

UNIVRSITE DE LUBUMBASHI

Ecole supérieure des ingénieurs industriels

Département de Génie Electrique

E.S.I

B.P 1825

LUBUMBASHI



Conception et réalisation d'un système de coupure et rétablissement du courant électrique à distance

Présenté par : **Ir MANDA MANGALA JEAN**

Travail présenté et défendu en vue de l'ostension du grade de bachelier ingénieur industriel
en génie électrique directeur : pr,dr,ir,BANZA WA BANZA Bonaventure

ANNEE ACADEMIQUE 2021-2022

EPIGRAPHE

Deux valent mieux qu'un, par ce qu'il retire un bon salaire de leur travail. Car s'ils tombent, l'un relève son compagnon ; mais malheur à celui qui est seul et qui tombe, sans avoir un second pour le relever !

Ecclésiaste 4 – 9 à 10.

REMERCIEMENTS

Nous rendons a l'éternel DIEU Tout puissant ; pour nous avoir accordé le souffle de vie et la force de bien faire réaliser notre travail.

Je remercie particulièrement mon directeur professeur docteur, ingénieur BANZA WA BANZA Bonaventure et à mon codirecteur CT ir chako qui malgré leurs multiples occupations prioritaires, ont accepté la direction de ce travail.

En scientifique avéré, ils m'ont formulé des remarques et ont émis des avis et considérations desquelles ce travail a bénéficié de la configuration qu'il a présentement.

A monsieur masengo superviseur de puits et chaines d'extraction pour son encadrement et l'exemple manifesté, merci.

Nos vifs et sincères remerciements s'adressent particulièrement a monsieur voltaire guerry kabwe, gullite, fiston, olive masaba.....pour avoir accepté de nous accompagner et pour leur encadrement lors de notre stage malgré leurs multiples occupations quotidiennes aux services.

A toute la famille pour nous avoir ajouté du tonus lors du déroulement de notre parcours d'études, ce particulièrement a mes respectueux partants : prospère KAMANDA MANGALA, agnes mwamba chomba.....vous qui êtes a l'origine de mon existence pour votre amour, vos conseils et votre sacrifice consenti pour notre éducation ainsi que notre formation. Que ce travail justifie vos œuvres.

Mes vifs remerciement a l'ingénieur Alex muteba, tante benedicte kilufwa mumba et nonolyne kalumba.

A ma grande famille, freres et sœur ARIJA MATANDA, abigael mbwisha, elie mangala, eliane kalonda, bertin lukwesa, jean ngoya jenovic bwanga, tatiana kasongo, prisca lukwesa

A mes cheres oncle demuto mutomb tshibind, eloy chansa prince tchomba, freddy mpolokoso, jean-pirre tcheko, mulenga kambafwile christian

Les amis sont une famille que seul on choisit. Je suis infiniment reconnaissant : mwamba wa mwamba jiresse, mukashi kahenga dieu merci, jires tshisol, jolenne kaj mujing, reagan kiluba, elsa sonya, ethy nkulu malamba, immaculee monga

A vous mes compagnons de lute : arthur mayamba
katandula,ben moyo, gracia bulabula,sylva kabila,guelord
mutchetche, idris mbayo, sam mbayo, natha kasumpa
kitalima, bumba muteba benjamin, ainsi qua tous mes
collegue de promotion cest avec un reel sentiment de
reconnaissance que je tien a vous remercier pour le pires et
les meilleurs moments.

DEDICACE

A ma très chères mère mwamba tchomba agnes
Pour votre amour dont je suis bénéficiaire, dès ma naissance
jusqu'à ce jour et pour tous les sacrifices que vous déployer
en ma faveur. Aucune dédicace ne saurait exprimer mes
sentiments mais que Jehova DIEU tout puissant vous préserve
et procure santé et longue vie

A mes cousins cousines pour leurs soutiens moraux.
A mes beaux-frères et belles-sœurs, mes tantes et oncle, mes
neveux et nièce.

AVANT PROPOS

Ce travail n'a pas été, l'effet de notre propre effort mais plutôt un travail conjugué ; pour que nous arrivons à vous présenter ce produit de bonne qualité.

L'économie de notre pays dépend en grande partie de son énergie électrique. Etant donné que la population ne saurait pas vivre sans elle. C'est pourquoi dans notre ville de Lubumbashi la Société nationale d'Electricité est chargée d'alimenter la population en énergie électrique. Pour répondre à ses attentes, cette alimentation doit être permanente.

Cependant, étant donné que nous vivons dans un monde dépourvu de la perfection, il est plus qu'évident que la SNEL fasse face à une menace inévitable à savoir (les pannes origines diverses)

En tant que chercheur, nous voulons apporter une solution par apport aux mesures préventives déjà en activité à la société nationale d'électricité et notre contribution consiste en une mise au point d'un système de coupure et rétablissement dans la cabine électrique.

RESUME

Ce travail, présente le résultat d'une étude sur la conception et la réalisation d'un système de coupures et rétablissements du courant électriques qui sera implanté dans la cabine électrique.

Pour atteindre cet objectif, nous avons procédé par des descentes sur terrain, dans le but d'acquérir diverses réalités du milieu d'étude et d'interviewer quelques chefs de maintenances sur la problématique de coupure et rétablissements en énergie électrique en vue d'envisager les solutions palliatives en cas de coupure et rétablissement. Nous sommes arrivés au résultat suivant qu'un dispositif de coupure rétablissements peut être implanté jouant le rôle réducteur du temps lors des coupures et rétablissements du courant électrique. L'avantage qu'offre ce système est d'alléger la tâche aux agents Maintenanancier dépanneurs de la Société Nationale d'Electricité en leur permettant de ne pas se déplacer vers la cabine pour délester les abonnées (Clients SNEL) ; ceci donne l'avantage de réduire le risque d'électrocution et le temps de coupure et de rétablissement grâce à ce dispositif. Ce qui nous a permis d'établir un schéma de commande pour le dispositif de coupure et rétablissements du courant électriques à distance et en cas de délestages pour des abonnées de la société nationale d'électricité. Ce dispositif comprend un microcontrôleur arduino, circuits intégrés, résistances, relais, etc.

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

- AC : courant alternatif
- C : condensateur
- C.E.I : commission électrotechnique international
- D : diode
- DC : courant continu
- I : courant

- KV : kilo volte
- KVA : kilo volte ampère
- KW : kilo watt
- L.E.D : lights emitted diode
- M : moteur électrique
- MF : microfarad
- PF : picofarad
- R : résistance
- SNEL : Société Nationale d'Electricité
- t : temps
- T : transistor
- TFO : transformateur
- U : tension
- VCC : tension d'alimentation

TABLE DE MATIERES

EPIGRAPHE	1
REMERCIEMENTS	2
AVANT PROPOS	3
RESUME	4
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS	5
TABLE DE MATIERES	6
LISTE DE FIGURE	9
LISTE DE TABLEAUX	11
INTRODUCTION GENERALE	12
CHAPITRE I. GENERALITES SUR LES DISPOSITIFS DE COUPURES DU COURANT ELECTRIQUE	14
I.2. Choix et classifications des dispositifs de coupure	15
I.3. Phénomènes d'interruption du courant électrique	18
I.3.1 Définition de l'arc électrique	18
I.3.2. Naissance d'un arc électrique à la coupure d'un circuit	18
I.4. Dispositif ou Appareillages de connexion et de séparation	19
I.5. Les sectionneurs	19
I.5.1. Rôle	19
I.5.2. Principe de fonctionnement	20
I.5.3. Caractéristiques principales	20
I.5.4. Différents types de sectionneurs	21
I.5.4.1. Sectionneur porte-fusibles tripolaire avec contact de pré-coupure avec poignée extérieure	21
I.5.4.2. Sectionneur porte-fusibles tripolaire avec contact de neutre et de pré-coupure avec poignée extérieure	21
I.5.4.3. Les interrupteurs-sectionneurs	21
I.5.4.3.1 Rôle	21

I.5.4.3.2 Sectionneurs BT domestique	22
I.5.4.3.3 Sectionneurs BT industriels	22
I.5.4.3.4 Sectionneurs MT et HT	22
I.6. Fusible Dispositif ou Appareillages de protection	23
I.6.1. Rôle	23
I.6.2. Choix d'un fusible	23
I.6.3. Avantages et inconvénients d'un fusible	23
I.6.3.1. Avantages	23
I.6.3.2. Inconvénients	24
I.7. Discontacteurs	24
I.7.1. Le Disjoncteur Magnétothermique	24
I.7.1.1. Rôle	24
I.7.1.2. Principe de fonctionnement	25
I.7.1.3. Principe thermique	25
I.7.1.4. Principe magnétique	26
I.7.2. Chambre de coupure	27
I.7.3. Caractéristiques et classification	27
I.7.4. Différentielle	28
I.7.5. Différents types de disjoncteurs	29
I.7.5.1. Disjoncteur divisionnaire domestique	29
I.7.5.2. Disjoncteur de distribution industriel basse tension (BT)	29
I.7.5.3. Les disjoncteurs sur châssis métallique de 800A à 6300A	30
I.8. Anomalies dans un réseau électrique	31
I.8.1. Court-circuit	31
I.8.2. Origines d'un défaut de courts-circuits	31
I.8.3. Caractéristiques	31

I.9. Surtensions	32
I.9.1. Surcharges	33
I.9.2. Les oscillations	33
I.9.3. Le déséquilibre	34
I.9.4. Conséquences des défauts sur le réseau électrique	34
I.10. Système de protection	35
I.10.1. Rôle d'une protection	35
I.10.2. Schéma synoptique d'un système de protection	35
I.10.3. Eléments constitutifs d'un système de protection	36
I.10.3.1. Réducteurs de mesure	36
I.10.3.1.2. Transformateur de tension	38
I.10.3.2. Relais de protection	39
I.11. Qualités d'une protection électrique	39
I.11.1. Sensibilité	39
I.11.2. Fiabilité	40
CHAPITRE II : CONCEPTION DU DISPOSITIF DE COUPURE ET RETABLISSEMENT DU COURANT ELECTRIQUE A DISTANCE	41
II.1. Introduction.....	41
II.2. schéma bloc du système de commande	41
II.3. Composantes électroniques.....	41
II.4. Fonctionnement de composants électroniques.....	42
II.4.1. Résistances	42
II.4.2. Condensateurs	42
II.4.4. Relais	42
II.4.5. Diodes	42
II.4.6. Circuits Intégrés	43
II.4.6.1. Circuit intégré analogique	43

II.4.6.2. Circuit intégré numérique	43
II.4.7. Circuit Intégrés NE 555	44
II.5. Types de montage avec les Circuits Intégrés NE 555 et CD 4017	44
II.5.1. Description fonctionnelle du C.I. NE555	44
II.5.2. Circuit Intégrés CD 4017	47
II.5.2.1. Application du Circuit Intégrés CD 4017	47
II.5.3. LES LED	48
II.5.4. Transformateur.....	48
II.5.5. Composants électroniques et matériels électriques	48
II.6. Schéma bloc du circuit électronique système	50
II.7. Fonctionnement du système.....	50
II.8. Schéma électronique du système pendant le rétablissement	52
II.8.1. Schéma électronique du système pendant la coupure	52
CHAPITRE III. ETUDE D'IMPLANTATION ET EVALUATION DES PERFORMANCES	54
III.1. Service d'exploitation	54
III. 2.Schéma d'implantation dans la cabine électrique	56
III.2.1. Schéma générale d'une cabine électrique	56
III.2.2. Schéma synoptique du système implanté dans la cabine électrique SNEL	57
III.3. Cout estimatif	57
III.3.1. Matériels utilisés	57
CONCLUSION	68
BIBLIOGRAPHIE	69
WEBOGRAPHIE	70

LISTE DE FIGURE

Figure 1: Sectionneur. (www.tdee.ulg.ac.be)	19
Figure 2: symbole des contacts de puissance et de pré-coupeure. (www.tdee.ulg.ac.be)	21
Figure 3: Interrupteur-sectionneur. (www.curelizane.dz)	22
Figure 4: Disjoncteur magnétothermique. (www.tdee.ulg.ac.be)	25
Figure 5: Fonctionnement d'un disjoncteur	25
Figure 6: Constitution d'un disjoncteur thermique. (www.tdee.ulg.ac.be)	26
Figure 7: Constitution d'un disjoncteur magnétique. (www.tdee.ulg.ac.be)	26
Figure 8: Chambre de coupure. (www.curelizane.dz)	27
Figure 9: Schéma de fonctionnement différentielle.	28
Figure 10: Disjoncteur domestique. (Http : //installation-électrique.ooreka.fr)	29
Figure 11: Disjoncteur industrielle BT. (www.tdee.ulg.ac.be)	30
Figure 12: Disjoncteur de 800 à 6300 Ampères. (www.tdee.ulg.ac.be)	30
Figure 13: Différents types de défauts sur un réseau de distribution électrique (P. jacob, 2014)	32
Figure 14: Eléments constitutifs d'un système de protection	35
Figure 15: a. Nous montre le transformateur de courant branché dans un circuit électrique. (www.composelec.com)	37
Figure 16: b et c. transformateurs de courant et (Rogowski pour retrofit visuel). (www.microener.com)	37
Figure 17: a. transformateur de tension branché dans un circuit électrique.(https://fr.m.wikipedia.org)	38
Figure 18: b et c. transformateur de tension. (www.microener.com)	38
Figure 19: a et b. Relais de protection (fr.electrical-installation.org)	39
Figure 20:Schéma du système	41
Figure 21: Schéma synoptique du circuit intégré NE 555 (www.for-ge.blogspot.com)	44
Figure 22: Schéma en mode bascule Astable circuit intégré NE 555.....	45
Figure 23: Schéma en mode bascule Mono-Astable circuit intégré NE 555	46
Figure 24: Schéma en mode bascule Mono-Astable et Astable monté avec le circuit intégré NE 555 46	
Figure 25: Schéma boîtier plat 16 broches du circuit intégré 4017 (http://www.lelectronique.com) ...	47
Figure 26: Allumage séquentielle à 10 sorties avec circuit intégré 4017 (http://www.lelectronique.com)	48
Figure 27: Schéma bloc du circuit électronique système	50
Figure 28: Commande électronique du système pendant le rétablissement	52
Figure 29: Commande électronique du système pendant la coupur	53
Figure 30: Cabine électrique LAMORAL construite en maçonnerie. (SNEL)	54

Figure 31: Equipements électriques utilisés dans une cabine électrique	55
Figure 32: Schéma générale de la cabine électrique LAMORAL.	56
Figure 33: Vue intérieure cabine électrique la MORAL	56
Figure 34: Schéma du système implanté dans la cabine électrique.	57
Figure 35: : résistances	58
Figure 36: condensateur	58
Figure 37: Transistor	59
Figure 38: relais à courant continue 12v	59
Figure 39: Diodes à roue libre	59
Figure 40: Circuits intégrés 4017 ET NE 555	60
Figure 41: Boutons poussoirs	60
Figure 42: Appareils téléphoniques Samsung, Nokia et itel.	60
Figure 43: Plaquette de montage breadboard	61
Figure 44: Transformateur abaisseur 220/12v	61
Figure 45: Fils de connexion	61
Figure 46: Microcontrôleur Arduino	62
Figure 47: Commande de deux L.E.D. par le système de coupure et rétablissement.....	64
Figure 48: Maintenancier délesteur SNEL (snel)	65

LISTE DE TABLEAUX

.....	11		10
Tableau 1: Listes de Composants électroniques et de matériels électrique			57
Tableau 2: <i>Matériels utilisés et prix</i>			70
Tableau 3 : Programme de délestage des cabines.....			53
Tableau 4 : <i>programme délestage cabine LAMORAL</i>			56

INTRODUCTION GENERALE

Notre travail de fin d'étude s'intitule : « conception et réalisation d'un système de coupure et rétablissement du courant électrique à distance : Application au circuit des cabines de la société nationale d'électricité ».

Nous portons le choix sur ce sujet dans le souci de rendre efficace les interventions de l'électricien de maintenance, sur le système de coupure et rétablissement du courant électriques à distance, des départs des abonnés en question.

D'une manière générale et particulièrement chez nous au Congo, lorsque l'énergie électrique produite dans les centrales reste la même et que l'énergie demandée devient supérieure à celle qui est installée l'opérateur doit procéder à des coupures pour rééquilibrer le réseau; d'où le souci des coupures et rétablissements via le téléphone sera instauré. Nous voulons proposer un système à distance qui permettra de faciliter la maintenance électrique, la continuité de fourniture de l'énergie électrique dans les meilleurs délais convenables.

Nous voulons à notre système alléger la tâche aux agents maintenancier dépanneurs de la Société Nationale d'Electricité en leur permettant de ne pas se déplacer vers la cabine pour délester les abonnés ; ceci donne l'avantage de réduire le temps de coupure et de rétablissement grâce à ce dispositif.

La principale préoccupation de cette recherche est de réduire les risques d'électrocution aux agents maintenanciers, et de réduire le retard en cas de coupure et rétablissement. Partant de l'observation faite, il est possible de couper et rétablir le courant électrique à distance, à l'aide d'un dispositif électrique et électromécanique.

Nous avons utilisé la méthode déductive qui nous a permis d'observer le fonctionnement des cabines électriques, les causes ou conséquences qui en résultent dans le cas de coupures et rétablissements du courant électrique, en vue d'en tirer une conclusion selon laquelle un dispositif serait mieux indiquer pour répondre aux questions relatives à la coupure et rétablissements du courant électriques à distance.

Nous nous sommes également servi des diverses documentations et analyses d'un certain nombre d'équipements tels que le téléphone mobile, les composants électroniques à savoir : le circuit intégré NE555 comme pièce motrice du montage, condensateur et tant d'autres.

Hormis l'introduction et la conclusion ; ce travail a trois chapitres organisés comme suit ;

- Au Chapitre I, nous parlons sur les généralités des appareils de coupure ;
- Au Chapitre II, nous parlons de conception et réalisation d'un système de coupure et rétablissements du courant électrique à distance ;
- Au Chapitre III, il s'agira d'une étude d'implantation et l'évaluation des performances.

CHAPITRE I. GENERALITES SUR LES DISPOSITIFS DE COUPURES DU COURANT ELECTRIQUE

I.1. Introduction

Les dispositifs de coupure électrique ou appareillage, sont des éléments qui permettent d'obtenir la protection et l'exploitation sûre et ininterrompue d'un réseau électrique. La parfaite maîtrise de l'énergie électrique exige de posséder tous les moyens nécessaires à la commande et au contrôle de la circulation du courant dans les circuits qui vont des centrales de production jusqu'aux consommateurs. Son rôle est d'assurer en priorité la protection automatique de ces circuits contre tous les incidents susceptibles d'en perturber le fonctionnement, mais aussi d'effectuer sur commande les différentes opérations qui permettent de modifier la configuration du réseau dans les conditions normales de service.

Les dispositifs de coupure électrique permettent d'adapter, à chaque instant, la structure du réseau aux besoins de ses utilisateurs, producteurs et consommateurs d'électricité, et de préserver, totalement ou partiellement, cette fonction en cas d'incident. Pour remplir ses fonctions avec fiabilité et disponibilité, il doit posséder de nombreuses aptitudes :

- supporter des contraintes diélectriques dues à des ondes de chocs (dues à la foudre ou à la manœuvre d'appareils) ou à des tensions à fréquence industrielle ;
- assurer le passage du courant permanent ou de court-circuit, sans échauffement excessif et sans dégradation des contacts ;
- être capable de fonctionner dans des conditions atmosphériques défavorables : à haute ou à basse température, en altitude où la densité de l'air est plus faible, parfois sous forte pollution (pollution marine, vents de sables...) ;
- supporter des séismes avec une accélération au sol égale à 0,2g ou 0,5g ;
- et surtout, pour les disjoncteurs, être capable d'interrompre tous les courants inférieurs à son pouvoir de coupure (courants de charge et courants de court-circuit).

On exige de lui une fiabilité presque parfaite, des opérations de maintenance légères et en nombre limité dans la mesure où ces interventions sont à la fois coûteuses et gênantes pour l'exploitation.

I.2. Choix et classifications des dispositifs de coupure

Choisir des dispositifs électriques adaptés au récepteur demande une bonne connaissance du comportement du récepteur lors de l'utilisation normale et lors de dysfonctionnement en prenant en considération la cadence de fonctionnement, le risque de surcharge, la résistance aux courts-circuits et la résistance aux surtensions. Certaines de ces caractéristiques peuvent être affectées par leur incorporation à un ensemble ; c'est notamment le cas des fusibles, des contacteurs et des interrupteurs, susceptibles de faire l'objet d'un déclassement (diminution de leur courant assigné), compte tenu des conditions de voisinage avec d'autres matériels et de la température intérieure, en fonctionnement, de l'ensemble. Une coordination doit également être assurée entre les courants maximaux admissibles de certains appareils et les caractéristiques des dispositifs de protection placés en amont. Lorsque les indices de protection (IP) ont été spécifiés pour l'enveloppe, les matériels encastrés doivent avoir une tenue correspondante, à moins de recevoir une protection complémentaire ; il en est de même des dispositifs électriques de commande..., est classé en plusieurs catégories selon :

1.2.1 Sa fonction

Pour adapter la source d'énergie au comportement du récepteur, il est défini quelques grandes fonctions à remplir par les dispositifs électriques :

- le sectionnement : il est nécessaire d'isoler, en tout ou partie, les circuits, les récepteurs de leur source d'énergie afin de pouvoir intervenir sur les installations en garantissant la sécurité des intervenants (électriciens habilités).
- l'interruption : alors que l'installation est en service, le récepteur remplissant sa fonction, il est parfois nécessaire d'interrompre son alimentation en pleine charge, ceci pouvant faire office d'arrêt d'urgence.

- la protection contre les courts-circuits : les installations et les récepteurs peuvent être le siège d'incidents électriques ou mécaniques se traduisant par une élévation rapide et importante du courant absorbé. Un courant supérieur de 10 à 13 fois le courant nominal est un courant de défaut. Il est assimilé à un courant de court-circuit. Afin d'éviter la détérioration des installations et des appareillages ou dispositifs, les perturbations sur le réseau d'alimentation et les risques d'accidents humains, il est indispensable de détecter ces courts-circuits et d'interrompre rapidement le circuit concerné.



la protection contre les surcharges : les surcharges mécaniques et les défauts des réseaux d'alimentation sont les causes les plus fréquentes de la surcharge supportée par les récepteurs (moteurs). Ils provoquent une augmentation importante du courant absorbé, conduisant à un échauffement excessif du récepteur, ce qui réduit fortement sa durée de vie et peut aller jusqu'à sa destruction.

- la commutation : son rôle est d'établir et de couper le circuit d'alimentation du récepteur.

1.2.2 Sa tension

On distingue les domaines de tension suivants:

- la basse tension (BT) qui concerne les tensions inférieures à 1 kV ;
- la moyenne tension (MT) (HTA) qui concerne les tensions entre 1 kV et 50 kV ; ➤ la haute tension (HT) ou (HTB) qui concerne les tensions supérieures à 50 kV.

1.2.3 Sa destination

Le dispositif électrique est destiné à fonctionner dans les réseaux ou installations principaux suivants:

- installations domestiques basse tension (BT) (< 1 kV) ;
- installations industrielles basse tension (BT) (< 1 kV) ;
- installations industrielles HT (3,6 à 24 kV) ;
- réseaux de distribution (< 52 kV) ;
- réseaux de répartition ou de transport (≥ 52 kV).

1.2.4 Son installation

On peut distinguer :

- le matériel pour l'intérieur, qui est destiné à être installé uniquement à l'intérieur d'un bâtiment, à l'abri des intempéries et de la pollution, avec une température ambiante qui n'est pas inférieure à $- 5$ °C (éventuellement $- 15$ °C ou $- 25$ °C) ;



le matériel pour l'extérieur, qui est prévu pour être installé à l'extérieur des bâtiments, et qui par suite doit être capable de fonctionner dans des conditions climatiques et atmosphériques contraignantes.

1.2.5 Le type de matériel

Deux types sont distingués :

- le matériel ouvert, dont l'isolation externe est faite dans l'air;
- le matériel sous enveloppe métallique ou blindé, muni d'une enveloppe métallique, reliée à la terre, qui permet d'éviter tout contact accidentel avec les pièces sous tension.

1.2.6 La température de service

Le dispositif est prévu pour fonctionner avec les températures normales de service suivantes:

- la température maximale de l'air ambiant n'excède pas 40 °C et sa valeur moyenne, mesurée pendant une période de 24 h, n'excède pas 35 °C ;
- la température minimale de l'air ambiant n'est pas inférieure à - 25 °C ou - 40 °C.

1.2.7 Sa technique de coupure

L'histoire de l'appareillage électrique est riche d'inventions diverses, de principes de coupure performants, de technologies très variées utilisant des milieux aussi différents pour l'isolement et la coupure que l'air à pression atmosphérique, l'huile, l'air comprimé, et le vide. Des points communs subsistent pendant toute son évolution :

- l'amorçage d'un arc entre deux contacts, comme principe de base pour la coupure d'un courant alternatif ;
- l'interruption du courant ;

- - la recherche permanente de la réduction des énergies de manœuvre, afin de réaliser des appareils plus fiables et plus économiques ;
la réduction des surtensions, générées pendant leur fonctionnement, grâce à l'insertion de résistances de fermeture ou par la synchronisation des manœuvres par rapport à la tension.

Il est intéressant de noter que la technique de coupure par auto-soufflage, qui vient de s'imposer pour les disjoncteurs SF₆ à haute tension, avait déjà été envisagée dès les années 1960. C'est grâce aux progrès importants réalisés dans le domaine de la modélisation d'arc et de la simulation des écoulements gazeux que l'énergie d'arc a pu être domestiquée et utilisée efficacement pour définir des chambres de coupure à hautes performances. Historiquement, on peut résumer les milieux suivants qui ont été choisis pour la coupure :

- air ;
- huile ;
- air comprimé ;
- SF₆
- vide.

I.3. Phénomènes d'interruption du courant électrique

I.3.1 Définition de l'arc électrique

L'arc électrique correspond à une décharge lumineuse qui accompagne le passage de l'électricité entre deux conducteurs présentant une différence de potentiel convenable.

I.3.2. Naissance d'un arc électrique à la coupure d'un circuit

A la coupure d'un circuit, naît généralement un arc électrique entre les contacts de l'organe de manœuvre (interrupteur, disjoncteur). Ce fait marquant, qui intervient principalement sur forte surcharge (ou court-circuit) lorsque la séparation des pôles est dépendante des éléments de contrôle de la surintensité, Plusieurs milieux de coupure ont été développés à ce jour :

- La coupure dans l'air (jusqu'à 24 kV), mais aujourd'hui limitée à des utilisations en basse tension;

- - La coupure dans l'huile (jusqu'à 200 kV) ;
 - La coupure dans le SF6 (jusqu'à quelques centaines de kV) ;
 - La coupure dans le vide (jusqu'à 36 kV).

I.4. Dispositif ou Appareillages de connexion et de séparation

Les dispositifs de connexion sont conçus pour exécuter la fonction de séparation qui correspond à la mise hors tension de tout ou une partie d'une installation et garantir sa séparation de toute source d'énergie électrique. En basse tension, ils sont des dispositifs établis généralement une fois pour toutes et ne pouvant être modifiés sans intervention sur leurs éléments, le plus souvent à l'aide d'outils. Il s'agit de :

- jeux de barres béton-barres et dérivations (soudés, boulonnés, assurés par serre-barres);
- bornes de différents modèles (bornes à vis, sans vis, à cages, à plage, à tige, à étrier, à plots, en barrettes...);
- cosses et raccords (soudés, sertis,...);
- raccords et connexions à percement d'isolant, utilisés dans des applications particulières (téléphonie, lignes aériennes et conducteurs isolés en faisceaux...). Ces connexions sont effectuées soit sur les bornes des appareillages, soit sur des bornes placées dans les enveloppes des appareillages (coffrets, tableaux...), soit encore dans des boîtes affectées à ce seul usage (boîtes de connexion), de façon à rester accessibles pour vérifications ou interventions.

I.5. Les sectionneurs

I.5.1. Rôle

Le sectionneur est un appareil mécanique de connexion capable d'ouvrir et de fermer un circuit lorsque le courant est nul ou pratiquement nul, afin d'isoler la partie de l'installation en aval du sectionneur. Les figures ci-dessous montrent les types de disjoncteurs.



Figure 1: *Sectionneur.* (www.tdee.ulg.ac.be)

I.5.2. Principe de fonctionnement

Mettre hors tension une installation électrique ou une partie de cette installation en toute sécurité électrique. (Pas de pouvoir de coupure, quand le sectionneur est manœuvré, le courant doit être nul. Cela permet, par exemple, de condamner un circuit électrique (avec cadenas le cas échéant) afin de travailler en toute sécurité.

I.5.3. Caractéristiques principales Ils

sont caractérisés par :

- Intensité maximum supportée par les pôles de puissance ;
- Tension maximum d'isolement entre les pôles de puissance ;
- nombre de pôles de puissance (tripolaire ou tétra-polaire) ;
- nombre de contact de pré-coupure ;
- Peut-être avec ou sans manette ;
- Peut-être avec ou sans système de détection de fusion de fusible ;
- S'installe majoritairement en tête d'une installation électrique ;
- Permet d'isoler un circuit électrique du réseau d'alimentation;
- Est un organe de sécurité lors d'une intervention de maintenance: cadenassé en position ouverte par un agent de maintenance, il interdit la remise en route du système
- Peut être manipulé depuis l'extérieur de l'armoire électrique grâce à une poignée.

Contrairement à l'interrupteur sectionneur, le sectionneur porte fusible n'a pas de pouvoir de coupure : il ne permet pas de couper un circuit électrique en charge (moteur électrique en rotation, résistances de chauffage alimentées,...) ;

A la différence du sectionneur porte-fusibles, l'interrupteur sectionneur n'a pas de fusible associé, il faudra donc rajouter dans le circuit un système de protection contre le court-circuit.

I.5.4. Différents types de sectionneurs

I.5.4.1. Sectionneur porte-fusibles tripolaire avec contact de pré-coupure avec poignée extérieure

A utiliser dans un circuit triphasé (sans neutre) ; Les contacts de pré-coupure permettent d'isoler la partie commande du circuit.

I.5.4.2. Sectionneur porte-fusibles tripolaire avec contact de neutre et de pré-coupure avec poignée extérieure

A utiliser dans un circuit triphasé avec neutre; le neutre du sectionneur ne doit pas contenir de fusible, mais une barrette de neutre prévue à cet effet. La figure ci-dessous le schéma de principe d'un sectionneur porte fusible.

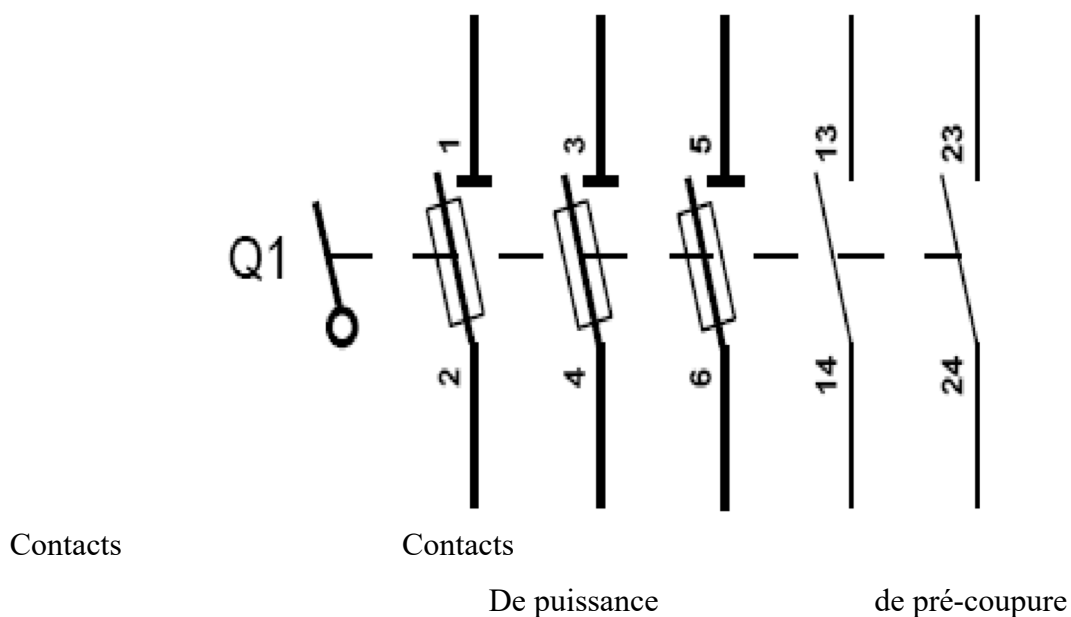


Figure 2: *symbole des contacts de puissance et de pré-coupure. (www.tdee.ulg.ac.be)*

I.5.4.3. Les interrupteurs-sectionneurs

I.5.4.3.1 Rôle

Les interrupteurs-sectionneurs satisfont les applications d'interrupteurs par la fermeture et la coupure en charge de circuits résistifs ou mixtes, résistifs et inductifs, ceci pour des manœuvres fréquentes.

Les figures ci-dessous montrent les types des sectionneurs interrupteurs.



Figure 3: *Interrupteur-sectionneur.* (www.curelizane.dz)

Le sectionneur ouvert, il n'y a plus de tension nulle part dans l'installation qui en dépend, sauf sur les bornes 1, 3, 5

I.5.4.3.2 Sectionneurs BT domestique

La fonction sectionneur est obligatoire au départ de chaque circuit est réalisée par des sectionneurs à fusibles incorporés.

I.5.4.3.3 Sectionneurs BT industriels

Ces appareils assurent la fonction de sectionnement au départ des équipements. En général des derniers comportent des fusibles et des contacts auxiliaires.

I.5.4.3.4 Sectionneurs MT et HT

Sont très employés dans les réseaux de moyenne et haute tension pour garantir l'isolement des lignes et des installations avec coupure visible.

I.6. Fusible Dispositif ou Appareillages de protection

Le fusible est un élément de faiblesse dans un circuit électrique. S'il y a surintensité c'est là que le circuit doit se couper. Actuellement les fusibles sont en cartouche.

I.6.1. Rôle

La fonction du fusible est d'assurer la protection des circuits électriques contre les courts-circuits et les surcharges par la fusion d'un élément calibré lorsque le courant qui le traverse dépasse la valeur de son calibre. La fusion est créée par un point faible dans le circuit grâce à un conducteur dont la nature, la section et le point de fusion sont prédéterminés par le conducteur. En général, le fusible est associé à un porte fusible permet d'avoir la fonction sectionneur.

I.6.2. Choix d'un fusible

Pour choisir un fusible, il faut connaître les caractéristiques du circuit à protéger :

- circuit de distribution, fusibles gG;
- circuit d'utilisation moteur, fusible aM.

Une protection par fusible peut s'appliquer à un départ (ligne) ou à un récepteur. Le choix du fusible s'effectue sur les points suivants : ➤ La classe : gG ou aM.

- Le calibre I_n
- La tension d'emploi U (inférieure ou égale à nominale U_n)
- Le pouvoir de coupure P_{dc}
- La forme du fusible (cylindrique ou à couteaux)
- La taille du fusible

Par ailleurs, il faut vérifier que la contrainte thermique du fusible est bien inférieure à celle de la ligne à protéger.

I.6.3. Avantages et inconvénients d'un fusible

I.6.3.1. Avantages

- Coût peu élevé ;
- Facilité d'installation ;
- Pas d'entretien ;
- Très haut pouvoir de coupure ;
- Très bonne fiabilité ;
- Possibilité de coupure très rapide (UR).

I.6.3.2. Inconvénients

- Nécessite un remplacement après fonctionnement ;
- Pas de réglage possible ;
- Déséquilibre en cas de fusion d'un seul fusible sur une installation triphasée ; ➤ Surtension lors de la coupure.

I.7. Discontacteurs

Le discontacteur est un contacteur équipé d'un relais thermique destiné à assurer la protection contre les surcharges. Le discontacteur :

- Permet la commande à distance ;
- Réalise des systèmes automatiques ;
- Détecte toute coupure de l'alimentation ;
- Assure des verrouillages électriques ;
- Sépare le circuit de commande du circuit de puissance ; ➤ Protège les récepteurs contre les surcharges.

I.7.1. Le Disjoncteur Magnétothermique

I.7.1.1. Rôle

Un disjoncteur est un appareil de connexion électrique capable d'établir, de supporter et d'interrompre des courants dans les conditions normales du circuit, ainsi que d'établir, de supporter pendant une durée spécifiée et d'interrompre des courants dans des conditions anormales spécifiées telles que celles du court-circuit ou de la surcharge.

C'est un organe électromécanique, de protection, dont la fonction est d'interrompre le courant électrique en cas d'incident sur un circuit électrique. Il est capable d'interrompre un courant de surcharge ou un courant de court-circuit dans une installation. Suivant sa conception, il peut surveiller un ou plusieurs paramètres d'une ligne électrique. Sa principale caractéristique par rapport au fusible est qu'il est réarmable. La figure ci-dessous montre le disjoncteur magnétothermique.



Figure 4: Disjoncteur magnétothermique. (www.tdee.ulg.ac.be)

I.7.1.2. Principe de fonctionnement

Le disjoncteur assure la protection des canalisations selon 2 principes:

- Thermique ;
- Magnétique.

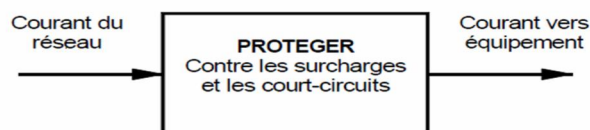


Figure 5: Fonctionnement d'un disjoncteur

I.7.1.3. Principe 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.

Les figures 6 et 7 montrent la constitution d'un disjoncteur magnétothermique.

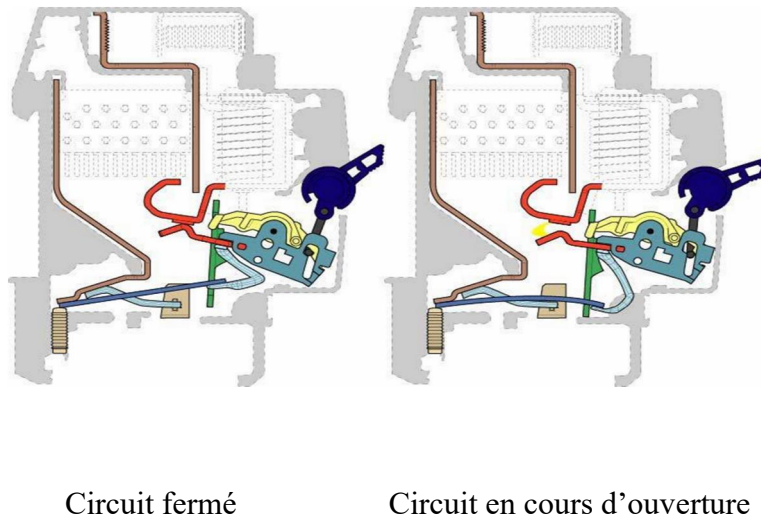
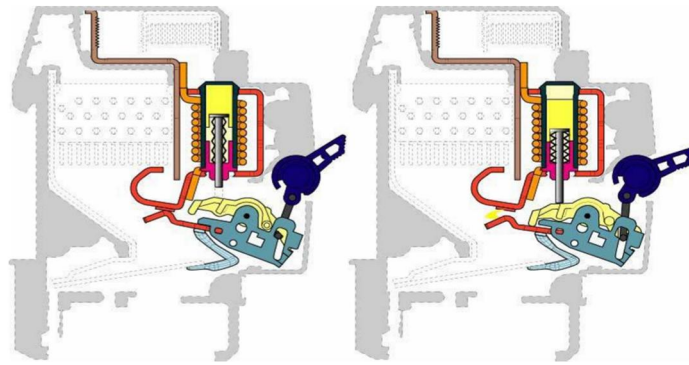


Figure 6: *Constitution d'un disjoncteur thermique. (www.tdee.ulg.ac.be)*

I.7.1.4. Principe 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 diminue 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 0,1 sec au maximum.



Fonctionnement NORMAL Après déclenchement sur Court-circuit

Figure 7: *Constitution d'un disjoncteur magnétique. (www.tdee.ulg.ac.be)*

I.7.2. Chambre de coupure

Le but de cette chambre est de couper le plus rapidement possible l'arc électrique qui se produit à l'ouverture du contact. Dès la séparation des contacts, l'arc est déplacé vers la chambre de coupure sous l'effet de la force dite de Laplace, induite par la géométrie des contacts fixe et mobile. Au cours du trajet entre les contacts et la chambre, l'arc est canalisé entre deux joues qui permettent :

- d'augmenter sa vitesse de déplacement,
- de guider sa trajectoire,
- de l'allonger.

La figure ci-dessous montre la chambre de coupure.

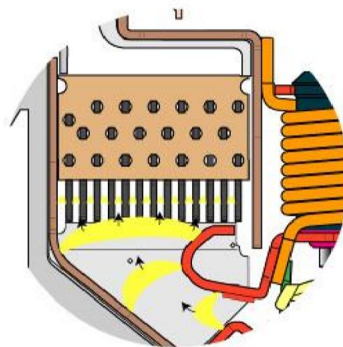


Figure 8: *Chambre de coupure. (www.curelizane.dz)*

I.7.3. Caractéristiques et classification

Les principales caractéristiques électriques des disjoncteurs sont :

- La tension assignée d'emploi (U_e) qui représente la tension maximale de fonctionnement du disjoncteur,

- Le courant assigné I_n , encore appelé « calibre », qui correspond à la valeur maximum du courant que le disjoncteur peut supporter de manière permanente,
- le pouvoir de coupure ultime (I_{cu}) ou pouvoir de coupure nominal (I_{cn}) qui correspond à l'intensité maximale d'un courant de court-circuit théorique, que le disjoncteur est capable d'interrompre sans risque de destruction, il doit être supérieur au courant de court-circuit que l'on peut atteindre sur la ligne.
- L'aptitude au sectionnement qui garantit que le disjoncteur est capable d'assurer la séparation des circuits et qu'aucun courant résiduel dangereux ne peut circuler lorsque l'appareil est ouvert,
- Le pouvoir de limitation qui caractérise l'aptitude à ne laisser passer qu'une partie du courant lors d'un court-circuit,
- Le nombre de pôles coupés et le nombre de pôles protégés (4P, 3P,..): il est fonction du réseau et de la charge.
- Le modèle (modulaire, compact,..) : Le modèle est principalement imposé par I_n .

I.7.4. Différentielle

Un disjoncteur différentiel est un interrupteur différentiel réalisant également une protection en courant de court-circuit (surcharge).

Le principe d'un dispositif différentiel à courant résiduel (DDR) est de comparer les intensités sur les différents conducteurs qui le traversent. Par exemple, en monophasé, il compare l'intensité circulant dans le conducteur de phase, et celle du conducteur de neutre. C'est un appareil de protection des personnes et de détection des courants de fuite à la terre de l'installation électrique. Le dispositif différentiel est basé sur le principe suivant : dans une installation normale, le courant électrique qui arrive par un conducteur doit ressortir par un autre. La figure ci-dessous montre le schéma de principe d'un disjoncteur différentiel.

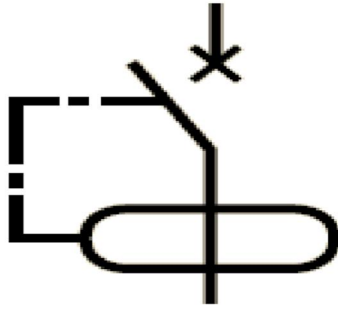


Figure 9: *Schéma de fonctionnement différentiel.*

Dans une installation monophasée, si le courant dans le conducteur de phase au départ d'un circuit électrique est différent de celui du conducteur neutre, c'est qu'il y a une fuite. La différence d'intensité du courant à laquelle réagit un disjoncteur est appelée la "sensibilité différentielle du disjoncteur" (obligatoirement 30 mA sur les circuits terminaux domestiques), notée $I\Delta n$ ("i delta n").

Son fonctionnement est très simple : chaque conducteur passe dans un tore magnétique, formant ainsi des champs électromagnétiques de force identique et en opposition qui s'annulent. En cas de différence, d'où son nom de différentiel, le champ électromagnétique résultant actionne un dispositif qui coupe immédiatement le courant. On doit avoir donc :

Monophasé, triphasé sans neutre, triphasé avec neutre.

I.7.5. Différents types de disjoncteurs

I.7.5.1. Disjoncteur divisionnaire domestique

La tendance est au remplacement des fusibles sur les tableaux de distribution d'abonnés par des disjoncteurs magnétothermiques.

La tendance est au remplacement des fusibles sur les tableaux de distribution d'abonnés par des disjoncteurs magnétothermiques qui assurent la protection des lignes et des appareils d'utilisation et Caractérisé par :

- Réseau : 220-380 V ; ➤
- pouvoir de coupure : 6000 A ➤
- Calibres : 10-15-20-25-32 A.

La figure ci-dessous montre un disjoncteur domestique.



Figure 10: *Disjoncteur domestique.* ([Http : //installation-électrique.ooreka.fr](http://installation-electrique.ooreka.fr))

I.7.5.2. Disjoncteur de distribution industriel basse tension (BT)

Pour la commande et la protection des circuits de moteurs et de distribution, il existe deux types de construction de disjoncteurs. Pour la commande de la protection des circuits de moteurs et de distribution, il existe deux types de construction de disjoncteurs. Les disjoncteurs sous boîtier moulé de 32 à 1250 A, La commande de ces disjoncteurs est en général manuelle, ils sont équipés de relais thermiques magnétiques ou magnétothermiques.

La figure ci-dessous montre un disjoncteur magnétothermique industriel.



Figure 11: *Disjoncteur industrielle BT.* (www.tdee.ulg.ac.be)

I.7.5.3. Les disjoncteurs sur châssis métallique de 800A à 6300A

Ils sont le plus souvent à commande motorisée et munis de relais de protection électroniques. Les disjoncteurs sur châssis métallique, La commande de ces disjoncteurs peut être manuelle ou électrique. Les déclencheurs peuvent être magnétiques, thermiques ou magnétothermiques et Caractérisé par :

- Courant nominal thermique : 800 à 6300 A.
- Pouvoir de coupure sous 500 V : 70000 A.
- Pouvoir de fermeture : 175000 A.
- Déclencheurs magnétothermiques réglés de 8 à 9 In.

La figure ci-dessous montre un disjoncteur industrielle.



Figure 12: Disjoncteur de 800 à 6300 Ampères. (www.tdee.ulg.ac.be)

I.8. Anomalies dans un réseau électrique

I.8.1. Court-circuit

Les courts-circuits sont des phénomènes transitoires, ils apparaissent lorsque l'isolement entre deux conducteurs de tensions différentes ou entre un conducteur sous tension et la terre est rompu. Ils engendrent des courants très importants dans les éléments constituant le réseau.

Les courts-circuits sont de natures et de types différents:

- Les courts-circuits monophasés à la terre.
- Les courts-circuits biphasés à la terre ou isolés.
- Les courts-circuits triphasés à la terre ou isolés.

Les courts-circuits peuvent provoquer des dégâts économiques importants s'ils ne sont pas éliminés rapidement par les systèmes de protection.

I.8.2. Origines d'un défaut de courts-circuits

Selon la nature du réseau électrique, on cite les origines des défauts de court-circuit comme suit :

- Pour les lignes aériennes, sont en particulier les perturbations atmosphériques (foudre, tempêtes,...etc.) qui peuvent enclencher un défaut de court-circuit. Aussi les défauts d'isolement et les agressions mécaniques peuvent conduire à un court-circuit CC.
- Pour les câbles souterrains, sont les agressions extérieures, engins mécaniques de terrassement par exemple, qui entraînent des défauts de court-circuit (CC).
- Le matériel du réseau et des postes peuvent être aussi le siège d'un défaut de court-circuit. Ce matériel comporte des isolants placés entre pièces sous tensions et masses.

Alors, les isolants subissent des dégradations conduisant à des défauts.

I.8.3. Caractéristiques

Plusieurs types de court-circuit peuvent se produire dans un réseau électrique :

- **Court-circuit monophasé**

Il correspond à un défaut entre une phase et la terre, c'est le plus fréquent.

- **Court-circuit triphasé**

Il correspond à la réunion des trois phases, c'est le courant de CC le plus élevé.

- **Court-circuit biphasé isolé**

Il correspond à un défaut entre deux phases. Le courant résultant est plus faible que dans le cas du défaut triphasé, sauf lorsqu'il se situe à proximité immédiate d'un générateur.

- **Court-circuit biphasé terre**

Il correspond à un défaut entre deux phases et la terre. Outre ces caractéristiques, les courts-circuits peuvent être :

- Monophasés : 80 % des cas,
- Biphasés : 15 % des cas. Ces défauts dégèrent souvent en défauts triphasés,
- Triphasés : 5 % seulement dès l'origine.

Les défauts dégèrent souvent, illustrons-les par les figures ci-dessous qui montre différents défauts dans un réseau

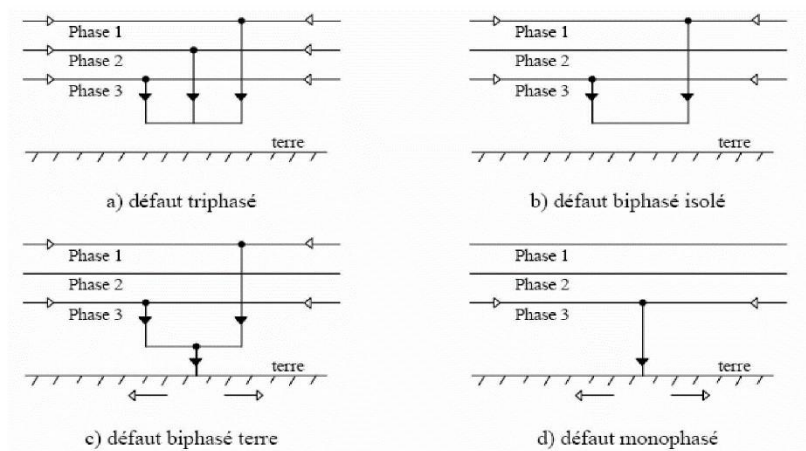


Figure 13: Différents types de défauts sur un réseau de distribution électrique (P. jacob, 2014)

I.9. Surtensions

Il existe deux classes des surtensions :

- Surtensions par décharges électriques atmosphériques :

Les orages sont des événements très habituels, et aussi très dangereux. On estime que sur notre planète se produisent simultanément quelques orages, et quelques coups de foudre se déchargent sur la terre chaque seconde.

La foudre provoque une impulsion de courant qui arrive à atteindre des dizaines de milliers d'ampères.

Cette décharge génère une surtension dans le système électrique qui peut provoquer des incendies et la destruction des équipements électriques.

➤ Surtensions de commutation :

Ces surtensions sont générées dans les lignes électriques, principalement en raison des commutations de machines de grande puissance. Les moteurs électriques sont des charges très inductives dont la connexion et le débranchement provoque des surtensions. Il existe de même d'autres processus capables de les produire, comme par exemple l'allumage et l'extinction de la soudure à l'arc.

I.9.1. Surcharges

La surcharge d'un appareil est caractérisée par un courant supérieur au courant admissible, les origines des surcharges sont :

- Les courts-circuits ;
- Les décharges ;
- Les pointes de consommation ;
- L'enclenchement des grandes charges.

Les surcharges provoquent des chutes de tension importantes dans le réseau et accélère le vieillissement des équipements.

I.9.2. Les oscillations

Les oscillations de la tension et du courant sont dues aux variations plus ou moins rapides de la charge qui agit directement sur la vitesse de rotation (fréquence) des machines de production de l'énergie électrique. Elles sont liées directement à la mécanique des machines électriques, c'est la raison pour laquelle on les appelle phénomènes transitoires électromécaniques.

I.9.3. Le déséquilibre

Les déséquilibres sont généralement dus à la mauvaise répartition des charges sur les trois phases. Ils apparaissent surtout dans les réseaux de distribution, ils donnent naissance à la composante inverse du courant, cette dernière provoque :

- Des chutes de tension supplémentaires.
- Des pertes de puissance.
- Des échauffements.

I.9.4. Conséquences des défauts sur le réseau électrique

Effets néfastes des courts-circuits sont surtout à craindre sur les réseaux électriques THT sur lesquels débitent des groupes générateurs de forte puissance. Les courts-circuits, surtout polyphasés et proches des centrales de production, entraînent une rupture de l'équilibre entre le couple moteur et le couple résistant de la machine, s'ils ne sont pas éliminés rapidement, ils peuvent conduire à la perte de stabilité de groupes générateurs et à des fonctionnements hors synchronisme. Des temps d'élimination des courts-circuits de l'ordre de 100 à 150 ms sont généralement considérés comme des valeurs à ne pas dépasser sur les réseaux électriques THT. Les défauts de court-circuit amènent à deux types de contraintes :

- **Contraintes thermiques :**

Elles sont dues aux dégagements de chaleur par effet Joule dans les conducteurs électriques.

- **Contraintes mécaniques :**

Elles sont dues aux efforts électrodynamiques entraînant le balancement des conducteurs aériens et le déplacement des bobinages des transformateurs. Ces efforts s'ils dépassent les limites admises sont souvent à l'origine d'avaries graves.

De plus, l'arc électrique consécutif à un défaut met en jeu un important dégagement local d'énergie pouvant provoquer d'important dégât matériel.

I.10. Système de protection

Un système de protection est un ensemble de dispositifs destinés à la détection des défauts et des situations anormales des réseaux afin de commander le déclenchement d'un ou de plusieurs éléments de coupures.

I.10.1. Rôle d'une protection

Lorsqu'un défaut ou une perturbation se produit sur un réseau électrique, il est indispensable de mettre hors tension la partie en défaut à l'aide d'un système de protection. Ce dernier aura pour rôle de limiter les dégâts qui peuvent être causés par le défaut.

I.10.2. Schéma synoptique d'un système de protection

Quel que soit la technologie, le système de protection est composé de trois parties fondamentales :

- Des capteurs ou réducteurs de mesure qui abaissent les valeurs à surveiller (courant, tension...) à des niveaux utilisables par les protections ;
- Des relais de protection ;
- Un appareillage de coupure (un ou plusieurs disjoncteurs).

L'autre extrémité de la ligne possède un système de protection similaire. Dans le cas d'un défaut, les deux relais ont besoin de fonctionner, donc les deux disjoncteurs s'ouvrent et la ligne est mise hors service. Exemple d'un système de protection pour une ligne HT / MT est montré sur la Figure 17.

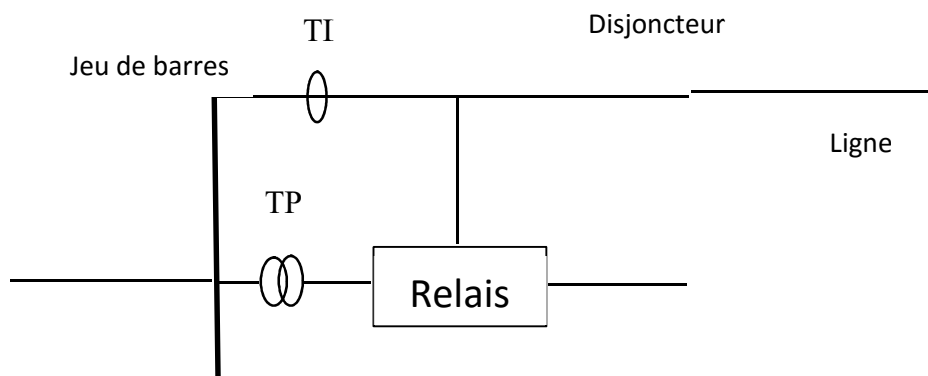


Figure 14: Eléments constitutifs d'un système de protection
(www.techniquesingenieur.fr/base-documentaire/energies).

Les relais de protection sont connectés aux transformateurs de mesure (TI et TP) pour recevoir des signaux d'entrée et aux disjoncteurs pour délivrer des commandes d'ouverture ou de fermeture.

Donc en cas de défaut, la tâche du disjoncteur consiste à éliminer le défaut tandis que la tâche du relais de protection est de détecter ce défaut. En HT, les relais sont situés dans des sous stations. Le temps d'élimination de défauts comprend :

- Le temps de fonctionnement des protections (détection du défaut).
- Le temps d'ouverture des disjoncteurs (élimination du défaut).

I.10.3. Eléments constitutifs d'un système de protection

I.10.3.1. Réducteurs de mesure

Pour des raisons de dimensionnement et de coût, les relais de protection sont prévus pour des courants et des tensions de valeurs réduites. De plus, pour assurer la sécurité des opérateurs, il faut interposer une séparation galvanique entre le réseau surveillé qui se trouve à tension élevée et le circuit de mesure à tension réduite mis à la terre en un point. On utilise pour cela des transformateurs de courant (TC) et des transformateurs de tension (TT). Afin d'assurer une bonne protection contre les défauts, la caractéristique essentielle d'un réducteur de mesure est sa précision.

I.10.3.1.1. Transformateur de courant

Du point de vue électrique, les transformateurs de courant (TI ou TC) ont plusieurs rôles :

- Délivrer à leur secondaire une image fidèle de l'intensité qui circule dans la ligne concernée.
- Assurer l'isolement galvanique entre la ligne et les circuits de mesure et de protection.
- Protéger les circuits de mesure et de protection de toute détérioration lorsqu'un défaut survient sur la ligne.

La figure ci-dessous montre un transformateur de courant.

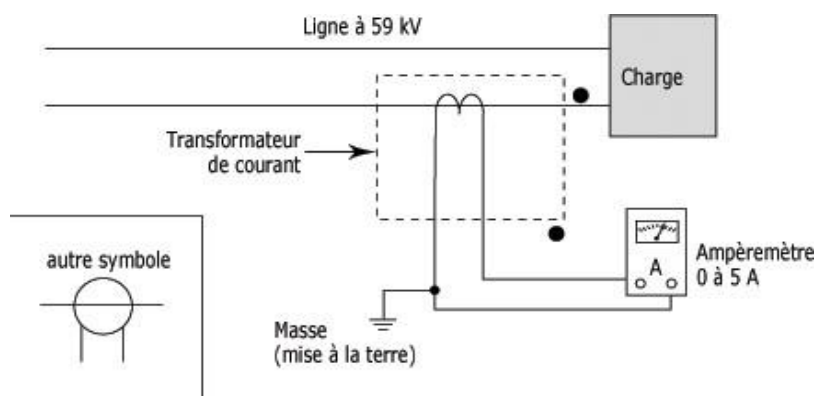


Figure 15: a. Transformateur de courant branché dans un circuit électrique.

(www.composelec.com)

Les transformateurs de courant utilisés, permettent de réduire le niveau des courant de milliers d'Ampères vers des sorties standards de 5A ou 1A. Durant le défaut, le niveau du courant du transformateur augmente qui rend leur choix critique pour un fonctionnement correct du relais.

Avec cette image de l'intensité, le relais élabore à son tour un ordre de déclenchement en fonction du type de protection qu'il réalise et des valeurs auxquelles il a été préréglé (seuil, temporisation). Cet ordre est transmis à un ou plusieurs appareils de coupure (disjoncteur, contacteur, interrupteur). Suivant le type de protection à réaliser, les TI sont associés et utilisés selon des schémas différents, ils peuvent être isolés ou intégrés dans le disjoncteur. La figure ci-dessous montre un transformateur de potentiel

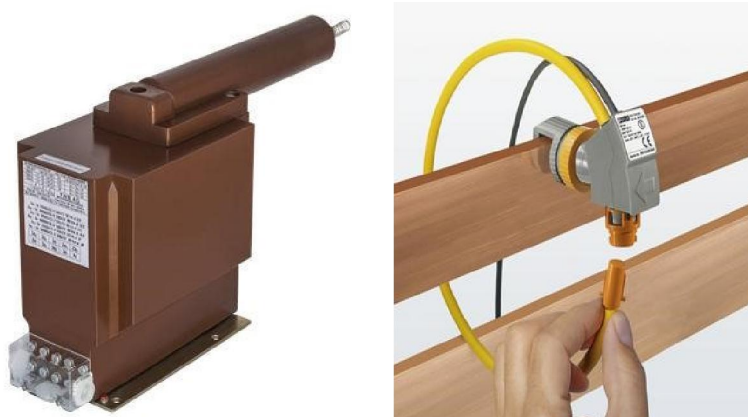


Figure 16: b et c. transformateurs de courant et (Rogowski pour retrofit visuel).

(www.microener.com)

I.10.3.1.2. Transformateur de tension

Le réducteur de tension (TP ou TT) est un véritable transformateur, dont le primaire reçoit la tension du réseau, et le secondaire restitue une tension image. Puisque les niveaux de tension dans le réseau sont de l'ordre de kilovolts, les transformateurs de tension sont utilisés pour abaisser les tensions à des niveaux acceptables par les relais.

Ils sont fournis sous forme standard dont la tension du secondaire est 100V ou 10V (tension entre phases). La figure ci-dessous montre le schéma de principe d'un transformateur de tension.

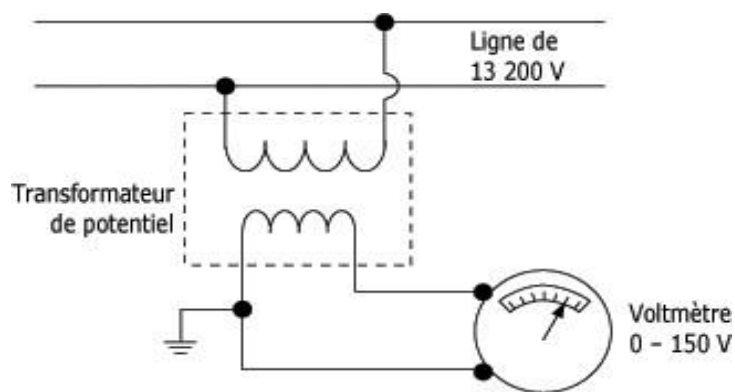


Figure 17: *Transformateur de tension branché dans un circuit électrique.* (<https://fr.m.wikipedia.org>)

Les figures ci-dessous nous représente le réducteur de tension.



Figure 18: b et c. *transformateur de tension.* (www.microener.com)

I.10.3.2. Relais de protection

Les relais de protection sont des appareils qui reçoivent un ou plusieurs informations à caractère analogique (courant, tension, puissance,... etc.) et le transmettent à un ordre de fermeture ou ouverture d'un circuit de commande lorsque ces informations reçues atteignent des valeurs supérieures ou inférieures à certaines limites qui sont fixées d'avance.

En effet, le rôle des relais de protection consiste à détecter tout phénomène anormal pouvant se produire sur un réseau électrique tel que les défauts de court-circuit et autres illustrés par les figures ci-dessous.



Figure 19: a et b. Relais de protection (*fr.electrical-installation.org*)

I.11. Qualités d'une protection électrique

I.11.1. Sensibilité

La protection doit fonctionner dans un domaine très étendu de courants de courts-circuits entre:

- Le courant maximal qui est fixé par le dimensionnement des installations et est donc parfaitement connu,
- Un courant minimal dont la valeur est très difficile à apprécier et qui correspond à un court-circuit se produisant dans des conditions souvent exceptionnelles.

La notion de sensibilité d'une protection est fréquemment utilisée en référence au courant de court-circuit le plus faible pour lequel la protection est capable de fonctionner.

I.11.2. Fiabilité

Une protection a un fonctionnement correct lorsqu'elle émet une réponse à un défaut sur le réseau en tout point conforme à ce qui attendu. A l'inverse, le fonctionnement incorrect comporte deux aspects qui sont le défaut de fonctionnement et le fonctionnement intempestif.

Le défaut de fonctionnement ou non fonctionnement lorsqu'une protection qui aurait de fonctionner n'a pas fonctionné. Le fonctionnement intempestif est un fonctionnement non justifié, soit en l'absence de défaut, soit en présence d'un défaut pour laquelle la protection n'aurait pas à fonctionner. En effet, la fiabilité d'une protection, qui est la probabilité de ne pas avoir de fonctionnement incorrect c'est-à-dire évité les déclenchements intempestifs, est une combinaison entre sûreté et sécurité. La sûreté est la probabilité de ne pas avoir de défaut de fonctionnement. Tandis que la sécurité est la probabilité de ne pas avoir de fonctionnement intempestif.

I.12. Conclusion partielle

Nous avons dans ce chapitre présenté les différents dispositifs de coupure, nous avons présenté leurs principes de fonctionnement ainsi que leurs constitutions. Dans le chapitre suivant il s'agira de présenter l'idée de conception de notre dispositif de coupure.

CHAPITRE II : CONCEPTION DU DISPOSITIF DE COUPURE ET RETABLISSEMENT DU COURANT ELECTRIQUE A DISTANCE

II.1. Introduction

Ce montage va permettre la commande à distance des appareillages électriques à l'aide d'une tension en provenance de l'appareil émetteur de l'opérateur (exploitation). Pour le réaliser nous avons opté pour une structure comprenant un émetteur, un récepteur, un circuit électronique et des organes de commande.

II.2. schéma bloc du système de commande

La figure ci-dessous est un schéma bloc qui explique les fonctionnements du système de commande à distance selon les répartitions de bloc.

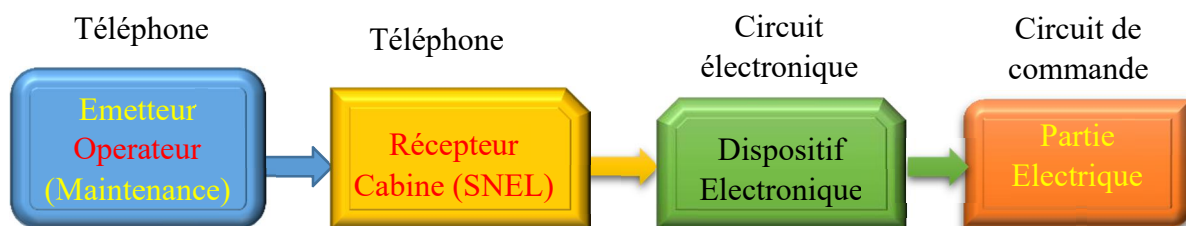


Figure 20: Schéma du système

Pour la commande de notre dispositif on va utiliser un téléphone portable comme un émetteur, qui va envoyer un signal au téléphone récepteur dans la cabine électrique. Qui agit au circuit électronique à l'aide de la tension prélevé au niveau du vibreur. En suite pour commander la partie électrique nous avons associé au circuit électronique des relais de tension 12 volts, à l'aide de contacts des relais qui permet de relier le circuit électronique au circuit électrique (coupures et rétablissements).

II.3. Composantes électroniques

Pour réaliser notre système on aura à utiliser quelques composantes électroniques entre autres :

- Les résistances ;
- Les condensateurs ;

- Les relais à courant continue (12 volts) ;
- Les diodes ;
- Les circuits intégrés ;
- Les L.E.D (lights emitted diode);
- Les transistors BC 547;
- Un transformateur 220 / 12 volts ;
- Pile batteries 9 volts ;
- Fil connecteur ;
- Plaquette à pointe, (projet board),...ect.

II.4. Fonctionnement de composants électroniques

II.4.1. Résistances

En électricité, le terme résistance , qui restent toutefois liées à une propriété physique ;

L'aptitude d'un matériau conducteur à ralentir le passage du courant électrique dont le but est d'obtenir, dans un montage électronique, des potentiel ou des courants parfaitement déterminés en certains endroits du circuit indiquer par un code de couleur sa valeur de résistance et la précision de cette valeur. (www.composelec.com)

II.4.2. Condensateurs

Le condensateur est un composant électronique ou électrique élémentaire, constitue de deux armatures conductrices appelées « Electrode » en influence totale et séparées par un isolant polarisable (ou « diélectrique »). Sa propriété principale est de pouvoir stocker des charges électriques opposées sur les armatures. La valeur absolue de ces charges est proportionnelle à la valeur absolue de la tension qui lui est appliquée. (fr.m.wikibooks.org)

II.4.3. Transistors

Un transistor est un composant électronique qui est utilisé comme un interrupteur qui permet d'enclencher ou d'alimenter un circuit monté. (www.maxicours.com)

II.4.4. Relais

Un relais électronique est un organe électrique permettant de dissocier la partie puissance de la partie commande ; Il permet l'ouverture et la fermeture d'un circuit électrique par second circuit complètement isolé et pouvant avoir des propriétés déférentes. (www.astucespratiques.fr.com)

II.4.5. Diodes

Une diode à jonction est un composant électronique (élément actif) à base des semi – conducteurs ayant la propriété d’être conductrice dans un seul sens de passage du courant électrique. La diode est très utilisée en électronique, en traction électrique pour alimenter les moteurs à courant continu et en électrolyse pour alimenter les cuves à partir des électrodes.

Elle peut assurer plusieurs fonctions dont : (www.epsic.ch.com, www.fluke.com)

- Le redressement des tensions alternatives ;
- La multiplication des tensions ;
- La protection des appareils électroniques ; ➤ L’interrupteur électronique ; etc.

II.4.6. Circuits Intégrés

Les circuits intègres aussi appelés Puce électronique, est un composant électronique reproduisant une ou plusieurs, fonction électronique plus ou moins complexes, intégrant souvent plusieurs types de composant électroniques de base dans un volume réduit (sur une petite plaquette), rendant le circuit facile à mettre en œuvre. (www.universalis.fr)

II.4.6.1. Circuit intégré analogique

Les composants les plus simples peuvent être de simples transistors encapsulés les uns à côté des autres sans liaisons entre eux, jusqu'à des assemblages complexes pouvant réunir toutes les fonctions requises pour le fonctionnement d'un appareil dont il est le seul composant. Les amplificateurs opérationnels sont des représentants de moyenne complexité de cette grande famille où l'on retrouve aussi des composants réservés à l'électronique haute fréquence et de télécommunication. Un exemple de circuit analogique : l'ampli op LM741 et de nombreux cousins. (www.cultura.com)

II.4.6.2. Circuit intégré numérique

Les circuits intégrés numériques les plus simples sont des portes logiques (et, ou et non), les plus complexes sont les microprocesseurs et les plus denses sont les mémoires. On trouve de nombreux circuits intégrés dédiés à des applications spécifiques (ou ASIC pour Application specific integrated circuit), notamment pour le traitement du signal (traitement

d'image, compression vidéo...) on parle alors de processeur de signal numérique (ou DSP pour Digital Signal Processor). Une famille importante de circuits intégrés est celle des composants de logique programmable (FPGA, CPLD). Ces composants sont amenés à remplacer les portes logiques simples en raison de leur grande densité d'intégration. (www.technologuepro.com)

II.4.7. Circuit Intégrés NE 555

Plus couramment nommé 555 est un circuit intégré utilisé pour la temporisation ou en mode multivibrateur, ce composant est toujours utilisé de nos jours en raison de sa facilité d'utilisation, son faible coût et sa stabilité. Il peut fonctionner selon trois modes ; monostable, astable ou bistable. Le circuit intégré NE555 a été conçu pour les applications de temporisation. Ses durées de commutation inférieures à 100ns à la descente et à la montée le rendent plus performant que les amplificateurs opérationnels courants (vitesse de balayage du

TL81 : 13V/μs). Les très nombreuses réalisations l'utilisant le classent parmi les circuits intégrés les plus familiers. (www.position-libre.com)

II.5. Types de montage avec les Circuits Intégrés NE 555 et CD 4017

II.5.1. Description fonctionnelle du C.I. NE555

La figure ci-dessous montre un boîtier plat de 8 broches du circuit intégré NE 555 et explique chaque fonctionnement de la broche.

		#	Nom	Description
GND	1	8	VCC	1 GND Masse
TRIG	2	7	DISCH	2 TRIG Gâchette, amorce la temporisation - Détecte lorsque la tension est inférieure à 1/3 de VCC
OUT	3	6	THRES	3 OUT Signal de sortie
RESET	4	5	CONT	4 RESET Remise à zéro, interruption de la temporisation
				5 CONT Accès à la référence interne (2/3 de VCC)
				6 THRES Signale la fin de la temporisation lorsque la tension dépasse 2/3 de VCC
				7 DISCH Borne servant à décharger le condensateur de temporisation
				8 VCC Tension d'alimentation, généralement entre 5 et 15V

Figure 21: Schéma synoptique du circuit intégré NE 555 (www.for-ge.blogspot.com)

- a) Montage Astable, la configuration astable permet d'utiliser le NE 555 comme Oscillateur, permettent de modifier la fréquence d'oscillation ainsi que le rapport cyclique dans cette configuration, la bascule est réinitialisée automatiquement à chaque cycle générant un train d'impulsion perpétuelle comme ci-dessous et une oscillation complète est effectuée lorsque le condensateur se charge de 1/3 de VCC jusqu'à 2/3 de VCC lors de la charge, la résistance R en série avec le condensateur, mais la décharge

s'effectue à travers R seulement ,c'est de cette façon que le rapport cyclique peut être modifié. La figure ci-dessous montre le fonctionnement de la bascule stable.

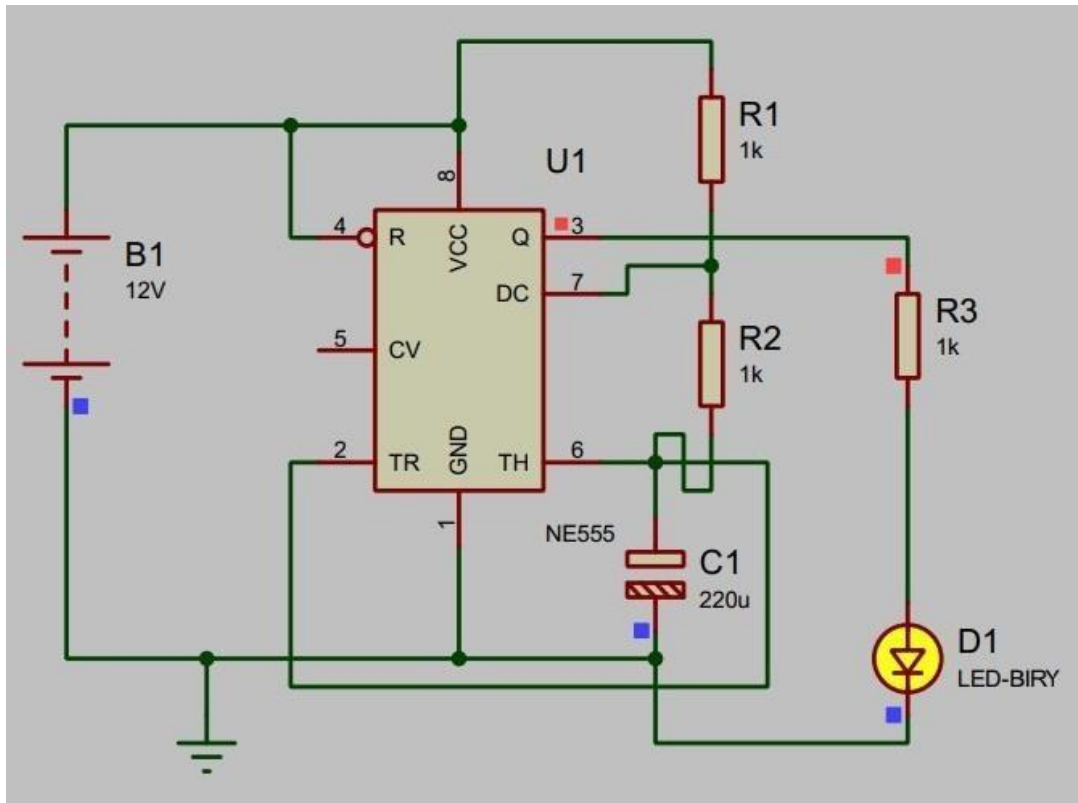


Figure 22: Schéma en mode bascule Astable circuit intégré NE 555

- b) Le montage monostable, l'utilisation du NE 555 en configuration monostable permet de générer une impulsion d'une durée définie seulement à l'aide d'une ou deux résistances couplez en série et un condensateur comme illustré dans le schéma cidessous,

Une impulsion est engendrée à la suite de l'application d'un front descendant. La figure cidessous nous montre le schéma d'un circuit intégré monté en bascule Mono-Astable.

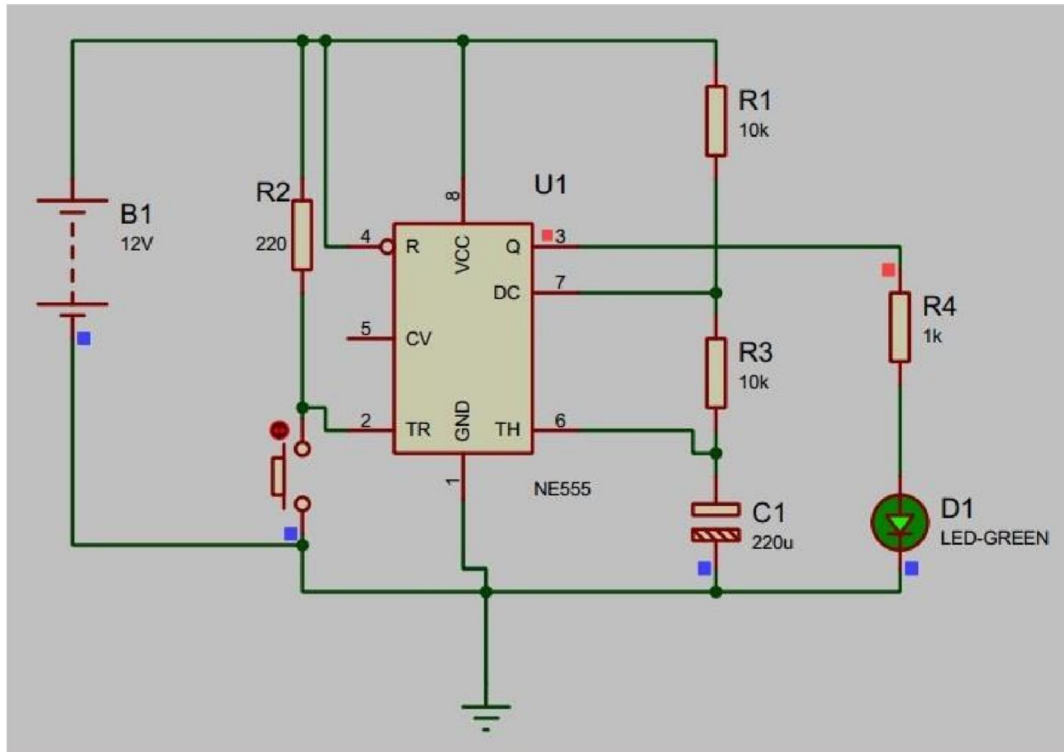


Figure 23: Schéma en mode bascule Mono-Astable circuit intégré NE 555

La figure ci-dessous nous montre le Schéma en mode bascule monostable et astable monté avec le circuit intégré NE 555.

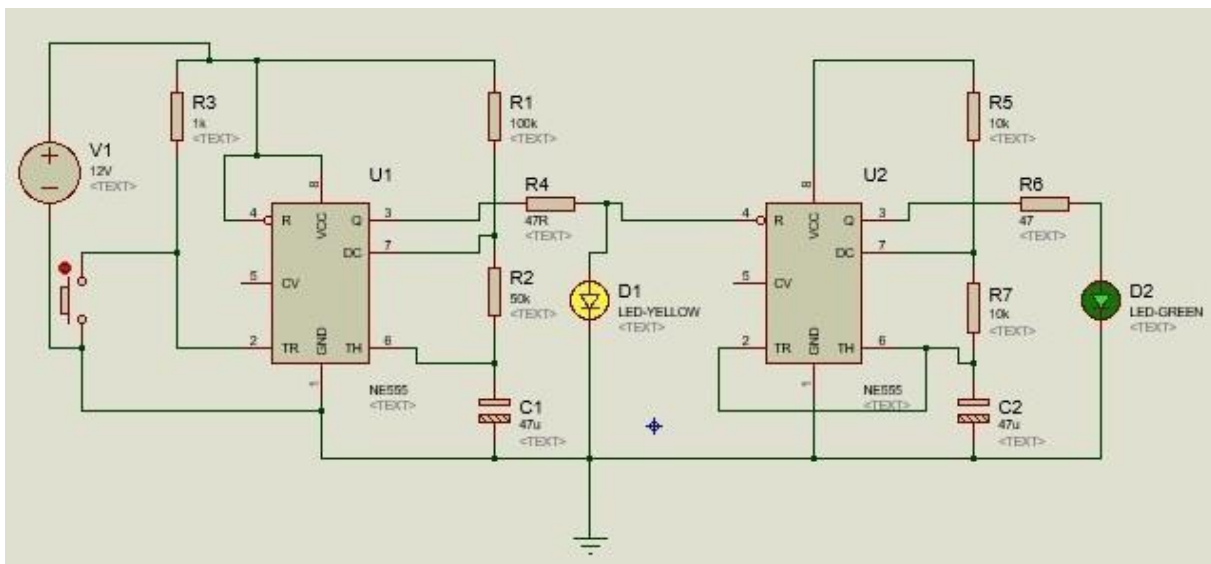


Figure 24: Schéma en mode bascule Mono-Astable et Astable monté avec le circuit intégré NE 555

II.5.2. Circuit Intégrés CD 4017

Le CD 4017 est un compteur décimal ; Il est muni de 10 sorties Il permet de commander directement des diodes LED. Un flanc montant sur l'entrée d'horloge (14), avec l'entrée de validation d'horloge (13) au niveau bas incrémente le compteur. Chaque sortie passant dans l'ordre à l'état haut. Pour l'incrémement sur un flanc descendant l'entrée de validation d'horloge est mise au niveau haut. Un niveau logique haut sur la broche (15) réinitialise le compteur. (<http://jmdefais.pagesperso-orange.fr/>)

La figure ci-dessous nous montre un boîtier plat de 16 broches du circuit intégré CD 4017

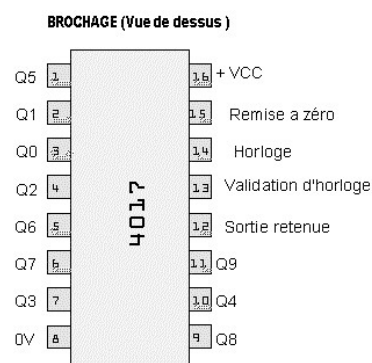


Figure 25: Schéma boîtier plat 16 broches du circuit intégré 4017

(<http://www.lelectronique.com>)

II.5.2.1. Application du Circuit Intégrés CD 4017

Le circuit intégré 4017 est utilisé dans plusieurs domaines entre autre dans le domaine industriel, en robotique, domestique exemple d'application :

- Alarme par contact mécanique ;
- Amplificateur téléphonique ;
- Robot télécommandé ;
- Etc....

Schéma d'un circuit intégré 4017 monté en allumage séquentielle à 10 sorties.

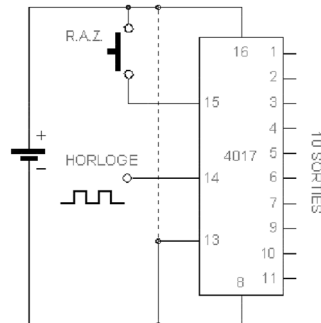


Figure 26: *Allumage séquentielle à 10 sorties avec circuit intégré 4017*
(<http://www.lelectronique.com>)

II.5.3. LES LED

LED est une diode électroluminescente, de plus en plus utilisée dans différents domaines. Tels que l'éclairage des écrans de téléviseurs, les écrans des ordinateurs etc. Elle s'allume quand le secteur fournit une tension au transformateur, elle témoigne la présence de la tension secteur.
(www.led-fr.net)

II.5.4. Transformateur

Un transformateur électrique est un appareil ou une machine statique servant à abaisser ou à élever l'amplitude d'une tension ou d'un courant électrique.

Dans notre travail nous allons utiliser un transformateur abaisseur de 220V/12V pour l'alimentation du système (Dispositif Electronique). (www8.unoncton.ca)

II.5.5. Composants électroniques et matériels électriques

Listes des composants électroniques et matériels électriques utilisées pour la réalisation du système de coupure et rétablissement du courant électrique à distance illustré dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1:Listes de Composants électroniques et de matériels électrique

COMPOSANTS	IMAGES	CARACTERISTIQUES
RESISTANCE		$C_1 + C_2 = 100\Omega F$ $C_3 = 3,3\Omega F$
RELAIS		$D+M+N+K= 12V/10A$
CIRCUIT INTEGRE		NE 555 & CD 4017
DIODE		$D_1 + D_2 + D_3 + D_4 = 1N4007$
TRANSFORMATEUR		Abaisseur 220V/12V
TELEPHONE		1 SAMSUNG 2 NOKIA Type 1200
TRANSISTORS		BC 547
PLAQUETTE PROJET BOART		EN PLASTIQUE
FIL DE CONNEXION		SOUPLE
CONTACTEUR		220 V
TUBE & BALLASTRE ELECTRONIQUE		FLUORESCENT

II.6. Schéma bloc du circuit électronique système

La figure ci-dessous est un schéma bloc du circuit électronique de commande à distance, le bloc émetteur envoie le signal au bloc récepteur et est donne l'impulsion au montage monostable, puis le montage monostable agit à son tour sur le montage CD4017 pour la commande de coupure à l'état 0 ou pour le rétablissement du courant électrique à l'état 1, en suite l'état 0 ou

l'état 1 indiqué à la sortie du CD 4017 permet d'envoyer le signal de confirmation de coupure ou de rétablissement chez l'opérateur.

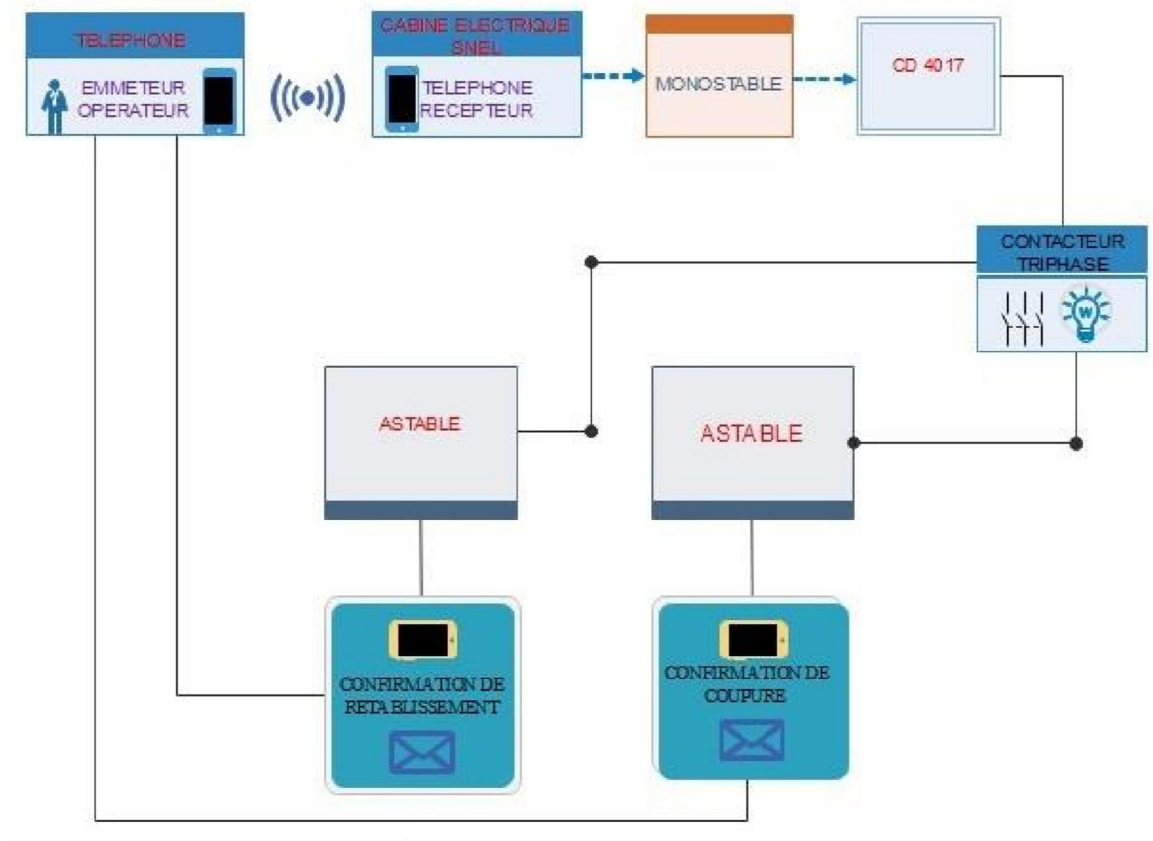


Figure 27: Schéma bloc du circuit électronique système

II.7. Fonctionnement du système

Le système de coupure et rétablissement fonctionne comme suite ;

Nous avons deux téléphones qui facilitent les opérations de rétablissement et de coupure, un téléphone émetteur utilisé par l'opérateur en poste. Et un autre téléphone récepteur associé au circuit électronique du dispositif implémenté dans la cabine électrique SNEL.

Dès que l'opérateur lance un appel, le téléphone dans la cabine électrique reçoit un signal, le téléphone vibre ce qui donne l'impulsion au circuit électronique et permet le fonctionnement du système à l'aide de la tension prélevé sur la plaquette du téléphone récepteur qui alimente le vibreur.

Pour faire fonctionner le système de coupure et rétablissement nous avons utilisé plusieurs composants électroniques, entre autres les circuits intégrés comme les pièces motrice.

Premièrement nous avons le circuit intégré NE 555 montée en monostable. Et Pour fonctionner, il faudra une impulsion à l'aide d'une tension inférieure à $\frac{1}{3}$ de la tension + VCC dépendant de la constance de temps de la résistance et du condensateur monté en série ce qui déterminera la temporisation en seconde.

La résistance et le condensateur seront mis à la masse à travers un transistor, la tension obtenue à la sortie du montage monostable sera de l'ordre de la tension d'alimentation + VCC.

A l'aide de cette tension de sortie du montage monostable, cette tension nous permettra d'attaquer la base du transistor T₂ qui fonctionne en commutation, en alimentant un relais de 12 Volt en tension continue qui ferme son contact normalement ouvert (N.O) du relais et donne l'impulsion au circuit intégré CD 4017, ors le CD 4017 à chaque impulsion. Il change d'état, 1 ou bien 0.

Le montage avec le CD 4017 est capable de mémoriser un événement et ce qui explique que si nous alimentons une LED à la sortie du circuit intégré CD 4017 la LED gardera son état 0 ou 1 dépendant de l'impulsion, et à l'aide la tension obtenue à la sortie du circuit intégré CD 4017 et cette tension attaque la base du transistor T₃ et le collecteur du T₃ relié au borne du deuxième relais provoque l'excitation du relais qui à son tour fermera son contact pour rétablir ou couper un circuit en courant alternatif via un contacteur électrique.

Pour se rassurer de la manœuvre effectué à distance nous avons associé un autre montage pour la confirmation du coupure et rétablissement. Et pour La confirmation nous avons utilisé un Deuxième contact du premier relais, pour le fonctionnement du montage astable nous fournira un signal périodique ou cyclique, la tension à la sortie du montage attaque le transistor T₄ ou T₅ selon l'état ou repos ou marche, le collecteur étant relié à la borne du relais 3 où 4 fera fonctionner la touche OK du téléphone via le contact du relais .et envoie un message pour la confirmation de la coupure ou de rétablissement au téléphone émetteur de l'opérateur.

II.8. Schéma électronique du système pendant le rétablissement

Le schéma ci-dessous montre le fonctionnement du dispositif pendant le rétablissement en mode manuel, l'impulsion sur le bouton poussoir permet le fonctionnement du montage monostable,

Le condensateur placé en série avec la résistance se décharge et sa sortie attaque la base du transistor (T1), le transistor conduit à la masse excite un relais A de 12 volts via son contact normalement ouvert donne l'impulsion au CD4017 et sa sortie attaque la base du transistor T2, et T2 conduit à la masse excite un relais B de 12 volts via ses contacts normalement ouverts permet le rétablissement et alimente le montage astable pour la confirmation de message de rétablissement du courant.

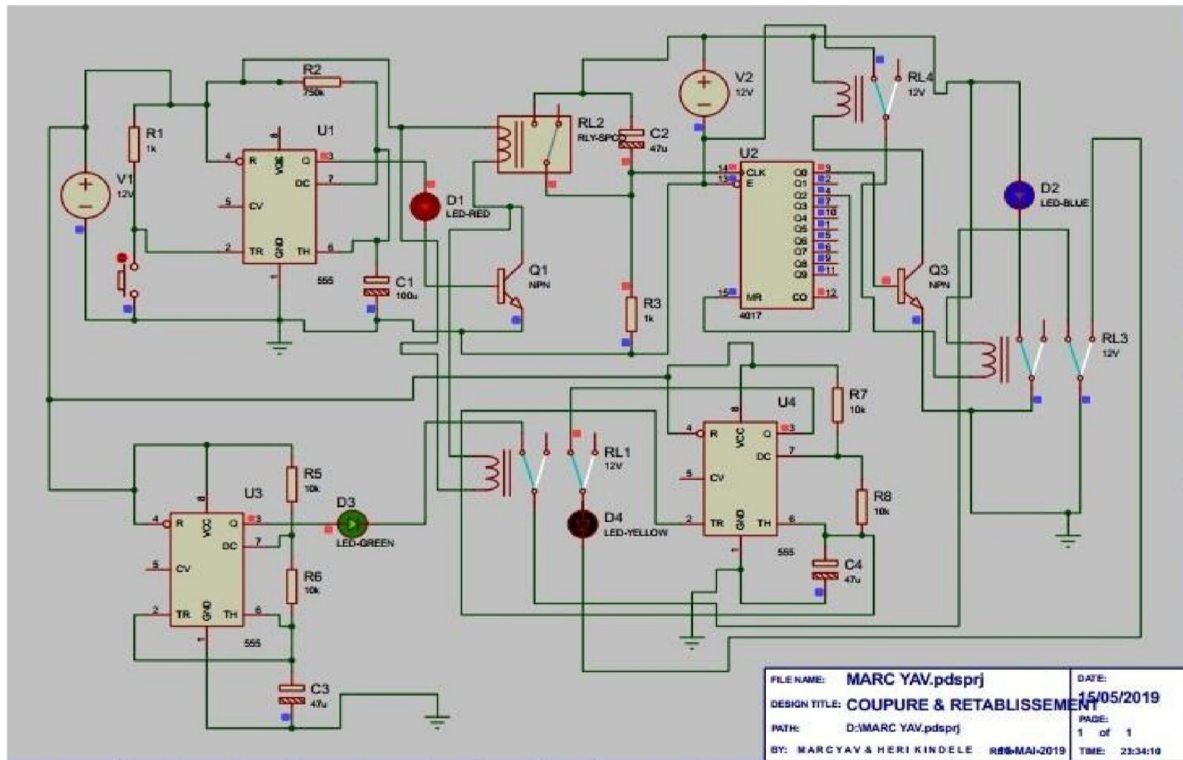
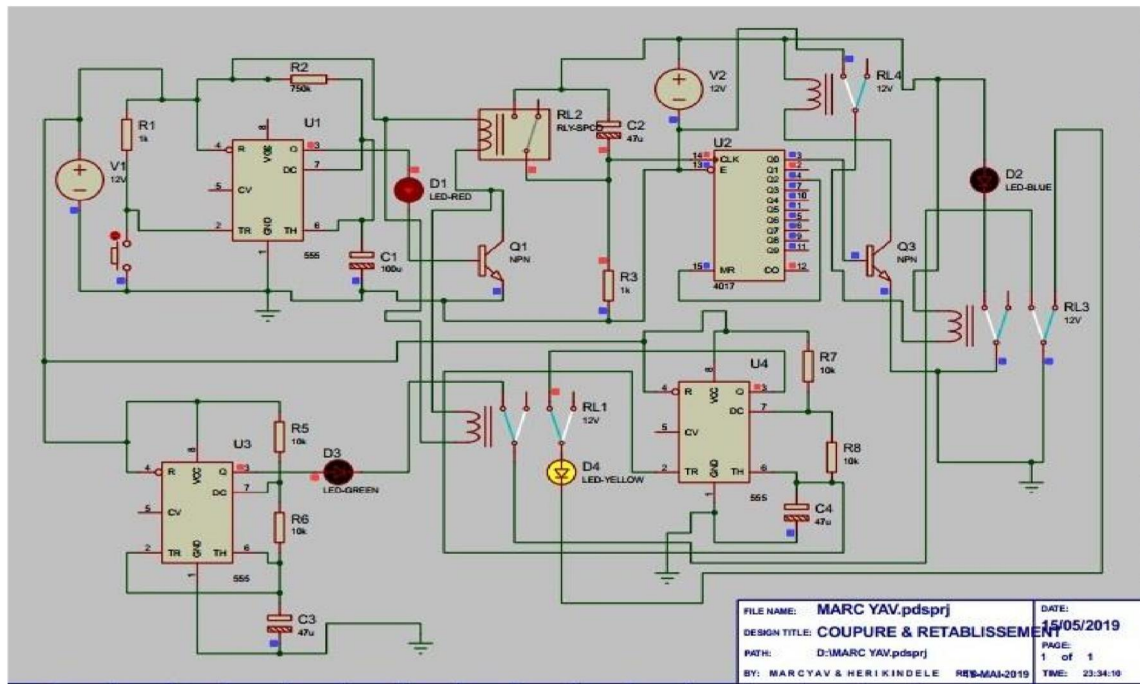


Figure 28: *Commande électronique du système pendant le rétablissement*

II.8.1. Schéma électronique du système pendant la coupure

Le schéma ci-dessous montre le fonctionnement du dispositif pendant la coupure en mode manuel, le deuxième impulsion sur le bouton poussoir permet le fonctionnement du montage monostable, Le condensateur placé en série avec la résistance se décharge et sa sortie attaque la base du transistor (T1), le transistor conduit à la masse excite un relais A de 12 volts via son contact normalement ouvert donne l'impulsion au CD4017 et sa sortie attaque la base du transistor T2, et T2 conduit à la masse excite un relais B de 12 volts via ses contacts normalement ouverts permet la coupure et excite un relais C de 12 volts via son contact alimente le montage astable pour la confirmation de message de coupure du courant.



CHAPITRE III. ETUDE D'IMPLANTATION ET EVALUATION DES PERFORMANCES

III.1. Service d'exploitation

La société nationale d'électricité a plusieurs services dont son département de maintenance et d'exploitation qui est un service indispensable, car il est chargé de veiller sur la bonne mise à disposition de la fourniture du courant à partir de la cabine électrique, poste de distribution moyenne tension basse tension (MT/BT) et leurs différents départs BT ces services s'occupent aussi des programmes des coupures et des rétablissements (délestage) lesquels sont élaborés en vue de protéger les équipements électriques, transformateur, sectionnaire, disjoncteur, câble de distribution contre les surcharges. Ce service travail dans le but de prévenir les pannes. Il doit aussi déterminer la nature de la panne, des éventuelles réparations.

La figure ci-dessous montre la cabine électrique LAMORAL construite en maçonnerie sise sur l'avenue Sapinières.



Figure 30: *Cabine électrique LAMORAL construite en maçonnerie. (SNEL)*

La figure ci-dessous montre quelques équipements utilisés dans une cabine électrique



Figure 31: *Equipements électriques utilisés dans une cabine électrique*

- A : Disjoncteur à manivelle moyenne tension ;
- B : Sectionneur porté fusible ;
- C : Transformateur abaisseur ;
- D : Disjoncteur générale basse tension (DGBT) ;
- E : Raccordement des câbles au primaire et secondaire ;
- F : Cellule de départs vers abonnés spécifique ;
- G : Départs des abonnés SNEL avec brins de fusible en aluminium.

III.2. Schéma d'implantation dans la cabine électrique

III.2.1. Schéma générale d'une cabine électrique

Le schéma ci-dessous représente un schéma en unifilaire de la cabine électrique LAMORAL avec un transformateur abaisseur, équipé d'un transformateur d'intensité, d'un transformateur de tension, d'un compteur, d'un disjoncteur etc...

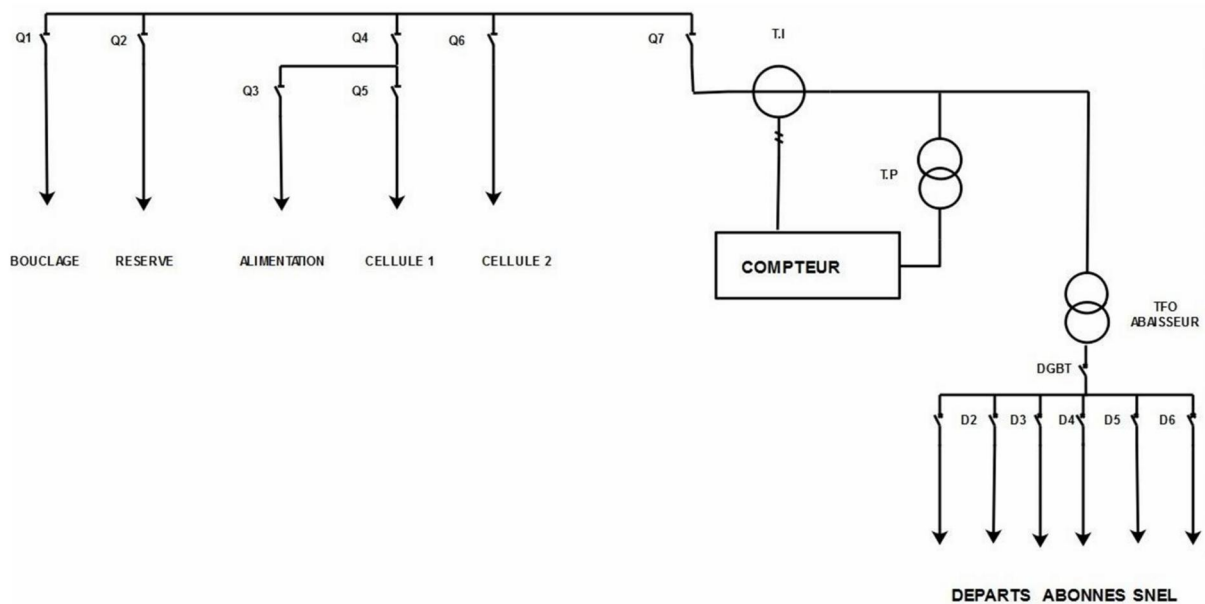


Figure 32: Schéma générale de la cabine électrique LAMORAL.

La figure ci-dessous montre l'intérieure d'une cabine électrique MT/BT



Figure 33: Vue intérieure cabine électrique la MORAL

III.2.2. Schéma synoptique du système implanté dans la cabine électrique SNEL Le schéma ci-dessous représente une cabine électrique générale de la société nationale d'électricité, avec un système de coupure et rétablissement implanté au niveau des départs vers abonnés SNEL.

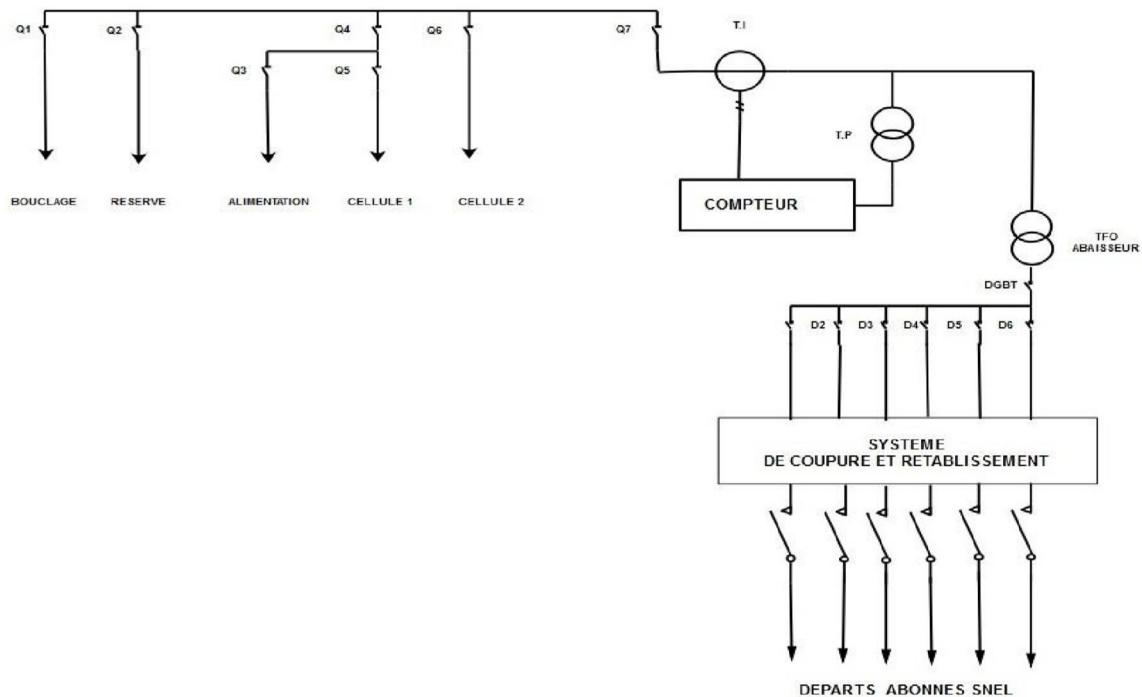


Figure 34: Schéma du système implanté dans la cabine électrique.

III.3. Cout estimatif

Objectif visé Ce sujet étant d'une grande importance il nécessite d'être réalisé. C'est ainsi que nous allons dégager au sein de ce chapitre son cout de réalisation.

III.3.1. Matériels utilisés

Pour monter notre système de coupure et rétablissement, nous avons adapté au montage les éléments ci-dessous :

- A. Les résistances ;
- B. Condensateurs ;
- C. Transistors ;
- D. Relais ;
- E. Diodes ;

- F. Circuit intègres ;
- G. Bouton poussoir ;
- H. Appareil cellulaire ;
- I. Plaquette de montage ;
- J. Plaquette de montage ;
- K. Transformateur abaisseur (220 /12v) ;
- L. Les fils de connexion ;
- M. Carte Arduino ;

Les figures ci-dessous présentent les matériels utilisés pour la réalisation du dispositif de coupure et rétablissement

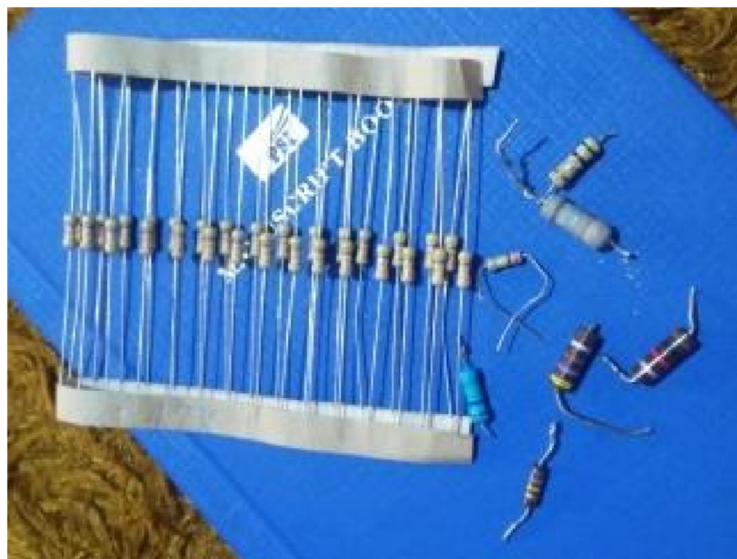


Figure 35: *résistances*



Figure 36: *condensateur*



Figure 37: *Transistor*



Figure 38: *relais à courant continue 12v*

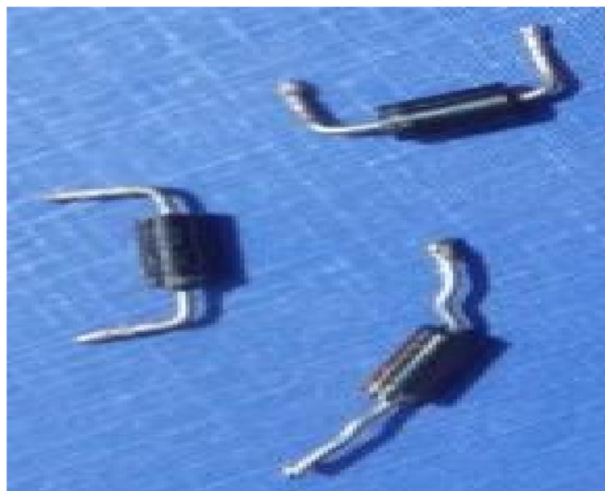


Figure 39: *Diodes à roue libre*



Figure 40: *Circuits intégrés 4017 ET NE 555*



Figure 41: *Boutons poussoirs*



Figure 42: *Appareils téléphoniques Samsung, Nokia et itel.*



Figure 43: *Plaque de montage breadboard*

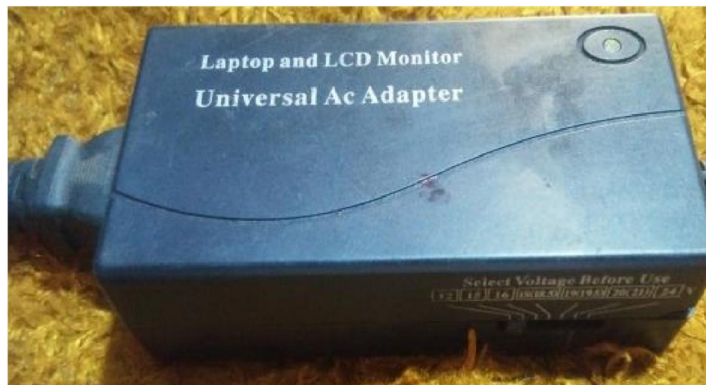


Figure 44: *Transformateur abaisseur 220/12v*



Figure 45: *Fils de connexion*



Figure 46: *Microcontrôleur Arduino*

III.4. Tableau des couts estimatifs

Le tableau ci-dessous présente les matériels utilisés et le prix qui nous a permis à réaliser notre dispositif de coupure et rétablissement.

Tableau 2: *Matériels utilisés et prix*

N	DESIGNATION	QUANTITE	UNITE	PRIX UNITAIRE	COUT TOTAL
1)	Résistance	20	Pcs	0,5\$	10\$
2)	Condensateur	5	Pcs	2\$	10\$
3)	Transistor	5	Pcs	1\$	5\$
4)	Relais	5	Pcs	8\$	40\$
5)	Diode	4	Pcs	1\$	4\$
6)	NE 555	3	Pcs	2\$	6\$
7)	CD 4017	1	Pcs	3\$	3\$
8)	Téléphone cellulaire	4	Pcs	20\$	80\$
9)	Plaquette de montage	4	Pcs	6\$	24\$
10)	Etain	5	m	0,5\$	2,5\$

11)	Transformateur abaisseur 220/12	1	Pcs	15\$	15\$
N	DESIGNATION	QUANTITE	UNITE	PRIX UNITAIRE	COUT TOTAL
12)					
13)	Fils de connexion	5	m	5\$	25\$
14)	Carte Arduino	1	pcs	35\$	35\$
15)	L.E.D	6	pcs	0,5\$	3\$
TOTAL MATERIELS					259,5 \$
16)	Accessoires	10% total matériel s			25,95\$
17)	Main d'œuvres	30% total matériel s			77,85\$
TOTAL GENERALE					363,3\$

III.5. Prototype d'essai

Pour réaliser le système on a eu à utiliser quelques matériels électroniques entre autres les circuits intégrés, résistances, condensateurs, L.E.D, bouton poussoirs, relais a courant continue, transistors, diode à roue libre, fils de connexion, plaquette de montages, carte Arduino etc. Le schéma ci-dessous représente un système de coupure et rétablissement dans un boîtier qui commande deux L.E.D.

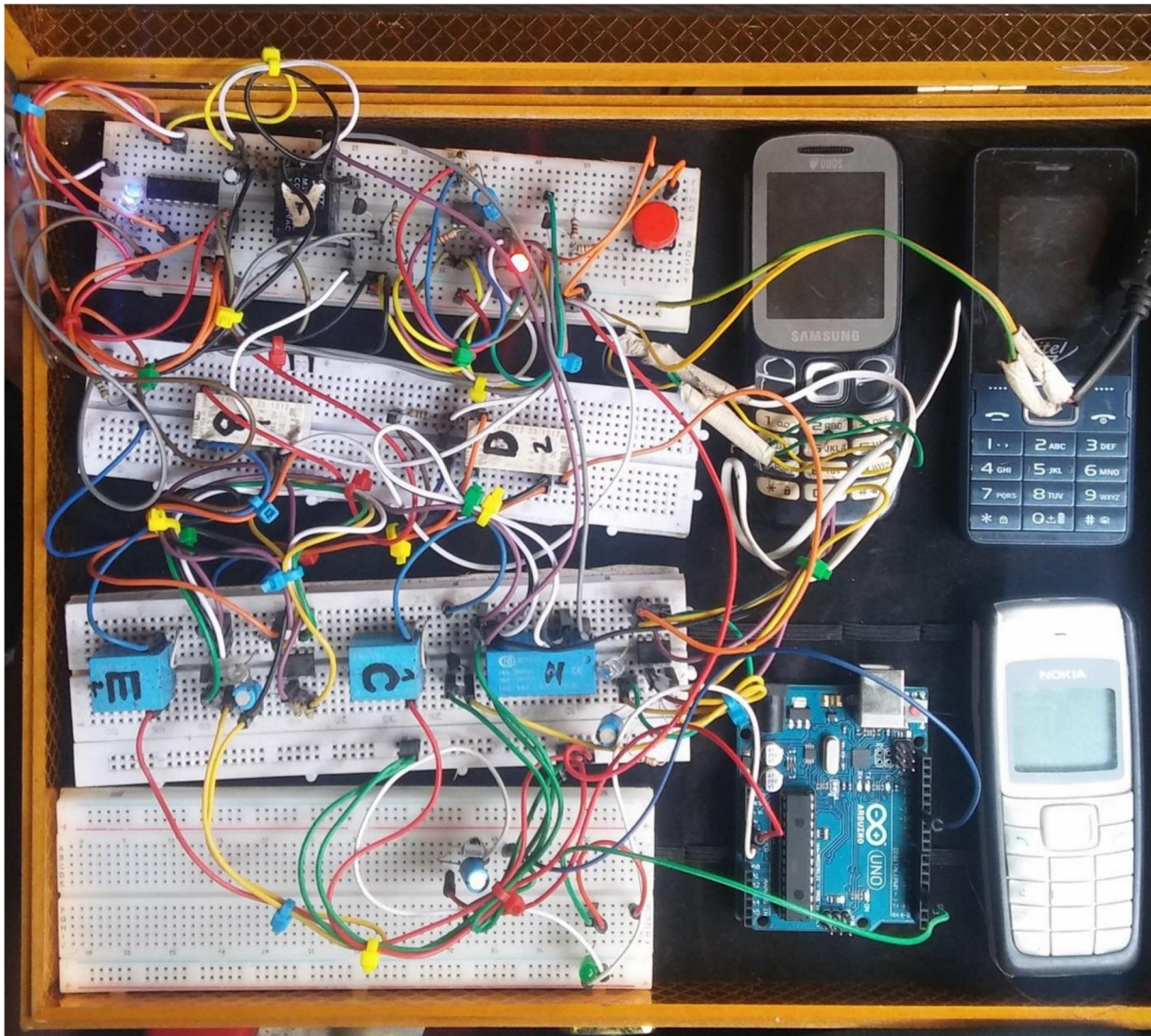


Figure 47: *Commande de deux L.E.D. par le système de coupure et rétablissement.*

III.6. Evaluation des opérations de délestage par la société national d'électricité

Dans un réseau électrique, le délestage consiste à suspendre volontairement l'alimentation d'un ou plusieurs clients pour rétablir rapidement l'équilibre entre la production et la consommation du réseau électrique. Il s'agit d'une mesure de sauvegarde destinée à éviter les risques d'effondrement des équipements ou d'un groupe d'appareils qui pourraient entraîner la coupure de la totalité d'un sous réseau. Pour le délestage de la commune de KAMPEMBA la société nationale d'électricité a l'obligation de visiter 18 cabines par jour. Pour effectuer, ils doivent disposer d'un véhicule en bon état, il faut faire le plein du réservoir (carburant).

Pour l'évaluation de cout de délestage des abonnés par la société national d'électricité:

- Le délestage se fait chaque jours selon les départs ciblé à l'aide d'un horaire bien établit ;
- Par un moyen de transport disponible (pour faciliter la ronde aux techniciens délesteur) ;
- Par un agent disponible habilité à faire le manœuvre (car le réseau est trop vaste) ;
- Equipements de protection individuelle (risque d'électrocution) ;
- Communication téléphonique sans interruption (pour faciliter la collaboration entre les clients et les techniciens en poste) ;
- Difficultés de coordination lors de planning des délestages en cas d'impossibilité d'un moyen de transport ;
- Sécurité sociale le non-respect du programme de délestage de la part de Maintencancier excite la colère des abonnées et qui favorise l'agression aux agents SNEL, par ce que quand on intervient pour la coupure à 06h00, le rétablissement interviendra le lendemain à 06h00 et ce qui n'est pas le cas à la société nationale d'électricité.
- Risque d'électrocution par manque des équipements

La figure ci-dessous montre un agent délesteur dans la cabine LAMORAL en pleine opérations de délestage



Figure 48: Mainteneur délesteur SNEL (snel)

III.7. Programme de la semaine de délestage des cabines moyenne tension et basse tension de la commune de KAMPEMBA

Programme de la semaine de délestages effectué par le Mainteneur de la SNEL pour quelques cabines ciblés illustré par le tableau ci-dessous (snel) Tableau 3 : Programme de délestage des cabines (source : SNEL, 2019)

N°	CABINE	jour	jeudi	vendredi	samedi	Dimanche	lundi	mardi	mercredi
1	MARIE	Départ	4	1&5	2	3	4	1&5	2
2	PARIS	Départ	2&4	3	5	1	2&4	3	5
3	ONDE	Départ	4	1	2	3	4	1	2
4	BINANGA	Départ	2	3	4	1	2	3	4
5	KITULIZO	Départ	5	2&4	13	5	2&4	1&3	5
6	CONGO	Départ	5&6	7	8	2	5&6	7	8
7	ARBORETUM	Départ	1,2&7	3,4&6	127	3,46	1,2&7	3,4&6	1,2&7
8	KIMPINDE	Départ		2		3		5&6	
9	SUD	Départ	4, 5,7&8	3&6	1&2	4, 5,7&8	3&6	1&2	4, 5,7&8
10	KONGOLO	Départ	1	4	2	1	3	2	4
11	QUAGLIA	Départ	4	1	2&5	3	4	1	2&5
12	YESU	Départ	5	2	3	4	5	2	3
13	DILOLO	Départ	2	3	4	5	1	2	3
14	LAMORALE	Départ	1	2	3	4	6	1	2
15	ORTHODOXE	Départ	1	2	2	3	3	4	4
16	FUNGURUME	Départ	1&2	5	3	12	2&4	3	5
17	KALEJA	Départ	1&3	2&5	4&6	1&3	2&5	4&6	1&3
18	JOLIE SOIR	Départ	3	4	2	4	4	2	3

Dans le tableau ci-haut nous voyons les indications, entre autres les noms de la cabine, les jours, les départs à délester. Prenons l'exemple dans le tableau pour le numéro 14 : Nom de la Cabine ciblé LAMORAL, Jour dimanche, départ à délester départ 4, quand on intervient pour la coupure à 06h, le rétablissement interviendra le lendemain a la même heure de coupure.

III.8. Evaluation de bénéfice par la société national d'électricité grâce à cette technologie

Le bénéfice le plus important de cette technologies est l'intervention directe, à distance et Immédiate pour soumit au système de délestage. Mais, en conséquence, je citerais également les apports suivants :

- Une augmentation rapide, nette de la qualité de service ;
- les interventions sont résolues rapidement car ils ne nécessitent aucune présence physique ;
- la confiance des utilisateurs, qui prennent très rapidement l'habitude de faire part de leurs préoccupations afin remédier à leurs soucis ; ➤ les interventions sont très peu coûteuses.

III. 8.1. Programme de la semaine de délestage de la cabine LAMORAL

LAMORAL, est l'une de cabine ciblé pour le cas de notre travail dont le programme de délestage est mis à jour après une semaine et selon le départ des abonnés de la SNEL. Le tableau N° 2 montre le programme de la semaine de délestage de la cabine LAMORAL.

Tableau 4 : *programme délestage cabine LAMORAL* (source : SNEL, 2019)

N°	CABINE	jour	Jeudi	vendredi	Samedi	Dimanche	Lundi	Mardi	mercredi
14	LAMORALE	Départ	1	2	3	4	6	1	2

III.9. Critères d'évaluations de la fiabilité de la technologie

Les systèmes de prise de contrôle à distance se révèlent très profitables dans le cadre de maintenance ou :

- On n'aura pas besoin de moyen de transport pour se rendre dans la cabine ;
- On n'aura pas besoin de technicien pour délester ;
- Rapidité en temps de coupure et de rétablissement ;
- Temps de manœuvre très réduit ;
- Réduction de danger d'électrocution et d'agression par les abonnés.

CONCLUSION

Au terme de notre travail intitulé conception et réalisation d'un système de coupure et rétablissement du courant électrique à distance dont l'objet était de concevoir un système de coupure et rétablissement en cas de délestage des abonnées de la société nationale d'électricité. Ceci pour pallier aux difficultés liées à l'information rapide de ces coupures et rétablissements pour maximiser en temps. Avec ce dispositif, il est plus facile de réduire le temps de coupure et rétablissement du courant électrique à distance.

La méthode déductive nous a servi d'atteindre notre objectif, partant d'un cas général à une autre particularité qui est un système de coupure et rétablissements du courant électrique à distance.

Au cours de nos recherches, nous sommes arrivés au résultat suivant :

Le système avertisseur fonctionne de sorte qu'on a utilisé le contact d'un relais branché sous tension 220 V, pour l'impulsion ce qui permet d'exciter le circuit électronique, le circuit étant exciter en montage monostable et sa sortie alimente le montage astable, le montage monostable a pour vocation de produire une temporisation, dont le fonctionnement est capable de mémoriser les deux montages pendant un moment s'il y a défaut électrique dans le circuit.

Le système de coupure fonctionne de sorte qu'on a utilisé un téléphone récepteur dans la cabine électrique, ce qui donne l'impulsion au montage électronique, le circuit étant excité en montage mono astable et sa sortie alimente le montage du circuit intégré 4017 et sa sortie alimente un relais de 12 volt qui relie la partie électronique aux circuits électrique

Quant au montage astable, il pourra tout aussi bien faire clignoter une LED ou fournir un signal périodique à une horloge. et sa sortie sera connectée à un relais de 12 V et les contacts du relais nous permettront d'envoyer le signal via les fils connectés à la plaquette d'un téléphone pour une alerte de confirmation en cas de coupure ou rétablissement.

En définitive, l'avantage qu'offre ce système est d'alléger la tâche aux agents maintenanciers dépanneurs de la Société Nationale d'Electricité en leur permettant de ne pas se déplacer vers la cabine pour délester leurs abonnés ; ceci donne l'avantage de réduire le temps de coupure et rétablissement grâce à ce dispositif.

BIBLIOGRAPHIE

Roland Barthes,- Paris ; (1990) Editions du Seuil

Balpe, Jean-Pierre ; (1990) Micro-univers dans la génération automatique

A.Dahouenon ; (2011). Le manuel du technicien.

C.Alexandre et Sodiku (2012). Analyse des circuits électriques, 4^e Edition. P.9-11.

C.PURET ; (P.15 2008). Dimensionnement réseaux électriques.

P. jacob ; (2014). Réseau de distribution électrique.

Dictionnaire Larousse (2016).

B. BANZA ; (2018). Cours de circuits électriques.

G. KABONGO et NEPANIPA ; (2018). Cours de semi-conducteur .

Appareil de protection www.schneider-electric.fr.

Application everycircuit.

Application Proteus.

Application Arduino.

Encyclopédies Larousse.

Electronique-théorie-circuit intégré [http](http://).

Généralités sur les réseaux électriques - Scribd - fr.scribd.com/doc/ Protection
des réseaux à basse tension de ...

WEBOGRAPHIE

www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/energies. année 2018 ;

www.systeme-electronique-fr, année 2018 ;

www.electronique.niveauro.com installation-électrique.ooreka.fr,

année 2019 ; www.tdee.ulg.ac.be; www.curelizane.dz;

www.composelec.com.

ANNEXES

III.10. Tableau Source de prix des matériels électriques et électroniques

Le tableau ci-dessous présente la source de provenance de matériels utilisés pour la réalisation du dispositif.

N°	MATERIEL	SOURCE DE PRIX
a)	- Résistances - Condensateurs - Transistors	Voir Quincaillerie QUIN-ELECTRO en ville commerciale de Lubumbashi
b)	- Relais 220/12 V - Diodes - Circuit intégré NE 555	Voir Quincaillerie DEV en ville commerciale de Lubumbashi
c)	- Circuit intégré CD 4017 - Plaquettes de montage - Etain	Voir QUIN-ELECTRO Lubumbashi
d)	- Fils de connexion - Transformateur	Voir magasin TEMPS DE LA GRACE en ville commerciale de Lubumbashi
e)	- Kit complet ARDUINO	Commande par AMAZON
f)	- Téléphones Cellulaire Samsung et Nokia	Voir U.A.C chez MA MAISON en ville commerciale de Lubumbashi

LED_RELAY_UNIVERSEL

```
#include <IRremote.h>
int IR = 11; // Récepteur IR en broche 11
int ledV = 3; // led en broche 3
IRrecv RCEP(IR);
decode_results RIR; //
void setup()
{
  Serial.begin(9600); // permet de vérifier sur le moniteur série si le code de la touche est le bon
  // sinon cette ligne n'est pas nécessaire
  RCEP.enableIRIn(); // Commencement de la réception
  pinMode(ledV, OUTPUT);
}
void loop()
{
  if (RCEP.decode(&RIR)) // si il y a une réception sur le capteur
  {
    Serial.println(RIR.value, DEC); // vérification du code de la touche actionnée sur le moniteur série
    // sinon cette ligne n'est pas nécessaire
    if (RIR.value == 1347471415) // si touche 0 actionnée 50167935
    {
      digitalWrite(ledV, 0); // Les LED s'éteignent
    }

    if(RIR.value == 1347453055) // si touche 1 actionnée 50153655
    {
      digitalWrite(ledV, 1); // La LED s'allume
    }
  }
  RCEP.resume(); // Réception de la prochaine valeur
```

