

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

Centre Universitaire Belhadj Bouchaib d'Ain Témouchent
Institut de Technologie
Département de génie électrique



Mémoire de Fin d'études

Domaine : Sciences & Technologies

Filière : Électronique

Spécialité : Instrumentation

Thème

Simulation d'un disjoncteur intelligent (Smart circuit breaker)

Présenté par :

- FEDDI Sarah
- HADJ KADDOUR Nabila

Jury de soutenance :

- | | | |
|--------------------------|------------------------------|--------------|
| - ZEBENTOUT Abdel Djawad | MCB C.U.B.B (Ain Témouchent) | Président |
| - BENTAYEB Samia | MAB C.U.B.B (Ain Témouchent) | Examinatrice |
| - BENGANA Abdel Fatih | MCB C.U.B.B (Ain Témouchent) | Encadrant |
| - HAMOUDI Youcef | DOC C.U.B.B (Ain Témouchent) | Co-Encadrant |

Promotion : 2019/2020



Remerciements

*Après avoir remercié le Bon Dieu pour notre succès à terminer
notre parcours de savoir*

*Nous tenons à exprimer notre gratitude à notre encadreur de
mémoire Dr BENAGANA Abdel Fatih*

et Mr HAMOUDI Youcef, en tant que Co-encadreur

*Nous adressons également nos remerciements aux membres du
jury, qui ont accepté de revoir notre modeste travail.*

*Sans oublier tous nos enseignants qui ont contribué à notre
formation pendant un cursus universitaire*

Ainsi tous qui ont aidé à l'élaboration de ce sujet.

Dédicace

Je tiens à dédier ce mémoire :

- ❖ A ma douce mère et que Dieu la protège et la garde pour moi pour sa patience, ses paroles inspirantes et encourageantes dans tous mon parcours pour assurer mon succès. A l'âme de mon père, que Dieu ait pitié de lui et habite en lui dans son paradis.
- ❖ A mes frères Baghdad, Salah et Abd El Hak, et mes sœur Rahmouna, Amina et Hadjar sans oublier les femmes de mes frères : Fatima et Ikram pour leurs encouragements et leurs soutiens continus, que Dieu vous garde.
- ❖ A mes neveux et mes nièce Boualem, Riyadh, Yacine, Louây, Ismail, Tasmim, Rayhan, Fadjr et Rahil.
- ❖ A mon meilleur ami et mon binôme Nabila qui m'a beaucoup encouragé et qui m'a toujours poussé à me surpasser.

Sarah



Dédicace

Je dédie ce travail à mes parents,

A mes sœurs

Zahra et Fouzia

Et leurs conjoints

A mes neveux

Anas et Adam et Mouâd

Je le dédie également à ma seule petite amie

et mon binôme Sarah

Nabila

SOMMAIRE

Liste des figures.....	I
Liste des tableaux.....	II
Glossaires.....	III
Introduction générale.....	2

Chapitre I : Les réseaux Électriques Intelligents (SMART GRIDS)

I.1	Introduction.....	4
I.2	Le réseau électrique intelligent (Smart Grid).....	4
I.2.1	Définition.....	4
I.2.2	Objectifs.....	5
I.2.3	Avantages.....	5
I.2.4	Caractéristiques.....	5
I.2.5	Fonctionnement.....	5
I.2.6	Comparaison entre le réseau électrique classique et le réseau électrique intelligent (smart grid).....	6
I.2.7	L'architecture du Smart Grid.....	6
I.2.8	Enjeux.....	7
I.2.9	Risque pour les Smart Grids.....	7
I.3	Les technologies des Smart Grids.....	7
I.3.1	L'électronique de puissance.....	7
I.3.2	La détection et la mesure.....	7
I.3.3	La communication.....	8
I.3.4	Les interfaces évoluées et l'aide à la décision.....	8
I.3.5	Les systèmes d'information géographiques.....	8
I.4	Compteur électrique intelligent.....	8
I.4.1	Définition.....	8
I.4.2	Fonctionnement.....	8
I.4.3	Le compteur électrique intelligent et la consommation d'électricité.....	8
I.4.4	Les avantages et les inconvénients des compteurs intelligents.....	8
I.5	Quelques technologies de capteurs.....	9
I.5.1	Les shunts.....	9
I.5.2	Les transformateurs de courant.....	9
I.5.3	Les capteurs de Hall.....	10

I.6	Conclusion	10
-----	------------------	----

Chapitre II : Généralités sur les appareillages de protection

II.1	Introduction.....	12
II.2	Les risques du courant électrique	12
II.2.1	Les contacts	12
II.3	Les défauts électriques	13
II.3.1	Les différents types de défauts	13
II.3.1.1	Les courts circuits	13
II.3.1.2	Surintensité	13
II.3.1.3	Les surcharges.....	13
II.3.2	Effets des défauts	13
II.3.2.1	Coupure de courant	13
II.3.2.2	Décès, détérioration des biens et des équipements	13
II.4	Appareillage de protection	14
II.4.1	Le disjoncteur magnétothermique (disjoncteur divisionnaire).....	14
II.4.2	Interrupteur différentiel	14
II.4.3	Disjoncteur différentiel.....	14
II.4.3.1	Définition	14
II.4.3.2	Disposition schématique	15
II.4.3.3	Les caractéristiques électriques	15
II.4.3.4	Principe de fonctionnement d'un disjoncteur différentiel	16
II.4.4	Disjoncteur électronique	18
II.4.4.1	Les avantages d'un disjoncteur électronique	18
II.5	Conclusion	19

Chapitre III : Simulation du disjoncteur intelligent sous l'environnement PROTEUS

III.1	Introduction.....	21
III.2	Logiciels utilisés	21
III.2.1	PROTEUS ISIS (Intelligent Schématique Input System)	21
III.2.2	L'environnement de la programmation (IDE Arduino).....	21
III.3	Equipements utilisés	22
III.3.1	Arduino UNO.....	22
III.3.2	Capteur à effet de Hall ACS712.....	23

III.3.2.1	Schéma des broches du capteur de courant à effet Hall ACS712	24
III.3.2.2	Caractéristiques techniques	24
III.3.3	Afficheur LCD	24
III.3.4	Un relai électromagnétique	25
III.3.5	Module GSM SIM900	27
III.4	Le principe de fonctionnement de notre système	27
III.5	Circuit électrique global de notre solution.....	28
III.6	Organigrammes.....	29
III.6.1	Organigramme de la protection.....	29
III.6.2	Organigramme de la correction de facteur de puissance	30
III.7	Les tests des différents étages de notre système	31
III.7.1	Test de l'afficheur LCD avec l'Arduino UNO.....	31
III.7.2	Test du capteur de courant ACS712 avec Arduino UNO	32
III.7.3	Test de relais électromagnétique avec Arduino	33
III.7.4	Test de la mesure de facteur de puissance avec Arduino	34
III.7.5	Test GSM avec Arduino	36
III.8	Conclusion	37
Conclusion générale	.....	39
ANNEXE A	.....	40
ANNEXE B	.....	41
ANNEXE C	.....	41
ANNEXE D	.....	42
Bibliographie		
Webographie		
Résumé		

Liste des figures

Figure I.1: Illustration d'un réseau smart grid 'CRE'	4
Figure I.2: Un shunt	9
Figure I.3: Schéma de principe d'un transformateur de courant.....	9
Figure I.4: capteur de Hall.....	10
Figure II.1 :Disjoncteur magnéto-thermique Legrand	14
Figure II.2: interrupteur différentiel de marque Hager	14
Figure II.3: Schéma électrique détaillé présenté l'intérieur d'un disjoncteur différentiel	15
Figure II.4: Schéma électrique d'un disjoncteur différentiel	17
Figure II.5: Schéma électrique d'un disjoncteur différentiel avec un défaut	17
Figure II.6: Disjoncteur électronique Legrand	18
Figure III.1: L'interface de PROTEUS ISIS	21
Figure III.2: L'interface d'Arduino IDE	22
Figure III.3: Les boutons d'interphase de programmation arduino	22
Figure III.4: Schéma présenté la carte Arduino UNO.....	23
Figure III.5: capteur de courant ACS712	23
Figure III.6: Schéma des broches du capteur de courant à effet Hall ACS712.....	24
Figure III.7: Afficheur LCD (20, 4)	25
Figure III.8: Symbole du relais électromagnétique	26
Figure III.9: Schéma du circuit de commande d'un relais électromagnétique.....	26
Figure III.10: Module GSM (SIM900)	27
Figure III.11: Schéma synoptique du système	28
Figure III.12: Circuit électrique global du notre système	29
Figure III.13: Organigramme de protection.	30
Figure III.14: Organigramme de la correction de facteur de puissance	31
Figure III.15: Simulation de l'afficheur LCD avec l'Arduino	32
Figure III.16: Simulation du capteur de courant ACS712 avec Arduino.....	32
Figure III.17: Affichage de résultats du capteur ACS712 dans le 'virtual terminal' d'ISIS PROTEUS.....	33
Figure III.18: Simulation de relais électromagnétique avec Arduino	33
Figure III.19: Affichage de résultats de relais électromagnétique dans le 'virtual terminal' d'ISIS PROTEUS.....	34
Figure III.20: Simulation de mesure de facteur de puissance avec Arduino.....	35

Figure III.21 : Tension d'alimentation et signal de détection du passage par zéro	35
Figure III.22: Affichage de résultats de mesure de facteur de puissance avant la correction (a) et après la correction (b) dans le 'virtual terminal' d'ISIS PROTEUS	36
Figure III.23 : Simulation de GSM avec Arduino	36

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Comparaison entre le réseau électrique classique et intelligent	6
Tableau II.1 : Tableau illustré les caractéristique d'un court-circuit	13
Tableau III.1 : Les broches de capteur de courant ACS712.....	24
Tableau III.2 : Les fonctions de broches de l'afficheur LCD	25

Glossaires

CRE : Commission de Régulation de l'Énergie

TIC : Technologies de l'Information et de la Communication

GPRS: General Packet Radio Service.

PLC: Programmable Logic Controller

ISIS: Intelligent Schématique Input System

IDE: Integrated Development Environment

USB: Universal Serial BUS

LCD: Liquid Crystal Display

GSM: Global System for Mobile.

2RT: Deux contacts Repos / Travail

INTRODUCTION
GENERALE

Introduction générale

L'électricité est un besoin vital de cette vie et une source fondamentale et indispensable dans la société moderne. Mais le contact permanent avec cette ressource dans notre vie quotidienne implique un risque d'accidents électriques. Par conséquent, l'utilisation de dispositifs de protection est primordiale pour détecter le défaut et améliorer le niveau de sécurité pour éviter ces accidents.

L'un de ces dispositifs est le disjoncteur qui fournit une protection aux équipements électriques. Cependant, il y a certains obstacles qui accompagnent ces dispositifs, tels que la grande taille, et ils sont également plus coûteux.

Nous proposons donc dans ce travail une solution qui consiste à disposer d'un système de protection électronique précis et moins coûteux en utilisant la carte Arduino, le capteur de courant et d'autres composants pour couper le courant en cas de défaut électrique. D'autre part, notre système dispose d'une connectivité et d'une surveillance à distance via un Smart Grid à travers le réseau GSM.

Pour atteindre l'objectif de notre projet qui est l'amélioration d'un appareil de protection, nous avons subdivisé notre mémoire en trois chapitres, s'organisé de la façon suivante :

- Le premier chapitre donne une idée générale sur smart grid ainsi ces technologies. Nous avons également discuté sur le compteur électrique intelligent. Ensuite, nous avons présenté quelques capteurs qui permettent la mesure de courant.
- Pour approfondir sur notre sujet, nous abordons le deuxième chapitre, les risques et les défauts électriques et aussi des dispositifs de protection, où nous avons détaillé le disjoncteur différentiel sans oublier également le disjoncteur électronique.
- Enfin, nous présentons dans le troisième chapitre la simulation de notre projet, en mentionnant les équipements que nous avons utilisés dans notre système avec les différents tests de chaque composant.

Le mémoire sera finalisé en donnant une conclusion et des perspectives pour notre travail effectué.

CHAPITRE I

Les réseaux Électriques Intelligents (SMART GRIDS)

I.1 Introduction

La consommation et la demande en énergie électrique ne cessent d'évoluer et d'accroître par son utilisation dans tous les domaines, l'électricité traditionnelle est devenue incapable de répondre aux besoins de consommateurs (habitations, installation, etc.), de sorte qu'elle dépend fortement des énergies non renouvelables (charbon, pétrole, gaz), où les études scientifiques indiquent un déclin rapide du stock de la terre majoré par les différents types de la pollution (émissions de carbone par la combustion de combustibles fossiles), ces problèmes ont incité les chercheurs à créer nouveau concept nommé réseau électrique intelligent <<Smart Grid>>.

Dans ce chapitre, nous commençons par présenter le réseau électrique intelligent et citer ses objectifs, ses avantages et ses fonctionnements ainsi les caractéristiques avec brièvement comparaison du réseau classique et intelligent. Ensuite, nous parlons de la technologie, l'architecture et l'enjeu de smart grid. Finalement, nous présentons le compteur électrique intelligent et les contextes d'utilisation des capteurs de courant ainsi que certains principes de mesure et technologies sur lesquels ils reposent.

I.2 Le réseau électrique intelligent (Smart Grid)

I.2.1 Définition

Un smart grid est un réseau de production et de distribution d'électricité décentralisé qui contrôle le flux d'électricité entre fournisseurs et consommateurs selon des technologies de l'information et de la communication(TIC), collectant des informations sur l'état du réseau, ce dernier contribue à équilibrer la production, la distribution, la consommation et l'intégration des énergies renouvelables.[1]

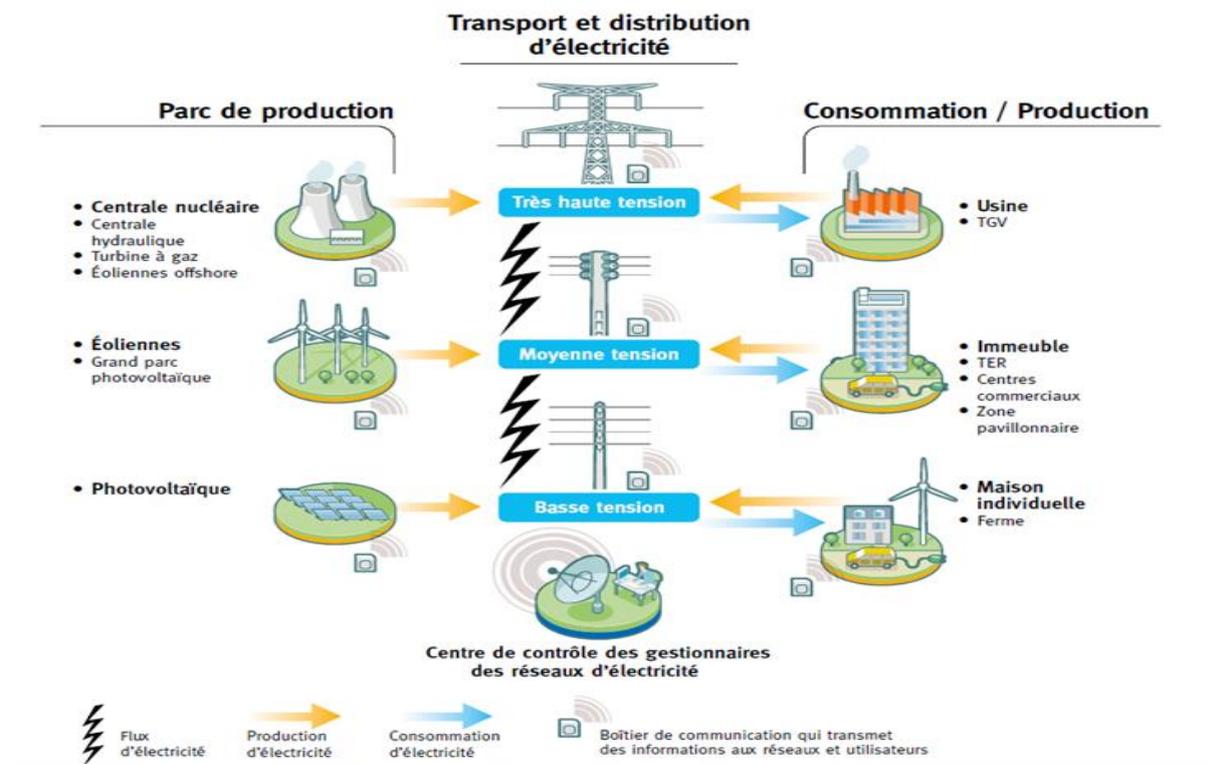


Figure I.1: Illustration d'un réseau smart grid 'CRE' [2]

I.2.2 Objectifs

Les objectifs des smart grids sont multiples et répondent à différentes exigences de leur part:

- Réduire l'impact du système électrique sur l'environnement.
- Eduquer les utilisateurs et à les rendre plus actifs quant à leur consommation d'électricité, tout en leur permettant de la contrôler efficacement
- Développer la production d'électricité décentralisée.
- Garantir un faible coût, efficace et sans coupure de courant.
- Permet de gérer facilement le système électrique et de faire face à la complexité croissante du système électrique. [3]

I.2.3 Avantages

On peut résumer les avantages des smart grids comme suit :

- Économiser de l'énergie en réduisant la consommation.
- Meilleur service au client et factures plus précises.
- Détecter les fraudes et les pertes techniques.
- Réduire du coût du bilan.
- Ajustement de la courbe de demande (pics inférieurs).
- Réduire les émissions de carbone. [4]

I.2.4 Caractéristiques

Les caractéristiques des réseaux intelligents peuvent être définies en quatre points principaux :

- Flexibilité : ils permettent de gérer plus finement l'équilibre entre production et consommation.
- Fiabilité : ils améliorent l'efficacité et la sécurité des réseaux.
- Accessibilité : ils favorisent l'intégration des sources d'énergies renouvelables sur l'ensemble du réseau.
- Economie : ils apportent, grâce à une meilleure gestion du système, des économies d'énergie et une diminution des coûts (à la production comme à la consommation). [5]

I.2.5 Fonctionnement

Un réseau intelligent associe l'infrastructure électrique aux technologies numériques qui analysent et transmettent l'information reçue.

- **Un contrôle des flux en temps réel** : installés des capteurs sur l'ensemble du réseau indiquent instantanément les flux électriques et les niveaux de consommation.
- **L'interopérabilité des réseaux** : Le réseau électrique comprend le réseau de transport et le réseau de distribution. Le premier relie les sites de production d'électricité aux zones de consommation et le deuxième achemine l'électricité jusqu'aux consommateurs finaux. Les réseaux intelligents améliorent l'interopérabilité entre les gestionnaires de réseau de transport et ceux de réseau de distribution.

- **L'intégration des énergies renouvelables au réseau** : les réseaux intelligents peuvent prédire le niveau de production et de consommation reposent sur le système d'information. Les énergies renouvelables peuvent ainsi mieux fonctionner.
- **Une gestion plus responsable des consommations individuelle** : dépend des compteurs intelligents installés auprès des consommateurs. [5]

I.2.6 Comparaison entre le réseau électrique classique et le réseau électrique intelligent (smart grid)

Caractéristique des réseaux électriques classiques	Caractéristique des réseaux électriques intelligents
Analogique	Numérique
Unidirectionnel	Multidirectionnel
Production centralisée	Production décentralisée
Hierarchique	Maillé
Peu instrumenté	Complètement instrumenté
Restauration manuelle	Auto-cicatrisant
Usagers	Clients
Un seul acteur économique	Choix du fournisseur
Peu de contrôle	Flexible
Gestion de l'équilibre du système électrique par l'offre/ production	Gestion de l'équilibre du système électrique par la demande/consommation

Tableau I.1 : Comparaison entre le réseau électrique classique et intelligent [6].

I.2.7 L'architecture du Smart Grid

L'architecture du réseau intelligent se compose de trois niveaux:

- Niveau 1 : utilisé pour transmettre l'électricité à travers l'infrastructure traditionnelle des ouvrages électriques (lignes, transformateurs, etc.).

- Niveau 2 : constitué d'une infrastructure de communication dépendante de divers supports et technologies de communication (fibres optiques, GPRS, PLC, etc.) utilisée pour collecter les données des capteurs installés sur les réseaux électriques.
- Niveau 3 : comprend des applications et des services, tels que des systèmes de dépannage à distance ou des programmes automatisés de réponse à la demande d'électricité, utilisant des informations en temps réel. [7]

I.2.8 Enjeux

Les réseaux intelligents sont confrontés à de nombreux enjeux pour garantir la sécurité et la qualité de l'approvisionnement en électricité. Ces défis sont représentés dans :

- **Enjeux écologiques** : finis les matières fossiles polluantes, ont privilégié les énergies renouvelables.
- **Un enjeu économique** : les smart grids sont un moyen de renforcer économique sur des valeurs d'innovation, et d'accéder à un mix énergétique performant, sécurisé, économique, générateur de valeur ajoutée locale.
- **Un enjeu sociétal** : les collectivités pourront mieux accompagner les citoyens vers des comportements énergétiques plus vertueux écologiquement en démontrant qu'elles prennent leurs responsabilités dans la transition énergétique en cours. [8]

I.2.9 Risque pour les Smart Grids

La superposition de l'infrastructure de réseau électrique et des technologies de l'information modernes, l'augmentation du nombre de points d'interaction avec le réseau expose potentiellement les réseaux électriques intelligents aux menaces modernes ciblant les systèmes d'information :

- Vols de données personnelles.
- Perturbation de systèmes.
- Fuites d'informations. [9]

I.3 Les technologies des Smart Grids

Afin d'améliorer le fonctionnement du système électrique, nous allons introduire un ensemble de technologies :

I.3.1 L'électronique de puissance

Ces technologies permettent de changer la forme de l'électricité et sont essentielles pour raccorder les liaisons à courant continu, gérer les flux d'énergie des réseaux maillés, les plans de tension et la qualité de l'onde. [10]

I.3.2 La détection et la mesure

Ces technologies permettent d'évaluer l'état du réseau, les flux et les congestions, la stabilité du réseau et du système, de surveiller l'état des équipements, de lutter contre les fraudes (capteurs). [10]

I.3.3 La communication

Les technologies de la communication intégrées permettent le contrôle en temps réel, l'échange de données et d'informations afin d'optimiser la fiabilité du système, la sécurité et l'utilisation des infrastructures. [10]

I.3.4 Les interfaces évoluées et l'aide à la décision

Ce sont des systèmes d'information qui permettent de disposer d'outils pour travailler efficacement sur un réseau avec un nombre croissant de variables et ainsi de réduire la complexité de gestion du système. [10]

I.3.5 Les systèmes d'information géographiques

Ce sont des systèmes d'information permettant de créer, d'organiser et de présenter des données géo référencées, ainsi que de produire des plans et des cartes. [10]

I.4 Compteur électrique intelligent**I.4.1 Définition**

Le compteur intelligent (Smart Meter) est un compteur d'électricité dont la technologie permet de mesurer et d'enregistrer en permanence votre consommation en temps réel. Ce compteur intelligent connecte et transmet également les informations collectées via différents canaux (flux opérateur, Internet et téléphone). [11]

I.4.2 Fonctionnement

Contrairement aux compteurs électromécaniques qui doivent être lus manuellement, les compteurs intelligents :

- Enregistrent dans leur mémoire, selon un protocole spécifique, la puissance électrique prélevée et les quantités consommées à différents moments de la journée chaque jour de la semaine.
- Transmettent de manière électronique ces données au gestionnaire de réseau ou au client.
- Peuvent être contrôlé et examiné à distance par le gestionnaire du réseau. [12]

I.4.3 Le compteur électrique intelligent et la consommation d'électricité

Les compteurs intelligents via leur connexion avec les smart grids, permettent de contrôler parfaitement la consommation d'électricité en détectant par exemple une surtension liée à une trop forte production et donc en décalant ou interrompant le fonctionnement de certains appareils. Le consommateur, informé en temps réel de sa consommation, est incité à mieux la gérer. Il peut être invité à éteindre certains appareils en cas de pic de consommation. [13]

I.4.4 Les avantages et les inconvénients des compteurs intelligents

Les compteurs intelligents présentent de nombreux avantages, à savoir :

- Un relevé des index de consommation à distance.
- Une détection plus rapide et automatique des pannes.
- Une vue plus précise sur les données de consommations, ce qui est particulièrement utile en cas de déménagement.

Et on n'oublie pas également leur part d'inconvénients :

- Les ondes électromagnétiques générées par les compteurs ont un impact négatif sur la santé (ce que l'on appelle l'électro sensibilité). [14]

I.5 Quelques technologies de capteurs

Les réseaux intelligents doivent être équipés de capteurs de courant (échanger et gérer les données de production et de consommation) et systèmes de communication.

Il existe différentes façons de mesurer le courant, parmi eux nous avons :

I.5.1 Les shunts

Les shunts sont les seuls capteurs de mesure directe de courant. Le shunt est une résistance très précise, placée en série avec une charge parcouru par le courant à mesurer, et aux bornes de laquelle on vient mesurer la tension. [15]



Figure I.2: Un shunt [16]

I.5.2 Les transformateurs de courant

Un transformateur de courant est un tore ferromagnétique constitué d'un enroulement primaire de N_1 spires parcouru par le courant i_{mes} à mesurer et d'un enroulement secondaire comportant un nombre élevé de spires N_2 terminé par une charge R (figure I.3). C'est en fait un transformateur abaisseur de courant industriel qui convertit la grande valeur de tension ou de courant en une valeur beaucoup plus petite. [15]

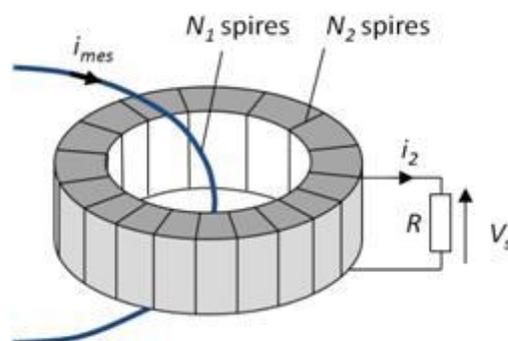


Figure I.3: Schéma de principe d'un transformateur de courant. [15]

I.5.3 Les capteurs de Hall

La plupart des capteurs magnétiques qui sont produits utilisent l'effet Hall. Les capteurs de Hall sont réalisés à partir de semi-conducteur. Il doit être alimenté par un courant I . Ce courant traverse une mince plaquette à effet Hall. Si l'on soumet cette plaquette à un champ magnétique, une tension apparaît entre ses faces.

Le capteur à effet Hall est composé d'une plaquette à effet Hall et d'un étage électronique. Une cible vient modifier le champ magnétique au voisinage du capteur. Lorsque que le champ magnétique n'a teint pas le capteur, le signal est à l'état bas. Lorsque le capteur est soumis au champ magnétique, le signal est à l'état haut. [15]



Figure I.4: Capteur de Hall.

I.6 Conclusion

Le réseau intelligent est l'une des solutions importantes de l'avenir énergétique car il garantira un équilibre entre les consommations et les productions en plus de réduire les pannes et les coûts énergétiques.

Dans ce chapitre, nous avons vu dans un premier lieu qu'est-ce smart grid, en exposant leurs caractéristiques, fonctionnement, l'architecture, ainsi leurs technologies, ensuite nous avons pu identifier le compteur électrique intelligent et les différentes technologies de capteurs.

Pour rentrer dans le vif de notre sujet, nous passerons dans le prochain chapitre à l'étude des différents appareillages de protection.

CHAPITRE II

Généralités sur les appareillages de protection

II.1 Introduction

L'un des problèmes les plus importants auxquels nous sommes confrontés au quotidien est de savoir comment nous protéger et assurer nos appareils contre les dommages causés par le danger de l'électricité. C'est ce qui nous a poussés à choisir un appareil capable de détecter la nature du risque et l'éliminer en temps opportun.

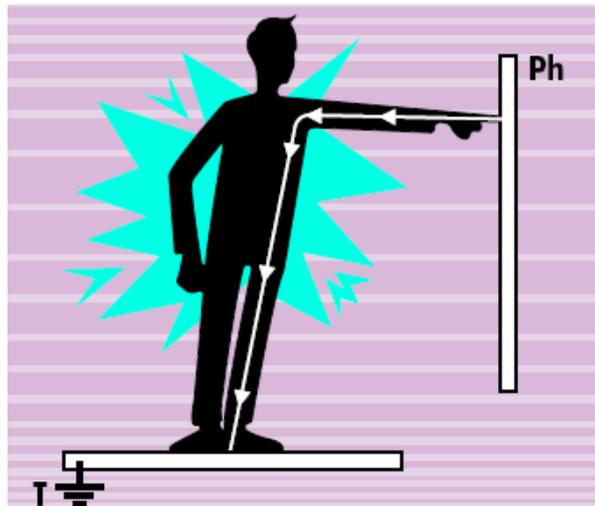
Dans ce chapitre, nous commençons par généraliser les risques et les défauts électriques. Ensuite, nous allons parler sur les différents appareillages de protection, on détaillera le disjoncteur différentiel et son fonctionnement et ces principales caractéristiques ainsi le disjoncteur électronique.

II.2 Les risques du courant électrique

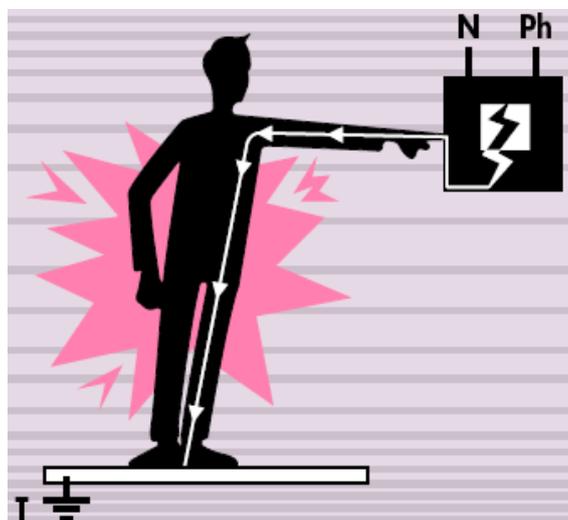
Lorsque le courant électrique traversé le corps humain, il produit principaux effets sur les personnes.

II.2.1 Les contacts : les causes d'accident dépendent deux types de contact : [17]

- **Contact direct :** Contact de personne avec des conducteurs actifs (phase ou neutre).



- **Contact indirect :** Contact de personne avec une masse mise accidentellement sous tension à la suite d'un défaut d'isolement.



II.3 Les défauts électriques

C'est une nuisance pour les utilisateurs et les fournisseurs d'énergie électrique. Ce sont des ajustements accidentels qui affectent les performances normales du processus ou du circuit électrique.

II.3.1 Les différents types de défauts

Tout phénomène entraînant une variation significative ou inférieure des valeurs nominales des quantités : la tension, le courant, est un brouillage. Ces brouillages sont :

II.3.1.1 Les courts circuits

Définition	Un court-circuit est un phénomène électrique qui se produit spécifiquement lorsqu'il y a un contact direct entre deux fils électriques (phase et neutre).
Les types	Il existe trois types de court-circuit : <ul style="list-style-type: none"> • Monophasé (phase et fil neutre relié) • Le biphasé (2phases relié) • Le triphasé (3 phases raccordées ensemble).
Les causes principales de produire un court-circuit sont :	<ul style="list-style-type: none"> • Fracture des conducteurs • De la surtension • De la foudre • De la chaleur, l'humidité
Les Conséquences faire accoucher par un courant de court-circuit sont :	<ul style="list-style-type: none"> • Surintensité • Déséquilibre • Echauffement

Tableau II.1: Tableau illustré les caractéristique d'un court-circuit [17]

II.3.1.2 Surintensité

La surintensité est une augmentation de courant modérée qui n'endommage pas immédiatement. Le câblage, mais qui entraîne une surcharge thermique avec le temps. [18]

II.3.1.3 Les surcharges

On dit qu'un appareil est en surcharge lorsqu'il est traversé par un courant supérieur à seuil. [17]

II.3.2 Effets des défauts

II.3.2.1 Coupure de courant

Cela se produit en raison de surintensité excessifs qui conduit à la détérioration des câbles, des dispositifs.

II.3.2.2 Décès, détérioration des biens et des équipements

L'électricité peut provoquer des incendies et même Les chocs électriques peuvent entraîner des blessures mortelles, pour ça les dispositifs de protection qui détectent et déconnectent les courants de défaut haute fréquence sont indispensables. [18]

II.4 Appareillage de protection

Avant d'atteindre le disjoncteur différentiel directement, je vais rappeler deux appareillages de protection qui sont basiques dans l'installation électrique.

II.4.1 Le disjoncteur magnétothermique (disjoncteur divisionnaire)

Le disjoncteur est un appareil qui assure la protection électrique des biens. Il permet de couper l'électricité en cas de court-circuit ou de surcharge sur l'installation. [19]



Figure II.1: Disjoncteur magnéto-thermique Legrand

II.4.2 Interrupteur différentiel

L'interrupteur est un appareil qui assure la protection électrique des personnes contre les contacts indirects (les risques de fuite de courant électrique à la terre). [19]



Figure II.2 : interrupteur différentiel de marque Hager

II.4.3 Disjoncteur différentiel

II.4.3.1 Définition

Le disjoncteur différentiel est un dispositif de protection qui permet de cesser le courant électrique en cas d'incident sur le circuit.

Il assure le rôle de l'interrupteur différentiel couplé à celui du disjoncteur divisionnaire.

Disjoncteur Différentiel = Disjoncteur divisionnaire + Interrupteur différentiel.

Il existe deux types de disjoncteurs différentiels, les **monoblocs** et les blocs adaptables. [19]

II.4.3.2 Disposition schématique

Chaque composant de disjoncteur différentiel a un rôle spécifique, on va identifier chaque suivant:

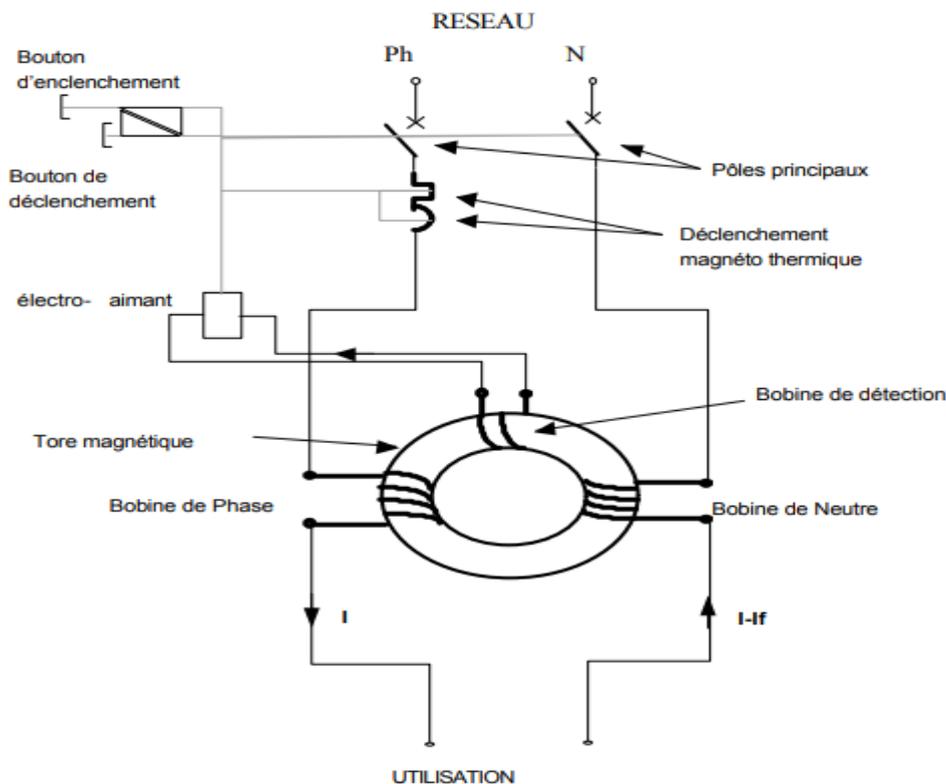


Figure II.3: Schéma électrique détaillé présenté l'intérieur d'un disjoncteur différentiel [20]

- **Ph** : La phase est conducteur qui fera fonctionner l'appareil (le courant d'entré).
- **N** : On utilise le neutre pour laissez le courant refluer dans le circuit. Théoriquement, il est nul, sauf en cas de panne électrique (le courant de sortie).
- **Pôles principaux** : Il s'agit des contacts du disjoncteur, il détermine le calibre de l'appareil.
- **Dispositif thermique** : Utilisé pour la protection contre les surcharges. La technologie repose sur l'utilisation de bilame métallique.
- **Dispositif magnétique** : Utilisé pour la protection contre le court-circuit. La technologie repose sur l'utilisation de bobine réagissant rapidement à une brusque augmentation du courant.
- **Bouton de déclenchement** : utilisé pour ouvrir le disjoncteur.
- **Tore magnétique**: Anneau en ferrite de forme torique, d'où son nom. Le rôle est de canaliser le flux magnétique produit par les bobinages principaux lors du passage du courant.
- **Bobine de détection** : Son rôle est transformer le différentiel de flux produit dans le tore en courant.

II.4.3.3 Les caractéristiques électriques

Toute installation électrique domestique doit être protégée par un dispositif différentiel à courant résiduel.

- **La tension d'emploi - tension nominale:**

Monophasé ~ 230V

Triphasé ~ 400V

- **Le courant nominal I_n :**

Le courant va de 2 à 60 A

- **La sensibilité $I_{\Delta n}$:**

On peut voir sur tous les disjoncteurs différentiels écrit 30 mA.

30 mA c'est la sensibilité de l'appareil.

La sensibilité c'est la valeur à partir de laquelle un courant de fuite à la terre sera détecté.

Si on prend : $I_N = I - I_F$ [Formule interactive détermination du courant de fuite à la terre.]

(I_N : courant de Neutre I_F : courant de Fuite)

Pour assurer la protection des personnes le courant de fuite à la terre doit être supérieure à la sensibilité soit : $I_F \geq I_{\Delta n}$

- **Types de disjoncteur différentiel :**

Il existe trois types de disjoncteur différentiel :

- **Le disjoncteur différentiel type AC** : il protège la plupart des circuits électriques communs de la maison tels que l'éclairage ou les prises électriques.
- **Le disjoncteur différentiel type A** : il est destiné à protéger les circuits électriques "spécialisés" de la maison, c'est-à-dire ceux en rapport avec des appareils très gourmands en électricité, et notamment équipés d'électronique, comme la machine à laver, les plaques de cuisson...etc.
- **Le disjoncteur différentiel type HI, HPI, SI** : il est utilisé pour les appareils électriques ménagers qui supportent mal les coupures de courant inopportunes, comme par exemple les appareils informatiques, le réfrigérateur et le congélateur ou l'alarme de la maison. [21]

II.4.3.4 Principe de fonctionnement d'un disjoncteur différentiel

Le disjoncteur différentiel ne peut fonctionner convenablement que si on a une liaison équipotentielle ou dit plus simplement une mise à la terre.

Voilà à quoi sert un disjoncteur différentiel :

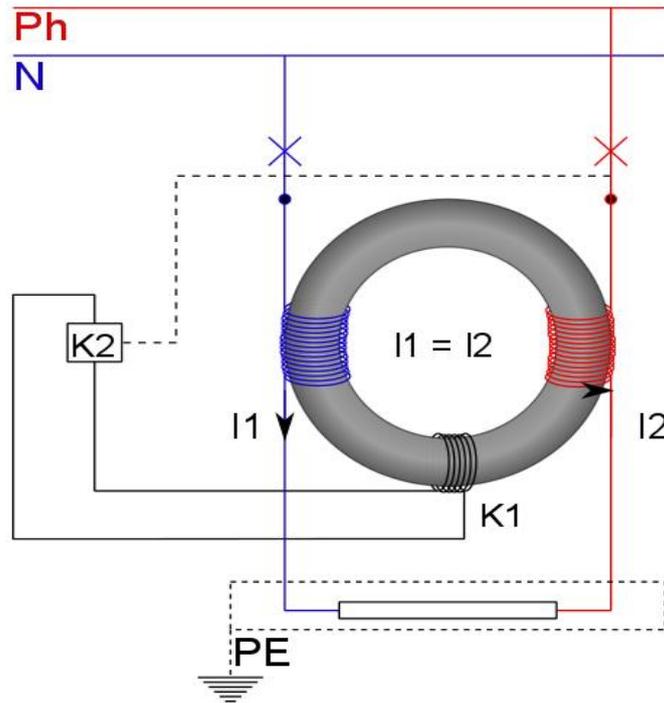


Figure II.4: Schéma électrique d'un disjoncteur différentiel. [22]

Dans le cas d'un courant monophasé, le disjoncteur différentiel compare l'intensité du courant de phase et celle du neutre (les courants entrant et sortant). Ils doivent être égaux (absence de défaut).

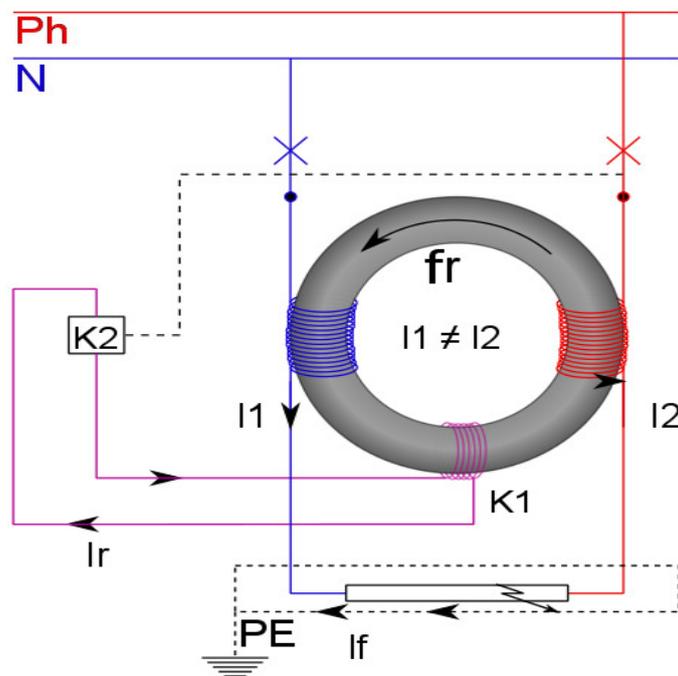


Figure II.5: Schéma électrique d'un disjoncteur différentiel avec un défaut. [22]

S'il voit une différence, alors le circuit comporte une fuite vers la terre (présence de défauts électrique). Si la différence est supérieure à un seuil déterminé (sensibilité 30mA), le disjoncteur va déclencher le circuit par le principe suivant :

La bobine de neutre traversé par un courant peu plus faible que la bobine de phase (une partie du courant s'en va dans le sol) : il produit donc un champ magnétique plus faible que celui de la bobine de phase. Ces deux champs magnétiques sont opposés de sens. La bobine de la détection K1 se trouve soumise à un champ magnétique non-nul : un courant naît dans ce dernier et il va alors alimenter un circuit qui coupe le courant dans toute la maison.

Tant que le problème de courant de fuite n'aura pas été corrigé, le disjoncteur différentiel continuera de disjoncter le circuit électrique. [22]

II.4.4 Disjoncteur électronique

Le disjoncteur électronique a le même objectif que le disjoncteur magnétothermique, et la différence disposent d'une large plage de réglage (du niveau de déclenchement, du délai de déclenchement).

Il est équipé d'un système électronique de mesure du courant qui déclenche l'ouverture du circuit en fonction de paramètres réglables.

Ils sont le plus souvent composés :

- ◆ D'un dispositif de mesure du courant (shunt, ou d'un transformateur de courant).
- ◆ D'un dispositif de traitement électronique de la mesure (microprocesseur).
- ◆ Et d'un dispositif de déclenchement (bobine). [23]



Figure II.6 : Disjoncteur électronique Legrand

II.4.4.1 Les avantages d'un disjoncteur électronique

Il excite plusieurs avantages de disjoncteur électronique, à savoir :

- ◆ La réponse peut être configurée avec une grande précision
- ◆ Les paramètres de fonctionnement d'un microprocesseur peuvent être reprogrammés à tout moment.
- ◆ On peut simplement reconfigurer un disjoncteur électronique
- ◆ Peut être connecté à une base de données ou à un système de surveillance. En cas de panne, le système peut envoyer une notification automatique au service de maintenance.

Et on n'oublie pas également leur part d'inconvénients :

- ◆ Ne peuvent mesurer que le courant alternatif. [24]

II.5 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons exposé les risques et les différents types de défaut électrique et étudié comment on va le détecter et l'éliminer par les appareillages de protection (disjoncteur divisionnaire, interrupteur différentiel, disjoncteur différentiel, et le disjoncteur électronique) pour assurer une meilleure protection de consommateurs et les biens.

Dans ce qui suit, nous allons présenter la partie matérielle et logicielle utilisée pour réaliser notre système.

CHAPITRE III

Simulation du disjoncteur intelligent
sous l'environnement PROTEUS

Chapitre III Simulation du disjoncteur intelligent sous l'environnement PROTEUS

III.1 Introduction

Dans ce chapitre, on expose les logiciels et les matériels utilisés (non acquis à cause du confinement covid 19). Pour réaliser notre système dans ces conditions nous avons effectué notre projet sur trois parties, la mesure de courant alternatif, la protection électrique et le calcul du facteur de puissance à l'aide de capteur de courant ACS712 et Arduino en utilisant le logiciel (ISIS) de PROTEUS.

III.2 Logiciels utilisés

Dans notre simulation, nous nous sommes basés sur deux logiciels, PROTEUS et Arduino IDE.

III.2.1 PROTEUS ISIS (Intelligent Schématique Input System)

Le logiciel ISIS de PROTEUS Professional est principalement connu pour l'édition de schémas électriques et permet également de simuler ces diagrammes. Une présentation de l'interface en dessous:

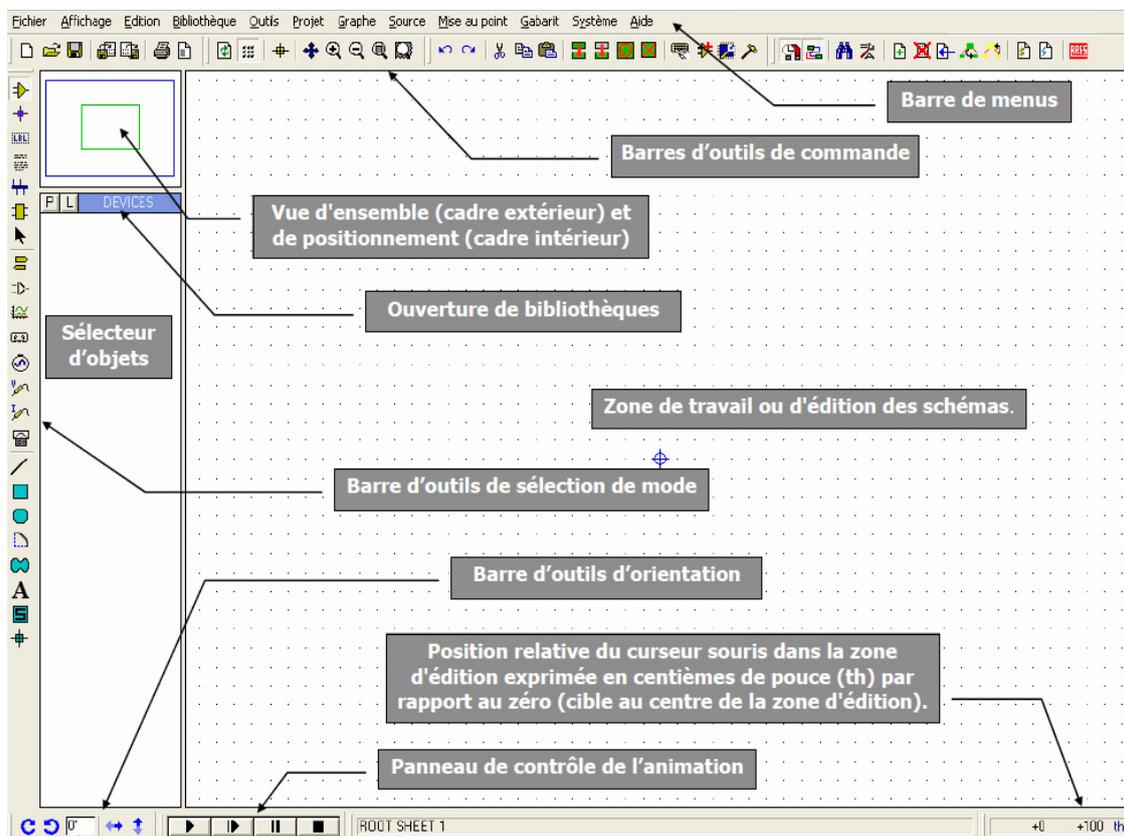


Figure III.1 : L'interface de PROTEUS ISIS. [29]

III.2.2 L'environnement de la programmation (IDE Arduino)

ARDUINO (IDE- Integrated Development Environment) est un programme qui nous permet d'écrire des esquisses pour la carte Arduino dans un langage simple qui écrit en java. Il sert d'éditeur de code et de compilateur, et qui peut transférer le programme sur la carte à travers un port USB. Une présentation de l'interface en dessous :

Chapitre III Simulation du disjoncteur intelligent sous l'environnement PROTEUS

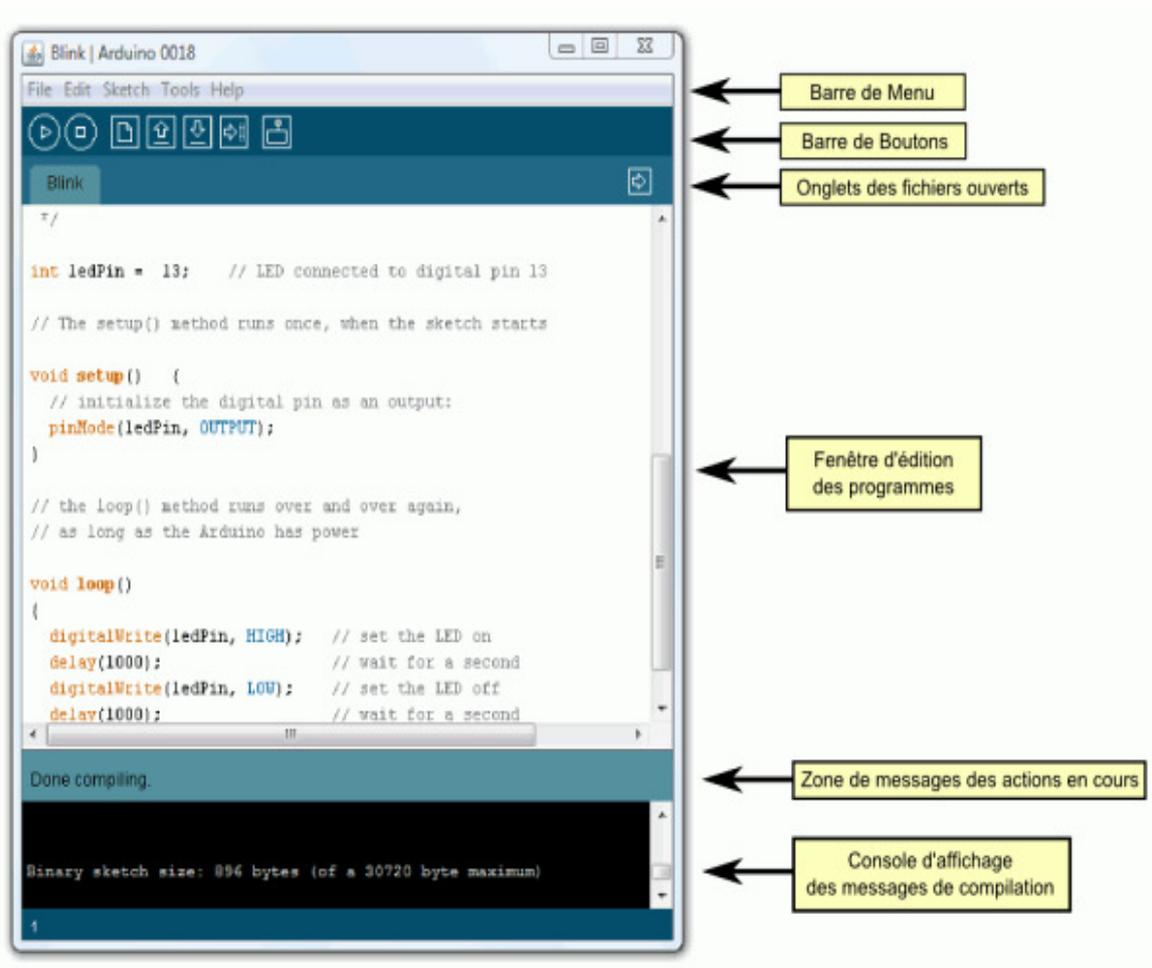


Figure III.2 : L'interface d'Arduino IDE. [30]

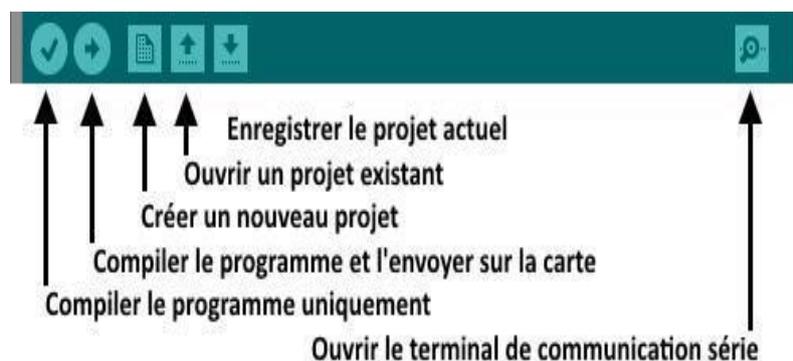


Figure III.3 : Les boutons d'interphase de programmation Arduino [30]

III.3 Equipements utilisés

Pour faire notre simulation, nous avons besoin de :

III.3.1 Arduino UNO

Arduino UNO est une carte électronique programmable équipée principalement de microcontrôleur qui permet de contrôler tous les éléments du système et de programmer facilement des choses et de créer des mécanismes automatisés, sans avoir des connaissances particulières en programmation.

Chapitre III Simulation du disjoncteur intelligent sous l'environnement PROTEUS

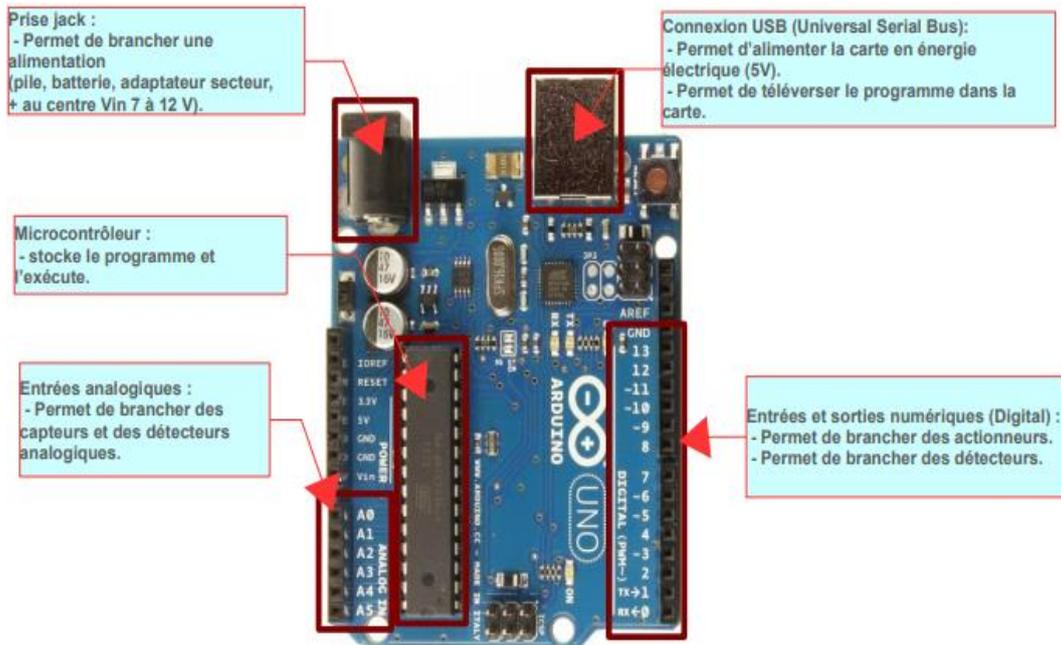


Figure III.4 : Schéma présenté la carte Arduino UNO [25]

III.3.2 Capteur à effet de Hall ACS712

Pour mesurer le courant, nous avons utilisé le capteur de courant à effet Hall ACS712 qui nous fournit une tension exploitable. Le dispositif ACS712 Allegro offre un moyen économique et précis de détection de courants alternatifs et continus sur la base de l'effet Hall.

Les applications typiques incluent le contrôle du moteur et la gestion de la détection de charge, l'alimentation à découpage et la protection contre les surintensités. [26]

Les capteurs de courant ACS712 ont gamme optimale de ± 5 A, ± 20 et ± 30 . Dans notre projet nous avons utilisé le capteur de courant ACS712ELC-05A qui mesurent le courant allant de - 5A à + 5A et que nous avons trouvé d'avoir une sensibilité de 185mV/A.

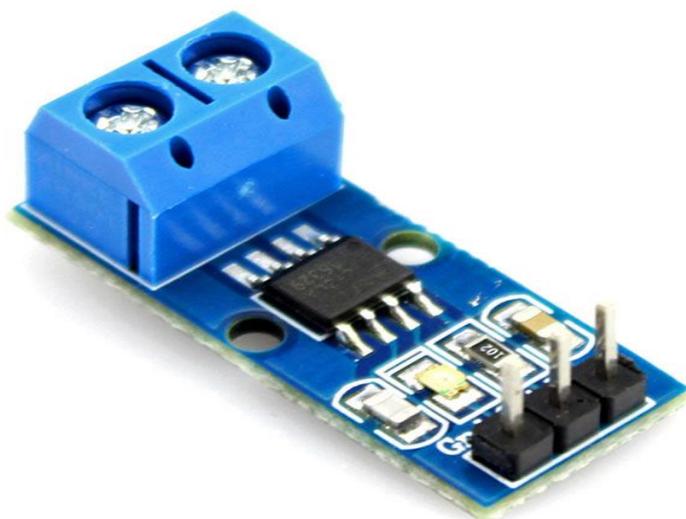


Figure III.5 : capteur de courant ACS712.

Chapitre III Simulation du disjoncteur intelligent sous l'environnement PROTEUS

III.3.2.1 Schéma des broches du capteur de courant à effet Hall ACS712

- La broche du capteur de courant acs712 est indiquée ci-dessous :

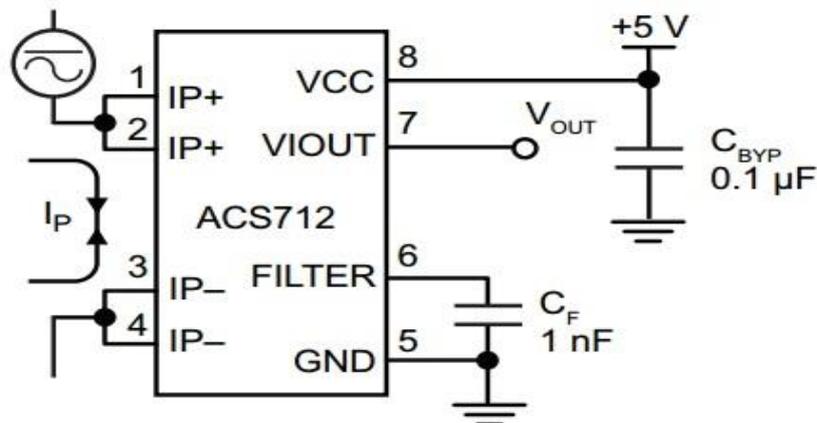


Figure III.6 : Schéma des broches du capteur de courant à effet Hall ACS712. [26]

- ACS712 comporte 8 pins dont le fonctionnement est illustré dont le tableau suivant :

Numéro	Nom	Description
1 et 2	IP+	Bornes pour le courant échantillonné, fusionnées en interne
3 et 4	IP-	Bornes pour le courant échantillonné, fusionnées en interne
5	GND	Borne de masse de signal
6	FILTER	Borne pour condensateur externe qui définit la bande passante
7	VIOUT	Signal de sortie analogique
8	VCC	Borne d'alimentation de l'appareil

Tableau III.1 : Les broches de capteur de courant ACS712 [26]

III.3.2.2 Caractéristiques techniques

- ◆ Puçe: ACS712ELEC-05A
- ◆ Gamme de courant mesuré: -5A à +5A
- ◆ Sensibilité: 185mV/A
- ◆ Consommation: 10mA
- ◆ Alimentation: 5VDC (4.5-5.5VDC)

III.3.3 Afficheur LCD

LCD (Liquid Crystal Display) sont des dispositifs d'affichage de donnée d'un usage général dans le monde de l'électronique de l'informatique et sont bons marché et s'utilisent avec beaucoup de facilité, dans lequel si on veut afficher des informations sans avoir besoin d'un ordinateur, on utilise un afficheur LCD.

L'afficheur utilisé dans notre projet est un afficheur composé de 4 lignes et 20 colonnes avec un rétro éclairage, comme celui apparaissant dans la Figure (III.7):

Chapitre III Simulation du disjoncteur intelligent sous l'environnement PROTEUS

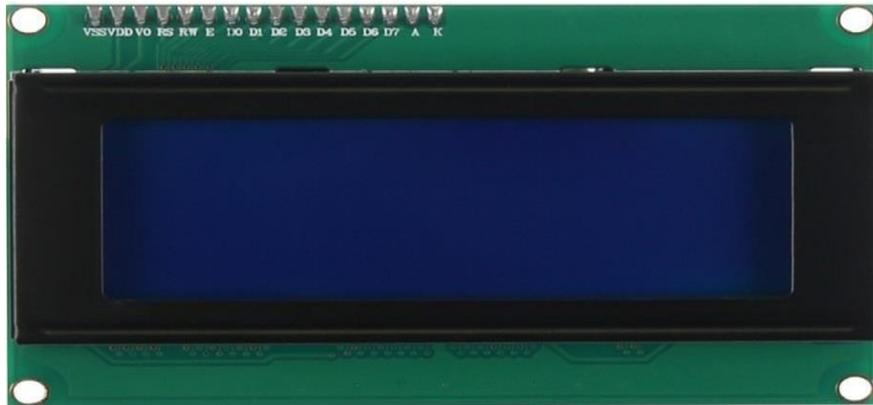


Figure III.7 : Afficheur LCD (20, 4).

L'afficheur LCD comporte 16 broches dont le fonctionnement est illustré dans le tableau suivant :

Broche	Nom	Fonction
1	VSS	Masse
2	VDD	Alimentation +5V
3	V0	Tension variable entre 0 et 5V pour le control du contraste de l'afficheur
4	RS	Sélection du registre (Register Select)
5	RW	Lecture ou écriture (Read/Write)
6	E	Entrée de validation (Enable)
7	D0	Bus de données
8	D1	
9	D2	
10	D3	
11	D4	
12	D5	
13	D6	
14	D7	
15	A	Anode rétro éclairage de LED (+5V)
16	K	Cathode rétro éclairage de LED (masse)

Tableau III.2 : Les fonctions de broches de l'afficheur LCD.

III.3.4 Un relai électromagnétique

Le relai est un composant électromécanique qui permet d'ouvrir ou fermer un contact. Il comporte deux parties :

- une bobine qui induit un champ magnétique lorsqu'elle est parcourue par un courant électrique. C'est la partie commande.
- un contact ou interrupteur mis en mouvement lorsque le champ magnétique est présent. C'est la partie puissance. Le courant circulant à travers ce contact peut atteindre plusieurs Ampère.

Chapitre III Simulation du disjoncteur intelligent sous l'environnement PROTEUS

Pour choisir un relai : il faut connaître la tension de commande, le type de contact (NF : normalement fermé ou NO : normalement ouvert) et le nombre de contacts (1RT ou 2RT, R signifiant repos et T travail). [27]

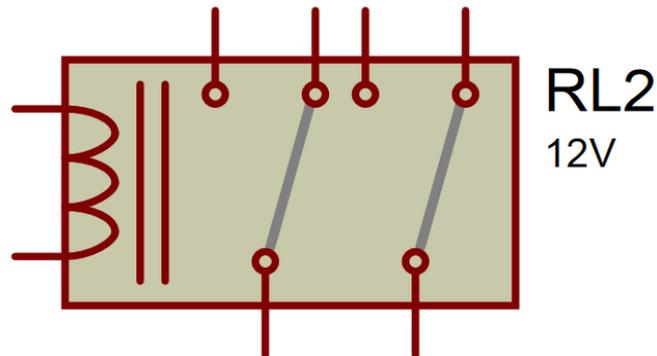


Figure III.8: Symbole du relai électromagnétique.

RL2 est un relai électromagnétique 2RT avec deux contacts. Nous pouvons commander deux charges séparément avec ce type de relais.

La tension d'alimentation du relai est une tension fixe de 12V, et la tension de commande est variable. La diode D1 est placée pour protéger le transistor contre les surtensions provoquées par la bobine du relai lors de sa mise hors fonction. La valeur de résistance R1 a été choisie pour que le courant circulant dans la base du transistor soit suffisant pour provoquer le collage du relai.

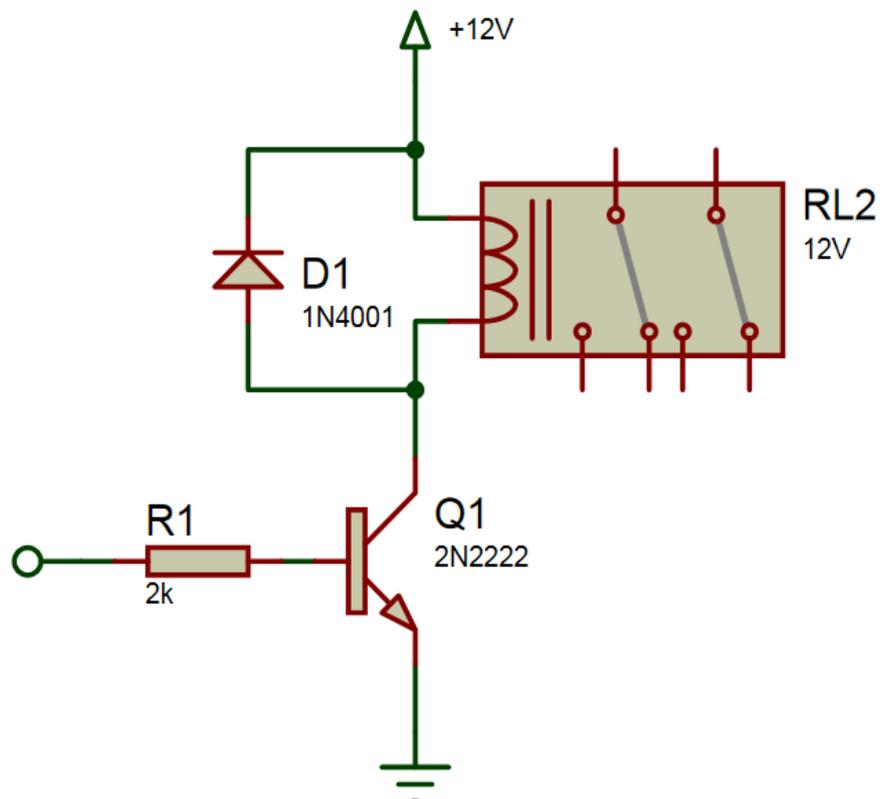


Figure III.9: Schéma du circuit de commande d'un relai électromagnétique.

Chapitre III Simulation du disjoncteur intelligent sous l'environnement PROTEUS

III.3.5 Module GSM SIM900

Le SIM900 est un module sans fil fiable et ultra-compact. C'est un module quadri-bande GSM/GPRS complet de type SMT et conçu avec un processeur à puce unique très puissant intégrant une cour ARM926EJ-S, ce qui vous permet de bénéficier de solutions de petites dimensions et économiques. Doté d'une interface standard de l'industrie, le SIM900 offre des performances GSM/GPRS à 850/ 900/ 1 800/ 1 900 MHz pour la voix, les SMS, le fax et les données dans un petit facteur de forme et avec une faible consommation d'énergie.

Le module Sim 900 nous fournit un moyen de communiquer en utilisant le réseau de téléphonie cellulaire GSM à travers une liaison série, ainsi il nous permet d'atteindre les SMS, MMS, GPRS et audio via UART. [28]



Figure III.10: Module GSM (SIM900). [28]

III.4 Le principe de fonctionnement de notre système

Chapitre III Simulation du disjoncteur intelligent sous l'environnement PROTEUS

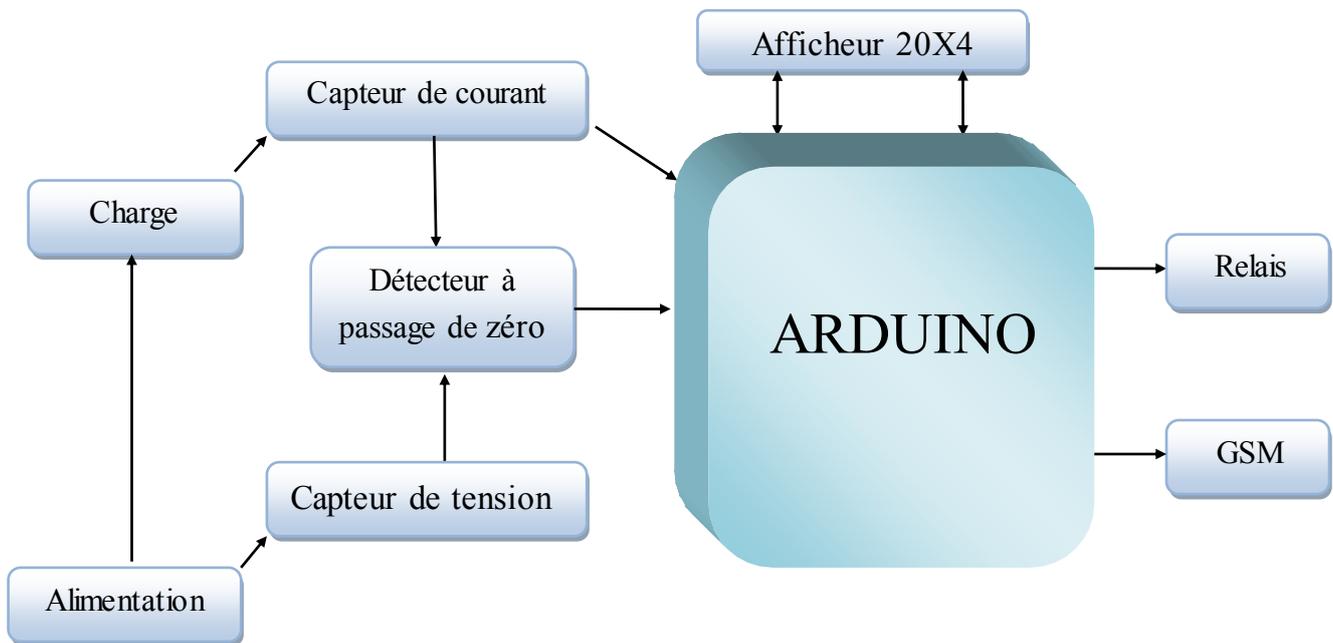


Figure III.11: Schéma synoptique du système.

Le principe de fonctionnement de notre système est composé de trois parties, chaque partie à un rôle précis :

- **Partie de protection:** À l'aide d'un capteur ACS712, le courant présent est mesuré en permanence et le coupé est donc arrêté l'alimentation du circuit avec un relais qui se déclenche automatiquement via un signal envoyé par l'Arduino en cas un écoulement anormalement intense de courant. Ensuite pour la remise à zéro automatique de circuit, on va ajouter un bouton poussoir en série avec une résistance à Arduino.
- **Partie de correction de facteur de puissance :** On va mesure le facteur de puissance par Arduino, le but de cette partie est d'utiliser la solution de condensateur (en parallèle avec la charge) qui fournissant un courant principal pour compenser le courant retardé pour améliorer le faible facteur de puissance par conséquent on va diminuer la consommation d'énergie électrique.
- Ces condensateurs sont conçus pour garantir que facteur de puissance est aussi proche que possible de l'unité.
- **Partie de contacte du système :** Cette partie via le module GSM permet d'envoyer les données de système (courant, tension, facteur de puissance, l'état de relais) à service Smart grid et en plus envoie de message vers notre phone, en cas un défaut électrique.

III.5 Circuit électrique global de notre solution

Pour réaliser notre schéma électrique global, nous avons utilisé le logiciel d'ISIS-PROTEUS (détaillé précédemment) comme le montre la figure suivante :

Chapitre III Simulation du disjoncteur intelligent sous l'environnement PROTEUS

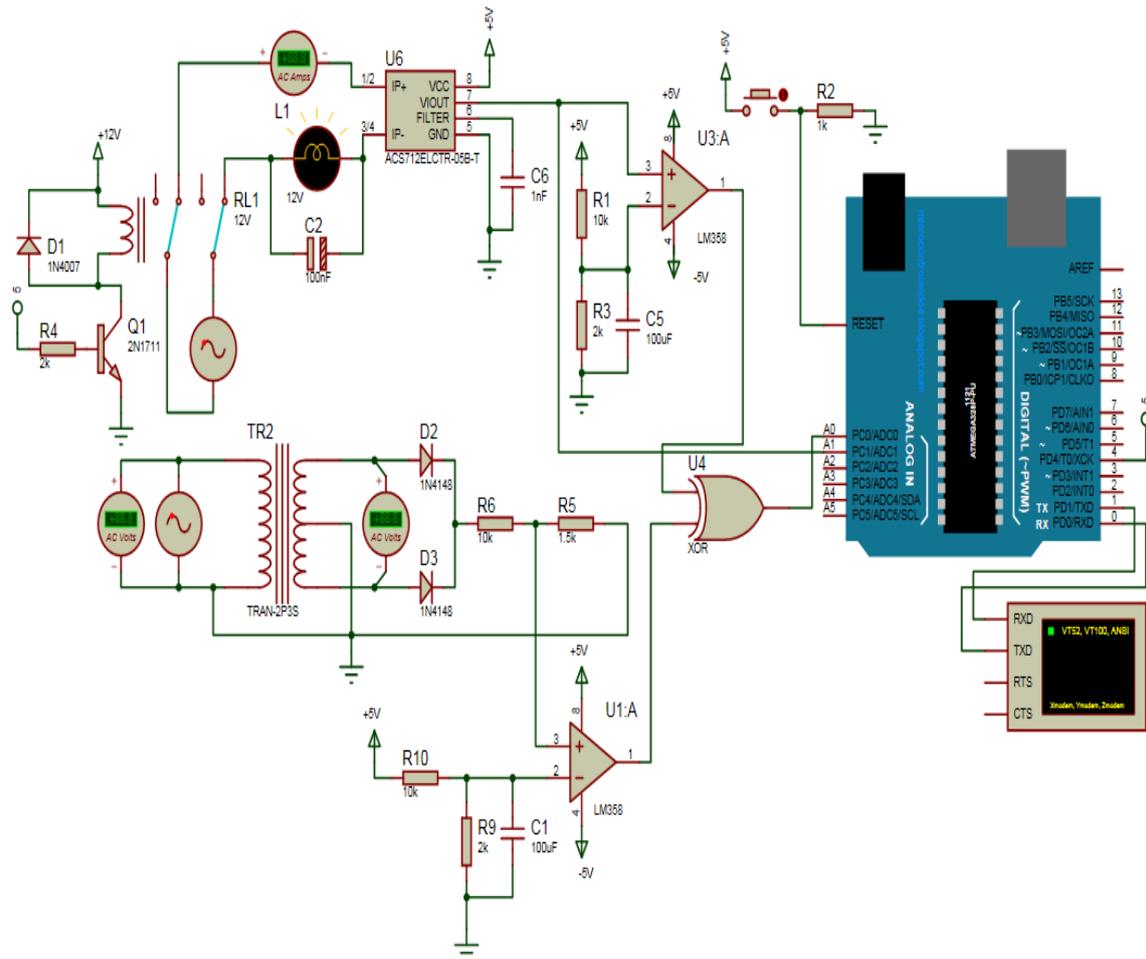


Figure III.12: Circuit électrique global du notre système.

III.6 Organigrammes

Dans cette partie, nous allons présenter les différents organigrammes de l'exécution de notre système.

III.6.1 Organigramme de la protection

L'organigramme suivant représente la détection de courant de défaut de surcharge.

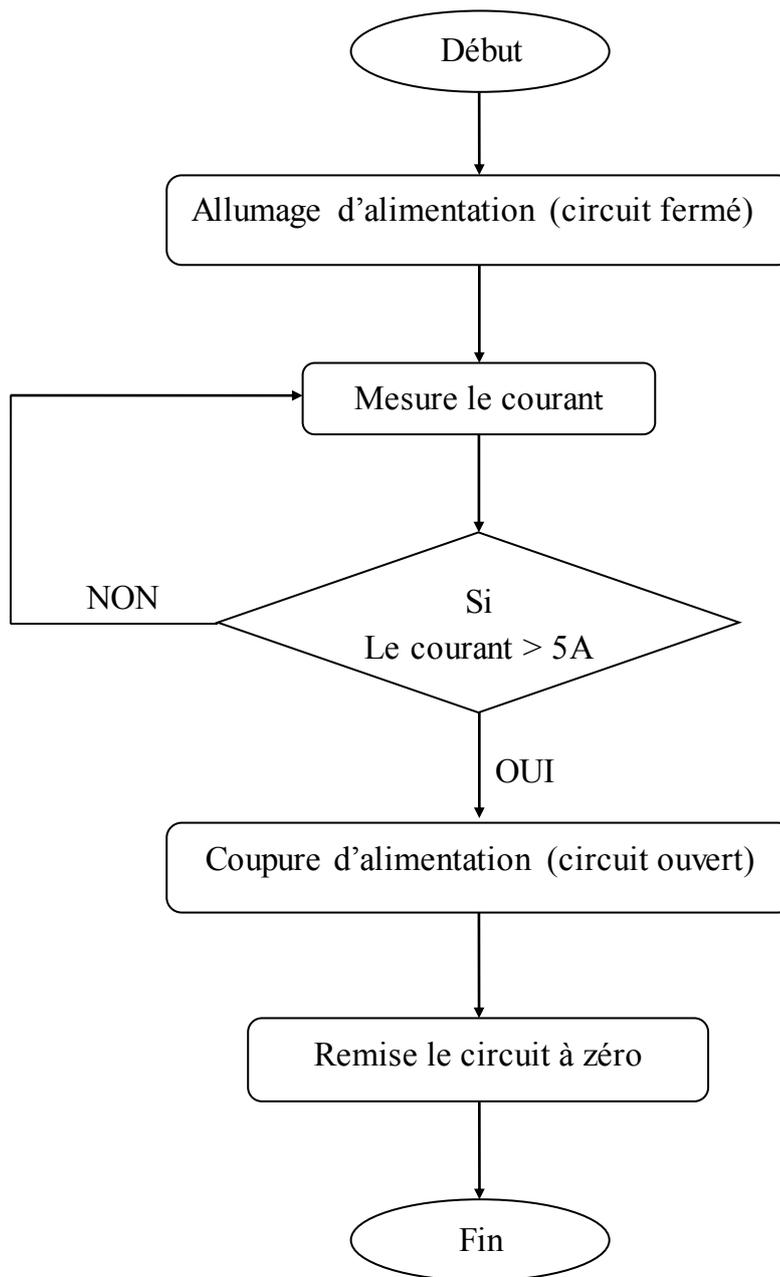


Figure III.13: Organigramme de protection.

III.6.2 Organigramme de la correction de facteur de puissance

L'organigramme suivant permet de corriger le facteur de puissance.

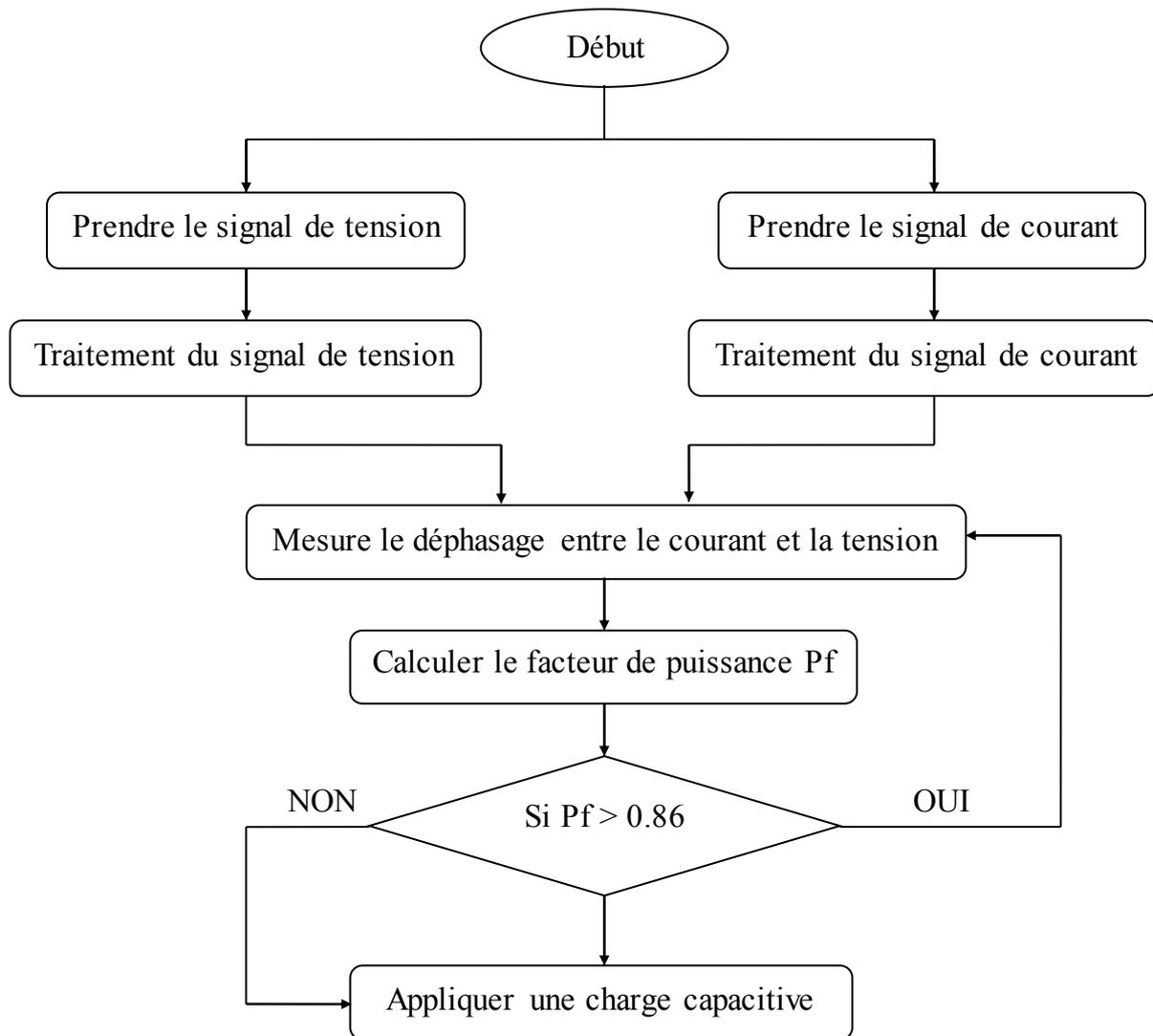


Figure III.14: Organigramme de la correction de facteur de puissance.

III.7 Les tests des différents étages de notre système

III.7.1 Test de l'afficheur LCD avec l'Arduino UNO

Le schéma de la figure (III.15) présente le brochage de l'afficheur LCD avec l'Arduino UNO. On a utilisé seulement les 4 bits du poids fort (D4 à D7) pour transmettre les données et les lire en envoyant séquentiellement ces 4 bits. Une impulsion doit être envoyée sur la ligne E pour valider chaque demi-octet.

Dans notre test, nous allons écrire la phrase (M2 Instrumentation) et la lire sur l'afficheur LCD.

Chapitre III Simulation du disjoncteur intelligent sous l'environnement PROTEUS

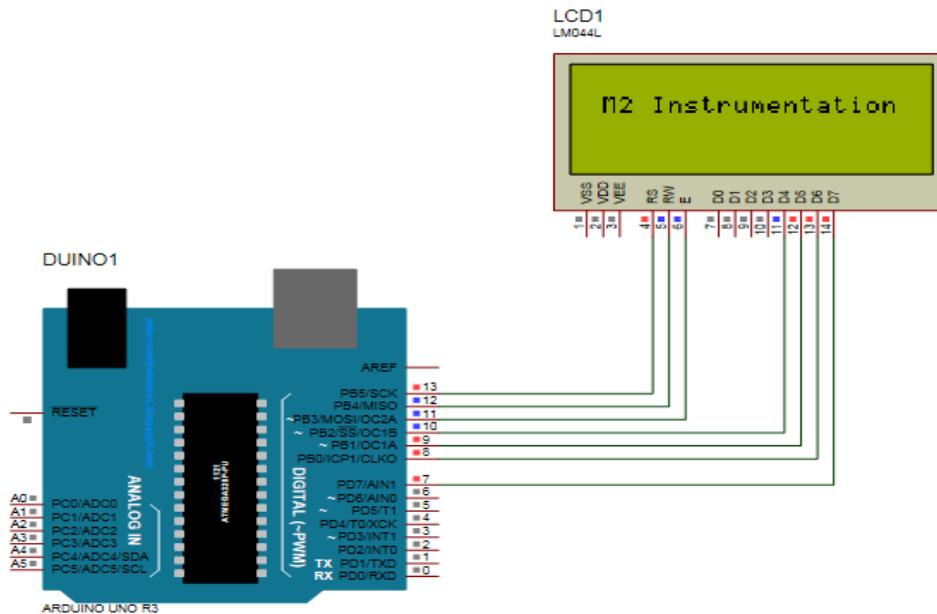


Figure III.15 : Simulation de l’afficheur LCD avec l’Arduino.

III.7.2 Test du capteur de courant ACS712 avec Arduino UNO

Nous avons proposé une lampe avec un courant alternatif. Pour mesurer ce courant, nous avons utilisé un capteur ACS712 avec une alimentation de 5V branché avec Arduino UNO, comme la montre la figure ci-dessous:

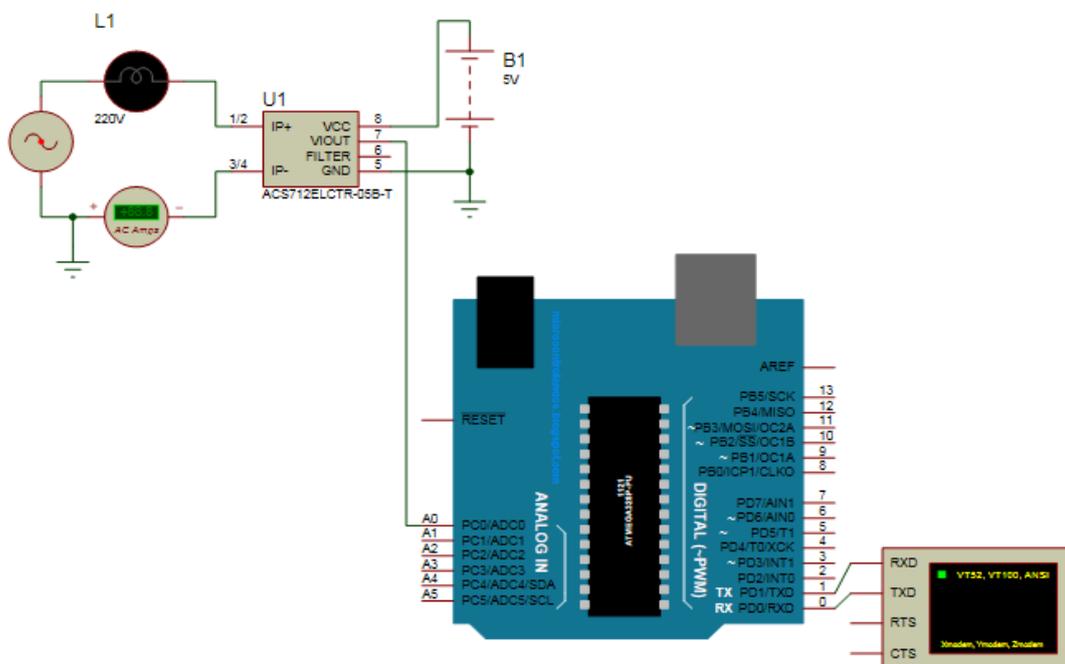


Figure III.16: Simulation du capteur de courant ACS712 avec Arduino

Nous avons utilisé ‘virtual terminal’ d’ISIS PROTEUS pour l’affichage de la variation des valeurs de courant alternatif.

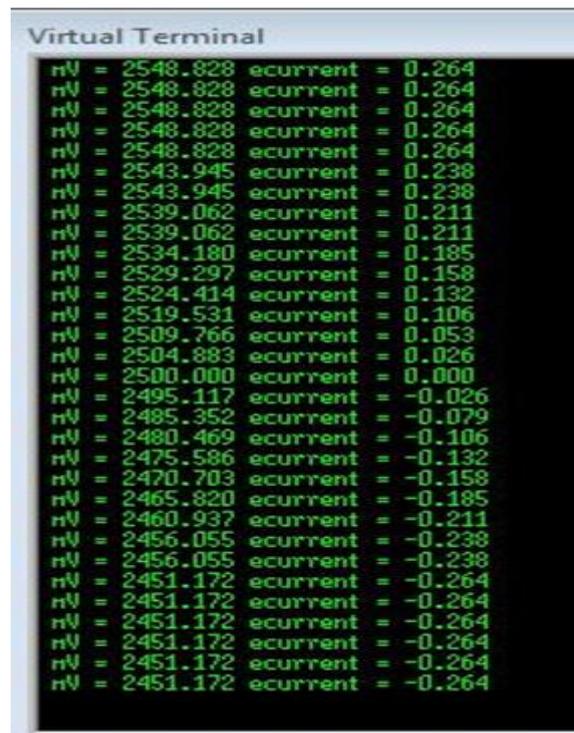


Figure III.17: Affichage de résultats du capteur ACS712 dans le 'virtual terminal' d'ISIS PROTEUS.

III.7.3 Test de relais électromagnétique avec Arduino

Sur le même circuit précédent, nous avons inséré un relais électromagnétique 2RT (avec son circuit de commande) qui va isoler la partie commande de la partie puissance afin d'éviter les retours d'énergie reliée avec Arduino UNO, est donné ci-dessous:

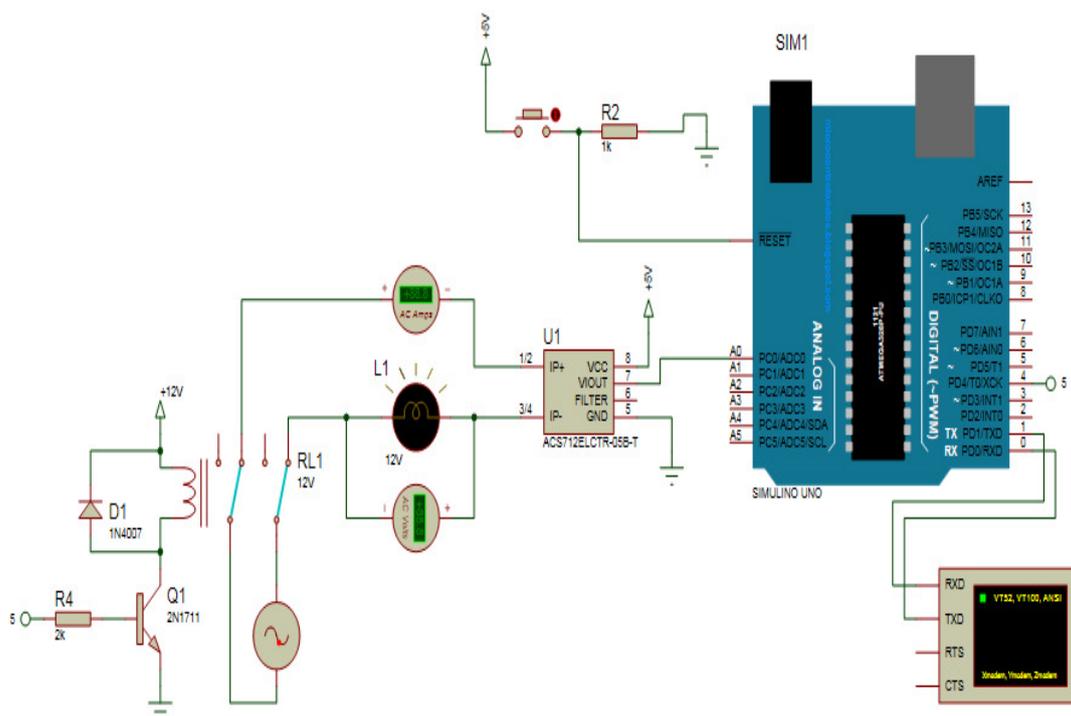


Figure III.18: Simulation de relais électromagnétique avec Arduino.

Chapitre III Simulation du disjoncteur intelligent sous l'environnement PROTEUS

Le capteur ACS712 mesure le courant de notre circuit proposé, si ce courant va dépasser la valeur de seuil '5A' (présence de surcharge à cause qu'une quantité trop importante de courant passe dans des fils électriques) le relais se déclenche donc et couper l'alimentation du circuit.

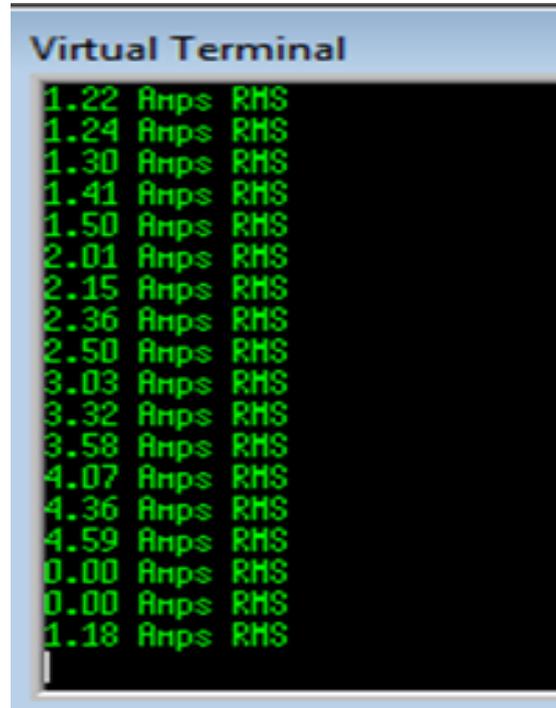


Figure III.19: Affichage de résultats de relais électromagnétique dans le 'virtual terminal' d'ISIS PROTEUS.

III.7.4 Test de la mesure de facteur de puissance avec Arduino

Dans notre projet, on va faire deux tests du mesurer de facteur de puissance en suivant les étapes suivantes :

- Mesure du courant Alternatif par le capteur ACS712.
- Mesure la tension Alternative, nous utilisons :
 - ◆ Un transformateur abaisseur 220/12V.
 - ◆ Un redresseur double alternance non commandé qui convertit les charges négatives en charges positives.
 - ◆ Diviseur de tension.
 - ◆ Filtre passe haut.

Le courant et la tension sont des forme onde, chaque forme d'onde est introduite dans un détecteur de passage à zéro (parfois appelé convertisseur sinusoïdal en onde carrée) qui est simplement un amplificateur opérationnel 741 en mode comparateur où la tension de comparaison est de 0V. Les deux ondes carrées sont ensuite comparées à l'aide d'une porte logique OU exclusif (XOR), La sortie de la porte XOR est donc la différence de temps (Δt) entre les deux ondes à partir du point où elles franchissent le point zéro. Le code Arduino utilise "pulseIn" pour mesurer la longueur de l'impulsion de sortie du circuit de mesure.

Chapitre III Simulation du disjoncteur intelligent sous l'environnement PROTEUS

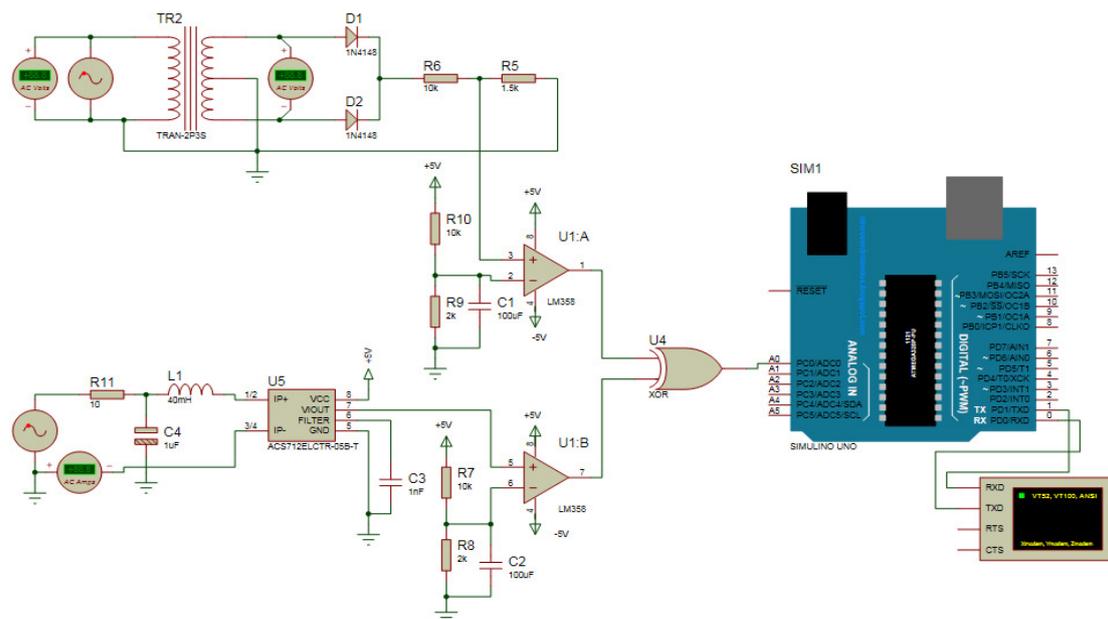
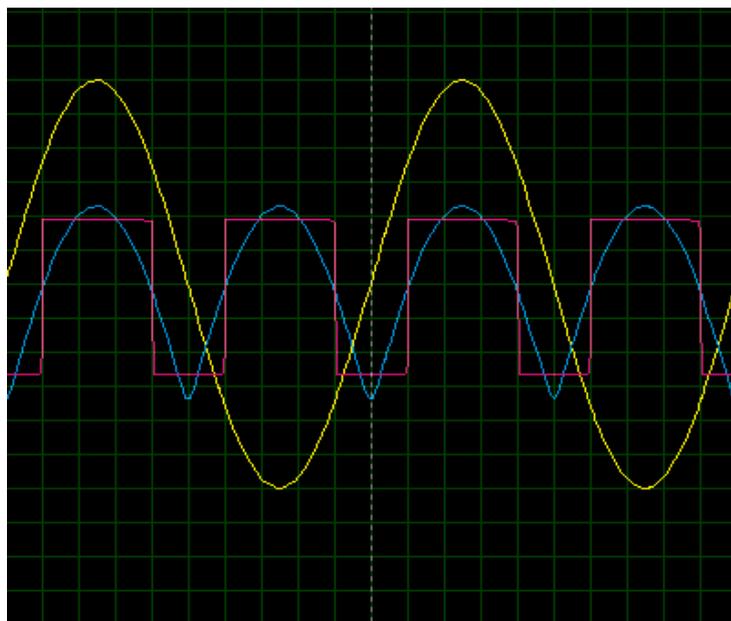


Figure III.20: Simulation de mesure de facteur de puissance avec Arduino.

La figure III.21 montre le premier signal en jaune est l'allure de tension d'alimentation alternative en valeur efficace 12V entrée dans un circuit de passage par zéro. Le deuxième signal en bleu est un redresseur double alternance non commandé ou ponts de diodes, composés de diodes. Le troisième signal en rouge est l'impulsion obtenue de la sortir de circuit de passage par zéro à l'instant la tension de l'alimentation passe par zéro.

Notre circuit de passage par zéro donné l'impulsion de valeur maximal 4,8V au moment la tension de l'alimentation est en négatif alternance est 0V en positif alternance.



Trait jaune : Tension d'alimentation
 Trait bleu : Redressement double alternance
 Trait rouge : détection du passage par zéro

Figure III.21 : Tension d'alimentation et signal de détection du passage par zéro.

Nous avons utilisé 'virtual terminal' d'ISIS PROTEUS pour l'affichage de la mesure de facteur de puissance avant et après la correction.

Chapitre III Simulation du disjoncteur intelligent sous l'environnement PROTEUS

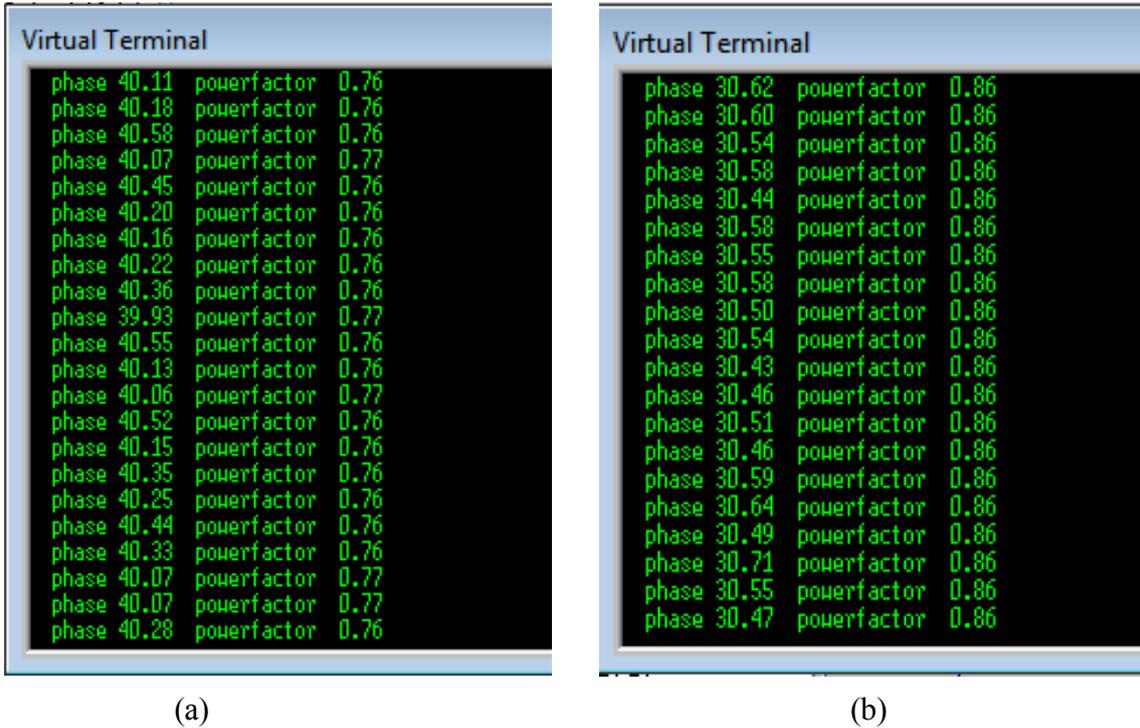


Figure III.22: Affichage de résultats de mesure de facteur de puissance avant la correction (a) et après la correction (b) dans le 'virtual terminal' d'ISIS PROTEUS.

III.7.5 Test GSM avec Arduino

Dans notre projet, nous avons placé le module GSM SIM900D (détaillé précédemment) en série avec Arduino. Donc on utilise des broches série d'Arduino (Rx et Tx). Où, on peut connecter la broche Tx du module GSM à la broche Rx d'Arduino et la broche Rx du module GSM à la broche Tx d'Arduino. Alors on peut maintenant charger différents programmes pour communiquer avec le module GSM et le faire fonctionner.

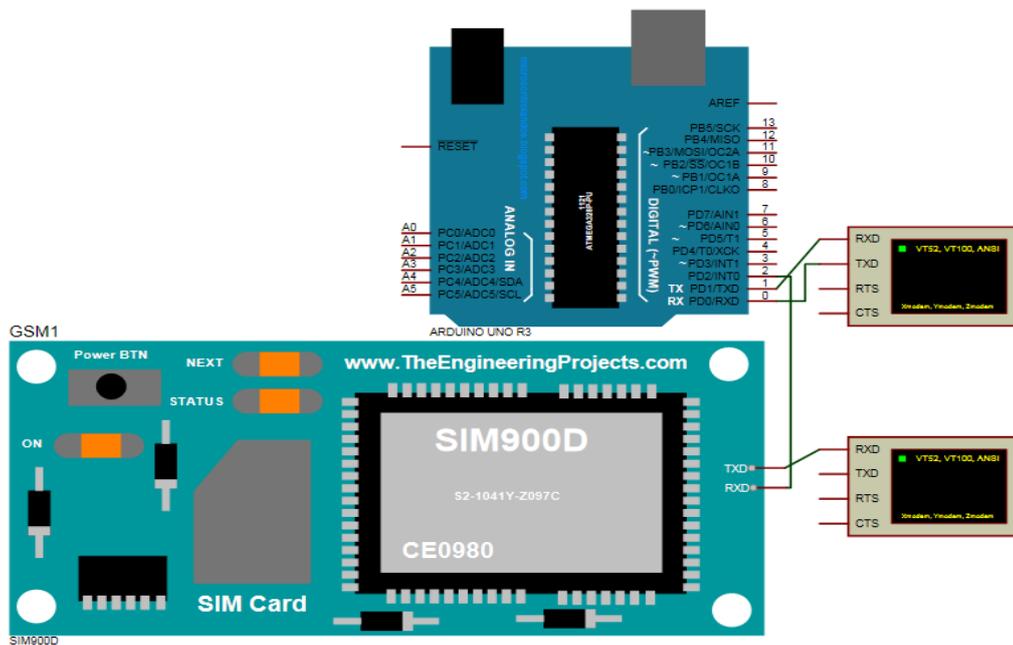


Figure III.23: Simulation de GSM avec Arduino

Chapitre III Simulation du disjoncteur intelligent sous l'environnement PROTEUS

Pour relié ce système au monde extérieur (téléphone portable), nous avons connecté l'Arduino au module GSM. Ce module enverra un message à notre téléphone portable avec la phrase "OFF" lorsque le relais est déclenché et coupe l'alimentation, et "ON" lorsque circuit en bonne condition, Cette technologie peut également être utilisée pour partager ses données avec le service smart grid.

III.8 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons fourni une présentation détaillée de deux logiciels ISISI PROTEUS et ARDUINO IDE en plus, nous avons présenté les différents composants nécessaires pour réaliser notre projet. Ensuite, nous avons proposé à détailler chaque étape de notre projet séparément pour que le lecteur mieux comprendre le rôle et l'objectif de notre système.

Notre solution proposée à base d'Arduino et différents composants avec un coût très minime et fiable avec un avantage de minimiser la consommation d'énergie et peut concouru un dispositif industriel avec un coût élevé et peut être non disponible sur le marché.

CONCLUSION
GENERALE

Conclusion générale

Le but de ce projet consiste à la protection contre les risques électriques afin d'éviter les dommages les plus importants possible. Pour cela nous nous sommes intéressés à travers notre projet de fin d'études, à améliorer un système de protection électronique intelligent précis est aligné sur le réseau intelligent.

Notre système est basé sur la communication filaire entre ARDUINO et le capteur à effet d'Hall ACS712 pour la mesure de courant, ce type de capteur nous a donné un gros avantage en termes de précision de mesure et de rapidité. Ce système est composé de la fonction de détection de surcharge de plus, il a une fonctionnalité de réduire la consommation d'énergie par la correction de facteur de puissance.

De plus d'une communication sans fil (GSM) qui permet de collecter et d'envoyer les données et d'alerter le consommateur et le service Smart grid lorsqu'un défaut se produit pour éviter les accidents électriques en plus de contrôler certains paramètres sans avoir à vous déplacer.

- **Problèmes rencontrés**

- ◆ L'émergence et propagation rapide de Covid 19, et l'obligation de fermeture des fournisseurs des matériaux électroniques conduit à rendu difficile l'obtention des équipements pour concrétiser notre prototype.

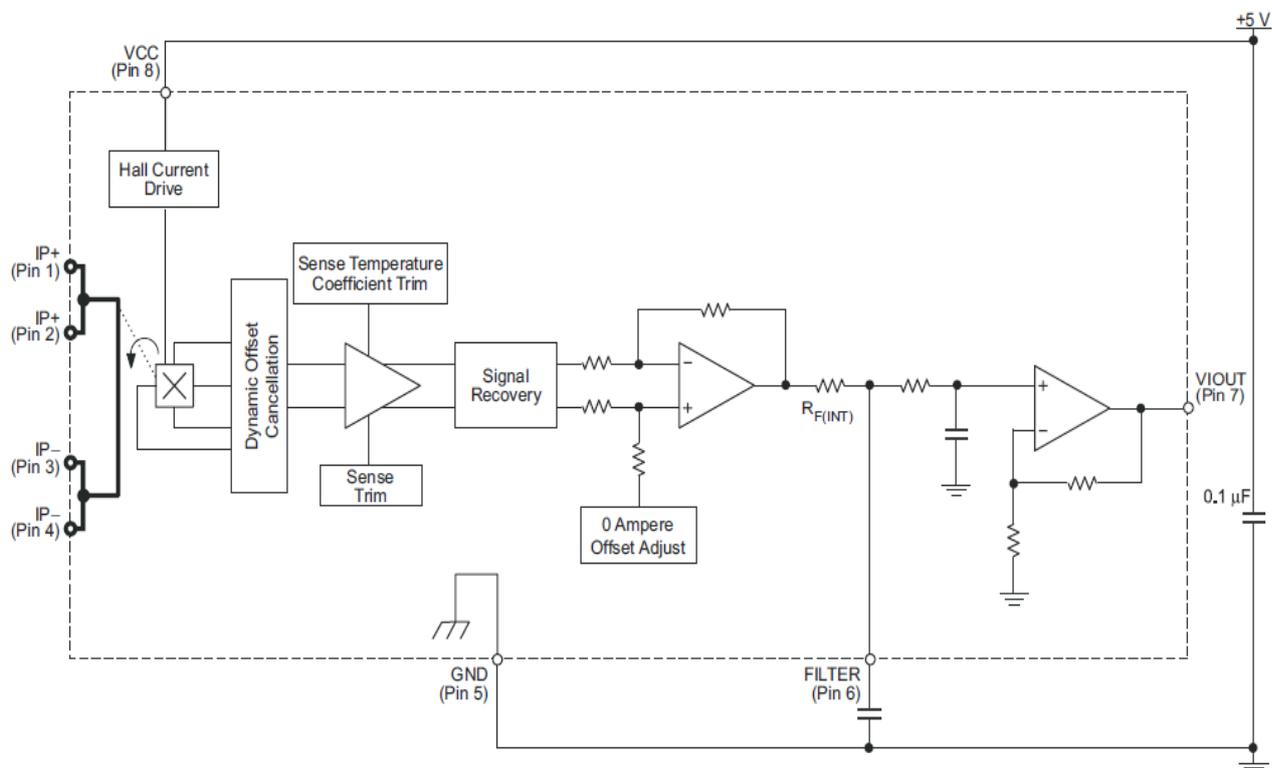
- **Perspectives du projet**

En perspective, nous pouvons signaler que ce travail peut sans doute être amélioré, en ajoutant d'autre fonctionnalité enrichissante telle que :

- ◆ Réaliser et implémenter le projet.
- ◆ Adapter notre même système pour faire la protection différentielle.
- ◆ Utilisation d'une application mobile pour un contrôle à distance.

ANNEXE A

(Schéma électrique d'un capteur à effet de Hall ACS712)

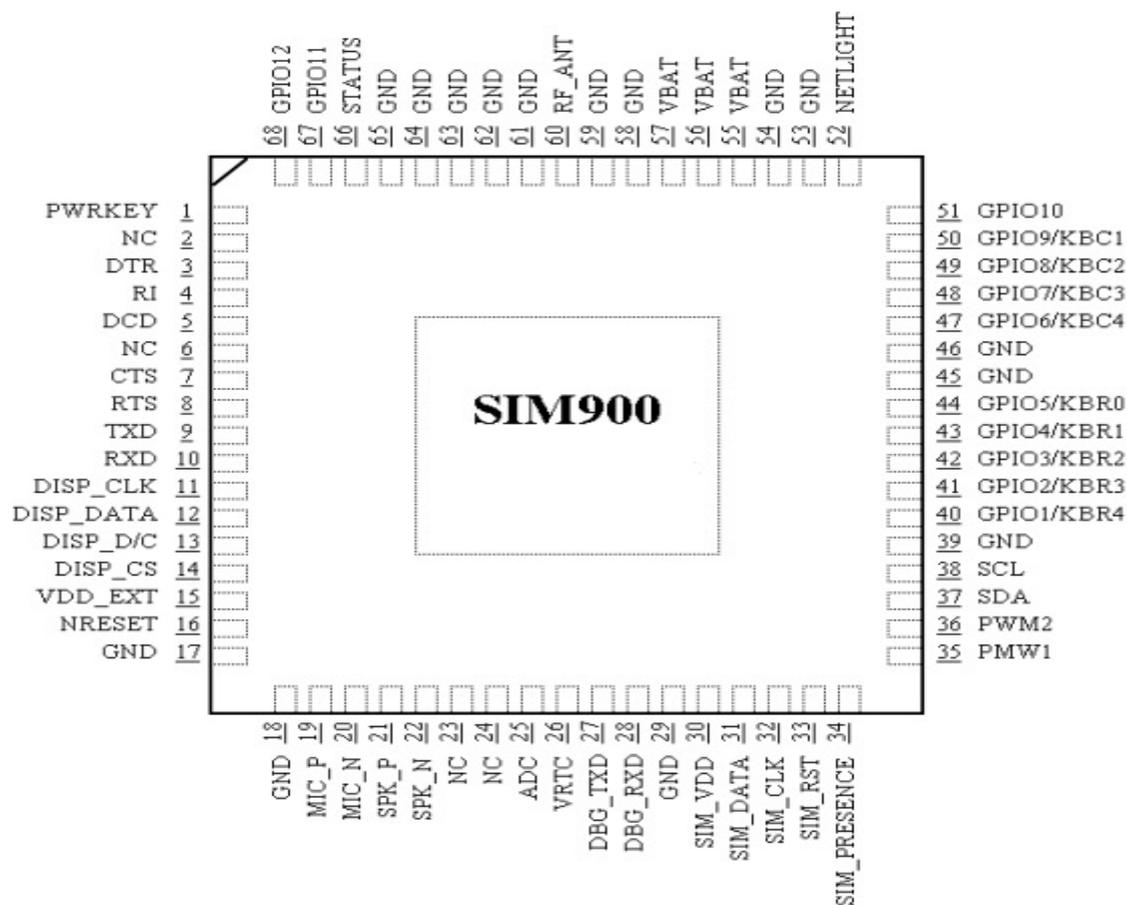


(Caractéristiques de fonctionnement communes d'un capteur à effet de Hall ACS712)

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
ELECTRICAL CHARACTERISTICS						
Supply Voltage	V_{CC}		4.5	5.0	5.5	V
Supply Current	I_{CC}	$V_{CC} = 5.0\text{ V}$, output open	-	10	13	mA
Output Capacitance Load	C_{LOAD}	VIOU to GND	-	-	10	nF
Output Resistive Load	R_{LOAD}	VIOU to GND	4.7	-	-	k Ω
Primary Conductor Resistance	$R_{PRIMARY}$	$T_A = 25^\circ\text{C}$	-	1.2	-	m Ω
Rise Time	t_r	$I_P = I_P(\text{max})$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $C_{OUT} = \text{open}$	-	5	-	μs
Frequency Bandwidth	f	-3 dB, $T_A = 25^\circ\text{C}$; I_P is 10 A peak-to-peak	-	80	-	kHz
Nonlinearity	E_{LIN}	Over full range of I_P	-	1.5	-	%
Symmetry	E_{SYM}	Over full range of I_P	98	100	102	%
Zero Current Output Voltage	$V_{IOUT(Q)}$	Bidirectional; $I_P = 0\text{ A}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$	-	$V_{CC} \times 0.5$	-	V
Power-On Time	t_{PO}	Output reaches 90% of steady-state level, $T_J = 25^\circ\text{C}$, 20 A present on leadframe	-	35	-	μs
Magnetic Coupling ²			-	12	-	G/A
Internal Filter Resistance ³	$R_{F(INT)}$			1.7		k Ω

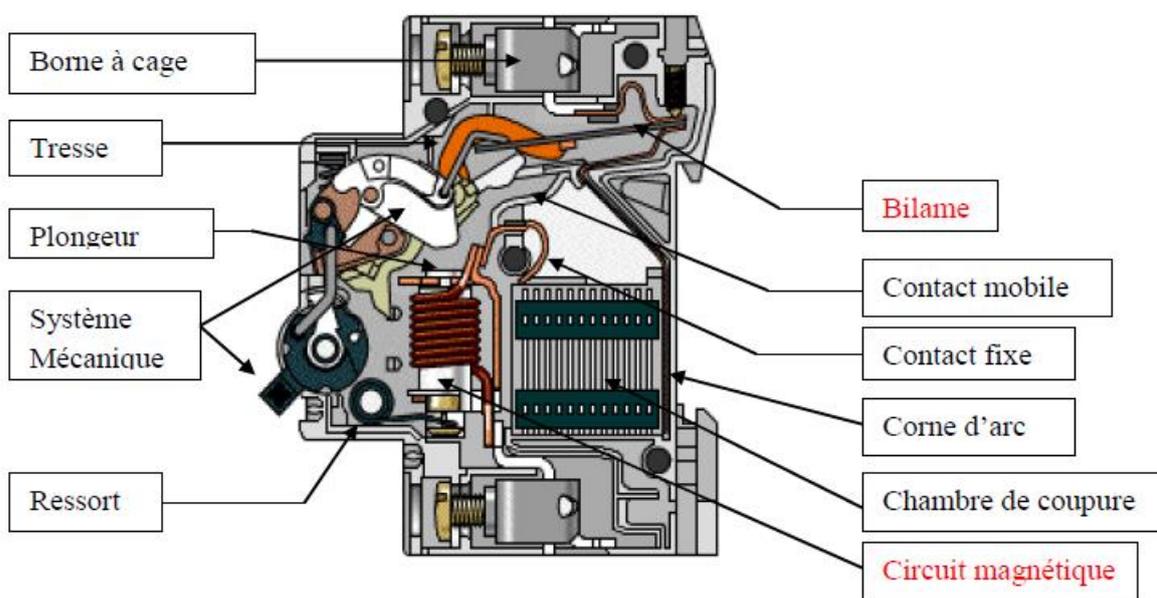
ANNEXE B

(Schéma de brochage sim900 'vue de dessus')



ANNEXE C

(Les composants intérieurs d'un disjoncteur basse tension)



ANNEXE D

- Programme ARDUINO pour la protection:

```
#include <LiquidCrystal.h>

const int sensorIn = A0;
int mVperAmp = 180;
double Voltage = 0;
double VRMS = 0;
double AmpsRMS = 0;
LiquidCrystal lcd (8, 9, 10, 11, 12, 13);

void setup(){
  Serial.begin(9600);
  pinMode(4 , OUTPUT);
}

void loop(){
  Voltage = getVPP();
  VRMS = (Voltage/2.0) *0.707; //root 2 is 0.707
  AmpsRMS = (VRMS * 1000)/mVperAmp;
  Serial.print(AmpsRMS);
  Serial.println(" Amps RMS");
  if (AmpsRMS > 5 ){
    digitalWrite(4 , HIGH);
  }
}

float getVPP()
{
  float result;
  int readValue;
  int maxValue = 0;
  int minValue = 1024;
  uint32_t start_time = millis();
  while((millis()-start_time) < 1000)
  {
    readValue = analogRead(sensorIn);
    // see if you have a new maxValue
    if (readValue > maxValue)
      /*record the maximum sensor value*/
      maxValue = readValue; }
    if (readValue < minValue)
      /*record the minimum sensor value*/
```

```
    minValue = readValue; }  
}  
// Subtract min from max  
result = ((maxValue - minValue) * 5.0)/1024.0;  
return result;  
}
```

➤ Programme ARDUINO pour la mesure de facteur de puissance :

```
#include <LiquidCrystal.h>  
float pulsewidth =0 ;  
float powerfactor = 0;  
float phase = 0;  
void setup() {  
    Serial.begin(9600);  
    lcd.begin(20, 4);  
    LiquidCrystal lcd(8, 9, 10, 11, 12, 13);  
}  
void loop() {  
    pulsewidth =pulseIn ( A0 , HIGH);  
    phase = 2 * 100 * 50 * pulsewidth/ 1000000;  
    powerfactor = cos ( phase * 3.1415 / 180 );  
    lcd.setCursor (1,0);  
    lcd.print("phase = ");  
    lcd.setCursor(13,0);  
    lcd.print ( phase );  
    Serial.print(" phase ");  
    Serial.print(phase);  
    lcd.setCursor (1,1);  
    lcd.print(" powerfactor = ");  
    lcd.setCursor(15,1);  
    lcd.print ( powerfactor );  
    Serial.print(" powerfactor ");  
    Serial.println(powerfactor);  
    delay (1000);  
}
```

Bibliographie

- [1] Julien M, « les smart grids, les réseaux électriques du futur, Une première approche », [www.adec.fr-Julien Monereau](http://www.adec.fr-Julien_Monereau). 2011.
- [6] Boris B, « Réglage de la tension dans les réseaux de distribution du futur », thèse doctorat, université de Grenoble. 2011.
- [15] E. Vourc'h. Systèmes électromagnétiques pour la mesure, l'analyse et la transmission d'informations (HDR, 2013).
- [17] OTMANI KAOUTHER, «Simulation Des Défauts Electriques Et Leurs Protections A Arcelor Mittal (Annaba) », UNIVERSITE BADJI MOKHTAR-Annaba. Juin 2018.
- [18] eaton, «Brochure protection des circuits électriques pour installations résidentielles», 2016.
- [21] Electrotoile, «Le disjoncteur ou interrupteur différentiel (DDR) », 2020.
- [22] Jamil Alexander, «Comment fonctionne un disjoncteur différentiel ? », Jeudi 12 juin 2014
- [23] disjoncteur.over-blog.com, «Les disjoncteurs électroniques», 24 novembre 2010.
- [25] C. Fréou et A. Grimault, «Découverte de la carte Arduino UNO», <http://www.techmania.fr/>
- [26] microcontrollerslab, «Acs712 current sensor interfacing with Arduino for ac and dc current measurement», 12/11/2017
- [28] MANSOUR Amir, «Etude et réalisation d'un système de sécurité basé sur module GSM Sim 900 via ATMEGA 328», mémoire 2017/2018, UNIVERSITE Mouloud MAMMERI DE TIZI-OUZOU.

➤ *Webographie*

- [2] <http://www.smartgrids-cre.fr/index.php?p=comprendre-les-smart-grids>
- [3] <https://www.futura-sciences.com/planete/questions-reponses/energie-renouvelable-smart-grid-gere-t-il-consommation-electricite-4137/>
- [4] <http://circuitor.com/fr/documentation/articles/4158-avantages-des-reseaux-intelligents>
- [5] <https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/reseau-intelligent-smart-grid>
- [7] <http://www.smartgrids-cre.fr/index.php?p=definition-smart-grids>
- [8] <https://www.tactis.fr/smart%20grids/>
- [9] <http://www.smartgrids-cre.fr/index.php?p=gestion-donnees-cyber-securite>
- [10] <http://www.smartgrids-cre.fr/index.php?p=technologies-introduction>
- [11] <https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/developpement-durable-compteur-intelligent-6952/>
- [12] <https://www.energuide.be/fr/questions-reponses/quest-ce-quun-compteur-intelligent/126/>
- [13] <https://www.vinci-energies.com/cest-deja-demain/pour-une-energie-maitrisee/smart-grid-le-reseau-electrique-qui-evolue-avec-les-usages/>
- [14] <https://www.comparateur-energie.be/blog/2019/10/22/quoi-s-attendre-avec-le-compteur-intelligent/>
- [16] <https://circuitglobe.com/shunt-resistor.html>
- [19] <https://www.installation-renovation-electrique.com/disjoncteur-differentiel/>
- [20] <https://fr.slideshare.net/medjam76/disjoncteur-differentiel>
- [24] <https://the.grid.rexel.com/en-us/knowledge/product-faqs/w/wiki/871/how-does-an-electronic-trip-circuit-breaker-work>
- [27] <https://pecquery.wixsite.com/arduino-passion/le-relais>
- [29] <https://muhaz.org/table-de-matieres.html?page=8>
- [30] http://www.mon-club-elec.fr/pmwiki_reference_arduino/pmwiki.php?n=Main.DebuterPresentationLogiciel

Résumé

Le but de ce projet est de veiller à assurer la protection domicile pour éviter la possibilité de risques électriques.

Par conséquent, grâce à notre travail, nous avons réalisé un système de protection électronique intelligent de haute précision qui regroupe les techniques de l'électronique, et des télécommunications sans fil (GSM).

En vedette dans notre système est de réduire la consommation d'énergie résultant de l'amélioration du facteur de puissance, ce qui se traduit par une réduction de la facture d'électricité.

Mots clés : disjoncteur, smart grid, Arduino, capteur, protection électrique

Abstract

The aim of this project is to ensure home protection to avoid the possibility of electrical hazards.

Therefore, through our work, we have achieved a high-precision intelligent electronic protection system that combines electronics, and wireless telecommunications (GSM) technologies.

Featured in our system is to reduce power consumption resulting from improved power factor, which results in reduced electricity bill.

Keywords: circuit breaker, smart grid, Arduino, sensor, electrical protection

ملخص

الغرض من هذا المشروع هو الاهتمام بضمان الحماية المنزلية لتجنب احتمالية حدوث كوارث كهربائية.

لذلك حققنا من خلال عملنا نظام حماية إلكتروني ذكي عالي الدقة يجمع بين التقنيات الإلكترونية والاتصالات اللاسلكية (ج س م).

المميز في نظامنا أنه يقلل استهلاك الطاقة الناتج عن تحسين معامل القدرة مما ينتج عنه تخفيضاً في فاتورة الكهرباء.

الكلمات المفتاحية : قاطع دارة ، شبكة ذكية ، اردوينو ، حساس ، حماية كهربائية