

Université KASDI Merbah d'Ouargla



—oooOooo—

Faculté des Sciences Appliquées

Département de Génie Mécanique

—ooooooo—

Mémoire de fin cycle MASTER

Filière : Electromécanique

Spécialité : Maintenance Industrielle

Présenté par :

BENOTHMANE ABDELHK

DALALL RIYAD

Modélisation de la disponibilité des
systèmes réparables – cas machine en
service-

Jury:

| | | | |
|----------------------|-----|-----------|-------------|
| MEBARKI Abd Elyamine | MAA | Président | UKM Ouargla |
| GUEBAILIA Moussa | MCA | Encadreur | UKM Ouargla |
| KEMERCHOU Imad | MAB | Examineur | UKM Ouargla |



Remerciement

*En premier lieu, nous tenons à remercier **Allah** notre
créateur qui*

*Nous a donné la force pour accomplir ce modeste
travail*

*Ce présent mémoire de fin d'étude n'aurait pu avoir le
jour sans*

*Contribution de nombreuses personnes, dont nous
faisons aujourd'hui*

Un plaisir et un devoir de les remercier

Toutes nos infinies grâces,

*Monsieur **Fethi Bourouis** pour son encadrement et ses
aides précieuses*

*Nous remercions aussi les membres de jury qui nous
ont fait l'honneur d'accepter le jugement de notre
travail*

*Nos sincères remerciements aux enseignants du
département: Génie mécanique, un merci spécial à
Mme **Alloui.I** pour ses conseils.*

*Nos remerciements s'adressent aussi **HASSANI.A** et
tous les travailleurs de - -*

*Et tous ceux qui ont contribué ou de loin à l'
élaboration de ce travail*



Dédicace

J'ai le grand honneur de dédier ce modeste travail

A ceux qui m'ont encouragé et soutenu moralement et


matériellement pendant les moments plus difficiles Durant ma

vie.

A ma très chère mère, qui me donne toujours l'espoir de vivre et à

mon père, que Dieu ait pitié

de lui





Dédicace

J'ai le grand honneur de dédier ce modeste travail

*A ceux qui m'ont encouragé et soutenu moralement et
matériellement pendant les moments plus difficiles Durant ma
vie.*

A ma très chère mère, qui me donne toujours l'espoir de vivre et qui

n'a jamais cessé de prier pour moi A mon

très cher père



SOMMAIRE

Liste des figures

Liste des tableaux

| | |
|----------------------------|---|
| Introduction générale..... | 1 |
|----------------------------|---|

Chapitre I Recherches bibliographique

| | |
|--|---|
| I.1. Introduction | 2 |
| I.2. Types de la disponibilité | 4 |
| I.2.1 Mesure de la disponibilité..... | 4 |
| I.2.2 Disponibilité interne | 5 |
| I.2.3. Disponibilité opérationnelle..... | 6 |
| I.3. Définition et différents types..... | 7 |

Chapitre II Organisation de l'entreprise et la machine choisie

| | |
|--|----|
| II.1. Introduction | 10 |
| II.2 Organisation de l'entreprise | 10 |
| II.3. Machine choisie «transformateur»..... | 12 |
| II.3.1. Principe de fonctionnement..... | 14 |
| II.4. Utilisations de transformateur de puissance..... | 16 |
| II.5. Types des transformateurs des puissances..... | 18 |
| II.6 Défaillance du transformateur de puissance..... | 19 |
| II.7. Protection et surveillance de transformateur de puissance..... | 21 |
| II.8. Exploitations d'un transformateur de puissance..... | 27 |
| II.9. Fiabilité des transformateurs..... | 27 |

Chapitre III Modélisation la disponibilité des transformateur

| | |
|--|----|
| III.1. Introduction..... | 28 |
| III.2. Modèle de la disponibilité..... | 29 |
| III.3. Conclusion..... | 35 |

Chapitre IV Résultats & discussion

| | |
|---|----|
| IV.1. Application numérique | 36 |
| IV.1.1 Dossier historique du transformateur de puissance 60/30 kV | 36 |
| IV.1.2. Etude FMD (Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité)..... | 36 |
| IV.1.3. Disponibilité intrinsèque au asymptotique..... | 47 |
| IV.1.4. Disponibilité instantané..... | 47 |

Conclusion générale

| | |
|--------------------------|----|
| Conclusion générale..... | 53 |
|--------------------------|----|

Références bibliographiques

| | |
|----------------------------------|----|
| Références bibliographiques..... | 54 |
|----------------------------------|----|

Liste des figures

Figures Chapitre I

| | |
|---|----|
| Figure I. 01 schématise les états successifs | 02 |
| Figure I. 02 la relation FMD..... | 03 |
| Figure I. 03 Le graphique montre les différentes formes de disponibilité..... | 08 |
| Figure I. 04 Schéma de principe de fonctionnement d'une turbine à vapeur..... | 04 |
| Figure I. 05 Turbine hydraulique et générateur électrique, vue en Coupe..... | 05 |
| Figure I. 06 Principe de fonctionnement des centrales hydroélectriques | 06 |
| Figure I. 07 L'éolienne | 07 |

Figures Chapitre II

| | |
|--|----|
| Figure II. 01 Départements de Sonelgaz. | 19 |
| Figure II. 02 Transformateur monophasé | 20 |
| Figure II. 03 Transformateur triphasé..... | 20 |
| Figure II. 04 Symbole de transformateur de puissance..... | 21 |
| Figure II. 05 Schéma d'un transformateur monophasé..... | 22 |
| Figure II. 06 Schéma d'un transformateur triphasé de type colonne..... | 22 |
| Figure II. 07 Schéma de principe de fonctionnement d'un transformateur de puissance. . . | 23 |
| Figure II. 08 Dans le Emplacement d'un transformateur réseau | 24 |
| Figure II. 09 Transformateur immergé dans l'huile..... | 24 |
| Figure II. 10 Transformateur sec..... | 28 |
| Figure II. 11 Transformateur de tension..... | 30 |
| Figure II. 12 Schéma de fonctionnement de Relais BUCHHOLZ..... | 31 |
| Figure II. 13 Placement de TC tore | 33 |

| | |
|--|----|
| Figure II.14 Protection masse cuve..... | 36 |
| Figure II.15 Dispositif | 37 |
| Figure II. 16 Schéma de principe de fonctionnement d'un transformateur de puissance..... | 36 |
| Figure II. 17 Eclateur..... | 39 |
| Figure II. 18 Parafoudre..... | 40 |
| Figure II. 19 Parafoudre..... | 40 |
| Figure II. 20 schéma de fonctionnement de la protection différentielle..... | 41 |
| Figure II. 21 schéma de fonctionnement de la protection différentielle..... | 41 |

Figures chapitre III

| | |
|--|----|
| Figure III. 1 Analyse d'intervention démontage et inspection les paliers | 52 |
| Figure III. 2 Analyse d'intervention révision générale sur turbine à gaz | 52 |

Figures chapitre IV

| | |
|---|----|
| Figure IV . 1 La Courbe de Wei bull | 27 |
| Figure IV. 02 Courbe De la Fonction Fiabilité..... | 31 |
| Figure IV. 03 La Courbe de défaillance | 31 |
| Figure IV. 04 La Courbe de Maintenabilité..... | 34 |
| Figure IV. 05 La Courbe de la densité de la probabilité. en logiciel matlab.. | 45 |
| Figure IV .06 La Courbe fonction de répartition. en logiciel matlab | 46 |
| Figure IV. 07 La Courbe fonction de la fiabilité. en logiciel matlab | 47 |
| Figure IV. 08 La Courbe fonction du taux de défaillance. en logiciel matlab | 48 |
| Figure III. 09 La Courbe de la fonction de Maintenabilité. en logiciel matlab | 49 |
| Figure III. 10 La Courbe fonction de la disponibilité. en logiciel matlab | 50 |
| Figure III .11 La courbe d'analyse ABC. en logiciel matlab..... | 51 |
| Figure III. 12 Analyse d'intervention démontage et inspection les paliers | 52 |

LISTE DES TABLEAUX

Chapitre I

| | |
|--|---|
| Tableau (I.1) Essais à vide..... | 6 |
| Tableau (I.2) Essais en court-circuit..... | 7 |

Chapitre II

| | |
|--|----|
| Tableau (II.1) Domaine d'interprétation de PI..... | 28 |
| Tableau (II.2) Principaux gaz qui sont produits après les défauts..... | 31 |
| Tableau (II.3) Rapport, intervalle et code de Rogers..... | 32 |
| Tableau (II.4) Codes et défauts selon la méthode de Rogers | 33 |
| Tableau (II.5) Limites admissibles pour chaque gaz selon CEI..... | 43 |
| Tableau (II.6) Code des rapports de gaz relatif à la méthod..... | 35 |
| Tableau (II.7) Types de défauts relatif à la méthode CEI..... | 36 |
| Tableau (II.8) Concentration des gaz dissous..... | 45 |
| Tableau (II.9) Rapports des gaz clé-Doernenburg..... | 37 |
| Tableau (II.10) Défauts correspondant aux 13 modèles conçus par ECRA | 4 |

Chapitre III

| | |
|---|----|
| Tableau (III.1) Dossier historique du transformateur de..... | 43 |
| Tableau (III.2) Fonction de réparation réelle..... | 44 |
| Tableau (III.3) de MTBF donne..... | 46 |
| Tableau (III.4) Calcul de la fiabilité..... | 49 |

Chapitre IV

| | |
|---|----|
| Tableau IV.5 Calcul le taux de défaillance..... | 50 |
| Tableau IV.6 La maintenabilité..... | 51 |
| Tableau IV.7 La Disponibilité..... | 53 |

Les notations utilisent

• Notations de temps

TTR : Il est temps de réparer.

TBF : temps entre pannes.

MUT : Temps de disponibilité moyen, Temps de disponibilité moyen.

MDT : temps d'arrêt moyen, temps d'arrêt moyen.

MTBF : temps moyen entre pannes, temps moyen entre pannes. MTTF : temps moyen jusqu'à l'échec, temps moyen jusqu'à l'échec.

MTTR : Mean Time to Repair, Mean Time to Technical Repair.

• Notations de loi de weibull

$R(t)$: fonction de fiabilité

$F(t)$: fonction de défaillance

$f(t)$: densité de probabilité

$\lambda(t)$: taux d'échec

μ : temps de reparation

• Notations de loi de fiabilité

F : fiabilité

m : maintenabilité

D : Disponibilité

Notations de paramètre de weibull

β : paramètre de forme

γ : paramètre central

η : paramètre de plage

***Introduction
générale***

Introduction générale

La maintenance a traversé différentes étapes de développement, avec le début de la révolution industrielle et jusqu'à récemment, la méthode de maintenance courante était la méthode de réaction, c'est-à-dire que lorsque la machine tombait en panne, nous la réparions, mais si la machine fonctionnait bien, il n'avait pas besoin d'activités de maintenance. Une autre signification, à cette époque, était la notion de maintenance : réparation de l'appareil en cas de panne. Cependant, avec le développement de l'industrie, il est nécessaire de prendre certaines mesures pour éviter les problèmes liés à l'utilisation de la méthode de maintien de la réaction, tels que : les interruptions prolongées de la production pour des raisons de réparation, la possibilité d'une perte importante de machines ou la durée de vie due à des pannes soudaines et inattendues, puis pensez à la maintenance préventive, dont l'idée est basée sur le fait que chaque appareil et chaque partie de celui-ci a une certaine durée de vie qui peut être calculée approximativement. Par conséquent, avant l'expiration de sa durée de vie, il est remplacé et nous évitons ainsi de nombreux dysfonctionnements inattendus qui se sont produits auparavant. Cependant, la possibilité de dysfonctionnements indisponibles est toujours possible, car la machine peut être exposée à des conditions de fonctionnement difficiles, ce qui entraînera une usure prématurée. La possibilité de changer et de remplacer certaines de ses pièces lorsqu'elles sont en bon état. Possible, ce qui signifie une perte importante de matière. La dernière en date est la maintenance prédictive qui s'appuie sur la surveillance de l'état de la machine pour prévoir les dysfonctionnements susceptibles de se produire avant qu'ils ne surviennent.

-Tout d'abord, dans le premier chapitre, nous parlerons du concept de disponibilité et de sa relation à la fois avec la fiabilité et la maintenabilité

-Deuxièmement, nous parlerons du concept du transformateur et de son importance dans la vie avec son principe de fonctionnement et comment le protéger des pannes et prendre des mesures de maintenance

-Troisièmement, nous allons modéliser et expliquer comment atteindre la disponibilité

-Quatrièmement, nous calculerons la disponibilité en utilisant à la fois la loi de Weibel et le schéma

Comment améliorer l'efficacité de la disponibilité ? et l'objectif de réduire le temps de réparation et les pannes ?

Chapitre I

Recherches bibliographiques



1/introduction

La politique de maintenance d'une entreprise est fondamentalement basée sur la disponibilité du matériel et la fiabilité et maintenabilité impliqué dans le système de production. Pour qu'un équipement présente une bonne disponibilité, il doit étudier:

I.2. Etude de la fiabilité

I.2.1 Définition

La fiabilité est la capacité d'un système ou d'un appareil à exécuter une fonction.

requis sous certaines conditions dans un certain laps de temps. » [1]

II. 2.2 Bénéficiaire de l'étude de fiabilité

L'analyse de fiabilité du système permet de modéliser et de prédire sa durée de vie (dans le cas d'un système non réparable) ou sa bonne disponibilité (dans le cas d'un système récupérable).

Connaître la durée de vie du système ou du composant permet de déterminer, par exemple, la périodicité dans le cas d'une maintenance préventive systématique. [2]

II. 2.3 Objectifs et intérêts de la fiabilité en mécanique

la fiabilité dans le domaine de la mécanique est un outil très important pour caractériser le comportement du produit dans les différentes phases de vie, mesurer l'impact des modifications de conception sur l'intégrité du produit, qualifier un nouveau produit et améliorer ses performances tout au long de sa mission. [1]

I.3 Ia Maintenabilité :

I.3.1 Définition :

Dans des conditions données, la maintenabilité est l'aptitude d'un bien à être maintenu ou rétabli dans un état où il peut accomplir une fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, en utilisant des procédures et des moyens prescrits. [3]

(Maintenabilité = être rapidement dépanné)

C'est aussi la probabilité de rétablir un système dans des conditions de fonctionnement spécifiées, en des limites de temps désirées, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, en utilisant des procédures et des moyens prescrits. [3] A partir de ces définitions, on distingue :

-**La Maintenabilité intrinsèque** : elle est « construite » dès la phase de conception à partir d'un cahier des charges prenant en compte les critères de maintenabilité (modularité, accessibilité, etc.).



-**La Maintenabilité prévisionnelle** : elle est également « construite », mais à partir de l'objectif de disponibilité.

-**La Maintenabilité opérationnelle** : elle sera mesurée à partir des historiques d'interventions.

L'analyse de maintenabilité permettra d'estimer la MTTR ainsi que les lois probabilistes de maintenabilité (sur les mêmes modèles que la fiabilité). [2]

II.5.2 Approche mathématique de la maintenabilité $M(t)$:

La maintenabilité peut se caractériser par sa MTTR (Mean Time To Repair) ou encore Moyenne des Temps Techniques de Réparation. [3]

$$MTTR = \frac{\sum \text{Temps d'intervention pour } n \text{ pannes}}{\text{Nombre de pannes}} \quad (I.1)$$

La figure ci-dessous schématise les états successifs que peut prendre un système réparable :

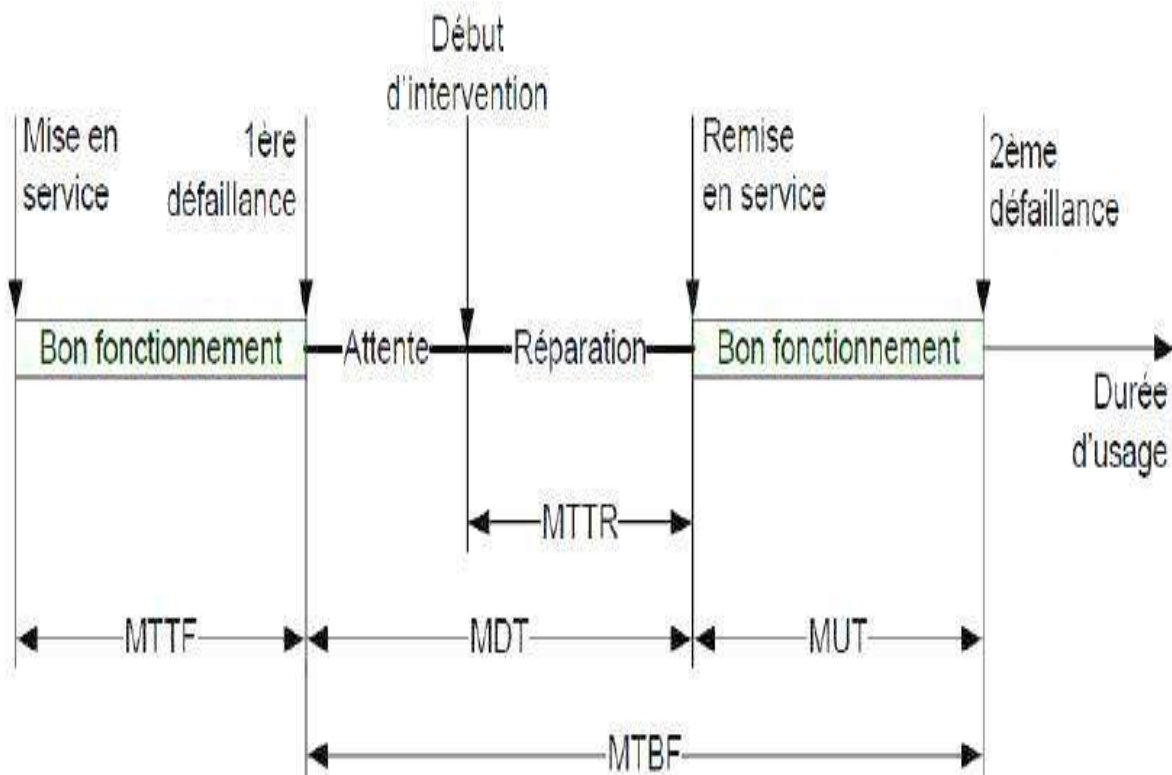


Figure I.1: schématise les états successifs [3]



I.4 La disponibilité :

I.4.1 Définition :

La disponibilité est « l'aptitude d'un bien, sous les aspects combinés de sa fiabilité, maintenabilité et de l'organisation de la maintenance, à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions de temps déterminées ».

Pour qu'un équipement présente une bonne disponibilité, il doit :

- avoir le moins possible d'arrêts de production.
- être rapidement remis en état s'il est défaillant.

La disponibilité relie donc les notions de fiabilité et de maintenabilité. [1]

I.4.2 La relation entre MUT, MTBF, et MTTR : $MTBF = MUT + MTTR$

En général, on utilise les sigles d'origine américaine MTBF, MTTR et MUT, avec le risque de mal se comprendre évoqué au début du paragraphe ; on peut proposer les expressions françaises suivantes pour utiliser exactement les mêmes notions en levant les ambiguïtés :

- ✓ TTR temps de réparation,
- ✓ TBF temps de bon fonctionnement,
- ✓ UT temps entre défaillances. [1]

II.4.3 La relation FMD (Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité) :

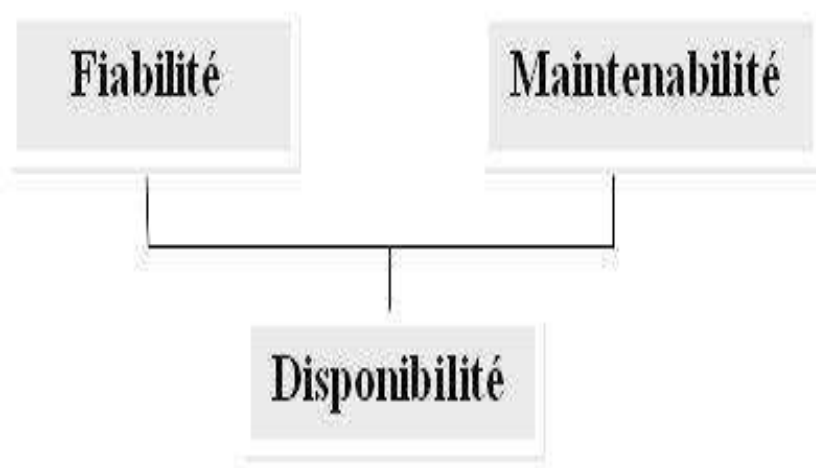


Figure I. 2: la relation FMD [2]



I.2. Types de disponibilité :

I.2.1 Mesure de la disponibilité :

- En fixant une certaine période de temps et aide à savoir (disponibilité moyenne),
- Il est possible de choisir un moment précis qui aide à connaître (disponibilité immédiate),
- Également dans la limite de la disponibilité immédiate, **le cas échéant, à $t \rightarrow \infty$ (disponibilité asymptotique)**

$$D_o = \frac{TCBF}{TCBF+TCI} \quad (I.2)$$

ou alors :

- TCBF = Temps de correction de processus cumulé.
- TCI = Temps d'installation cumulé.

Remarque :

Le temps cumulé d'immobilisation comprend les temps d'intervention et les temps logistique.

En l'exprimant par rapport à des temps moyens, la disponibilité moyenne s'écrit :

$$\frac{\text{tempsmoyendedisponibilité}}{\text{tempsmoyendedisponibilité} + \text{tempsmoyendindisponibilité}} = \frac{TMD}{TMD+TMI} \quad (I.3)$$

En anglais : **TMD** = MUT (Mean Up Time) et

TMI = MDT (Mean Down Time).

I.2.2 Disponibilité interne :

. Disponibilité interne : Il s'agit de la probabilité qu'un système ou un appareil fonctionne de manière satisfaisante à tout moment pendant son temps de fonctionnement sous certaines conditions. La disponibilité intrinsèque est le point de vue du constructeur, il ne considère la disponibilité que pendant la période de fonctionnement et s'exprime dans la relation suivante, en notant que MTTR est le temps moyen de réparation

Le calcul de l'auto disponibilité D_i utilise 3 paramètres :

TBF : temps entre pannes

Exprime le point de vue du concepteur. Ce dernier a conçu et fabriqué le produit en lui donnant



I.2.3. Disponibilité opérationnelle

Nous notons à travers le titre qu'il faut tenir compte des conditions réelles d'exploitation et de maintenance. Il s'agit de la disponibilité du point de vue de l'utilisateur.

Il utilise les paramètres **TBF**, **TTR** et **TTE** dans le calcul de D_o à la différence que ces trois paramètres ne dépendent plus des conditions idéales de fonctionnement mais des conditions réelles.

Disponibilité intrinsèque D_i

Cet élément caractérise les qualités intrinsèques du système. Mais le manque de moyens extérieurs et de moyens d'entretien n'est pas pris en compte.

$$D_i = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}} \quad (\text{I.3})$$

MTBF : moyenne des temps de bon fonctionnement

MTTR : moyenne des temps techniques de réparation

Disponibilité opérationnelle D_o

$$D(t) = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR} + \text{MTTA}} \quad (\text{I.4})$$



LA MTBF est la moyenne des temps de bon fonctionnement (TBF).

Un temps de bon fonctionnement est le temps compris entre deux défaillances. [5]



LA MTTR

La MTTR est la moyenne des temps techniques de réparation (TTR).

TTR est le temps durant lequel on intervient physiquement sur le système défaillant. Il débute lors de la prise en charge de ce système jusqu'après les contrôles et essais avant la remise en service. [5]



La MTTA

La MTTA est la moyenne des temps techniques d'arrêt (TTA).

Les temps techniques d'arrêt sont une partie des temps d'arrêt que peut connaître un système de production en exploitation. Ils sont pour cause d'une raison technique et, ce faisant, sont à distinguer des arrêts inhérents à la production (attente de C'est la probabilité qu'un système ou un équipement fonctionne de façon satisfaisante, à tout instant, durant le temps d'utilisation opérationnelle, dans des conditions déterminées. La disponibilité)



I-2.4 Méthode de calcul

Le taux de disponibilité est déterminé en calculant le temps qui passe sur un processus.

$$D(t) = \frac{\text{temps d'utilisation d'arete}}{\text{temps d'utilisation d'arete} + \text{temps de maintenance}} \quad (I.5)$$

In disponibilité = 1 – disponibilité = 1 – D

opérationnelle représente le point de vue de l'utilisateur, elle prend en compte

I.3. Définition et Différentes Formes :

La disponibilité se traduit par « disponibilité » et est souvent appelée A(t).

Seuls les temps d'arrêt intrinsèques, également appelés « temps d'arrêt spéciaux » et marqués par MTI (Mean Down time), seront enregistrés pour évaluer la disponibilité opérationnelle du système.

La figure ci-dessous montre les trois facteurs qui influencent la disponibilité intrinsèque de Di.

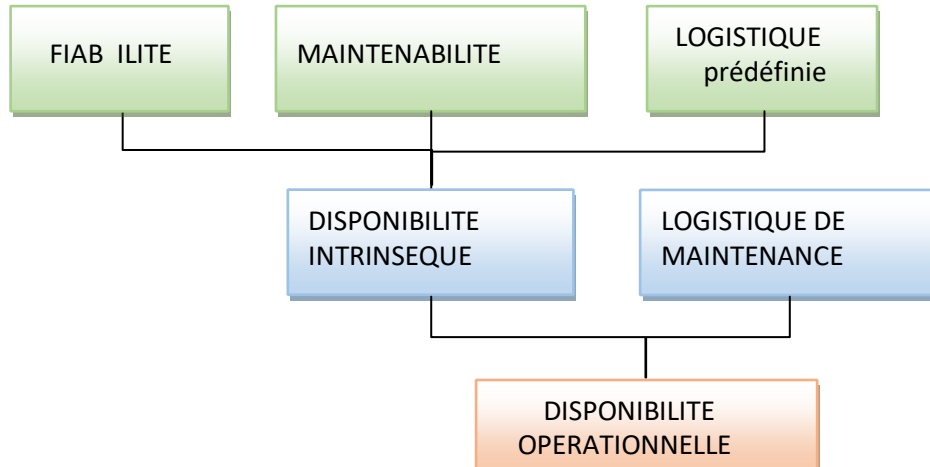


Figure (I.3) Le graphique montre les différentes formes de disponibilité et leur contexte
Concepteur d'utilisateurs [15]

I.3.1. Explications sur les différentes disponibilités :

Disponibilité "propre" ou opérationnelle de l'unité de production UI :



Dans cet élément, la disponibilité opérationnelle est définie de manière à ce que l'évaluation de la disponibilité puisse être obtenue à partir de mesures temporelles prises à partir des états des équipements. Il est évalué à partir d'enregistrements de temps relatifs :

- Dans une période de temps (un jour, une semaine, n mois, un an)
- Pour l'interface utilisateur de l'appareil ou du service s'il s'agit d'une chaîne de production
- Temps d'arrêt MTI moyen réel et bon temps de disponibilité MTBF selon le modèle :

$$Dop = \frac{MTBF}{MTBF+MTI} < 1 \quad (I.6)$$

Dans cette section, nous verrons comment obtenir la valeur moyenne de Dop mesurée sur une période de temps t (d'un jour à un an). Cette disponibilité spécifique est un indicateur de gestion technique de la maintenance.

Elle suppose la prise en compte des « petites pannes » et par la prise en compte cryptographique des causes intrinsèques d'indisponibilité, car elles représentent la principale source d'amélioration de la disponibilité. e suivi périodique du Dop permet de tracer le graphique d'évolution qui montre l'efficacité des procédures de maintenance.

I-3.2Disponibilité opérationnelle globale ou résultante :

Dans cet élément on va regarder Dg, cette disponibilité est obtenue en configurant le Dop des unités, en fonction de la présence et de la valeur des stocks intermédiaires que la logique temporelle appropriée tend à éliminer.

C'est une source d'amélioration de la productivité et donc un objectif de maintenance. L'optimisation passe nécessairement par une augmentation du Dop Ui inférieur. le disponibilité des systèmes réparable

I-3.3Disponibilité intrinsèque ou asymptotique :

Dans cet élément, nous disons que la disponibilité D a une certaine limite qui est atteinte, comme la limite de performance de production mieux connue D.

Cette disponibilité intrinsèque est une propriété élémentaire de l'équipement, d'une valeur difficile à connaître à l'avance ; Il est normal que Dop cible cette valeur. D'autre part, elle résulte de la prise en compte initiale des critères de fiabilité et de maintenabilité qui doivent figurer dans la spécification des équipements.

I.3.4Disponibilité instantanée D(t_i) :

Elle permet de montrer l'existence d'une disponibilité asymptotique.



I.3.5 Disponibilité contractuelle D_c et disponibilité prévisionnelle D_{prev} :

Certains contrats d'achat d'équipements imposent une valeur assignée de D_c qu'il appartient au concepteur de « configurer » en mettant en œuvre un modèle basé sur des valeurs supposées de MTBF et MTTR. Cette disponibilité temporaire doit être comparée au D_{op} mesuré selon les procédures établies.

Conclusion

A l'issue de ce chapitre, nous avons conclu que la capacité et la disponibilité de la machine se situent entre la fiabilité de l'appareil ainsi que sa maintenabilité

Chapitre II

**Organisation de l'entreprise et la
machine choisie**

II.1 Introduction

Actuellement, on constate que l'énergie nécessaire à l'alimentation des microsystemes est fournie par des dispositifs macroscopiques surdimensionnés qui sont souvent mal adaptés. Aussi semble-t-il intéressant d'intégrer au plus près du microsysteme son dispositif d'alimentation avec des technologies de réalisation compatible. On parle alors de microsystemes autonomes. Par ailleurs, certaines applications requièrent d'être isolées galvaniques ou d'être alimentées par des tensions très élevées.

Ce premier chapitre introduit tout d'abord le contexte dans lequel s'inscrivent les transformateurs de puissance. Puis les principaux éléments qui constituent et leurs appareils de mesure et la protection interne, externe. Ensuite exploitations de transformateur (Age, fiabilité vieillissement).

II.2 Organisation de l'entreprise :**II.2.1 Présentation de la fondation Taiping appliquée :**

Sonelgaz est une institution importante dans le développement économique durable et social et sa contribution à l'incarnation de la politique énergétique nationale, qui est au niveau des programmes importants dans l'éclairage rural et la distribution générale de l'électricité et du gaz, qui a permis à 97% d'augmenter la couverture en termes de livraison d'électricité.

Elle a également renforcé les installations électriques, mis en place un programme d'investissement exceptionnel qui renforce ses capacités de distribution d'électricité, et intensifié ses réseaux de transport, améliorer et moderniser ses services pour ses clients en termes de qualité et de continuité sans interruption.

**II.2.2 Histoire de la Fondation Sonelgaz :**

Le nom original de la société nationale d'électricité et de gaz "Sonelgaz" est daté du 28 juillet 1947, succédant à l'institution française EGA (électricité et Gaz d Algérie)

Ce dernier a été résolu en vertu de l'article 59/69 du 28 juillet 1969, qui figure au Journal officiel 01 de 1969. En 1971, Sonelgaz étend ses activités de vente En 1974, elle crée l'industrie des machines, où Les Appareils de Comptage s'implante dans la ville d'Alaman avec une capacité de production de 276000 unités électriques et à gaz. Depuis 1978, elle travaille sur un projet national d'électricité et son ambition de fournir de l'électricité sur l'ensemble du territoire national. La privatisation des entreprises de l'entreprise s'appelle la Compagnie algérienne de l'électricité et du gaz, qui est en cours de privatisation depuis 2002.

II.2.3 Définition de Sonelgaz :

C'est une institution économique et commerciale nationale qui s'efforce de fournir les services des citoyens. En assurant le fonctionnement et l'entretien du réseau d'électricité et de gaz sur l'ensemble du territoire national.

L'entreprise contribue également de façon importante à l'amélioration et au développement des réseaux de distribution et à la maintenance du service à la clientèle.

II.2.4 Départements de Sonelgaz :

Sonelgaz pour la production

Sonelgaz pour le transport
 pour distribution

Donnée Figure (II.1) suivant :

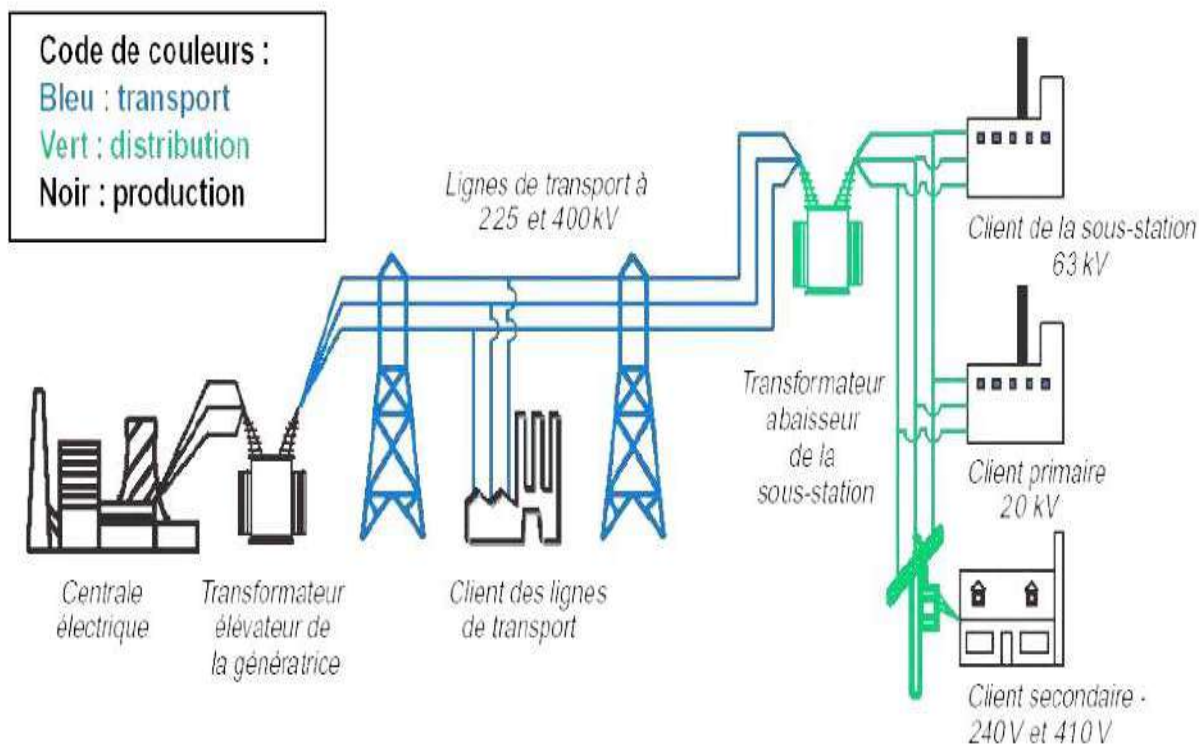


Figure (II.1) : Départements de Sonelgaz [6]

II.2.5 Succursals de Sonelgaz:

1. Electric and Gas Engineering Company (CEEG)
2. L'entreprise d'installation industrielle EtterkIB
3. Entreprise d'exécution de canal de Kanaghaz
4. The Inerga Basic Enterprise complétion Company
5. Kahrif Electric Works Company

II.2.6 Structure de la fonction de distribution :

Central Distribution Company (Belida)

La société de distribution de capital

Distribution Company East

Distribution Company West

II.2.7 Historique

En 1820, Hans Christian Oersted, physicien danois a découvert qu'un conducteur véhiculant un courant génère un champ magnétique. Quelques années plus tard, en 1830, Josef Henry donne corps aux notions d'induction et de self-induction. En 1831 l'anglais Michael Faraday à une série d'expériences avec un appareil constitué d'un anneau de fer et d'enroulements de fil cuivre isolé. En 1832 Lucien Gaulard (1850-1880), jeune électricien français, chimiste de formation, présente à la société Française des Électriciens un « générateur secondaire », dénommé depuis Transformateur [15].

II.3 Machine choisie transformateur

Le transformateur est une machine électrique statique, appelé aussi convertisseur statique à induction, il comporte deux ou plusieurs enroulements fixes, destiné à transformer la tension et le courant alternatifs, à une tension et courant alternatifs de même fréquence mais d'amplitudes différentes selon les besoins d'utilisation [8].



Figure (II.2) Transformateur monophasé[9]



Figure (II.3) Transformateur triphasé[9]

Symbole de transformateur

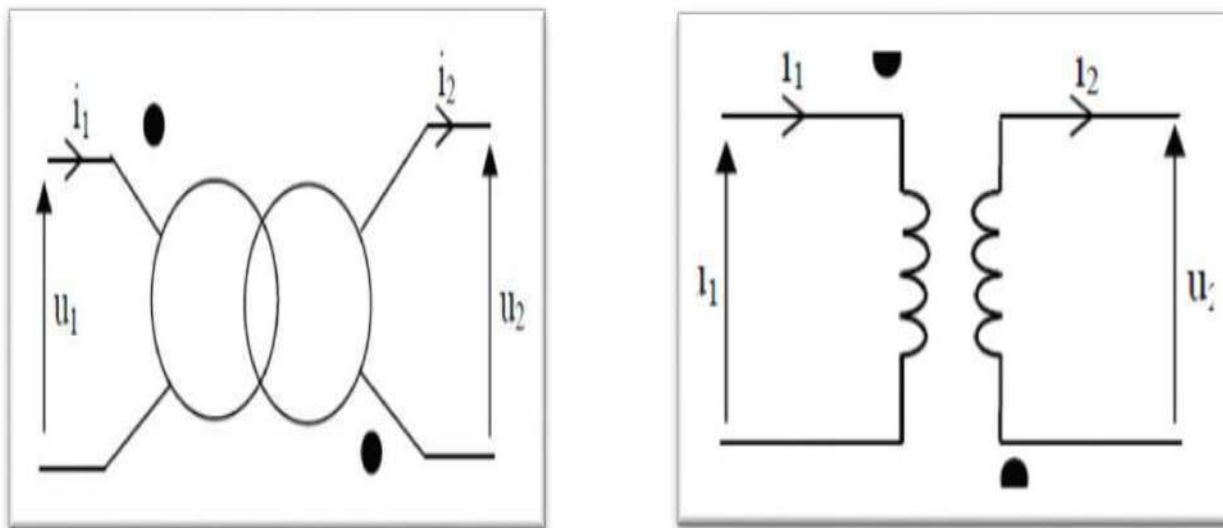


Figure (II.4) Symbole de transformateur de puissance.[9]

Les deux points représentés dans chaque symbole permettent de repérer le sens conventionnel de la tension et du courant [8].

Schéma

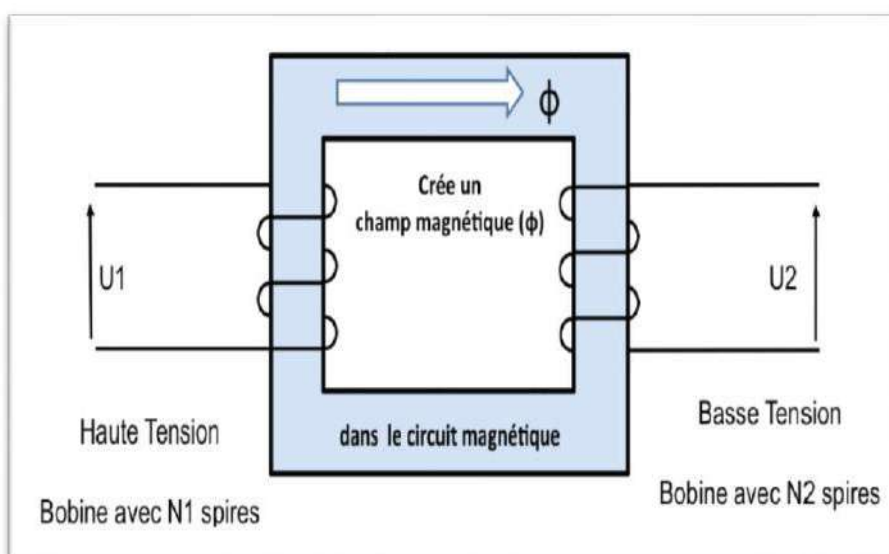


Figure (II.5) Schéma d'un transformateur monophasé.[8]

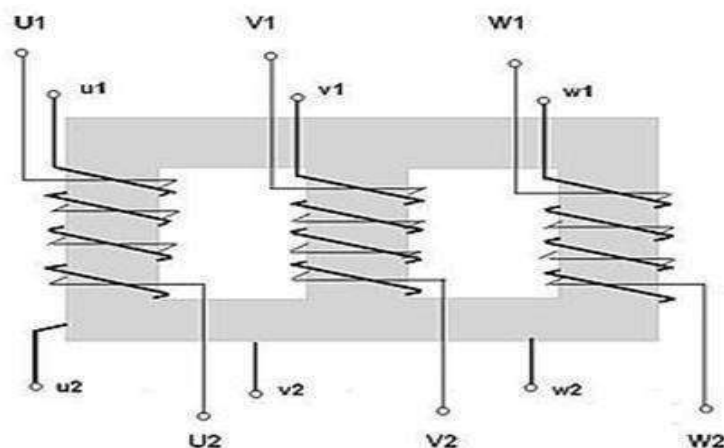


Figure (II.6) Schéma d'un transformateur triphasé de type colonne. [9]

Trois transformateurs monophasés identiques, du type « à colonne », c'est-à-dire dont les enroulements sont portés par un même noyau du circuit magnétique, peuvent être réunis en une machine unique présentant la symétrie de révolution. L'axe du système est formé par les noyaux libres ; les transformateurs sont disposés régulièrement en étoile autour de cet axe. Les enroulements primaires d'une part, secondaires de l'autre sont groupés de façon à constituer deux bobinages triphasés et alimentés par des systèmes de tensions triphasés. [11]

II.3.1 Principe de fonctionnement

Le principe de fonctionnement du transformateur électrique est basé sur la loi d'induction électromagnétique de Faraday, qui stipule que (lorsqu'un flux magnétique traverse les bobines du noyau de fer, une tension ou une impulsion électrique est générée dans chaque bobine du noyau de fer, et cette tension est proportionnelle au taux de variation du flux magnétique par rapport au temps). [8].

La raison en est que le transformateur ne fonctionne pas dans les systèmes à courant continu, car le courant continu crée un champ magnétique constant dans la quantité de son changement, donc il n'est pas possible de créer une tension électrique à la fois par la méthode d'induction, et c'est l'une des principales raisons de préférer le courant alternatif au courant continu.

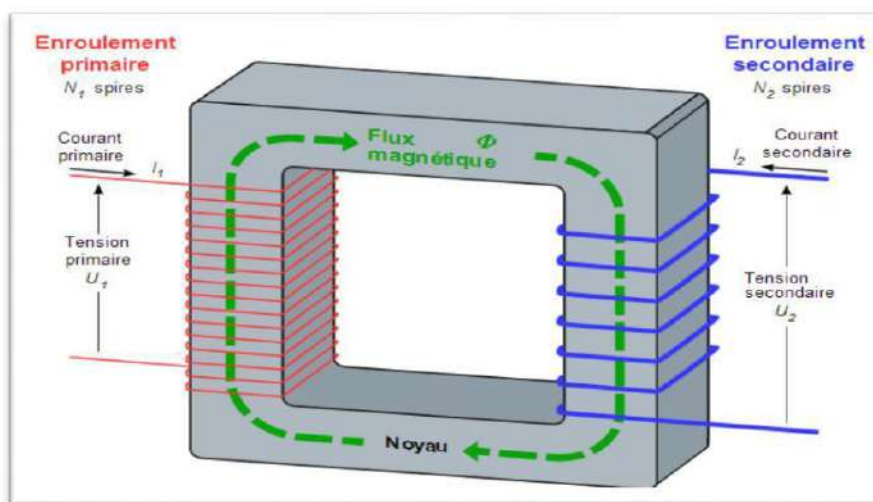


Figure (II.7) Schéma de principe de fonctionnement d'un transformateur de puissance.

Schéma électrique équivalent [9]

Schéma électrique monophasé de transformateur réel représenté ce dessous [7].

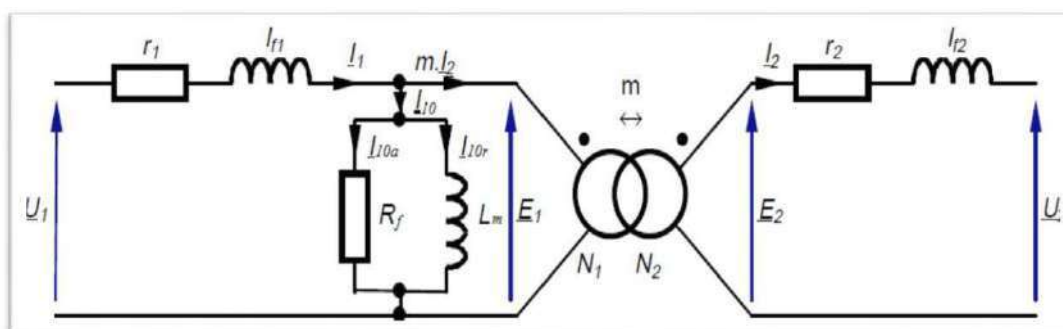


Figure (II.8) Schéma électrique monophasé Un transformateur monophasé [7]

Un transformateur monophasé est principalement constitué d'un circuit magnétique constitué de plaques de fer avec deux enroulements B1 et B2 comprenant respectivement n_1 et n_2 . La bobine B1 alimentée par une source de tension alternative S_a est parcourue par un courant alternatif i_1 créant un flux variable dans le circuit magnétique. Ceci génère dans la bobine B2 une force électromotrice induite ($e_m f$) dont la fréquence est la fréquence de la source S_a , qui peut être utilisée pour alimenter le récepteur d'impédance \bar{Z} . Donc, par induction [11]

Essais sur les transformateurs

A partir de ces essais on peut déterminer les paramètres du circuit équivalent des transformateurs représentés dans la figure (I.7). **Il s'agit des** essais suivants [15].

Essais en court-circuit

L'**essai** en court-circuit permet la détermination des paramètres et pertes joule, consiste à appliquer la tension réduite (valeur minimale) au primaire en gardant le secondaire en court-circuit. **Puis on augmente la tension primaire jusqu'à ce que le courant** secondaire atteigne sa valeur nominale. On mesure le courant et la puissance de court-circuit.

Les paramètres équivalent série peuvent être calculés en les ramenant au côté primaire ou secondaire.

II.4 Utilisations de transformateur de puissance

Les transformateurs de puissance sont des appareils très employés dans les réseaux électriques et les applications industriels [16].

➤ la sortie des centrales électriques,

➤ transport d'énergie électrique,

➤ distribution d'énergie électrique,

les applications industrielles (transformateur de four et sous-station ferroviaires). Un transformateur peut assurer deux fonctions :

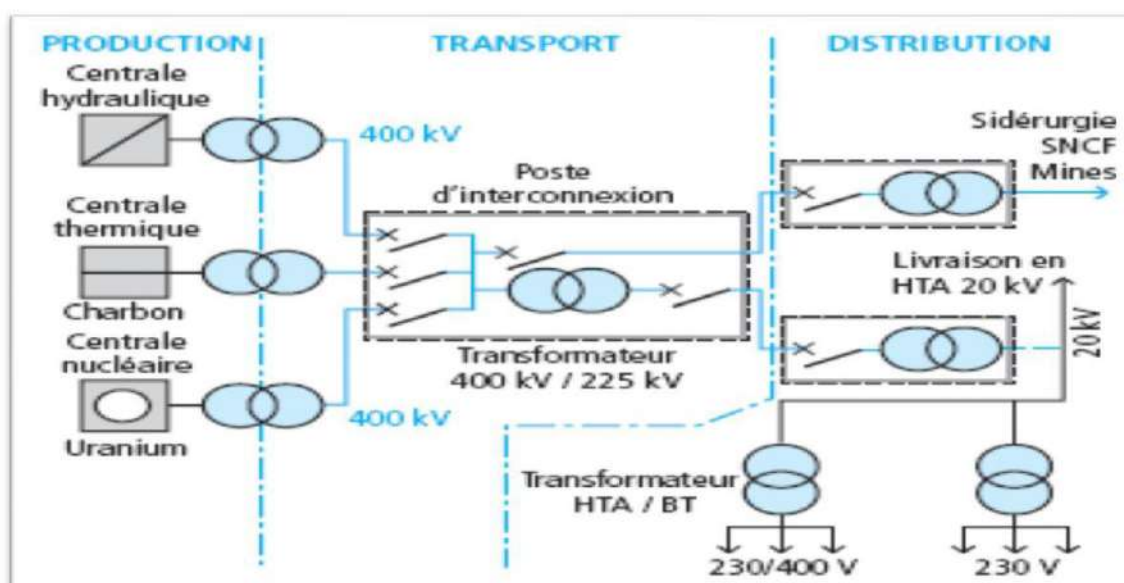


Figure (II.9) Emplacement d'un transformateur dans le réseau électrique [21].

- élever ou abaisser une tension alternative monophasée ou triphasée,
- **assurer l'isolation entre deux réseaux électriques** (isolation galvanique entre deux réseaux électriques).

II.5 Types des transformateurs de puissances

II.5.1 Transformateur immergé

Le transformateur est disposé dans un bain d'huile qui assure l'isolement . tels que les transformateurs de puissance de moyennes et grandes capacités utilisés dans différentes centrales électriques. [14].le refroidissement. Ce transformateur est moins onéreux et a des pertes moindres que le transformateur sec [17].



Figure (II.10) Transformateur immergé dans l'huile.[14]

II.5.2 Transformateurs secs

Les enroulements BT et les enroulements HT sont concentriques et enrobés dans une résine époxy. Le transformateur sec peut être disposé dans une enveloppe de protection qui permet de l'isoler du monde extérieur et d'assurer l'évacuation de la chaleur au travers de ses parois. Ils sont refroidis par air naturel ou forcé. Le transformateur sec présente les meilleures garanties de sécurité contre la pollution (pas de fuite de liquide, pas de vapeurs nocives en cas d'incendie) [17].



Figure (II.11) Transformateur sec.[17]

II.5.3 Auto transformateur

Cet appareil présente l'avantage d'un dimensionnement plus faible que celui d'un Primaire et secondaire à la fois. L'autotransformateur ne comporte qu'une seule bobine, cette bobine comporte deux bornes plus un troisième point intermédiaire, transformateur, à puissance traversant égale. Il se distingue du transformateur par le fait qu'il existe un point commun aux enroulements primaire et secondaire. Etant donné qu'il n'y a plus d'isolation galvanique entre les enroulements primaire et secondaire, tout défaut se manifestant sur un réseau se propage immédiatement sur le second [15]

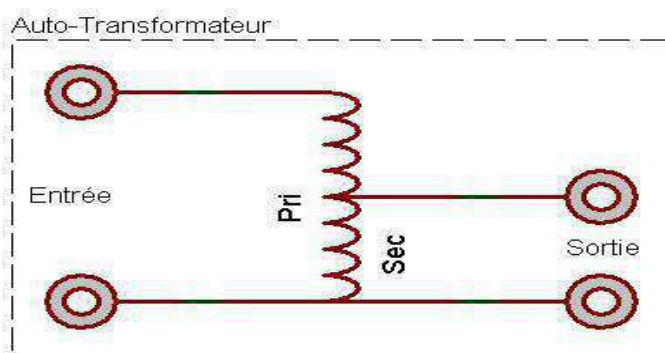


Figure (I.12) Schéma d'un auto transformateur .[15]

II.5.4 Transformateur de courant

Les transformateurs de courant sont des transformateurs de haute précision dont le rapport de transformation demeure essentiellement constant même lorsque la charge au secondaire varie.

On atteint un haut niveau de précision en réduisant au minimum le courant d'excitation. Les transformateurs de courant sont utilisés pour ramener à une valeur facilement mesurable les courants intenses des lignes à haute ou à basse tension. Ils servent aussi à isoler les appareils de mesure ou de protection des lignes à haute tension.

II.5.5 Transformateur de tension.

Les transformateurs de tension sont des transformateurs de haute précision dont le rapport de transformation varie très peu avec la charge. De plus, la tension secondaire est en phase avec la tension au primaire à une fraction de degré près. Les transformateurs de tension sont utilisés sur les lignes à haute tension pour alimenter des appareils de mesure (voltmètres, wattmètres, etc .) ou de protection (relais) . Ils servent à isoler ces appareils de la haute tension et à les alimenter à des tensions appropriées.

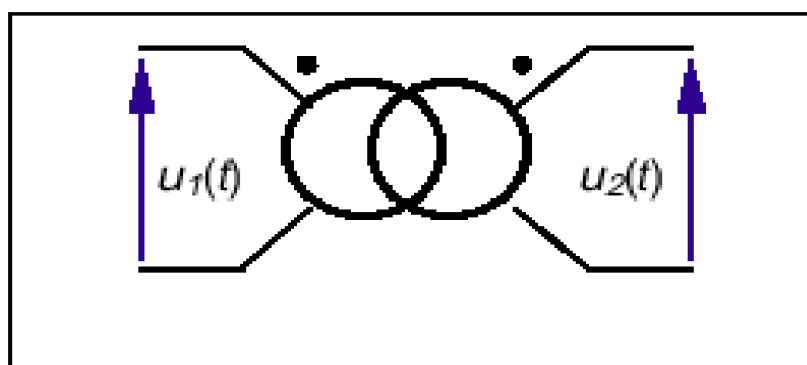


Figure (I.13) Transformateur de tension. [9]

II.6. Défaillance du transformateur de puissance

Les conséquences des défauts latents à l'intérieur du transformateur de puissance sont souvent remarquables, qui peuvent diminuer à la fois ses tenues : diélectriques, thermiques et mécaniques à des valeurs inadmissibles, au-dessous des contraintes appliquées. Ceci peut progresser à un point où l'isolation ne peut résister face

à ces surcharges provoquées par le courant de défaut ou de surtension (court-circuit, vibrations, surcharges, décharges partielles, foudre..). Ainsi, le diagnostic de ces défauts est étroitement lié à l'évaluation de l'état d'isolation solide et liquide [18].

Statistiques sur les causes de défaillances

Causes internes

- Détérioration et vieillissement d'isolation**
- Perte de serrage d'enroulement
- Défaillance d'isolation du noyau
- Déformation d'enroulement due aux forces de court-circuit
- Les traversées (Brushings) et les bornes
- Changeurs de prises
- Connexion

Causes externes

- Les surtensions de foudre ou de manœuvre transitoire**
- Court circuits externes

- Température

- Événements Séismiques : Les événements séismiques tels que les tremblements de terre peuvent causer des dommages internes.

- Surcharge du système.

- Surchauffe lors de traitement d'huilé

- Echauffement par mauvaise ventilation et dissipation calorifique

- La défaillance dans les pompes

- Transport : Les incidents pendant le transport des nouveaux transformateurs ou en service qui peuvent endommager sa structure interne

II.7 Protection et surveillance de transformateur de puissance.

La protection est une question à traiter de vue économique, en considérant la probabilité d'un type de défaut, les conséquences de sa manifestation éventuelle (perte de production, coût de remise en état, dommage au matériel) et le coût de l'efficacité des protections destinées à l'empêcher ou à les limiter [20].

II.7.1 Différents types de protections

Le transformateur est un élément particulièrement important d'un réseau électrique. Il est nécessaire de le protéger efficacement contre tous les défauts susceptibles de l'endommager qu'ils soient internes ou externes [17].

II.7.1.1 Protections internes :

II.7.1.1.1 Relais BUCHHOLZ

Les arcs qui prennent naissance à l'intérieur de la cuve d'un transformateur décomposent certaine quantité d'huile et provoquent un dégagement gazeux. Les gaz produits montent vers la partie supérieure de la cuve de transformateur et de là vers le conservateur à travers un relais mécanique appelé relais BUCHHOLZ. Ce relais est sensible à tout mouvement de gaz ou d'huile. Si ce mouvement est faible, il ferme un contact de signalisation (alarme BUCHHOLZ). Par ailleurs, un ordre de déclenchement est émis au **moyen d'un autre contact qui se ferme en cas de mouvement important**. Les gaz restant enfermés à la partie supérieure du **relais, d'où** ils peuvent être prélevés, et leur examen permettent dans une certaine mesure de faire des hypothèses sur la nature de défauts :

➤ **Si les gaz ne sont pas inflammables on peut dire que c'est l'air qui provient soit d'une poche d'air ou de fuite d'huile.**

➤ **Si les gaz s'enflamment, il y a eu destruction des matières isolantes** donc le transformateur doit être mis hors service.

➤ Analyse visuelle, si le gaz est :

Incolore : **c'est de l'air. On purge le relais et on remet le transformateur sous tension.**

Blanc : **c'est qu'il y a échauffement de l'isolant.**

Jaune : **c'est qu'il s'est produit un arc contournant une cale en bois**

Noir : **c'est qu'il y a désagrégation de l'huile**

Cette protection sera à deux niveaux pour le transformateur : le premier donnera un signal **d'alarme, le second un signal de déclenchement** [19].

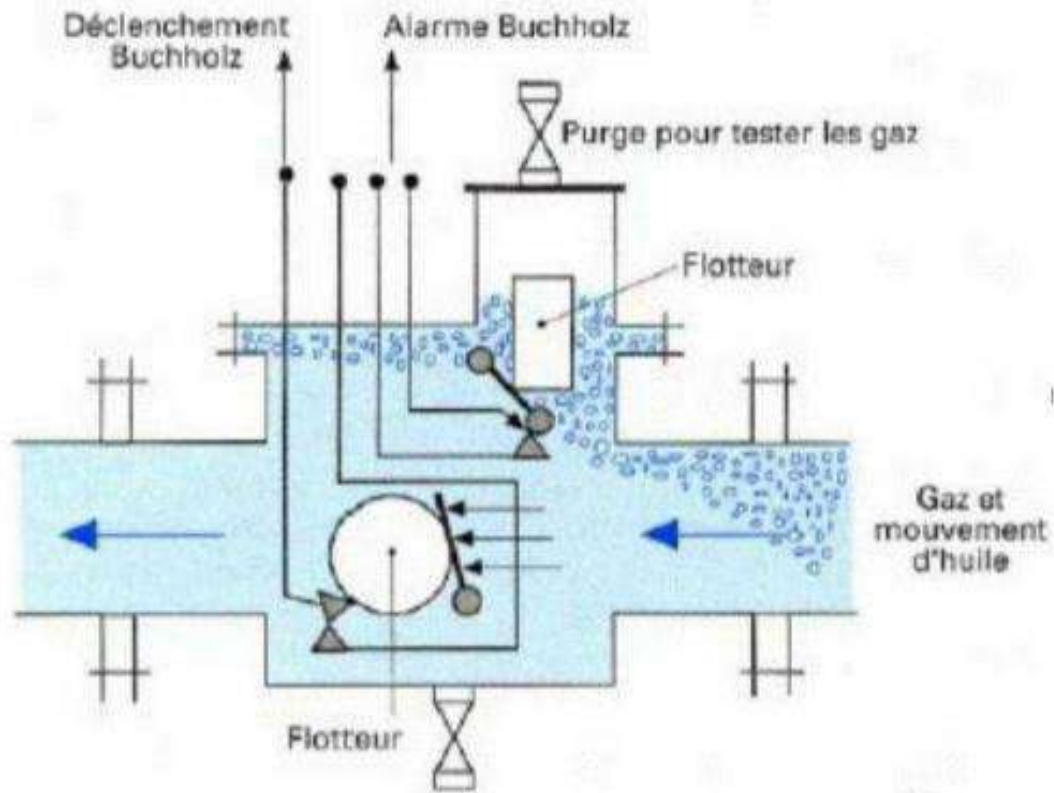


Figure (II.14) Schéma de fonctionnement de Relais BUCHHOLZ.[12]

II.7.2 Protection masse cuve

Une protection rapide, détectant les défauts internes au transformateur, est constituée par le relai de détection de défaut à la masse de cuve. Pour se faire, la cuve du transformateur, ses accessoires, ainsi que ses circuits auxiliaires doivent être isolés du sol par des joints isolants.

Tout défaut entre la partie active et la cuve du transformateur est ainsi détecté par un relai de courant alimenté par ce TC. Ce relai envoie un ordre de déclenchement instantané aux disjoncteurs primaires et secondaires du transformateur. Une protection de cuve sera prévue contre les défauts à la terre qui se produisent à l'intérieur du transformateur. La cuve du transformateur doit être isolée de la terre [19].



Figure (II.15) Placement de TC tore .[19]

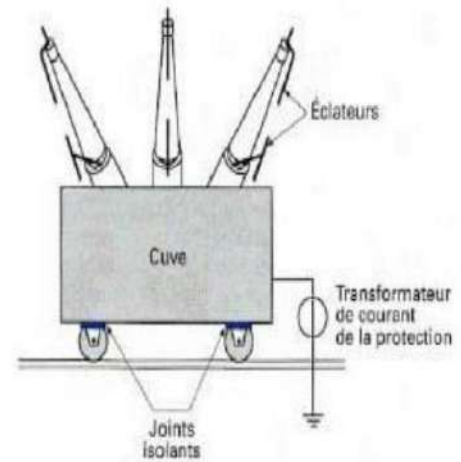


Figure (II.16) Protection masse cuve.[19]

II.7.3 Protection par DGPT

Le DGPT (DéTECTeur Gaz, Pression et Température) est un dispositif de protection utilisé pour le transformateur d'isolement liquide. Ce dispositif détecte les anomalies au sein du diélectrique liquide telles **qu'émission** de gaz, élévation de pression ou de température, et provoque la mise hors tension du transformateur. Il est principalement destiné à la protection des transformateurs immergés étanches à remplissage total. Pour un défaut grave, le dégagement gazeux est recueilli en un point haut au relai, une accumulation trop importante provoque une alarme.



Figure (II.17) Dispositif DGBT. .[9]

Protection thermique

Sur le transformateur sont montés plusieurs thermomètres et des images thermiques donnant une image de la température du cuivre. Depuis quelques années des fibres optiques sont aussi installées dans les enroulements permettant une mesure plus fine et plus rapide de cette température [20].

II.7.3.1 Protection externes

II.7.3.2 Protection des surtensions

Deux moyens de protection contre les surtensions sont utilisés de manière large, les éclateurs et les parafoudres :

- **Eclateur** : est un dispositif simple constitué de deux électrodes dans l'air. La limitation de tension aux bornes est effectuée par l'amorçage d'intervalle d'air.
- **Parafoudre** : permettent de se débarrasser de ce comportement néfaste car ils présentent un comportement réversible. Ce sont des résistances fortement non-linéaires qui présentent une diminution importante de leur résistance interne au-dessus d'une certaine valeur de tension aux bornes [16].



Figure (II.18) Eclateur.[20]



Figure (II.19) Parafoudre.[17]

II.7.3.3 Protection à maximum d'intensité

Des relais reliés à des transformateurs de courant (équivalents d'un ampèremètre

en haute tension) déclenchent le transformateur suite à une surintensité temporaire, fixé selon un seuil. Ces unités de protection agiront contre le défaut externe (défaut entre les phases et défaut entre phase et terre)

- Trois relais à maximum de courant de phase à deux seuils (seuils bas et seuils haut) temporisés pour la protection contre les défauts entre les phases.
- un relais à maximum de courant homopolaire à deux seuils (seuils bas et seuils haut) temporisés, désensibilisé à l'harmonique trois pour la protection contre les défauts de la terre [7,20].

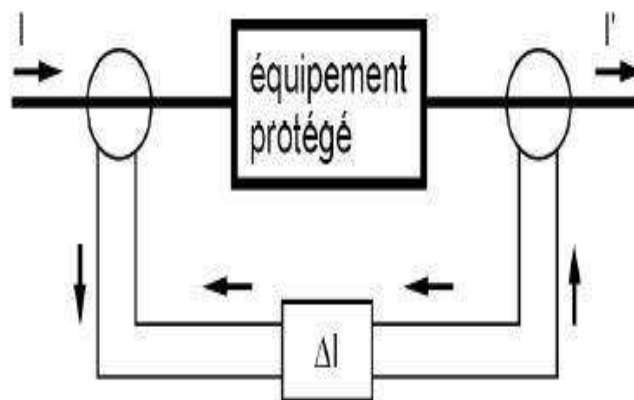
II.7.3.4 Protection différentielle

La protection différentielle est obtenue par la comparaison de la somme des courants primaires à la somme des courants secondaires. L'écart de ces courants ne doit pas dépasser une valeur i_0 pendant un temps supérieur à t_0 , au-delà il y a déclenchement. Cette protection à une sélectivité absolue, il lui est demandé plus d'être très stable vis-à-vis des défauts extérieurs.

Le principe de fonctionnement de la protection est basé sur la comparaison des courants entrants et des courants sortants du transformateur. [20]

Cette protection s'utilise :

- pour détecter des courants de défaut inférieurs au courant nominal,
- pour déclencher instantanément puisque la sélectivité est basée sur la détection et non sur la temporisation.



Figure(II.20) : schéma de fonctionnement de la protection différentielle.[9]

II.8 Exploitations d'un transformateur de puissance

Le constructeur fabrique un transformateur conforme au cahier des charges initial établi par le client. Afin de garantir un certain nombre de caractéristique, le transformateur passe des essais de réception, sont potentiellement destructifs (supérieurs à la tension nominale principalement). L'ensemble de ces essais garantissent le bon fonctionnement du transformateur en sortie d'usine et ces derniers sont comme mesures de référence pour le reste de la vie de l'appareil .La durée de vie d'un transformateur est liée à sa résistance à ces contrainte, le suivit, la connaissance de son contexte d'exploitation [7].

II.8.1 Vieillessement

Le vieillissement d'un transformateur est défini par la dégradation irréversible de la capacité de service d'un transformateur, en générale altérée par l'augmentation de la probabilité conditionnelle de défaillance avec le temps (due par exemple a la dégradation des matériaux isolants),dans certains cas la capacité de service peu également diminuer en raison de la modification des contraintes économiques et stratégiques [12].

II.8.2 Fiabilité d'un transformateur

La fiabilité de transformateur de puissance est un souci majeur car la qualité d'énergie électrique pouvant être transmise est diminuée si la puissance de la centrale ou du réseau n'est pas disponible à cause des problèmes de sécurité du fonctionnement .Malgré le nombre limité de données statistiques de différents réseaux, il semble que le taux des défaillances en service soit supérieur pour les transformateurs à tension plus élevée. Il semble que beaucoup de problèmes sont dus à un niveau de puissance plus élevé. Mais on doit signaler que l'augmentation en tension a aussi une influence dans la mesure où les dimensions physiques du transformateur sont plus grandes pour des tensions plus élevées. Plusieurs experts ont démontré que les prises des régulateurs dans ces puissances exercent une influence défavorable sur la fiabilité.

Les commutateurs en charge occasionnent certaines pertes de disponibilité car les transformateurs doivent être inspectés pour réparer les commutateurs en charge. Les traversés paraissent être une autre cause de perte de disponibilité. Une raison importante d'améliorer leur fiabilité est le coût d'indisponibilité, qui est derrière leur retrait d'exploitation [7].

II.8.3 Age du transformateur

La vie d'un transformateur dépend en grande partie de la vie du papier qui est utilisé pour isoler le bobinage et divers autres composants. La vie du papier est fonction de la qualité de l'huile avec laquelle le transformateur est rempli, de la qualité même du papier, de la température de fonctionnement, de la charge et des variations brusques de tension auxquelles le transformateur est exposé. La qualité de l'huile est dépendante du cycle de service et du régime de maintenance qui lui sont appliqués. La durée de vie avant défaillance des gros transformateurs est autour de 50 ans. De telles informations pourraient sembler indiquer que les défaillances sont relativement rares dans les 25 premières années mais que le taux de défaillance augmente de façon significative **après 40 ans d'utilisation** [20].

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté quelques généralités sur les transformateurs, nous avons aussi donné un aperçu sur les principaux éléments qui les constituent, leur rôle et leur importance dans cette machine statique. A la fin de ce chapitre, les différents systèmes et modes de protection du transformateur ont été introduits pour mieux cerner son fonctionnement.

Chapitre III

*Modélisation la disponibilité
des transformateurs*

III.1./introduction :

Entretien, maintenance ou réparation pour maintenir l'intégrité des installations, qui sont utilisées dans les opérations de maintien de la paix ? La maintenance commence par sa conception : être apte à la maintenance, w l produire tout au long de sa vie utile, surveiller le dessin Il est temps d'estimer les performances pour finalement réduire les performances. La politique de maintenance de l'entreprise dépend principalement de la disponibilité des outils inclus dans le système. Obtenir le moins d'arrêts possibles des équipements de production et assurer la fiabilité, la disponibilité et la sécurité de ses installations.

La disponibilité est « l'aptitude d'un bien, sous les aspects combinés de sa fiabilité, maintenabilité et de l'organisation de la maintenance, à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions de temps déterminées ». P La disponibilité relie donc les notions de fiabilité et de maintenabilité Les outils de simulation sont actuellement un outil qui permet de décrire et de mettre en œuvre des modèles performants, Anticipez les comportements et envisagez d'améliorer les machines. En général, ce processus

La modélisation nécessite dans un premier temps de paramétrer la machine Sur la base des données empiriques disponibles et en tenant compte des considérations théoriques. On peut alors décrire l'évolution des grandeurs pour une machine en écrivant un système d'équations différentielles. Modéliser s'il est continu, discret ou hybride est une étape très importante dans l'étude Systèmes physiques, approches de modélisation des systèmes dynamiques hybrides à l'étude Triés par catégories principales: consistent à approximer les dynamiques continues afin de les réduire à un système à événements discrets ; L'approche continue, qui consiste à approximer la dynamique discrète au moyen de systèmes continus afin d'utiliser la théorie des systèmes continus, et enfin la troisième approche est l'approche qui considère en même temps que les continuums se comportent de manière continue. La démarche de Avant d'installer un système de gestion de la maintenance préventive, vous devez savoir comment gérer efficacement ce que vous faites déjà, en particulier dans les situations d'urgence, c'est-à-dire la plupart des travaux et des entrées. Pour ce faire, vous devez simplifier le processus du bon de travail au rappel de bon de commande de pièces. Il est également nécessaire de faire une notation simple et logique de tous les équipements du locataire que comptent les autres services de l'entreprise qui utilisent cette notation.

Inventaire et rationnement du matériel Il est important de faire un inventaire physique de tous les équipements de l'entreprise. Cette étape doit être franchie par le personnel de maintenance car il est nécessaire de connaître l'équipement et son fonctionnement afin que des composants importants ne soient pas retirés de l'inventaire. Chacun des équipements de l'inventaire sera ensuite noté pour permettre la gestion des dossiers de maintenance (fiche technique, fiche historique, fiche de maintenance préventive).

La modélisation adoptée au cours de nos travaux appartient à cette catégorie de modèles.

Dans ce chapitre, nous introduisons la modélisation du transformateur, donc le but de ce chapitre est d'introduire la modélisation du transformateur

III . 2.MODEL DE LA disponibilité :

La disponibilité est la capacité d'un bien à être en état d'accomplir une fonction requise dans certaines conditions, à un moment donné ou pendant une certaine période de temps, en supposant que la mise à disposition de ressources externes est garantie. Les moyens autres que la logistique de maintenance (personnel, documentation, pièces de rechange, etc.) n'affectent pas la disponibilité d'un bien. Donc, pour calculer la disponibilité, nous nous appuyons sur la fiabilité et la maintenabilité

La figure ci-dessous montre les trois facteurs qui influencent la disponibilité intrinsèque

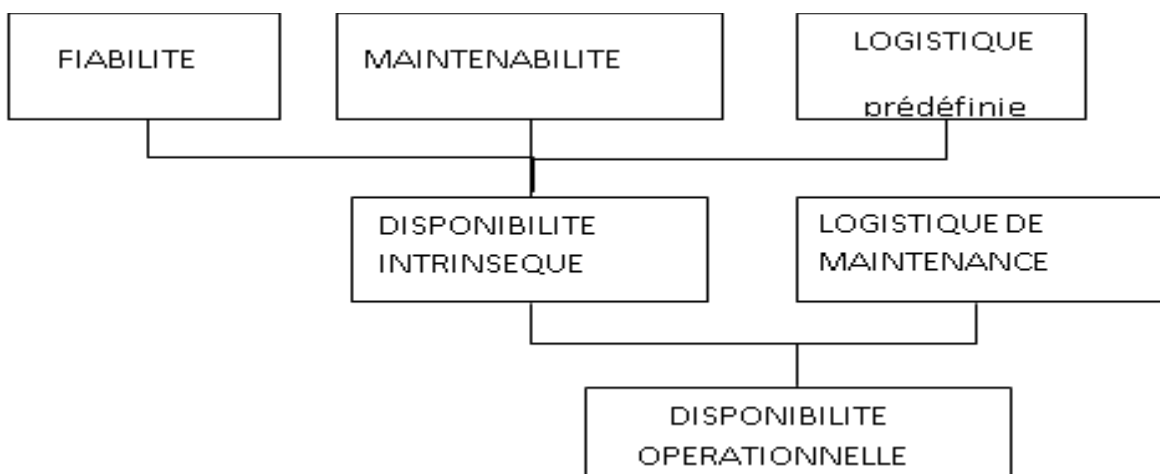


Figure (III.1) Le graphique montre les différentes formes de disponibilité et leur contexte. [2]

La disponibilité allie donc les notions de fiabilité et de Maintenabilité Augmenter la disponibilité passe par :

- ❑ L'allongement de la MTBF(action sur la fiabilité)
- ❑ Lanotion de le MTTR (action sur la maintenance)

Ainsi, la disponibilité peut être mesurée :

- Pendant une certaine période de temps (disponibilité moyenne),
- à un certain moment (disponibilité immédiate),
- A la limite éventuelle de disponibilité immédiate à $t \rightarrow \infty$ (disponibilité asymptotique)

Le calcul de la disponibilité intrinsèque D_i fait appe là2 paramètres:

⇒ TBF: temps

relation de disponibilité :

$$D(t) = \frac{\text{temps d'utilisation d'attente}}{\text{temps d'utilisation d'attente} + \text{temps de maintenance}} \quad (\text{III.1})$$

-La première étape du calcul de la disponibilité Dans notre travail, nous calculons la fiabilité .La fonction de fiabilité de la fonction de distribution avant de calculer la fiabilité du transformateur il faut calculer à l'instant $t = \text{MTBF}$,

$$D(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (\text{III.2})$$

Nous calculons $t = \text{MTBF}$ On s'appuie sur la relation suivante

$$MBF = A \cdot \eta + \gamma \quad (\text{III.3})$$

Deuxièmement, nous calculons β et γ à travers Loi WEI BULL :

C'est la loi la plus connue et elle est utilisée dans plusieurs domaines. Permet de créer des conceptions personnalisées pour une variété de situations d'usure des matériaux. Il permet de caractériser le comportement du système dans les trois étapes de la vie, la période de jeunesse, la période de vie utile et la période d'usure ou de vieillissement. La distribution de Weibull dépend dans sa forme la plus générale des trois paramètres suivants : β , γ et η . C'est une loi continue à trois paramètres :

- Un paramètre de position qui représente le délai qui peut exister entre le début de l'observation (la date à laquelle nous commençons à observer un échantillon) et le début du processus que nous observons (la date à laquelle le processus observé est apparu pour la première fois).
- Paramètre d'échelle qui, comme son nom l'indique, nous renseigne sur l'étendue de la distribution.
- Paramètre de la figure β qui est lié à la cinétique de processus observée.

Nous paramétrons d'abord le modèle β :

Paramètre du modèle sans dimension beta (β) > 0 : Ce paramètre donne des indications sur le mode de défaillance et l'évolution du taux de défaillance dans le temps.

- $\beta > 1$, le taux de défaillance augmente, ce qui est caractéristique de la zone de vieillissement
- $1,5 < \beta < 2,5$: fatigue
- $3 < \beta < 4$: érosion, érosion
- $\beta = 1$, le taux d'échec est constant, ce qui est caractéristique de la zone de maturité
- $\beta < 1$, le taux d'échec diminue, ce qui est caractéristique de la zone jeunesse

Nous paramétrons d'abord le modèle γ :

Paramètre de position , $-\infty < \gamma < +\infty$, qui s'exprime dans l'unité de temps :

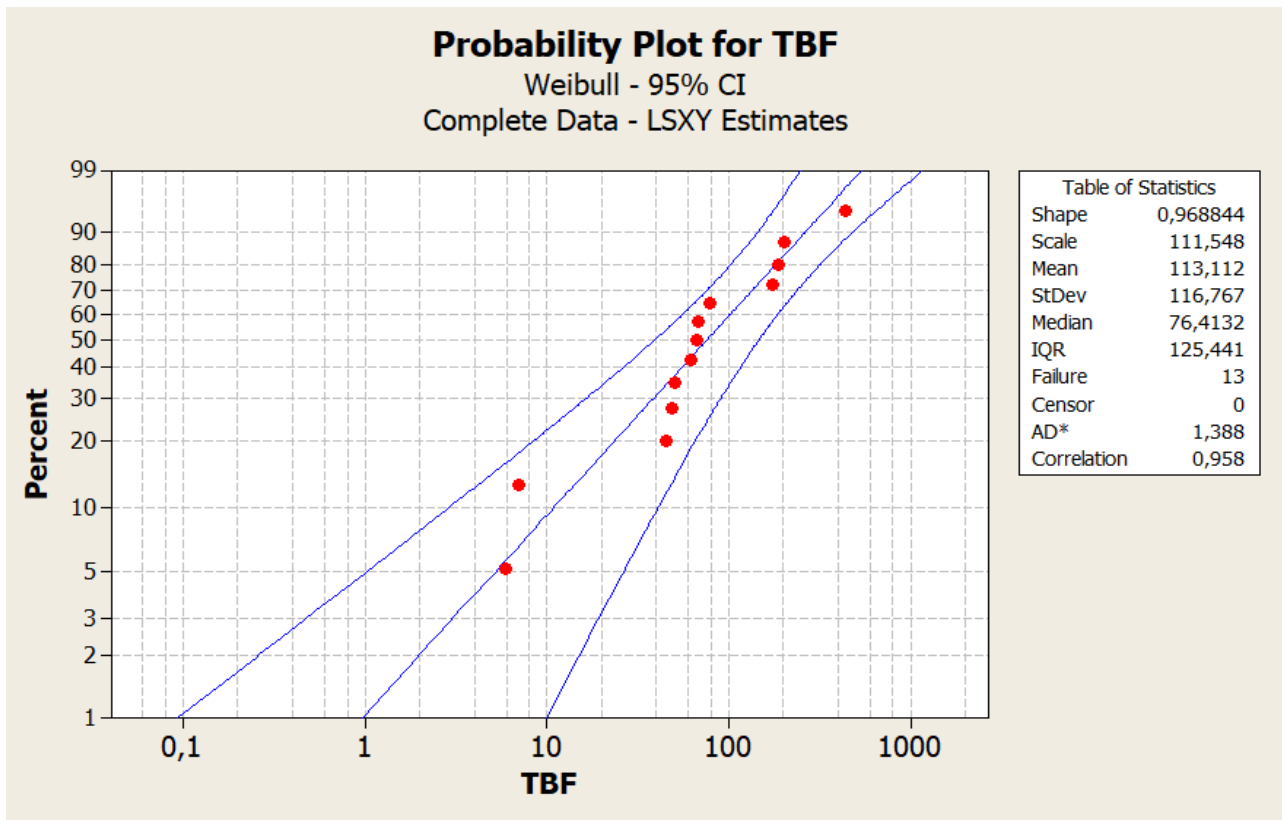
- $\gamma > 0$: survie totale sur l'intervalle de temps $[0, \gamma]$.
- $\gamma = 0$: les défaillances débutent à l'origine des temps.

➤ $\gamma < 0$: les défaillances sont débutées avant l'origine des temps

Nous paramétrons d'abord le modèle η :

Paramètre d'échelle (Netta (η) > 0) qui s'exprime dans l'unité de temps : Ce paramètre permet d'utiliser le papier d'Allan Plait quel que soit l'ordre de grandeur. Il n'a donc pas à être interprété

à travers La Courbe de Weibull Nous extrayons des valeurs $\beta = 0.968844$ $\eta = 111.548$ $\gamma = 0$



| B | A | B |
|------|--------|-------|
| 0,8 | 1,133 | 1,43 |
| 0,85 | 1,088 | 1,29 |
| 0,9 | 1,0522 | 1,17 |
| 0,95 | 1,0234 | 1,08 |
| 1 | 1 | 1 |
| 1,05 | 0,9803 | 0,934 |
| 1,1 | 0,9649 | 0,878 |
| 1,15 | 0,9517 | 0,83 |

Et à partir de là, nous calculons $MTBF = A \cdot \eta + \gamma$

$$MTBF = 1.0234 \times 111.548 + 0 \quad MTBF = 114.158 \text{ j}^*$$

Après calcul MTBF, on revient à la relation précédente

$$R(T) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (\text{III.4})$$

$$R(t=MTBF) = 0.35$$

La deuxième étape du calcul de la disponibilité Dans notre travail, on calcule la maintenabilité du transformateur, il faut calculer le MTTR. sera mesurée à partir des historiques d'interventions. L'analyse de maintenabilité permettra d'estimer la MTTR ainsi que les lois probabilistes de maintenabilité (sur les mêmes modèles que la fiabilité). avec la relation suivante :

$$MTTR = \sum TTR / N \quad (\text{III.5})$$

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

La maintenabilité peut se caractériser par sa **MTTR** (Mean Time To Repair) ou encore Moyenne des Temps Techniques de Réparation Nous calculons MTTR On s'appuie sur la relation suivante :

$$MTTR = \frac{\sum \text{Temps d'intervention jusqu'à la panne } n}{\text{Nombre de pannes}} \quad (\text{III.5})$$

TTR : temps d'intervention pour n pannes

N : nombre de panne

Selon la date de panne du transformateur, nous extrayons TTR et N

C'est précieux **TTR** et **N**. Du tableau, nous extrayons

| N° | Date d'exploitation | Date d'arrêt | TBF(J) | TTR(J) | Action ou Panne |
|----|---------------------|--------------|--------|--------|---|
| 01 | 07/01/2012 | 25/03/2013 | 443 | 68 | Entretien simple du Transformateur |
| 02 | 28/03/2013 | 04/04/2013 | 7 | 4 | Fuite d'huile Radiateur |
| 03 | 04/04/2013 | 09/10/2013 | 188 | 52 | Fuite d'huile bushing côté 60 KV |
| 04 | 09/10/2013 | 24/11/2013 | 46 | 8 | Etat d'huile transformateur dégrade (Opération de Traitement d'huile) |
| 05 | 26/11/2013 | 02/12/2013 | 6 | 3 | Alarmes buckholz répétées (Opération d'Inspection générale du transformateur) |

de valeur MTTR Nous calculons μ Selon la relation suivante :

$$\mu = 1/MTTR \quad (III.6)$$

On peut en déduire la valeur de la maintenabilité selon la relation précédente.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons fourni des informations sur le fonctionnement de l'algorithme et défini les concepts de base de cette maintenance en calculant la fiabilité, la maintenabilité, la disponibilité et la manière de réduire les défauts causés par ces transformateurs en raison de leur importance dans cette entreprise.

Chapitre VI

Résultats et discussion

IV.1. Application numérique

Après la fin de la période de stage, nous avons recueilli certaines informations sur lesquelles nous nous sommes appuyés dans le plan d'étude, y compris l'historique du transformateur

La date de défaillance du transformateur que nous avons adoptée à travers le (tableau) suivant, que nous avons extraite de l'enquête que nous avons effectuée

Le traitement des données brutes de la date passe par :

- Calcul des temps d'interruption dus aux pannes (TTR) résultant des différences entre les dates d'arrêt et d'exploitation.

Calcul des hI

IV.1.1 Dossier historique du transformateur de puissance 60/30 kV

| N° | Date d'exploitation | Date d'arrêt | TBF(J) | TTR(J) | Action ou Panne |
|----|---------------------|--------------|--------|--------|--|
| 01 | 07/01/2012 | 25/03/2013 | 443 | 68 | Entretien simple du Transformateur |
| 02 | 28/03/2013 | 04/04/2013 | 7 | 4 | Fuite d'huile Radiateur |
| 03 | 04/04/2013 | 09/10/2013 | 188 | 52 | Fuite d'huile bushing côté 60 KV |
| 04 | 09/10/2013 | 24/11/2013 | 46 | 8 | Etat d'huile transformateur dégrade (Opération de Traitement d'huile) |
| 05 | 26/11/2013 | 02/12/2013 | 6 | 3 | Alarmes buckholz répétées (Opération d' Inspection générale du transformateur) |
| 06 | 01/01/2014 | 09/03/2014 | 67 | 28 | Pollution du transformateur (Opération de lavage hors tension du TR) |
| 07 | 09/03/2014 | 27/04/2014 | 49 | 18 | Entretien détail du Transformateur |
| 08 | 30/04/2014 | 20/11/2014 | 204 | 58 | Fuite d'huile bushing côté 60 KV |
| 09 | 20/11/2014 | 07/02/2015 | 79 | 40 | Entretien simple du Transformateur |
| 10 | 09/02/2015 | 18/04/2015 | 68 | 32 | Défaut sur la protection différentielle transformateur |
| 11 | 18/04/2015 | 11/10/2015 | 176 | 24 | Pollution du transformateur (Opération de lavage hors tension du TR) |
| 12 | 11/10/2015 | 01/12/2015 | 51 | 46 | Fuite d'huile sur la vanne supérieure du TR |
| 13 | 01/12/2015 | 02/02/2016 | 63 | 16 | Entretien simple du Transformateur |

IV.1.2. Etude FMD (Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité) :

Calcul des paramètres de Wei bull :

Le tableau suivant comporte les TBF classés par ordre croissant, et les F(i) calculés

par la méthode des rangs médians $F(i) = \frac{\sum ni^{-0,3}}{N+0,4}$ Dans notre cas $N = 13 \leq 20$) et on trace la courbe de Wei Bull :

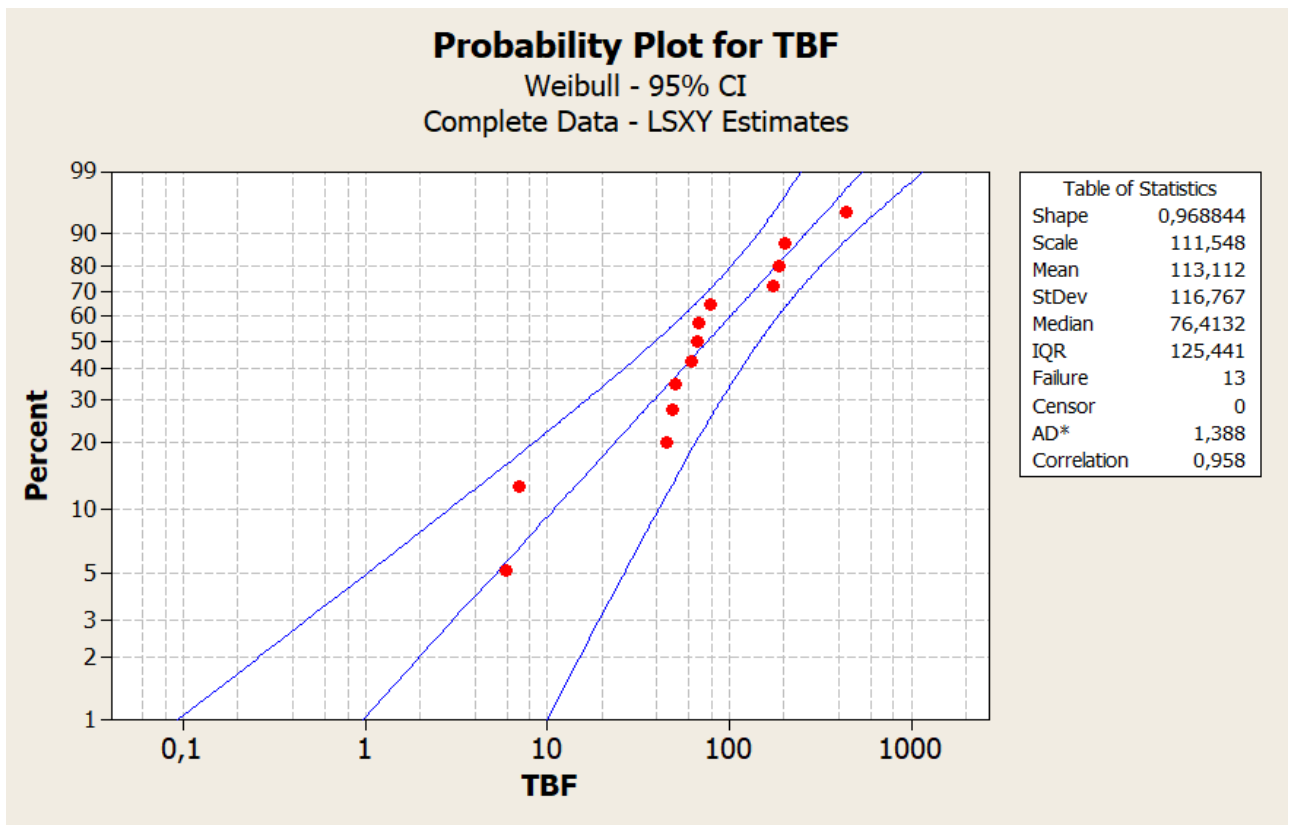
Tableau IV.2: Fonction de réparation réelle

| N | TBF | N | $\sum ni$ | F(i) | F(i)% |
|----|-----|---|-----------|--------|-------|
| 1 | 6 | 1 | 1 | 0.0522 | 5.22 |
| 2 | 7 | 1 | 2 | 0.1268 | 12.68 |
| 3 | 46 | 1 | 3 | 0.2014 | 20.14 |
| 4 | 49 | 1 | 4 | 0.2761 | 27.61 |
| 5 | 51 | 1 | 5 | 0.3507 | 35.07 |
| 6 | 63 | 1 | 6 | 0.4253 | 42.53 |
| 7 | 67 | 1 | 7 | 0.5 | 50 |
| 8 | 68 | 1 | 8 | 0.5746 | 57.46 |
| 9 | 79 | 1 | 9 | 0.6492 | 64.92 |
| 10 | 176 | 1 | 10 | 0.7238 | 72.38 |
| 11 | 188 | 1 | 11 | 0.7985 | 79.85 |
| 12 | 204 | 1 | 12 | 0.8731 | 87.31 |
| 13 | 443 | 1 | 13 | 0.9477 | 94.77 |

La Courbe de Wei bull :

Du tableau précédent, on extrait TBF et F(i)% par Mini tab

Nous avons extrait la courbe suivante :



IV.1. La Courbe de Wei bull

$\beta=0.968844$ $\eta =111.548$ $\gamma=0$

MTBF :

Le tableau Iv.3de MTBF donne A=**1.0234** B=**1.08**

| B | A | B | B | A | B | B | A | B |
|-------------|---------------|-------------|-------------|--------|-------|------------|--------|-------|
| 0,2 | 120 | 1901 | 1,7 | 0,8922 | 0,54 | 4,4 | 0,9146 | 0,235 |
| 0,25 | 24 | 199 | 1,75 | 0,8906 | 0,525 | 4,5 | 0,9125 | 0,23 |
| 0,3 | 9,2625 | 50,08 | 1,8 | 0,8893 | 0,511 | 4,6 | 0,9137 | 0,226 |
| 0,35 | 5,291 | 19,98 | 1,85 | 0,8882 | 0,498 | 4,7 | 0,9149 | 0,222 |
| 0,4 | 3,3234 | 10,44 | 1,9 | 0,8874 | 0,486 | 4,8 | 0,9116 | 0,218 |
| 0,45 | 2,4686 | 6,46 | 1,95 | 0,8867 | 0,474 | 4,9 | 0,9171 | 0,214 |
| 0,5 | 2 | 4,47 | 2 | 0,8862 | 0,463 | 5 | 0,9162 | 0,21 |
| 0,55 | 1,7024 | 3,35 | 2,1 | 0,8857 | 0,443 | 5,1 | 0,9192 | 0,207 |
| 0,6 | 1,546 | 2,65 | 2,2 | 0,8856 | 0,425 | 5,2 | 0,9202 | 0,203 |
| 0,65 | 1,3663 | 2,18 | 2,3 | 0,8859 | 0,409 | 5,3 | 0,9213 | 0,2 |
| 0,7 | 1,2638 | 1,85 | 2,4 | 0,8865 | 0,393 | 5,4 | 0,9222 | 0,197 |
| 0,75 | 1,1906 | 1,61 | 2,5 | 0,8873 | 0,38 | 5,5 | 0,9232 | 0,194 |
| 0,8 | 1,133 | 1,43 | 2,6 | 0,8882 | 0,367 | 5,6 | 0,9241 | 0,191 |
| 0,85 | 1,088 | 1,29 | 2,7 | 0,8893 | 0,355 | 5,7 | 0,9251 | 0,186 |
| 0,9 | 1,0522 | 1,17 | 2,8 | 0,8905 | 0,344 | 5,8 | 0,9226 | 0,165 |
| 0,95 | 1,0234 | 1,08 | 2,9 | 0,8919 | 0,334 | 5,9 | 0,9269 | 0,183 |
| 1 | 1 | 1 | 3 | 0,893 | 0,316 | 6 | 0,9277 | 0,18 |
| 1,05 | 0,9803 | 0,934 | 3,1 | 0,8943 | 0,325 | 6,1 | 0,9266 | 0,177 |
| 1,1 | 0,9649 | 0,878 | 3,2 | 0,8957 | 0,307 | 6,2 | 0,9294 | 0,175 |
| 1,15 | 0,9517 | 0,83 | 3,3 | 0,897 | 0,299 | 6,3 | 0,9302 | 0,172 |

$$MTBF = A.\eta + \gamma \tag{IV.1)}$$

$$MTBF=1.0234 \times 111.548 + 0$$

$$MTBF=114.158 \text{ j}$$

La densité de probabilité en fonction de MTBF :

$$f(t = \text{MTBF}) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \cdot e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (\text{IV.2})$$

$$f(114.158) = \frac{0.968844}{111.548} \left(\frac{114.158}{111.548}\right)^{0.968844-1} x e^{-\left(\frac{114.158}{111.548}\right)^{0.968844}} = 0.0001161 = 0.01161\%$$

IV.2.2. La fonction de répartition en fonction de MTBF :

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (\text{IV.3})$$

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{114.158}{111.548}\right)^{0.968844}} = 0.64036 = 64.036\%$$

La fiabilité en fonction de MTBF :

$$R(t=\text{MTBF}) = 1 - F(t=\text{MTBF}) \quad (\text{IV.4})$$

$$R(t=114.158) = 1 - 0.64036 = 0.35964 = 35.964\%$$

Le taux de défaillance en fonction de MTBF :

$$\lambda(t = \text{MTBF}) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \quad (\text{IV.5})$$

$$\lambda(t = \text{MTBF}) = \frac{0.968844}{111.548} \left(\frac{114.158}{111.548}\right)^{0.968844-1} = 0,008679179605 \text{ panne/heures}$$

Calcul du temps souhaitable pour une intervention systématique :

$$R(t) = 80\% \Rightarrow t = ??? \quad R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta} \quad (\text{IV.6})$$

$$\ln R(t) = -\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta = \ln(0,8) \Leftrightarrow [\ln R(t)]^{\frac{1}{\beta}} = \frac{t}{\eta} \Rightarrow t = \eta \left[\ln \left(\frac{1}{R(t)}\right) \right]^{\frac{1}{\beta}} \quad (\text{IV.7})$$

$$t = 111.548 \left[\ln\left(\frac{1}{0,8}\right) \right]^{\frac{1}{0,968844}} \Rightarrow t_{sys} = 23,719 \text{ heures}$$

pour garder la fiabilité de la transformateur 80% il faut intervenir chaque temps systématique 23,719 heures

La fiabilité R(t) :

La fonction fiabilité de celle de répartition : R (t) = 1-F (t), après calcul de la fiabilité du moteur Caterpillar au temps t=MTBF, on trouve que la valeur n'est pas satisfaisante donc on peut dire que le moteur Caterpillar n'est pas fiable à t=MTBF

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad R(t = \text{MTBF}) = 0.35 \quad (\text{IV.8})$$

Tableau IV.4: Calcul de la fiabilité

| | | | | | | | | | | | | | |
|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| TBF | 6 | 7 | 46 | 49 | 51 | 63 | 67 | 78 | 79 | 176 | 188 | 204 | 443 |
| R(t) | 0.942 | 0.93 | 0.65 | 0.63 | 0.62 | 0.56 | 0.54 | 0.49 | 0.48 | 0.21 | 0.19 | 0.16 | 0.02 |

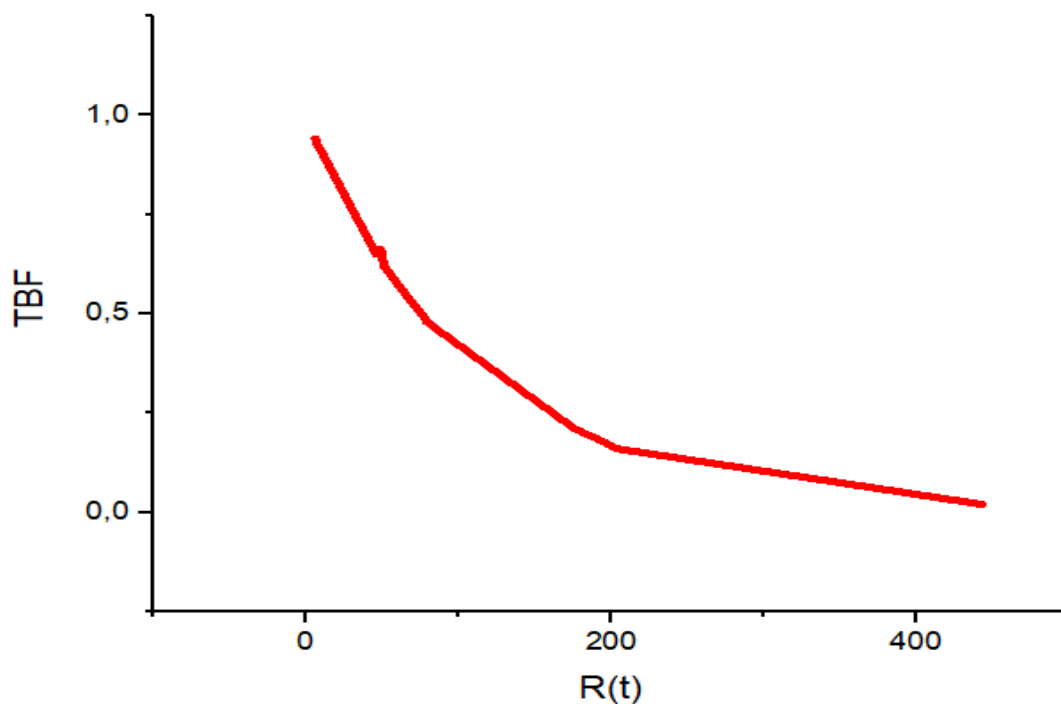


Figure IV.2: La Courbe De la Fonction Fiabilité

Analyse de la courbe :

Lecourbe décroissant en fonction du temps, que s’explique par le phénomène de détérioration. L'amélioration de la fiabilité du compresseur passe nécessairement par une l’analyse des pannes avec une étude détaillée de leurs causes,schémas et conséquences.

Le taux de défaillance :

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \tag{IV.9}$$

Tableau IV.5 : Calcul le taux de défaillance

| | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|-------|-------|-------|-------|
| TBF | 6 | 7 | 46 | 49 | 51 | 63 | 67 | 78 | 79 | 176 | 188 | 204 | 443 |
| $\lambda(t)10^{-3}$ | 9.5142 | 9.4686 | 8.9284 | 8.9108 | 8.8997 | 8.8412 | 8.8242 | 8.7825 | 8.77930 | 8.562 | 8.545 | 8.523 | 8.320 |

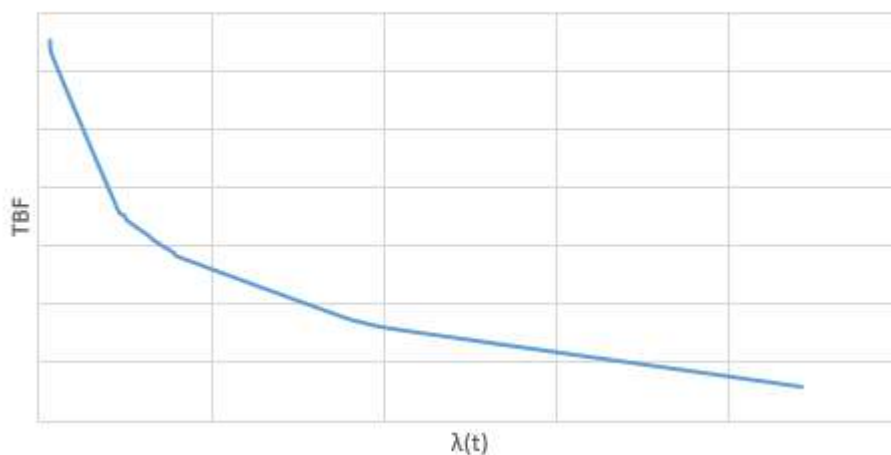


Figure IV.3: La Courbe De défaillance

Analyse de la courbe :

Le taux de défaillance est croissant en fonction de temps.

Calcul la Maintenabilité de la transformateur de puissance :

D'après l'historique des pannes de la moteur Caterpillar :

$$MTTR = \sum TTR / N.$$

TTR : temps de réparation.

N : nombre de panne

$$MTTR = 377/13 = 28.69 \text{ Jour}$$

Avec $\mu = 1/MTTR = 1/28.69 = 0.0348$ intervention / Jour.

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

$$M(t=MTTR)=1 - e^{-0.0348*28.69} = 0.6315$$

$$M(t=MTTR)=63\%$$

Tableau IV.6: La maintenabilité de transformateur

| TTR(j) | 3 | 4 | 8 | 16 | 18 | 20 | 24 | 28 | 32 | 46 | 52 | 58 | 68 |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| M(t) | 0.09 | 0.12 | 0.24 | 0.42 | 0.46 | 0.50 | 0.56 | 0.62 | 0.67 | 0.76 | 0.83 | 0.86 | 0.90 |
| | 9 | 9 | 3 | 6 | 5 | 1 | 62 | 2 | 6 | 8 | 6 | 7 | 6 |

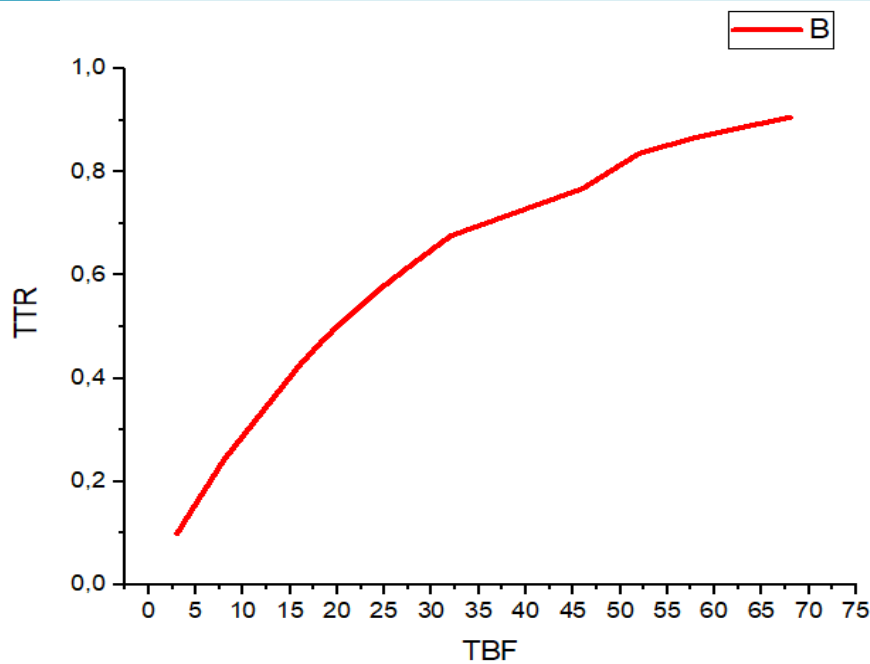


Figure IV.4: La Courbe de Maintenabilité

Analysedela courbe :

La Maintenabilité est croissante en fonction du temps.

IV.1.3. Disponibilité intrinsèque au asymptotique :

$$D_i = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} = \frac{114.58}{114.58+28.69} = 0.799$$

IV.1.4. Disponibilité instantané :

$$D(t) = \frac{\mu}{\lambda+\mu} + \frac{\lambda}{\lambda+\mu} e^{-(\lambda+\mu)t} \tag{III.13}$$

$$MTBF = \frac{1}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{1}{MTBF} = \frac{1}{114.58} = 0.008727$$

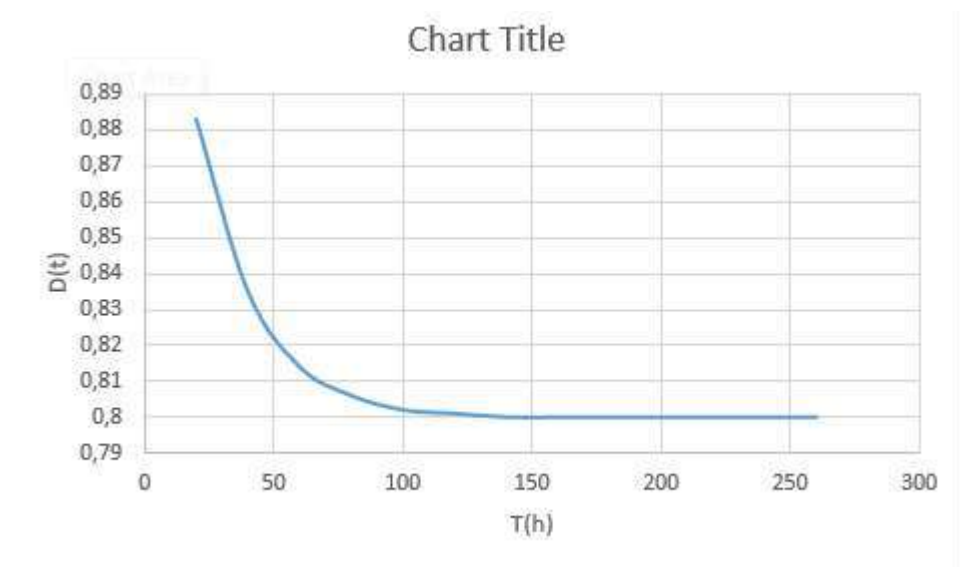
$$MTTR = \frac{1}{\mu} \Rightarrow \mu = \frac{1}{MTTR} = \frac{1}{28.6923} = 0.0348$$

$$\lambda + \mu = 0.008727 + 0.0348 = 0.0435$$

$$D(t) = \frac{0.0348}{0.0435} + \frac{0.00872}{0.0435} e^{-(0.00872+0.0348)t}$$

Tableau IV.7 : calcul la disponibilité instantané

| | | | | | | | | | | | | | |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| T(h) | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 | 260 |
| D(t) | 0,883 | 0,835 | 0,814 | 0,806 | 0,802 | 0,801 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |



IV.5 La corbe de la disponibilité

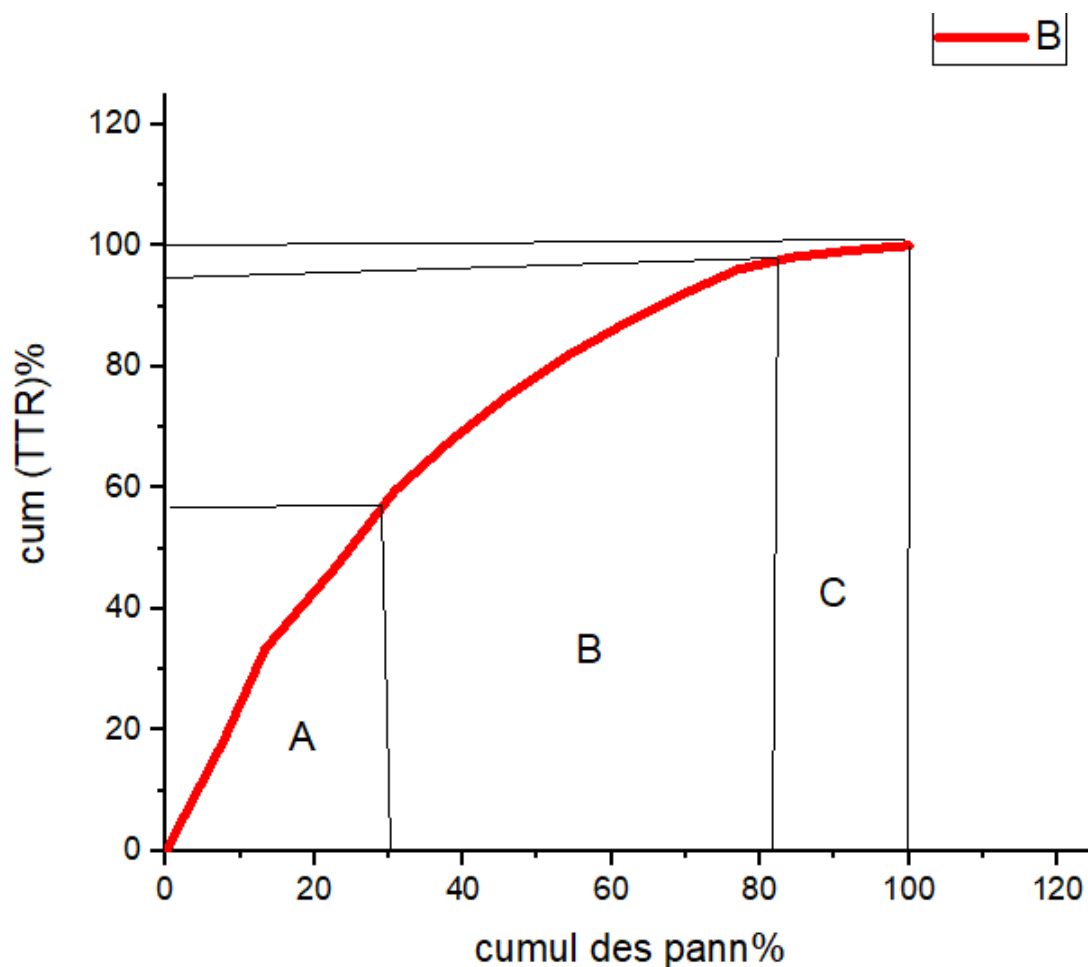
Analyse de la courbe :

La disponibilité est décroissante en fonction de temps, pour augmenter la disponibilité d'un transformateur consiste à diminuer le nombre de ses arrêts (augmentée sa fiabilité) et réduire le temps nécessaire pour résoudre les causes de ceux-ci (augmenté sa Maintenabilité)

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

Tableau IV.8 : calcul l'analyse ABC (Pareto)

| °N | Pannes | TTR (j) | cumul | Cum(TTR) % | Nombre donnees | Cumulées Des panes | Cumulées des pannes% |
|----|--|---------|-------|------------|----------------|--------------------|----------------------|
| 1 | Entretien simple du Transformateur | 68 | 68 | 18.03 | 1 | 1 | 7.69 |
| 2 | Fuited'huilebushing côté 60 KV | 58 | 126 | 33.42 | 1 | 2 | 13.38 |
| 3 | Fuited'huile bushing côté 60 KV | 52 | 178 | 47.21 | 1 | 3 | 23.07 |
| 4 | Fuite d'huile sur la vanne supérieure du TR | 46 | 224 | 59.41 | 1 | 4 | 30.76 |
| 5 | Entretien simple du Transformateur | 32 | 256 | 67.90 | 1 | 5 | 38.46 |
| 6 | Défaut sur la protection différentielle transformateur | 28 | 284 | 75.33 | 1 | 6 | 46.15 |
| 7 | Pollution du transformateur (Opération de lavage hors tension du TR) | 24 | 308 | 81.69 | 1 | 7 | 53.84 |
| 8 | Pollution du transformateur (Opération de lavage hors tension du TR) | 20 | 328 | 87.00 | 1 | 8 | 61.53 |
| 9 | Entretien détail du Transformateur | 18 | 346 | 91.77 | 1 | 9 | 69.23 |
| 10 | Entretien simple du Transformateur | 16 | 362 | 96.02 | 1 | 10 | 76.92 |
| 11 | Pollution du transformateur (Opération de lavage hors tension du TR) | 8 | 370 | 98.14 | 1 | 11 | 84.61 |
| 12 | Fuite d'huile sur la vanne supérieure du TR | 4 | 374 | 99.20 | 1 | 12 | 92.30 |
| 13 | Entretien simple du Transformateur | 3 | 377 | 100 | 1 | 13 | 100 |



IV.6 La courbe ABC :

La courbe d'analyse ABC :

Interprétation des résultats :

Zone "A": Dans cette zone, on constate environ 25% des interventions représente 63.62% des heures de réparation, ceci constitue la zone A,

Zone "B": Dans cette tranche les 25% des interventions représentent 34.36% supplémentaire

Zone "C": Dans cette zone les 50 % des interventions restantes ne représentent qu'ont 2.02% des heures de réparation

Resultats :

Dans la première partie de ce chapitre nous avons utilisé l'analyse fonctionnelle d'un transformateur, nous avons

défini la vocation première d'un transformateur qui est d'obtenir de l'énergie électrique, et comment son

principe de fonctionnement guide toute machine.

Dans la deuxième partie, et à partir de l'historique de défaillance des transformateurs, nous avons étudié le

s indicateurs de FMD, puis les graphiques, et enfin, nous avons tracé une courbe (de Pareto) et nous avons

obtenu les résultats suivants :

- Si $\beta < 1$, le taux de défaillance est décroissant ,caractéristique de la zone de jeunesse à transformateur
- $\gamma = 0$ indique que les défaillances commencées au début dans la mise en Service à transformateur
- MTBF = 114.158 j
- la fiabilité de la transformateur est faible : 35 %.
- Pour garder la fiabilité d'une transformateur 80% il faut intervenir chaque temps systématique 30.76h. nous faisons quelques actions préventives de transformateur
- 25% des interventions représente 46.16% des heures d'interventions.
- Extraire les causes possibles a contribué à augmenter les temps d'arrêt. Extra ire les different groups des indices decriticité.

Conclusion:

Nous en avons parlé dans ce chapitre

La méthode de travail et nous avons développé un modèle de compte, qui m'a fixé l'objectif de savoir disponibilité et en déterminant ses éléments qui nécessitent une maintenance, puis on étudie les indicateurs et $D(t)$ et enfin un arbre long, on détermine les raisons de la panne du transformateur et on obtient les résultats suivants :

Les éléments à l'origine de 63 % des pannes de transformateurs sont (Entretien simple du Transformateur) Nous avons trouvé $\beta = 0,9688$ donc $\beta < 1$ diminue le taux de défaillance, transformateur

➤ $\gamma = 0$ indique que les défauts ont commencé depuis le début dans la charge portée.

➤ MTBF = **114.158** heures

Faible fiabilité du transformateur R (MTBF) = **0.35964=35.964%**

➤ Pour maintenir la fiabilité des transformateur à 80%, il faut intervenir toutes les **36.70** heures normales Nous effectuons des mesures préventives pour un transformateur.

Conclusion générale

L'industrie industrielle est depuis longtemps un phénomène sensible aux mutations externes et internes.

Cette étude nous a beaucoup intéressé et a approfondi notre connaissance concernant la maintenance en générale et la maîtrise des calculs des fiabilité et maintenabilité et surtout la disponibilité en essayant de la modéliser en simplifiant la tâche liée au maintenancier dans le suivi et planification des différents rôles.

Il y a des éléments importants dans les transformateurs qui ont besoin et précèdent tous les éléments comme indiqué dans la méthode ABC et pour trouver les causes de la tanière Pour maintenir la fiabilité du compresseur à 80%, tous les jours off. Quelques mesures de protection pour le transformateur.

Une décision a été prise avant qu'une politique efficace ne soit adoptée comme une approche très pragmatique Prendre les trois premières valeurs (critiques) des éléments d'accompagnement .Et éviter un arrêt complet du travail et de la production.

Bibliographie

- [1] A.BELHOMME de STRATEGIE DE MAINTENANCE Forges les Eauxannée 2010/2011
- [2] **Polycopie FMD 2013 (Fiabilité Maintenabilité Disponibilité).**
- [3] le transport de l'énergie électrique | Cours electricite mai 2020
- [4] :**BELLAOUAR Ahmed/BELEULMI Salima** cour FMD (FIABILITE ,MAINTENABILITE et DISPONIBILITE) UNIVERSITE Constantine 1 Année Académique2013-2014
- [5] Cours sur le transport de l'énergie électrique | Cours electricite mai 2020
- [6] Hathat Abdelkader Deblaoui Hicham. Thème (**Etude Analytique FMD D'une Turbine à Gaz 990**) Université Ouargla 2015.
- [7] Professeur luc lasne, « **exercice et problèmes d'électrotechnique notion** de bases et machines électrique ».3
- [8] BEBOUKHA Abd Errazzak ,GHILANI Moussa Thème(Modélisation et simulation de la protection différentielle d'un transformateur de puissance) Université d'EL-Oued 2014/2015
- [9] YAHIOU Abdeghani, « **contribution à l'étude et à l'analyse du régime transitoire** dans les/1
- [10] **repository.sustech.edu/handle/123456789/19118**
- [11] transformateurs de puissance : **cas du courant d'appel** », Mémoire de magister, département Cours sur le transport de l'énergie électrique | Cours electricite mai 2020
- [12] MEZARI Naouel, « **Diagnostic des transformateurs de puissances** », Mémoire de /2magister, **département d'électrotechnique, Université de Tizi Ouzou.** Juillet 2011
- [13] Notice technique sur les centrales thermiques « fascicule n° 21 le transformateur » 4électricité de France.4
- [14]Electrotechnique : le transformateur triphasé s.03 machines électrique 5électromagnétique lycées Paul mathou .ms 17/01/2011.
- [15] Document réf. Transformateur : odt, version du 26 janv. 2010.21
- [16] Document SONEGAZ « Ecole technique de Blida les transformateurs de puissance
- [17] BOUCHAOUI Lahcene, « **Diagnostic des transformateurs de puissance par la méthode d'analyse des gaz dissous** : application des réseaux de neurones », Mémoire de magister **département d'Electrotechnique, université de Sétif.** 2010
- [18] Mr ZELLAGUI Mohamed, « **Etude protection des réseaux électriques mt 30& 10 kv** », mémoire de magister université de Constantine. Juillet 2010
- [19] : Khabbar Hocine, Hamdaoui Lakhdar .Thème (**Etude Analytique De La Maintenance Préventive D'un Compresseur à Vis- ATLAS COPCO GA15**) Université Ouargla 20172018.
- [20] **TOUMI ouail \ AKERMI said** Thème " Etude Analytique De La maintenance PréventiveD'une Turbine à Gaz GE10/2 " UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA 2018/2019

Résume

Les transformateurs sont d'une grande importance dans le domaine de la maintenance en raison de leur rôle important dans les usines en général, ce qui nécessite une surveillance continue et régulière des bonnes performances et la garantie de bonnes performances.

Notre étude a montré que la disponibilité dépend de la fiabilité et de la maintenabilité en présentant les principales causes de dysfonctionnement à travers les résultats finaux de l'étude de ces défauts et de la conversion de maintenance et à travers la modélisation des transformateurs selon la loi de Weibull et le diagramme ABC.

ملخص

للمحولات أهمية كبيرة في مجال الصيانة لما لها من دور مهم في المصانع بشكل عام مما يتطلب مراقبة مستمرة ومنتظمة للأداء الجيد وضمان حسن الأداء.

أظهرت دراستنا أن التوافر يعتمد على الموثوقية وقابلية الصيانة من خلال عرض الأسباب الرئيسية للخلل من خلال ABC ومخطط Weibull النتائج النهائية لدراسة هذه الأعطال وتحويل الصيانة ومن خلال نمذجة المحولات وفقاً لقانون فان نتائج توافر المحول غير مرضية فيتطلب تحسينها التقليل من زمن الإصلاح والقيام بتدخلات فعالة بشكل دوري

Summary

Transformers are of great importance in the field of maintenance because of their important role in factories in general, which requires continuous and regular monitoring of good performance and ensuring good performance.

Our study showed that availability depends on reliability and maintainability by presenting the main causes of malfunction through the final results of studying these faults and maintenance conversion and through transformer modeling according to Weibull's law and ABC chart.