

N° Ordre...../FHC/UMBB/2022

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES



Faculté des Hydrocarbures et de la Chimie

**Mémoire de Fin d'Etudes
En vue de l'obtention du diplôme :**

MASTER

Présenté par
**Amine MAATALLA
Belkacem BENAÏSSA**

Filière : Hydrocarbures
Option : Génie Electrique : Electricité Industrielle

Thème

**Étude de Sélectivité à base des relais de protection au sein du
complexe GP1/Z**

Devant le jury :

TADJER Sid Ahmed
KHELIFI FATAH
REZKI Kifouche

MCB
MAA
MAA

UMBB
UMBB
UMBB

Président
Examinateur
Encadrant

Année universitaire 2021/2022

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES



Faculté des Hydrocarbures et de la Chimie
Département : Automatisation et Electrification des procédés
Filière : Hydrocarbures
Option : Génie Electrique: Electricité Industrielle

Mémoire de Fin d'Etudes
En vue de l'obtention du diplôme :

MASTER

Thème

**Étude de Sélectivité à base des relais de protection au sein du
complexe GP1/Z**

Présenté par :
Amine MAATALLA
Belkacem BENAÏSSA

Avis favorable de l'encadreur :

Signature REZKI Kifouche

Avis favorable du Président du jury
Nom Prénom **Signature**

Cachet et signature

REMERCIEMENT

Nous avons fourni des efforts dans ce projet. Cependant, ils n'auraient pas été possible sans le soutien et l'aide de nombreuses personnes.

Tout d'abord, à Allah, qui nous a montré le bon chemin à suivre pendant toutes ces années, qui nous a armé de patience

Ce fut un grand honneur et un privilège de suivre une formation au sein de **GPI/Z SONATRACH**. Nous sommes très redevables à **M. JELAILI MOHAMED** pour ses conseils et sa supervision constante ainsi que pour avoir fourni les informations nécessaires concernant le projet et aussi pour son soutien dans la réalisation du projet. Ses conseils constants et sa volonté de partager ses vastes connaissances nous ont permis de comprendre ce projet et ses manifestations en profondeur et nous ont aidés à accomplir les tâches assignées dans les temps.

Nous tenons à exprimer notre gratitude envers notre superviseur à **FHC, PR. KIFOUCHE** et tous les professeurs du département d'Automatisation et Électrification, Leur aimable coopération et leurs encouragements qui nous ont aidés à achever ce projet.

Nous voulons nous remercier nous-mêmes d'avoir développé le projet, et d'avoir fourni les efforts nécessaires tout au long de ce long trajet.

Nous tenons à exprimer nos salutations et notre gratitude à tous les membres de notre famille pour leur patience, leur soutien et leurs soins. Et enfin, à tous les amis qui ont montré leur soutien et leurs conseils depuis le début.

Dédicace

"Pour ceux qui nous ont inspiré, mais qui ne nous liront probablement jamais ceci... "

- Pour la mère de notre Ami Alaeddine Chachoua.

إلى تلك التي أثقلها همي وإلى ذلك الذي رفع شأني...
إلى اخوتي...
إلى صاحبي وجليسي محمد...
إلى الخليل و الانيس و صاحب و الصفي: عبد الرحمان، مصطفى، اسلام و أسامة...

B.B

Pour la seule femme à qui mon cœur appartiendra toujours...
Pour l'homme qui a fait de moi un homme...
Pour Abdarahmane TAIBI...
Pour mes tantes.
Pour le frère que la vie m'a donné, Riadh...
Pour mes deux amis Amine, Ala...
Pour ma défunte grand-mère...

A.M

Résumé

L'électricité est une énergie non stockable, elle doit être produite, transportée et distribuée pour être consommée. « L'énergie électrique consommée correspond toujours à l'énergie produite ».

Les lignes et les câbles de distribution d'énergie électrique moyenne tension constituent une partie essentielle d'un réseau électrique qui doit assurer la continuité de l'alimentation en électricité aux consommateurs HTA et BT. Depuis l'entrée sur le marché des relais numériques programmables ces quinze dernières années, pour la protection électrique, plusieurs algorithmes ont été développés afin de rendre ces relais plus performants aussi bien sur leur rapidité de fonctionnement que sur leur précision. Notre travail consiste à une étude complète sur le réseau de distribution moyenne tension 60kV et 5.5 kV aux réseaux électriques moyens tension de GP1/Z, en calculant les valeurs de protection en injectant un défaut triphasé, afin de déduire le degré de performance et la fiabilité des seuils de réglage des relais de protections.

Nous avons réalisé une simulation des différents défauts activés aux relais pour voir la validité des valeurs affichées et nous avons présenté les résultats obtenus : les impédances des composants, court-circuit, surcharge, pour le réglage des relais utilisés, pour assurer la sélectivité de notre protection.

1	DESCRIPTION DE L'ENTREPRISE	3
1.1	LA DESCRIPTION DU COMPLEXE GP1.Z (JUMBO GPL) :	3
1.2	FICHE TECHNIQUE :	4
1.3	ORGANISATION DU COMPLEXE GP1/Z :	5
1.4	INTRODUCTION :	6
1.5	SOUS STATION 60 kV :	6
1.5.1	<i>Transformateurs de puissance HTB/HTA :</i>	7
1.6	SALLES DE COMMUTATION :	8
1.6.1	<i>Salle de commutation phase I :</i>	8
1.7	SALLE DE COMMUTATION PHASE II :	10
1.8	PHASE III :	11
1.8.1	<i>Salle de commutation phase III :</i>	11
1.8.2	<i>Système GIS :</i>	12
1.8.3	<i>Plaque signalétique du GIS :</i>	13
1.8.4	<i>Plaque signalétique GCB:</i>	13
1.8.5	<i>Sectionneur :</i>	13
1.8.6	<i>Interrupteur de mise à la terre :</i>	13
1.8.7	<i>Transformateur de tension:</i>	14
1.8.8	<i>Transformateur de courant (LINE):</i>	14
1.8.9	<i>Transformateur de courant (Bus):</i>	14
1.8.10	<i>Transformateur de courant (BANK):</i>	14
1.8.11	<i>Transformateur 5.5 KV/ 400V:</i>	15
1.9	LES NORMES :	15
1.9.1	<i>Enterprise IHI :</i>	15
1.10	L'IMPORTANCE DE MAINTENANCE :	15
1.10.1	<i>L'importance de l'entretien de l'installation électrique :</i>	15
1.11	PROBLEMATIQUE TRAITEE :	17
1.12	DEMARCHE A SUIVRE :	17
1.13	CONCLUSION	17
2	LE RESEAU ELECTRIQUE	18
2.1	DEFINITION	18
2.2	CENTRALE ELECTRIQUE	18
2.3	SOUS-STATION ELECTRIQUE :	18
2.4	TRANSMISSION DE L'ENERGIE ELECTRIQUE :	18
2.5	DISTRIBUTION DE L'ENERGIE ELECTRIQUE :	19
2.6	PROTECTION DES RESEAUX DE DISTRIBUTION D'ELECTRICITE :	19
2.7	PRINCIPES DE BASE DES SYSTEMES ELECTRIQUES :	20
2.8	BESOIN DE PROTECTION :	22
2.8.1	<i>Fonctions principales :</i>	22
2.8.2	<i>Exigences de base :</i>	22
2.8.3	<i>Qualités :</i>	22
2.8.4	<i>Composants de base :</i>	22
2.8.5	<i>Suivi de l'évolution des installations anciennes :</i>	23
2.8.5.1	vérification et entretien des disjoncteurs :	23
2.8.5.2	Vérification et entretien des sectionneurs :	23

2.8.5.3	Test d'huile des transformateurs :	23
2.8.5.4	Entretien préventif des sous-stations (intérieures ou extérieures)	24
2.9	LES ÉQUIPEMENTS EN PLACES :	24
2.9.1	<i>Transformateur :</i>	24
2.9.1.1	Transformateur 60KV / 5.5 KV :	25
2.9.1.2	Transformateur 5.5KV / 400V :	25
2.9.1.3	Transformateur de courant :	25
2.9.2	<i>Transformateur de tension :</i>	25
2.9.3	<i>Disjoncteur :</i>	26
2.9.3.1	Disjoncteur de gaz (Système GIS) :	26
2.9.4	<i>Disjoncteur MT 5,5KV:</i>	26
2.9.5	<i>Les Conditions de Services :</i>	26
2.9.6	<i>Plaque signalétique :</i>	27
2.9.7	<i>Test et inspection :</i>	27
2.9.8	<i>Disjoncteur MT 380V :</i>	27
2.9.9	<i>Les normes Appliquées :</i>	28
2.9.10	<i>Verrouillage mécanique :</i>	28
2.9.11	<i>Test et inspection :</i>	28
2.10	SECTIONNEUR :	29
2.10.1	<i>Plusieurs sources de remplacement peuvent être mentionnées :</i>	29
2.11	GENERATEUR DE SECOURS :	29
2.12	LES BATTERIES ET CHARGEUR CC :	30
2.12.1	<i>Salle Principale SWGR :</i>	30
2.12.2	<i>Local SWGR :</i>	30
2.13	SYSTEME AC UPS	30
2.13.1	<i>L'intérêt d'une ASI</i>	31
2.14	JEUX DE BARRE HT :	31
2.14.1	<i>Les normes utilisées :</i>	31
2.14.2	<i>Spécifications :</i>	31
2.14.3	<i>Matériaux :</i>	31
2.15	LES JEUX DE BARRES BT :	32
2.15.1	<i>Les normes :</i>	32
2.15.2	<i>Spécifications :</i>	32
2.15.3	<i>Matériaux :</i>	32
2.16	REGIME DE NEUTRE :	32
2.16.1	<i>CONDUCTEUR DE MISE A LA TERRE :</i>	32
2.16.2	<i>ELECTRODES DE MISE A LA TERRE ET REGARD D'INSPECTION :</i>	33
2.16.2.1	Électrodes de mise à la terre :	33
2.16.2.2	Regarde d'inspection :	33
2.16.2.3	Méthode de raccordement :	33
2.16.3	<i>System mise à la terre des équipements électriques :</i>	33
2.16.4	<i>SECTION MINIMALE DE CONDUCTEUR POUR EQUIPEMENTS ELECTRIQUES :</i>	34
2.16.5	<i>MISE A LA TERRE DE LA SOUS-STATION 60 kV :</i>	35
2.16.6	<i>MISE A LA TERRE POUR 60KV/5.5KV TRANSFORMATEUR :</i>	35
2.16.7	<i>MISE A LA TERRE POUR APPAREILLAGE 5.5KV :</i>	36
2.16.8	<i>MISE A LA TERRE POUR 5.5KV/400V TRANSFORMATEUR :</i>	36

2.16.9	MISE A LA TERRE DES EQUIPMENTS ELECTRIQUES INSTALLES DANS LA ZONE DES TRAINS DE PROCESS :	36
2.16.10	PANNEAUX LOCAUX ET TABLEAUX DE DISTRIBUTION :	36
2.16.11	BOITE DE COMMANDE LOCALE, APPAREILS D'ECLAIRAGE, PRISES DE COURANT ET AUTRES :	36
2.16.12	Câbles :	37
2.16.13	SYSTEME DE MISE A LA TERRE DE LA PROTECTION STATIQUE :	37
2.17	LES CABLES :	38
2.17.1	Câbles HT :	38
2.17.1.1	Conducteur :	38
2.17.1.2	Écran conducteur :	38
2.17.1.3	Isolation :	38
2.17.1.4	Écran d'isolation :	39
2.17.1.5	Blindage de fil de cuivre pour un câble XLPE de 240mm ² à trois conducteurs XLPE :	39
2.17.1.6	Gaine métallique / Couche imperméable à l'eau pour câble XLPE 240mm ² CAS XLPE Câble :	39
2.17.1.7	Gaine extérieure :	39
2.18	CÂBLE MT :	42
2.18.1	Les normes :	42
2.18.2	Tolérance d'épaisseur :	42
2.18.2.1	Isolation :	42
2.18.2.2	Gaine extérieure :	42
2.18.2.3	PARTICULIÈRE TECHNIQUE ET GARANTIE :	42
2.18.2.4	Construction et matériaux :	43
2.18.2.5	PARTICULIÈRE TECHNIQUE ET GARANTIE :	44
2.19	LES CABLES BT :	47
2.19.1	Les normes :	47
2.19.2	Construction et matériel :	47
2.19.3	Tolérance d'épaisseur :	47
2.19.3.1	Isolation :	47
2.19.3.2	PARTICULIÈRE TECHNIQUE :	47
2.20	LES RELAIS :	51
2.20.1	Définition :	51
2.20.2	Classification :	51
2.20.3	Protection numérique :	51
2.20.4	Architectures typiques des relais numériques :	52
2.20.5	Fonctions standard des relais numériques :	53
2.20.6	Les relais Phase 3 :	54
2.20.6.1	Panneau de protection de bus 60kV :	55
2.20.6.2	Protection de ligne 60kV pour l'arrivée :	55
2.20.6.3	Protection de l'alimentation de 60kV pour la salle principale SWGR :	55
2.20.6.4	Panneau de protection de ligne 60kV dans la salle SWGR locale :	55
2.20.6.5	Protection des transformateurs 60kV et panneau de supervision dans la salle SWGR locale :	55
2.20.6.6	Panneau de protection de ligne 60kV pour la salle SWGR locale :	56
2.20.6.7	Les relais de protection de ligne côté sous-station 60kV	56
2.20.6.8	Panneau de protection de ligne 60kV dans la salle SWGR locale :	56
2.21	CONCLUSION	56
3	LES METHODES DE CALCULS	65
3.1	SECTION DE CABLES :	65

3.1.1	<i>Câbles MT et BT :</i>	65
3.1.2	<i>Capacité de charge de courant de court-circuit :</i>	65
3.1.3	<i>Câbles HT :</i>	67
3.2	RESULTAT OBTENUE :	67
3.3	LES IMPEDANCES DES CABLES :	68
3.3.1	<i>Résultat obtenue :</i>	68
3.3.1.1	Section câbles 400V :	68
3.3.1.2	Section Câbles 5.5kV :	69
3.4	LE COURANT DE COURT-CIRCUIT :	69
3.4.1	<i>Définition :</i>	69
3.4.2	<i>Intérêt du calcul du courant de court-circuit :</i>	69
3.4.3	<i>Calcule courant de court-circuit :</i>	70
3.4.4	<i>Les impédances des Transformateurs :</i>	70
3.4.4.1	Impédance Transformateur 60kV : 5.5kV 30MVA :	70
3.4.4.2	Impédance Transformateur 60kV : 5.5kV 15MVA :	71
3.4.4.3	Impédance Transformateur 5.5kV : 400V	71
3.4.4.4	Impedance Transformateur 5.5kV: 400V	71
3.4.4.5	Les impedances du reseaux:	71
3.4.5	<i>Courant de court-circuit pour un Transformateur :</i>	71
3.4.5.1	Transformateur 1 60kV : 5.5kV (30MVA) :	72
3.4.5.2	Transformateur 2 60kV : 5.5kV (15MVA) :	72
3.4.5.3	Transformateur 3 5.5kV : 400V 2000kVA :	72
3.4.5.4	Transformateur 4 5.5kV : 400v 1500kVA :	72
3.4.6	<i>La loi utilisée :</i>	73
3.4.6.1	Les résultats obtenus :	73
3.5	SIMULATION :	73
3.5.1	<i>L'utilisation de logiciel :</i>	74
3.5.2	<i>Schéma réaliser :</i>	75
3.6	RESULTAT DE SIMULATION :	75
3.6.1	<i>Court-circuit</i>	75
3.6.2	<i>Les résultats obtenus</i>	76
3.6.2.1	Court-circuit	76
3.6.2.2	Rapport de court-circuit	76
3.6.2.3	Surcharge	76
3.6.2.4	Rapport surcharge	76
3.7	LES RELAIS ET LA COORDINATION :	76
3.7.1	<i>Fonctionnement :</i>	76
3.7.2	<i>Caractéristiques générales :</i>	77
3.7.2.1	Réglages :	78
3.7.3	<i>Sélectivité chronométrique :</i>	80
3.7.3.1	Principe :	80
3.7.3.2	Mode de fonctionnement :	80
3.7.4	<i>Réglage des Relais :</i>	82
3.8	LOGICIELS UTILISES :	84
3.9	CONCLUSION	85
4	LE REGLAGE DES RELAIS	86
4.1	LES RELAIS UTILISES :	86

4.1.1	<i>Pour le cas de 32CM – 7001 :</i>	86
4.1.1.1	La Série P12X :	86
4.1.1.2	La Série 14X :	86
4.1.2	<i>Résultat obtenue pour le réglage des relais :</i>	86
4.1.2.1	Réglage de Relais P12X :	86
4.1.3	<i>Pour le cas de 32PM – 7051B :</i>	89
4.1.3.1	Réglage de Relais P12X:	89
4.1.3.2	Réglage de Relais P14X:	89
4.1.4	<i>Pour le cas de 32CM – 8001 :</i>	91
4.1.4.1	Réglage de Relais P12X :	91
4.1.4.2	Réglage de Relais P14X:	91
4.1.4.3	Relais P24X:	92
4.1.5	<i>Pour le cas de 34CM – 002B :</i>	95
4.1.5.1	Relais P24X:	95
4.1.5.2	Réglage de Relais P14X:	95
4.2	CONCLUSION	98
CONCLUSION GENERALE		99
BIBLIOGRAPHIE		100
ANNEXE		101

Liste des Figures

FIGURE 1-1 COMPLEXE GP1/Z	4
FIGURE 1-2 ORGANIGRAMME DE GP1/Z	5
FIGURE 1-3 SCHEMA UNIFILAIRE DE RESEAUX GP1/Z 60 kV	7
FIGURE 1-4 SCHEMA DU RESEAU DE DISTRIBUTION ELECTRIQUE DE LA PHASE I 60 kV	9
FIGURE 1-5 SCHEMA DU RESEAU DE DISTRIBUTION ELECTRIQUE DE LA PHASE I 5.5 kV	9
FIGURE 1-6 SCHEMA DU RESEAU DE DISTRIBUTION ELECTRIQUE DE LA PHASE II 60 KV	11
FIGURE 1-7 SCHEMA DU RESEAU DE DISTRIBUTION ELECTRIQUE DE LA PHASE III	12
FIGURE 2-1 SCHEMA D'UN RESEAU ELECTRIQUE	19
FIGURE 2-2 DISPOSITIONS DES RESEAUX THT/HT/MT/ BT	21
FIGURE 2-3 EXIGENCES DE BASE DE PROTECTION ELECTRIQUE	22
FIGURE 2-5 CONSTRUCTION D'UN CABLE XLPE A TROIS AMES DE 69kV AVEC COUCHE IMPERMEABLE A L'EAU ET BLINDAGE EN FILS DE CUIVRE	40
FIGURE 2-6 CONSTRUCTION D'UN CABLE CAS 69kV AVEC GAINÉ EN ALUMINIUM ONDULÉ	40
FIGURE 2-7 CABLE 5.5 / 60kV	44
FIGURE 2-8 PARTICULIÈRE TECHNIQUE ET GARANTIE	45
FIGURE 2-9 CABLE 3.6 / 6kV	46
FIGURE 2-10 LES NORMES CABLES BT	47
FIGURE 2-11 CABLES 0.6/1kV	48
FIGURE 2-12 CABLES 0.6/1kV	49
FIGURE 2-13 CABLES 0.6/1kV	50
FIGURE 2-14 ARCHITECTURES TYPQUES DES RELAIS NUMERIQUES	52
FIGURE 2-15 RELAIS AREVA	54
FIGURE 3-1 INTERFACE DE LOGICIEL ETAP	74
FIGURE 3-2 FONCTIONNEMENT D'UN RELAIS	77
FIGURE 3-3 TEMPS DE FONCTIONNEMENT DES RELAIS	77
TEMPORISATION A TEMPS INDEPENDANT, OU TEMPS CONSTANT (DT : DEFINITE TIME) L'EXEMPLE DE LA FIGURE 3-4 APPLIQUE A UN RELAIS DE COURANT, FAIT APPARAÎTRE QUE LE TEMPS DE DECLENCHEMENT DE LA PROTECTION EST CONSTANT (REGLAGE DE LA TEMPORISATION T) AU-DELA DU SEUIL DE COURANT I_s ,	78
FIGURE 3-5 LE TEMPS DE DECLENCHEMENT DE LA PROTECTION EST CONSTANT	78
TEMPORISATION A TEMPS DEPENDANT (IDMT : INVERSE DEFINITE MINIMUM TIME) L'EXEMPLE DE LA FIGURE 3-6 APPLIQUE A UN RELAIS DE COURANT, FAIT APPARAÎTRE QUE LE TEMPS DE DECLENCHEMENT DE LA PROTECTION EST D'AUTANT PLUS COURT QUE LE COURANT EST ELEVE, AU-DELA DU SEUIL DE COURANT I_s.	78
FIGURE 3-7 APPARAÎTRE QUE LE TEMPS DE DECLENCHEMENT DE LA PROTECTION EST D'AUTANT PLUS COURT QUE LE COURANT EST ELEVE	79
FIGURE 3-8 LES TYPES DE COURBES EXISTENT	79
AINSI, SUR LE SCHEMA (FIGURE 3-9), LE DEFAUT REPRESENTÉ EST VU PAR TOUTES LES PROTECTIONS (EN A, B, C, ET D). LA PROTECTION TEMPORISEE D FERME SES CONTACTS PLUS RAPIDEMENT QUE CELLE INSTALLEE EN C, ELLE-MEME PLUS RAPIDE QUE CELLE INSTALLEE EN B...	80
FIGURE 3-10 INTERVALLE DE SELECTIVITE	81
FIGURE 3-11 EXEMPLE DE LA SELECTIVITE	81
FIGURE 3-12 LES REGLAGES DE TEMPORISATION	82
FIGURE 3-13 LES REGLAGES DE TEMPORISATION	84

FIGURE 3-14 INTERFACE DE LOGICIEL S1 STUDIO	85
FIGURE 4-1 LES COURBES DE LA PROTECTION EN CAS DE DEFAUT EN 32CM – 7001	87
FIGURE 4-2 LA SELECTIVITE EN CAS DE DEFAUT -1-	88
FIGURE 4-3 LES COURBES DE PROTECTION EN CAS DE DEFAUT EN 32PM – 7051B	90
FIGURE 4-4 SELECTIVITE EN CAS DE DEFAUT -2-	91
FIGURE 4-5 LES COURBES DE PROTECTION EN CAS DE DEFAUT EN 32CM – 8001	92
FIGURE 4-6 SELECTIVITE EN CAS DE DEFAUT -3-	94
FIGURE 4-7 LES COURBES DE PROTECTION EN CAS DE DEFAUT EN 34CM – 002B	95
FIGURE 4-8 SELECTIVITE EN CAS DE DEFAUT -4-	97

Liste des Tableaux

TABLEAU 1-1 FICH TECHNIQUE GP1/Z	5
TABLEAU 1-2 PLAQUE SIGNALÉTIQUE DU GIS	13
TABLEAU 1-3 PLAQUE SIGNALÉTIQUE GCB	13
TABLEAU 1-4 SECTIONNEUR	13
TABLEAU 1-5 INTERRUPTEUR DE MISE A LA TERRE	14
TABLEAU 1-6 TRANSFORMATEUR DE TENSION:	14
TABLEAU 1-7 TRANSFORMATEUR DE COURANT (LINE):	14
TABLEAU 1-8 TRANSFORMATEUR DE COURANT (BUS):	14
TABLEAU 1-9 TRANSFORMATEUR DE COURANT (BANK):	15
TABLEAU 1-10 TRANSFORMATEUR 5.5 KV/ 400V:	15
TABLEAU 2-1 TRANSFORMATEUR 60KV / 5.5 KV	25
TABLEAU 2-2 DISJONCTEUR DE GAZ (SYSTEME GIS)	26
TABLEAU 2-3 LES NORMES APPLIQUEES	28
TABLEAU 2-4 SECTIONNEUR	29
TABLEAU 2-5 GENERATEUR DE SECOURS	30
TABLEAU 2-6 SALLE PRINCIPALE SWGR	30
TABLEAU 2-7 LOCAL SWGR	30
TABLEAU 2-8 JEUX DE BARRE HT	31
TABLEAU 2-9 LES JEUX DE BARRES BT	32
TABLEAU 2-10 SECTION MINIMALE DE CONDUCTEUR POUR EQUIPEMENTS ELECTRIQUES	34
TABLEAU 2-11 SECTION DES CABLES POUR LE REGIME DE NEUTRE	37
TABLEAU 2-12 DIMENSION DE CHAQUE ELEMENTS	38
TABLEAU 2-13 SPECIFICATIONS DES CABLES HT	42
TABLEAU 2-14 LES NORMES CABLES MT	42
TABLEAU 2-15 PARTICULIÈRE TECHNIQUE ET GARANTIE	43
TABLEAU 3-1 SECTION DES CABLES 5.5kV	66
TABLEAU 3-2 SECTION DE CABLES 380V	66
TABLEAU 3-3 SECTION CABLES HT	67
TABLEAU 3-4 IMPEDANCES 400V	68
TABLEAU 3-5 IMPEDANCE CABLES 5.5kV	69
TABLEAU 3-6 RESULTATS DE COURT-CIRCUIT DANS LA PHASE 3	73

INTRODUCTION GENERALE

L'électricité est une énergie non stockable, elle doit être produite, transportée et distribuée pour être consommée. « L'énergie électrique consommée correspond toujours à l'énergie produite ».

Les réseaux électriques représentent des investissements considérables consentis par les compagnies d'électricité pour alimenter leurs clients à meilleures conditions de coût et qualité de service. Les investissements humains et matériels affectés aux réseaux électriques sont énormes.

Pour cela, le réseau électrique doit répondre à trois exigences essentielles :

- Stabilité.
- Économie.
- Continuité de service.

Les lignes et les câbles de distribution d'énergie électrique moyenne tension constituent une partie essentielle d'un réseau électrique qui doit assurer la continuité de l'alimentation en électricité aux consommateurs HTA et BT. Ce qui n'est pas toujours le cas, car ces lignes sont souvent exposées à des incidents ou défauts qui peuvent interrompre ce service et engendrer des pertes financières importantes pour les industriels et des désagréments pour les simples consommateurs.

Depuis l'entrée sur le marché des relais numériques programmables ces quinze dernières années, pour la protection électrique, plusieurs algorithmes ont été développés afin de rendre ces relais plus performants aussi bien sur leur rapidité de fonctionnement que sur leur précision.

Pour cela le sujet traité dans ce mémoire s'intéresse à une étude réelle effectuée au niveau de Groupe SONATRACH, Le complexe GP1/Z dénommé « JUMBO GPL », fait partie des six complexes de liquéfaction appartenant à l'activité (AVAL) de l'entreprise national **SONATRACH**.

Notre travail consiste à une étude complète sur le réseau de distribution moyenne tension 60kV et 5.5 kV aux réseaux électriques moyens tension de GP1/Z, en calculant les valeurs de protection (Les impédances des composantes, courant de court-circuit, section des câbles et le réglage des relais) en injectant un défaut triphasé, afin de déduire le degré de performance et la fiabilité des seuils de réglage des relais de protections.

Pour réaliser ce travail, nous avons organisé notre mémoire comme suit :

- Le premier chapitre traite des généralités sur les réseaux électrique
- Le deuxième chapitre est réservé à la description générale du complexe GP1/Z ou nous avons effectué notre stage
- Dans le troisième chapitre, sont présentés les méthodes de calcul les paramètres nécessaires, présenter les résultats, les calculs effectués ainsi que les logiciels utilisés pour la validation des résultats retrouvés et du choix des relais de protection installés.
- Au quatrième chapitre on a effectué une simulation de la protection par relais.

Ce travail se termine par une conclusion générale ou on résume les principaux résultats obtenus et on énumérera les perspectives à ce travail.

On a effectué un stage pratique au niveau du complexe GP1/Z, on a eu l'opportunité de sur l'installation électrique déjà en place. Dans ce chapitre nous allons, donc, présenter le complexe GP1/Z, l'architecture de réseau et de toutes les phases, (Sous-stations) qui alimentent les différents trains dont on retrouve des compresseurs, des pompes et des moteurs électriques.

1 Description de l'Entreprise

1.1 La description du complexe GP1.Z (JUMBO GPL) :

Le complexe GP1/Z dénommé « JUMBO GPL », fait partie des six complexes de liquéfaction appartenant à l'activité (AVAL) de l'entreprise nationale **SONATRACH**.

Situé entre la centrale thermoélectrique de Mers-El-Hadjadj à l'est et les complexes GNL à l'ouest, le « JUMBO GPL » s'étend sur une centaine d'hectare sur la bande de terre comprise entre la route nationale N°11 et le bord de mer méditerranéen.

Construit avec le concours d'un consortium japonais IHI- ITOC H dans le cadre d'un contrat clé en main, le complexe GP1.Z a été réceptionné le 02 septembre 1984 par SONATRACH, maître de l'ouvrage.

De par sa situation géographique proche du marché et de par ses capacités, la mise en service du « JUMBO GPL » fait occuper une place de choix à l'entreprise SONATRACH dans le marché international des GPL.

Sortie du premier camion de Butane sous pression pour le marché national fut le 31 Décembre 1983.

Chargement du premier navire de propane réfrigéré pour l'exportation : le 20 Février 1984.

Il a été étendu et mis en production le 24 février 1998 (phase II).

Durant l'année 2010, le complexe a vu sa production augmenter avec la réalisation de sa troisième phase de 3 trains par le même constructeur.



Figure 1-1 complexe GP1/Z

1.2 Fiche technique :

Localisation	Mers el Hadjaj (à environ 40 km à l'Est d'Oran)
Superficie	120 hectares
GPL	9 Million Tonnes/an 22 Sphères de stockage de la charge 1 000 m ³ chacune 04 Bacs de propane réfrigéré 70 000 m ³ chacun 04 Bacs de butane réfrigéré de 70 000 m ³ chacun 03 sphères de butane ambiant 500 m ³ chacune 01 sphère propane ambiant de 500 m ³ 01 sphère de pentane de 500 m ³
Procédé de Séparation utilisé	Distillation Sous Pression
Date de mise en production	Mise en production de quatre trains en

	décembre 1983 Mise en production du cinquième et sixième train en février 1998 Mise en production du septième, huitième et neuvième train en février 2010
Nombre de trains	Neuf (09) trains de production
Enlèvements	Deux (02) quais de chargement par navires Une rampe de chargement par camions Un pipe de transfert vers 03 wilayas.
12 décembre 1983	<i>Mise en production de la phase 1</i>
24 février 1998	<i>Mise en production de la phase 2</i>
12 février 2010	<i>Mise en production de la phase 3</i>

Tableau 1-1 fich technique GP1/Z

1.3 Organisation du complexe GP1/Z :

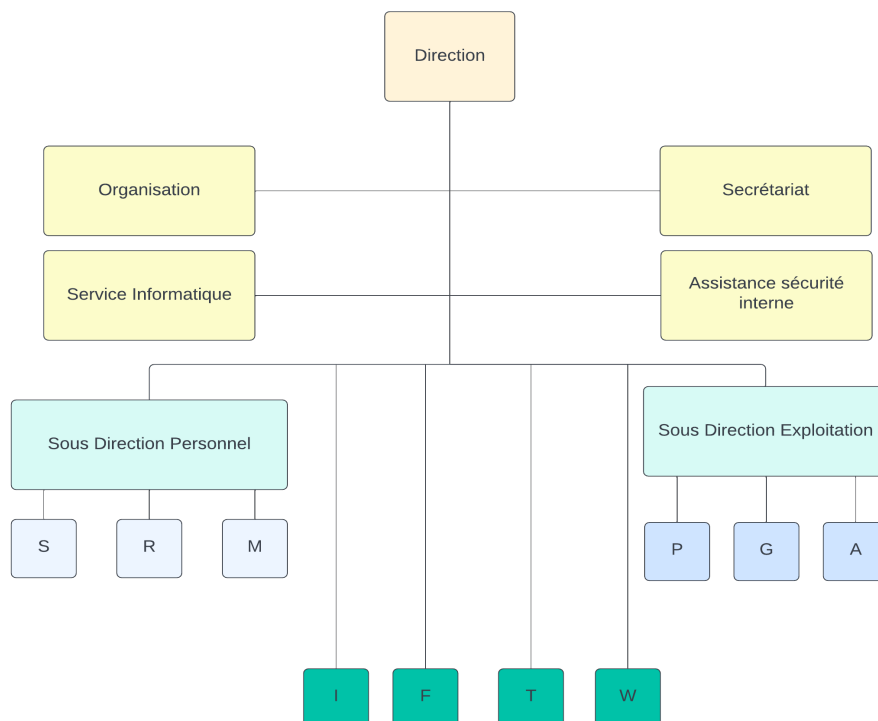


Figure 1-2 Organigramme de GP1/Z

P : Production	T : Technique
G : Maintenance	W : Travaux neufs
A : Approvisionnement	S : Administration
I : Sécurité	R : Ressources Humaines
F : Finance et juridique	M : Moyens généraux

1.4 Introduction :

Le complexe GP1/Z est alimenté à partir du poste d'interconnexion MARSAT via deux lignes HTB 60 kV/90 MVA chacune. Tandis que la nouvelle phase III est alimentée provisoirement à travers un piquage sur une des deux lignes HTB 60KV.

Cette énergie transite d'abord par un poste doté d'un ensemble d'équipements de protection, puis par une salle de commutation principale où elle sera abaissée à plusieurs niveaux de tension selon les besoins du complexe.

Le réseau de distribution d'énergie électrique du complexe est constitué de :

- Deux sous station 60 kV.
- O6 transformateurs HTB/HTA 60/5.5 kV de 17.5 MVA destinés à la phase I.
- O2 transformateurs HTB/HTA 60/5.5 kV de 30 MVA destinés à la phase II.
- O6 transformateurs HTB/HTA 60/5.5 kV dont quatre de 30MVA pour les phases I & II et deux autres de 15MVA destinés à la phase III.
- 30 transformateurs HTA/BTB 5.5/0.38 kV
- 07 salles de commutation.
- 06 groupes de secours.

1.5 Sous Station 60 kV :

L'énergie électrique acheminée à travers les deux lignes de transport est répartie via huit départs transformateurs alimentés à partir de deux demi-jeux de barres dotées d'un disjoncteur de couplage.

Les arrivées SONELGAZ ainsi que les départs transformateurs sont équipées par des dispositifs:

- **De sectionnement :** les sectionneurs de ligne, les sectionneurs de mise a la terre, les sectionneurs d'isolement.
- **De coupure :** les disjoncteurs GCB (Gaz Circuit Breaker) qui utilise le SF6 comme gaz d'extinction d'arc et l'air comprimé comme énergie motrice des vérins polaires. L'air comprimé est produit par trois compresseurs installés dans le poste et les parafoudres à l'entrée du poste.
- **De protection :** les relais de protection à maximum de courant instantané et temporisé, directionnelle, de distance, différentielle à minimum de tension et de délestage.
- **De comptage et de mesure :** transformateurs de mesure, ampèremètre, voltmètre, fréquencemètre, énergie active et réactive et signalisation.
- **De supervision :** transmetteurs de mesure, relais de signalisation

1.5.1 Transformateurs de puissance HTB/HTA :

Destinés pour alimenter les équipements en 380 V. La tension du secondaire peut être réglée en changeant la connexion des bornes de branchement au niveau de l'enroulement primaire, mais pour cela, il est impératif que le transformateur soit en arrêt.

Les transformateurs pour la phase I sont de type intérieur à sec, c'est-à-dire que, contrairement aux transformateurs principaux, la bobine n'est pas immergée dans l'huile, par contre les transformateurs de phase II sont de type extérieur immergé dans l'huile.

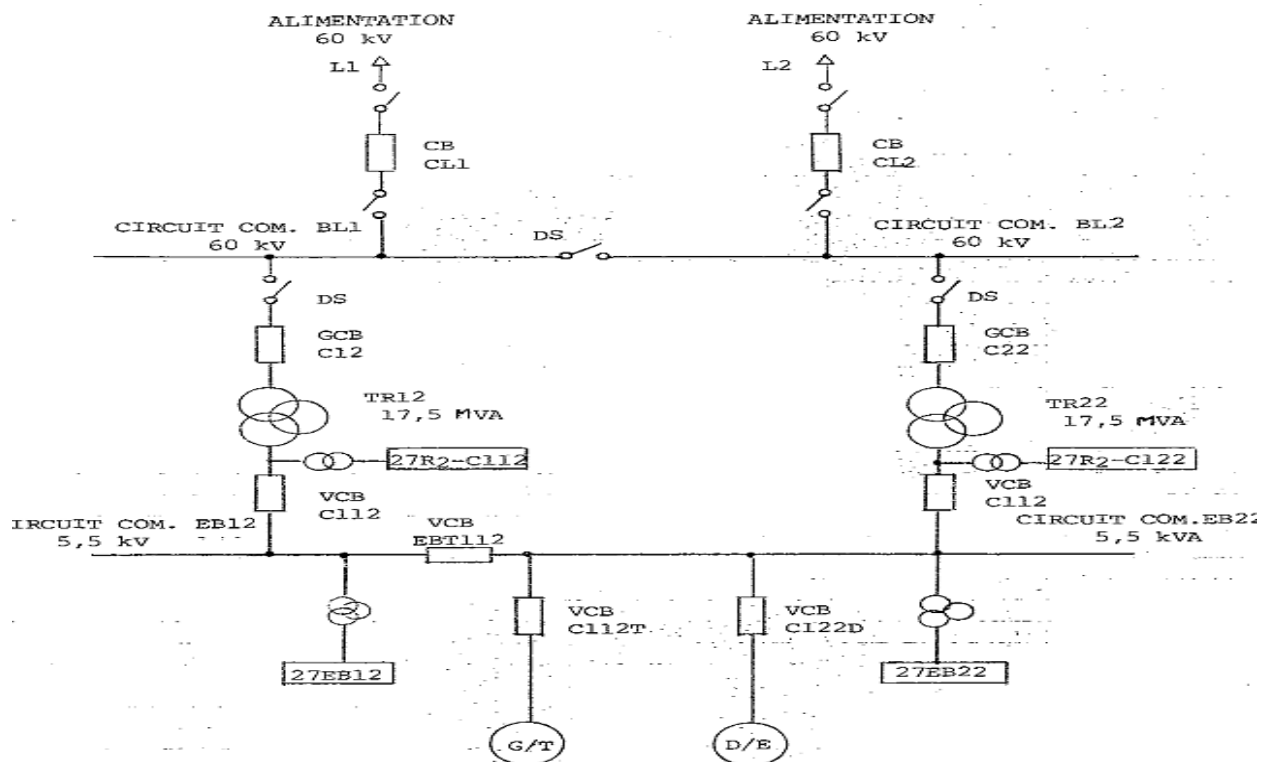


Figure 1-3 Schéma unifilaire de réseaux GP1/Z 60 kV

1.6 Salles de commutation :

1.6.1 Salle de commutation phase I :

La salle de commutation de la phase I a pour fonction de fournir l'énergie électrique à l'ensemble des équipements des trains de procédé de la phase I ainsi qu'à chaque salle locale (BOG et chargement, zone de stockage, salle de commutation de la jetée).

Elle est constitué de :

- 03 jeux de barres 5.5 kV, chaque jeu de barre est doté d'un disjoncteur de couplage.
- 06 transformateurs 60/5.5 kV de 17 MVA.
- Le premier et le troisième jeu de barres : Chaque transformateur 60/5.5 kV alimente un demi-jeu de barre destinée à alimenter les équipements 5.5 kV d'un seul et unique train.
- Chaque demi-jeu de barre alimente un transformateur 5.5/0.38 kV destinée à alimenter les équipements 380 d'un seul et unique train.
- Le deuxième jeu de barre (commun) alimenté par 02 transformateur 60/5.5 kV et 02 groupes de secours est destinée aux équipements jugé importants 5.5 kV ainsi que les salles de commutation BOG 1 et 2, JETTY et Chargement.
- Chaque demi-jeu de barre alimente 02 transformateurs 5.5/0.38 kV destinée à alimenter les équipements 380 V commun et jugé importantes.
- 14 transformateurs à sec 5.5/0.38 kV, couplés en Δ/Y à la terre.
- Disjoncteurs ACB type Masterpact 5.5 kV doté d'un déclencheur SSTD.
- Système de protection 50, 51, 51G, 27, 59.
- Panneaux relais assurent les séquences de redémarrage des moteurs HT.
- Panneaux relais assurent les séquences de redémarrage des moteurs BT.
- Panneaux relais d'interface de commandes.
- Batteries de condensateur branché sur les jeux de barre 5.5 kV et équipé d'un régulateur automatique de puissance réactive (AQR) installé sur le panneau de relais.
- Alimentation ininterrompue UPS 110 V CA destinée au contrôle commande, les systèmes de sécurité et aux salles de contrôles.
- Chargeur de batteries 110 V CC destinée au contrôle commande, les systèmes de sécurité et aux salles de contrôles.



1.7 Salle de commutation phase II :

Elle est constituée de :

- 02 demi jeux de barres 5.5 kV B10 et B20, doté d'un disjoncteur de couplage.
- 02 transformateurs 60/5.5 kV de 30 MVA.
- Chaque transformateur 60/5.5 kV alimente un demi jeu de barre destinée à alimenter les équipements 5.5 kV des trains 500 et 600 ainsi que la zone de stockage et d'utilité.
- Chaque demi jeu de barre alimente un transformateur 5.5/0.38 kV de 2000 kVa, destinée à alimenter les équipements 380 V des trains 500 et 600 via le MCC 10A et MCC 20A.
- Le deuxième jeu de barre B20 alimente un transformateur 5.5/0.38 kV de 1000 kVa destinée à alimenter les équipements 380 V jugé importants et communs aux deux trains.
- La barre B20 est secourue par deux groupes de secours T/G et D/G.
- 02 transformateurs émergés 5.5/0.38 kV, couplés en Δ/Y à la terre.
- Disjoncteurs ACB type Masterpact 380 kV dotés de déclencheurs STR38S.
- Système de protection 50, 51, 51G, 27, 59.
- Relais numérique de protection S2E21 pour les équipements 5.5 kV et MMR pour les équipements 380 V.
- Panneaux relais d'interface de commandes.
- Batteries de condensateur branché sur les jeux de barre 5.5 kV sont équipées de régulateurs automatique de puissance réactive (AQR) installé sur le panneau de relais.
- Alimentation ininterrompue UPS 110 V CA destinée au contrôle commande, les systèmes de sécurité et aux salles de contrôles.
- Chargeur de batteries 110 VCC destinée au contrôle commande, les systèmes de sécurité et aux salles de contrôles.
- PLC de contrôle commande numérique.

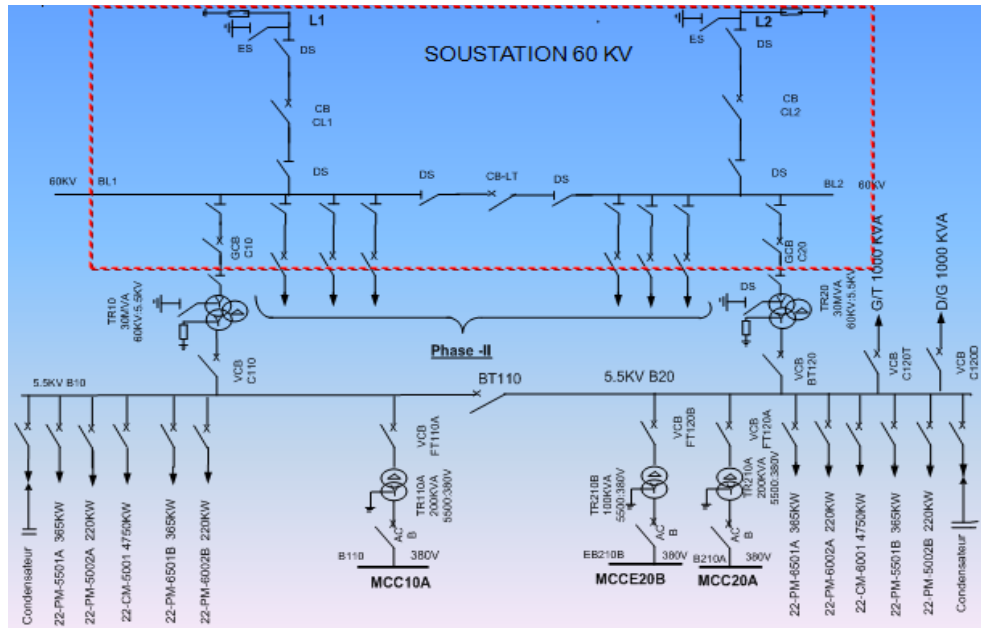


Figure 1-6 Schéma du réseau de distribution électrique de la phase II 60 KV

1.8 Phase III :

Dans ce mémoire, nous allons nous concentrer sur la phase 3 du complexe et fournir plus de détails sur ses équipements.

1.8.1 Salle de commutation phase III :

La salle de commutation de la phase III a pour fonction de fournir l'énergie électrique à l'ensemble des équipements des trains de procédé de la phase III et la salle locale (BOG).

Elle est constituée :

- 04 demi jeux de barres 5.5 kV, chaque deux demi jeux de barres est doté d'un disjoncteur de couplage.
- 04 transformateurs 60/5.5 kV de 30 MVA.
- Chaque transformateur 60/5.5 kV alimente un demi-jeu de barre destinée à alimenter les équipements 5.5 kV des trains 700, 800, 900 et utilités ainsi que la zone BOG.
- La barre 3B11 est secourue par deux groupes de secours D/G.
- 12 transformateurs émergés 5.5/0.38 kV, couplés en Δ/Y à la terre.
- Disjoncteurs VCB pour 5.5 kV.
- Disjoncteurs ACB pour 380 V.
- Système de protection par relais numériques pour les équipements 5.5 kV et les équipements 380 V.
- Batteries de condensateur branché sur les jeux de barre 5.5 kV et équipé d'un régulateur automatique de puissance réactive (AQR) installé sur le panneau de relais.

- Alimentation ininterrompue UPS 110 VCA destinée au contrôle commande, les systèmes de sécurité et aux salles de contrôles.
- Chargeur de batteries 110 VCC destinée au contrôle commande, les systèmes de sécurité et aux salles de contrôles.

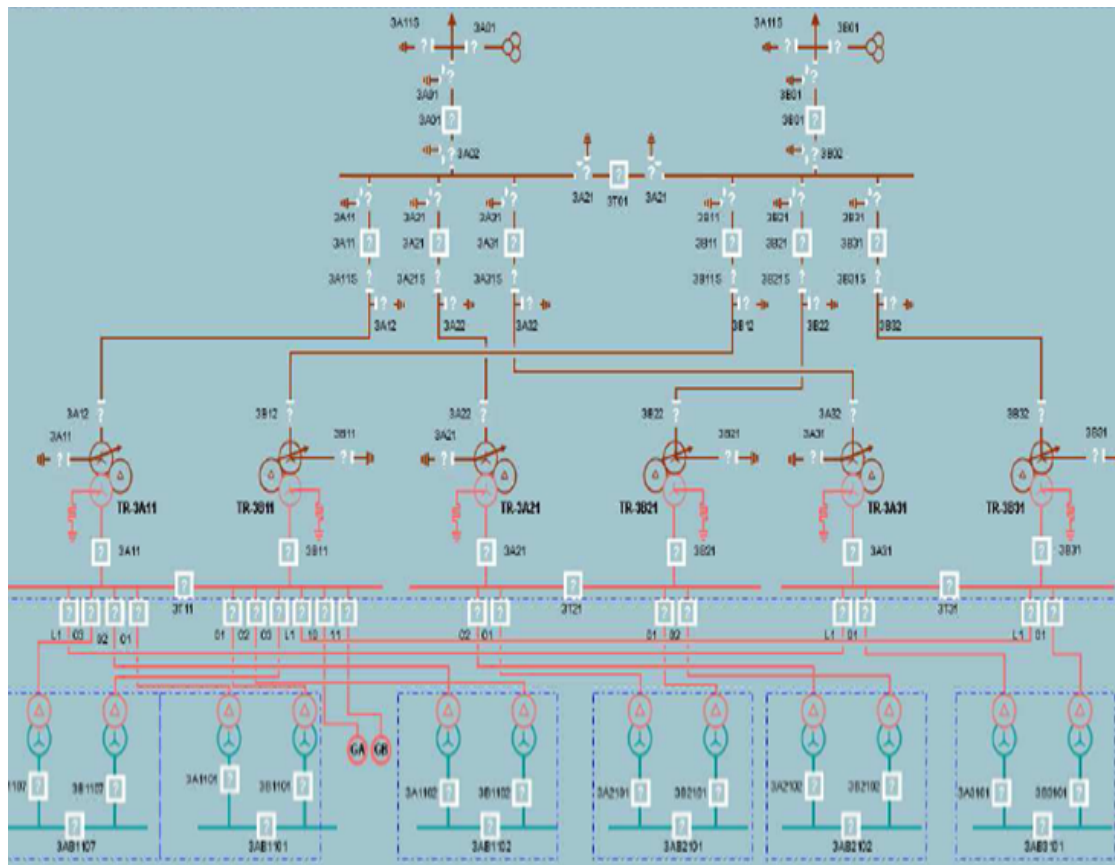


Figure 1-7 Schéma du réseau de distribution électrique de la phase III

1.8.2 Système GIS :

Est un poste électrique dont l'isolation est réalisée par un gaz isolant, typiquement de l'hexafluorure de soufre (SF_6), et dont l'enveloppe métallique externe est mise à la terre. Leurs principaux intérêts sont d'être très compacts et de pouvoir être installés à l'intérieur de bâtiments.

1.8.3 Plaque signalétique du GIS :

Tension nominale	72.5 KV	
Courant normal assigné	1250A pour le Jeux de Barre principal	
Fréquence nominale	50 Hz	
Courant nominal de crête admissible	79KA	
Courant nominal de courte durée admissible	31.5KA (1 sec)	
Nivea d'isolation nominal	Impulsion d'éclairage: Fréquence d'alimentation :	325KV 140 KV
Pression nominale du gaz SF6 (à 20°C, en ABS)	GCB, Others	0.7 Mpa
Normes	IEC 60517 & 606994	

Tableau 1-2 Plaque signalétique du GIS

1.8.4 Plaque signalétique GCB:

Courant nominal	1250A	800A	1250A
Emplacement	Line	FEEDER	Section
Courant assigné de court-circuit de rupture	31.5KA(1sec)		
Mode de fonctionnement	Hydraulic		
Tension de commande nominale	DC 110V		
Tension nominale de fonctionnement du moteur	DC 110V		
Séquence de fonctionnement nominale	O -0.3sec CO-3min – CO		
Normes	IEC 60056		

Tableau 1-3 Plaque signalétique GCB

1.8.5 Sectionneur :

Courant nominal	1250/ 800 A	1250A
Emplacement	Main busbar side	Line side
Mode de fonctionnement	Motor Operation	Motor Operation
Tension de commande nominale	DC 110V	
Tension nominale de fonctionnement	DC 110V	
Normes	IEC 60129	

Tableau 1-4 Sectionneur

1.8.6 Interrupteur de mise à la terre :

Emplacement	For Maintenance	For making Capability
--------------------	-----------------	-----------------------

Méthode de fonctionnement	Motor Operation	Motor Charging Spring Operation
Tension de commande nominale	DC 110V	
Tension nominale de fonctionnement	DC 110V	

Tableau 1-5 Interrupteur de mise à la terre

1.8.7 Transformateur de tension:

Emplacement	Busbar	LINE
Fréquence nominale	50Hz	
Tension primaire nominale	60/ $\sqrt{3}$ KV	60/ $\sqrt{3}$ KV
Tension secondaire nominale	100/ $\sqrt{3}$ V	100/ $\sqrt{3}$ V
Tension tertiaire nominale	100/ $\sqrt{3}$ V	100/ $\sqrt{3}$ V
Sortie nominale	50VA/50VA	50VA/50VA
Classe de précision	1.3, 3P/ 1.0,3P	1.3, 3P/ 1.0,3P
Normes	IEC 60044-2	

Tableau 1-6 Transformateur de tension:

1.8.8 Transformateur de courant (LINE):

Localisation	GCB Primary Side Core			GCB Secondary Side core		
Rations	800- 400/5A	1200/5A	-	800- 400/5A	800- 400/5A	-
Classe	0.2	5P20	-	5P20	0.5, 5P20	-
Burden	30VA	30VA	-	30VA	30VA	-
Normes	IEC Pub.60044-1					

Tableau 1-7 Transformateur de courant (LINE):

1.8.9 Transformateur de courant (Bus):

Localisations	GCB Primary Side Core			GCB Secondary Side core		
Rations	800- 400/5A	1200/5A	-	1200/5A	-	-
Classe	1.0,5P20	5P20	-	5P20	-	-
Burden	30VA	30VA	-	30VA	30VA	-
Normes	IEC Pub.60044-1					

Tableau 1-8 Transformateur de courant (Bus):

1.8.10 Transformateur de courant (BANK):

Localisation	GCB Primary Side Core			GCB Secondary Side core		
Rations	800- 400/5A	800-400/5A	-	800- 400/5A	1200/5A	-
Classe	5P20	1.0,5P20	-	1.0,5P20	5P20	-
Burden	30VA	30VA	-	30VA	30VA	-

Normes	IEC Pub.60044-1
--------	-----------------

Tableau 1-9 Transformateur de courant (BANK):

1.8.11 Transformateur 5.5 KV/ 400V:

Transformateur sera conçu pour abaisser la tension de 5.5KV à 230/400V 3 phases - 3 fils - 50Hz, la norme suivante sera appliquée pour les performances électriques du transformateur **IEC – 60076-1**

Ce transformateur sera triphasé, à bain d'huile, étanche à l'azote gazeux et auto-refroidissant de type extérieur

Description	Unité	ON site		OFF site
Capacité	[KVA]	2000	1500	1500
Tension	[V]	5,500 / 230 – 400		
Changeur de prises	-	No- Voltage tap changer		
Tension de prise	[%]	5.5KV $\pm$ 5%, $\pm$ 2.5%		
Quantité	[Set]	6	4	2
Connexion de l'enroulement	-	Dyn11		
Neutre	-	Masse solide au 2ème neutre		

Tableau 1-10 Transformateur 5.5 KV/ 400V:

1.9 Les normes :**1.9.1 Entreprise IHI :**

Connue initialement sous le nom **Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co**, est une des très grandes entreprises japonaises d'ingénierie dans de multiples secteurs de l'industrie (énergie, espace, transports...etc).

Cette société utilise une norme japonaise : **JIS IEC**

1.10 L'importance de maintenance :**1.10.1 L'importance de l'entretien de l'installation électrique :**

- **Protection de votre équipement** : L'inspection et l'entretien de votre système électrique peuvent prolonger la durée de vie de votre équipement. Les systèmes électriques ont besoin d'être entretenus pour fonctionner correctement et sans problème.
- **Préventif** : L'entretien électrique peut prévenir tout problème éventuel et empêcher les problèmes actuels de s'aggraver et de devenir plus coûteux.
- **Réduction des coûts énergétiques** : L'entretien de routine de votre système électrique peut réduire vos coûts énergétiques. Un électricien peut déterminer les problèmes de consommation d'énergie auxquels vous pouvez être confronté et vous proposer des options d'efficacité énergétique pour économiser de l'argent.

- **Sécurité** : Plus important encore, l'entretien électrique peut améliorer votre sécurité et celle des autres personnes présentes dans le bâtiment. En faisant effectuer l'entretien électrique, l'électricien devrait être en mesure de vous informer de tout problème dangereux auquel vous pouvez être confronté et si d'autres personnes risquent de se blesser.

Pour atteindre les objectifs de maintenance, un programme coordonné de travaux, d'évaluation et de rééchelonnement est nécessaire, comme indiqué ci-dessous :

- Établissez un programme de maintenance sur une base semestrielle ou annuelle, avec des dates provisoires pour la réalisation des travaux sur les différents éléments de l'équipement.
- Évaluez les performances du programme à la fin de chaque période de six mois afin d'obtenir des résultats à analyser.
- Tenir compte des résultats de la période précédente lors de la préparation du nouveau programme, et en particulier de la fréquence d'entretien de chaque élément d'équipement.
- Reprogrammer le programme de maintenance préventive lorsque des actions de maintenance immédiates et correctives sont nécessaires.
- Se coordonner au préalable avec d'autres groupes de maintenance, dans le cas d'autres équipements qui peuvent également nécessiter une maintenance.
- Classer et analyser les résultats obtenus dans le but d'améliorer les indices de performance et de réduire les coûts.

Dans le cadre du programme d'entretien, les différentes catégories de travaux peuvent être regroupées en termes généraux tels que :

- **Maintenance préventive** : Ce sont les travaux qui sont effectués sur la base du programme de maintenance.
- **Maintenance corrective** : Elle couvre les travaux qui ne sont pas programmés et qui nécessitent une attention immédiate.

En outre, il existe deux façons différentes de réaliser les travaux d'entretien.

- **En ligne** : Lorsque, pour effectuer le travail, il n'est pas nécessaire de mettre hors service l'équipement haute tension associé aux relais ou aux instruments qui doivent être vérifiés.
- **Hors ligne** : Lorsqu'il est nécessaire de mettre hors service l'équipement haute tension associé.

Les principales sources d'établissement des critères de maintenance sont :

- Les recommandations formulées par les constructeurs ;
- L'analyse des statistiques de défaillance ;
- Le niveau de tension du réseau ;
- Les types de relais ou d'instruments utilisés ;

- L'importance relative des équipements protégés ;
- L'expérience en matière de maintenance ;
- Le comportement antérieur de l'équipement ;
- Le type de défaut, si un enregistreur de défauts fonctionne.

1.11 Problématique traitée :

Dans le cadre d'une opération de maintenance préventive, à laquelle on a assisté, les responsables de la supervision ont exigé de procéder à la vérification des protections des installations.

La sécurité des installations est la chose la plus importante à prendre en compte, surtout lorsque vous disposez d'un équipement aussi coûteux et d'un environnement sensible.

En tenant compte des spécifications techniques des équipements mis en place, Nous devons procéder à la vérification des sections des câbles et des paramétrages des relais.

1.12 Démarche à suivre :

Pour pouvoir effectuer le travail attendu, nous devons procéder au calcul de certaines grandeurs indispensables comme les impédances des lignes, le calcul des courants de court-circuit. Et puis pour la vérification des paramétrages des relais, on a besoin d'utiliser des logiciels spécialisés dont la base de données incluse intègre les équipements utilisés dans notre installation.

1.13 Conclusion

Pour étudier le réseau et sa protection, il est nécessaire de lister tous les équipements insérés dans ce réseau et détaillé toutes leurs caractéristiques techniques.

C'est exactement ce qui a été fait dans ce chapitre. Et cela, bien sûr, après avoir effectué une présentation de l'entreprise.

On a terminé ce chapitre en abordant la problématique et la démarche à suivre pour mener à terme ce travail.

Dans ce chapitre, nous allons parler plus en détail de tous les équipements en place dans le complexe GP1/Z afin d'obtenir toutes les informations nécessaires pour le chapitre suivant qui comprend la partie calcul.

Ce chapitre présente des notions générales sur le réseau électrique et explique les différents postes de livraison moyenne tension, et la structure des réseaux moyenne tension et basse tension, Cela va nous permettre, de connaître les parties essentielles à prendre en considération.

2 Le réseau électrique

2.1 Définition

Un réseau électrique est un réseau interconnecté pour la livraison d'électricité des producteurs aux consommateurs. Les réseaux électriques varient en taille et peuvent couvrir des pays ou des continents entiers. Il se compose de [4] :

2.2 Centrale électrique

Une centrale électrique, également centrale de production ou usine de production, est une installation industrielle destinée à la production d'énergie électrique. Les centrales électriques sont généralement reliées à un réseau électrique. [4]

De nombreuses centrales électriques contiennent un ou plusieurs générateurs, une machine rotative qui convertit l'énergie mécanique en énergie électrique triphasée (Turbine). Le mouvement relatif entre un champ magnétique et un conducteur crée un courant électrique.

2.3 Sous-station électrique :

Une sous-station est une partie d'un système de production, de transmission et de distribution d'électricité. Les sous-stations transforment la tension de haut en bas, ou l'inverse, ou remplissent plusieurs autres fonctions importantes. Entre la centrale et le consommateur, l'énergie électrique peut passer par plusieurs sous-stations à différents niveaux de tension. Une sous-station peut comprendre des transformateurs pour changer les niveaux de tension entre les hautes tensions de transmission et les basses tensions de distribution, ou à l'interconnexion de deux tensions de transmission différentes. [4]

2.4 Transmission de l'énergie électrique :

Le transport d'énergie électrique est le déplacement en vrac de l'énergie électrique d'un site de production, tel qu'une centrale électrique, vers une sous-station électrique. Les lignes interconnectées qui facilitent ce mouvement sont connues sous le nom de réseau de transport. Il se distingue du câblage local entre les sous-stations à haute tension et les clients, que l'on appelle généralement la distribution de l'énergie électrique. Le réseau combiné de transmission et de distribution fait partie de la livraison d'électricité, connue sous le nom de réseau électrique. [4]

2.5 Distribution de l'énergie électrique :

La distribution de l'énergie électrique est l'étape finale de la livraison de l'énergie électrique ; elle transporte l'électricité du système de transmission aux consommateurs individuels. Les lignes de distribution primaires acheminent cette énergie à moyenne tension vers les transformateurs de distribution situés près des locaux des clients. [4]

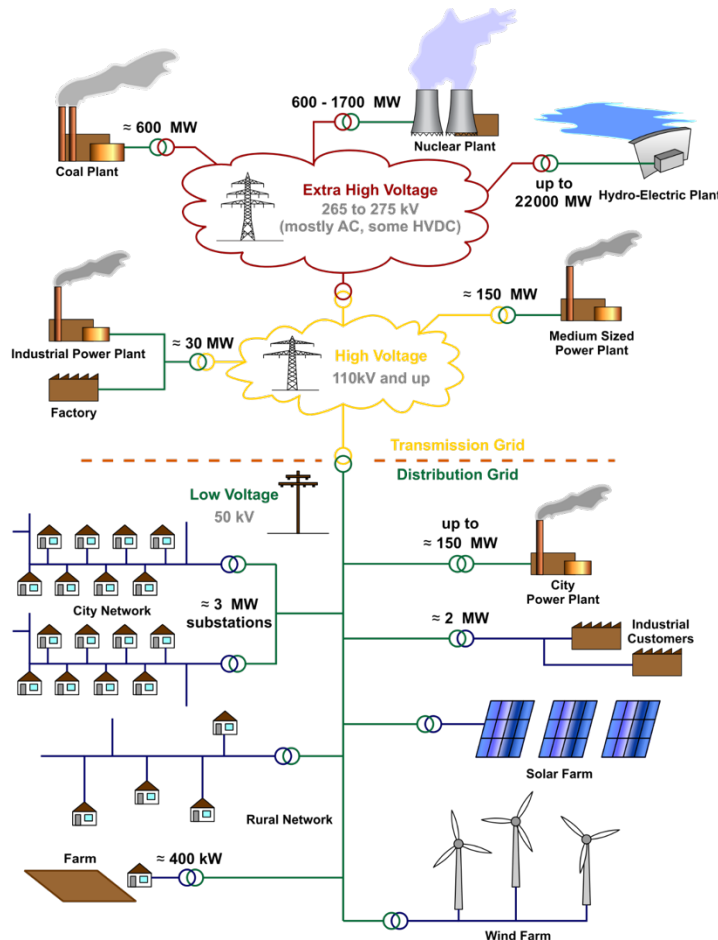


Figure 2-1 Schéma d'un réseau électrique

2.6 Protection des réseaux de distribution d'électricité :

Nous pouvons remarquer que le réseau électrique est un investissement très coûteux et une structure d'ingénierie très délicate avec de nombreux composants, nous avons donc besoin d'un moyen approprié pour avoir une bonne protection. Une priorité de tout système d'approvisionnement est qu'il a été bien conçu et correctement entretenu afin de limiter le nombre de défauts qui pourraient se produire.

La protection doit être suffisamment sensible pour fonctionner lorsqu'un défaut se produit dans des conditions de défaut minimum, tout en étant suffisamment stable pour ne pas fonctionner

lorsque l'équipement associé transporte le courant nominal maximum, qui peut être une valeur de courte durée. Elle doit également être suffisamment rapide pour éliminer rapidement le défaut du système afin de minimiser les dommages aux composants du système et être fiable en fonctionnement. [2]

2.7 Principes de base des systèmes électriques :

L'objectif premier de tout système d'approvisionnement en électricité est de répondre à la demande d'énergie de tous les clients, la production d'électricité étant réalisée là où elle permet d'obtenir le coût de vente globale le plus économique. Le système de transmission est utilisé pour transférer de grandes quantités d'énergie vers les principaux centres de charge, tandis que les systèmes de distribution transportent l'énergie vers le client le plus éloigné, en utilisant le niveau de tension le plus approprié.

Lorsqu'il s'agit de transporter de très grandes quantités d'énergie sur de grandes distances, un système à très haute tension (THT), parfois appelé transport principal ou primaire, est nécessaire. Ces systèmes fonctionnent dans la gamme >300 kV.

Les réseaux à haute tension (HT) transportent de grandes quantités d'énergie dans une région donnée. Sous le réseau de transport, il peut y avoir deux ou trois niveaux de tension de distribution pour répondre à la diversité des clients et de leurs demandes. Les réseaux moyenne tension (MT) et basse tension (BT) sont exploités comme des systèmes radiaux. [2]

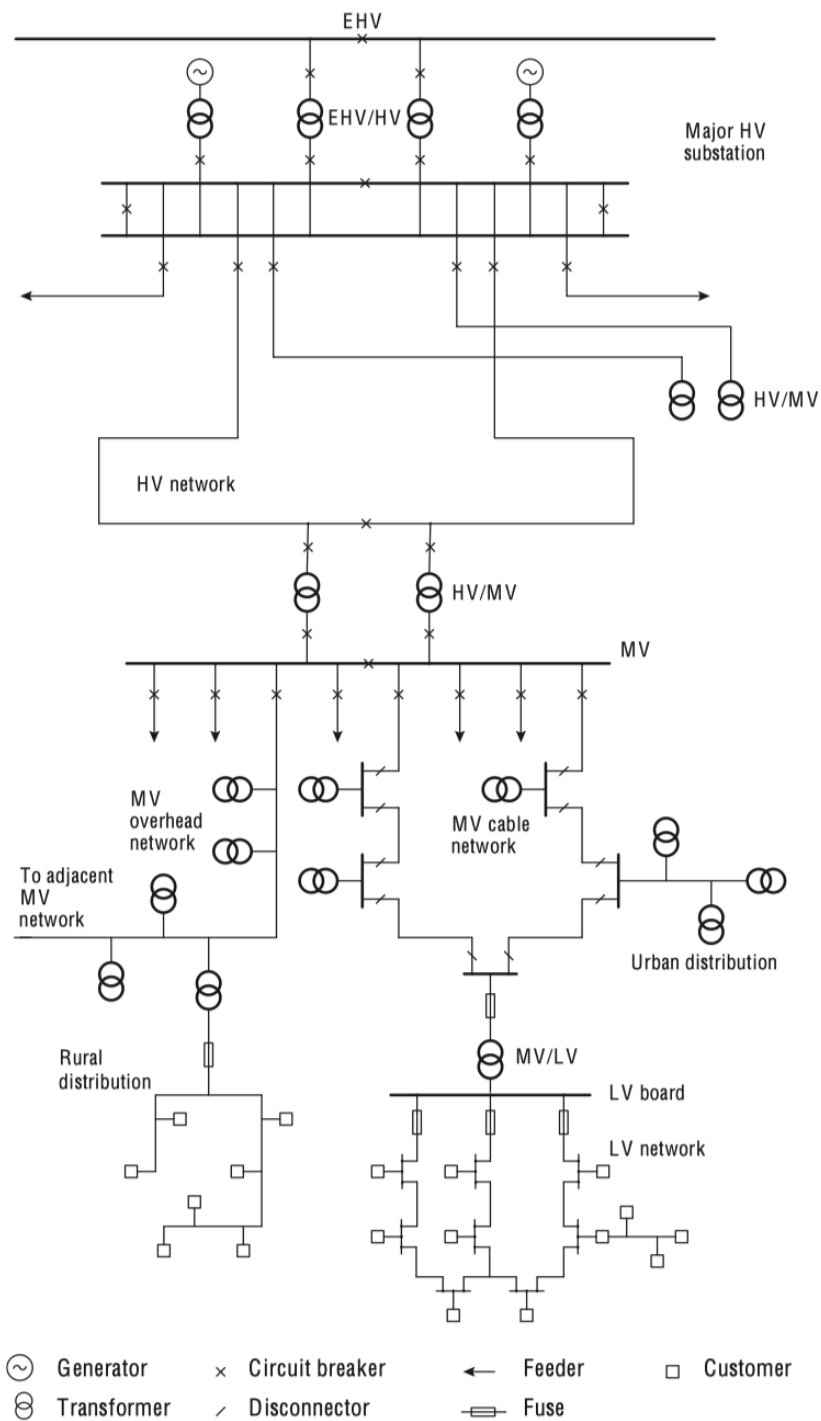


Figure 2-2 Dispositions des réseaux THT/HT/MT/ BT

2.8 Besoin de protection :

2.8.1 Fonctions principales :

1. Sauvegarder l'ensemble du système pour maintenir la continuité de l'approvisionnement.
2. Minimiser les dommages et les coûts de réparation.
3. Assurer la sécurité du personnel. [3]

2.8.2 Exigences de base :

1. Sélectivité : Détecter et isoler uniquement l'élément défectueux.
2. Stabilité : Laisser intacts tous les circuits sains pour assurer la continuité de l'alimentation.
3. Rapidité : Opérer aussi vite que possible lorsqu'on le demande, pour minimiser les dommages, les arrêts de production et assurer la sécurité du personnel.
4. Sensibilité : Pour détecter les plus petits défauts, courants ou anomalies du système et fonctionner correctement à son réglage. [3]

2.8.3 Qualités :

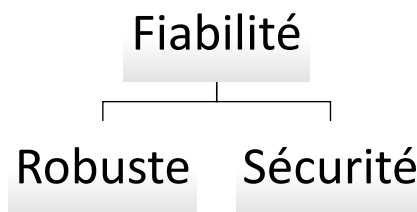


Figure 2-3 Exigences de base de Protection électrique

Robuste : Il DOIT se déclencher lorsqu'il est sollicité.

Sécurité : Il ne doit PAS se déclencher quand il n'est pas censé le faire.

2.8.4 Composants de base :

1. Transformateurs de tension et transformateurs de courant : Pour surveiller et donner un retour précis sur l'état de santé d'un système. [3]
2. Les relais : Ils convertissent les signaux des dispositifs de surveillance et donnent des instructions pour ouvrir un circuit en cas de défaillance ou pour actionner des alarmes lorsque l'équipement à protéger s'approche d'une destruction possible.
3. Fusibles : Ils s'autodétruisent pour sauver l'équipement protégé en aval.

4. Les disjoncteurs : Ils sont utilisés pour réaliser des circuits transportant des grands courants, et aussi pour couper le circuit transportant les courants de défaut pendant quelques cycles sur la base du retour d'information des relais.

5. Batteries CC : Elles fournissent aux relais et aux disjoncteurs une source d'alimentation ininterrompue, indépendante de la source d'alimentation principale à protéger.

2.8.5 Suivi de l'évolution des installations anciennes :

2.8.5.1 vérification et entretien des disjoncteurs :

- Cadre - il abrite et soutient les composants et fournit également une isolation pour contenir l'arc.
- Mécanisme de fonctionnement - ouvre et ferme les contacts.
- Structure d'interruption - comprend les goulottes d'arc et toutes les pièces conductrices de courant, à l'exception du déclencheur. Les goulottes d'arc sont conçues pour interrompre l'arc rapidement.
- Unité de déclenchement - détecte un flux de courant anormal et provoque l'ouverture des contacts par le mécanisme de commande.
- Connexions des bornes - fournit une connexion appropriée entre le disjoncteur et le conducteur. [3]

2.8.5.2 Vérification et entretien des sectionneurs :

Inspections visuelles :

- Inspections visuelles et mécaniques générales
- Inspections de l'humidité et de l'effet corona
- Contrôles du câblage et des connexions boulonnées
- Contrôles généraux du câblage

Tests électriques :

- Essais électriques de l'isolation
- Tests d'injection de courant[3]

2.8.5.3 Test d'huile des transformateurs :

vérifier l'état de d'huile du transformateur en réalisant plusieurs mesures représentatives, telles que :

- La tension de claquage qui permet de déterminer le seuil à partir duquel le **fluide diélectrique** soumis à un champ électrique n'assure plus sa fonction isolante.
- La teneur en eau car si elle est élevée, cela peut diminuer la tension de claquage et réduire le **temps de vie du transformateur** (en accélérant la dégradation du papier). [3]

- L'indice de neutralisation qui permet de suivre le « **vieillissement** » du **fluide diélectrique** en analysant la teneur en composés acides issus de sa dégradation.

2.8.5.4 Entretien préventif des sous-stations (intérieures ou extérieures)

Voici les tâches habituellement à réaliser :

- Manipulation et essais de l'appareillage – bon fonctionnement (sectionneurs, disjoncteur, débrogage et embrogage des cellules, etc.)
- Inspection infrarouge
- Audit des lieux
 - Contrôle général des accès, du bâtiment et des structures aériennes, des panneaux, des notices de sécurité, de l'identification et des plans
 - Contrôle des voyants présence tension avant coupure
 - Contrôle visuel de l'état général des cellules et connexions
 - Contrôle visuel du bon état des contacts, de l'absence d'échauffement et d'amorçage
- Nettoyage des accessoires de câbles et de l'appareillage
- Serrage des connexions des câbles (accessoires de câbles et appareillage)
- Polissage des isolateurs
- Graissage des mécanismes et contacts principaux
- Entretien transformateur
- Entretien disjoncteurs[3]

2.9 Les équipements en places :

Nous parlons plus en détail de tous les équipements de la phase 3.

Nous commençons par le transformateur de puissance :

2.9.1 Transformateur :

Un transformateur est un composant passif qui transfère l'énergie électrique d'un circuit électrique à un autre circuit, ou à plusieurs circuits. Un courant variable dans une bobine du transformateur produit un flux magnétique variable dans le noyau du transformateur, qui induit une force électromotrice variable dans toutes les autres bobines enroulées autour du même noyau.

2.9.1.1 Transformateur 60KV / 5.5 KV :

La norme suivante sera appliquée pour le transformateur électrique **IEC-60076-1**. Et les matériaux et petites pièces, tels que les relais, les compteurs, les boulons, seront conformes à la norme suivante : **JIS, JEC, JEM**

Type	Utilisation extérieure, à bain d'huile, auto-refroidissement
Fréquence	50 Hz
Capacité nominale	30 MVA et 15 MVA
Méthode de refroidissement	ONAN
Connection	Primaire : Etoile Secondaire : Etoile Triangle (stabilisation)
Impédance	30 MVA : 12% (30MVA la base) 15 MVA : 9% (15 MVA la base)

Tableau 2-1 Transformateur 60KV / 5.5 KV

2.9.1.2 Transformateur 5.5KV / 400V :

La norme suivante sera appliquée pour le transformateur électrique **IEC-60076-1**, et les matériaux et petites pièces, tels que les relais, les compteurs, les boulons, seront conformes à la norme suivante : **JIS, JEC, JEM**

Voir l'annex

2.9.1.3 Transformateur de courant :

La norme suivante sera appliquée pour le transformateur électrique **IEC Pub.60044-1**, et les matériaux et petites pièces, tels que les relais, les compteurs, les boulons, seront conformes à la norme suivante : **JIS, JEC, JEM**

Voir l'annex

2.9.2 Transformateur de tension :

La norme suivante sera appliquée pour le transformateur électrique **IEC 60044-1**, et les matériaux et petites pièces, tels que les relais, les compteurs, les boulons, seront conformes à la norme suivante : **JIS, JEC, JEM**

Voir l'annex

2.9.3 Disjoncteur :

Un disjoncteur est un dispositif de sécurité électrique conçu pour protéger un circuit électrique contre les dommages causés par une surintensité ou un court-circuit. Sa fonction de base est d'interrompre le passage du courant pour protéger les équipements et prévenir les risques d'incendie.

2.9.3.1 Disjoncteur de gaz (Système GIS) :

Tension nominale	72.5KV
Courant nominal	1250A
Courant nominal de court-circuit de rupture	31.5KA (1sec)
Méthode d'exploitation	Hydraulique, fonctionnement à 3 pôles
Tension de commande nominale	DC – 110V
Tension nominale de fonctionnement du moteur	DC – 110V
Séquence de fonctionnement nominale	O- 0.3 sec – CO- 3min - O
Norme	IEC- 60056

Tableau 2-2 Disjoncteur de gaz (Système GIS)

2.9.4 Disjoncteur MT 5,5KV:

L'appareillage de commutation intérieur sous enveloppe métallique décrit dans cette spécification est destiné à être utilisé sur un système triphasé de 5,5 kV, à trois fils, avec mise à la terre par résistance et 50 Hz. L'appareillage de commutation sera de type 7,2 kV et sera doté d'un disjoncteur à vide à tirage. Disjoncteur à vide. L'appareillage de commutation à enveloppe métallique résistera entièrement à une tension d'impulsion de foudre de 60kV et à une tension de fréquence de puissance de 50Hz. 60kV et une tension de fréquence de puissance de 20kV. Le niveau de court-circuit prévu sera de 40kA à 7.2kV 50Hz comme défini dans la norme IEC-62271 200.

2.9.5 Les Conditions de Services :

- Installation à l'intérieur
- Température : Max. 40°C
- Humidité Max. 90%
- Altitude : Moins de 1000 m au-dessus du niveau de la mer

2.9.6 Plaque signalétique :

- | | |
|--|--------------------------------|
| 1) Tension nominale : | 7.2kV |
| 2) Fréquence nominale : | 50Hz |
| 3) Nombre de phases et de fils : | 3 phases, 3 fils |
| 4) Courant nominal normal : | 3150A ou 2000A (bus principal) |
| 5) Courant de rupture nominal : | 40kA à 7.2kV |
| 6) Courant nominal de courte durée : | 40kA (1 sec.) |
| 7) Courant nominal de crête admissible : | 100kA |
| 8) Degré de protection : | IP31 (boîtier) |
| | IP2X (panneau intérieur) |

2.9.7 Test et inspection :

- L'essai et l'inspection seront effectués à l'usine du fabricant après le montage final de l'équipement. L'assemblage final de l'équipement.
- Des tests témoins seront effectués dans l'usine du fabricant.
- L'essai de type conforme à la norme CEI ne sera pas refait. L'enregistrement de l'essai de type qui a été effectué en tant qu'essai privé, sera soumis.
- L'essai en usine sera effectué comme suit :
 - Inspection visuelle
 - Essai de fonctionnement électrique (essai séquentiel)
 - Test de fonctionnement mécanique
 - Test de résistance à la tension et à la fréquence
 - Mesure de la résistance d'isolement
 - Vérification de la spécification
 - Contrôle dimensionnel
 - Essai diélectrique sur le circuit auxiliaire et le circuit de commande
 - Test de fonctionnement mécanique
 - Vérification du câblage correct

2.9.8 Disjoncteur MT 380V :

Le disjoncteur à air est un dispositif électrique utilisé pour fournir une protection contre les surintensités et les courts-circuits pour les circuits électriques de 800 à 10 000 ampères. Pour les circuits électriques de 800 à 10 000 ampères. Ils sont généralement utilisés dans des applications basse tension inférieures à 450V. Nous pouvons trouver ces systèmes dans les panneaux de distribution (en dessous de 450V). Ici, dans cet article, nous allons discuter le fonctionnement du disjoncteur à air.

Voir l'annex

2.9.9 Les normes Appliquées :

L'appareillage de commutation et les équipements auxiliaires seront conformes à la dernière révision des normes suivantes :

Appareillage de commutation	IEC 600947-1
Disjoncteur haute tension	IEC 600947-1
TC, TV ...	IEC, JIS, JEM, JEC

Tableau 2-3 Les normes Appliquées

2.9.10 Verrouillage mécanique :

Le mécanisme de verrouillage suivant sera préparé afin de protéger l'opérateur contre une éventuelle l'opérateur contre d'éventuelles erreurs de manipulation :

a) Pour déplacer l'ACB de la position déconnectée à la position connectée :

L'ACB doit être en position OUVRETE.

b) Pour déplacer l'ACB de la position connectée à la position déconnectée :

L'ACB doit être en position OUVERT.

2.9.11 Test et inspection :

- L'essai et l'inspection seront effectués dans l'usine du fabricant après le montage final de l'équipement.
- Des tests témoins seront effectués dans l'usine du fabricant.
- L'essai de type conforme à la norme CEI ne sera pas refait. L'enregistrement de l'essai de type qui a été effectué en tant qu'essai privé sera soumis.

L'essai en usine sera effectué comme suit :

- Inspection visuelle
- Essai de fonctionnement électrique (essai séquentiel)
- Test de fonctionnement mécanique
- Test de résistance à la tension et à la fréquence
- Mesure de la résistance d'isolement
- Vérification de la spécification
- Contrôle dimensionnel
- Essais diélectriques sur les circuits auxiliaires et de commande
- Vérification du câblage correct

2.10 Sectionneur :

Le **sectionneur** est un appareil électromécanique permettant de séparer, de façon mécanique, un circuit électrique et son alimentation, tout en assurant physiquement une distance de sectionnement satisfaisante électriquement. L'objectif peut être d'assurer la sécurité des personnes travaillant sur la partie isolée du réseau électrique ou bien d'éliminer une partie du réseau en dysfonctionnement pour pouvoir en utiliser les autres parties.

Courant nominal	1250/800	800
Localisation	Jeux-de-Barre-Principale	Côté ligne
Méthode de Fonctionnement	Fonctionnement moteur	Fonctionnement moteur
Tension nominale de contrôle	DC 110V	
Courant nominale de contrôle	DC 110V	
Normes	IEC 60129	

Tableau 2-4 Sectionneur

Dans la société actuelle, toutes les activités, qu'elles soient professionnelles ou privées, sont consommatrices d'énergie électrique. Toute interruption ou perturbation dans la distribution de cette énergie entraîne des désordres qui peuvent devenir insupportables par l'utilisateur. L'importance de la continuité et de la qualité de l'alimentation électrique est fonction de l'activité concernée. Certaines applications exigent une permanence quasi complète de l'alimentation car une absence met en péril la sécurité des personnes ou des biens

2.10.1 Plusieurs sources de remplacement peuvent être mentionnées :

- La batterie à courant continu : est rarement suffisante par elle-même car la plupart des applications réclament une alimentation en courant alternatif. Elle est toutefois utilisée en éclairage de secours par exemple.
- Le groupe électrogène permet d'atteindre des puissances et des durées de fonctionnement importantes. Outre son application en source de remplacement, le groupe électrogène offre des possibilités d'utilisation dans différents domaines.

2.11 Générateur de Secours :

il existe deux générateurs principaux dans le complexe pour pallier à tout manque d'énergie en cas de problème. Ils partagent la même fiche technique :

Phase	3
Pôles	8
Voltage	5.5KV
Cos phi	0.8

Puissance	3500KVA
Ampérage	368A
Fréquence	50 Hz
Connection	Etoile
Protection	IP23
Normes	IEC 60034-1-2004
Classification thermique	F

Tableau 2-5 Générateur de Secours

2.12 Les Batteries et Chargeur CC :

La batterie est le cœur de tous les systèmes d'énergie de remplacement. C'est un ensemble de cellules qui mémorisent l'énergie électrique par l'intermédiaire des réactions chimiques. Les batteries ne sont pas identiques et ces différents types ont évolué pour répondre aux différents besoins.

Le fonctionnement des batteries consiste à convertir l'énergie chimique en énergie électrique par réaction électrochimique. Elles sont composées d'une ou de plusieurs cellules, chacune contenant une électrode positive, une électrode négative, un séparateur, et un électrolyte.

Pour les batteries, nous avons 3 installations principales, nous commençons par la première :

2.12.1 Salle Principale SWGR :

Batteries	Types des cellules	MC110P
	Nombres totaux des cellules	90

Tableau 2-6 Salle Principale SWGR

2.12.2 Local SWGR :

Batteries	Types des cellules	MC110P
	Nombres totaux des cellules	88

Tableau 2-7 Local SWGR

2.13 Système AC UPS

Une alimentation sans interruption (ASI, ou en anglais UPS, Uninterruptible Power Supply), est un dispositif de l'électronique de puissance, installée entre le réseau d'alimentation et un réseau d'utilisation alimentant des équipements, de façon à les protéger des perturbations survenant sur le réseau d'alimentation. L'ASI fournit à ces équipements un courant épuré de ces altérations et il peut même, s'il dispose d'une autonomie, suppléer l'alimentation en cas de défaillance du réseau. Bien évidemment cette définition est sommaire, car il existe plusieurs types et modèles d'onduleurs. Les puissances et la technologie de conception, de fabrication et de mise en exploitation utilisées dépendent de chaque constructeur

2.13.1 L'intérêt d'une ASI

Les onduleurs remplissent une double fonction. Ils protègent les équipements informatiques contre les variations de la qualité du courant qui risqueraient de les endommager, contribuant ainsi à leur pérennité. Par ailleurs, en cas de coupure de secteur, ils sont en mesure de continuer à alimenter ces équipements durant quelques minutes, évitant ainsi les interruptions de service. Lorsque la coupure se prolonge, ils déclenchent l'arrêt des serveurs selon des procédures normales, qui éviteront au démarrage suivant des états non cohérents. Ou encore laisser à un groupe électrogène le temps de démarrer pour rétablir l'alimentation en électricité. Les onduleurs constituent donc un élément-clé de l'amélioration de la disponibilité de l'informatique d'entreprise.

2.14 Jeux de Barre HT :

2.14.1 Les normes utilisées :

La gaine de bus à laquelle cette spécification s'applique doit être fabriquée conformément aux normes IEC60298 et IEC60694.

2.14.2 Spécifications :

Type	HT
Système	GAINE DE BUS 3 PHASES À 3 FILS, GAINE DE BUS 3 PHASES À 4 FILS ET DUCT BUS NEUTRE
Tension nominale	7.2 kV
Tension de fonctionnement	3 PHASES 5.5 kV NEUTRE 5.5kV / $\sqrt{3}$ kV
Courant nominal	3 PHASES 2000A et 3500A ET NEUTRE 100A
Courte durée nominale/Courant admissible	40kA, 1 sec
Fréquence nominale	50 Hz
Élévation de température	Max 60°C
Degré de protection	Extérieur IP55, Intérieur IP31

Tableau 2-8 Jeux de Barre HT

2.14.3 Matériaux :

La barre omnibus doit être fabriquée en **cuivre**. Les barres omnibus doivent être étamées sur les surfaces de contact afin d'offrir une résistance à la corrosion et une bonne connexion électrique. Résistance à la corrosion et une bonne connexion électrique. Barre conductrice en cuivre, spécifiée par la norme **JIS H 3140** (Barre conductrice en cuivre).

2.15 Les Jeux de Barres BT :

Cette spécification s'applique à la gaine de bus de type E-BD (BASSE TENSION) avec un courant nominal de 6 000 A ou moins utilisé dans un circuit avec une tension nominale de 1000V c.a. ou moins.

2.15.1 Les normes :

La gaine de bus doit être construite conformément aux exigences minimales applicables des normes suivantes l'édition la plus récente des normes suivantes :

IEC60439-1 et IEC 60439-2

2.15.2 Spécifications :

Type	B
Système	3PHASE 4 câbles
Tension nominale	1000 V
Tension de fonctionnement	400 V
Courant nominal	3000 A
Courte durée nominale/Courant admissible	65kA, 1 sec
Fréquence nominale	50 Hz
Élévation de température	Max 65°C
Degré de protection	Extérieur IP55, Intérieur IP31

Tableau 2-9 Les Jeux de Barres BT

2.15.3 Matériaux :

Les barres omnibus doivent être étamées sur les surfaces de contact afin d'offrir une résistance à la corrosion et une bonne connexion électrique. Résistance à la corrosion et une bonne connexion électrique. Barre conductrice **en cuivre**, spécifiée par la **norme JIS H 3140 (barre conductrice en cuivre)**.

2.16 Régime de Neutre :

VALEUR DE LA RESISTANCE DU SYSTEME DE MISE A LA TERRE :

Équipements Électriques :

Haute et moyenne tension : 1 ohm

Basse tension : 5 ohms

Protection contre la foudre : 10 ohms

Protection statique : 20 ohms

2.16.1 CONDUCTEUR DE MISE A LA TERRE :

1. Les conducteurs de mise à la terre seront en barre et/ou fil en cuivre.

2. Les métaux de structures, de carcasses de machines, de réservoirs, récipients et les ouvrages métalliques pourront être utilisés comme une partie de conducteurs.

2.16.2 ELECTRODES DE MISE A LA TERRE ET REGARD D'INSPECTION :

2.16.2.1 Électrodes de mise à la terre :

- Les électrodes de mise à la terre seront en acier de 3/4 pouces (19,05 mm) sous gaine en cuivre pour la protection contre la corrosion. Elles seront posées à une profondeur supérieure à 10 pieds (3,05 m), sauf dans le sol rocheux où les électrodes seront posées en oblique à un angle inférieur à 45 degrés par rapport à la verticale ou elles seront enterrées dans une tranchée d'une profondeur d'au moins 2-1/2 pieds (762mm)
- L'extrémité supérieure des électrodes se trouvera au-dessous du niveau de sol pour la protéger contre les dommages physiques.

2.16.2.2 Regarde d'inspection :

- Un regard d'inspection sera prévu au voisinage de l'électrode de mise à la terre installée pour système de mise à la terre électrique
- Le regard d'inspection sera construit en béton et sera pourvu d'un couvercle démontable.

2.16.2.3 Méthode de raccordement :

- Le raccordement entre les conducteurs de mise à la terre enterrés se fera par la méthode de soudage aluminothermie (CAD welding). Dans le cas où la connexion est à l'extérieur, le raccordement se fera par le soudage aluminothermie ou par le boulonnage en utilisant un matériau anti-corrosif.
- Le raccordement aux équipements et carcasses métalliques se fera par le boulonnage.
- Le raccordement entre le conducteur et l'électrode dans le regard d'inspection se fera par le boulonnage afin de pouvoir vérifier séparément la valeur de la résistance du système de mise à la terre et celle de l'électrode.

2.16.3 System mise à la terre des équipements électriques :

1. Méthode de mise à la terre :

- **Circuit CA :**
 - 60kV : Mise à la terre du neutre par méthode directe à travers un sectionneur.
 - 5.5kV : Mise à la terre du neutre à travers une résistance.
 - 380V : Mise à la terre par méthode directe.

- **Circuit CC (Commande) :**

Le système à deux (2) fils sera pourvu d'un détecteur de courant de fuite à la terre et la mise à la terre de ligne ne sera pas prévue.

2.16.4 SECTION MINIMALE DE CONDUCTEUR POUR EQUIPEMENTS ELECTRIQUES :

Les sections minimales des conducteurs de mise à la terre extérieurs pour les équipements électriques seront comme suit

Inférieure à I(A)	Taille de conducteur
	Section nominale du câble applicable(mm ²)
15	2.5
20	4
30	6
40	6
60	6
100	10
200	16
300	25
400	35
500	35
600	50
800	70
1000	70
1200	95
1600	120
2000	150
2500	150x2
3000	150x2
4000	150x2
5000	150x3
6000	150x3

Tableau 2-10 SECTION MINIMALE DE CONDUCTEUR POUR EQUIPEMENTS ELECTRIQUES

Remarque :

- Le tableau ci-dessus est élaboré sur la base de la norme NEC, article 250, Tableau 250-122.
- La valeur "I (A)" est la caractéristique assignée ou le courant de consigne du dispositif de protection contre la surintensité se trouvant en avant de l'équipement.
- Les conducteurs de grille de mise à la terre seront dimensionnés sur la base du courant de court-circuit d'une (1) seconde. Le système de mise à la terre sera dimensionné sur la base du courant de court-circuit d'une (1) seconde.

2.16.5 MISE A LA TERRE DE LA SOUS-STATION 60 kV :

- La grille de mise à la terre sera installée au-dessous de la sous-station 60 kV.
- La grille de mise à la terre sera constituée des conducteurs de 150 mm² qui seront posés à un intervalle de cinq (5) mètres et auront quatre (4) électrodes de mise à la terre à chaque coin.
- La grille de mise à la terre sera raccordée au réseau de mise à la terre principal de la zone des trains de process.
- Les carcasses métalliques des équipements électriques, clôtures, etc., pour le système 60 kV seront raccordés au système de mise à la terre.

2.16.6 MISE A LA TERRE POUR 60KV/5.5KV TRANSFORMATEUR :

- La grille de mise à la terre sera prévue au-dessous de la fondation du transformateur de puissance 60 kV principal. La grille de mise à la terre sera posée de la manière similaire à celle de la sous-station 60 kV. La grille de mise à la terre entre le transformateur 60 kV et la sous-station sera raccordée par plus de deux (2) conducteurs de mise à la terre.
- Le neutre de l'enroulement primaire sera raccordé directement à la grille de mis à la terre à travers un sectionneur, et le neutre de l'enroulement secondaire sera mis à la terre à travers une résistance de 100 A, 31,75 ohms.
- L'enveloppe et la clôture du transformateur seront mises à la terre.
- Tous les conducteurs de mise à la terre seront raccordés au réseau de mise à la terre principal.

2.16.7 MISE A LA TERRE POUR APPAREILLAGE 5.5KV :

- Le circuit de mise à la terre principal sera acheminé dans la salle d'appareillages au moyen de deux (2) conducteurs de mise à la terre de 150 mmTM, et les équipements électriques de puissance tels que tableau d'appareillage, tableau de condensateur, neutre de transformateur de puissance, etc., seront raccordés au système de mise à la terre prolongé directement ou via un circuit de branchement.
- Le circuit de mise à la terre principal aura deux (2) électrodes de mise à la terre au voisinage de la salle d'appareillages.

2.16.8 MISE A LA TERRE POUR 5.5KV/400V TRANSFORMATEUR :

- Le neutre de transformateurs de distribution 5,5 kV sera mis directement à la terre.
- L'enveloppe et la clôture de transformateurs seront mises à la terre.
- Chaque conducteur de mise à la terre sera raccordé et lié au réseau de mise à la terre principal.

2.16.9 MISE A LA TERRE DES EQUIPMENTS ELECTRIQUES INSTALLES DANS LA ZONE DES TRAINS DE PROCESS :

Circuit de mise à la terre principal sera acheminé le long du tracé des câbles principaux et la mise à la terre des équipements électriques locaux sera raccordée directement au fil de mise à la terre prolongée ou à travers le conducteur de branchement de mise à la terre.

MOTEUR :

- L'enveloppe métallique des moteurs sera mise à la terre.
- Les dimensions des conducteurs de mise à la terre seront conformes à celles indiquées dans le Tableau

2.16.10 PANNEAUX LOCAUX ET TABLEAUX DE DISTRIBUTION :

- Les enveloppes métalliques de panneaux locaux et de tableaux de distribution seront mises à la terre la barre neutre dans les panneaux locaux et les tableaux de distribution ne seront pas mis à la terre.
- Le raccordement de mise à la terre se fera de la même manière que celle pour les moteurs.

2.16.11 BOITE DE COMMANDE LOCALE, APPAREILS D'ECLAIRAGE, PRISES DE COURANT ET AUTRES :

- Les enveloppes métalliques des équipements seront mises à la terre

2.16.12 Câbles :

- Les armures et écrans métalliques de câbles seront mis à la terre.
- La section minimale de l'âme de conducteur de l'armoire sera de 10mm² à un (1) point et celle d'écran sera de 2,5 mm² à un (1) point.

2.16.13 SYSTÈME DE MISE À LA TERRE DE LA PROTECTION STATIQUE :

- La mise à la terre électrostatique sera prévue pour les structures, réservoirs, récipients, etc., et le conducteur de mise à la terre sera raccordé aux plaquettes prévues sur les structures, réservoirs, récipients, etc.
- Le nombre de conducteurs de mise à la terre pour les réservoirs et récipients ainsi que la section minimale de conducteurs de mise à la terre seront conformes à ceux indiqués dans le Tableau ci-après.

Diamètre de réservoirs et récipients (m)	Nombre de conducteur mise à la terre	Section(mm ²)
Égal ou inférieur à 5	1	35
Égal ou inférieur à 20	2 sur 360 degrés	35
Égal ou inférieur à 30	3 sur 360 degrés	70
Supérieur à 30	4 sur 360 degrés	70

Tableau 2-11 Section des câbles pour le régime de neutre

Pour les structures telles que pipe-racks, abris, supports d'aéroréfrigérants, etc., deux (2) conducteurs de mise à la terre seront prévus pour chacune des structures complètes, et ils seront installés à leurs deux coins diagonalement opposés.

Toutefois, en cas de structure dont la longueur est inférieure à 23 m, un (1) conducteur de mise à la terre sera prévu.

Le nombre de conducteurs de mise à la terre et la section minimale de conducteurs de mise à la terre seront conformes à ceux indiqués dans le Tableau ci-après :

Équipements		Points	Section (Mm ²)
Colonne	Hauteur inférieure à 23m, si nécessaire	1	35
	Hauteur : 23m	2	70
Structure	Hauteur inférieure à 23m, si nécessaire	1	35
	Hauteur : 23m	2	70
Pipe-rack	----	2	35

Liaison de brides	----	----	70
Ballon	----	2	35
Échangeur de chaleur	----	1	35
Liaison de conduite de câbles	----	Note)1	16
Une extrémité de conduite métallique	----	1	6

Tableau 2-12 Dimension de chaque éléments

Note 1) L'intervalle entre les points de mise à la terre de conduits de câbles ne dépassera pas 30 m. Les conduits de câbles seront reliés aux points où la conductivité électrique est interrompue.

La tuyauterie qui n'a pas de contact électrique avec son réservoir ou récipient associé telle que ligne de déchargement dans un réservoir ou récipient sera raccordée au réservoir ou récipient au moyen d'un conducteur de mise à la terre flexible.

Au cas où l'accouplement flexible entre la tuyauterie et le réservoir n'est pas électriquement continu, un conducteur séparé sera prévu pour la liaison électrique.

2.17 Les câbles :

2.17.1 Câbles HT :

2.17.1.1 Conducteur :

Le conducteur sera un conducteur rond compacté composé de fils de cuivre à haute conductivité recuits et non revêtus, conformément à la norme IEC 60228.

2.17.1.2 Écran conducteur :

L'écran du conducteur doit être constitué d'un composé semi-conducteur extrudé qui doit être fermement collé à la surface intérieure de l'isolant.

2.17.1.3 Isolation :

L'isolant sera constitué de polyéthylène réticulé et extrudé simultanément avec la couche d'écran du conducteur et la couche d'écran de l'isolant. Simultanément avec la couche d'écran du conducteur et la couche d'écran d'isolation par une méthode d'extrusion commune à trois couches avec : une traverse spéciale. Le processus de durcissement doit être un processus de durcissement à sec sans vapeur. L'épaisseur moyenne minimale ne doit pas être inférieure à l'épaisseur nominale spécifiée. Spécifiée et l'épaisseur minimale ne doit pas être inférieure à 90 % de l'épaisseur nominale. Nominal.

2.17.1.4 Écran d'isolation :

La couche semi-conductrice doit être extrudée sur l'isolant en même temps que l'isolant et l'écran conducteur avec l'isolant et l'écran conducteur.

**2.17.1.5 Blindage de fil de cuivre pour un câble XLPE de 240mm² à trois conducteurs
XLPE :**

Un ruban semi-conducteur doit être appliqué sur la couche semi-conductrice extrudée. Des fils de cuivre seront appliqués sur la bande semi-conductrice avec un pas approprié comme blindage électrique. Un ruban de liaison sera appliqué sur les fils de cuivre.

**2.17.1.6 Gaine métallique / Couche imperméable à l'eau pour câble XLPE 240mm² CAS
XLPE Câble :**

Une gaine métallique ou une couche imperméable à l'eau doit être appliquée alternativement sur l'âme du câble. Dans le cas de la gaine métallique, elle doit être constituée d'une gaine en aluminium ondulé sans soudure, et l'épaisseur minimale ne doit pas être inférieure de plus de 0,1 mm à l'épaisseur nominale spécifiée de plus de 0,1 mm + 5 % de l'épaisseur nominale spécifiée. Dans le cas de la couche imperméable à l'eau, elle doit être constituée de la feuille d'aluminium laminée avec la couche de plastique et fermement fixée à l'intérieur de la sur-gaine.

2.17.1.7 Gaine extérieure :

La protection anticorrosion consistera en un PVC noir sur la gaine. L'épaisseur moyenne ne doit pas être inférieure à l'épaisseur nominale spécifiée et la plus petite l'épaisseur mesurée la plus faible, en tout point, ne doit pas être inférieure à l'épaisseur nominale de plus de 0,1 mm + 15 % : de l'épaisseur nominale. La sur-gaine doit être ignifuge de catégorie B selon la norme CEI 60332-3. Un revêtement extérieur en graphite doit être appliqué sur la sur-gaine.

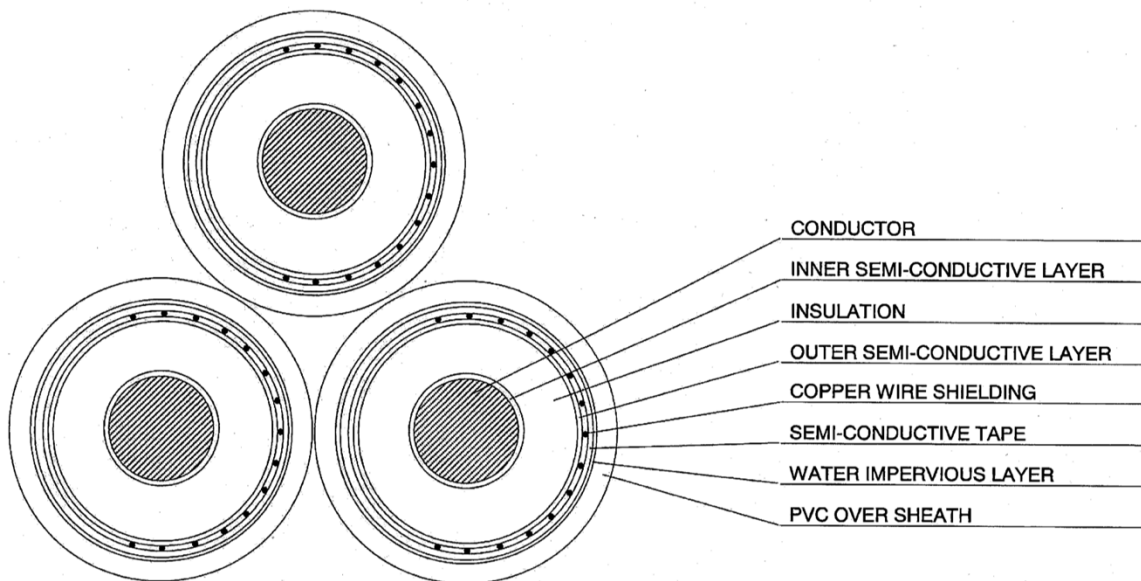


Figure 2-4 Construction d'un câble XLPE à trois âmes de 69kV avec couche imperméable à l'eau et blindage en fils de cuivre

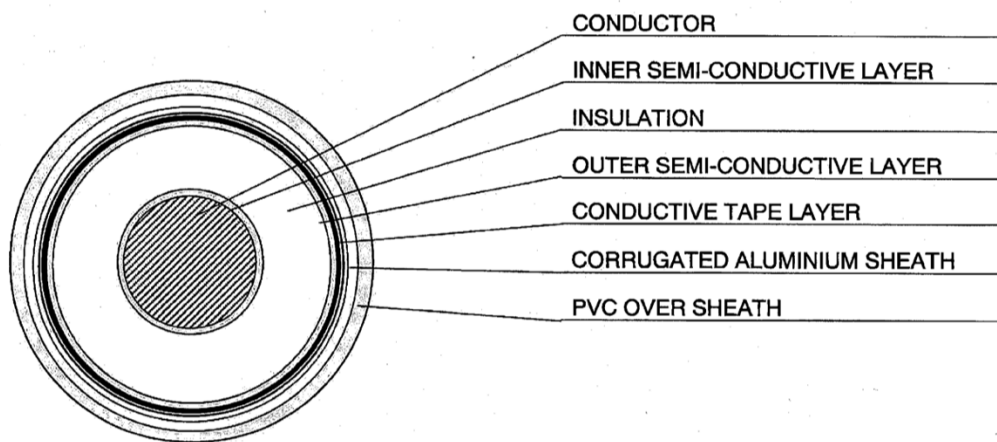


Figure 2-5 Construction d'un câble CAS 69kV avec gaine en aluminium ondulé

			Câble XLPE à trois conducteurs	Câble CAS
Voltage Nominal		kV	69	69
Conducteur	N de câbles	-	3	1
	Section	mm ²	240	240
	La forme	-	Conducteur rond compact	Conducteur rond compact
	Diamètre	mm	18.4	18.4
Épaisseur de la couche intérieure semi-conductrice		mm	1.0	1.0
Épaisseur de l'isolation		mm	10.0	9.0
Épaisseur de la couche semi-conductrice extérieure			1.0	1.0
Blindage du fil			2.6 x 40	-
Épaisseur de la gaine métallique/couche imperméable à l'eau		Mm	0.3	2.2
Épaisseur du PVC sur la gaine		Mm	4.0	4.0
Diamètre du câble		Mm	60.0	68.7
Diamètre après la pose		Mm	130	-
Poids		Kg/Km	20,640	5,900
Résistance maximale du conducteur à 20 C		Ω/ Km	0.0770	0.0754
Résistance du conducteur à 90 C		Ω/ Km	0.992	0.0972
Capacité maximale		μF/ Km	0.22	0.22
Réactance		Ω/ Km	0.133	0.142
Impédance		Ω/ Km	0.165	0.172
Courant de court-circuit/Temps	Conducteur	kA/ sec	34.3/1	34.3/1
	Gaine métallique	kA/ sec	31.5/1	32.8/1
Capacité de courant permissif		A	457 Condition : Collage en un seul point Résistivité thermique du sol ; 1,2 km/W Profondeur du câble ; 1.2m	419 Conditions : Collage en un seul point Résistivité thermique du sol ; 1.2k.m/W Profondeur du câble ; 2.0m Diamètre intérieur du conduit ;

			250mm Diamètre extérieur du conduit ; 260mm
--	--	--	--

Tableau 2-13 Spécifications des Câbles HT

2.18 Câble MT :

2.18.1 Les normes :

IEC 60228	Conducteurs de câbles isolés
IEC 60502-2	Câbles pour des tensions nominales de 6kV (Um=7,2 kV) à 30kV (Um=36 kV)
IEC 60332-3 Cat, B	Test de résistance à la flamme

Tableau 2-14 Les normes Câbles MT

2.18.2 Tolérance d'épaisseur :

2.18.2.1 Isolation :

- L'épaisseur moyenne ne doit pas être inférieure à l'épaisseur nominale.
- L'épaisseur minimale en tout point ne doit pas être inférieure à 90 % de la valeur nominale de plus de 0,1 mm.

2.18.2.2 Gaine extérieure :

- Non blindée L'épaisseur minimale en tout point ne doit pas être inférieure à 85 % de la valeur nominale de plus de 0,1 mm.
- Blindée L'épaisseur minimale en tout point ne doit pas être inférieure à 80% de la valeur nominale de plus de 0,2 mm.

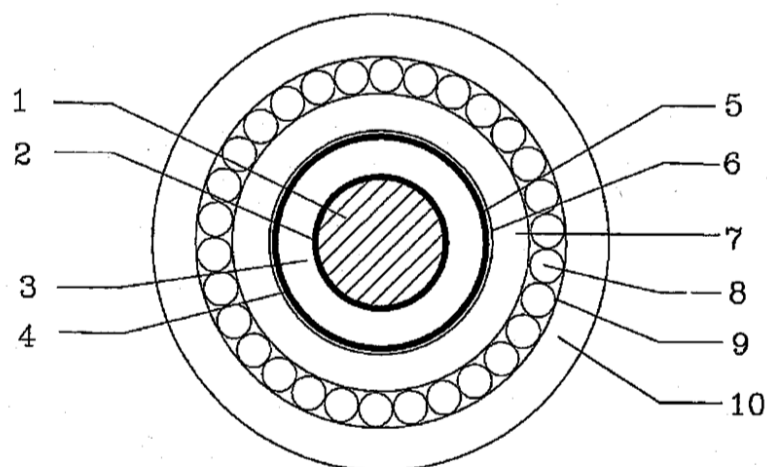
2.18.2.3 PARTICULIÈRE TECHNIQUE ET GARANTIE :

Tension nominale	kV	3.6/6(7.2) kV
Type de Câble	-	XLPE/AWA/PVC
Conducteur :		
- Matériel	-	Cuivre recuit brut
- Forme		Toron circulaire Classe compactée 2
- Nombre de noyaux	-	1 1
- Taille nominale	Mm2	150 185

- Diamètre approximatif	Mm2	14.3	16.0
Conductor screen :			
- Matériel	-	Composé semi-conducteur	
Isolation :			
- Matériel	-	XLPE	
- Épaisseur nominale	mm	2.5	2.5
Insulation Screen :			
- Matériel	-	Composé semi-conducteur	
Données électriques :			
- Max DC résistance	Ohm/Km	0.124	0.0991
- AC voltage teste	kV/5 min	12.5	
- AC résistance	Ω/Km	0.159	0.1272
- Réactance	Ω/Km	0.110	0.108
- Capacité	μF/ Km	0.485	0.531
Capacité de transport du courant :			
- Dans l'air a 30°C	A	473	543
- Dans le sol a 20°C	A	361	406

Tableau 2-15 PARTICULIÈRE TECHNIQUE ET GARANTIE

2.18.2.4 Construction et matériaux :



TYPE OF CABLE : XLPE/AWA/PVC
 VOLTAGE : 3.6/6(7.2) kV

CONSTRUCTION :

1. Conductor (Plain Annealed Copper)
2. Conductor Screen (Semiconductive Compound)
3. Insulation (XLPE)
4. Insulation Screen (Semiconductive Compound)
5. Metallic Screen (Copper Tape)
6. Tape (Suitable tape(s) By Manufacturer's Standard)
7. Separation Sheath (Flame Retardant PVC)
8. Armour (Round Aluminium Wire)
9. Tape (Manufacturer's Standard)
10. Outer Sheath (Flame Retardant PVC)

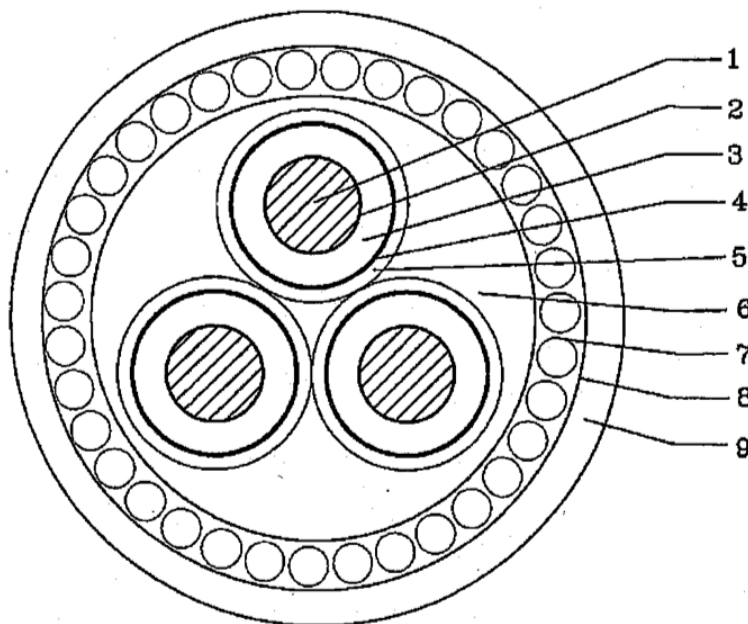
Figure 2-6 Câble 5.5 / 60kV

2.18.2.5 PARTICULIÈRE TECHNIQUE ET GARANTIE :

Tension nominale	kV	3.6/6(7.2) kV
Type de Câble	-	XLPE/AWA/PVC
Conducteur :		
- Matériel	-	Cuivre recuit brut
- Forme		Toron circulaire Classe compactée
		2
- Nombre de noyaux	-	3 3 3

- Taille nominale	Mm2	150	185	240
- Diamètre approximatif	Mm2	14.3	16.0	18.3
Conductor screen :				
- Matériel	-	Composé semi-conducteur		
Isolation :				
- Matériel	-	XLPE		
- Épaisseur nominale	mm	2.5	2.5	2.6
Insulation Screen :				
- Matériel	-	Composé semi-conducteur		
Données électriques :				
- Max DC résistance	Ohm/Km	0.124	0.0991	0.0754
- AC voltage teste	kV/5 min	12.5		
- AC résistance	Ω/Km	0.159	0.1272	0.0984
- Réactance	Ω/Km	0.110	0.108	0.083
- Capacité	μF/ Km	0.485	0.531	0.0573
Capacité de transport du courant :				
- Dans l'air a 30°C	A	39	453	529
- Dans le sol a 20°C	A	332	374	431

Figure 2-7 PARTICULIÈRE TECHNIQUE ET GARANTIE



TYPE OF CABLE : XLPE/SWA/PVC
VOLTAGE : 3.6/6(7.2) kV

CONSTRUCTION :

1. Conductor (Plain Annealed Copper)
2. Conductor Screen (Semiconductive Compound)
3. Insulation (XLPE)
4. Insulation Screen (Semiconductive Compound)
5. Metallic Screen (Copper Tape)
6. Separation Sheath/Filler (Flame Retardant PVC)
7. Armour (Galvanized Round Steel Wire)
8. Tape (Suitable Tape(s) by Manufacturer's Standard)
9. Outer Sheath (Flame Retardant PVC)

Figure 2-8 Câble 3.6 / 6kV

2.19 Les Câbles BT :

2.19.1 Les normes :

IEC 60228	Conducteurs de câbles isolés
IEC 60502-1	Câbles pour tensions nominales de 1kV (Um=1,2 kV) et 3kV (Um=3,6 kV)
IEC 60332-3 Cat. B	Essai de résistance à la flamme
IEC 60364-5-523	Installation électrique des bâtiments - Sélection et montage des équipements électriques. Capacité de transport du courant dans le système de câblage

Figure 2-9 Les normes Câbles BT

2.19.2 Construction et matériel :

La construction et les dimensions des câbles et du matériel sont indiquées dans les tableaux et les dessins ci-joints.

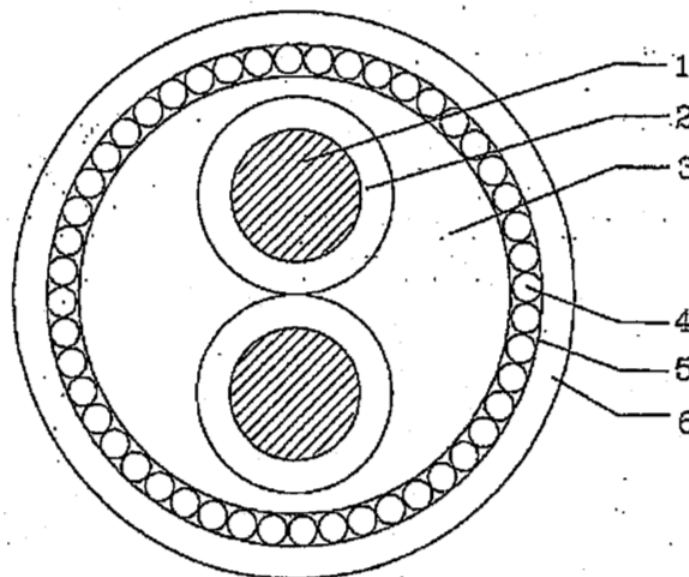
2.19.3 Tolérance d'épaisseur :

2.19.3.1 Isolation :

- L'épaisseur moyenne ne doit pas être inférieure à l'épaisseur nominale.
- L'épaisseur minimale en tout point ne doit pas être inférieure de plus de 0,1 mm à 90 % de la valeur nominale. Valeur nominale de plus de 0,1 mm.

2.19.3.2 PARTICULIÈRE TECHNIQUE :

Afin d'avoir de plus ample information technique sur les câbles nous vous prions d'en référer à l'annexe n°01.

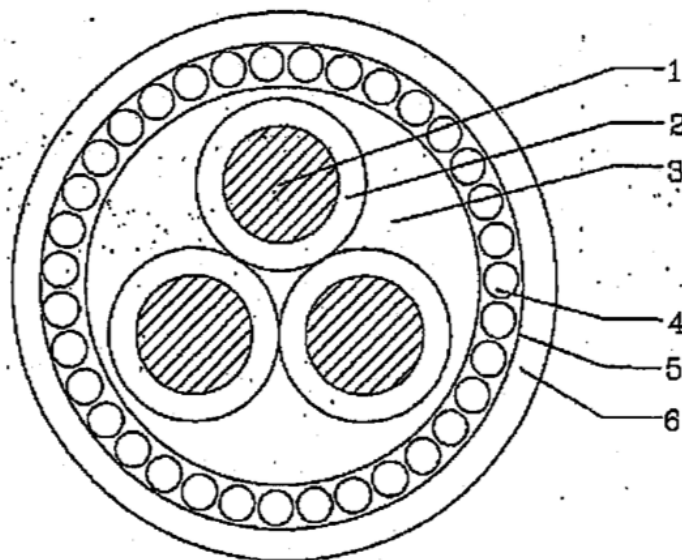


TYPE OF CABLE : XLPE/SWA/PVC
VOLTAGE : 0.6/1 kV

CONSTRUCTION :

1. Conductor (Plain Annealed Copper)
2. Insulation (XLPE)
3. Bedding/Filler (Flame Retardant PVC)
4. Armour (Galvanized Round Steel Wire)
5. Tape (Suitable Tape(s) by Manufacturer's Standard)
6. Outer Sheath (Flame Retardant PVC)

Figure 2-10 Câbles 0.6/1kV

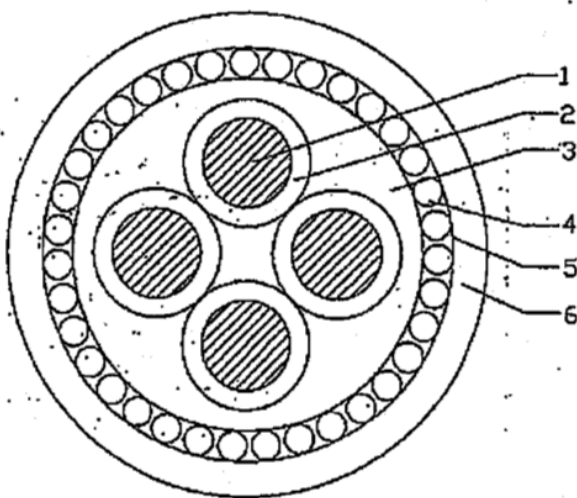


TYPE OF CABLE : XLPE/SWA/PVC
VOLTAGE : 0.6/1 kV

CONSTRUCTION :

1. Conductor (Plain Annealed Copper)
2. Insulation (XLPE)
3. Bedding/Filler (Flame Retardant PVC)
4. Armour (Galvanized Round Steel Wire)
5. Tape (Suitable Tape(s) by Manufacturer's Standard)
6. Outer Sheath (Flame Retardant PVC)

Figure 2-11 Câbles 0.6/1kV



TYPE OF CABLE : XLPE/SWA/PVC
VOLTAGE : 0.6/1 kV

CONSTRUCTION :

1. Conductor (Plain Annealed Copper)
2. Insulation (XLPE)
3. Bedding/Filler (Flame Retardant PVC)
4. Armour (Galvanized Round Steel Wire)
5. Tape (Suitable Tape(s) by Manufacturer's Standard)
6. Outer Sheath (Flame Retardant PVC)

Figure 2-12 Câbles 0.6/1kV

2.20 Les relais :

2.20.1 Définition :

Un relais de protection est un dispositif qui détecte toute modification du signal qu'il reçoit, généralement d'une source de courant et/ou de tension. Si l'amplitude du signal entrant est en dehors d'une valeur prédéfinie, le relais effectue une opération spécifique, généralement la fermeture ou l'ouverture de contacts électriques pour initier une autre opération, par exemple le déclenchement d'un disjoncteur.

2.20.2 Classification :

a) Construction :

- Électromécanique
- A semi-conducteurs
- Microprocesseur
- Numérique
- Non-électrique (thermique, pression, etc.)

b) Signal entrant :

- Courant
- Tension
- Puissance
- Fréquence
- Température
- Pression
- Vitesse

c) Fonction :

- Surintensité
- Surintensité directionnelle
- Distance
- Surtension
- Différentiel

2.20.3 Protection numérique :

Les relais de protection numérique fonctionnent sur la base d'entrées d'échantillonnage et de sorties de contrôle pour protéger ou contrôler le système surveillé. Les courants et/ou les tensions du système, par exemple, ne sont pas surveillés de manière continue mais, comme toutes les autres quantités, sont échantillonnés un par un. Après avoir acquis des échantillons des formes d'onde

d'entrée, des calculs sont effectués pour convertir les valeurs échantillonnées incrémentielles en une valeur finale qui représente la quantité d'entrée associée sur la base d'un algorithme défini. Une fois que la valeur finale d'une quantité d'entrée peut être établie, la comparaison appropriée à un réglage, une valeur de référence, ou toute autre action, peut être prise comme nécessaire par le relais de protection.

2.20.4 Architectures typiques des relais numériques :

Les relais numériques sont constitués de modules aux fonctions bien définies.

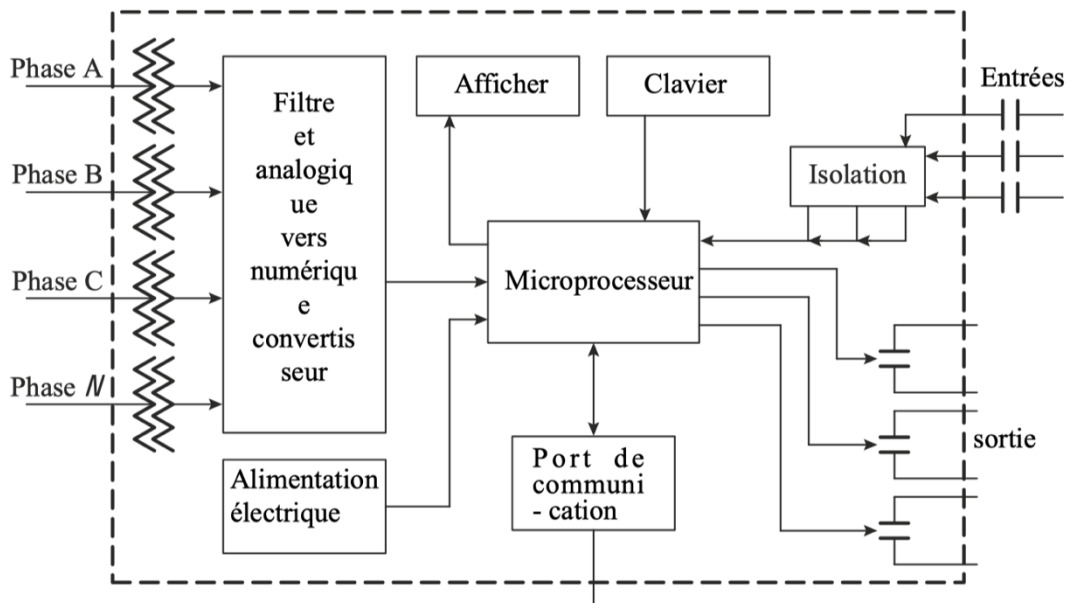


Figure 2-13 Architectures typiques des relais numériques

- Microprocesseur :** Responsable du traitement des algorithmes de protection. Il comprend le module de mémoire qui est constitué de deux composants de mémoire : RAM et ROM.
 Module d'entrée : Les signaux analogiques de la sous-station sont capturés et envoyés au microprocesseur. Ce module contient généralement les éléments suivants :
Des filtres analogiques, conditionneur de signal, convertisseur analogique-numérique.
- Module de sortie :** Conditionne les signaux de réponse du microprocesseur et les envoie aux éléments externes qu'ils commandent. Il est composé d'une sortie numérique qui génère une impulsion comme signal de réponse et d'un conditionneur de signal qui amplifie et isole l'impulsion.

- **Module de communication** : Contient des ports série et parallèle pour permettre l'interconnexion des relais de protection avec les systèmes de contrôle et de communication de la sous-station.

2.20.5 Fonctions standard des relais numériques :

- **Protection** : Les fonctions de protection des relais numériques peuvent typiquement inclure une ou plusieurs des fonctions suivantes :

Surintensité triphasée, surintensité de défaut à la terre surintensité de séquence négative, puissance directionnelle, surexcitation, surtension, et sous-tension, sur et sous fréquence, distance, perte de champ, différentiel.

- **Mesure** : Les relais numériques intègrent normalement des fonctions de mesure exceptionnelles. Les courants et les tensions triphasés sont échantillonnés numériquement et la fondamentale est extraite à l'aide d'un algorithme de transformée de Fourier discrète (DFT). Les fonctions de mesure comprennent la tension, le courant, la fréquence, le facteur de puissance, la puissance apparente, la puissance réactive et la puissance réelle. Les valeurs mesurées sont visualisées via n'importe quel port de communication à l'aide de commandes série ou sur l'IHM du panneau avant, le cas échéant.
- **Contrôle** : La plupart des relais numériques intègrent au moins un commutateur de commande de disjoncteur virtuel et plusieurs commutateurs virtuels auxquels on peut accéder localement depuis l'IHM ou à distance depuis le port de communication. Le commutateur de commande de disjoncteur virtuel permet le déclenchement et la fermeture d'un disjoncteur sélectionné. Les commutateurs virtuels peuvent être utilisés pour déclencher et fermer d'autres commutateurs et disjoncteurs ou pour activer et désactiver certaines fonctions.



Figure 2-14 Relais AREVA

2.20.6 Les relais Phase 3 :

La protection dans GP1/Z a été réalisée par IHI et tous les relais proviennent d'AREVA. Il y a beaucoup de relais pour assurer la bonne protection de notre équipement et dans cette section, nous allons discuter plus en détail de ces relais et donner toutes les informations nécessaires à leur sujet pour servir nos études dans le domaine de la protection.

Protection Panneau de relais :

Numéro de fonction du relais de protection signifie la caractéristique suivante.[6]

87T : Protection différentielle du courant de transformateur

87B : Protection différentielle des barres omnibus

51 : Surintensité de temps (phase)

51N : Surintensité de défaut à la terre à 1 temps

50 : Surintensité instantanée (phase)

50N : Courant de défaut à la terre instantané

21 : Protection de distance ou d'impédance

25 : Relais de contrôle synchro

27D : Sous-tension (phase à phase)

27N : Sous-tension (phase à Neutre)

59 : Surtension

64 : Protection de la terre

81H : Sur-fréquence

81U : Sous-fréquence

87L : Protection différentielle de ligne

2.20.6.1 Panneau de protection de bus 60kV :

Des relais de protection de bus seront préparés :

P741, P742, et (P941) seront utilisés comme protection de bus.

Le système de protection de bus est composé des éléments suivants.

- 1 P741 (87BB(P), 87BB(N), 87CZ)
- 10 P742 (unité périphérique 87B)
- 2 P941 (27, 59, 81U<code ANSI>)
- 1 P132(50/51,50N/51N,25)
- C264 (unité de commande de la baie (communications de données))

2.20.6.2 Protection de ligne 60kV pour l'arrivée :

Les relais de protection de ligne seront préparés.

P545 sera appliqué comme protection de ligne (87), protection de distance (21).

P141 sera utilisé comme protection de secours et de défaut de terre. (50/51/50N/51N)

2 P545 (87P/G,21P/G,79,25)

2 P141 (50/51,50N/51N)

2 C264 (unité de contrôle de la baie (communications de données))

2.20.6.3 Protection de l'alimentation de 60kV pour la salle principale SWGR :

La protection de l'alimentation et les relais de protection du transformateur seront préparés,

- P122 sera utilisé comme protection de l'alimentation.
- P632 sera utilisé pour la protection du transformateur.

Le système de protection de l'alimentation de la salle principale SWGR est protégé par les éléments suivants :

- 4 **P122** (50/51,50N/51N)
- 4 **P632** (87T,87N1,87N2.51N1,51N2,49)
- 4 **C264** (Unité de commande de la baie.

2.20.6.4 Panneau de protection de ligne 60kV dans la salle SWGR locale :

Les relais de protection de ligne côté sous-station LOCALE seront préparés.

Les raccordements de chaque ligne d'alimentation seront les suivants

- 2 **P521** (87L)
- 2 **C264** (unité de contrôle de la baie (données-communications))

2.20.6.5 Protection des transformateurs 60kV et panneau de supervision dans la salle SWGR locale :

Les relais de protection du transformateur seront préparés. **P632** sera appliqué comme protection du transformateur.

Le système de protection du transformateur de réception hors site est protégé par les éléments suivants.

- 2 **P632** (87T,87N1,87N2.51N1,51N2,49)

- **2 C264** (Unité de contrôle de la baie (communication de données et contrôle AVR, LTC)

2.20.6.6 Panneau de protection de ligne 60kV pour la salle SWGR locale :

La protection de la ligne 60kV sera préparée pour protéger entre la sous-station 60kV et local SWGR room.

2.20.6.7 Les relais de protection de ligne côté sous-station 60kV

Les raccords de chaque ligne d'alimentation seront les suivants :

- **2 P122**(50/51,50N/51N)
- **2 P521** (87L)
- **2 C264**(Unité de contrôle de baie (Données-communications))

2.20.6.8 Panneau de protection de ligne 60kV dans la salle SWGR locale :

Les relais de protection de ligne côté sous-station LOCALE seront préparés. Les raccordements de chaque ligne d'alimentation seront les suivants :

- **2 P521** (87L)
- **2 C264** (unité de contrôle de la baie (données-communications))

2.21 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons cité tous les équipements nécessaires et leurs détails techniques, afin de compléter l'étude que nous allons faire dans le chapitre suivant, car nos logiciels de simulation (ETAP, S1 STUDIO), ont besoin des informations les plus précises sur le réseau avec lequel nous travaillons

Introduction

En utilisant les informations citées dans le chapitre précédent, nous allons cibler le calcul des éléments cruciaux de la mise en place d'un système de protection (étude de court-circuit, impédances, dimensionnement des câbles) et nous allons réaliser une simulation pour confirmer le bon choix de constructeur

3 Les méthodes de calculs

3.1 Section de câbles :

3.1.1 Câbles MT et BT :

Pour étudier la protection et l'équipement nécessaire à celle-ci, un des éléments cruciaux que nous devons considérer est la section d'un câble. Il existe de très nombreuses lois et méthodes de calcul. Nos calculs ont été rendus possibles grâce à cette loi et à cette feuille Excel :

3.1.2 Capacité de charge de courant de court-circuit :

$$I = 224 \times \frac{A}{\sqrt{t}} \times \sqrt{\ln \left(\frac{234 + \theta_1}{234 + \theta_2} \right)}$$

$$A = I \times \frac{\sqrt{t}}{141.9}$$

Avec :

I : Courant de court-circuit (kA)

A : Section (mm²)

T : Durée aux courts-circuits (sec)

Θ : Température continue admissible au maximum

Θ : Température admissible au maximum à court-circuit

Short circuit Courant (kA)	kA	Time (sec)	K (coefficient)	Section cable (mm2)
0,36	1000	1	141,9	3
0,57	1000	1	141,9	4
0,85	1000	1	141,9	6
1,42	1000	1	141,9	10
2,27	1000	1	141,9	16
3,35	1000	1	141,9	24
4,97	1000	1	141,9	35
7,1	1000	1	141,9	50
9,94	1000	1	141,9	70
13,5	1000	1	141,9	95
17	1000	1	141,9	120
21,3	1000	1	141,9	150
26,3	1000	1	141,9	185
34,1	1000	1	141,9	240
42,6	1000	1	141,9	300
56,8	1000	1	141,9	400
71	1000	1	141,9	500
89,5	1000	1	141,9	631
113,5	1000	1	141,9	800
142,6	1000	1	141,9	1005

Tableau 3-1 Section des câbles 5.5kV

Short circuit Courant (kA)	kA	Time (sec)	K (coefficient)	Section cable (mm2)
1,42	1000	1	141,9	10
2,27	1000	1	141,9	16
3,55	1000	1	141,9	25
4,97	1000	1	141,9	35
7,1	1000	1	141,9	50
9,94	1000	1	141,9	70
13,5	1000	1	141,9	95
17	1000	1	141,9	120
21,3	1000	1	141,9	150
26,3	1000	1	141,9	185
34,1	1000	1	141,9	240
42,6	1000	1	141,9	300
56,8	1000	1	141,9	400
71	1000	1	141,9	500
89,5	1000	1	141,9	631
113,6	1000	1	141,9	801
142	1000	1	141,9	1001

Tableau 3-2 Section de câbles 380V

3.1.3 Câbles HT :

$$I = K \times S \times \sqrt{\left\{ \frac{1}{t} \times \log \left(\frac{\theta_f + \beta}{\theta_i + \beta} \right) \right\}}$$

Avec :

I : courant de court-circuit

T : durée de court-circuit (sec)

K : constante dépendant du matériau de l'élément conducteur de courant ($As^{1/2}/mm^2$)

S : section de câble

θ_f : température finale (°C)

θ_i : température initiale (°C)

β : réciproque du coefficient de température de la résistance de l'élément porteur de courant à 0°C (K)

	Conducteur	CVT Câble	CAS Câble
Matériel	Cuivre	Cuivre	Aluminium
K ($As^{1/2}/mm^2$)	226	226	148
β (K)	234,5	234,5	228

Tableau 3-3 Section câbles HT

3.2 Résultat obtenue :

	Conducteur	Gaine métallique
Matériel	Cuivre	Cuivre
S (mm^2)	240	240
θ_f (°C)	90	75
θ_i (°C)	250	200
T (sec)	1	1
I (kA)	34,4	31,5

	Conducteur	Gaine métallique
Matériel	Cuivre	Aluminium
S (mm^2)	240	387
θ_f (°C)	90	80
θ_i (°C)	250	200
T (sec)	1	1
I (kA)	34,4	32.8

3.3 Les impédances des Câbles :

$$L = \frac{V}{Kw \times In \times (R \times \cos \varphi + X \times \sin \varphi)}$$

Avec :

L : Longueur maximal de câble (Km)

V : Chute de tension (V)

Kw : Coefficient du au mode électrique

$\sqrt{3}$: triphasé 3 fils

1 : Triphasé 4 fils ou monophasé 3 fils

2 : Monophasé 2 fils ou CC 2 fils

In : courant de Consommateur

R : Résistance de Câbles (ohm/Km) q

X : Réactance de Câbles (ohm/Km)

Cos φ : Facteur de puissance (valeur moyenne de consommateurs)

Sin φ : facteur de puissance réactive = $\sqrt{1 - \cos^2 \varphi}$

3.3.1 Résultat obtenue :

3.3.1.1 Section câbles 400V :

Résistance	Réactance	Section nominale (mm2)
9.45	0.0932	2.5
5.88	0.0875	4
3.93	0.0837	6
2.33	0.0761	10
1.47	0.0761	16
0.927	0.0768	25
0.669	0.0743	35
0.494	0.0739	50
0.342	0.0726	70
0.247	0.0708	95
0.196	0.0705	120
0.160	0.0709	150
0.128	0.0712	185
0.0987	0.0703	240
0.0799	0.0697	300
0.0640	0.0694	400

Tableau 3-4 Impédances 400V

3.3.1.2 Section Câbles 5.5kV :

Résistance	Réactance	Section nominale (mm ²)
2.33	0.115	10
1.47	0.110	16
0.927	0.102	25
0.668	0.0972	35
0.494	0.0940	50
0.342	0.0891	70
0.247	0.0855	95
0.196	0.0831	120
0.159	0.0810	150
0.128	0.0792	185
0.0984	0.0773	240
0.0794	0.0776	300
0.0635	0.0764	400

Tableau 3-5 Impédance câbles 5.5kV

3.4 Le courant de court-circuit :

3.4.1 Définition :

Le **courant de court-circuit** (ou intensité de court-circuit), noté I_{cc} , d'un dipôle est le courant qui le traverserait si ses bornes étaient reliées par un conducteur parfait de résistance nulle. Le courant de court-circuit d'un générateur de tension parfait est infini. En pratique cette valeur est finie, limitée par les impédances internes du générateur de tension, des divers tronçons de ligne et des composants placés sur le trajet de ce courant.

3.4.2 Intérêt du calcul du courant de court-circuit :

- Pour le dimensionnement des protections d'une installation :

La connaissance du **courant de court-circuit** est très importante pour le **dimensionnement des organes de sécurité**. La connaissance de la valeur du courant de **court-circuit** I_{cc} à tous les endroits d'une installation, où l'on veut placer un dispositif de **protection (fusible ou disjoncteur)** chargé de l'interrompre, permet de s'assurer que le **pouvoir de coupure** du fusible ou du disjoncteur est bien **supérieur au courant de court-circuit** à cet endroit. L'incapacité d'un fusible ou d'un disjoncteur d'interrompre un courant de court-circuit peut **produire des résultats catastrophiques**. Les valeurs de ce courant sont généralement exprimées en **kA**.

La connaissance des intensités de court-circuit (I_{cc}) aux différents points d'une installation est indispensable pour la conception d'un réseau.

Le calcul du courant de court-circuit triphasé maximal est utilisé pour :

- la vérification du pouvoir de coupure du dispositif de protection,
- la vérification des contraintes thermiques des conducteurs lorsque le dispositif de protection est un disjoncteur.

Le calcul du courant de court-circuit triphasé minimal (voir Cas particuliers relatifs aux courants de court-circuit) est utilisé pour :

- la vérification du seuil de déclenchement en cas de court-circuit lorsque le dispositif de protection est un disjoncteur,
- la vérification des contraintes thermiques des conducteurs lorsque le dispositif de protection est un fusible.

3.4.3 Calcule courant de court-circuit :

Dans une installation triphasée, I_{cc} tri en un point du réseau est donnée par la formule :

$$I_{cc} = \frac{U_{20}}{\sqrt{3}Z_T}$$

- U_{20} = tension entre phases à vide au secondaire d'un transformateur HT / BT (en V)
- Z_T = impédance totale par phase du réseau en amont du défaut (en Ω).

pour calculer le courant de court-circuit, il y a quelques paramètres que nous devons connaître :

1. Les impédances des câbles
(On a déjà calculé les impédances de chaque section)
2. Les impédances des Transformateurs
3. Les impédances du Réseaux
4. Courant de court-circuit triphasé au secondaire d'un transformateur

3.4.4 Les impédances des Transformateurs :

3.4.4.1 Impédance Transformateur 60kV : 5.5kV 30MVA :

$$Z = U_{cc} \times \left(\frac{U_n^2}{S_n} \right)$$

$$Z = 0.12 \times \left(\frac{5.5^2}{30} \right) = 0.121 \Omega$$

3.4.4.2 Impédance Transformateur 60kV : 5.5kV 15MVA :

$$Z = 0.09 \times \left(\frac{5.5^2}{15} \right) = 0.1815 \Omega$$

3.4.4.3 Impédance Transformateur 5.5kV : 400V

$$Z = U_{cc} \times \left(\frac{U_n^2}{S_n} \right)$$

$$Z = 0.055 \times \left(\frac{0.4^2}{2} \right) = 0.0044 \Omega$$

3.4.4.4 Impédance Transformateur 5.5kV: 400V

$$Z = 0.052 \times \left(\frac{0.4^2}{1.5} \right) = 0.00554 \Omega$$

3.4.4.5 Les impedances du reseaux:

$$Z = \frac{U_n^2}{S_c}$$

$$Z = \frac{(60)^2}{3500} = 1.028 \Omega$$

3.4.5 Courant de court-circuit pour un Transformateur :

$$I_{cc} = \frac{I_n \times 100}{U_{cc}} \quad \text{Avec} \quad I_n = \frac{P \times 10^3}{U_{20} \sqrt{3}}$$

- P = puissance du transformateur en kVA,
- U_{20} = tension phase-phase secondaire à vide en volts,

- I_n = intensité nominale en ampères,
- I_{cc} = intensité du courant de court-circuit en ampères,
- U_{cc} = tension de court-circuit en %.

3.4.5.1 Transformateur 1 60kV : 5.5kV (30MVA) :

$$I_n = \frac{30000 \times 10^3}{5500\sqrt{3}} = 3149.18A$$

$$I_{cc} = \frac{3149.18 \times 100}{10} = 31.49kA$$

3.4.5.2 Transformateur 2 60kV : 5.5kV (15MVA) :

$$I_n = \frac{1500 \times 10^3}{5500\sqrt{3}} = 1574.6A$$

$$I_{cc} = \frac{1574.6 \times 100}{10} = 15.74kA$$

3.4.5.3 Transformateur 3 5.5kV : 400V 2000kVA :

$$I_n = \frac{2000 \times 10^3}{400\sqrt{3}} = 2886.75A$$

$$I_{cc} = \frac{2886.75 \times 100}{5.5} = 52.48kA$$

3.4.5.4 Transformateur 4 5.5kV : 400v 1500kVA :

$$I_n = \frac{1500 \times 10^3}{400\sqrt{3}} = 2165.06A$$

$$I_{cc} = \frac{2165.06 \times 100}{5.2} = 41653.77kA$$

3.4.6 La loi utilisée :

$$I_{cc} = \frac{V}{Z_T} = \frac{U}{\sqrt{3} \times \sqrt{\sum R^2 + \sum X^2}}$$

3.4.6.1 Les résultats obtenus :

Tables BUS__1	Tables __2	Tables The result of SCC (kA peak)__4	Tables Attachment__5
3A01	60kV	15.84	SHORT CIRCUIT CAPACITY
3B01	60kV	15.84	SHORT CIRCUIT CAPACITY-Mark
3A11	5.5kV	50.27	SHORT CIRCUIT CAPACITY-Mark
3B11	5.5kV	50.276	AR SHORT CIRCUIT CAPACITY
3A21	5.5kV	50.11	SHORT CIRCUIT CAPACITY
3B21	5.5kV	50.11	SHORT CIRCUIT CAPACITY
3A31	5.5kV	35.38	SHORT CIRCUIT CAPACITY
3B31	5.5kV	35.38	SHORT CIRCUIT CAPACITY
3A1101	400V	84.02	SHORT CIRCUIT CAPACITY
3B1101	400V	84.02	SHORT CIRCUIT CAPACITY
3A1102	400V	83.62	SHORT CIRCUIT CAPACITY
3B1102	400V	83.62	SHORT CIRCUIT CAPACITY
3A1103	400V	104.00	SHORT CIRCUIT CAPACITY
3B1103	400V	104.00	SHORT CIRCUIT CAPACITY
3A2101	400V	103.10	SHORT CIRCUIT CAPACITY
3B2101	400V	103.10	SHORT CIRCUIT CAPACITY
3A2102	400V	103.10	SHORT CIRCUIT CAPACITY
3B2102	400V	103.10	SHORT CIRCUIT CAPACITY
3A3101	400V	81.07	SHORT CIRCUIT CAPACITY
3B3102	400V	81.07	SHORT CIRCUIT CAPACITY

Tableau 3-6 Résultats de court-circuit dans la phase 3

3.5 Simulation :

Dans cette section du mémoire, nous allons faire une simulation du calcul que nous avons fait auparavant en utilisant un logiciel spécial appelé ETAP. [7]

Electrical Transient Analyzer Program (ETAP) est un outil logiciel de modélisation et de simulation de réseaux électriques utilisé par les ingénieurs en systèmes électriques pour créer un "jumeau numérique électrique" et analyser la dynamique des systèmes électriques, les transitoires et la protection.

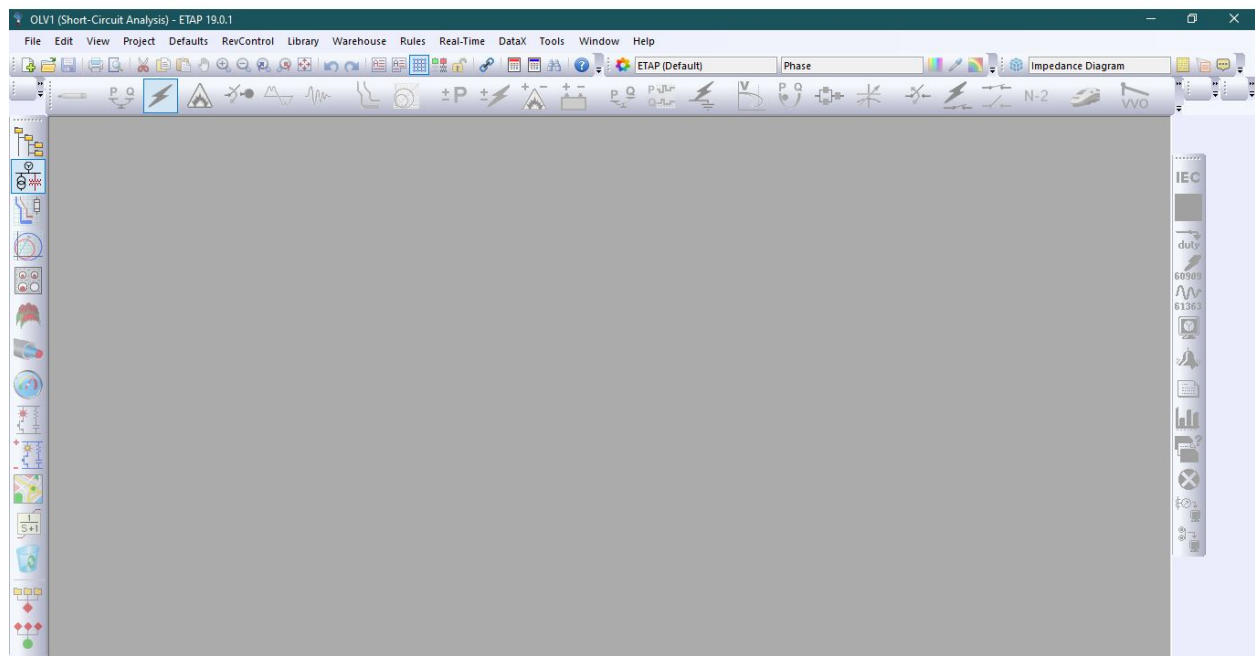


Figure 3-1 Interface de logiciel ETAP

3.5.1 L'utilisation de logiciel :

On a procédé au choix de ce logiciel pour les nombreuses opportunités qu'il offre, surtout en ce qui concerne notre thème.

Parmi ces utilisations, on peut citer :

- Conception de systèmes d'alimentation électrique pour les réseaux ANSI et IEC
- Simulation de sous-stations d'alimentation électrique
- Surveillance et analyse d'alimentation
- Étude d'un réseau à courant continu
- Harmoniques dans les systèmes électriques ferroviaires
- Protection de la production distribuée
- Analyse des réseaux électriques des immeubles de grande hauteur
- Étude du flux de charge ou du flux de puissance
- Analyse des courts-circuits ou des défauts
- Coordination, discrimination ou sélectivité des dispositifs de protection
- Conception et analyse de sous-stations

3.5.2 Schéma réaliser :

On a réalisé le réseau de la phase III avec tous ses équipements, jeu de barres, transformateurs, lignes, relais de protection et les différents moteurs électriques. Le détail du schéma réalisé est placé dans l'annexe 1.

3.6 Résultat de simulation :

D'abord on a réalisé un schéma de complexe GPI/Z en utilisant l'interface graphique de logiciel qui nous permettez de réaliser schéma avec les composants nécessaire avec leur valeurs réel pour obtenue résultats plus proches à la réalité. Les normes utilisées sont les IEC.

3.6.1 Court-circuit

Le courant de court-circuit momentané au $\frac{1}{2}$ cycle représente la valeur la plus élevée ou maximale du courant de court-circuit avant que ses composantes AC et DC ne décroissent vers la valeur de régime permanent. Bien que le que le courant de court-circuit le plus élevé ou maximal se produise en réalité un peu avant le $\frac{1}{2}$ cycle, le réseau $\frac{1}{2}$ cycle est utilisé pour ce calcul [7]

La procédure suivante est utilisée pour calculer le courant de court-circuit momentané :

1. Calculer la valeur efficace symétrique du courant de court-circuit momentané à l'aide de la formule suivante :

$$I = \frac{V_{(fault)}}{\sqrt{3}Z_{eq}}$$

Où Z_{eq} est l'impédance équivalente au niveau du bus en défaut du réseau $\frac{1}{2}$ cycle.

2. Calculez la valeur efficace asymétrique du courant de court-circuit momentané à l'aide de la formule suivante :

$$I_{(asym)} = MF_m I_{(sym)}$$

Où MF_m est le facteur multiplicatif momentané, calculé à partir de :

$$MF_m = \sqrt{1 + 2e^{\frac{-2\pi}{X/R}}}$$

3. Calculez la valeur de crête du courant de court-circuit momentané en utilisant la formule suivante :

$$I_{(peak)} = MF_p I_{(sym)}$$

Où MF_p est le facteur de multiplication du pic, calculé à partir de :

$$MF_p = \sqrt{2} \left(1 + e^{\frac{-\pi}{X/R}} \right)$$

Cette valeur est le kA Crest asymétrique calculé, imprimé dans la colonne Service momentané de la page Service momentané du rapport de sortie. Momentary Duty de la page Momentary Duty du rapport de sortie. Dans les deux équations pour le calcul de MFm et MFp, X/R est le rapport entre X et R à l'emplacement du défaut obtenu à partir de réseaux X et R séparés à ½ cycle. à partir de réseaux X et R séparés à ½ cycle. La valeur du courant de défaut calculée par cette méthode peut être utilisée pour les raisons suivantes : [7]

- Vérifier les capacités de fermeture et de verrouillage des disjoncteurs haute tension.
- Vérifier les capacités de contreventement des bus
- Ajuster les réglages instantanés des relais
- Vérifier les capacités d'interruption des fusibles et des disjoncteurs basse tension.

3.6.2 Les résultats obtenus

3.6.2.1 Court-circuit

Voir annexe 1

3.6.2.2 Rapport de court-circuit

Voir annexe 3

3.6.2.3 Surcharge

Voir annexe 2

3.6.2.4 Rapport surcharge

Voir Annexe 4

3.7 Les relais et la coordination :

Les relais de protection qui surveillent en permanence les grandeurs électriques du réseau, comportent des associations de fonctions élémentaires, dont la combinaison est adaptée aux éléments de réseau surveillés.

3.7.1 Fonctionnement :

Le relais comprend (fig. 1) :

- L'entrée analogique de mesure de la grandeur observée, issue du capteur,
- Le résultat logique du traitement de la mesure (noté S),
- La sortie logique instantanée de la fonction de protection, à usage de signalisation par exemple (noté Si),
- La sortie logique temporisée de la fonction de protection, à usage d'action de commande de déclenchement du disjoncteur (noté St).

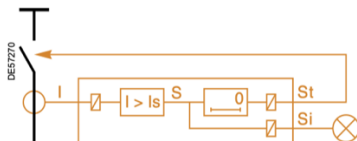


Figure 3-2 Fonctionnement d'un relais

Le mode de travail d'une fonction de protection fait intervenir des temps caractéristiques (CEI 60255-3) :

- Le temps de fonctionnement (operating time) : c'est le temps qui s'écoule entre l'application de la grandeur caractéristique (à deux fois le seuil de réglage) et le basculement du relais de sortie (sortie instantanée),
- Le temps de dépassement (overshoot time) : c'est la différence entre le temps de fonctionnement et la durée maximale d'application de la grandeur caractéristique sans déclenchement,
- Le temps de retour (reset time) : c'est le temps écoulé entre la diminution brutale de la grandeur caractéristique et le basculement du relais de sortie.

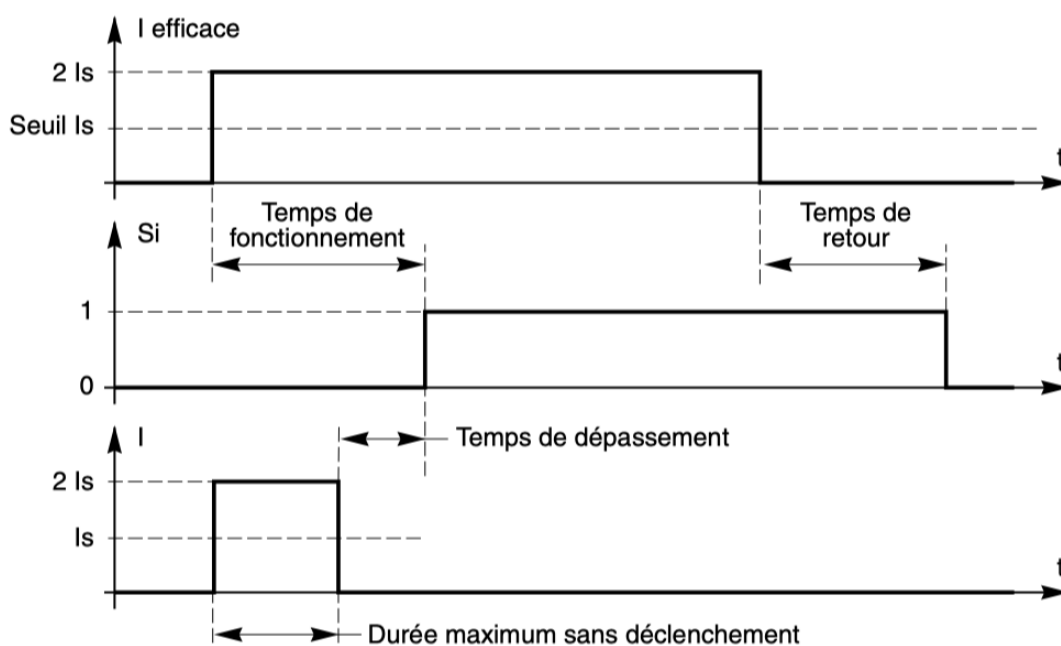


Figure 3-3 temps de fonctionnement des relais

3.7.2 Caractéristiques générales :

3.7.2.1 Réglages :

Certaines caractéristiques des fonctions de protection sont réglables par l'utilisateur, notamment :

- Seuil de déclenchement : il fixe la limite de la grandeur observée déterminant l'action de la protection
- Temps de déclenchement :

Temporisation à temps indépendant, ou temps constant (DT : Definite Time) L'exemple de la Figure 3-4 appliqué à un relais de courant, fait apparaître que le temps de déclenchement de la protection est constant (réglage de la temporisation T) au-delà du seuil de courant I_s ,

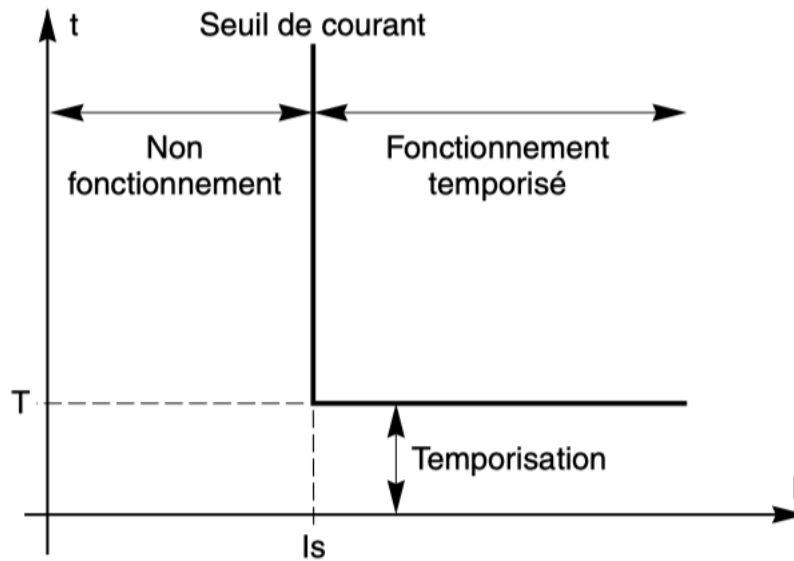


Figure 3-5 le temps de déclenchement de la protection est constant

- Temporisation à temps dépendant (IDMT : Inverse Definite Minimum Time) L'exemple de la Figure 3-6 appliqué à un relais de courant, fait apparaître que le temps de déclenchement de la protection est d'autant plus court que le courant est élevé, au-delà du seuil de courant I_s .

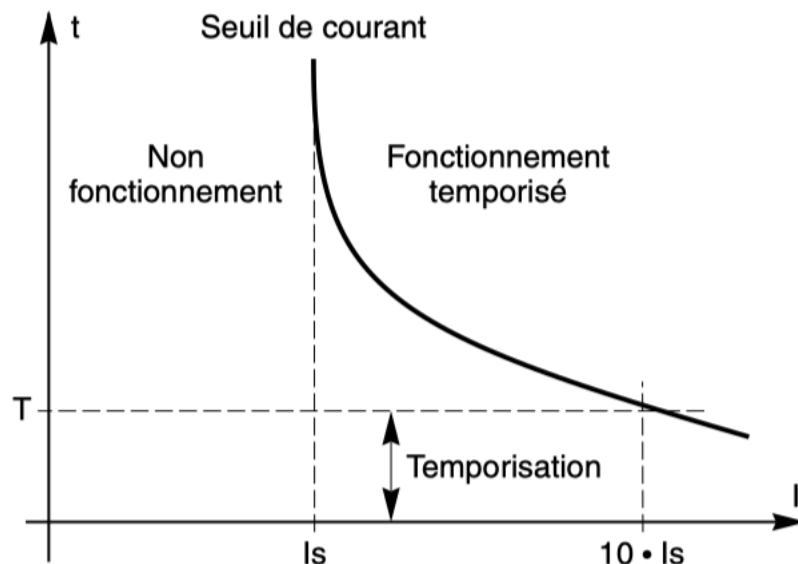


Figure 3-7 apparaît que le temps de déclenchement de la protection est d'autant plus court que le courant est élevé

Plusieurs types de courbes existent, déterminées par des équations et définies selon les différents organismes de normalisation : par exemple la CEI définit (fig.) :

- temps inverse (SIT, standard inverse time),
- temps très inverse (VIT, very inverse time)
- temps extrêmement inverse (EIT, extremely inverse time).

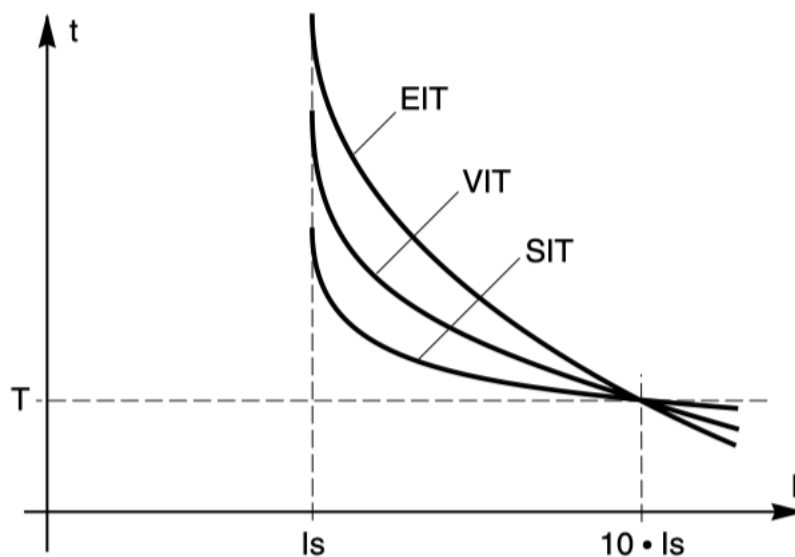


Figure 3-8 Les types de courbes existent

Les principales fonctions de protection sont indiquées dans le tableau ci-dessous, en précisant leur code selon la norme ANSI C37.2 ainsi qu'une brève définition ; le classement est fait selon l'ordre numérique : Voir ANNEX 6

3.7.3 Sélectivité chronométrique :

3.7.3.1 Principe :

Il consiste à donner des temporisations différentes aux protections à maximum de courant échelonnées le long du réseau. Ces temporisations sont d'autant plus longues que le relais est plus proche de la source.

3.7.3.2 Mode de fonctionnement :

Ainsi, sur le schéma (Figure 3-9), le défaut représenté est vu par toutes les protections (en A, B, C, et D). La protection temporisée D ferme ses contacts plus rapidement que celle installée en C, elle-même plus rapide que celle installée en B...

Après l'ouverture du disjoncteur D et la disparition du courant de défaut, les protections A, B, C qui ne sont plus sollicitées, reviennent à leur position de veille. La différence des temps de fonctionnement ΔT entre deux protections successives est l'intervalle de sélectivité. Il doit tenir compte.

- Du temps de coupure T_c du disjoncteur en aval, qui inclut le temps de réponse de l'appareil à l'ouverture et le temps d'arc, b
- Des tolérances de temporisation dT , Du temps de dépassement de la protection en amont : t_r
- D'une marge de sécurité m .

ΔT doit donc satisfaire à la relation :

$$\Delta T \geq T_c + t_r + 2dT + m$$

Compte tenu des performances actuelles de l'appareillage et des relais, on adopte pour ΔT une valeur de 0,3 s.

Exemple : $T_c = 95$ ms, $dT = 25$ ms, $t_r = 55$ ms ; pour l'intervalle de sélectivité 300 ms, la marge de sécurité est alors de 100 ms.

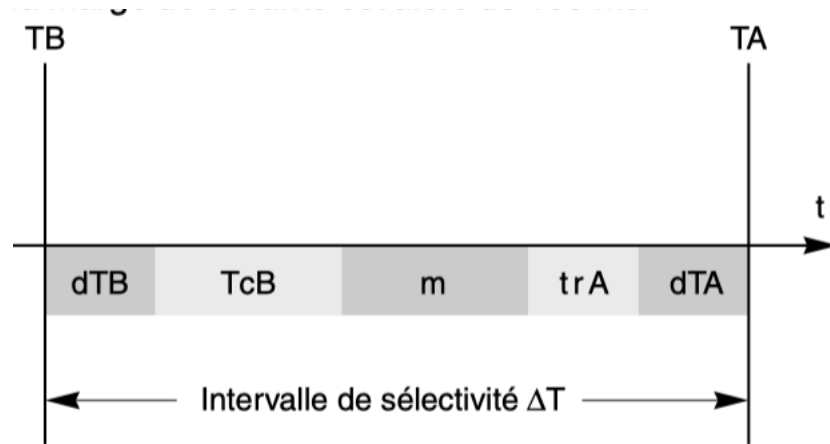


Figure 3-10 Intervalle de sélectivité

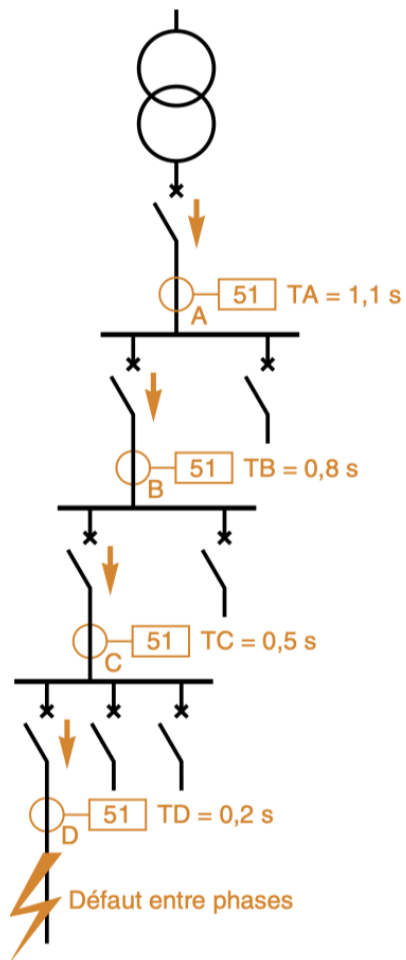


Figure 3-11 Exemple de la sélectivité

Si les seuils sont réglés au courant assigné I_n , la protection de surcharge est assurée en même temps que la protection de court-circuit et la cohérence des seuils est assurée.

$$I_{nA} > I_{nB} > I_{nC}$$

$$I_{sA} = I_{nA}, I_{sB} = I_{nB}, \text{ et } I_{sC} = I_{nC}$$

Les réglages de temporisation sont déterminés pour obtenir l'intervalle de sélectivité ΔT pour le courant maximum vu par la protection aval ; on utilise pour cela la même famille de courbes, afin d'éviter leur croisement dans une partie du domaine.

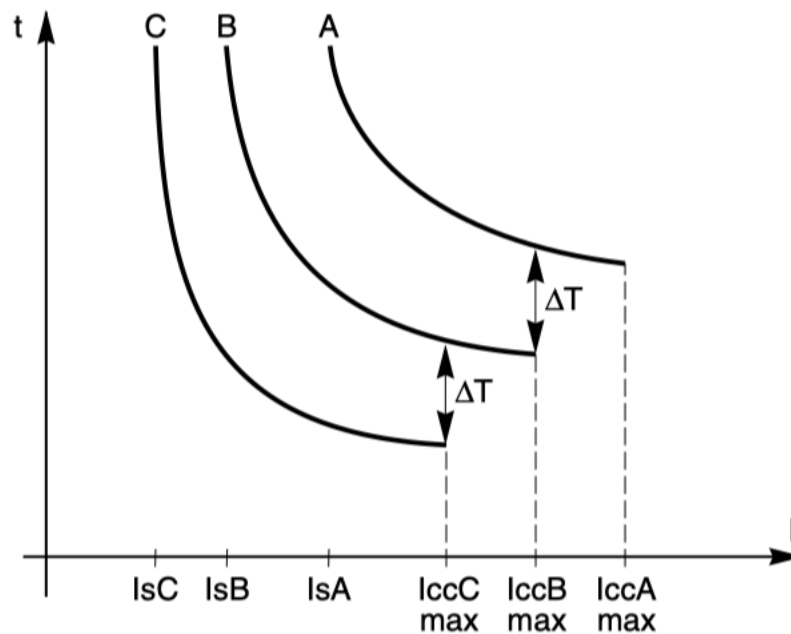


Figure 3-12 Les réglages de temporisation

3.7.4 Réglage des Relais :

1. Calculer pick-up current :

$$I(FLC) = \frac{S(kVA)}{\sqrt{3}U(kVA)}$$

2. Calculer parameter de pick-up current:

$$I\% = I(FLC) \times 120\%$$

Dans notre étude on a pris le coefficient $120\% = 0.12$

3. TC secondaire :

$$I TC_{secondaire} = I\% \times \frac{TC_{primaire}}{TC_{secondaire}}$$

4. Calculer TDM :

$$T = TDM \times \left(\frac{A}{\left(\frac{I}{I_p}\right)^B - 1} + C \right)$$

Avec :

T : temps de fonctionnement (sec)

TMS : réglages du multiplicateur de temps

I : courant d'entrée

I_p : courant de pick-up

A, B, C sont des coefficients qui changent selon le type des courbes utilisé.

Dans notre étude on utilise des courbes IEC STANDAT INVERSE. Alors nous coefficient deviennent :

$$t(I) = K \left(\frac{A}{\left(\frac{I}{I_S}\right)^B - 1} + C \right) \quad (5)$$

TABLE I TYPICAL IEC/IEEE OPERATING CURVES OF ITORS

		A	B	C
IEC Standard	Moderately Inverse	0.14	0.02	0
	Very Inverse	13.5	1	0
	Extremely Inverse	80	2	0
IEEE Standard	Moderately Inverse	0.0515	0.02	0.1140
	Very Inverse	19.61	2	0.491
	Extremely Inverse	28.2	2	0.1217

Figure 3-13 Les réglages de temporisation

3.8 Logiciels utilisés :

Le relais d'AREVA est réglé par le logiciel suivant : "S1 STUDIO". Nous avons converti le réglage de la protection de ce logiciel et fait les tableaux suivants.

MiCOM S1 Studio fournit :

- La prise en charge des appareils Schneider Electric, permettant aux utilisateurs d'accéder aux paramètres et aux commandes des appareils.
- Une approche unifiée des relais basés sur Courier, Modbus et IEC 870-5-103.

Le programme vous permet de construire une liste de Périphériques et de les organiser de la même De la même manière qu'ils existent physiquement dans un système. Des paramètres de réglage peuvent être créés pour Chaque appareil et téléchargés ; les appareils peuvent être Supervisés directement à partir de MiCOM S1 Studio. MiCOM S1 Studio s'adresse aussi bien aux utilisateurs À la recherche d'une fonctionnalité de base qu'aux Utilisateurs avancés qui ont besoin d'un large éventail d'options.



Figure 3-14 Interface de logiciel S1 STUDIO

3.9 Conclusion

Afin de mener à bien notre étude et nos calculs, nous avons besoin de connaître tous les types des équipements dans le complexe avec leurs critères techniques.

On a aussi présenté les méthodes de calculs, les paramètres à régler ainsi que les logiciels à utiliser pour la simulation.

Dans cette partie on a spécialement utilisé les catalogues mis à notre disposition au niveau de l'entreprise.

Introduction

Après avoir présenté les équipements électriques de l'installation au chapitre 2 et les calculs effectués au chapitre 3, dans ce chapitre nous allons effectuer des simulations en utilisant les logiciels présentés au chapitre 3.

L'objectif est de valider les résultats de calculs obtenus et le fonctionnement des relais de protection.

4 Le réglage des relais

4.1 Les relais utilisés :

4.1.1 Pour le cas de 32CM – 7001 :

On a utilisé deux types de protection :

4.1.1.1 La Série P12X :

Les relais MiCOM P120, P121, P122 et P123 ont été conçus pour offrir une fonctionnalité supérieure en termes de protections, de mesures, de fonctionnement automatique et de contrôle des commandes. Ils peuvent être utilisés dans les applications industrielles et les réseaux de distribution, ainsi que dans les applications de protection haute et extrêmement haute tension.

Ils peuvent fonctionner dans des réseaux avec neutre mis à la terre par impédance, par système résonnant tel que la bobine de Petersen, dans un système isolé et dans un système avec neutre mis à la terre.

4.1.1.2 La Série 14X :

Grâce à une combinaison appropriée de temporisations et de réglages des relais, les relais de surintensité peuvent être appliqués aux lignes d'alimentation ou aux transformateurs de puissance pour fournir une protection discriminante contre les défauts de phase (et également une protection contre les défauts à la terre si les niveaux de défaut à la terre du système sont suffisamment élevés). Dans ces applications, les différents relais de surintensité du système sont coordonnés entre eux de manière à ce que le relais le plus proche du défaut fonctionne en premier. On parle de fonctionnement en cascade car si le relais le plus proche du défaut ne fonctionne pas, le relais suivant en amont se déclenchera dans un délai légèrement plus long.

4.1.2 Résultat obtenue pour le réglage des relais :

4.1.2.1 Réglage de Relais P12X :

courant PICK-UP:	1.2 In
TSM:	0.01s

Réglage de Relais P14X:

courant PICK-UP:	480A
TSM:	1.0sec

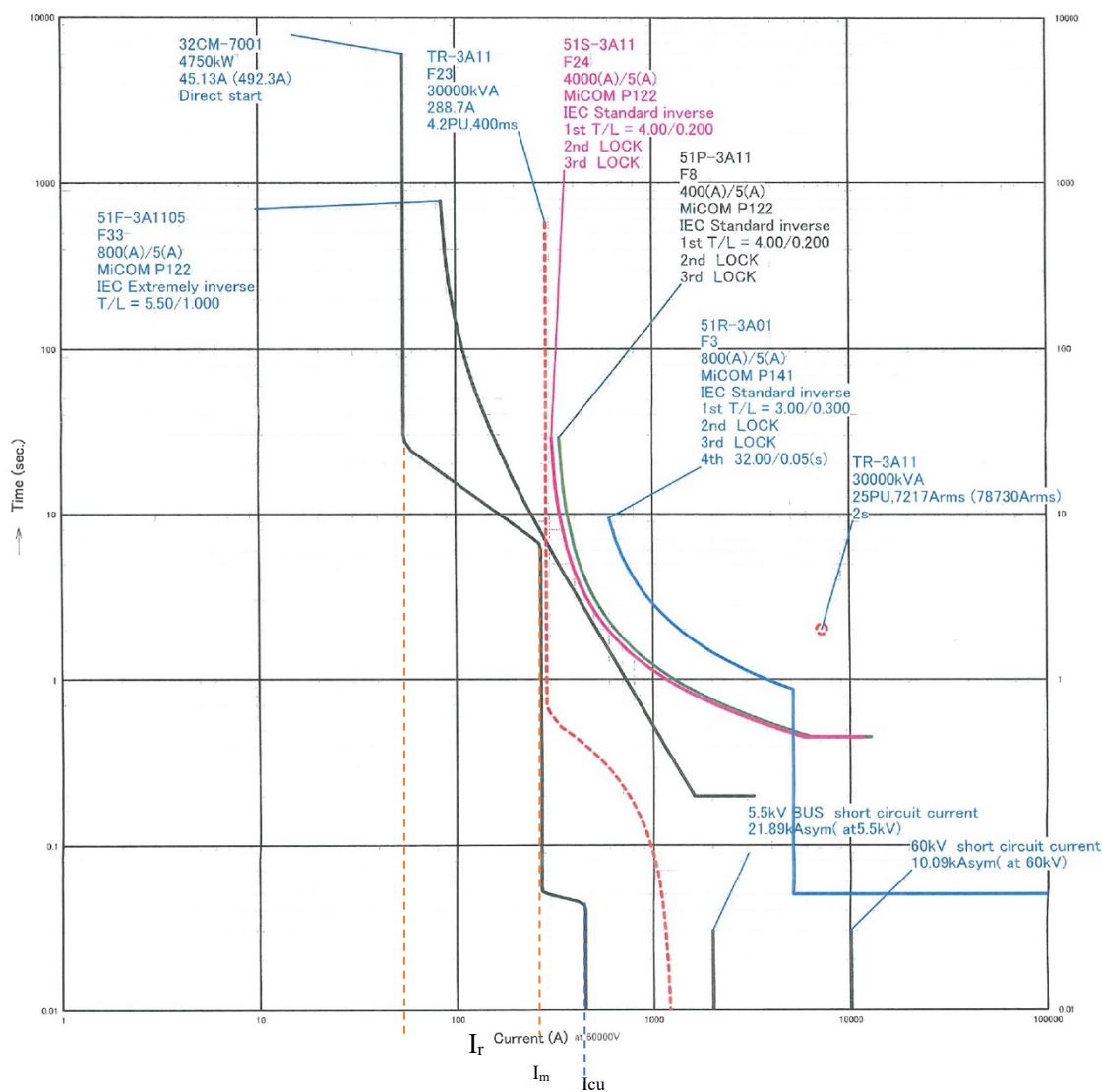


Figure 4-1 les courbes de la protection en cas de défaut en 32CM – 7001

I_r : Courant de réglage de la protection contre les courants de surcharge (protection thermique ou Long retard)

I_m : seuil de fonctionnements

I_{cu} : pouvoir de coupure

Cette courbe montre l'ordre de réaction de chaque protection en cas de défaut dans notre moteur, ainsi que l'évolution des temps de retard en fonction de la surcharge provoquée par le défaut. Nous pouvons remarquer comment les courbes sont alignées ce qui montre clairement que le premier graphe est celui de la protection qui réagit le plus rapidement et que les autres composants de protection ont un temps de retard. Notre protection commence par le disjoncteur VCB 52F-3A1105, puis Transformateur TR-3A11., Disjoncteur 52S-3A11, disjoncteur 52P-3A11, enfin le Disjoncteur 52R-3A01 Ce qui signifie que la sélectivité est respectée.

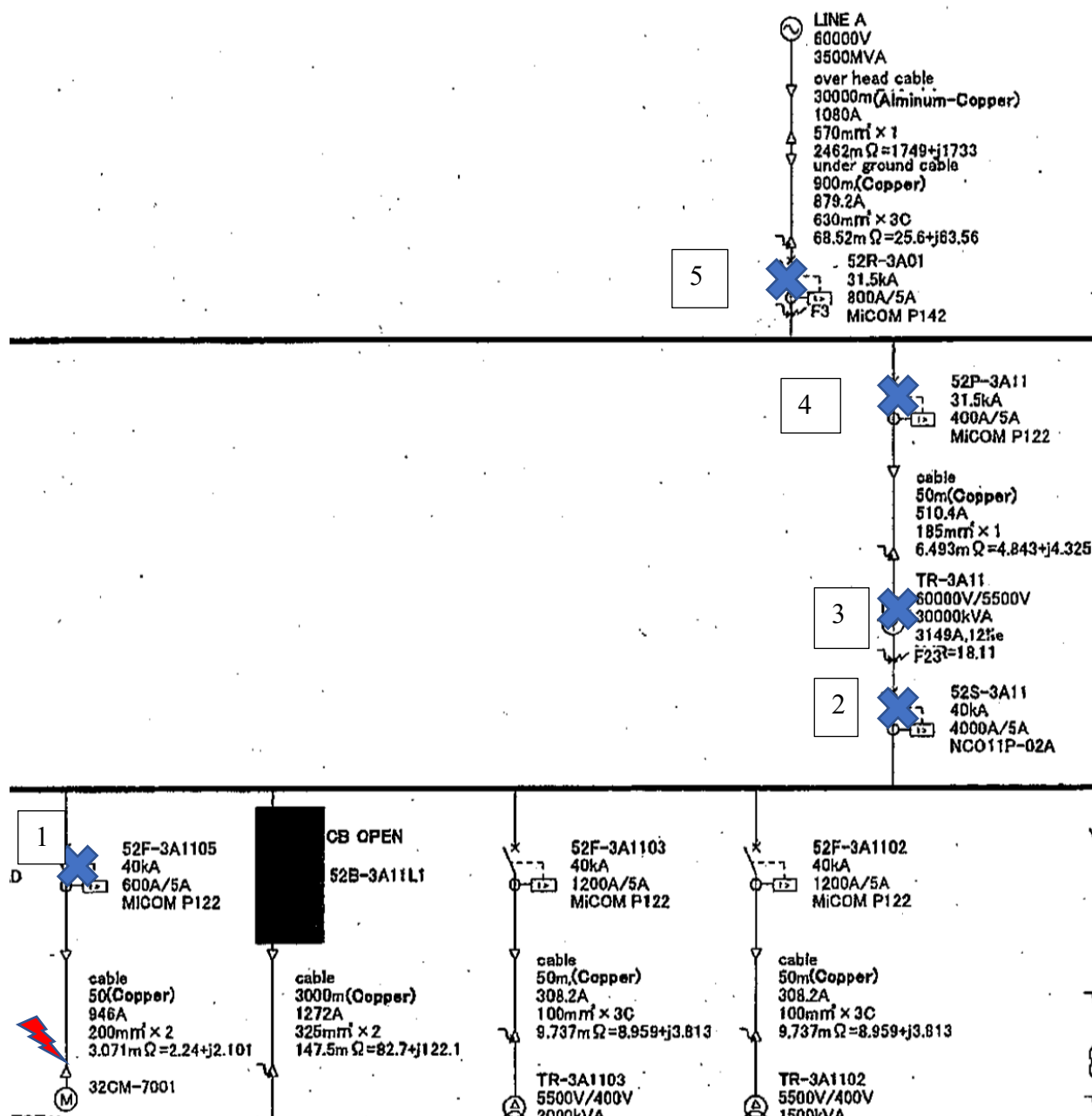


Figure 4-2 La sélectivité en cas de défaut -1-

4.1.3 Pour le cas de 32PM – 7051B :**4.1.3.1 Réglage de Relais P12X:**

courant PICK-UP:	1.2 In
TSM:	0.01s

4.1.3.2 Réglage de Relais P14X:

courant PICK-UP:	480A
TSM:	1.0sec

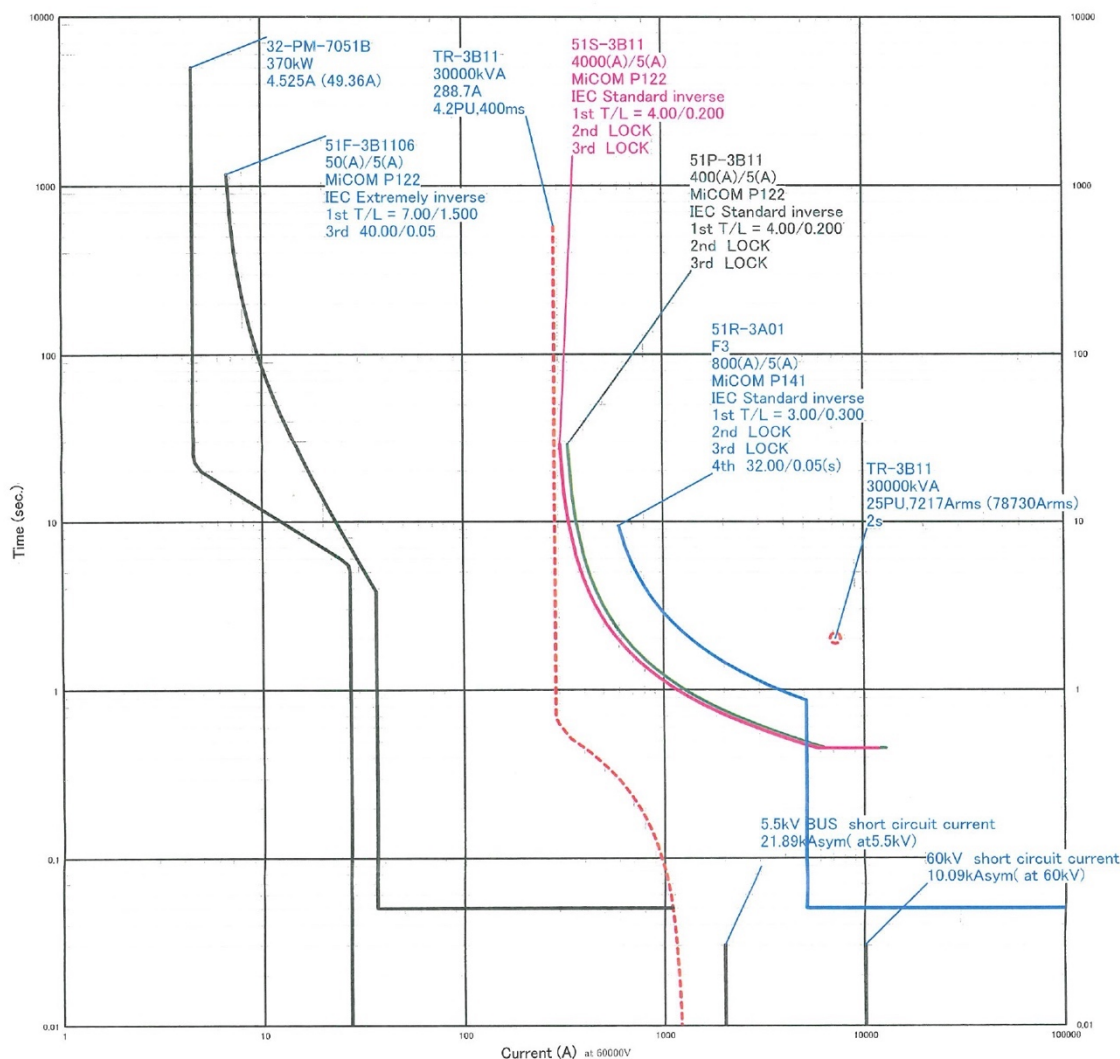


Figure 4-3 Les courbes de protection en cas de défaut en 32PM – 7051B

I_r : Courant de réglage de la protection contre les courants de surcharge (protection thermique ou Long retard)

I_m : seuil de fonctionnements

Ces résultats obtenus ressemblent, dans la forme, à ceux obtenus lors de la simulation du premier défaut. Nous pouvons, aussi, remarquer agencement des courbes. Ce qui montre clairement que la protection dont la caractéristique est représentée par le premier graphe est celle qui réagit le plus rapidement et que les autres composants de protection ont un temps de retard. Notre protection commence par le Disjoncteur 52F-3B1106, puis la protection du Transformateur TR-3B11-, Disjoncteur 52S-3B11, Disjoncteur 52P-3B1 et enfin le Disjoncteur 52R-3A01

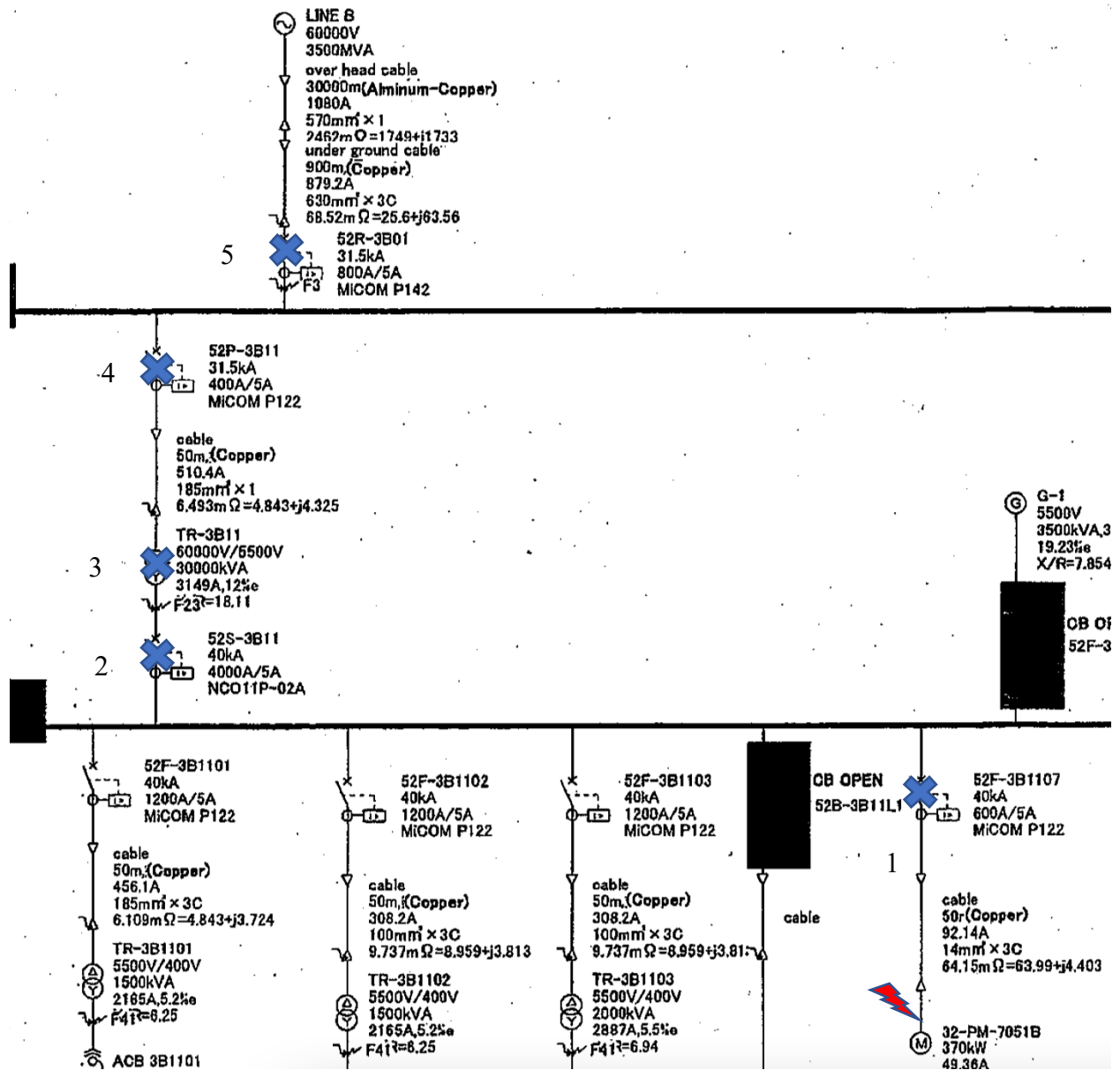


Figure 4-4 sélectivité en cas de défaut -2-

4.1.4 Pour le cas de 32CM – 8001 :

4.1.4.1 Réglage de Relais P12X :

courant PICK-UP:	1.2 In
TSM:	0.01s

4.1.4.2 Réglage de Relais P14X:

courant PICK-UP:	480A
------------------	------

TSM:	1.0sec
------	--------

4.1.4.3 Relais P24X:

Les relais universels de protection moteur MiCOM P241/2/3 ont été développés et conçus pour la protection des machines tournantes de taille moyenne à grande, synchrones ou à induction. Le MiCOM P243 peut également offrir une protection différentielle du moteur, à condition que le point neutre de la machine soit accessible, en plus des caractéristiques du P241/2. Le P242/3 comprend également 10 touches de fonction pour la fonctionnalité de contrôle du schéma intégral ou de l'opérateur et des LED tricolores (rouge/jaune/vert).

courant PICK-UP:	1.20A
TSM:	100ms

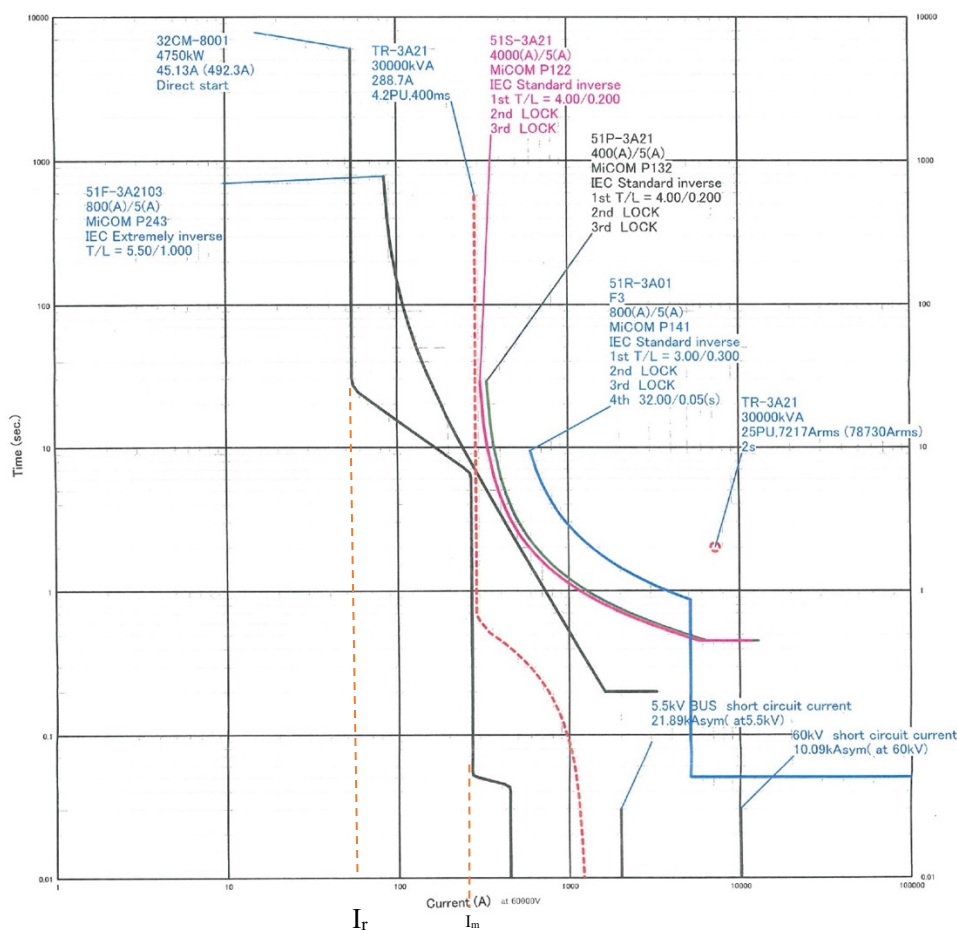


Figure 4-5 Les courbes de protection en cas de défaut en 32CM – 8001

I_r : Courant de réglage de la protection contre les courants de surcharge (protection thermique ou Long retard)

I_m : seuil de fonctionnements

Ces résultats obtenus sont similaires dans la forme à ceux obtenus lors de la simulation du premier défaut. On remarque également la disposition des courbes. Ceci montre clairement que la protection représentée par le premier graphique est celle qui réagit le plus rapidement, alors que les autres composants de la protection réagissent après une certaine temporisation (le temps de retard). Notre protection commence par le disjoncteur Disjoncteur 52F-3A2103, puis Transformateur TR-3A21, Disjoncteur 52S-3A21, disjoncteur 52P-3A21Disjoncteur 52R-3A01

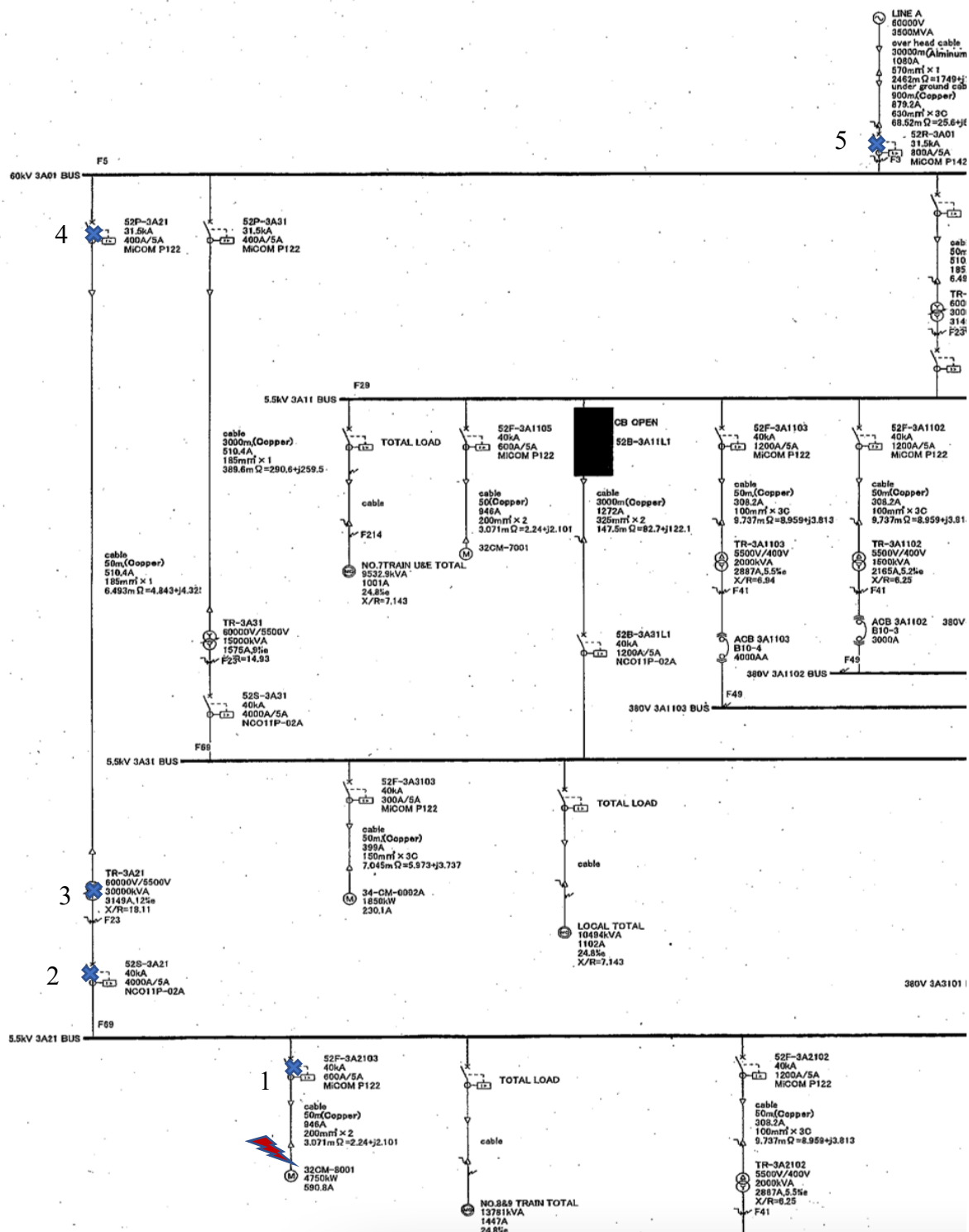


Figure 4-6 sélectivité en cas de défaut -3-

4.1.5 Pour le cas de 34CM – 002B :

4.1.5.1 Relais P24X:

courant PICK-UP:	1.20A
TSM:	100ms

4.1.5.2 Réglage de Relais P14X:

courant PICK-UP:	480A
TSM:	1.0sec

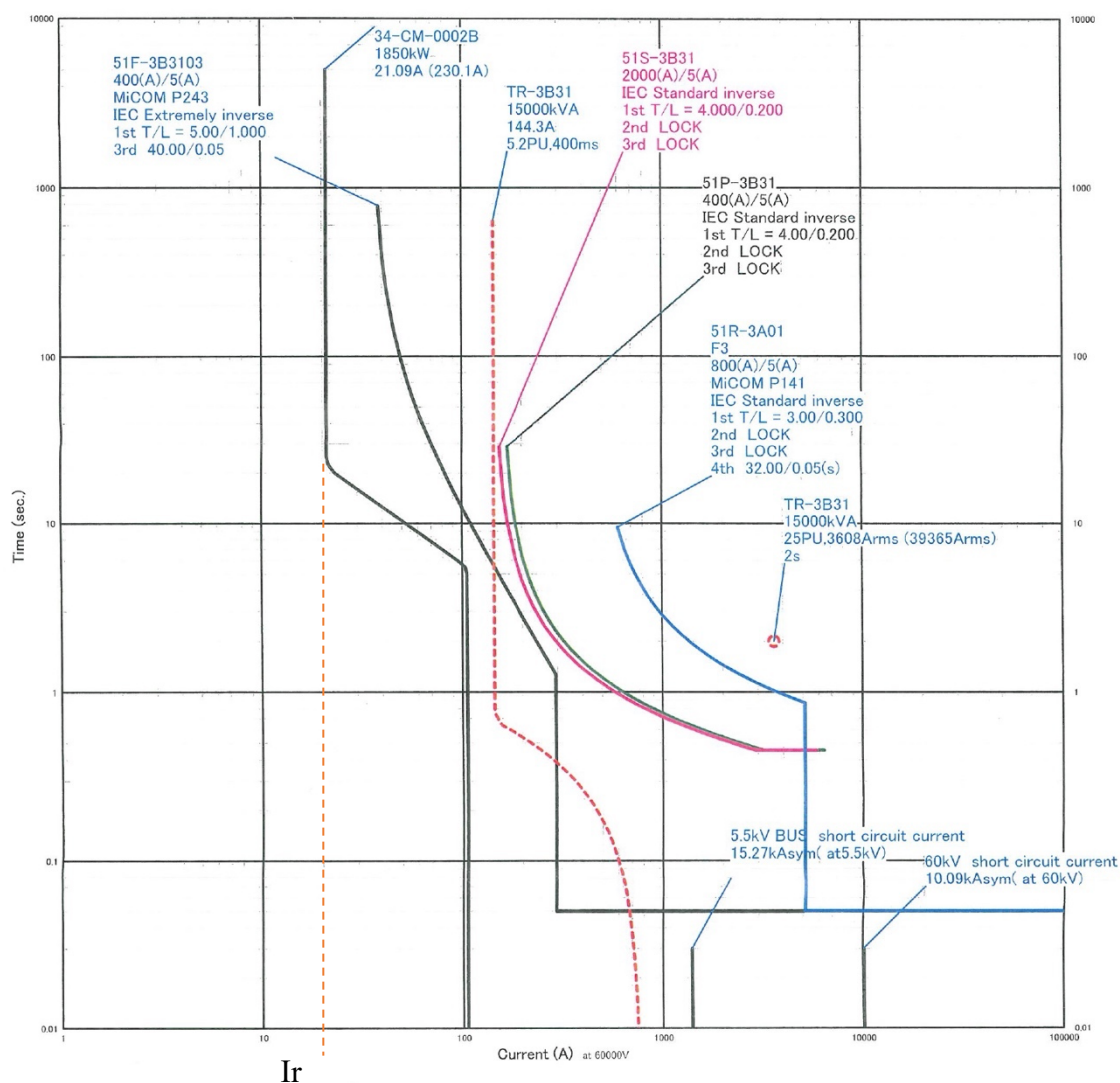


Figure 4-7 Les courbes de protection en cas de défaut en 34CM – 002B

I_r : Courant de réglage de la protection contre les courants de surcharge (protection thermique ou Long retard)

La courbe montre l'ordre dans lequel chaque protection réagit lorsque un défaut survient au niveau du moteur, et comment le temps de retard change avec la surcharge causée par le défaut. On peut remarquer l'alignement des courbes, ce qui montre clairement que le premier graphique est la protection la plus réactive, tandis que les autres composants de la protection ont des temps de retard. Notre protection commence par le disjoncteur 52F-3B3103, puis Transformateur TR-3B31, Disjoncteur 52S-3B31, disjoncteur 52P-3B31. Disjoncteur 52R-3A01

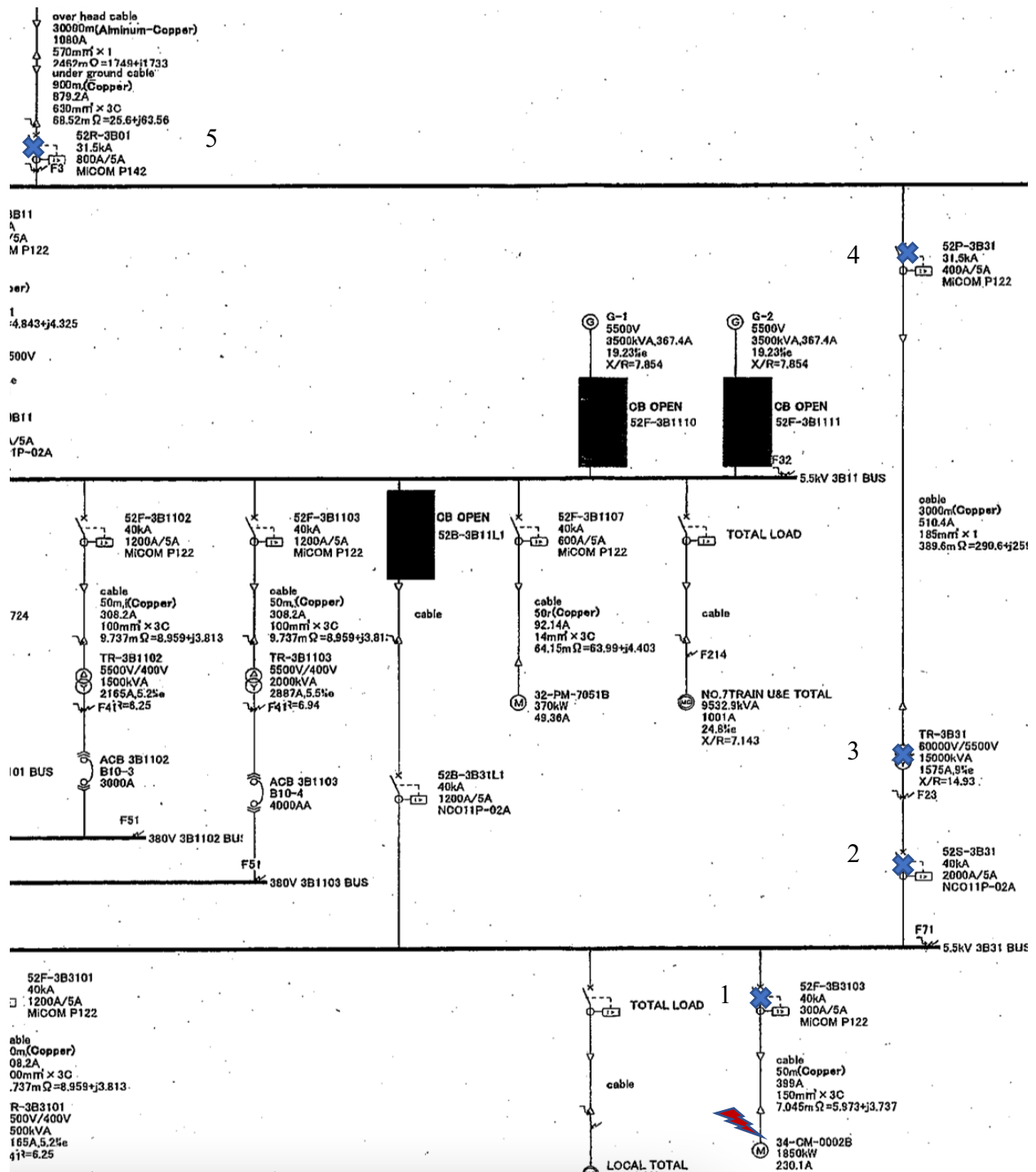


Figure 4-8 Sélectivité en cas de défaut -4-

4.2 Conclusion

Ce chapitre était consacré à la simulation avec ETAP et S1 STUDIO AREVA. Nous utilisons ETAP pour simuler un défaut et obtenir les valeurs de court-circuit et de surcharge. S1 STUDIO nous l'avons utilisé pour le réglage des relais.

Nous avons commencé par calculer les impédances de chaque élément du réseau afin de pouvoir calculer le courant de court-circuit, cet élément est crucial pour choisir la bonne section de câble, les composants de protection et le réglage pour des relais.

Les résultats obtenus lors de la simulation, sont satisfaisants et confirment le bon choix et le bon paramétrage de relais.

Conclusion Générale

Dans ce travail nous avons présenté des généralités sur les réseaux électriques de production, de transport et de distribution, ainsi que les différentes architectures du réseau de distribution moyenne tension et postes HTA. La sensibilité de ces derniers, nécessite une surveillance accrue et en permanent de l'état globale de réseaux électrique.

Il nous ait paru nécessaire de donner toutes les informations requises sur les différents types qui composent un système de protection moyenne tension, ainsi que leurs éléments constitutifs. Ces éléments sont très critiques pour le fonctionnement normal d'une chaîne de protection, et doivent être bien choisis et bien paramétré afin d'assurer une protection efficace contre les différents types de défauts.

Nous avons réalisé une simulation des différents défauts activés aux relais pour voir la validité des valeurs affichées et nous avons présenté les résultats obtenus : les impédances des composants, court-circuit, surcharge, pour le réglage des relais utilisés, pour assurer la sélectivité de notre protection

Pour préserver la sécurité des personnes contre les électrisations et des biens contre les effets destructifs des courants forts sur les câbles, lignes, jeux de barres, ... etc. d'éviter la destruction partielle ou totale des matériels et assurer la meilleure continuité de fourniture possible, nous devons choisir un plan de réglage efficace et fiable pour assurer une bonne continuité et qualité de service optimale.

- Nous recommandons à la prochaine recherche de travailler sur un archétype optimisé pour les réseaux électriques dans le complexe GP1/Z, en combinant des composants multiples dans un jeu de bar et en gardant à l'esprit de respecter toutes les normes IEC de surcharge et de court-circuit. Ainsi minimiser les composants de protection et avoir une protection efficace à moindre budget.

Bibliographie

- [1] M. B. a. R. B. Leslie Hewitson, Practical Power System Protection, July 2000.
- [2] Schneider, Guide de la distribution basse tension., Schneider.
- [3] F. Shokooh, Electrical Transient Analyzer Program, ETAP.
- [4] Wikipédia, "Courant de court-circuit," 30 juillet 2021. [Online]. Available: http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Courant_de_court-circuit&oldid=185084933.
- [5] P. H. C. R. R. J. B. a. M. S. Anderson, Power system protection., John Wiley & Sons, 2022.
- [6] A. N. ., S. B. B. Ali Emadi, Uninterruptible Power Supplies and Active Filters (Power Electronics and Applications Series), crc press florida, 2005.
- [7] A. d. FLEURIEU, Alimentations Sans Interruption, 2009.
- [8] S. P. M. T. P. Alexander Kusko, Power Quality in Electrical Systems, McGraw-Hill, 2003.
- [9] E. J. H. a. J. M. Gers, Protection of Electricity Distribution Networks, 1998.
- [10] H. Sweif, Système de gestion et de surveillance des batteries utilisées dans les systèmes d'alimentation sans interruption, Electronique, 2013.
- [11] C. R. Mason, The Art and Science of Protective Relaying, General Electric, 2009.
- [12] U. o. Idaho, Introduction to Practical Power System Protection, University of Idaho, 2011.
- [13] A. R. v. C. Warrington, Relay Design and Construction, Springer US, 1968.

Annexe

Annexe 1 Simulation Surcharge

Schéma de complexe GP1/Z qui exprime l'étude de surcharge avec logiciel ETAP

Annexe 2 Simulation court-circuit

Schéma de complexe GP1/Z qui exprime l'étude de court-circuit avec logiciel ETAP

Annexe 3 Rapport de Surcharge

Rapport en détails sur les surcharges de chaque jeu de barres avec ETAP

Annexe 4 Rapport de court-circuit

Rapport en détails sur le court-circuit de chaque jeu de barres avec ETAP

Annexe 5

Vous trouverez ci-joint des tableaux résumant tous les types de batteries utilisées ainsi que leurs caractéristiques.

Type	Utilisation extérieure, à bain d'huile, auto-refroidissement
Fréquence	50 Hz
Capacité nominale	2000KVA et 1500KVA
Méthode de refroidissement	ONAN
Connexion	Primaire : Triangle Secondaire : Etoile
Impédance	2000KVA : 5.5% (2000KVA la base) 1500KVA : 5.2% (1500KVA la base)

Capacité	800-400 / 5A
Charge nominal	30 VA
Norme	IEC Pub.60044-1

Fréquence	50Hz
Tension Primaire	60/ $\sqrt{3}$ KV
Tension secondaire	100/ $\sqrt{3}$ KV
Tension tertiaire	100/ $\sqrt{3}$ KV
Puissance nominale	50VA (Secondaire) 50VA (Tertiaire)

Tension nominale	380V
------------------	------

Fréquence	50Hz
Nombre de phases et fils	3Phases, 4fils
Courant normal nominal	1200A
Circuit de rupture nominal	70KA à 380V
Courant nominal de courte durée	70KA (1sec)
Degré de protection	IP41(boîtier)
	IP2X(panneau intérieur)
Temps de rupture total	0.03 sec
Temps de fonctionnement en fermeture	0.08 sec

Assemblages basse tension	439-1
	439-2
	439-3
Convertisseurs à semi-conducteurs	146-1-1
	146-1-3
	146-2
Degré de protection	529
Transformateurs de puissance	726
Contacteurs	947-4
Disjoncteurs	947-2
Interrupteurs basse tension	947-3
Fusibles	269-2
Câbles	332-1
Instruments de mesure	51-1
Sécurité des équipements informatiques	950
Exigences générales et de sécurité pour les ASI utilisés dans des lieux à accès restreint	EN 50091-1-2
Exigences de compatibilité électromagnétique	62040-2-EN 50091-2
Exigences de fonctionnement	62040-3

Tension d'entrée nominale	380V
Nombre de phases	3
Tolérances de la tension d'entrée (+) (en supposant une régulation O/P)	+ 15% 10%
Variation maximale de la tension d'entrée (+)	20%
Fréquence nominale et tolérances (+)	50 Hz +5%

Facteur de puissance d'entrée du chargeur (tolérances $\pm$ (5 %))	0.85
Puissance d'entrée en mode recharge automatique / boost en W (tolérances $\pm$ 10 %)	31 263W
Puissance d'entrée en mode recharge automatique / boost en VA (tolérances $\pm$ 10 %)	36 780VA
Courant d'entrée maximum	63A
Taille recommandée pour la protection de l'entrée (courbe D ou gl)	80A
Taille maximale des conducteurs sur les bornes d'entrée	16mm ²

Tension nominale de sortie	110V
Limitation du courant de sortie du chargeur	218A
Voltage de charge maximal	Moins 1%
Efficacité de charge	91%
Perte de charge 1	2120W
Perte de charge 2	2820W
Taille maximale de conducteur	150 mm ²

Capacité nominale	240Ah
Taux de recharge actuel dans le boost de mise en service hors ligne	20%
Nombres des cellules	90
Courant de court-circuit estimé de la batterie	3840A
Tension de floating / cellule /	1.40 V – 126 V
Tension de recharge / cellule /	1.45V – 130.50V
Tension de mise en service en différé / cellule /	1.7 V – 153 V
Débit de renouvellement d'air recommandé dans le local des batteries (par batterie)	216 m ³ /h

Tension d'entrée nominale	380V
Nombre de phases	3

Tolérances de la tension d'entrée (+) (en supposant une régulation O/P)	+ 15% 10%
Variation maximale de la tension d'entrée (+)	20%
Fréquence nominale et tolérances (+)	50 Hz +5%
Facteur de puissance d'entrée du chargeur (tolérances $\pm$ (5 %))	0.85
Puissance d'entrée en mode recharge automatique / boost en W (tolérances $\pm$ 10 %)	11756W
Puissance d'entrée en mode recharge automatique / boost en VA (tolérances $\pm$ 10 %)	13831VA
Courant d'entrée maximum	24A
Taille recommandée pour la protection de l'entrée (courbe D ou gl)	25A
Taille maximale des conducteurs sur les bornes d'entrée	10mm ²

Tension nominale de sortie	110V
Limitation du courant de sortie du chargeur	82A
Voltage de charge maximal	Moins 1%
Efficacy de charge	89%
Perte de charge 1	920W
Perte de charge 2	1300W
Taille maximale de conducteur	35 mm ²

Capacité nominale	110Ah
Taux de recharge actuel dans le boost de mise en service hors ligne	20%
Nombres des cellules	88
Courant de court-circuit estimé de la batterie	1760A
Tension de floating / cellule /	1.40 V – 123.20 V
Tension de recharge / cellule /	1.45V – 127.60V
Tension de mise en service en différé / cellule /.	1.7 V – 149.60 V

Débit de renouvellement d'air recommandé dans le local des batteries (par batterie)	97 m ³ /h
--	----------------------

Tension d'entrée nominale	380V
Nombre de phases	3
Tolérances de la tension d'entrée (+) (en supposant une régulation O/P)	+ 15% 10%
Variation maximale de la tension d'entrée (+)	20%
Fréquence nominale et tolérances (+)	50 Hz +5%
Facteur de puissance d'entrée du chargeur (tolérances $\pm$ (5 %))	0.85
Puissance d'entrée en mode recharge automatique / boost en W (tolérances $\pm$ 10 %)	11 165W
Puissance d'entrée en mode recharge automatique / boost en VA (tolérances $\pm$ 10 %)	13 135VA
Courant d'entrée maximum	23A
Taille recommandée pour la protection de l'entrée (courbe D ou gl)	25A
Taille maximale des conducteurs sur les bornes d'entrée	10mm ²

Batteries	Types des cellules	MC110P
	Nombres totaux des cellules	89

Tension nominale de sortie	110V
Limitation du courant de sortie du chargeur	77A
Voltage de charge maximal	Moins 1%
Efficacité de charge	89%
Perte de charge 1	850W
Perte de charge 2	1230W
Taille maximale de conducteur	35 mm ²

Capacité nominale	110Ah
--------------------------	-------

Taux de recharge actuel dans le boost de mise en service hors ligne	20%
Nombres des cellules	89
Courant de court-circuit estimé de la batterie	1760A
Tension de floating / cellule /	1.40 V – 124.60 V
Tension de recharge / cellule /	1.45V – 129.05V
Tension de mise en service en différé / cellule /.	1.7 V – 151.30 V
Débit de renouvellement d'air recommandé dans le local des batteries (par batterie)	98 m³/h

Assemblages basse tension	439-1
	439-2
	439-3
Convertisseurs à semi-conducteurs	146-1-1
	146-1-3
	146-2
Degré de protection	529
Transformateurs de puissance	726
Contacteurs	947-4
Disjoncteurs	947-2
Interrupteurs basse tension	947-3
Fusibles	269-2
Câbles	332-1
Instruments de mesure	51-1
Sécurité des équipements informatiques	950
Exigences générales et de sécurité pour les ASI utilisés dans des lieux à accès restreint	EN 50091-1-2
Exigences de compatibilité électromagnétique	62040-2-EN 50091-2
Exigences de fonctionnement	62040-3

Tension d'entrée nominale	380V
Nombre de phases	3
Tolérances de la tension d'entrée (+) (en supposant une régulation O/P)	+ 15% 10%
Fréquence nominale et tolérances (+)	50 Hz +5%

Facteur de puissance d'entrée du chargeur (tolérances $\pm$ (5 %))	0.85
Puissance d'entrée en mode recharge automatique / boost en VA (tolérances $\pm$ 10 %)	115 749VA
Taille recommandée pour la protection de l'entrée (courbe D ou gl)	196A – 200A
Taille maximale des conducteurs sur les bornes d'entrée	95mm ²

Tension nominale de sortie	370V
Voltage de charge maximal	Moins 1%
Efficacité de charge	95%
Perte de charge 1	3440W
Perte de charge 2	4920W
Taille maximale de conducteur	150 mm ²

Fabricant	ALCAD
Type	Plaque de poche ventilée en nickel-cadmium M
Référence de la cellule	MC310P
Durée de vie nominale de la batterie dans des conditions normales définies par le fabricant	20 ans
Capacité nominale	310 Ah
Pour un temps de secours de	60 min
Taux de recharge actuel en cas de démarrage hors ligne	10 %
Nombre de cellules	293
Courant de court-circuit estimé de la batterie	4960 A
Tension de floating par cellule / par batterie	1.40 V - 410.20 V
Tension de recharge par cellule / par batterie	1.45 V - 424.85 V
Tension de recharge par cellule / par batterie (hors ligne)	1.70 V - 498.10 V
Protection de la batterie par	Interrupteur à fusible

Niveau de protection de la batterie (à confirmer après étude)	250 A
Emplacement de la protection de la batterie	Dans un boîtier mural IP55
Pertes de batterie en fonctionnement normal	Négligeable
Flux d'échange d'air recommandé dans la salle des batteries (par batterie)	454 m ³ /h
Installation des cellules (par d'autres)	Sur stand dans la salle des batteries

Tension d'entrée nominale	380V
Nombre de phases	3
Tolérances de la tension d'entrée (+) (en supposant une régulation O/P)	+ 15% 10%
Fréquence nominale et tolérances (+)	50 Hz +5%
Facteur de puissance d'entrée du chargeur (tolérances $\pm$ (5 %))	0.85
Puissance d'entrée en mode recharge automatique / boost en VA (tolérances $\pm$ 10 %)	66 021VA
Taille recommandée pour la protection de l'entrée (courbe D ou gl)	112A – 125A
Taille maximale des conducteurs sur les bornes d'entrée	70mm ²

Tension nominale de sortie	220V
Voltage de charge maximal	Moins 1%
Efficacité de charge	94%
Perte de charge 1	2310 W
Perte de charge 2	3370 W
Taille maximale de conducteur	95 mm ²

Fabricant	ALCAD
Type	Plaque de poche ventilée en nickel-cadmium M
Référence de la cellule	MC310P

Durée de vie nominale de la batterie dans des conditions normales définies par le fabricant	20 ans
Capacité nominale	310 Ah
Pour un temps de secours de	60 min
Taux de recharge actuel en cas de démarrage hors ligne	10 %
Nombre de cellules	170
Courant de court-circuit estimé de la batterie	4960 A
Tension de floating par cellule / par batterie	1.40 V – 238.00 V
Tension de recharge par cellule / par batterie	1.45 V – 246.50 V
Tension de recharge par cellule / par batterie (hors ligne)	1.70 V – 289.00 V
Protection de la batterie par	Interrupteur à fusible
Niveau de protection de la batterie (à confirmer après étude)	200 A
Emplacement de la protection de la batterie	Dans un boîtier mural IP55
Pertes de batterie en fonctionnement normal	Négligeable
Flux d'échange d'air recommandé dans la salle des batteries (par batterie)	264 m ³ /h
Installation des cellules (par d'autres)	Sur stand dans la salle des batteries