

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Abderrahmane MIRA de Bejaïa
Faculté de Technologie
Département de Génie Electrique



Mémoire de fin de cycle

En vu de l'obtention du diplôme de Master en Electrotechnique

Option : Réseaux électriques

Thème

Etude et dimensionnement des équipements électriques de la station de pompage mélasse de l'unité CEVITAL

Réalisé par :

MOUSSAOUI Sofiane

CHABANE Farid

Encadré par :

Mr: MEDJDOUB .A

Mr: CHEBLIS

Promotion 2012/2013



REMERCEMENTS

Tout d'abord, nous remercions Dieu tout puissant qui nous a gardés en bonne santé afin de réaliser ce modeste travail.

Nous tenons à présenter nos vifs et sincères remerciements à notre promoteur Mr. MEDJDOUB.A pour son suivi, ainsi que sa disponibilité tout au long de l'élaboration de notre travail.

Nous présentons aussi nos vifs remerciements à tout le personnel de l'unité portuaire & utilités surtout à Mr. CHEBLI S. notre encadreur, Mr. DJOUADI S, Mr. ZERGUINI. D, Mr. AIYACHI. I, et Mr. BOUCHOUCHA .T, ainsi que tous ceux qui nous a aidés de près ou loin à l'élaboration de notre travail.

Nous tenons aussi à remercier l'ensemble des membres du jury.

MOUSSAOUI & CHABANE

Dédicaces

Avec ma profonde gratitude et grand amour, je dédie ce modeste mémoire :

A ceux que j'ai tant aimé et respecté, qui pendant mon enfance, m'ont entouré de leurs affections, leurs patience et amour grâce à eux que je suis aujourd'hui ici, vous mes très chers parents.

A mes très chères sœurs Kahina, Chanez, Lina, Anaïs.

A toutes mes oncles et toutes leurs familles.

A toi ma moitié.

A mes très chers amis sans exemptions.

Sofiane .M.

DEDICACES

A la mémoire de ma mère que dieu l'accueil dans son vaste paradis. Je voulais tant que tu vives ce jour, Dieu a décidé autrement. Repose en paix très chère maman.

Je tiens sincèrement à dédier ce modeste travail à mon cher père pour son amour et son soutien moral depuis mon enfance. Père merci.

Qu'Allah puisse le gardé éternellement heureux. Merci du fond de mon cœur.

A mes beaux frères, Mokrane, Lemnouar et Mustapha, mes sœurs, pour les conseils qu'ils n'ont cessé de me prodiguer durant toutes mes études.

A mes amies et toute la promotion Génie électrique 2013 (Karim, Sofiane, Imad, Lounis, Messaoud, Farid, Fares, Nassim, Khodir, ghilasse...)

A tous ceux qui me sont chers.

Farid CHABANE

Sommaire

Table des figures

Tables des tableaux

Présentation de l'entreprise CEVITAL

Introduction générale..... 1

Chapitre 1:Etude de l'installation existante

Introduction générale 2

I.1. Exécution de l'installation..... 2

I.2. Etude du réseau de l'unité 2

I.2.1. Poste de transformation 2

I.2.2. Identification des différents circuits électriques 3

I.2.3. Caractéristiques du circuit mélasse..... 3

I.2.4. Protection des départs 3

I.2.5. Source de secours (centrale groupe)..... 3

I.3. Mode de distribution de l'énergie électrique..... 5

I.3.1. Avantage de la distribution radiale 5

I.3.2. Inconvénients de la distribution radiale 5

I.4. Définition et description du TGBT 6

I.4.1. Définition..... 6

I.4.2. Description..... 6

I.5. Schéma unifilaire..... 6

I.6. Problématique..... 7

Conclusion 8

Chapitre II : Bilan de puissance

Introduction 9

II.1. Détermination de la puissance 9

II.1.1. Puissance installée 9

II.1.2. Puissance utilisée..... 9

II.1.3. Calcul de la puissance installée	10
II.2. Calcul de la puissance d'utilisation.....	11
II.2.1. Puissance utile d'une charge	11
II.2.2. Puissance utile dans une branche	12
Conclusion.....	13

Chapitre III : Dimensionnement et choix des éléments de l'installation

Introduction	14
III.1. détermination des sections des câbles	14
III.1.1. Conditions générales	14
III.1.2. Caractéristiques des câbles.....	14
III.1.3. Détermination la section des câbles	15
III.1.3.1. Courant d'emploi	15
III.1.3.2. Courant admissible.....	15
III.1.3.3. Le courant fictif.....	16
III.1.3.4. Calcul et choix des sections des câbles	17
III.2. Vérification de la chute de tension	19
III.3. Dimensionnement des jeux de barres	20
III.3.1. le courant nominal.....	21
III.3.2. Le courant admissible	21
III.3.3. vérification aux contraintes thermiques	21
III.4. Calcul des courants de court-circuit	24
III.4.1. Les différents types de court-circuit.....	24
III.4.2. Méthode générale de calcul des courants de court-circuit	24
III.4.2.1. Méthode conventionnelle	24
III.4.2.2. Méthode des impédances.....	25
Conclusion.....	29

Chapitre IV : Elaboration des protections et choix des régimes de neutre

Introduction	30
IV.1. Protection.....	30
IV.1.1. Définition et rôle de la protection	30
IV.1.2. Problème de la protection	31

IV.1.3. Protection par disjoncteur	32
IV.1.3.1. Caractéristique d'un disjoncteur basse tension	33
IV.1.3.2. Disjoncteur magnétothermique	33
IV.1.4. Protection par fusible	34
IV.1.5. Choix d'un fusible	Erreur ! Signet non défini.
IV.2. Sélectivité	35
IV.2.1. Définition	35
IV.2.2. Les techniques de sélectivité lors des courts circuits.....	36
IV.2.3. Le choix de sélectivité	36
IV.2.4. Dimensionnement des appareils de protection	37
IV.2.5. Vérification de la sélectivité des disjoncteurs.....	38
IV.2.5.1. Vérification de la sélectivité entre le disjoncteur de tête DT et le disjoncteur D1	38
IV.2.5.2. Vérification de la sélectivité entre le disjoncteur de tête D1 et le disjoncteur Ds1 :	38
IV.3. Régime du neutre.....	40
IV.3.1. Définition des régimes du neutre	40
IV.3.2. Les différents régimes du neutre.....	40
IV.3.3. Différents schémas de SLT.....	41
IV.3.3.1. Schéma de liaison TT.....	41
IV.3.3.2. Schéma de liaison TN	42
IV.3.3.3. Schéma de liaison IT	44
Conclusion	46

Chapitre V : Vérification avec logiciel ECODIAL

Introduction	47
V.1. Fonctions d'ECODIAL.....	47
V.2. Méthodologie	47
V.3. définition des caractéristiques électriques générales du réseau	47
V.4. Description de l'interface graphique	48
V.5. réalisation du schéma unifilaire	49
V.6. Saisie des caractéristiques des éléments du réseau	49
V.7. Bilan de puissance	50
V.8. Présentation des résultats de calcul par Ecodial	50

V.9. validation des résultats.....	77
Conclusion.....	77
Conclusion générale.....	78

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Caractéristique du transformateur.....	3
Tableau I.2 : Identification des différents départs électriques.	3
Tableau I.3 : Identification de différentes charges de nouveau départ.....	4
Tableau I.3 : les types de disjoncteurs.....	4
Tableau II.1: Facteur de simultanéité selon le nombre de récepteurs.	10
Tableau II.2: Facteur de simultanéité selon l'utilisation.	10
Tableau II.3: Le bilan de puissance installée.	11
Tableau II.4 : La puissance totale de cette unité	11
Tableau II.4 : bilan de puissance d'utilisation.....	13
Tableau III.1: Valeurs des sections en fonction de l'échauffement.	18
Tableau III.2 : Valeurs limites admises de chutes de tension.	19
Tableau III.3 : Chutes de tension de différents conducteurs.	19
Tableau III.4 : Calcul de chute de tension.....	20
Tableau III.5 : Méthodologie de calcul des courants de court-circuit.....	26
Tableau III.6 : Calcul de courant de court-circuit pour le site 1.	28
Tableau III.7: Résultat de calcul de courant court-circuit rapproché.	29
Tableau IV.1 : Principe de protection des circuits.	31
Tableau IV.2 : Différentes techniques d'obtention de la meilleure disponibilité d'énergie. ...	36
Tableau IV.3 : Condition de réglage des déclencheurs magnétique et thermique pour l'obtention d'une meilleure sélectivité.....	37
Tableau IV.4 : Protection du transformateur.....	39
Tableau IV.5 : Protection de départ de circuit MELASSE.	39
Tableau IV.6 : Protection des départs des sites.	39
Tableau IV.7 : Protection des moteurs.	40

Liste des figures

Fig. I.1 : Distribution radial.....	5
Fig. I.2 : Schéma unifilaire du réseau d'alimentation.	7
Fig. IV.1 : Disjoncteur magnétique.....	33
Fig. IV.2: Schéma représentatif de sélectivité.....	35
Fig. IV.1 : Contact indirect en schéma.....	41
Fig. IV.2 : Schéma TNC.....	42
Fig. IV.3 : Schéma TNS	43
Fig. IV.4 : Schéma de liaison IT	44
Fig. IV.5 : Schéma de liaison IT au premier défaut.	45
Fig. V.1 : caractéristiques globales.	48
Fig. V.2 : Description de l'interface graphique.....	48
Fig. V.3 : description d'un circuit.	50
Fig. V.4 : Bilan de puissance.....	51

*Présentation du
complexe CEVITAL*

Présentation de l'entreprise CEVITAL

Introduction

CEVITAL est le premier complexe agroalimentaire en Algérie et dans ce présent chapitre nous allons parler de son évolution historique, ses multiples activités industrielles, ses principaux objectifs, ainsi que l'organigramme décrivant ses différentes directions. Par suite nous présentant l'organigramme de l'unité énergie et enfin nous terminerons par une présentation de l'unité d'énergie et utilités existante dans le complexe CEVITAL.

Présentation du complexe CEVITAL

Historique

CEVITAL est une société par action, parmi les entreprises algériennes qui ont vu le jour dès l'entrée de notre pays en économie du marché. Elle a été créée par des fonds privés en 1998.

CEVITAL contribue largement au développement de l'industrie agroalimentaire nationale, elle vise à satisfaire le marché national et exporter le surplus, en offrant une large gamme de produits de qualité.

En effet les besoins du marché national sont de 1200T/J d'huile l'équivalent de 12 litres par personne et par an. Les capacités actuelles de CEVITAL sont de 1800T/J, sont un excédent commercial de 600T/J.

Les nouvelles données économiques nationales dans le marché de l'agroalimentaire, font que les meilleurs sont ceux qui maîtrisent d'une façon efficace et optimale les coûts, les charges et ceux qui offrent le meilleur rapport qualité/prix. Ceci est nécessaire pour s'imposer sur le marché que CEVITAL négocie avec les grandes sociétés commerciales internationales telles que CARREFOUR et AUCHAN (en France), ROYAL (en Suisse) et autres sociétés spécialisées dans l'import-export en Ukraine, Russie, ces produits se vendent dans différentes villes africaines (Tunis, Niamey, Bamako...).

Situation géographique

CEVITAL est un complexe de production qui se situe au niveau du nouveau quai du port de Bejaia, Fig.1, à 3Km du sud-ouest de cette ville et d'étend sur une superficie de 45000m² , à proximité de la RN 09. Cette situation géographique de l'entreprise lui a beaucoup profité étant donné qu'elle lui confère l'avantage de proximité économique. En effet elle se trouve proche du port et de l'aéroport.

Principales activités de CEVITAL

Lancé en Mai 1998, le complexe CEVITAL a débuté son activité par le conditionnement d'huile en Décembre 1998.

En février 1999, les travaux de génie civil de la raffinerie ont débuté, Cette dernière est devenue fonctionnelle en Août 1999.

L'ensemble des activités de CEVITAL est concentré sur la production et la commercialisation des huiles végétales, de margarine et de sucre et se présente comme suit :

- Raffinage des huiles (1800tonnes/jour) ;
- Conditionnement d'huile (1400tonnes/heure) ;
- Production de margarine (600tonnes/jour) ;
- Fabrication d'emballage (PET) : Poly-Ethylène-Téréphtalate (9600unités/heure) ;
- Raffinage du sucre (1600 tonne/jour et 3000 tonnes/jour) ;
- Stockage des céréales (120000 tonnes) ;
- La cogénération (une capacité de production arrive jusqu'à 64MW) ;
- Minoterie et savonnerie en cours d'étude.

Missions et objectifs

L'entreprise a pour mission principale de développer la production et d'assurer la qualité et le conditionnement des huiles, des margarines et du sucre à des prix nettement plus compétitifs et cela dans le but de satisfaire le client et le fidéliser.

Les objectifs et cela dans le but de satisfaire le client et le fidéliser.

- L'extension de ses produits sur tout le territoire national ;
- L'importation de graines oléagineuses pour l'extraction directe des huiles brutes ;
- L'optimisation de ses offres d'emploi sur le marché du travail ;
- L'encouragement des agricultures par des aides financières pour la production locale de graines oléagineuses ;
- La modernisation de ses installations en termes de machine et technique pour augmenter le volume de sa production ;
- Le positionnement de ses produits sur le marché étranger par leurs exportations.

Différents organes constituent le complexe CEVITAL

L'organigramme suivant donne une vue générale sur les différents organes constituant le complexe CEVITAL

La figure I.1 présente l'organigramme du complexe CEVITAL

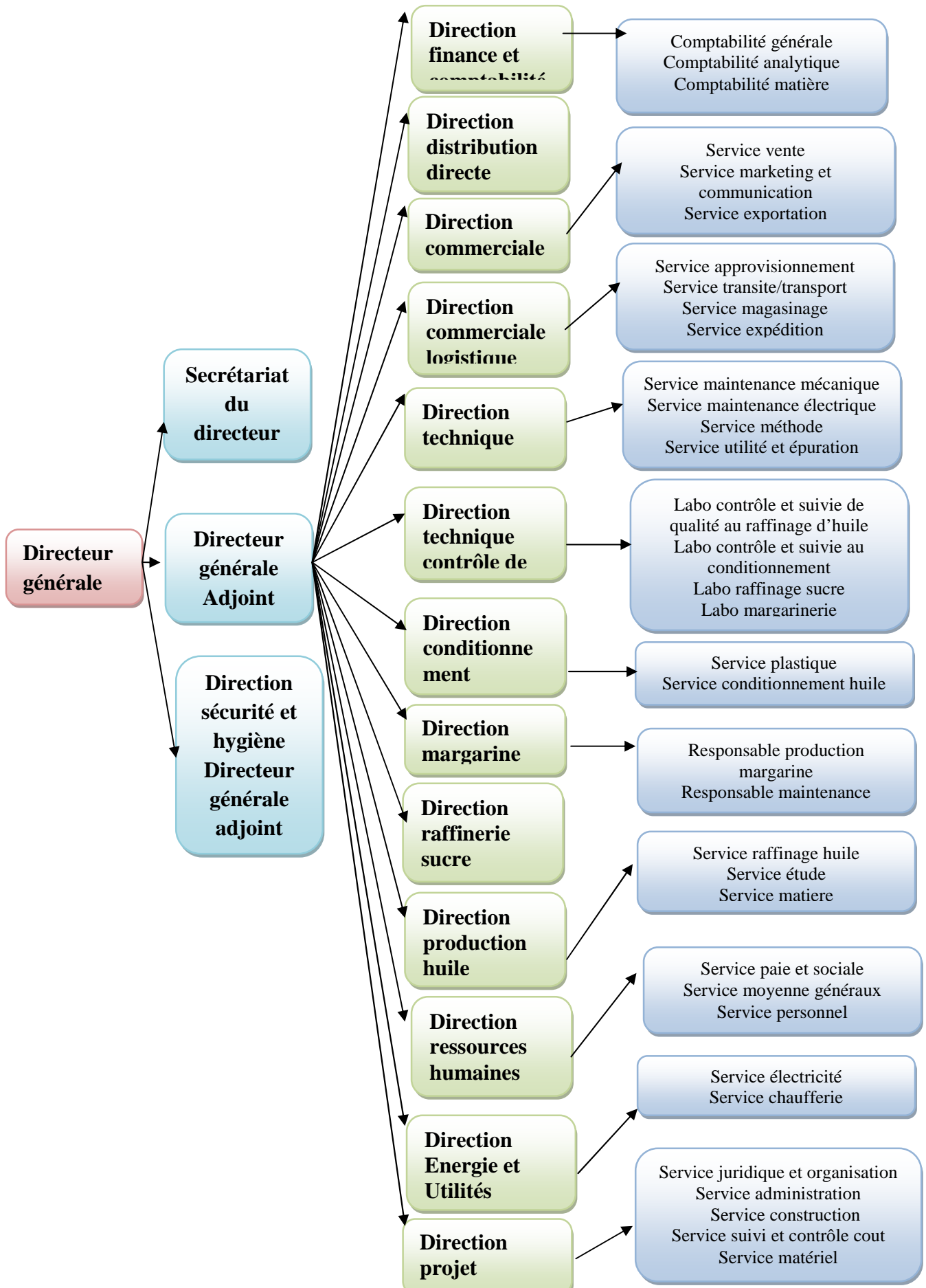


Fig.1: Organigramme du complexe

La direction Energie est constituée de deux départements qui sont :

- Département électricité (production et distribution de l'énergie électrique): distingue :
 - ✓ Le poste 60kV ;
 - ✓ Le poste 30kV ;
 - ✓ La cogénération.
- Département chaufferie (production et distribution de la vapeur).

Les différents départements de la direction Energie sont représentés dans la figure 3

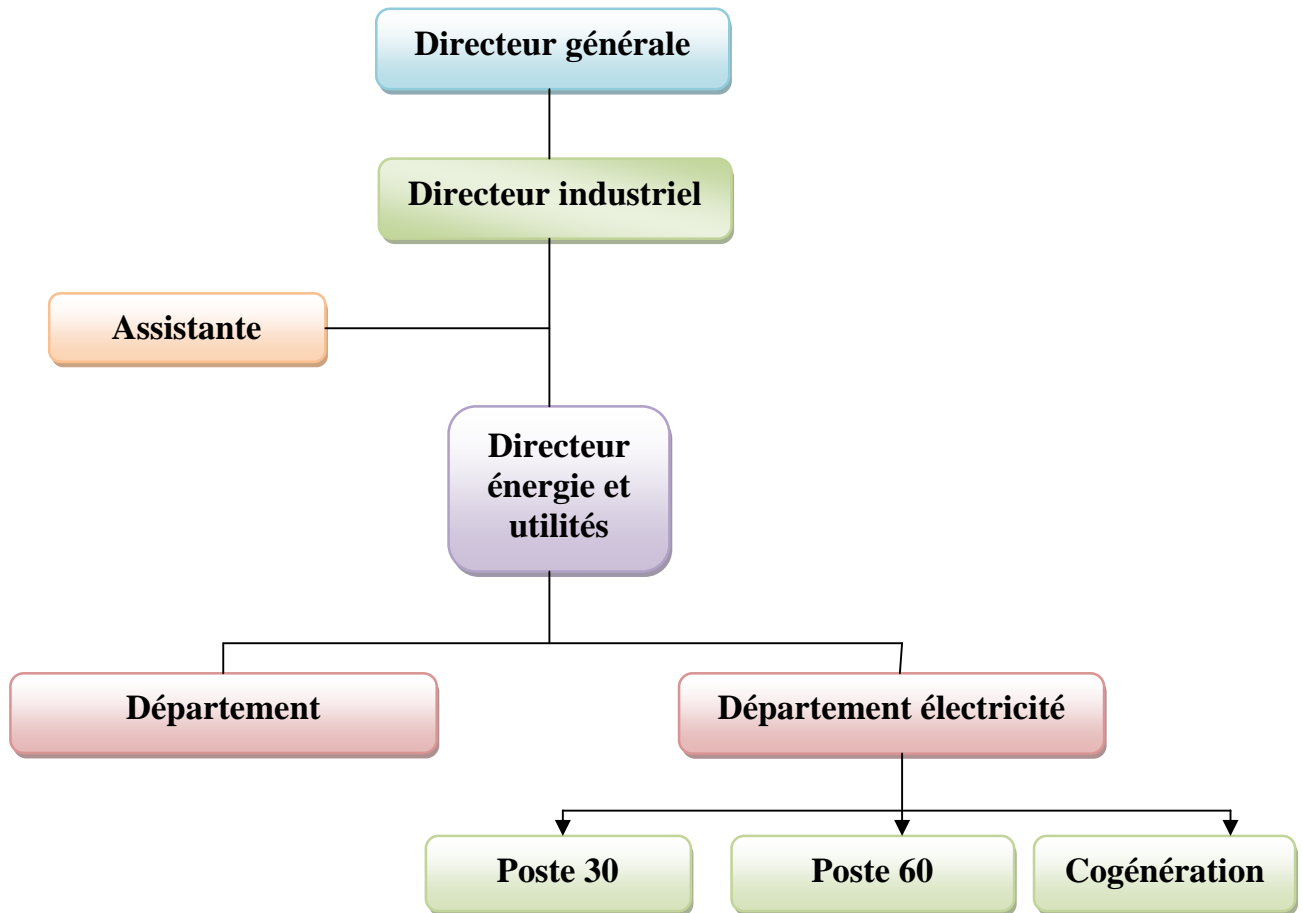


Figure 2 : Organigramme du service Energie

On a donné une description générale du complexe CEVITAL, dont on va réaliser notre projet de fin d'étude.

Introduction générale

Introduction générale

L'architecture d'un réseau de distribution électrique industriel est plus ou moins complexe suivant le niveau de tension, la puissance demandée et la sûreté d'alimentation requise.

Le tableau électrique est le point de passage indispensable du courant électrique, il intègre les appareils qui assurent la distribution de l'énergie électrique, la protection des circuits, la protection des personnes, le contrôle et la commande de l'installation.

La conception d'un réseau électrique doit donc assurer aux procédés de fabrication, une continuité d'exploitation compatible avec les contraintes liées à la production qui doit impérativement assurer la sécurité du personnel de l'unité industrielle, son environnement et la préservation de l'outil de travail.

Cette conception doit se faire en respectant scrupuleusement la réglementation des normes internationales pour les installations électriques.

Dans le but de prévoir de nouvelle installation et rajout d'autres lignes de production au niveau de l'unité portuaire, il est nécessaire d'étudier l'alimentation de cette unité afin de prévoir de nouvelles installations avec une flexibilité meilleure pour une gestion technique en utilisant un système de contrôle récent.

Notre travail sera reparti en cinq chapitres :

Commençons par la partie introductive, où nous allons aborder la présentation du complexe CEVITAL, son historique, sa situation géographique, ses différentes directions et ses différentes activités.

Dans le premier chapitre nous avons jugé utile de présenter brièvement l'installation électrique existante et de recueillir le maximum de données de l'installation.

Le deuxième chapitre sera consacré à établir le bilan de puissance à partir des caractéristiques électriques des récepteurs.

Le troisième chapitre fera l'objet de dimensionnement des différentes parties de l'installation.

Le dimensionnement et choix des appareils de protection et des régimes de neutre sera le sujet de chapitre quatre.

Une vérification avec un logiciel ECODIAL est toujours nécessaire dans le calcul des réseaux, ce qui fera le sujet cinquième chapitre.

Enfin, nous terminerons notre travail par une conclusion générale.

Chapitre 1

Etude de l'installation existante

Introduction

Avant d'étudier et de réaliser un projet d'installation électrique, il importe d'avoir présent à l'esprit un certain nombre de caractéristiques générales dont dépend la conception de l'étude.

Avant d'aborder notre travail, proprement dit, nous avons jugé utile de décrire et présenter brièvement l'installation électrique existante dans l'unité des OPERATIONS PORTUAIRES, cette partie nous permettra de présenter toutes les caractéristiques de cette installation.

I.1. Exécution de l'installation

En général, la distribution de l'énergie électrique dans une usine se fait à partir :

- D'une cellule moyenne ou haute tension ;
- D'un transformateur de puissance ;
- Des armoires de répartition (TGBT) ;
- Des coffrets fixes ou mobiles alimentant un ou plusieurs récepteurs ;
- Un dispositif de commande sur chaque récepteur.

I.2. Etude du réseau de l'unité

Le réseau électrique de l'unité PORTUAIRE est comme le reste des réseaux du CEVITAL, alimenté par la SONELGAZ avec une arrivée de 30kV.

Bien évidemment cette arrivée alimente un transformateur abaisseur de tension (30kV/400V), et ce transformateur alimente à son tour un jeu de barre (JDB) principal de 400V.

Ce jeu de barre (JDB) principal va alimenter à son tour les différents départs (récepteurs) de basse tension, 400V pour les forces motrices et 230V pour l'éclairage :

- Départ vers le circuit tapis roulant + salle de contrôle (MCC1) ;
- Départ vers le circuit de 24 silos (MCC2) ;
- Départ vers le circuit chargement de camion (MCC3) ;
- Départ vers le circuit tapis du port + éclairage du port (MCC4).

I.2.1. Poste de transformation

Le poste de transformation (30kV/400V) est constitué de deux (02) cellules :

- Une cellule d'arrivée et de protection, qui assure la liaison entre le réseau d'alimentation et le transformateur ;
- Une cellule transformatrice (transformateur), qui assure l'alimentation des récepteurs BT par un jeu de barre (JDB).

L'alimentation de la station PORTUAIRE se fait à travers un transformateur abaisseur de tension (30kV/400V), ces caractéristiques sont représentées dans le **Tableau (I.1)**.

Tableau I.1 : Caractéristique du transformateur.

Tension nominale(V)	Courant nominal(A)	couplage	Puissance nominale (kVA)
400	5000	ΔY_{N11}	3150

- Le transformateur existant de cette station est surdimensionné.

I.2.2. Identification des différents circuits électriques

Un équipement BT est un ensemble électrique constitué de l'association d'appareillage électrique BT monté et câblé de manière à assurer :

- La distribution ;
- La commande ;
- La protection et la mesure.

Les différents départs de BT sont connectés à un jeu de barre de 400V qui est dimensionné et fixé sur des supports isolant et qui est protégé par un MASTERPACT de type NW50H (disjoncteur principal).

Chaque départ de l'installation est muni d'un dispositif de coupure (disjoncteur magnétothermique).

Dans le **tableau (I.2)**, on dénombre l'ensemble de tous les départs existants dans l'unité.

Le nouveau départ, en vue d'une éventuelle extension est représenté avec une police en gras.

Tableau (I.2) : Identification des différents départs électriques.

N°	Signification	Puissances (kW)
MCC1	Départ vers le circuit tapis roulants+salle de contrôle (MCC1)	612,316
MCC2	Départ vers le circuit de 24 silos (MCC2)	652,927
MCC3	Départ vers le circuit chargement de camion (MCC3)	392,129
MCC4	Départ vers le circuit tapis du port+éclairage (MCC4)	309,805
5	Nouveau départ vers le circuit mélasse	A déterminer?

I.2.3. Caractéristiques du circuit mélasse

La station de pompage MELLASE est un ensemble de moteurs qui entraînent des pompes volumétriques servant à pomper (expédier) mélasse vers le bateau.

Cette station constitue de trois (03) sites (silos) qui sont alimentés de différentes sources indépendantes.

Notre travail consiste à regrouper l'alimentation électrique de cette station par un seul départ du TGBT existante.

Dans notre station, les récepteurs sont des moteurs triphasés de 380V.

Dans le **tableau I.3**, on cite l'ensemble de tous les récepteurs du projet auxquels on affecte des numéros de circuits, cette affectation reste valable pour le reste du travail.

Tableau I.3 : Identification de différentes charges de nouveau départ.

	N°	Charge	Puissance (kW)	Longueur (m)	Source
Site 1	1	Moteur 1	48,112	30	TGBT existante
	2	Moteur 2	48,112	30	TGBT existante
Site 2	3	Moteur 3	48,112	350	Source indépendante
	4	Moteur 4	48,112	350	Source indépendante
	5	Moteur 5	48,112	350	Source indépendante
Site 3	6	Moteur 6	23,747	500	Source indépendante
	7	Moteur 7	23,747	500	Source indépendante

I.2.4. Protection des départs

Chaque départ est protégé par un COMPACT (disjoncteur magnétothermique), ces différentes protections sont représentées dans le **tableau I.4**.

Tableau I.4 : les types des disjoncteurs.

N°	I_n (A)	Type de disjoncteur
MCC1	1250	Compact NS1200H
MCC2	1250	Compact NS1200H
MCC3	800	Compact NS800H
MCC4	630	Compact NS630H

I.2.5. Source de secours (centrale groupe)

Pour parer à ces multiples coupures et pannes qui perturbent le processus de production, CEVITAL s'est équipée d'une centrale groupe composée de sept groupes électrogènes de puissance globale de 12,2MVA montés en parallèle et de sept transformateurs élévateurs de 400V/30kV

I.3. Mode de distribution de l'énergie électrique

Le mode de distribution adopté par l'entreprise pour canaliser l'énergie des différentes sources ou postes de transformation aux charges est radial. Ainsi, l'entreprise a opté pour une distribution radiale qui est la plus employée et la plus conseillée dans toute installation industrielle basse tension BT.

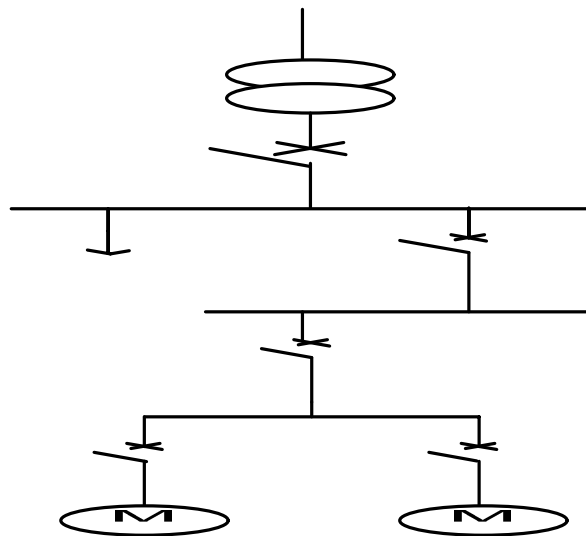


Fig. I.1 : Distribution radiale.

Il existe d'autres modes de distribution en basse tension comme :

- Le mode en peigne ;
- Le mode en boucle.

I.3.1. Avantage de la distribution radiale

- Entretien facile ;
- Localisation facile des défauts ;
- Facilité de réalisation ;
- Coût de réalisation nettement inférieur aux autres modes.

I.3.2. Inconvénients de la distribution radiale

- Tout défaut enregistré en amont d'un circuit affecte automatiquement les circuits avals ;
- Continuité de service limitée.

I.4. Définition et description du TGBT

I.4.1. Définition

L'armoire de distribution de type TGBT (Tableau Général Basse Tension) assure la fonction de distribution et de gestion d'énergie. Le TGBT est représenté par un système de coffrets et d'armoires. Ces coffrets et armoires sont entièrement composables et doivent respecter la norme IEC EN 60 439-1.

On trouve les organes de protection, les appareils de mesure et de supervision ainsi que des modules de commande, de communication, etc. les coffrets et armoires constituent l'enveloppe du TGBT. Le Tableau Général Basse Tension est le point central de la distribution électrique.

I.4.2. Description

Placé en aval et à proximité immédiate du transformateur MT/BT, il comporte tous les départs vers le coffret ou l'armoire de chaque équipement principales. En cas d'incident, il assure également, grâce à des automatismes adéquats placés localement, le délestage des départs non secourus indispensable, après séparation de la source normale.

Ce choix de structure permet aux TGBT de disposer localement des deux réseaux de puissance prévue, alimenté par les sources normales et de secours.

I.5. Schéma unifilaire

Le schéma électrique unifilaire résume le réseau d'alimentation, la représentation par un seul fil avec l'inscription du nom des différents instruments exploités facilite la lecture et la compréhension du schéma.

La **figure I.2** montre le schéma unifilaire de l'installation électrique de la station de pompage de la mélasse.

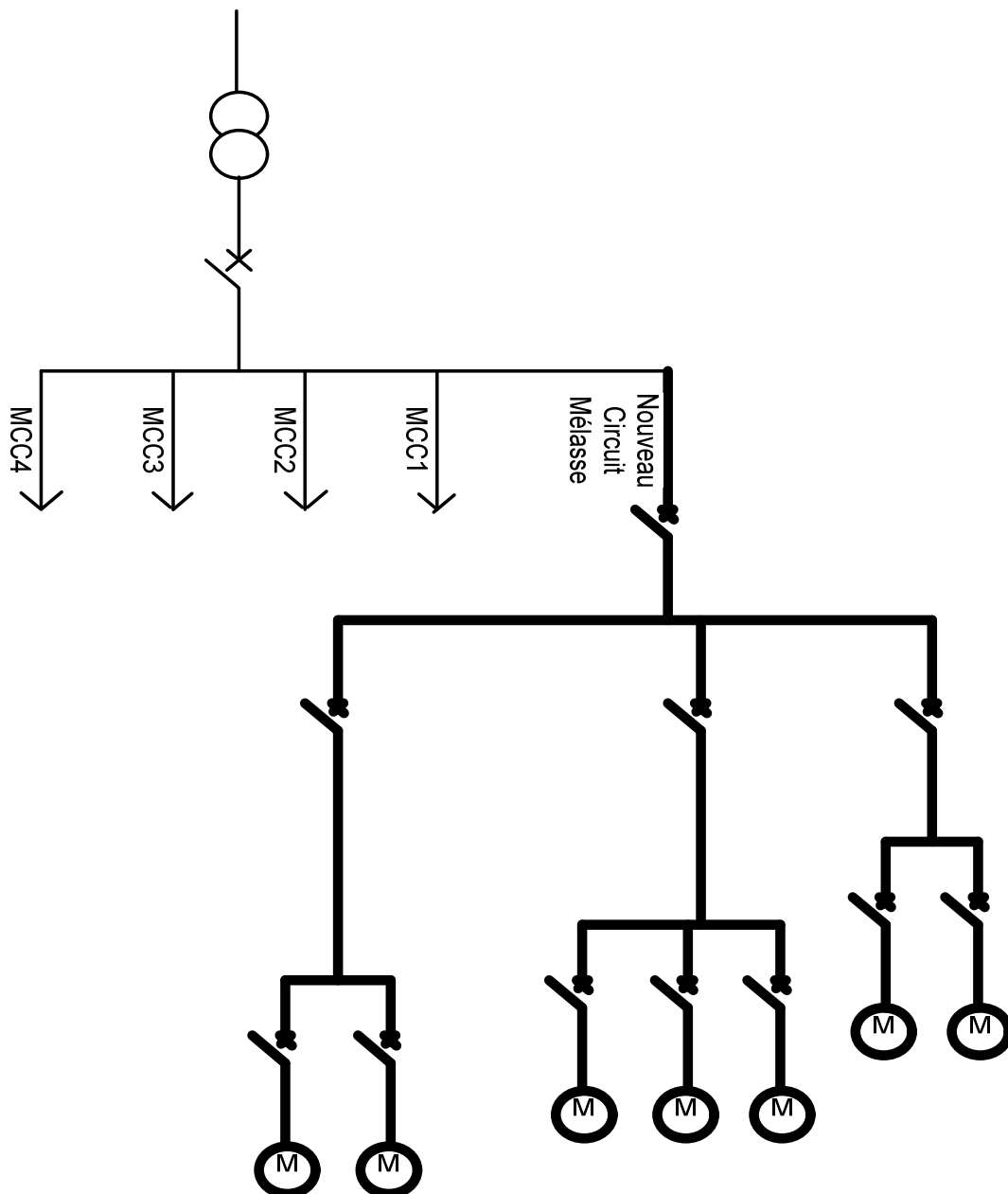


Fig. I.2 : Schéma unifilaire du réseau d'alimentation.

- La partie en gras représente le circuit mélasse.

I.6. Problématique

En vue d'une éventuelle extension de l'unité PORTUAIRE, une étude sur l'installation de circuit mélasse, nous a été confiée dans le cadre de la réalisation de notre projet de fin d'étude master.

Nous allons faire une étude globale de l'installation, suivant les méthodes appropriées et conformément aux normes. Il s'agit de déterminer précisément les canalisations et leurs protections en commençant de circuits terminaux jusqu'à l'origine.

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons fait une description générale de l'installation électrique de l'unité PORTUAIRE, ce qui nous a permis de prendre connaissance des caractéristiques des différents éléments qui la constitue.

Les caractéristiques des différents éléments de l'installation nous a permet de faire un bilan de puissance de la nouvelle installation électrique de l'unité PORTUAIRE, ce qui fera le sujet de chapitre suivant.

Chapitre 2

Bilan de puissance

Introduction

La détermination de bilan de puissance est un outil qui va permettre de dimensionner l'installation à partir de la définition des récepteurs. C'est la première étape essentielle de l'étude de conception d'un réseau électrique. Elle doit cerner et localiser géographiquement les valeurs des puissances actives et réactives.

II.1. Détermination de la puissance

La puissance d'une installation n'est pas la somme arithmétique de celle des récepteurs. Sa détermination nécessite de connaître la puissance installée et la localisation des récepteurs pour accéder à la puissance d'utilisation et à la détermination de la puissance du transformateur nécessaire [1].

II.1.1. Puissance installée

La puissance active installée, dans une entreprise représente la somme des puissances actives nominales de tous les récepteurs. Cette puissance servira ensuite, au calcul des puissances réellement consommées en utilisant des facteurs d'utilisation et de simultanéité correspondant à chaque niveau de l'installation [1].

II.1.2. Puissance utilisée

Elle représente la puissance réellement demandée au point source par les divers circuits d'une installation électrique. Elle est plus faible que la puissance installée vu que les récepteurs n'absorbent pas tous simultanément leurs puissances nominales.

Son estimation permet d'évaluer la puissance réellement utilisée. Néanmoins sa détermination nécessite la connaissance des trois facteurs suivants : d'utilisation (K_U), de simultanéité (K_s) et d'extension (K_e) [1].

a. Le coefficient d'utilisation K_U

La puissance utilisée est inférieure à la puissance nominale installée (plaque signalétique) d'où la notion du facteur d'utilisation affectée à chaque récepteur.

Ceci est vrai lorsque les récepteurs à moteurs sont susceptibles de fonctionner en dessous de leur charge nominale.

Dans une installation industrielle, ce facteur peut-être estimé en moyenne à 0.75 pour les moteurs, par contre pour l'éclairage et le chauffage, il sera toujours égale à 1 [2].

b. Le coefficient de simultanéité K_s

Dans l'ensemble électrique, les récepteurs d'un même circuit ne fonctionnent pas tous simultanément, par conséquent on affecte aux différents ensemble de récepteurs des facteurs de simultanéité [2].

Les normes NFC14-100, UTE63-410 et 15-100 donnent quelques précisions sur ce facteur dans les **tableaux II.1** et **II.2**.

Tableau II.1: Facteur de simultanéité selon le nombre de récepteurs.

Nombres de récepteurs	Facteurs de simultanéité K_s
2 à 3	0,9
4 à 5	0,8
6 à 9	0,7
10 et plus	0,6

Tableau II.2: Facteur de simultanéité selon l'utilisation.

Utilisation	Facteurs d'utilisation K_U
Eclairage, conditionnement d'air	1
Chauffage électrique, chauffe d'eau	1
Prise de courant (n : nombre de prise de courant alimenté par le même circuit)	0,1 + (0,9/n).....Si n<6 0,6.....Si n>6
Moteur électrique	0,75

c. Le facteur de demande K_d

Vu que les informations exactes sur les types de récepteurs installés dans les différents blocs ne sont pas disponibles donc les K_U et K_s ne peuvent pas être donnés, on utilise le coefficient de demande par bloc pour ne pas sous-estimer la puissance souscrite.

d. Le facteur d'extension K_e

La valeur du facteur K_e doit être estimée suivant les conditions prévisibles d'évolution de l'installation ; il est au moins égal à 1. A défaut de précision, la valeur 1,2 est souvent utilisée pour une installation industrielle [2].

II.1.3. Calcul de la puissance installée

Les résultats des calculs sont inscrits dans le **tableau II.3** :

Tableau II.3: Le bilan de puissance installée.

N°	Cos φ	P _N (kW)	U _N (V)	I _N (A)	Q _N (kVAR)	S _N (kVA)
1	0,85	48,112	380	86	29,817	56,603
2	0,85	48,112	380	86	29,817	56,603
Site 1		96,224		172	59,634	113,206
3	0,85	48,112	380	86	29,817	56,603
4	0,85	48,112	380	86	29,817	56,603
5	0,85	48,112	380	86	29,817	56,603
Site 2		144,336		258	89,451	169,809
6	0,88	23,747	380	41	12,817	26,985
7	0,88	23,747	380	41	12,817	26,985
Site 3		47,494		82	25,634	53,97
Total		288,054		512	174,719	336,985

Tableau II.4 : La puissance totale de cette unité

N°	Signification	Puissances (kW)
MCC1	Départ vers le circuit tapis roulants+salle de contrôle (MCC1)	612,316
MCC2	Départ vers le circuit de 24 silos (MCC2)	652,927
MCC3	Départ vers le circuit chargement de camion (MCC3)	392,129
MCC4	Départ vers le circuit tapis du port+éclairage (MCC4)	309,805
5	Nouveau départ vers le circuit la mélasse	366,985
	Puissance total	2334,162

II.2. Calcul de la puissance d'utilisation

II.2.1. Puissance utile d'une charge P_{Ui}

L'estimation de la puissance réellement absorbée par une charge électrique tient compte du taux de charge du récepteur par rapport à sa puissance nominale. Ainsi, la détermination de cette puissance nécessite une bonne connaissance du facteur d'utilisation [1].

Elle est donnée par la relation suivante :

$$P_{Ui} = K_U * P_N \quad (\text{II.1})$$

$$Q_{Ui} = K_U * Q_N \quad (\text{II.2})$$

P_{Ui} : Puissance utile demandée par une charge ;

P_N : Puissance nominale d'une charge ;

K_U : Facteur d'utilisation.

II.2.2. Puissance utile dans une branche P_{Uj} [2]

Cette puissance est déterminée en établissant la somme de toutes les puissances utiles du groupe de récepteurs alimenté par la même branche, multipliée par le facteur de simultanéité correspondant [1].

Elle est donnée par la relation suivante :

$$P_{Uj} = K_s * \sum_{i=1}^n P_{Ui} \quad (\text{II.3})$$

$$Q_{Uj} = K_s * \sum_{i=1}^n Q_{Ui} \quad (\text{II.4})$$

P_{Uj} : Puissance utile dans une branche ;

K_s : Facteur de simultanéité ;

n : Nombre de récepteurs (charges).

Cette puissance nous servira ensuite, au calcul de la puissance à prévoir au poste de transformation et on prenant en compte l'évolution de la charge.

$$P_{Ut} = K_s * K_e * \sum_{i=1}^n P_{Uj} \quad (\text{II.5})$$

P_{Ut} : Puissance utile totale dans l'installation ;

K_e : Facteur d'extension.

Les différents résultats des calculs de puissances sont présentés dans le **tableau II.5**.

Tableau II.5 : bilan de puissance d'utilisation.

N°	K_U	$P_{Ui}(kW)$	$Q_{Ui}(kVAR)$	$S_{Ui}(kVA)$	$P_{Uj}(kW)$	$Q_{Uj}(kVAR)$	$S_{Uj}(kVA)$
1	0,75	36,084	22,362	42,452			
2	0,75	36,084	22,362	42,452			
Site 1	K_s = 0,9	72,168	44,724	84,904	64,951	40,251	76,414
3	0,75	36,084	22,362	42,452			
4	0,75	36,084	22,362	42,452			
5	0,75	36,084	22,362	42,452			
Site 2	K_s = 0,9	108,252	67,086	127,356	97,426	60,377	114,62
6	0,75	17,81	9,612	20,24			
7	0,75	17,81	9,612	20,24			
Site 3	K_s = 0,9	35,62	19,224	40,48	32,058	17,301	36,432
Total	K_e = 1,2				233,322	141,51	272,96

Conclusion

L'élaboration de bilan de puissance nous a permis de vérifier le niveau de consommation en énergie électrique et de voir la disponibilité de l'énergie au sein de l'unité portuaire.

Avec le bilan de puissance calculé en utilisant les différents coefficients, on a pu estimer les puissances utiles des différents récepteurs et la puissance globale.

Le calcul des puissances des différents circuits nous servira au dimensionnement des appareils de protection et des sections des câbles.

Chapitre 3

*Dimensionnement et choix
des éléments d'installation*

Introduction

Dans ce chapitre nous allons étudier les caractéristiques de chaque partie de l'installation, à cet effet, nous allons vérifier les sections des câbles existants, les courants d'emplois, les chutes de tensions et les courants de court-circuit, d'une manière à supporter et de satisfaire différentes contraintes pour le bon fonctionnement, à savoir : disponibilité, sécurité, économie et protection.

III.1. détermination des sections des câbles

III.1.1. Conditions générales [1]

La section d'un câble doit satisfaire aux conditions techniques suivantes :

- Un échauffement normal de l'âme conductrice n'entraînant pas la détérioration des propriétés isolantes des constituants de l'enveloppe et de la gaine lorsqu'elle fait transiter l'intensité admissible en régime permanent, cette condition doit prendre en compte :
 - La constitution du câble.
 - Le mode et les conditions de pose qui limitent les échanges thermiques du câble avec l'environnement.
 - La température du milieu ambiant (air ou terre).
- Une chute de tension au plus égale :
 - Aux limites réglementaires.
 - Ou à l'écart accepté entre la tension disponible au départ et la tension souhaitée à l'arrivée.
- Une bonne tenue à une surintensité de courte durée due à un courant de court-circuit et qui se traduit :
 - Par les courants intenses dans les écrans métalliques des câbles d'où une augmentation de l'échauffement et un risque de détérioration accrue.

A ces conditions s'ajoutent :

- Des conditions de sécurité, protection contre les contacts indirects.
- Une condition économique, cette condition, consiste à rechercher la section qui, en régime permanent, rend minimale la somme du coût d'investissement et du coût d'exploitation.

III.1.2. Caractéristiques des câbles [2] [4]

Les câbles utilisés sont du type U1000R2V multipolaire, suivant la norme NFC 32-321 on a les données suivantes :

U : câble normalisé ; **1000** : tension nominale (V) ; **R** : conducteur isolé au polyéthylène réticulé chimiquement (PRC) ; **2** : gain épaisse de protection et **V** : polychlorure de vinyle.

Température maximale à l'âme :

85°C en permanence.

250°C en court-circuit.

Le PRC est résistant aux propagations des flammes, et interdit dans :

- Les piscines ;
- Les industries chimiques ;
- Les carrières (chocs mécaniques) ;
- Les industries importantes (vibration) ;
- Les endroits où les effets sismiques sont importants.

III.1.3. Détermination la section des câbles

Les câbles doivent assurer le transit de l'intensité du courant dans les conditions normales sans échauffement de l'âme conductrice et doivent supporter l'intensité du courant de court-circuit pendant une durée déterminée.

III.1.3.1. Courant d'emploi I_e [2] [4]

Au niveau des circuits terminaux, c'est le courant qui correspond à la puissance apparente des récepteurs.

$$I_e = P_u \times a \times b \times c \times d \times e \quad (\text{III.1})$$

Avec :

P_u : Puissance utile du récepteur [kW] (indique sur la plaque signalétique de l'appareil).

a : facteur tenant compte du facteur de puissance et du rendement des récepteurs.

$$a = \frac{1}{\eta \cdot \cos\phi} \quad (\text{III.2})$$

b : (K_u) facteur d'utilisation des appareils ;

On peut prendre 0,75 pour les moteurs et 1 pour l'éclairage ;

c : facteur de simultanéité ;

d : facteur tenant compte des prévisions d'extension ;

e : facteur de conversion des puissances en intensités.

$$\text{En monophasé : } e = \frac{1000}{V}$$

$$\text{En triphasé : } e = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot U}$$

III.1.3.2. Courant admissible I_{ad}

C'est le courant maximal que la canalisation peut véhiculer en permanence sans préjudice pour sa durée de vie. Ce courant pour une section donnée dépend de plusieurs paramètres :

- Constitution du câble (cuivre, aluminium, isolation PVC ou PR, nombre de conducteurs actifs) ;

- Température ambiante ;
- Mode de pose.

Le courant admissible par l'âme conductrice d'un câble est donné par l'expression :

$$I_{ad} \geq I_f = \frac{I_e}{K} \quad (\text{III.3})$$

I_e : Courant d'emploi ;

K : facteur de correction ($K=K_1 * K_2 * K_3 * K_n * K_s * \dots$).

III.1.3.3. Le courant fictif I_f

Le courant fictif est correction maximum de courant d'emploi, réellement transite dans une canalisation électrique.

$$I_f = \frac{I_e}{K_1 * K_2 * K_3 * K_n * K_s} \quad (\text{III.4})$$

La section d'un conducteur de phase dépend du mode de pose et d'un coefficient d'influence noté K . Le coefficient K caractérise l'influence des différentes conditions de l'installation.

a. Détermination de la lettre de sélection

La lettre de sélection de **B** à **F** dépend du conducteur utilisé et de son mode de pose, les modes de pose sont très nombreux voir le **tableau A1 de l'annexe**.

La norme NFC 15 – 100 les a groupés en méthodes de référence et ils sont désignés par une lettre de sélection.

b. Détermination le facteur K [2]

Déterminer un coefficient K qui caractérise l'influence des différentes conditions d'installation.

$$K=K_1 * K_2 * K_3 * K_n * K_s \quad (\text{III.5})$$

- **Facteur de correction K_1**

Le facteur K_1 prend en compte le mode de pose.

- **Facteur de correction K_2**

Ce facteur tient compte de l'influence thermique mutuelle des circuits placés côte à côte.

- **Facteur de correction K_3**

Le facteur K_3 prend en compte la température ambiante et la nature de l'isolant.

- **Facteur de correction du neutre chargé K_n**

Selon la norme NF C15-100 $K_n = 0,84$.

- **Le facteur de correction dit de symétrie K_s**

Selon la norme NF C15-105

$K_s = 1$ pour 2 et 4 câbles par phase avec le respect de la symétrie ;

$K_s = 0,8$ pour 2, 3 et 4 câbles par phase si non respect de la symétrie.

Les **tableaux (A.2, A.3, A.4, A.5)** de l'annexe nous permettent de déterminer la section des conducteurs de phase d'un circuit. Ils sont utilisables que pour les canalisations non enterrées et protégées par disjoncteur.

III.1.3.4. Calcul et choix des sections des câbles

La détermination de la section d'un câble se fait selon les critères suivants :

- Calcul de la section technique.
- Calcul de la section économique.

a. Section technique

La détermination de cette section consiste à trouver la section normalisée appartenant au type de câble choisi, et satisfait les trois conditions suivantes :

- Echauffement normal ;
- Chute de tension admissible ;
- Surcharge due au court-circuit.

↳ Calcul de la section

Le calcul de la section d'un conducteur, d'une ligne électrique est en fonction des différents paramètres de l'installation :

- Le mode de pose ;
- Le type d'éléments conducteurs ;
- L'influence mutuelle des autres circuits ;
- La température ambiante ;
- La nature de l'isolant ;
- L'intensité nominale du courant d'emploi I_e .

↳ Exemple de calcul

Pour le site1 : $I_N=86A$, $U_N=400V$, $\cos \varphi=0,85$,

- **Le courant d'emploi**

$$I_e = P_u \times a \times b \times c \times d \times e$$

-Le facteur (a) est calculé à base de la formule suivante :

$$a = \frac{1}{\eta \cdot \cos \varphi} = \frac{1}{0,983 \cdot 0,85} = 1,2$$

- Dans notre installation le facteur d'utilisation est estimé à : $b=0,75$
- Et le facteur de simultanéité est estimé à : $c=0,9$
- Le facteur d'extension dans une installation industrielle : $d=1,2$
- Le facteur de conversion est :

$$e = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 400} = 1,52$$

Donc $I_e = 48,112 \cdot 1,2 \cdot 0,75 \cdot 0,9 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 52 = 71,082 \text{ A}$

Le courant d'emploi est estimé à $I_e = 71,082 \text{ A}$.

- **Le courant fictif**

On utilise un câble multiconducteur alors on prend la lettre **B**

$$I_f = \frac{I_e}{K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_n \cdot K_s} = \frac{71,082}{0,9 \cdot 1 \cdot 1,04 \cdot 0,84} = 91,13 \text{ A}$$

Les résultats de calcul pour chaque site sont inscrits dans le **tableau III.1**.

Tableau III.1: Valeurs des sections en fonction de l'échauffement.

N°	I_N (A)	I_e (A)	K	I_f (A)	I_{ad} (A)	S_i (mm ²)	S_j (mm ²)
1	86	71,082	0,78	91,13	112	25	
2	86	71,082	0,78	91,13	112	25	
Site 1	172	142,164		182,26	213	70	70
3	86	71,082	0,78	91,13	112	25	
4	86	71,082	0,78	91,13	112	25	
5	86	71,082	0,78	91,13	112	25	
Site 2	258	213,246		273,39	299	240	240
6	41	33,92	0,78	43,5	48	25	
7	41	33,92	0,78	43,5	48	25	
Site 3	82	67,84		87	168	120	120

b. Section économique

Un câble, au même titre que tout autre matériel électrique, doit être conçu pour une durée de vie longue, de l'ordre de 30 à 40ans, il est nécessaire de tenir en compte, dans l'investissement initial, de l'accroissement prévisible de la charge au fil des années et du cout des pertes par effet joule.

III.2. Vérification de la chute de tension [1]

L'impédance d'un câble est faible mais non nulle, lorsqu'il est traversé par le courant de service, il y a chute de tension entre son origine et son extrémité.

La norme NF C 15-100 impose que la chute de tension entre l'origine de l'installation BT et tout point d'utilisation n'excède pas les valeurs indiquées dans le **tableau III.2**

Tableau III.2 : Valeurs limites admises de chutes de tension.

Branchement	Eclairage	Autre usages
Alimentation par le réseau BT de distribution publique	3%	5%
Alimentation par poste privé HT/BT	6%	8%

Lorsque la chute de tension est supérieure aux valeurs du tableau ci-dessus, il sera nécessaire d'augmenter la section de certains circuits jusqu'à ce que l'on arrive à des valeurs inférieures à ces limites.

Tableau III.3 : Chutes de tension de différents conducteurs.

Type de distribution	Nature de la chute de tension	Chute de tension (V)	Chute de tension en (%)
Monophasé Biphasé	Entre phase	$\Delta U = 2 I_e (R \cos \varphi + \lambda L \sin \varphi)$	$100 * \frac{\Delta U}{U_n}$
	Entre phase et neutre	$\Delta U = 2 I_e (R \cos \varphi + \lambda L \sin \varphi)$	$100 * \frac{\Delta U}{V_n}$
Triphasé équilibré	Entre phase	$\Delta U = \sqrt{3} I_e (R \cos \varphi + \lambda L \sin \varphi)$	$100 * \frac{\Delta U}{U_n}$
	Entre phase et neutre	$\Delta U = \sqrt{3} I_e (R \cos \varphi + \lambda L \sin \varphi)$	$100 * \frac{\Delta U}{V_n}$

I_e : Courant d'emploi dans le circuit.

R : Résistance d'un conducteur en (Ω).

U_n : Tension nominale entre phases.

V_n : Tension nominale simple.

λ : Réactance linéique des conducteurs, pour un câble tripolaire est $0,08 \Omega/\text{Km}$.

L : longueur du câble

$\cos \varphi$: Facteur de puissance.

- Pour le cuivre : $\rho = 22,5 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{Km}$.
- Pour l'aluminium : $\rho = 36 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{Km}$.

Pour le cuivre :

$$R = \frac{\rho = 22,5 \left(\Omega \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{Km}} \right) * L (\text{Km})}{S (\text{section en mm}^2)} \quad (\text{III.6})$$

↳ Exemple de calcul

Pour le site 1 :

$$I_e=142,164A \quad , \quad L=30m \quad , \quad \cos \varphi=0,85 \quad , \quad S=70 \text{ mm}^2$$

$$R = \frac{22,5 * 0,03}{70} = 9,64 \text{ m}\Omega$$

$$\Delta U = \sqrt{3} I_e (R \cos \varphi + \lambda L \sin \varphi)$$

$$\Delta U = \sqrt{3} * 142,164 (0,00964 * 0,85 + 0,08 * 0,03 * 0,526)$$

$$\Delta U = 3,13V.$$

$$\text{Soit en pourcentage \% : } \Delta U(\%) = 100 * \frac{\Delta U}{U_n} = \frac{3,13}{400} * 100 = 0,823\% < 5\%.$$

On récapitule les résultats de calcul des chutes de tension dans les différents départs de circuit mélasse dans le **tableau III.4**.

Tableau III.4: Calcul de chute de tension.

N°	R (mΩ)	X (mΩ)	L(Km)	Cos φ	ΔU(%)	S _j (mm ²)
Site 1	9,64	2,4	0,030	0,85	0,823	70
Site 2	32,81	28	0,350	0,85	3,93	240
Site 3	93,75	40	0,500	0,88	3,13	120

III.3. Dimensionnement des jeux de barres [5]

Le dimensionnement des jeux des barres consiste à choisir une section convenable des jeux de barres en fonction du courant qui y circule et la vérification aux efforts électrodynamiques et thermiques du régime d'avarie.

Les jeux de barres à basse de tension destinés à assurer le transport d'énergie électrique entre éléments d'une installation le fournissant (générateurs, transformateurs...) et la répartissant (tableaux généraux de distribution dits TGBT) ; ils peuvent également être une partie de ces derniers ou d'ensembles d'appareillage à basse tension faisant l'objet de normes particulières.

Les principaux problèmes posés par l'emploi des jeux de barres peuvent se regrouper en deux catégories :

- Les conditions d'équilibre thermique avec leur environnement immédiat, qui déterminent les courants admissibles, pour une température acceptable du métal.
- Les conditions de réalisation mécanique, en fonction des contraintes susceptibles de leur être appliquées, tant en service normal qu'en cas de défaut (court-circuit). [5]

III.3.1. le courant nominal

Le courant nominal qui parcourt les conducteurs des jeux de barres est donné par la relation :

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} * U_n} \quad (\text{III.7})$$

Avec :

S_n : Puissance apparente nominale ;

U_n : Tension nominale composée.

$$I_n = \frac{336,985 * 10^3}{\sqrt{3} * 400} = 512A.$$

III.3.2. Le courant admissible

Le courant admissible maximal est estimé à 1,2 fois le courant nominal qui parcourt les jeux de barres.

$$I_{ad} = 1,2 * I_n \quad (\text{III.8})$$

$$I_{ad} = 614.4A.$$

Connaissant le courant admissible, on peut choisir les sections des barres directement à partir du **tableau A.6 de l'annexe**.

Pour un conducteur en cuivre nu courant nominaliser de 700A :
 $S = 250 \text{ mm}^2 (S = 50 * 5 = 250 \text{ mm}^2)$.

III.3.3. vérification aux contraintes thermiques

Les efforts thermiques sont dus au dégagement de chaleur par effet joule pendant le régime de court-circuit.

Pendant le fonctionnement normal, les jeux de barres se trouvent à une température initiale θ , lorsqu'un court-circuit apparaît, la température des jeux de barres augmente de $\Delta\theta$.

Pour que les barres résistent aux effets thermiques, il faut que la chaleur finale de la température de ces barres ne dépasse pas une valeur limite qui est la température admissible du matériau.

a. Au passage de courant assigné (I_r)

La formule de MELSON et BOTH permet de définir l'intensité admissible dans un conducteur :

$$I = K * \frac{24,9 * (\theta - \theta_n)^{0,61} * S^{0,5} * P^{0,39}}{\sqrt{\rho_{20} * [1 + \alpha * (\theta - 20)]}} \quad (\text{III.9})$$

I : Courant admissible (A) ;

P : Périmètre d'une barre (cm) ;

α : Coefficient de température de résistivité. Avec $\alpha = 0,004$;

S : Section d'une barre (cm²) ;

ρ_{20} : Résistivité du conducteur ;

θ : Température du conducteur ;

θ_n : Température ambiante ($\theta_n \leq 40^\circ\text{C}$) ;

K : coefficient de conditions, avec $K = K_1 * K_2 * K_3 * K_4 * K_5 * K_6$

Avec :

- Nombre de barres méplates par phase égal à 2 $\Rightarrow K_1 = 1.73$;
- La surface des barres est nues $\Rightarrow K_2 = 1$;
- Les barres utilisées c'est des barres sur chant $\Rightarrow K_3 = 1$;
- Les barres sont installées à une atmosphère calme à l'intérieur $\Rightarrow K_4 = 1$;
- Les barres sont installées sans ventilation artificielle $\Rightarrow K_5 = 1$;
- Une barre traversée par un courant alternatif de fréquence ≤ 60 Hz $\Rightarrow K_6 = 1$.

➤ Vérification de la section

$$I = 1,73 * \frac{24,9 * (90 - 25)^{0,61} * 2,5^{0,5} * 5^{0,39}}{\sqrt{1,83 * [1 + 0,004 * (90 - 20)]}}$$

A.N :

$$I = 1061,45\text{A} > I_{ad} = 614.4\text{A}.$$

La valeur du courant calculé est supérieure à la valeur du courant admissible, donc la section choisie convient.

b. Au passage d'un courant de court-circuit

On admet que, pendant toute la durée (1 à 3s) :

- Toute la chaleur dégagée sert à élever la température du conducteur ;
- Les effets du rayonnement sont négligeables.

Pour le calcul de l'échauffement du à un court-circuit, on utilise la formule suivante :

$$\Delta\theta_{cc} = 0,24 * \frac{\rho_{20} * I_{th}^2 * t_k}{(n * S)^2 * C * \delta} \quad (\text{III.10})$$

$$I_{cc} = \frac{U_n}{\sqrt{3} * Z_{cc}} \quad (\text{III.11})$$

Avec :

$\Delta\theta_{cc}$: Échauffement du au courant de court circuit ;

ρ_{20} : Résistivité du conducteur (cuivre : $1,83\mu\Omega \text{ cm}$) ;

I_{th} : Est le courant de court circuit de courte durée ;

t_k : Durée du court-circuit de courte durée (1 à 3s) ;

n : nombre de barre(s) par phase ;

S : section d'une barre (cm^2) ;

C : chaleur spécifique du métal (cuivre : $0,091 \text{ kcal /daN}^\circ\text{C}$) ;

δ : Masse volumique du métal (cuivre : $8,9 \text{ g /cm}^3$) ;

Z_{cc} : Impédance de court-circuit [Ω] ;

I_{cc} : Courant de court-circuit [KA] ;

U_n : Tension entre phase au point considéré [KV].

$$I_{cc} = \frac{400}{\sqrt{3} * 24,82 * 10^{-3}} = 8830 \text{ (A)}$$

Pour une durée de court-circuit $t_k=3\text{s}$ nous aurons :

$$\Delta\theta_{cc} = 0,24 * \frac{1,83 * 10^{-6} * 8830^2 * 3}{(2 * 2,5)^2 * 0,091 * 8,9} = 5^\circ\text{C}.$$

La température θ_t du conducteur après le court-circuit est calculée avec la formule suivante :

$$\theta_t = \theta_n + (\theta - \theta_n) + \Delta\theta_{cc} \quad \text{(III.12)}$$

A.N:

$$\theta_t = 25 + (90 - 25) + 5 = 95^\circ\text{C}$$

$\theta_{max} = 200^\circ\text{C}$: Température maximale supportable par les pièces en contact avec le jeu de barres.

On a $\theta_t < \theta_{max}$ donc la section des jeux de barres choisie est convenable.

III.4. Calcul des courants de court-circuit [3]

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 de I_{cc} a pour but de déterminer :

- Le pouvoir de coupure du dispositif de protection (PDC).
- La section des conducteurs permettant :
 - De supporter la contrainte thermique du courant de court-circuit.
 - De garantir l'ouverture du dispositif de protection par les normes NFC 15 100 et CEI 60 364.

III.4.1. Les différents types de court-circuit

- Court-circuit entre phase et la terre (monophasé) ;
- Court-circuit entre deux phases (biphasé isolé) ;
- Court-circuit entre deux phases et le terre (biphasé terre) ;
- Court-circuit triphasé terre ;
- Court-circuit triphasé.

III.4.2. Méthode générale de calcul des courants de court-circuit

Le calcul des courants de court-circuit peut se faire suivant l'une des trois méthodes :

III.4.2.1. Méthode conventionnelle

Elle donne la valeur de I_{cc} minimal à l'extrémité d'une installation qui n'est pas alimentée par un alternateur.

$$I_{cc} = A * \frac{0,8 U_0 * S}{2\rho L} \quad \text{(III.13)}$$

U_0 : Tension entre phase en (V) ;

L : longueur en (m) de la canalisation ;

S : section des conducteurs en (mm^2) ;

$\rho = 0,028 \text{ m}\Omega.m$ pour le Cu en protection fusible ;

0,044 $\text{m}\Omega.m$ pour l'Al en protection fusible ;

0,023 $\text{m}\Omega.m$ pour le Cu en protection disjoncteur ;

0,037 $\text{m}\Omega.m$ pour l'Al en protection disjoncteur ;

$A=1$ pour les circuits avec neutre (section neutre=section de phase) ;

1,73 pour les circuits sans neutre ;

0,67 pour les circuits avec neutre (section=0,5 section phase).

III.4.2.2. Méthode des impédances [3]

Cette méthode consiste à additionner toutes les résistances et toutes les réactances du circuit en amont du court-circuit.

La méthode des impédances consiste à totaliser les résistances et réactances des boucles de défaut depuis la source jusqu'au point considéré et à en calculer l'impédance équivalente.

Les différents courants de court-circuit et de défaut sont alors déduits par l'application de la loi d'Ohm suivante :

$$U = \sqrt{3} * Z * I \quad (\text{III.14})$$

$$I_{cc} = \frac{m * C * U_0}{\sqrt{3} * Z_T} \quad (\text{KA}) \quad (\text{III.15})$$

C : facteur de tension (0,95 pour les I_{cc} min et 1,05 pour les I_{cc} max) ;

m : facteur de charge pris égal à 1,05 ;

U₀ : Tension de l'installation entre phase et neutre ;

Le calcul de l'intensité de court-circuit passe donc, par la détermination de l'impédance totale Z_T , de court-circuit. Elle est formée des éléments résistants et des éléments inductifs du réseau.

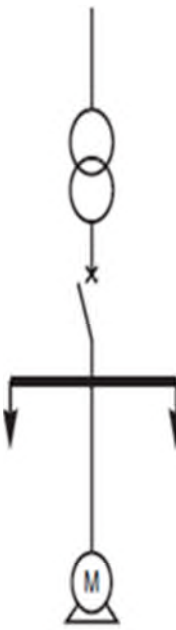
D'où :

$$Z_T = \sqrt{(\sum_{i=1}^n R_i)^2 + (\sum_{i=1}^n X_i)^2} \quad (\text{III.16})$$

❖ Pour notre cas, on va utiliser la méthode des impédances, on calculera la plus forte intensité de court-circuit, qui est celle engendrée par un court-circuit triphasé, noté I_{cc} . La disposition d'un réseau de distribution de moyenne tension ou basse tension peut être généralisée selon le **tableau III.5**, dans lequel on retrouve toujours les éléments suivants :

- ↪ Le réseau amont ;
- ↪ Le/les transformateurs ;
- ↪ Le/les disjoncteurs ;
- ↪ Les câbles, les jeux de barres, les canalisations préfabriquées ;
- ↪ Les récepteurs (moteurs, pompes, ...).

Tableau III.5 : Méthodologie de calcul des courants de court-circuit. [3]

Éléments considérés	Résistance R	Réactance X
 Réseau amont	$\frac{R_a}{X_a} = 0,1$ R peut donc être négligé par rapport à X	$X_a = 0,995 Z_a; Z_a = \frac{U_{20}^2}{P_{sc}}$
Transformateur	$R_{tr} = \frac{P_{cu} \times 10^3}{3In^2}$ R _{tr} = peut souvent être négligée devant X _{TR} pour transformateur de puissance > 100 kVA	$\sqrt{Z_{tr}^2 - R_{tr}^2}$ avec $Z_{tr} = \frac{U_{20}^2}{P_n} \times \frac{U_{sc}}{100}$
Disjoncteur	Négligeable	$X_D = 0,15 \text{ m}\Omega/\text{pole}$
Jeu de barres	Négligeable pour $S > 200 \text{ mm}^2$ en dessous : $R = \rho \frac{L}{S}$	$X_B = 0,15 \text{ m}\Omega/\text{m}$
Canalisations	$R = \rho \frac{L}{S}$	Câbles : $X_c = 0,08 \text{ m}\Omega/\text{m}$
Moteurs	Voir § "moteurs" (souvent négligeable en BT)	

▪ Réseau amont HTA

La puissance de court-circuit du réseau HTA S_{cc} (MVA) est donnée par le distributeur d'énergie, l'impédance du réseau amont ramené au secondaire du transformateur est donnée par la relation suivante :

$$Z_a = \frac{U_0^2}{S_{cc}} \quad (\text{III.17})$$

U_0 : Tension entre phase à vide du secondaire du transformateur, elle est égale à :

400V pour les réseaux 380V ;

230V pour les réseaux 220V ;

Z_a : Impédance amont de transformateur ramené au secondaire ;

S_{cc} : Puissance de court-circuit du réseau HT, en kVA.

▪ transformateur

Le transformateur est caractérisé essentiellement par son couplage, ses tensions (primaire et secondaire), sa puissance apparente, sa tension de court-circuit et ses pertes cuivre.

L'impédance se calcule à partir de la tension de court-circuit U_{cc} :

$$Z_{tr} = \frac{U_n^2}{S_n} \times \frac{U_{cc}}{100} \quad (\text{III.18})$$

$$R_{tr} = \frac{P_{cu}}{3 \times I_n^2} \quad (\text{III.19})$$

$$X_{tr} = \sqrt{Z_{tr}^2 - R_{tr}^2} \quad (\text{III.20})$$

I_n : Intensité nominale du transformateur en A ;

S_{tr} : Puissance assignée du transformateur en kVA ;

P_{cu} : Pertes cuivre du transformateur en W ;

U_{cc} : Tension de court-circuit du transformateur, en V.

▪ **L'Impédance du disjoncteur**

Pour un disjoncteur, seule la réactance : $X_{disj} = 0,15 \text{ m}\Omega$ peut-être prise en compte.

▪ **L'Impédance du des jeux de barres**

- ✓ La résistance des jeux de barres est souvent négligée ;
- ✓ La réactance peut-être de l'ordre de $X_{jdb} = 0,15 \text{ m}\Omega/\text{m}$.

▪ **L'impédance des conducteurs**

Le câble est caractérisé par la nature du conducteur, sa résistivité et ses dimensions géométriques.

$$R_c = \rho * \frac{L}{S} \quad (\text{III.21})$$

$$X_C = 0,08 \text{ m}\Omega/\text{m} \quad (\text{III.22})$$

Résistivité en ($\text{m}\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$) ;

Cuivre : $\rho = 22,5 \text{ m}\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$;

Aluminium : $\rho = 36 \text{ m}\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$;

L : longueur en (m) de la canalisation ;

S : section en (mm^2) ;

Sachant que la réactance des câbles est en général donnée par les fabricants, elle est négligeable pour des sections inférieures à 25 mm^2 .

Câble tripolaire : $X_C = 0,08 \text{ m}\Omega/\text{m}$;

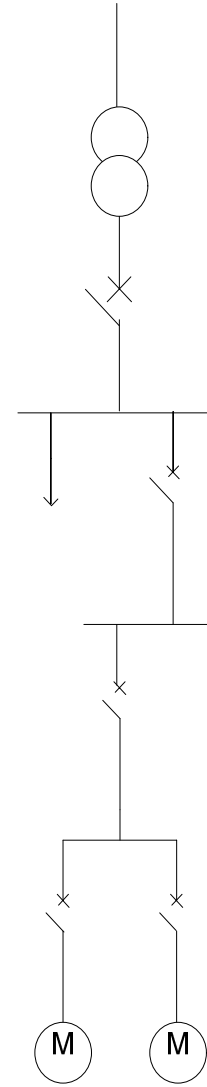
Câble unipolaire : $X_C = 0,1$ à $0,2 \text{ m}\Omega/\text{m}$;

Ligne aériennes : $X_C = 0,3 \text{ m}\Omega/\text{m}$.

Résultat de calcul de courant de court-circuit

Les résultats de calcul des courants de courts-circuits dans les différents points du site 1, sont récapitulés dans le **tableau III.6**.

Tableau III.6 : Calcul de courant de court-circuit pour le site 1.

Disposition de l'installation		Caractéristique	R(mΩ)	X(mΩ)	Z (mΩ)	Z _T (mΩ)	I _{cc3} (KA)
Réseau amont		P _{cc} =500MVA	0,047	0,316	0,32	0,32	–
Transfo.		S=3150kVA 30/0.4kV U _{cc} =8%	0,53	4,028	4,06	4,38	52,70
Gaine		L=5m S= 9*300mm ²	0,156	0,4	0,43	4,81	48,10
Disj. principal			0	0,15	0,15	4,96	46,67
JDB principal		L=5m S= 2*2000mm ²	0,0225	0,6	0,6	5,56	43,32
Disj.			0	0,15	0,15	5,71	42,14
Câble		L= 10 m S= 150mm ²	1,5	0,8	1,7	7,41	35,15
JDB du circuit		L=2m S=250mm ²	0,18	0,3	0,35	7,76	33,37
Disj.			0	0,15	0,15	7,91	32,66
Câble		L=30m S=70mm ²	13,5	2,4	19,45	27,36	13,58
JDB		L=1m S=50mm ²	0,45	0,15	0,47	27,83	13,22
Disj.			0	0,15	0,15	27,98	13,20
Câble		L=5m S=25mm ²	4,5	0,4	4,52	32,5	10,43
Moteur							

Les résultats de calcul des courants des courts-circuits au niveau des récepteurs sont représentés dans le **tableau III.7**.

Tableau III.7: Résultat de calcul de courant court-circuit rapproché.

Charge	R (mΩ)	X (mΩ)	Z (mΩ)	Z _T (mΩ)	I _{cc} (kA)
1	4,5	0,4	4,52	22,14	10,43
2	4,5	0,4	4,52	22,14	10,43
3	4,5	0,4	4,52	55,18	4,19
4	4,5	0,4	4,52	55,18	4,19
5	4,5	0,4	4,52	55,18	4,19
6	4,5	0,4	4,52	114,57	2,015
7	4,5	0,4	4,52	114,57	2,015

Conclusion

Ce chapitre nous a permis de maîtriser la méthodologie de choix des câbles et leurs sections utilisées au niveau de chaque tronçon tout en respectant des caractéristiques électriques de notre installation.

Nous avons calculé les courants de courts-circuits qui vont nous permettre de faire le choix et le dimensionnement des appareils de protection.

Chapitre 4

*Elaboration des protections et
choix du régime du neutre*

Introduction

Les dispositifs de protection surveillent en permanence l'état électrique des éléments d'un réseau et provoquent leur mise hors tension, lorsque ces éléments sont le siège d'une perturbation indésirable: court-circuit, défaut d'isolement, surtension etc.

Le système de protection doit être sélectif, rapide, indépendant, de la configuration du réseau c'est-à-dire que chaque protection ne réagit que pour sa fonction en propre et est insensible aux autres anomalies ou défaut.

IV.1. Protection

Le choix d'un dispositif de protection n'est pas le fruit d'une réflexion isolée, mais une des étapes les plus importantes de la conception d'un réseau électrique. Le rôle fondamental des protections d'un réseau électrique est d'assurer la sécurité des personnes et des biens, ainsi que la continuité de service, c'est-à-dire la permanence de l'alimentation des différents récepteurs.

IV.1.1. Définition et rôle de la protection [2]

C'est le choix des éléments de protection et de la structure globale de l'ensemble, de façon cohérente et adaptée au réseau. Le système de protection se compose d'une chaîne constituée des éléments :

- Capteurs de mesure – courant et tension – fournissant les informations de mesure nécessaires à la détection des défauts ;
- Relais de protection, chargés de la surveillance permanente de l'état électrique du réseau, jusqu'à l'élaboration des ordres d'élimination des parties défectueuses, et leur commande par le circuit de déclenchement ;
- Organes de coupure dans leur fonction d'élimination de défaut : disjoncteur, interrupteurs-fusibles, contacteurs-fusibles.

L'activité de l'appareil est basé sur la nature de dispositif de protection et cela dépend du type de protection vise :

- ✓ Protection contre les surcharges ;
- ✓ Protection contre les courts circuits ;
- ✓ Protection conjointe contre les courts circuits et surcharges.

En bref, un système de protection bien établi doit répondre aux exigences suivantes :

- Eliminer seule la partie affectée d'un défaut ;
- Être rapide et préserver la stabilité du réseau et la continuité de fonctionnement ;
- Avoir un comportement d'autonomie.

IV.1.2. Problème de la protection [4]

Le problème de la protection des installations consiste à définir la nature du défaut contre lequel on doit se protéger puis à choisir l'appareil capable de détecter des défauts et d'opérer leur suppression. Les principales perturbations sur une installation électrique se traduisent par :

- Les surintensités : surcharges ou courts circuits ;
- Les surtensions ou les baisses de tension.

On donne sur le tableau, les principales perturbations dans les réseaux électriques, leurs causes, leurs effets et leurs moyens de protection.

Tableau IV.1 : Principe de protection des circuits.

Perturbations	Causes	Effets	Moyens de protection
Surcharges	Dés que l'appareil d'utilisation demande une puissance plus importante dans un circuit électrique	-Accroissement normal de courant absorbé par le circuit d'où échauffement lent mais pouvant entraîner la détérioration de l'installation	-Contacteur avec relais thermique -Disjoncteur
Courts circuits	Elévation brutale d'un courant absorbé par le circuit due à un contact électrique entre deux conducteurs de polarités différentes	-Création d'un arc électrique -Echauffement très important	-Disjoncteur avec relais magnétique -Temps de coupure inférieur au temps d'échauffement des conducteurs
Surtensions	-Un défaut d'isolement -Des surtensions atmosphériques -Des phénomènes de résonance	Une surtension peut provoquer le claquage d'isolants et entraîner une surcharge ou court circuit et la détérioration des appareils	-Séparation des circuits de tension -Parafoudre -Contrôleur d'isolement de l'installation
Baisse de tension	Lors de déséquilibre d'un réseau triphasé ou par suite de la coupure d'une phase ou de sa mise à la terre	Mauvais fonctionnement des récepteurs	-Relais à baisse tension souvent temporisé pour éviter les coupures intempestives -Si la tension à 85% du Un fonctionnement de la protection par relais à minima de tension

- **Protection contre les surcharges**

Pour réaliser une protection efficace contre les surcharges, on doit prévoir la coupure d'un circuit avant un échauffement anormal pouvant provoquer les dégâts.

Selon la norme NFC 15 100, deux conditions sont à respecter :

$$I_e \leq I_n \leq I_{ad}$$

$$I_2 \leq 1.45 I_{ad}$$

Avec

I_e : Courant d'emploi ;

I_n : Courant nominal du dispositif de protection ;

I_{ad} : Courant admissible dans la canalisation ;

I_2 : courant de fonctionnement du dispositif de protection dans le temps conventionnel.

- **Protection contre les courts-circuits**

Le pouvoir de coupure de l'appareil de protection doit être au moins supérieur ou égal au plus fort courant de court-circuit.

$$I_{ccmax} \leq PDC$$

Avec

I_{cc} : Intensité de court-circuit ;

PDC : pouvoir de coupure de l'appareil de protection.

IV.1.3. Protection par disjoncteur

Un disjoncteur est un interrupteur à ouverture automatique assure la protection d'une installation contre les surcharges, les courts-circuits, les défauts d'isolement, par ouverture rapide du circuit en défaut. Il remplit aussi la fonction de sectionnement (isolement d'un circuit).

Les disjoncteurs sont essentiellement destinés à la protection des circuits, des transformateurs, des sources d'énergie, des couplages entre circuits différents, etc.

- **Courant nominal I_n**

C'est la valeur maximale du courant permanent que peut supporter le disjoncteur dans les conditions d'essai spécifiées, en respectant les limites d'échauffement.

Le courant nominal est déterminé en fonction de l'intensité du courant admissible passant dans la section du conducteur à protéger.

- **Courant de réglage I_r**

C'est le courant maximal que peut supporter le disjoncteur, sans déclenchement. Il peut être réglable de $0.7 I_n$ à I_n pour les déclencheurs thermiques, de $0,4 I_n$ à I_n pour les déclencheurs électroniques.

- **Pouvoir de coupure PDC**

C'est la plus grande intensité de courant de court-circuit (présumé) qu'un disjoncteur peut interrompre sous une tension donnée en respectant la condition suivante :

$$PDC \geq I_{cc}$$

- **Pouvoir de limitation**

C'est la capacité d'un disjoncteur à ne laisser passer qu'un courant inférieur au courant de court-circuit présumé.

IV.1.3.1. Caractéristique d'un disjoncteur basse tension

Les caractéristiques à prendre en compte dans le choix d'un disjoncteur sont :

- ✓ La tension assignée (U_e) : ou tension d'utilisation ;
- ✓ Le courant assigné (I_n) : courant d'utilisation dans les conditions normales ;
- ✓ Le nombre de pôles : les schémas des liaisons à la terre et la fonction requise (protection, commande, sectionnement) détermine le nombre de pôles ;
- ✓ Le pouvoir de coupure (PDC) : ou courant maximal ($I_{cc,max}$) que peut couper l'appareil ;

IV.1.3.2. Disjoncteur magnétothermique

C'est un appareil capable d'établir, de supporter et d'interrompre des courants dans les conditions normales du circuit.

- disjoncteur magnétique : protection contre les courts circuits ;
- disjoncteur thermique : protection contre les surcharges ;
- disjoncteur magnétique (assure les deux fonctions ci-dessus).

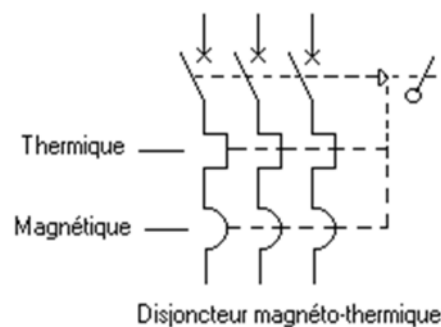


Fig. IV.1 : Disjoncteur magnétique.

❖ Principe de fonctionnement

Le disjoncteur assure la protection des canalisations selon deux principes:

- **Thermique**

Une lame bimétallique (bilame) est parcourue par le courant. Le bilame est calibré de telle manière qu'avec un courant nominal I_n , elle ne subisse aucune déformation.

Par contre si des surcharges sont provoquées par les récepteurs, en fonction du temps, la lame va se déformer et entraîner l'ouverture du contact en 0,1sec au minimum.

Une surcharge de courant crée l'échauffement et la déformation du bilame.

- **Magnétique**

En service normal, le courant nominal circulant dans la bobine, n'a pas assez d'influence magnétique (induction magnétique) pour pouvoir attirer l'armature mobile fixée sur le contact mobile. Le circuit est fermé.

Si un défaut apparaît dans le circuit aval du disjoncteur de canalisation, l'impédance du circuit et le courant augmente jusqu'à atteindre la valeur du courant de court-circuit.

Dès cet instant, le courant de court-circuit provoque une violente aimantation de l'armature mobile. Cela a comme conséquence d'ouvrir le circuit aval du disjoncteur en 0,1sec au maximum.

IV.1.4. Protection par fusible

Ce sont des appareils de protection dont la fonction est d'ouvrir par fusion, d'un ou plusieurs parties de circuits lorsque le courant dépasse une valeur donnée pendant un temps déterminé.

Les normes définissent en fonction de l'usage deux types de coupe circuit :

Coupe circuit à fusible gf à usage domestique.

Coupe circuit à fusible gL et gLL et AM à usage industriel.

La différence entre les courts-circuits domestiques et industriels réside dans la tension d'utilisation, la taille, et le pouvoir de coupure.

IV.1.5. Choix d'un fusible

Les fusibles se caractérisent par un excellent pouvoir de coupure et sont appréciés dans le cas de court-circuit important cela grâce à leur rapidité de fusion qui fait que le courant de défaut est éliminé avant d'atteindre sa valeur maximale.

En fin le choix d'un fusible gl ou gf est fait de telle sorte que :

$$I_e \leq I_r \leq C I_z \quad (\text{IV.1})$$

$$PDC \geq I_{cc} \quad (\text{IV.2})$$

Avec

$C=0,76$ pour $I_r \leq 10$ A

$C=0,83$ pour 12 A $\leq I_r \leq 25$ A

$C=0,91$ pour $I_r \geq 32$ A

IV.2. Sélectivité [6]

La sélectivité des protections est un élément essentiel qui doit être pris en compte dès la conception d'une installation basse tension, afin de garantir aux utilisateurs la meilleure disponibilité de l'énergie. La sélectivité est importante dans toutes les installations pour le confort des utilisateurs, mais elle est fondamentale dans les installations qui alimentent des processus industriels de fabrication.

La sélectivité dans le déclenchement de la protection à maximum de courant est normalement mise en œuvre dans les installations publiques et industrielles pour isoler du système la partie concernée par un défaut, en provoquant le déclenchement du seul disjoncteur immédiatement en amont de ce même défaut.

Alors que dans le domaine des courants de surcharge il existe normalement une sélectivité naturelle à cause de la différence entre les courants assignés du disjoncteur de protection de l'utilisateur et du disjoncteur général en amont, dans le domaine des courants de court-circuit la sélectivité peut être obtenue en différenciant les valeurs des courants et éventuellement des temps de déclenchement.

IV.2.1. Définition

La sélectivité représente la coordination des dispositifs de coupure automatique de telle sorte qu'un défaut, survenant en un point quelconque du réseau, soit éliminé par le disjoncteur placé immédiatement en amont du défaut et par le seuil.

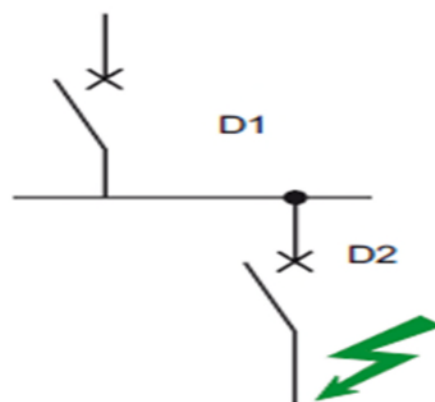


Fig. IV.2: Schéma représentatif de sélectivité.

La sélectivité peut être totale ou partielle :

- **Sélectivité totale**

La distribution est dite totalement sélective si, et seulement si, quel que soit la valeur du courant de défaut, seul le dispositif situé en aval, parmi deux sollicités par le défaut, s'ouvre et reste ouvert.

- **Sélectivité partielle**

Si la condition ci-dessus n'est pas respectée au-delà d'un courant de défaut la sélectivité est dite partielle.

IV.2.2. Les techniques de sélectivité lors des courts circuits

Améliorer la sélectivité revient généralement à freiner le déclenchement du disjoncteur considéré par rapport au déclenchement des disjoncteurs situés en aval dans l'installation. Cet objectif est réalisé :

- Soit en utilisant un écart entre les seuils de déclenchement, c'est la sélectivité ampérométrique ;
- Soit en retardant de quelque dizaine ou centaines de millisecondes le déclenchement du disjoncteur amont, c'est la sélectivité chronométrique ;
- Soit en communiquant d'un disjoncteur à l'autre l'information de dépassement de seuil, c'est la sélectivité logique.

IV.2.3. Le choix de sélectivité

Le choix d'un type de sélectivité dans une distribution électrique se fait en fonction du type d'appareils et de leur situation dans installation. Différentes techniques peuvent être combinées entre deux appareils pour obtenir la meilleure disponibilité de l'énergie électrique.

Le **tableau IV.2** donne précision sur le choix de la sélectivité.

Tableau IV.2: Différentes techniques d'obtention de la meilleure disponibilité d'énergie.

Circuit concerne	Type de sélectivité		Type de disjoncteur
	ampérométrique	chronométrique	
Origine de l'installation	Oui	oui	sélectif
Distribution de puissance	Oui	oui	Limiteur
Distributeur terminal	Oui	oui	Limiteur

Le **tableau IV.3** résume les conditions de réglage des déclencheurs magnétiques et thermique à remplir pour obtenir une meilleure sélectivité.

Tableau (IV.3) : Condition de réglage des déclencheurs magnétique et thermique pour l'obtention d'une meilleure sélectivité.

Application	Protection thermique $I_r \text{ amont} / I_r \text{ aval} \geq$	Protection magnétique $I_m \text{ amont} / I_m \text{ aval} \geq$
Distribution	2.6	2
	1.6	1.5
Moteur	3	2
	3	1.5

IV.2.4. Dimensionnement des appareils de protection [7]

- **Calibrages de disjoncteurs**

Le choix de calibre de disjoncteur s'effectue à partir de la condition suivante :

$$I_n \geq I_b$$

Avec : I_n est le courant nominal du disjoncteur et I_b est le courant d'emploi.

- **Calibrage de disjoncteur de tête D_T**

Le disjoncteur de tête est choisi selon les caractéristiques, énumérés au dessus et placé au premier départ de l'installation.

Le calibre qui est déterminé à partir de la puissance apparente (S) du transformateur placé en amont tel que :

$$\text{On } S = \sqrt{3} U I_b \Rightarrow I_b = \frac{S}{\sqrt{3} U}$$

$$I_b = \frac{3150}{\sqrt{3} \cdot 400} = 4546,63 \text{ A} \Rightarrow I_n = 5000 \text{ A}$$

Le pouvoir de coupure est déterminé en fonction du courant de court-circuit établit tel que :

$$I_{cc} = 52,70 \text{ Ka}$$

Selon la loi générale : $PDC \geq I_{cc}$

On prend : $PDC \geq 52,70$ soit : $PDC = 70 \text{ kA}$.

Le choix de calibre de disjoncteur à installer s'effectue à partir des différents courants qui alimentent tous les récepteurs.

Exemple pour le disjoncteur D_1 du départ mélasse.

On a:

$$I_b = (I_{b1} + I_{b2} + I_{b3}) = 512 \text{ A.}$$

D'où le calibre de disjoncteur D_1 à choisir immédiatement : $I_n = 800 \text{ A.}$

IV.2.5. Vérification de la sélectivité des disjoncteurs

IV.2.5.1. Vérification de la sélectivité entre le disjoncteur de tête D_T et le disjoncteur D_1 :

D'après le tableau (IV.3) qui nous donne les conditions qu'il faut remplir afin d'assurer une sélectivité entre deux appareils de protection :

- Protection thermique : $I_r \text{ amont} / I_r \text{ aval} \geq 1,6$
- Protection magnétique : $I_m \text{ amont} / I_m \text{ aval} \geq 2$.

Application numérique :

Le courant nominal de $D_T = 5000 \text{ A}$

Le courant nominal de $D_1 = 800 \text{ A}$

a. Vérification de la protection thermique :

$$I_r \text{ amont } D_T = 0,9 * 5000 = 4500 \text{ A}$$

$$I_r \text{ aval } D_1 = 1 * 512 = 512 \text{ A}$$

$$D'où: I_r \text{ amont } D_T / I_r \text{ aval } D_1 = 8,87 \geq 1,6 \Rightarrow \text{ la sélectivité est assurée.}$$

b. Vérification de la protection magnétique :

$$I_m \text{ amont } D_T = 7 * 5000 = 35000 \text{ A}$$

$$I_m \text{ aval } D_1 = 5 * 512 = 2560 \text{ A}$$

$$D'où: I_m \text{ amont } D_T / I_m \text{ aval } D_1 = 13,67 \geq 2 \Rightarrow \text{ la sélectivité est assurée.}$$

IV.2.5.2. Vérification de la sélectivité entre le disjoncteur de tête D_1 et le disjoncteur D_{s1} :

D'après le tableau...., qui nous donne les conditions qu'il faut remplir afin d'assurer une sélectivité entre deux appareils de protection :

- Protection thermique : $I_r \text{ amont} / I_r \text{ aval} \geq 1,6$
- Protection magnétique : $I_m \text{ amont} / I_m \text{ aval} \geq 2$

Application numérique :

Le courant nominal de $D_1 = 800 \text{ A}$

Le courant nominal de $D_{s1} = 220 \text{ A}$

a. Vérification de la protection thermique :

$$I_r \text{ amont } D_T = 0,9 * 800 = 720 \text{ A}$$

$$I_r \text{ aval } D_1 = 1 * 220 = 220 \text{ A}$$

D'où: $I_r \text{ amont } D_T / I_r \text{ aval } D_1 = 3,27 \geq 1,6 \Rightarrow$ la sélectivité est assurée.

b. Vérification de la protection magnétique :

$$I_r \text{ amont } D_T = 7 * 800 = 5600 \text{ A}$$

$$I_r \text{ aval } D_1 = 5 * 220 = 1100 \text{ A}$$

D'où: $I_m \text{ amont } D_T / I_m \text{ aval } D_1 = 5,09 \geq 2 \Rightarrow$ la sélectivité est assurée.

Nous réalisons le dimensionnement de l'ensemble de l'installation, ce qui est résumé dans les tableaux IV.4, IV. 5, IV.6, IV.7.

Tableau IV.4 : Protection du transformateur

	I_e (A)	I_{cc} (kA)	I_n (A)	PDC (kA)	Type de disjoncteur
Transformateur	4546,63	52,70	5000	70	NW50H

Tableau IV.5 : Protection de départ de circuit MELASSE.

	I_e (A)	I_{cc} (kA)	I_n (A)	PDC (kA)	Type de disjoncteur
Circuit mélasse	512	35,15	800	50	COMPACT NS630N

Tableau IV.6 : Protection des départs des sites.

N°	I_e (A)	I_{cc} (kA)	I_n (A)	PDC (kA)	Type de disjoncteur
Site 1	172	13,58	220	25	NS250N
Site 2	258	4,6	320	25	NS320N
Site 3	82	2,12	100	25	NS100N

Tableau IV.7 : Protection des moteurs.

	N°	I _e (A)	I _{cc} (kA)	I _n (A)	PDC (kA)	Type de disjoncteur	Type de contacteur
Site 1	1	86	10,43	100	25	NS100N-STR22ME	LC1-D115
	2	86	10,43	100	25	NS100N-STR22ME	LC1-D115
Site 2	3	86	4,19	100	25	NS100N-STR22ME	LC1-D115
	4	86	4,19	100	25	NS100N-STR22ME	LC1-D115
	5	86	4,19	100	25	NS100N-STR22ME	LC1-D115
Site 3	6	41	2,015	50	25	NS100N-STR22ME	LC1-D80
	7	41	2,015	50	25	NS100N-STR22ME	LC1-D80

IV.3. Régime du neutre [8]

Dans un réseau, le régime du neutre joue un rôle très important. Lors d'un défaut d'isolement, ou de la mise accidentelle d'une phase à la terre, les valeurs prises par les courants de défaut, les tensions de contact et les surtensions sont étroitement liées au mode de raccordement du neutre à la terre.

IV.3.1. Définition des régimes du neutre

Les Schémas des Liaisons à la Terre (SLT) sont appelés aussi régimes de neutre d'une installation BT. Ils caractérisent le mode de raccordement à la terre du neutre du secondaire du transformateur MT/BT et les moyens de mise à la terre des masses de l'installation.

IV.3.2. Les différents régimes du neutre

L'identification des types de schémas est ainsi définie au moyen de 2 lettres :

La première lettre le raccordement du neutre du transformateur ;

T : raccordé à la terre ;

I : isolé de la terre ou relié à la terre par l'intermédiaire d'une impédance.

La deuxième pour le type de raccordement des masses d'utilisation ;

T : raccordé directement à la terre ;

N : raccordé au neutre à l'origine de l'installation, lequel est raccordé à la terre.

La combinaison de ces deux lettres donne trois configurations possibles :

TT : neutre du transformateur à la terre et les masses sont reliées à la terre par le conducteur PE ;

TN : neutre du transformateur à la terre et les masses sont reliées au neutre par le conducteur PE ;

IT : neutre du transformateur isolé ou relié à la terre à travers une impédance de forte valeur et les masses sont reliées à la terre par le conducteur PE.

Le schéma TN, selon les normes CEI 60364 et NF C 15-100, comporte plusieurs sous schémas :

TN-C : si les conducteurs du neutre N et du PE sont confondus (PEN) ;

TN-S : si les conducteurs du neutre N et du PE sont séparés.

IV.3.3. Différents schémas de SLT

IV.3.3.1. Schéma de liaison TT

Lorsqu'un défaut d'isolement franc survient sur une masse, comme le montre la figure IV.1, il y a élévation du potentiel de cette dernière. Il s'établit dans le circuit en défaut un courant de la forme :

$$I_d = \frac{U}{R_a + R_b} \quad (\text{IV.3})$$

Le courant du défaut est donné par la formule suivante :

$$U_d = R_a \times I_d \quad (\text{IV.4})$$

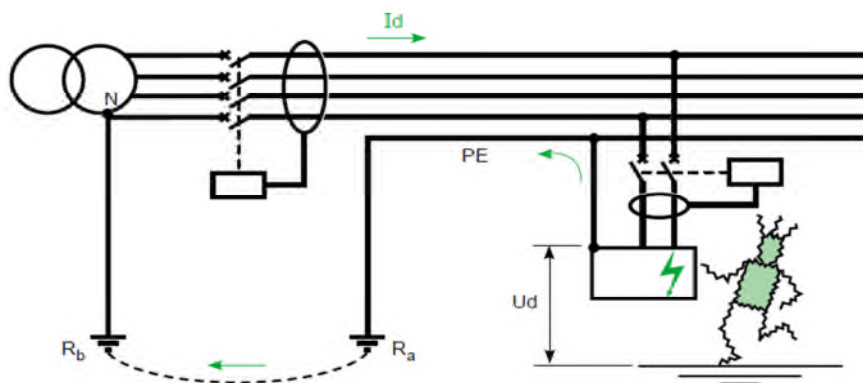


Fig. IV.3 : Contact indirect en schéma

a. Dispositif de protection à utiliser

Dans un réseau en régime TT la protection des personnes contre les contacts indirects est réalisée par des dispositifs à courant différentielle résiduelle DDR dans la sensibilité $I_{\Delta N}$ est déterminée par la résistance de la prise des masses et de la tension limite U_L .

Le seuil de sensibilité $I_{\Delta N}$ de ce dispositif doit être tel que :

$$I_{\Delta N} < \frac{U_L}{R_a} \quad (\text{IV.5})$$

$I_{\Delta N}$: Courant différentielle normal ;

U_L : Tension limite conventionnel.

b. Les principales caractéristiques du schéma TT

- Coupure au premier défaut ceci est un inconvénient dans le milieu industriel ;
- Simple à mettre en œuvre, à contrôler et à exploiter, facilité de maintenance ce qui ne nécessite aucune personne qualifiée ;
- Elimination des risques d'incendie, les courants de défaut restent très faibles et sont rapidement interrompus par la protection différentielle.

IV.3.3.2. Schéma de liaison TN

• Schéma TNC

Les conducteurs de neutre et de protection sont confondus en un seul conducteur appelé **PEN**

Le schéma est identifié par une troisième lettre **C** et est noté **TNC**

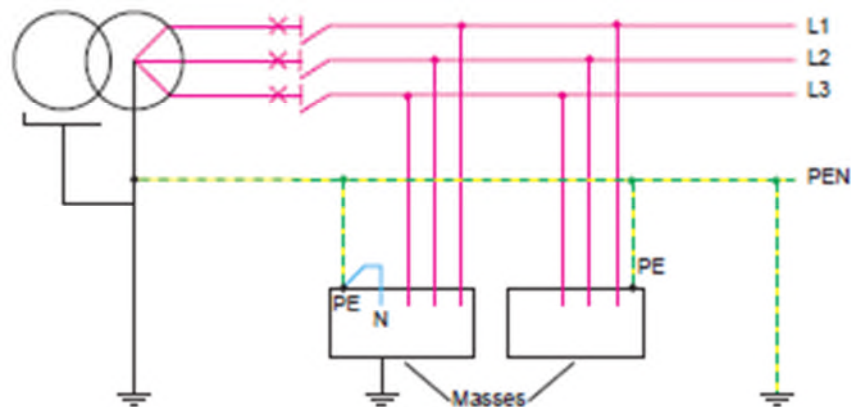


Fig. IV.4 : Schéma TNC.

• Schéma TNS

Le conducteur de neutre et le conducteur de protection sont séparés. Le schéma est alors identifié par la troisième lettre **S** et est noté **TNS**

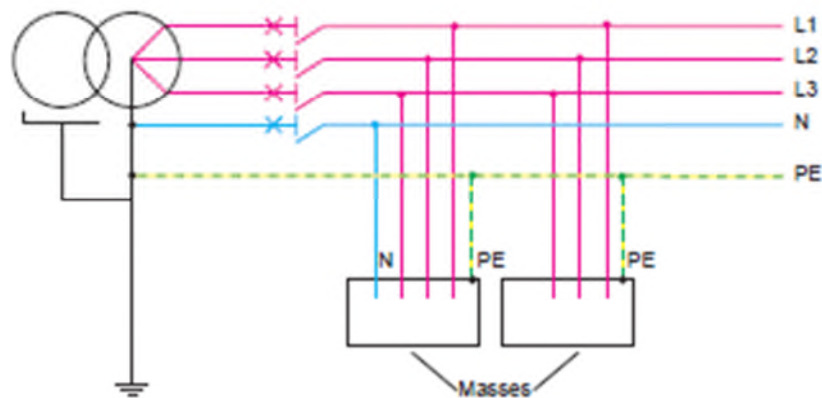


Fig. IV.5 : Schéma TNS.

En cas de défaut

Que se soit en TNC ou TNS, lors de son apparition le défaut d'isolement se traduit par un court circuit.

Suite à un défaut d'isolement, le courant de défaut I_d est très important, puisqu'il équivaut à un court circuit monophasé, entre phase et neutre. Le courant n'est limité que par la résistance du câble.

Le courant de défaut ou courant de court circuit vaut :

$$I_d = \frac{0.8V}{Z_d}$$

I_d : courant de défaut ;

Z_d : Impédance de la boucle de défaut (dépend essentiellement de la section et la sélectivité).

a. Dispositif de protection à utiliser :

La protection est effectuée par disjoncteur ou fusible, le déclenchement se produit au premier défaut d'isolement. Donc, en cas de défaut Franc (masse-terre) dans le régime de neutre **TN**, il faut couper immédiatement le circuit en défaut.

Il faut aussi s'assurer que le temps de déclenchement du disjoncteur est inférieur au temps maximal donné par la courbe de sécurité : $t_{\text{disjoncteur}} < t_{\text{sécurité}}$ et de plus le courant de défaut I_d doit être supérieur au courant de fonctionnement du déclencheur magnétique I_m : $I_d > I_m$.

b. Les principales caractéristiques

- Nécessite des prises de terre uniformément réparties dans toute l'installation ;
- Nécessite que la vérification des déclenchements sur premier défaut d'isolement soit obtenue à l'étude par le calcul et, obligatoirement à la mise en service, par des mesures ;
- Nécessite que toute modification ou extension soit conçue et réalisée par un installateur qualifié.

IV.3.3.3. Schéma de liaison IT

L'alimentation de l'installation est isolée de la terre ou reliée à celle-ci par une impédance Z élevée. Cette liaison est généralement effectuée au point neutre ou à un point neutre artificiel.

Les masses de l'installation sont interconnectées et reliées à la terre. En cas de défaut d'isolement, l'impédance de la boucle de défaut est élevée soit fixée par la capacité de l'installation par rapport à la terre ou par l'impédance Z .

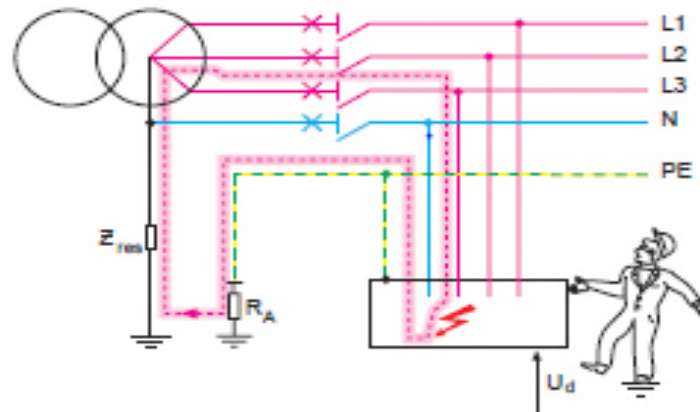


Fig. IV.6 : Schéma de liaison IT. [6]

- **Comportement au premier défaut**

Le courant de 1er défaut (I_f) est limité par la somme des résistances des prises de terre de l'alimentation (R_B), des masses (R_A) et de l'impédance (Z). Soit dans l'exemple cité dans la figure IV.5.

Le courant qui s'établit lors d'un premier défaut est :

$$I_f = \frac{U}{R_A + R_B + Z} = \frac{230}{30 + 10 + 2000} = 0,112A$$

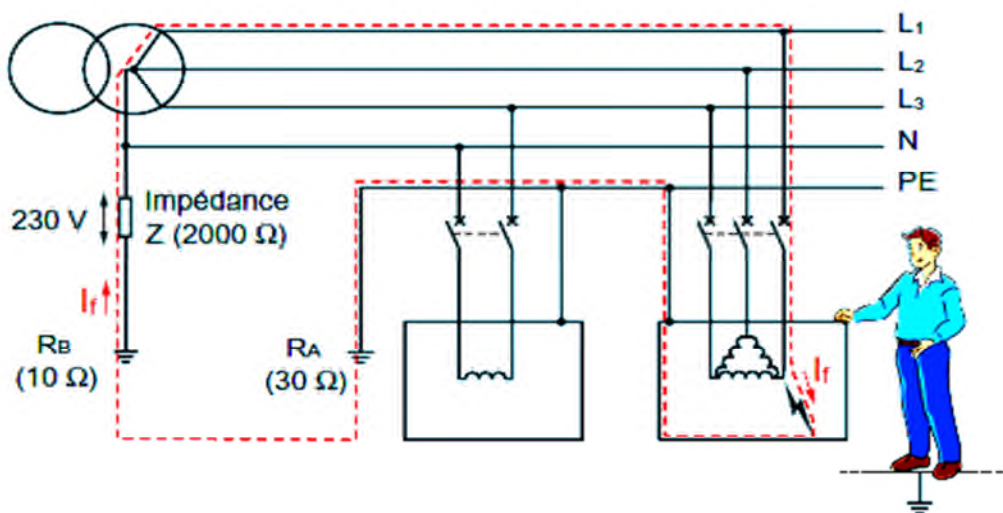


Fig. IV.7 : Schéma de liaison IT au premier défaut. [6]

- **Comportement au deuxième défaut**

Lorsqu'un deuxième défaut apparaît et que le premier défaut n'a pas été éliminé, deux cas sont à examiner :

- Le défaut concerne le même conducteur actif : rien ne se passe et l'exploitation peut continuer.
- Le défaut concerne deux conducteurs actifs différents : si toutes les masses sont interconnectées, le défaut double est un court circuit, le risque d'électrisation est similaire à celui rencontré avec le schéma TN.

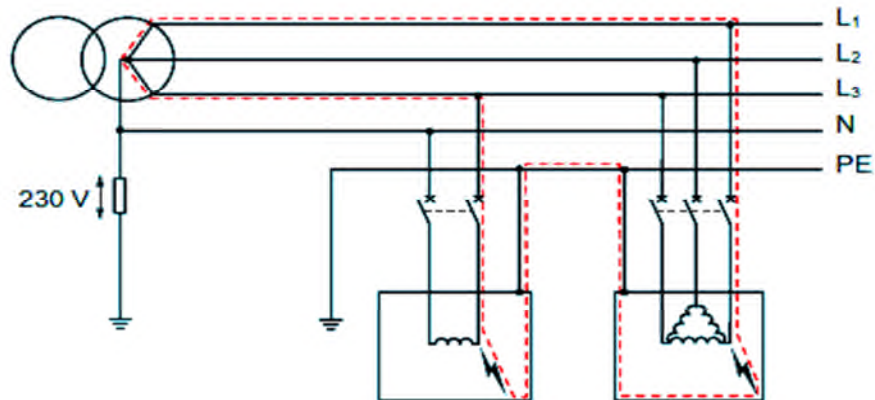


Fig. (IV.6): Schéma de liaison IT au deuxième défaut.

a. es principales caractéristiques

- Solution assurant la meilleure continuité de service en exploitation ;
- La signalisation du premier défaut d'isolement, suivie obligatoirement de sa recherche et de son élimination, permet une prévention systématique de toute interruption d'alimentation ;
- Nécessite un personnel d'entretien pour la surveillance et l'exploitation ;
- Nécessite un bon niveau d'isolement du réseau.

Conclusion

Ce chapitre nous a permis de maîtriser le choix d'appareil de protection, connexion et de surveillance conformément aux normes.

Le choix des appareils de protection doit éviter les incidents comme des pertes de production et incendie.

A partir de calcul des courants de court-circuit aux différents points du réseau, nous avons choisi les pouvoirs de coupures des disjoncteurs supérieurs aux valeurs de courant de court-circuit présumé dans chaque point de l'installation pour assurer la protection des personnes et du matériel dans le cas d'un court-circuit éventuel.

Dans ce chapitre nous avons traité aussi les différentes sélectivités et leurs importances dans toutes les installations ainsi que les techniques et le choix de sélectivité.

Tous les schémas des liaisons à la terre (SLT) ont pour objectif commun la recherche de la meilleure sureté. Sur le plan de la protection des personnes, les trois régimes sont équivalents si l'on respecte toutes les règles d'installation et d'exploitation. Etant donné les caractéristiques spécifiques a chaque régime, il ne peut donc être question de faire un choix a priori.

Chapitre 5

*Vérification avec le logiciel
ECODIAL*

Introduction

Vue les difficultés qu'on rencontre généralement dans les calculs et le dimensionnement des installations électrique, un logiciel informatique serai nécessaire pour faciliter la tâche des calculs et éviter les erreurs.

V.1. Fonctions d'ECODIAL [9]

ECODIAL est un logiciel d'aide à la conception de réseau de distribution Basse Tension, il permet de :

- Dessiner le schéma unifilaire d'un réseau électrique ;
- Définir les différents éléments constituant ce réseau, c'est-à-dire :
 - ↳ Calculer les sections des conducteurs pour les câbles ;
 - ↳ Déterminer les disjoncteurs à installer, en prenant en compte In, Icc, la température, la sélectivité et la filiation ;
 - ↳ Vérifier la protection des personnes.
- Calculer, en tout point du réseau, les valeurs de **R**, **X**, **Icc** et ΔU .

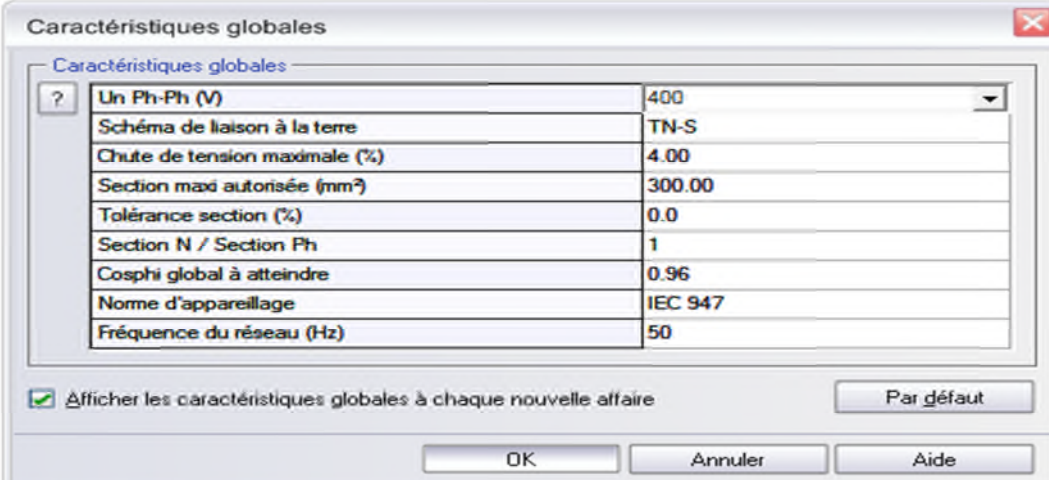
V.2. Méthodologie

La méthodologie à suivre lors de la création d'un projet avec le logiciel ECODIAL est la suivante :

- Réalisation du schéma électrique unifilaire du réseau ;
- Bilan de puissance ;
- Calcul du réseau.

V.3. définition des caractéristiques électriques générales du réseau

Avant de commencer la réalisation du schéma, on doit saisir les caractéristiques générales de l'installation. La boite de dialogue «Caractéristiques globales» est automatiquement affichée.



Caractéristiques globales	
Un Ph-Ph (V)	400
Schéma de liaison à la terre	TN-S
Chute de tension maximale (%)	4.00
Section maxi autorisée (mm ²)	300.00
Tolérance section (%)	0.0
Section N / Section Ph	1
Cosphi global à atteindre	0.96
Norme d'appareillage	IEC 947
Fréquence du réseau (Hz)	50

Afficher les caractéristiques globales à chaque nouvelle affaire

Par défaut

OK Annuler Aide

Fig.(V.1) : caractéristiques globales.

V.4. Description de l'interface graphique

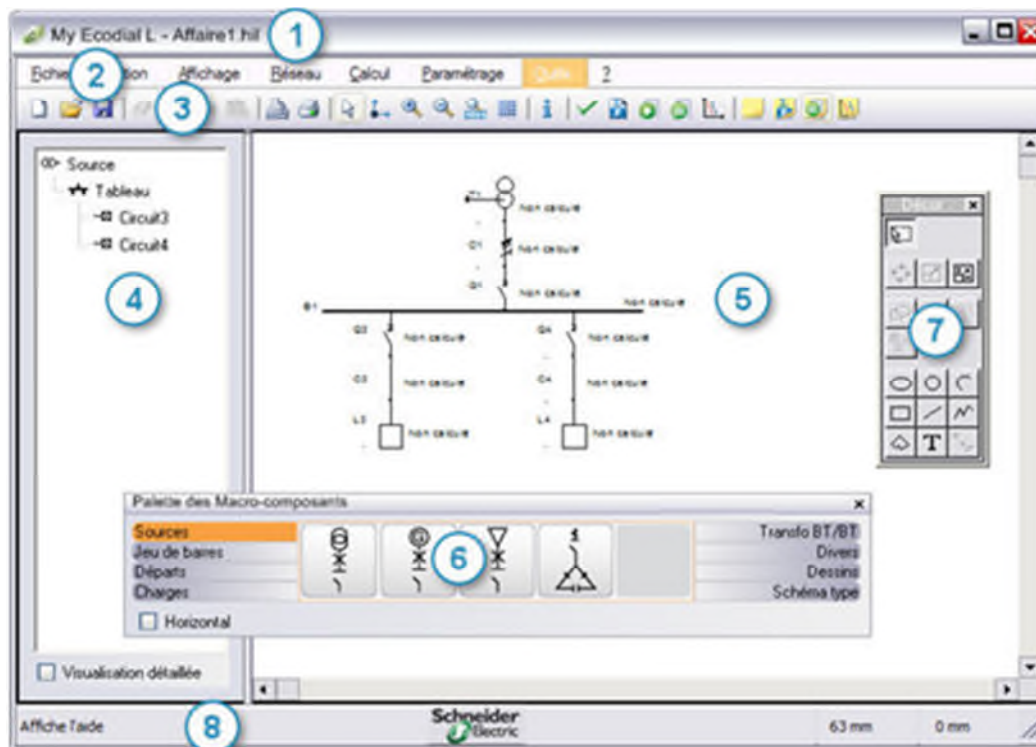
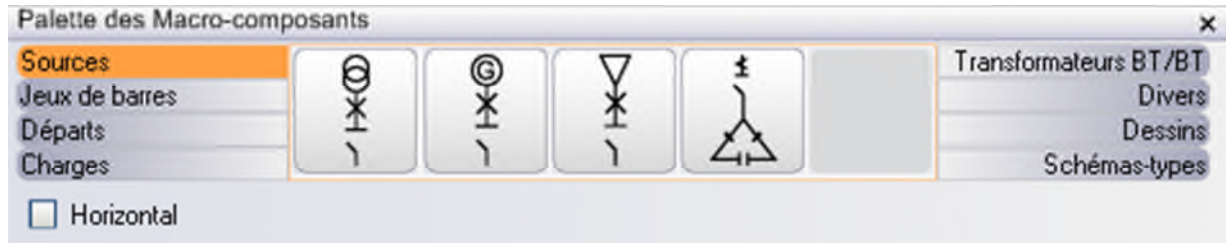


Fig. (V.2) : Description de l'interface graphique.

- 1 : Barre de titre :** elle indique le nom du logiciel et le nom de l'affaire en cours.
- 2 : Barre de menus :** la barre de menus présente, dans des menus déroulants, les commandes nécessaires à l'utilisation du logiciel.
- 3 : Barre d'outils :** les boutons de la barre d'outils offrent un accès rapide aux commandes les plus fréquemment utilisées.
- 4 : Vue Unifilaire :** ce volet situé à gauche de la fenêtre présente une vue hiérarchique du réseau. Vous pouvez choisir entre deux niveaux de vue :
 - La vue détaillée ;
 - La vue simplifiée.
- 5 : Espace de dessin :** c'est dans cet espace que vous dessinez le schéma du réseau.
- 6 : Palette des Macro-composants :** cette palette présente les circuits électriques pré-dessinés qui vous permettront de réaliser rapidement vos schémas.
- 7 : Palette Décor :** cette palette regroupe les outils permettant de dessiner des formes géométriques et de manipuler les graphismes.
- 8 : Barre d'état :** elle indique la description de la commande sélectionnée dans la barre de menus ou dans la barre d'outils ainsi les coordonnées de la position de la pointe de la souris dans l'espace de dessin.

V.5. réalisation du schéma unifilaire

Pour réaliser ce schéma unifilaire il faut utiliser la palette des symboles électriques qui est affichée automatiquement (en bas de l'écran).



V.6. Saisie des caractéristiques des éléments du réseau

Pour faciliter l'exploitation ultérieure du schéma, il est préférable de donner un nom à chaque départ du schéma et saisir ses caractéristiques (courant, puissance,... etc.).

On illustre un exemple sur la figure suivante.

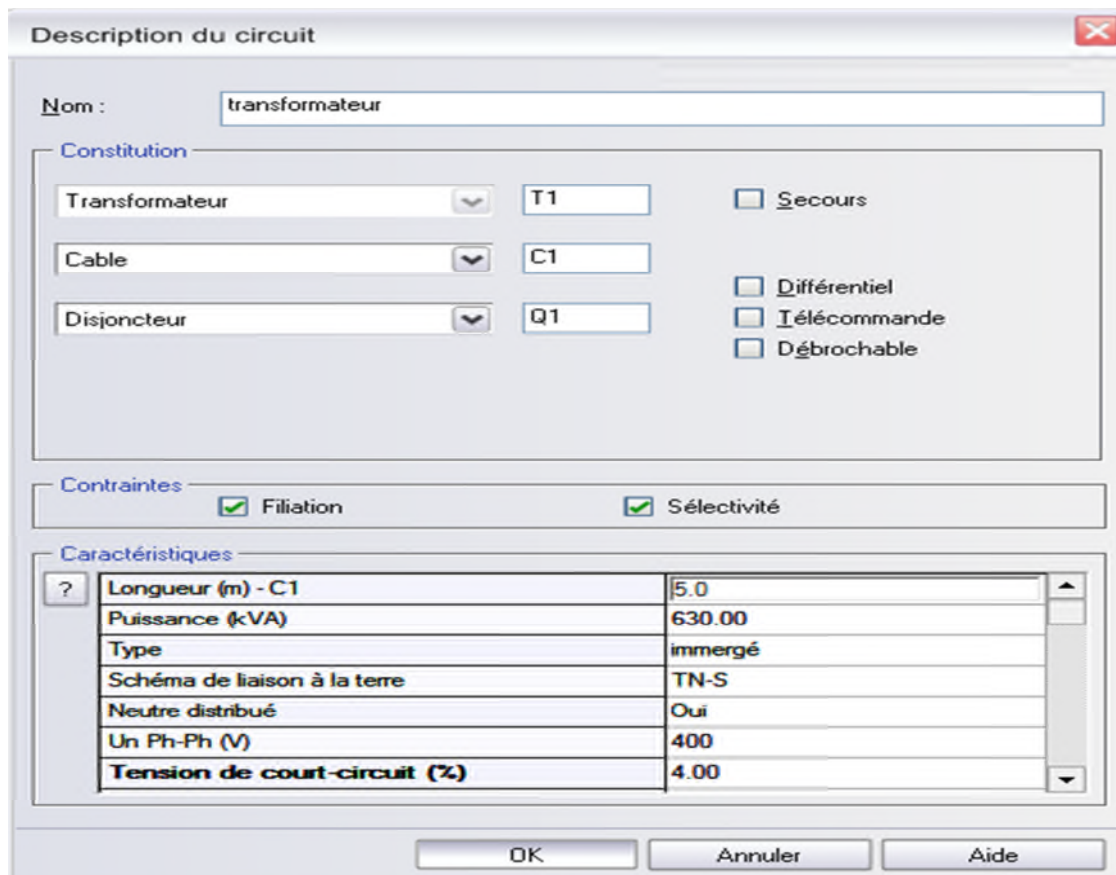


Fig. (V.3) : description d'un circuit.

V.7. Bilan de puissance

Afin de dimensionner correctement la source de l'installation, il faut réaliser le bilan de puissance. Pour permettre au logiciel de réaliser le bilan complet des puissances, il faut saisir soit le courant, soit la puissance de chaque récepteur. Le logiciel en déduira la puissance de la source et proposera un choix dans le champ « P choisie la source ».

Bilan de puissance

Réseau

- Transformateur
 - Tableau2
 - Tableau8
 - Tableau12
 - Tableau13
 - Tableau14

Charges de l'équipement courant

	Départ MCC1	Départ MELASSE
Ib (A)	3340.45	480.03
Polarité du circuit	Tri + N	Tri + N
Puissance (kW)	1957.12	286.01
Cos phi	0.85	0.86
Ku	1.00	1
Répartition	-	-
Nb circuits identiques	1	1

Equipement courant

I charge (A) x K_s = I Total (A)
 3820.48 x 1.00 = 3820.5

Sources (400 V)

Normal		Secours	
Nombre de sources :	1	Nombre de sources :	0
P calculée par source avant compensation :	2779.27 kVA	P calculée par source avant :	0 kVA
P calculée par source après compensation :	0 kVA	P calculée après compensation :	0 kVA
P choisie par source :	3200 kVA	P choisie par source :	kVA

Cosphi avant compensation : 0.85
 Cosphi global à atteindre : 0.96

OK Annuler Aide

Fig. (V.4) : Bilan de puissance.

V.8. Présentation des résultats de calcul par Ecodial

Le logiciel ECODIAL offre deux modes de calcul selon les besoins de l'utilisateur :

- Pré-dimensionnement : évaluation rapide du dimensionnement de l'installation.
- Calcul pas à pas : étude détaillée en fonction des contraintes et des caractéristiques définies.

A partir des paramètres d'entrées introduits, Ecodial effectue le dimensionnement des différents tronçons de l'installation et donne les paramètres de sorties suivantes :

Transformateur

R phase réseau HT (mOhm)

X phase réseau HT (mOhm)

R phase transfo (mOhm)

X phase transfo (mOhm)

Jeux de barres

I disponible (A)

Icc crête (Ka)

Icc max (kA)

Câbles

Nombre théorique de conducteurs par phase

Section théorique de phase (mm²)

Iz dans les conditions normales d'utilisation (A)

Iz dans les conditions réelles d'utilisation (A)

Nombre théorique de conducteurs pour le PE

Section théorique du PE (mm²)

Ik1max (kA)

Ik2max (kA)

Ik3max (kA)

Ik2min (Icc min ph-ph) (kA)

Ik1min (Icc min ph-ne) (kA)

Courant de défaut (kA)

Disjoncteurs

In (A) : Calibre nominal

Ir (A) : Courant de réglage thermique

Im (A) : Courant de réglage magnétique

Dans ce qui suit, nous allons présenter les résultats de calcul obtenus par Ecodial.

Circuit : transformateur (T1-C1-Q1) - Calculé

Amont :
Aval :
Tension : Tableau2
400 V

Source : T1

Reseau amont
Puissance de court-circuit amont : 500 MVA
Impédances du circuit amont : Résistance Rt : 0.0351 mOhm
Inductance Xt : 0.3510 mOhm

Transformateur :

Type: immergé
Nombre de transformateurs : 1 Schéma des liaisons à la terre : TN-C
Puissance globale : 3200 kVA Puissance unitaire : 3200.0 kVA
Couplage : Triangle-Etoile Tension de court-circuit : 8.00 %
Impédances de la source : Résistance Rt : 1.0253 mOhm
Inductance Xt : 4.2892 mOhm
Ib: 4398.86 A
CPI: -
Pcc HT max.(MVA) : 500 MVA
Pcc HT min.(MVA) : 500 MVA

Cable : C1

Longueur : 5.0 m
Mode de pose : F-jointifs en nappe
câbles monoconducteurs sur tablettes verticales perforées
Type de câble : Monoconducteur Nb de couches : 1
Isolant : PR Nb de circuits jointifs supplémentaires: 0
Arrangement des conducteurs : A plat jointifs
Température ambiante : 30 °C Niveau de THDI: 0 %

Courant admissible par le câble (Iz):

Iz dans les conditions normales d'utilisation: 5148.8 A
Iz x facteurs de correction (conditions réelles d'utilisation): 4428.0 A

Contrainte de dimensionnement : surcharges

Facteurs de correction :
Température : 1.00 (52-D1)
x Résistivité thermique du sol : 1.00 (A.52-16)
x Neutre chargé : 1.00 (D.52-1)
x pose jointive : 0.86 (52-E5)
x Utilisateur : 1.00
/ Protection) : 1.00 (§433.1)

0.86

Sections (mm²)	théoriques	choisies	désignation	métal
Par phase	7 x 297.0	7 x 300.0		Cuivre
Neutre	PE(N)	PE(N)	-	-
PE	1 x 214.9	1 x 240.0		Cuivre

Chutes de tension	amont	circuit	aval
ΔU (%)	0.00	0.1557	0.16

Résultats de calcul :

	Icc amont	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min	I défaut
(kA)		52.6885	45.6296	39.3706	41.2597	35.4373	39.2094
R (mΩ)		1.1045	2.2090	1.7465	2.2337	1.8668	1.3732
X (mΩ)		4.7045	9.4089	6.2268	9.4089	6.2268	5.7125
Z (mΩ)		4.8324	9.6647	6.4671	9.6704	6.5006	5.8752

Résultats de calcul conformes au guide UTE C15-500 (rapport CENELEC R064-003).

Avis technique UTE 15L-602.

Hypothèses et choix de l'appareillage à la responsabilité de l'utilisateur.

Disjoncteur : Q1

Nom : NW50H1-100.0 kA Calibre nominal : 5000 A
Calibre de la protection (In) : 5000.00 A Déclencheur : Micrologic 5.0 A
Nombre de pôles : 3P3d
Sélectivité :
Pdc renforcé par filiation :
Protection différentielle : Non
 Désignation de la protection différentielle : -
 Sensibilité : -
 Cran de temporisation : -
 Sélectivité différentielle : -

Réglages :
Surcharge : $I_r = 0.90 I_n = 4500.00 \text{ A}$
Magnétique : $I_m(I_{sd}) = 10.0 \times I_r = 45000.00 \text{ A}$
 $t_m = 50 \text{ ms}$

Circuit :

Amont :
Aval :
Tension :

Tableau2 (B2) - Calculé

transformateur
Départ MCC1
400 V

Jeu de barres :

Référence :
Type :
Température ambiante :
Température sur court-circuit:
Ks :
Chute de tension:

B2

OKKEN
Okken
35 °C
85 °C
1.00
0.0000 %

Dimensions :
Métal :
I disponible :
lcc max :
lcc crête (kA) :

0.0 m-8// 10.0 mmx40 mm
Cuivre
5810 A
52.69 kA
115.91 kA

Circuit : **Départ MELASSE (Q7-C7) - Calculé**

Amont : Tableau2
 Aval : Tableau8
 Tension : 400 V

Disjoncteur : **Q7**

Nom : NSX630H-70.0 kA Calibre nominal : 630 A
 Calibre de la protection (In) : 630.00 A Déclencheur : Micrologic 2.3
 Nombre de pôles : 3P3d
 Sélectivité : T
 Pdc renforcé par filiation : Non
 Protection différentielle : Non
 Désignation de la protection différentielle : -
 Sensibilité : -
 Cran de temporisation : -
 Sélectivité différentielle : -

Réglages :

Surcharge : $I_r = 0.79 \times 0.97 I_n = 482.77 \text{ A}$
 Magnétique : $I_m(I_{sd}) = 10.0 \times I_r = 4827.69 \text{ A}$

Cable : **C7**

Longueur : 10.0 m
 Mode de pose : F-jointifs en nappe
 câbles monoconducteurs sur tablettes verticales perforées
 Type de câble : Monoconducteur Nb de couches : 1
 Isolant : PVC Nb de circuits jointifs supplémentaires: 0
 Arrangement des conducteurs : A plat jointifs
 Température ambiante : 30 °C Niveau de THDI: 0 %

Courant admissible par le câble (Iz):

Iz dans les conditions normales d'utilisation: 506.7 A
 Iz x facteurs de correction (conditions réelles d'utilisation): 486.4 A

Contrainte de dimensionnement : surcharges

Facteurs de correction :	Température	: 1.00	(52-D1)
	x Résistivité thermique du sol	: 1.00	(A.52-16)
	x Neutre chargé	: 1.00	(D.52-1)
	x pose jointive	: 0.96	(52-E5)
	x Utilisateur	: 1.00	
	/ Protection)	: 1.00	(§433.1)
			0.96

Sections (mm ²)	théoriques	choisies	désignation	métal
Par phase	1 x 239.0	1 x 240.0		Cuivre
Neutre	PE(N)	PE(N)	-	-
PE	1 x 240.0	1 x 240.0		Cuivre

Chutes de tension	amont	circuit	aval
ΔU (%)	0.16	0.2605	0.42

Vérification de la contrainte thermique:

Energie reçue par le conducteur de phase : 297675000 A²s
 Contrainte admissible : 761760000 A²s

Résultats de calcul :

	Icc amont	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min	I défaut
(kA)	52.6885	43.0812	37.3094	29.3519	33.4451	26.0416	27.9762
R (mΩ)	1.1045	1.8758	3.7515	3.2890	4.0847	3.7178	3.2242
X (mΩ)	4.7045	5.6045	11.2089	8.0268	11.2089	8.0268	7.5768
Z (mΩ)	4.8324	5.9101	11.8200	8.6745	11.9300	8.8460	8.2343

Résultats de calcul conformes au guide UTE C15-500 (rapport CENELEC R064-003).

Avis technique UTE 15L-602.

Hypothèses et choix de l'appareillage à la responsabilité de l'utilisateur.

Charge	I :	480.03 A	Polarité du circuit :	Tri + N
	P :	287.10 kW	Schéma des liaisons à la terre :	TN-C
	cosφ :	0.86	Répartition:	-

Circuit :

Amont :

Aval :

Tension :

Tableau8 (B8) - Calculé

Départ MELASSE

Départ SITE 1

400 V

Jeu de barres :

Référence :

Type :

Température ambiante :

Température sur court-circuit:

Ks :

Chute de tension:

B8

Linergy 800

Prisma-Linergy

35 °C

85 °C

1.00

0.0309 %

Dimensions :

Métal :

I disponible :

Icc max :

Icc crête (kA) :

2.0 m-1// 0.0 mmx0 mm

Cuivre

750 A

43.08 kA

90.47 kA

Circuit : **Départ SITE 1 (Q9-C9) - Calculé**
 Amont : Tableau8
 Aval : Tableau12
 Tension : 400 V

Disjoncteur : **Q9**
 Nom : NSX250B-25.0 kA Calibre nominal : 250 A
 Calibre de la protection (In) : 200.00 A Déclencheur : TM-D
 Nombre de pôles : 3P3d
 Sélectivité : T
 Pdc renforcé par filiation : 50.0 kA
 Protection différentielle : Non
 Désignation de la protection différentielle : -
 Sensibilité : -
 Cran de temporisation : -
 Sélectivité différentielle : -

Réglages :
 Surcharge : $I_r = 0.90 I_n = 180.00 \text{ A}$
 Magnétique : $I_m(I_{sd}) = 10.0 \times I_n = 2000.00 \text{ A}$

Cable : **C9**
 Longueur : 30.0 m
 Mode de pose : E
 câbles multiconducteurs suspendu à un câble porteur
 Type de câble : Multiconducteur Nb de couches : 1
 Isolant : PR Nb de circuits jointifs supplémentaires: 0
 Arrangement des conducteurs : Trèfle
 Température ambiante : 30 °C Niveau de THDI: 0 %

Courant admissible par le câble (Iz):
 Iz dans les conditions normales d'utilisation: 198.2 A
 Iz x facteurs de correction (conditions réelles d'utilisation): 198.2 A

Contrainte de dimensionnement : surcharges

Facteurs de correction :	Température	: 1.00	(52-D1)
	x Résistivité thermique du sol	: 1.00	(A.52-16)
	x Neutre chargé	: 1.00	(D.52-1)
	x pose jointive	: 1.00	(52-E4)
	x Utilisateur	: 1.00	
	/ Protection)	: 1.00	(§433.1)
			1.00

Sections (mm ²)	théoriques	choisies	désignation	métal
Par phase	1 x 43.0	1 x 50.0		Cuivre
Neutre	PE(N)	PE(N)	-	-
PE	1 x 50.0	1 x 50.0		Cuivre

Chutes de tension	amont	circuit	aval
ΔU (%)	0.42	0.9319	1.35

Vérification de la contrainte thermique:

Energie reçue par le conducteur de phase : 713333 A²s
 Contrainte admissible : 51122500 A²s

Résultats de calcul :

	Icc amont	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min	I défaut
(kA)	43.0812	16.6946	14.4579	13.2056	11.0089	10.4480	6.7776
R (mΩ)	1.8758	12.9818	25.9635	14.3950	32.5160	17.9335	31.6555
X (mΩ)	5.6045	8.0045	16.0089	12.8268	16.0089	12.8268	12.3768
Z (mΩ)	5.9101	15.2512	30.5023	19.2806	36.2433	22.0485	33.9891

Résultats de calcul conformes au guide UTE C15-500 (rapport CENELEC R064-003).
 Avis technique UTE 15L-602.

Hypothèses et choix de l'appareillage à la responsabilité de l'utilisateur.

Charge
 I : 160.02 A Polarité du circuit : Tri + N
 P : 95.34 kW Schéma des liaisons à la terre : TN-C
 cosφ : 0.86 Répartition: -

Circuit :

Amont :
Aval :
Tension :

Tableau12 (B12) - Calculé

Départ SITE 1
Circuit15
400 V

Jeu de barres :

Référence :
Type :
Température ambiante :
Température sur court-circuit:
Ks :
Chute de tension:

B12

Linergy 800
Prisma-Linergy
35 °C
85 °C
1.00
0.0115 %

Dimensions :
Métal :
I disponible :
Icc max :
Icc crête (kA) :

1.0 m-1// 0.0 mmx0 mm
Cuivre
750 A
16.69 kA
33.39 kA

Circuit : Circuit15 (Q15-C15-M15) - Calculé

Amont : Tableau12
 Aval :
 Tension : 400 V

Disjoncteur :**Q15**

Nom : GV7RS-70.0 kA Calibre nominal : 100 A
 Calibre de la protection (In) : 100.00 A Déclencheur : RS100
 Nombre de pôles : 3P3d
 Sélectivité :
 Pdc renforcé par filiation : -
 Protection différentielle : Non
 Désignation de la protection différentielle : -
 Sensibilité : -
 Cran de temporisation : -
 Sélectivité différentielle : -

Réglages :

Surcharge : Ir = 85.0 A
 Magnétique : Im(I_{sd}) = 1105 A

Contacteur :

LC1D115

Coordination :

Type 2

Relais thermique :**Démarrateur électronique :****Cable :****C15**

Longueur : 5.0 m
 Mode de pose : E-seul
 câbles multiconducteurs sur corbeaux ou grillages
 Type de câble : Multiconducteur Nb de couches : 1
 Isolant : PR Nb de circuits jointifs supplémentaires: 0
 Arrangement des conducteurs : A plat jointifs
 Température ambiante : 30 °C Niveau de THDI: -

Courant admissible par le câble (Iz):

Iz dans les conditions normales d'utilisation: 100.1 A
 Iz x facteurs de correction (conditions réelles d'utilisation): 100.1 A

Contrainte de dimensionnement : surcharges

Facteurs de correction :	Température	: 1.00	(52-D1)
	x Résistivité thermique du sol	: 1.00	(A.52-16)
	x Neutre chargé	: 1.00	(D.52-1)
	x pose jointive	: 1.00	
	x Utilisateur	: 1.00	
	/ Protection)	: 1.00	(§433.1)
			1.00

Sections (mm ²)	théoriques	choisies	désignation	métal
Par phase	1 x 12.3	1 x 16.0		Cuivre
Neutre	-	-	-	-
PE	1 x 16.0	1 x 16.0		Cuivre

Chutes de tension	amont	circuit	aval
ΔU (%)	1.35	0.2253	1.58

Chute de tension au démarrage du moteur : 4.21

Vérification de la contrainte thermique:

Energie reçue par le conducteur de phase : 5000000 A²s
 Contrainte admissible : 5234944 A²s

Résultats de calcul :

	I _{cc} amont	I _{k3} max	I _{k2} max	I _{k1} max	I _{k2} min	I _{k1} min	I défaut
(kA)	16.6946	12.3825	10.7236		7.9450		4.7698
R (mΩ)	12.9818	18.7661	37.5323		47.3240		46.4635
X (mΩ)	8.0045	8.4045	16.8089		16.8089		13.1768
Z (mΩ)	15.2512	20.5622	41.1244		50.2205		48.2958

Résultats de calcul conformes au guide UTE C15-500 (rapport CENELEC R064-003).

Avis technique UTE 15L-602.

Hypothèses et choix de l'appareillage à la responsabilité de l'utilisateur.

Charge

I : 80.01 A
P : 47.12 kW
cosφ : 0.85

Nombre de circuit identiques

Polarité du circuit : Tri
Schéma des liaisons à la terre : TN-S
Répartition: -
Ku : 1.0
1

Circuit : Circuit16 (Q16-C16-M16) - Calculé

Amont : Tableau12
 Aval :
 Tension : 400 V

Disjoncteur :**Q16**

Nom : GV7RS-70.0 kA Calibre nominal : 100 A
 Calibre de la protection (In) : 100.00 A Déclencheur : RS100
 Nombre de pôles : 3P3d
 Sélectivité :
 Pdc renforcé par filiation : -
 Protection différentielle : Non
 Désignation de la protection différentielle : -
 Sensibilité : -
 Cran de temporisation : -
 Sélectivité différentielle : -

Réglages :

Surcharge : Ir = 85.0 A
 Magnétique : Im(I_{sd}) = 1105 A

Contacteur :

LC1D115

Coordination :

Type 2

Relais thermique :**Démarrateur électronique :****Cable :****C16**

Longueur : 5.0 m
 Mode de pose : E-seul
 câbles multiconducteurs sur corbeaux ou grillages
 Type de câble : Multiconducteur Nb de couches : 1
 Isolant : PR Nb de circuits jointifs supplémentaires: 0
 Arrangement des conducteurs : A plat jointifs
 Température ambiante : 30 °C Niveau de THDI: -

Courant admissible par le câble (Iz):

Iz dans les conditions normales d'utilisation: 100.1 A
 Iz x facteurs de correction (conditions réelles d'utilisation): 100.1 A

Contrainte de dimensionnement : surcharges

Facteurs de correction :	Température	: 1.00	(52-D1)
	x Résistivité thermique du sol	: 1.00	(A.52-16)
	x Neutre chargé	: 1.00	(D.52-1)
	x pose jointive	: 1.00	
	x Utilisateur	: 1.00	
	/ Protection)	: 1.00	(§433.1)
			1.00

Sections (mm²)	théoriques	choisies	désignation	métal
Par phase	1 x 12.3	1 x 16.0		Cuivre
Neutre	-	-	-	-
PE	1 x 16.0	1 x 16.0		Cuivre

Chutes de tension	amont	circuit	aval
ΔU (%)	1.35	0.2253	1.58

Chute de tension au démarrage du moteur : 4.21

Vérification de la contrainte thermique:

Energie reçue par le conducteur de phase : 5000000 A²s
 Contrainte admissible : 5234944 A²s

Résultats de calcul :

	I _{cc} amont	I _{k3} max	I _{k2} max	I _{k1} max	I _{k2} min	I _{k1} min	I défaut
(kA)	16.6946	12.3825	10.7236		7.9450		4.7698
R (mΩ)	12.9818	18.7661	37.5323		47.3240		46.4635
X (mΩ)	8.0045	8.4045	16.8089		16.8089		13.1768
Z (mΩ)	15.2512	20.5622	41.1244		50.2205		48.2958

Résultats de calcul conformes au guide UTE C15-500 (rapport CENELEC R064-003).

Avis technique UTE 15L-602.

Hypothèses et choix de l'appareillage à la responsabilité de l'utilisateur.

Charge

I : 80.01 A
P : 47.12 kW
cosφ : 0.85
Nombre de circuit identiques

Polarité du circuit : Tri
Schéma des liaisons à la terre : TN-S
Répartition: -
Ku : 1.0
1

Circuit : **Départ SITE 2 (Q10-C10) - Calculé**
 Amont : Tableau8
 Aval : Tableau13
 Tension : 400 V

Disjoncteur : **Q10**
 Nom : NSX250B-25.0 kA Calibre nominal : 250 A
 Calibre de la protection (In) : 250.00 A Déclencheur : Micrologic 2.2
 Nombre de pôles : 3P3d
 Sélectivité : T
 Pdc renforcé par filiation : 50.0 kA
 Protection différentielle : Non
 Désignation de la protection différentielle : -
 Sensibilité : -
 Cran de temporisation : -
 Sélectivité différentielle : -

Réglages :
 Surcharge : $I_r = 1.00 \times 0.97 I_n = 242.50 \text{ A}$
 Magnétique : $I_m(I_{sd}) = 8.0 \times I_r = 1940.00 \text{ A}$

Cable : **C10**
 Longueur : 350.0 m
 Mode de pose : E-seul
 câbles multiconducteurs sur corbeaux ou grillages
 Type de câble : Multiconducteur Nb de couches : 1
 Isolant : PR Nb de circuits jointifs supplémentaires: 0
 Arrangement des conducteurs : Trèfle
 Température ambiante : 30 °C Niveau de THDI: 0 %

Courant admissible par le câble (Iz):
 Iz dans les conditions normales d'utilisation: 620.5 A
 Iz x facteurs de correction (conditions réelles d'utilisation): 620.5 A

Contrainte de dimensionnement : chute de tension

Facteurs de correction :	Température	: 1.00	(52-D1)
	x Résistivité thermique du sol	: 1.00	(A.52-16)
	x Neutre chargé	: 1.00	(D.52-1)
	x pose jointive	: 1.00	
	x Utilisateur	: 1.00	
	/ Protection)	: 1.00	(§433.1)
			1.00

Sections (mm ²)	théoriques	choisies	désignation	métal
Par phase	1 x 68.6	1 x 300.0		Cuivre
Neutre	PE(N)	PE(N)	-	-
PE	1 x 70.0	1 x 300.0		Cuivre

Chutes de tension	amont	circuit	aval
ΔU (%)	0.42	3.9559	4.38

Vérification de la contrainte thermique:

Energie reçue par le conducteur de phase : 46875000 A²s
 Contrainte admissible : 1840410000 A²s

Résultats de calcul :

	I _{cc} amont	I _{k3max}	I _{k2max}	I _{k1max}	I _{k2min}	I _{k1min}	I défaut
(kA)	43.0812	3.3357	5.3794	2.3108	4.4494	2.6458	2.6662
R (mΩ)	1.8758	45.0658	46.9415	89.6690	59.3679	59.0010	58.5074
X (mΩ)	5.6045	61.6045	67.2089	64.0268	67.2089	64.0268	63.5768
Z (mΩ)	5.9101	76.3285	81.9789	110.1815	89.6749	87.0663	86.4010

Résultats de calcul conformes au guide UTE C15-500 (rapport CENELEC R064-003).
 Avis technique UTE 15L-602.

Hypothèses et choix de l'appareillage à la responsabilité de l'utilisateur.

Charge I : 240.03 A Polarité du circuit : Tri + N
 P : 143.01 kW Schéma des liaisons à la terre : TN-C
 cosφ : 0.86 Répartition: -

Circuit :

Amont :
Aval :
Tension :

Tableau13 (B13) - Calculé

Départ SITE 2
Circuit17
400 V

Jeu de barres :

Référence :
Type :
Température ambiante :
Température sur court-circuit:
Ks :
Chute de tension:

B13

Linergy 800
Prisma-Linergy
35 °C
85 °C
1.00
0.0155 %

Dimensions :
Métal :
I disponible :
Icc max :
Icc crête (kA) :

1.0 m-1// 0.0 mmx0 mm
Cuivre
750 A
6.21 kA
10.56 kA

Circuit : Circuit17 (Q17-C17-M17) - Calculé

Amont :
Aval :
Tension : 400 V

Disjoncteur :**Q17**

Nom : GV7RS-70.0 kA Calibre nominal : 100 A
Calibre de la protection (In) : 100.00 A Déclencheur : RS100
Nombre de pôles : 3P3d
Sélectivité :
Pdc renforcé par filiation : -
Protection différentielle : Non
Désignation de la protection différentielle : -
Sensibilité : -
Cran de temporisation : -
Sélectivité différentielle : -

Réglages :

Surcharge : Ir = 85.0 A
Magnétique : Im(I_{sd}) = 1105 A

Contacteur :

LC1D115

Coordination :

Type 2

Relais thermique :**Démarrateur électronique :****Cable :****C17**

Longueur : 5.0 m
Mode de pose : E-seul
câbles multiconducteurs sur tablettes verticales perforées
Type de câble : Multiconducteur Nb de couches : 1
Isolant : PR Nb de circuits jointifs supplémentaires: 0
Arrangement des conducteurs : A plat jointifs
Température ambiante : 30 °C Niveau de THDI: -

Courant admissible par le câble (Iz):

Iz dans les conditions normales d'utilisation: 100.1 A
Iz x facteurs de correction (conditions réelles d'utilisation): 100.1 A

Contrainte de dimensionnement : surcharges

Facteurs de correction :
Température : 1.00 (52-D1)
x Résistivité thermique du sol : 1.00 (A.52-16)
x Neutre chargé : 1.00 (D.52-1)
x pose jointive : 1.00
x Utilisateur : 1.00
/ Protection) : 1.00 (§433.1)
1.00

Sections (mm ²)	théoriques	choisies	désignation	métal
Par phase	1 x 12.3	1 x 16.0		Cuivre
Neutre	-	-	-	-
PE	1 x 10.4	1 x 16.0		Cuivre

Chutes de tension	amont	circuit	aval
ΔU (%)	4.37	0.2253	4.60

Chute de tension au démarrage du moteur : 13.59

Vérification de la contrainte thermique:

Energie reçue par le conducteur de phase : 5000000 A²s
Contrainte admissible : 5234944 A²s

Résultats de calcul :

	I _{cc} amont	I _{k3} max	I _{k2} max	I _{k1} max	I _{k2} min	I _{k1} min	I défaut
(kA)	3.3357	5.6760	4.9156		3.9648		2.3610
R (mΩ)	23.4708	29.2551	58.5103		74.1759		73.3154
X (mΩ)	33.6045	34.0045	68.0089		68.0089		64.3768
Z (mΩ)	40.9895	44.8572	89.7144		100.6344		97.5680

Résultats de calcul conformes au guide UTE C15-500 (rapport CENELEC R064-003).

Avis technique UTE 15L-602.

Hypothèses et choix de l'appareillage à la responsabilité de l'utilisateur.

Charge

I : 80.01 A
P : 47.12 kW
cosφ : 0.85
Nombre de circuit identiques

Polarité du circuit : Tri
Schéma des liaisons à la terre : TN-S
Répartition: -
Ku : 1.0
1

Circuit : Circuit18 (Q18-C18-M18) - Calculé

Amont :
Aval :
Tension : 400 V

Disjoncteur :**Q18**

Nom : GV7RS-70.0 kA Calibre nominal : 100 A
Calibre de la protection (In) : 100.00 A Déclencheur : RS100
Nombre de pôles : 3P3d
Sélectivité :
Pdc renforcé par filiation : -
Protection différentielle : Non
Désignation de la protection différentielle : -
Sensibilité : -
Cran de temporisation : -
Sélectivité différentielle : -

Réglages :

Surcharge : Ir = 85.0 A
Magnétique : Im(I_{sd}) = 1105 A

Contacteur :

LC1D115

Coordination :

Type 2

Relais thermique :**Démarrateur électronique :****Cable :****C18**

Longueur : 5.0 m
Mode de pose : E-seul
câbles multiconducteurs sur tablettes verticales perforées
Type de câble : Multiconducteur Nb de couches : 1
Isolant : PR Nb de circuits jointifs supplémentaires: 0
Arrangement des conducteurs : A plat jointifs
Température ambiante : 30 °C Niveau de THDI: -

Courant admissible par le câble (Iz):

Iz dans les conditions normales d'utilisation: 100.1 A
Iz x facteurs de correction (conditions réelles d'utilisation): 100.1 A

Contrainte de dimensionnement : surcharges

Facteurs de correction :	Température	: 1.00	(52-D1)
	x Résistivité thermique du sol	: 1.00	(A.52-16)
	x Neutre chargé	: 1.00	(D.52-1)
	x pose jointive	: 1.00	
	x Utilisateur	: 1.00	
	/ Protection)	: 1.00	(§433.1)
			1.00

Sections (mm²)	théoriques	choisies	désignation	métal
Par phase	1 x 12.3	1 x 16.0		Cuivre
Neutre	-	-	-	-
PE	1 x 10.4	1 x 16.0		Cuivre

Chutes de tension	amont	circuit	aval
ΔU (%)	4.37	0.2253	4.60

Chute de tension au démarrage du moteur : 13.59

Vérification de la contrainte thermique:

Energie reçue par le conducteur de phase : 5000000 A²s
Contrainte admissible : 5234944 A²s

Résultats de calcul :

	I _{cc} amont	I _{k3} max	I _{k2} max	I _{k1} max	I _{k2} min	I _{k1} min	I défaut
(kA)	3.3357	5.6760	4.9156		3.9648		2.3610
R (mΩ)	23.4708	29.2551	58.5103		74.1759		73.3154
X (mΩ)	33.6045	34.0045	68.0089		68.0089		64.3768
Z (mΩ)	40.9895	44.8572	89.7144		100.6344		97.5680

Résultats de calcul conformes au guide UTE C15-500 (rapport CENELEC R064-003).

Avis technique UTE 15L-602.

Hypothèses et choix de l'appareillage à la responsabilité de l'utilisateur.

Charge

I : 80.01 A
P : 47.12 kW
cosφ : 0.85
Nombre de circuit identiques

Polarité du circuit : Tri
Schéma des liaisons à la terre : TN-S
Répartition: -
Ku : 1.0
1

Circuit : **Circuit19 (Q19-C19-M19) - Calculé**

Amont :
Aval :
Tension : 400 V

Disjoncteur :**Q19**

Nom : GV7RS-70.0 kA Calibre nominal : 100 A
Calibre de la protection (In) : 100.00 A Déclencheur : RS100
Nombre de pôles : 3P3d
Sélectivité :
Pdc renforcé par filiation : -
Protection différentielle : Non
Désignation de la protection différentielle : -
Sensibilité : -
Cran de temporisation : -
Sélectivité différentielle : -

Réglages :

Surcharge : Ir = 85.0 A
Magnétique : Im(I_{sd}) = 1105 A

Contacteur :

LC1D115

Coordination :

Type 2

Relais thermique :**Démarrateur électronique :****Cable :****C19**

Longueur : 5.0 m
Mode de pose : E-seul
câbles multiconducteurs sur corbeaux ou grillages
Type de câble : Multiconducteur Nb de couches : 1
Isolant : PR Nb de circuits jointifs supplémentaires: 0
Arrangement des conducteurs : A plat jointifs
Température ambiante : 30 °C Niveau de THDI: -

Courant admissible par le câble (Iz):

Iz dans les conditions normales d'utilisation: 100.1 A
Iz x facteurs de correction (conditions réelles d'utilisation): 100.1 A

Contrainte de dimensionnement : surcharges

Facteurs de correction :	Température	: 1.00	(52-D1)
	x Résistivité thermique du sol	: 1.00	(A.52-16)
	x Neutre chargé	: 1.00	(D.52-1)
	x pose jointive	: 1.00	
	x Utilisateur	: 1.00	
	/ Protection)	: 1.00	(§433.1)
			1.00

Sections (mm²)	théoriques	choisies	désignation	métal
Par phase	1 x 12.3	1 x 16.0		Cuivre
Neutre	-	-	-	-
PE	1 x 10.4	1 x 16.0		Cuivre

Chutes de tension	amont	circuit	aval
ΔU (%)	4.37	0.2253	4.60

Chute de tension au démarrage du moteur : 13.59

Vérification de la contrainte thermique:

Energie reçue par le conducteur de phase : 5000000 A²s
Contrainte admissible : 5234944 A²s

Résultats de calcul :

	I _{cc} amont	I _{k3} max	I _{k2} max	I _{k1} max	I _{k2} min	I _{k1} min	I défaut
(kA)	3.3357	5.6760	4.9156		3.9648		2.3610
R (mΩ)	23.4708	29.2551	58.5103		74.1759		73.3154
X (mΩ)	33.6045	34.0045	68.0089		68.0089		64.3768
Z (mΩ)	40.9895	44.8572	89.7144		100.6344		97.5680

Résultats de calcul conformes au guide UTE C15-500 (rapport CENELEC R064-003).

Avis technique UTE 15L-602.

Hypothèses et choix de l'appareillage à la responsabilité de l'utilisateur.

Charge

I : 80.01 A
P : 47.12 kW
cosφ : 0.85
Nombre de circuit identiques

Polarité du circuit : Tri
Schéma des liaisons à la terre : TN-S
Répartition: -
Ku : 1.0
1

Circuit : **Départ SITE 3 (Q11-C11) - Calculé**

Amont : Tableau8
 Aval : Tableau14
 Tension : 400 V

Disjoncteur : **Q11**

Nom : NG160N-25.0 kA Calibre nominal : 160 A
 Calibre de la protection (In) : 80.00 A Déclencheur : TM-D
 Nombre de pôles : 3P3d
 Sélectivité : T
 Pdc renforcé par filiation : 50.0 kA
 Protection différentielle : Non
 Désignation de la protection différentielle : -
 Sensibilité : -
 Cran de temporisation : -
 Sélectivité différentielle : -

Réglages :

Surcharge : Ir = -
 Magnétique : Im(Isd) = 800 A

Cable : **C11**

Longueur : 500.0 m
 Mode de pose : F-jointifs en nappe
 câbles monoconducteurs sur tablettes verticales perforées
 Type de câble : Monoconducteur Nb de couches : 1
 Isolant : PR Nb de circuits jointifs supplémentaires: 0
 Arrangement des conducteurs : Trèfle
 Température ambiante : 30 °C Niveau de THDI: 0 %

Courant admissible par le câble (Iz):

Iz dans les conditions normales d'utilisation: 383.0 A
 Iz x facteurs de correction (conditions réelles d'utilisation): 383.0 A

Contrainte de dimensionnement : chute de tension

Facteurs de correction :	Température	: 1.00	(52-D1)
	x Résistivité thermique du sol	: 1.00	(A.52-16)
	x Neutre chargé	: 1.00	(D.52-1)
	x pose jointive	: 1.00	(52-E5)
	x Utilisateur	: 1.00	
	/ Protection)	: 1.00	(§433.1)
			1.00

Sections (mm ²)	théoriques	choisies	désignation	métal
Par phase	1 x 11.3	1 x 120.0		Cuivre
Neutre	PE(N)	PE(N)	-	-
PE	1 x 25.0	1 x 120.0		Cuivre

Chutes de tension	amont	circuit	aval
ΔU (%)	0.42	3.6666	4.09

Vérification de la contrainte thermique:

Energie reçue par le conducteur de phase : 5798400 A²s
 Contrainte admissible : 294465600 A²s

Résultats de calcul :

	Icc amont	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min	I défaut
(kA)	43.0812	2.7912	2.4173	1.4109	1.8038	1.0491	1.0522
R (m Ω)	1.8758	79.0008	158.0015	157.5390	201.5247	201.1578	200.6642
X (m Ω)	5.6045	45.6045	91.2089	88.0268	91.2089	88.0268	87.5768
Z (m Ω)	5.9101	91.2189	182.4378	180.4640	221.2041	219.5750	218.9425

Résultats de calcul conformes au guide UTE C15-500 (rapport CENELEC R064-003).

Avis technique UTE 15L-602.

Hypothèses et choix de l'appareillage à la responsabilité de l'utilisateur.

Charge	I :	79.98 A	Polarité du circuit :	Tri + N
	P :	48.76 kW	Schéma des liaisons à la terre :	TN-C
	cos ϕ :	0.88	Répartition:	-

Nombre de circuit identiques

Ku :
1

1.0

Circuit :

Amont :
Aval :
Tension :

Tableau14 (B14) - Calculé

Départ SITE 3
Circuit20
400 V

Jeu de barres :

Référence :
Type :
Température ambiante :
Température sur court-circuit:
Ks :
Chute de tension:

B14

Linergy 800
Prisma Plus-Linergy
35 °C
85 °C
1.00
0.0050 %

Dimensions :
Métal :
I disponible :
Icc max :
Icc crête (kA) :

1.0 m-1// 0.0 mmx0 mm
Cuivre
760 A
2.79 kA
4.19 kA

Circuit : Circuit20 (Q20-C20-M20) - Calculé

Amont :
Aval :
Tension : 400 V

Disjoncteur : Q20

Nom : NSX100B-25.0 kA Calibre nominal : 100 A
Calibre de la protection (In) : 50.00 A Déclencheur : Micrologic 2.2 M
Nombre de pôles : 3P3d
Sélectivité :
Pdc renforcé par filiation : -
Protection différentielle : Non
Désignation de la protection différentielle : -
Sensibilité : -
Cran de temporisation : -
Sélectivité différentielle : -

Réglages :

Surcharge : $I_r = 0.80 I_n = 40.00 \text{ A}$
Magnétique : $I_m(I_{sd}) = 13.0 \times I_r = 520.00 \text{ A}$

Contacteur : LC1D80 Coordination : Type 2
Relais thermique :
Démarreur électronique :

Cable : C20

Longueur : 5.0 m
Mode de pose : E-seul
câbles multiconducteurs sur corbeaux ou grillages
Type de câble : Multiconducteur Nb de couches : 1
Isolant : PR Nb de circuits jointifs supplémentaires: 0
Arrangement des conducteurs : A plat jointifs
Température ambiante : 30 °C Niveau de THDI: -

Courant admissible par le câble (Iz):

Iz dans les conditions normales d'utilisation: 42.2 A
Iz x facteurs de correction (conditions réelles d'utilisation): 42.2 A

Contrainte de dimensionnement : surcharges

Facteurs de correction :	Température	: 1.00	(52-D1)
	x Résistivité thermique du sol	: 1.00	(A.52-16)
	x Neutre chargé	: 1.00	(D.52-1)
	x pose jointive	: 1.00	
	x Utilisateur	: 1.00	
	/ Protection)	: 1.00	(§433.1)
			1.00

Sections (mm ²)	théoriques	choisies	désignation	métal
Par phase	1 x 3.7	1 x 4.0		Cuivre
Neutre	-	-	-	-
PE	1 x 3.7	1 x 4.0		Cuivre

Chutes de tension	amont	circuit	aval
ΔU (%)	4.08	0.4546	4.53

Chute de tension au démarrage du moteur : 14.09

Vérification de la contrainte thermique:

Energie reçue par le conducteur de phase : 170000 A²s
Contrainte admissible : 327184 A²s

Résultats de calcul :

	Icc amont	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min	I défaut
(kA)	2.7912	2.2729	1.9684		1.4430		0.8392
R (mΩ)	79.0008	102.1383	204.2765		260.7567		259.8962
X (mΩ)	45.6045	46.0045	92.0089		92.0089		88.3768
Z (mΩ)	91.2189	112.0207	224.0414		276.5135		274.5114

Résultats de calcul conformes au guide UTE C15-500 (rapport GENELEC R064-003).

Avis technique UTE 15L-602.

Hypothèses et choix de l'appareillage à la responsabilité de l'utilisateur.

Charge

I : 39.99 A
P : 24.38 kW
cosφ : 0.88
Nombre de circuit identiques

Polarité du circuit : Tri
Schéma des liaisons à la terre : TN-S
Répartition: -
Ku : 1.0
1

Circuit : Circuit21 (Q21-C21-M21) - Calculé

Amont :
Aval :
Tension : 400 V

Disjoncteur :**Q21**

Nom : NSX100B-25.0 kA Calibre nominal : 100 A
Calibre de la protection (In) : 50.00 A Déclencheur : Micrologic 2.2 M
Nombre de pôles : 3P3d
Sélectivité :
Pdc renforcé par filiation : -
Protection différentielle : Non
Désignation de la protection différentielle : -
Sensibilité : -
Cran de temporisation : -
Sélectivité différentielle : -

Réglages :

Surcharge : $I_r = 0.80 I_n = 40.00 \text{ A}$
Magnétique : $I_m(I_{sd}) = 13.0 \times I_r = 520.00 \text{ A}$

Contacteur :

LC1D80

Coordination :

Type 2

Relais thermique :**Démarrreur électronique :****Cable :****C21**

Longueur : 5.0 m
Mode de pose : E-seul
câbles multiconducteurs sur tablettes verticales perforées
Type de câble : Multiconducteur Nb de couches : 1
Isolant : PR Nb de circuits jointifs supplémentaires: 0
Arrangement des conducteurs : A plat jointifs
Température ambiante : 30 °C Niveau de THDI: -

Courant admissible par le câble (Iz):

Iz dans les conditions normales d'utilisation: 42.2 A
Iz x facteurs de correction (conditions réelles d'utilisation): 42.2 A

Contrainte de dimensionnement : surcharges

Facteurs de correction :	Température	: 1.00	(52-D1)
	x Résistivité thermique du sol	: 1.00	(A.52-16)
	x Neutre chargé	: 1.00	(D.52-1)
	x pose jointive	: 1.00	
	x Utilisateur	: 1.00	
	/ Protection)	: 1.00	(§433.1)
			1.00

Sections (mm ²)	théoriques	choisies	désignation	métal
Par phase	1 x 3.7	1 x 4.0		Cuivre
Neutre	-	-	-	-
PE	1 x 3.7	1 x 4.0		Cuivre

Chutes de tension	amont	circuit	aval
ΔU (%)	4.08	0.4546	4.53

Chute de tension au démarrage du moteur : 14.09

Vérification de la contrainte thermique:

Energie reçue par le conducteur de phase : 170000 A²s
Contrainte admissible : 327184 A²s

Résultats de calcul :

	Icc amont	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min	I défaut
(kA)	2.7912	2.2729	1.9684		1.4430		0.8392
R (mΩ)	79.0008	102.1383	204.2765		260.7567		259.8962
X (mΩ)	45.6045	46.0045	92.0089		92.0089		88.3768
Z (mΩ)	91.2189	112.0207	224.0414		276.5135		274.5114

Résultats de calcul conformes au guide UTE C15-500 (rapport CENELEC R064-003).

Avis technique UTE 15L-602.

Hypothèses et choix de l'appareillage à la responsabilité de l'utilisateur.

Charge

I : 39.99 A
P : 24.38 kW
cosφ : 0.88
Nombre de circuit identiques

Polarité du circuit : Tri
Schéma des liaisons à la terre : TN-S
Répartition: -
Ku : 1.0
1

V.9. validation des résultats

Après avoir analysé les résultats trouvés à l'aide d'Ecodial, et ceux trouvés analytiquement. Nous avons constaté que les résultats sont pratiquement pareilles exceptés quelques résultats qui se différent.

Ces légères différences peuvent être justifiées par la majoration du deuxième chiffre après la virgule imposée par Ecodial, ainsi que le choix effectués automatiquement par logiciel qui peut être modifiés en passant en mode manuel et aussi par notre choix du transformateur normaliser (3200kVA).

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons vérifié et validé nos calculs à l'aide d'un logiciel informatique « Ecodial » conçu pour dimensionnement des installations électriques.

Après avoir analysé les résultats trouvés et ceux calculés analytiquement, nous avons constaté une bonne concordance des résultats.

Nous avons aussi constaté l'importance des logiciels informatiques dans l'aide à l'étude et au dimensionnement des installations électriques conformément aux normes.

Conclusion générale

Conclusion générale

Dans ce présent travail, nous avons réalisé l'étude de circuit métrasse de l'unité Portuaire de Cevital-Bejaia. Cette étude nous a permis d'approfondir nos connaissances dans le domaine des installations électriques industrielles. Aussi elle nous a permis de mettre en pratique nos connaissances théoriques.

Notre travail est initié par la description de l'installation existante suivi d'une présentation des équipements électriques de l'unité.

Nous avons élaboré un bilan de puissance général après et nous avons constaté que le transformateur existant peut supporter la charge même après extension.

Ensuite on a étudié en détail les caractéristiques des différentes parties de l'installation, en commençant par le calcul des sections de câbles du point de vue échauffement et chute de tension. Pour ceci nous étions amenés à calculer les courants de courts-circuits éventuels dans chaque tronçon du réseau.

L'étude des différentes parties de l'installation nous ont permis de choisir la protection appropriées en tenant compte des courants de court-circuit.

Nous avons aussi effectué la vérification de la sélectivité qui se fait en comparant les caractéristiques de chaque disjoncteur avec celles de la protection située immédiatement en amont.

Enfin, la vérification et la validation des résultats de calculs faite par le logiciel Ecodial conçu pour cette tâche par le leader Schneider Electric a montré une bonne concordance entre les résultats théoriques et ceux donnés par Ecodial

Bibliographie

Bibliographie

[1] : Scheider Electric, « Guide de la distribution basse et moyenne tension », édition 2002.

[2] : Scheider Electric, « Guide de conception des réseaux électriques industriels », édition 1997.

[3] : Scheider Electric, « Guide l'installation électrique 2010 ».

[4] : Construction normalisé en électrotechnique, tome1, édition 1985.

[5] : Technique de l'Ingénieur, « Jeux de barres à basse tension », N° : D5165.

[6] : Scheider Electric, guide expert basse tension, « Coordination des sélectivités », édition 2009.

[7] : Legrand, « Guide puissance 2007 ».

[8] : Scheider Electric les cahiers techniques N° 172,173.

[9] : http://missiontice.ac-besancon.fr/sti/didacticiel/ecodialv3_37.htm.

Annexe

Lettre de sélection

type d'éléments conducteurs	mode de pose	lettre de sélection
conducteurs et câbles multiconducteurs	<ul style="list-style-type: none"> ■ sous conduit, profilé ou goulotte, en apparent ou encastré ■ sous vide de construction, faux plafond ■ sous caniveau, moulures, plinthes, chambranles 	B
	<ul style="list-style-type: none"> ■ en apparent contre mur ou plafond ■ sur chemin de câbles ou tablettes non perforées 	C
câbles multiconducteurs	<ul style="list-style-type: none"> ■ sur échelles, corbeaux, chemin de câbles perforé ■ fixés en apparent, espacés de la paroi ■ câbles suspendus 	E
câbles monoconducteurs	<ul style="list-style-type: none"> ■ sur échelles, corbeaux, chemin de câbles perforé ■ fixés en apparent, espacés de la paroi ■ câbles suspendus 	F

Tableau A1

Facteur de correction K1

lettre de sélection	cas d'installation	K1
B	■ câbles dans des produits encastrés directement dans des matériaux thermiquement isolants	0,70
	■ conduits encastrés dans des matériaux thermiquement isolants	0,77
	■ câbles multiconducteurs	0,90
	■ vides de construction et caniveaux	0,95
C	■ pose sous plafond	0,95
B, C, E, F	■ autres cas	1

Tableau A2

Facteur de correction K2

lettre de sélection	disposition des câbles jointifs	facteur de correction K2											
		nombre de circuits ou de câbles multiconducteurs											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
B, C	encastrés ou noyés dans les parois	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38
C	simple couche sur les murs ou les planchers ou tablettes non perforées	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	0,70		
	simple couche au plafond	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61	0,61		
E, F	simple couche sur des tablettes horizontales perforées ou sur tablettes verticales	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72	0,72		
	simple couche sur des échelles à câbles, corbeaux, etc.	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78	0,78		

Tableau A3

Facteur de correction K3

températures ambiantes (°C)	isolation		
	élastomère (caoutchouc)	polychlorure de vinyle (PVC)	polyéthylène réticulé (PR) butyle, éthylène, propylène (EPR)
10	1,29	1,22	1,15
15	1,22	1,17	1,12
20	1,15	1,12	1,08
25	1,07	1,07	1,04
30	1,00	1,00	1,00
35	0,93	0,93	0,96
40	0,82	0,87	0,91
45	0,71	0,79	0,87
50	0,58	0,71	0,82
55	–	0,61	0,76
60	–	0,50	0,71

Tableau A4

lettre de sélection	isolant et nombre de conducteurs chargés (3 ou 2)										
	B	caoutchouc ou PVC				butyle ou PR ou éthylène PR					
		PVC3	PVC2			PR3		PR2			
	C		PVC3		PVC2	PR3		PR2			
	E			PVC3		PVC2	PR3		PR2		
	F				PVC3	PVC2	PVC2	PR3		PR2	
section cuivre (mm ²)	1,5	15,5	17,5	18,5	19,5	22	23	24	26		
	2,5	21	24	25	27	30	31	33	36		
	4	28	32	34	36	40	42	45	49		
	6	36	41	43	48	51	54	58	63		
	10	50	57	60	63	70	75	80	86		
	16	68	76	80	85	94	100	107	115		
	25	89	96	101	112	119	127	138	149	161	
	35	110	119	126	138	147	158	169	185	200	
	50	134	144	153	168	179	192	207	225	242	
	70	171	184	196	213	229	246	268	289	310	
	95	207	223	238	258	278	298	328	352	377	
	120	239	259	276	299	322	346	382	410	437	
	150		299	319	344	371	395	441	473	504	
	185		341	364	392	424	450	506	542	575	
	240		403	430	461	500	538	599	641	679	
	300		464	497	530	576	621	693	741	783	
	400					656	754	825		940	
500					749	868	946		1 083		
630					855	1 005	1 088		1 254		
section aluminium (mm ²)	2,5	16,5	18,5	19,5	21	23	25	26	28		
	4	22	25	26	28	31	33	35	38		
	6	28	32	33	36	39	43	45	49		
	10	39	44	46	49	54	59	62	67		
	16	53	59	61	66	73	79	84	91		
	25	70	73	78	83	90	98	101	108	121	
	35	86	90	96	103	112	122	126	135	150	
	50	104	110	117	125	136	149	154	164	184	
	70	133	140	150	160	174	192	198	211	237	
	95	161	170	183	195	211	235	241	257	289	
	120	186	197	212	226	245	273	280	300	337	
	150		227	245	261	283	316	324	346	389	
	185		259	280	298	323	363	371	397	447	
	240		305	330	352	382	430	439	470	530	
	300		351	381	406	440	497	508	543	613	
	400					526	600	663		740	
	500					610	694	770		858	
630					711	808	899		996		

Tableau A5

Épaisseur (mm)	Nature du courant (1)	Hauteur (mm)													
		10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
2	CC	109	132	162	196	237	290	357	433						
	CA	109	132	162	196	237	290	357	433						
3,15	CC				251	303	368	452	548	670					
	CA				251	303	368	452	548	670					
4	CC				287	345	419	514	622	760	935				
	CA				287	345	419	514	622	760	935				
5	CC				326	391	473	580	700	855	1 051	1 275	1 550		
	CA				326	391	473	580	700	855	1 051	1 275	1 531		
6,3	CC							658	794	966	1 186	1 439			
	CA							658	794	966	1 186	1 422			
8	CC					513	618	752	906	1 099	1 347	1 631	1 978	2 452	
	CA					513	618	752	906	1 099	1 331	1 577	1 893	2 295	
10	CC					588	705	854	1 025	1 243	1 519	1 837	2 224	2 754	3 755
	CA					588	705	854	1 025	1 228	1 469	1 738	2 082	2 520	3 357
12,5	CC						807	973	1 165	1 405	1 717	2 072	2 505	3 096	
	CA						807	973	1 151	1 358	1 624	1 917	2 267	2 768	

(1) CC : courant continu ; CA : courant alternatif.

Tableau A6