

# **Chapitre IV**

**Analyse de la sûreté de fonctionnement du four**

## IV.1. Introduction

La Sûreté de fonctionnement (Sdf) ou la science des « défaillances » qui est suivant les domaines d'applications: analyse de risque (milieu pétrolier), élastique, cyndinique (science du danger), FMD (Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité) que nous avons l'étudiée dans cette chapitre, où on caractérise à la fois par les études structurales statiques et dynamiques des systèmes, du point de vue prévisionnel mais aussi opérationnel et expérimental (essais, accidents), en tenant compte des aspects probabilités et des conséquences induites par les défaillances techniques et humaines, pour cela on doit introduire dans notre étude les différentes méthodes de l'aide à la décision. [8]

## IV.2. Le four



Figure.IV.1. Photo de four. [16]

## Principe de fonctionnement

Un four horizontal rotatif cylindrique en acier (avec revêtement intérieur réfractaire) de 50 à 90 m de long, de 4 à 5 m de diamètre, légèrement incliné et tournant de 1 à 3 tours/minute. La matière pénètre à l'amont du four (en partie haute) où s'achève la décarbonatation, et progresse jusqu'à la zone de clinkerisation (environ 1450 °C). Le temps de parcours est de l'ordre d'une heure. Sous l'effet de la chaleur, les constituants de l'argile, principalement composée de silicates d'alumine et d'oxydes de fer, se combinent à la chaux provenant du calcaire pour donner des silicates et des aluminates de calcium. [16]

### IV.3. Diagramme de PARETO

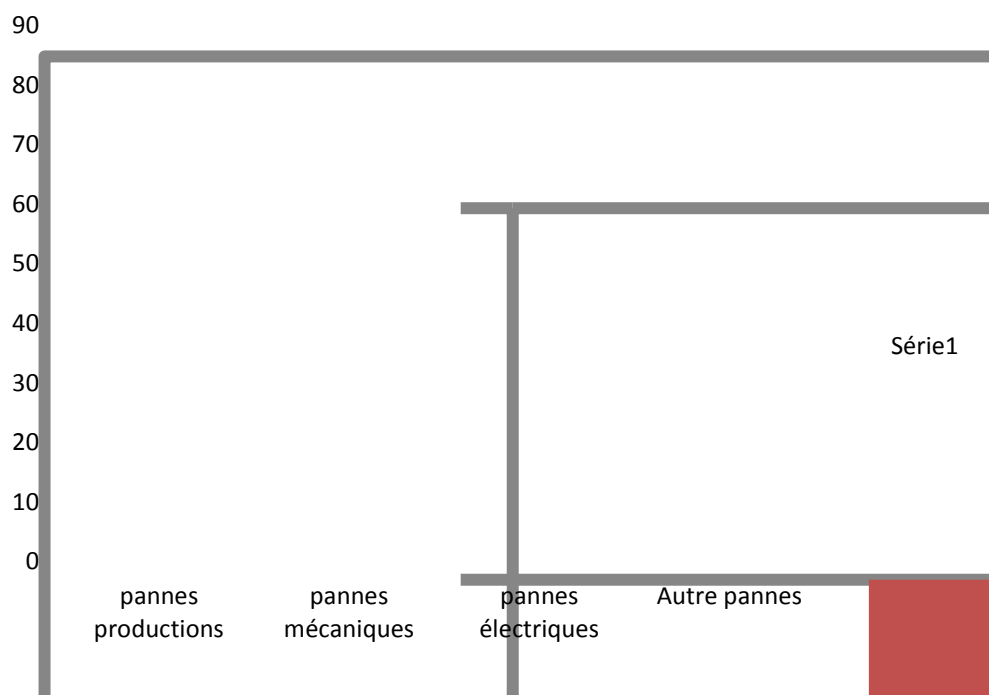
D'après les données de départ, nous avons obtenu les résultats suivants en posant le nombre de chaque type de panne :

#### Four (I)

Nous présentons quelques types des pannes en four I, dans le tableau suivante :

**Tableau.IV.1. Nombre des pannes en Four I. [16]**

Nombre de pannes productions	Nombre de pannes mécaniques	Nombre de pannes électriques	Autre pannes
80	53	19	28



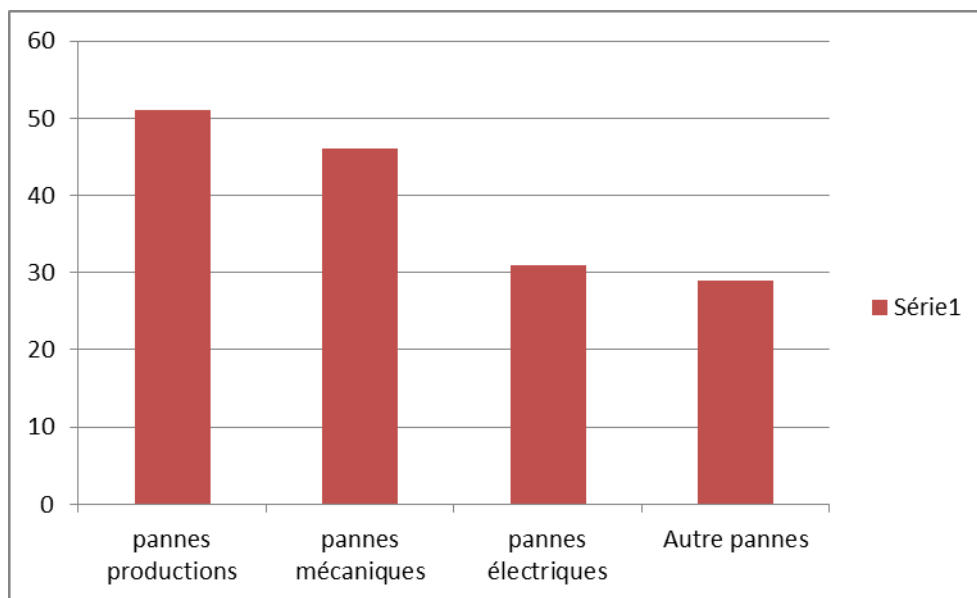
**Figure.IV.2. Diagramme de Pareto en Four I**

## **Four (II)**

Nous présentons quelques types des pannes en four I, dans le tableau suivante :

**Tableau.IV.2. Nombre des pannes en Four II. [16]**

<b>Nombre de pannes productions</b>	<b>Nombre de pannes mécaniques</b>	<b>Nombre de pannes électriques</b>	<b>Autre pannes</b>
<b>51</b>	<b>46</b>	<b>31</b>	<b>29</b>



**Figure.IV.3. Diagramme de Pareto en Four II.**

## **Interprétation**

D'après le diagramme de Pareto on constate que la partie la plus touchée est la partie production (Tache rouge sur la virole, Chauffage, Arrêt par blocage matière, Arrêt par vibration, Arrêt par fuite matière blocage la chaîne, Déclenchement de calcinateur, Tache rouge au niveau virole, pression min gaz service,.....), ce qui nous a poussés à étudier plus précisément la défaillance de nature production.

Nous constatons aussi que cet échec industriel dans le segment de la production sera plus de dégâts au four 1 est parce que le four 2 nouvelle utilisation, la précision et la fiabilité.

## IV.4. Analyse de Fiabilité, Maintenabilité et Disponibilité (FMD)

### ➤ Analyse de fiabilité

Le calcul des temps de bon fonctionnement et le temps d'arrêt de four d'usine (trois années 2014, 2015 et 2016) à raison de 24h de travail par jour, nous donnons les résultats suivants :

#### Four (I)

Tableau.IV.3. Historique mensuel des pannes de four I. [16]

Mois	Temps d'arrêt (TR)	TBF
1	145.39	574.61
2	85.62	634.38
3	75.9	644.10
4	68.75	651.25
5	59.57	660.43
6	54.44	665.56
7	57.59	662.41
8	54.13	665.87
9	52.48	667.52
10	50.86	669.14
11	73.74	646.26
12	119.56	600.44
13	76.78	643.22
14	30.75	689.25
15	90.63	629.37
16	20.35	699.65
17	76.49	643.51
18	27.36	692.64
19	79.45	640.55
20	41.03	678.97
21	61.55	658.45
22	59.9	660.1
23	31.98	688.02
24	48.28	671.72
25	2.84	717.16
26	2.2	717.8

**Four (II)****Tableau.IV.4. Historique mensuel des pannes de four II. [16]**

Mois	Temps d'arrêt ( TR )	TBF
1	113.17	606.83
2	108.95	611.05
3	63.19	656.81
4	52.55	667.45
5	101.48	618.52
6	38.32	681.68
7	43.07	676.93
8	74.83	645.17
9	47.73	672.27
10	21.97	698.03
11	7	713
12	80.13	639.87
13	60.9	659.1
14	23.29	696.71
15	91.56	628.44
16	58.1	661.9
17	46	674
18	67.85	652.15
19	31.65	688.35
20	54.87	665.13
21	0.92	719.08
22	4.21	715.79
23	27.75	692.25
24	28.61	691.39
25	15.41	704.59

**IV.4.1 Test d'adéquation**

Le modèle qu'on peut établir en fiabilité est issu d'un échantillon de population puis on fait l'hypothèse quels suivent une loi particulière (loi de weibull pour notre cas) Ainsi, il reste à vérifier la validité de cette loi ; la vérification est obtenue par un test d'adéquation. L'utilisation des statistique a un risque d'erreur ( $\alpha$ ) petit, a est ce niveau signification (est égal à la probabilité de tromper en utilisant ce test). [2]

**IV.4.1.1. Test de KOLMOGOROV – SMIRNOV**

Au une restriction n'est nécessaire, quel que soit la taille (N) on peut l'applique. L'idée du test est de compare la fonction réelle de répartition des défaillances à la fonction de répartition théorique. [2]

Il consiste à mesurer l'écart point par point entre ces deux fonctions :

$$D_{n,max} = |F(t)_{théo} - F(t)_{réel}| \dots\dots\dots (IV.5)$$

Il faut calculer la fonction de répartition réelle  $F(t)$  et comme nous avons points, donc on applique la méthode des rangs moyen ssi :  $20 \leq N < 50$ ,

Nous avons le nombre des pannes  $N = 26$  et  $N = 25$  donc la fonction de répartition à la date  $T_i$  est :

La fonction de répartition réelle :  $F(t) = \frac{\sum ni}{N+1}$  ..... (IV.6)

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

On montre que  $D_{n,max} = |F(t)_{réel} - F(t)_{théor}|$  suit une loi ne dépendant que de  $\eta$ , et on écrit que :

$P(\max |F(t)_{réel} - F(t)_{théor}| < D_{n,\alpha}) = 1 - \alpha$  ..... (IV.8)

Si :  $D_{n,max} > D_{n,\alpha}$  on refuse l'hypothèse du modèle théorique.

Si :  $D_{n,max} < D_{n,\alpha}$  on accepte l'hypothèse du modèle théorique.

**NB** : la valeur  $D_{n,\alpha}$  est donnée par la table de Kolmogorov-Smirnov.

**NB** : la démarche pour calculer MTBF et les paramètres  $\gamma, \eta, \beta$  par le modèle de weibull :

- Cumuler les avaries  $ni$  ;
- Recherche les fréquences cumulées  $F(t)$  :

Rangs médians : si  $N < 20$ , la fonction de répartition à la date  $T_i$  est :

$F(t) = \frac{\sum ni - 0.3}{N + 0.4}$  ..... (IV.9)

Rangs moyens : si  $20 \leq N < 50$  la fonction de répartition à la date  $T_i$  est :

$F(t) = \frac{\sum ni}{N+1}$  ..... (IV.10)

Le tableau ci-dessous donne la fonction de fiabilité et la fonction de répartition et la fonction densité de probabilité et le taux de défaillance.

## IV.4.2 Calcul de $R(t)$ , $F(t)$ , $f(t)$ , $\lambda(t)$

D'après les calculs on précédents on obtient les résultats :

### Four (I)

$MTBF = \frac{\sum TBF}{Nbr} = 651.5614 \text{ h}$  ..... (IV.11)

$\lambda(t) = \lambda = \frac{1}{MTBF} = 0.0015 \text{ h}^{-1}$  ..... (IV.12)

On calcul avec les valeurs  $\lambda(t)$ ,  $R(t)$ ,  $F(t)$ ,  $f(t)$  représenté le tableau suivante :

**Tableau.IV.5. Les valeurs de  $\lambda(t)$ ,  $R(t)$ ,  $F(t)$ ,  $f(t)$  en four (I)**

Mois	TBF	$\lambda(t)$ ( $\times 10^{-4}$ )	$R(T)$	$F(t)$	$f(t)$ ( $\times 10^{-4}$ )
1	574.61	28.93837	0.86009	0.13990	24.88960
2	634.38	78.10155	0.63822	0.36177	49.84597
3	644.1	90.97381	0.58796	0.41203	53.48896
4	651.25	101.62942	0.54887	0.45112	55.78134
5	660.43	116.95297	0.49655	0.50344	58.07299
6	665.56	126.39407	0.46651	0.53348	58.96409
7	662.41	120.51890	0.48501	0.51498	58.45287
8	665.87	126.98597	0.46468	0.53531	59.00784
9	667.52	130.17862	0.45493	0.54506	59.22215
10	669.14	133.38334	0.44532	0.55467	59.39827
11	646.26	94.08151	0.57632	0.42367	54.22106
12	600.44	44.98529	0.78284	0.21715	35.21628
13	643.22	89.73444	0.59265	0.40734	53.18111
14	689.25	179.52506	0.32578	0.67421	58.48567
15	629.37	72.12922	0.66268	0.33731	47.79859
16	699.65	208.63204	0.26633	0.73366	55.56497
17	643.51	90.14118	0.59111	0.40888	53.28335
18	692.64	188.58344	0.30608	0.69391	57.72161
19	640.55	86.06653	0.60672	0.39327	52.21828
20	678.97	154.39995	0.38667	0.61332	59.70183
21	658.45	113.48231	0.50800	0.49199	57.64901
22	660.1	116.36797	0.49846	0.50153	58.00478
23	688.02	176.33653	0.33299	0.66700	58.71830
24	671.72	138.63401	0.42997	0.57002	59.60846
25	717.16	267.35514	0.17590	0.82409	47.02777
26	717.8	269.75861	0.17290	0.82709	46.64126

## Four (II)

D'après les calculs on précédents on obtient les résultats :

$$MTBF = \frac{\sum TBF}{Nbr} = 664.8145 \text{ h} \dots\dots\dots (IV.13)$$

$$\lambda(t) = \lambda = \frac{1}{MTBF} = 0.0015 \text{ h}^{-1} \dots\dots\dots (IV.14)$$



On calcul avec les valeurs  $\lambda(t)$ ,  $R(t)$ ,  $F(t)$ ,  $f(t)$  représenté le tableau suivante :

**Tableau.IV.6. Les valeurs de  $\lambda(t)$ ,  $R(t)$ ,  $F(t)$ ,  $f(t)$  en four (II)**

Mois	TBF	$\lambda(t)$ ( $\times 10^{-4}$ )	$R(T)$	$F(t)$	$f(t)$ ( $\times 10^{-4}$ )
1	606.83	39.84815	0.81281	0.18718	32.38897
2	611.05	42.90565	0.79875	0.20124	34.27088
3	656.81	92.70059	0.59342	0.40657	55.01038
4	667.45	110.03516	0.53287	0.46712	58.63444
5	618.52	48.84357	0.77187	0.22812	37.70088
6	681.68	137.80535	0.44703	0.55296	61.60312
7	676.93	127.90008	0.47613	0.52386	60.89706
8	645.17	76.60238	0.65469	0.34530	50.15081
9	672.27	118.81402	0.50429	0.49570	59.91672
10	698.03	177.44894	0.34589	0.65410	61.37781
11	713	222.52563	0.25670	0.74329	57.12233
12	639.87	70.14981	0.68064	0.31935	47.74677
13	659.1	96.20711	0.58072	0.41927	55.86939
14	696.71	173.90183	0.35401	0.64598	61.56298
15	628.44	57.87903	0.73216	0.26783	42.37671
16	661.9	100.65769	0.56494	0.43505	56.86555
17	674	122.11654	0.49389	0.50610	60.31213
18	652.15	85.92025	0.61863	0.38136	53.15284
19	688.35	152.88921	0.40575	0.59424	62.03479
20	665.13	106.02296	0.54640	0.45359	57.93094
21	719.08	243.62326	0.22280	0.77719	54.27926
22	715.79	231.99217	0.24093	0.75906	55.89387
23	692.25	162.38704	0.38157	0.61842	61.96202
24	691.39	160.24786	0.38690	0.61309	61.99990
25	704.59	196.06917	0.30604	0.69395	60.00501

On ordonne les temps de bon fonctionnement  $T_i$  de manière décroissante, et le tableau suivante présent les résultats.

**Four (I)****Tableau.IV.7. Les valeurs de F (t) en four (I)**

Mois	TBF	ni	$\sum ni$	$F(t)_{réel}$	$F(t)_{théo}$	$D_n$	$D_n = D_{max}$
1	574.61	1	1	0.03703	0.13990	0.10287	0.31886
2	634.38	1	2	0.07407	0.36177	0.28770	
3	644.1	1	3	0.11111	0.41203	0.30092	
4	651.25	1	4	0.14814	0.45112	0.30298	
5	660.43	1	5	0.18518	0.50344	0.31826	
6	665.56	1	6	0.22222	0.53348	0.31126	
7	662.41	1	7	0.25925	0.51498	0.25573	
8	665.87	1	8	0.29629	0.53531	0.23902	
9	667.52	1	9	0.33333	0.54506	0.21173	
10	669.14	1	10	0.37037	0.55467	0.18430	
11	646.26	1	11	0.40740	0.42367	0.01627	
12	600.44	1	12	0.44444	0.21715	0.22729	
13	643.22	1	13	0.48148	0.40734	0.07414	
14	689.25	1	14	0.51851	0.67421	0.15570	
15	629.37	1	15	0.55555	0.33731	0.21824	
16	699.65	1	16	0.59259	0.73366	0.14107	
17	643.51	1	17	0.62962	0.40888	0.22074	
18	692.64	1	18	0.66666	0.69391	0.02725	
19	640.55	1	19	0.70370	0.39327	0.31043	
20	678.97	1	20	0.74074	0.61332	0.12742	
21	658.45	1	21	0.77777	0.49199	0.28578	
22	660.1	1	22	0.81481	0.50153	0.31328	
23	688.02	1	23	0.85185	0.66700	0.18485	
24	671.72	1	24	0.88888	0.57002	0.31886	
25	717.16	1	25	0.92592	0.82409	0.10183	
26	717.8	1	26	0.96296	0.82709	0.13587	

Nous avons :  $D_n = 0.31886$

D'après le tableau :  $A(N : \varepsilon) = A(26 : 0.01) = 0.32$  Alors  $D_n < 0.32$

On conclue que l'hypothèse est acceptable.

**Four (II)**

Tableau.IV.8. Les valeurs de F (t) en four (II)

Mois	TBF	ni	$\sum ni$	F(t) <sub>réel</sub>	F(t) <sub>théo</sub>	$D_n$	$D_n = D_{max}$
1	696.83	1	1	0.03846	0.18718	0.14872	0.31822
2	691.05	1	2	0.07692	0.20124	0.12432	
3	656.81	1	3	0.11538	0.40657	0.29119	
4	667.45	1	4	0.15384	0.46712	0.31328	
5	618.52	1	5	0.19230	0.22812	0.03582	
6	681.68	1	6	0.23076	0.54296	0.31220	
7	676.93	1	7	0.26923	0.52386	0.25463	
8	645.17	1	8	0.30769	0.34530	0.03761	
9	672.27	1	9	0.34615	0.49570	0.14955	
10	698.03	1	10	0.38461	0.65410	0.26949	
11	713	1	11	0.42307	0.74129	0.31822	
12	639.87	1	12	0.46153	0.31935	0.14218	
13	659.1	1	13	0.50000	0.41927	0.08073	
14	696.71	1	14	0.53846	0.64598	0.10752	
15	628.44	1	15	0.57692	0.26783	0.30909	
16	661.9	1	16	0.61538	0.43505	0.18033	
17	674	1	17	0.65384	0.50610	0.14774	
18	652.15	1	18	0.69230	0.38136	0.31094	
19	688.35	1	19	0.73076	0.59424	0.13652	
20	665.13	1	20	0.76923	0.45359	0.31564	
21	719.08	1	21	0.80769	0.77719	0.03050	
22	715.79	1	22	0.84615	0.75906	0.08709	
23	692.25	1	23	0.88461	0.61842	0.26619	
24	691.39	1	24	0.92307	0.61309	0.30998	
25	704.59	1	25	0.96153	0.69395	0.26758	

Nous avons :  $D_n = 0.31822$

D'après le tableau :  $A(N; \varepsilon) = A(25; 0.01) = 0.32$  Alors  $D_n < 0.32$

On conclue que l'hypothèse est acceptable.

## IV.5. Les formules utilisées

Le tableau suivante donne les formules utilisées pour calculer :

**Tableau.IV.9. Les formules utilisée**

Désignation	Formules
Fiabilité	$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}$
Densité de probabilité	$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \cdot e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}$
Fonction de répartition	$F(t) = 1 - R(t)$ $= 1 - e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}$
Durée moyenne entre deux pannes consécutives	$MTBF = \frac{\sum TBF}{Nbr}$
moyenne des temps pour la remise en état de fonctionnement	$MTTR = \frac{\sum TTR}{Nbr}$
Taux de défaillance (loi normale)	$\lambda(t) = \lambda = \frac{1}{MTBF}$
Taux de défaillance (loi de weibull)	$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1}$
Test de KOLOGOROV-SMIRNOV	$D_n =  F(t)_{théo} - F_{réel} $
La fonction de disponibilité	$D(t) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$
La fonction de maintenabilité	$M(t) = 1 - e^{-\mu t}$
Taux de réparation	$\mu = \frac{1}{MTTR}$

## IV.6. La loi de weibull

C'est la plus populaire des lois, utilisée dans plusieurs domaines (électronique, mécanique,...), elle permet de modéliser en particulier de nombreuses situations d'usure de matériel, elle caractérise le comportement du système dans les trois phases de vie : période de jeunesse, période de vie utile et période d'usure ou vieillissement.

Dans sa forme la plus générale, la distribution de Weibull dépend des trois paramètres suivants :

$\beta$  : Paramètre de forme ( $\beta > 0$ ) ;

$\gamma$  : Paramètre d'échelle ( $\gamma > 0$ ) ;

$\gamma$  : Paramètre de position ( $\gamma \geq 0$ ) ;

C'est un modèle statistique particulièrement bien adapté à l'étude statistique des défaillances. Cette loi a l'avantage d'être très souple et de pouvoir s'ajuster à différents résultats d'expérimentation.

WEIBULL : a donné au taux de défaillance  $\lambda(t)$  une formule générale dépendant de trois (03) paramètres  $\gamma$ ,  $\eta$ ,  $\beta$  qui modélise avec une précision dans une gamme étendue l'application de ce modèle nécessite :

- l'application de ce modèle nécessite.
- Le nombre de pannes correspondant au **TBF**.

Nous pouvons associer à chaque instant  $t$ , soit analytiquement soit graphiquement, les fonctions liées au comportement du matériel à savoir. [17]

### Caractéristiques

#### a) Densité de probabilité

Elle caractérise la probabilité de panne juste à temps.

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left( \frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} \cdot e^{-\left( \frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta}} \dots\dots\dots (IV.15)$$

#### b) La fonction de répartition

Elle représente la probabilité de pannes cumulée de défaillance entre 0 et  $t$ .

$$F(t) = 1 - e^{-\left( \frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta}} \dots\dots\dots (IV.16)$$

#### c) La fonction de fiabilité

$$R(t) = e^{-\left( \frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta}} \dots\dots\dots (IV.17)$$

#### d) Le taux de défaillance

C'est la probabilité instantanée d'une panne au temps  $t + \Delta t$ , sachant que mon dispositif est bon à l'instant  $t$ .

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\beta}{\eta} \left( \frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} \dots\dots\dots (IV.18)$$

### e) Le moyen de temps de bon fonctionnement

C'est la racine de temps de bon fonctionnement [MTBF] divisée par le nombre de pannes.

$$\text{MTBF} = \gamma + A \eta \dots\dots\dots (IV.19)$$

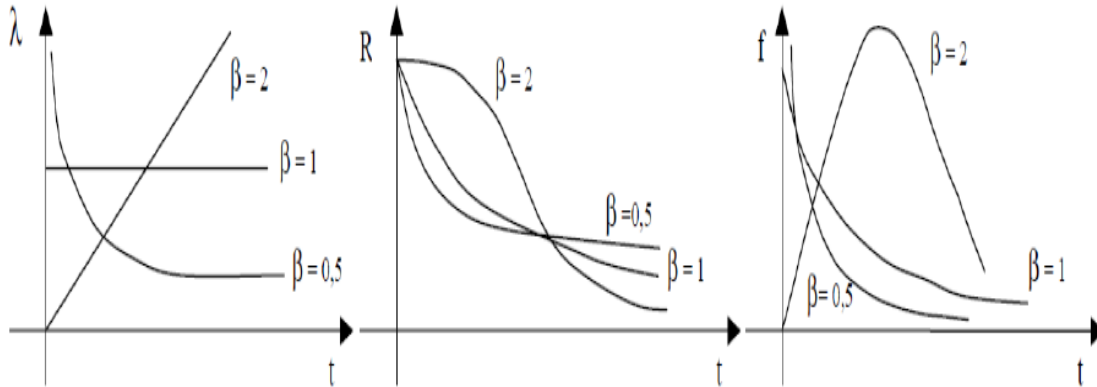


Figure.IV.4. Les trois périodes de la courbe en baignoire avec différentes valeurs de  $\beta$ . [18]

#### • Paramètres de forme $\beta$

C'est un nombre sans dimensions, il définit l'allure de la distribution des durées. Il permet d'adapter la forme de la courbe  $f(t)$  aux différentes étapes de vie.

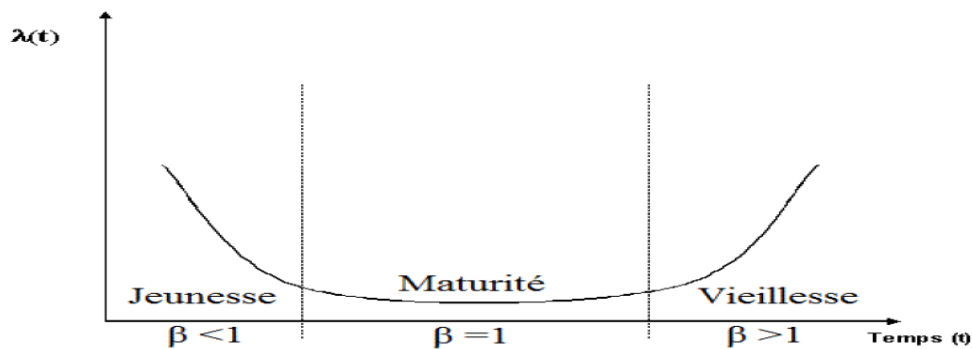


Figure.IV.5. La courbe baignoire. [18]

$\beta < 1$  : Correspond à la zone décroissante de la courbe, c'est la période de mise en place de rodage de l'installation (période de jeunesse).

$\beta = 1$  : Correspond à la zone où le taux de défaillance est pratiquement constant, c'est la période de défaillance aléatoire qui ne présente généralement pas de symptôme de dégradation préalable (vie utile). C'est la période la plus longue.

$\beta > 1$  : Correspond à la zone croissante rapide, c'est la période de vieillesse provoquée par l'usure mécanique.

#### • Paramètre de position $\gamma$

Son unité est celle de la variable, il explique la survie du lot :

$\gamma < 0$  : dès la réception du matériel, il y a défaillance.

$\gamma > 0$  : il y a survie totale du lot.

$\gamma = 0$  : dès l'origine des temps, on peut s'attendre à des défaillances. [17]

- **Paramètre d'échelle  $\eta$**

En unité de temps qui est associé à l'échelle utilisée sur le graphe d'ALAIN PLATT.

Ce dernier qui est en papier de WEIBULL utilise la méthode graphique pour l'estimation des Paramètres de cette loi. Il est gradué comme suit :

- En abscisse:  $\ln(t)$

- En ordonnées :  $\ln \left( \ln \left( \frac{1}{1-F(1)} \right) \right)$  ..... (IV.20)

## IV.6.1 Détermination des paramètres de WEIBULL

Nous avons trouvé les paramètres de WEIBULL pour logiciel LAALA :

### Four (I)

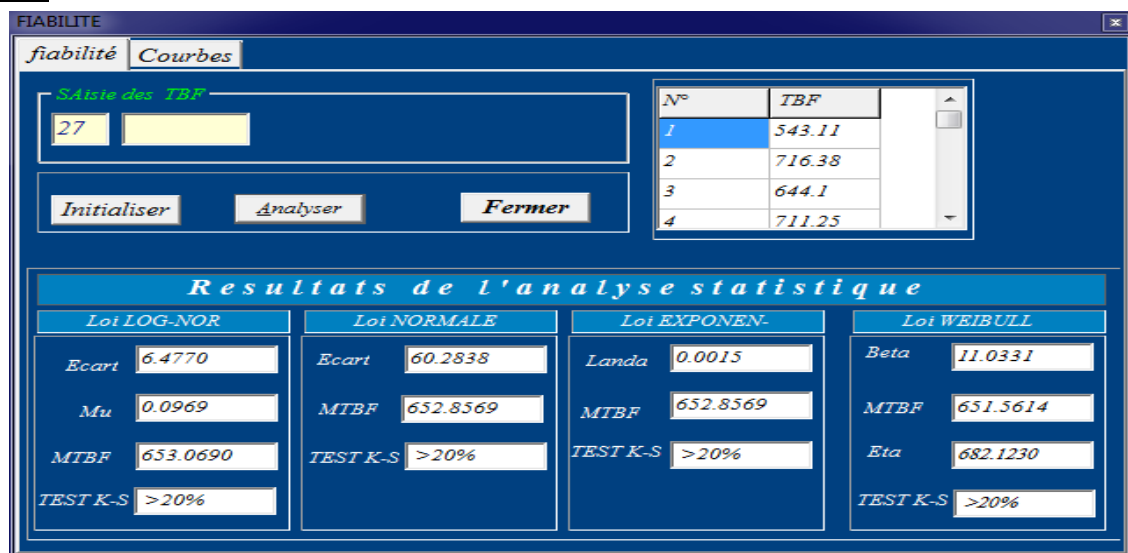


Figure.IV.6. les paramètres de weibull en four I

### Four (II)

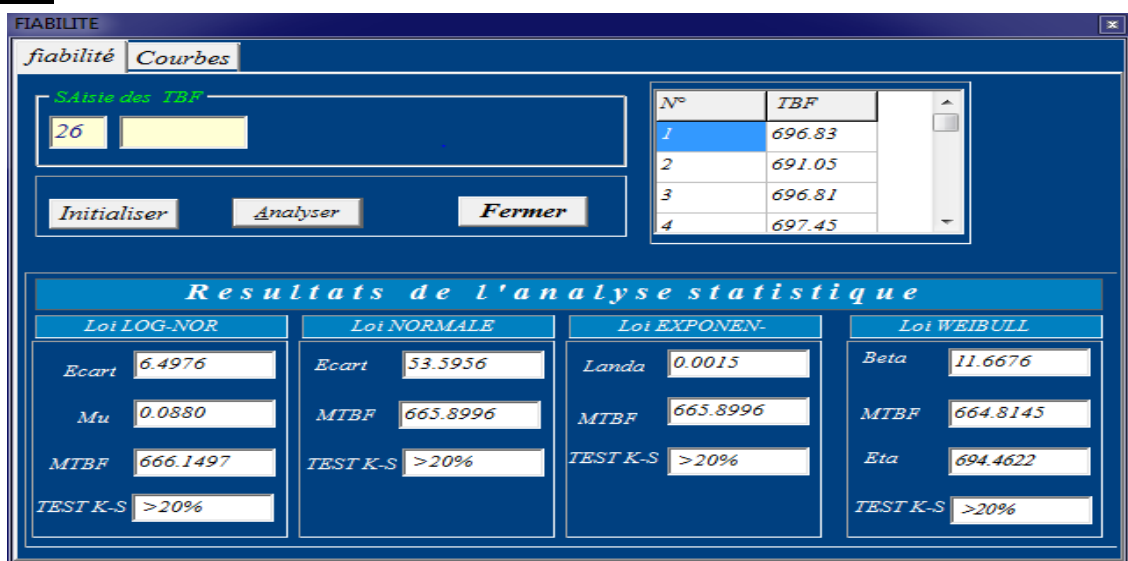


Figure.IV.7. les paramètres de weibull en four II

D'après le test LAALA AMOR nous avons trouvé que la loi de Weibull est acceptable, On obtient d'après le logiciel LAALA AMOR les allures suivantes :

### La densité de probabilité

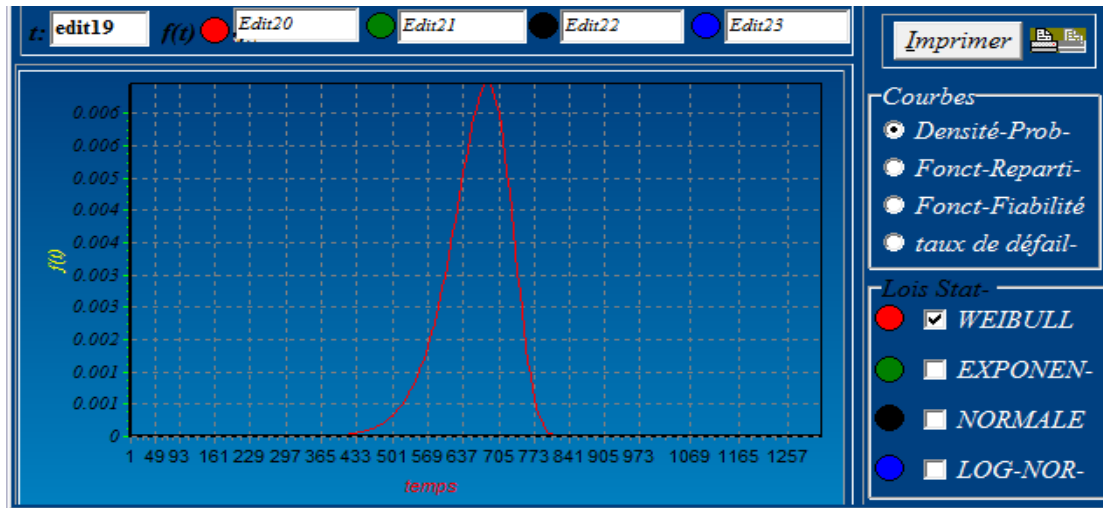


Figure.IV.8. La densité de probabilité ( f ) en four I

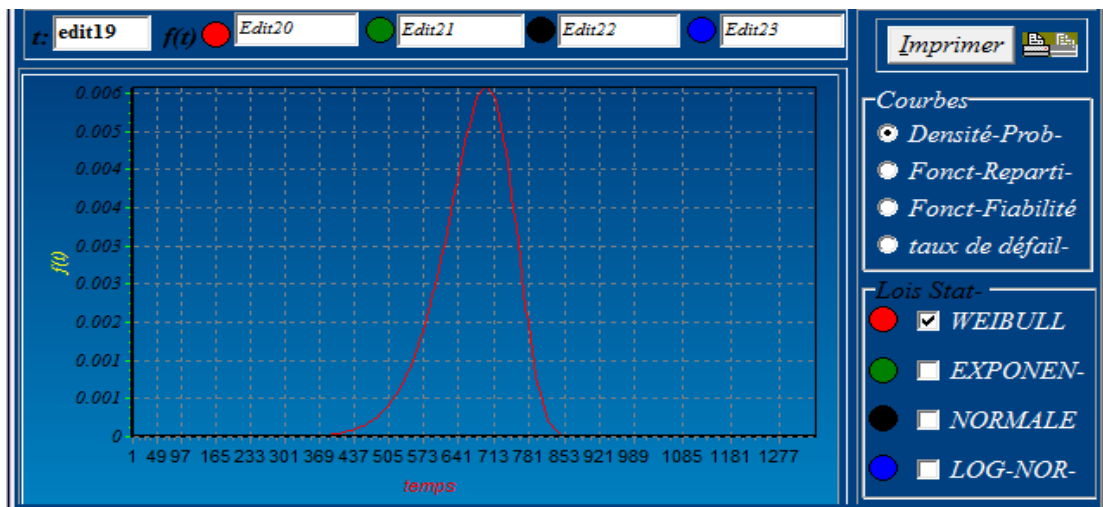


Figure.IV.9. La densité de probabilité ( f ) en four II

### Interprétation de courbe

la courbe représente la probabilité instantanée de défaillance, donc l'augmentation du Temps d'arrêt provoque une diminution de sa fiabilité et augmente la probabilité de présence d'un défaut ou de défaillance.



## La fonction de répartition

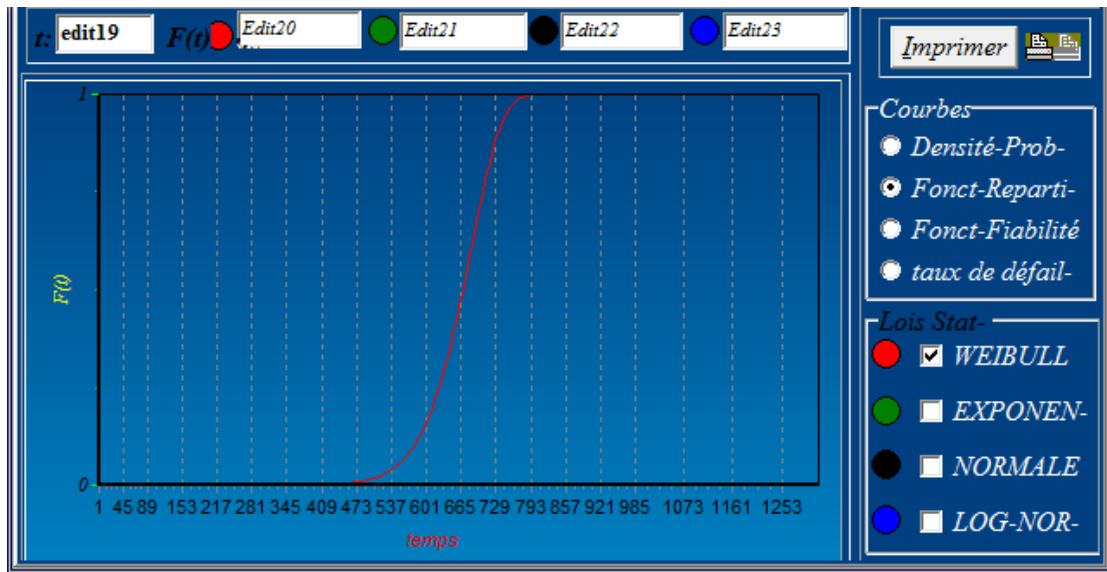


Figure.IV.10. La fonction de répartition ( F ) en four I

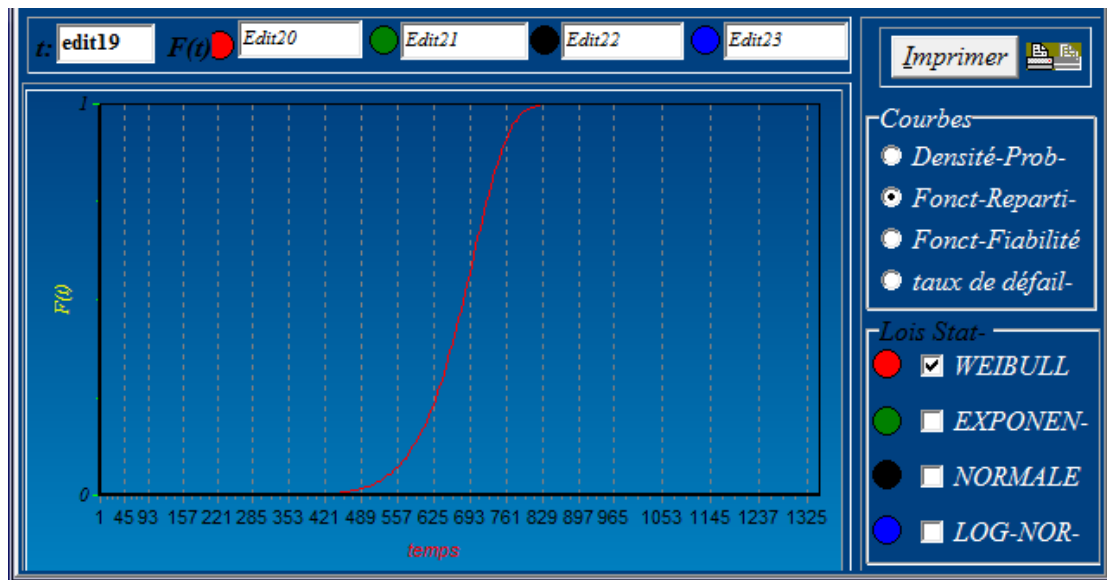


Figure.IV.11. La fonction de répartition ( F ) en four II

## Interprétation de courbe

La courbe représente de la fonction de répartition, représente la probabilité cumulée de défaillance, et ce qu'on peut voir dans cette courbe c'est que la probabilité de défaillance de la chaîne de production, est une courbe croissante à partir de  $t = 473$  h (four I) et  $t = 455$  h (four II). La fonction de répartition est augmentée avec l'augmentation des temps de réparation.

## La fonction de fiabilité

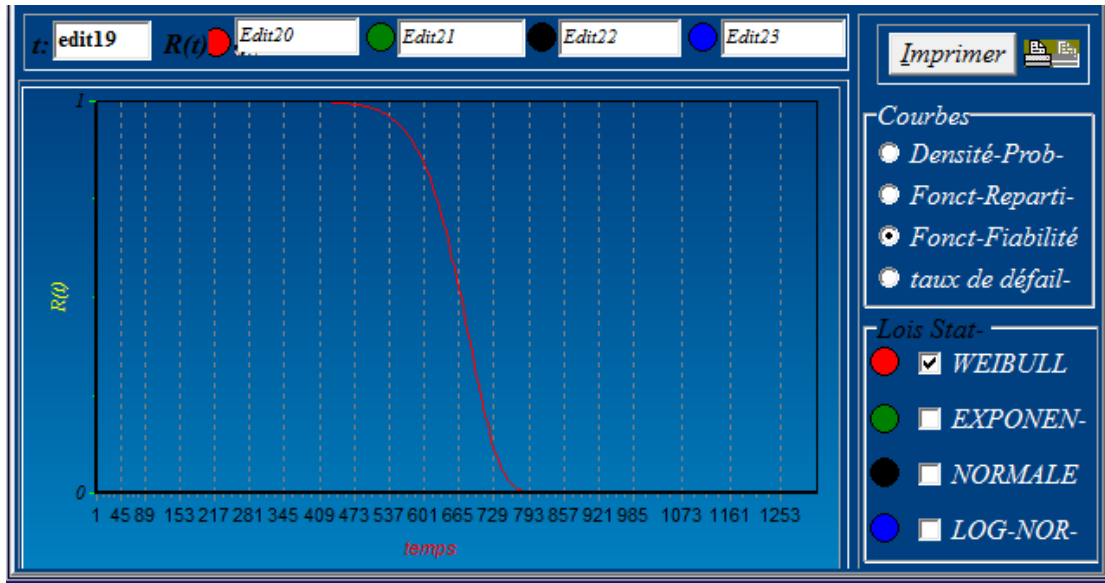


Figure.IV.12. La fonction de fiabilité ( R ) en four I

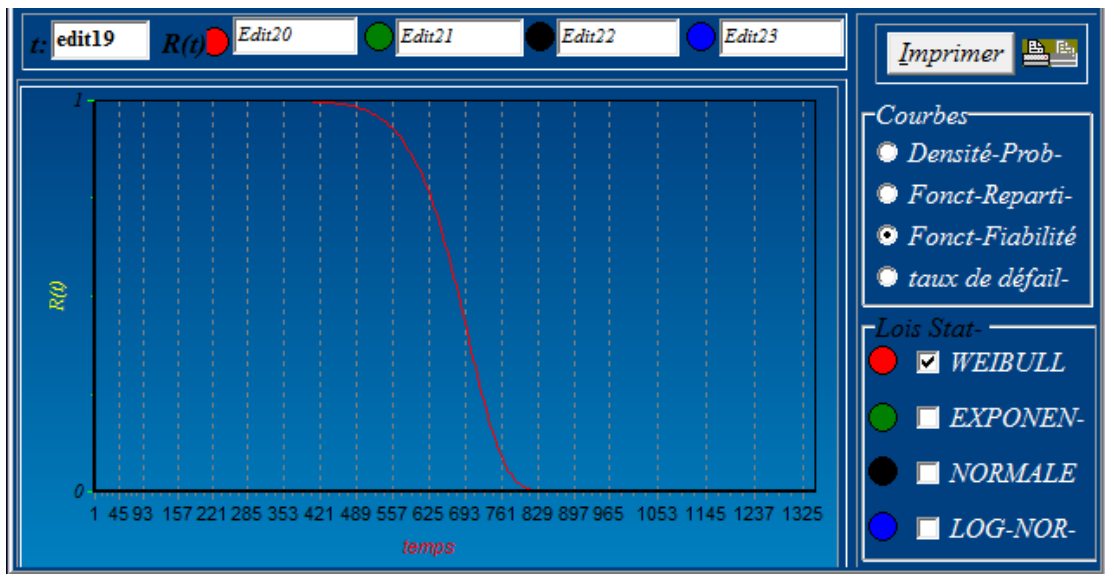


Figure.IV.13. La fonction de fiabilité ( R ) en four II

## Interprétation de courbe

La courbe représente de fiabilité est une courbe descendante à partir de  $t = 409$  h jusqu'à  $t = 793$  h (four I) et  $t = 421$  h jusqu'à  $t = 829$  h (four II), le moyen du temps de bon fonctionnement est 651.5614 heures (four I) et 664.8145 h (four II) est-ce à peu près sur 4 mois. La fiabilité de cette dernière est jugée comme étant acceptable.

## Taux de défaillance

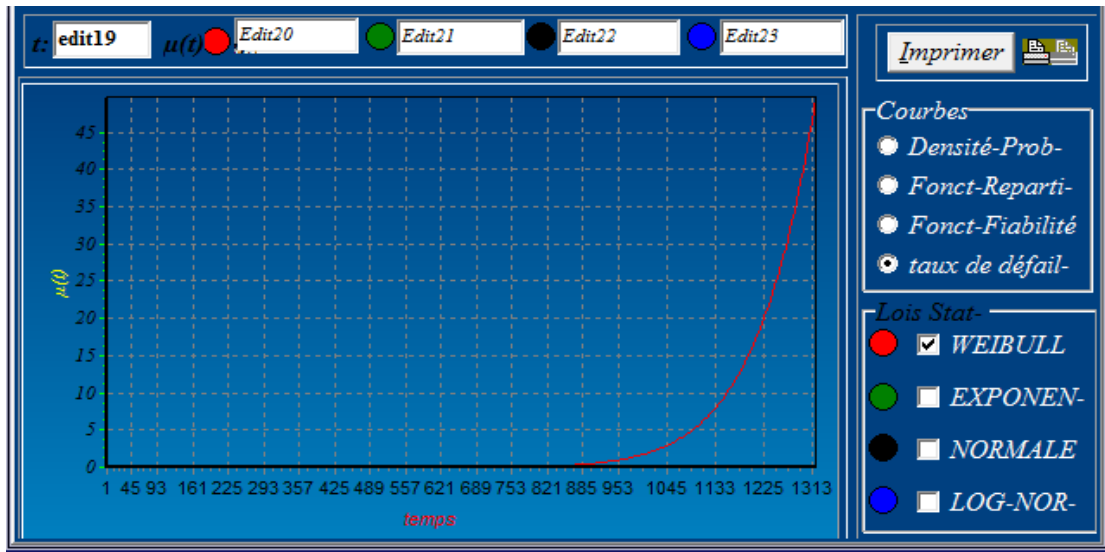


Figure.IV.14. Le taux de défaillance ( $\lambda$ ) en four I

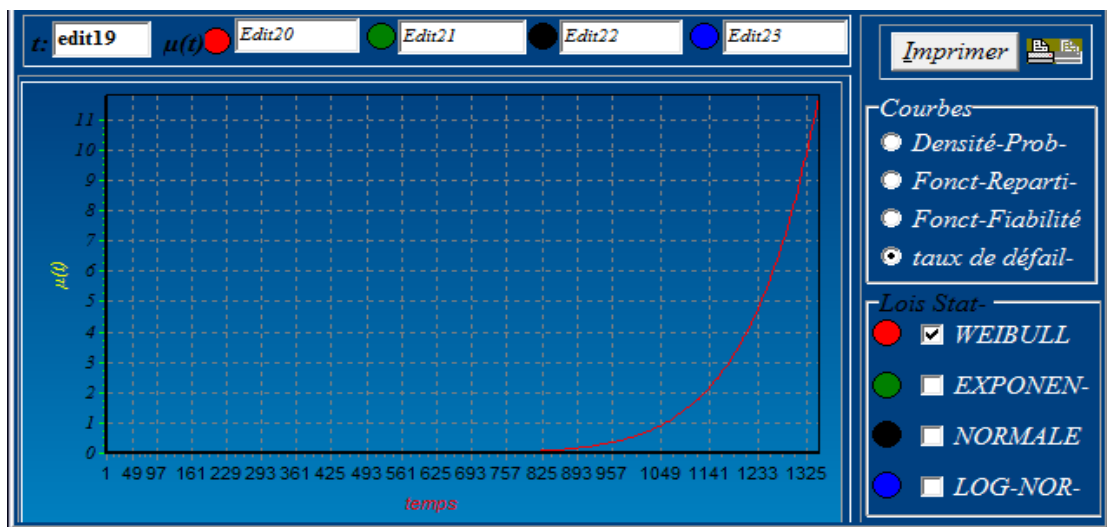


Figure.IV.15. Le taux de défaillance ( $\lambda$ ) en four II

## Interprétation de courbe

La courbe qui représente le taux de défaillance à un instant donné est une courbe croissant à partir de  $t = 885$  h (four I) et  $t = 825$  h (four II),  $\beta = 11.0331$  (four I) et  $\beta = 11.6676$  (four II) Ne correspond pas à la zone de décroissance rapide c'est la période de mise en place et de déverminage de l'installation. Les défaillances sont dues à des anomalies ou des imperfections de montage ou à la méconnaissance de la conduite du matériel de la part des opérateurs.

C.-à-d. que le taux de défaillance augmente aussi avec l'augmentation du temps de bon fonctionnement cette augmentation qui provoque la diminution de fiabilité du four.

## ➤ Analyse de maintenabilité

### Four (I)

La fonction de maintenabilité est :  $M(t) = 1 - e^{-\mu t}$  ..... (IV.21)

Où :  $\mu = \frac{1}{MTTR}$  ..... (IV.22)

D'après les calculs on précédents on obtient les résultats :

MTTR = 67.14 h alors :  $\mu = 0.014894$  h, donc  $M(t) = 0.9$

### Four (II)

La fonction de maintenabilité est :  $M(t) = 1 - e^{-\mu t}$  ..... (IV.23)

Où :  $\mu = \frac{1}{MTTR}$  ..... (IV.24)

D'après les calculs on précédents on obtient les résultats :

MTTR = 54.1004 h alors :  $\mu = 0.018484$ h, donc  $M(t) = 0.9$

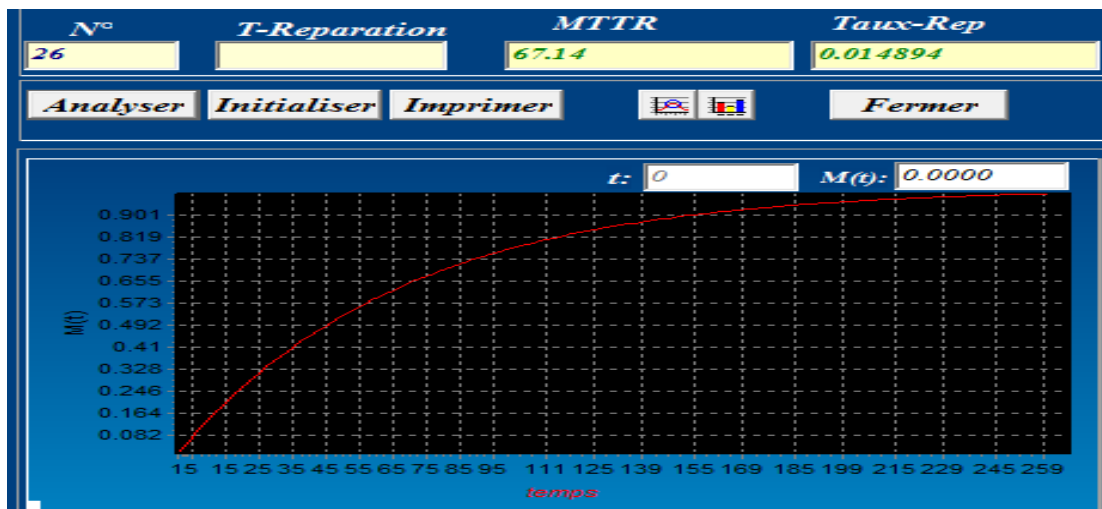


Figure.IV.16. La maintenabilité en four I

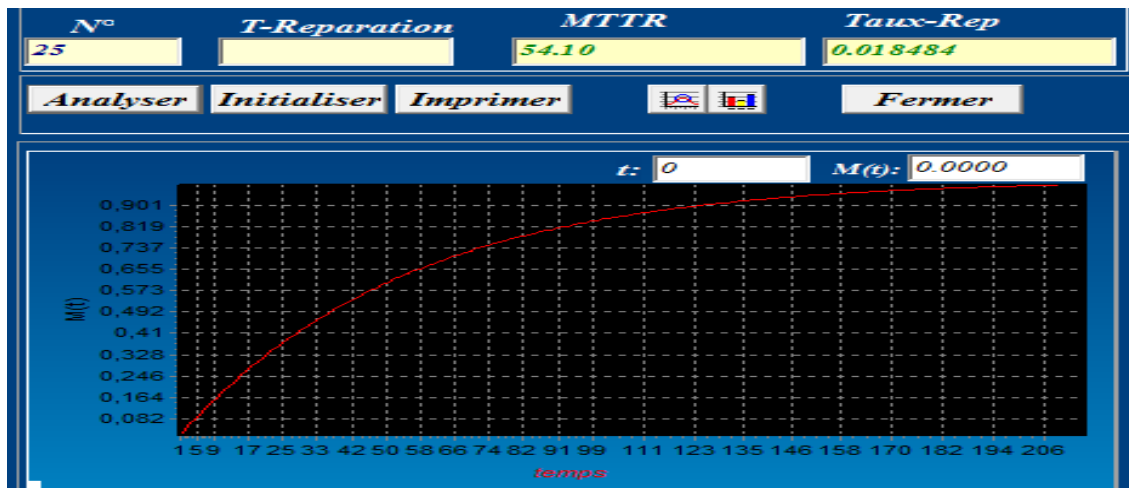


Figure.IV.17. La maintenabilité en four II

### Interprétation de courbe

La courbe qui représente de maintenabilité lorsque  $M(t) = 0.901$ , est une courbe croissante, qui est le complément à l'unité de la probabilité pour que le système ne soit pas réparé sur cette l'intervalle  $[0, t]$ .

## ➤ Analyse de la disponibilité

### Four (I)

La fonction de disponibilité asymptotique est :  $D(t) = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR}$  ..... (IV.25)

Et: MTBF = 651.5614 h et MTTR = 67.14307 h, Donc :  $D(t) = 0.91$

### Four (II)

La fonction de disponibilité asymptotique est :  $D(t) = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR}$  ..... (IV.26)

Et : MTBF = 664.8145 h et MTTR = 54.1004 h, Donc :  $D(t) = 0.93$

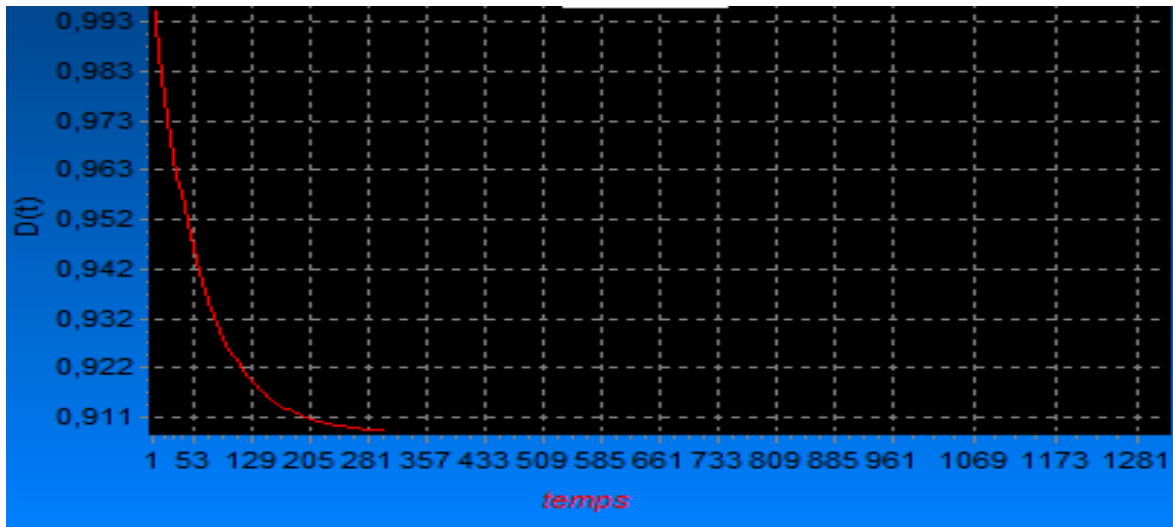


Figure.IV.18. La disponibilité en four I

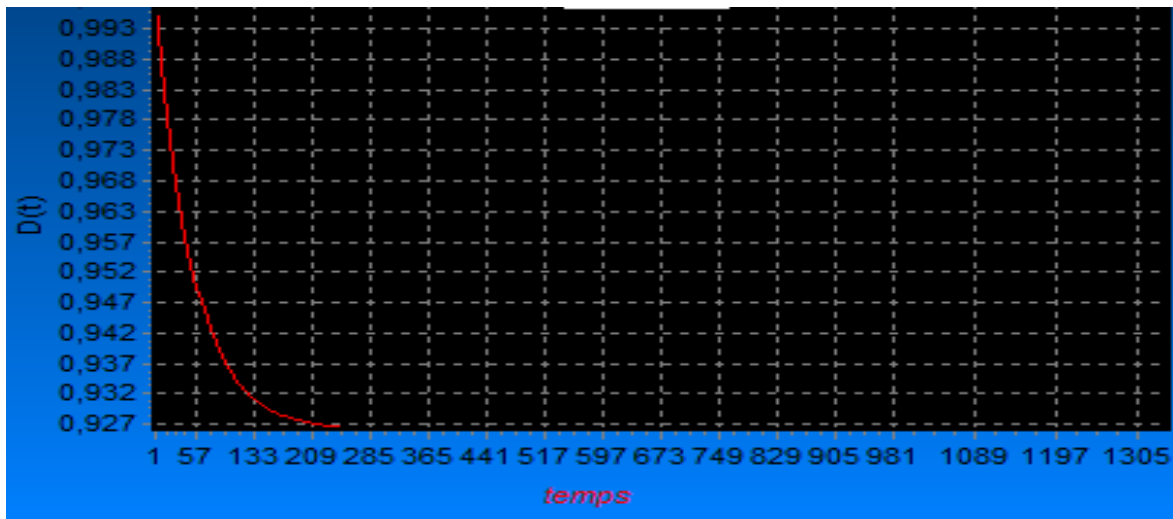


Figure.IV.19. La disponibilité en four II

### Interprétation de courbe

La courbe qui représente de disponibilité lorsque  $D(t) = 0.993$ , est une courbe descendante à partir de [1 , 299] est four I et [1 , 239] est four II, puis reste constant jusqu'à la fin, et la disponibilité est le reflet de la fiabilité et de la maintenabilité, l'augmentation de cette caractéristique revient directement à augmenter ces deux paramètres et du moment du linge de production on doit agir toujours sur la fiabilité.

## IV.7. Interface Graphique par Matlab guide

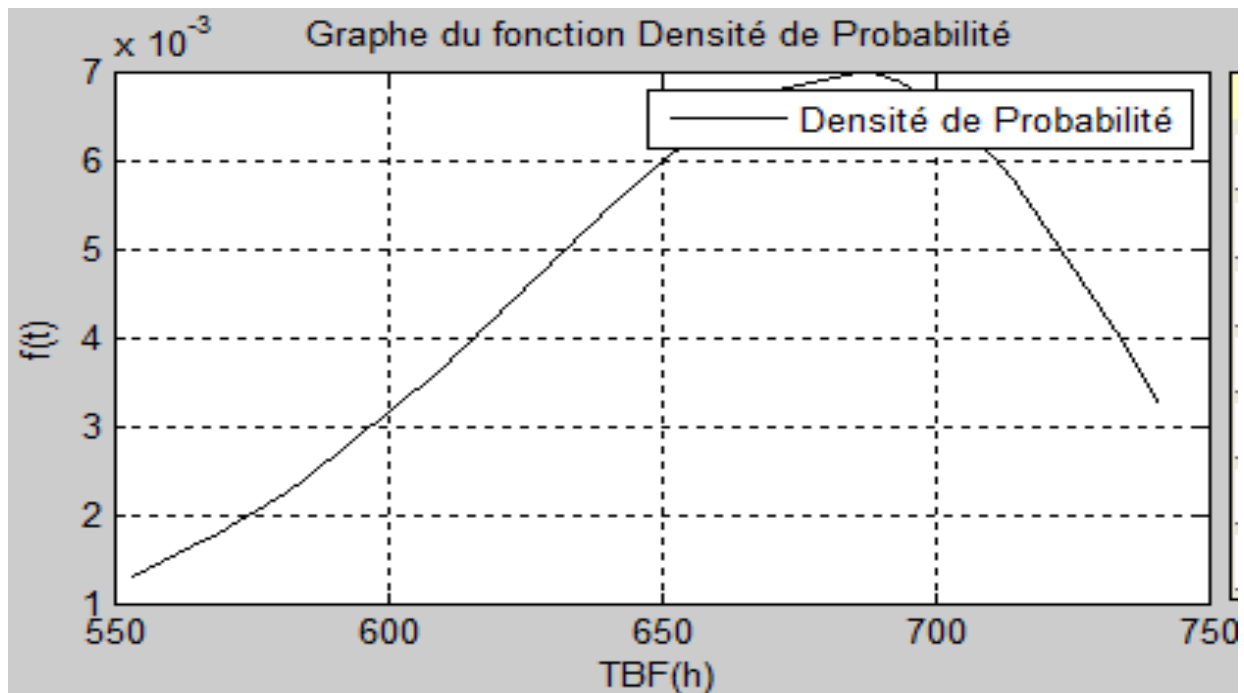


Figure.IV.20. La DDP en Four I (par matlab)

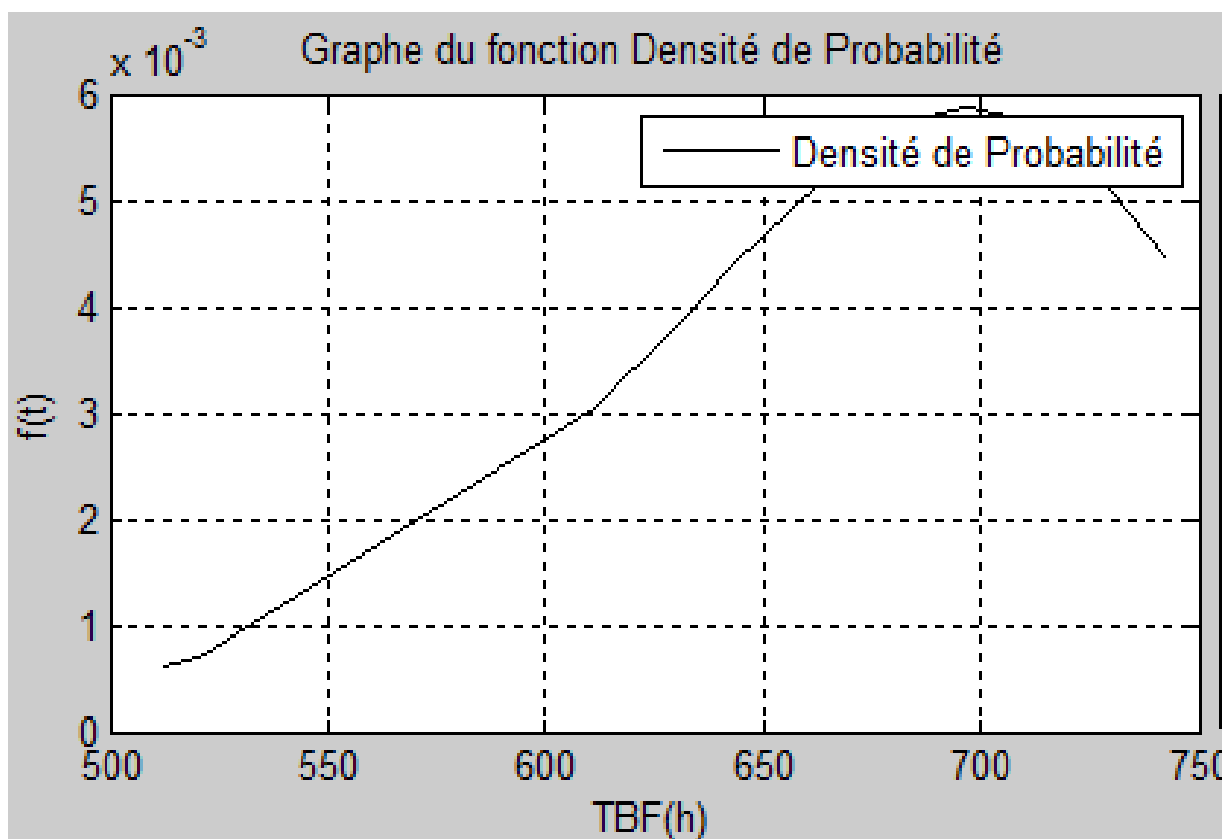


Figure.IV.21. La DDP en Four II (par matlab)

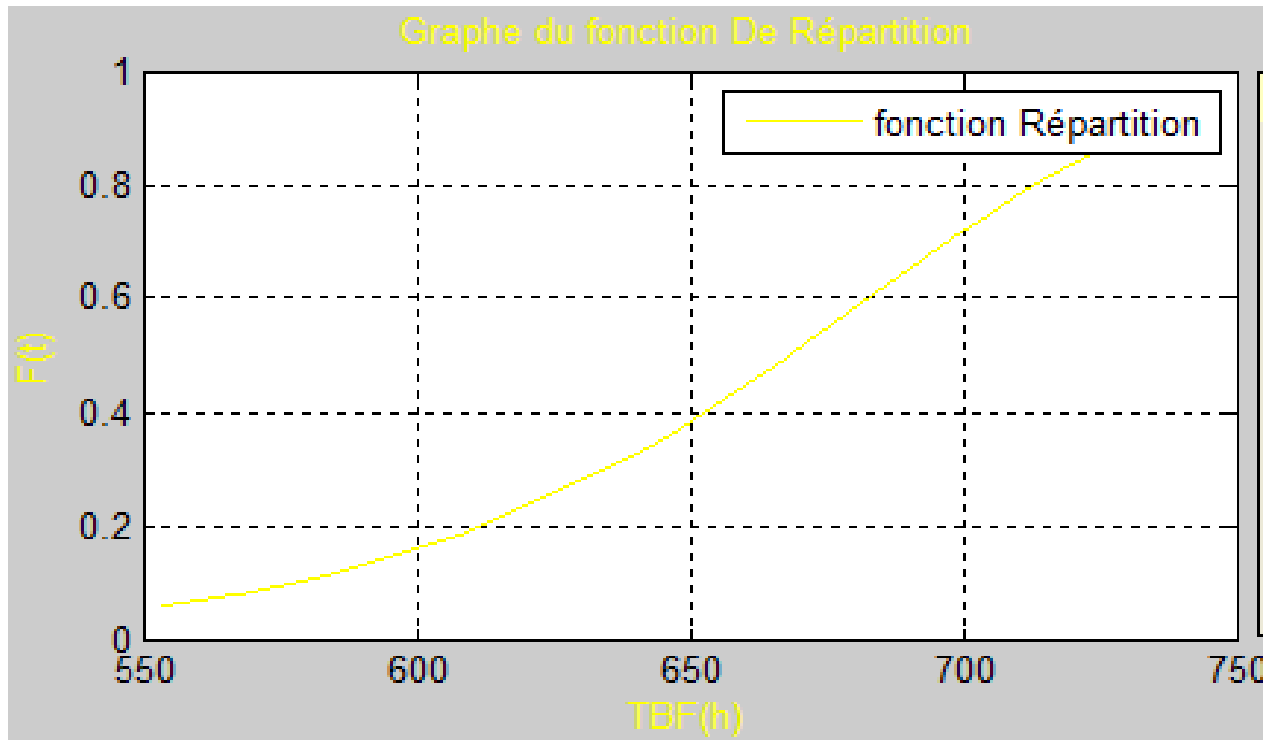


Figure.IV.22. La Fonction de Répartition en Four I (par matlab)

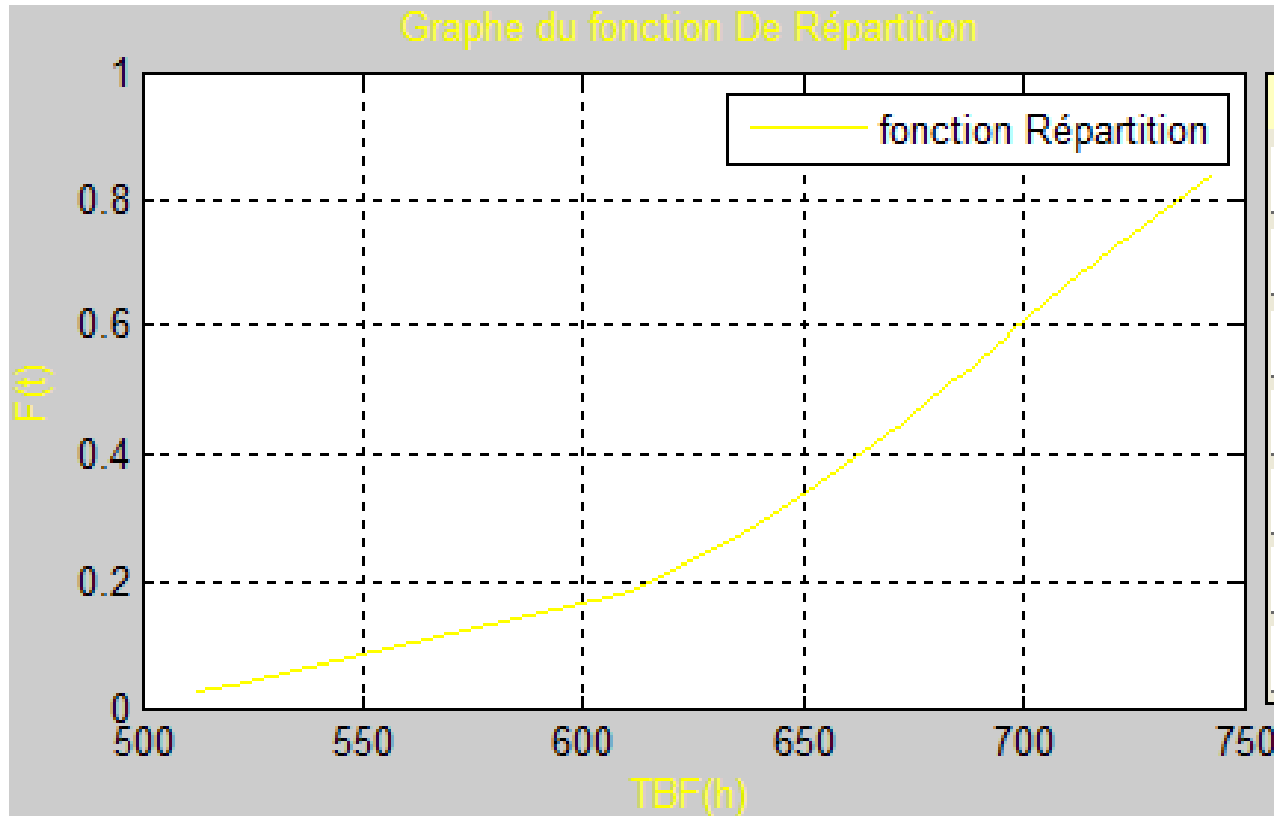


Figure.IV.23. La Fonction de Répartition en Four II (par matlab)

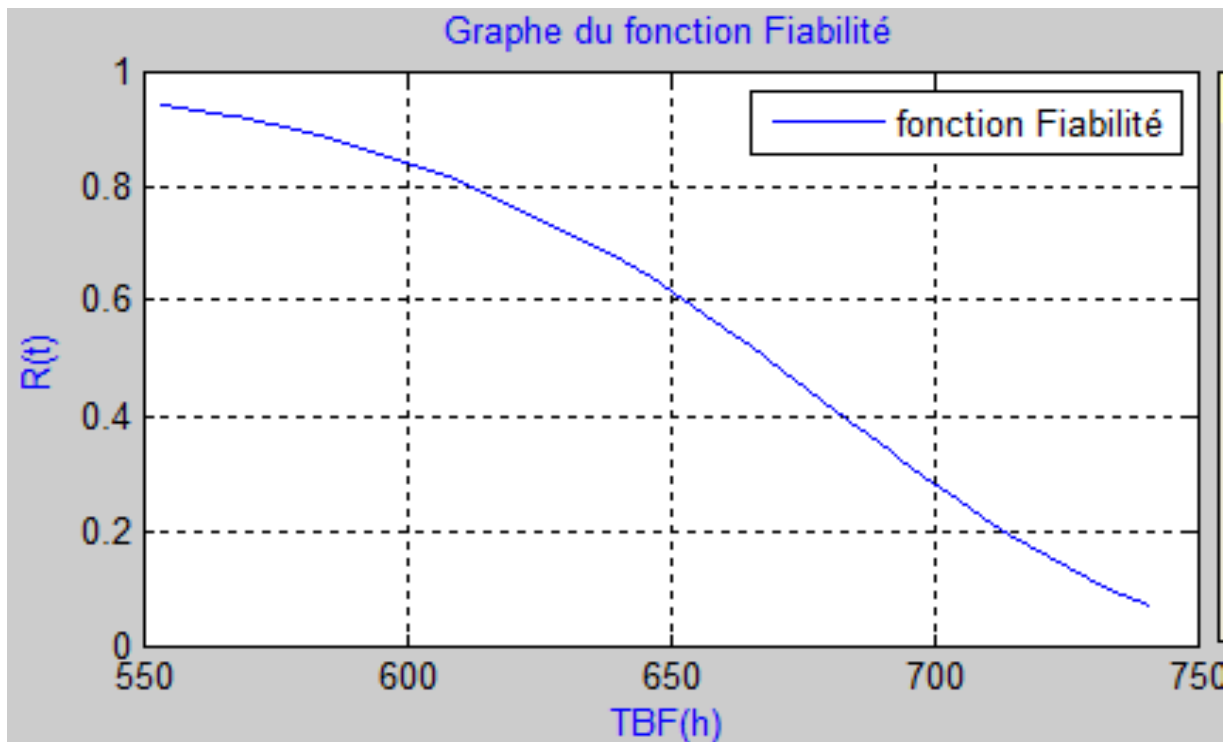


Figure.IV.24. La Fonction de Fiabilité en Four I (par matlab)

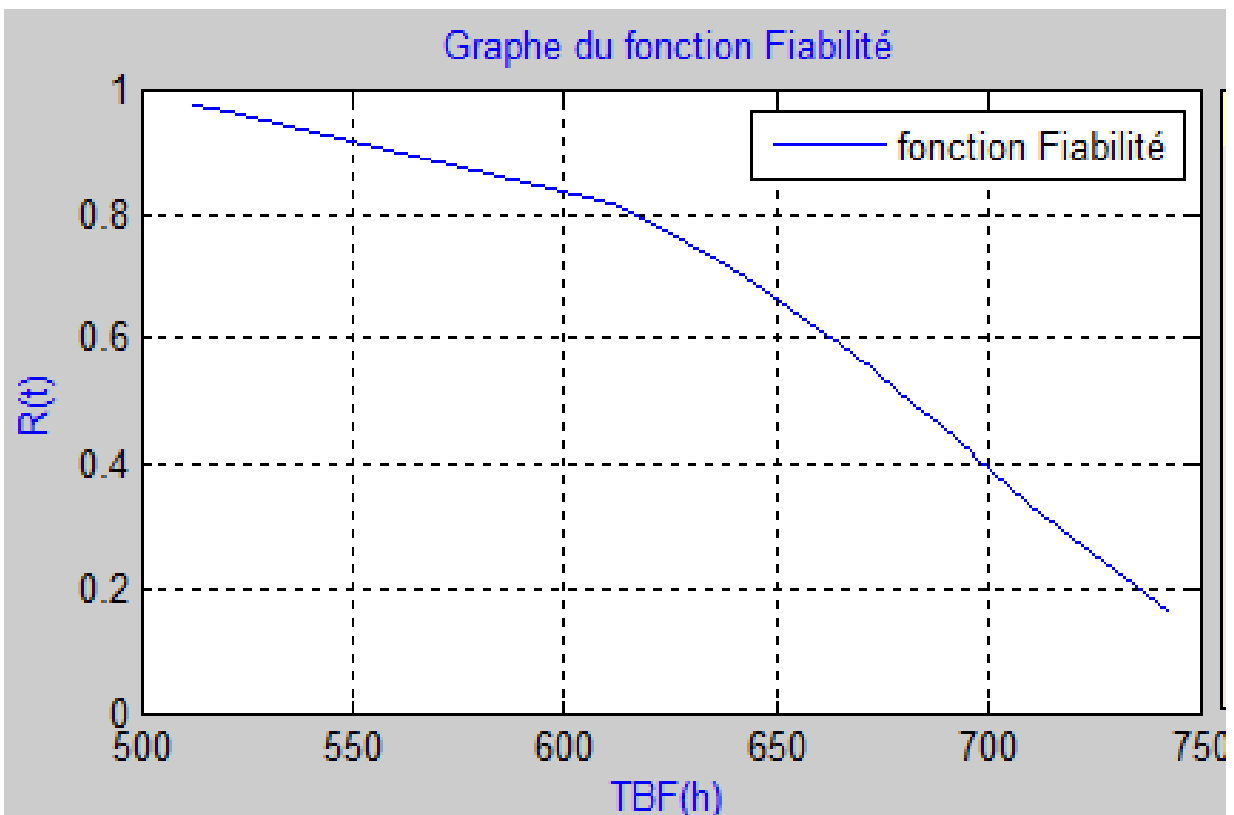


Figure.IV.25. La Fonction de Fiabilité en Four II (par matlab)



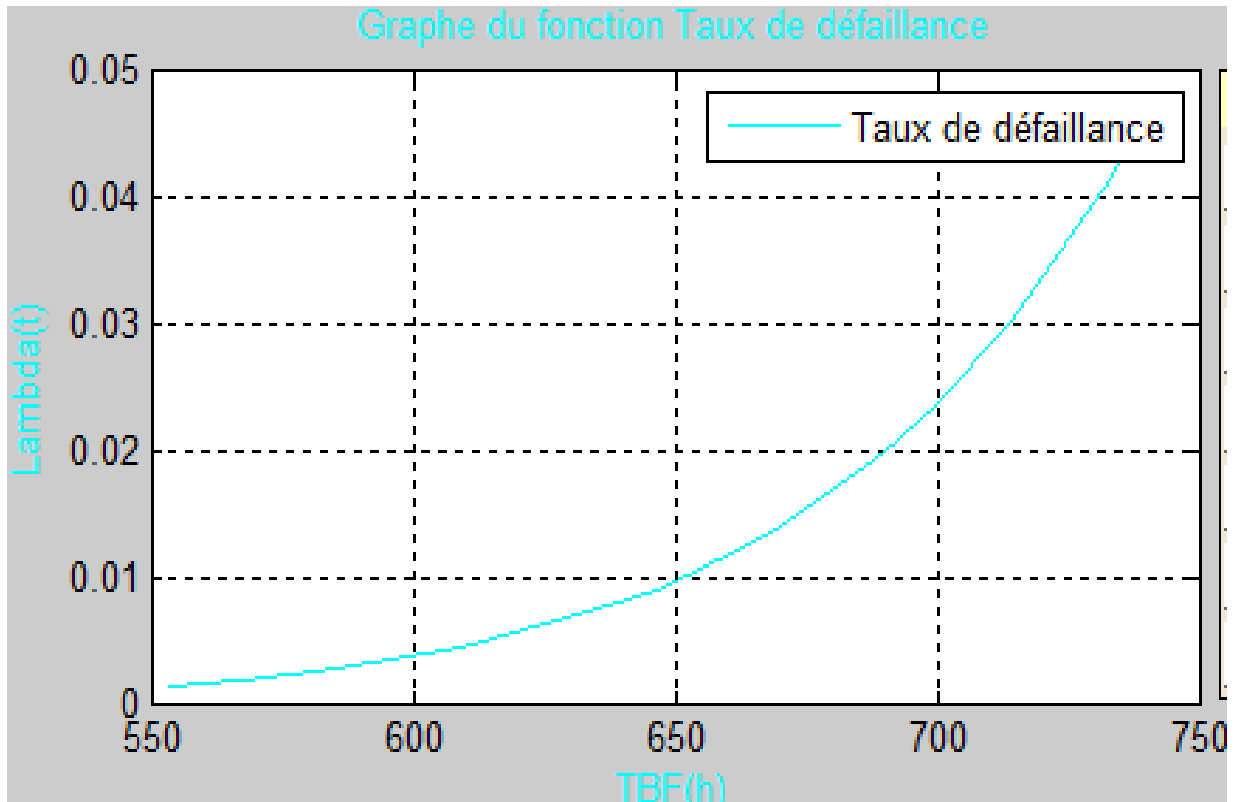


Figure.IV.26. Le TDD en Four I (par matlab)

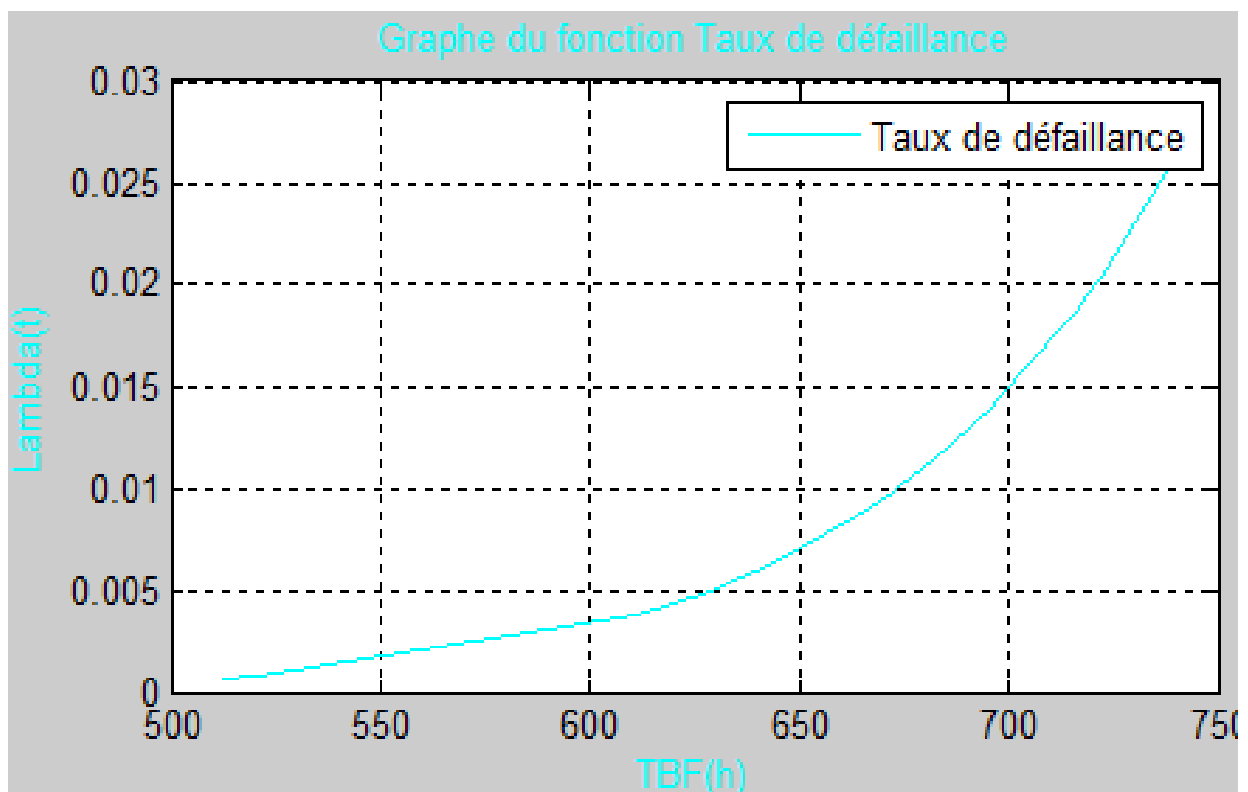


Figure.IV.27. Le TDD en Four II (par matlab)

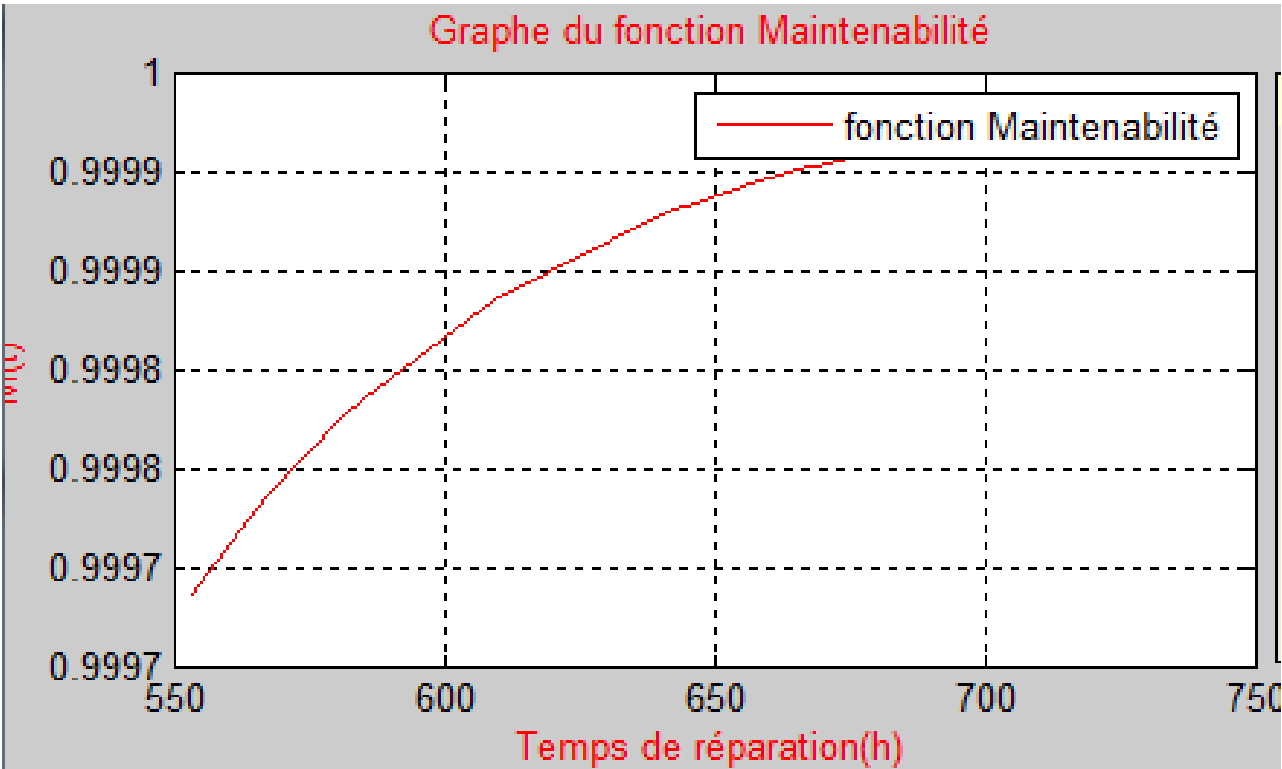


Figure.IV.28. La Maintenabilité en Four I (par matlab)

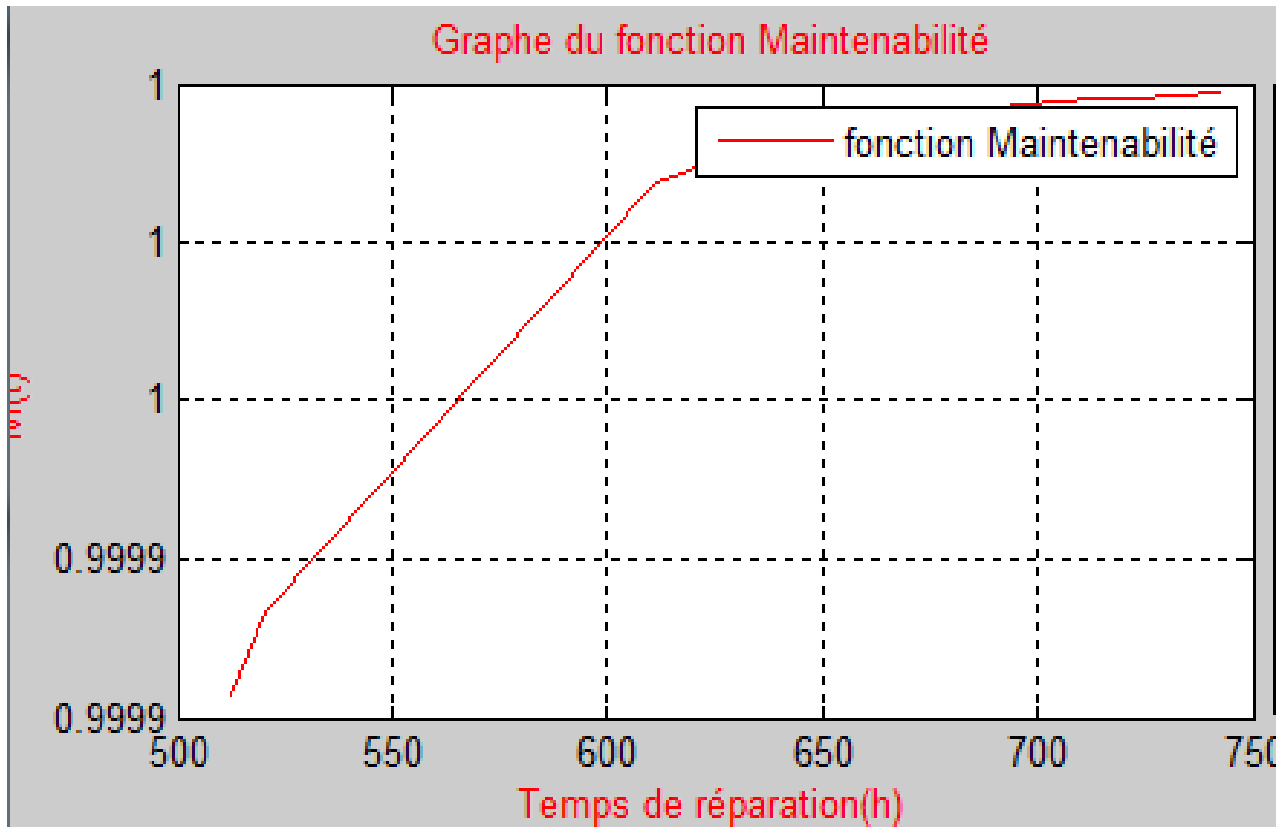


Figure.IV.29. La Maintenabilité en Four II (par matlab)

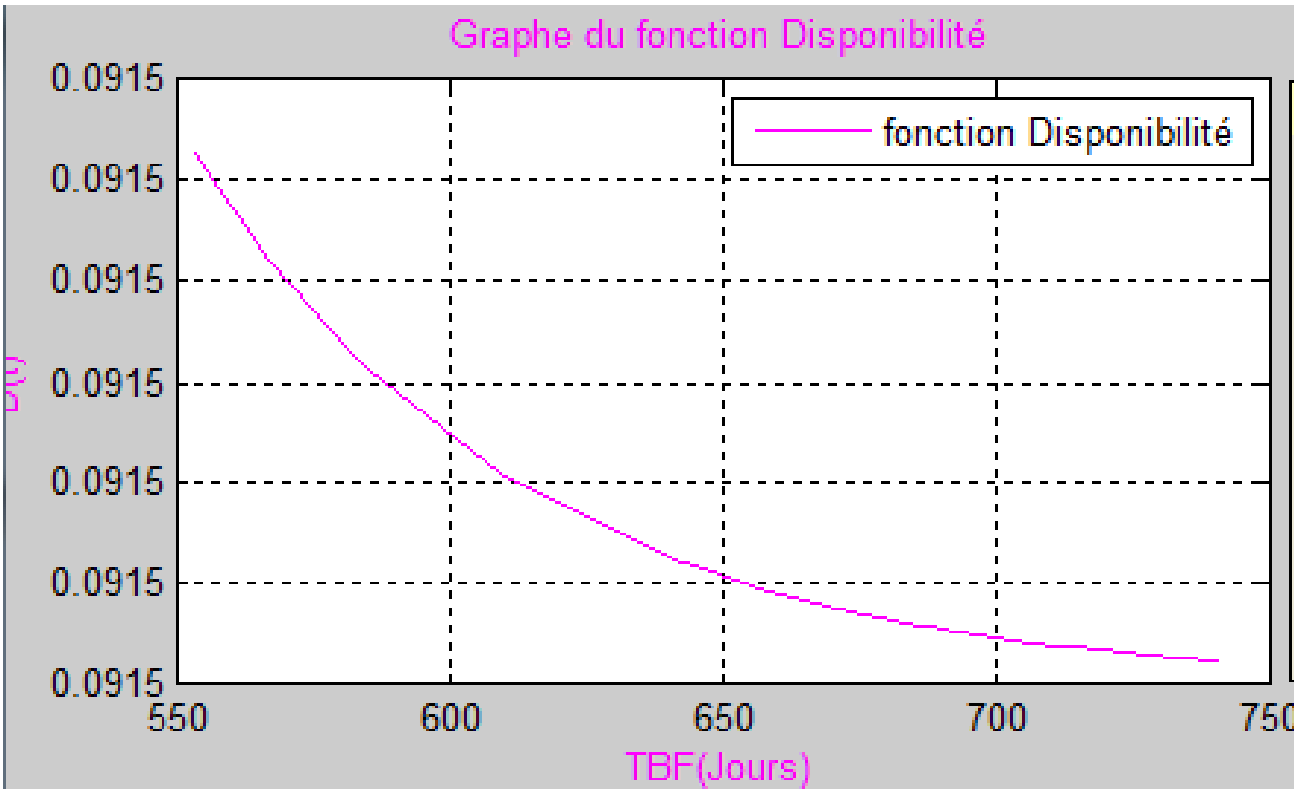


Figure.IV.30. La Disponibilité en Four I (par matlab)

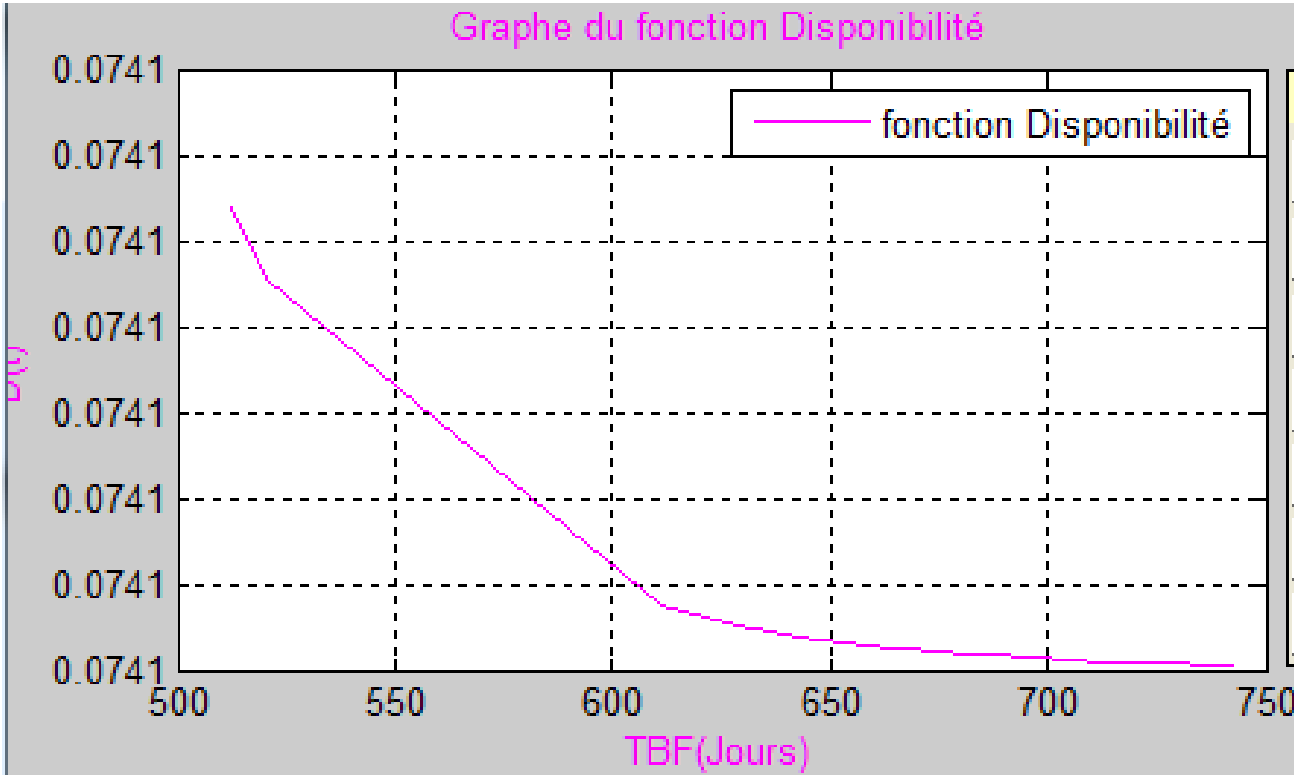


Figure.IV.31. La Disponibilité en Four II (par matlab)

## Objectifs de la maintenance

Les objectifs de la gestion de maintenance seront atteints si le gestionnaire maîtrise parfaitement les paramètres et les conditions de fonctionnement de l'entreprise, le rôle de la maintenance et donc de traiter des défaillances afin de réduire est si possible d'éviter les arrêts de production.

Les objectifs assignés à la maintenance sont :

- 1- Mettre à la disposition de la production un outil fiable.
- 2- Améliorer pour un équipement le profil cumulé durant le cycle de vie par :
  - a- Diminution des coûts de défaillances (au niveau des coûts propres de maintenance et au niveau fiabilité  $\hat{R}$  maintenabilité).
  - b- L'accroissement de la durée de vie rentable des équipements.
  - c- Le maintien et / ou l'accroissement des performances du point de vue qualité / quantité.
  - d- La réduction des risques d'accident.
- 3- La réduction des risques concernant la sécurité des hommes et de l'environnement.

Il est évident que l'atteinte de ces objectifs, passe par l'amélioration de la compétence technique et de l'efficacité du personnel chargé de la maintenance.

En général la maintenance doit assurer la rentabilité des investissements matériels de l'entreprise, en maintenant le potentiel d'activités et on tenant compte de la politique définie de l'entreprise.

La fonction maintenance sera donc amené à considérer alors les :

- Prévision à long terme : liées à la politique de l'entreprise et permettant l'ordonnancement des charges, des stocks, des investissements en matériel.
  - Prévisions à moyen terme : la volonté de maintenir le potentiel d'activité de l'entreprise conduit veiller à l'immobilisation des matériels, qui perturbent le moins possible le programme de fabrication.
  - Prévision à court terme : dans ce cas les services maintenance s'efforcera de réduire les durées d'immobilisation du matériel et les coûts de cette intervention.
- Sachant que les réductions des coûts et d'immobilisations ne sont possibles que si le matériel et les interventions ont fait l'objet d'une étude préalable, in est donc nécessaire de préparer le travail et d'étudier les conditions de fonctionnement, les défaillances possibles et les conditions d'exécution des interventions.

## **IV.8. Choix politique de maintenance**

Pour les taches rouges nous proposons installation des refroidisseurs dans les zones de cas taches.

Elaborer un programme de maintenance préventive correspondant aux besoins des fours.

Constituer le support d'information pour l'historique des pannes.

Travailler en étroite collaboration avec tous les autres services de l'entreprise.

Assurer un contrôle rigoureux des opérations de maintenance.

## **Conclusion**

L'application de la méthodologie de maintenance intégrée montre bien l'importance que l'on doit accorder aux données du retour d'expérience et de historique de pannes. Raison pour laquelle l'application de la méthodologie sur les équipements de production, nécessite une organisation structurelle rigoureuse basée sur le principe de flexibilité.

Dans ce chapitre nous avons déterminés les différentes paramètres de la sûreté de fonctionnement (fiabilité, maintenabilité et la disponibilité) qui permettent de juger l'état de la machine et donne l'offre de planifier les interventions de maintenance.

