

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

UNIVERSITE BADJI MOKHTAR
BADJI MOKHTAR UNIVERSITY



جامعة باجي مختار – عنابة –

Année 2016

Faculté des Sciences de l'ingénieur
Département Génie Mécanique

MEMOIRE

PRESENTE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER

INTITULE

**La maintenance basée sur la fiabilité d'une
pompe centrifuge 104J type MF410**

DOMAINE : SCIENCE ET TECHNOLOGIE

FILIERE. GENIE MECANIQUE

SPECIALITE : MAINTENANCE INDUSTRIELLE ET FIABILITE
MECANIQUE.

PRESENTE PAR :

FARDJALLAH MERIEM

DIRECTEUR DU MEMOIRE: MM.CHABBI MESSOUDA.

DEVANT LE JURY

PRÉSIDENT : KHELIF RABIA

EXAMINATEURS	BERENANE RABEH	MCA	UBM ANNABA
	BOUTCHICHE SALIM	MCB	UBM ANNABA
	MERABTINE ABDELMADJID	MCB	UBM ANNABA
	OMRI MOHAMED SALAH	MAA	UBM ANNABA

Remerciements

Enfin, c'est grâce à Dieu le tout puissant que nous cueillons aujourd'hui le fruit de plusieurs années d'études sans relâche aucune

Et sans désespoir aucun.

C'est à lui seul que nous devons la force et le courage qui ne nous a jamais trahis pour atteindre notre objectif qu'il soit loué

Et remercié en premier Dieu

A Notre Maitre et encadreur

Mm CHABBI MESSAOUDA

Nous vous exprimons notre gratitude et nos remerciements les plus sincères pour l'honneur que vous nous faites en acceptant de juger ce travail.

A Notre Maitres et juges

Soyez assuré de notre haute considération et de notre reconnaissance.





Dédicace

*Je remercie Dieu le tout puissant qui nous a donné la force
et la chance de mener ce travail à bien.*

A mon père et ma mère

*Vous avez toujours été là pour moi, m'entourant de votre
bienveillance, usant de tous les sacrifices possibles.*

J'espère être à la hauteur de votre attente.

Que dieu vous préserve et vous prête une longue vie de joie.

A mon frère: Amir

A mes sœurs : Saja et Maissa

A mon fiancé : Fayçel

*Je vous souhaite une vie prospère, pleine d'amour et de joie,
que la vie ne puisse jamais nous séparer.*

A toute mes amis

*Puisse notre amitié durer encore longtemps. Puisse Dieu
vous accorder une longue vie.*

A tout qui ma partagé ces moments de joie.

SOMMAIRE

- ❖ Dédicace
- ❖ Remerciement
- ❖ Liste des tableaux
- ❖ Liste des figures
- ❖ Introduction générale
- ❖ Problématique

Chapitre I : présentation de l'entreprise

I. Introduction.....	09
I.2 Déroulement de stage.....	09
I.3 Le complexe d'engrais - d'Annaba- FERTIAL.....	09
I.3.1 Situation géographique.....	09
I.3.2 Historique	10
I.3.3 Présentation du complexe FERTIAL a Annaba	11
I.3.4 Différentes unités de l'usine de Fertial.....	11
I.3.4 Les objectifs de l'entreprise	12
I.3.5 Principales activités	13
I.3.6 Produits fabriqués ou vendus par FERTIAL.....	14
I.4 Unité d'ammoniac.....	14
I.4.1Description de processus de fabrication	15
I.4.1. a Description Générale de l'unité.....	15

Chapitre II : Généralité de la maintenance

II.1 Introduction.....	16
II.2 Définition de la maintenance	16
II.3 Maintenance et performances	16
II.4 Différentes type de maintenance	17
II.5 L'Optimisation de la Maintenance basée sur la Fiabilité	18
II.6 Les problématiques industrielles et les applications possibles	19

Chapitre III : Description de l'équipement

III.1 Introduction	21
III.2 Généralités sur la machine	22
III.2.1 Pompe centrifuge (TURBPOMPES)	22
III.2.2 Définition des pompes centrifuges	22
III.2.3 Rôle de la pompe centrifuge dans le système de production	23
III.3 Pompes 104J type MF 410	23
III.3.1 Description et fonctionnement.....	25
III.3.2 Composition de l'équipement	25
III.3.3 La mise en marche de la pompe	26
III.3.4 Entretien	27
III.3.5 Lubrification	27

III.3.6 Surveillance	28
III.3.7 Caractéristiques générales des pompes centrifuges.....	28
III.4 Les pannes possibles	31

Chapitre IV : Etude la fiabilité

IV.1 Etude de fiabilité	32
IV.1.1 Calcul temps de bon fonctionnement	33
IV.1.2 Classement de TBF calcul $F(t_i)$	38
IV.1.3 Estimation des paramètres de la loi weibull (η, β, γ)	39
IV.1.4 Test de Kolmogorov-Smirnov.....	39
IV.1.5 Calcul de $R(t_i), F(t_i), \lambda(t_i), f(t_i)$ Test de Kolmogorov-Smirnov.....	40
IV.1.6 Calcul la fiabilité de la pompe	41
IV.1.7 Calcul de $R(t), f(t), \lambda(t) : t = MTBF = 1740$	42
IV.2 Etude de maintenabilité	47
IV.3 Etude de disponibilité instantanée	49

Chapitre V : Contribution à l'amélioration de la fiabilité

1-Définition de la gestion des stocks.....	51
2-Les stocks de maintenance.....	51
3. Gestion des pièces de rechange	51
3.1 Choix des pièces de rechange	52

Conclusion générale

Bibliographie

Annexes

Liste des tableaux

Chapitre I

Tableau I.1 : produit vendus ou fabriquée	12
--	----

Chapitre III

Tableau III.1 : Recherche des pannes.....	22
--	----

Chapitre IV

Tableau IV.1 : Historique des pannes de pompe 104J.....	31
Tableau IV.2 : temps de bon fonctionnement.....	34
Tableau IV.3 : La fonction de réparation cumulée.....	36
Tableau IV.4 : Les différentes valeurs utilisées pour la distribution de Weibull.....	38
Tableau IV.5 : Etude de maintenabilité.....	45
Tableau IV.6 : Etude de la disponibilité.....	47

Liste des figures

Chapitre I

Figure II.1 : Image satellite FERTIAL.....	08
Figure II.2 : Différentes unités du complexe Fertial.....	10
Figure II.3 : vue de l'unité d'ammoniac.....	12

Chapitre III

Figure.III.1 POMPE 104J TYPE MF 410.....	22
Figure III.2: Présentation des composants de l'équipement.....	23

Chapitre IV

Figure IV.1 : représentation de la disposition réparable.....	33
Figure IV.2 : présentation de la densité de probabilité.....	41
Figure IV.3 : présentation de la fonction de répartition.....	42
Figure IV.4 : présentation des taux de défaillance.....	43
Figure IV.5 : présentation de la fiabilité.....	44
Figure IV.6 : présentation de la maintenabilité.....	46
Figure IV.7 : présentation de la maintenabilité.....	48

Table de KOLMOGOROV-SMIRNOV

β	A	B	β	A	B	β	A	B
0.50	2.0000	4.470	1.50	0.9027	0.613	3.00	0.8930	0.325
0.55	1.7024	3.350	1.55	0.8994	0.593	3.10	0.8943	0.316
0.60	1.5046	2.650	1.60	0.8966	0.574	3.20	0.8957	0.307
0.65	1.3663	2.180	1.65	0.8942	0.556	3.30	0.8970	0.299
0.70	1.2638	1.850	1.70	0.8922	0.540	3.40	0.8984	0.292
0.75	1.1906	1.610	1.75	0.8906	0.525	3.50	0.8997	0.285
0.80	1.1330	1.430	1.80	0.8893	0.511	3.60	0.9011	0.278
0.85	1.0880	1.290	1.85	0.8882	0.498	3.70	0.9025	0.272
0.90	1.0522	1.770	1.90	0.8874	0.486	3.80	0.9038	0.266
0.95	1.0234	1.080	1.95	0.8867	0.474	3.90	0.9051	0.260
1.00	1.0000	1.000	2.00	0.8862	0.463	4.00	0.9064	0.254
1.05	0.9803	0.934	2.10	0.8857	0.443	4.10	0.9077	0.249
1.10	0.9649	0.878	2.20	0.8856	0.425	4.20	0.9089	0.244
1.15	0.9517	0.830	2.30	0.8859	0.409	4.30	0.9102	0.239
1.20	0.9407	0.787	2.40	0.8865	0.393	4.40	0.9114	0.235
1.25	0.9314	0.750	2.50	0.8873	0.380	4.50	0.9126	0.230
1.30	0.9236	0.716	2.60	0.8882	0.367	4.60	0.9137	0.226
1.35	0.9170	0.687	2.70	0.8893	0.355	4.70	0.9147	0.222
1.40	0.9114	0.660	2.80	0.8905	0.344	4.80	0.9160	0.218
1.45	0.9067	0.635	2.90	0.8917	0.334	4.90	0.9171	0.214

Table des valeurs de A et B en fonction de β

N	Niveau significatif α				
	0.20	0.15	0.10	0.05	0.01
1	0.900	0.925	0.950	0.975	0.995
2	0.684	0.726	0.776	0.842	0.929
3	0.565	0.597	0.642	0.708	0.828
4	0.494	0.525	0.564	0.624	0.733
5	0.446	0.474	0.510	0.565	0.669
6	0.410	0.436	0.470	0.621	0.610
7	0.381	0.405	0.438	0.486	0.577
8	0.358	0.381	0.411	0.457	0.543
9	0.339	0.360	0.388	0.432	0.514
10	0.322	0.342	0.368	0.410	0.490
11	0.307	0.326	0.352	0.391	0.468
12	0.295	0.313	0.338	0.375	0.450
13	0.284	0.302	0.325	0.361	0.433
14	0.274	0.292	0.314	0.349	0.418
15	0.266	0.283	0.304	0.338	0.404
16	0.258	0.274	0.295	0.328	0.392
17	0.250	0.266	0.286	0.318	0.381
18	0.244	0.259	0.278	0.309	0.371
19	0.237	0.252	0.272	0.301	0.363
20	0.231	0.246	0.264	0.294	0.356
25	0.21	0.22	0.24	0.27	0.32
30	0.19	0.20	0.22	0.24	0.29
35	1.18	0.19	0.21	0.23	0.27
> 35	$1.07/\sqrt{N}$	$1.14/\sqrt{N}$	$1.22/\sqrt{N}$	$1.36/\sqrt{N}$	$1.63/\sqrt{N}$

Tableau de l'historique des pannes de l'équipement

Mode de défaillance	date de début	date de fin	Description de travail
pompe de réserve ne débit pas	12/02/2013 A 9 :00	12/02/2013 A 14 :30	révision palier coté aspiration
La pompe vibre sur les deux paliers dans la direction radiale	08/10/2013 A 09:00	08/10/2013 A 12:00	Elimination fuite
Fuite excessive de la garniture mécanique coté Aspiration	10/04/2012 A 09 :30	10/04/2012 A 15 :30	réparation de palier
fuite d'huile sur palier coté refoulement	08/12/2012 A 13 :00	08/12/2012 A 15 :30	révision palier coté refoulement
Fuite excessive de la garniture mécanique coté Aspiration	11/12/2013 A 09:30	11/12/2013 A 11:00	Elimination fuite
Vibration anormal Chut de Pression de refoulement	02/02/2012 09 :00	03/02/2012 A 12 :00	Révision de la garniture mécanique
Vibration anormale sur les deux paliers de la pompe	20/08/2012 A 08:30	20/08/2012 A 14:00	Révision de la garniture mécanique
Vibration anormale sur les deux paliers de la pompe. Pression de refoulement insuffisante.	15/08/2013 A 09:00	15/08/2013 A 12:00	Elimination fuite
Fuite d'huile sur palier coté refoulement	11/02/2013 A 09 :30	11/02/2013 A 17 :00	réparation de la Garniture mécanique
vibration anormale sur palier coté aspiration dans la direction axial présente un défaut de désalignement.	23/05/2013 A 09:00	23/05/2013 A 19:00	réparation de la Garniture mécanique
garniture Mécanique coté aspiration Feuillard	05/06/2013 A 09:00	05/06/2013 A 18:00	Changement garniture mécanique
Fuite d'huile sur palier coté aspiration	16/07/2011 10 :00	16/07/2011 A 13 :30	Nettoyer la soupape de refoulement
garniture Mécanique coté aspiration Feuillard	17/05/2011 08 :30	17/05/2011 11 :30	changement de pompe
garniture Mécanique coté aspiration Feuillard	19/11/2012 A 10 :00	21/11/2012 A 12 :00	Révision de la pompe
fuite sur le Corp. de la pompe	01/09/2013 A 09 :00	03/09/2013 A 11 :00	Révision de la pompe
Vibration anormal sur les deux paliers de la pompe	28/03/2014 A 10 :00	30/03/2014 A 13 :00	révision de la pompe
Fuite d'huile sur palier de la turbine coté Accouplement	30/10/2012 A 9 :00	02/11/2012 A 14 :30	Révision de la pompe
Vibration anormal sur les deux paliers de la pompe	28/05/2014 A 09:00	28/05/2014 A 12:00	Alignement par laser

Annexe

Fuite d'huile sur palier coté aspiration	19/05/2014 A 09:00	25/05/2014 A 17:00	changement de la pompe alignement par laser nettoyage et réparation filtre d'aspiration
Vibration anormal sur palier coté aspiration et Pression de refoulement insuffisante	11/11/2012 A 09 :00	29/11/2012 A 14 :00	Révision de la pompe
vibration anormale sue palier coté aspiration présente un défaut de désalignement angulaire	23/12/2012 A 10 :00	23/12/2012 A 12 :00	Alignement par comparateur

Introduction générale

Dans les entreprises industrielles le plan maintenance fourni par le constructeur avec les équipements est standard, et non économique ou non satisfaisant avec la charge de travail de la machine, le responsable de maintenance préventive qu'il convient avec les moyens disponibles.

La maintenance basée sur la fiabilité est processus utilisé pour élaborer un plan de maintenance préventive optimise et pour réduire la probabilité de défaillance fonctionnelle.

L'objectif de ce travail est l'amélioration de la politique de la maintenance, dans un chantier d'ammoniac, par la maintenance basée sur la fiabilité, en identifiant d'abord les matériels critiques dont les conséquences de l'entreprise (sécurité, disponibilité, fiabilité, maintenabilité).

Le mémoire est structure de la manière suivante :

- Dans le chapitre I, nous présentons l'entreprise d'Annaba FERTIAL.
- Dans le chapitre II, nous donnons des notions sur la maintenance.
- Dans le chapitre III, nous présentons des généralités sur l'équipement pompe centrifuge.
- Dans le chapitre IV, l'application de la fiabilité.
- Dans le chapitre V, contribution à l'amélioration de la maintenance pour éviter les défaillances de l'équipement.

Problématique

La pompe 104 J destinée à faire fonctionner un système de production de la vapeur à partir de l'eau distillée. Elle conçue pour alimenter une turbine de production de vapeur dans un système de production d'ammoniac de l'entreprise FERTIAL Annaba. C'est pour cela pour éviter les arrêts et les défaillances de la pompe il faut faire une étude fiabiliste pour l'amélioration en bon maintenance.

La pompe 104 J est une machine tournante joue un rôle très importante dans l'unité d'ammoniac, un arrêt conduit à l'arrêt total de l'unité.

Dans ce cas là l'objectif de ce travail est :

- Comment étudier la fiabilité de cette pompe ?
- Et, quel remède on peut trouver pour améliorer ?

Mots clés : maintenance, fiabilité, maintenabilité, disponibilité, pompe centrifuge 104J

Introduction

Du 01-mars-2016 jusqu'au 31-mars-2016, j'ai effectué un stage au sein de l'entreprise Fertial et précisément au niveau de l'unité d'ammoniac.

L'objectif de ce stage est d'appliquer pratiquement les théories que j'ai acquises au cours de mon parcours à l'université.

Cette première expérience sera très importante pour ma carrière et les taches auxquelles j'ai été associé m'ont vraiment permis de consolider mes connaissances et d'en développer de nouvelles.

I. Déroulement de stage

Accueil par Mr MezdourAbdelaziz, chef de service de la maintenance qui a présenté son parcours d'homme ingénieur.

- Présentation de l'entreprise Fertial
- Présentation de l'unité d'ammoniac.
- Le process de production de l'ammoniac
- Présentation de la pompe centrifuge 104J type MF 410 Z, Principe de fonctionnement, différentes organes

II. Le complexe d'engrais - d'Annaba- FERTIAL:

II.1 Situation géographique :

Le complexe d'engrais phosphatés et azotés de Annaba est situé au bord de la mer à 4 kilomètre Le complexe d'engrais phosphatés et azotés kilomètre a l'est de la ville. Il est limité par l'Oued Seybouse et la cité Sidi Salem à l'est, la mer méditerranée au Nord, la route nationale n°44 et la plaine d'Annaba au Sud.

Le complexe FERTIAL s'étant sur une surface totale de 108 hectares de surface bâti.

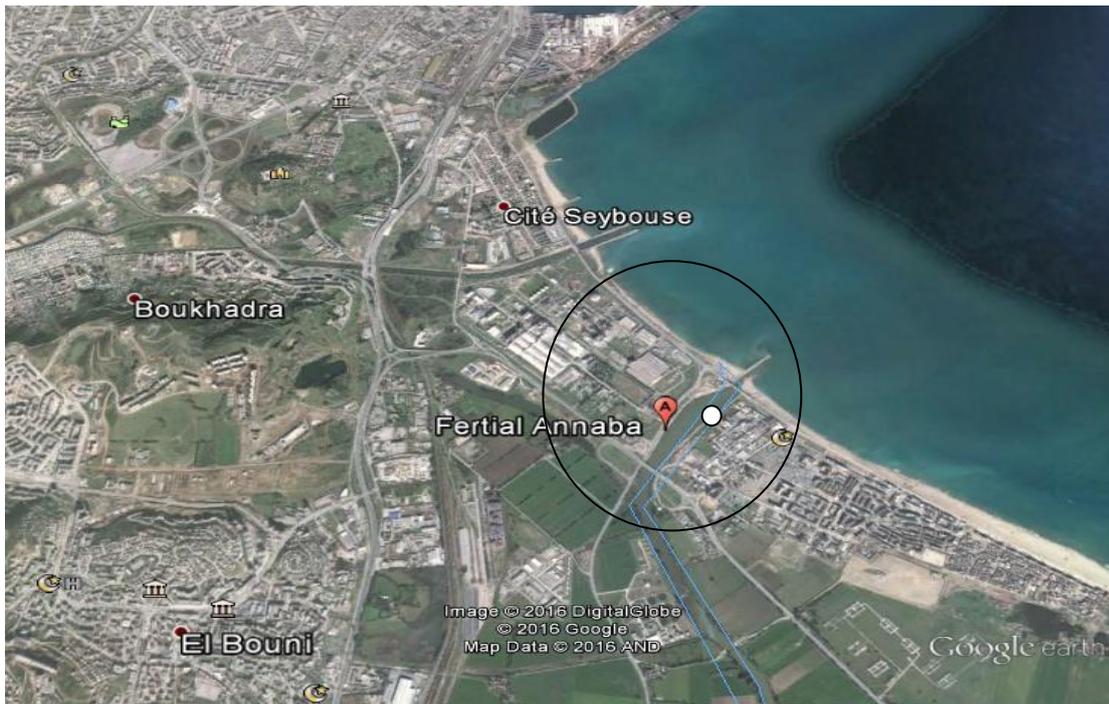


Figure II.1.1 : Image satellite FERTIAL

II .2 Historique :

ASMIDAL a été dans le cadre de la restriction des entreprises publiques et économiques, issu de la société mère SONATRACH

Sa vocation principale est la production des engrais la distribution et commercialisation l'exportation de l'ammoniac a débuté en 1986, vers les pays arabes, les pays africains ainsi qu'à travers les pays méditerranées ;

En 1996, ASMIDAL est devenu entreprise publique au capital de 2275.000.000 DA .Le publique de restriction d'ASMIDAL s'est déroulée en trois phases.

Création et d'une nouvelle organisation permettant la pratique d'un plan social afin de déduire la main d'œuvre dont l'effectif dépasse 2088 personnes et en développe le système informatique.

Création de nouvelles sections pour la production des engrais et de l'ammoniac (KIMIAL FERTIAL) ce qui permet à ASMIDAL, d'être en 2001 parmi les sociétés les plus quottées à l'échelle nationale et internationale, elle est classé 7ème mondiale dans l'exportation de l'ammoniac.

En 2001, elle a réalisé un chiffre d'affaire de 12 milliards de dinars dans l'exportation des engrais soit l'équivalent de 64 millions de dollars.

II.3 PRESENTATION DU COMPLEXE FERTIAL A ANNABA :

FERTIAL est organisé sous la forme d'une Société Par Action (SPA), 66% groupe Espagnol Villar Mir, 34% ASMIDAL Algérie qui représente un capital social de 17.697.000.000.00 DA. Sa durée de vie est de 99 ans.

L'ensemble des installations de FERTIAL SPA, se trouve sur la plate forme chimique, située au Sud-est de la ville d'Annaba. Le complexe est entouré au Nord-est par la méditerranée, au Sud-est par l'Oued Seybouse et la cité Sidi-Salem, au Sud-ouest par la route des salines et par la cité de El-BOUNI et au Nord-ouest par l'Oued BOUDJIMA et la cité Seybouse.

Elle est structurée en une direction générale, une direction fonctionnelle, et deux directions opérationnelles, avec une capacité de production de **330.000 Tonnes d'ammoniac ; 330.000 Tonnes de nitrate d'ammoniac, 900.000 Tonnes engrais phosphatés.**

3.6. Différentes unités de l'usine de Fertial

Le complexe Fertial comporte deux zones de production, une zone nord destinée à la production d'engrais azotés et une zone d'engrais pour la fabrication des engrais phosphatés.

Dans la zone sud, on trouve l'unité UNA qui produit un engrais liquide appelé urée-ammonitrate, l'unité SSP productrice du super simple phosphate et de l'unité NPK spécialisée dans la fabrication du triple superphosphate (TSP), du phosphate d'ammonium (MAP et DAP) et l'engrais triple (NPK). Et dans la zone nord, on trouve l'unité nitrate d'ammonium, l'unité ammoniac(NH₃), l'unité acide nitrique et la centrale II.

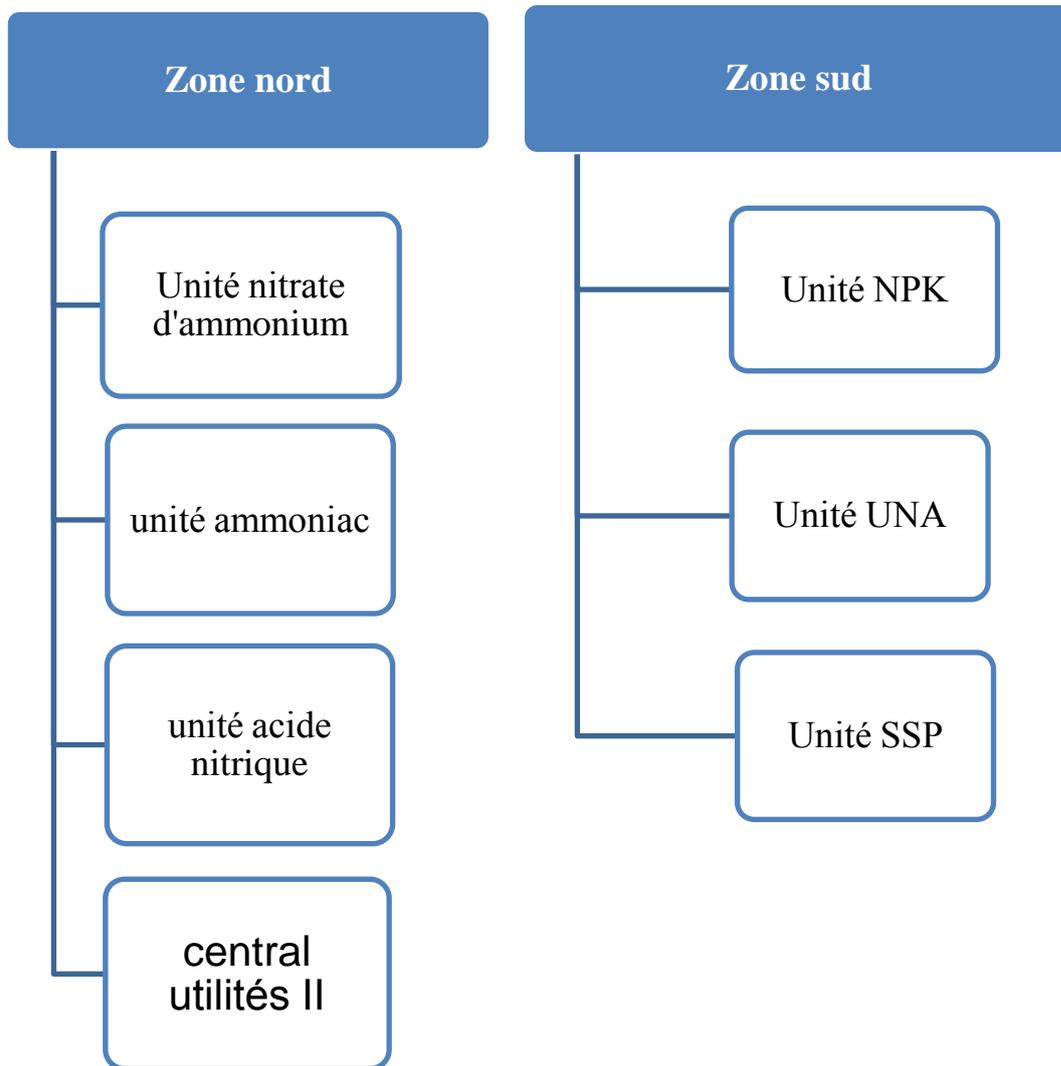


Figure 3.2. Différentes unités du complexe Fertial

3.7. Les objectifs de l'entreprise

Dans le cadre national du développement économique et social du pays, l'entreprise est chargée de :

- Promouvoir et développer l'industrie des engrais et produit phytosanitaires.
- Exploiter gérer et rentabiliser les moyens humains, matériels et financiers dont elle dispose.
- Favoriser l'épanouissement de l'esprit d'imagination et l'initiative et faire appel aux moyens locaux.

- Développer la coopération dans le cadre de la politique national en la matière.

3.8. Principales activités

Fertial d'Annaba présente plusieurs activités, nous pouvons citer les plus importantes :

- Production d'ammoniac (NH₃) :
 - Capacité : 1000 T/J soit 330000 T/An
- Production d'ammonium :
 - 02 lignes de 500 T/J chacune soit 330000 T/An
- Acide nitrique :
 - 02 ligne de 400 T/J soit 264000 T/An
- Production des engrais phosphatés :
 - 02 lignes de 1000 T/J chacune soit 500000 T/An
 - NPK 15.15.15 S.
 - NPK 15.15.15 C.
 - PK 04.20.25.
 - TSP 0.46.0.
- SSP (super simple phosphate) :
 - 1200 T/J soit 396000 T/An.
- UAN (urée acide nitrique) :
 - 600 T/J soit 198000 T/An.
- Des engrais azotés :
 - Nitrique d'ammoniac.
 - UAN 32%
 - Urée 46% (importé).
 - Sulfate d'ammonium (importée).
- Une partie du nitrate et de l'ammoniac, est autoconsommé par FERTIAL, pour la production d'autre produit.

3.9. Produits fabriqués ou vendus par FERTIAL

4. Unité d'ammoniac

Désignation des produits	Produits fabriquées	Produits vendus
NPK 15.15.15 S (base sulfate).	✓	✓
NPK 15.15.15 C (base chlorure).	✓	✓
NPK 10.10.10 S (base sulfate).	✓	✓
PK 04.02.25 S.	✓	✓
TSP 0.46.0	✓	✓
SSP	✓	✓
Nitrate d'ammonium NH ₄ NO ₃ 35%	✓	Autoconsommation+vente
UAN 32%	✓	✓
Urée 46%	✓	Autoconsommation+vente
Sulfate d'ammoniac.	✓	✓
Ammoniac.	✓	Autoconsommation+vente



Figure 4.1.vue de l'unité d'ammoniac

4.1. Description de processus de fabrication :

4.1. a .Description Générale de l'unité :

L'installation est calculée pour la production de 1000 tonnes par journée de production d'ammoniac liquide, en partant des matières premières préliminaires qui comprennent le gaz

naturel, la vapeur d'eau et l'air. Ceci s'accomplit par la méthode de reforming Kellogg à haute pression et dans l'ordre suivant :

1 .Préparation des matières brutes d'alimentation :

- a) Compression et désulfuration du gaz naturel.
- b) Reforming.
- c) Shift oxyde de carbone.

2. Purification du gaz :

- a)Extraction du gaz carbonique.
- b) Méthanisation.

3.- Synthèse Ammoniac :

- a) Compression du gaz de synthèse purifié.
- b) Synthèse et réfrigération de l'ammoniac.
- c)Stockage et distribution des produit.

I. Introduction

Du 01-mars-2016 jusqu'au 31-mars-2016, j'ai effectué un stage au sein de l'entreprise Fertial et précisément au niveau de l'unité d'ammoniac.

L'objectif de ce stage est d'appliquer pratiquement les théories que j'ai acquises au cours de mon parcours à l'université.

Cette première expérience sera très importante pour ma carrière et les taches auxquelles j'ai été associé m'ont vraiment permis de consolider mes connaissances et d'en développer de nouvelles.

I.2.Déroulement de stage

Accueil par Mr MezdourAbdelaziz, chef de service de la maintenance qui a présenté son parcours d'homme ingénieur.

- Présentation de l'entreprise Fertial
- Présentation de l'unité d'ammoniac.
- Le processus de production de l'ammoniac
- Présentation de la pompe centrifuge 104J type MF 410 Z, Principe de fonctionnement, différentes organes

I.3Le complexe d'engrais - d'Annaba- FERTIAL:

I.3.1 Situation géographique :

Le complexe d'engrais phosphatés et azotés de Annaba est situé au bord de la mer à 4 kilomètre Le complexe d'engrais phosphatés et azotés kilomètre a l'est de la ville. Il est limité par l'Oued Seybouse et la cité Sidi Salem à l'est, la mer méditerranée au Nord, la route nationale n°44 et la plaine d'Annaba au Sud.

Le complexe FERTIAL s'étant sur une surface totale de 108 hectares de surface bâti.

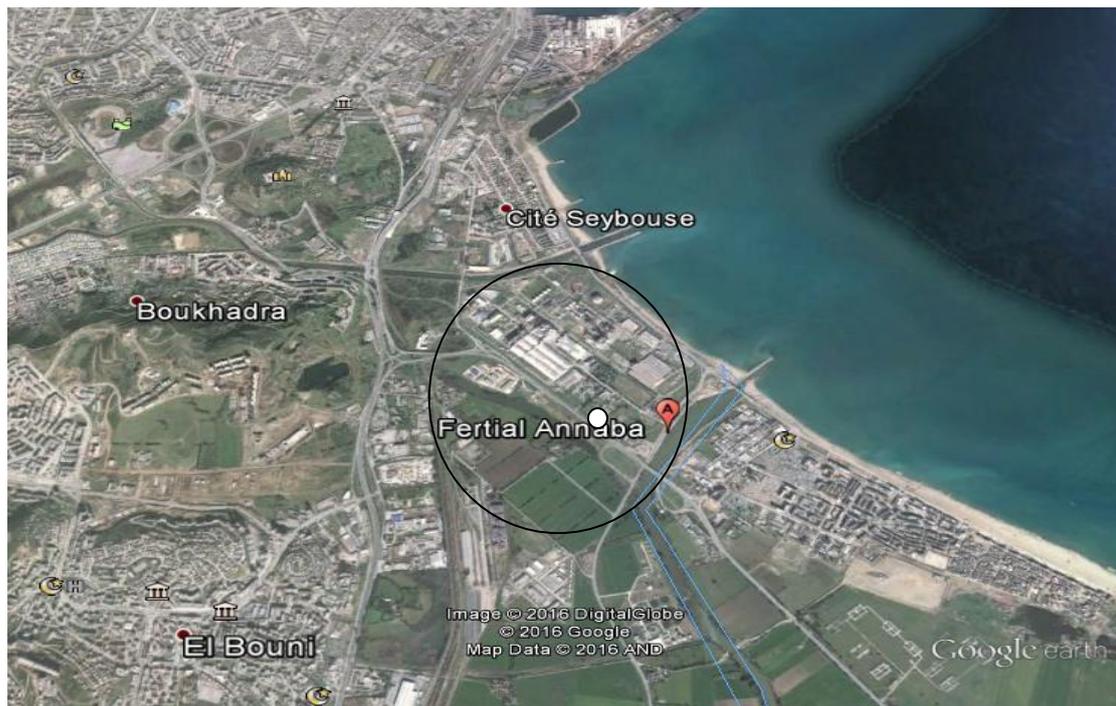


Figure I.1: Image satellite FERTIAL

I.3.2 Historique :

ASMIDAL a été dans le cadre de la restriction des entreprises publiques et économiques, issu de la société mère SONATRACH

Sa vocation principale est la production des engrais la distribution et commercialisation l'exportation de l'ammoniac a débuté en 1986, vers les pays arabes, les pays africains ainsi qu'à travers les pays méditerranées ;

En 1996, ASMIDAL est devenu entreprise publique au capital de 2275.000.000 DA .Le publique de restriction d'ASMIDAL s'est déroulée en trois phases.

Création et d'une nouvelle organisation permettant la pratique d'un plan social afin de déduire la main d'œuvre dont l'effectif dépasse 2088 personnes et en développe le système informatique.

Création de nouvelles sections pour la production des engrais et de l'ammoniac (KIMIAL FERTIAL) ce qui permet à ASMIDAL, d'être en 2001 parmi les sociétés les plus quottées à l'échelle nationale et internationale, elle est classé 7ème mondiale dans l'exportation de l'ammoniac.

En 2001, elle réalisé un chiffre d'affaire de 12 milliards de dinars dans l'exportation des engrais soit l'équivalent de 64 millions dollars.

I.3.3 Présentation du complexe FERTIAL a Annaba :

FERTIAL est organisé sous la forme d'une Société Par Action (SPA), 66% groupe Espagnol **Villar Mir**, 34% **ASMIDAL** Algérie qui représente un capital social de 17.697.000.000.00 DA. Sa durée de vie est de 99 ans.

L'ensemble des installations de FERTIAL SPA, se trouve sur la plate forme chimique, située au Sud-est de la ville d'Annaba. Le complexe est entouré au Nord-est par la méditerranée, au Sud-est par l'Oued Seybouse et la cité Sidi-Salem, au Sud-ouest par la route des salines et par la cité de EL-BOUNI et au Nord-ouest par l'Oued BOUDJIMA et la cité Seybouse.

Elle est structurée en une direction générale, une direction fonctionnelle, et deux directions opérationnelles, avec une capacité de production de **330.000 Tonnes d'ammoniac ; 330.000 Tonnes de nitrate d'ammoniac, 900.000 Tonnes engrais phosphatés.**

I.3.4 Différentes unités de l'usine de Fertil

Le complexe Fertil comporte deux zones de production, une zone nord destinée à la production d'engrais azotés et une zone d'engrais pour la fabrication des engrais phosphatés.

Dans la zone sud, on trouve l'unité UNA qui produit un engrais liquide appelé urée-ammonitrate, l'unité SSP productrice du super simple phosphate et de l'unité NPK spécialisée dans la fabrication du triple superphosphate (TSP), du phosphate d'ammonium (MAP et DAP) et l'engrais triple (NPK). Et dans la zone nord, on trouve l'unité nitrate d'ammonium, l'unité ammoniac (NH_3), l'unité acide nitrique et la centrale II.

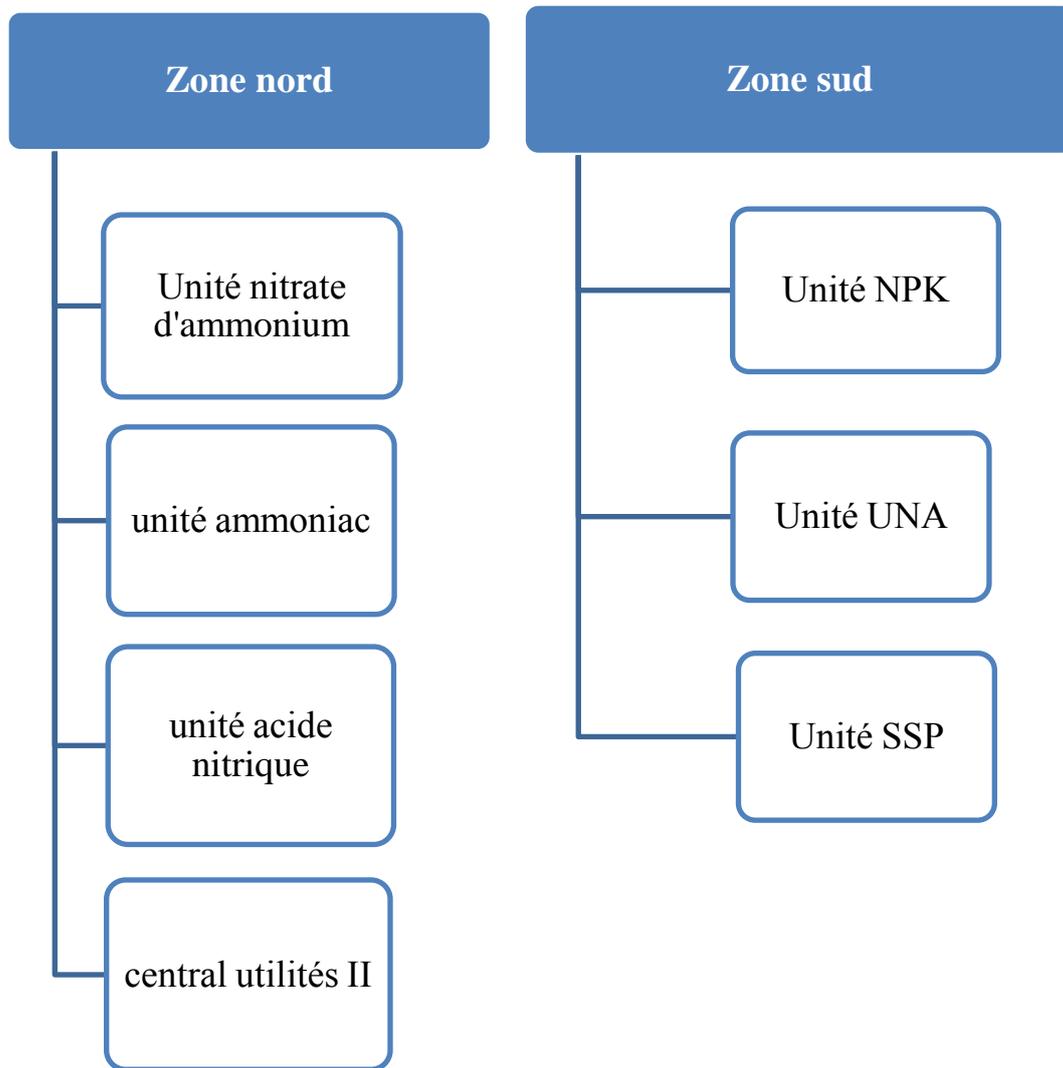


Figure I.2. Différentes unités du complexe Fertil

I.3.5 Les objectifs de l'entreprise

Dans le cadre national du développement économique et social du pays, l'entreprise est chargée de :

- Promouvoir et développer l'industrie des engrais et produit phytosanitaires.
- Exploiter gérer et rentabiliser les moyens humains, matériels et financiers dont elle dispose.
- Favoriser l'épanouissement de l'esprit d'imagination et l'initiative et faire appel aux moyens locaux.
- Développer la coopération dans le cadre de la politique national en la matière.

I.3.5 Principales activités

Fertial d'Annaba présente plusieurs activités, nous pouvons citer les plus importantes :

- Production d'ammoniac (NH₃) :
 - Capacité : 1000 T/J soit 330000 T/An
- Production d'ammonium :
 - 02 lignes de 500 T/J chacune soit 330000 T/An
- Acide nitrique :
 - 02 ligne de 400 T/J soit 264000 T/An
- Production des engrais phosphatés :
 - 02 lignes de 1000 T/J chacune soit 500000 T/An
 - NPK 15.15.15 S.
 - NPK 15.15.15 C.
 - PK 04.20.25.
 - TSP 0.46.0.
- SSP (super simple phosphate) :
 - 1200 T/J soit 396000 T/An.
- UAN (urée acide nitrique) :
 - 600 T/J soit 198000 T/An.
- Des engrais azotés :
 - Nitrique d'ammoniac.
 - UAN 32%
 - Urée 46% (importé).
 - Sulfate d'ammonium (importée).
- Une partie du nitrate et de l'ammoniac, est autoconsommé par FERTIAL, pour la production d'autre produit.

I.3.6 Produits fabriqués ou vendus par FERTIAL

Désignation des produits	Produits fabriquées	Produits vendus
NPK 15.15.15 S (base sulfate).	✓	✓
NPK 15.15.15 C (base chlorure).	✓	✓
NPK 10.10.10 S (base sulfate).	✓	✓
PK 04.02.25 S.	✓	✓
TSP 0.46.0	✓	✓
SSP	✓	✓
Nitrate d'ammonium NH ₄ NO ₃ 35%	✓	Autoconsommation+vente
UAN 32%	✓	✓
Urée 46%	✓	Autoconsommation+vente
Sulfate d'ammoniac.	✓	✓
Ammoniac.	✓	Autoconsommation+vente

I.4 Unité d'ammoniac



Figure I.3 vue de l'unité d'ammoniac

I.4.1. Description de processus de fabrication :**I.4.1. a .Description Générale de l'unité :**

L'installation est calculée pour la production de 1000 tonnes par journée de production d'ammoniac liquide, en partant des matières premières préliminaires qui comprennent le gaz naturel, la vapeur d'eau et l'air. Ceci s'accomplit par la méthode de reforming Kellogg à haute pression et dans l'ordre suivant :

1 .Préparation des matières brutes d'alimentation :

- a) Compression et désulfuration du gaz naturel.
- b) Reforming.
- c) Shift oxyde de carbone.

2. Purification du gaz :

- a)Extraction du gaz carbonique.
- b) Méthanisation.

3.- Synthèse Ammoniac :

- a) Compression du gaz de synthèse purifié.
- b) Synthèse et réfrigération de l'ammoniac.
- c)Stockage et distribution des produit.

II.1 Introduction :

La fonction maintenance conditionne fortement le niveau de performance d'une installation. Son optimisation est complexe car elle doit prendre en compte différents critères parfois antagonistes comme par exemple la disponibilité et les coûts.

Par ailleurs, il y a une multitude de façons de maintenir une installation. On peut jouer sur le type de maintenance, sur les types de tâches, sur leur fréquence, sur le niveau d'intervention, etc....

Pour effectuer ces choix stratégiques, des méthodes permettant d'optimiser les performances des systèmes sont appliquées, parmi lesquelles l'Optimisation de la Maintenance basée sur la Fiabilité

Les responsables de maintenance en viennent ainsi à envisager de Véritables stratégies et ne se contentent plus de surveiller et de réparer. Ils cherchent à prévoir les événements et d'évaluer les différentes alternatives qui s'offrent à eux pour exploiter au mieux les installations en fonction des contraintes techniques et budgétaires imposées.

Les décisions sont majoritairement prises sur la base d'informations qualitatives fournies par des experts et quelquefois appuyées par des données de retour d'expérience. Il serait toutefois utile de pouvoir effectuer des choix sur des critères quantitatifs décrivant les

Performances des programmes de maintenance.

II.2 Définition de la maintenance :

Au sens strict du terme, la maintenance agit sur les biens et considère l'ensemble des

Opérations d'entretien destinées à accroître la fiabilité ou pallier des défaillances,

Plus généralement, elle fait partie d'un ensemble d'actions effectuées pour que l'entreprise puisse prospérer. En effet, les installations industrielles sont perturbées, tout au long de leur exploitation, par des dysfonctionnements qui affectent les coûts de production, la qualité des produits et des services, la disponibilité, la sûreté, la sécurité des personnes...

L'objectif de la maintenance est de limiter les effets de ces perturbations afin d'atteindre les performances exigées et des actions sont élaborées de manière à :

- limiter les indisponibilités,
- garantir la qualité des produits et des services,
- maîtriser les coûts,
- protéger les personnes, l'environnement et les biens.

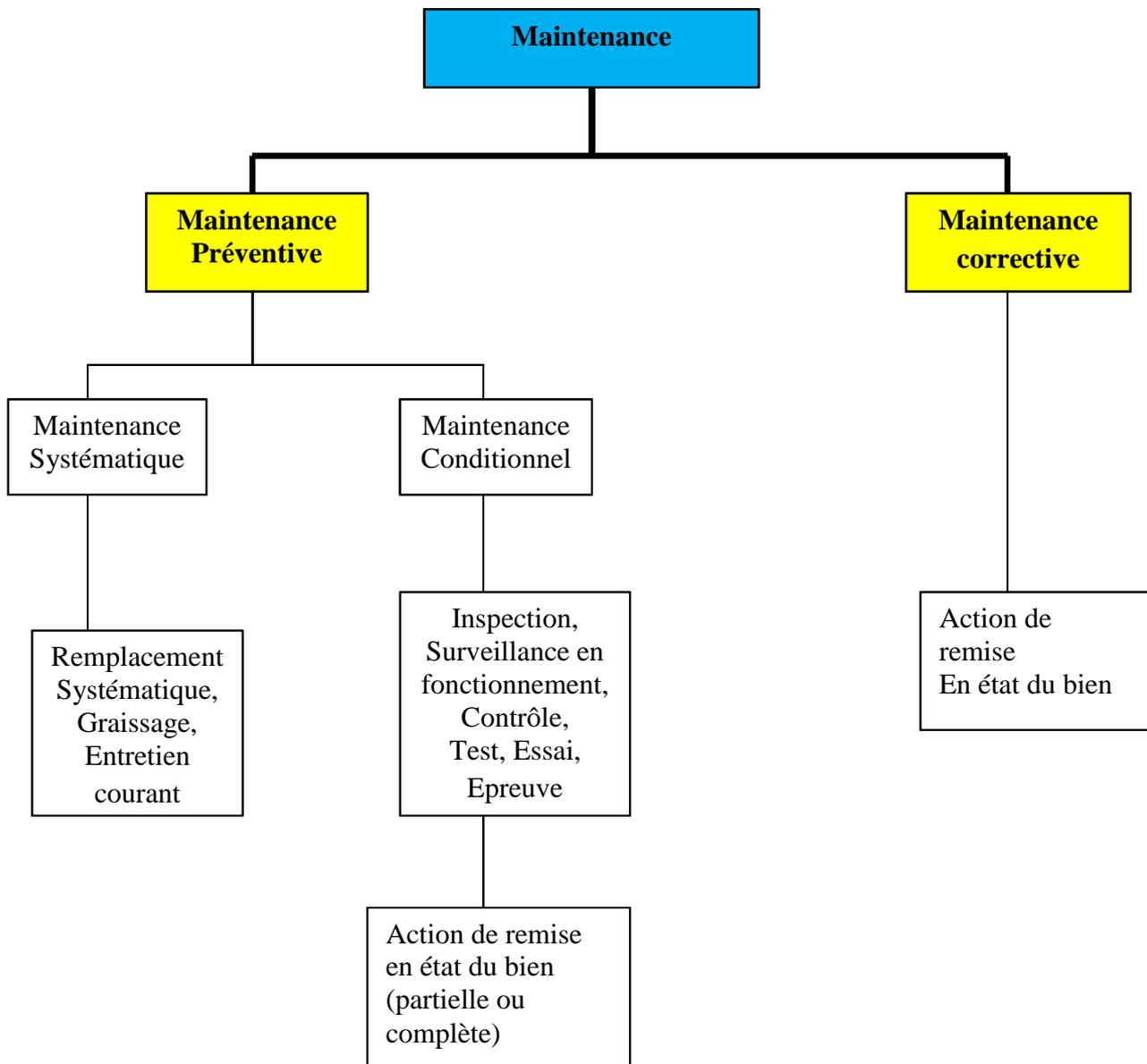
II.3 Maintenance et performances :

Dans certains secteurs industriels tels que l'énergie, les transports et l'aéronautique, les performances d'un système ou d'une installation considèrent non seulement les coûts relatifs à l'exploitation mais également, de par la nature des activités, la sûreté de fonctionnement au sens large.

La notion de sûreté de fonctionnement couvre les aspects de fiabilité, sécurité, maintenabilité et disponibilité. Elle représente l'ensemble des aptitudes d'un produit qui lui permettent de disposer des performances fonctionnelles spécifiées, au moment voulu, pendant la durée prévue, sans dommage pour lui-même et son environnement.

La figure 1.1 souligne le positionnement stratégique du processus maintenance. Ce dernier est étroitement lié aux objectifs des installations, dans la mesure où il est intégré aux différents éléments fondamentaux qui les caractérisent et qu'il conditionne ainsi fortement leur niveau de performances.

II.3 Différentes type de maintenance :



II.4 L'Optimisation de la Maintenance basée sur la Fiabilité :

La méthode d'Optimisation de la Maintenance basée sur la Fiabilité constitue une approche globale d'aide à la décision pour déterminer les actions de maintenance préventive permettant de maîtriser les coûts et le niveau requis de disponibilité d'une installation ou d'un système , et plus largement, pour garantir un niveau de sûreté de fonctionnement ,C'est une démarche rationnelle qui vise à limiter au mieux les conséquences des défaillances d'origine matérielle, sur le fonctionnement de l'installation. L'étude des systèmes et des matériels permet de déterminer :

- où les actions préventives sont nécessaires (sur quels matériels),
 - Quelles sont les actions à effectuer
 - Quand (avec quelle fréquence) on doit les réaliser
 - La phase de retour d'expérience consiste à rechercher ce qui s'est passé sur les matériels ou composants en termes de fiabilité, de disponibilité et de coûts, et les actes de maintenance ou modifications réalisées.
 - La phase d'évaluation des risques consiste à envisager les événements graves qui pourraient se passer et met en œuvre les techniques d'analyse de fonctionnement et de dysfonctionnement. Ce travail est complété par la prise en compte de l'historique de maintenance. Pour prévenir les défaillances qui présentent une gravité et qui ont des chances de se produire il faudra envisager d'effectuer des tâches de maintenance préventive.
 - La phase d'optimisation de la maintenance détermine les tâches à effectuer ainsi que leur fréquence de réalisation, tout en envisageant éventuellement des améliorations ou des modifications.
 - Les études OMF visent principalement les parties des installations dont les performances sont les plus sensibles aux actions de maintenance. Leur application passe par plusieurs étapes :
- L'analyse fonctionnelle, qui fournit des représentations du fonctionnement des systèmes étudiés.
- L'analyse de dysfonctionnement des systèmes, qui permet d'identifier les modes de défaillance des matériels, ou des groupes de matériels, qui ont un rôle fonctionnel important et dont les défaillances sont jugées graves.
- L'analyse du retour d'expérience, qui fournit des données essentielles pour établir les choix de maintenance,
- L'analyse des dysfonctionnements des matériels, qui rassemble les informations nécessaire à l'évaluation de la criticité des modes de défaillances,

- La sélection des tâches de maintenance, qui conduit à proposer des tâches élémentaires justifiées pour couvrir les modes de défaillance significatifs et, après regroupement, à écrire le programme de maintenance préventive.

II.5 Les problématiques industrielles et les applications possibles :

Les stratégies de maintenance issues de la démarche OMF sont complexes dans la mesure où elles peuvent être composées de tâches de maintenance diverses, et peuvent ne pas reposer sur une structure simple. D'autre part, les systèmes maintenus par ces programmes sont des systèmes multi-composants, avec des dépendances entre les matériels, et la présence de plusieurs mécanismes de dégradation et modes de défaillance éventuellement en compétition pour concourir à leur défaillance.

Ces difficultés peuvent être des obstacles à l'évaluation quantitative des stratégies de maintenance. Elles doivent être affrontées pour pouvoir répondre aux problématiques industrielles actuelles.

Conclusion

D'une façon générale, ce chapitre souligne l'impact de la maintenance sur les performances d'un système en termes de disponibilité, de sûreté et de coûts. Cette importance est confirmée dans le cas particulier de l'exploitation du parc nucléaire de par les enjeux et les objectifs associés.

La méthode d'Optimisation de la Maintenance basée sur la Fiabilité, associées aux démarches de maintenance conditionnelle et de durabilité sont en voie d'intégration au sein d'une approche d'asset management. Toutefois, les stratégies de maintenance sont majoritairement établies sur la base d'avis d'experts et non sur un critère quantifié, défini par exemple en termes de coûts et de disponibilité.

III.1 Introduction :

Les machines tournantes sont des appareils dans lesquels il y a un transfert d'énergie mécanique entre un fluide et une roue mobile.

Une machine destinée à communiquer de l'énergie au fluide est une pompe dans le cas d'un liquide, un compresseur dans le cas d'un gaz.

Une turbine est une machine qui permet de transformer l'énergie d'un fluide en énergie mécanique (turbine à vapeur turbine à gaz).

Une turbomachine est une machine tournante qui réalise un transfert d'énergie entre son arbre propre, et un fluide en mouvement, ce transfert peut s'effectuer dans les deux sens :

- Une récupération de l'énergie du fluide sur l'arbre de la machine (fonction réalisée par les machines de type turbine).
- Une augmentation de l'énergie du fluide par fourniture d'énergie mécanique sur l'arbre de la machine (fonction réalisée par les machines de type compresseur, ventilateur, pompe).

Les machines tournantes sont largement utilisées dans l'industrie pétrolière et pétrochimique, ils accélèrent les cycles de production.

Le présent mémoire comporte le rôle, la description et le principe de fonctionnement de machine tournante (pompe centrifuge).

III.2 Généralités sur la machine :

III.2.1 Pompe centrifuge (TURBPOMPES) :

Les pompes sont des machines réceptrices, qui transforment l'énergie mécanique fournie par le moteur d'entraînement en énergie de pression. Elles sont considérées les plus répandues dans l'industrie pétrolière et pétrochimique, et sont largement utilisées dans les systèmes : automatique ; hydraulique ; pneumatique et surtout dans les stations de pompages (expédition et injection des produits pétroliers), etc.....

Le rôle des pompes est primordial dans le domaine d'activité industrielle, elles accélèrent les cycles de production.

Dans toutes les branches de l'industrie pétrolière, on utilise les pompes grâce à la simplicité de leur construction et à la facilité de leur exploitation.

Les pompes sont classées selon le mode de fonctionnement on distingue :

A- Les turbopompes : pompes centrifuges et axiales.

Dans les pompes centrifuges, le mouvement du liquide est assuré par la rotation rapide de la roue à aubes (sous l'action des forces centrifuges).

Dans les pompes axiales, le liquide se déplace la longe de rotation des roues à aubes

B- Les pompes volumétriques : pompe alternatives et rotatives.

Dans les pompes alternatives, le mouvement du liquide s'effectué par le mouvement rectiligne alternatif du piston (membrane) entraîné par le mécanisme bielle –manivelle.

Dans les pompes rotatives, le mouvement du liquide est effectué par la rotation de l'élément de refoulement (engrenage : à vis sans fin ; à palettes etc.)

III.2.2 Définition des pompes centrifuge :

Les pompes centrifuges se sont des turbomachines multicellulaires qui transforment l'énergie mécanique en énergie hydraulique. Elles constituée par :

- Une roue à aubes tournant autour de son axe
- Un distributeur dans l'axe de la roue
- Un collecteur de section croissante, en forme de spirale appelée volute.

Ce sont les pompes les plus utilisée dans le domaine industriel à cause de la large gamme d'utilisation qu'elles peuvent couvrir, de leur simplicité et de leur faible coût.

III.2.3 Rôle de la pompe centrifuge dans le système de production :

Nous présentons un cas d'étude d'un système de production dans lequel les pompes d'aspirations d'eau pour sa transmission vers des ballons de vapeur pour ainsi alimenter les turbines à vapeur jouent un rôle prépondérant . Cette description est détaillée par rapport aux alarmes de surveillance du fonctionnement du système de production afin d'établir une base de données maintenance. Le cas d'étude concerne l'usine FERTIAL qui présente un schéma de production de l'ammoniac.

III.3 Pompes 104J type MF 410

Les pompes 104J sont l'objet des pompes centrifuges multicellulaires horizontales entraînées par une turbine à vapeur (104JA, JB, JC) ou un moteur (104JS), elles sont largement utilisées pour la déminéralisation de l'eau qui servira dans la production de vapeur indispensable pour le fonctionnement de l'unité d'ammoniac.



Figure III.1 : pompe 104J MF 410

III.3.1 Description et fonctionnement:

La pompe 104JA est une pompe centrifuge multicellulaires horizontales entrainées par une turbine à vapeur (104JA) ou un moteur (104JS), elle tourne à une vitesse de 2965 (tr/min), fournissant un débit 168 (m³/h), elle assure le transport de l'eau déminéralisée du ballon (101-U) vers le ballon de tête (101-F) avec une pression de 105 bars. L'eau déminéralisée servira dans la production de vapeur indispensable pour le fonctionnement de l'unité d'ammoniac (groupe ASMIDAL). Un arrêt des pompes alimentaires 104J (A, B, C, M) conduit à l'arrêt total de l'unité.

Parmi les documents qu'on a récupéré de l'entreprise, les organes constituant notre équipement nous montrer la complexité des constituants de la pompe prouve qu'il faut d'une part maîtriser son fonctionnement, pour d'éventuels diagnostics et interventions du point de vue maintenance, et d'autre part porter des améliorations pour une bonne disponibilité.

III.3.Composition de l'équipement :

Le schéma en dessous représente les organes principaux de la pompe :

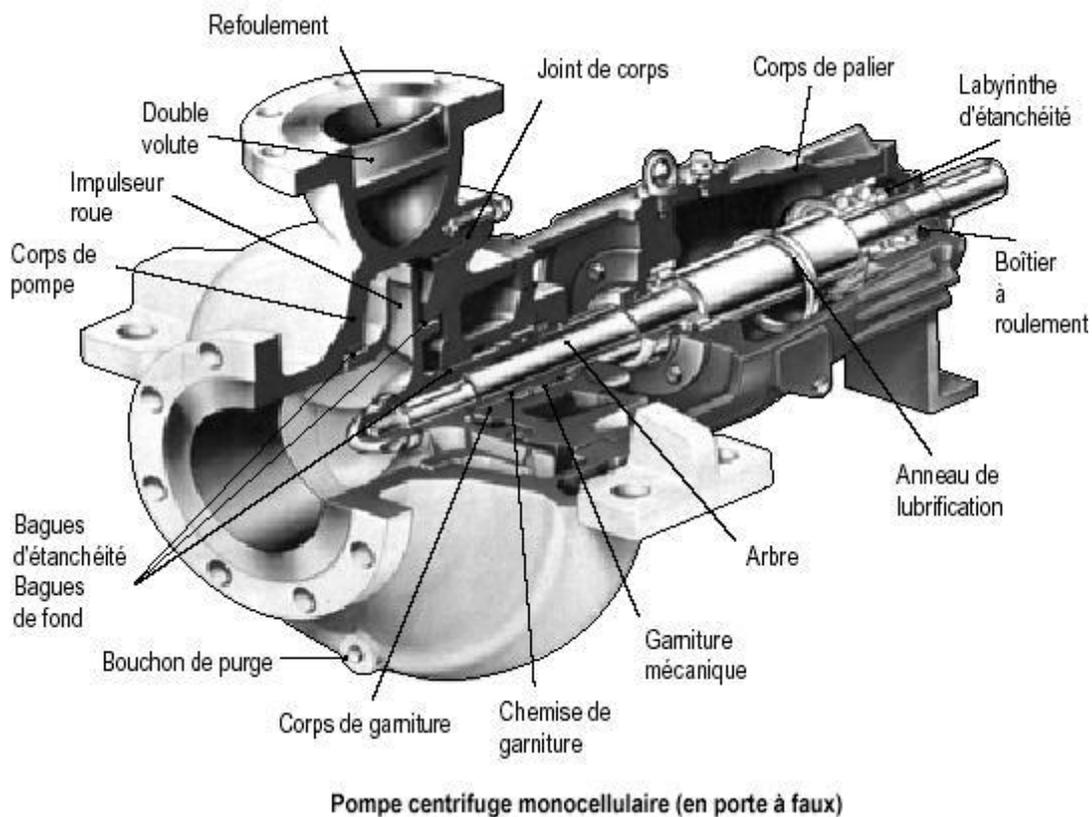


Figure III.2 : présentation des composants générale de pompe centrifuge

Cette pompe est composée d'éléments statiques et de pièces tournantes.

On distingue dans les éléments statiques :

- ✓ **le corps de pompe** : sur lequel se trouvent les tubulures et brides d'aspiration et de refoulement, la volute et les pieds (ou pattes) de fixation sur le châssis.
- ✓ **le corps de garniture** : (ou plateau de garnitures) fermant l'arrière du corps de pompe, est traversé par l'arbre et reçoit le système d'étanchéité (tresses ou garniture mécanique).
- ✓ **le corps de palier** : dans lequel sont montés des roulements ou des paliers à coussinet et qui contient le système de lubrification. Le corps de palier possède souvent une béquille de supportage.

- L'ensemble mobile appelé rotor se compose :

- d'un arbre sur lequel sont montés :

- Un impulseur (ou roue)
- Un accouplement permettant la liaison avec la machine d'entraînement
- Diverses pièces telles que chemises d'arbre, déflecteur ou labyrinthe d'étanchéité, écrous de fixation, ...

- d'éléments liant le rotor et les pièces fixes et donc soumises à frottement

- Les roulements
- La garniture d'étanchéité

Parmi ces différentes pièces, l'impulseur et la volute sont celles qui sont directement impliquées dans la fonction de pompage de la machine. Au travers elles, se produisent les variations de vitesse et de la pression du liquide.

III.5 La mise en marche de la pompe :

Le démarrage de pompes centrifuges, doit s'effectuer avec vanne d'aspiration grande ouverte, la tuyauterie d'aspiration devant, d'ailleurs rester absolument libre pendant la marche de la pompe.

Lors du premier démarrage, il est prudent de fermer la vanne de refoulement et de la rouvrir progressivement afin d'éviter, d'une part la surcharge du moteur pendant le remplissage de la pompe est nulle, et d'autre part le remplissage trop rapide de l'installation.

Le réglage du débit de la pompe, soit en raison des nécessités du service, soit pour éviter la surcharge du moteur, doit toujours être effectuée sur la vanne de refoulement seule, la fermeture de la vanne d'aspiration provoquant l'ébullition du liquide à l'entrée de la pompe et l'usure rapide des aubages du rotor.

Il est recommandé de ne pas faire tourner les pompes pendant une période prolongée avec la vanne de refoulement complètement fermée, afin d'éviter l'échauffement du liquide brassé dans la pompe.

Dans le cas ou, en opération normale, une vanne automatique peut réduire le débit de la pompe jusqu'au débit nul, il est bon de prévoir une conduite de by-pass pour assurer une circulation minimum au travers du corps de pompe.

Lorsque la pompe est mise en service, il faut surveiller la pompe et son moteur, et tout échauffement ou toute vibration anormales, vérifier l'alignement de groupe.

Dans le cas d'échauffement excessif des bourrages, procéder a plusieurs démarrages et arrêts successifs jusqu'au moment ou le liquide pompé traverse le bourrage en le lubrifiant et en le refroidissant.

Si cette Manœuvre ne donne pas de résultat, c'est que le bourrage a été serré trop fort et la meilleure solution consiste à recommencer le remplissage de la boîte à bourrage .Le fait de desserrer les écrous de presse – étoupe est, en général, insuffisant pour arrêter l'échauffement des bourrages ceux-ci se déplaçant d'une seule pièce dans la boîte, et l'ensemble restant toujours aussi compact.

Tout échauffement du palier, vibration ou bruits anormaux, sont une cause d'alarme, le groupe devant être arrêté immédiatement et la cause de l'incident recherche.

III.6 Entretien

La fréquence et l'importance des entretiens seront déterminées en fonction du service demandé aux pompes .Elles ne pourront être déterminées qu'après une certaine période de service après laquelle il sera procédé à un démontage systématique des pompes.

Nous déconseillons en générale un entretien préventif complet, sans que des signes de faiblesse ne soient constatés pas aux points suivants :

- L'huile : il faut la vidanger une fois par ans ou après 6000 heures. Toute fois ces délais devront être raccourcis selon le degré de pollution de l'huile.
- Renouvellement des garnitures de bourrage

Lorsque le presse-étoupe, après les réglages successifs, est : arrivé à fond de course, on peut ajouter une corde supplémentaire dans la boîte. Lorsque le presse – étoupe sera de nouveau en fin de course, il y a lieu de changer toute la garniture de la boîte en vérifiant l'état de la chemise d'arbre .Dans le cas d'une boîte à bourrage équipée d'une lanterne, n'a pas omettre de remplacer la ou les cordes placées derrière celle-ci.

III.7 Lubrification :

- **A l'huile :** pompes lubrifiées à l'huile, le choix du lubrifiant à utiliser dépend des conditions de travail auxquelles les paliers sont soumis .La préférence serait donnée aux huiles possédant des –additifs antioxydants et anti-émulsines .Pour la lubrification d'une pompe équipée d'une butée Mitchell, s'en référer aux indications du plan coupe.
- **Très Important :**En observant la température du palier, l'utilisateur dispose d'un moyen pratique très simple de s'assurer si l'huile employée est bien adaptée aux conditions de marche ;cette température ne peut jamais excéder de 40°C la température ambiante.

III.8 Surveillance :

Une pompe en service doit être surveillée périodiquement et la cause de tout changement dans son fonctionnement recherchée. Les presses –étoupe des boîtes à bourrage seront ajustés régulièrement pour permettre une légère fuite du liquide pompé. Dans le cas d'une fuite excessive, il faut serrer le presse-étoupe parallèlement 1/6.De tour à la fois, en laissant tourner la pompe un temps suffisamment long pour que la pression supplémentaire se répartisse uniformément sur toute la longueur du bourrage.

- ✓ **Remarque :** Lorsqu'il s'agit d'une pompe hélicoïde il y a lieu de démarrer celle-ci vanne de refoulement ouverte et ne pas faire fonctionner la pompe à des débits inférieurs aux limites indiquées aux courbes caractéristique.

III.9 Caractéristiques générales des pompes centrifuges :

Une pompe centrifuge est principalement représentée par trois caractéristiques :

- Hauteur manométrique en fonction du débit : $H(Q)$
- Le débit volumique [m^3/s]
- Rendement en fonction du débit : $\eta(Q)$

A) Le débit :

Le débit Q fourni par une pompe centrifuge et le volume refoulé pendant l'unité de temps. Il s'exprime en m^3/s ou plus pratiquement en m^3/h .

B) Hauteur manométrique :

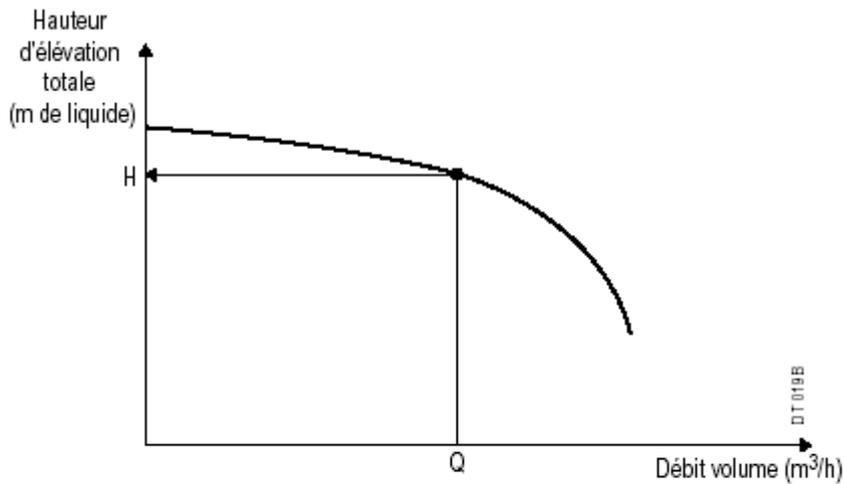
Pour véhiculer un liquide d'un endroit à un autre, la pompe doit fournir une certaine pression appelée hauteur manométrique totale, cela dépend des conditions d'aspiration et de refoulement (augmentation de pression que la pompe peut communiquer au fluide).

La grandeur HMT représente la hauteur de liquide qui pourra être obtenue dans la tuyauterie de refoulement par rapport au niveau de liquide à l'aspiration.

$$HMT = (P_r - P_a) / \rho \cdot g \text{ [m]}$$

Avec : P_a : pression d'aspiration

P_r : pression de refoulement



– Courbe caractéristique hauteur d'élévation fonction du débit volume –

La courbe représentant la variation de hauteur en fonction du débit s'appelle la caractéristique "hauteur d'élévation" $H(Q)$ de la pompe. Pour chaque pompe, une courbe est fournie par le constructeur. Elle a été établie par un essai de la pompe sur un banc.

C) Rendement :

Le rendement η d'une pompe est le rapport de la puissance utile P_u (puissance hydraulique) communiquée au liquide pompé à la puissance absorbée P_a par la pompe (en bout d'arbre) ou par le groupe (aux bornes du moteur).

La puissance P et le rendement η sont donnés par :

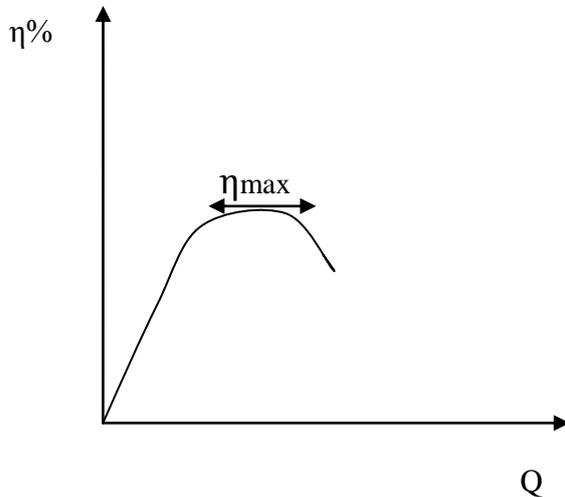
$$P_u = Q \rho g H$$

$$\eta = \frac{P_u}{P_a}$$

Avec :

- Q est le débit volume du fluide
- ρ sa masse volumique.
- H la hauteur manométrique de la pompe.
- g l'accélération de pesanteur.

Le rendement de la pompe varie avec le débit et passe par un maximum pour le débit nominal autour duquel la pompe doit être utilisée



La courbe $\eta(Q)$ du rendement est toujours montante depuis la valeur $\eta=0$, puis descendante en passant par une valeur η_{max} . Ce quel que le type de pompe utilisé.

III.10 Les pannes possibles :

N	Panne	cause
1	Le moteur ne tourne pas l'or qu'il est démarré	a) Pas d'électricité. b) Les fusibles ont sauté. c) La protection moteur est déclenchée. d) les contacts de la protection moteur ou la bobine sont défectueux e)Le circuit de commande est coupé, défectueux.
2	Le disjoncteur est déclenché (déclenche aussitôt après le ré enclenchement	a)Un fusible sauté. b) Les contacts du disjoncteur sont défectueuse. c) Connexions de câbles non serrée ou défectueuse. d) L'enroulement du moteur est défectueuse. e) La pompe est bloquée mécaniquement.
3	Le disjoncteur Le disjoncteur déclenche occasionnellement	a)Le réglage du a)Le ré- déclencheur est trop faible. b) L'alimentation électrique est coupée périodiquement. c)La tension de réseau est trop faible en périodes de pointe.

4	Le disjoncteur n'a pas déclenché, mais la pompe ne marche pas	a)Voir 1 d) et e).
5	Le débit de la pompe n'est pas régulier	<p>a)Le diamètre du tuyau d'aspiration est trop petit pour le débit de la pompe.</p> <p>b) Il n'y a pas assez d'eau disponible à l'aspiration de la pompe.</p> <p>c) Le niveau d'eau est trop bas.</p> <p>d) Le niveau d'eau, au –dessus de la pompe, est trop bas par rapport à la température de l'eau, à la perte de charge et à la quantité d'eau.</p> <p>e)Le tuyau d'aspiration est partiellement bouché par des impuretés.</p>
6	La pompe marche, mais ne débite pas d'eau	<p>a)Le tuyau d'aspiration est bouché par des impuretés.</p> <p>b) Le clapet de pied /le clapet de retenue est bloqué dans sa position fermée.</p> <p>c) Le tuyau d'aspiration fuit.</p> <p>d) Présence de poches d'air dans le tuyau d'aspiration ou dans la pompe.</p>
7	La pompe marche à l'envers lorsqu'on l'arrête	<p>a)Fuite dans le tuyau d'aspiration.</p> <p>b) Le clapet de pied /le clapet retenue est défectueux.</p> <p>c) Le clapet de pied est bloqué dans sa position ouverte ou partiellement ouverte.</p> <p>d) Présence de poches d'air dans le tuyau d'aspiration.</p>

IV.1 Etude de fiabilité :

Ce tableau suivant représente l'historique des pannes de la pompe centrifuge 104J :

N°	Date de pannes	Début d'arrêt	Date et heure fin d'arrêt	Temps d'arrêt	Intervention
1	17/05/2011	08h30	17/05/2011 11 h30	03h00	changement de pompe
2	16/07/2011	10h00	16/07/2011 13 h30	03h30	Nettoyer la soupape de refoulement
3	02/02/2012	09 h00	03/02/2013 12 h00	03h00	Révision de la garniture mécanique
4	10/04/2012	09 h30	10/04/2012 15 h30	06h00	réparation de palier
5	20/08/2012	08 h30	20/08/2012 14 h00	05h30	Révision de la garniture mécanique
6	30/10/2012	10 h30	21/11/2012 12 h00	01h30	Révision de la pompe
7	11/11/2012	09 h00	29/11/2012 14 h00	05h00	Révision de la pompe
8	19/11/2012	09 h00	02/11/2012 14 h30	05h30	Révision de la pompe
9	08/12/2012	13 h00	08/12//2012 15 h30	02h30	révision palier coté refoulement
10	23/12/2012	10 h00	23/12/2012 12 h00	02h00	Alignement par comparateur
11	11/02/2013	09 h30	11/02/2013 17 h00	08h30	réparation de la Garniture mécanique
12	12/02/2013	09 h00	12/02/2013 14 h30	05h30	révision palier coté aspiration
13	23/05/2013	09 h00	23/05/2013 19 h00	10h00	réparation de la Garniture mécanique
14	05/06/2013	09 :00	05/06/2013 18 :00	09h00	Changement garniture mécanique
15	15/08/2013	09 :00	15/08/2013 11 :00	02h00	Elimination fuite
16	01/09/2013	09 :00	03/09/2013 11 :00	02h00	Révision de la pompe
17	08/10/2013	09 :00	08/10/2013 12 :00	03h00	Elimination fuite
18	11/12/2013	09 :30	11/12/2013 11 :00	01h30	Elimination fuite
19	28/03/2014	10 :00	30/03/2014 13 :00	03h00	révision de la pompe
21	28/05/2014	09 :00	28/05/2014 12 :00	03 h00	Alignement par laser

Tableau IV.1 : Historique des pannes de pompe 104J

IV.1 .1 Calcul temps de bon fonctionnement :

Après l'exploitation du dossier historique des pannes de la pompe centrifuge 104J 410 MF, on peut calculer les temps de bon fonctionnement(TBF) de manière suivante :

TBF : temps de fonctionnement entre défaillance ou temps de bon fonctionnement

TTR : temps de fonctionnement entre défaillances ou temps de bon fonctionnement

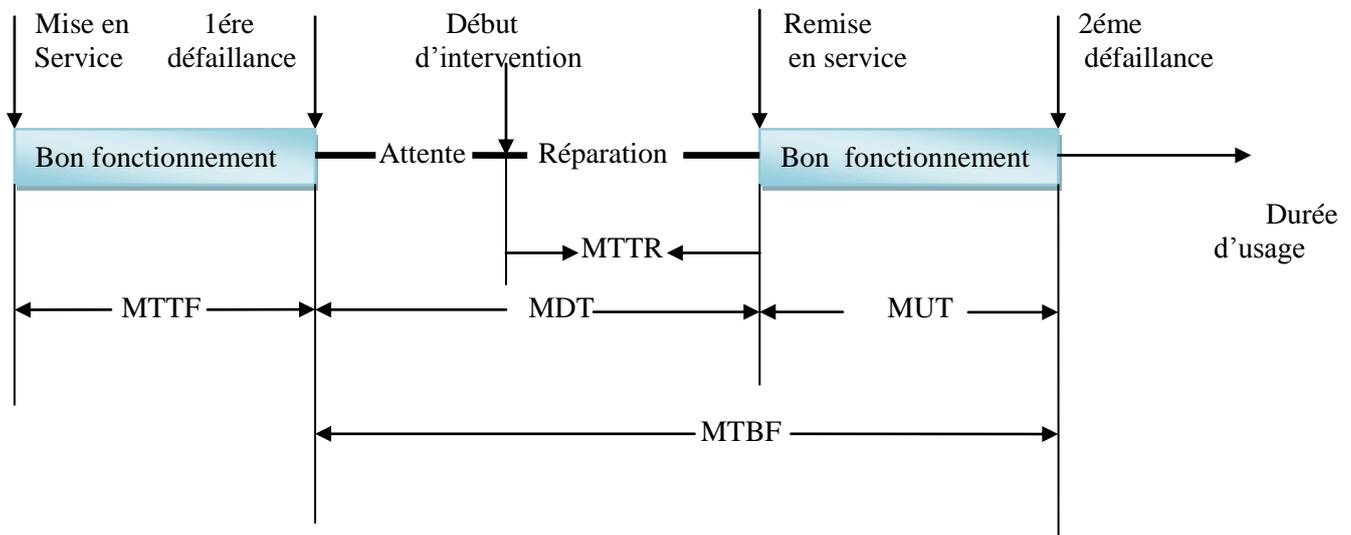


Figure IV.1 : représentation de la disposition réparable

Exemple de calcul :

N°	Date de début de l'arrêt	Date de fin de l'arrêt	TBF
01	17/05/2011 8h30	17/05/2011 11h30	1441,5
02	16/07/2011 10h00	16/07/2011 13h30	

$$TBF = [\text{date de début de l'arrêt (n°01)} - \text{Date de début de l'arrêt (n°02)}] * 24$$

TBF₁ = 1441,5 heures.

$$TTR = [\text{date de fin de l'arrêt} - \text{date de début de l'arrêt}] * 24$$

TTR₁ = 3 heures.

Le tableau suivant représente les résultats des temps de bon fonctionnement :

N	TBF	N	TBF
1	1441.5	12	2400
2	4823	13	312
3	1623.5	14	1704
4	3167	15	408
5	1704.5	16	888
6	288	17	1536.5
7	192	18	2568.5
8	460	19	1247
9	357	20	216
10	1199.5	21	793

Tableau IV.2 : temps de bon fonctionnement

Parmi les lois utilisées pour la mesure de la fiabilité on choisi la loi de weibull, c'est un modèle mathématique particulièrement bien adapté a l'étude statistique des défaillances, il couvre le cas ou le taux de défaillance et variable, la loi de weibull, loi classique de vieillissement et usure.

Les différentes formules utilisées pour la distribution de weibull sont :

❖ **La fonction de fiabilité :**

R(t) : probabilité de non- défaillance dans l'intervalle de temps [0, t] c'est à dire la probabilité de défaillance au-delà du temps (t), c'est la fonction de répartition.

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

❖ **Le taux d'avarie :**

$\lambda(t)$: probabilité d'avarie au temps (t+ Δt) d'un dispositif qui était en bon fonctionnement au début de l'unité de temps (t).

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

❖ **densité de probabilité :**

f(t) : probabilité d'avarie au temps (t), (probabilité d'avoir une seule avarie au temps (t).

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

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

❖ **La fonction de réparation :**

F(t) : probabilité d'avarie cumulée au temps de 0 à t.

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

1) On classe par ordre croissant les temps de bon fonctionnement.

2) On calcule la fonction de réparation cumulée :

$N=21 > 20$ dans ce cas on utilise la méthode des **Rangs moyens**, la fonction de répartition cumulée est égale :

$$F(t_i) = \frac{\sum ni}{N+1}$$

$$F(t_i) \% = \frac{\sum ni}{N+1} * 100$$

IV.1.2 Classement de TBF calcul F (t_i):

N°	TBF croissant	TBF Pour papier weibull	N _i	ΣN _i	$F(t_i) = \frac{\sum ni}{N+1}$	%F (t _i)
1	23.5	0.94	1	1	0.0870	8.70
2	192	7.96	1	2	0.1304	13.04
3	216	8.95	1	3	0.1739	17.39
4	288	11.94	1	4	0.2174	21.74
5	312	12.93	1	5	0.2609	26.09
6	357	14.80	1	6	0.3043	30.43
7	408	16.91	1	7	0.3478	34.78
8	460	19.07	1	8	0.3913	39.13
9	793	32.88	1	9	0.4348	43.48
10	888	36.82	1	10	0.4783	47.83
11	1199.5	49.74	1	11	0.5217	52.17
12	1247	51.71	1	12	0.5652	56.52
13	1441.5	59.77	1	13	0.6087	60.87
14	1536.5	63.69	1	14	0.6522	65.22
15	1632.5	67.32	1	15	0.6957	69.57
16	1704	70.62	1	16	0.7391	73.91
17	1704.5	70.68	1	17	0.7826	78.26
18	2400	99.52	1	18	0.8261	82.61
19	2568.5	106.51	1	19	0.8696	86.96
20	3167	131.32	1	20	0.9130	91.30
21	4823	200	1	21	0.9565	95.65

Tableau IV.3 : La fonction de réparation cumulée

IV.1.3 Estimation des paramètres de la loi weibull (η , β , γ) :

On utilise la méthode graphique, qui utilise un papier à échelle fonctionnelle dit papier de weibull, après avoir le rapport des valeurs TBF, $F(t_i)$ sur le papier de weibull on obtenu un droit.

$$\beta = 0.8$$

$$\eta = 1536$$

$$\gamma = 0$$

IV.1.4. Test de Kolmogorov-Smirnov:

L'idée du test est de comparer la fonction réelle de répartition des défaillances à la fonction de répartition théorique.

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

$$D_{ni} = | F(t_i) \text{ réelle} - F(t_i) \text{ théorique} |$$

IV.1.5 Calcul de la fiabilité $R(t_i)$, la fonction de répartition $F(t_i)$, le taux de défaillance $\lambda(t_i)$, la densité de probabilité $f(t_i)$ Test de Kolmogorov-Smirnov :

Rang	TBF	F (t_i) théorique	R (t_i)	$\lambda(t_i)$	F (t_i) réelle	f (t_i)	D _{ni}
1	23.5	0.045	0.965	0.00120	0.035	0.001160	0.0108
2	193	0.091	0.827	0.00079	0.173	0.000653	0.0823
3	216	0.136	0.812	0.00077	0.188	0.000626	0.0516
4	288	0.182	0.769	0.00073	0.231	0.000560	0.0487
5	312	0.227	0.756	0.00072	0.244	0.000542	0.0165
6	357	0.273	0.733	0.00070	0.267	0.000511	0.0053
7	407	0.318	0.707	0.00068	0.293	0.000480	0.0255
8	459	0.364	0.683	0.00066	0.317	0.000453	0.0467
9	793	0.409	0.555	0.00059	0.445	0.000330	0.0362
10	888	0.455	0.525	0.00058	0.475	0.000305	0.0208
11	1199.5	0.500	0.440	0.00055	0.560	0.000241	0.0598
12	1247	0.545	0.429	0.00054	0.571	0.000233	0.0256
13	1441.5	0.591	0.387	0.00053	0.613	0.000204	0.0225
14	1536	0.636	0.368	0.00052	0.632	0.000192	0.0041
15	1632.5	0.682	0.350	0.00051	0.650	0.000180	0.0318
16	1704	0.727	0.337	0.00051	0.663	0.000172	0.0646
17	1705.5	0.773	0.337	0.00051	0.663	0.000172	0.1100
18	2400	0.818	0.240	0.00048	0.760	0.000114	0.0577
19	2568.5	0.864	0.221	0.00047	0.779	0.000104	0.0848
20	3167	0.909	0.168	0.00045	0.832	0.000076	0.0770
21	4823	0.955	0.082	0.00041	0.918	0.000034	0.0368

Tableau IV.4 : Les différentes valeurs utilisées pour la distribution de Weibull

D'après le tableau (IV .4) :

La fréquence maximale $D_{n \max} = 0.1100$ et selon la table K-S (KOLMOGOROV-SMIRNOV) avec :

$$N = 21 \text{ et } \alpha = 0.05$$

$$\begin{aligned} \text{On à : } D_{n, \alpha} &= D_{11, 0.05} \\ &= 0.3180 \end{aligned}$$

$$\text{Donc : } D_{n \max} < D_{n, \alpha}$$

$$\text{Ou : } 0.1100 < 0.3180$$

Donc le modèle Weibull est accepté.

IV.1.6 Calcul la fiabilité de la pompe :

$$\text{MUT} = \gamma + A \cdot \eta$$

$$= 0 + 1.1330.1536$$

$$= 1740.288 \quad \text{MTBF} = 1740.288 \text{ heures}$$

MUT : correspond à la durée moyenne de la défaillance de bon fonctionnement après réparation du système.

$$R(t) = \text{MUT}) = e^{-\left[\frac{(1740.288)}{1536}\right]^{0.8}} = 0.33$$

$$\mathbf{R(t) = \text{MUT}) = 0.33 \text{ ou } 33\%}$$

IV.1.7 Calcul de $R(t)$, $f(t)$, $\lambda(t)$: « $t = \text{MTBF} = 1740.288$ »

➤ **La fiabilité :**

$$R(t) = e^{-\left[\frac{t-\gamma}{1536}\right]^\beta} \longrightarrow R(\text{MTBF}) = e^{-\left[\frac{1740.288}{1536}\right]^{0.8}} = \mathbf{33\%}$$

Nous avons 33 de chance sur 100 pour que la pompe centrifuge survive de là de 1740.288 h.

➤ **La fonction de réparation :**

$$F(t) = 1 - e^{-\left[\frac{t-\gamma}{1536}\right]^\beta} \longrightarrow F(\text{MTBF}) = 1 - e^{-\left[\frac{1740.288}{1536}\right]^{0.8}} = \mathbf{67\%}$$

Nous avons 67 de chance sur 100 pour que la pompe centrifuge tombe en panne entre 0 et 1740.288 h.

➤ **Taux de défaillance :**

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \longrightarrow \lambda(\text{MTBF}) = \frac{0.8}{1536} \left(\frac{1740.288-0}{1536}\right)^{0.8-1} = 0.00051\%$$

Nous avons 0.00051 de chance sur 100 pour que la pompe centrifuge ne tomber pas en panne à 1740 mn.

➤ **Densité de probabilité de défaillance :**

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \cdot \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \cdot e^{-\left[\frac{t-\gamma}{\eta}\right]^\beta} \longrightarrow f(\text{MTBF}) = 0.00017$$

Nous avons 0.00017 de chance sur 100 pour que la pompe centrifuge tombe en panne juste à $t=174.288\text{h}$.

- **Courbe de la densité de probabilité :**

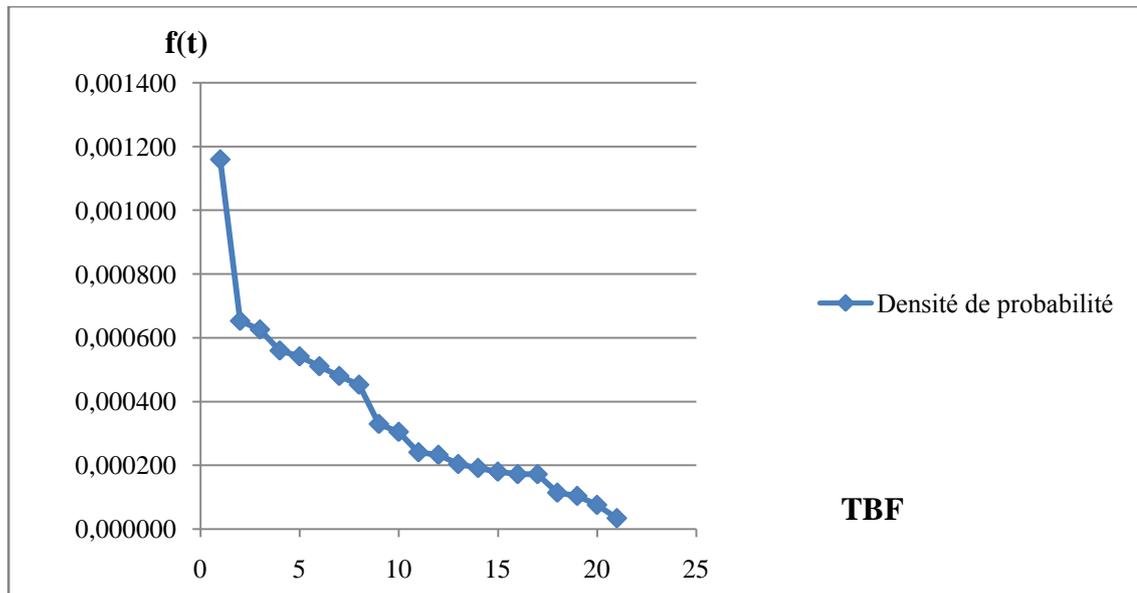


Figure IV.2 : présentation de la densité de probabilité

Commentaire :

L'intérêt de la fonction $f(t)$ étant de voir l'allure de la distribution des défaillances enregistrés. C'est la forte probabilité d'avoir une avarie autour de la MTBF.

➤ **Courbe de la fonction de réparation :**

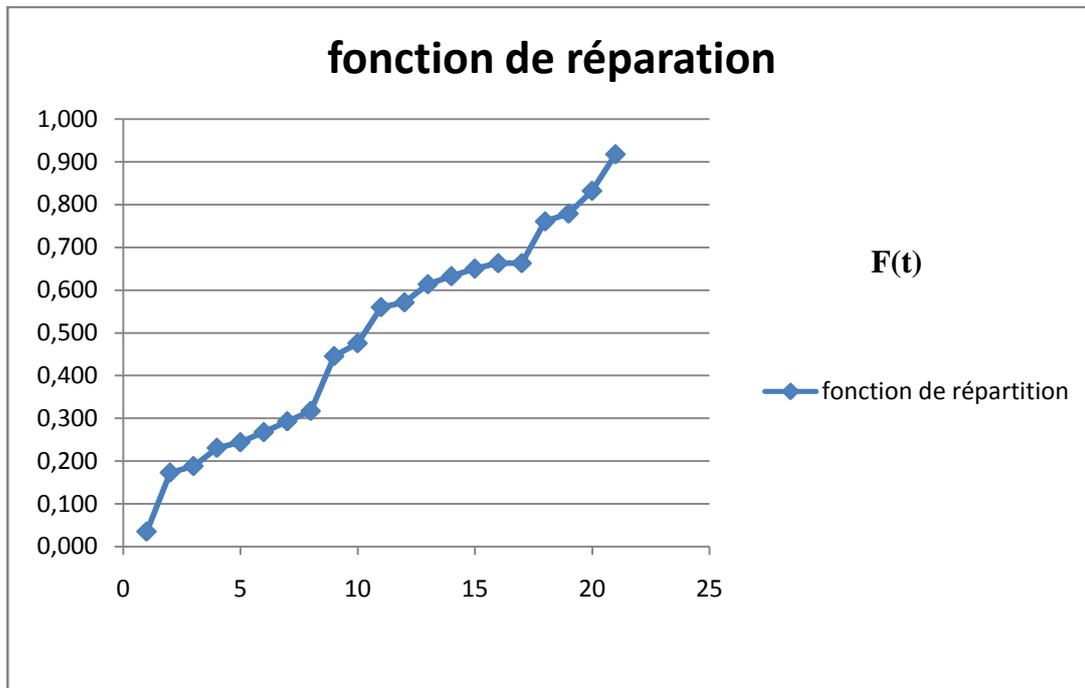


Figure IV.3 : présentation de la fonction de répartition

Commentaire :

D'après la courbe, on voit que la répartition des défaillances s'élève avec le temps, c'est-à-dire qu'il est très probable d'avoir une ou des avaries si le temps d'utilisation augmente, Donc il faut prévoir une méthode propre pour éviter les défaillances estimées et par conséquent l'amélioration de la fiabilité.

➤ **Courbe des taux de défaillance :**

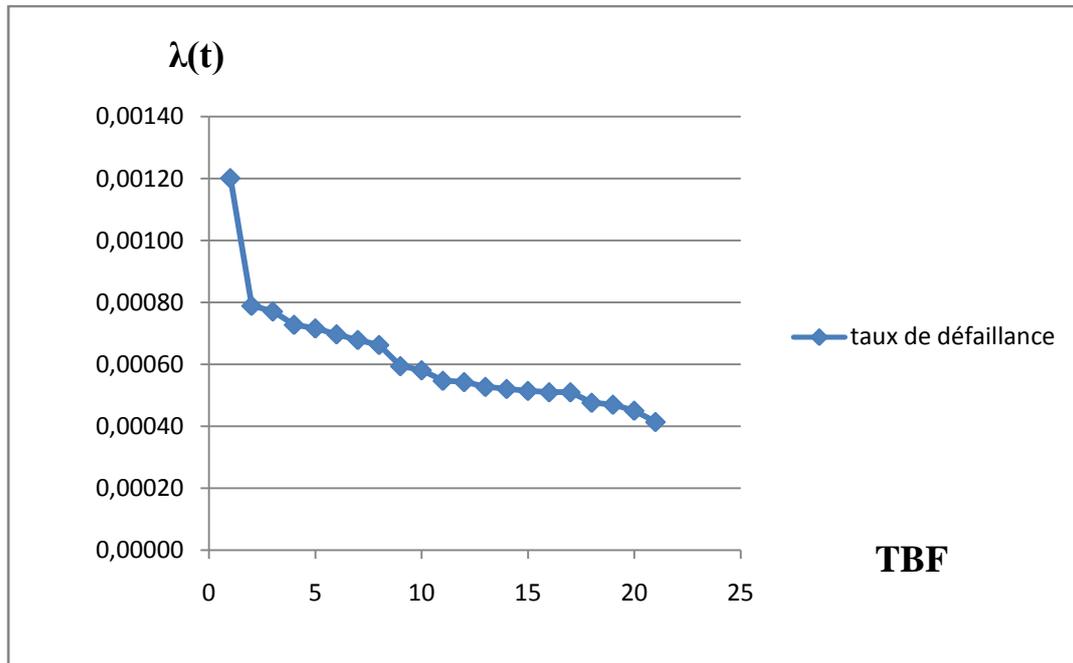


Figure IV.4 : présentation des taux de défaillance

Commentaire :

A partir de la courbe, on remarque que les résultats obtenus dans notre application, le taux de défaillance décroît avec le temps. Selon la théorie, notre équipement se situe en période de jeunesse ($\beta < 1$).

➤ **Courbe de la fonction de fiabilité :**

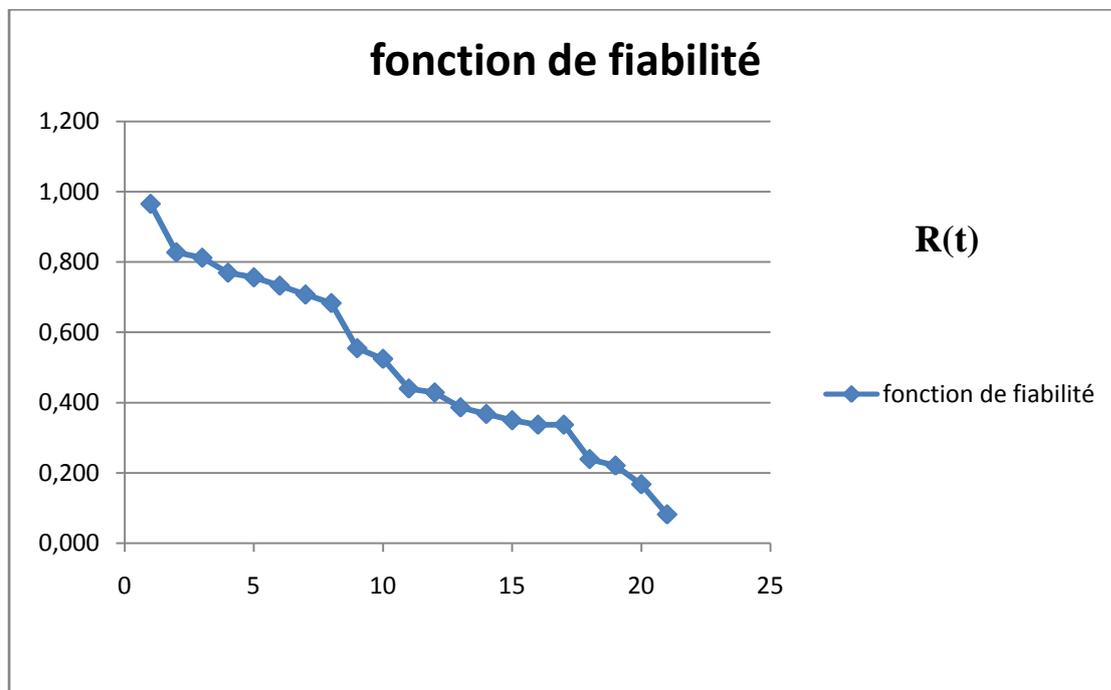


Figure IV.5 : présentation de la fiabilité

Commentaire :

D'après l'allure de cette courbe on a remarqué que la dégradation de la fiabilité (probabilité de bon fonctionnement) au cours du cumul de temps de bon fonctionnement signifie que la pompe 104JS subit plusieurs arrêts qui provoquent l'arrêt de l'unité.

Cette dégradation est due essentiellement aux vibrations de l'équipement ou la dégradation du matériel soit à une mauvaise maintenance.

En considérant le temps $t=MTBF=33\%$ ce chiffre indique que la fiabilité de l'équipement est inférieure à la moyenne.

IV.2 Etude de maintenabilité :

La maintenabilité peut se caractériser par sa MTTR (Moyenne des Temps Technique de Réparation).

La fonction de maintenabilité $M(t)$:

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

$$M_{(MTTR)} = 1 - e^{-(0.023 * 43.47)}$$

N	TTR	M(t)	%
1	3	0.039	3.39
2	3.5	0.049	4.49
3	27	0.058	5.58
4	6	0.066	6.66
5	5.5	0.066	6.66
6	77.5	0.066	6.66
7	437	0.066	6.66
8	53.5	0.0773	7.73
9	2.5	0.118	11.88
10	2	0.118	11.88
11	7.5	0.1289	12.89
12	5.5	0.1584	15.84
13	10	0.1869	18.69
14	9	0.2054	20.54
15	3	0.4625	46.25
16	50	0.6833	68.33
17	3	0.6905	69.05
18	1.5	0.7078	70.78
19	51	0.8317	83.17
20	152	0.9696	96.96
21	3	0.999	99.99

Tableau IV.5 : Etude de maintenabilité

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

TTR : Moyenne des temps de réparation

N : le nombre de réparation

$$MTTR = \frac{913}{21} = 43.47 \text{ h} = 2608.2 \text{ mn}$$

$$\mu = \frac{1}{43.47} = 0.023 \text{ intervention/heure}$$

$$\text{Donc : } M_{(MTTR)} = 1 - e^{-0.023 * 43.47} = 63.20\%$$

- **Courbe de la maintenabilité :**

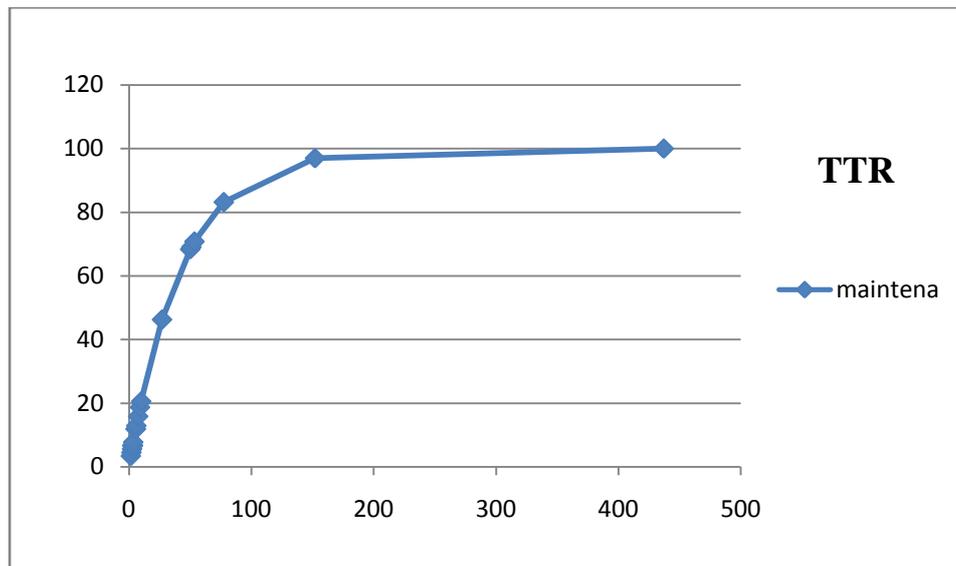


Figure IV.6 : présentation de la maintenabilité

Commentaire : cette courbe représentant la fonction Maintenabilité, est tout à fait logique, puisque la latitude de réparer augmente avec l'augmentation des TTR. Le but recherché est d'avoir un TTR le minimum possible ; se qui entrainera une disponibilité accrue.

IV.3 Etude de disponibilité instantanée :

TBF	D(t)	%
23.5	0.9998	99.98
192	0.9998	99.98
216	0.9998	99.98
288	0.9998	99.98
312	0.9998	99.98
357	0.9998	99.98
408	0.9998	99.98
460	0.9998	99.98
793	0.9998	99.98
888	0.9998	99.98
1199.5	0.9998	99.98
1247	0.9998	99.98
1441.5	0.9998	99.98
1536.5	0.9998	99.98
1632.5	0.9998	99.98
1704	0.9998	99.98
1704.5	0.9998	99.98
2400	0.9998	99.98
2568.5	0.9998	99.98
3167	0.9998	99.98
4823	0.9998	99.98

Tableau IV.6 : Etude de la disponibilité

Pour un système avec l'hypothèse d'un taux de défaillance λ constant et d'un taux de réparation μ constant, on montre que la disponibilité instantanée a pour expression :

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

Avec :

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} = \frac{1}{1740.288} = 0.0005747126$$

Et

$$\mu = \frac{1}{MTTR} = 0.0230043708$$

Où $t = MTBF$

$$D(t) = 99.99\%$$

- **Courbe de disponibilité :**

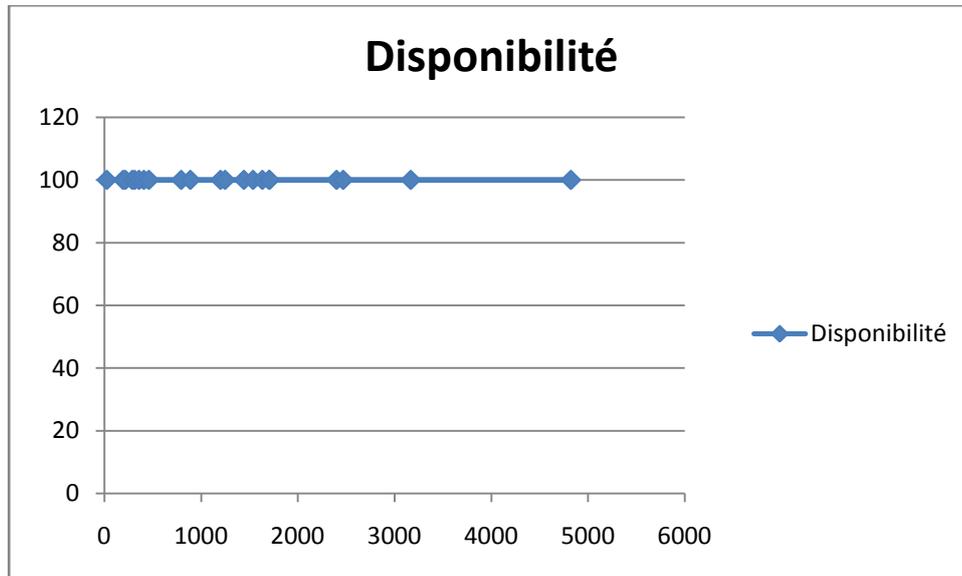


Figure IV.7 : présentation de la disponibilité

Commentaire : la disponibilité la plus explicite est celle instantanée. Elle exprime au temps t la valeur de la disponibilité, et ce en exploitation, sachant que λ et μ .

Conclusion :

D'après l'étude dans ce chapitre la fiabilité est jugée très insuffisante (33%), le taux de défaillance décroît, le paramètre de forme ($\beta < 1$). Dans ce cas on a proposé la gestion des stocks comme un remède pour améliorer les paramètres de maintenance en général.

V.1 Définition de la gestion des stocks :

La définition ci-dessous est donnée par l'Académie des sciences commerciales.

Ensemble des activités se rapportant à la constitution, à la connaissance, à l'entretien et à la liquidation éventuelle des stocks destinés à satisfaire, dans les conditions les plus économiques, les besoins à plus ou moins long terme de la production (entretien) et de la vente.

V.2 Les stocks de maintenance :

Nous limitons volontairement cette étude à la gestion des stocks liée à la fonction maintenance.

Même bien géré, un stock est toujours de dépenses, car il immobilise un capital et il implique des surfaces couvertes, d'où :

Amortissement des constructions, amortissement du mobilier, amortissement des moyens de manutention entretien du local, chauffage du local, assurances, main-d'œuvre.

Même avec une surveillance de tous les instants, le stock risque de devenir inutilisable soit par désuétude ou changement de mode, soit par détérioration. Il ne faut pas non plus négliger le « coulage » et les indécidables qui peuvent être commises par le personnel ou le public.

Cependant le stock doit être géré le plus rigoureusement possible. En effet, si la gestion est trop négligée ou basée sur des principes faux, nous observons :

-des stocks pléthoriques qui peuvent entraîner des difficultés de trésorerie pour l'entreprise, une surface accrue pour le magasin, une augmentation des moyens de manutention, une difficulté à utiliser la manutention avec efficacité, un accroissement de la gestion, un risque accru de perte, de vol, de détérioration ;

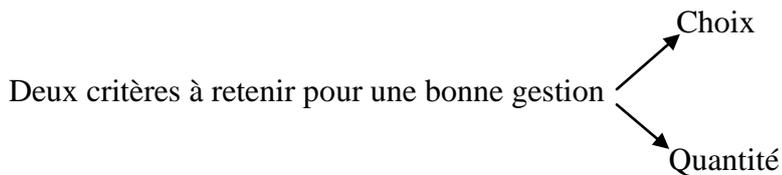
-des ruptures de stocks qui désorganisent la production ou la vente augmentent les délais de livraison et long donc apparaissent les pénalités.

Les deux cas (stock pléthorique ou rupture), se traduiront par une augmentation de prix de revient.

V.3 Gestion des pièces de rechange :

Pour le service de maintenance cette gestion est très importante pour les raisons suivantes :

- Les sorties sont beaucoup plus aléatoires que pour les consommables (sauf pour la maintenance systématique échange standard) ;
- Les stocks de chaque pièce sont très faibles donc présentent un risque plus grand de rupture ;
- La rupture de stock est souvent plus lourde de conséquences que celle d'un consommable (arrêt de l'équipement) ;
- Le coût des pièces est assez élevé, quelquefois très grand. C'est le cas des échanges standard que nous englobons dans la désignation « pièces de rechange ».



V.3.1 Choix des pièces de rechange :

Ce choix est double : le matériel, les pièces pour chaque matériel retenu.

Tous les équipements n'ont pas besoin de pièces de rechange.

a) choix des matériels :

Les besoin en pièces détachées d'un matériel dépendent : de son importance, de son coût de défaillance horaire en cas de rupture de stock et de la charge de travail du matériel (soit que ce matériel fonctionne d'une manière continue, soit que ce matériel existe en plusieurs exemplaires interchangeables et ne fonctionnant pas forcément simultanément).

b) choix des pièces de rechange :

Le choix des pièces pour chaque matériel retenu dépend aussi de 2facteurs :

- ✓ La position de la pièce sur la machine (poids, accessibilité, etc.)
- ✓ La possibilité de se dépanner facilement (interchangeabilité), en utilisant une pièce ou un ensemble semblable quoique identique (exemple : moteur électrique peu différent).

Conclusion Générale

La simulation de production et la démarche maintenance basée sur la fiabilité se complètent pour permettre de cibler efficacement les actions de maintenance à mettre en place. La démarche conduit à évaluer les zones et plans d'actions correspondant au plus grand gisement économique potentiel et à affiner cette évaluation par la prise en compte des variables de flux d'ammoniac.

L'application de la démarche MBF au sein d'ammoniac ne se fait pas sans difficultés.

Nous pouvons citer par exemple : La charge de travail appliquée pour les opérateurs le groupe pilotant la méthode présente la première classe de ces difficultés, la seconde classe est la liaison entre la théorie et la pratique. Malgré ces difficultés, nous pouvons citer quelques supports de satisfaction :

- Une bonne structure de la collecte des données (travail en groupe).
- Une bonne politique de maintenance devrait éviter la cessation usinage des pièces.
- L'obtention d'une meilleure méthode d'établissement d'un planning adapté aux exigences de l'entreprise, nous avons élaboré une MBF respectant les références.

La gamme de maintenance préventive proposée dans ce mémoire durant être appliquée, sinon on ne peut pas savoir si les actions correctives et préventives étaient efficaces ou non, il est certain que la gestion des stocks réduit de façons significative le nombre de défaillances et de dégradation.

Bibliographie

- 1-Mémoire de fin d'étude du master 2 « La maintenance basée sur la fiabilité du tour VERTICAL Mode 1512 »
- 2-Thèse de Doctorat préparée dans le cadre d'un partenariat entre l'Université de Technologie de Troyes, Institut Charles Delaunay, le département Management de Risques Industriels « Modélisation et évaluation des stratégies de maintenance complexes sur des systèmes multi-composants » 28 janvier 2009.
- 3-Document « Pompes GRUNDFOS » 17, rue Ernest-Laval 92170 VANVES-France, Généralité sur les pompes multicellulaires.
- 4-collection des informations de l'entreprise FERTIAL ANNABA
- 5-Etude de diagramme de MOLLIER, séminaire a SKIKDA « Exploitation des machines tournantes ».
- 6-Mémoire de fin d'étude du Master 2 « contribution de la disponibilité de la pompe 104 JS ».
- 7-Livre Alain Boulenger « surveillance des machines par analyse des vibrations.
- 8-Plan de qualité de l'ammoniac, usine FERTIAL Annaba approuvé par le directeur de l'usine.
- 9-Cours donné à l'ENSAM de Paris par R. REY Professeur, Master Recherche Ingénierie des Machines de Conversion d'Energie « Unité d'Enseignement Eléments dimensionnant et architecture des machines tournantes ».