaillances avec une étude détaillée de leurs causes de leurs modes et de leurs conséquences.

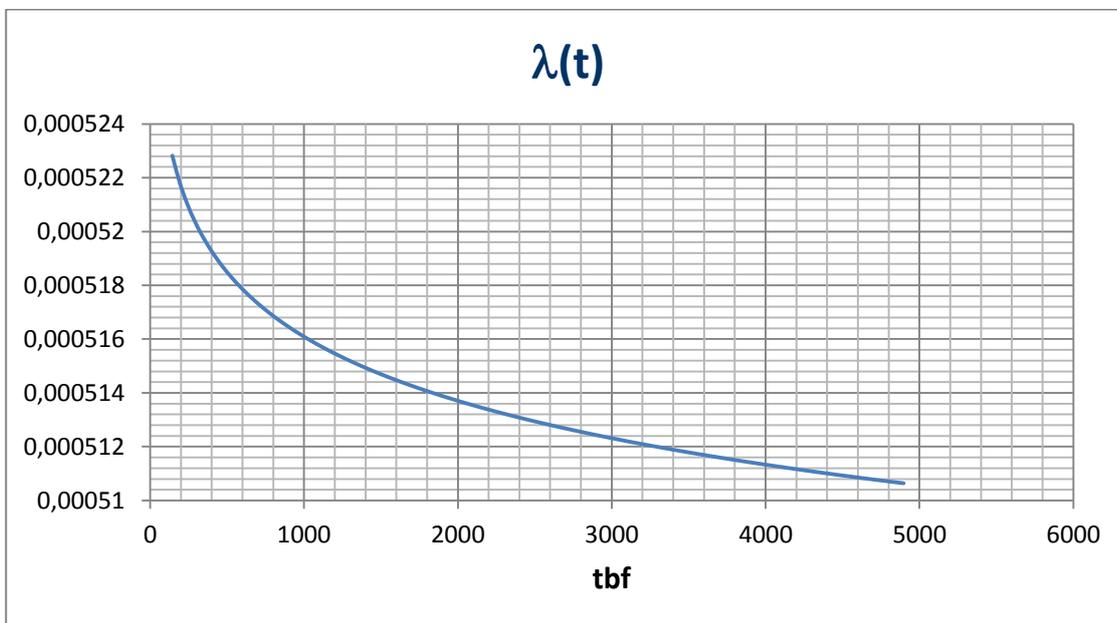


Figure III-7: Le courbe taux de défaillance

Après la comparaison avec la courbe en baignoire et les résultats obtenus on constate que le taux d'avarie est décroissant ($\beta < 1$) cela correspondre à la période de jeunesse, et sa variation est plus ou moins stable on note que pour : $\lambda(MTBF) = 0,00051381 = 0.051\%$

III.5. Calcul la Maintenabilité de la pompe:

D'après l'historique des pannes de la pompe:

$$MTTR = \frac{\sum TTR}{N}$$

TR : temps de réparation.

N : nombre de panne.

$$MTTR = 5.125$$

$$M(t) = 1 - e^{-\mu t}$$

$$\text{Avec } \mu = \frac{1}{MTTR} = 0.19$$

Tableau III-6: La maintenabilité de la pompe

T(h)	20	40	60	70	80	110	130	140
M(t)	0.9776	0.9994	0.9999	0.9999	0.9999	1	1	1

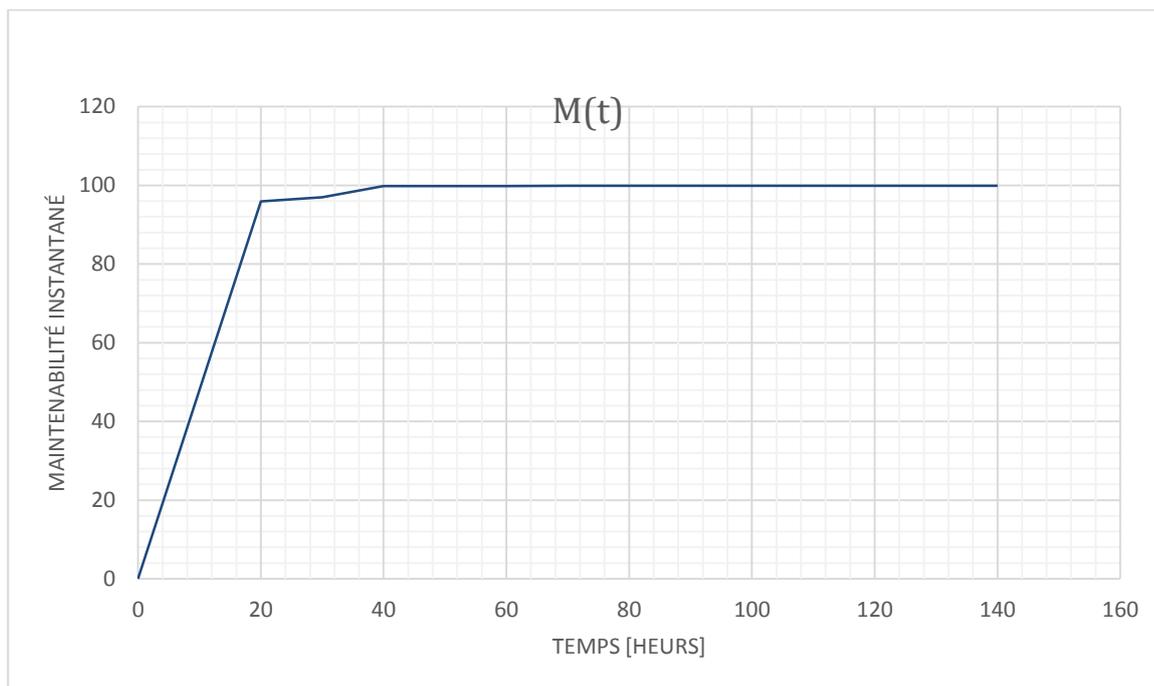


Figure III-8: La Courbe de Maintenabilité

La Maintenabilité est croissant en fonction de temps à l'instant T=40 heures, la maintenable 100%.

III.6. Calcul la disponibilité de la pompe:

1°. Disponibilité intrinsèque au asymptotique :

$$D(t) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} = \frac{1938.78}{1938.78 + 5.125} = 0.9973$$

2°. Disponibilité instantané :

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

$$MTBF = \frac{1}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{1}{MTBF} = \frac{1}{1938.78} = 0.00051$$

$$MTTR = \frac{1}{\mu} \Rightarrow \mu = \frac{1}{MTTR} = \frac{1}{5.125} = 0.19$$

$$\mu + \lambda = 0.1905$$

$$D(t) = \frac{0.19}{0.1905} + \frac{0.00051}{0.1905} e^{-(0.1905)t}$$

Tableau III-7 Tableau de disponibilité instantané

T(h)	20	40	60	70	80	100	110	130
D(t)	0,949	0,966	0,982	0,990	0,994	0,995	0,998	0,999

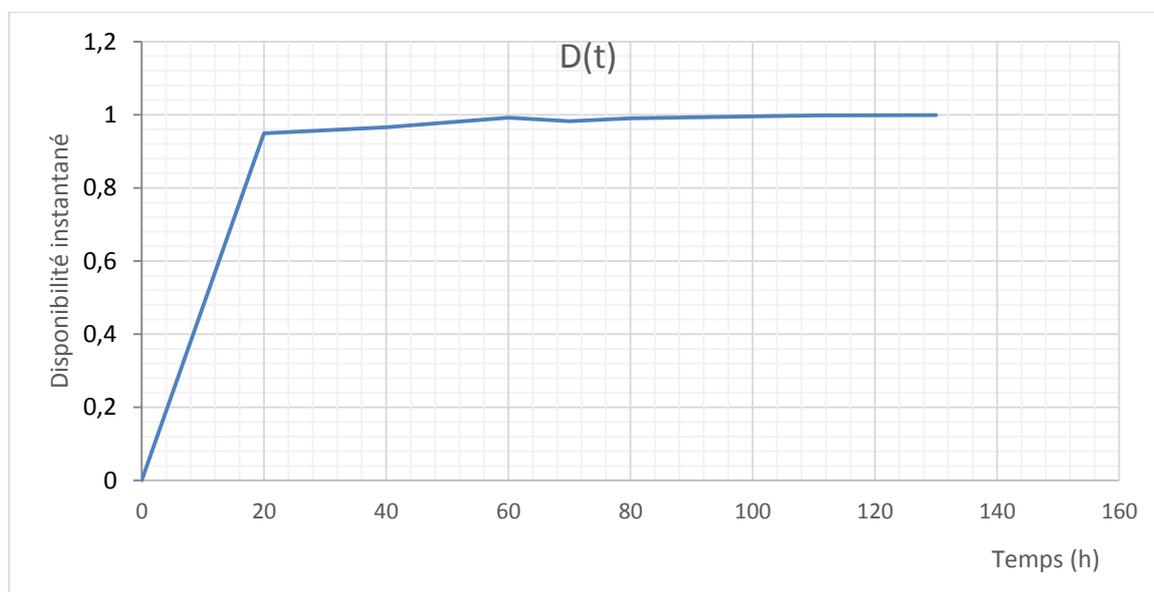


Figure III-9: La Courbe de disponibilité instantané

La disponibilité est croissante en fonction de temps, pour augmenter la disponibilité d'une pompe consiste à diminuer le nombre de ses arrêt (augmenté sa fiabilité) et réduire le temps nécessaire pour résoudre les causes de ceux-ci (augmenté sa maintenabilité)

III.7. Conclusion :

D'après l'étude **FMD** de la pompe on constate que l'équipement possède une faible valeur de fiabilité **37%**, **une** maintenabilité presque **100%** et une grande disponibilité de **99,9%**, **mais** cette dernière n'implique pas l'efficacité du système .Il accomplit sa fonction mais avec une grande fréquence des pannes.

On remarque aussi que la maintenabilité de la pompe trop élevée (**99%**) c à d qu'elle est facilement réparable.

Donc la disponibilité est un bon indicateur de production mais pas forcément de la qualité du bien, et pour rendre notre équipement plus performant, nous envisagerons les actions suivants afin de la disponibilité et la maintenabilité et améliorer la fiabilité :

Réduire la fréquence des pannes répétitives.

- Développer le plan préventif.
- Augmenter l'efficacité des interventions.
- Organiser la logistique de soutien.

Alors pour détecter tout les points faibles du système et leur associer le meilleur remède on passe à l'analyse des modes de défaillance leur effet et leur criticité.