



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la recherche
Scientifique



Université Echahid Hamma Lakhdar d'El-Oued

Faculté de technologie département de génie mécanique

Projet de fin de cycle

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER ACADEMIQUE

Domaine: Technologies

Filière: Génie mécanique

Spécialité: Electromécanique

Thème

**Appareil intelligent pour protéger les appareils
électriques contre les variations de tension**

Encadreur :

LABIOD Chouaib

Co-Encadreur :

MEDEKHEL Lamine

Presenté par :

- GUECHOUT Asma

- BEY Ichrak

- CHOOGGA Chahinez

Devant le jury composé de :

MENACEUR Ridha	Président	Université d'El-Oued
LABIOD Chouaib	Encadreur	Université d'El-Oued
MEDEKHEL Lamine	Co-Encadreur	Université d'El-Oued
MAHMOUDI Abdelkader	Examineur	Université d'El-Oued
MANSOURI Khaled	Examineur	Université d'El-Oued

Année Académie : 2022-2023

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciements

Louange à Allah et paix et bénédictions sur Ses messagers

*Nous adressons d'abord nos remerciements à Dieu Tout-Puissant, qui nous a permis de terminer ce mémorandum. Avec tout le respect et l'appréciation que je vous dois, nous remercions tous ceux qui ont contribué avec nous à la réalisation de ce travail, et nous soulignons l'Encadreur: "**Mr. LABIOD Chouaib**" et Co-Encadreur : **Mr. MEDEKHEL Lamine** , pour tous leurs conseils, avis et conseils qui ont eu un impact sur ce travail. Nous adressons également nos sincères remerciements à tous ceux qui ont participé à la recherche, en particulier les honorables parents et frères.*

Nous remercions tous ceux qui nous ont aidés, de près ou de loin, à accomplir ce travail.

الإهداء

إلى من جرع الكأس فارغا ليستقيني قطرة حب الى كل من كلت انامله
ليقدم لنا لحظة سعادة إلى كل من حصد الأشواك عن دربي ليمهد لي طريق

العلم

إلى القلب الكبير (والدي العزيز حفظه الله ورعاه)

إلى من أرضعتني الحب والحنان الى رمز الحب و بلسم الشفاء

إلى القلب الناصع بالبياض (والدتي الحبيبة حفظها الله ورعاه)

إلى كل إخوتي وأخواتي وأبنائي كل واحد باسمه

إلى كل الأقارب إلى رفقاء الدرب

أسماء *** إشراق *** شهيناز

TABLE DES MATIERES

Remerciements	
الإهداء	
TABLE DES MATIERES	I
TABLE DES FIGURES	IV
TABLE DES TABLEAUX.....	V
Introduction générale.....	2

Chapitre I. Généralité sur les installations électriques

I.1. Introduction.....	5
I.3. Les différents types des installations électriques	8
I.3.1. Les installations domestiques	8
I.3.2. Les installations industrielles	8
I.3. Les régimes de neutre en Basse Tension (BT).....	9
I.3.1. Classification des régimes de neutre	10
I.3.1.1 Régime TT (terre-terre).....	10
I.3.1.1.1 Avantage et inconvénients de Régime TT	10
A- Avantages Du Régime TT :	11
B- Inconvénients du régime TT.....	11
I.3.1.2 Régime IT (Isolé-terre)	12
I.3.1.2.1 les avantage et inconvénients de Régime IT	12
A- Avantages du régime IT :	12
B- Inconvénients du régime IT :	13
I.3.1.3 Régime TN (Terre-neutre)	13
I.3.1.3.2 Régime TNS.....	13
I.3.1.3.3 Les avantage et inconvénients de Régime TNS.....	14
A- Avantages du régime TN :	14
B- Inconvénients du régime de neutre TN :	14

I.3.2 Dispositifs de protection adaptées à chaque régime de neutre	14
I.3.2.1 Régime de neutre TT (terre-terre).....	15
I.3.2.2 Régime de neutre IT (isolé-terre) :.....	15
I.3.2.3 Régime de neutre TNS (terre-neutre-séparé) :.....	15
I.3.4. Caractéristiques des différents régimes de neutre.....	16
I.3 Principe de fonctionnement de dispositif différentiel résiduel (DDR)	16
I.3.1 Sensibilité du DDR	17
I.4 Risque électrique.....	18
I.4.1 Définition du risque électrique.....	18
I.4.2 Principales causes de risques électriques	18
I.4.3 Réduire le risque électrique	19
I.4.4 Risques de surtension sur les appareils électriques.....	19
I.3.4.1 Protection des appareil contre les surtensions	20
I.5 Conclusion	20
Chapitre II. Importance de la protection électrique dans les installations électriques	
II.1 Introduction	23
II.2. Perturbation de tension	23
II.3 Techniques de protection contre les perturbation du tension	25
II.3.1 Parafoudre.....	25
II.3.2 Stabilisateur de tension.....	26
II.3.3. Dispositifs de coupure de surtension :	27
II.4. Problématique.....	27
II.5. L'objectif de l'invention	28
II.6. Description de la structure et du mécanisme	28
II.7. Etapes de réalisation de l'invention	29
II.8. Simulation de l'invention.....	29
II.9. Conclusion	34

Chapitre III. Réalisation de l'appareil de protection

III.1. Introduction	36
III.2. Problématique et Idée :.....	36
III.3. Les objectifs du projet:.....	37
III.4. Le dispositif proposé:	37
III.5. L'objectif de l'appareil:	39
III.6. Principe de base de l'appareil proposé:	39
III.7. Les étapes de réalisation de l'appareil :	43
III.8. Conclusion.....	47
Conclusion générale:	49
Références	51
Résumé.....	56

TABLE DES FIGURES

Fig.I.1. Exemple d'un tableau électrique	6
Fig.I.2 Régime TT	10
Fig.I.3 Régime TT	12
Fig.I.4 Régime TNC	13
Fig.I.5 Régime TNS	14
Fig.I.6 Schéma de fonctionnement de DDR	17
Fig. II.1 Décharge électrique.....	24
Fig.II.2 surtensions dans l'installation électrique.....	25
Fig.II.3 Parafoudre	26
Fig. II.4 Stabilisateur de tension.....	27
Fig. II.5 Conception de dispositif et connexion avec Smartphone.....	29
Fig. II.6: Réseau et charge triphasée du système étudié.....	30
Fig. II.7: Simulation de système de protection différentielle	30
Fig. II.8: Simulation du système proposé de protection contre les surtensions	31
Fig. II.9: Tension du réseau électrique	31
Fig. II.10: Tension de la charge.....	32
Fig. II.11: Courant de la charge.....	32
Fig. II.12: Courant de terre pour la protection	32
Fig. III.1: La base de l'appareil proposé	40
Fig. III.2: Conception proposée du prototype	40
Fig. III.3: Désigne et conception de carte électroniques	43
Fig. III.4: Perçage et soudure des composants électroniques.....	44
Fig. III.5: Banc d'essai pour tester les performances de l'appareil	45
Fig. III.6: le test de coupure en cas de surtension	45

TABLE DES TABLEAUX

Tab.I.1 Protections adaptées à chaque régime de neutre.....	15
Tab.I.2 Caractéristiques des différents régimes de neutre.....	16



Introduction générale

Introduction générale

La protection des appareils électriques contre les variations de tension est un enjeu majeur dans le domaine de l'électricité. Dans notre société moderne, les appareils électriques jouent un rôle essentiel dans notre vie quotidienne, que ce soit dans nos foyers ou dans les environnements industriels. Cependant, ces appareils sont vulnérables aux fluctuations de tension, qu'elles soient des surtensions ou des baisses de tension, ce qui peut causer des dommages importants [1], [2].

Les variations de tension constituent un défi majeur dans le domaine de l'électricité, en raison des dommages potentiels qu'elles peuvent causer aux appareils électriques. Dans notre société moderne, ces appareils jouent un rôle crucial tant dans les foyers que dans les environnements industriels. Cependant, les fluctuations de tension, qu'elles soient des surtensions ou des baisses de tension, peuvent entraîner des défaillances coûteuses et mettre en danger la sécurité des utilisateurs[3], [4].

Actuellement, divers dispositifs de protection électrique existent sur le marché, tels que les stabilisateurs de tension et les dispositifs différentiels résiduels (DDR). Cependant, ces solutions présentent souvent des limitations en termes de coût, de complexité d'installation et de capacité à protéger simultanément plusieurs appareils. Il est donc nécessaire de développer des solutions innovantes pour répondre à ces défis[5].

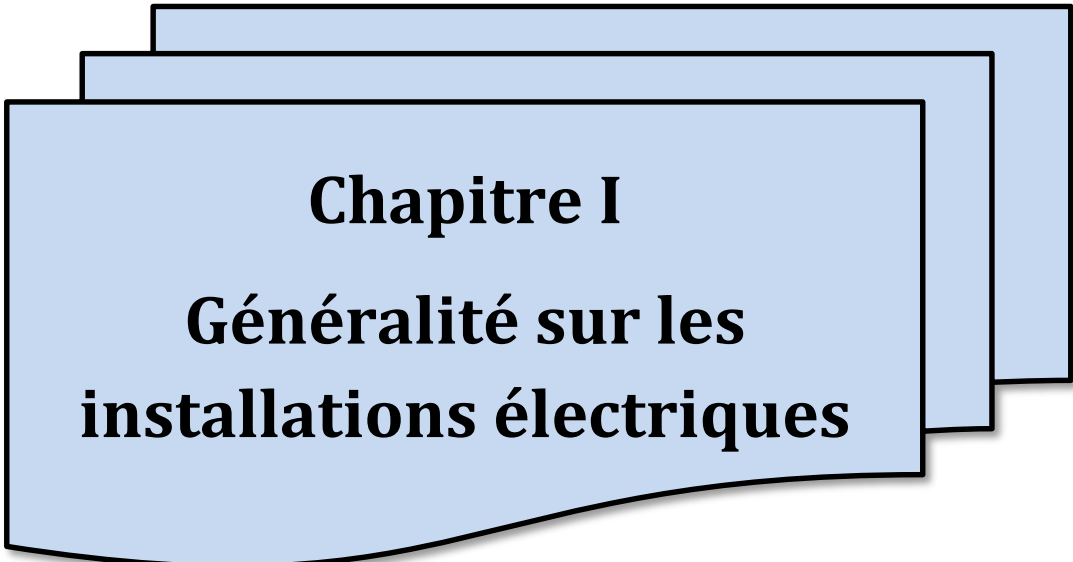
C'est dans ce contexte que s'inscrit notre recherche, qui vise à proposer une innovation : un appareil intelligent capable de protéger efficacement les appareils électriques contre les variations de tension. L'objectif principal de notre recherche est de concevoir un dispositif intégrant différentes fonctionnalités de protection, tout en étant abordable, facile à utiliser et adaptable à différents environnements électriques[6].

Pour atteindre cet objectif, notre recherche se structure en trois chapitres. Le premier chapitre abordera les principaux éléments d'une installation électrique, les différents types d'installations électriques, les régimes de neutre en basse tension, le principe de fonctionnement des dispositifs différentiels résiduels (DDR) et les risques électriques[7]-[10].

Le deuxième chapitre mettra en évidence l'importance de la protection électrique dans les installations électriques. Nous examinerons les perturbations de tension auxquelles les appareils électriques sont exposés, et explorerons les techniques de protection disponibles.

Nous analyserons également les limitations actuelles et les problématiques liées à la protection des appareils électriques.

Enfin, le troisième chapitre présentera en détail notre proposition d'innovation. Nous décrirons la structure et le mécanisme de l'appareil intelligent que nous avons développé pour protéger les appareils électriques contre les variations de tension. Nous mettrons en évidence les étapes de réalisation de cette innovation, ainsi que son potentiel d'application et ses avantages.



Chapitre I
Généralité sur les
installations électriques

I.1. Introduction

Les installations électriques sont omniprésentes dans notre vie quotidienne et jouent un rôle essentiel dans de nombreux secteurs, tels que l'industrie, les bâtiments, les transports, etc. Une installation électrique est un ensemble de dispositifs et de circuits électriques qui permettent de distribuer et de contrôler l'énergie électrique. Une installation électrique peut être simple, comme une prise électrique domestique, ou complexe, comme une centrale électrique.

Ce chapitre sur les généralités sur les installations électriques vise à fournir une vue d'ensemble des principes de base des installations électriques, des composants qui les composent, Nous explorerons les différents types d'installations électriques, leurs applications et les considérations importantes à prendre en compte lors de leur conception, de leur installation, de leur entretien et de leur exploitation.

En somme, ce chapitre sur les généralités sur les installations électriques fournira une base solide pour la compréhension des installations électriques, de leurs composants et de leurs règles de sécurité et de réglementation. Cette compréhension est essentielle pour la conception, la construction et l'exploitation d'installations électriques sûres et efficaces.

I.2. Définition des installations électriques

Les installations électriques font référence à l'ensemble des systèmes, des composants et des équipements utilisés pour la distribution, le contrôle et l'utilisation de l'électricité dans un bâtiment, une résidence ou toute autre structure. Elles comprennent les câbles, les fils, les interrupteurs, les prises de courant, les disjoncteurs, les tableaux électriques, les luminaires et tous les autres dispositifs électriques nécessaires au bon fonctionnement du système électrique.[11]

Les installations électriques sont conçues pour fournir de l'énergie électrique aux différents appareils, équipements et systèmes présents dans un bâtiment. Elles sont dimensionnées en fonction des besoins en énergie électrique du lieu et doivent respecter les normes de sécurité et les réglementations en vigueur[12]- [13].

I.2.1. Principaux éléments d'une installation électrique

- **Alimentation électrique** : le point d'entrée de l'électricité dans le bâtiment, généralement via le réseau public ou une source d'énergie alternative telle qu'un générateur.

- **Tableau électrique** : Le panneau électrique est une boîte de protection et de distribution de courant électrique conçue pour être utilisée dans les bâtiments industriels, commerciaux et résidentiels. Les panneaux sont conçus pour s'adapter à différents types de charges et de courants électriques et sont composés d'un boîtier et d'un ensemble d'éléments ayant pour rôle de distribuer, protéger et surveiller l'énergie. Les éléments inclus dans ces panneaux comprennent des contacts électriques, des interrupteurs, des disjoncteurs, des connexions électriques, des indicateurs lumineux, des transformateurs électriques, la symétrie thermique et le contrôle de la tension, entre autres. Le boîtier du panneau électrique protège les individus contre les chocs électriques et l'appareil contre les effets externes, tels que la poussière conductrice et l'environnement chimique agressif. Les avantages offerts par ce panneau sont nombreux, notamment le contrôle des circuits électriques, la sécurité, l'économie d'énergie, le contrôle de l'éclairage, le contrôle du son et le contrôle des systèmes de sécurité.



Figure I.1. Exemple d'un tableau électrique

- **Câblage** : Les câbles électriques sont des fils isolés utilisés pour transporter le courant électrique depuis une source d'énergie vers différents appareils et systèmes. Les câbles sont composés d'un noyau conducteur transportant le courant électrique et d'une couche isolante protégeant le noyau contre tout contact avec d'autres conducteurs ou l'environnement. Les câbles électriques sont utilisés dans une large gamme d'applications, allant de la distribution de l'électricité dans les maisons, les bâtiments commerciaux et industriels, au transport de l'énergie électrique à travers les océans et les terrains, ainsi qu'à la fourniture de connexions électriques aux villes et aux régions éloignées.

Certains facteurs pris en compte lors du choix des câbles électriques comprennent:

- Le courant à transporter.
- La tension électrique.
- La distance à couvrir.
- Les conditions environnementales telles que les températures élevées ou l'humidité. La capacité des câbles électriques dépend principalement de la température de fonctionnement du système de câblage.

Pour obtenir une utilisation optimale des câbles et réduire les marges généralement utilisées dans la conception des câbles enterrés, il est important d'évaluer avec précision la dissipation de chaleur à travers les câbles et le sol environnant. Dans la méthode traditionnelle adoptée par la Commission électrotechnique internationale (CEI) et l'Institut des ingénieurs électriciens et électroniciens (IEEE) pour calculer la résistance thermique entre le système de câblage souterrain existant et l'environnement extérieur, il est supposé que le sol est homogène et a une conductivité thermique uniforme. Des études numériques ont été menées pour prédire la répartition de la température autour du câble pour différentes configurations et propriétés thermiques du sol.

- **Prises de courant** : les points de connexion pour brancher les appareils électriques et les équipements.
- **Interrupteurs** : les dispositifs permettant de contrôler l'allumage et l'extinction des appareils électriques en ouvrant ou fermant le circuit électrique.
- **Éclairage** : les luminaires, les ampoules et les systèmes d'éclairage installés pour l'éclairage intérieur et extérieur.
- **Mise à la terre** : le système de mise à la terre qui assure la sécurité en dirigeant les courants de fuite vers le sol, protégeant ainsi les personnes et les équipements contre les chocs électriques.

Il est essentiel de concevoir, installer et entretenir correctement les installations électriques pour garantir leur bon fonctionnement, leur sécurité et leur conformité aux réglementations en vigueur. Dans de nombreux pays, il est nécessaire de faire appel à des professionnels qualifiés, tels que des électriciens, pour réaliser ces travaux.[14] :

- **Dispositifs de protection** : les disjoncteurs, les fusibles et les interrupteurs différentiels utilisés pour protéger le système électrique contre les surcharges, les courts-circuits et les fuites de courant.

I.3. Les différents types des installations électriques

I.3.1. Les installations domestiques [15]-[17]

Les installations électriques domestiques sont essentielles pour fournir de l'électricité aux foyers résidentiels. Elles comprennent un réseau complexe de câblage, de prises de courant et d'interrupteurs qui permettent l'alimentation électrique des appareils et des équipements.

Le tableau électrique est le point central de l'installation électrique domestique, où sont regroupés les disjoncteurs et les fusibles pour protéger le système contre les surcharges et les court-circuits.

Les prises de courant sont réparties dans les différentes pièces de la maison pour permettre le branchement des appareils électriques. Les interrupteurs permettent de contrôler l'allumage et l'extinction des luminaires dans chaque pièce.

Les luminaires, tels que les plafonniers et les lampes, fournissent l'éclairage nécessaire à l'intérieur et à l'extérieur de la maison. Ils peuvent être équipés d'ampoules à incandescence, fluorescentes ou LED, offrant différentes options d'éclairage et d'économie d'énergie.

La sécurité est primordiale dans les installations électriques domestiques, et des dispositifs de protection tels que les disjoncteurs différentiels sont installés pour détecter les fuites de courant et couper l'alimentation en cas de danger d'électrocution.

Enfin, les installations électriques domestiques doivent être conformes aux normes de sécurité en vigueur et faire l'objet d'une maintenance régulière pour prévenir les accidents et les pannes électriques.

En somme, les installations électriques domestiques sont conçues pour fournir une alimentation électrique sûre et fiable aux foyers résidentiels. Elles permettent le fonctionnement des appareils électriques et des systèmes d'éclairage, tout en assurant la sécurité des occupants..

I.3.2. Les installations industrielles [18]-[19]

Les installations électriques industrielles sont essentielles pour assurer le bon fonctionnement des activités industrielles. Elles comprennent un ensemble complexe de

composants et de systèmes électriques conçus pour répondre aux besoins spécifiques des installations industrielles.

Ces installations comprennent généralement des tableaux de distribution électrique qui contrôlent la répartition de l'énergie électrique dans l'usine. Des armoires électriques abritent les dispositifs de protection tels que les disjoncteurs, les fusibles et les relais de surcharge pour garantir la sécurité du système.

Les moteurs électriques sont également largement utilisés dans les installations industrielles pour alimenter les machines et les équipements. Ils sont contrôlés par des variateurs de fréquence qui permettent de réguler la vitesse et le couple de rotation, offrant ainsi une flexibilité et une efficacité accrues.

Les systèmes d'éclairage constituent un autre aspect important des installations électriques industrielles. Les luminaires adaptés aux conditions industrielles garantissent un éclairage adéquat et sécurisé dans les espaces de travail.

Parallèlement, les installations électriques industrielles doivent prendre en compte la protection contre les surtensions, les court-circuit et les fuites de courant pour prévenir les accidents et les pannes. Des dispositifs de mise à la terre sont installés pour assurer une bonne circulation du courant électrique et minimiser les risques d'électrocution.

Les installations électriques industrielles doivent également respecter les normes de sécurité et les réglementations en vigueur. Une maintenance régulière et une surveillance continue sont nécessaires pour garantir le bon fonctionnement du système électrique et minimiser les temps d'arrêt imprévus.

En conclusion, les installations électriques industrielles jouent un rôle crucial dans la fourniture d'une alimentation électrique fiable, sûre et efficace aux installations industrielles. Elles sont conçues pour répondre aux exigences spécifiques de chaque site industriel, en tenant compte de la sécurité, de la performance et de la conformité aux normes.

I.3. Les régimes de neutre en Basse Tension (BT) [20]-[21]

Les régimes de neutre en basse tension font référence aux différentes configurations utilisées pour connecter le neutre d'un système électrique à la terre dans les installations électriques de basse tension (généralement inférieures à 1000 volts). Ces configurations sont importantes car elles influent sur la sécurité, la stabilité du système électrique et la protection contre les défauts électriques.

I.3.1. Classification des régimes de neutre [22] [23]

I.3.1.1 Régime TT (terre-terre)

Dans ce régime, le neutre de la source d'énergie est mis à la terre au niveau de la source elle-même, généralement à la borne de sortie du transformateur. Par la suite, la masse de l'installation électrique est à son tour reliée à la terre.

Dans ce système, la mise à la terre du neutre vise à fournir une référence de potentiel stable et sécurisée. Cela permet de limiter les risques d'électrocution en fournissant un chemin de retour sûr pour les courants de défaut. Si un défaut se produit dans un appareil ou un circuit, le courant de défaut peut retourner à la source d'énergie en empruntant le chemin de mise à la terre du neutre plutôt que de passer à travers des éléments conducteurs non destinés à cet effet.

Parallèlement, la mise à la terre de la masse de l'installation électrique garantit une continuité de la protection. Elle contribue à éliminer les différences de potentiel dangereuses entre les appareils électriques et les surfaces métalliques, en fournissant une voie de retour sûre pour les courants de fuite ou les défauts d'isolement.

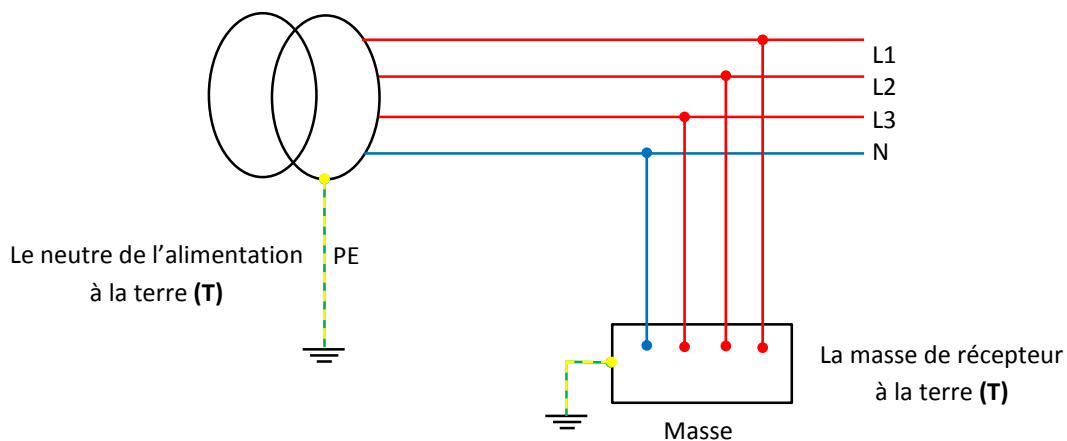


Fig.I.2 Régime TT

I.3.1.1.1 Avantage et inconvénients de Régime TT

Le régime de neutre TT (terre-terre) est une configuration utilisée dans les systèmes électriques pour la distribution de l'énergie. Dans ce type de régime, le neutre du transformateur est connecté à la terre, tandis que les conducteurs de phase sont isolés de la terre.

A- Avantages du régime TT :

Simplicité et coût réduit : Le régime de neutre TT est relativement simple à mettre en place et nécessite moins d'équipements supplémentaires par rapport à certains autres régimes de neutre. Cela permet de réduire les coûts d'installation et de maintenance.

Sécurité : Le régime de neutre TT offre un niveau élevé de sécurité électrique. En cas de défaut entre une phase et la terre, il y a peu de risques de choc électrique grave, car le défaut est généralement limité à la zone du défaut lui-même. Cela protège les personnes contre les dangers électriques.

Détection des défauts à la terre : Étant donné que le neutre est relié à la terre, il est possible de détecter rapidement les défauts à la terre. Des dispositifs de protection tels que les interrupteurs différentiels peuvent être utilisés pour surveiller les courants de fuite à la terre et déclencher l'interruption de l'alimentation en cas de défaut.

Facilité de localisation des défauts : Facilité de localisation des défauts : Lorsqu'un défaut à la terre se produit, le régime de neutre TT facilite la localisation du point de défaut. Cela permet aux électriciens de trouver et de réparer plus rapidement les problèmes électriques, réduisant ainsi les temps d'arrêt et les perturbations.

Adaptabilité aux équipements sensibles : Le régime de neutre TT est souvent utilisé dans des installations où des équipements sensibles nécessitent une protection supplémentaire contre les défauts électriques. Il offre une isolation efficace des conducteurs de phase par rapport à la terre, réduisant les risques de perturbations électromagnétiques indésirables.

B- Inconvénients du régime TT

Sensibilité aux défauts entre phases : Étant donné que les conducteurs de phase ne sont pas reliés à la terre, un défaut entre phases ne sera pas détecté par le régime de neutre TT. Cela signifie qu'un court-circuit ou un défaut entre phases peut persister sans être détecté, ce qui peut entraîner des risques potentiels pour la sécurité et des perturbations du service.

Complexité de l'installation : La mise en place d'un régime de neutre TT nécessite une infrastructure plus complexe par rapport à d'autres régimes de neutre. Des dispositifs de protection supplémentaires, tels que des interrupteurs différentiels, sont nécessaires pour surveiller les courants de fuite à la terre. Cela peut entraîner des coûts plus élevés lors de l'installation initiale et peut nécessiter une maintenance et une gestion plus complexes.

Nécessité d'une bonne mise à la terre : Pour assurer l'efficacité et la sécurité du régime de neutre TT, une mise à la terre adéquate est essentielle. Si la mise à la terre est de mauvaise qualité ou si elle présente des défauts, cela peut compromettre la protection offerte par le régime de neutre TT. Une mauvaise mise à la terre peut également entraîner des problèmes de sécurité électrique et des perturbations du système.

I.3.1.2 Régime IT (Isolé-terre)

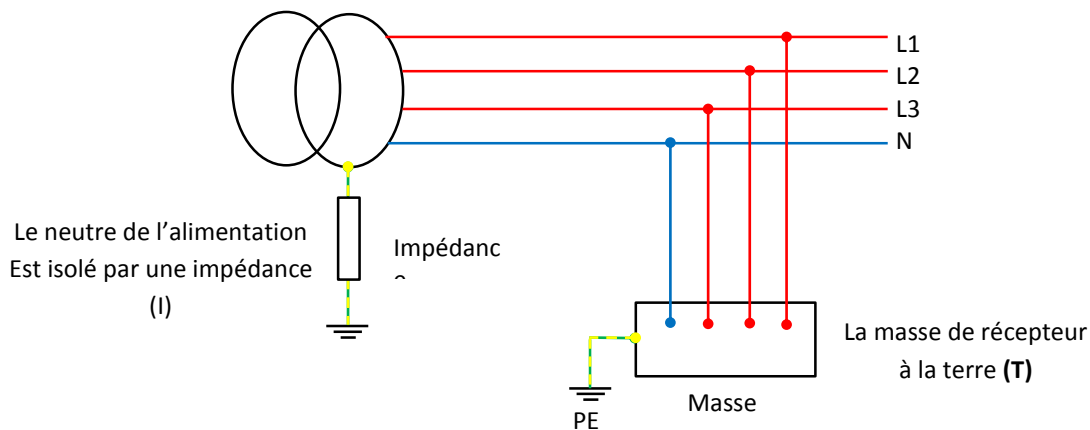


Fig.I.3 Régime TT

I.3.1.2.1 les avantages et inconvénients de Régime IT

A- Avantages du régime IT :

Continuité de service : L'un des principaux avantages du régime de neutre IT est sa capacité à maintenir la continuité de service en cas de défaut. Étant donné que chaque conducteur de phase est isolé de la terre, un premier défaut à la terre ne provoque pas de coupure de l'alimentation. Les autres équipements continuent à fonctionner normalement jusqu'à ce que le défaut soit localisé et corrigé, ce qui minimise les interruptions de service.

Localisation facile des défauts : Dans le régime de neutre IT, lorsqu'un premier défaut à la terre se produit, il crée un courant de fuite. Ce courant peut être détecté et localisé à l'aide d'un dispositif de surveillance d'isolement, permettant une localisation précise du défaut. Cela facilite les réparations rapides et minimise les temps d'arrêt.

Protection contre les surtensions : Le régime de neutre IT offre une meilleure protection contre les surtensions. Étant donné que le neutre est isolé de la terre, les surtensions transitoires et les perturbations extérieures sont moins susceptibles de se propager aux équipements connectés.

B- Inconvénients du régime IT :

Complexité et coût de l'installation : La mise en place d'un régime de neutre IT est plus complexe et nécessite des équipements supplémentaires, tels que des transformateurs d'isolement et des dispositifs de surveillance d'isolement. Cela entraîne des coûts plus élevés lors de l'installation initiale.

Risque de défaut d'isolement double : Dans le régime de neutre IT, si un deuxième défaut à la terre se produit avant la détection et la correction du premier défaut, cela peut entraîner une situation dangereuse où deux conducteurs de phase sont mis en contact avec la terre. Cela peut augmenter les risques de chocs électriques et de dommages aux équipements.

Nécessité d'une maintenance régulière : En raison de la nécessité de surveiller l'isolement, le régime de neutre IT requiert une maintenance régulière pour s'assurer que l'isolement est adéquat. Les dispositifs de surveillance doivent être vérifiés et calibrés périodiquement.

I.3.1.3 Régime TN (Terre-neutre)

Dans ce régime le neutre est mis à la terre et les masses sont reliées au neutre par un conducteur de protection. Deux cas qui se présentent :

I.3.1.3.1 Régime TNC : Le conducteur de protection PE et le conducteur N de l'alimentation peuvent être confondus en un seul conducteur PEN.

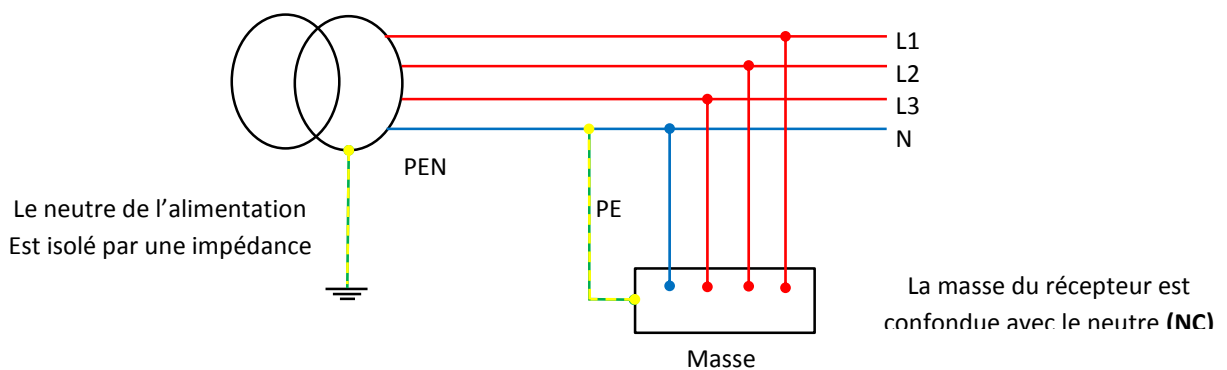


Fig.I.4 Régime TNC

I.3.1.3.2 Régime TNS

Le conducteur de protection PE et le conducteur N du côté de l'alimentation peuvent être séparés

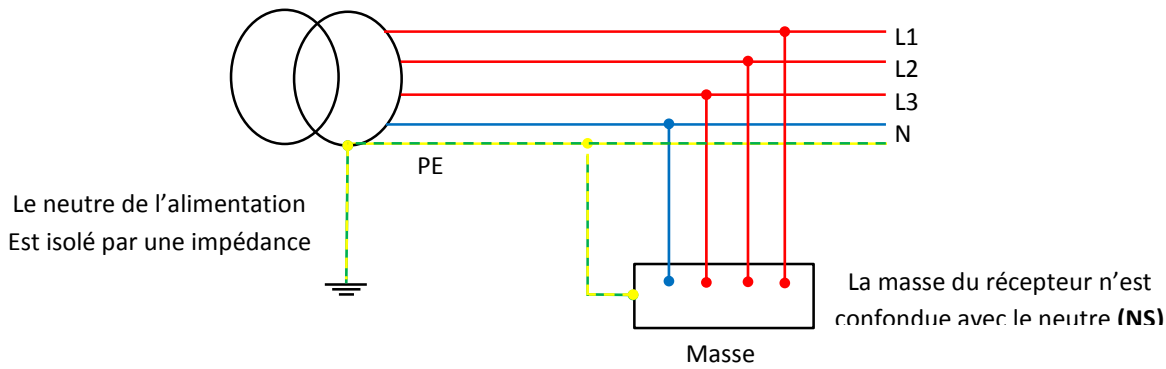


Fig.I.5 Régime TNS

I.3.1.3.3 Les avantages et inconvénients de Régime TNS

A- Avantages du régime TN :

Facilité de détection des défauts : En cas de défaut entre une phase et la terre, le régime de neutre TN facilite la détection rapide grâce à la liaison du neutre à la terre. Les dispositifs de protection tels que les disjoncteurs peuvent être utilisés pour détecter les courants de défaut et interrompre l'alimentation en cas de besoin.

Continuité de service : En cas de défaut entre une phase et la terre, les autres phases continuent à fournir de l'électricité, assurant ainsi une certaine continuité de service pour les utilisateurs connectés au système électrique.

B- Inconvénients du régime de neutre TN :

Risque accru de choc électrique : Étant donné que le conducteur neutre est combiné avec le conducteur de phase, un défaut entre une phase et la terre peut augmenter les risques de choc électrique par rapport à d'autres régimes de neutre. Des dispositions de protection supplémentaires, telles que des dispositifs différentiels résiduels (DDR), doivent être utilisées pour minimiser ce risque.

Perturbations potentielles pour les équipements sensibles : Les défauts à la terre dans le régime de neutre TN peuvent entraîner des perturbations électromagnétiques qui peuvent affecter les équipements sensibles tels que les systèmes électroniques ou informatiques. Des mesures supplémentaires de protection contre les surtensions et les perturbations électromagnétiques peuvent être nécessaires pour prévenir de tels problèmes.

I.3.2 Dispositifs de protection adaptés à chaque régime de neutre

Chaque régime de neutre a ses propres dispositifs de protection spécifiques, conçus pour détecter et interrompre l'alimentation en cas de défaut électrique correspondant à la

configuration du réseau. Il est important de consulter les normes et réglementations électriques locales ainsi que de faire appel à un professionnel qualifié pour choisir et installer les dispositifs de protection appropriés pour chaque régime de neutre.

I.3.2.1 Régime de neutre TT (terre-terre)

DDR (dispositif différentiel résiduel) : Il détecte les courants de fuite à la terre et interrompt l'alimentation en cas de défaut à la terre.

Parafoudre : Il protège contre les surtensions et les perturbations transitoires qui peuvent survenir entre les conducteurs actifs (phases) et la terre.

I.3.2.2 Régime de neutre IT (isolé-terre) :

Transformateur d'isolement : Il isole électriquement le réseau de distribution de la terre et fournit une protection contre les défauts à la terre.

Dispositif de surveillance d'isolement : Il surveille l'isolement entre les conducteurs et la terre, détecte les courants de fuite et permet de localiser les défauts à la terre.

I.3.2.3 Régime de neutre TNS (terre-neutre-séparé) :

Disjoncteur : Il protège contre les surcharges et les courts-circuits, interrompant l'alimentation en cas de défaut entre une phase et la terre.

DDR (dispositif différentiel résiduel) : Il détecte les courants de fuite à la terre et interrompt l'alimentation en cas de défaut à la terre.

Tab.I.1 Protections adaptées à chaque régime de neutre

	Régime IT	Régime TT	Régime TN	
1^{er} défaut				
Masses en défaut	Aucun danger	Danger	Danger	
Masses saines			Aucun Danger	
Déclenchement 1er défaut	Non	Oui	Oui	
Détection	Contrôle d'isolement	I_{fuite}	I_{cc}	
2^{ème} défaut				
Masses en défaut	Danger			
Masses saines				
Déclenchement 2ème défaut				Oui
Détection				I_{cc}
Protection	Surintensité Différentielle pour masses éloignées	différentielle	Surintensité	

I.3.4. Caractéristiques des différents régimes de neutre

Tab.I.2 Caractéristiques des différents régimes de neutre

Régime	Techniques s'exploitation	Techniques de protection des personnes	Principales caractéristiques
TT	Coupage au premier défaut d'isolement	Mise à la terre des masses associées à l'emploi obligatoire de dispositifs différentiels	La présence de différentiels permet la prévention des risques d'incendie pour une sensibilité égale ou supérieure à 300mA. Chaque défaut d'isolement entraîne une coupure du circuit protégé.
TN	Coupage au premier défaut d'isolement	Interconnexion et mise à la terre des masses et du neutre obligatoires. Coupage par protection contre les surintensités par fusibles ou disjoncteurs.	Il nécessite un personnel d'entretien très compétent. Les risques d'incendie sont accentués du fait de l'importance des courants de défaut. Le schéma TNS est obligatoire pour les sections de conducteurs inférieures à 10 mm ² .
IT	Signalisation du défaut simple d'isolement ; Recherche et élimination obligatoire du défaut ; Coupage en cas de défaut double.	Interconnexion et mise à la terre des masses. Coupage par protection de surintensité (fusibles-disjoncteur) en cas de défaut double.	Il nécessite un personnel pour la surveillance. Il nécessite un bon niveau d'isolement des réseaux.

I.3 Principe de fonctionnement de dispositif différentiel résiduel (DDR)

Le dispositif différentiel résiduel (DDR), également connu sous le nom de disjoncteur différentiel ou interrupteur différentiel, est un dispositif de protection utilisé dans les installations électriques pour détecter les courants de fuite à la terre. Son principe de fonctionnement repose sur la comparaison des courants entrants et sortants du circuit protégé.[24]-[26]

Le DDR est généralement installé dans le panneau de distribution électrique et est connecté aux conducteurs actifs (phases) et au conducteur neutre. Voici le principe de fonctionnement du DDR :

- Mesure du courant : Le DDR mesure en permanence la différence entre le courant entrant et le courant sortant du circuit. Il compare le courant qui circule sur les conducteurs actifs (phases) avec le courant qui retourne par le conducteur neutre.

- Équilibre des courants : Dans une situation normale, lorsque le courant entrant et le courant sortant sont équilibrés, cela signifie que le courant de chaque phase est équivalent au courant qui retourne par le neutre. Dans ce cas, le DDR reste en position fermée et l'alimentation électrique continue normalement.
- Détection des courants de fuite : Si un courant de fuite se produit, c'est-à-dire lorsque le courant de sortie diffère du courant d'entrée, le DDR détecte cette différence. Un courant de fuite indique qu'une partie du courant a trouvé un chemin alternatif vers la terre, comme à travers une personne ou un appareil défectueux.
- Déclenchement de l'interruption : Lorsque le DDR détecte une différence de courant significative, supérieure à une valeur prédéfinie appelée sensibilité, il réagit instantanément en ouvrant le circuit électrique, interrompant ainsi l'alimentation. Cela protège les personnes contre les risques de choc électrique liés à un défaut à la terre.

Le DDR est conçu pour être sensible aux courants de fuite très faibles, généralement de l'ordre des milliampères. Il offre une protection efficace contre les défauts à la terre et contribue à assurer la sécurité électrique des installations et des utilisateurs. [27]- [28]

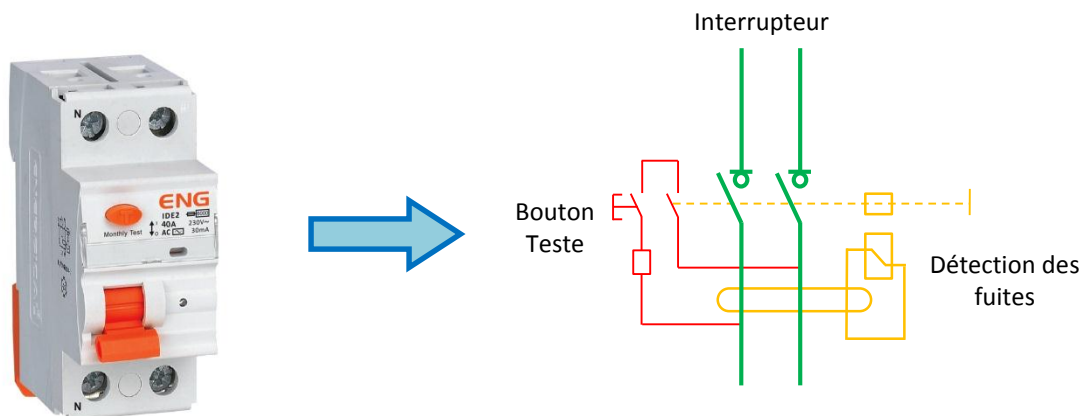


Fig.I.6 Schéma de fonctionnement de DDR

I.3.1 Sensibilité du DDR [29-30]

La sensibilité du DDR, ou dispositif différentiel résiduel, fait référence à la valeur de courant à partir de laquelle il réagit et déclenche l'interruption du circuit électrique. Cette sensibilité est exprimée en milliampères (mA).

La sensibilité typique d'un DDR varie généralement entre 10 mA et 30 mA, bien que des valeurs différentes puissent être utilisées en fonction des normes et des réglementations spécifiques de chaque pays.[31]

Une sensibilité plus faible signifie que le DDR est plus sensible aux courants de fuite et réagira plus rapidement pour interrompre l'alimentation en cas de défaut. Cela offre une meilleure protection contre les risques de choc électrique. Cependant, une sensibilité plus faible peut également entraîner des déclenchements intempestifs en présence de courants de fuite minimes et peut nécessiter une analyse plus approfondie des sources de courant de fuite dans l'installation électrique. [32]- [33]

Il est important de noter que la sensibilité du DDR doit être choisie en fonction des exigences spécifiques de l'installation électrique et des normes applicables. Les normes électriques locales fournissent des directives sur la sensibilité minimale recommandée pour différentes applications. Il est conseillé de faire appel à un électricien qualifié pour déterminer la sensibilité appropriée du DDR et effectuer l'installation conformément aux réglementations en vigueur.

I.4 Risque électrique

I.4.1 Définition du risque électrique

Le risque électrique fait référence aux dangers associés à l'utilisation de l'électricité. Il existe plusieurs types de risques électriques, notamment les chocs électriques, les brûlures électriques, les incendies électriques et les explosions électriques. Ces risques peuvent survenir dans différents environnements, tels que les domiciles, les lieux de travail, les installations industrielles, etc.[34]-[35]

I.4.2 Principales causes de risques électriques [36]-[37]

Contact direct avec une source d'électricité : Cela peut se produire lorsque quelqu'un touche un fil électrique sous tension, un appareil électrique défectueux ou une prise de courant mal isolée. Le contact direct avec une tension électrique peut entraîner un choc électrique, une électrocution ou des brûlures.

Contact indirect avec une source d'électricité : Ce type de contact se produit lorsque le corps d'une personne entre en contact avec un objet conducteur qui est sous tension, comme une carcasse d'appareil électrique défectueux ou une surface métallique non mise à la terre. Cela peut également entraîner un choc électrique ou une électrocution.

Court-circuit ou surcharge électrique : Un court-circuit se produit lorsque deux conducteurs électriques de polarités différentes entrent en contact, provoquant une

augmentation soudaine du courant électrique. Cela peut entraîner une surchauffe des fils, des câbles ou des appareils électriques, ce qui peut conduire à un incendie électrique.

Utilisation incorrecte d'équipements électriques : L'utilisation incorrecte d'appareils électriques, tels que l'utilisation de rallonges inadaptées, de fiches mal branchées, d'appareils électriques non conformes aux normes de sécurité, peut augmenter le risque d'incidents électriques.

I.4.3 Réduire le risque électrique [38]

Pour réduire le risque électrique, il est essentiel de prendre des mesures de sécurité appropriées, telles que :

- Utiliser des appareils électriques conformes aux normes de sécurité et les faire vérifier régulièrement.
- Ne pas surcharger les prises électriques en connectant trop d'appareils à une seule prise.
- Utiliser des prises de courant avec mise à la terre correcte.
- Éviter de toucher des fils électriques à mains nues ou lorsque vous êtes mouillé.
- Éteindre les appareils électriques lorsqu'ils ne sont pas utilisés.
- Éviter d'utiliser des appareils électriques dans des environnements humides ou mouillés.
- Éviter d'effectuer des réparations électriques complexes sans formation adéquate.

Il est également recommandé de faire appel à un électricien qualifié pour l'installation ou la réparation d'équipements électriques, et de se familiariser avec les consignes de sécurité spécifiques à votre domicile ou à votre lieu de travail. [39]

Il est important de prendre le risque électrique au sérieux, car les accidents électriques peuvent entraîner des blessures graves, voire la mort.

I.4.4 Risques de surtension sur les appareils électriques

Les risques de surtension sur les appareils électriques sont réels et peuvent endommager vos appareils ou même causer des incendies. Une surtension se produit lorsque la tension électrique dans le réseau électrique dépasse la valeur nominale pour une période donnée. Cela peut se produire en raison de plusieurs facteurs, tels que des tempêtes, des pannes de courant, des problèmes avec le réseau électrique ou des équipements électriques défectueux.

Lorsqu'une surtension se produit, elle peut endommager instantanément les appareils électroniques sensibles tels que les ordinateurs, les téléviseurs, les réfrigérateurs, les

climatiseurs, les chargeurs de téléphone, etc. Les circuits électriques internes de ces appareils peuvent être surchargés et provoquer des dommages permanents.[40]

I.3.4.1 Protection des appareil contre les surtensions [41]

Utilisation des para-surtenseurs : Les para-surtenseurs sont des dispositifs qui protègent les appareils contre les surtensions. Ils sont équipés de fusibles ou de varistances qui détournent l'excès de tension et protègent les appareils connectés. Assurez-vous d'utiliser des parasurtenseurs de qualité et de les installer correctement.

Utilisation des régulateurs de tension : Les régulateurs de tension sont des appareils qui maintiennent la tension électrique à un niveau stable. Ils peuvent être utiles dans les zones où les fluctuations de tension sont fréquentes.

Débranchement les appareils lors d'orages : Pendant un orage, il est recommandé de débrancher vos appareils électriques sensibles de la prise murale. Les surtensions peuvent être causées par la foudre ou les fluctuations dans le réseau électrique pendant les tempêtes.

il est conseillé de faire la vérification de système par un électricien qualifié. Un système électrique bien entretenu et correctement mis à la terre réduit les risques de surtension.

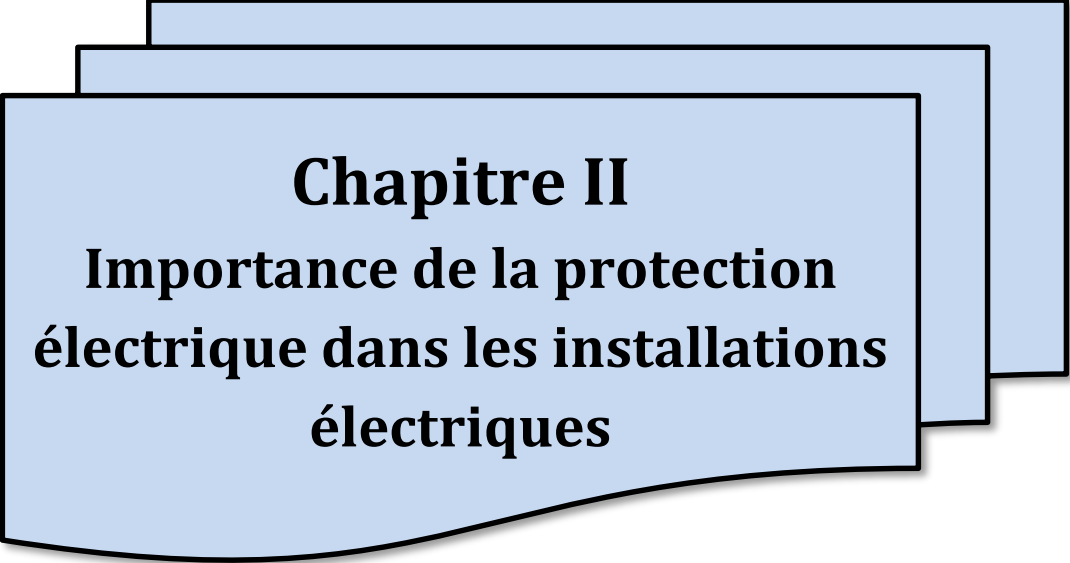
Il est important de noter que même en prenant ces mesures de précaution, il n'est pas possible d'éliminer complètement les risques de surtension. Cependant, en prenant des mesures de protection, vous pouvez réduire considérablement les risques d'endommagement de vos appareils électriques.[42]

I.5 Conclusion

Dans ce chapitre, les installations électriques ont été définies, ainsi que leurs composants et les types les plus importants. Les différents régimes de neutre ont également été expliqués, mettant en évidence les avantages et les inconvénients de chacun. De plus, les dispositifs de protection appropriés pour chaque régime de neutre ont été présentés. La protection et la prévention des risques électriques ont également été abordées.

Une attention particulière a été accordée au principe de fonctionnement du dispositif différentiel résiduel (DDR), qui est un élément crucial dans la sécurité des installations électriques. Son fonctionnement et sa sensibilité ont été expliqués en détail, en mettant en évidence la valeur de courant à partir de laquelle il réagit et déclenche l'interruption du circuit

électrique. Les normes et les réglementations applicables ont été mentionnées pour guider le choix de la sensibilité appropriée du DDR.



Chapitre II
Importance de la protection
électrique dans les installations
électriques

II.1 Introduction

La protection électrique revêt une importance capitale dans les installations électriques, que ce soit pour assurer la sécurité des personnes ou la préservation des équipements. Dans ce chapitre, nous mettons en évidence l'importance cruciale de la protection électrique et examinons les différents aspects liés à ce domaine[7-12].

Tout d'abord, nous abordons de manière générale l'importance de la protection électrique. Nous soulignons son rôle essentiel dans la prévention des accidents électriques et la réduction des risques pour les individus travaillant à proximité des installations électriques. Nous mettons également en avant l'impact positif de la protection électrique sur la durabilité et la fiabilité des systèmes électriques[15-18].

Ensuite, nous nous concentrons sur les points clés abordés dans ce chapitre. Nous explorons les perturbations de tension, qui constituent l'un des principaux défis dans les installations électriques. Nous examinons également les différentes techniques de protection contre ces perturbations, en mettant l'accent sur les dispositifs de protection contre les surtensions et les stabilisateurs de tension. Nous abordons également les surtensions dans les installations électriques et présentons le schéma de liaison à la terre de type TT, qui contribue à leur prévention[1,10,19].

De plus, nous présentons l'objectif de l'invention développée dans ce chapitre, en décrivant sa structure et son mécanisme. Nous détaillons ensuite les étapes de réalisation de cette invention, mettant en évidence son potentiel en termes de sécurité et de performance dans les installations électriques.

Enfin, nous procédons à une simulation de cette invention et analysons les résultats obtenus. Nous engageons une discussion approfondie pour évaluer l'efficacité de la solution proposée et ses implications dans le domaine de la protection électrique.

II.2. Perturbation de tension

Les perturbations de tension, également connues sous le nom de fluctuations de tension, se réfèrent aux variations indésirables de la tension électrique dans un système électrique. Ces variations peuvent se produire de différentes manières et peuvent avoir un impact négatif sur les appareils électriques et électroniques connectés au réseau électrique.

Les perturbations de tension peuvent être causées par différentes sources. Voici quelques-unes des sources courantes de perturbations de tension :

II.2.1. Commutation de charges : Lorsque de gros appareils électriques, tels que des moteurs ou des compresseurs, sont allumés ou éteints, ils peuvent provoquer des variations brusques de tension dans le réseau électrique.

II.2.2. Foudre : La foudre est une décharge électrique qui s'est accumulée dans les nuages vers la terre ou vers d'autres nuages. En effet, à l'intérieur du nuage, de violents courants d'air ascendants et descendants entraînent des collisions entre les molécules d'eau. Ces collisions créent des charges positives qui s'accumulent au sommet du nuage et des charges négatives qui s'accumulent à la base du nuage. La dissociation des charges dans le nuage orageux génère un champ électrique intense dans l'espace nuage-sol. Cela se traduira par des arcs électriques : la foudre, l'éclair

Les tempêtes électriques et les éclairs peuvent induire des perturbations de tension importantes dans les réseaux électriques, notamment des surtensions.



Fig. II.1 Décharge électrique

II.2.3. Défaillance du système de distribution électrique : Des problèmes techniques tels que des court-circuits, des pannes d'équipement ou des défauts d'isolement peuvent entraîner des perturbations de tension.

II.2.4. Fluctuations de charge : Lorsque la demande d'électricité varie rapidement, par exemple lorsqu'un grand nombre d'appareils sont allumés ou éteints simultanément, cela peut entraîner des variations transitoires de tension.

II.2.5 Perturbations électromagnétiques : Les interférences électromagnétiques provenant d'autres équipements électriques ou de sources extérieures, telles que les émissions radio ou les équipements de communication, peuvent perturber la qualité de la tension électrique.

Problèmes de qualité de l'alimentation électrique : Des variations de tension peuvent être causées par des problèmes de qualité de l'alimentation électrique fournie par le réseau électrique, tels que des harmoniques, des creux de tension ou des pics de tension.

II.3 Techniques de protection contre les perturbation du tension

Il existe plusieurs types d'appareils de protection contre les perturbations de tension. Voici quelques-uns des appareils couramment utilisés pour protéger les équipements contre les perturbations de tension :

II.3.1 Parafoudre

La mission principale du parafoudre est de limiter la surtension à un niveau "acceptable". Elle apparaît soit entre les pôles actifs (Phases/Neutre) et la terre (surtension mode commun), soit entre les pôles de phases et le neutre (surtension différentielle). Le mode d'action consiste à transformer une grande partie de cette surtension en un courant vers la terre ou vers le réseau. La surtension arrive jusqu'à l'équipement suivant deux modes:

- Par les câbles d'alimentation : une surtension induite ou directe apparaît sur le réseau de distribution.
- Par montée de potentiel de terre

Les surtensions dans l'installation électrique (schéma de liaison à la terre TT)

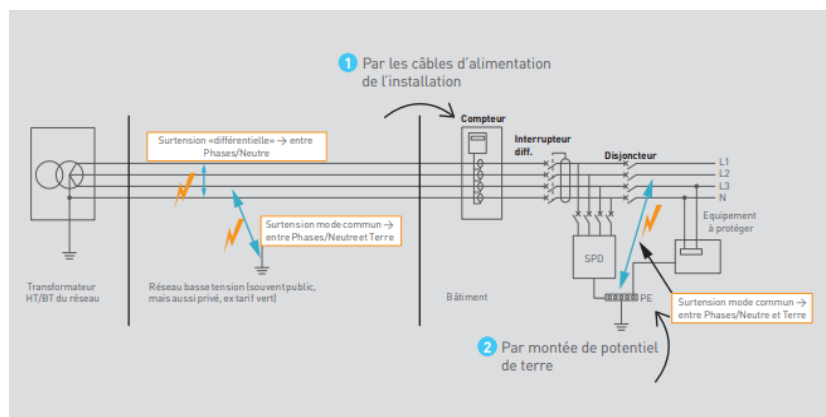


Fig.II.2 surtensions dans l'installation électrique

Le rôle du parafoudre est donc de limiter les surtensions, en évacuant cette énergie destructrice vers la terre. En cas de remontée de potentiel de terre, l'énergie est évacuée vers le réseau. Le parafoudre se comporte comme un interrupteur capable de se fermer uniquement pendant la surtension. Par exemple, entre les pôles actifs et la terre sur la courte période de

surtension, l'impédance devient très faible et se traduit par un fort courant de décharge selon la simple loi d'Ohm : surtension $U = I \times Z$ impédance. C'est pour cette raison que les parafoudres ont des capacités d'écoulement souvent exprimées en kA.

Les parafoudres sont alors installés en tête d'installation entre les pôles actifs du circuit de puissance et la terre.

Lorsque la tension est normale, le parafoudre ne laisse passer aucun courant.

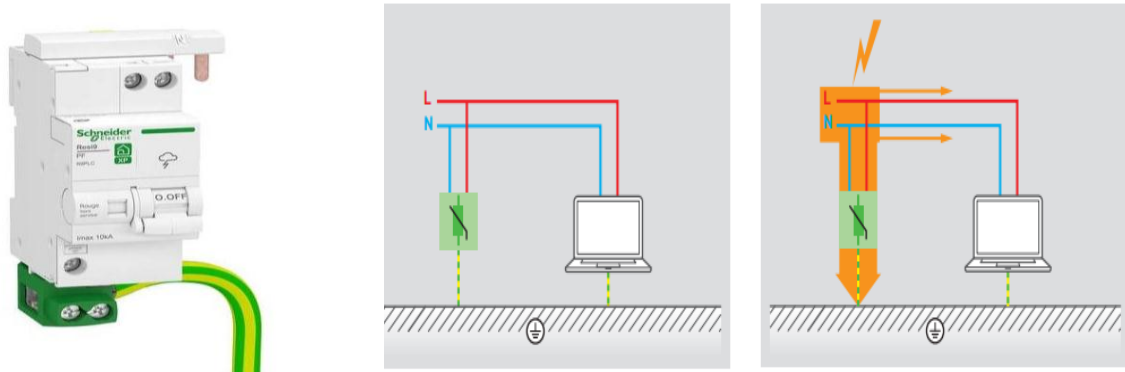


Fig.II.3 Parafoudre

II.3.2 Stabilisateur de tension

Un stabilisateur de tension, également connu sous le nom de régulateur de tension, est un appareil utilisé pour maintenir une tension stable et constante dans un système électrique. Son rôle principal est de protéger les équipements électriques sensibles des fluctuations de tension, qu'elles soient dues à des surtensions ou à des creux de tension.

Un stabilisateur de tension surveille en permanence la tension d'entrée provenant du réseau électrique et ajuste automatiquement la tension de sortie pour la maintenir dans une plage prédéfinie, généralement une tension nominale spécifiée (par exemple, 220 volts ou 110 volts). Il régule la tension en augmentant ou en diminuant le niveau de tension de sortie en fonction des variations détectées.

Les stabilisateurs de tension sont couramment utilisés dans les régions où l'alimentation électrique est sujette à des variations importantes, ce qui peut endommager les équipements sensibles tels que les ordinateurs, les appareils électroniques, les systèmes de climatisation, etc. Ils offrent une protection contre les surtensions, les sous-tensions, les fluctuations transitoires et les bruits électriques.

Les stabilisateurs de tension peuvent être disponibles dans différentes capacités, en fonction de la charge électrique requise. Ils sont généralement dotés de dispositifs de régulation électronique ou de transformateurs pour ajuster la tension de sortie.



Fig. II.4 Stabilisateur de tension

II.3.3. Dispositifs de coupure de surtension :

Les dispositifs de coupure de surtension sont des appareils utilisés pour détecter les surtensions dans un système électrique et couper l'alimentation électrique afin de protéger les équipements contre les dommages. Ils agissent rapidement pour isoler les appareils sensibles des surtensions potentiellement dangereuses.

Ces dispositifs de coupure de surtension sont essentiels pour prévenir les dommages causés par les surtensions et garantir la sécurité des équipements électriques.

II.4. Problématique

Les appareils électriques fonctionnent sous une tension spécifique, et toute augmentation ou diminution de tension représente un grand danger pour eux, ce qui peut entraîner leur endommagement. De nombreuses maisons contiennent des appareils électroménagers coûteux qui doivent être protégés des fluctuations électriques. En plus de l'importance cruciale du disjoncteur différentiel et de sa capacité à protéger contre les chocs électriques, le test de ces disjoncteurs nécessite un appareil spécial et une technique complexe qui ne sont pas à la portée de tous. Selon la norme NFC 15-100, la sensibilité admissible du disjoncteur différentiel est de 30 mA dans les ménages et de 300 mA dans les installations industrielles.

De nombreux appareils sont utilisés pour se protéger contre les surtensions ou les baisses de tension, tels que les stabilisateurs de tension, entre autres. Ces appareils se caractérisent par leur coût élevé, la complexité de leur installation et de leur fonctionnement. Ils ne sont pas non plus accessibles à tous. De plus, ils présentent une limitation importante, à savoir que les dispositifs de protection traditionnels sont souvent conçus pour protéger un seul appareil.

Cela a conduit à réfléchir à l'invention d'un dispositif qui compense l'utilisation de dispositifs de protection coûteux et de dispositifs de test de disponibilité des disjoncteurs différentiels, le tout intégré dans un seul dispositif, à faible coût et sans nécessiter de modifications. L'invention proposée permet de protéger tous les appareils simultanément.

II.5. L'objectif de l'invention

L'invention vise à fabriquer un dispositif qui protège les appareils électroménagers contre les perturbations de tension (surtension ou sous-tension) de manière efficace et facile à utiliser. De plus, elle comprend une fonctionnalité permettant de tester l'état des disjoncteurs différentiels sans nécessiter de modifications ou d'ajouts importants. Ce dispositif se présente sous la forme d'un petit appareil qui peut être installé sur n'importe quelle prise électrique faisant partie du circuit à protéger.

Le dispositif offre également la possibilité de se connecter à un smartphone via WiFi. Cela permet de modifier les paramètres de l'appareil selon les besoins grâce à une application dédiée.

II.6. Description de la structure et du mécanisme

Le dispositif de cloquage protège contre les surtensions ou les chutes de tension, ainsi que teste le disjoncteur différentiel. L'appareil s'appuie sur un capteur de tension précis et traite les informations via le contrôleur. En cas d'augmentation ou de diminution indésirable de la tension, le contrôleur envoie un signal au relais pour créer un courant de fuite, de sorte que le disjoncteur différentiel coupe le circuit, et l'appareil offre également la possibilité de tester les disjoncteurs différentiels. En plus du fait que l'appareil est connecté au Smartphone pour modifier ses paramètres au besoin. Le capteur de tension est connecté en parallèle avec le circuit, où ce dernier envoie en permanence la valeur réelle de la tension au microcontrôleur, ainsi que le capteur de courant est utilisé pour obtenir la valeur réelle de celle-ci, et le dispositif de protection est alimenté par le alimentation électrique, qui à son tour tire sa nutrition du même réseau. En cas d'augmentation ou de diminution soudaine de la tension, le microcontrôleur envoie un signal au relais, qui à son tour ferme son disjoncteur, et la phase est reliée à la terre à travers une résistance ($R = 800 \text{ Ohm}$) qui permet le passage d'une valeur de courant de 300 mA (plus ou égale à la sensibilité du coupeur différentiel) Le courant dit de fuite est produit, et le coupeur différentiel sépare le circuit à un instant ne dépassant pas 50ms, garantissant ainsi que tous les appareils sont protégé des fluctuations de tension, Ensuite, les résultats obtenus sont affichés dans l'application.

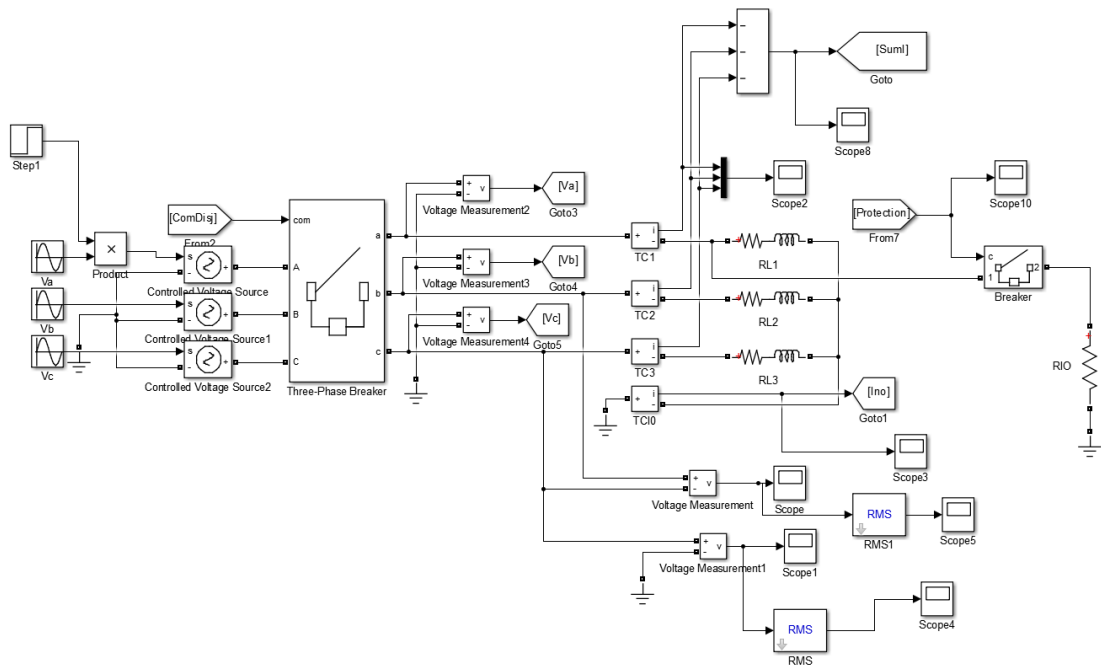


Fig. II.6: Réseau et charge triphasée du système étudié

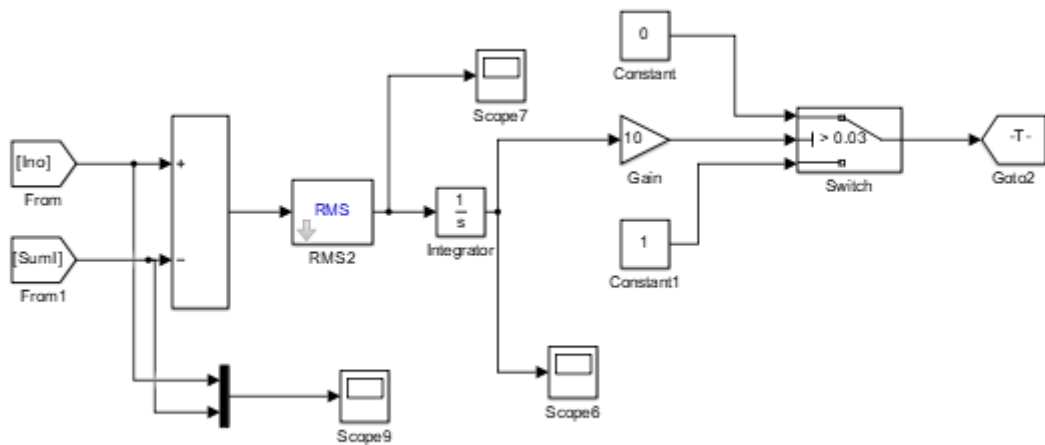


Fig. II.7: Simulation de système de protection différentielle

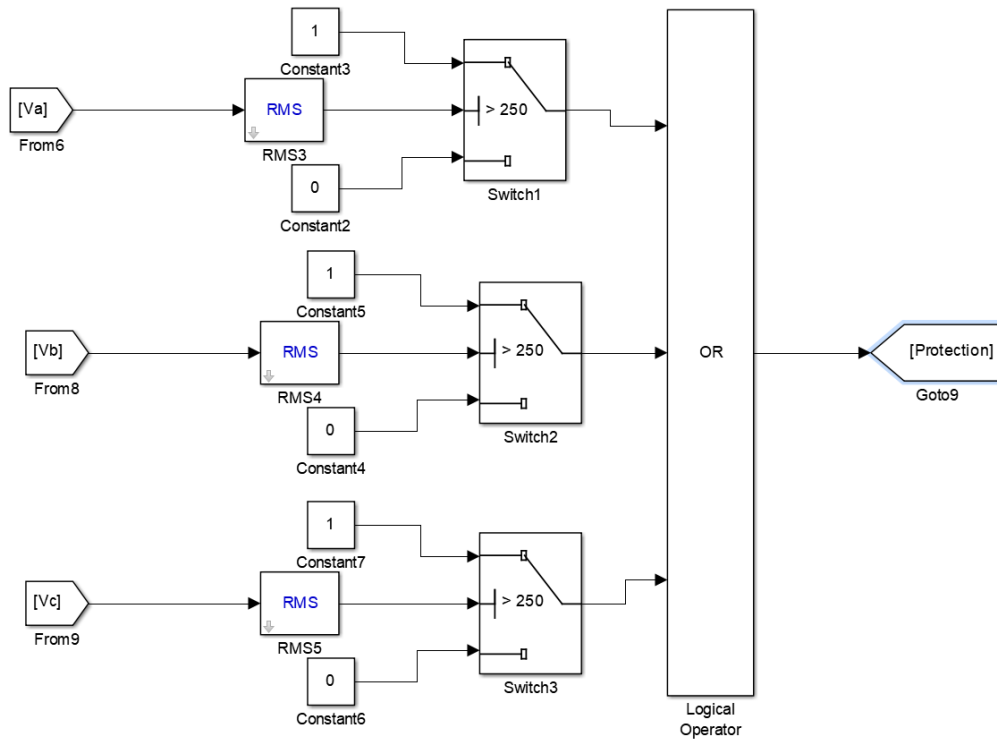


Fig. II.8: Simulation du système proposé de protection contre les surtensions

Résultats et discussion de la simulation

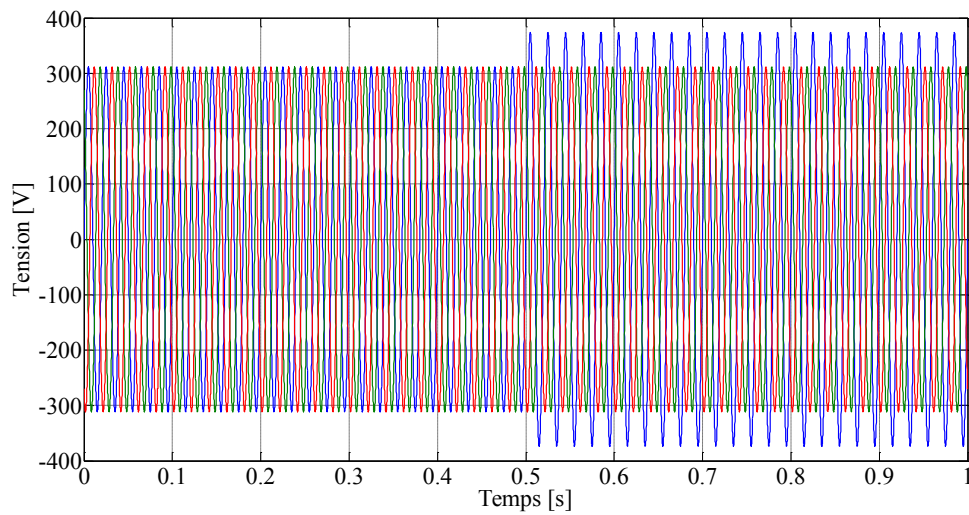


Fig. II.9: Tension du réseau électrique

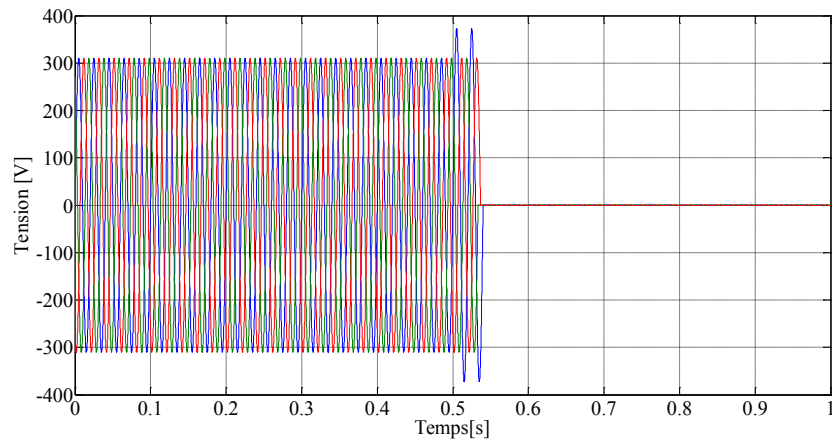


Fig. II.10: Tension de la charge

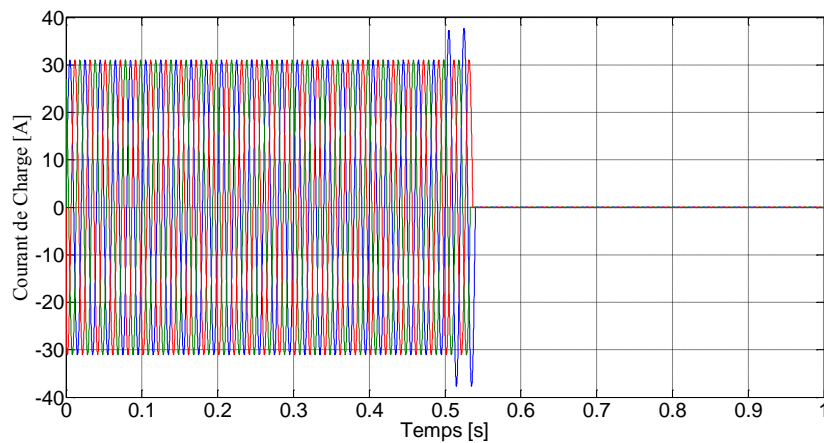


Fig. II.11: Courant de la charge

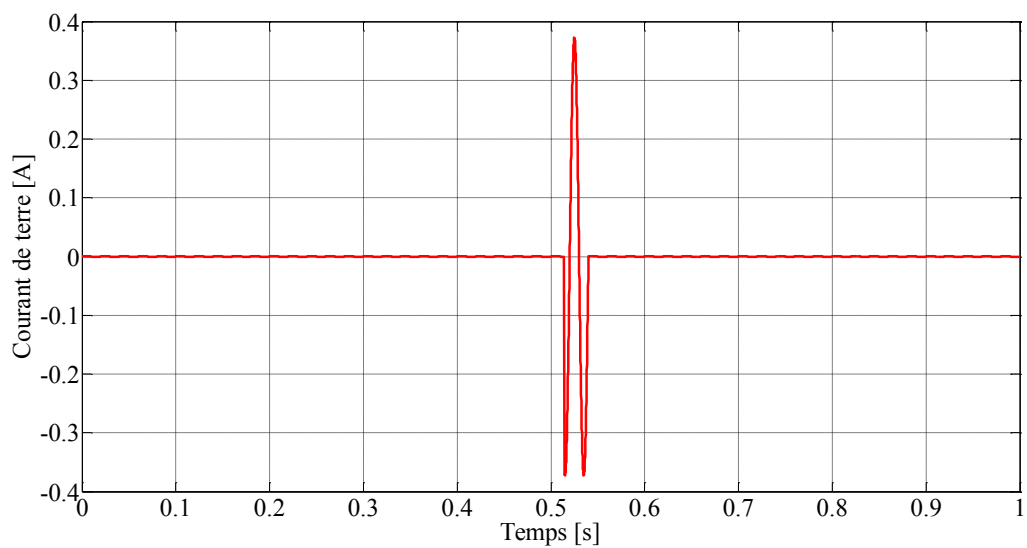


Fig. II.12: Courant de terre pour la protection

La simulation a porté sur un système inventé dans le but de protéger les appareils contre les variations de tension, qu'elles soient à la hausse ou à la baisse. La simulation a été réalisée à l'aide de MATLAB.

Une augmentation de tension a été activée à 0,5 seconde, et la réponse du système s'est produite en créant une fuite de courant vers la terre pour activer la protection contre le courant différentiel. Ainsi, la protection contre l'augmentation de tension a été assurée.

Voici une explication de chaque graphique individuellement, concernant les titres des graphiques de la simulation dans MATLAB :

Fig. II.6 : Réseau et charge triphasée du système étudié

Ce graphique représente la simulation du système de tension du système étudié, en relation avec un disjoncteur différentiel et une résistance pour le courant de fuite, afin d'activer la protection lorsque cela est nécessaire.

Fig. II.7 : Simulation de système de protection différentielle

Ce graphique représente la simulation de la protection contre le courant de fuite du système étudié.

Fig. II.8 : Simulation du système proposé de protection contre les surtensions

Ce graphique représente la simulation du système proposé pour la protection contre les variations de tension en utilisant le courant de fuite du système étudié.

Fig. II.9 : Tension du réseau électrique

Ce graphique représente la tension du réseau électrique, et on observe une augmentation de tension à 0,5 seconde.

Fig. II.10 : Tension de la charge

Ce graphique représente la tension de la charge, et on observe qu'elle est interrompue à 0,5 seconde, ce qui est dû à l'activation de la protection et à l'efficacité du système proposé.

Fig. II.11 : Courant de la charge

Ce graphique représente le courant de la charge, et on observe qu'il est interrompu à 0,5 seconde, ce qui est dû à l'activation de la protection et à l'efficacité du système proposé.

Fig. II.12 : Courant de terre pour la protection

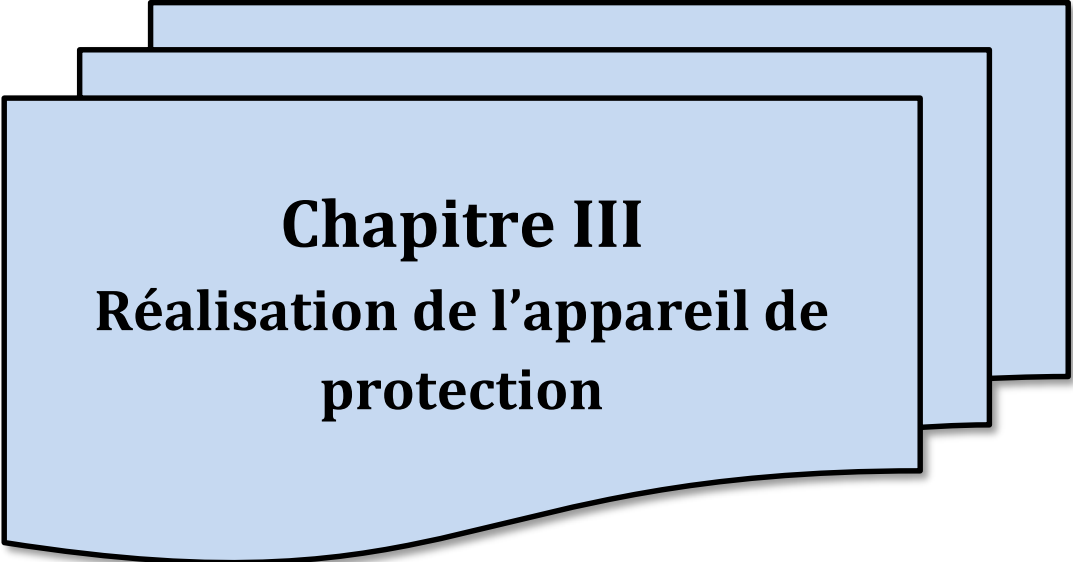
Ce graphique représente le courant de fuite intentionnel pour activer la protection différentielle à 0,5 seconde, et cela est dû à l'activation de la protection et à l'efficacité du système proposé.

II.9. Conclusion

Le chapitre se concentre sur l'importance cruciale de la protection électrique dans les installations électriques. Il aborde les perturbations de tension et les risques qu'elles peuvent engendrer. Différentes techniques de protection sont discutées, notamment la protection contre les surtensions, avec l'introduction d'un schéma de liaison à la terre de type TT. Un stabilisateur de tension est également présenté comme une solution pour maintenir une tension stable dans le système électrique.

L'objectif de l'invention est de développer un système de protection efficace contre les variations de tension. La structure et le mécanisme de ce système sont décrits en détail, et les étapes de réalisation sont expliquées. Une simulation est réalisée pour évaluer l'efficacité du système proposé. Les résultats de la simulation sont ensuite discutés, mettant en évidence l'importance de mettre en place des mesures de protection adéquates pour assurer la fiabilité et la sécurité des installations électriques.

En résumé, ce chapitre souligne l'importance primordiale de la protection électrique dans les installations électriques. Il examine les perturbations de tension, les techniques de protection, le stabilisateur de tension, l'objectif de l'invention, la structure et le mécanisme du système proposé, les étapes de réalisation et les résultats de la simulation, mettant en évidence la nécessité de garantir des mesures de protection adéquates pour maintenir la fiabilité et la sécurité des installations électriques.



Chapitre III
Réalisation de l'appareil de
protection

III.1. Introduction

Les dispositifs électriques fonctionnent sous une tension spécifique, et toute fluctuation de tension, qu'elle soit à la hausse ou à la baisse, présente un danger majeur pour eux, pouvant entraîner leur détérioration. De nombreux foyers possèdent des appareils coûteux, ce qui nécessite de les protéger contre les fluctuations électriques. En plus de l'importance cruciale de la prise de terre pour se prémunir contre les chocs électriques, la mesure de la résistance de mise à la terre et la vérification de la sûreté et de la disponibilité du disjoncteur différentiel requièrent des équipements spécifiques et une technologie complexe qui ne sont pas accessibles à tous. Selon la norme NFC 15-100, la résistance de mise à la terre autorisée est de 10 ohms ou moins.

De nombreux dispositifs sont utilisés pour protéger contre les fluctuations de tension, tels que les régulateurs de tension, entre autres. Ces dispositifs se distinguent par leur coût élevé, leur complexité et leur méthode d'installation, et ils ne sont pas disponibles pour tout le monde. De plus, ils présentent un défaut important, à savoir que les dispositifs de protection traditionnels sont souvent conçus pour protéger une partie électrique spécifique et non universelle, en plus de ne pas disposer de la technologie IoT (Internet des objets).

Cela a donc nécessité de réfléchir à l'invention d'un appareil qui soit conforme aux technologies modernes, en utilisant des appareils intelligents pour remplacer les dispositifs de protection coûteux, et en intégrant un testeur de sécurité du disjoncteur différentiel dans un seul appareil, à faible coût et sans aucune modification. De plus, l'invention proposée permet de protéger tous les appareils en un seul.

III.2. Problématique et Idée :

La protection intelligente des appareils électriques : un dispositif pour protéger les appareils électriques contre les fluctuations de tension

Notre domaine d'activité consiste à protéger les appareils électriques contre les fluctuations de tension. Nous avons remarqué que les appareils électriques sont souvent exposés à des fluctuations dans la tension électrique, et de nombreux foyers ne disposent pas de dispositifs de protection en raison de leur coût élevé ou de la difficulté de les installer.

Face à ce problème, nous avons décidé de concevoir un dispositif de protection avancé qui protège les appareils électriques contre les fluctuations de tension soudaines, qu'il s'agisse

d'une augmentation ou d'une diminution de la tension. Cela sera réalisé grâce à l'invention d'un dispositif moderne utilisant les dernières technologies.

Notre dispositif se distingue par sa facilité d'utilisation et d'installation. Il ne nécessite pas l'intervention d'un spécialiste ou d'un technicien qualifié, il suffit de le brancher sur la prise électrique. Le dispositif protège efficacement et de manière fiable les appareils électriques dans les foyers.

III.3. Les objectifs du projet:

Nous visons à faire du produit une alternative économique et fiable en tant que dispositif de protection contre les fluctuations de tension électrique pour différentes installations électriques résidentielles et agricoles. Grâce à sa facilité de fabrication et à son efficacité, le projet peut être présenté à des entreprises ou à des investisseurs dans le domaine de l'industrie pour assurer la fabrication et la commercialisation du produit avec un taux de rentabilité convenu.

III.4. Le dispositif proposé:

Un dispositif intelligent qui protège les appareils électriques contre les fluctuations soudaines de tension, tout en testant la fonctionnalité du disjoncteur différentiel.

Les dispositifs de protection électrique sont parmi les dispositifs les plus importants utilisés dans l'industrie ou dans les circuits domestiques. Avec la technologie moderne et la quatrième révolution industrielle, il est devenu essentiel d'inventer des dispositifs de protection, de mesure électrique et de les connecter à des appareils intelligents, en particulier dans les applications de maisons intelligentes. Ce modèle contient une idée d'invention qui intègre un dispositif de protection contre les fluctuations de tension électrique avec la mesure de l'efficacité de la prise de terre. Cela permet tout d'abord de protéger les appareils électriques contre les hautes et basses tensions, tout en protégeant indirectement les personnes en alertant l'utilisateur de l'état de la prise de terre pour garantir son efficacité. Ce dispositif utilise la technologie de communication sans fil avec les appareils intelligents pour envoyer et recevoir des données afin d'afficher des informations sur le circuit électrique et d'envoyer les paramètres appropriés au dispositif.

✓ *Domaine technique du dispositif proposé:*

Cette invention appartient au domaine de l'électricité, de la technologie industrielle et de l'Internet des objets (IoT), où le dispositif protège les appareils électriques contre les fluctuations soudaines de tension.

✓ *État antérieur de la technique :*

Les appareils électriques fonctionnent sous une tension spécifique, et toute augmentation ou diminution de tension présente un grand danger pour eux, pouvant entraîner leur endommagement. De nombreux foyers disposent d'appareils coûteux qui nécessitent une protection contre les fluctuations électriques. De plus, l'importance de la prise de terre dans la protection contre les chocs électriques nécessite un appareil spécifique et une technologie complexe qui ne sont pas accessibles à tous. Selon la norme NFC 15-100, la résistance de la prise de terre autorisée est de 10 ohms ou moins. De nombreux dispositifs de protection contre les hautes et basses tensions sont utilisés, tels que les régulateurs de tension, mais ces dispositifs se distinguent par leur coût élevé, leur complexité et leur méthode d'installation, et ne sont pas accessibles à tous. De plus, ces dispositifs de protection traditionnels ont souvent pour objectif de protéger une partie spécifique de l'électricité, plutôt que de couvrir de manière globale. De plus, ces dispositifs ne disposent pas de la technologie IoT.

Il est donc nécessaire de penser à inventer un dispositif qui soit conforme à la technologie moderne, utilisant des appareils intelligents pour remplacer les dispositifs de protection coûteux et les dispositifs de mesure de résistance de la prise de terre, le tout intégré dans un seul appareil, à un coût abordable et sans aucune modification. De plus, l'invention proposée permet de protéger tous les appareils en une seule fois. Le brevet CN204376374U révèle un dispositif de protection contre les fuites électriques. Le brevet US20140293493A1 ré.

Le brevet US20140293493A1 révèle un dispositif de protection contre les surtensions capable de protéger la ligne d'alimentation électrique, y compris une diode de coupure en parallèle, un interrupteur contrôlé et un circuit de commande de l'interrupteur.

Ce qui distingue l'invention proposée, c'est qu'elle est en phase avec la technologie moderne en termes d'utilisation et de facilité d'utilisation. Elle ne nécessite pas l'intervention d'un expert ou d'un spécialiste pour être utilisée, il suffit simplement de la placer dans la prise électrique pour assurer les fonctions de protection et de mesure de la qualité facilement, et envoyer toutes les informations liées à la protection contre les surtensions et à l'état de la mise à la terre.

Ce dispositif se distingue par sa compatibilité avec les avancées technologiques en termes d'exploitation et de facilité d'utilisation. Il ne requiert pas l'intervention d'un expert ou d'un spécialiste pour son utilisation. Il suffit de le brancher dans la prise électrique pour qu'il assure les fonctions de protection et de mesure de la qualité facilement, en envoyant toutes les informations relatives à la protection contre les surtensions et à l'état de la mise à la terre.

III.5. L'objectif de l'appareil:

L'invention vise à créer un appareil qui protège les appareils électriques contre les fluctuations soudaines de tension, tout en ajoutant une fonctionnalité permettant de mesurer la résistance de la mise à la terre de manière efficace et facile à utiliser, en exploitant les techniques de communication modernes. Cela se fait de manière économique, sans nécessiter de modifications ou d'ajouts aux circuits électriques existants. Un petit appareil est installé sur n'importe quelle prise électrique associée au circuit à protéger, puis l'appareil est connecté à un smartphone via Wi-Fi pour afficher les résultats et l'état du circuit électrique. Les paramètres de l'appareil peuvent également être modifiés selon les besoins à partir d'une application installée sur un appareil intelligent.

III.6. Principe de base de l'appareil proposé:

L'appareil proposé fonctionne en protégeant contre les fluctuations de tension, en utilisant un capteur de tension précis (5) et en traitant les informations par le biais d'un contrôleur. En cas de variation indésirable de tension, le contrôleur envoie un signal au relais (3) pour créer un courant de fuite (7), puis le disjoncteur différentiel (2) déjà présent dans le circuit coupe le circuit et envoie sans fil les informations à un appareil intelligent pour afficher l'état et la cause de la coupure de courant.

Le capteur de tension est connecté en parallèle avec le circuit, qui envoie en permanence la valeur réelle de la tension au contrôleur précis. L'alimentation de l'appareil de protection est assurée par une alimentation qui, à son tour, est alimentée par le même réseau électrique en cas de tension disponible. Une batterie peut également être ajoutée pour assurer la continuité de la connexion en cas de coupure de courant. En cas de fluctuation soudaine de tension, le contrôleur précis envoie un signal au relais, qui à son tour ferme son interrupteur, connectant la phase à la terre via une résistance ($R = 800 \text{ Ohm}$) permettant le passage d'un courant d'une valeur de 300 milliampères (égal ou supérieur à la sensibilité du disjoncteur différentiel). Cela génère ce qu'on appelle un courant de fuite. Le disjoncteur différentiel coupe le circuit en moins de 50 millisecondes, assurant ainsi la protection des appareils contre

les fluctuations de tension, et envoie toutes les données à l'application intelligente pour les afficher à l'utilisateur.

En ce qui concerne la mise à la terre, elle est mesurée en utilisant la valeur du courant et de la tension mesurées, en prenant en compte la résistance ajoutée dans l'appareil. La résistance de la mise à la terre peut être calculée en utilisant la loi d'Ohm. Cela se fait après l'envoi des données des capteurs à l'application intelligente via le modèle de communication (9), qui analyse les données et affiche les résultats.

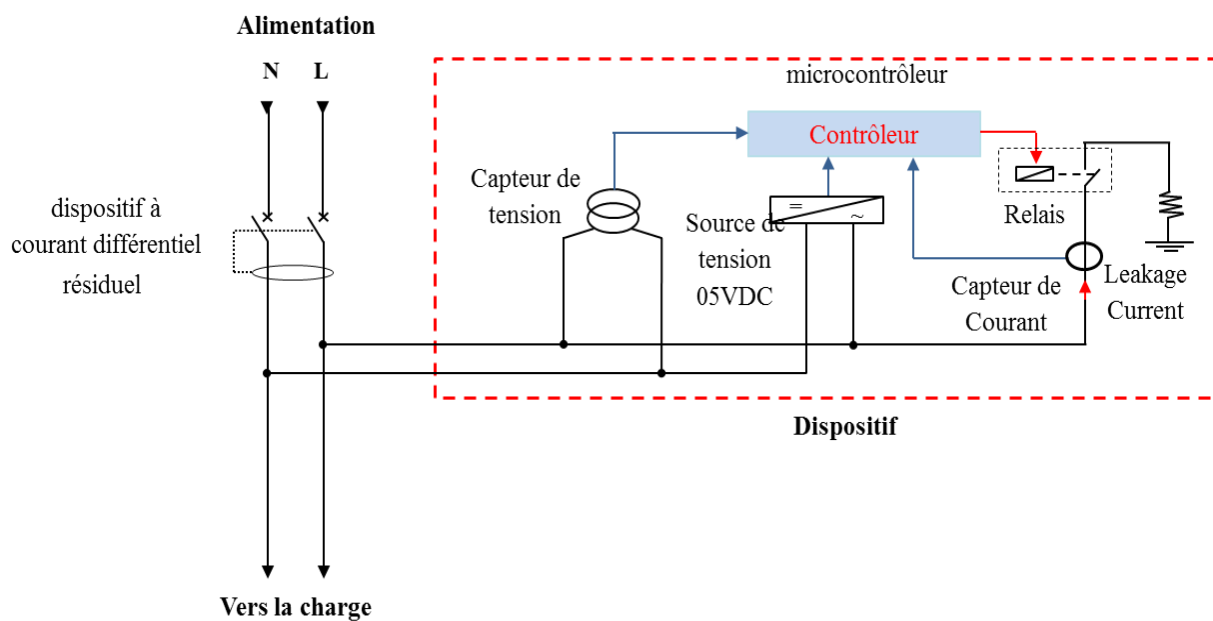


Fig. III.1: La base de l'appareil proposé



Fig. III.2: Conception proposée du prototype

Schéma d'un dispositif illustrant les composants:

- ✓ Le microcontrôleur.
- ✓ Le disjoncteur différentiel est un dispositif utilisé dans les circuits électriques pour protéger les équipements électriques et les personnes contre les surintensités et les défauts électriques. Il fonctionne en surveillant le courant d'entrée et de sortie dans le circuit électrique. S'il y a une différence de courant entre l'entrée et la sortie, il coupe automatiquement le circuit pour éviter tout dommage. C'est le dispositif utilisé pour déconnecter les appareils du réseau en cas de surtension ou de sous-tension. De plus, l'inventeur du dispositif teste ce disjoncteur différentiel pour s'assurer de sa capacité à protéger les personnes et les appareils contre les courants de fuite.
- ✓ Le relais est un élément électromécanique qui permet d'ouvrir et de fermer ses propres contacts en appliquant une tension alternative ou continue à ses bornes, selon le type d'alimentation approprié. Dans notre appareil, le relais reçoit le signal du microcontrôleur pour fermer le disjoncteur qui, à son tour, génère une simulation de courant de fuite pour activer le disjoncteur différentiel et déconnecter le circuit à protéger du réseau.
- ✓ L'alimentation en courant continu est un transformateur alternatif/continu de 12 volts utilisé pour alimenter le microcontrôleur, la bobine du relais et charger la batterie de l'appareil afin de surveiller l'état du réseau même en cas de coupure d'alimentation.
- ✓ Le capteur de tension est un dispositif connecté en parallèle avec le point où la tension doit être mesurée. Il capture la valeur de tension et la convertit en une valeur réduite qui peut être traitée. Dans notre appareil, le capteur de tension mesure la tension à chaque instant et l'envoie au microcontrôleur pour surveiller toute fluctuation de tension. En fonction de ces valeurs, le microcontrôleur garantit la protection des appareils contre les fluctuations électriques.
- ✓ La résistance de liaison à la prise de terre est une résistance de 800 ohms utilisée pour limiter le courant de fuite à une valeur proche de 300 milliampères, dans le but de protéger les conducteurs électriques. Le courant de fuite est également contrôlé.
- ✓ Le courant de fuite est le courant électrique qui s'échappe d'un circuit électrique ou d'un appareil vers la terre ou un autre chemin électrique non souhaité. Dans notre appareil, nous le mesurons lorsque nous devons tester le disjoncteur différentiel pour nous assurer de sa conformité aux normes requises. De plus, l'appareil génère un courant de fuite simulé pour que le disjoncteur différentiel déconnecte le réseau et protège les appareils.

- ✓ Le capteur de courant est un dispositif connecté en série avec le point où le courant doit être mesuré. Il capture la valeur du courant et la convertit en une valeur réduite qui peut être traitée. Dans notre appareil, le capteur de courant mesure le courant lors du test de sécurité du disjoncteur différentiel. Il génère un courant de fuite simulé, qui est ensuite capturé par le capteur de courant. Cette valeur est ensuite transmise au microcontrôleur, qui stocke les informations et les affiche sur l'écran du smartphone via l'application dédiée.
- ✓ Le modèle de communication sans fil permet de connecter le dispositif innovant à un smartphone via Wi-Fi ou Bluetooth. Cela permet d'afficher les informations sur l'écran du téléphone et de contrôler l'appareil uniquement à travers l'interface de l'application.

Le dispositif de protection contre les variations de tension, à savoir les surtensions ou les baisses de tension, repose sur un capteur de tension précis qui traite les informations via un contrôleur. En cas de surtension ou de baisse indésirable de la tension, le contrôleur envoie un signal au relais pour créer un courant de fuite. Le disjoncteur différentiel déjà présent dans le circuit coupe alors le circuit, puis envoie les informations sans fil à un appareil intelligent pour afficher l'état et la raison de la coupure de courant.

Le capteur de tension est connecté en parallèle avec le circuit, ce dernier envoie en permanence la valeur réelle de la tension au contrôleur précis. De plus, l'alimentation du dispositif de protection est assurée par une alimentation électrique qui est elle-même alimentée par le réseau électrique en cas de tension disponible. Une batterie peut être ajoutée pour garantir la continuité de la communication en cas de coupure de courant. En cas de surtension ou de baisse soudaine de la tension, le contrôleur précis envoie un signal au relais qui, à son tour, ferme son disjoncteur spécial. Cela permet de connecter la phase à la terre via une résistance ($R = 800 \text{ Ohm}$) qui permet le passage d'un courant d'une valeur de 300 milliampères (supérieure ou égale à la sensibilité du disjoncteur différentiel). Cela entraîne ce qu'on appelle un courant de fuite. Le disjoncteur différentiel coupe le circuit en moins de 50 millisecondes, garantissant ainsi la protection des appareils contre les fluctuations de tension. Toutes les données sont ensuite envoyées à l'application intelligente pour afficher toutes les informations à l'utilisateur.

En ce qui concerne la prise de terre, elle est mesurée en fonction de la valeur du courant et de la tension mesurés, en prenant en compte la résistance ajoutée dans le dispositif. Il est possible de calculer la résistance de la prise de terre en utilisant la loi d'Ohm. Cela se fait après l'envoi des données des capteurs à l'application intelligente via un modèle de communication qui analyse les données et affiche les résultats.

III.7. Les étapes de réalisation de l'appareil :

- **Conception et connexion du capteur de tension** : Un capteur de tension est créé en utilisant la technologie d'isolation galvanique, puis il est connecté au microcontrôleur précis. Ce dernier mesure avec précision la tension et l'envoie au microprocesseur.
- **Conception et création du capteur de courant** : Un capteur de courant est créé en utilisant la technologie d'isolation galvanique, puis il est connecté au microcontrôleur précis. Ce dernier mesure avec précision le courant et l'envoie au microprocesseur.
- **Conception de l'application** : Programmation d'une application spécifique pour le dispositif intelligent, permettant de définir le seuil de protection, le temps de coupure, ainsi que d'afficher tous les réglages et résultats liés à la prise de terre.
- **Programmation du processeur de données** : Le microprocesseur est programmé pour traiter les données et envoyer un signal au relais afin de couper le circuit si nécessaire, tout en envoyant les données à l'application installée sur le téléphone intelligent via un modèle de connexion sans fil.
- **Fourniture de l'alimentation électrique** : Une alimentation électrique (220AC/05VDC) est fournie, permettant d'alimenter le microcontrôleur à partir du réseau électrique, avec la possibilité de se connecter à une batterie pour assurer la communication avec le dispositif intelligent en cas de coupure de courant.
- **Prototype initial expérimental**: Le prototype initial expérimental est une première version fabriquée dans le laboratoire de l'incubateur d'entreprises de l'Université d'El-Oued, servant de base pour le développement du produit final.

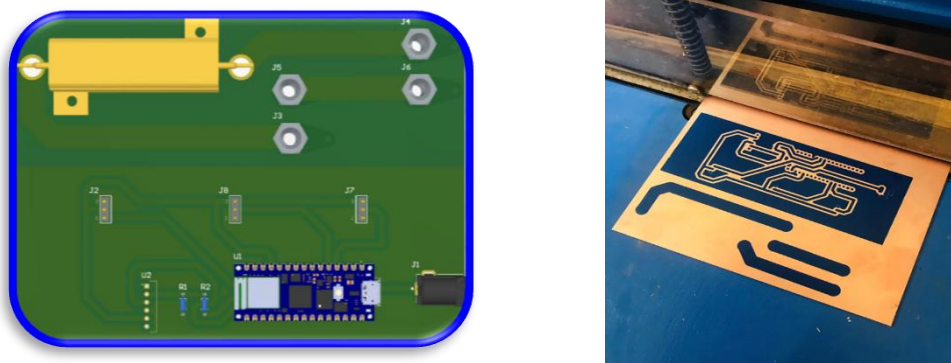


Fig. III.3: Désigne et conception de carte électroniques

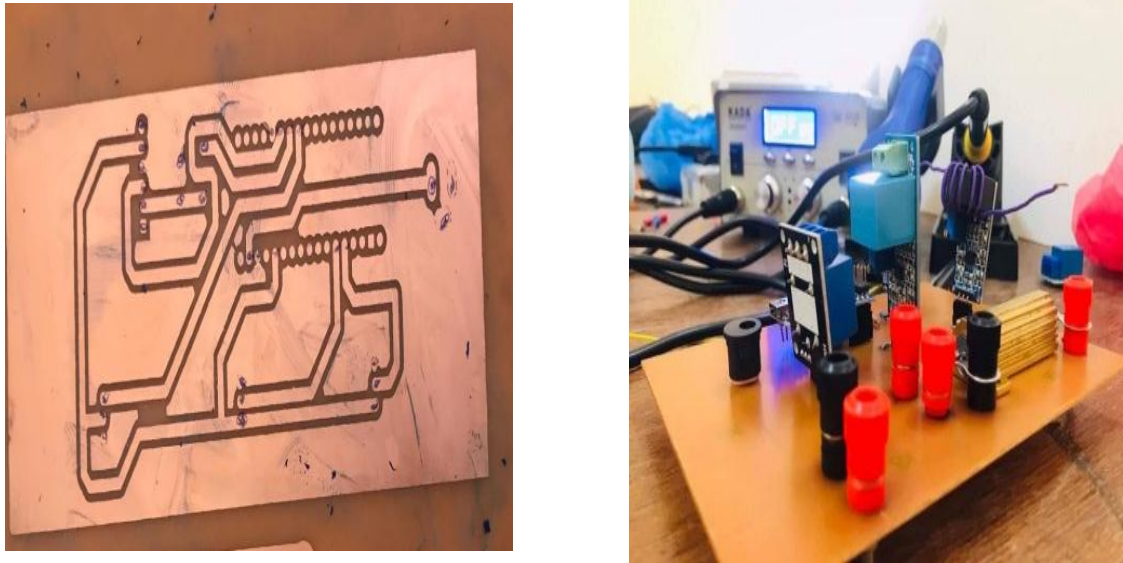


Fig. III.4: Perçage et soudure des composants électroniques

Le "perçage et soudure des composants électroniques" fait référence à deux étapes essentielles du processus de fabrication des cartes électroniques.

Perçage : Lors de la conception d'une carte électronique, il est souvent nécessaire de percer des trous dans la plaque de circuit imprimé. Ces trous servent à accueillir les broches ou les pattes des composants électroniques tels que les résistances, les condensateurs, les transistors, etc. Le perçage est réalisé à l'aide d'une perceuse spéciale ou d'une machine de perçage automatisée. La précision et l'alignement des trous sont cruciaux pour assurer une connexion correcte des composants sur la carte.

Soudure : Une fois que les composants électroniques sont placés dans les trous de la carte, la prochaine étape consiste à les souder. La soudure est un processus qui implique la fusion d'un matériau métallique (soudure) pour créer une connexion électrique solide entre les composants et les pistes conductrices de la carte. Cela se fait généralement en appliquant de la chaleur à la soudure à l'aide d'un fer à souder, ce qui provoque la fusion et l'adhésion de la soudure aux broches des composants et aux pistes de la carte.

L'objectif du perçage et de la soudure des composants électroniques est de permettre la connexion électrique fiable et stable entre les différents éléments de la carte électronique, ce qui permet le bon fonctionnement du circuit.

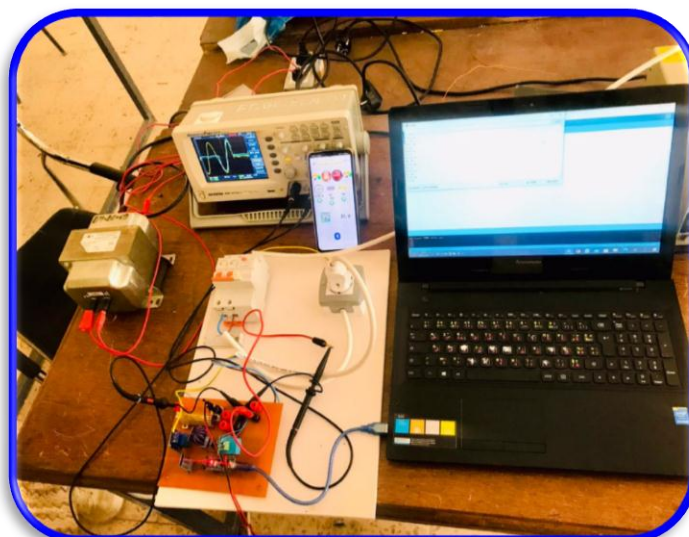


Fig. III.5: Banc d'essai pour tester les performances de l'appareil

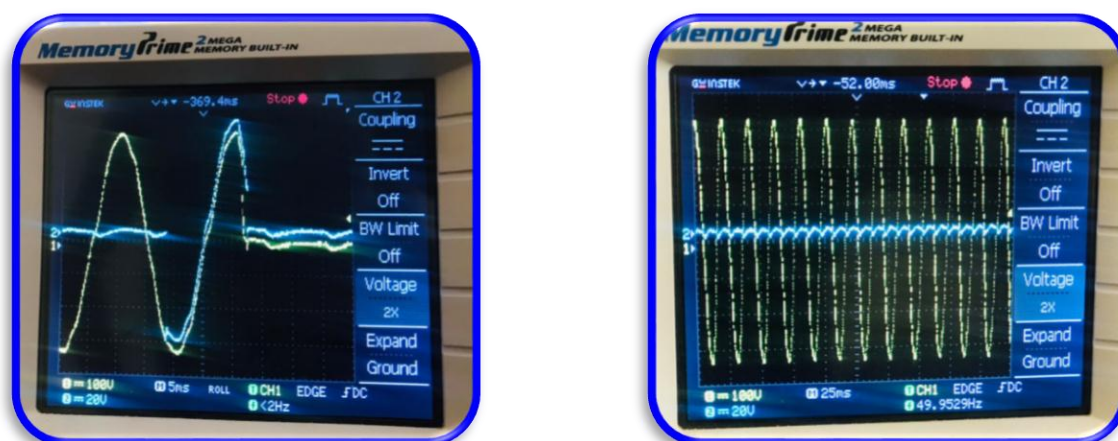


Fig. III.6: le test de coupure en cas de surtension

Les bancs d'essais sont utilisés pour tester et évaluer les performances des dispositifs mentionnés tels que l'oscilloscope, le microcontrôleur, le disjoncteur différentiel, le relais, l'alimentation en courant continu, le capteur de tension, la résistance de liaison à la prise de terre, le courant de fuite, le capteur de courant et le modèle de communication sans fil. Voici une explication de chaque dispositif et de son rôle dans le banc d'essai:

- **L'oscilloscope** : C'est un instrument de mesure électronique utilisé pour visualiser et analyser les signaux électriques. Dans le banc d'essai, l'oscilloscope peut être utilisé pour surveiller et mesurer les formes d'onde des signaux électriques générés lors des tests.
- **Le microcontrôleur** : C'est un composant électronique programmable qui exécute des instructions spécifiques et contrôle le fonctionnement d'autres composants. Dans le banc d'essai, le microcontrôleur joue un rôle central dans le contrôle et la coordination des différents éléments du dispositif, tels que le relais et le capteur de courant.

- **Le disjoncteur différentiel** : Il s'agit d'un dispositif de protection qui détecte les courants de fuite et interrompt automatiquement le circuit en cas de surintensité ou de défaut électrique. Dans le banc d'essai, le disjoncteur différentiel est testé pour s'assurer de sa capacité à réagir et à protéger contre les courants de fuite simulés.
- **Le relais** : C'est un composant électromécanique qui permet d'ouvrir ou de fermer des contacts en réponse à un signal électrique. Dans le banc d'essai, le relais est contrôlé par le microcontrôleur pour activer ou désactiver le disjoncteur différentiel, simulant ainsi les conditions de coupure lors de surtensions.
- **L'alimentation en courant continu** : C'est un transformateur qui convertit l'électricité alternative en courant continu. Dans le banc d'essai, elle fournit une alimentation stable pour le fonctionnement du microcontrôleur, de la bobine du relais et pour charger la batterie de l'appareil.
- **Le capteur de tension** : Il mesure la tension électrique à un endroit spécifique du circuit. Dans le banc d'essai, le capteur de tension surveille les fluctuations de tension et envoie les informations au microcontrôleur pour prendre des mesures de protection appropriées.
- **La résistance de liaison à la prise de terre** : Elle est utilisée pour limiter le courant de fuite et protéger les conducteurs électriques. Dans le banc d'essai, elle est intégrée pour maintenir le courant de fuite à une valeur spécifique, permettant ainsi des tests de conformité.
- **Le courant de fuite** : Il s'agit du courant qui s'échappe d'un circuit électrique vers la terre ou un autre chemin non désiré. Dans le banc d'essai, le courant de fuite est mesuré et généré de manière contrôlée pour tester la réaction du disjoncteur différentiel.

Le test de coupure en cas de surtension est une étape cruciale dans l'évaluation de la performance et de la qualité des dispositifs de protection tels que les disjoncteurs différentiels. Ce test vise à simuler des conditions de surtension potentiellement dangereuses pour vérifier la réaction du dispositif de protection. Des générateurs de surtension sont utilisés pour appliquer des tensions supérieures à la normale au circuit électrique, reproduisant ainsi des scénarios réels de surtension. Pendant le test, des mesures précises de tension, de courant et de temps de réponse sont effectuées pour évaluer la capacité du disjoncteur différentiel à détecter rapidement la surtension et à couper le circuit. Ces tests doivent être réalisés conformément aux normes de sécurité électrique applicables pour garantir des résultats fiables. Une attention particulière est portée à l'expérience et à l'expertise des personnes effectuant les tests afin d'interpréter correctement les résultats et d'identifier d'éventuels défauts ou problèmes dans le

dispositif de protection. En assurant la qualité du test de coupure en cas de surtension, on s'assure de la fiabilité et de l'efficacité des dispositifs de protection, garantissant ainsi la sécurité des équipements électriques et des personnes contre les dommages liés aux surtensions.

III.8. Conclusion

Le dispositif proposé est un appareil innovant qui vise à assurer la protection des appareils électriques contre les variations brusques de tension, tout en offrant une fonctionnalité de mesure de la résistance de mise à la terre de manière pratique et efficace. L'objectif principal de l'appareil est de fournir une solution économique et facile à utiliser, sans nécessiter de modifications complexes ou d'ajouts aux circuits électriques existants.

Le principe de base de l'appareil repose sur l'installation d'un petit dispositif sur une prise électrique associée au circuit à protéger. Ce dispositif est ensuite connecté à un smartphone via Wi-Fi, permettant ainsi d'afficher les résultats des mesures et l'état du circuit électrique. De plus, une application dédiée installée sur l'appareil intelligent permet de modifier les paramètres de l'appareil selon les besoins spécifiques.

En conclusion, le dispositif proposé offre une solution novatrice pour la protection des appareils électriques et la mesure de la résistance de mise à la terre. Grâce à son utilisation intuitive via une application smartphone, il permet aux utilisateurs de surveiller facilement l'état de leur circuit électrique et de prendre des mesures appropriées pour assurer la sécurité. Le projet vise à améliorer la sécurité électrique dans les foyers et les environnements professionnels, offrant ainsi une tranquillité d'esprit aux utilisateurs.



Conclusion générale

Conclusion générale:

Nos recherches ont porté sur la protection des appareils électriques contre les variations de tension, un enjeu crucial dans notre société moderne. Les dispositifs de protection existants présentent des limites en termes de coût, de complexité d'installation et de capacité à protéger plusieurs appareils simultanément. Pour surmonter ces défis, notre recherche propose une innovation : un appareil intelligent abordable, facile à utiliser et adaptable à différents environnements électriques.

Nous avons examiné en détail les principaux éléments des installations électriques, les types d'appareils, les systèmes neutres, les dispositifs différentiels résiduels et les risques électriques. Il est ressorti de notre analyse l'importance cruciale de la protection électrique. Nous avons également étudié les technologies actuellement disponibles ainsi que leurs limitations.

Dans notre proposition d'innovation, nous avons décrit la structure et le mécanisme d'un appareil intelligent, en mettant en évidence les étapes nécessaires à sa réalisation, ainsi que le potentiel et les avantages de son application. Notre solution offre une approche novatrice pour garantir la sécurité et la durabilité des installations électriques.

En somme, nos recherches présentent une solution prometteuse pour répondre aux besoins. En conclusion, nos recherches ont porté sur la protection des appareils électriques contre les variations de tension, un enjeu crucial dans notre société moderne. Les dispositifs de protection existants présentent des limites en termes de coût, de complexité d'installation et de capacité à protéger plusieurs appareils simultanément. Pour surmonter ces défis, notre recherche propose une innovation : un appareil intelligent abordable, facile à utiliser et adaptable à différents environnements électriques.

Nous avons examiné en détail les principaux éléments des installations électriques, les types d'appareils, les systèmes neutres, les dispositifs différentiels résiduels et les risques électriques. Il est ressorti de notre analyse l'importance cruciale de la protection électrique. Nous avons également étudié les technologies actuellement disponibles ainsi que leurs limitations.

Dans notre proposition d'innovation, nous avons décrit la structure et le mécanisme d'un appareil intelligent, en mettant en évidence les étapes nécessaires à sa réalisation, ainsi que le

potentiel et les avantages de son application. Notre solution offre une approche novatrice pour garantir la sécurité et la durabilité des installations électriques.

Nos recherches présentent une solution prometteuse pour répondre aux besoins de protection des appareils électriques. Cette solution contribue à l'avancement des connaissances dans le domaine de la protection électrique et ouvre la voie à de nouvelles possibilités pour assurer la sécurité des installations électriques dans notre société moderne.



Références

- [1] Bollen, M. H. J. (2010). Understanding power quality problems: voltage sags and interruptions. John Wiley & Sons.
- [2] Tleis, N. (2013). Electrical power systems quality. CRC Press.
- [3] International Electrotechnical Commission (IEC) Standard 60038: IEC standard voltages.
- [4] Electric Power Research Institute (EPRI) Report TR-1007299: Power Quality Primer.
- [5] Consumer Electronics Association (CEA) Standard CEA-230-D: Compatibility of an AC electrical power source with electronic equipment.
- [6] National Electrical Manufacturers Association (NEMA) Publication GD-1-2016: Evaluating Power Quality: A Guide for Manufacturers and Users of Electronic Power Conditioning Equipment.
- [7] Norme NF C 18-510 - Installations électriques à basse tension - Exploitation - Principes généraux. Association française de normalisation (AFNOR).
- [8] "BS 7671:2018 - Requirements for Electrical Installations, IET Wiring Regulations" - Ce document, publié par l'Institution of Engineering and Technology (IET), est le code électrique utilisé au Royaume-Uni. Il définit les exigences techniques et les bonnes pratiques pour les installations électriques.
- [9] "Canadian Electrical Code (CEC)" - Le Code électrique canadien fournit des exigences et des directives pour les installations électriques au Canada.
- [10] Medekhel, Lamine. Srairi, Kamel. Labiod, Chouaib. "Experimental study of temperature effects on the photovoltaic solar panels performances in Algerian desert." International Journal of Energetica. Vol. 7, No. 01, 15/06/2021.
- [11] National Fire Protection Association (NFPA). (2017). NFPA 70: National Electrical Code. Quincy, MA: NFPA.
- [12] "IEC 61008-1:2019 - Residual current operated circuit-breakers without integral overcurrent protection for household and similar uses (RCCBs)" - Cette norme internationale de l'IEC (International Electrotechnical Commission) fournit des spécifications techniques pour les DDR utilisés dans les applications résidentielles et similaires.

- [13] "IEC 61009-1:2020 - Residual current operated circuit-breakers with integral overcurrent protection for household and similar uses (RCBOs)" - Cette norme de l'IEC fournit des spécifications pour les DDR combinés avec une protection contre les surintensités.
- [14] "IEC 62423:2013 - Residual current devices for household and similar use - Electromagnetic compatibility" - Cette norme de l'IEC se concentre sur la compatibilité électromagnétique des DDR utilisés dans les applications résidentielles et similaires.
- [15] "IEEE 1676-2010 - Recommended Practice for Electric Power Systems in Commercial Buildings" - Cette recommandation de l'IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) aborde divers aspects des systèmes électriques dans les bâtiments commerciaux, y compris la protection contre les fuites de courant et l'utilisation de DDR.
- [16] *Electricité : Conception, dimensionnement, réalisation, vérification, exploitation* de Gilbert Perret.
- [17] *Les installations électriques domestiques* de Thierry Gallauziaux et David Fedullo.
- [18] *Electrical Installations in Hazardous Locations* by N.J. Nayak.[14] "National Electrical Code (NEC)" - Le NEC est un code électrique utilisé aux États-Unis. Il fournit des exigences détaillées pour la conception, l'installation et la maintenance des installations électriques, et est largement adopté dans de nombreux pays.
- [19] Guastavino, J. P., Dufresne, A., & Arseneault, M. (2016). Étude de la perception et de la connaissance des risques électriques dans l'industrie de la construction. *Santé publique*, 28(2), 177-188.
- [20] Goubert, L., & Bernier, M. (2017). Analyse des accidents électriques mortels survenus au Québec entre 1990 et 2013. Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST).
- [21] St-Hilaire, V., Gagnon, S., & Perron, C. (2019). Étude des accidents électriques graves en milieu de travail au Québec. Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST).
- [22] Gilbert, G., Guastavino, J. P., & Arseneault, M. (2017). Analyse des accidents électriques au Québec : évaluation des causes et des enjeux. Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST).

[23] Guastavino, J. P., Dufresne, A., & Arseneault, M. (2016). Étude de la perception et de la connaissance des risques électriques dans l'industrie de la construction. *Santé publique*, 28(2),

[24] Norme NF C 18-510 - Installations électriques à basse tension - Exploitation - Principes généraux. Association française de normalisation (AFNOR).

[25] "BS 7671:2018 - Requirements for Electrical Installations, IET Wiring Regulations" - Ce document, publié par l'Institution of Engineering and Technology (IET), est le code électrique utilisé au Royaume-Uni. Il définit les exigences techniques et les bonnes pratiques pour les installations électriques.

[26] "Canadian Electrical Code (CEC)" - Le Code électrique canadien fournit des exigences et des directives pour les installations électriques au Canada.

[27] *Electrical Installation Design Guide: Calculations for Electricians and Designers* by Paul Cook.

[28] *Electrical Safety: Systems, Sustainability, and Stewardship* by Martha J. Boss and Gayle Nicoll Haggard.

[29] IEC 61009-1: "Residual current operated circuit-breakers with integral overcurrent protection for household and similar uses (RCBOs) - Part 1: General rules" published by the IEC.

[30] NF C 15-100: "Installations électriques à basse tension" published by the Association Française de Normalisation (AFNOR).

[31] IEC 61008-1: "Residual current operated circuit-breakers without integral overcurrent protection for household and similar uses (RCCBs) - Part 1: General rules" published by the International Electrotechnical Commission (IEC).

[32] *Electrical Installation Design Guide: Calculations for Electricians and Designers* by Paul Cook.

[33] BS 7671: "Requirements for Electrical Installations. IET Wiring Regulations" published by the Institution of Engineering and Technology (IET).

[34] IEEE standards relevant to industrial electrical installations, such as IEEE 519, IEEE 242, IEEE 1584, and others.

- [35] "Practical Grounding, Bonding, Shielding and Surge Protection" by G. Vijayaraghavan and Mark Brown.
- [36] "Electrical Grounding and Bonding" by Phil Simmons and Ray C. Mullin.
- [37] "Grounding and Bonding for the Radio Amateur" by H. Ward Silver.
- [38] "Grounding and Shielding Techniques in Instrumentation" by Ralph Morrison.
- [39] Bureau international du travail (BIT). (2005). Guide sur la sécurité électrique dans les lieux de travail. Bureau international du travail.
- [40] "Electrical Overstress: Causes, Effects, and Solutions" - Ronald B. Standler Ce livre examine en détail les causes, les effets et les solutions aux problèmes de surtension électrique, y compris les risques pour les appareils électroniques.
- [41] "Electrical Power Systems Quality" - Roger C. Dugan, Mark F. McGranaghan, Surya Santoso, et H. Wayne Beaty Ce livre couvre les aspects de qualité de l'alimentation électrique, y compris les surtensions, et fournit des informations sur la protection des appareils contre les surtensions.
- [42] "Surge Protection: C62.41.2" - Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) Il s'agit d'une norme technique établie par l'IEEE qui définit les exigences pour la protection contre les surtensions dans les systèmes électriques et électroniques.

Résumé

Dans cette étude, l'accent a été mis sur la protection des appareils électriques contre les variations de tension, un défi majeur dans notre société moderne. Les appareils électriques actuels souffrent de contraintes en termes de coût, de difficulté d'installation et de leur capacité à protéger plusieurs appareils simultanément. Dans ce contexte, notre recherche a proposé une innovation, qui est un appareil intelligent intégrant plusieurs fonctionnalités de protection contre les variations de tension. Cet appareil offre une approche novatrice pour garantir la sécurité et la durabilité des installations électriques. Il est abordable, facile à utiliser et adaptable à différents environnements électriques. Ainsi, notre recherche contribue à l'avancement des connaissances dans le domaine de la protection électrique et ouvre de nouvelles perspectives pour assurer la sécurité des appareils électriques dans notre société moderne.

Mot clés : Appareil intelligent - les appareils électriques - les variations de tension - la protection électrique.

Abstract

In this study, the focus was on the protection of electrical devices against voltage variations, a major challenge in our modern society. Current electrical devices suffer from limitations in terms of cost, installation difficulty, and their ability to protect multiple devices simultaneously. In this context, our research proposed an innovation, which is a smart device integrating multiple protection features against voltage variations. This device offers an innovative approach to ensure the safety and durability of electrical installations. It is affordable, easy to use, and adaptable to different electrical environments. Thus, our research contributes to the advancement of knowledge in the field of electrical protection and opens new avenues for ensuring the safety of electrical devices in our modern society.

Keywords: Intelligent device - electrical devices - voltage variations - electrical protection.

المخلص

في هذا البحث، تم التركيز على حماية الأجهزة الكهربائية من تقلبات الجهد، وهو تحدي كبير في مجتمعنا الحديث. تعاني الأجهزة الكهربائية الحالية من قيود فيما يتعلق بالتكلفة وصعوبة التركيب وقدرتها على حماية عدة أجهزة في نفس الوقت. في هذا السياق، قدم بحثنا ابتكاراً وهو عبارة عن جهاز ذكي يدمج ميزات حماية متعددة ضد تقلبات الجهد. يقدم هذا الجهاز نهجاً مبتكراً لضمان سلامة ومثانة التركيبات الكهربائية. إنه ميسور التكلفة، سهل الاستخدام وقابل للتكيف مع مختلف البيئات الكهربائية. يساهم بحثنا بذلك في تقدم المعرفة في مجال حماية الكهرباء ويفتح آفاقاً جديدة لضمان سلامة الأجهزة الكهربائية في مجتمعنا الحديث.

الكلمات المفتاحية: الجهاز الذكي - الأجهزة الكهربائية - تغيرات الجهد - الحماية الكهربائية.