

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : Transformateur de puissance

- 1- Schéma des équipements périphériques du transformateur de puissance
- 2- Schéma d'un circuit magnétique d'un transformateur triphasé

ANNEXE 2 : Système de refroidissement et relais de protection

- 1- Désignation des modes de refroidissement
- 2- Type de refroidissement
- 3- Relais buchholz
- 4- Relais masse cuve

ANNEXE 3 : Régleur en charge

Schéma du changeur de prise monté sur un transformateur

ANNEXE 4: SEPAM

- 1- Types de sepam
- 2- Fonctions du Sepam
- 3- Schéma de raccordement du sepam

ANNEXE 5 : Disjoncteur

- 1- Schéma de principe du disjoncteur SF₆
- 2- Courbes comparatives des poids par unité de pouvoir de coupure
- 3- Eléments constitutifs d'un disjoncteur

INTRODUCTION

Avec le développement de la technologie et de l'informatisation, les fabricants d'équipements de transformation affichent un haut degré de maîtrise technique et technologique.

Au cours de l'exploitation, ces équipements subissent toujours de sévères contraintes d'ordre électrique, atmosphérique, thermique, électromagnétique, chimique, qui peuvent provoquer des défaillances ou des dommages de toute nature et d'ampleur variable.

Un fonctionnement permanent et correct de l'installation de transformation ne peut être assuré que par une maintenance méthodique et adéquate. La méthode suivie pour la maintenance est choisie en fonction de son coût et surtout de son efficacité. La méthode actuelle utilisée par la JIRAMA est celle de l'E3P (Entretien Périodique Préventif Programmé).

Le présent mémoire projette d'appliquer une nouvelle méthode : l'OMF (Optimisation de la Maintenance par la Fiabilité) basée sur l'AMDEC (Analyse de Mode de Défaillance, de leurs Effets et de leurs Criticités), sur la travée TR9 à Ambodivona. Cette méthode permettra-t-elle à la JIRAMA, de mieux atteindre les enjeux qu'elle s'est fixés ?

A savoir :

- o Meilleure sécurité des personnes et du matériel
- o Sûreté de fonctionnement et qualité du système électrique
- o Maintien du patrimoine
- o Contrôle et maîtrise des coûts de la maintenance

L'étude de l'application de la méthode OMF sur la travée TR9, comprend huit chapitres, regroupés en quatre grandes parties :

I Présentation de la méthode OMF

II Identification des équipements de la travée TR 9

III Analyse des modes de défaillances et des tâches de maintenance

IV Impacts environnementaux

PARTIE I

PRESENTATION DE LA METHODE OMF

Chapitre I

PRINCIPE DE LA METHODE OMF

Ce chapitre développe la description et l'analyse du principe de l'OMF (Optimisation de la maintenance par la Fiabilité), nouvelle procédure de la maintenance appliquée dans la filière de transport de l'énergie pour programmer la maintenance des équipements.

I-1 DEFINITION DE L'OMF

a) 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.

b) Fiabilité :

C'est la probabilité qu'un équipement accomplisse une fonction sans défaillance dans des conditions spécifiées et pendant une période déterminée selon la norme NF (NX060501).

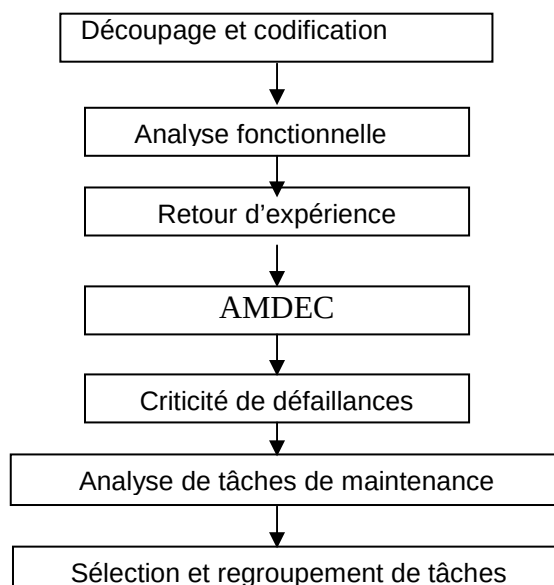
I-2 OBJECTIF DE LA METHODE OMF

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

- *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 SIMPLIFIE DE LA METHODE OMF

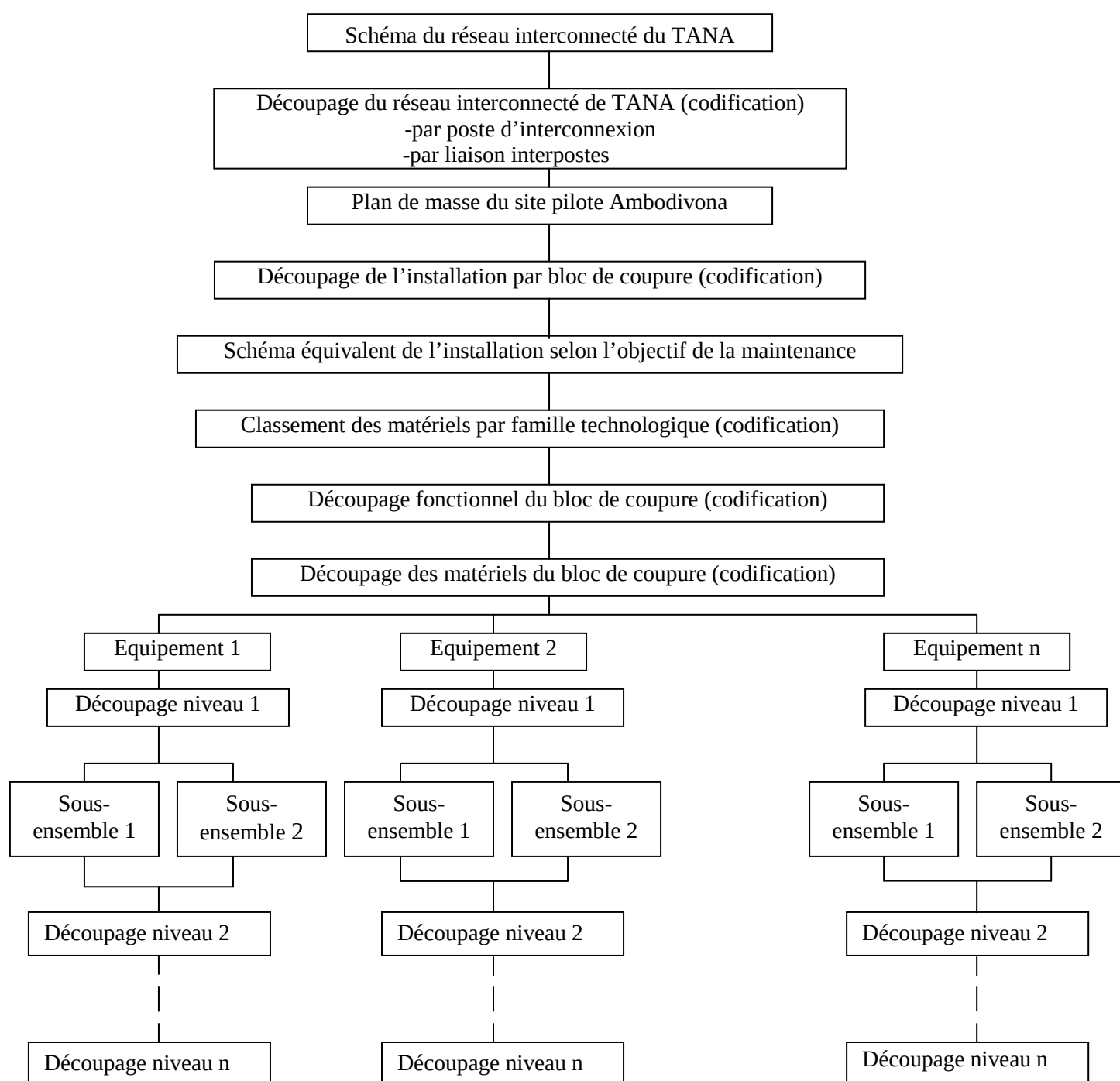
Cet organigramme montre les étapes à suivre dans la méthode OMF



I-3 -1 Découpage et codification :

La mise en œuvre de la procédure OMF nécessite la connaissance exacte des matériels, par bloc de coupure. Ceux-ci ne seront clairement identifiés que si l'on suit le plan d'action de découpage suivant :

Plan d'action de découpage



I-3 -2 Analyse fonctionnelle:

Elle permet de mettre en évidence, après découpage, 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'étendue de ses conséquences.

Pour éclaircir l'analyse fonctionnelle, on dresse des chaînes causales .

I-3 -3 Retour d'expérience et fiabilité:

Cette étape nécessite des informations sur les incidents antérieurs concernant les modes de défaillances ainsi que les interventions effectuées. Les bases de données obtenues permettent de déterminer la fréquence ou le taux de défaillance (nombre de défaillances par unité de temps) de chaque équipement.

I-3-4 AMDEC : (Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leurs Criticités).

Cette analyse permet d'identifier les modes de défaillances, leurs causes et leurs effets sur les équipements pour en déduire leur criticité .

Le tableau ci-dessous permet de dresser une fiche AMDEC.

Désignation	Définition
Composant	Défini lors du découpage
Fonction	Etablie lors de l'analyse fonctionnelle
Mode	Décrit le phénomène anormal
Cause	Raison d'une apparition de défaillances
Effets	Conséquences possibles sur l'équipement à chaque défaillance
Gravité	Hiérarchisation des conséquences

I-3-5 Criticité des défaillances :

C'est l'appréciation attribuée à chaque mode de défaillance selon sa fréquence et sa gravité. Elle est obtenue par la formule :

$$CRITICITE = FREQUENCE * GRAVITE \quad (1-1)$$

L'étude de la criticité de l'équipement permet de choisir le type de maintenance approprié à celui-ci.

La criticité des défaillances conclut l'analyse de la fiabilité pour la méthode OMF.

I-3-6 Analyse de tâches de maintenance par la méthode OMF :

Cette étape détermine la liste des tâches à entreprendre en tenant compte de : leur périodicité, leur efficacité, leur facilité et leur applicabilité.

- **La périodicité**

Elle définit la période pendant laquelle la maintenance doit être apportée. Il est difficile de déterminer la période exacte de la maintenance, mais avec l'analyse des modes de défaillance, de leurs causes, de leurs fréquences, et de leur évolution, on peut, à l'aide de l'expérience de maintenance sur terrain, estimer deux intervalles de périodes limitées par :

- La période minimale : en deçà de laquelle, la tâche n'apporte pas de détection de défaut.

- La période maximale : au-delà de laquelle, la tâche n'est plus efficace.

- **L'efficacité**

Elle détecte si la tâche apportée est appropriée à chaque équipement pour éviter ou réduire les défaillances.

- **La facilité**

La facilité caractérise la mise en œuvre la plus aisée de chaque tâche vis-à-vis des critères suivants :

- Indisponibilité de la cellule
- Coût de la maintenance
- Moyens mis en œuvre (compétence ; technique utilisée)
- Durée de la tâche et main d'œuvre
- Dépendance par rapport aux autres tâches

Chaque facteur de facilité, sera affecté d'un poids correspondant à sa hauteur.

Indisponibilité de la cellule	Coût de la maintenance	Moyens mis en œuvre	Durée de la tâche	Dépendance de la tâche par rapport aux autres	Poids
					1
					2
					3
					4

La facilité sera la valeur moyenne des poids de tous les facteurs.

- **L'applicabilité:**

L'applicabilité de la tâche est conditionnée à la fois par les critères de son efficacité et de sa facilité de mise en œuvre.

Elle est calculée à partir de la formule :

$$APPLICABILITE = EFFICACITE * FACILITE \quad (1-2)$$

I-3-7 Sélection et regroupement des tâches :

Dans la liste des tâches à effectuer on sélectionne celles qui sont applicables.

Elles seront regroupées par type et par période identique.

Cette étape conclut l'analyse de tâches de maintenance par la méthode OMF.

PARTIE II

IDENTIFICATION DES EQUIPEMENTS DE LA TRAVEE TR9

Chapitre II

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

II-1- LE RESEAU INTERCONNECTE



II-2 DECOUPAGE DU RESEAU INTERCONNECTE DE TANA

II-2-1 par poste d'interconnexion

Poste d'interconnexion	Codification
Poste d'interconnexion Ambohimambola	Pi
Sous-station Ambodivona	Bo
Sous-station Tana sud	Ts
Sous-station Tana ouest	To
Sous-station Ambohijatovo	Hi
Sous-station Mandroseza	Se
Poste Antsirabe	Be
Poste Andekaleka	Ka
Poste Mandraka	Dr
Poste Antelomita	Mi
Poste Manandona	Do

II-2-2 par liaison interposte (bretelle)

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

II-3 CLASSEMENT SUIVANT LA NATURE DES INSTALLATIONS DE LA SOUS- STATION AMBODIVONA

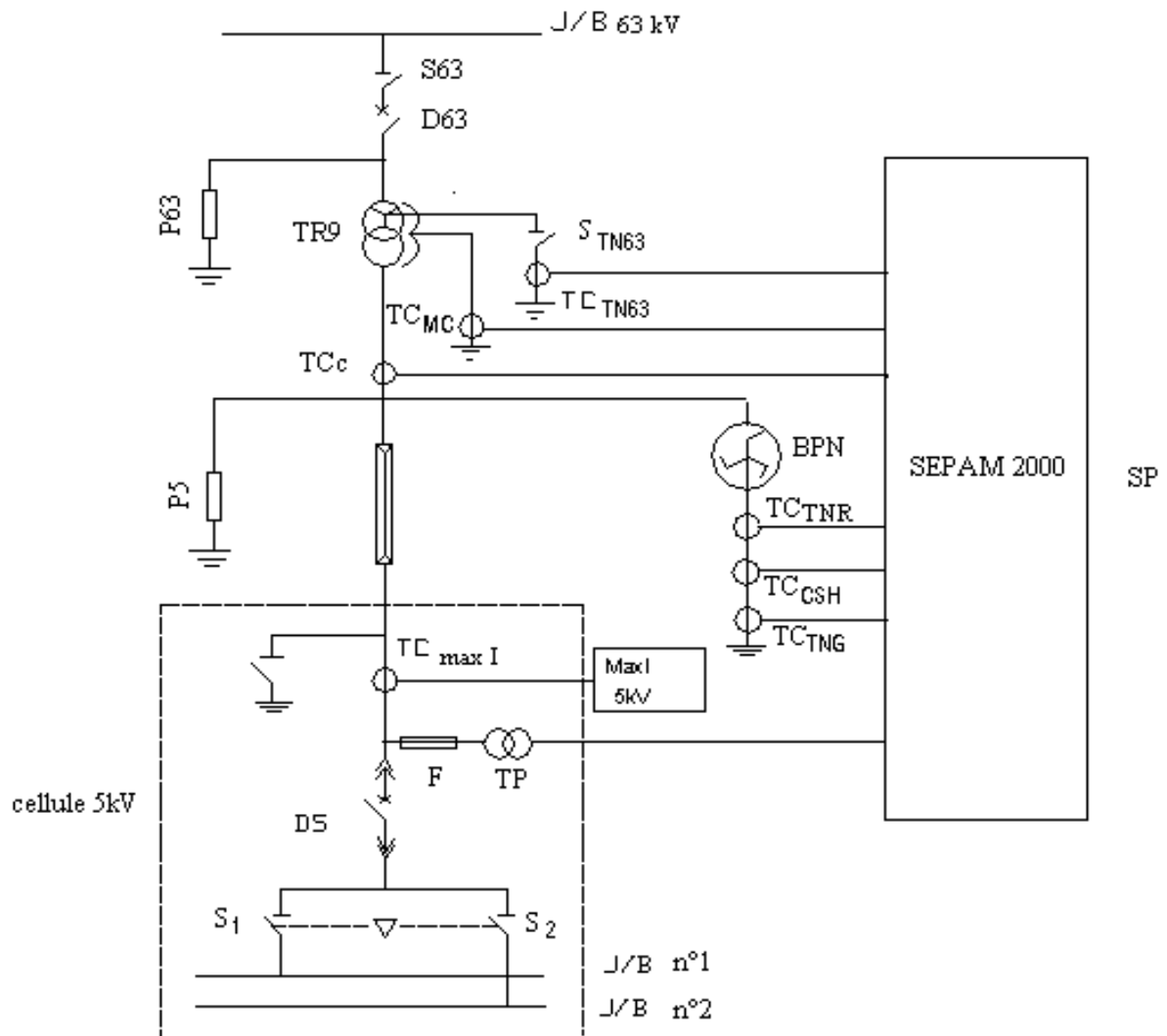
Nature de l'installation	Codification
Electricité	E
Voie	V
Bâtiment	Ba
Télécommunication	Tc

II-4 DECOUPAGE DE L'INSTALLATION PAR BLOC DE COUPURE

Bloc de coupure	Codification
Arrivée 63KV	A63
Départ Mandroseza	D1
Départ Ivato	D2
Départ Tana Ouest	D3
Départ n°5	D5
Départ n°9	D9
Départ n°10	D10
Départ n°11	D11
Départ n°25	D25
Départ n°26	D26
Départ n°31	D31
Travée TR9	B9
Travée TR8	B8
Travée AT1	B1
Travée AT2	B2
TravéeAT3	B3
TravéeAT4	B4
Travée auxiliaire	Aa
Couplage barre 5KV	Cb

II-5 DECOUPAGE DE LA TRAVEE TR9

II-5-1 Schéma équivalent de la travée TR9



II5-2 Classement des matériels par famille technologique

Famille des matériels	Codification
Transformateur de puissance	TR
Transformateur de courant	TC
Transformateur de potentiel	TP
Sectionneur	S
Disjoncteur	D
Bobine de point neutre	BPN
Commande protection	CP
Parafoudre	P
Câble	Ca
Fusible	F

II-5-3 Découpage et codification de la travée TR9

Equipement	Codification
Disjoncteur côté 63KV	D63
Sectionneur côté 63Kv	S63
Parafoudre 63KV	P63
Transformateur de puissance 63/5.5KV	TR9
Transformateur de courant défaut câble côté 5.5KV	TCc
Parafoudre 5 KV	P5
Sectionneur terre neutre 63KV	STN 63
Transformateur de courant terre neutre 63KV	TC _{TN63}
Transformateur de courant masse cuve	TC _{MC}
Bobine du point neutre	BPN
Transformateur de courant terre neutre générale (côté BPN)	TC _{TNG}
Transformateur de courant terre neutre résistante (côté BPN)	TC _{TNR}
Transformateur de courant CSH 120	TC _{CSH}
Transformateur de courant maximum d'intensité (côté cellule 5.5KV)	TC _{maxI}
Commande protection (Sepam 2000)	SP
Disjoncteur 5.5KV (débrochable)	D5
Sectionneur de couplage barre 5.5KV n°1	S1
Sectionneur de couplage barre 5.5KV n°2	S2
Tableau de commande	T
Châssis de relayage	R
Câble de puissance	Ca

II-6- DECOUPAGE DES MATERIELS DE LA TRAVEE TR9

II-6-1- Disjoncteurs : D63- D5

Organe (découpage niveau 1)	Côté 63KV Codification	Côté 5,5KV codification
Chambre de coupure	D63-1	D5-1
Châssis	D63-2	D5-2
Organe de transmission	D63-3	D5-3
accumulateur	D63-4	D5-4
coffret de commande	D63-5	D5-5

Organe (découpage niveau 2)	Codification	Codification
pôle	D63-1-1	D5-1-1
Joint d'étanchéité	D63-1-2	D5-1-2
Arbres	D63-3-1	D5-3-1
came	D63-3-2	D5-3-2
Moteur de réarmement	D63-5-1	D5-5-1
Ressort d'enclenchement	D63-5-2	D5-5-2
Ressort de déclenchement	D63-5-3	D5-5-3
Bobine d'enclenchement	D63-5-4	D5-5-4
Bobine de déclenchement	D63-5-5	D5-5-5
Relais anti-pompage	D63-5-6	D5-5-6
Bouton de commande	D63-5-7	D5-5-7

II-6-2- Sectionneur côté 63KV :S63

Organe	Codification
Châssis	S63-1
Pivot	S63-2
Barre de liaison	S63-3
Colonne tournante	S63-4
Bras de contact mâle	S63-5
Bras de contact femelle	S63-6
Prise de courant	S63-7
Levier de manœuvre	S63-8

II-6-3- Transformateur de puissance :TR9

Organes (découpage niveau 1)	Codification
Circuit magnétique	T1
Enroulements	T2
Huile isolante	T3
Déshumidificateur	T4
Cuve	T5
Couvercle de la cuve	T6
Conservateur d'huile	T7
Soupape de sûreté	T8
Bornes	T9
Radiateurs à ailettes	T10
Ventilateurs	T11
Indicateur de niveau d'huile	T12
Thermomètre	T13
Régleur en charge	T14
Relais buchholz	T15
Thermostat	T16
Relais masse cuve	T17
coffret de regroupement	T16

Organes (découpage niveau 2)	Codification
Changeur de prise	T14-1
Mécanisme d'entraînement	T14-2
Régulateur de tension	T14-3

Organes (découpage niveau 3)	Codification
Tête du changeur de prise	T14-1-1
Compartiment d'huile du commutateur	T14-1-2
Bloc insérable du commutateur	T14-1-3
Sélecteur de prises	T14-1- 4

II-6-4 Commande protection SEPAM 2000 : SP

Organes (découpage niveau 1)	Codification
Voyants d'états	SP1
Afficheur numérique	SP2
Touches d'accès aux mesures et traitement d'alarme	SP3
Cartouche	SP4
Prise console	SP5
Console TSM 2001	SP6
Connecteurs	SP7
Micro-interrupteurs	SP8
Modules	SP9
alimentation auxiliaire	SP10

Organes (découpage niveau 2)	Codification
CE40	SP9-1
ECM1	SP9-2
ECM2	SP9-3
3U/V0	SP9-4
ESB	SP9-5
ESTOR1	SP9-6
ESTOR2	SP9-7
SONDE	SP9-8

II 6-5 Sectionneurs de couplage: S1 et S2

Organe	Codification	codification
	S1	S2
Plage de raccordement	S1-1	S2-1
Mâchoire supérieure	S1-2	S2-2
Mâchoire inférieure	S1-3	S2-3
Levier de commande	S1-4	S2-4
Isolateur de levier de commande	S1-5	S2-5
Arbre de manœuvre	S1-6	S2-6
Couteau	S1-7	S2-7

II-6-6 Tableau de commande : C

Organe	Codification
TPL	C1
TL	C2
verrine	C3

II-6-7 Bobine du point neutre : BPN

Organe	Codification
enroulement	BPN 1
huile isolante	BPN 2
cuve	BPN 3
sonde Pt100	BPN 4

Chapitre III

INVENTAIRE DES ELEMENTS DE LA TRAVEE TR9

III-1 DESCRIPTION DES MATERIELS EXISTANT SUR LA TRAVEE TR9

III-1-1- Sectionneur côté 63 KV

Equipement	Type	Fabricant	Tension d'utilisation [KV]	Tension d'isolement [KV]	Courant Nominal [A]	Courant Maximum [KA]	Année de mise en service
S63	SG3CP	Manufacturas Electricas	72.5	325	800	31.5	1999

III-1-2- Disjoncteur côté 63KV

Equipement	Type	Fabricant	Tension d'utilisation [KV]	Tension d'isolement [KV]	Courant Nominal [A]	Courant Maximum [KA]	Pression SF 6 A 20°C [bar]	Année de mise en service
D63	FXT9	Delle Alsthom	72.5	325	2000	25	7	1999

III-1-3- Transformateur de puissance

Equipement	Type	Fabricant	Puissance nominale [MVA]	Tension nominale [Kv]		Groupe de couplage	Mode de refroidissement	Année de mise en service
				Primaire	Secondaire			
TR9	CEI/UTE C52.100	Pawels Trafo	15	63	5.5	YNd11	ONAN/ONAF 67%/100%	1999

III-1-4 Transformateur de courant défaut câble

Equipement	Type	Fabricant	Tension nominale [KV]		Courant nominal [A]		Courant Maximum [A]	Puissance [VA]	Année de mise en service
			primaire	secondaire	Primaire	secondaire			
TCC	B400-T24	Faget Holland	0.72	3	1500	5	60In	30	1999

III-1-5- Transformateur de courant Terre-Neutre 63KV /masse cuve

Equipement	Type	Fabricant	Tension nominale [KV]		Courant nominal [A]		Courant Ith [KA]	Année de mise en service
			primaire	secondaire	Primaire	secondaire		
TCTNG/TCMC	GSK260/80	Stromwandler	0.72	3	1500	5	10 / 20	1999

III-1-6- Transformateur de courant Terre Neutre résistante

Equipement	Type	Fabricant	Tension nominale [KV]	Courant nominal [A]	Puissance [VA]	Année de mise en service
TC TNG	B20	SADTEM	1.2 / 6	100 / 5	30	1999

III-1-7- Transformateur de courant max I (côté cellule 5.5 KV)

Equipement	Type	Fabricant	Tension nominale [KV]	Courant nominal [A]		Puissance [VA]	Année de mise en service
				primaire	secondaire		
TCmaxI	NKR24	BALLEAU	1.2 / 6	500-1500	5	30	1999

III-1-8 – Transformateur de potentiel

Equipement	Type	Fabricant	Tension nominale [V]	Puissance [VA]	Année de mise en service
TP5	UKP12/2	BALLEAU	5000 / 100	30	1999

III-1-9- SEPAM 2000

Equipement	Type	Fabricant	Tension nominale [KV]	Tension maximum	Courant nominal [A]	Courant maximum	Tenue Thermique	Année de mise en service
SP	S35	Schneider	$U_n \leq 65.5$	$20I_n$	$20 \leq I_n \leq 6250$	$20I_n$	$80I_n/1s$	1999

III-1-10- Disjoncteur 5.5 KV

Equipement	Type	Fabricant	Tension Nominale [KV]	Courant Nominal [A]	Tenue Thermique [KA]	Tenue dynamique [KA]	Tenue au choc [KV]	Pression SF6 à 20°C [bar]	Année de mise en service
D5	FP0725G	DelleAlsthom	7.2	2500	25	62.5	60	3.5	1999

III-1-11- Sectionneur de couplage

Equipement	Type	Fabricant	Tension Nominale [KV]	Courant Nominal [A]	courant admissible [kA]	Année de mise en service
S1 - -S2	SH100	Delle Alsthom	7.2	400	25	1999

III-2- TECHNOLOGIE GENERALE SUR LA TRAVEE TR9 AU NIVEAU DE CHAQUE EQUIPEMENT

III-2-1 Sectionneur

C'est un simple couteau métallique qui s'insère entre deux mâchoires liées au conducteur en service. Sa manœuvre s'effectue soit manuellement, soit à l'aide de dispositifs mécaniques commandés électriquement. Le sectionneur est utilisé pour isoler une portion de réseau. Il n'a aucun pouvoir de coupure, c'est pourquoi, on l'associe toujours avec un disjoncteur.

III-2-2 Disjoncteur

Avec son pouvoir de coupure, le disjoncteur permet de maîtriser les défauts en isolant la partie défectueuse. Il compte parmi les éléments importants de l'installation.

a) Principe de fonctionnement :

L'enclenchement et le déclenchement du disjoncteur sont réalisés par la détente brusque des ressorts actionnés par le moteur de réarmement, et dont la décompression peut atteindre une pression de 320 bars. Leur détente peut être commandée soit manuellement, soit électriquement.

b) Type de disjoncteur suivant l'agent extincteur utilisé :

- liquide : * disjoncteur à bain d'huile
 * disjoncteur à faible volume d'huile
- gazeux : * disjoncteur à air comprimé
 * disjoncteur à hexafluorure de soufre (SF_6)

c) Principe du disjoncteur autopneumatique à SF_6

L'ouverture des contacts du disjoncteur est toujours caractérisée par la présence d'un arc électrique conducteur qui provoque un échauffement excessif. Le gaz SF_6 devient instable et se dissocie de façon fugace en SF_4 et SF_2 . Sa chaleur spécifique très élevée produit une haute conductivité thermique qui facilite l'extinction de l'arc et favorise le refroidissement du plasma. Les ions et les électrons se recombinaient pour reconstituer des atomes de fluor et de soufre et revenir au produit final : le gaz SF_6 .

d) Avantages du SF_6 :

- Rigidité diélectrique 2.5 à 3 fois supérieure à celle de l'air sous la même pression
- N'exige que peu d'entretien (révision après 2000 manœuvres ou 10

à 30 coupures de court circuit)

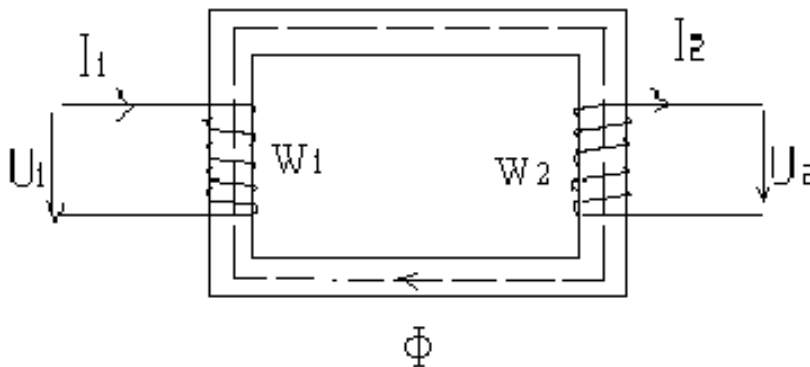
- Maîtrise facile des problèmes d'étanchéité
- Excellente qualité isolante
- Eminente propriété du fluide extincteur

III-2-3- Transformateur

a) Description :

Un transformateur est un convertisseur statique à induction, permettant de changer la valeur efficace d'une grandeur électrique à courant alternatif sans modifier la fréquence.

b) Schéma de principe



Rapport de transformation : $m = U_2 / U_1 = w_2 / w_1$ (3-1)

où :
w1:nombre de spires de l'enroulement primaire
w2 : nombre de spires de l'enroulement secondaire

c) principe de fonctionnement

L'enroulement primaire parcouru par le courant alternatif, transforme celui-ci en flux magnétique dans le circuit magnétique. Sous l'influence de ce flux, les deux enroulements délivrent chacun une force électromotrice.

$$\text{Force électromotrice primaire : } E_1 = 4,44 w_1 \cdot f \cdot \Phi_m \quad (3-2)$$

$$\text{Force électromotrice secondaire : } E_2 = 4,44 w_2 \cdot f \cdot \Phi_m \quad (3-3)$$

Remarque : les pertes fer P_f (pertes par courant de Foucault et pertes par Hystérésis) et les pertes joules P_j (ou pertes cuivre) sont inévitables dans le

transformateur, ce qui diminue son rendement η :

$$\eta = P_2 / (P_2 + P_f + P_j) \quad (3-4)$$

Ces pertes ont pour conséquences l'échauffement des éléments concernés.

d) Types de transformateur

- transformateur de courant
- transformateur de potentiel
- transformateur de puissance

Le transformateur de puissance

Le transformateur de puissance est l'élément central d'un poste de transformation. Au cours de son fonctionnement, il est soumis à des contraintes sévères d'origines diverses. Pour assurer un bon fonctionnement et un meilleur rendement, le transformateur de puissance est équipé de différents systèmes de protection, de commande, de réglage, et de différents dispositifs de refroidissement.

1) Dispositifs de refroidissement :

Le transfert de chaleur de la partie active à l'air se fait en deux étapes :

- de la partie active à l'huile, à l'intérieur de la cuve
- de l'huile à l'air, par le réfrigérant

Le mouvement des fluides peut être, soit naturel, par thermosiphon, soit forcé au moyen d'une pompe et/ou d'un ventilateur. Le choix du type de réfrigération dépend de la puissance du transformateur, des conditions locales de l'installation. Deux types sont retenus pour la TR9 :

a) Circulation naturelle d'huile et d'air (ONAN)

La transmission à l'air ambiant de la chaleur du transformateur se fait à la fois par radiation et par convection. Le coefficient de transmission huile-air dans le réfrigérant est fonction des conditions côté air

b) Circulation naturelle d'huile, ventilation forcée d'air (ONAF)

Quand l'échauffement d'huile dépasse la valeur limite prédéfinie, des ventilateurs, commandé par un thermostat, augmentent la mise en mouvement de l'air au voisinage des surfaces d'échange thermique.

2) Réglage de tension :

a) Principe

A la sortie du transformateur, la tension secondaire est soumise à des variations dues à des changements de régime de fonctionnement. Seules, les variations lentes de tension ont une possibilité de réglage en agissant sur la valeur moyenne de tension pour maintenir la tension nominale de sortie U_n dans les limites des valeurs prédéfinies (95 à 100 % de U_n).

b) Modes de réglage :

➤ réglage hors tension

Le choix de la prise est prédéterminé. Le passage d'un échelon à un autre présente un régime transitoire et nécessite une coupure totale de l'alimentation pendant la manœuvre.

➤ réglage en charge

Le réglage en charge permet d'éviter l'interruption de service et de réduire l'effet de fluctuation de tension amont et aval, il autorise un ajustement permanent du rapport de transformation.

- le régulateur de tension :

C'est un dispositif électronique à microprocesseur permettant de commander automatiquement le réglage du transformateur équipé d'un changeur de prise sous charges. Le régulateur de tension sert à corriger tout écart de tension à la valeur de consigne. Sa manœuvre peut se faire en mode manuel ou automatique.

- le mécanisme d'entraînement :

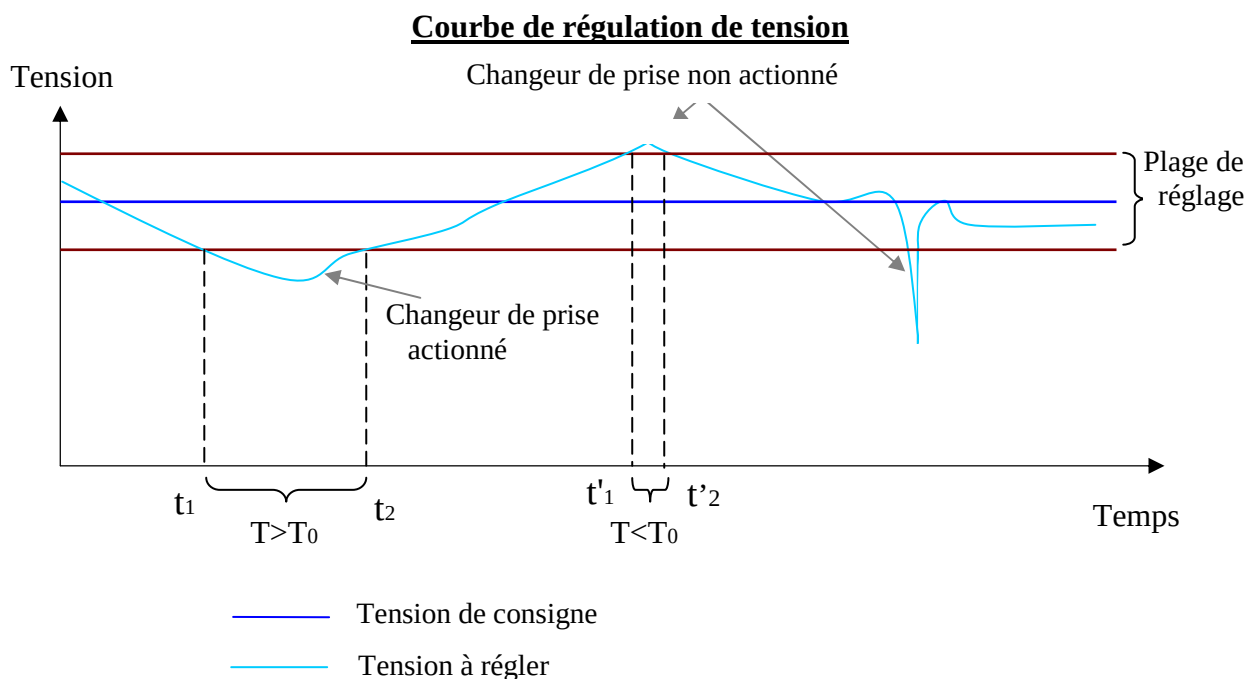
Il est monté sur le corps du transformateur ce qui permet le réglage manuel sur place. Le moteur d'entraînement fonctionne sur le principe du pas à pas.

- le changeur de prise :

Le changeur de prise composé du commutateur (contenant : contacts de rupture, résistance de passage et transmission mécanique), du sélecteur de prise et du présélecteur, est immergé dans la cuve du transformateur, isolé dans un cylindre rempli d'huile.

c) Principe de fonctionnement du régleur en charge :

Quand la tension s'écarte de la tension de référence pendant un certain temps T la temporisation se déclenche et donne l'ordre de passage d'un échelon du changeur de prise. Pour préserver l'usure des contacts par une cadence exagérée de fonctionnement du changeur de prise, la temporisation est adaptée en fonction de l'écart de tension et de sa durée (de 10 à 200 s pour $\pm 0.8\%$ à $\pm 5\%$ de la tension de consigne).



3) Marche en parallèle

La marche en parallèle des transformateurs est nécessaire pour obtenir une puissance totale maximale surtout en cas d'accroissement de la puissance demandée.

Condition de marche en parallèle :

- Même groupe de couplage
- Même rapport de puissance
- Même rapport de transformation ($\pm 0,5\%$)
- Même tension de court-circuit ($\pm 10\%$)
- Même tension secondaire à vide

4) Protection

a) Moyens de protection

Ils sont classés selon leur principe de fonctionnement et leur mode d'action :

- ceux qui agissent directement sur les perturbations : parafoudres ; éclateurs ; fusibles ; vase d'expansion.

- ceux qui mesurent des grandeurs caractéristiques du défaut et actionnent des dispositifs d'alarme ou de mise en hors circuit du transformateur : protection différentielle ; relais de terre ; relais buchholz ; relais de surintensité ; thermomètres ; sondes thermiques.

b) Commande protection

De nouveaux dispositifs électroniques multifonctionnels gérés par microprocesseurs comme le sepam, l'oscilloperturbographe, suppléent avantageusement aux équipements de mesure, de contrôle, de commande et de protection.

III-2-4- SEPAM (Système Electronique de Protection, d'Automatisme et de Mesure)

Le sepam est une gamme d'unités de protection et de contrôle, de technologie numérique, d'utilisation simple et, à affichage explicite par écran intégré.

C'est un relais numérique personnalisé. On peut varier ses fonctions par programmation en fonction de l'exploitation.

Il réunit en un seul boîtier, l'ensemble des fonctions de commande, de protection, de mesure et de surveillance.

Avantages du Sepam

- Réduction du coût global.
- Intégration de toutes les fonctions nécessaires à la protection.
- Simplicité et précision.
- Information en permanence sur l'état de fonctionnement des unités.
- Intervention efficace et rapide en cas de défaillance.
- Procédure d'autotest et d'autodiagnostic.

Remarques

- o Cependant, certains paramètres nécessitent encore l'emploi de quelques relais.
- o A la sous-station Ambodivona, seule la travée TR9 est dotée du SEPAM.
- o Son utilisation facilite la localisation des défauts et augmente l'efficacité de la maintenance
- o A la suite de la détection du défaut, le sepam juge son degré de gravité et affiche le message correspondant : alarme ou déclenchement.

PARTIE III

ANALYSE DES MODES DE DEFAILLANCES ET DES TACHES DE MAINTENANCE

Chapitre IV

ANALYSE FONCTIONNELLE DES EQUIPEMENTS JUGES CRITIQUES

IV-1- DISJONCTEUR :D63 – D5

IV-1-1- Chambre de coupure : D63 -1 - D5-1

Usures des contacts principaux
de la chambre de coupure

Arc mal étouffé

Fuite de gaz SF6

Mauvais graissage de la tige

Défaillance des joints d'
étanchéité

IV-1-2 Châssis : D63 -2 - D5 -2

Détérioration de support du disjoncteur

Dégradation du châssis

Châssis rouillé

IV-1-3- Organe de transmission : D63 -3 - D5 -3

Consignation imprévue de la travée

Déclenchement intempestif

Risque avarie du disjoncteur

Amorçage

Détérioration du vérin

Manœuvre fréquent

IV-1-4- Accumulateur : D63-4 - D5-4

Risque d'amorçage

Fuite d'huile

Fissure de l'accumulateur

Défaillance des joints d'étanchéité

IV-1-5- Coffret de commande : D 63 –5 - D 5 –5

Non enclenchement
du disjoncteur

Ressort non armé

Défaillance du moteur
de réarmement

Usure du balai

Fonctionnement
anormal du moteur

Défaillance de
contacteur du moteur

Usure des contacts
de contacteur
du moteur

Moteur grillé

Surtension

Défaillance de l'électro-aimant
d'ouverture et de fermeture

Bobines de
déclenchement grillées

Commande impossible

Surtension

Ressort défectueux

Défaillance des monocontacts

Déclenchement intem-
pestif du disjoncteur

Défaillance de commande

Relais anti-pompage défectueux

Commande manuelle
impossible

Défaillance du bouton
manuel de déclenchement

Manœuvre fréquente

Non enclenchement
du disjoncteur

Ordre d'ouverture ou
de fermeture non transmise

Mauvais serrage des borniers

IV-2- SECTIONNEUR : S63

IV-2-1- Châssis :S 63-1

Risque de détérioration
du support de sectionneur

Dégradation du châssis

Châssis rouillé

IV-2-2- Pivot : S 63-2

Manœuvre impossible
du sectionneur

Défaillance des pivots

Coincement des pivots
lors de la manœuvre

IV-2-3- Barre de liaison : S 63-3

Fonctionnement du
sectionneur non assuré

Ordre d'ouverture ou de
fermeture non transmis

Détérioration de la bielle de liaison

Déréglage de la bielle de liaison

IV-2-4- Colonne tournante : S 63-4

Risque de détérioration
du sectionneur

Vibration des
colonnes tournantes

Mauvais serrage des vis d'assemblage

IV-2-5- Bras de contact mâle : S 63-5

Bras de contact femelle : S 63-6

Risque de détérioration du sectionneur

Désalignement des bras

Manœuvre très fréquente

IV-2-6- Prise de courant : S 63-7

Échauffement du câble

Augmentation de la
résistance de contact

Usure des prises
de courant

Mauvais serrage des prises
de courant

Oxydation
des prises des courant

IV-2-7- Levier de manœuvre : S63-9

Risque d'avarie
du sectionneur

Ouverture ou fermeture
involontaire en charge

Non verrouillage
du sectionneur

Détérioration de la
tige de verrouillage

Choc dû à la manœuvre

Manœuvre très fréquente

IV-3 TRANSFORMATEUR DE PUISSANCE

IV-3-1- Circuit magnétique : T1

Échauffement anormal
de l'huile

Circuit court-circuité

Contact entre traversés et appliqués
servant à l'empilage des noyaux

Augmentation des pertes fer

Brûlures locales du fer

Echauffement anormal
du circuit magnétique

Existence des contours de court-circuit

Mauvais serrages des tôles du CM

Court circuit entre les
tôles de fer du CM

Vieillessement de l'isolant des tôles du CM

Dégradation de l'isolant des tôles du CM

Échauffement
anormal du CM

Courant de fuite

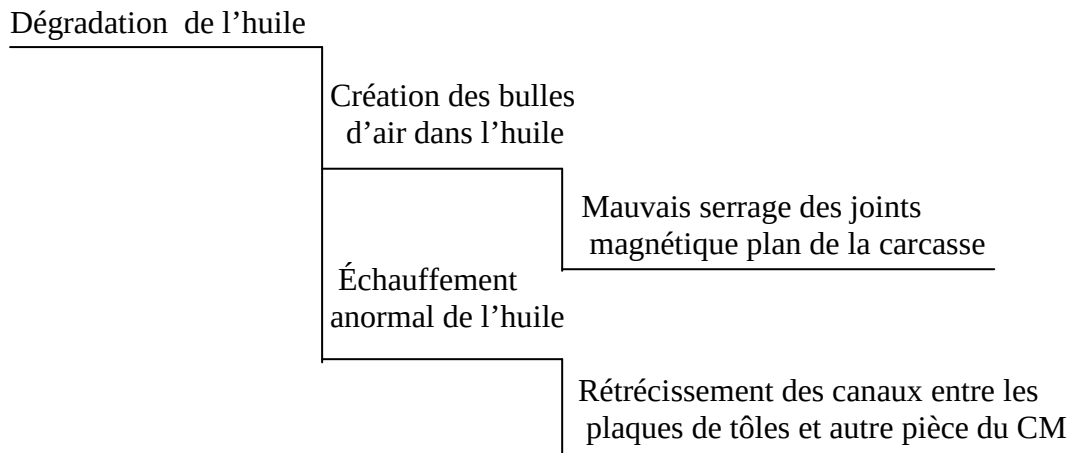
Desserrage des tôles du CM

Court circuit entre
les tôles du CM

Cisaillement des boulons
des fixation

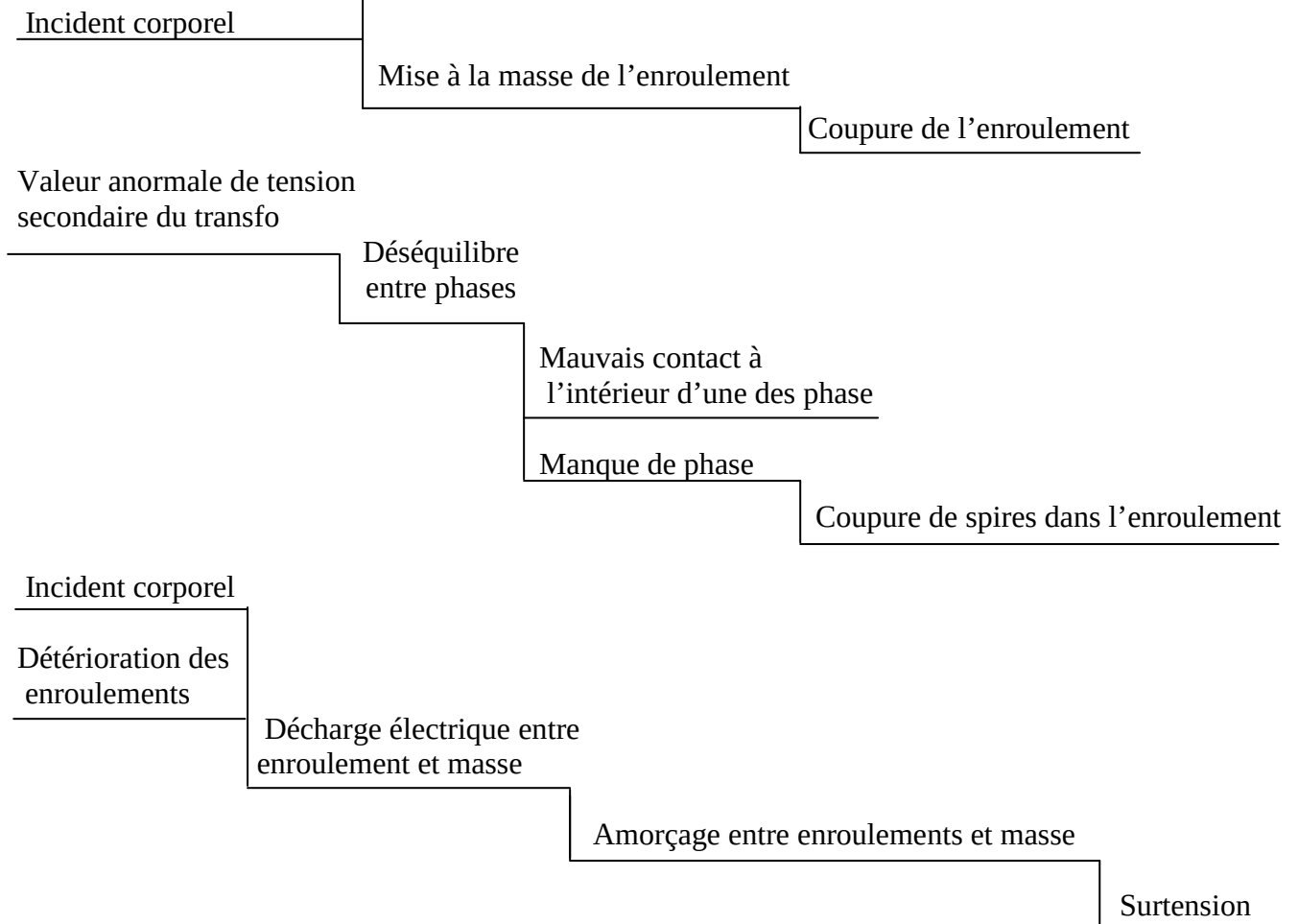
Vibration des
tôles extrêmes du CM

Effet électrodynamique



IV-3-2- Enroulements : T2

Risque d'avarie du transformateur



(Enroulements T2)

Incident corporel

Amorçage entre cuve
et enroulements

Défaut d'isolement

Dégradation mécanique de l'isolation

Écrasement de l'isolant

Mauvaise isolation

Huile et fumée projetées
à travers le bouchon
du conservateur

Vieillessement d'huile

Echauffement anormal
du transformateur

Transformateur
surchargé

Risque d'explosion

Arc électrique

Enroulements grillés

Augmentation de
courant côté alimentation

Court-circuit
entre phases

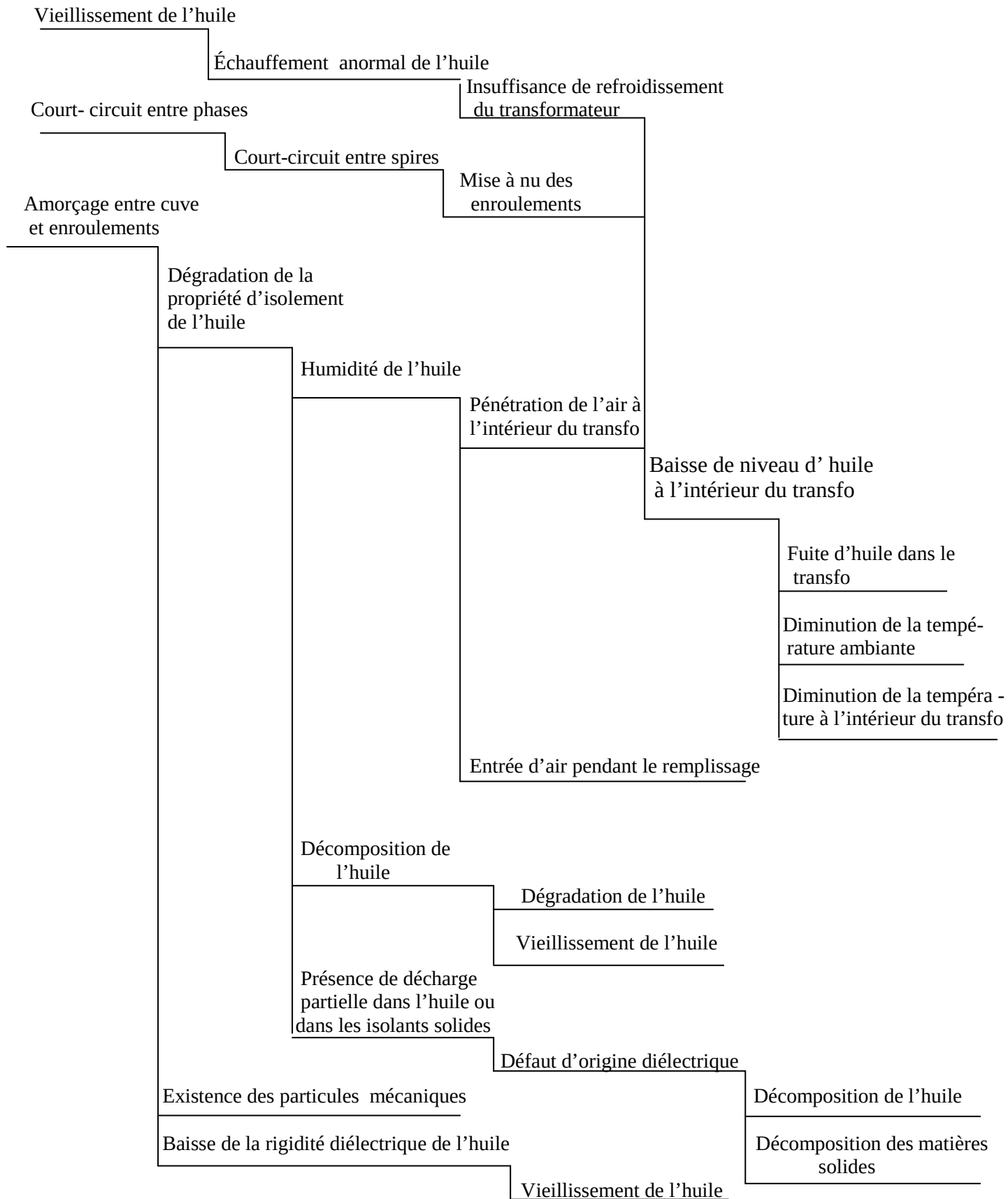
Court-circuit
entre spires

Effet électrodynamique développé
en cas de court-circuit

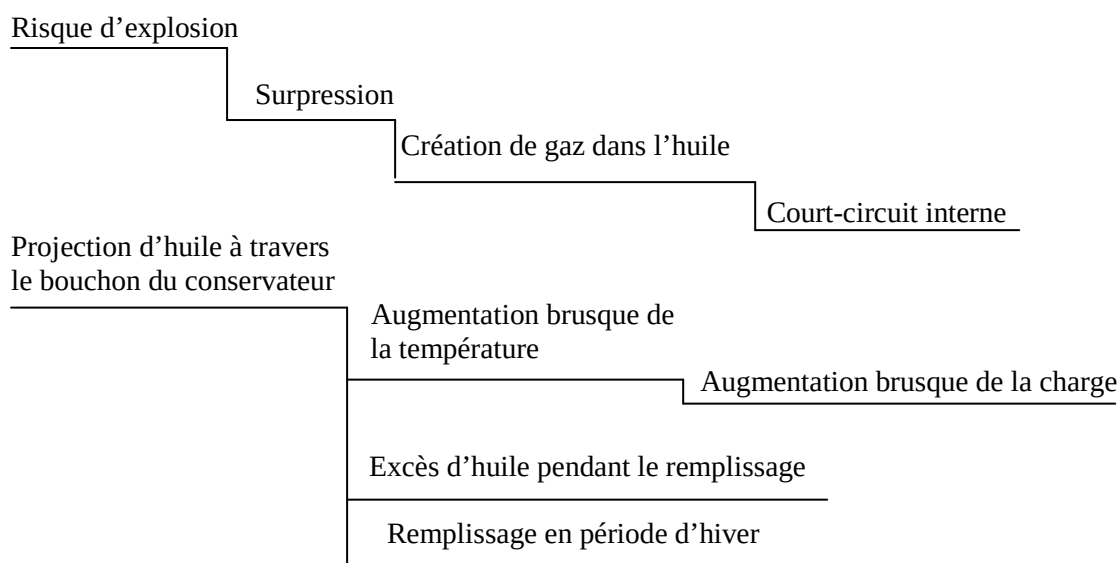
Mise à nu de l'enroulement suite
à une baisse de niveau d'huile

Surtension

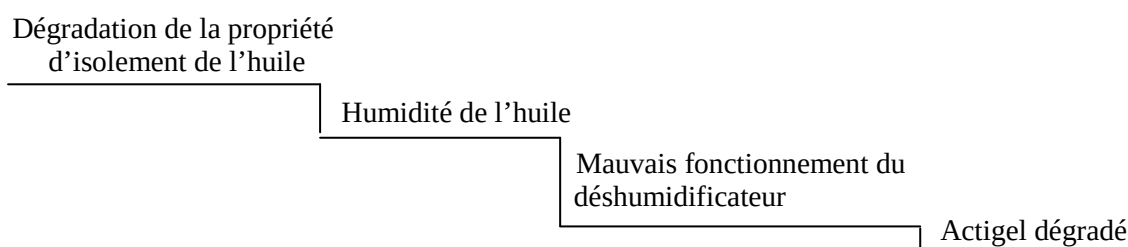
IV-3-3- Huile isolante :T3



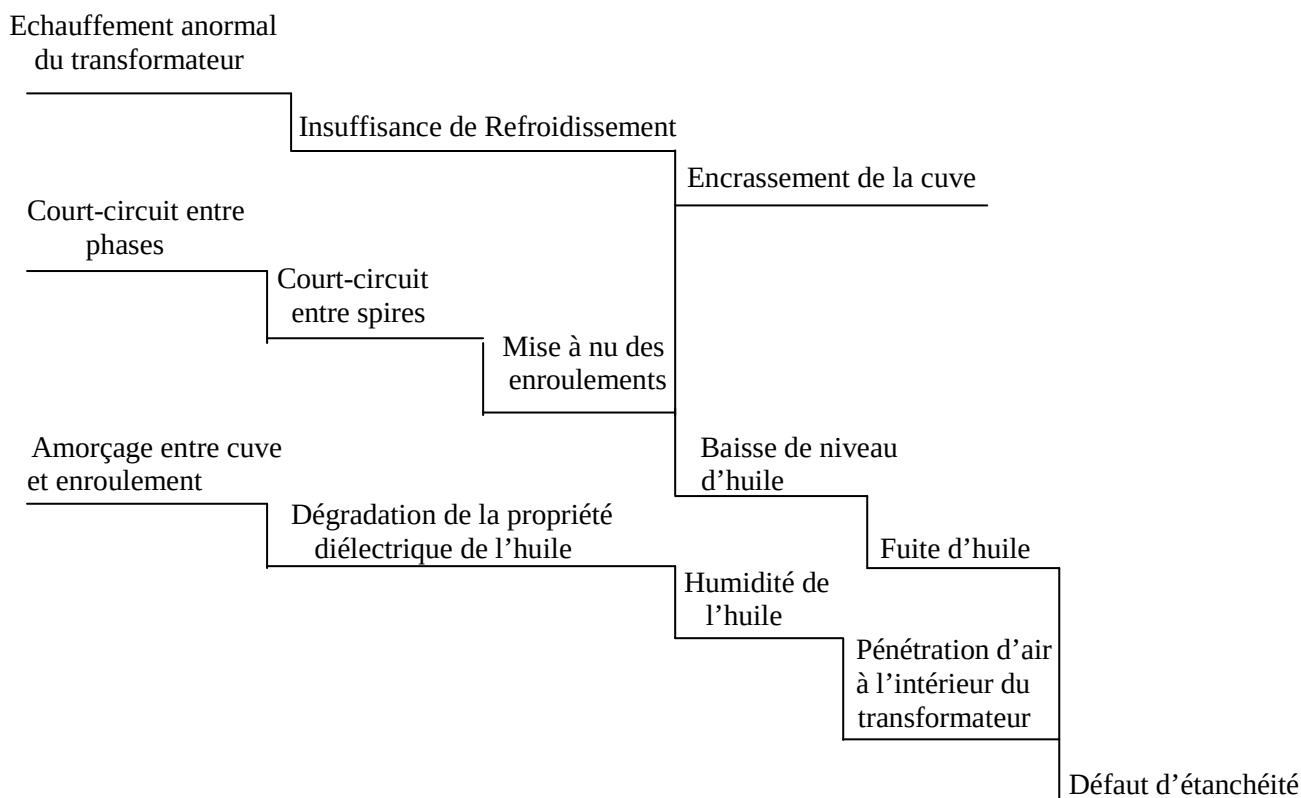
(Huile isolante : T3)



IV-3-4- Déshumidificateur : T4



IV-3-5- Cuve : T5



IV-3-6- Couvercle de la cuve : T6

Échauffement anormal
du transformateur

Insuffisance de
refroidissement

Amorçage entre les
bornes et leurs supports

Baisse de niveau d'huile dans
les isolateurs des bornes

Fuite d'huile entre le
couvercle et la cuve

Court-circuit entre phases

Amorçage entre cuve
et enroulements

Amorçage entre les bornes
et leur support

Humidité dans le transfo

Pénétration d'air à l'
intérieur du transfo

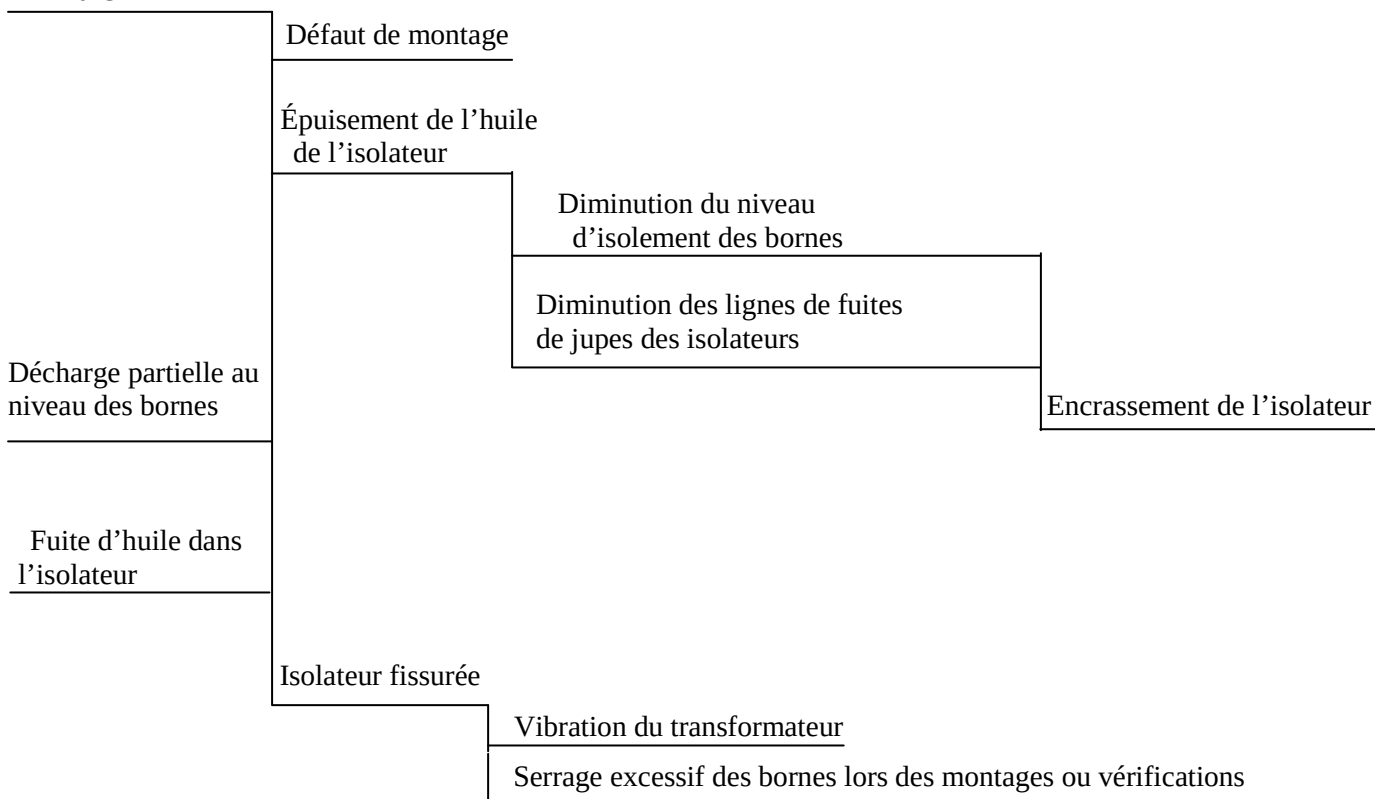
Manque d'étanchéité entre
le couvercle et la cuve

Desserrage des
boutons de fixation
du couvercle

Usure des joints
cuve/couvercle

IV-3-7- Bornes : T9

Amorçage des bornes

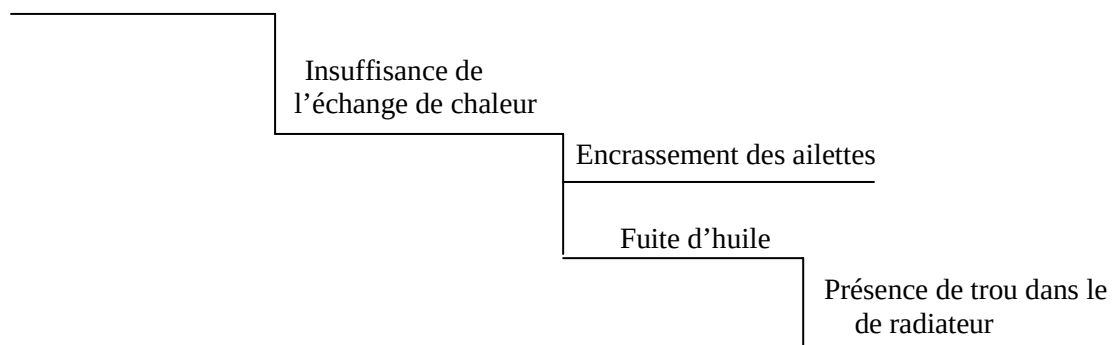


Valeur anormale de tension à la sortie du transformateur

Mauvais contact à la connexion de l'une des bornes

IV-3-8- Radiateur : T10

Échauffement anormal du transformateur



IV-3-9- Ventilateur : T11

Échauffement anormal
du transformateur

Manque des moyens
de refroidissement

Défaillance des
ventilateurs

Bobine de moteur grillée

Mauvais contact balais collecteur

Marche impossible du
ventilateur

Défaut de thermostat

Défaut de relais

Bobine de relais grillée

Contact avarié

Insuffisance de l'échange de chaleur

Rupture de pale(s) des ventilateurs

IV-3-10 Thermomètre : T13

Risque d'échauffement
du transformateur

Non interprétation de la valeur
réelle de la température

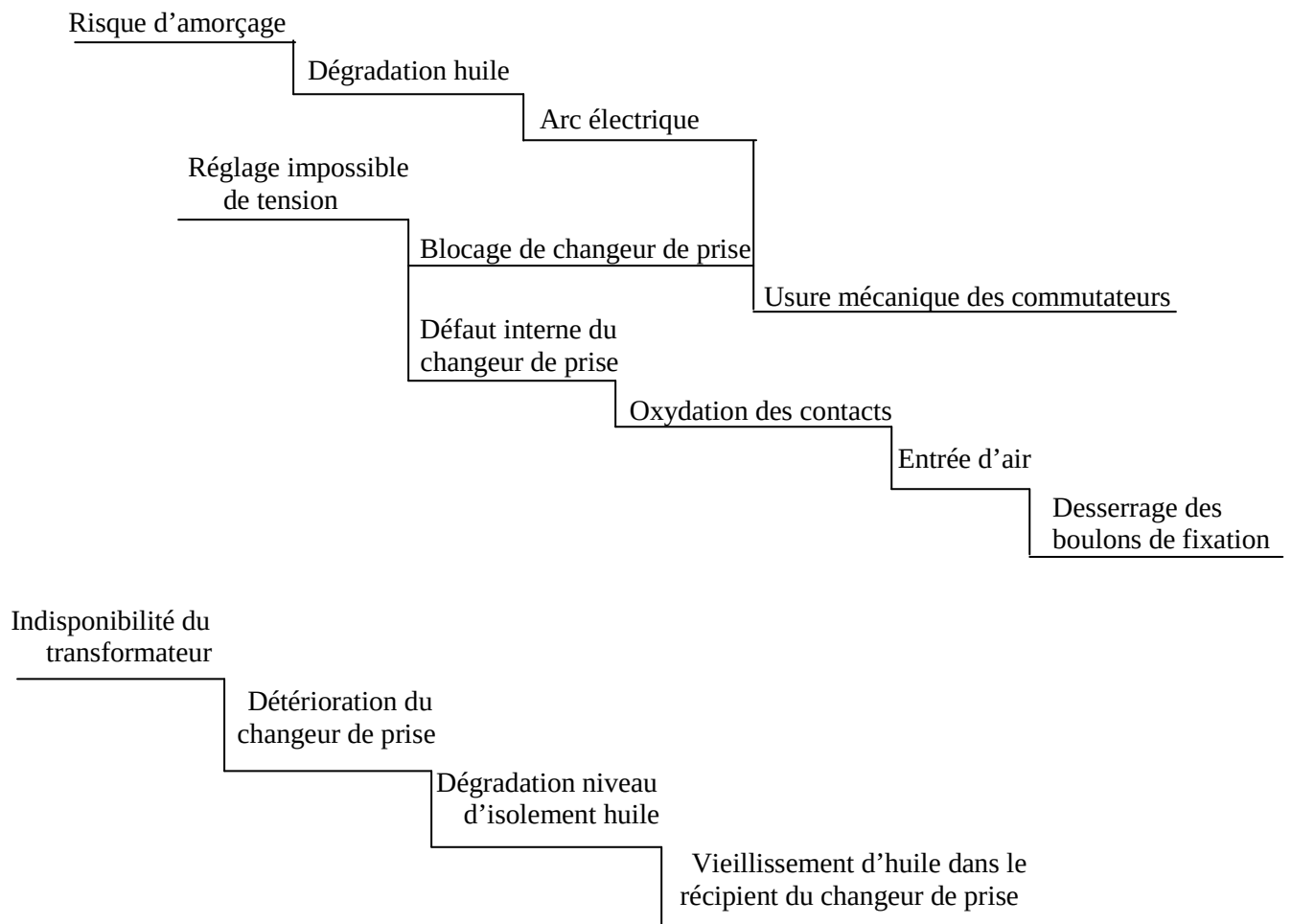
Température du transformateur
non visuelle

Blocage de l'aiguille du cadran

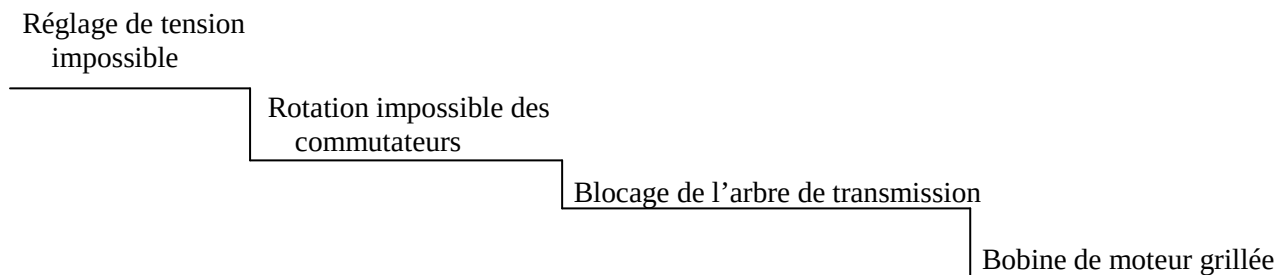
Défaut sonde

IV-3-11 Régleur en charge : T14

IV-3-10-1- Changeur de prise : T 14-1

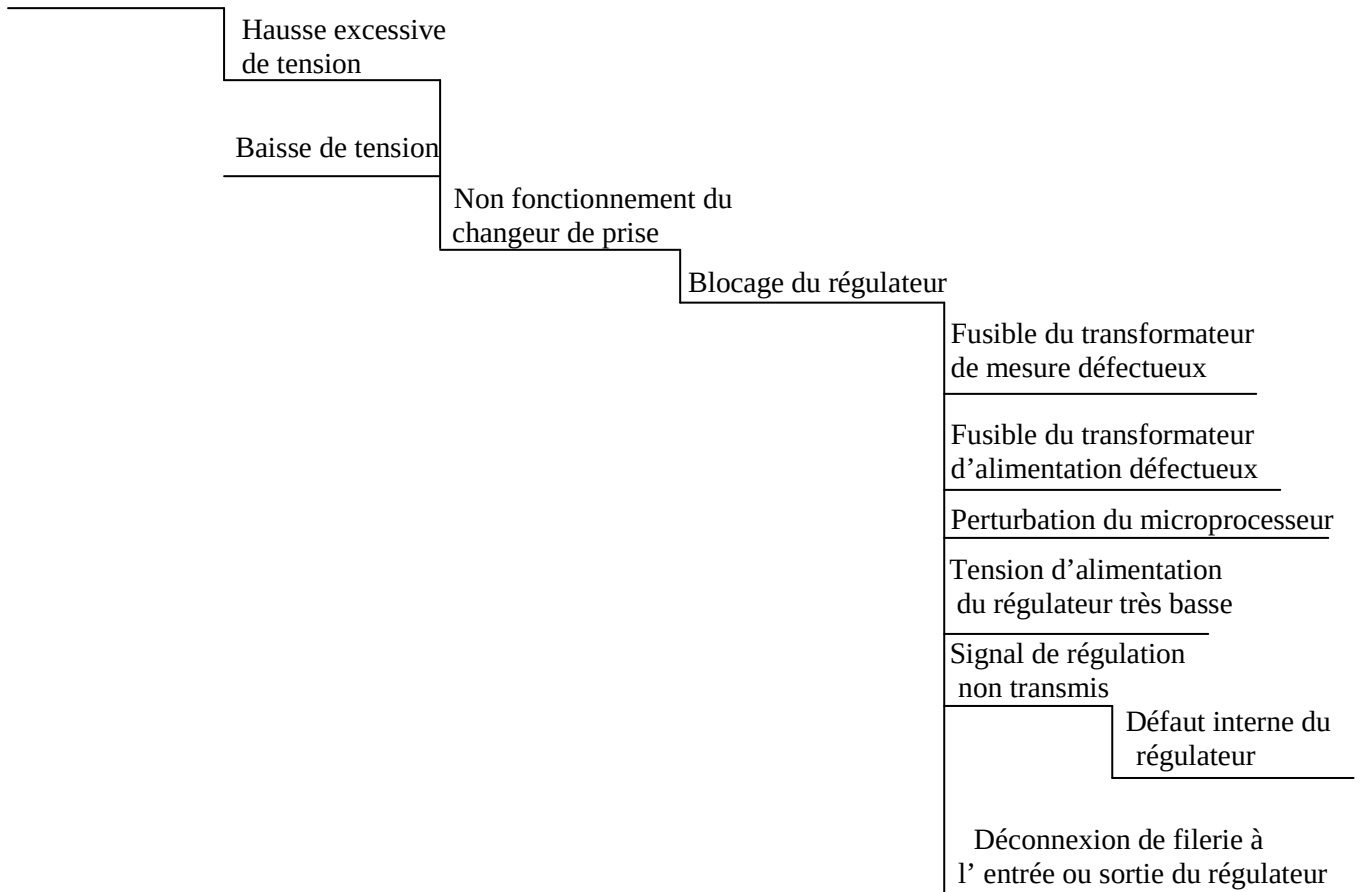


IV-3-9-2- Mécanisme d'entraînement : T14-2



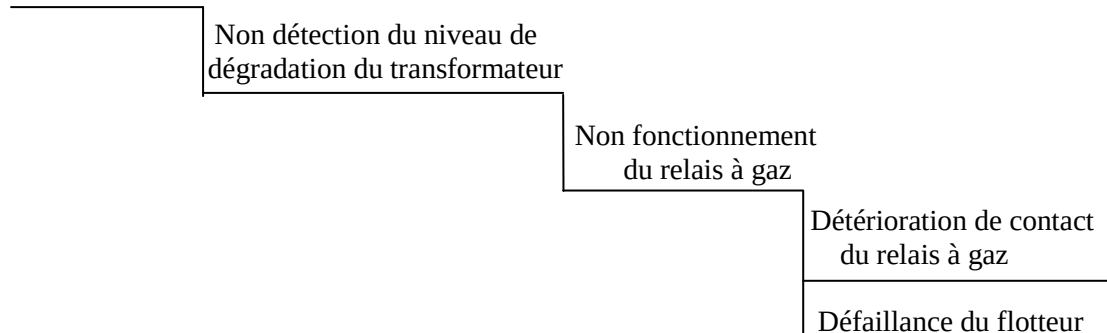
IV-3-9-3 - Régulateur de tension : T14-3

Risque d'avarie du transformateur

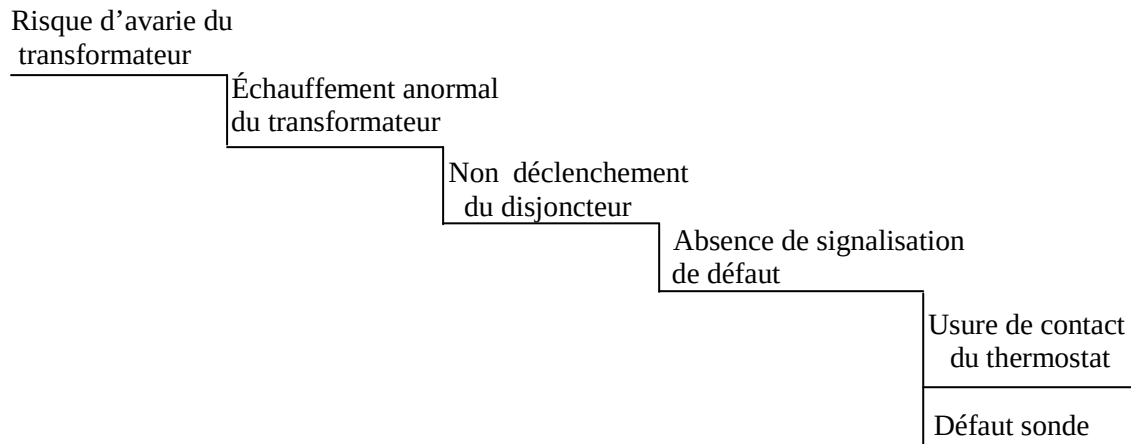


IV-3-1- Relais Buchholz : T15

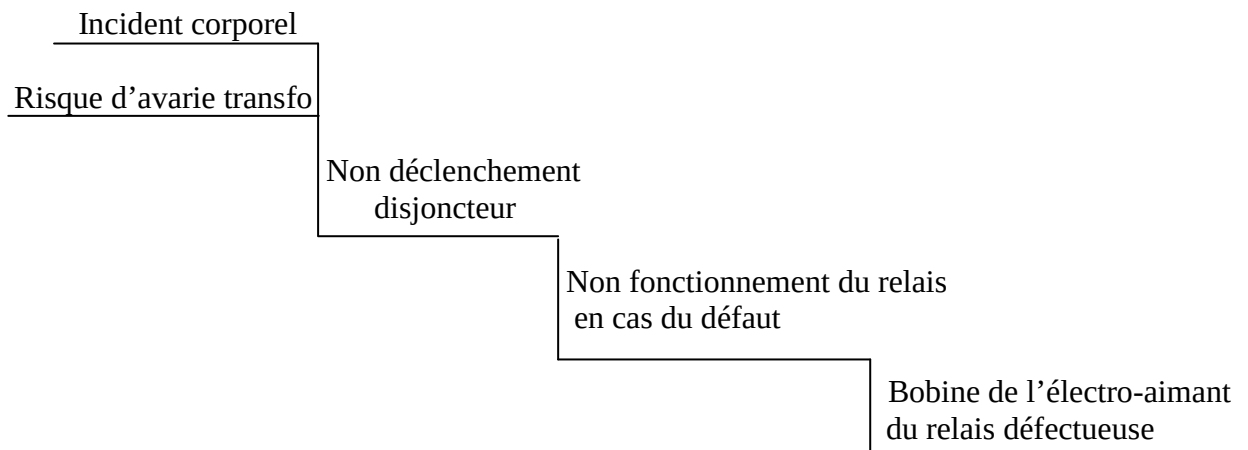
Risque d'avarie du transformateur



IV-3-12- Thermostat : T16

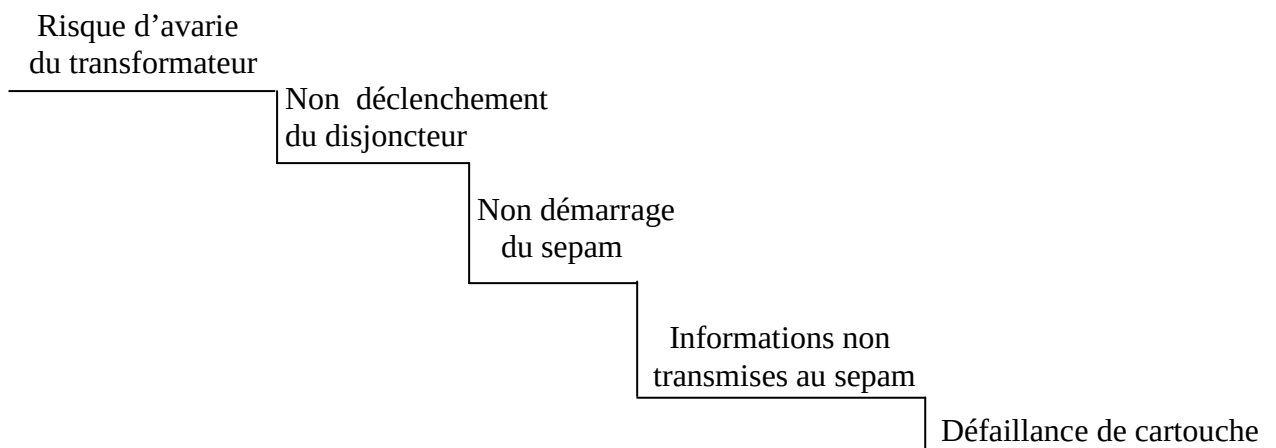


IV-3-14- Relais masse cuve : T17

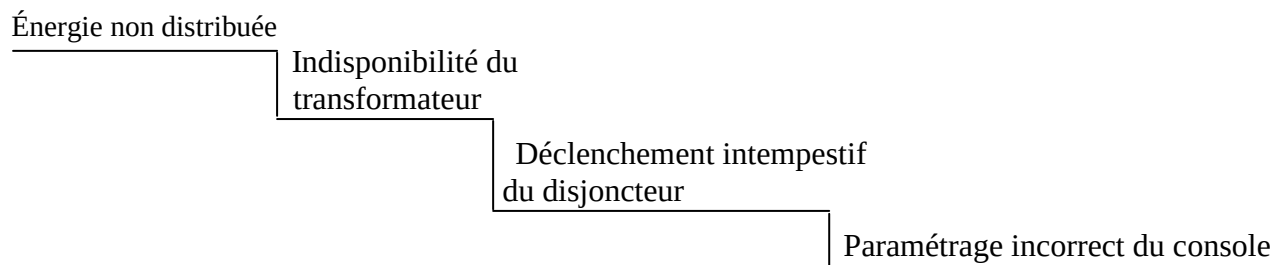


IV-4- SEPAM : SP

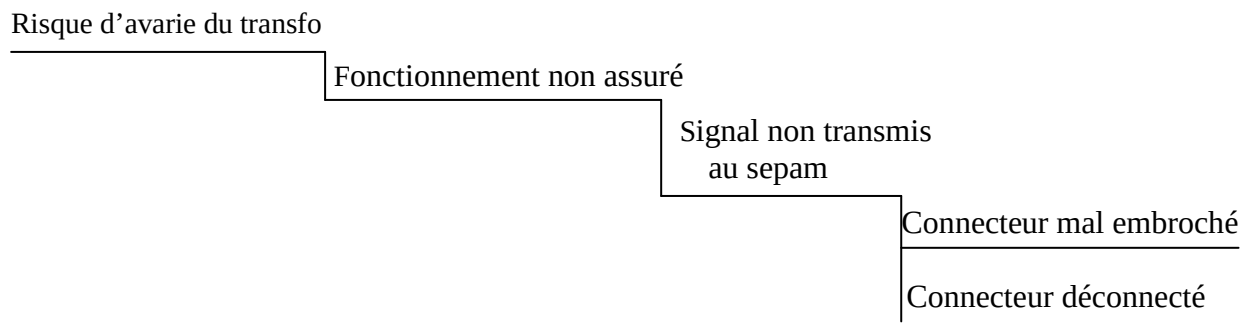
IV-4-1- Cartouche : SP4



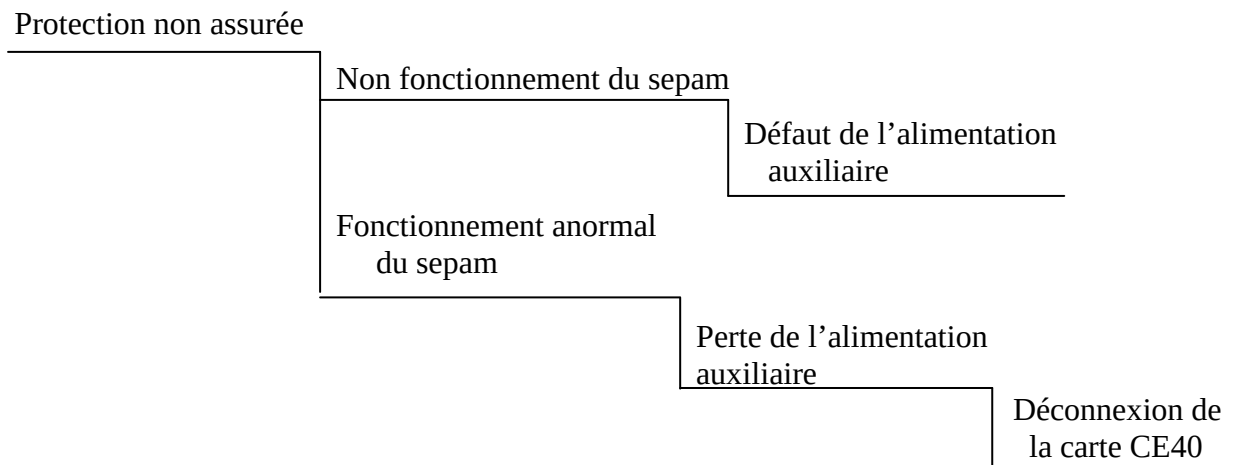
IV-4-2- Console TSM 2001 : SP6



IV-4-3- Connecteur : SP7



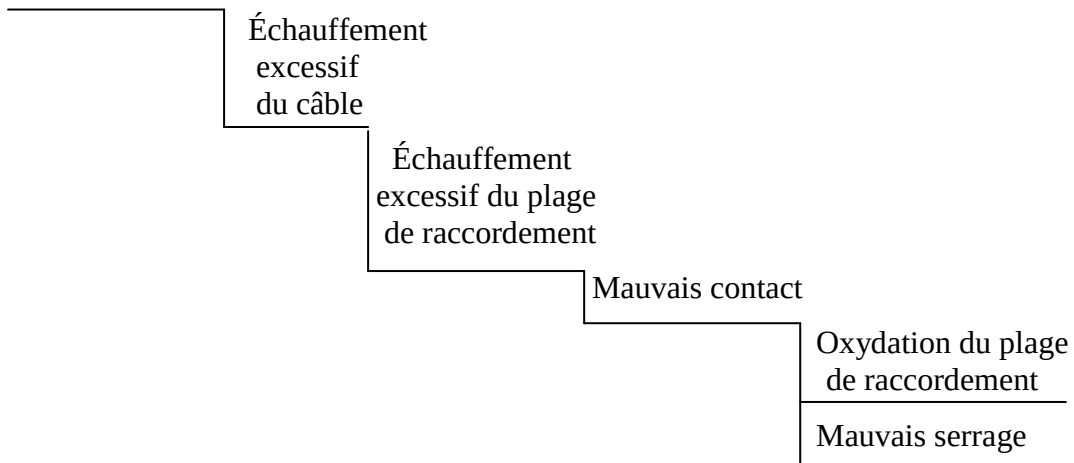
IV-4-4- Alimentation auxiliaire : SP10



IV-5- SECTIONNEURS DE COUPLAGE : S1 ET S2

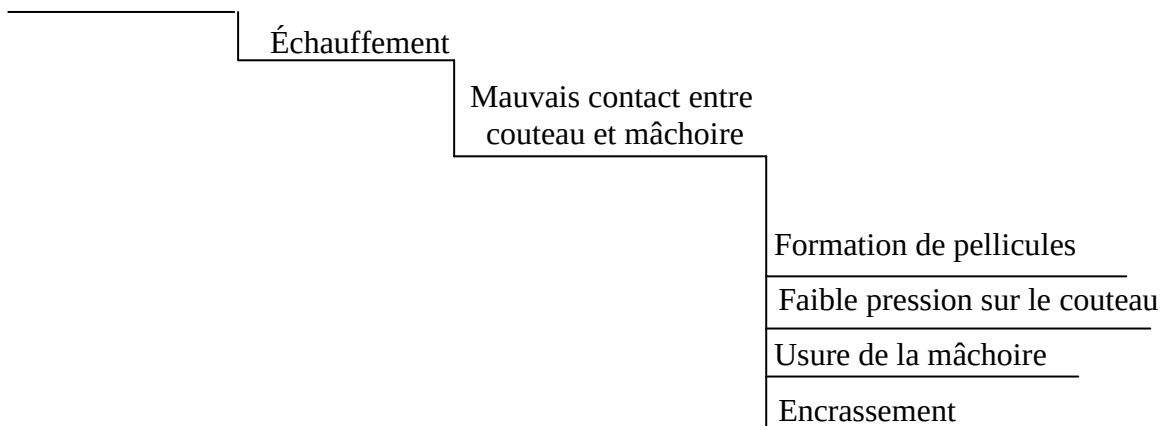
IV-5-1- Plage de raccordement : S1-1 – S2-1

Risque d'avarie
du sectionneur



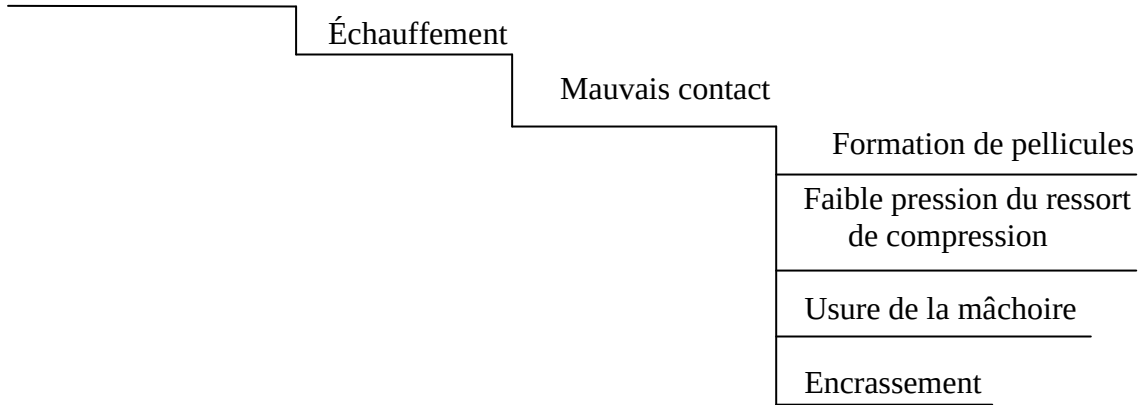
IV-5-2- Mâchoire supérieure : S1-2 – S2-2

Risque d'avarie
du sectionneur



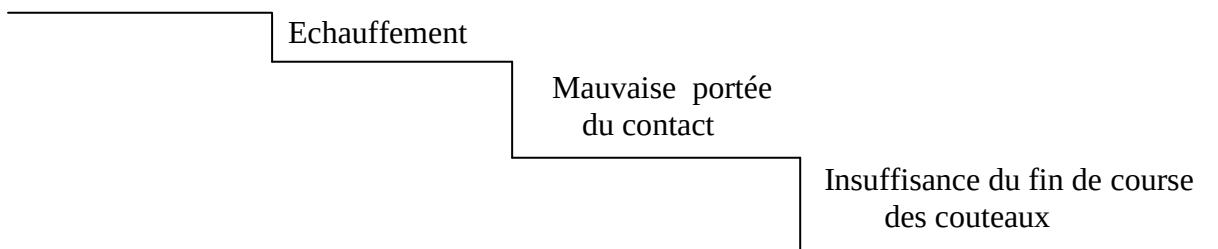
IV-5-3- Mâchoire inférieure : S1-3 – S2-3

Risque de détérioration
du sectionneur



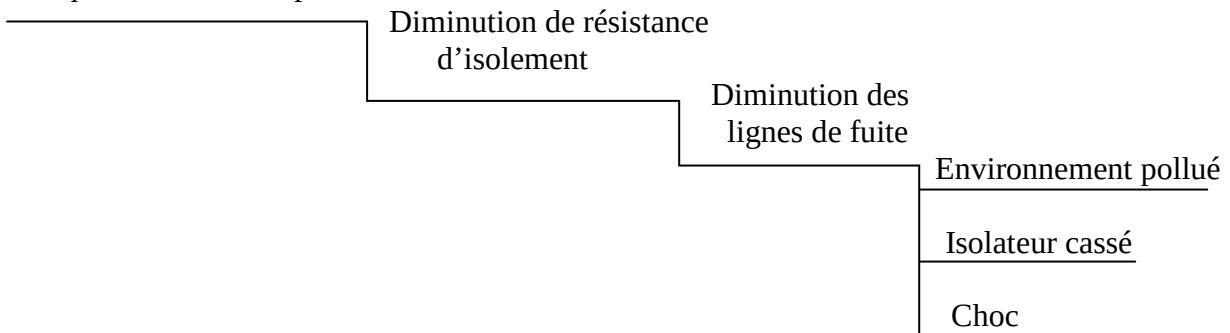
IV-5-4- Levier de commande : S1-4 – S2-4

Risque de détérioration
du sectionneur



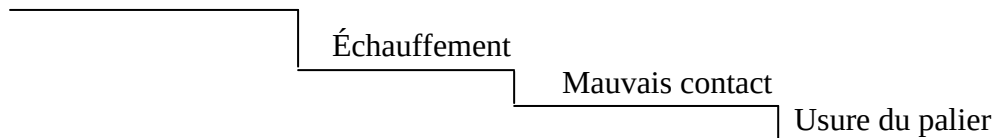
IV-5-6- Isolateur du levier de commande : S1-5 – S2-5

Risque d'incident corporel



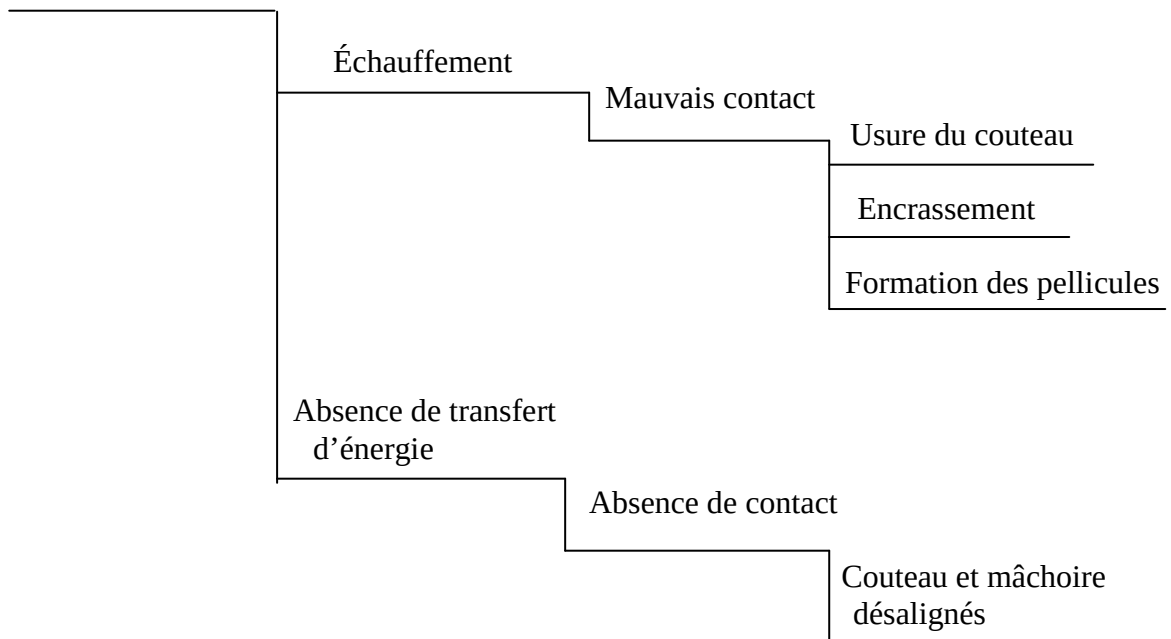
IV-5-7- Arbre de manoeuvre: S1-6 – S2-6

Risque de détérioration
du sectionneur



IV-5-8- Couteau S1-7 – S2-7

Risque de détérioration
du sectionneur



Chapitre V

RETOUR D'EXPERIENCE (REX) FIABILITE DES EQUIPEMENTS

V-1- INFORMATIONS SUR LES INCIDENTS ANTERIEURS

<i>Sous station : Ambodivona</i> <i>Bloc de coupure : TR9</i> <i>Equipement : bobine du point neutre : BPN</i>		
MODE DE DEFAILLANCE	TRAVAUX EFFECTUES	DATE
Suppression sur BPN	-Intervention sur le déclenchement des disjoncteurs 63 KV et 5,5 KV -Modification du réglage de surpression à 0,3 bar -Enlèvement d'une quantité d'huile (volume 1 bac spentermètre)	12 / 05 / 00
Apparition de sur-pression DPG2 BPN	Réglage de pression de gaz DPG2 de BPN après purge	10 / 12 / 00
Apparition de défaut sonde BPN sur le sepam	-Vérification de continuité câble de liaison protection – (C65) Pt100 – BPN - SEPAM -Vérification du serrage Pt100 – BPN -SEPAM -Pose de la cosse de tête des fils du câble (C65) Pt100 BPN -Confection des toitures du BPN -préparation de mise en place des toitures de BPN -mesure de résistance Pt100 BPN -dépannage après l'apparition du défaut sonde température de BPN -mise en place de la toiture de BPN -mesure de résistance PT100 BPN	26 / 03 / 01 21-27 / 05 / 01 29 / 06 / 01 24 / 08 / 01
Apparition de défaut sonde sur le sepam	Dépannage	28 / 02 / 02
Apparition de défaut sonde sur le sepam	Dépannage	04 / 03 / 02

<i>Sous station : Ambodivona</i> <i>Bloc de coupure : TR9</i> <i>Equipement : sectionneur : S63</i>		
MODE DE DEFAILLANCE	TRAVAUX EFFECTUES	DATE
Coincement du sectionneur	Vaselinage des contacts	28 / 02 / 02

<i>Sous station : Ambodivona</i> <i>Bloc de coupure : TR9</i> <i>Equipement :transformateur de puissance : TR9</i>		
MODE DE DEFAILLANCE	TRAVAUX EFFECTUES	DATE
Trace d'arc d'amorçage sur la tresse de mise à la terre du câble de puissance côté 5,5KV	-Mesure d'isolement du câble de puissance 5,5KV et transformateur -Remplacement de la tresse de la mise à la terre du câble -Mise à la terre du support des câbles	09 / 06 / 00
Défaut de câbles de puissance côté 5,5KV	Remplacement des câbles	

V-2- INFORMATIONS TECHNIQUES

V-2-1 INFORMATIONS SUR LES MAINTENANCES DEJA EFFECTUEES

TYPE DE MAINTENANCE	EQUIPEMENTS	TACHES DE MAINTENANCE	PERIODE
Entretien périodique	Disjoncteur : D63	Nettoyage du disjoncteur	2/an
	Sectionneur S63	Nettoyage du Sectionneur	
	Transformateur TR9	-Nettoyage de la cuve -Nettoyage des isolateurs	1/an
	Bobine de point neutre BPN	Nettoyage de BPN	
Contrôle périodique	Disjoncteur : D63 Disjoncteur :D5	Contrôle circuit électrique de commande de déclenchement du disjoncteur 63kVet 5,5Kv par le sepam -mesure de tension de bobine dedéclenchement -essai de fermeture et d'ouverture des disjoncteurs par le bouton TPL -vérification des résultats sur TSM2000 -simulation de défaut par buchholz 2 ^{ème} stade	1/an
	BPN	Mesure de résistance TP100 BPN	

TYPE DE MAINTENANCE	EQUIPEMENTS	TACHES DE MAINTENANCE	PERIODE
Contrôle périodique	Transformateur TR9	-mesure des résistances d'isolement -mesure rigidité diélectrique d'huile -mesure d'indice de l'huile -contrôle de commutateur en charge <u>en manuel</u> : -contrôle de la conformité de l'indication de la boîte du mécanisme d'entraînement et sur le commutateur en charge -contrôle du débrayage mécanique des positions extrêmes <u>à distance</u> :essai de l'indication des positions de prise sur l'armoire de régulateur -test des continuités des bornes	1/an

V-3- FIABILITE

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

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

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

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

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

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

Remarques :

- Ces formules ne sont pas valables pour les équipements qui n'ont pas subi aucune défaillance depuis leur mise en service, mais leur période de maintenance peut être déterminée à l'aide du retour d'expérience et des informations techniques du constructeur.

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 VI

AMDEC : (ANALYSE DES MODES DE DEFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEURS CRITICITES)

VI-I- FICHE AMDEC

Pour dresser une fiche AMDEC, on a fixé les notations suivantes :

– **Fréquence :**

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	$f > 3$

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

– **Gravité :**

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

– **Enjeux :**

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

DETERMINATION DES POINTS CRITIQUES

$$CRITICITE = FREQUENCE * GRAVITE$$

Pour effectuer l'analyse de défaillance, proposons les limites de criticités ci-dessous selon leur degré :

- Pour chaque enjeu :

- $C_i = 1 \Rightarrow$ non critique (nc)
- $2 \leq C_i < 4 \Rightarrow$ peu critique (pc)
- $4 \leq C_i < 8 \Rightarrow$ critique (c)
- $C_i \geq 8 \Rightarrow$ 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 TR9 pour l'ensemble des enjeux

VI-1-1- Disjoncteur :D63 – D5

Sous-station : Ambodivona Bo

Bloc de coupure : travée TR9

Equipement : **Disjoncteur : D63 – D5**

Fonction : Ouverture ou fermeture des circuits de puissance

ORGANE	FONCTION ELEMENTAIRE	MODE DE DEFAILLANCE	CAUSE	CONSEQUENCE	FREQUENCE	GRAVITE				CRITICITE			
						ENJEUX				ENJEUX			
						1	2	3	4	1	2	3	4
Chambre de coupure D63-1 – D5-1	-Organe de coupure et de fermeture du disjoncteur	-Fuite de gaz SF6	-Défaillance des joints d'étanchéité -Mauvais graissage de la tige de vérin	-Arc mal étouffé	1	3	3	3	3	3	3	3	3
Châssis D63-2 – D5-2	-Support des pôles	-Dégradation du châssis	-Châssis rouillé	-Détérioration du support des pôles du disjoncteur	1	4	4	4	3	4	4	4	3
Organe de transmission D63-3 – D5-3	-Assure le mouvement de fermeture et d'ouverture des contacts	-Amorçage - Déclenchement intempestif	-Détérioration du vérin	-Risque d'avarie du disjoncteur	1	3	4	3	3	3	4	3	3
				- Consignation imprévue de la travée	1	3	4	2	2	3	4	2	2
Accumulateur D63-4 – D5-4	-Stockage de l'énergie nécessaire à la commande d'ouverture ou de fermeture	-Fuite d'huile	-Fissure de l'accumulateur -Défaillance des joints d'étanchéité	-Risque d'amorçage	1	2	3	2	3	2	3	2	3

Enjeux :

1 : Sécurité des personnes

2 : Sûreté de fonctionnement et qualité de service

3 : Maintien du patrimoine

4 : Contrôle et maîtrise des coûts de maintenance

<i>Sous-station : Ambodivona Bo</i> <i>Bloc de coupure : travée TR9</i> <i>Equipement : Disjoncteur : D63 – D5</i> <i>Fonction : Ouverture ou fermeture des circuits de puissance</i>													
ORGANE	FONCTION ELEMENTAIRE	MODE DE DEFAILLANCE	CAUSE	CONSEQUENCE	FREQUENCE	GRAVITE				CRITICITE			
						ENJEUX				ENJEUX			
						1	2	3	4	1	2	3	4
Coffret de commande D63-5 – D5-5	Assure la commande du disjoncteur	- Ressort non armé	- Défaillance du moteur de réarmement	- Non enclenchement du disjoncteur	1	1	4	2	2	1	4	2	2
		- Défaillance de l'électro-aimant d'ouverture et de fermeture	- Défaillance du contacteur du moteur	- Non enclenchement du disjoncteur		1	4	2	2	1	4	2	2
		- Moteur grillé	- Bobine de déclenchement grillée	- Non enclenchement du disjoncteur		1	4	2	2	1	4	2	2
		- Commande impossible	- Ressort défectueux	- Non enclenchement du disjoncteur		1	4	2	2	1	4	2	2
		- Fonctionnement anormal de commande	- Relais anti-pompage défectueux	- Déclenchement intempestif du disjoncteur		3	3	2	2	3	3	2	2
		- Défaillance du bouton manuel de déclenchement	- Manœuvre fréquente	- Commande manuelle impossible		1	3	1	2	1	3	1	2
		- Ordre d'ouverture ou de fermeture non transmise non transmise	- Mauvais serrage des borniers	- Non enclenchement du disjoncteur	1	1	4	1	1	1	4	1	1
1													

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

VI-1-2- Sectionneur : S63

Sous-station : Ambodivona Bo

Bloc de coupure : travée TR9

Equipement : - Sectionneur : S63

Fonction : Ouverture ou commutation des circuits sous tension mais hors charge

ORGANE	FONCTION ELEMENTAIRE	MODE DE DEFAILLANCE	CAUSE	CONSEQUENCE	FREQUENCE	GRAVITE				CRITICITE			
						ENJEUX				ENJEUX			
						1	2	3	4	1	2	3	4
Châssis : S63-1	Support des organes constituant le sectionneur	Dégradation du châssis	Châssis rouillé	Risque de détérioration du support de sectionneur	1	3	3	4	3	3	3	4	3
Pivot : S63-2	Transmission des mouvements du levier de manœuvre aux barres de liaison	Défaillance des pivots	Coincement des pivots lors de la manœuvre	Manœuvre impossible du sectionneur	2	1	3	1	1	2	6	2	2
Barre de liaison : S63-3	Assure la rotation simultanée des pivots	L'ordre d'ouverture ou de fermeture non transmis	-Détérioration de la bielle de liaison -Déréglage de la bielle de liaison	Fonctionnement du sectionneur non assuré	1	1	4	1	2	1	4	1	2
Colonne tournante : S63-4	Support des bras	Vibration des colonnes tournantes	Mauvais serrage des vis d'assemblage	Risque de détérioration du sectionneur	1	3	4	3	3	3	4	3	3

Enjeux :

1 : Sécurité des personnes

2 : Sûreté de fonctionnement et qualité de service

3 : Maintien du patrimoine

4 : Contrôle et maîtrise des coûts de maintenance

<i>Sous-station :Ambodivona Bo</i> <i>Bloc de coupure : travée TR9</i> <i>Equipement : Sectionneur : S63</i> <i>Fonction : Ouverture ou commutation des circuits sous tension mais hors charge</i>													
ORGANE	FONCTION ELEMENTAIRE	MODE DE DEFAILLANCE	CAUSE	CONSEQUENCE	FREQUENCE	GRAVITE				CRITICITE			
						ENJEUX				ENJEUX			
						1	2	3	4	1	2	3	4
Bras de contact mâle :S63-5	Coupure ou transmission d'énergie	Désalignement des bras	Manœuvre très fréquente	Risque de détérioration du sectionneur	1	3	4	3	3	3	4	3	3
Bras de contact femelle :S63-5	Coupure ou transmission d'énergie	Désalignement des bras	Manœuvre très fréquente	Risque de détérioration du sectionneur	1	3	4	3	3	3	4	3	3
Prise de courant : S63-7	Point de liaison ligne-sectionneur	Usure des prises de courant	-Mauvais serrage de prise de courant -oxydation de prise de courant	-échauffement du câble	1	2	3	1	2	2	3	1	2
Levier de manœuvre S63-8	Manœuvre du sectionneur	Ouverture ou fermeture involontaire en charge	Détérioration de la tige de verrouillage	Risque d'avarie du sectionneur	1	4	4	3	3	4	4	3	3

Enjeux :

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

VI-1-3- Transformateur de puissance : TR9

Sous-station : Ambodivona Bo

Bloc de coupure : travée TR9

Equipement : - **Transformateur de puissance : TR9**

Fonction : transfert d'énergie

ORGANE	FONCTION ELEMENTAIRE	MODE DE DEFAILLANCE	CAUSE	CONSEQUENCE	FREQUENCE	GRAVITE				CRITICITE			
						ENJEUX				ENJEUX			
						1	2	3	4	1	2	3	4
Circuit magnétique: T1	Création du courant magnétisant	-Elévation de température	-Circuit court-circuité	-Echauffement anormal de l'huile	1	1	2	2	1	1	2	2	1
			- Existence des contours de court-circuits	- Echauffement anormal du CM $\Rightarrow$ augmentation des pertes fer	1	1	3	2	2	1	3	2	2
		-Ronflement intense	- Mauvais serrage des tôles du CM	-Brûlure locale du circuit magnétique	1	2	3	3	3	2	3	3	3
			-Vieillessement ou dégradation de l'isolant des tôles du CM										
		-Ronflement intense	-Mauvais serrage des joints magnétiques plan de la	-Création des bulles d'air $\Rightarrow$ dégradation de l'huile	1	2	3	2	2	2	3	2	2
		-Ronflement intense	-Desserrage des tôles du CM										
		-Surchauffe locale de la cuve	-Cisaillement des boulons de fixation	- Echauffement anormal du CM	1	1	2	2	1	1	2	2	1
			-Rétrécissement des canaux entre les tôles et les autres pièces	-Court-circuit entre les tôles du CM	1	2	3	3	3	2	3	3	3
				-Dégradation de l'huile	1	2	3	2	2	2	3	2	2

Enjeux : 1 : Sécurité des personnes

2 : Sûreté de fonctionnement et qualité de service

3 : Maintien du patrimoine

4 : Contrôle et maîtrise des coûts de maintenance

<i>Sous-station</i> :Ambodivona Bo <i>Bloc de coupure</i> : travée TR9 <i>Equipement</i> : - Transformateur de puissance : TR9 <i>Fonction</i> : transfert d'énergie							
ORGANE	FONCTION ELEMENTAIRE	MODE DE DEFAILLANCE	CAUSE	CONSEQUENCE	FREQUENCE	GRAVITE	CRITICITE
						ENJEUX	ENJEUX

Enjeux :

						1	2	3	4	1	2	3	4
Enroulements: T2	Changement de niveau de tension	-Masse cuve	-Coupure de l'enroulement	-Incident corporel	1	4	4	3	3	4	4	3	3
		-Valeur anormale de tension à la sortie du transformateur	-Coupure de spires -Mauvais contact à l'intérieur de phase	- Déséquilibre entre phases	1	2	3	2	2	2	3	2	2
		-Amorçage entre sortie et masse	-Surtension	-Détérioration des enroulements	1	1	4	3	3	1	4	3	3
		- Amorçage entre cuve et enroulements	-Détérioration mécanique de l'isolant - Mauvais isolation	-Incident corporel	1	4	3	2	2	4	3	2	2
		-Echauffement intense	-Transformateur surchargé	-Vieillessement d'huile	1	1	2	2	2	1	2	2	2
				-Dégagement gazeux	1	2	2	1	2	2	2	1	2
		-Dégagement de l'huile et fumée	-Court-circuit entre spires	-Risque d'explosion	1	4	4	4	4	4	4	4	4
			-Court-circuit entre phases	-Enroulements grillés	1	2	4	3	3	2	4	3	3
				-Augmentation de courant côté alimentation	1	1	3	1	1	1	3	1	1

1 : Sécurité des personnes

2 : Sûreté de fonctionnement et qualité de service

3 : Maintien du patrimoine

4 : Contrôle et maîtrise des coûts de maintenance

Sous-station : Ambodivona Bo

Bloc de coupure : travée TR9

Equipement : **Transformateur de puissance : TR9**

Fonction : transfert d'énergie

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

Huile isolante T3	Isolement Refroidissement	-Bas niveau d'huile	-Fuite d'huile dans le transformateur	-Insuffisance de refroidissement échauffement anormal huile	1	1	3	2	2	1	3	2	2
			-Diminution de la température ambiante	-Mise à nu des enroulements	1	1	3	2	2	1	3	2	2
			- Diminution de la température du transformateur	-Pénétration de l'air amorçage entre cuve et enroulement	1	1	3	2	2	1	2	2	2
		-Buchholz 1° stade	-Humidité de l'huile	-Dégradation de propriété d'isolement de l'huile ⇒	1	1	3	2	2	1	3	2	2
		-Buchholz 2° stade	-Court- circuit interne création des gaz dans l'huile	-Supression risque d'explosion ⇒	1	4	4	4	4	4	4	4	4
		-Eclatement de la soupape de surpression											
		-Haut niveau d'huile	-Augmentation brusque de température	-Projection d'huile à travers le bouchon du conservateur	1	1	2	1	1	1	2	1	1
			-Excès d'huile pendant le remplissage										
			-Remplissage en période d'hiver ⇒										
		-Mauvais résultat des analyses physico-chimique	-Décomposition de l'huile	-Dégradation de la propriété d'isolement de l'huile	1	1	3	2	2	1	2	2	2
		- Mauvais résultat des analyses chromatologiques	-Présence des décharges partielles dans l'huile ou dans les isolants solides	-Amorçage entre cuve et enroulements	1	3	2	2	3	3	2	2	3

Enjeux : 1 : Sécurité des personnes:

2 : Sûreté de fonctionnement et qualité de service

3 : Maintien du patrimoine

4: Contrôle et maîtrise des coûts de maintenance

Sous-station :Ambodivona Bo

Bloc de coupure : travée TR9

Equipement **transformateur de puissance :TR9**

Fonction : :transfert d'énergie

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

Huile isolante T3	-Isolement - Refroidissement	Baisse de rigidité diélectrique de l'huile	-Vieillessement de l'huile -Décomposition de l'huile -Fort degré de l'humidité -Décomposition des matières solides	-Amorçage entre cuve et enroulements	1	3	2	2	3	3	2	2	3
Déshumidificateur : T4	Assécheur d'air	Actigel vire au rose	Actigel dégradé	Humidité de l'huile	1	1	3	2	1	1	3	2	1
Cuve : T5	-Support des éléments du transformateur - Refroidissement	-Insuffisance de refroidissement -Baisse de niveau d'huile dans le transformateur -Humidité de l'huile	-Encrassement de la cuve -Fuite d'huile dans le transformateur -Pénétration de l'air à l'intérieur du transformateur	-Echauffement anormal du transformateur	1	1	2	1	1	1	2	1	1
				-Mise à nu des enroulements court- circuit entre spires	1	3	3	2	3	3	3	2	3
				-Dégradation des propriétés d'isolement de l'huile amorçage entre cuve et enroulements	1	3	3	2	2	3	3	2	2
Couvercle de la cuve T6	Isolation hermétique des éléments du transformateur	-Baisse de niveau d'huile dans les isolateurs -Humidité dans le transformateur	-Usure du joint d'étanchéité entre cuve et couvercle -Desserrage des boulons de fixation du couvercle	-Echauffement anormal du transformateur	1	1	2	1	2	1	2	1	2
				-Amorçage entre les bornes et leur support	1	2	2	2	1	2	2	2	1
				- Amorçage entre cuve et enroulements	1	3	3	2	2	3	3	2	2

Enjeux : 1 : Sécurité des personnes

2 : Sûreté de fonctionnement et qualité de service

3 : Maintien du patrimoine

4 : Contrôle et maîtrise des coûts de maintenance



Sous-station : Ambodivona Bo

Bloc de coupure : travée TR9

Equipement **transformateur de puissance : TR9**

Fonction : :transfert d'énergie



ORGANE	FONCTION ELEMENTAIRE	MODE DE DEFAILLANCE	CAUSE	CONSEQUENCE	FREQUENCE	GRAVITE	CRITICITE
						ENJEUX	ENJEUX

						1	2	3	4	1	2	3	4
Bornes : T9	Liaison entre traversée et transformateur	-Diminution du niveau d'isolement des bornes -Diminution des lignes de fuites des jupes des isolateurs	- Encrassement de l'isolateur -Défaut de montage	Epuisement de l'huile de l'isolateur amorçage des bornes	1	2	2	2	1	2	2	2	1
		-Fissure des ailettes des isolateurs	-Vibration du transformateur -Serrage excessif des bornes	-Décharge partielle et amorçage au niveau des bornes -Fuite d'huile 	1	3	3	2	3	3	3	2	3
		-U sortie (à vide) $\neq$ U entrée (à vide) $\neq$ U sortie (en charge)	-Mauvais contact à la connexion de l'une des bornes	-Valeur anormale de tension à la sortie du transformateur	1	1	2	1	1	1	2	1	1
					1	1	3	1	1	1	3	1	1
Radiateur T10:	Refroidissement	-Fuite d'huile - Insuffisance de refroidissement	-Présence de trou dans le radiateur -Dépôt des poussières sur les ailettes	-Echauffement anormal du transformateur	1	1	2	1	2	1	2	1	2

Enjeux :

1 : Sécurité des personnes

2 : Sûreté de fonctionnement et qualité de service

3 : Maintien du patrimoine

4 : Contrôle et maîtrise des coûts de maintenance

Sous-station :Ambodivona Bo

Bloc de coupure : travée TR9

Equipement transformateur de puissance :TR9

Fonction : :transfert d'énergie

ORGANE	FONCTION ELEMENTAIRE	MODE DE DEFAILLANCE	CAUSE	CONSEQUENCE	FREQUENCE	GRAVITE				CRITICITE			
						ENJEUX				ENJEUX			
						1	2	3	4	1	2	3	4
Ventilateur T11	Refroidissement	-Défaillance de ventilateur - Blocage du ventilateur -Insuffisance de l'échange de chaleur	-Bobine de moteur grillée -Mauvais contact balais-collecteur -Défaut de relais -Défaut du thermostat -Rupture des pales de ventilateur	Echauffement anormal du transformateur	1	1	2	3	2	1	2	3	2
Thermomètre : T13	Mesure de température	Température du transformateur non visualisée	-Blocage de l'aiguille du cadran - Défaut sonde	Echauffement anormal du transformateur	1	1	2	3	2	1	2	3	2
Régleur en charge : T14 -changeur de prise T14-1	Réglage de tension -Commutation	-Blocage du commutateur - Dégagement gazeux depuis le changeur de prise -Défaut d'isolement	-Usure mécanique des contacts du commutateur -Desserrage des boulons de fixation ⇨ entrée d'air -Vieillessement de l'huile dans le changeur de prise	-Réglage impossible de tension -Oxydation des contacts -Amorçage interne du changeur de prise ⇨ risque d'explosion	1 1 1	1 1 4	3 1 3	3 2 3	2 3 4	1 1 4	3 1 3	3 2 3	2 3 4

Enjeux :

1 : Sécurité des personnes

2 : Sûreté de fonctionnement et qualité de service

3 : Maintien du patrimoine

4 : Contrôle et maîtrise des coûts de maintenance

<i>Sous-station :Ambodivona Bo</i> <i>Bloc de coupure : travée TR9</i> <i>Equipement transformateur de puissance :TR9</i> <i>Fonction : :transfert d'énergie</i>													
ORGANE	FONCTION ELEMENTAIRE	MODE DE DEFAILLANCE	CAUSE	CONSEQUENCE	FREQUENCE	GRAVITE				CRITICITE			
						ENJEUX				ENJEUX			
						1	2	3	4	1	2	3	4
-Mécanisme d'entraînement T14-2	-Transmission de mouvements au changeur de prise	Blocage de l'arbre de transmission	Bobine du moteur grillé	-Rotation de commutateurs impossible	1	1	3	3	3	1	3	3	3
-Régulateur de tension T14-3	-Commande de régulation de tension	-Blocage du régulateur	-Défaut interne du régulateur -Déconnexion de filerie -Fusible du transformateur de mesure défectueux -Perturbation du microprocesseur -Tension très basse -Surintensité	-Réglage de tension impossible	1	1	3	3	3	1	3	3	3
Relais buchholz T15	Protection interne du transformateur contre l'effet buchholz	-Absence de signalisation de défaut	-Détérioration des contacts du relais -Défaillance du flotteur	-Risque d'avarie du transformateur	1	2	4	3	3	2	4	3	3
Thermostat T16	Protection interne du transformateur contre l'échauffement anormal	-Absence de signalisation de défaut	-Usure de contact du thermostat -Défaut sonde	- Risque d'avarie du transformateur	1	2	3	2	2	2	3	2	2

Enjeux :

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

<i>Sous-station :Ambodivona Bo</i> <i>Bloc de coupure : travée TR9</i> <i>Equipement transformateur de puissance :TR9</i> <i>Fonction : :transfert d'énergie</i>													
ORGANE	FONCTION ELEMENTAIRE	MODE DE DEFAILLANCE	CAUSE	CONSEQUENCE	FREQUENCE	GRAVITE				CRITICITE			
						ENJEUX				ENJEUX			
						1	2	3	4	1	2	3	4
Relais masse cuve : T17	Protection interne du transformateur contre la masse- cuve	Non fonctionnement du relais en cas du défaut	Bobine de l'électro-aimant du relais défectueuse	non déclenchement du disjoncteur	1	4	3	2	2	4	3	2	2

Enjeux :

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

VI-1-4 SEPAM 2000 :SP

Sous-station : Ambodivona Bo

Bloc de coupure : travée TR9

Equipement SEPAM 2000 SP

Fonction : :protection, surveillance et commande

ORGANE	FONCTION ELEMENTAIRE	MODE DE DEFAILLANCE	CAUSE	CONSEQUENCE	FREQUENCE	GRAVITE				CRITICITE			
						ENJEUX				ENJEUX			
						1	2	3	4	1	2	3	4
Cartouche : SP4	Informations nécessaires au fonctionnement du sepam	Voyant rouge allumé -Afficheur indique : CARTRIDGE	-Absence de cartouche -Défaut matériel sur la cartouche -Cartouche défectueuse -Défaut de Configuration	- Non démarrage du sepam -Arrêt du sepam	1	1	3	1	2	1	3	1	2
					1	1	3	1	2	1	3	1	2
Console TSM 2001 : SP6	Accès aux commandes du sepam	-Déclenchement intempestif du disjoncteur -Non déclenchement	Paramétrage incorrect	-Incident corporel	1	4	2	2	1	4	2	2	1
Connecteurs : SP7	Raccordement	Afficheur indique : CONNECTEUR	-Connecteur déconnecté	-Fonctionnement non assuré	1	3	2	2	1	3	2	2	1
Alimentation auxiliaire : SP10	Alimentation du sepam	-Aucun voyant allumé -Afficheur indique : DEFAULT DISCORDANCE	-Défaut de l'alimentation auxiliaire -Déconnexion de la carte CE40 perte de l'alimentation auxiliaire	-Non fonctionnement du sepam - Fonctionnement anormal du sepam	1	1	3	1	2	1	3	1	2

Enjeux :

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

VI-1-5 Sectionneur de couplage :S1 – S2

Sous-station :Ambodivona Bo

Bloc de coupure : travée TR9

Equipement Sectionneur de couplage : S1 – S2

Fonction : couplage des jeux de barre

RGANE	FONCTION ELEMENTAIRE	MODE DE DEFAILLANCE	CAUSE	CONSEQUENCE	FREQUENCE	GRAVITE				CRITICITE			
						ENJEUX				ENJEUX			
						1	2	3	4	1	2	3	4
Plage de raccordement S1-1 – S2-1	Support des jeux de barre	Mauvais contact	-Mauvais serrage -Oxydation du plage de raccordement	Risque de détérioration du sectionneur	1	1	3	3	2	1	3	3	2
Mâchoire supérieure : S1-2 – S2-2	Commutation de courant	Mauvais contact	-Formation de pellicule -Faible pression sur couteau -Usure de la mâchoire -Encrassement	Risque de détérioration du sectionneur	1	1	3	3	3	1	3	3	3
Mâchoire inférieure : S1-3 – S2-3	Fermeture de contact	Mauvais contact entre couteau et mâchoire	-Formation de pellicule -Faible pression du ressort de compression -usure de la mâchoire -Encrassement	Risque de détérioration du sectionneur	1	1	3	3	2	1	3	3	2
Levier de commande : S1-4 – S2-4	Manœuvre du sectionneur de couplage	Dérégage du levier par rapport à la position initiale	Fréquence de manœuvre élevée	Mauvais portée du contact ⇒ risque de destruction du sectionneur	1	2	3	2	2	1	3	2	2

Enjeux :

1 :Sécurité des personnes

2 :Sûreté de fonctionnement et qualité de service

3 :Maintien du patrimoine

4 : Contrôle et maîtrise des coûts de maintenance

<i>Sous-station : Ambodivona Bo</i> <i>Bloc de coupure : travée TR9</i> <i>Equipement Sectionneur de couplage : S1 – S2</i> <i>Fonction : couplage des jeux de barre</i>													
RGANE	FONCTION ELEMENTAIRE	MODE DE DEFAILLANCE	CAUSE	CONSEQUENCE	FREQUENCE	GRAVITE				CRITICITE			
						ENJEUX				ENJEUX			
						1	2	3	4	1	2	3	4
Isolateur du levier de commande : S1-5 – S2-5	Isolement	-Diminution des lignes de fuite - Isolateur cassé	-Environnement pollué -Choc	Diminution de résistance d'isolement	1	2	2	2	2	2	2	2	2
Arbre de manœuvre : S1-6 – S2-6	Axe de rotation du levier	Couteau et mâchoire désalignés	-Usure du palier	Risque de détérioration du sectionneur	1	1	3	3	3	1	3	3	3
Couteau : S1-7 – S2-7	Transmission de l'énergie	-Absence de contact entre couteau et mâchoire -Mauvais contact	-Couteau et mâchoire désalignés -Formation de pellicule -Usure du couteau -Encrassement	-Absence de transfert de l'énergie -Echauffement	1	1	3	1	2	1	3	1	2

Enjeux :

1 :Sécurité des personnes

2 :Sûreté de fonctionnement et qualité de service

3 :Maintien du patrimoine

4 : Contrôle et maîtrise des coûts de maintenance

VI-2 EVALUATION DE TOUS LES POIDS CRITIQUES DE LA LIAISON POUR L'ENSEMBLE DES ENJEUX

VI-2-1 Evaluation de tous les poids critiques de chaque équipement dans l'ensemble des enjeux

ENJEUX	DISJONCTEUR 63 kV												DISJONCTEUR 5,5 kV											
	D63												D5											
	D63-1	D63-2	D63-3	D63-4	D63-5				D5-1	D5-2	D5-3	D5-4	D5-5											
1	3	4	3	3	2	1	1	1	3	1	1	3	4	3	3	2	1	1	1	3	1	1		
2	3	4	4	4	3	4	4	4	3	3	4	3	4	4	4	3	4	4	4	3	3	4		
3	3	4	3	2	2	2	2	2	2	1	1	3	4	3	2	2	2	2	2	2	1	1		
4	3	3	3	2	3	2	2	2	2	2	1	3	3	3	2	3	2	2	2	2	2	1		
TOTAL	12	15	13	11	10	9	9	9	10	7	7	12	15	13	11	10	9	9	9	10	7	7		

SECTIONNEUR 63 kV

ENJEUX	S63							
	S63-1	S63-2	S63-3	S63-4	S63-5	S63-6	S63-7	S63-8
1	3	2	1	3	3	3	2	4
2	3	6	4	4	4	4	3	4
3	4	2	1	3	3	3	1	3
4	3	2	2	3	3	3	2	3
TOTAL	13	12	8	13	13	13	8	14

TRANSFORMATEUR DE PUISSANCE

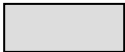
ENJEUX	TR9																									
	T1										T2										T3					
1	1	1	2	2	1	2	2	4	3	2	4	1	1	2	4	2	1	1	1	1	1	4	1	1	3	3
2	2	3	3	3	2	3	3	4	3	3	3	4	2	2	4	4	3	3	3	3	3	4	2	3	2	2
3	2	2	3	2	2	3	2	3	2	2	2	3	2	1	4	3	1	2	2	2	2	4	1	2	2	2
4	1	2	3	2	1	3	2	3	2	2	2	3	2	2	4	3	1	1	2	2	2	4	1	2	3	3
TOTAL	6	8	11	9	6	11	9	14	10	9	11	11	7	7	16	12	6	7	8	8	8	16	5	8	10	10

TRANSFORMATEUR DE PUISSANCE

ENJEUX	TR9																							
	T4		T5		T6			T9			T10		T11	T13	T14			T15		T16	T17			
															T14-1	T14-2	T14-3							
1	1	1	3	3	1	2	3	2	3	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	4
2	3	2	3	3	2	2	3	2	3	2	3	2	2	2	3	1	3	3	3	3	4	2	3	3
3	2	1	2	2	1	2	2	2	2	1	1	1	3	3	3	2	3	3	3	2	3	1	2	2
4	1	1	3	2	2	1	2	1	3	1	1	2	2	2	2	3	4	3	3	2	3	1	2	2
TOTAL	7	5	11	10	6	7	10	7	11	5	6	6	8	8	9	7	14	10	10	8	11	5	8	11

ENJEUX	SECTIONNEURS DE COUPLAGE							SECTIONNEURS DE COUPLAGE						
	S1							S2						
	S1-1	S1-2	S1-3	S1-4	S1-5	S1-6	S1-7	S2-1	S2-2	S2-3	S2-4	S2-5	S2-6	S2-7
1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1
2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	2	3	3
3	3	3	3	2	2	3	1	3	3	3	2	2	3	1
4	2	3	2	2	2	3	2	2	3	2	2	2	3	2
TOTAL	9	10	9	8	8	10	7	9	10	9	8	8	10	7

ENJEUX	SEPAM				
	SP				
	SP-1	SP-2	SP-3	SP-4	SP-5
1	1	4	3	1	2
2	3	2	2	3	3
3	1	2	2	1	2
4	2	1	1	2	1
TOTAL	7	9	8	7	8

 : Poids critique de l'équipement dans l'ensemble des enjeux

VI-2-2 Evaluation du poids critique de la travée TR9 dans l'ensemble des enjeux

C=16

Chapitre VII

RECHERCHE DES TACHES DE MAINTENANCE PAR LA METHODE OMF

VII -1 CHOIX DES TYPES DE MAINTENANCE PAR LA METHODE OMF

CRITICITE		TYPE DE MAINTENANCE
$C \geq 20$	$C_i \geq 8$	Etude et expertise
$C < 20$	$4 \leq C_i < 8$ $2 \leq C_i < 4$	Préventive
	$1 \leq C_i < 2$	corrective

Après l'analyse de criticité nous constatons que :

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

Nous proposons donc les types de maintenance suivants :

TYPE DE MAINTENANCE	EQUIPEMENT	ORGANE
Préventive	Disjoncteur : D63	-Chambre de coupure D63-1 -Châssis D63-2 -Organe de transmission D63-3 -Accumulateur D63-4 - Armoire des auxiliaires D63-5
	Sectionneur : S63	-Châssis : S63-1 -Pivot : S63-2 -Barre de liaison : S63-3 -Colonne tournante : S63-4 -Bras de contact mâle : S63-5 -Bras de contact femelle S63-5 -Prise de courant : S63-7 -Coffret de signalisation S63-8 -Levier de manœuvre S63-9
	Transformateur de puissance : TR9	-Circuit magnétique:T1 -Enroulements: T2 -Huile minérale :T3 -Cuve : T4 -Couvercle de la cuve T5 -Déshumidificateur : T8 - Bornes : T9 -Radiateur T10: -Ventilateur T11 -Régleur en charge : T14 -changeur de prise T14-1 -mécanisme d'entraînement T14-2 - régulateur de tension T14-3 -Relais buchholz T15 -Thermostat T16 -Relais masse cuve : T17

TYPE DE MAINTENANCE	ORGANE	EQUIPEMENT
Préventive	Sectionneur de couplage : S1 – S2	-Plage de raccordement S1-1 – S2-1 -Mâchoire supérieure : S1-2 – S2-2 -Mâchoire inférieure : S1-3 – S2-3 -Levier de commande: S1-4 – S2-4 -Isolateur du levier de commande : S1-5 – S2-5 -Arbre de manoeuvre: S1-6 – S2-6 -Couteau S1-7 – S2-7
Corrective	Disjoncteur : D63	-Armoire des auxiliaires D63-5
	Sectionneur : S63	-Barre de liaison : S63-3 -Prise de courant : S63-7
	Transformateur de puissance : TR9	-Circuit magnétique:T1 -Enroulements: T2 -Huile minérale T3 -Cuve : T4 -Couvercle de la cuve T5 -Déshumidificateur : T8 - Bornes : T9 -Radiateur T10: -Ventilateur T11 -Régleur en charge : T14 -changeur de prise T14-1 -mécanisme d'entraînement T14-2 - régulateur de tension T14-3 -Relais buchholz T15 -Relais masse cuve : T17

Remarques :

- La durée de vie d'un équipement est améliorée par des actions préventives car il n'est pas rare qu'une défaillance entraîne une ou plusieurs autres, provoquant une détérioration plus importante du système.

- La maintenance corrective est choisie en fin 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 objectifs de production et en fonction du personnel et des moyens matériels dont il dispose.

VII -2 ANALYSE DES TACHES PAR LA METHODE OMF

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 :

Efficacité

Poids	Efficacité
1	Non efficace
2	Peu efficace
3	Efficace
4	Très efficace

Facilité

Poids	Facilité
1	Faible
2	Moyenne
3	Bonne
4	Grande

Parmi les facteurs de facilité, le coût de la maintenance occupe une place importante. Il cr

Ce coût peut-être décomposé en :

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

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

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

Applicabilité

$$\text{Applicabilité} = \text{Efficacité} * \text{Facilité}$$

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

Les tableaux suivants permettent de sélectionner les tâches qui seront retenues.

VII-2 -1- DISJONCTEUR D63 – D5

<i>Sous-station : Ambodivona</i> <i>Bloc de coupure : Travée TR9</i> <i>Equipement : Disjoncteur D63 – D5</i>								
ORGANE	ACTION DE MAINTENANCE	TACHE A ENTREPRENDRE	PERIODE		EFFICACITE	FACILITE	APPLICABILITE	TACHE RETENUE
			Min .	Max.				
Chambre de coupure D63-1 – D5-1	Relevé	- pression du SF6 - nombre des manœuvres à vide lecture sur le SEPAM - nombre des manœuvres en charge - nombre des manœuvres sur défaut	1/6mois	1/an	4	4	16	+
	Maintenance systématique	-nettoyage des pôles (pour le disjoncteur 63 kV) -remplacement de bouteille (pour le disjoncteur 5 kV)	1/6mois	1/an	4	2	8	+
	Maintenance conditionnelle	-appoint SF6			3	3	9	+
	Contrôle conditionnel	-contrôle de l'usure des contacts			3	2	6	-
	Révision	-mesure de l'usure des contacts	1/5ans	1/20ans	4	2	8	+
	Remise à niveau	-remise en état des organes internes de chambre de coupure -remplacement des joints d'étanchéité	1/20ans	1/30ans	4	1	4	-
Châssis D63-2 – D5-2	Contrôle périodique	vérification de l'état du châssis	1/6mois	1/an	4	3	12	+
	Maintenance conditionnelle	renouvellement de peinture de châssis			4	2	8	+
Organe de transmission D63-3 - D5-3	Contrôle périodique	-contrôle des articulations -vérification des arbres de transmission	1/an	1/5ans	4	2	8	+
	Maintenance systématique	-lubrification des éléments de transmission : arbres ; cames	1/an	1/5ans	4	2	8	+

<i>Sous-station : Ambodivona</i> <i>Bloc de coupure : Travée TR9</i> <i>Equipement : Disjoncteur D63 – D5</i>								
ORGANE	ACTION DE MAINTENANCE	TACHE A ENTREPRENDRE	PERIODE		EFFICACITE	FACILITE	APPLICABILITE	TACHE RETENUE
			Min.	Max.				
Coffret de commande des disjoncteurs D63-4 D5-4	Visite	vérification du coffret de commande -aération et de chauffage du coffret -état de propriété des contacts -humidité -propriété	1/6mois	1/an	4	3	12	+
	Maintenance systématique	-lubrification des pignons ; chaînes ; axes de manœuvre ; galets et ressorts	1/an	1/5ans	4	2	8	+
	Contrôle périodique	-vérification de serrage des borniers -vérification des bobines des électro-aimants -vérification des contacteurs du moteur -vérification état des balais -vérification de l'état des ressorts de fermeture et d'ouverture -essai de fonctionnement des boutons de commande manuel	1/an	1/5ans	4	2	8	+
	Maintenance conditionnelle	-remplacement des balais			4	2	8	+
	Remise à niveau	-remplacement bobine d'enclenchement et de déclenchement du disjoncteur -remplacement des bobines de commande moteur d'armement	1/20ans	1/30ans	4	1	4	-

VII –2 – 2 SECTIONNEUR S63

Sous-station : Ambodivona

Bloc de coupure : Travée TR9

Equipement : Sectionneur S63

ORGANE	ACTION DE MAINTENANCE	TACHE A ENTREPRENDRE	PERIODE		EFFICACITE	FACILITE	APPLICABILITE	TACHE RETENUE
			Min.	Max.				
Châssis S63-1	Visite	Vérification de l'état de peinture du châssis	1/mois	1/6mois	4	4	16	+
	Maintenance conditionnelle	Renouvellement de peinture			8	2	8	+
Pivot S63-2	Maintenance systématique	Graissage du pivot	1/an	1/5ans	3	2	9	+
Barre de liaison S63-3	Maintenance systématique	Amélioration du réglage de la barre	1/an	1/5ans	4	2	8	+
Colonne tournante S63-4	Contrôle périodique	- Vérification serrage des colonnes tournantes	1/6mois	1/an	4	2	8	+
Bras de contact mâle S63-5 Bras de contact femelle S63-6	Visite	Contrôle : -bonne position des bras -état des contacts -propriété	1/mois	1/6mois	4	3	12	+
	Maintenance conditionnelle	-Réglage des bras de contact -Polissage des contacts -Nettoyage des contacts			4	2	8	+
	Contrôle périodique	-Essai de fonctionnement avec contrôle de signalisation	1/6mois	1/an	4	3	12	+
	Maintenance systématique	-Vaselina des contacts	1/an	1/5ans	4	2	8	+
Prise de courant S63-7	visite	Vérification de l'état des connexions de prise de courant	1/mois	1/6mois	4	3	12	+
	Contrôle périodique	Vérification du serrage de prise	1/6mois	1/an	4	3	12	+
	Maintenance conditionnelle	-Serrage des contacts -Nettoyage de prise du courant -Polissage des contacts			4	2	8	+
Coffret de signalisation S63-7	Visite	Examen intérieur et extérieur du coffret	1/mois	1/6mois	4	2	8	+
	Contrôle périodique	Vérification de discordance du TL	1/6mois	1/an	4	2	8	+
Levier de manœuvre S63-9	Contrôle périodique	Essai d'ouverture et fermeture	1/6mois	1/an	4	2	8	+

VII -2- 3 TRANSFORMATEUR DE PUISSANCE TR9

<i>Sous-station : Ambodivona</i> <i>Bloc de coupure : Travée TR9</i> <i>Equipement : transformateur TR9</i>								
ORGANE	ACTION DE MAINTENANCE	TACHE A ENTREPRENDRE	PERIODE		EFFICACITE	FACILITE	APPLICABILITE	TACHE RETENUE
			Min .	Max.				
Circuit magnétique T1	Contrôle périodique	Vérification des bruits anormaux	2/jour	1/jour	4	4	16	+
		-Contrôle de vibration -Détection des points chauds -Essai à vide	1/an	1/3ans	3	3	9	+
	Maintenance conditionnelle	Démagnétisation du circuit magnétique			3	2	6	-
	Révision	-Contrôle état du circuit magnétique - Vérification du serrage des tôles extrêmes du circuit magnétique -Vérification des serrages des joints magnétiques	1/an	1/5ans	3	3	9	+
Enroulements T2	Contrôle périodique	-Vérification d'échauffement -Mesure de la résistance d'isolement entre phases et masse - Mesure de la résistance d'isolement des enroulements	1/an	1/3ans	4	2	8	+
	Révision	-Vérification de l'état des enroulements -Vérification de sens d'enroulements -Nettoyage et séchage des enroulements	1/an	1/5ans	4	2	8	+

<i>Sous-station : Ambodivona</i> <i>Bloc de coupure : Travée TR9</i> <i>Equipement : transformateur TR9</i>								
ORGANE	ACTION DE MAINTENANCE	TACHE A ENTREPRENDRE	PERIODE		EFFICACITE	FACILITE	APPLICABILITE	TACHE RETENUE
			Min .	Max.				
Huile isolante T3	Contrôle périodique	-Contrôle de niveau d'huile	2/jour	1/jour	4	4	16	+
	Visite	-Contrôle de fuite d'huile	1/mois	1/6mois	4	3	12	+
	Maintenance conditionnelle	-Filtrage et séchage d'huile			3	2	6	-
	Contrôle conditionnel	-Mesure des décharges partielles			3	2	6	-
	Révision	Prélèvement d'huile : analyse des gaz dissous	1/an	1/3ans	4	2	8	+
	Contrôle périodique	Mesure rigidité diélectrique huile	1/an	1/3ans	4	2	8	+
	Point zéro	- Analyse chromatologique - Rapport de concentration des gaz	1/an	1/3ans	4	2	8	+
		- Analyse physico-chimique -taux de particule mécanique -taux d'acidité -stabilité de l'huile -couleur de l'huile -teneur d'acide et d'alcalin	1/3ans	1/4ans	4	2	8	+
Cuve T4	Visite	Contrôle de vibration	1/mois	1/6mois	4	2	8	+
	Maintenance systématique	-Nettoyage de cuve (intérieur et extérieur)	1/ans	1/3ans	4	2	8	+
	Contrôle périodique	-Contrôle d'étanchéité : recherche de trace de fuite d'huile	1/ans	1/3ans	4	2	8	+
		-Contrôle de l'aspect extérieur de la cuve : -vérification de propriété de la cuve -vérification de l'état de peinture -recherche des points d'oxydation	1/ans	1/3ans	4	2	8	+

<i>Sous-station : Ambodivona</i> <i>Bloc de coupure : Travée TR9</i> <i>Equipement : transformateur TR9</i>								
ORGANE	ACTION DE MAINTENANCE	TACHE A ENTREPRENDRE	PERIODE		EFFICACITE	FACILITE	APPLICABILITE	TACHE RETENUE
			Min .	Max.				
Cuve T4	Contrôle conditionnel	-Vérification des joints d'étanchéité			4	2	8	+
	Maintenance conditionnelle	-Appoint d'huile -Retouche de peinture			4	2	8	+
	Contrôle périodique	-Vérification de serrage des fixations -Contrôle de l'isolement de la cuve par rapport à la masse	1/an	1/3ans	4	2	8	+
Couvercle de la cuve T5	Contrôle périodique	-Vérification du blocage des boulons du couvercle de la cuve -Contrôle d'étanchéité aux joints du couvercle	1/an	1/3ans	4	2	8	+
	Maintenance systématique	-Nettoyage du couvercle	1/an	1/3ans	4	2	8	+
	Contrôle conditionnel	Serrage cuve couvercle			4	2	8	+
Conservateur d'huile T6	Visite	-Contrôle de l'étanchéité -Vérification de l'état de l'indicateur de niveau d'huile	1/mois	1/6mois	4	2	8	+
	Contrôle périodique	-Vérification du fonctionnement de l'étanchéité des vannes d'isolement	1/an	1/3 ans	4	2	8	+
	Maintenance systématique	-Nettoyage du conservateur	1/an	1/3 ans	4	2	8	+
	Maintenance conditionnelle	-Appoint d'huile			4	2	8	+
Borne T8	Visite	Contrôle visuel de l'état des traversées	1/mois	1/6mois	4	4	16	+
	Contrôle périodique	-Vérification de l'état des isolateurs : - fêlure ; cassures de la porcelaine -Contrôle de niveau d'huile -Test de continuités des bornes -Contrôle d'étanchéité -Analyse d'huile	1/an	1/3ans	4	2	8	+
	Maintenance systématique	-Nettoyage des traversées - Serrage des connexions aux bornes	1/an	1/3ans	4	2	8	+

<i>Sous-station : Ambodivona</i> <i>Bloc de coupure : Travée TR9</i> <i>Equipement : transformateur TR9</i>								
ORGANE	ACTION DE MAINTENANCE	TACHE A ENTREPRENDRE	PERIODE		EFFICACITE	FACILITE	APPLICABILITE	TACHE RETENUE
			Min .	Max.				
Borne : T8	Révision	-Mesure d'isolement des bornes	1/an	1/5ans	4	2	8	+
Déshumidificateur T9	Visite	-Contrôle de l'état de l'assecheur d'air (couleur)	1/mois	1/6mois	4	4	16	+
	Maintenance conditionnelle	Régénération de silicagel			3	3	9	+
Radiateurs à ailettes T10	Visite	-Vérification de l'état des radiateurs : -présence des rouilles sur les ailettes -état de propriété - état de peinture	1/mois	1/6mois	4	3	12	+
	Contrôle périodique	-Contrôle d'étanchéité -Contrôle des vibrations des ailettes	1/an	1/3ans	4	3	12	+
	Maintenance conditionnelle	-Nettoyage des ailettes -Retouche de peinture			4	2	8	+
	Visite	Vérification de l'état des ventilateurs	1/mois	1/6mois	4	4	16	+
	Contrôle périodique	-Contrôle de fonctionnement des ventilateurs en marche (vibration ; équilibrage ; faux rond, bruit) -Essai de fonctionnement en automatique et en manuel -Contrôle de graissage, des fixations -Vérification des contacteurs de commandes	1/an	1/3ans	4	2	8	+
	Contrôle conditionnel	-Examen des rotors des ventilateurs			4	2	8	+
	Maintenance conditionnelle	-Graissage des roulements			4	2	8	+

Sous-station : Ambodivona Bloc de coupure : Travée TR9 Equipement : transformateur TR9								
ORGANE	ACTION DE MAINTENANCE	TACHE A ENTREPRENDRE	PERIODE		EFFICACITE	FACILITE	APPLICABILITE	TACHE RETENUE
			Min .	Max.				
Régleur en charge T14	Contrôle périodique	-Vérification et essai de fonctionnement régleur en charge : * réponse du régulateur de tension *retransmission de la signalisation du changeur de prise * marche du moteur et de l'appareillage de manœuvre *vérification de commande manuelle sur place * vérification de commande à distance -Contrôle de fonctionnement du relais de protection du changeur de prise -Contrôle rigidité diélectrique de l'huile	1/an	1/3ans	4	2	8	+
	Révision	Révision du changeur de prise : -contrôle de l'état des contacts -changement d'huile	1/5ans	1/7ans	4	2	8	+
			après 1000 manœuvres					
Relais buchholz T15 Thermostat T16	Contrôle périodique	Vérification de fonctionnement du relais Buchholz	1/an	1/3ans	4	2	8	+
	Contrôle périodique	Contrôle et vérification du fonctionnement des thermostats et des sondes à résistances Pt100 :(tarage, étalonnage)	1/an	1/3ans	4	2	8	+
Relais masse- cuve T17	Contrôle périodique	Vérification de fonctionnement du relais masse cuve	1/an	1/3ans	4	2	8	+

VII -2- 4 SEPAM 2000

ORGANE	ACTION DE MAINTENANCE	TACHE A ENTREPRENDRE	PERIODE		EFFICACITE	FACILITE	APPLICABILITE	TACHE RETENUE
			Min .	Max.				
Alimentation auxiliaire Cartouche	Contrôle conditionnel	- Vérification de l'alimentation auxiliaire - Vérification des connexions sur la carte CE40 - Test lampe			4	2	8	+
	Maintenance conditionnelle	- Remise en place de la cartouche - Mise en place de la nouvelle cartouche - Mise en place de la cartouche adaptée			4	2	8	+
	Contrôle conditionnel	-Vérification des références portées sur le sepam et la cartouche			4	3	12	+
Connecteurs	Contrôle conditionnel	-Vérification de l'embrochage des connecteurs et de leur fixation			4	3	12	+
Console TSM 2001	Contrôle conditionnel	-Vérification des paramètres -Vérification de réglage			4	3	12	+

VII -2-5 TABLEAU DE COMMANDE

<i>Sous-station : Ambodivona</i> <i>Bloc de coupure : Travée TR9</i> <i>Equipement : Disjoncteur D63</i>								
ORGANE	ACTION DE MAINTENANCE	TACHE A ENTREPRENDRE	PERIODE		EFFICACITE	FACILITE	APPLICABILITE	TACHE RETENUE
			Min .	Max.				
TPL : C1	Contrôle périodique	Essai de lampes de signalisation (test lampe)	1/6mois	1/an	4	3	12	+
TL : C2			1/6mois	1/an	4	3	12	+
Verrine	Maintenance conditionnelle	Nettoyage de verrine			4	2	8	+

VII –3 SELECTION DES TACHES RETENUES

VII –3 –1 DISJONCTEUR D63 – D5

ACTION DE MAINTENANCE	TACHE A ENTREPRENDRE	PERIODE	
		Min.	Max .
Relevé	- Pression du SF6 - Nombre des manœuvres à vide - Nombre des manœuvres en charge - Nombre des manœuvres sur défaut lecture sur le SEPAM	1/6mois	1/an
Visite	- Vérification du coffret de commande -aération et de chauffage de l'armoire -état de propreté des contacts -humidité -propriété	1/6mois	1/an
Contrôle périodique	-Vérification de l'état du châssis -Contrôle des articulations -Vérification des arbres de transmission -Vérification de serrage des borniers -Vérification des bobines des électro-aimants -Vérification des contacteurs du moteur -Vérification état des balais du moteur d'armement -Vérification de l'état des ressorts de fermeture et d'ouverture -Essai de fonctionnement des boutons de commande manuelle	1/6mois	1/an
Maintenance systématique	-Nettoyage des pôles (pour le disjoncteur 63 kV) -Remplacement de bouteille (pour le disjoncteur 5 kV)	1/6mois	1/an
	-Lubrification des éléments de transmission -Lubrification des pignons ; chaînes ; axes de manœuvre ; galets et ressorts	1/an	1/5ans
Maintenance conditionnelle	-Appoint SF6 -Renouvellement de peinture de châssis -Remplacement des balais		
Révision	-Mesure de l'usure des contacts	1/5ans	1/20ans

VII -3 -2 SECTIONNEUR S63

ACTION DE MAINTENANCE	TACHE A ENTREPRENDRE	PERIODE	
		Min.	Max.
Visite	- Vérification de l'état de peinture du châssis -Contrôle : -bonne position des bras -état des contacts -propriété -Vérification de l'état des connexions de prise de courant -Examen intérieur et extérieur du coffret	1/mois	1/6mois
Contrôle périodique	-Vérification serrage des colonnes tournantes -Essai de fonctionnement avec contrôle de signalisation -Vérification du serrage des prises de courant -Vérification de discordance du TL - Essai d'ouverture et fermeture	1/6mois	1/an
Maintenance systématique	- Graissage du pivot -Amélioration du réglage de la barre -Vaselinage des contacts	1/an	1/5ans
Maintenance conditionnelle	-Renouvellement de peinture -Réglage des bras de contact -Polissage des contacts -Serrage des contacts -Nettoyage de la prise du courant		

VII-3-3- TABLEAU DE COMMANDE : C

ACTION DE MAINTENANCE	TACHE A ENTREPRENDRE	PERIODE	
		Min.	Max.
Contrôle périodique	Essai de lampes de signalisation (test lampe)	1/6mois	1/an
Maintenance conditionnelle	Nettoyage de verrine		

VII -3 -4 TRANSFORMATEUR DE PUISSANCE : TR9

ACTION DE MAINTENANCE	TACHE A ENTREPRENDRE	PERIODE	
		Min.	Max.
Visite	-Contrôle de fuite d'huile -Contrôle de vibration -Contrôle de l'étanchéité -Vérification de l'état de l'indicateur de niveau d'huile -Contrôle de l'état de l'assecheur d'air (couleur) -Contrôle visuel de l'état des traversées -Vérification de l'état des radiateurs et ventilateurs	1/mois	1/6mois
Contrôle périodique	- Vérification des bruits anormaux -Contrôle de niveau d'huile	2/jour	1/jour
	-Contrôle de vibration -Contrôle d'étanchéité -Détection des points chauds -Vérification d'échauffement -Mesure de la résistance d'isolement entre phases et masse - Mesure de la résistance d'isolement des enroulements -Mesure de la rigidité diélectrique de l'huile - Contrôle de l'aspect extérieur de la cuve : -Vérification du blocage des boulons du couvercle de la cuve -Vérification du fonctionnement de l'étanchéité des vannes d'isolement -Vérification de l'état des isolateurs -Test de continuité des bornes -Contrôle de fonctionnement des ventilateurs en marche -Essai de fonctionnement en automatique et en manuel -Contrôle de graissage, des fixations -Vérification des contacteurs de commandes -Vérification et essai de fonctionnement régulateur en charge : -Contrôle de fonctionnement du relais de protection du changeur de prise -Contrôle rigidité diélectrique de l'huile -Vérification de fonctionnement du relais Buchholz -Contrôle et vérification du fonctionnement des thermostats et des sondes à résistances Pt100 : (tarage, étalonnage) -Vérification de fonctionnement du relais masse cuve -Essai à vide	1/an	1/3ans
Maintenance systématique	-Nettoyage cuve (intérieur et extérieur) -Nettoyage couvercle -Nettoyage conservateur -Nettoyage traversées -Serrage des connexions aux bornes -Analyse d'huile	1/an	1/3ans
Contrôle conditionnel	-Vérification des joints d'étanchéité		
Maintenance conditionnelle	-Régénération de silicagel -Nettoyage des ailettes -Appoint d'huile -Retouche de peinture -Serrage cuve couvercle - Appoint d'huile		

TRANSFORMATEUR DE PUISSANCE : TR9

ACTION DE MAINTENANCE	TACHE A ENTREPRENDRE	PERIODE	
		Min.	Max.
Révision	-Contrôle état du circuit magnétique -Vérification du serrage des tôles extrêmes du circuit magnétique -Vérification des serrages des joints magnétiques -Vérification de l'état des enroulements -Vérification de sens d'enroulements -Nettoyage et séchage des enroulements -Mesure d'isolement des bornes	1/an	1/5ans
	Prélèvement d'huile : analyse des gaz dissous	1/an	1/3ans
	Révision du changeur de prise : -contrôle de l'état des contacts -changement d'huile	1/5ans	1/7ans
		après 10000 manœuvres	
Point zéro	▪ Analyse chromatologique ▪ Rapport de concentration des gaz	1/an	1/3ans
	▪ Analyse physico-chimique -taux de particule mécanique -taux d'acidité -stabilité de l'huile -couleur de l'huile -contenance d'acide et d'alcalin	1/3ans	1/4ans

VII-3-5- SEPAM : SP

ACTION DE MAINTENANCE	TACHE A ENTREPRENDRE	PERIODE	
		Min.	Max.
Contrôle conditionnel	-Vérification de l'alimentation auxiliaire -Vérification des connexions sur la carte CE40 -Test lampe -Vérification des références portées sur le sepam et la cartouche -Vérification de l'embrochage des connecteurs et de leur fixation -Vérification des paramètres -Vérification de réglage		
Maintenance conditionnelle	-Remise en place de la cartouche -Mise en place de la nouvelle cartouche		

VII – 4 REGROUPEMENT DES TACHES DE MAINTENANCE DES EQUIPEMENTS DU BLOC DE COUPURE

ACTION DE MAINTENANCE	EQUIPEMENTS	TACHE A ENTREPRENDRE	PERIODE RETENUE
Relevé	Disjoncteur D63 –D5	- Pression du SF6 - Nombre des manœuvres à vide - Nombre des manœuvres en charge - Nombre des manœuvres sur défaut } lecture sur le SEPAM	1/6 mois
Visite	Disjoncteur D63 – D5	- Vérification du coffret de commande -aération et de chauffage du coffret -état de propriété des contacts -humidité	1/6 mois
	Sectionneur S63	-Contrôle de l'état de peinture du châssis -Contrôle : -bonne position des bras -état des contacts -propriété -Vérification de l'état des connexions de prise de courant -Examen intérieur et extérieur du coffret de signalisation	
	Transformateur TR9	-Contrôle de fuite d'huile -Contrôle de vibration -Contrôle de l'étanchéité -Vérification de l'état de l'indicateur de niveau d'huile -Contrôle de l'état de l'assecheur d'air (couleur) -Contrôle visuel de l'état des traversées -Vérification de l'état des radiateurs et ventilateurs	
Contrôle périodique	Disjoncteur D63 – D5	-Vérification de l'état du châssis -Contrôle des articulations -Vérification des arbres de transmission -Vérification de serrage des borniers -Vérification des bobines des électro-aimants -vérification des contacteurs du moteur -Vérification état des balais du moteur d'armement -Vérification de l'état des ressorts de fermeture et d'ouverture -Essai de fonctionnement des boutons de commande manuel	1/ 6mois
	Sectionneur S63	-Vérification serrage des colonnes tournantes -Essai de fonctionnement avec contrôle de signalisation -Vérification du serrage de prise de courant -Vérification de discordance du TL - Essai d'ouverture et fermeture	
	transformateur TR9	- vérification des bruits anormaux -contrôle de niveau d'huile	1/jour

ACTION DE MAINTENANCE	EQUIPEMENTS	TACHE A ENTREPRENDRE	PERIODE RETENUE
Contrôle périodique	Transformateur TR9	-Contrôle de vibration -Contrôle d'étanchéité -Détection des points chauds -Vérification d'échauffement -Mesure de la résistance d'isolement entre phases et masse -Mesure de la résistance d'isolement des enroulements -Mesure de la rigidité diélectrique de l'huile -Contrôle de l'aspect extérieur de la cuve : -Vérification du blocage des boulons du couvercle de la cuve -Vérification du fonctionnement de l'étanchéité des vannes d'isolement -Vérification de l'état des isolateurs -Test de continuités des bornes -Contrôle de fonctionnement des ventilateurs en marche -Essai de fonctionnement en automatique et en manuel -Contrôle de graissage, des fixations -Vérification des contacteurs de commandes -Vérification et essai de fonctionnement régulateur en charge : -Contrôle de fonctionnement du relais de protection du changeur de prise -Contrôle rigidité diélectrique de l'huile -Vérification de fonctionnement du relais Buchholz -Contrôle et vérification du fonctionnement des thermostats et des sondes à résistances Pt100 :(tarage, étalonnage) -Vérification de fonctionnement du relais masse cuve -Essai à vide	1/ an
	Tableau de commande : C	- Essai de lampes de signalisation (test lampe)	1/6mois
Maintenance systématique	Disjoncteur D5	- Remplacement des bouteilles - Lubrification des éléments de transmission - Lubrification des pignons ; chaînes ; axes de manœuvre ; galets et ressorts	1/ an
	Disjoncteur D63	-Nettoyage des pôles - Lubrification des éléments de transmission - Lubrification des pignons ; chaînes ; axes de manœuvre; galets et ressorts	1/6mois
	Sectionneur S63	-Graissage du pivot -Amélioration du réglage de la barre -Vaselina des contacts	
	Transformateur TR9	-Nettoyage cuve (intérieur et extérieur) -Nettoyage couvercle -Nettoyage conservateur -Nettoyage traversées -Serrage des connexions aux bornes - Analyse d'huile	1/ an

ACTION DE MAINTENANCE	EQUIPEMENTS	TACHE A ENTREPRENDRE	PERIODE RETENUE
Contrôle conditionnel	Transformateur TR9	-Vérification des joints d'étanchéité	
	Sepam 2000 : SP	-Vérification de l'alimentation auxiliaire -Vérification des connexions sur la carte CE40 -Test lampe -Vérification des références portées sur le sepam et la cartouche	
Maintenance conditionnelle	Disjoncteur D63 – D5	-Appoint SF6 -Renouvellement de peinture de châssis -Remplacement des balais	
	Sectionneur S63	-Renouvellement de peinture -Réglage des bras de contact -Polissage des contacts -Serrage des contacts -Nettoyage de la prise du courant	
	Transformateur TR9	-Régénération de silicagel -Nettoyage des ailettes -Appoint d'huile -Retouche de peinture -Serrage cuve couvercle -Appoint d'huile	
	Sepam 2000 : SP	-Remise en place de la cartouche -Mise en place de la nouvelle cartouche	
	Tableau de commande : C	Nettoyage de verrine	
Révision	Disjoncteur D63– D5	-Mesure de l'usure des contacts	1/5ans
	Transformateur TR9	Révision du changeur de prise : -contrôle de l'état des contacts -changement d'huile	
		-Contrôle état du circuit magnétique -Vérification du serrage des tôles extrêmes du circuit magnétique -Vérification des serrages des joints magnétiques -Vérification de l'état des enroulements -Vérification de sens d'enroulements -Nettoyage et séchage des enroulements -Mesure d'isolement des bornes	1/3ans
		Prélèvement d'huile : analyse des gaz dissous	
Point zéro	Transformateur TR9	▪ Analyse chromatologique ▪ Rapport de concentration des gaz ▪ -Analyse physico-chimique -taux de particule mécanique -taux d'acidité -stabilité de l'huile -couleur de l'huile -contenance d'acide et d'alcalin	1/an

Suite aux résultats des analyses de criticité des équipements et des analyses des tâches de maintenance, conformément à la méthode OMF, nous proposons le planning de maintenance de la travée TR9 suivant :

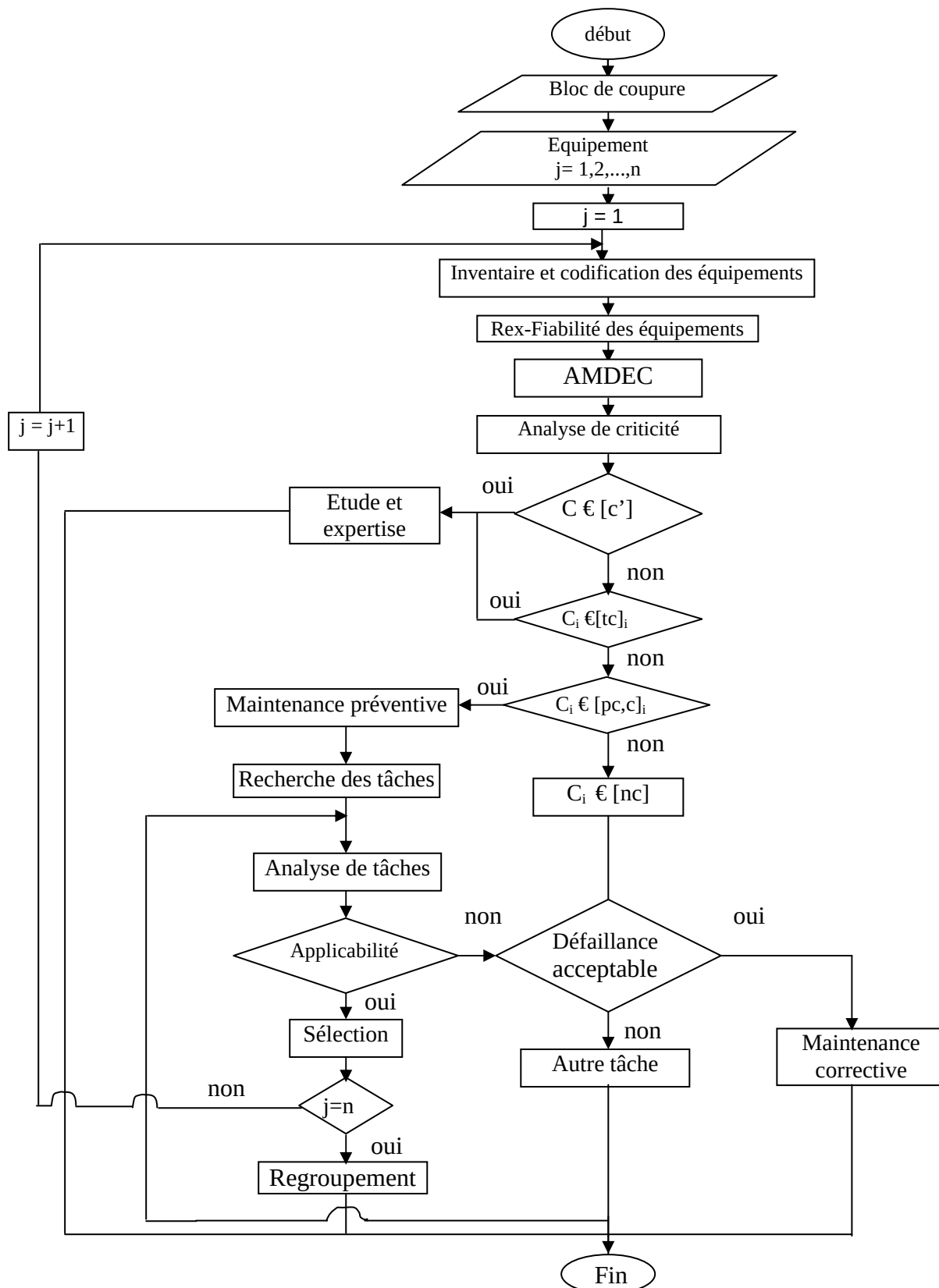
EQUIPEMENT	ACTION DE MAINTENANCE	DATE
Disjoncteur : D63	Relevé et visite	juin 2004
	Contrôle périodique	juin 2004
	Maintenance systématique	juin 2004
	Révision	décembre 2008
Disjoncteur : D5	Relevé et visite	juin 2004
	Contrôle périodique	juin 2004
	Maintenance systématique	décembre 2004
	Révision	décembre 2008
Sectionneur : S63	Visite	juin 2004
	Contrôle périodique	juin 2004
	Maintenance systématique	juin 2004
Transformateur : TR9	Visite	juin 2004
	Contrôle périodique	1 ^{er} janvier 2004
		décembre 2004
	Maintenance systématique	décembre 2004
	Révision	décembre 2006
		décembre 2008
	Point zéro	décembre 2004

Remarque :

Il est nécessaire de réactualiser les tâches car les paramètres peuvent varier d'une année à l'autre suivant les circonstances.

L'organigramme suivant permet d'actualiser les tâches de maintenance des équipements de la travée TR9

VII-5- ACTUALISATION DES TACHES DE MAINTENANCE



PARTIE IV

ENVIRONNEMENT

Chapitre VIII

IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

Introduction

L'électricité est inhérente aux nouvelles technologies. Elle conditionne tous les domaines de la vie moderne tant au niveau domestique que sur le plan industriel.

L'utilisation de l'électricité comme source d'énergie ne provoque pas en elle-même de pollution et ne produit aucun déchet.

Mais son infrastructure et son utilisation, par contre, peut impliquer des conséquences sur l'environnement.

Comme toutes les installations électriques du même type, la sous-station Ambodivona présente des inconvénients écologiques qui ont des impacts directs ou indirects sur l'environnement et qu'il faut résorber.

a)- Impacts directs

- La promiscuité de la sous-station avec les maisons d'habitation, due à l'accroissement démographique enfreint les normes de sécurité.
- Quoique non toxique et non dangereux, le dépassement de la concentration admissible de gaz SF₆ dans le disjoncteur en cas de perte du volume total par avarie ou pour entretien présente un danger pour la santé.
- L'explosion du transformateur est toujours un incident grave qui pourrait avoir des conséquences néfastes pour le personnel et la population environnante, et pour les équipements de la sous-station (incendie, émanation de gaz, projections, destruction du matériel).

b)- Impacts indirects

A Madagascar, le prix du KWH reste encore élevé à raison du faible niveau de vie. L'énergie électrique est surtout utilisée pour l'éclairage et les appareils électroménagers. La majorité des habitants des villes et la totalité de la population rurale se servent de combustibles végétaux (bois, charbon) pour ses besoins de chauffage culinaire.

Les 60% des besoins énergétiques sont tributaires de l'utilisation du bois. Ce besoin énorme, porte de graves préjudices à notre couverture forestière.

L'accroissement rapide de la population urbaine s'accompagne donc d'un accroissement galopant de la déforestation, qui à son tour, provoque le déséquilibre de l'écosystème (inondation, sécheresse, érosion, désertification)

c)- Mesures et atténuations envisagées

Les mesures et atténuations pour réhabiliter et préserver l'environnement sont des actions communes à l'échelle planétaire par la mise en place d'un développement durable.

Au niveau national, cette action se traduit par la Charte de l'environnement Malagasy (CEM) qui contient les principes généraux et les dispositions exprimées en termes opérationnels et ce dans le cadre du développement durable de Madagascar.

Sur le plan sectoriel, quelques propositions pourraient être avancées :

- Choix judicieux du site de l'installation du poste.
- Plan d'urbanisme
- Réduction des coûts de l'électricité aux consommateurs
- Vulgarisation des combustibles fossiles (gaz naturel)
- Production artisanale de gaz combustibles (Bio gaz) au niveau des communautés villageoises lequel pourrait aussi faire tourner un petit générateur.
- Amélioration des techniques de carbonisation pour éviter les gaspillages
- Mise en valeur et développement des sources d'énergie nouvelles et renouvelables (SENR).

Conclusion

Les impacts indirects occupent une place importante dans le processus de dégradation de l'environnement, à Madagascar et nécessitent des solutions et des actions d'urgence.

Le secteur « énergie » semble être un frein au développement du pays alors qu'il devrait jouer le rôle de propulseur. Il devrait contribuer au développement économique et social, aussi bien en milieu rural qu'en milieu urbain.

L'homme est lui-même son propre agent de dégradation de son environnement. C'est à lui seul qu'incombe la responsabilité de la réhabilitation, de la protection et de l'amélioration de cet environnement pour la génération présente et pour celle du futur, selon le Sommet de RIO.

Pour le secteur Production et Transport de l'énergie, ce pari n'est pas impossible.

BIBLIOGRAPHIE

1. Reinhausen MACHINENFABRIK, *Electronic voltage regulator MK30E*.
2. JIRAMA – DPTE, *Atelier sur les régulateurs de tension des alternateurs*, support techniques de l'atelier, CEP Ambohimambola, février 2001.
3. *Etude du concept de régulateurs de tension standard*, support technique de l'atelier.
4. Merlin GERIN, *Sepam 2000, poste source, Transformateur*, Groupe Shneider.
5. Wolfgang HERMANN et Klaus RAGALLER, *les essais de mises au point des disjoncteurs*, Revue Brown Boveri n° 4, 1979, p281.
6. Adolf EIDINGER et Rolf SCHAUMANN , *SF6, L'hexafluorure de soufre*, Revue Brown Boveri n° 4, 1979, p 303.
7. Bernard HOCHART, *Le transformateurs de puissance*, Technique et Documentation, 2^{ème} édition ; Paris, 1988.
8. Archives techniques de la sous station Ambodivona.
9. Séminaire national sur l'énergie (17-21 Octobre 1983).
10. RABENANDRASANA Jean Orélya, 1999, *Optimisation de la maintenance par la fiabilité sur un poste source de la JIRAMA, Application : Alimentation auxiliaire continue du poste source d'Ambodivona*, Mémoire de fin d'études en Génie industriel, E.S.P.A.

CONCLUSION GENERALE

Les équipements de transformations produits avec les nouvelles technologies, gagnent en sûreté, précision, efficacité et puissance .Mais les conditions réelles d'utilisation rendent inévitables les défaillances de divers organes, et nécessitent une politique de maintenance judicieuse pour assurer leur bon fonctionnement.

Par ailleurs, les opérations de maintenance ont un coût en personnel, en matériel et en équipement qui croît avec leur complexité et leur fréquence et qui dicte la politique économique de l'exploitation.

Avec l'application de la méthode OMF, on peut de façon sensible :

- Réduire le coût global de la maintenance
- Maintenir et augmenter la durée de vie des équipements
- Abaisser le prix de l'énergie aux consommateurs
- Offrir une meilleure qualité de service
- Atteindre les enjeux fixés

L'intégration d'équipements numériques multifonctionnels de commande protection et de contrôle comme le SEPAM , sur la travée TR9, est un atout majeur dans la conduite de la méthode mais nécessite une qualification de plus en plus poussée du personnel .

Enfin, on peut retenir et proposer la contribution que la JIRAMA peut apporter pour mettre en valeur des sources d'énergie nouvelles et renouvelables dont Madagascar dispose en abondance, et combattre la déforestation.

TABLE DES MATIERES

	Pages
INTRODUCTION.....	1
 Chapitre I : Principe de la méthode OMF	
I-1- Définition de l'OMF	2
I-2- Objectif de la méthode OMF.....	2
I-3- Organigramme simplifié de la Méthode OMF.....	2
I-3-1- Découpage et codification.....	3
I-3-2- Analyse fonctionnelle.....	4
I-3-3- Retour d'expérience.....	4
I-3-4- AMDEC.....	4
I-3-5- Criticité des défaillances.....	5
I-3-6- Analyse de tâches de maintenance par la méthode OMF.....	5
I-3-7- Sélection et regroupement des tâches.....	6
 Chapitre II : Découpage et codification des matériels devant faire l'objet d'un suivi, d'un contrôle et d'une maintenance	
II-1- Schéma du réseau interconnecté de TANA.....	7
II-2- Découpage du réseau interconnecté de TANA	
II-2-1- Par poste d'interconnexion.....	8
II-2-2- Par liaison interposte (bretelle).....	8
II-4- Classement suivant la nature des installations de la sous station Ambodivona.....	9
II-5- Découpage de l'installation par bloc de coupure.....	9
II-6- Découpage fonctionnel de la travée TR9	
II-6-1- Schéma équivalent de la travée TR9.....	10
II-6-2- Classement des matériels par famille technologique.....	11
II-6-3- Découpage et codification de la travée TR9.....	11
II-7- Découpage des matériels de la travée TR9	
II-7-1- Disjoncteurs : D63 – D5.....	12
II-7-2- Sectionneur côté 63 kV : S63.....	12
II-7-3- Transformateur de puissance : TR9.....	13
II-7-4- Commande protection : SEPAM 2000 : SP.....	14
II-7-5- Sectionneur de couplage : S1 – S2.....	15
II-7-6- Tableau de commande C.....	15
II-7-7- Bobine de point neutre BPN.....	15

Chapitre III : Inventaire des éléments de la travée TR9

III-1- Description des matériels existant sur la travée TR9

III-1-1- Sectionneur côté 63 kV.....	16
III-1-2- Disjoncteur côté 63kV.....	16
III-1-3- Transformateur de puissance.....	16
III-1-4- Transformateur de courant défaut câble.....	16
III-1-5- Transformateur de courant terre neutre 63kV.....	16
- Transformateur de courant masse cuve.....	16
III-1-6- Transformateur de courant Terre Neutre résistante.....	17
III-1-7- Transformateur de courant maxI (côté cellule 5.5 KV).....	17
III-1-8 – Transformateur de potentiel.....	17
III-1-9- SEPAM 2000.....	17
III-1-10- Disjoncteur 5.5 KV.....	17
III-1-11- Sectionneur de couplage.....	17

III-2- Technologie générale sur la travée TR9 au niveau de chaque équipement

III-2-1- Sectionneur.....	18
III-2-2- Disjoncteur	18
III-2-3- Transformateur	19
III-2-3- SEPAM.....	23

Chapitre IV : Analyse fonctionnelle des équipements jugés critiques

IV-1- Disjoncteurs : D63 – D5.....	24
IV-2- Sectionneur côté 63 kV : S63.....	26
IV-3- Transformateur de puissance : TR9.....	28
IV-4- Commande protection : SEPAM 2000 : SP.....	38
IV-5- Sectionneur de couplage : S1 – S2.....	40

Chapitre V : Retour d'expérience (REX) – Fiabilité des équipements

V-1- Information sur les incidents antérieurs.....	43
V-2- Informations sur les maintenances déjà effectuées.....	44

Chapitre VI : AMDEC : (Analyse des modes de défaillance de leurs effets . et de leurs criticité)

VI-1- Fiche AMDEC.....	46
VI-1-1- Disjoncteurs : D63 – D5.....	48
VI-1-2- Sectionneur côté 63 kV : S63... ..	50
VI-1-3- Transformateur de puissance : TR9.....	52

VI-1-4- Commande protection : SEPAM 2000 : SP.....	60
VI-1-5- Sectionneur de couplage : S1 – S2.....	61
VI-2- Evaluation de tous les poids critiques de la liaison dans l'ensemble des enjeux.....	63
Chapitre VII : Recherche des tâches de maintenance par la méthode OMF	
VII-1- Choix des types de maintenance	69
VII-2- Analyse des tâches.....	71
VII-3- Sélection des tâches retenues.....	81
VII-4- Regroupement des tâches.....	85
VII-5- Actualisation des tâches de maintenance.....	89
Chapitre VIII : Impacts environnementaux.....	90
CONCLUSION.....	92

LEXIQUE

Maintenance préventive systématique : 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 : moyenne de temps de bon fonctionnement : paramètre de fiabilité.

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

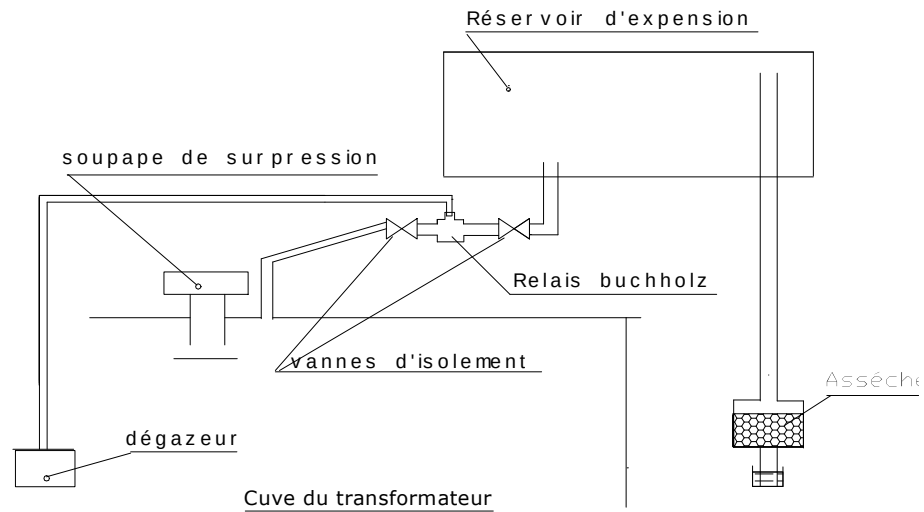
Bien : un produit conçu pour assurer une fonction donnée.

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

ANNEXE 1

TRANSFORMATEUR DE PUISSANCE

1- Schéma des équipements périphériques du transformateur de puissance



2- Schéma d'un circuit magnétique d'un transformateur triphasé

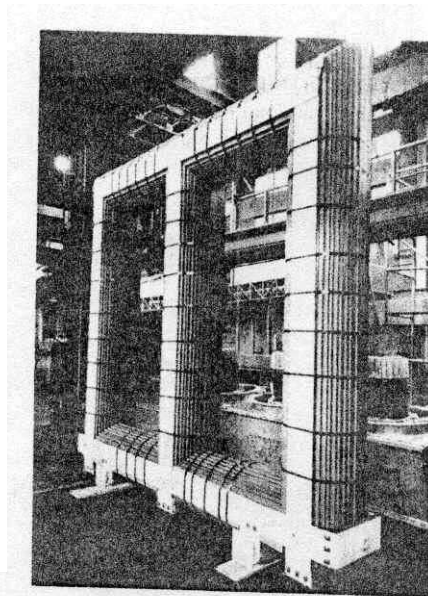


Figure 1.12. Circuit magnétique triphasé 70 MVA, 227 kV

ANNEXE 2

SYSTEME DE REFROIDISSEMENT ET RELAIS DE PROTECTION

1- Désignation des modes de refroidissement

Nature de l'agent de refroidissement	Symbole
huile minérale	O
Askarel	L
Gaz	G
Eau	W
Air	A
Isolant solide	S

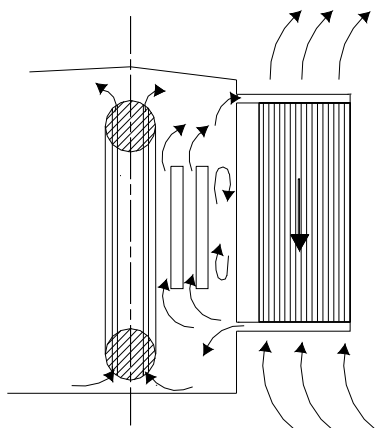
Nature de la circulation	Symbole
Naturelle	N
Forcée	F
Forcée et dirigée dans les enroulements	D

Types les plus courants	Symbole
Transformateur sec à refroidissement naturel dans l'air	AN
Transformateur sec à ventilation forcée d'air	AF
Transformateur à circulation naturelle d'huile et d'air	ONAN
Transformateur à circulation naturelle d'huile et ventilation forcée d'air	ONAF
transformateur à circulation forcée d'huile et d'air	OFAF
Transformateur à ventilation forcée d'air et circulation dirigée d'huile	ODAF
Transformateur à circulation forcée d'huile et d'eau	OFWF

2-Type de refroidissement

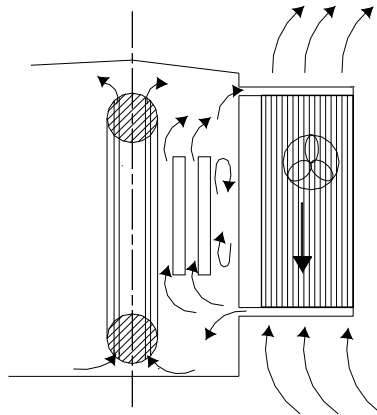
ONAN

Circulation naturelle d'huile et d'air (ONAN)

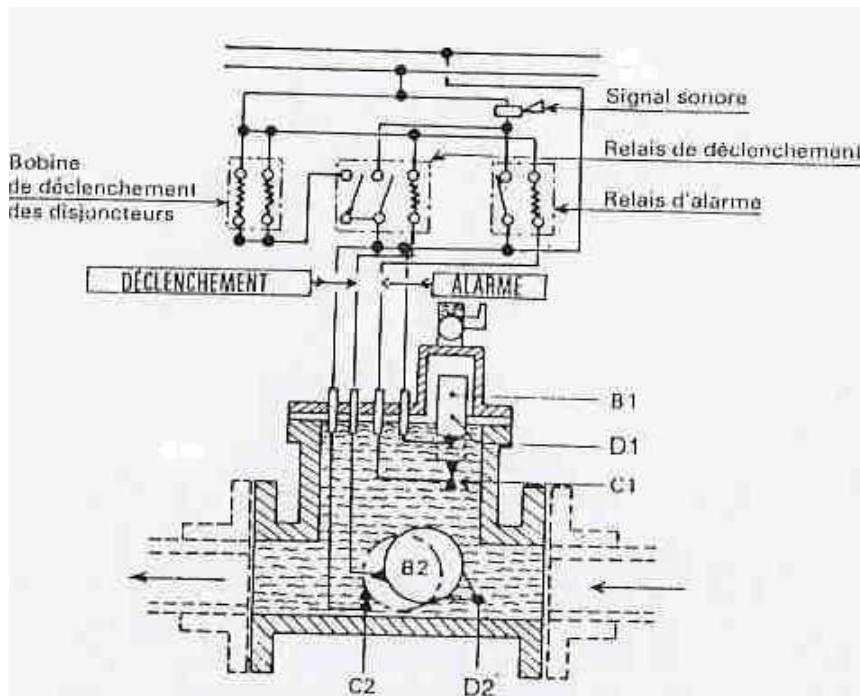


ONAF

Circulation naturelle d'huile, ventilation forcée d'air (ONAF)

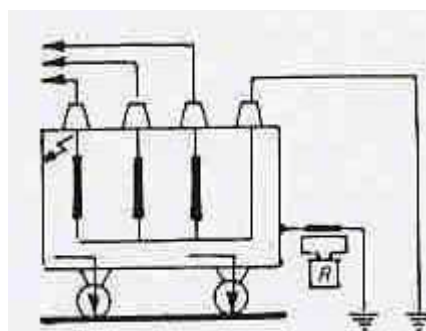


3- Relais buchholz



B1, B2 Flotteurs métalliques
D1, D2 Axes de pivotement
C1, C2 Contacts à mercure

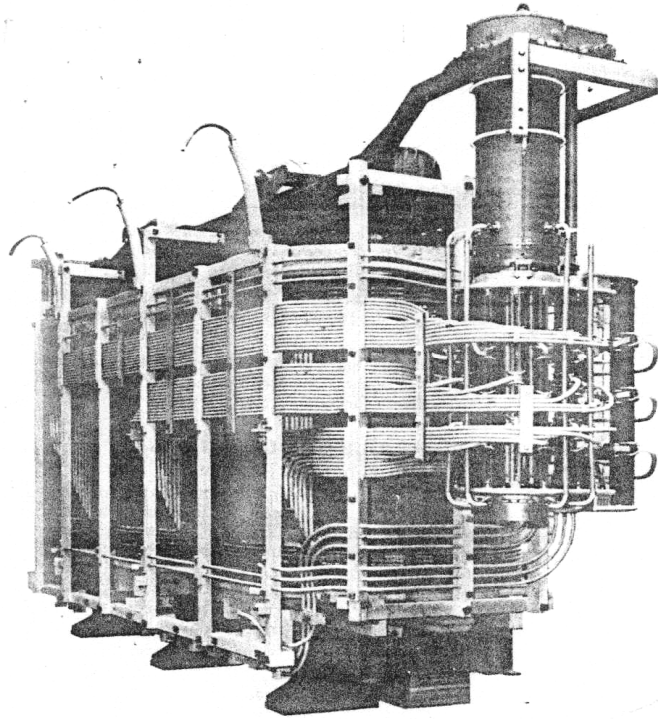
4- Relais masse cuve



ANNEXE 3

REGLEUR EN CHARGE

Schéma du changeur de prise monté sur un transformateur



ANNEXE 4

SEPAM

1- Types de SEPAM

type	transformateur	groupe	jeu de barre	sous-station	départ	Arrivée	condensateur	moteur
symbole	T	G	S	S	A	A	C	M

2- Fonctions du Sepam

Il existe en plusieurs versions : sepam 100, sepam 1000, ..., et en plusieurs types selon leur exploitation.

Le sepam 2000 de type T assume les fonctions suivantes :

a. Protection :

- maximum de courant phase (Bushing)
- Maximum de courant point neutre (RPN)
- court –circuit RPN
- détection terre résistance (DTR)
- rupture de connexion du neutre à la terre
- image thermique
- masse cuve
- température,Bucholz

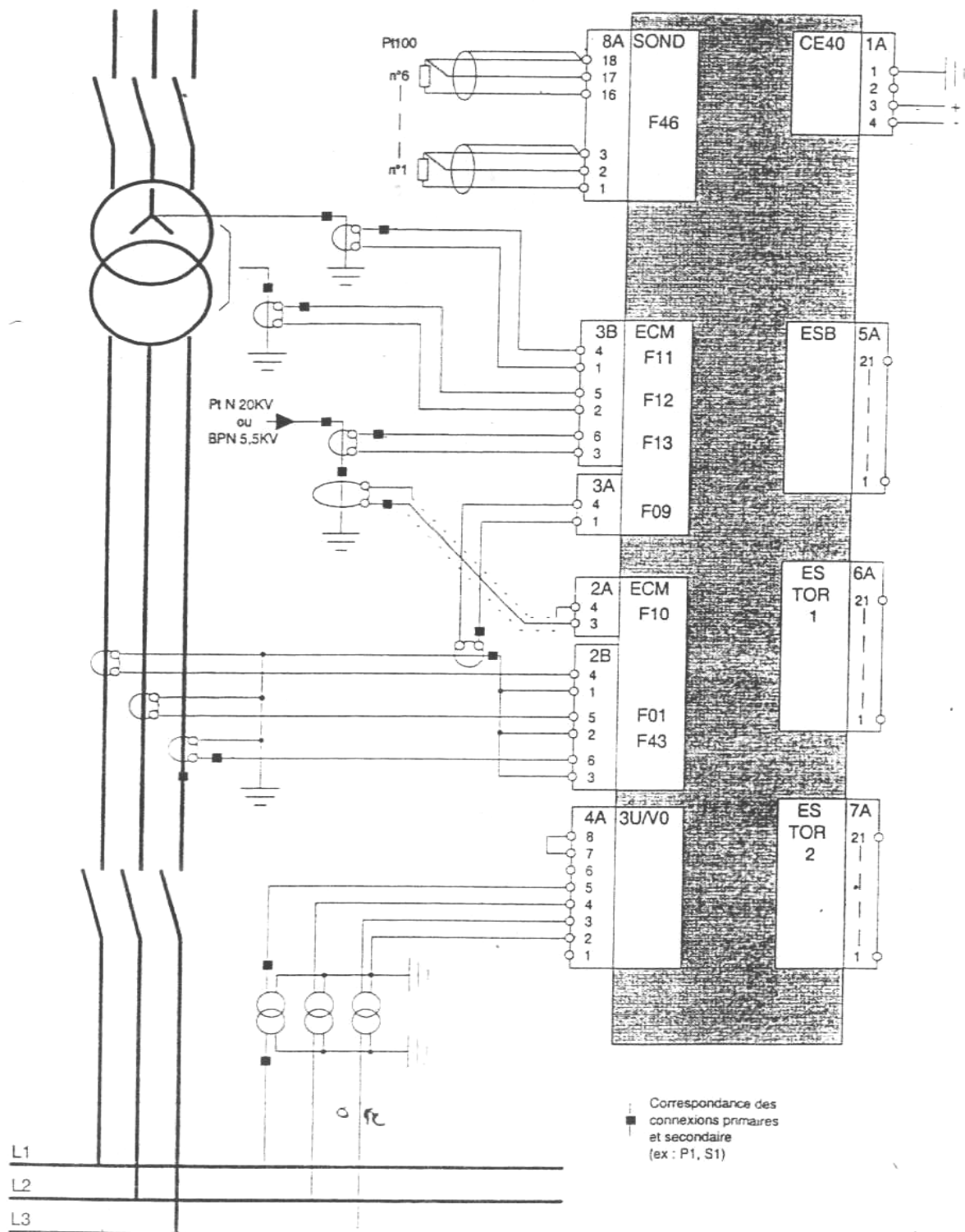
b. Mesure

- courant phase (I_1, I_2, I_3)
- maximètre courant phase (I_1, I_2, I_3, I_0)
- courant résiduel
- tension (U_{12}, U_{23}, U_{13})
- puissance active et réactive
- facteur de puissance
- fréquence
- énergie active et réactive
- température

c. Commande et surveillance

- ouverture et fermeture disjoncteur amont et aval
- signalisations
- message d'exploitation
- verrouillages d'enclenchement
- complémentarité
- présence connecteur
- compteur de manœuvre (primaire et secondaire)
- compteur déclenchement sur défaut phase (primaire et secondaire)
- compteur déclenchement sur défaut terre(primaire et secondaire)
- déclenchement oscilloperturbographe (maxI ou I_0 inst)
- fonctionnement protection (max. I ou I_0 tempo)
- discordance
- défaut transformateur
- ATLT
- T3-T2

3- Schéma de raccordement du sepam

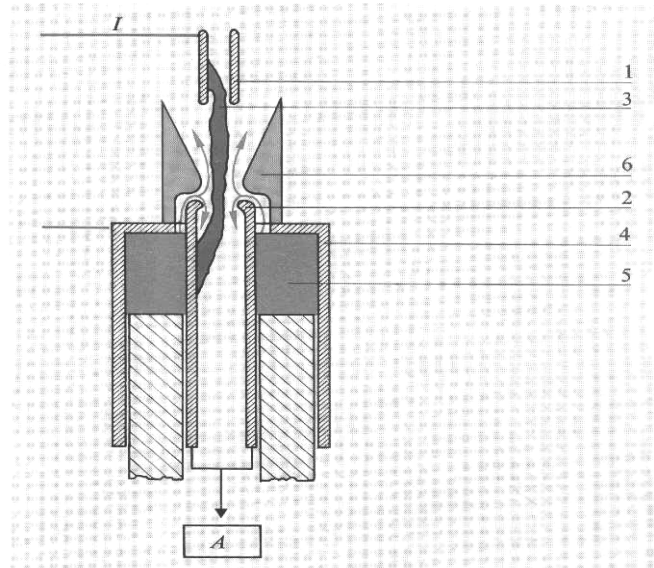


ANNEXE 5

DISJONCTEUR

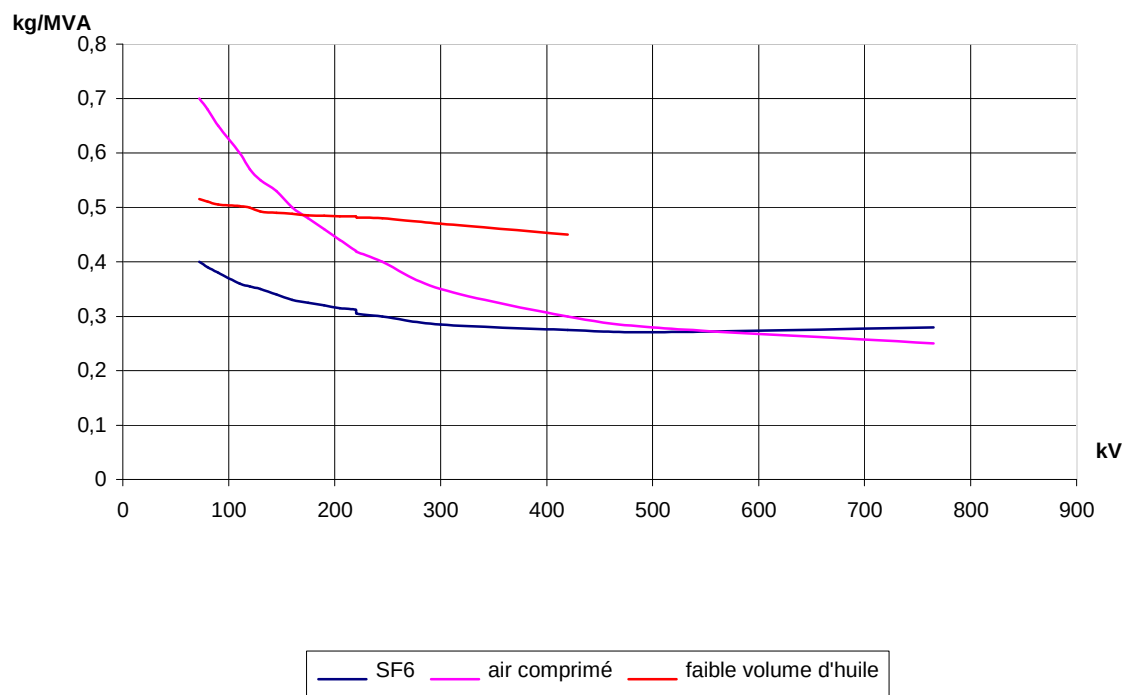
1- Schéma de principe du disjoncteur SF₆

- 1 = contact fixe
- 2 = contact mobile
- 3 = arc
- 4 = piston de compression
- 5 = volume de gaz de soufflage
- 6 = tuyère isolante
- I = courant
- A = commande

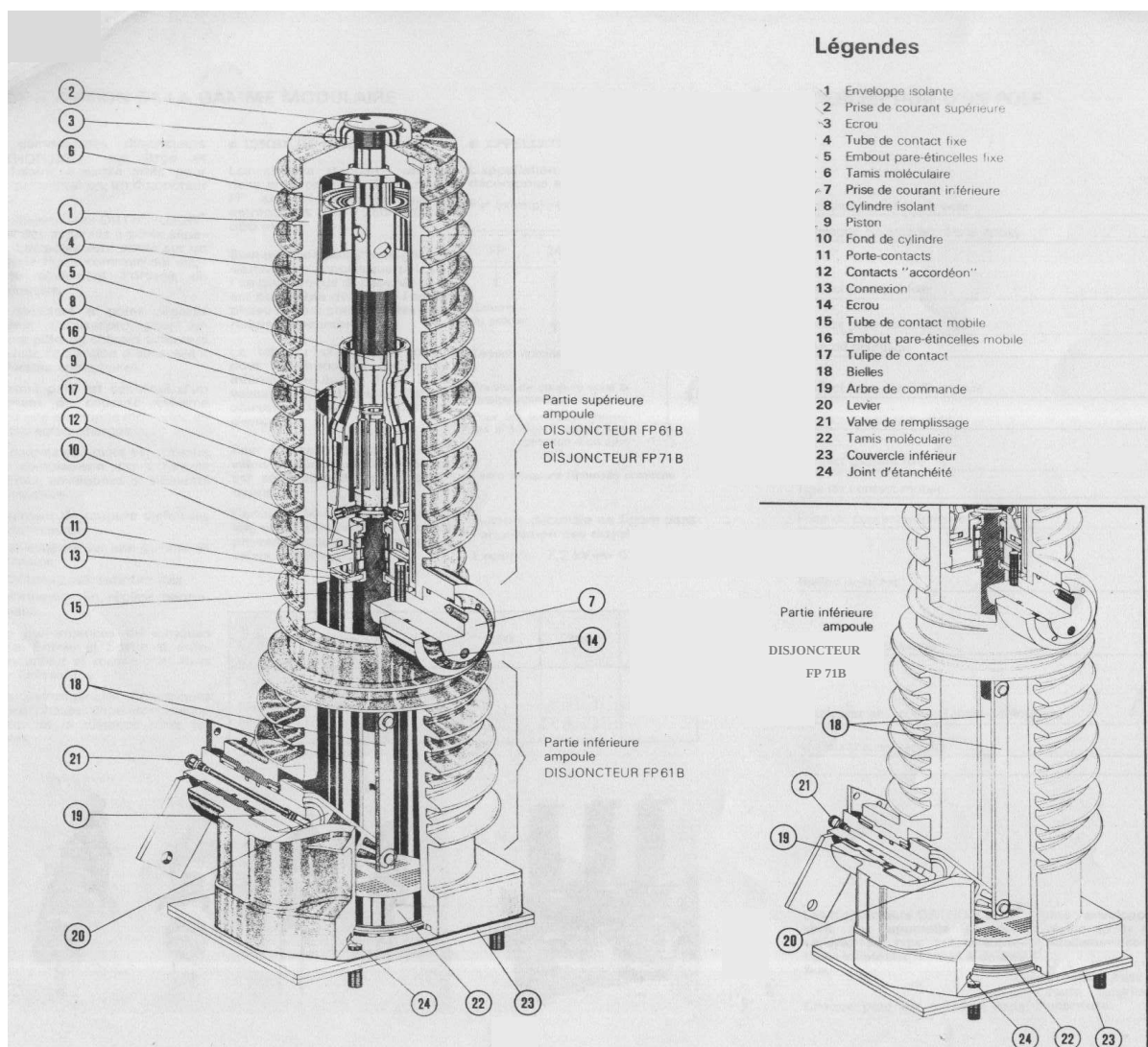


2- Courbes comparatives des poids par unité de pouvoir de coupure

COURBES COMPARATIVES DES DISJONCTEURS SUIVANT LEUR AGENT EXTINCTEUR



3- Eléments constitutifs d'un disjoncteur



**Titre : OPTIMISATION DE LA MAINTENANCE PAR LA FIABILITE
ET APPLICATION SUR UN POSTE SOURCE DE LA JIRAMA
A LA TRAVEE TR9 DE LA SOUS-STATION AMBODIVONA**

Auteur : NASY RAMAROLAHY Nirinasoa

Résumé :

Il existe différents types de méthode pour conduire la maintenance d'une installation électrique. Chaque type présente des avantages et des 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, tâches envisagées, tâches retenues, pour dresser ensuite un planning de maintenance. Cette suite logique, vise à faire obtenir le maximum de performance sur le plan de:

- l'amélioration du mode d'exploitation
- la réduction du coût de la maintenance
- la disponibilité, la sécurité du matériel et du personnel

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

Mots clés : équipements, travée, poste source, fiabilité, analyse, mode de défaillance, criticité, enjeux, maintenance, tâches, applicabilité, optimisation.

Nombre de pages : 92