



**UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
ECOLE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE**



Département : Génie électrique
Département : Génie mécanique et productique
UFR : Génie Industriel



Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de

LICENCE ES SCIENCES TECHNIQUES

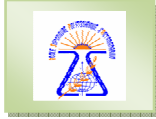
**MAINTENANCE D'UNE MACHINE SYNCHRONE TOURNANTE APPLICATION SUR UN ALTERNATEUR
D'UN GROUPE THERMIQUE DE LA JIRA-MA AMBOHIMANAMBOLA**

Présenté par : RAKOTONIAINA Andrianambinina

Promotion 2007



**UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
ECOLE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE**



Département : Génie électrique
Département : Génie mécanique et productique
UFR : Génie Industriel



Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de **LICENCE ES SCIENCES TECHNIQUES**



**MAINTENANCE D'UNE MACHINE SYNCHROME TOURNANTE : APPLICATION
SUR UN ALTERNATEUR
D'UN GROUPE THERMIQUE DE LA **JI.RA.MA**.**

Présenté par : RAKOTONIAINA Andrianambinina

Devant les membres du jury composés de :

Président : Monsieur SOLOFOMBOAHANGY Andriamitanjo (Professeur à l'**E.S.P.A.**)

Directeur de mémoire : Monsieur Yvon ANDRIANAHARISON (Chef de département Génie Électrique)
: Monsieur Jocelyn RAVOMANANA (Ingénieur de projet Département
DGAE/DTE **JI.RA.MA**)

Examineurs : Monsieur RAOELIHARIVONY Haja (Chef Central **JI.RA.MA** C.T.A)
: Monsieur RAKOTONIRIANA René (Enseignant à l'**E.S.P.A**)
: Monsieur RAKOTONIAINA Solofo Hery (Enseignant à l'**E.S.P.A**)

DATE DE PRESENTATION: 05 Avril 2008

Promotion 2007

« C'est par la grâce de Dieu que je suis ce que je suis, et sa grâce à mon égard n'a pas été stérile. Loin de là, j'ai travaillé plus qu'eux tous : oh ! Non pas moi, mais la grâce de Dieu qui est avec moi. »

I Corinthiens 15¹⁰

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, nous rendons grâce à Dieu pour m'avoir donné la force et la santé d'entreprendre ce Mémoire. Ensuite nous adressons nos plus vifs remerciements et exprimons nos sincères reconnaissances aux personnalités qui ont contribué à l'élaboration et à la réalisation du présent travail.

A Monsieur RAMANANTSEZEHENA Pascal, Directeur de l'Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo (ESPA)

Monsieur ANDRIANAHARISON Yvon, Chef du département en Génie Electrique, notre encadreur académique.

Monsieur JOELIARITAHAKA Rabeatoandro, Chef de département Génie mécanique et productique

Monsieur Jocelyn RAVOMANANA notre encadreur professionnel

Messieurs les membres du jury,

Monsieur RAOELIHARIVONY Haja, notre conseiller Technique pendant le stage de fin d'étude au Central Thermique d'Ambohimanambola(CTA)

A tous nos enseignants, pour leur assistance et conseils pour notre formation durant les trois années d'études,

A tous les personnels de la société JIRO sy RANO MALAGASY (JIRAMA) qui ont facilité notre travail.

Nous émettons notre message de courage à tous nos amis qui, tout au long de ces années d'études ont témoigné leur amitié et sympathie.

Enfin, nous adressons nos plus vifs remerciements à tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à l'élaboration de ce mémoire.

A toutes ces personnes de bonne volonté, nous réitérons nos plus vifs remerciements selon l'adage Malagasy.

« NY HAZO NO VANON-KO LAKANA NY TANY NANIRIANY NO TSARA »

SOMMAIRE

Remerciements

Sommaire

Liste des tableaux

Liste des annexes

INTRODUCTION GENERALE

Brève historique de la **JI.RA.MA**

**PREMIERE PARTIE : TECHNOLOGIE GENERALE DE LA MACHINE
SYNCHRONE**

CHAPITRE I : FONCTIONNEMENT DE LA MACHINE SYNCHRONE..... 3

1.1	Principe de fonctionnement	3
1.1.1	Fonctionnement en Moteur	4
1.1.2	Fonctionnement en Générateur	5
1.2	Caractéristique de fonctionnement	5
1.2.1	Caractéristique à vide	5
1.2.2	La caractéristique en charge	6
1.2.3	Le schéma du montage de l'alternateur en charge	6

CHAPITRE II: SYSTEME D'EXCITATION DE LA MACHINE SYNCHRONE 7

2.1	Principe de fonctionnement	7
2.1.1	Schéma synoptique de l'excitatrice	8
2.1.2	Rôles de l'excitation	8

CHAPITRE III: SYSTEME DE REGULATION DE TENSION..... 9

III.1	Rôles du régulateur	9
III.2	Schéma du montage de la régulation	10

DEUXIEME PARTIE : POLITIQUE DE LA MAINTENANCE ADOPTEE

PAR LA JIRAMA

CHAPITRE I PRINCIPE DE LA METHODE O.M.F DANS	11
I.1 Définition de l'O.M.F :	11
I.2 Objectif de la méthode O.M.F.....	11
I.3 Organigramme simple de l'O.M.F.....	12
 CHAPITRE II DECOUPAGE ET CODIFICATION DES MATERIELS DEVANT FAIRE L'OBJET D'UN SUIVI, D'UN CONTROLE ET D'UNE MAINTENANCE.....	 13
II.1 Découpage et codification.....	13
II.2 Plan d'action de découpage	14
II.2.1 Schéma du réseau interconnecté du Tana	15
II.2.2 Schéma unifilaire de la centrale thermique Ambohimambola(C.T.A)	18
II.2.3 Schéma de la travée G2	20
 CHAPITRE III: ANALYSE FONCTIONNELLE.....	 24
III.1 Alternateur:	24
III.1.1 Stator: G2.07.AL.S	24
III.1.2 Rotor G2.07.AL.R	26
III.1.3 Excitation: G2.07.AL.E.....	27
III.1.4 Régulation de tension: G2.07.AL.R e	28
III.1.5 Palier : G2.07.AL.P	28
III.1.6 Protection d'échauffement d'alternateur: G2. CCP°C.AL. 07.RIv.....	29
 CHAPITRE IV : RETOUR D'EXPERIENCE (R.E.X) FIABILITE DES EQUIPEMENT.....	 30
IV.1 Informations sur les incidents antérieurs	30
IV.2 Alternateur G2.07.AL	30
IV.3 Informations techniques	31
IV.3.1 Informations sur les maintenances déjà effectuées	31

CHAPITRE V : AMDEC : ANALYSE DES MODES DE DEFAILLANCE, DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITES

.....	33
V.1 Notion de l'AMDEC	33
V.2 Buts de l'AMDEC	33
V.3 Fiche AMDEC.....	34
V.3.1 Alternateur Alt(G2).....	37
V.3.2 Excitation.....	42
V.3.3 Régulation de tension.....	43
V.3.4 Palier.....	44
V.3.5 Contrôle- Commande- Protection G2. CCP.AL 07.....	45
V.4 Évaluation de tous les poids critiques de la liaison pour l'ensemble des enjeux	47
V.4.1 Evaluation des tous les poids critiques de la liaison par ordre de grandeurs dans l'ensemble des enjeux.....	44
V.4.1.1 Alternateur	47
V.4.1.2 Excitation.....	48
V.4.1.3 Regulation.....	49
V.4.1.4 Palier.....	50
V.4.1.4 Contrôle- Commande-Protection.....	51
V.4.1.4.1 Protection d'échauffement	52
V.5 Avantage et Inconvénient de l'AMDEC	53

CHAPITRE VI ANALYSE DE TACHES DE MAINTENANCE PAR LA METHODE O.M.F..... 54

VI.1 Recherche sur des tâches de maintenance	54
VI.1.1 Tableau d'orientation sur les choix de types de maintenance à effectuer en fonction de résultats de l'analyse de criticité	54
VI.2 Analyse des tâches par la méthode O.M.F	57
VI.3 Alternateur G2.07.AL	59
VI.3.1 Stator G2.07.AL.S.....	59
VI.3.2 Rotor G2.07.AL.R.....	60
VI.3.3 Excitation : G2.07.AL.E.....	61
VI.3.4 Régulation : G2.07.AL.Re	63
VI.3.5 Contrôle-Commande-Protection G2.CCP.AL.07	67

CHAPITRE VII SELECTION ET REGROUPEMENT DE TACHES	73
VII.1 Alternateur	73
VII.2 Excitation.....	74
VII.3 Régulation : G2.07.AL.Re	75
VII.4 Contrôle-Commande-Protection G2.CCP.AL.07	76

CHAPITRE VIII PLANIFICATION DE LA MAINTENANCE	75
--	-----------

CONCLUSION GENERALE.....	
.....77	

LEXIQUE

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

LISTE DES TABLEAUX

Tableau N°1 : Enjeux

Tableau N°2 : Fréquence

Tableau N°3 : Gravité

Tableau N°4 : Efficacité

Tableau N°5 : Facilité

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Alternateur

Annexe 2 : Régulateur

Annexe3 : Excitatrice

Annexe4 : Quelques théories de la maintenance

INTRODUCTION GENERALE

La Maintenance est l'ensemble des activités qui servent à maintenir les qualités telles que : sécurité des personnes, sureté de fonctionnement et la qualité de service, le maintien du patrimoine, le contrôle et la maitrise de couts de maintenance d'une installation durant sa vie.

*La **JIRAMA** (Jiro sy Rano Malagasy) a choisi une politique générale pour la Maintenance des ces production d'énergie et l'équipement.*

*Un projet de Maintenance est actuellement en cours d'application avec la collaboration de l'Electricité de France (**E.D.F**) adoptant la méthode d'Optimisation de la Maintenance par la Fiabilité (**OMF**)*

On projette d'appliquer cette méthode sur la production d'énergie (Alternateur) au C.T.A (Centrale Thermique d'Ambohimambola)

Dans le première partie nous allons parler de la technologie générale de la Machine Synchrone qui comprend : le fonctionnement d'une machine synchrones ensuite le système d'excitation et enfin le système de régulation de tension.

*La deuxième partie est réservée à la politique de la Maintenance adoptée par la JIRAMA et qui comporte le principe de la méthode O.M.F dans le domaine de la machine synchrone, le découpage et codification des matériels devant faire l'objet d'un suivi, d'un contrôle et d'une maintenance, l'analyse fonctionnelle, l'**AMDEC** (Analyse des **M**odes des **D**éfaillance de leurs **E**ffets et des leurs **C**riticités), l'analyse des tâches de maintenance par la méthode OMF, la sélection et le regroupement des tâches et la planification de la maintenance.*

BREVE HISTORIQUE DE LA JI.RA.MA

La **JIRAMA** a été créée en 1975 après la nationalisation des sociétés SMEE (Société Malgache des Eaux et Electricité) et la SEM (Société d'Energie de Madagascar).

Comme nous nous intéressons au Réseaux Interconnecté de TANA, les sites de production des Réseaux d'Interconnexion sont les centrales hydrauliques de MANDRAKA, ANDEKALEKA, MANANDONA, ANTELOMITA, et les centrales thermiques d'AMBOHIMANAMBOLA et d'ANTSIRABE.

La centrale Hydraulique de Mandraka a été installée en 1954 sous tutelle de la Société SEM.

Dans ce même ordre d'idée de tutelage, en 1956 la sous-station Ambodivona a été créée sous l'égide de la société EEM (Electricité et Eaux de Madagascar).

Toujours est-il, qu'entre 1956 et 1968, le réseau de transport a été constitué d'un départ (centrale Mandraka) et d'une arrivée (S/S Ambodivona). A partir de 1968, la S/S Ambodivona a été interconnectée à la PIA (Poste d'interconnexion d'Ambohimanambola).

Par ailleurs, la Société EEM disposait d'un central hydraulique d'Antelomita issue de la chute de Tsiazompaniry (source d'alimentation Hydroélectrique). La tension nominale était de 35000V entre 1905 et 1910.

La société SEM a acheté l'énergie électrique auprès de la Société EEM pour renforcer la centrale hydraulique d'Antelomita à cause l'insuffisance de la distribution de l'eau et de l'électricité dans la ville de Tananarive.

En ce temps là, Antelomita et Mandraka ont constitué les sites de production pour la fourniture de l'énergie pour Tananarive.

En 1974, la société EEM a été nationalisée et devenue sous la tutelle de la SMEE (Société Malgache des Eaux et Electricité).

En somme à partir de 1975 la fusion des Sociétés SEEM a donné la naissance de la **JIRAMA** jusqu'à nos jours. /.

Premier partie CHNOLOGIE GENERALE
DE LA MACHINE SYNCHRONE



CHAPITRE I : FONCTIONNEMENT DE LA MACHINE SYNCHRONE

Les grandeurs de fonctionnement d'un alternateur restent les mêmes que celles d'une machine à courant continu :

- La vitesse de rotation n : [tr/mn]
- Le courant d'excitation ou courant inducteur j : [A]
- La tension aux bornes de l'induit U : [V]
- Le courant débité : La seule différence avec le courant continu, consiste en :
sa valeur efficace I et en son **déphasage φ** sur la tension.

I.1 Principe de fonctionnement

Une machine synchrone comporte deux parties séparées par un entrefer

a) **L'inducteur : le rotor ou la roue polaire.**

- C'est la partie tournante. L'électroaimant alimenté (excité) en courant continu, génère une paire de pôles (p) « sud nord » alternés.
- Il faut apporter le courant à l'inducteur par l'intermédiaire d'une bague et de balais
- Les rotors à pôles saillants (nombre de pôles élevés utilisés pour des machines tournantes à faible vitesse
- Les rotors à pôles lisses utilisés pour des machines tournantes à grande vitesse

b) **L'induit : le stator.**

- C'est la partie fixe. Il est constitué de trois enroulements pour les machines triphasées et un enroulement pour les monophasées
- Chaque enroulement comporte N conducteurs actifs. Lorsque la roue polaire est entraînée à une vitesse n , les enroulements de l'induit constituent le siège d'une f.é.m. induite et forment un système de tensions équilibrées de fréquence :

$$f = n.p \quad p : (\text{nombre de paires de pôles})$$

Une génératrice synchrone transforme l'énergie mécanique (T, Ω) en énergie électrique (V, I de fréquence f).

Un aimant tourne à la fréquence n , la spire est traversée par un flux variable $\varphi(t)$ d'où la création d'une f.é.m. induite.

$$e(t) = - \frac{d\varphi}{dt} \quad (1)$$

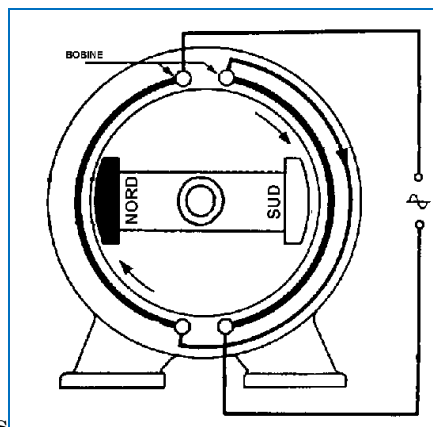
La fréquence de cette f.é.m. est telle que : $f = n$, soit $\Omega = \omega$ avec ω vitesse de rotation du rotor (aimant) et ω la pulsation de la f.é.m. sinusoïdale induite, en rad / s.

1.1.1 : Fonctionnement en Moteur

- En fonctionnement **MOTEUR** la fréquence de rotation est imposée par la fréquence du courant alternatif qui alimente l'induit
- Le stator est alimenté par un réseau triphasé équilibré. Les courants vont parcourir les enroulements et créent un champ tournant à la vitesse angulaire Ω_s telle que :

$$\Omega_s = \frac{\omega_s}{p} \quad (2)$$

ω_s : Pulsation des courants statorique



p : nombre de paires de pôles

Le champ tournant créé peut être caractérisé par une succession de plages polaires fictives $N1, S1, N2, S2, \dots$, qui glissent à l'intérieur du stator au voisinage de l'entrefer.



La machine est excitée par un courant d'excitation I_e où le rotor se présente comme une roue polaire à $(2p)$ pôles N1, S2, N2, S2

I.1.2 Fonctionnement en Générateur

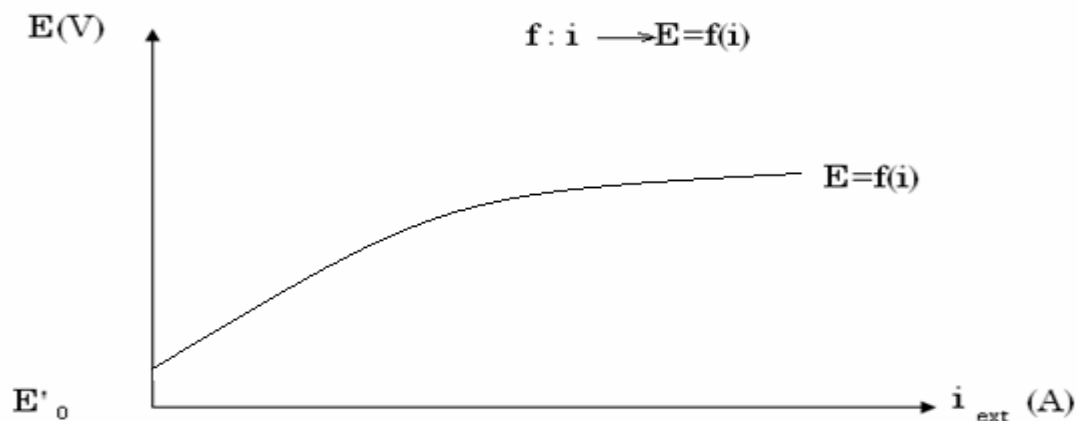
- La machine synchrone, appelée ALTERNATEUR lorsqu'elle fonctionne en génératrice, fournit une énergie électrique.

I.2 Caractéristique de fonctionnement

La caractéristique de fonctionnement de la machine représente la relation entre la tension aux bornes d'induit et le courant.

I.2.1 Caractéristique à vide

La vitesse de rotation doit être constante, et la variation de force magnétique E_0 dépend de la variation du courant d'excitation I_{ext} .



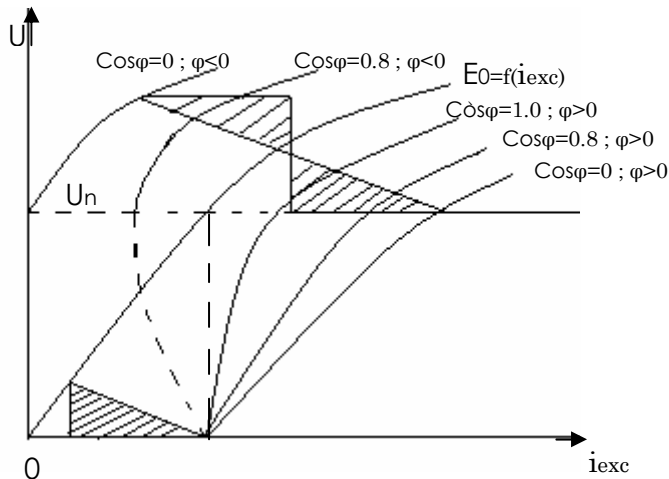
E'_0 : Tension rémanente

$E'_0 = 6 \text{ à } 50V$

I.2.2 La caractéristique en charge

Les caractéristiques en charge donnent la relation entre :

$U = f(i_{exc})$ pour $I = \text{const}$; $f = \text{const}$ et $\cos\varphi = \text{const}$



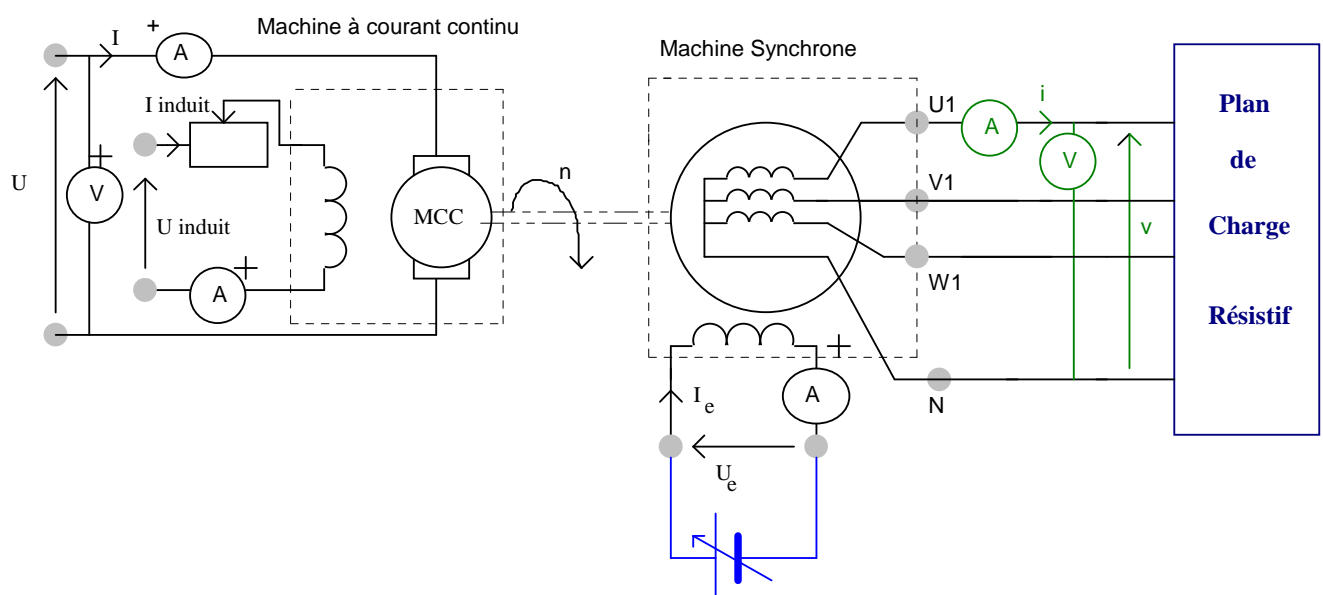
La caractéristique en charge pour $\cos\varphi \approx 0$ et $\varphi \approx \pi/2$ présente le plus grand intérêt pratique car elle permet de déterminer la réactance inductive de Potier x_p pour la construction du diagramme de la force électromagnétomotrice.

Les caractéristiques en charge pour $\cos\varphi = 0.8$ ($\varphi > 0$) et $\cos\varphi = 1$ passent au-dessus de la caractéristique pour $\cos\varphi = 0$ et ne sont pas parallèles à la

caractéristique à vide $E_0 = f(i_{exc})$.

Les caractéristiques avec $\cos\varphi = 0.8$ et $\cos\varphi = 0$ mais pour un courant en avance ($\varphi < 0$) passent au-dessus de la caractéristique à vide. La caractéristique pour $\cos\varphi = 0$ peut être obtenue également par déplacement du triangle de réactances suivant la caractéristique à vide mais en inversant la position du triangle, car dans ce cas la chute de tension inductive $+jI_x p$ provoque un accroissement de la tension et la réaction d'induit a une action magnétisante.

I.2.3 Le schéma du montage de l'alternateur en charge





CHAPITRE II : SYSTEME D'EXCITATION DE LA MACHINE SYNCHROME

➤ Problème posé :

L'inducteur a besoin d'une alimentation en courant continu. Elle peut être obtenue :

- à partir d'une source continue.
- à partir d'une source alternative transformée en courant continu à l'aide d'un dispositif de redressement

➤ Notion

Il s'agit d'une solution « ancienne », la seule qui existe depuis 1955

Un générateur à courant continu (shunt ou compound) fournit au rotor la puissance dont il a besoin. Les variations du courant d'excitation de l'alternateur sont obtenues par le réglage du courant d'excitation du générateur.

II.1 Principe de fonctionnement

Le rôle du système d'excitation compound autonome consiste à fournir un courant d'excitation variant avec le courant débité et le **cosφ** de la charge, de façon à maintenir la tension de l'alternateur sensiblement constante sans adjonction d'un autre moyen.

Le réglage d'un tel système nécessite deux moyens de réglage permettant de régler séparément :

- L'excitation à vide, donc la tension à vide
- L'excitation en charge, donc la tension en charge

II.1.1 Schéma synoptique de l'excitatrice

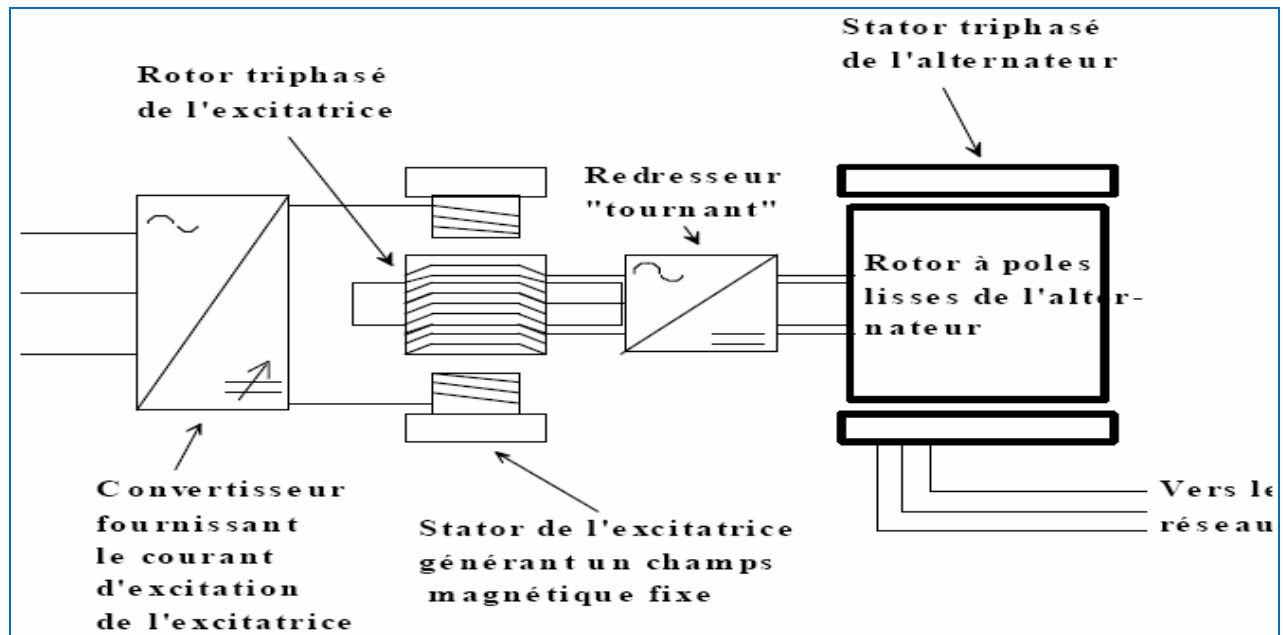


Figure 2 - Dispositif d'excitation statique placé sur l'arbre avec du générateur synchrone

Les puissances d'excitation des alternateurs de forte puissance sont telles (plusieurs mégawatts) qu'il est intéressant d'utiliser la puissance mécanique disponible sur l'arbre pour fournir le courant d'excitation. On utilise alors un système d'excitation monté sur le même arbre que le rotor de l'alternateur. De plus, il est alors possible de supprimer les contacts glissants nécessaires à l'alimentation de l'excitation.

L'excitatrice est en fait un alternateur inversé où le circuit d'excitation placé sur le stator comporte un système d'enroulement triphasé dont les courants sont redressés afin d'alimenter l'inducteur de l'alternateur.

II.1.2 Rôles de l'excitation



L'excitatrice joue le rôle d'un amplificateur et permet de réduire la puissance au compound, donc son encombrement. Cette excitatrice est munie d'un deuxième inducteur utilisé pour la régulation auxiliaire.

CHAPITRE III : SYSTEME DE REGULATION DE TENSION

III.1 Rôles du régulateur.

Le rôle régulateur alimenté par la bobine auxiliaire, consiste à diminuer la tension jusqu'à sa valeur nominale.

En cas de défaillance du régulateur, le passage en marche manuelle « permet un fonctionnement de secours avec une régulation moins fine ».

III.2 Schéma du montage de la régulation

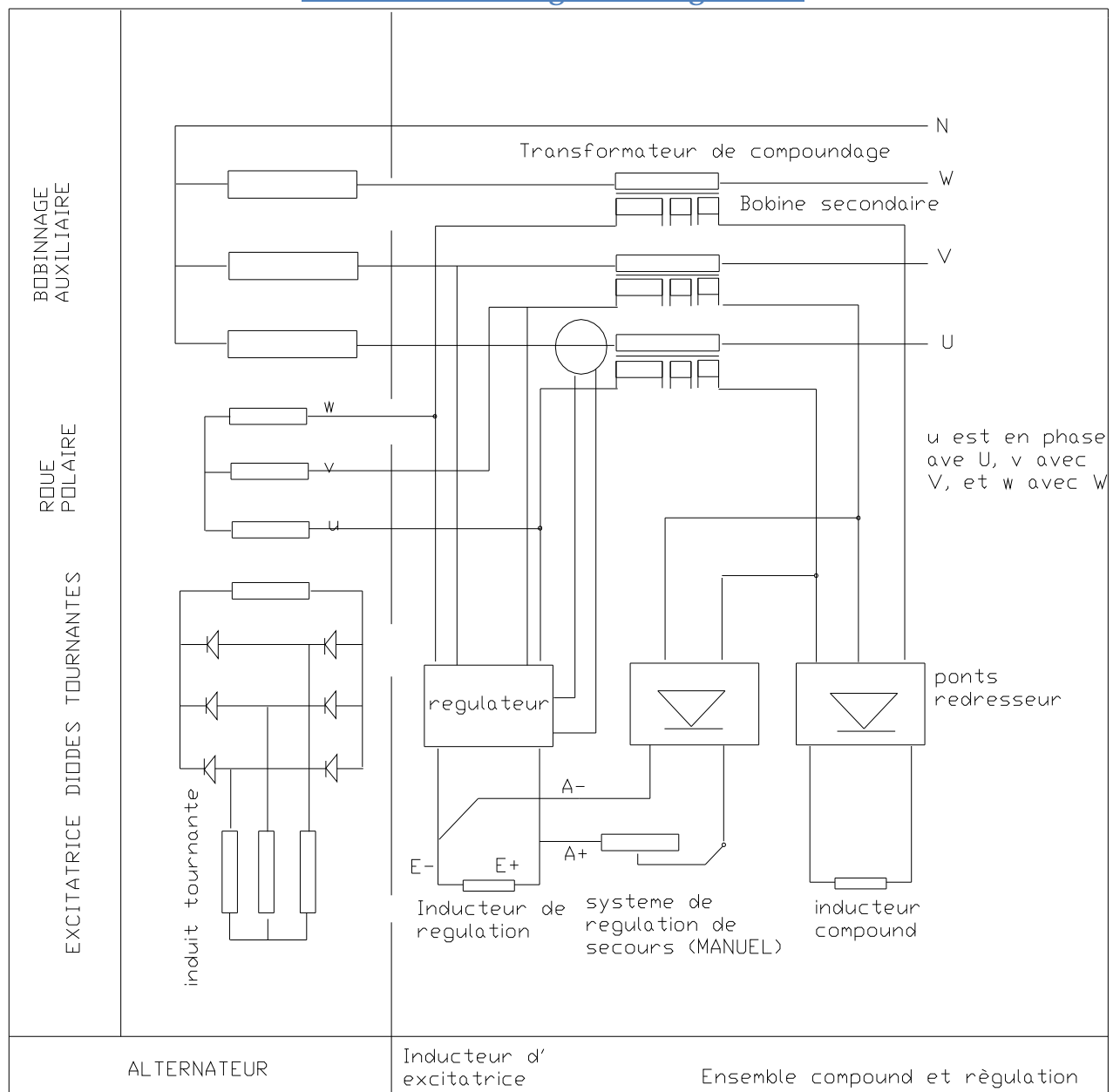


Figure 3 – Montage de la régulation



Deuxième partie POLITIQUE DE LA MAINTENANCE ADOPTÉE PAR LA JI.RA.MA

CHAPITRE I PRINCIPE DE LA METHODE O.M.F DANS LE DOMAINE DE LA MACHINE SYNCHRON

I.1 Définition de l'O.M.F :

MAINTENANCE :

D'après la norme XC60010NF la maintenance est définie comme l'ensemble d'actions, de suivis et de contrôles permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié afin d'assurer un bon fonctionnement et de conserver la qualité de service.

FIABILITE

La fiabilité est définie comme l'aptitude d'un équipement à accomplir une fonction spécifiée, dans des conditions données et en une période donnée (AFNOR).

C'est la probabilité qu'un équipement accomplit en un fonctionnement sans défaillance dans les conditions spécifiées et pendant une période déterminée selon la norme NF (NX060501)

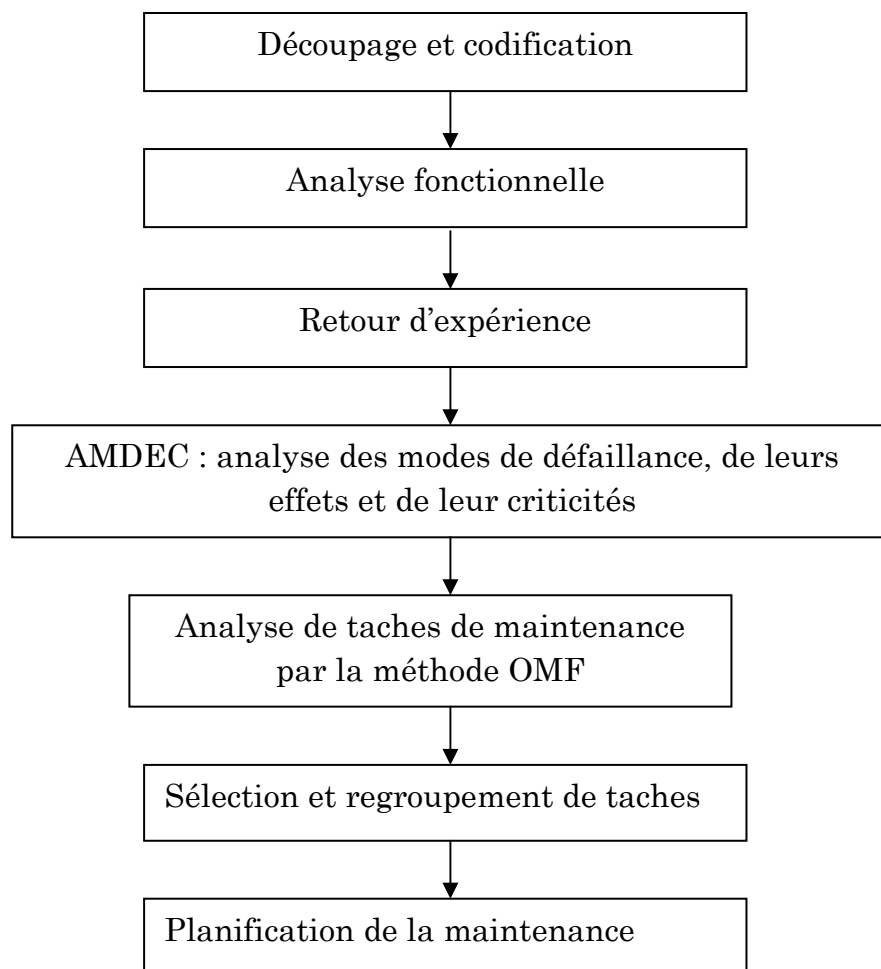
I.2 Objectif de la méthode O.M.F

Cette méthode a pour but de déterminer les meilleurs critères permettant de satisfaire un certain nombre d'exigences telles que : la disponibilité, la sécurité du matériel et du personnel, la réduction du coût de la maintenance et l'amélioration du mode d'exploitation .Les enjeux pour la JIRAMA concernent principalement :

- *La sécurité des personnes*
- *La sûreté de fonctionnement et la qualité du système électrique*
- *Le maintien du patrimoine*
- *Le contrôle et la maîtrise des coûts de la maintenance*

I.3 Organigramme simple de l'O.M.F

Le schéma suivant nous montre l'organigramme simplifié de cette méthode



CHAPITRE II : DECOUPAGE ET CODIFICATION DES MATERIELS DEVANT FAIRE L'OBJET D'UN SUIVI, D'UN CONTROLE ET D'UNE MAINTENANCE

II.1 Découpage et codification

Les différentes étapes du projet de maintenance de la JIRAMA se répartissent comme suit :

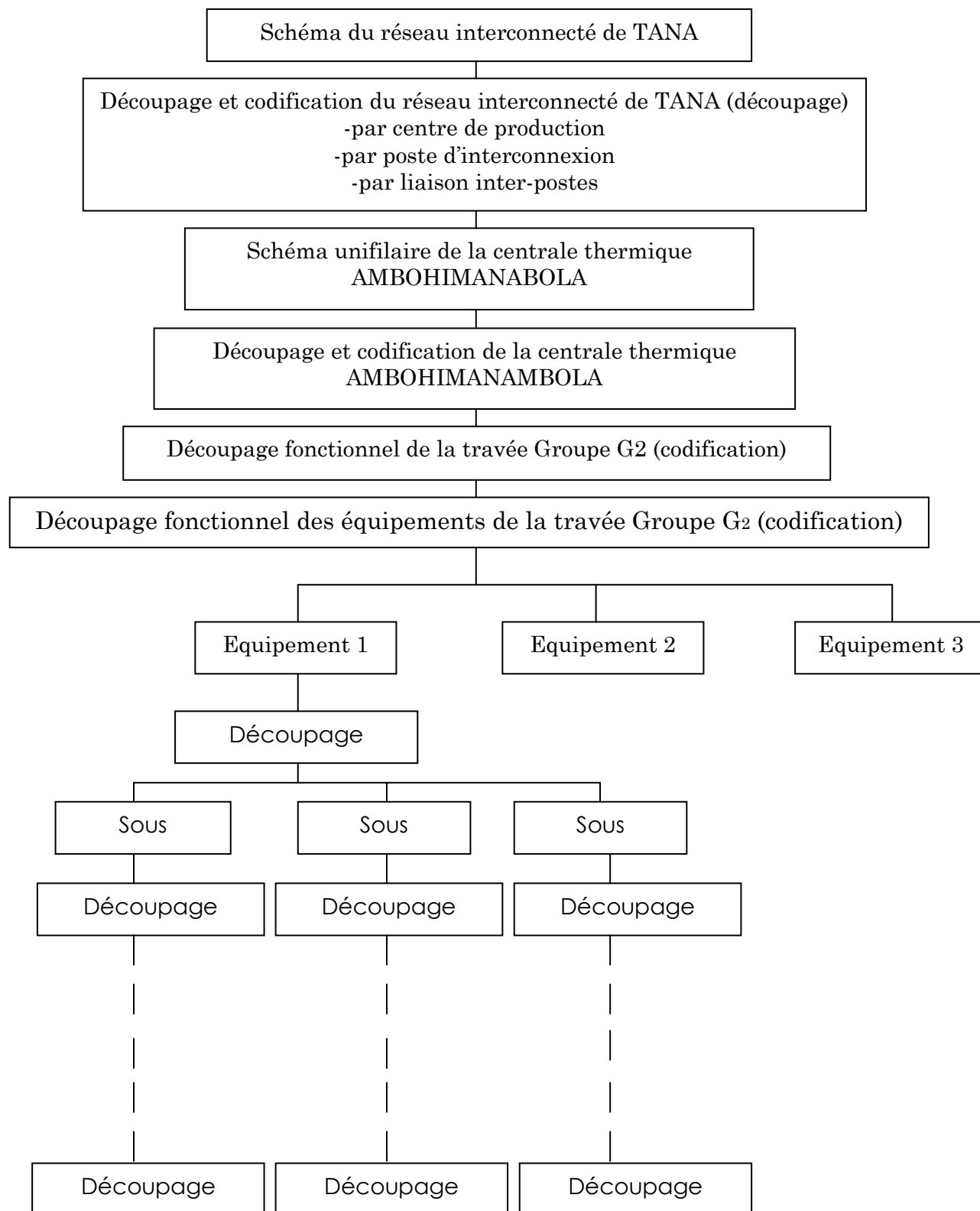
- Réorganisation de la politique de maintenance
- Initialisation de la procédure (déclinaison de la nouvelle politique de maintenance)
- Application de la procédure sur le site (site d'application)

L'application de la procédure sur site nécessite le découpage des matériels par la travée.

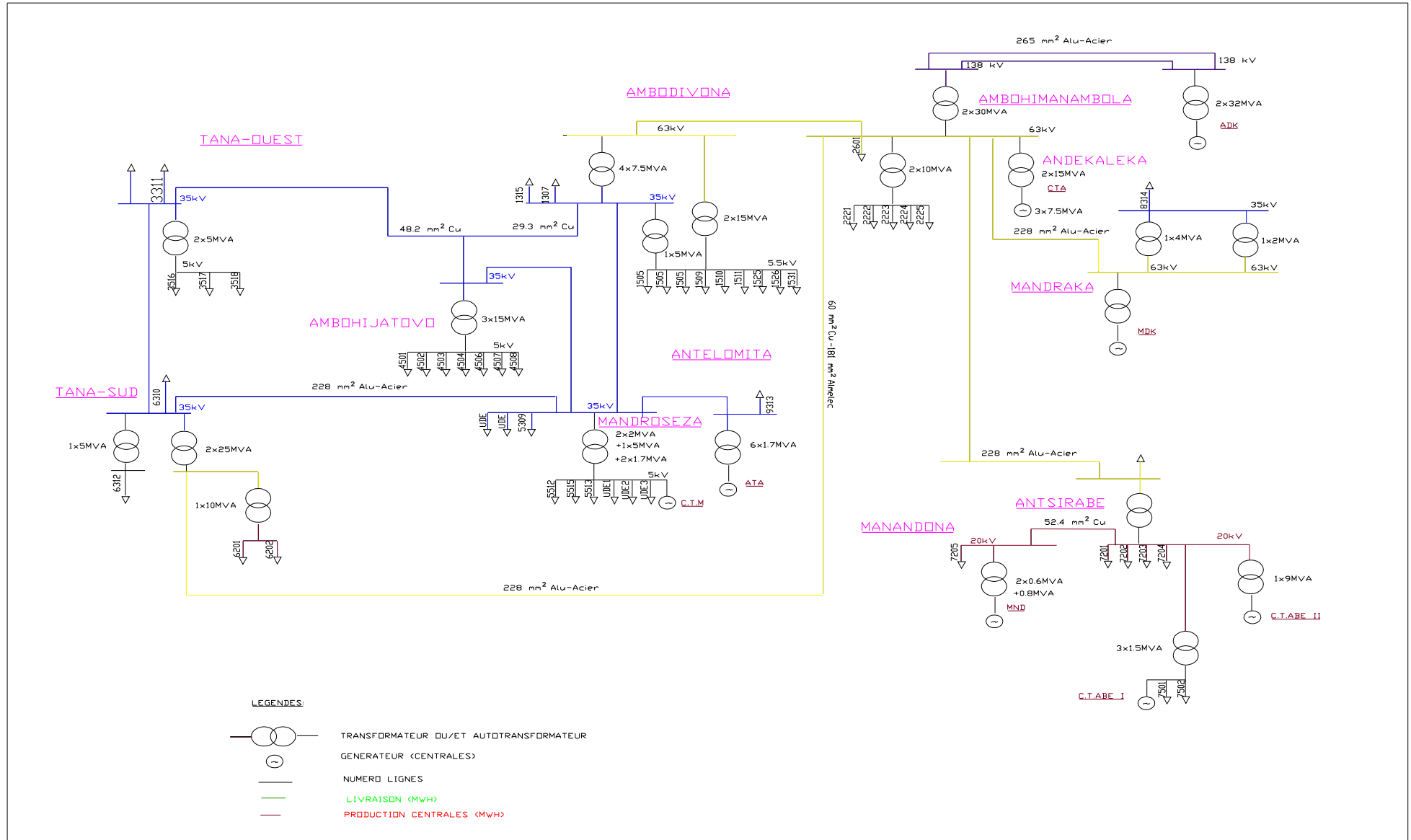
Le découpage ne sera clair et identifiable que si nous suivons le plan d'action de découpage proposé ci-dessous.

(Voir tableau du plan d'action de découpage et codification des matériels)

II.2 Plan d'action de découpage



II.2.1 Schéma du réseau interconnecté du Tana



Source : JIRAMA (PIA) poste d'interconnexion d'Ambohimananambola

II.2.1.1 Découpage et codification du réseau interconnecté de Tanà

II.2.1.1.1 Par centre de production

<i>Poste interconnexion</i>	Codification
Centrale hydraulique de Andekaleka	A.D.K
Centrale thermique d'Ambohimambola	C.T.A
Centrale hydraulique de Mandraka	M.D.K
Centrale hydraulique de Manandona	M.N.D
Centrale thermique d'Antsirabe I	C.T.ABE I
Centrale thermique d'Antsirabe II	C.T.ABE II
Centrale hydraulique d'Antelomita	A.T.A
Centrale thermique de Mandroseza	C.T.M

II.2.1.1.2 Par poste d'interconnexion

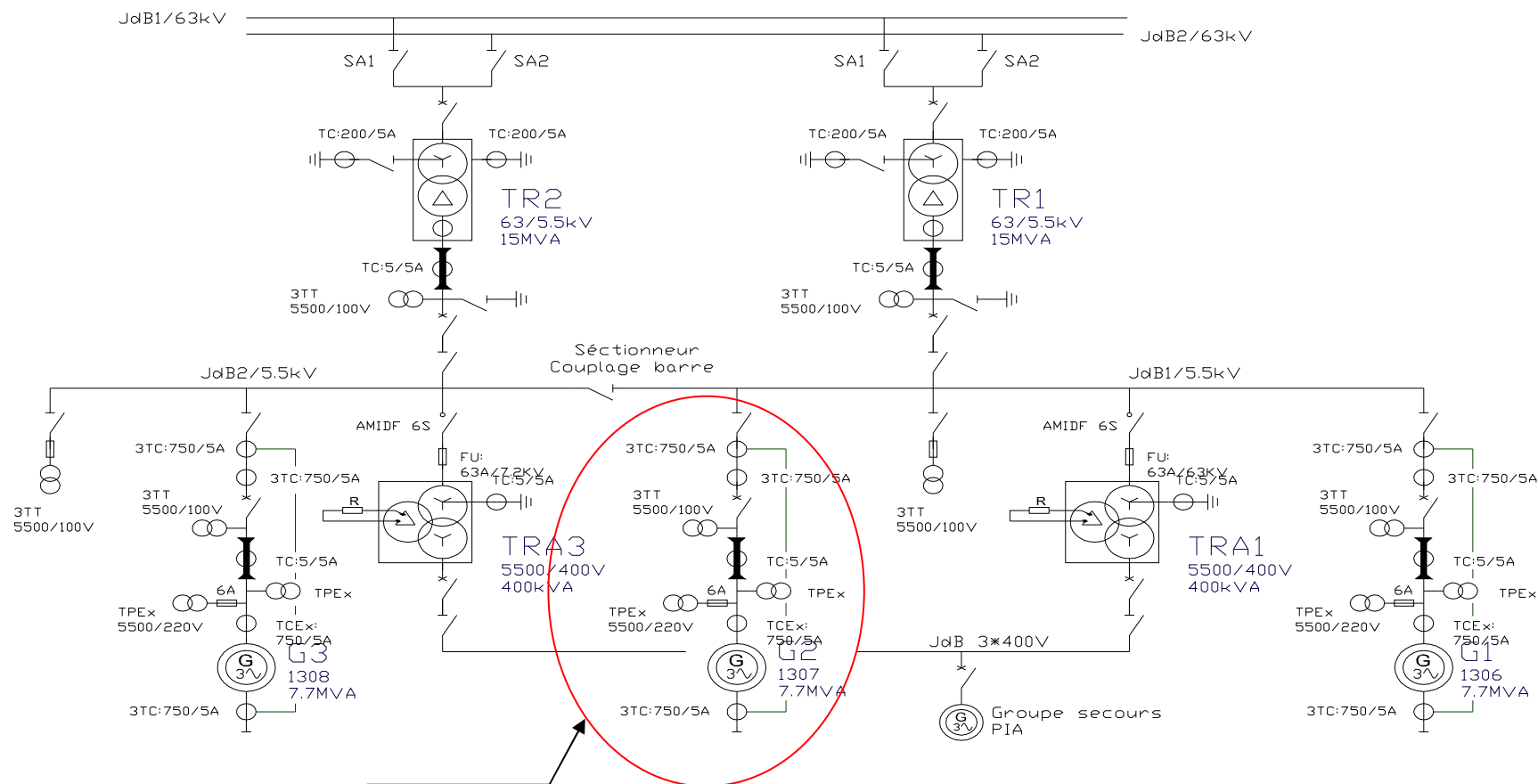
<i>Poste interconnexion</i>	Codification
Poste interconnexion Ambohimambola	Pi
Sous –station Ambodivona	Bo
Sous-station Tanà Sud	Ts
Sous-station Tanà Ouest	To
Sous-station Ambohijatovo	Hi
Poste Antsirabe	Se
Poste Mandroseza	Be
Poste Andekaleka	Ka
Poste Mandraka	Dr
Poste Manandona	Mi
Poste Antelomita	Do

II.2.1.1.3 Par liaison inter poste (bretelle)

Lignes	Codification
Manandona – Antsirabe (20KV)	L20
Antelomita – Mandroseza (35KV)	L35-1
Ambohijatovo – Mandroseza (35KV)	L35-2
Mandroseza – Tanà sud (35KV)	L35-3
Tanà sud – Tanà ouest (35KV)	L35-4
Tanà ouest – Ambohijatovo (35KV)	L35-5
Ambodivona – Tana ouest (35KV)	L35-6
Ambodivona – Ammonisation (35KV)	L35-7
Ambodivona – Mandroseza (35KV)	L35-8
Ambohimanambola – Tanà sud (63KV)	L63-1
Ambohimanambola – Ambodivona (63KV)	L63-2
Ambohimanambola – Antsirabe (63KV)	L63-3
Mandraka – Ambohimanambola (63KV)	L63-4
Andekaleka – Ambohimanambola (138KV)	L2101
Ligne n°1	L2102
Ligne n°2	



II.2.2 Schéma unifilaire de la centrale thermique Ambohimambola(C.T.A)



TRAVEE G2

CENTRALE THERMIQUE AMBOHIMANAMBOLA

SCHEMA UNIFILAIRE
CENTRALE THERMIQUE

Echelle: 1/1.00

Dess: R.ha.ja

Date: 19/06/07

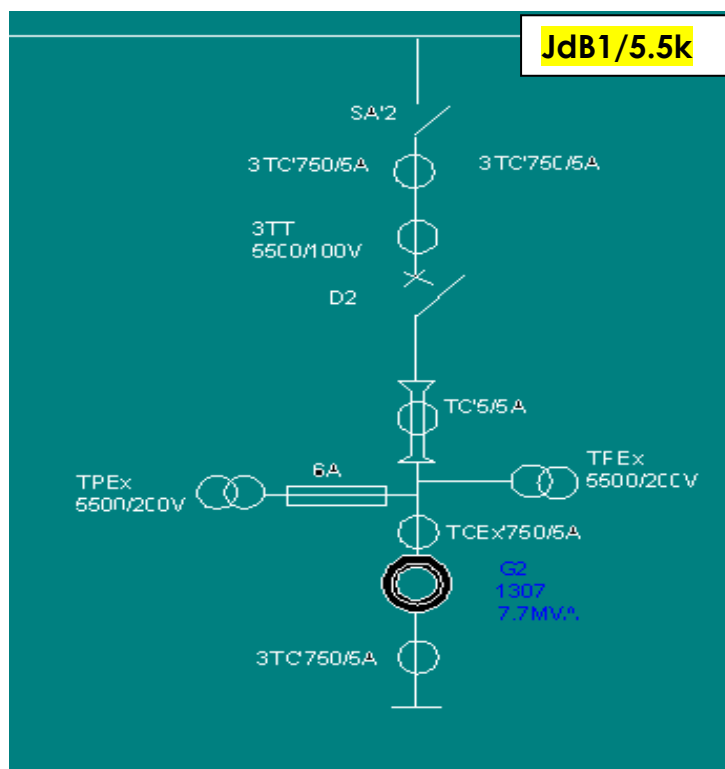
JIRAMA/DERI

N° Plan: 001

II.2.2.1 Découpage général et codification des équipements électriques de la centrale thermique Ambohimananambola

<i>Équipement</i>	<i>Codification</i>
Sectionneur (SP 72.5Kv 120A)	SA1-63
Sectionneur (SP 72.5kV 120A)	SA2-63
Disjoncteur coté 63kVn°1	D1-63
Disjoncteur coté 63kVn°2	D2-63
Contrôle- Commande-Protection 1	C.C.P-63
Transformateur de puissance 63/5.5kV	TR2-63
Disjoncteur coté 5.5kVn°1	D1-5.5
Disjoncteur coté 5.5kVn°2	D2-5.5
Contrôle- Commande-Protection 2	C.C.P-5.5
Sectionneur couplage barre	SA1-5.5
Sectionneur couplage barre	SA2-5.5
Sectionneur	SA1-5.5
Sectionneur	SA2-5.5
Sectionneur	SA3-5.5
Transformateur auxiliaire 5500/400V 400kVA	TRA3-5.5
Transformateur auxiliaire 5500/400V 400Kva	TRA1-5.5
Travée G1	G1
Travée G2	G2
Travée G3	G3
Sectionneur couplage transformateur 3*400V	SA3-1.2
Sectionneur couplage transformateur 3*400V	SA4-1.2
Groupe secours PIA	G1 PIA

II.2.3 Schéma de la travée G₂



II.2.3.1 Découpage fonctionnel de la travée G₂

<i>Équipement</i>	<i>Codification</i>
Sectionneur 5.5 kV (coté barre 5.5kV)	G ₂ .SA 5
Disjoncteur 5.5 kV	G ₂ .D5
Câbles navettes de puissance TC 5/5A	G ₂ .TC'.07
Contrôle-Commande-Protection du Groupe n°1307	G ₂ .C.C.P.07
Groupe G2 (n°1307)	G ₂ .07

II.2.3.1.1 Découpage fonctionnel et codification des équipements de la travée du GROUPE G₂ n°1307 (G₂.07)

<i>Organe (découpage niveau 1)</i>	<i>Codification</i>
Moteur thermique d'entraînement (n°1307)	G ₂ .07.M
Alternateur (n°1307)	G ₂ .07.AL
Auxiliaires (n°1307)	G ₂ .07.AU



Contrôle-Commande-Protection d'Alternateur	G2.CCP.AL.07
--	--------------

II.2.3.1.1.1 Alternateur : G2.07.AL

<i>Organe (découpage niveau 2)</i>	<i>Codification</i>
Stator	G2.07.AL.S
Rotor	G2.07.AL.R
Excitatrice	G2.07.AL.E
Régulateur	G2.07.AL.Re
Palier	G2.07.AL.P

II.2.3.1.1.1.1 Stator : G2.07.AL.S

<i>Organe (découpage niveau3)</i>	<i>Codification</i>
Enroulement statorique	G2.07.AL.S1
Circuit magnétique	G2.07.AL.S2

II.2.3.1.1.1.2 Rotor : G2.07.AL.R

<i>Organe (découpage niveau3)</i>	<i>Codification</i>
Enroulement Rotorique	G2.07.AL.R1
Circuit magnétique	G2.07.AL.R2

II.2.3.1.1.2 Excitation : G2.07.AL.E

Organe (découpage niveau3)	Codification
Rotor (Induit)	G2.07.AL.E1
Stator (Inducteur)	G2.07.AL.E2
Diode tournante	G2.07.AL.E3

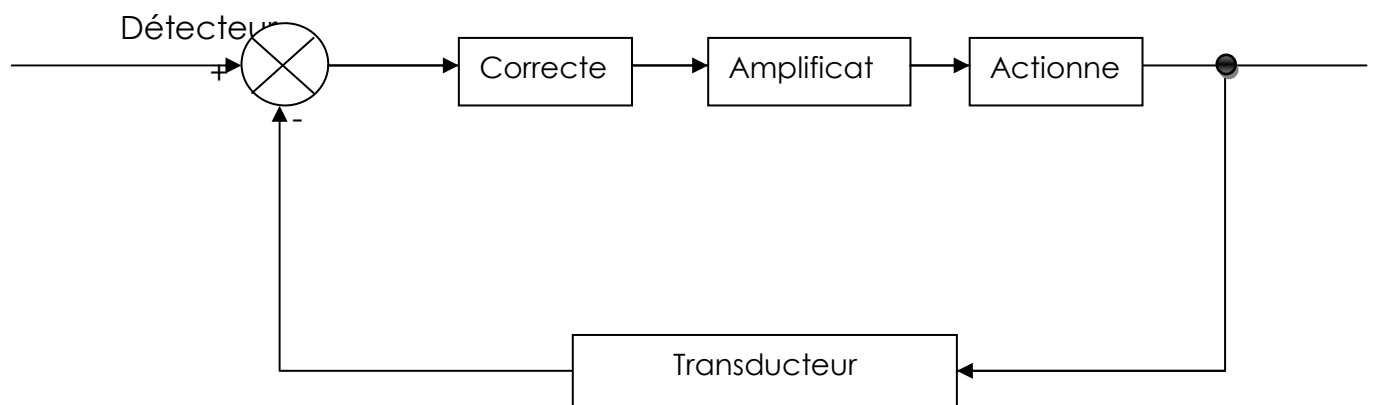
II.2.3.1.1.2.1 Rotor G2.07.AL.E1

Organe (découpage niveau4)	Codification
Enroulement Rotorique	G2.07.AL.E1.1
Circuit magnétique	G2.07.AL.E1.1

II.2.3.1.1.2.2 Stator G2.07.AL.E2

Organe (découpage niveau4)	Codification
Enroulement statorique	G2.07.AL.E2.1
Circuit magnétique	G2.07.AL.E2.1

II.2.3.1.1.3 Régulateur de tension: G2.07.AL.Re



<i>Organe (découpage niveau3)</i>	<i>Codification</i>
Détecteur d'écart	G2.07.AL.Re1
Correcteur	G2.07.AL.Re2
Amplificateur	G2.07.AL.Re3
Actionneur	G2.07.AL.Re4
Transducteur de tension	G2.07.AL.Re5

II.2.3.1.1.4 Contrôle Commande Protection d'Alternateur G2.CCP.AL.07

II.2.3.1.1.5 Protections électriques d'alternateur: G2.CCPE.AL.07



<i>Organe (découpage niveau1)</i>	<i>Codification</i>
Protection différentielle (bobine)	G2. CCPE .AL.07.RIi
Protection surcharge (surintensité)	G2. CCPE.AL. 07 .RIb
Protection retour de puissance	G2. CCPE.AL 07 .RIc
Protection défaut terre	G2. CCPE.AL. 07.RIa
Protection surtension	G2. CCPE.AL. 07.RIUc
Protection d'échauffement	G2. CCP°C .AL.07

Organe (découpage niveau 2)	Codification
Capteur	G2. CCPE .AL.07.RI...
Transducteur	G2. CCPE .AL.07.RI...
Relais de protection	G2. CCPE .AL.07.RI...
Auxiliaire	G2. CCPE .AL.07.RI...
Relais déclencheur	G2. CCPE .AL.07.RI...
disjoncteur	G2. CCPE .AL.07.RI...

- La codification du découpage niveau 2 varie en fonction de la codification du découpage niveau 1.

II.2.3.1.1.6 Protection d'échauffement d'alternateur: G2. CCP°C 07

Organe (découpage niveau1)	Codification
Ventilateur	G2. CCP°C 07.RIv
Filtre à air	G2. CCP°C 07.Rif

CHAPITRE III : ANALYSE FONCTIONNELLE

Elle permet de mettre en évidence, après un découpage fonctionnel, l'importance, les fonctions et sous fonctions de chaque équipement ainsi que les relations fonctionnelles entre ses composants, dans le but de localiser l'origine d'une défaillance et de mesurer l'impact des conséquences.

III.1 Alternateur: G2.07.AL

III.1.1 Stator: G2.07.AL.S

Explosion

Risqué de détérioration du stator

Vibration excessive et grognement
provenant de la machine

Charge monophasée

Contacteur défectueux

Marche en monophasé de l'alternateur

Court-circuit stator

Défaut de l'installation



III.1.1.1 Circuit magnétique G2.07.AL.S2

Arrêt de production

Mauvais fonctionnement de la machine

Echauffement anormal du fer actif statorique

L'alternateur fonctionne sous une tension inférieure à la valeur nominale

L'alternateur tourne à une vitesse inférieure à la valeur nominale

Mauvais fonctionnement du moteur d'entraînement

Le fer actif s'échauffe anormalement par endroit en marche à vide de l'alternateur sous la tension

Baisse de la fréquence du réseau

III.1.1.2 Enroulement statorique G2.07.AL.S1

Arrêt de production d'énergie

Enroulement grillé

Echauffement anormal de l'enroulement statorique

Echauffement anormal du fer actif statorique

Sur charge de l'alternateur

Arrêt de production d'énergie

Une partie de l'enroulement est grillée

Une partie de l'enroulement statorique s'échauffe anormalement

L'alternateur produit un ronflement anormal

Les tensions entre phase sont différentes

Court-circuit entre deux phases ou mise à la masse de l'enroulement en deux endroits

Court-circuit entre spires

III.1.2 Rotor G2.07.AL.R

III.1.2.1 Circuit magnétique G2.07.AL.R2

Risque de détérioration des deux éléments

Frottement entre deux éléments (stator et rotor)

Le fer actif se dilate

Echauffement anormal de certaines portions de la surface du rotor

Charge asymétrique du rotor

Court-circuit asymétrique

Risque de détérioration des deux éléments

Frottement entre deux éléments (stator et rotor)

Déconnexion de câblage électrique

Vibration excessive

Défaut d'équilibrage du rotor

III.1.2.2 Enroulement Rotorique G2.07.AL.R1

Arrêt de production d'énergie

Enroulement grillé

Echauffement anormal de l'enroulement rotorique

Echauffement anormal du fer actif rotorique

Surcharge de l'alternateur

III.1.3 Excitation: G2.07.AL.E

III.1.3.1 Enroulement statorique G2.07.AL.E1

Arrêt de production

Disparition de la tension pendant le fonctionnement

Enroulement grillé

Échauffement anormal de
l'enroulement d'excitation

Le courant d'excitation est très intense

L'alternateur tourne à une vitesse
inférieure à la valeur nominale

L'alternateur fonctionne sous une tension
supérieure à la valeur nominale

L'alternateur fonctionne avec
un facteur de puissance réduit

Sa puissance réactive est trop grande

Forte augmentation du courant d'excitation

Court-circuit entre spires

Mise à la masse en deux endroits de
l'enroulement d'excitation

III.1.4 Régulation de tension: G2.07.AL.Re

Risque d'avarie d'alternateur

Elévation excessive de tension

Baisse de tension

Non fonctionnement du chargeur de prise

Blocage de régulateur

Fusible de transformateur
de mesures défectueuses

Tension d'alimentation
du régulateur très basse

Signal de régulation non transmis

Défaut interne du régulateur

Déconnexion de filtre à l'entrée
ou à la sortie du régulateur

III.1.4.1 Amplificateur G2.07.AL.Re3

Arrêt de production

Détérioration du stator

Court-circuit indirect (en masse)

Claquage des isolations

Tension trop élevée

Défaut de régulateur

Rhéostat mal réglé

III.1.5 Palier : G2.07.AL.P

Arrêt de production d'énergie

Coincement du palier

Échauffement excessif du au palier

Le graissage est carbonisé

Le roulement est bleui

Roulement insuffisamment bloqué

Mauvais alignement des paliers

III.1.6 Protection d'échauffement d'alternateur: G2. CCP°C.AL. 07. Riv.

III.1.6.1 Ventilateur G2. CCP°C .AL.07.Riv.

Arrêt de production

Détérioration du stator

Court circuit entre spire

Claquage des isolations

Echauffement de l'enroulement statorique

Insuffisance de débit d'air de refroidissement

Canaux de ventilateur de la machine obstrués

III.1.6.2 Filtre à air : G2. CCP°C .AL.07.Rif

Arrêt de production d'énergie

Claquage des isolations

Echauffement anormal de toute la machine

Insuffisance de débit d'air de refroidissement

Filtres à air obstrués

Ses épurateurs d'air obstrués

Préséance de poussière

CHAPITRE IV RETOUR D'EXPERIENCE (R.E.X) FIABILITE DES EQUIPEMENT

IV.1 Informations sur les incidents antérieurs

IV.2 Alternateur G2.07.AL

IV.2.1.1 Stator

<i>Centrale : Ambohimanambola</i> <i>Travée : G₂</i> <i>Equipement : Stator G₂.07.AL.S</i>		
MODE DE DEFAILLANCE	TRAVAUX EFFECTUES	DATE
Echauffement anormal de l'enroulement statorique	-renforcement de ventilation de la machine par l'installation d'un ventilateur complémentaire -changement d'un filtre à air -enlèvement de surcharge (délestage)	13/05/06
Tension trop basse	-Vérification de vitesse d'entraînement -vérification de branchement du régulateur -changement des diodes tournantes claquées	27/05/06

IV.2.1.2 Excitation

<i>Centrale : Ambohimanambola</i> <i>Travée : G₂</i> <i>Equipement : Excitatrice G₂.07.AL.E</i>		
MODE DE DEFAILLANCE	TRAVAUX EFFECTUES	DATE
Tension bonne à vide et trop basse charge	Changement de diode tournante défectueuse	17/01/04
Disparition de la tension pendant le fonctionnement	Rebobinage de l'inducteur d'excitatrice coupé	14/02/07

Mode de défaillance

Un mode de défaillance est la manière par la quelle un dispositif n'arrive plus convenablement remplir sa fonction. Le mode de défaillance qui est toujours relatif à la fonction du dispositif s'exprime toujours en termes physiques.

IV.3 Information techniques

IV.3.1 Informations sur les maintenances déjà effectuées

<i>TYPE DE MAINTENANCE</i>	<i>EQUIPEMENT</i>	<i>TACHES DE MAINTENANCE</i>	<i>DATE</i>
Entretien périodique	Filtre à air de l'alternateur G2.CCP AL.07.Rif	<ul style="list-style-type: none">• Remplacement et entretien du filtre à air	1/2 mois
	Excitatrice G2.07.AL.E Régulateur de tension G2.07.AL.Re	<ul style="list-style-type: none">• Nettoyage de l'armoire• Nettoyage de la cuve• Nettoyage de l'armoire	
	-Protection électrique -Commande et signalisation -Equipement TLG/TC	<ul style="list-style-type: none">• Contrôle mise à la borne• Nettoyage de toute la composante• Contrôle de serrage	1 mois
	-Auxiliaire groupe -Armoire divisionnaire	Nettoyage de l'armoire	
Action périodique	Alternateur		
	Stator G2.07.AL.S et rotor G2.07.AL.R	<ul style="list-style-type: none">• Contrôle d'état d'isolation de bobine• Contrôle d'état d'encoche• Contrôle d'état de calage• Contrôle d'état de frettage• Contrôle d'entrefer• Contrôle d'état de diode	1 /an

TYPE DE MAINTENANCE	EQUIPEMENT	TACHES DE MAINTENANCE	DATE
Action périodique	Protection		1/an
	Protection retour de puissance : G2.CCPE.AL.07.RIc Protection court circuit : G2.CCPE.AL.07.RIb Protection surtension : G2.CCPE.AL.07.RIc Protection différentielle : G2.CCPE.AL.07.RIi	-Contrôle de serrage -Contrôle de l'état de fonctionnement	

FIABILITE

L'étude de la fiabilité d'un équipement à partir de retour d'expérience permet de déterminer la période optimale d'intervention .

Pour estimer la fiabilité sa moyenne des temps de bon fonctionnement MTBF, il faut partir de la formule :

$$MTBF = \int_0^{\infty} R(t)dt \quad (1)$$

Ou R(t) désigne la fonction de fiabilité, elle est obtenue par :

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (2)$$

λ : taux de défaillance évalué à partir des informations sur les incidents antérieurs :

Remarque :

- Ces formules ne sont pas valables pour les équipements qui n'ont subi aucune défaillance depuis leur mise en service, mais leur période de maintenance peut être déterminée à l'aide d'expérience et des informations techniques.
- La plupart des équipements électriques sont livrés avec des notes préconisant des contrôles, des visites et des différents niveaux de maintenance, mais leur application dépend surtout des conditions d'exploitation.



CHAPITRE V AMDEC : ANALYSE DES MODES DE DEFAILLANCE, DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITES

V.1 Notion de l'AMDEC

L'analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leurs criticités (**AMDEC**) est une méthode **d'analyse prévisionnelle de la fiabilité** qui permet de recenser systématiquement les défaillances potentielles d'un dispositif puis d'estimer les risques liés à l'apparition de ces défaillances, afin d'engager les actions correctives à apporter à ce dispositif. L'AMDEC a fait son apparition en France dans le domaine aéronautique (Concorde puis Airbus) au cours des années 1960 (cf. encadré). Introduite dans l'industrie manufacturière de série depuis les années 1980, son application y reste, encore aujourd'hui, très répandue. L'industrie de procédés pour sa part met en œuvre plus facilement la méthode HAZOP dont les fondements s'inspirent de l'AMDEC.

V.2 : Buts de l'AMDEC

L'AMDEC constitue une technique qui conduit à l'examen critique de la conception dans un but d'évaluer et de garantir la sûreté de fonctionnement (sécurité, fiabilité et disponibilité) d'un moyen de production.

Afin qu'il soit fiable et maintenable dans son environnement opérationnel.

L'AMDEC doit analyser la conception du moyen de production pour préparer son exploitation, Pour parvenir à ce but, le propriétaire de l'installation exige :

-l'AMDEC soit intrinsèquement fiable ;



- on dispose des pièces de rechange et des outillages adaptés ;
- on dispose des procédures ou aides réduisant les temps d'immobilisation du moyen par la diminution du temps d'intervention (diagnostic, réparation ou échange et remise en service) ;
- les personnels (d'exploitation et de maintenance) soient formés en la matière
- une maintenance préventive adaptée soit réalisée, afin de réduire la probabilité d'apparition une panne.

V.3 Fiche AMDEC

Pour dresser une fiche AMDEC les notations des paramètres suivante s'impose

➤ **Enjeux** : (Tableau N°1)

ENJEUX	NOTATION
Sécurité des personnes	1
Sûreté de fonctionnement et qualité du système électrique	2
Maintien du patrimoine	3
Contrôle et maîtrise des coûts de maintenance	4

➤ **Fréquence** (Tableau N°2)



FREQUENCE	POIDS	TAUX DE DEFAILLANCE (Nombre de défaillance/an)
Rare	1	$f \leq 0.2$
Peu fréquent	2	$0.2 < f \leq 1$
Fréquent	3	$1 < f \leq 3$
Très fréquent	4	$f > 3$

On prend la valeur de la fréquence à partir de l'historique de la machine.

Taux de défaillance = nombre d'apparition de défaillance/ année de service

Formalisme global du taux de défaillance

Afin de répondre à ces exigences nous proposons donc un modèle de formule :

$$\lambda(t, Z) = \lambda_0(t) * g(Z) \quad (3)$$

ou

$\lambda_0(t)$ est un taux de défaillance de base dépendant uniquement du temps

$g(Z)$ une fonction que l'on notera fonction contribution



➤ **Gravité :** (Tableau N°3)

GRAVITE	POIDS
Non grave	1
Peu grave	2
Grave	3
Très grave	4

➤ **Criticité**

$$\text{Criticité} = \text{Fréquence} * \text{Gravité} \quad (4)$$

Nous proposons les seuils de criticité suivant pour pouvoir effectuer l'analyse de défaillance.

- $C_i = 1 \Rightarrow$ non critique (nc)
- $2 \leq C_i \leq 3 \Rightarrow$ peu critique (pc)
- $4 \leq C_i \leq 5 \Rightarrow$ critique(c)
- $C_i \geq 6 \Rightarrow$ très critique (tc)

C_i : criticité de l'équipement pour chaque enjeu

Pour l'ensemble des enjeux :



- $C \geq 20 \Rightarrow$ critique dans l'ensemble des enjeux (c')
- $C < 20 \Rightarrow$ non critique dans l'ensemble des enjeux (nc')

C : criticité de l'équipement de la travée G₂ pour l'ensemble des enjeux.

Nb : (Les sources des tableaux si dessous est l'AMDEC)

V.3.1 Alternateur Alt(G2)

Centrale : AMBOHIMANAMBOLA

Travée : G2

Equipement : Alternateur: G2.07.AL

Fonction : Transformation d'énergie mécanique en énergie électrique

ORGANE	FONCTION ELEMENTAIRE	MODE DE DEFAILLANCE	CAUSE	CONSEQUENCE	FREQUENCE DE DEFAIL- LANCE	GRAVITE				CRITICITE			
						ENJEUX				ENJEUX			
						1	2	3	4	1	2	3	4



Deuxième partie

Stator: G2.07.AL.S	Produire l'énergie électrique	Vibration excessive et grognement provenant de la machine	Charge monophasée	Explosion Risque de destruction du stator	1	4	4	4	4	1	4	4	4
Enroulement statorique G2.07.AL.S1	Créer la force magnétomotrice	Enroulement grillé Une partie de l'enroulement est grillée	Echauffement anormal de l'enroulement statorique Court-circuit entre spires	Arrêt de production d'énergie Arrêt de production d'énergie	1 1	1 1	4 4	3 3	3 3	1 1	4 4	3 3	3 3

Enjeux :

- 1 : Sécurité des personnes
- 2 : Sureté de fonctionnement et qualité de service
- 3 : Maintien du patrimoine
- 4 : Contrôle et maîtrise des coûts de maintenance



Deuxième partie

Centrale : AMBOHIMANAMBOLA

Travée : G2

Equipement : Alternateur G23

Fonction : Transformation d'énergie mécanique en énergie électrique

ORGANE	FONCTION ELEMENTAIRE	MODE DE DEFAILLANCE	CAUSE	CONSEQUENCE	FREQUENCE DE DEFAIL- LANCE	GRAVITE				CRITICITE			
						ENJEUX				ENJEUX			
						1	2	3	4	1	2	3	4
Fer actif du stator G2.07.AL.S2	Support de la bobine statorique	-échauffement anormal du fer actif	-L'alternateur fonctionne sous une tension supérieur à la valeur nominale	Arrêt de production	1								
			-L'alternateur tourne à une vitesse inférieure à la valeur nominale	Mauvais fonctionnement de la machine		1	4	4	3	1	4	4	3



Enjeux :

- 1 : Sécurité des personnes
- 2 : Sureté de fonctionnement et qualité de service
- 3 : Maintien du patrimoine
- 4 : Contrôle et maîtrise des coûts de maintenance

Centrale : AMBOHIMANAMBOLA

Travée : G2

Equipement : Alternateur G23

Fonction : Transformation d'énergie mécanique en énergie électrique

ORGANE	FONCTION ELEMENTAIRE	MODE DE DEFAILLANCE	CAUSE	CONSEQUENCE	FREQUENCE DE DEFAIL- LANCE	GRAVITE				CRITICITE			
						ENJEUX				ENJEUX			
						1	2	3	4	1	2	3	4
Rotor G2.07.AL.R	Créer le courant inducteur	Vibration excessives de la machine	Défaut d'équilibrage du rotor	Risque de détérioration de la machine	1	1	4	3	4	1	4	3	4
Circuit magnétique G2.07.AL.R2	Support de la bobine rotorique	Frottement entre deux éléments (stator et rotor)	Dilatation du fer actif	Risque de détérioration des deux éléments	1	1	4	4	4	1	4	4	4
		Le fer actif se dilate	Echauffement anormal de certaine portion de la surface du rotor										



Enjeux :

- 1 : Sécurité des personnes
- 2 : Sureté de fonctionnement et qualité de service
- 3 : Maintien du patrimoine
- 4 : Contrôle et maîtrise des coûts de maintenance

Centrale : AMBOHIMANAMBOLA

Travée : G2

Equipement : Alternateur G23

Fonction : Transformation d'énergie mécanique en énergie électrique

ORGANE	FONCTION ELEMENTAIRE	MODE DE DEFAILLANCE	CAUSE	CONSEQUENCE	FREQUENCE DE DEFAIL- LANCE	GRAVITE				CRITICITE			
						ENJEUX				ENJEUX			
						1	2	3	4	1	2	3	4
Enroulement Rotorique G2.07.AL.R1	Créer le courant inducteur	Enroulement grillé	Echauffement anormal de l'enroulement rotorique	Arrêt de production d'énergie	1	1	4	3	3	1	4	3	3
		Echauffement anormal de l'enroulement rotorique	Surcharge de l'alternateur										

Enjeux :

- 1 : Sécurité des personnes
- 2 : Sureté de fonctionnement et qualité de service
- 3 : Maintien du patrimoine
- 4 : Contrôle et maîtrise des coûts de maintenance



V.3.2 xcitation

<i>Centrale : AMBOHIMANAMBOLA</i> <i>Travée : G2</i> <i>Equipement : Excitation: G2.07.AL.E</i> <i>Fonction : Engendre la F.M.M d'induit</i>													
ORGANE	FONCTION ELEMENTAIRE	MODE DE DEFAILLANCE	CAUSE	CONSEQUENCE	FREQUENCE DE DEFAIL- LANCE	GRAVITE				CRITICITE			
						ENJEUX				ENJEUX			
						1	2	3	4	1	2	3	4
Enroulement statorique G2.07.AL.E1	Créer la force magnétomotrice	Enroulement grillés	Échauffement anormal de l'enroulement d'excitation	Arrêt de production Disparition de la tension pendant le fonctionnement	1	1	4	3	3	1	4	3	3
Diode tournante G2.07.AL.E3	Redresser le courant d'excitation	Diode tournante défectueuse	-Roue polaire en court- circuit	Arrêt de production Tension bonne à vide trop basse en charge	1	1	3	2	2	1	3	2	2

Enjeux :

- 1 : Sécurité des personnes
- 2 : Sureté de fonctionnement et qualité de service
- 3 : Maintien du patrimoine
- 4 : Contrôle et maîtrise des coûts de maintenance



V.3.3 Régulation de tension

Centrale : AMBOHIMANAMBOLA

Travée : G2

Equipement : Régulation de tension: G2.07.AL.Re

Fonction : Diminuer la tension jusqu'à la valeur nominal

ORGANE	FONCTION ELEMENTAIRE	MODE DE DEFAILLANCE	CAUSE	CONSEQUENCE	FREQUENCE DE DEFAIL - LANCE	GRAVITE				CRITICITE			
						ENJEUX				ENJEUX			
						1	2	3	4	1	2	3	4
Régulateur	Réglage de tension	Elévation excessive de la tension	Non fonctionnement du changeur de prise	Risque d'avarie d'alternateur	1	1	4	4	4	1	4	4	4
Amplificateur G2.07.AL.Re3	Réglage de tension	Court-circuit indirect (en masse) Claquage des isolations Tension trop élevée	Rhéostat mal réglé	Arrêt de production Destruction du stator	1	1	4	2	2	1	4	2	2

Enjeux :

- 1 : Sécurité des personnes
- 2 : Sureté de fonctionnement et qualité de service
- 3 : Maintien du patrimoine
- 4 : Contrôle et maîtrise des coûts de maintenance



V.3.4 Palier

Centrale : AMBOHIMANAMBOLA

Travée : G2

Equipement : Alternateur

Fonction : Fournit de l'énergie électrique

ORGANE	FONCTION ELEMENTAIRE	MODE DE DEFAILLANCE	CAUSE	CONSEQUENCE	FREQUENCE DE DEFAIL - LANCE	GRAVITE				CRITICITE			
						ENJEUX				ENJEUX			
						1	2	3	4	1	2	3	4
Palier : G2.07.AL.P	Faciliter la rotation du rotor	Coincement du palier Échauffement excessif du au palier	Le graissage carbonisé Le roulement est bleui Roulement insuffisamment bloqué Mauvais alignement des paliers	Arrêt de production	1	1	4	4	3	1	4	4	3

Enjeux :

- 1 : Sécurité des personnes
- 2 : Sureté de fonctionnement et qualité de service
- 3 : Maintien du patrimoine
- 4 : Contrôle et maîtrise des coûts de maintenance



V.3.5 Contrôle- Commande- Protection G2. CCP.AL 07

V.3.5.1 Protection d'échauffement G2. CCP°C 07

Centrale : AMBOHIMANAMBOLA
Travée : G2
Equipement : Protection d'échauffement G2. CCP°C 07
Fonction : protection de l'alternateur

ORGANE	FONCTION ELEMENTAIRE	MODE DE DEFAILLANCE	CAUSE	CONSEQUENCE	FREQUENCE DE DEFAIL - LANCE	GRAVITE				CRITICITE			
						ENJEUX				ENJEUX			
						1	2	3	4	1	2	3	4
Ventilateur G2. CCP°C 07.RIf	Refroidissement	Court circuit entre spires	Les canaux de ventilateur de la machine sont obstrués	Arrêt de production	1	2	4	4	4	2	4	4	4
		Claquage des isolations											
		Echauffement de l'enroulement statorique		Destruction du stator									
		Insuffisance de débit d'air de refroidissement											

Enjeux :

- 1 : Sécurité des personnes
- 2 : Sureté de fonctionnement et qualité de service
- 3 : Maintien du patrimoine
- 4 : Contrôle et maîtrise des coûts de maintenance



Centrale : AMBOHIMANAMBOLA

Travée : G2

Equipement : Protection d'échauffement Protection d'échauffement G2. CCP°C 07.RIf

Fonction : protection de l'alternateur

ORGANE	FONCTION ELEMENTAIRE	MODE DE DEFAILLANCE	CAUSE	CONSEQUENCE	FREQUENCE DE DEFAIL - LANCE	GRAVITE				CRITICITE			
						ENJEUX				ENJEUX			
						1	2	3	4	1	2	3	4
Filtre à air G2. CCP°C 07.Rif	Purifier l'air	Claquage des isolations	Les épurateurs d'air obstrués	Arrêt de production	1	2	4	4	4	2	4	4	4
		Echauffement anormal de toute la machine	Présence de poussière	Destruction du stator									
		Insuffisance de débit d'air de refroidissement											

Enjeux :

- 1 : Sécurité des personnes
- 2 : Sureté de fonctionnement et qualité de service
- 3 : Maintien du patrimoine
- 4 : Contrôle et maîtrise des coûts de maintenance



V.4 Évaluation de tous les poids critiques de la liaison pour l'ensemble des enjeux

V.4.1 Evaluation des tous les poids critiques de la liaison par ordre de grandeur dans l'ensemble des enjeux

V.4.1.1 Alternateur

N°	ENJEUX	ALTERNATEUR							
		G2.07.AL							
		G2.07.AL.S	G2.07.AL.S1		G2.07.AL.S2	G2.07.AL.R	G2.07.AL.R2	G2.07.AL.R1	G2.07.AL.R1.1
1	Sécurité des personnes	4	1	1	1	1	1	1	1
2	Sûreté de fonctionnement et qualité de service	4	4	4	4	4	4	4	3
3	Maintien du patrimoine	4	3	3	4	3	4	3	2
4	Contrôle et maîtrise des coûts de maintenance	4	3	3	3	4	4	3	2
Poids critique		16	11	11	12	12	13	11	8



V.4.1.2 Excitation

N°	ENJEUX	EXCITATION
		G2.07.AL.E
		G2.07.AL.E1
1	Sécurité des personnes	1
2	Sûreté de fonctionnement et qualité de service	4
3	Maintien du patrimoine	3
4	Contrôle et maîtrise des coûts de maintenance	3
Poids critique		11



V.4.1.3 Régulation

N°	ENJEUX	REGULATION	
		G2.07.AL.Re	
		G2.07.AL.Re	G2.07.AL.Re3
1	Sécurité des personnes	1	1
2	Sûreté de fonctionnement et qualité de service	4	4
3	Maintien du patrimoine	4	2
4	Contrôle et maîtrise des coûts de maintenance	4	2
Poids critique		13	9



V.4.1.4 Palier

N°	ENJEUX	PALIER
		G2.07.AL.P
		G2.07.AL.P
1	Sécurité des personnes	1
2	Sûreté de fonctionnement et qualité de service	4
3	Maintien du patrimoine	4
4	Contrôle et maîtrise des coûts de maintenance	3
Poids critique		12



V.4.1.5 Contrôle-commande-protection

V.4.1.5.1 Protection d'échauffement

N°	ENJEUX	PROTECTION D'ECHAUFFEMENT
		G2. CCP°C.AL. 07
		G2. CCP°C.AL 07.RIv
1	Sécurité des personnes	2
2	Sûreté de fonctionnement et qualité de service	4
3	Maintien du patrimoine	4
4	Contrôle et maîtrise des coûts de maintenance	4
Poids critique		14



N°	ENJEUX	PROTECTION D'ECHAUFFEMENT
		G2. CCP°C .AL.07
		G2. CCP°C. AL.07.Rif
1	Sécurité des personnes	2
2	Sûreté de fonctionnement et qualité de service	4
3	Maintien du patrimoine	4
4	Contrôle et maîtrise des coûts de maintenance	4
Poids critique		14



V.5 Avantages et inconvénients de l'AMDEC

Les procédés AMDEC présentent certains avantages comme suits:

- Possibilité de bien connaître et comprendre le système, le produit ou le processus
- Mise en évidence des faiblesses de conception
- Identification systématique des effets des modes de défaillance des composants.
- Identification des défaillances ayant des effets inacceptables.
- Possibilité de classer les modes de défaillance selon le couple probabilité-gravités.
- Valide ou aide à développer le programme d'essai et d'entretien préventif
- Détermination de changement éventuel de matériaux, de pièces, de dispositifs ou de composants
- Accès facile, compréhensible et vérifiable

Or, ces procédés ont aussi quelques inconvénients dans le mesures où :

- Leur mise en œuvre demande beaucoup de temps aux propres discutables.
- Mettent en évidence que les défaillances simples
- Ne permettent pas l'évaluation quantitative de la fiabilité, de la disponibilité ou de la maintenabilité
- Ne prennent pas en compte les conséquences des erreurs humaines ou le facteur temporel.



CHAPITRE VI ANALYSE DES TACHES DE MAINTENANCE PAR LA METHODE O.M.F

VI.1 Recherche sur des tâches de maintenance

VI.1.1 Tableau d'orientation sur les choix de types de maintenance à effectuer en fonction de résultats de l'analyse de criticité

<i>TYPE DE MAINTENANCE</i>	<i>ZONE DE CRITICITE</i>
--------------------------------	--------------------------



Etude et expertise	$C_i \geq 8$	$C \geq 20$
Préventive	$4 \leq C_i < 8$ $2 \leq C_i < 4$	$C < 20$
Corrective	$1 \leq C_i < 2$	

Après l'analyse de criticité nous constatons que :

- Pour l'ensemble des enjeux : $C < 20$
- Pour chaque enjeu : $C > 8$

Nous proposons donc les types de maintenance suivants :

<i>TYPE DE MAINTENANCE</i>	<i>EQUIPEMENT</i>	<i>ORGANE</i>
Préventive	Stator G2.07.AL.S	-Enroulement statorique G2.07.S1 -Circuit magnétique G2.07.S1
	Rotor G2.07.AL.R	-Enroulement rotorique G2.07.R1 -Circuit magnétique G2.07.R2
	Excitation G2.07.AL.E	-Enroulement rotorique G2.07.E1.1 -Circuit magnétique G2.07.E1.2 -Pont diode G2.07.E1.3 - Enroulement statorique G2.07.E2.1 - Circuit magnétique G2.07.E2.2
	Armoire régulation G2.07.AL.Re	-Armoire régulation G2.07.R
	Protection électrique	-Relais de protection G2.07.RI



	G2.07.AL.Rif Protection d'échauffement G2. CCP°C 07	-Filtre à air G2. CCP°C 07.Rif
Corrective	Stator G2.07.AL.S	-Enroulement statorique G2.07.S1 -Circuit magnétique G2.07.S1
	Rotor G2.07.AL.R	-Enroulement rotorique G2.07.R1 -Circuit magnétique G2.07.R2
	Excitation G2.07.E	-Enroulement rotorique (induit) G2.07.E1.1 -Circuit magnétique G2.07.E1.2 - Enroulement statorique (inducteur) G2.07.E2.1 - Circuit magnétique G2.07.E2.2
	Régulation G2.07.AL.Re	-Détecteur d'écart G2.07.AL.Re1 -Régulateur G2.07.AL.Re2 -Transducteur de mesure G2.07.AL.Re3
	Protection électrique G2.CCPE.AL.07	- Protection différentielle (bobine) G2.CCPE.AL.07.RIi - Protection surcharge G2.CCPE.AL.07.RIb - Protection défaut terre G2.CCPE.AL.07.Ria - Protection surtension G2.CCPE.AL.07.RIUc
Corrective	Protection d'échauffement G2. CCP°C 07	- Ventilateur G2. CCP°C 07.RIv

La durée vie d'un équipement est améliorée par des actions préventives car une défaillance en entraîne généralement une ou plusieurs autres, provoquant une détérioration plus importante du système.



La maintenance corrective est choisie afin de vie d'un composant.

La maintenance préventive systématique est adoptée si son coût est inférieur au coût de la maintenance corrective.

Mais par-dessus tout, l'exploitant est le mieux placé pour choisir le type de maintenance qui lui convient en fonction de ses objets de production et en fonction du personnel et des moyens matériels dont il dispose.

VI.2 Analyse des tâches par la méthode O.M.F

L'analyse des tâches est basée sur l'étude de l'efficacité et de la facilité, celles-ci seront affectées des poids qui seront indiqués dans les tableaux suivants :

Efficacités (TABLEAU N°4)

<i>Poids</i>	<i>Efficacité</i>
1	Non efficace
2	Peu efficace
3	Efficace
4	Très efficace

Facilité (TABLEAU N°5)



<i>Poids</i>	<i>facilité</i>
1	Faible
2	Moyenne
3	Bonne
4	Grande

Parmi les facteurs de facilité, le coût de la maintenance occupe une place importante. Il croît suivant la complexité et la durée de vie de l'équipement concerné.

Ce coût peut être décomposé en :

- Coût de la maintenance corrective
- Coût de la maintenance préventive
- Coût de l'indisponibilité

Ces coûts correspondent respectivement aux coûts de la main d'œuvre, de la durée de l'intervention, des pièces de recharge, des ingrédients, des temps d'arrêt, des pertes occasionnées....

De plus, la maintenance est également à l'origine d'investissements spécifiques (outillage spéciaux, expertise, atelier, magasin de stockage...) ou d'acquisitions diverses (composants, ingrédients, pièces de recharge...)

Applicabilité

$$\text{Applicabilité} = \text{Efficacité} * \text{Facilité} \quad (5)$$



Supposons que la tâche soit retenue si son poids d'applicabilité : $A > 6$

VI.3 ernateur G2.07.AL

VI.3.1 Stator G2.07.AL.S

<i>Centrale</i> : AMBOHIMANAMBOLA <i>Travée</i> : G2 <i>Equipement</i> : stator G2.07.AL.S								
ORGANE	ACTION DE MAINTENANCE	TACHE A ENTREPRENDRE	PERIODE		EFFICACITE	FACILITE	APPLICABILITE	TACHE RETENUE
			Min.	Max.				
Stator G2.07.AL.S	Contrôle périodique	❖ Vérification de l'état de l'enroulement -état de vernis -état de calage -état de fretage ❖ Vérification de l'état d'encoche ❖ Vérification et serrage de connexion de câble ❖ Vérification jeu d'entrefer	1/6mois	1/an	4	3	12	+
	Action conditionnelle	Vernissage de l'enroulement Lavage de tous les organes						
	Vérification pendant le fonctionnement	❖ Température d'échauffement	1/h	1/2h	4	2	8	+



VI.3.2 Rotor G2.07.AL.R

<i>Centrale : AMBOHIMANAMBOLA</i>								
<i>Travée : G2</i>								
<i>Equipement : Rotor G2.07.AL.R</i>								
ORGANE	ACTION DE MAINTENANCE	TACHE A ENTREPRENDRE	PERIODE		EFFICACITE	FACILITE	APPLICABILITE	TACHE RETENUE
			Min.	Max.				
Rotor G2.07.AL.R	Contrôle périodique	❖ Vérification de l'état de l'enroulement -état de vernis -état de frettage ❖ Vérification jeu d'entrefer	1/6mois	1/an	4	3	12	+
	Action conditionnelle	Vernissage de l'enroulement Lavage de tous les organes						
	Vérification pendant le fonctionnement	❖ Température d'échauffement	1/h	1/2h	4	2	8	+

**VI.3.3 Excitation : G2.07.AL.E**

Centrale : AMBOHIMANAMBOLA								
Travée : G2								
Equipement : Excitation G2.07.AL.E								
ORGANE	ACTION DE MAINTENANCE	TACHE A ENTREPRENDRE	PERIODE		EFFICACITE	FACILITE	APPLICABILITE	TACHE RETENUE
			Min.	Max.				
Stator (inducteur) G2.07.AL.E1	Contrôle périodique	❖ Vérification de l'état de l'enroulement -état de vernis -état de calage -état de frettage ❖ Vérification de l'état d'encoche ❖ Vérification jeu d'entrefer ❖ Vérification d'état des diodes	1/6mois	1/an	4	3	12	+
	Action conditionnelle	Vernissage de l'enroulement Lavage de tous les organes						
	Vérification pendant le fonctionnement	❖ Température d'échauffement	1/h	1/2h	4	2	8	+



Centrale : AMBOHIMANAMBOLA								
Travée : G2								
Equipement : Excitation G2.07.AL.E								
ORGANE	ACTION DE MAINTENANCE	TACHE A ENTREPRENDRE	PERIODE		EFFICACITE	FACILITE	APPLICABILITE	TACHE RETENUE
			Min.	Max.				
Rotor (induit) G2.07.AL.E2	Contrôle périodique	❖ Vérification de l'état de l'enroulement -état de vernis -état de calage -état de frettage ❖ Vérification de l'état d'encoche ❖ Vérification de jeu d'entrefer	1/6mois	1/an	4	3	12	+
	Action conditionnelle	Vernissage de l'enroulement Lavage de tous les organes						
	Vérification pendant le fonctionnement	❖ Température d'échauffement	1/h	1/2h	4	2	8	+
	Remise à niveau	❖ Remplacement de diode						



VI.3.4 Régulation : G2.07.AL.Re

Centrale : AMBOHIMANAMBOLA								
Travée : G2								
Equipement : Détecteur d'écart G2.07.AL.Re								
ORGANE	ACTION DE MAINTENANCE	TACHE A ENTREPRENDRE	PERIODE		EFFICACITE	FACILITE	APPLICABILITE	TACHE RETENUE
			Min.	Max.				
Détecteur d'écart G2.07.AL.Re1	Visite	❖ Vérification -Etat de propreté -Poussière -Humidité	1/mos	1/3mois	4	2	8	+
	Contrôle périodique	❖ Vérification de serrage des borniers	1/6mois	1/an	4	2	8	+
	Contrôle conditionnelle	❖ Mesure de tension d'entrée ❖ Remplacement de composante claqué			4	3	12	+
	Remise au niveau	❖ Remplacement de nouveau détecteur	1/20ans	1/35ans	4	4	16	+



Deuxième partie

Centrale : AMBOHIMANAMBOLA								
Travée : G2								
Equipement : Correcteur G2.07.AL.Re2								
ORGANE	ACTION DE MAINTENANCE	TACHE A ENTREPRENDRE	PERIODE		EFFICACITE	FACILITE	APPLICABILITE	TACHE RETENUE
			Min.	Max.				
Régulateur G2.07.AL.Re2.1	Visite	❖ Vérification -Etat de propreté -Poussière -Humidité	1/mos	1/3mois	4	2	8	+
	Contrôle périodique	❖ Vérification de serrage des borniers ❖ Vérification d'état visuel de tous les composants ❖ Essai et simulation de bon fonctionnement ❖ Contrôle de tension de sortie ❖ Remplacement des composants douteux	1/6mois	1/an	4	2	8	+
	Remise au niveau	❖ Remplacement de nouveau régulateur	1/20ans	1/35ans	4	4	16	+
	Contrôle pendant le	❖ Stabilité de tension de sortie Alternateur (voltmètre)						



Deuxième partie

	fonctionnement							
--	----------------	--	--	--	--	--	--	--

<i>Centrale : AMBOHIMANAMBOLA</i> <i>Travée : G2</i> <i>Equipement : Actionneur G2.07.AL.Re4</i>								
ORGANE	ACTION DE MAINTENANCE	TACHE A ENTREPRENDRE	PERIODE		EFFICACITE	FACILITE	APPLICABILITE	TACHE RETENUE
			Min.	Max.				
Moteur pas à pas G2.07.AL.Re4.1	Visite	❖ Vérification -Etat de propreté -Poussière -Humidité	1/mos	1/3mois	4	2	8	+
	Contrôle périodique	❖ Vérification de serrage des borniers ❖ Vérification d'état du moteur	1/6mois	1/an	4	2	8	+
	Remise au niveau	❖ Remplacement de nouveau moteur	1/20ans	1/35ans	4	4	16	+
	Contrôle pendant le fonctionnement	❖ Contrôle d'état du moteur -brut -échauffement -stabilité de fonctionnement	5/h	24h	4	1	4	



Deuxième partie

--	--	--	--	--	--	--	--	--

<i>Centrale : AMBOHIMANAMBOLA</i> <i>Travée : G2</i> <i>Equipement : Regulation G2.07.AL.Re</i>								
ORGANE	ACTION DE MAINTENANCE	TACHE A ENTREPRENDRE	PERIODE		EFFICACITE	FACILITE	APPLICABILITE	TACHE RETENUE
			Min.	Max.				
Transducteur de mesure G2.07.AL.Re3	Visite	❖ Vérification -Etat de propreté -Poussière -Humidité	1/mos	1/3mois	4	2	8	+
	Contrôle périodique	❖ Vérification de serrage des borniers ❖ Vérification d'état du transformateur	1/6mois	1/an	4	2	8	+
	Remise au niveau	❖ Remplacement de nouveau transformateur	1/20ans	1/35ans	4	4	16	+
	Contrôle	❖ Contrôle d'échauffement du	5/h	24h	4	1	4	



	pendant le fonctionnement	transformateur						
--	---------------------------	----------------	--	--	--	--	--	--

VI.3.5 Contrôle-Commande-Protection G2.CCP.AL.07

Centrale : AMBOHIMANAMBOLA								
Travée : G2								
Equipement : Contrôle-Commande-Protection électrique G2.CCPE.AL.07								
ORGANE	ACTION DE MAINTENANCE	TACHE A ENTREPRENDRE	PERIODE		EFFICACITE	FACILITE	APPLICABILITE	TACHE RETENUE
			Min.	Max.				
Transducteur G2.CCPE.AL.07..	Visite	❖ Vérification -Etat de propreté -Poussière -Humidité	1/mos	1/3mois	4	2	8	+
	Contrôle périodique	❖ Vérification de serrage des borniers ❖ Vérification d'état du transformateur	1/6mois	1/an	4	2	8	+



Deuxième partie

	Remise au niveau	❖ Remplacement de nouveau transformateur	1/20ans	1/35ans	4	4	16	+
	Contrôle pendant le fonctionnement	❖ Contrôle d'échauffement du transformateur	5/h	24h	4	1	4	

Centrale : AMBOHIMANAMBOLA								
Travée : G2								
Equipement : Contrôle-Commande-Protection électrique G2.CCPE.AL.07								
ORGANE	ACTION DE MAINTENANCE	TACHE A ENTREPRENDRE	PERIODE		EFFICACITE	FACILITE	APPLICABILITE	TACHE RETENUE
			Min.	Max.				
Relais de protection G2.CCPE.AL.07...	Visite	❖ Vérification -Etat de propreté -Poussière -Humidité	1/mos	1/3mois	4	2	8	+
	Contrôle périodique	❖ Vérification de serrage des borniers	/6mois	1/an	4	2	8	+



Deuxième partie

	Remise au niveau	❖ Remplacement de nouveau relai	1/20ans	1/35ans	4	4	16	+
--	------------------	---------------------------------	---------	---------	---	---	----	---

<i>Centrale : AMBOHIMANAMBOLA</i> <i>Travée : G2</i> <i>Equipement : Contrôle-Commande-Protection électrique G2.CCPE.AL.07</i>								
ORGANE	ACTION DE MAINTENANCE	TACHE A ENTREPRENDRE	PERIODE		EFFICACITE	FACILITE	APPLICABILITE	TACHE RETENUE
			Min.	Max.				
Auxiliaire G2.CCPE.AL.07...	Visite	❖ Vérification -Etat de propreté -Poussière -Humidité ❖ Nettoyage de l'armoire	1/mos	1/3mois	4	2	8	+
	Contrôle	❖ Vérification de serrage des borniers						



Deuxième partie

	périodique	❖ Vérification d'état visuel de tous les composants ❖ Remplacement de composante douteuse	1/6mois	1/an	4	2	8	+
--	------------	--	---------	------	---	---	---	---

<i>Centrale : AMBOHIMANAMBOLA</i> <i>Travée : G2</i> <i>Equipement : Contrôle-Commande-Protection électrique G2.CCPE.AL.07</i>								
ORGANE	ACTION DE MAINTENANCE	TACHE A ENTREPRENDRE	PERIODE		EFFICACITE	FACILITE	APPLICABILITE	TACHE RETENUE
			Min.	Max.				
Relai de déclanchement G2.CCPE.AL.07...	Visite	❖ Vérification -Etat de propreté -Poussière -Humidité	1/mos	1/3mois	4	2	8	+
	Contrôle	❖ Vérification de serrage des borniers						



Deuxième partie

	périodique		1/6mois	1/an	4	2	8	+
	Remise au niveau	❖ Remplacement de nouveau relai	1/20ans	1/35ans	4	4	16	+

Centrale : AMBOHIMANAMBOLA								
Travée : G2								
Equipement : Contrôle-Commande-Protection électrique G2.CCPE.AL.07								
ORGANE	ACTION DE MAINTENANCE	TACHE A ENTREPRENDRE	PERIODE		EFFICACITE	FACILITE	APPLICABILITE	TACHE RETENUE
			Min.	Max.				
Disjoncteur G2.CCPE.AL.07...	Visite	❖ Vérification de coffret de commande -aération et de chauffage du coffret -état de propreté des contacts -humidité	1/mos	1/3mois	4	2	8	+



Deuxième partie

		-propreté						
	Contrôle périodique	❖ Vérification des serrages des borniers ❖ Essai et simulation de bon fonctionnement	1/6mois	1/an	4	2	8	+
	Remise au niveau	❖ Remplacement de nouveau disjoncteur	1/20ans	1/35ans	4	4	16	+



CHAPITRE VII SELECTION ET REGROUPEMENT DES TACHES

VII.1 : Alternateur

<i>ACTION DE MAINTENANCE</i>	<i>EQUIPEMENT</i>	<i>TACHE DE MAINTENANCE</i>	<i>PERIODE RETENUE</i>
Contrôle périodique	Stator G2.07.AL.S	❖ Vérification de l'état de l'enroulement -état de vernis -état de calage -état de frettage ❖ Vérification de l'état d'encoche ❖ Vérification et serrage de connexion de câble ❖ Vérification du jeu d'entrefer	1/6mois
	Rotor G2.07.AL.R	❖ Vérification de l'état de l'enroulement -état de vernis -état de frettage ❖ Vérification du jeu d'entrefer	
Action conditionnelle	Rotor G2.07.AL.R	Vernissage de l'enroulement Lavage de tous les organes	
	Stator G2.07.AL.S	Vernissage de l'enroulement Lavage de tous les organes	
Vérification pendant le fonctionnement	Stator G2.07.AL.S	❖ Température d'échauffement	1/h
	Rotor G2.07.AL.R	❖ Température d'échauffement	



VII.2 Excitation

<i>ACTION DE MAINTENANCE</i>	<i>EQUIPEMENT</i>	<i>TACHE DE MAINTENANCE</i>	<i>PERIODE RETENUE</i>
Contrôle périodique	Stator (inducteur) G2.07.AL.E1	❖ Vérification de l'état de l'enroulement -état de vernis -état de calage -état de frettage ❖ Vérification de l'état d'encoche ❖ Vérification du jeu d'entrefer ❖ Vérification d'état de diode	1/6mois
	Rotor (induit) G2.07.AL.E2	❖ Vérification de l'état de l'enroulement -état de vernis -état de calage -état de frettage ❖ Vérification de l'état d'encoche ❖ Vérification du jeu d'entrefer	
Action conditionnelle	Stator (inducteur) G2.07.AL.E1	Vernissage de l'enroulement Lavage de tous les organes	
	Rotor (induit) G2.07.AL.E2	Vernissage de l'enroulement Lavage de tous les organes	
Vérification pendant le fonctionnement	Stator (inducteur) G2.07.AL.E1	❖ Température d'échauffement	1/h
	Rotor (induit) G2.07.AL.E2	❖ Température d'échauffement	
Remise à niveau	Rotor (induit) G2.07.AL.E2	❖ Remplacement de diode	1/15ans

**VII.3 Régulation : G2.07.AL.Re**

<i>ACTION DE MAINTENANCE</i>	<i>EQUIPEMENT</i>	<i>TACHE DE MAINTENANCE</i>	<i>PERIODE RETENUE</i>
Visite	Détecteur d'écart G2.07.AL.Re1	❖ Vérification -Etat de propreté -Poussière -Humidité	1/mos
	Correcteur G2.07.AL.Re2		
	Actionneur G2.07.AL.Re4		
	Transducteur de mesure G2.07.AL.Re3		
Contrôle périodique	Détecteur d'écart G2.07.AL.Re1	Vérification de serrage des borniers	1/6mois
	Correcteur G2.07.AL.Re2	❖ Vérification de serrage des borniers ❖ Vérification d'état visuel de tous les composantes ❖ Essai et simulation de bon fonctionnement ❖ Contrôle de tension de sortie ❖ Remplacement de composante douteuse	
	Actionneur G2.07.AL.Re4	❖ Vérification de serrage des borniers ❖ Vérification d'état du moteur	
	Transducteur de mesure G2.07.AL.Re3	❖ Vérification de serrage des borniers ❖ Vérification d'état du transformateur	
Contrôle conditionnelle	Détecteur d'écart G2.07.AL.Re1	❖ Mesure de tension d'entrée ❖ Remplacement de composante claquée	



<i>ACTION DE MAINTENANCE</i>	<i>EQUIPEMENT</i>	<i>TACHE DE MAINTENANCE</i>	<i>PERIODE RETENUE</i>
Remise au niveau	Détecteur d'écart G2.07.AL.Re1	❖ Remplacement de nouveau détecteur	1/20ans
	Correcteur G2.07.AL.Re2	❖ Remplacement de nouveau régulateur	
	Actionneur G2.07.AL.Re4	❖ Remplacement de nouveau moteur	
	Transducteur de mesure G2.07.AL.Re3	❖ Remplacement de nouveau transformateur	
Contrôle pendant le fonctionnement	Détecteur d'écart G2.07.AL.Re1	❖ Etat de bon fonctionnement	5/h
	Correcteur G2.07.AL.Re2	❖ Stabilité de tension de sortie Alternateur (voltmètre)	
	Actionneur G2.07.AL.Re4	❖ Contrôle d'état du moteur -brut -échauffement -stabilité de fonctionnement	
	Transducteur de mesure G2.07.AL.Re3	❖ Contrôle d'échauffement du transformateur	

VII.4 Contrôle-Commande-Protection G2.CCP.AL.07

<i>ACTION DE MAINTENANCE</i>	<i>EQUIPEMENT</i>	<i>TACHE DE MAINTENANCE</i>	<i>PERIODE RETENUE</i>
Visite	Transducteur G2.CCPE.AL.07...	❖ Vérification -Etat de propreté -Poussière -Humidité	1/mois
	Relais de protection G2.CCPE.AL.07...		
	Auxiliaire G2.CCPE.AL.07...		



Deuxième partie

	Relai de déclanchement G2.CCPE.AL.07...		
	Disjoncteur G2.CCPE.AL.07...		

ACTION DE MAINTENANCE	EQUIPEMENT	TACHE DE MAINTENANCE	PERIODE RETENUE
Visite	disjoncteur	❖ Vérification de coffret de commande -aération et de chauffage du coffret -état de propreté des contacts -humidité -propreté	1/mois

ACTION DE MAINTENANCE	EQUIPEMENT	TACHE DE MAINTENANCE	PERIODE RETENUE
Contrôle périodique	Transducteur G2.CCPE.AL.07...	❖ Vérification de serrage des borniers ❖ Vérification d'état du transformateur	1/6mois
	Relais de protection G2.CCPE.AL.07...	❖ Vérification de serrage des borniers	
	Auxiliaire G2.CCPE.AL.07...	❖ Vérification de serrage des borniers ❖ Vérification d'état visuel de tous les composants ❖ Remplacement de composante douteuse	
	Relai de déclanchement G2.CCPE.AL.07...	❖ Vérification de serrage des borniers	
	Disjoncteur G2.CCPE.AL.07...	❖ Vérification des serrages des borniers ❖ Essai et simulation de bon fonctionnement	
Remise au niveau	Relais de protection G2.CCPE.AL.07...	❖ Remplacement de nouveau relai	1/20ans
	Relai de déclanchement	❖ Remplacement de nouveau relai	



	G2.CCPE.AL.07...		
	Disjoncteur G2.CCPE.AL.07...	❖ Remplacement de nouveau disjoncteur	


CHAPITRE VIII PLANIFICATION DE LA MAINTENANCE


PLANNING TRIMESTRIEL DE MAINTENANCE



	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V
(*) -chassis relayage- Protection électrique-Comptage -Armoire Excitation-Régulation Equipement TLG/TC Elements de commande-Capteurs TOR et analogique																										
(*) Remplacement et entretien Filtre à air (**) Parties actives- Equipements de puissance Sous alternateur, composants électriques Excitation																										
(**) TRAVEES GROUPE: G1-G2-G3 (***) Départ TRA2-JEU de BARRES-TRANSFO lumière																										
S																										
STATION DE DEPOTAGE COMBUSTIBLES -CENTRIFUGEUSE:CF1*CF2 -CHAUDIERES: CD1*CD2 SEPARATEUR 0A HUILE -ARMOIRE DIVISIONNAIRE: Chaufferies et Pompages																										
-CHARGEURS ET BATTERIES CB1:48Vcc*CE2:127Vcc -CELLULES Arrivées MT/B2 et Départ B2: TRA *TRA3 -BARRES PYROMETRIQUES:BP1*BP2																										
-ARMOIRES DIVISIONNAIRES :AD1*AD2*AD3																										
S																										
S																										

NB : (*) = Travaux d'entretien effectué sans note d'arrêt 1306
 (**) = Travaux d'entretien nécessitant Arrêt Gros 1307
 (***) = Travaux d'entretien nécessitant Arrêt complet 1308

 Travaux d'entretien à effectuer de préférence pendant

N.A.  électrique et/ou mécanique



CONCLUSION

Au terme de la description analytique de ce thème, il s'avère plus constructive de préciser que l'étude a été orientée notamment sur la méthode de l'O.M.F (Optimisation de la Maintenance par la Fiabilité) permettant de réduire les défaillances aux égards des enjeux de la société.

Pour atteindre cet objectif, le principe de l'O.M.F se repose sur différentes étapes dont le découpage et la codification, l'analyse fonctionnelle, le retour d'expérience, l'AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leurs Criticités), l'analyse de tâche de maintenance par la méthode O.M.F, la sélection et le regroupement de tâche et la planification de la maintenance.

L'O.M.F a trouvé son efficacité dans l'aéronautique et les centrales nucléaires en France .Cette méthode est en voie d'application sur notre territoire, dans la société JIRAMA.

Actuellement, cette société applique la doctrine de maintenance de L'E3P (Entretien Préventif, Périodique, Programmé).

Nous pensons et espérons que cette méthode apportera une évolution sur le rendement et la qualité de service de la société, dans le domaine de production de l'énergie électrique.

Enfin, cet ouvrage pourrait servir de document de base pour ceux qui voudrait résoudre le problème de maintenance, son et optimisation.



Conclusion



LEXIQUE

Maintenance préventive systématiques : intervention à des périodes fixées selon un échéancier (remplacement ; visite ; contrôle périodique)

Maintenance préventive conditionnelle : basée sur l'établissement préalable d'un diagnostic (remplacement à partir de l'évolution de la fiabilité de l'organe)

Maintenance corrective : dépannage, réparation

Contrôle : vérification de la conformité à des données préétablies, suivie d'un jugement.

Visite : opération de maintenance préventive consistant en un examen détaillé et prédéterminé de tout (visite générale) ou partie (visite limitée) des différents éléments.

Révision : ensemble des actions d'examens, de contrôles et des interventions effectuées en vue d'assurer le bien contre toute défaillance pendant un temps ou pour un nombre d'unités, d'usages donné. Elle peut être partielle ou générale, préventive ou corrective.

Réparation : intervention définitive et limitée de maintenance corrective après défaillance.

Diagnostic : identification de la cause probable de la (des) défaillance(s) à l'aide d'un raisonnement logique fondé sur un ensemble d'informations provenant d'un contrôle. Il permet de confirmer ou de modifier les hypothèses sur l'origine et la cause de défaillance et de préciser les opérations de maintenance corrective.

Défaillance : -absence de fonctionnement normal.

- cessation de l'aptitude d'un dispositif d'accomplir une fonction requise.

MTBF : moyen de temps de bon fonctionnement : paramètre de fiabilité.

Enjeu : objet que l'exploitant se propose d'atteindre.

Bien : un produit conçu pour assurer une fonction donnée.

Unité d'usage : grandeur choisie pour évaluer quantitativement un usage



BIBLIOGRAPHIE

1. ANDRIAMITANJO Solofomboahangy, Cours Régulation Industrielle 2é A GI-L
2. Yvon ANDRIANAHARISON, Cours Machines Electriques II 3é A GI-L
3. RAKOTONIRIANA René, Cours de maintenance Industriel 3é A GI-L
4. M.KOSTENKO ET L.PIOTROVSKY, Machines électriques, Edition Mir 1979
5. R.GHEMKE, Dépannage des Machines électriques, Editions Mirs 1978
6. CL.TOUSSAINT ET M.LAVABRE, Cours d'électrotechnique, Editions EL3 46, 1976
7. J.NIARD, Electrotechnique, Editions Fernand Nathan, 1979
8. JEUMONT-SCHNEIDER, Schéma de bobinage rotor AE 56-13-8, 1979
9. JEUMONT-SCHNEIDER, Schéma de Régulateur et Marche manuelle 4.794.995, 1979
10. JEUMONT-SCHNEIDER, Schéma de l'Excitation 4.794.995
11. RABENANDRASANA Jean Orélya Irène, 1999, Optimisation de la maintenance par la fiabilité sur un poste source de la JIRAMA, Application auxiliaire continue du poste source d'Ambodivona, Mémoire de fin d'étude en Génie Industriel, E.S.P.A, 1999
12. La technique de l'Ingénieur

CITE INTERNET

1. <http://alfaimola.free.fr/technique/electricite/alternateur/index.html>
2. febcm.club.fr/invente/images/enigshr1.gif
3. <http://visu-www.onera.fr/CAP/fr/CPICodeRotor.htm>
4. www.yougreendream.com/images/diy/fp_p_stator.JPG

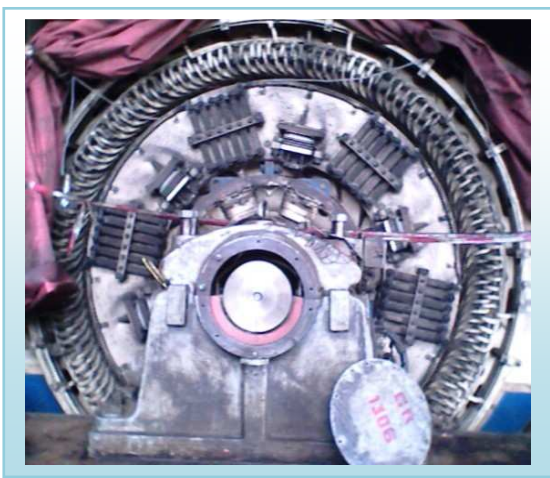


ANNEXE I

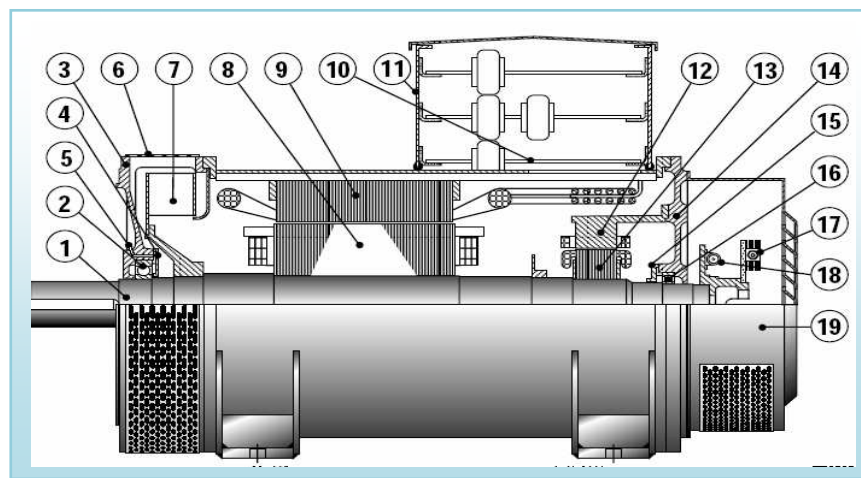
Alternateur n°1306



1 : VUE DE FACE



2 : ALTERNATEUR VUE ECLATE

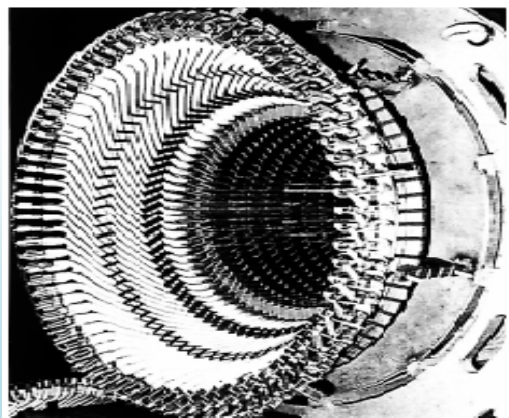


Exemple de coupe d'alternateur et sa nomenclature

<i>Rep</i>	<i>Qté</i>	<i>Désignation</i>	<i>Rep</i>	<i>Qté</i>	Désignation
1	1	Arbre	11	1	Coffret de boîte à bornes
2	1	Roulement avant	12	1	Inducteur d'excitateur
3	1	Palier avant	13	1	Induit d'excitateur
4	1	Fond de cage avant	14	1	Palier arrière
5	1	Graisser	15	1	Fond de cage arrière
6	1	Grille de protection	16	1	Roulement arrière
7	1	Ventilateur	17	6	Diode tournante
8	1	Roue polaire bobinée	18	1	Résistance tournante
9	1	Stator bobiné	19	1	Capot de protection
10	1	Bloc borne			



3 : STATOR



Caractéristiques

Nombre de pôles.....	18
Nombre d'encoches.....	135
Nombre d'encoches par pole.....	$11 \frac{1}{4}$
Nombre d'encoches par phase.....	$3 \frac{3}{4}$
Pas d'enroulement.....	1à10



Annexe

Couplage.....3 circ. En // Y



Caractéristique électrique

L'alternateur JEUMONT-SCHNEIDER N°1307 est une machine :

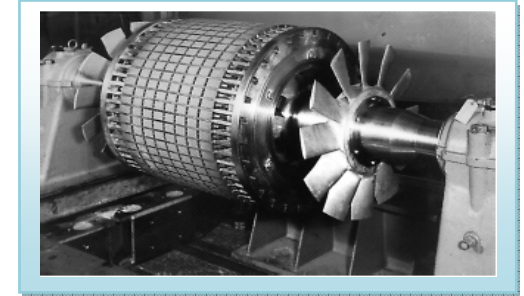
Type	SAT 195-50-12
Fabrication	156043
N°	1
Service	Continue
Echauffement	B
Protection	IP 115
Vitesse emballement	600tr/m
Mode d'excitation	Redresseur tournant
Classe d'isolation	Stator (B) Rotor (B)
Masse de la machine seule	24 400kg
Phase	Triphasé
Fréquence	50Hz
Couplage	Y Δ
Tension	5 500 voltes
Courant	808 A
Puissance apparente	7 770 Kva
Vitesse de rotation	500 tr/min
Facteur de puissance	0.8
Tension d'excitation	99.5 V
Courant d'excitation	458 A



4 : ROTOR



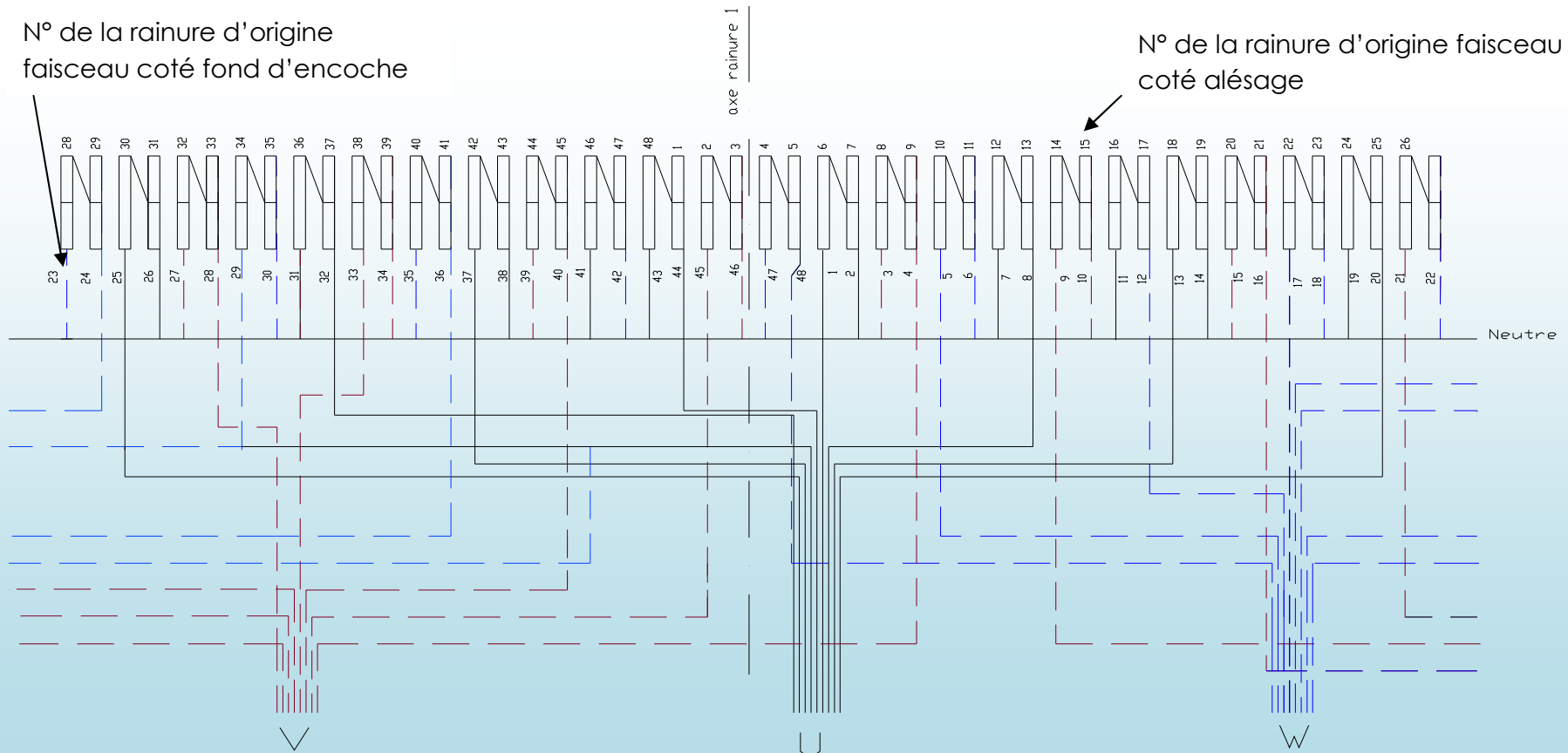
Nombre de pôles.....8
Nombre d'encoche.....48
.....par



SCHEMA DE BOBINAGE ROTOR

N° de la rainure d'origine
faisceau coté fond d'encoche

N° de la rainure d'origine faisceau
coté alésage



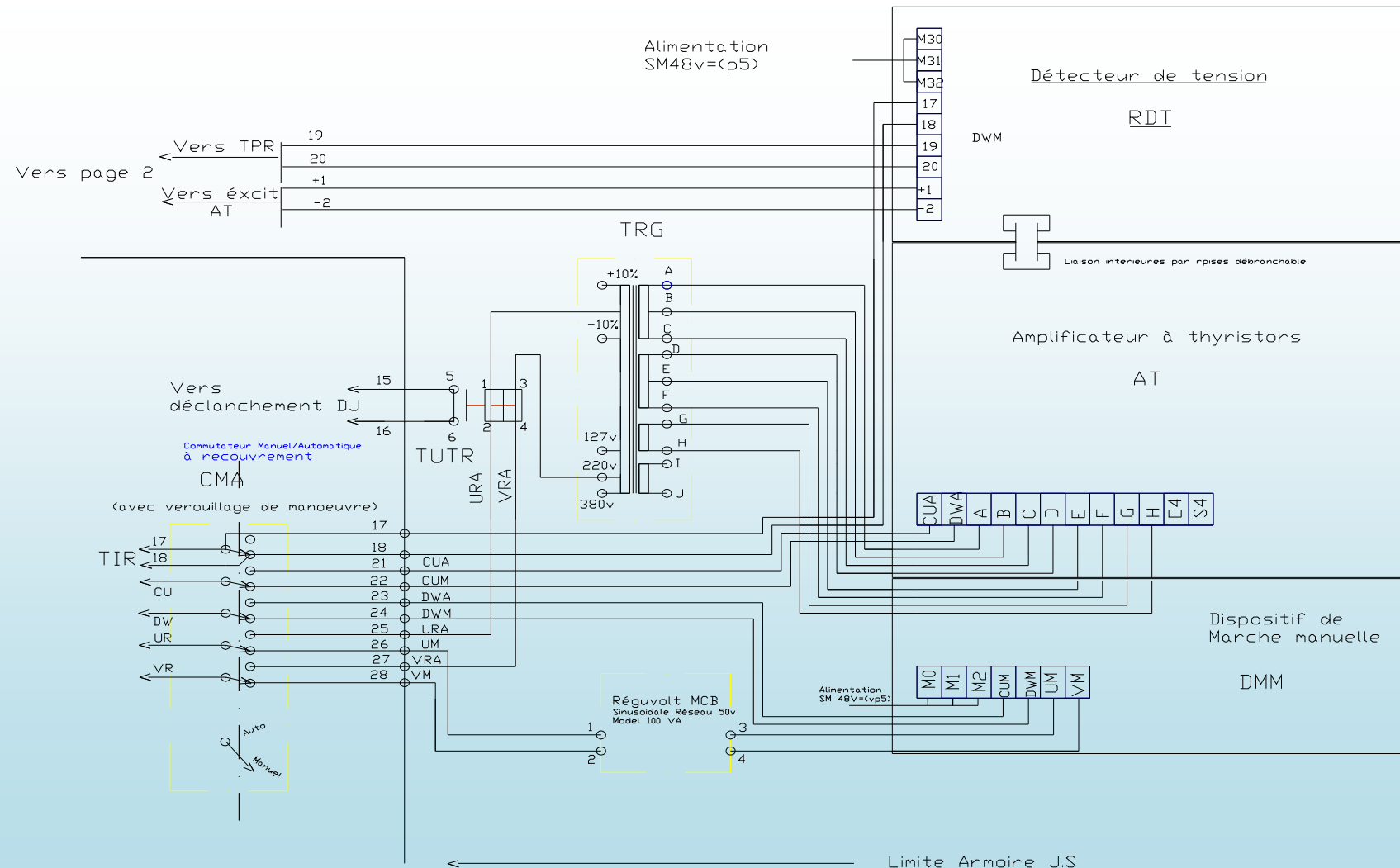


Annexe



ANNEXE II

REGULATEUR n°1307





Annexe

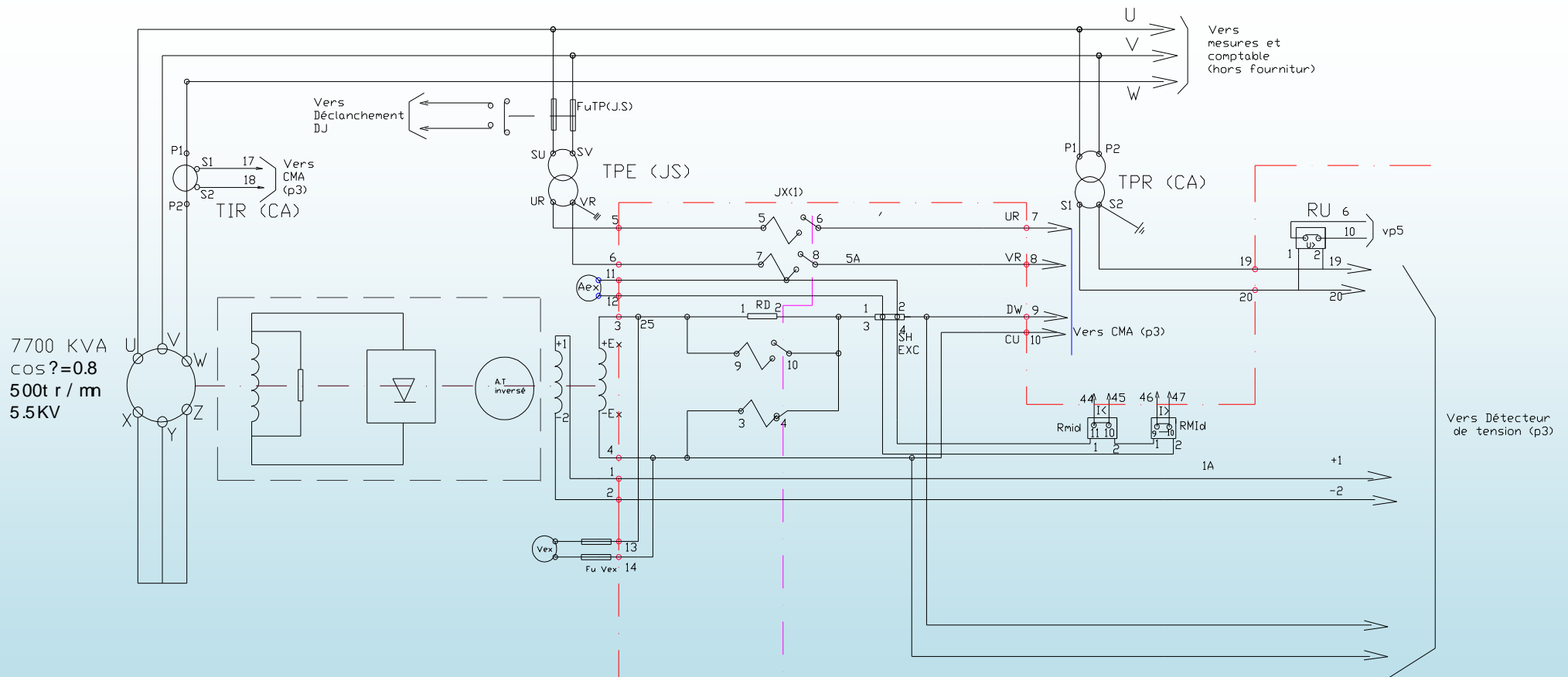


ANNEXE III

Excitation n°1306



Excitation par alternateur inversé avec contrôle monophasé

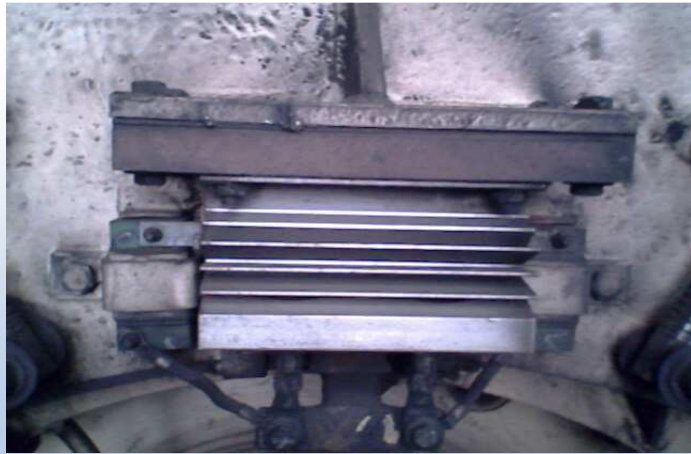


En cas de désexcitation :

Les contacts 3 et 4 s'ouvrent en premier
Le contact 1 se ferme et
Le contact 2 s'ouvre ensuite

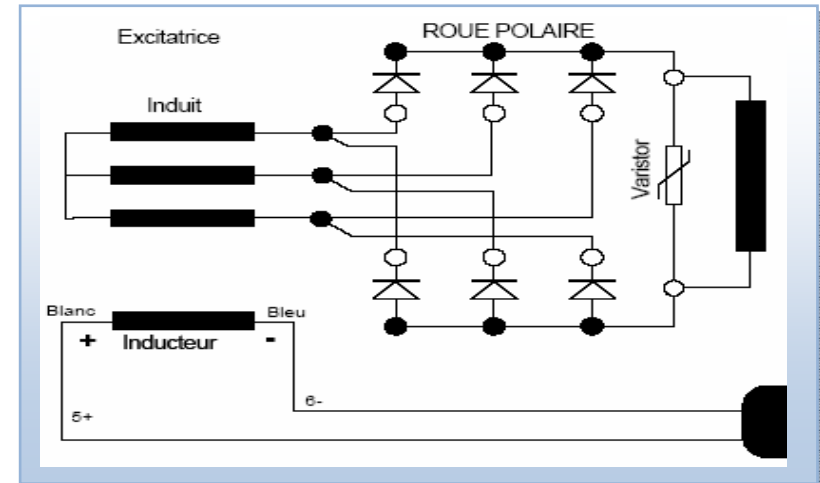


PONT



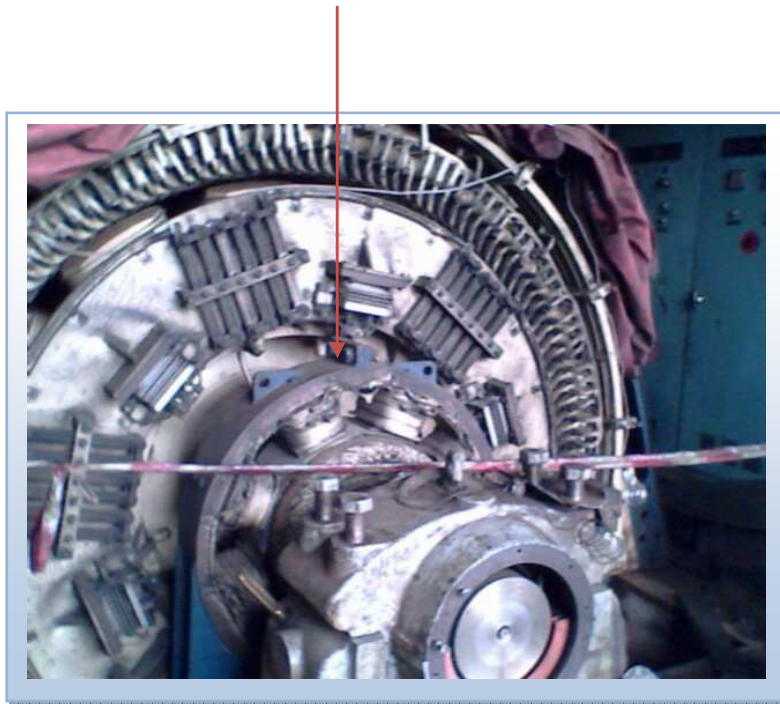
Excitate

EXCITATRIC



MONTAGE DE RESISTANCE ET DE DIODE AVEC LE ROTOR





INDUCTEUR

INDUIT (rotor)

ANNEXE IV

QUELQUE THEORIE DE LA MAINTENANCE

Fiabilité

Le problème de fiabilité d'atelier (sur le fonctionnement)

- Maintenabilité
- Disponibilité
- Sécurité

Maintenabilité : Aptitude d'un dispositif en panne à être réparé (MDT)

$$MDT = \frac{\text{temps totale arrêts panne}}{\text{nb d'arrêts panne}} \quad (\text{temps d'arrêt panne})$$

$$MTTR = \frac{E_{tr}}{\eta} \quad (\text{temps de réparation})$$

Disponibilité

$$D = \frac{T_{bf}}{T_{bf} + \text{temps d'arrêt panne}}$$

PARAMETRE DE LA MAINTENANCE INDUSTRIEL

Le taux de défaillance $\lambda(t)$

$$\lambda(t) = \frac{n_i}{N_i \Delta t_i} \quad n_i = \text{nb de défaillance en } t_i \text{ et } t_{i+1}$$

$$\Delta t_i = t_{i+1} - t_i \quad (\text{Intervalle de temps})$$

N_i : nb d'élément ayant vu au moins un temps $-t_i$

Le nombre de classe r

$$r = \sqrt[3]{\sum n_i} \quad \text{ou } r = 1 + 3.3 \log \square n_i \quad (n_i : \text{nb de défaillance par intervalle})$$

$$MTBF = Y + \eta \int \left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \implies MTBF = Y + \eta A \quad (A \text{ et } \beta \text{ sur le tableau de WEIBULL})$$

$$\text{Avec} \quad Y = X_m \frac{(X_{max} - X_m)(X_m - X_{min})}{(X_{max} - X_m) - (X_m - X_{min})}$$

ABSTRACT

Different type of method exists to drive the maintenance of an electric installation. Every type presents the advantages and inconveniences according to the aimed objective.

The method recommended presently, the one of O.M.F based on the AMDEC, follows for every equipment, the logic of the analyses.

Decomposition, identification, function, fashion and consequence of failing, considered tasks, retained tasks. This logical continuation, aim to make get the maximum of performance on the plan:

- Of the improvement of the operating mode
- Of the reduction of the maintenance's cost
- Of the availability, the security of the material and the staff.
-

This research of the performance doesn't must, however, to have separated of the survey of its impacts on the environment.

Titre : MAINTENANCE D'UNE MACHINE SYNCHROME TOURNANTE
APPLICATION SUR UN ALTERNATEUR D'UN GROUPE THERMIQUE
DE LA JI.RA.MA (Central Thermique d'Ambohimanambola)

Auteur : Andrianambinina RAKOTONIAINA

: Lot IM 324 à Mandoto (113)

: Tel .033 04 297 85 ; 032 41 837 43

Résumé :

Il existe différents type de méthode pour conduire la maintenance d'une machine électrique .Chaque type présente des avantages inconvénients suivant l'objectif visé. La méthode préconisée présentement, celle de l'OMF basée sur l'AMDEC, suit pour chaque équipement, la logique de l'analyse : décomposition, identification, fonction, mode de défaillance, criticité, t'aiches envisagées, tâche retenues, pour dresser ensuit un planning de maintenance. Cette suite logique, vise à faire obtenir le maximum de performance sur le plan de :

- L'amélioration du monde d'exploitation
- La réduction du cout de la maintenance
- La disponibilité, la sécurité du matériel et de la personne

Cette recherche de la performance ne doit pas, toutefois, être séparée de l'étude de ses impacts sur l'environnement.

Mots clés : Optimisation, applicabilité, tâches, maintenance, enjeux, criticité, mode de défaillance, analyse, fiabilité, travée, équipement, fréquence de défaillances, travée.

Nombre de pages : 75