

UNIVERSITE LIBRE DES PAYS DES GRANDS LACS
FACULTE DE SCIENCES ET TECHNOLOGIES
APPLIQUEES

DEPARTEMENT DE GENIE ELECTRIQUE ET INFORMATIQUE



BP. 368 GOMA

www.ulpgl.net

CONCEPTION ET SIMULATION D'UN
SYSTÈME DE GESTION CENTRALISÉE DES
ÉQUIPEMENTS DANS UN MILIEU INDUSTRIEL

Par **ISAAC MUVUGHE**

Travail présenté en vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur Civil en Génie électrique et informatique

Option : Génie informatique

Directeur : Prof. Dr. Ing. NKIEDIEL Alain AKWIR

Encadreur : MSc. Ing. Bertille MUSHAGASHA

ANNEE ACADEMIQUE 2022 – 2023

Commenté [DM1]: à supprimer, le département est déjà mentionné au-dessus du logo de l'université, pas besoin de le répéter ici.

Commenté [DM2]: L'option c'est Génie informatique, pas seulement informatique

[i]

ÉPIGRAPHE

« Raconte-moi et j'oublierai.

Montre-moi et je me souviendrai

Laisse-moi faire et je comprendrai»

(Confucius, 551- 497 av. J.C)

DEDICACES

A Dieu;

A tous ceux qui de près, ou de loin ont rendu cet achèvement possible.

REMERCIEMENTS

Mes remerciements à Dieu!

Mes remerciements s'adresse à mes parents pour leurs soutiens sur tous les plans;

Mes remerciements aux autorités facultaires et universitaires qui n'ont cessés de ménagé leurs efforts pour rendre possible ce mémoire.

Isaac MUVUGHE

RESUME

Cette étude est du domaine de l'électricité en milieu industriel, il s'agit de concevoir et simuler un système de gestion efficace de l'énergie électrique, ce qui permettra de diminuer le coût de l'énergie utile à la production. Ainsi pour ce faire le système est tel qu'il permet un suivi de chaque compartiment ; ainsi en fonction de la puissance disponible et des tâches à effectuer il sera possible d'effectuer une commande pour alimenter le compartiment utile, le système permettra aussi de faire le changement de source d'alimentation. Notre système est basé sur le microcontrôleur Arduino ATmega1280 et Node-red comme interface Homme-Machine qui permet l'affichage des données sur l'état du système et offre les possibilités d'effectuer des actions sur les sources d'alimentation et l'alimentation des départements. Nous avons effectué la simulation du système dans le cas d'une industrie de fabrication des blocs ciments et en termes d'économie énergétique, le système apporte une diminution du coût de l'énergie de production d'environ 50%.

Mots-clés : Arduino-Node-red-Base de données- Energie Electrique

ABSTRACT

This study is in the field of electricity in an industrial environment, it involves designing and simulating an efficient management system for electrical energy, which will make it possible to reduce the cost of energy useful for production. To do this, the system is such that it allows monitoring of each compartment; so depending on the power available and the tasks to be carried out it will be possible to carry out a command to power the useful compartment, the system will also make it possible to change the power source. Our system is based on the Arduino ATmega1280 microcontroller and Node-red as a Human-Machine interface which allows the display of data on the state of the system and offers the possibilities to perform actions on power sources and power supply departments. We have carried out the simulation of the system in the case of a cement block manufacturing industry and in terms of energy savings, the system brings a reduction in the cost of production energy by approximately 50%.

Keywords: Arduino-Nodered-Data Base- Electric Power

SIGLES ET ABBREVIATIONS

AC : Alternative current

AVR : Advanced virtual RISC

BD : Base de Données

BT: Basse tension

CCTP : Cahier des clauses techniques particulières

CPL : Courants porteurs en ligne

CPS : Cahier des prescriptions spéciales

DC: direct current

DCL: Data Control Language

DDL: Data Definition Language

DML : Data Manipulation Language ()

EEPROM: Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory

FTDI: Future Technology Devices International

HT: Haute tension

I2C: Inter Integrated Circuit Bus

ICSP: In-Circuit Serial Programming

IdO: Internet des Objets

IHM: Interface Homme Machine

IMA: Infrastructure de mesure avancée

IOT: Internet of Things

IT: Information Technology

KVA: kilo volt ampère

kW: Kilo Watt

MCU: Micro-computer Unite or single chip Computer

MQTT: Message Queuing Telemetry Transport

MT: Moyenne Tension

MW: Mega Watt

QoS: Quality of service

RDC: République Démocratique du Congo

RISC: Reduce Instruction set Computer

Rx: Réception

SCADA: Supervisory Control And Data Acquisition

SGBD: Système des Gestion des Bases de Données

SGE: Systèmes de gestion de l'énergie

SIGE: Système d'information sur la gestion de l'énergie

SPI: Serial Peripheral Interface

TGBT: Tableau Générale Basse tension

TTC: Toute taxes comprises

TTL: Tim-to-live

TWh: Téra Watt heure

Tx: Transmission

UART: Universal Asynchronous Receiver Transmitter

UI: User Interface

USB: Universal Serial Bus

TABLE DES MATIERES

ÉPIGRAPHE.....	i
DEDICACES.....	ii
REMERCIEMENTS.....	iii
RESUME.....	iv
ABSTRACT.....	v
SIGLES ET ABREVIATIONS.....	vi
TABLE DES MATIERES.....	viii
LISTE DES FIGURES.....	xi
LISTE DES TABLEAUX.....	xiii
0. INTRODUCTION GENERALE.....	1
0.1. Contexte.....	1
0.2. Problématique.....	2
0.3. Questions de recherche.....	3
0.4. Formulation des hypothèses.....	3
0.5. Justification du choix du sujet et motivations.....	3
0.6. Énoncé des objectifs de recherche.....	4
0.6.1. L'objectif général.....	4
0.7. Méthodologie.....	5
0.8. Délimitation du travail.....	5
0.9. Subdivision du travail.....	6
CHAPITRE 1 : CONSIDERATIONS GENERALES SUR L'ALIMENTATION ELECTRIQUE EN INDUSTRIE.....	7
1.1. Introduction.....	7

1.2. Généralités sur les systèmes de gestion d'énergie.....	7
1.2.1. Quelques systèmes de gestion d'énergie.....	9
1.3. Le choix de l'appareillage électrique	10
1.4. Poste MT/BT d'une installation Industrielle.....	11
1.3.1. Les transformateurs.....	13
1.3.2. Technique de mesure des grandeurs électriques.....	16
1.3.3. Les équipements moyenne/ basse tension en milieu industriels et équipements industriels.....	20
1.4. Schémas d'alimentation en énergie électrique des installations industrielles	24
1.5. Description du site industriel de fabrication de bloc ciment.....	25
1.3.1. Produits fabriqués	25
1.3.2. Schéma d'installation type.....	26
1.6. Conclusion	27
CHAPITRE 2 : CONCEPTION DU SYSTÈME DE GESTION DES EQUIPEMENTS DANS UNE INDUSTRIE	28
2.1. Introduction.....	28
2.2. Justification des choix techniques.....	28
2.3. Logiciels utilisés	30
2.3.1. Présentation de Proteus	30
2.3.2. Présentation de Matlab (Matrice laboratory)	31
2.3.3. Node-red	32
2.4. Le protocole MQTT	33
2.5. IoT	35
2.6. Base de données	37
2.6.1. Système de Gestion de Base de Données (SGBD) ou Data Base Management System (DBMS).....	37
2.7. Les Capteurs.....	39
2.8. Schéma de fonctionnement du système	40
2.9. Conclusion.....	41

CHAPITRE 3 : SIMULATION DU SYSTEME.....	42
3.1. Introduction.....	42
3.2. Bilan des puissances	43
3.3. Schéma électrique du système.....	45
3.4. Programmation Arduino	46
3.5. Application Node-red.....	47
3.6. Quelques cas de simulation du système.....	49
3.7. Conclusion.....	54
CONCLUSION GENERALE	55
Bibliographie.....	56
ANNEXES	60

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Structure organisationnel des systèmes de gestion.....	8
Figure 2. Niveau organisationnel d'un SGE	8
Figure 3. Postes de distribution basse tension.....	12
Figure 4. Parties et fonctionnement du transformateur.....	14
Figure 5. Illustration des transformations des puissances dans un transformateur.....	14
Figure 6. Tension, puissances aux bornes des transformateurs	15
Figure 7. Transformateur triphasé, couplage étoile (Y) [7] , couplage triangle ou D.....	15
Figure 8. : Schéma synoptique général d'un appareil de mesure numérique	18
Figure 9. Simulink, matlab.....	19
Figure 10. Visualisation des tensions sous Matlab	19
Figure 11. Disjoncteur.....	21
Figure 12. Sectionneur porte-fusibles tripolaire avec contacts de pré-coupure.....	22
Figure 13. Interrupteur tétra-polaire.....	22
Figure 14. Symbole fusible	22
Figure 15. Contacteur.....	23
Figure 16. Structure générale d'un réseau de distribution dans une installation industrielle .	24
Figure 17. Machines QT4-24	25
Figure 18. Schéma d'installation type.....	26
Figure 19. ATmega 1280	30
Figure 20. Proteus	31
Figure 21. Node-red	32
Figure 22. Fonctionnement MQTT	33
Figure 23. illustration au plus une fois.....	34
Figure 24. Illustration au moins une fois	34
Figure 25. Illustration une fois seulement.....	34
Figure 26. Illustration des données au niveau du broker thingspeak	35
Figure 27. Schéma solution IoT	36

Figure 28. Architecture solution IoT.....	37
Figure 29. Description de notre table.....	39
Figure 30. Schéma fonctionnel du système	40
Figure 31. Schéma fonctionnel code.....	41
Figure 32. Schéma système complet.....	45
Figure 33. Aménagement du site	46
Figure 34. Application Node-red	49
Figure 35. Illustration dans Node-red	50
Figure 36. schéma électrique simulation source 1 alimente département 1.....	51
Figure 37. Schéma électrique source 1 alimente département 2.....	52
Figure 38. Cas où source 1 et 2 il y a de l'énergie électrique, source 3 pas d'électricité thingspeak	52
Figure 39. Illustration node-red source 3 alimente département 3 puis plus alimenter par déclenchement,.....	54
Figure 40. Illustration dans base de données cas où déclenchement soit au franchissement d'un seuil on voit 3 pour signifier qu'il s'agit du département 3	54
Figure 41. Facture d'un des fournisseurs d'énergie électrique SNEL	60
Figure 42. Code Arduino du système.....	64
Figure 43. Code JavaScript dans node-red.....	64
Figure 44. Affichage source d'alimentation et affichage département alimenté ; code base de données	65
Figure 45. Schéma simplifié (SOD57) et Symbol	66
Figure 46. Schéma simplifié (TO-18) et symbole.....	67
Figure 47. Configuration du câblage.....	70
Figure 48. caractéristiques	73
Figure 49. Diagramme de connexion.....	74
Figure 50. ZMPT101B.....	76
Figure 51. Extrait enregistrement dans base de données	76

LISTE DES TABLEAUX

Commenté [DM3]: Liste des Tableaux

Tableau 1. Productivité machine	25
Tableau 2 Valeur Ku pour différents récepteurs.....	44
Tableau 3. Valeur de Ks	44
Tableau 4. Consommation en termes de carburant.....	60
Tableau 5. Caractéristique 1N4007G.....	66
Tableau 6. Caractéristiques électriques et thermiques.....	67
Tableau 7. Caractéristique 2N2222	67
Tableau 8. Caractéristiques.....	68
Tableau 9. Notation maximum 2N2222	69
Tableau 10. Caractéristique électriques LM35	74
Tableau 11. Caractéristiques Zmpt 101 b	76

[1]

0. INTRODUCTION GENERALE

0.1. Contexte

L'électricité est une ressource capitale dans le milieu industriel, d'où il se pose le problème de gestion efficiente de l'énergie électrique de telle sorte qu'il y ait une production en masse et un bon équilibre coût – prix en vue d'accroître les bénéfices des industries.

La demande est largement supérieure à l'offre et près de 80 % de la population n'a toujours pas accès à l'électricité.

L'industrie (principalement extractive) constitue la première consommatrice d'électricité avec 55% suivie par le secteur résidentiel 35 % et les autres usages et services commerciaux 10 % [2].

L'offre et la demande en énergie électrique pose problème en RDC, on a d'une part les ménages, les industries qui ne cessent d'augmenter ce qui implique la hausse de la demande.

D'autre part pour ce qui est de l'offre, l'augmentation de la quantité d'énergie produite en RDC, n'évolue pas proportionnellement à la demande.

D'où la pénurie d'énergie électriques malgré le potentiel de la RDC.

Dans ce contexte, il a été développé plusieurs techniques pour la gestion de l'énergie :

- Courants porteurs en ligne (CPL) : il s'agit d'une technologie permettant de transmettre des informations numériques sur le réseau électrique pour l'exploitation dans la gestion (l'énergie, facturation, etc) [4], seulement cette technologie se heurte à un problème d'instabilité dû aux grandes charges que peu transiter le réseau.
- Hybridation des sources et segmentation de puissance [5] : cette technique nécessite d'avoir plusieurs sources et pourvoir effectuer la segmentation des puissances dans l'utilisation de l'énergie des différentes sources.
- Solution de conception d'un système électronique constitué par une carte électronique et des capteurs et ainsi une interface graphique permet à l'utilisateur d'avoir un contrôle global de l'énergie dans l'industrie. C'est cette solution qui a été adopté dans ce contexte.

[2]

0.2. Problématique

« L'un des facteurs importants permettant à la population d'un pays de parvenir aux objectifs du développement socio-économique est l'énergie sans laquelle, il est quasiment impossible de produire, transporter, transformer et commercialiser les produits issus de l'activité humaine, ce, tant à un niveau artisanal qu'industriel [1] ».

D'ici 2030, la demande globale en RDC devrait se situer à 22 TWh soit 11 TWh (50 %) pour le secteur résidentiel et 11 TWh (50 %) pour le secteur industriel [2].

Si cette demande n'est pas satisfaite, elle entraînera une aggravation de la pénurie d'électricité avec près de 84 millions de personnes sans accès à l'électricité, un accroissement du volume des importations d'électricité (facture énergétique et balance commerciale) des pays voisins (la Zambie en particulier) et une dépendance accrue de l'économie congolaise aux approvisionnements en électricité [2].

L'industrie est l'endroit où sont effectuées les différentes transformations jusqu'à l'obtention d'un produit fini ; ces transformations sont effectuées par des machines électriques qui consomment plus d'énergie électrique. Voilà pourquoi les industries sont alimentées en général en Moyenne tension.

L'énergie étant la ressource clé de l'industrie, sa mauvaise gestion a des conséquences néfastes telles que la baisse de la production, l'élévation du coût de production ; ce qui réduit la marge des bénéfices des industriels avec des conséquences qui se répercutent dans la vie des employés.

L'ensemble des constituants du système qu'est l'industrie est consommatrice en énergie ce qui fait une charge en termes de coût de production.

L'industrie comme toute entreprise vise la maximisation des bénéfices par la minimisation des charges ; il se pose donc une nécessité de conception d'un système permettant la gestion efficiente de l'énergie électrique en milieu industriel, c'est dans ce contexte que ce sujet est abordé.

0.3. Questions de recherche

Dans ce contexte, peut-on concevoir et simuler un système de gestion centralisé de l'énergie électrique de tous les départements d'une industrie au niveau des équipements moyenne tension? Plus précisément :

- Comment doit-on recueillir les informations sur l'état du réseau ?
- Comment doit-on pouvoir afficher ces informations ?
- Comment doit-on effectuer des actions sur les sources d'alimentation et l'alimentation des départements ?

0.4. Formulation des hypothèses

La conception et la simulation d'un Système de gestion centralisé de l'énergie électrique des équipements dans un milieu industriel, (qui aboutira à la réalisation du système) permettra d'améliorer la productivité tout en utilisant l'énergie électrique à disposition de manière efficiente.

Pour répondre aux différentes préoccupations de la recherche :

- Une carte électronique permettra de récolter les données de nos différents capteurs
- Une IHM interface Homme Machine permettra d'afficher les caractéristiques du réseau et d'effectuer différentes actions.

0.5. Justification du choix du sujet et motivations

(i). Motivation et intérêt pour le sujet

Dans le milieu industriel, on est toujours confronté au besoin d'énergie étant donné la grande consommation énergétique des machines électriques et les équipements électroniques utilisés dans les procédés industriels. On se heurte au fait que cette énergie utile pour le fonctionnement devra être gérée avec efficacité en vue de diminuer le coût de production des biens.

Les consommateurs bénéficient de cette diminution du coût de production des biens, en ce sens que les biens pourront être vendus sur le marché à des coûts abordables.

[4]

Cela nous a poussé à pouvoir effectuer la recherche dans ce contexte, la réalisation d'un système de gestion d'énergie a tout son intérêt surtout actuellement avec l'accroissement des besoins de plus en plus en énergie électrique que la production en énergie actuelle ne saura combler en totalité.

(ii) Pertinence scientifique du sujet

Ce sujet de recherche entre dans le domaine de l'internet des objets par le fait que les équipements base tension industriel sont connectés avec notamment la possibilité d'avoir l'état électrique du réseau industriel en ligne grâce au protocole MQTT, en effet l'application de l'Internet des objets à la gestion de l'énergie en milieu industriel vient apporter une approche moderne en termes de contrôle de consommation d'énergie et d'automatisation de délestage ou rétablissement d'énergie dans les différents compartiments de l'industrie.

(iii) Pertinence sociale du sujet

Ce sujet de recherche une fois abouti permettra la réduction du coût de l'énergie de production industrielle. Ce facteur réduira dans une bonne proportion le cout de production globale et par ricochet le prix de vente des produits finis.

0.6. Énoncé des objectifs de recherche

0.6.1. L'objectif général

Le but est de concevoir et simuler un système de gestion efficiente de l'énergie en milieu industriel.

0.6.2. Les objectifs spécifiques

Les objectifs spécifiques sont de :

- Faire une analyse de l'état de l'art des systèmes de la gestion des équipements électrique moyenne tension en milieu industriel pour mieux comprendre les challenges dans ce domaine.
- Faire le choix des équipements
- Simuler un prototype du système

0.7. Méthodologie

Notre étude est basée sur la méthodologie OHERIC (Observation, Hypothèse, Expérience, Résultat, Interprétation, Conclusion.) :

- **L'observation** : c'est le processus par lequel on porte attention à un environnement dans le but d'y recueillir les détails importants ; pour nous dans le cadre de cette recherche nous avons observé la consommation électrique dans un milieu industriel dans le cas d'une usine de fabrication des blocs ciments.
- **Les hypothèses** : c'est le fait de poser les bases de l'étude ; on doit établir des faits qui nous guide le long de notre recherche.
- **L'expérience** : il s'agit ici d'effectuer des tests concrets pour ce qui est de notre système, nous avons effectué des simulations des cas concrets d'utilisation en industrie.
- **Résultat** : C'est le constat qui découle des tests effectués.
- **Interprétation** : il s'agit de pouvoir expliquer le résultat, ainsi pour ce qui nous concerne nous avons parlé des notions des mesures électriques qui nous permettent d'expliquer nos résultats.
- **Conclusion** : ici, il s'agit de donner une idée globale sur ce qu'a été la recherche, les résultats ; l'on devra dégager ici si les hypothèses ont été vérifiées, si on a résolu la préoccupation de base ; si pas résolu quelles ont été les contraintes.

Nous utiliserons les techniques documentaires et les techniques expérimentales, c'est-à-dire que nous aurons à faire la réalisation puis expérimenter les fonctionnalités du prototype du système de gestion d'énergie électrique moyenne tension en milieu industriel.

0.8. Délimitation du travail

Notre étude est basée sur un cas d'industrie artisanal de fabrication des blocs ciments ; nous nous limitons aux fonctionnalités suivantes :

- Collecte, enregistrement dans une base de données et affichage des informations du réseau en local et en ligne par le protocole MQTT

[6]

- Effectué des actions en local sur les sources d'alimentations et l'alimentation des départements.

0.9. Subdivision du travail

Ce travail est subdivisé en trois chapitres hormis l'introduction et la conclusion générale, il s'agit notamment :

- Chapitre 1 : considérations générales sur la distribution, mesure électrique et équipement moyenne tension dans le domaine industriel : cette partie traite de la documentation pour la fixation sur les concepts dont on a fait référence dans ce travail.
- Chapitre 2 : conception du système de gestion centralisé : ce chapitre traite de tous ce qui a trait à l'aspect conceptuel de notre système.
- Chapitre 3 : simulation du système : ce chapitre vise naturellement de simuler le système de gestion centralisé des équipements en milieu industriel.

CHAPITRE 1 : CONSIDERATIONS GENERALES SUR L'ALIMENTATION ELECTRIQUE EN INDUSTRIE

1.1.Introduction

Dans ce chapitre, nous parlons des généralités sur les systèmes de gestion d'énergie en industrie, du choix technologique, de la mesure électrique dans le domaine industriel, du poste MT /BT d'une installation industrielle et de la description du site industriel.

1.2. Généralités sur les systèmes de gestion d'énergie en industrie

Un système de gestion de l'énergie (SGÉ) est un processus d'amélioration continue en énergie qui est structuré et systématique. Inspiré de la norme volontaire du Management de l'énergie - ISO 50 001 (adopté en 2011). Le suivi de la consommation d'énergie devient une partie intégrante des méthodes de gestion en rendant l'énergie visible.

Dans le but :

- d'identifier et de quantifier la consommation d'énergie inutilement utilisée ;
- de découvrir un potentiel d'économie insoupçonné;
- d'améliorer le rendement énergétique;

Le processus requiert, notamment :

- l'engagement de la haute direction
- un gestionnaire d'énergie
- la sensibilisation et la formation en gestion de l'énergie à tous les niveaux de l'organisation
- la mise en œuvre d'un Système d'Information en Gestion de l'Énergie (SIGE)

Les éléments essentiels de l'approche sont :

- Systèmes
- Information
- Organisation

Quel est le facteur clé de succès est que La direction doit assurer le leadership de la mise en œuvre et de l'exploitation du SGE [2].

La figure 1 est un schéma explicatif sur la façon dont sont organisées les entreprises intégrant les systèmes de gestion énergétique.

Commenté [DM4]: À éviter; il faut spécifier la figure en question;
Exemple: la figure 1 est un schéma ...

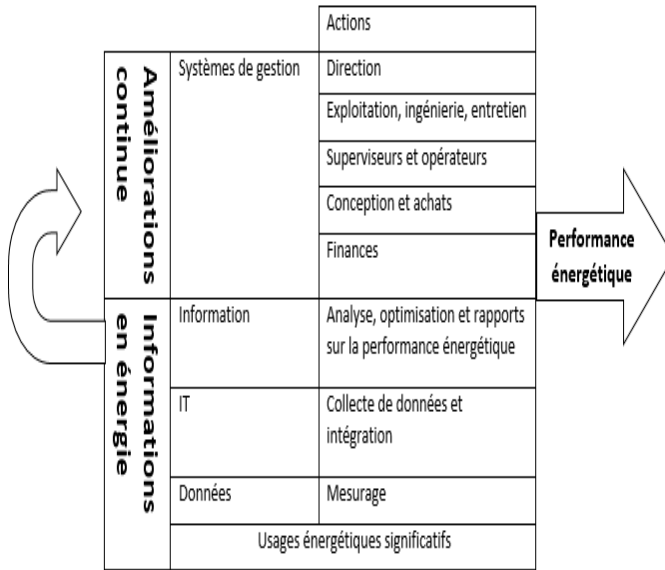


Figure 1. Structure organisationnelle des systèmes de gestion

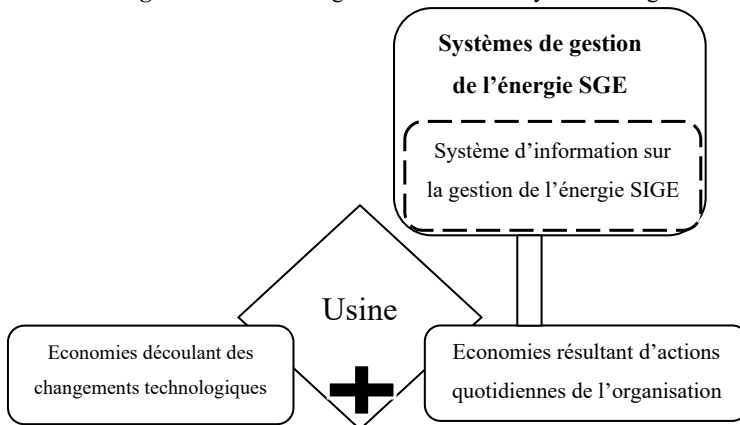


Figure 2. Niveau organisationnel d'un SGE

1.2.1. Quelques systèmes de gestion d'énergie

➤ **Le réseau intelligent ou Smart Grid**

C'est un réseau de distribution d'électricité communicant qui intègre par briques l'ensemble des nouvelles technologies de l'information dans la gestion des réseaux et des actifs connectés. Plus faciles à gérer, auto-réparant, auto-ajustant, modulables, capables d'intégrer des niveaux importants de productions réparties intermittentes, ces réseaux apportent des évolutions telles que les marchés et les business models de l'électricité doivent être repensés [3].

➤ **Scada**

Un système d'acquisition et de contrôle de données (SCADA) est un système informatique (matériel et logiciels) utilisé pour recueillir, analyser et présenter des données en temps réel sur divers aspects des infrastructures et des équipements industriels utilisés dans des industries comme les télécommunications, les services de traitement des eaux et des déchets, ainsi que l'industrie pétrolière et gazière.

Un système SCADA peut contrôler les processus industriels sur place ou à distance, surveiller, recueillir et traiter les données en temps réel et interagir directement avec des dispositifs (capteurs, valves, pompes, moteurs, etc.) au moyen d'un logiciel d'interface homme-machine (IHM) [5].

On utilise ces systèmes pour gérer et maintenir l'efficacité, distribuer des données pour permettre des décisions éclairées et communiquer des problèmes liés au système afin de réduire les temps d'arrêt. Les systèmes SCADA sont essentiels dans de nombreuses industries modernes.

Le terme SCADA remonte au début des années 1970, lorsque l'utilisation de microprocesseurs et d'automates programmables industriels (API) a ouvert la voie au contrôle et à la surveillance de processus automatisés⁶. Le SCADA et l'infrastructure de mesure avancée (IMA) ont évolué pour en arriver à la technologie et aux dispositifs d'Internet des objets (IdO). Avant l'introduction du SCADA, les organisations industrielles dépendaient de leur main-d'œuvre pour contrôler et surveiller manuellement l'équipement, au moyen de relais, de minuteriers, de compteurs analogiques, de cadrans et de boutons poussoirs. L'élargissement des espaces

Commenté [DM5]: Ceci appartient à quel point? Tu parles de quoi? Une petite introduction ou un titre peut clarifier la présence de ceci à ce niveau

[10]

industriels a créé le besoin de gérer l'équipement à distance sans qu'il soit nécessaire d'envoyer quelqu'un à l'endroit éloigné pour agir directement [5].

1.3. Le choix de l'appareillage électrique

Dans cette section nous parlons des critères de choix d'appareillage électrique.

- Choix d'un sectionneur : Le choix du sectionneur est effectué selon :
 - Nombre de pôles.
 - Valeur de la tension.
 - Courant nominal.
 - Contacts auxiliaires.
 - Porteur de fusible ou pas.
 - Système de fixation.
- Choix d'un fusible : Le choix du fusible s'effectue sur les points suivants :
 - La classe : gG « protection générale » ou aM « accompagnement moteur ».
 - Le calibre I_n .
 - La tension d'emploi U (inférieure ou égale à la tension nominale U_n).
 - Le pouvoir de coupure P_{dc} .
 - La forme du fusible (cylindrique ou à couteaux).
 - La taille du fusible.
- Choix d'un disjoncteur : Le choix du disjoncteur s'effectue sur les points suivants :
 - Courant d'emploi I_e .
 - Tension d'emploi U_e .
 - Pouvoir de coupure.
 - Nombre de pôles.
- Choix d'un contacteur :

Le choix d'un contacteur dépend de la nature et de la valeur de la tension du réseau, de la puissance installée, des caractéristiques de la charge, des exigences du service désiré, en tenant compte les catégories d'emploi suivantes:

- Courant d'emploi I_e .
- Tension d'emploi U_e .

Commenté [DM6]: Selon ce qui est dit dans l'introduction de ce chapitre, ceci devrait être le point 1.3 et non un sous point du point 1.2 et ainsi de suite pour le reste, il faut suivre ce que tu as énuméré dans l'introduction pour définir les différents points du chapitre

[11]

- Pouvoir de coupure.
- Pouvoir de fermeture.
- Durée de vie.
- Facteur de marche.
- Puissance.
- Tension de commande U_c .

➤ Choix d'un relais thermique :

Le relais thermique se choisit en fonction de la classe désirée et/ou du courant nominal du récepteur à protéger.

La classe est définie en fonction de la durée de déclenchement pour un courant de 7,2 fois le courant de réglage.

• Classe 10A :

Temps de déclenchement compris entre 2 et 10 s.

• Classe 20 A :

Temps de déclenchement compris entre 6 et 10 s [27].

1.4. Poste MT/BT d'une installation Industrielle

Le poste MT/BT est l'endroit où arrive l'énergie électrique et de là elle est acheminée dans différents autres compartiments. Ainsi, c'est de là qu'est gérée l'énergie électrique de notre site industriel.

Un poste de transformation est considéré comme un nœud où transitent les flux de puissances. Il constitue un élément majeur dans le système de répartition ou de distribution. Il est composé est un ensemble d'appareillage arrangé de sorte à faire transiter la puissance d'un niveau de tension à un autre, régler de la tension, comptage, surveillance, . . .etc. Cet ensemble d'appareillage comporte :

- Des jeux de barres ;
- Des transformateurs ;

[12]

- Des appareillages de coupure (disjoncteurs et sectionneurs) ;
- Des compensateurs ;
- Appareillage de mesure et de comptage de puissance ;
- autres [7].

Les postes de distribution basse tension sont relativement plus simples. En terme de puissance, ce sont des postes qui ne dépassent pas 10 MW. Selon leurs puissances ils peuvent être soit mis sur poteaux (en zones rural surtout ou semi urbaine) soit dans des cellules maçonnées (zone urbaine) [7]. Pour ce qui nous concerne dans ce travail, cela s'applique mieux à notre site industriel.

A la figure 3 nous avons une illustration de postes de distribution l'on a le cas d'une arrivée simple et cas d'une arrivée double MT, de l'arrivée on a les organes de protection puis le fusible et enfin un a le transformateur abaisseur qui permet de passer en basse tension en vue d'alimenter les différents départements de l'industrie.

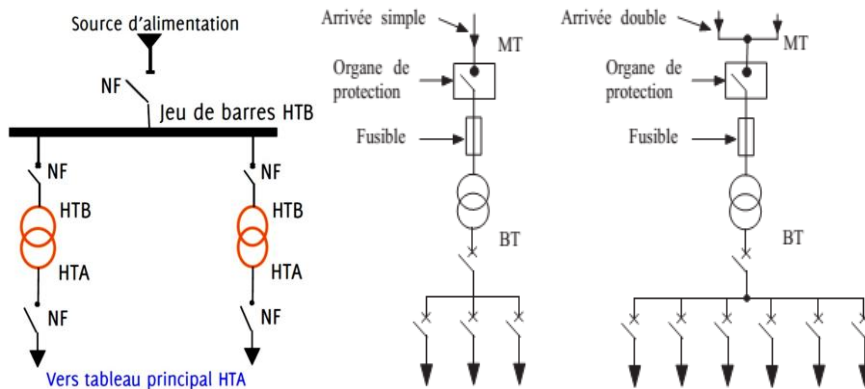


Figure 3. Postes de distribution basse tension

➤ **Qualités recherchées d'un poste de livraison**

Commenté [DM7]: Il faut éviter des titres à la fin d'une page

- a. **La sécurité :** C'est l'aptitude à conserver un maximum de dérivations (départs) saines en service, en cas de non ouverture du disjoncteur chargé d'isoler une partie en défaut.
- b. **La souplesse :** C'est l'aptitude d'un poste à réaliser plusieurs de couplages et y raccorder n'importe quel départ.
- c. **La maintenabilité :** Aptitude à permettre la poursuite de l'exploitation d'une dérivation malgré l'indisponibilité d'un disjoncteur.
- d. **La simplicité :** Aptitude à changer de configuration en manœuvrant le minimum d'appareils [9].

1.3.1. Les transformateurs

Le principe de base des transformateurs :

Le transformateur est un convertisseur statique. Il transforme une tension et un courant sinusoïdal en une autre tension et un courant sinusoïdal de valeur efficace différente.

Il se constitue d'un circuit primaire et d'un autre secondaire relié par un autre circuit ferromagnétique [7].

Le circuit magnétique est la partie qui canalise le flux magnétique. Il est constitué de tôles ferromagnétiques isolées les unes des autres pour réduire les pertes ferromagnétiques.

La figure 4 ci-dessous illustre la constitution, le fonctionnement ainsi que les sens du courant et des flux magnétiques ainsi qu'une explication sur les pertes ferromagnétiques dans le transformateur.

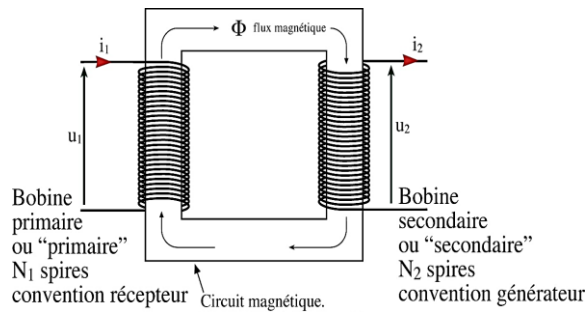


Figure 4. Parties et fonctionnement du transformateur

Selon la loi de Faraday, une variation de flux à travers une spire crée une f.é.m. "e".

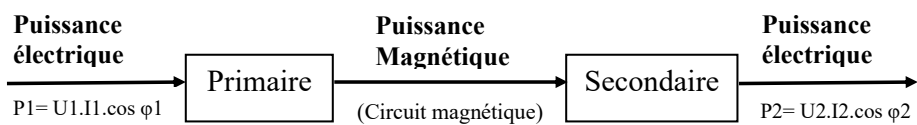


Figure 5. Illustration des transformations des puissances dans un transformateur

La relation entre les grandeurs d'entrées et de sorties est "**m**" qu'on appelle le rapport de transformation.

$$m = \frac{n_1}{n_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_1}{I_2} \quad (1.1)$$

- si **m** > **1**, le transformateur est élévateur de tension.
- si **m** < **1**, le transformateur est abaisseur de tension.

Les transformateurs sont les liens indispensables entre les différentes parties du réseau de distribution de l'énergie électrique. On les retrouve au niveau de tous les postes de répartitions et de distribution.

Le transformateur est choisi pour fonctionner sous les conditions nominales de tension et de courant.

Les transformateurs sont caractérisés par le rendement qui s'exprime par :

[15]

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{(P_1 - P_{\text{perte}})}{P_1} \quad (1.2)$$

Commenté [DM8]: Le numéro (1.2) de l'équation ne se trouve pas sur la même page que l'équation

Ci-dessous, nous présentons la figure 6 qui illustre les puissances, les intensités du courant et les tensions au primaire et au secondaire du transformateur

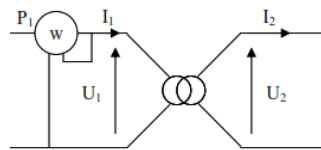


Figure 6. Tension, puissances aux bornes des transformateurs

Si on néglige les pertes, le transformateur est dit idéal, on a : $P_1 = P_2$. Donc : $I_1 U_1 = U_2 I_2$

❖ **Transformateurs triphasés :**

Afin de transformer l'amplitude des tensions d'un système triphasé, il faut théoriquement se servir de 3 transformateurs monophasés, dont les phases seront couplées en fonction des caractéristiques de la charge, en étoile ou en triangle. La figure 7 ci-dessous, représente un transformateur triphasé dont le primaire est couplé en étoile et le secondaire en triangle.

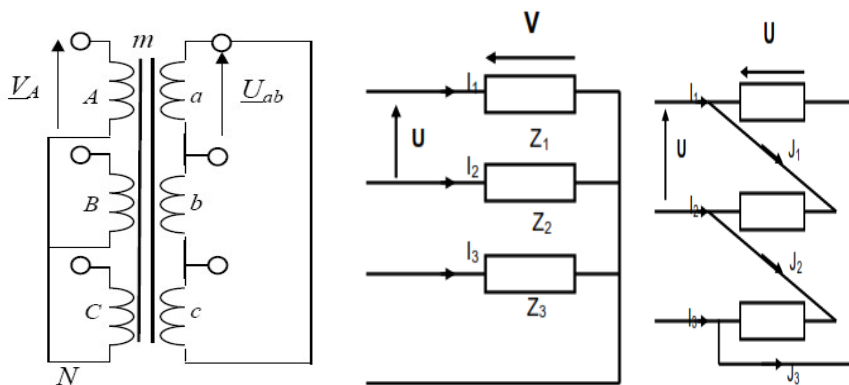


Figure 7. Transformateur triphasé, couplage étoile (Y) [7] , couplage triangle ou D

[16]

On notera de façon conventionnelle les bobinages primaires en majuscule (A, B et C) et secondaires en minuscules (a, b et c).

Le couplage est toujours indiqué par un symbole :

- Y ou y : couplage étoile primaire ou secondaire
- Δ ou d : couplage triangle primaire ou secondaire
- Z ou z : couplage Zig-Zag primaire ou secondaire

1.3.2. Technique de mesure des grandeurs électriques

La mesure joue un rôle de plus en plus important dans les domaines électriques et électroniques. On mesure avec pour but la vérification expérimentale d'un circuit, la modélisation, la mise au point ou le dépannage d'un montage, la certification d'un procédé ou d'un produit, dans le domaine industriel et la maintenance ou la réparation d'un dispositif électrique ou électronique. Dans le domaine électrique et électronique, on utilise plusieurs types d'appareils de mesure, tels que les voltmètres (analogique et numérique) pour mesurer des tensions, les ampèremètres pour mesurer des intensités, les wattmètres pour mesurer des puissances et les ohmmètres pour mesurer des résistances etc...[1]

➤ Quelques caractéristiques des appareils de mesure

- **Résolution** : C'est la valeur du pas de quantification dans la gamme.
- **Précision** : C'est la propriété d'un appareil à indiquer une valeur comprise dans un domaine spécifié la plus proche de la vraie valeur.
- **Bande passante** : Tout les appareils présentent une limite en fréquence, au-delà de laquelle les mesures effectuées ne sont plus valables [15].
- **Pas de quantification** : (q) la plus petite valeur différente de 0 dans la gamme de mesure
- **Digit** : Désigne le dispositif qui affiche tous les chiffres de 0 à 9 de même poids dans un nombre.
- **Appareils de mesure Analogique (ou à déviation)**

[17]

Ce type d'appareil a pour principe de donner une déviation d'aiguille sur une échelle graduée proportionnelle à la valeur de la grandeur à mesurer. Ainsi la valeur mesurée sera donnée par la relation suivante :

$$X = \frac{C \times L}{E} \quad (1.3)$$

Avec:

- **X** : la valeur mesurée
- **C** : le calibre utilisé [unité]
- **L** : la lecture (nombre de graduations lues sur l'échelle)
- **E** : l'échelle (nombre total de graduations de l'échelle)

Un appareil de mesure analogique comporte généralement un ou plusieurs inducteurs fixes (aimant permanent, électroaimant, ...) agissant sur un équipage mobile autour d'un axe.

La technologie interne de ces appareils repose sur trois éléments :

1. La suspension de l'équipage mobile ;
2. Le dispositif de lecture qui peut être à aiguille ou à spot lumineux ;
3. Le dispositif d'amortissement qui peut être magnétique ou par air.

Parmi les appareils analogiques à déviation on trouve : les appareils magnétoélectriques, les appareils ferromagnétiques, etc.....

➤ **Appareils de mesure numérique**

Pour les appareils à affichage numérique, les constructeurs fournissent sous le nom de précision une indication qui permet de calculer l'incertitude totale sur la mesure.

La précision est généralement donnée en pourcentage de la lecture pour chaque gamme.

Les appareils de mesure numériques sont basés sur un principe tout à fait différent de celui des appareils analogiques. Les appareils numériques ne contiennent pas de pièces mécaniques en mouvement, mais seulement des composants électroniques. Leur constitution est purement électronique depuis l'amplificateur à haute impédance d'entrée jusqu'à l'affichage de la mesure par les diodes électroluminescentes ou par les cristaux liquides.

Ces appareils sont généralement dotés d'un commutateur qui permet de changer les calibres et les fonctions.

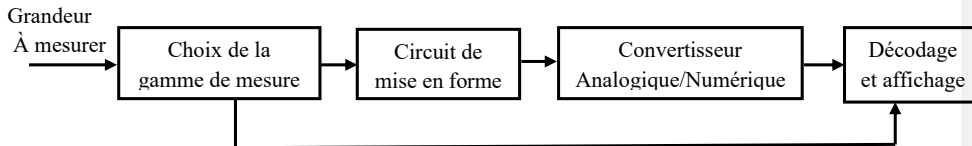


Figure 8. : Schéma synoptique général d'un appareil de mesure numérique

Les appareils de mesure numériques sont de plus en plus utilisés du fait de leur fiabilité, leur précision, leur robustesse et leur facilité de lecture.

➤ **Mesure de l'électricité**

Dans cette section nous parlons de tensions et courants en régime sinusoïdal triphasés [12].

- **Système de tensions triphasées**

En régime sinusoïdal triphasé l'énergie électrique est distribuée avec un système de trois tensions qui sont déphasés mutuellement ; u_1 est déphasé de 0, u_2 est déphasé de $2\pi/3$ et u_3 de $4\pi/3$:

$$\begin{aligned}
 u_1 &= U\sqrt{2} \sin(\omega t) \\
 u_2 &= U\sqrt{2} \sin(\omega t - 2\pi/3) \\
 u_3 &= U\sqrt{2} \sin(\omega t - 4\pi/3)
 \end{aligned}
 \tag{1.4}$$

la figure 9 montre le schéma sous Matlab Simulink des blocs pour la simulation des tensions triphasées, on a 3 blocs de source de tension alternatives et 3 blocs voltmètres connecter chacun à un bloc de convertisseur, ce qui nous permet des visualiser au bloc oscilloscope.

Entre le bloc convertisseur et l'oscilloscope, on a un bloc de jointure de nos 3 sorte de convertisseur.

[19]

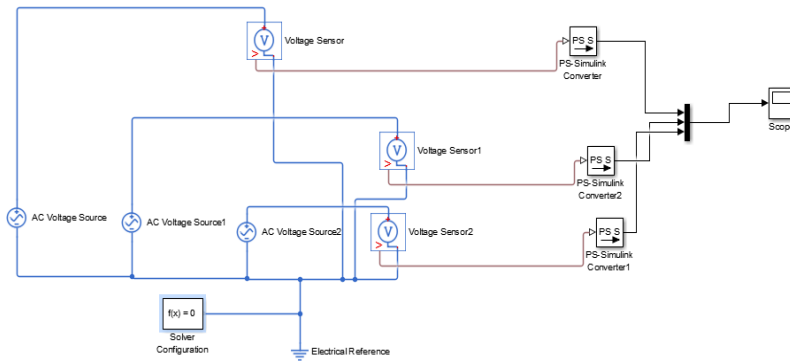


Figure 9. Simulink, matlab

La figure 10 est le résultat du bloc scope (oscilloscope) après la simulation, cela représente donc les tensions de nos 3 sources de tensions alternatives ; on y constate les décalages de phase.

Commenté [DM9]: À effacer, pas besoin de répéter ceci, Figure 10 va permettre de situer l'image

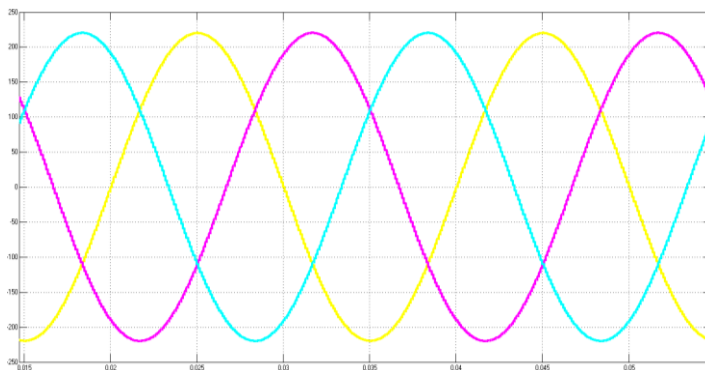


Figure 10. Visualisation des tensions sous Matlab

Dans les systèmes de tensions sinusoïdales la puissance est en fait composée de trois parties :

- La puissance active: $P = V_{eff}I_{eff} \cos \phi$ en watt, c'est aussi la valeur moyenne de $p(t)$
- La puissance réactive : $Q = V_{eff}I_{eff} \sin \phi$ en VAR (volt ampère réactif)
- La puissance apparente : $S = \sqrt{P^2 + Q^2} = V_{eff}I_{eff}$

[20]

Ayant 3 phases des puissances actives P_1, P_2, P_3 et réactives Q_1, Q_2, Q_3 on a les puissances résultantes :

$$P = P_1 + P_2 + P_3 \quad (1.5)$$

et

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

D'où $P = 3 V_{eff} I_{eff} \cos \phi$ et $Q = 3 V_{eff} I_{eff} \sin \phi$

En régime triphasé équilibré on a : $Q_1 = Q_2 = Q_3$ et $P_1 = P_2 = P_3$

La puissance apparente est : $S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{3} V_{eff} I_{eff}$

[13] Sachant que la tension entre phase : $U_{eff} = \sqrt{3} V_{eff}$

$$\begin{aligned} P &= \sqrt{3} V_{eff} I_{eff} \cos \phi \\ Q &= \sqrt{3} V_{eff} I_{eff} \sin \phi \end{aligned} \quad (1.6)$$

Seule la puissance active est utile, la puissance réactive correspond à un transfert d'énergie provoqué par les composants qui accumulent de l'énergie pendant une partie de la période puis la restituent au réseau, donc la self qui accumule de l'énergie magnétique ou le condensateur qui accumule de l'énergie électrostatique.

En effet la puissance réactive n'a pas d'effet utile mais doit quand même être échangée sur le réseau. Cette puissance réactive est due à la présence de charges, consommateurs, de nature selfique ou capacitive qui sont inexistantes de manière significative chez les petits consommateurs.

1.3.3. Les équipements moyenne/ basse tension en milieu industriels et équipements industriels

Notre travail étant axé sur la gestion de l'énergie en milieu industriel, il est utile ici de parler des équipements moyenne/ basse tension en milieu industriels et des équipements industriels.

- Les équipements moyenne/ basse tension en milieu industriels

[21]

Au-delà, l'appareil central qu'est le transformateur, on a des équipements de sectionnement et de protection à savoir :

- **Le disjoncteur** : Le disjoncteur est un appareil électromagnétique capable d'établir, de supporter et d'interrompre des courants dans des conditions normales, mais surtout dans celles dites « anormales », c'est-à-dire : surcharge et court-circuit. Il s'ouvre alors automatiquement. Après élimination du défaut, il suffit de le réarmer par une action manuelle sur la manette.



Figure 11. Disjoncteur

- **Le sectionneur** :

Le sectionneur est un appareil électromécanique permettant de séparer, de façon visible, un circuit électrique en aval de son alimentation et qui assure en position ouverte une distance de sectionnement satisfaisante électriquement.

- **Rôle**

- Permet d'ouvrir un circuit pour la mise hors tension d'un appareil ou groupe d'appareils de façon sûre.
- Permet de visualiser les parties mobiles d'un sectionneur pour s'assurer de sa position ouverte ou fermée.

NB : - Le sectionneur n'a aucun pouvoir de coupure ou de fermeture.

- Le sectionneur ne jamais ouvrir en charge.

[22]

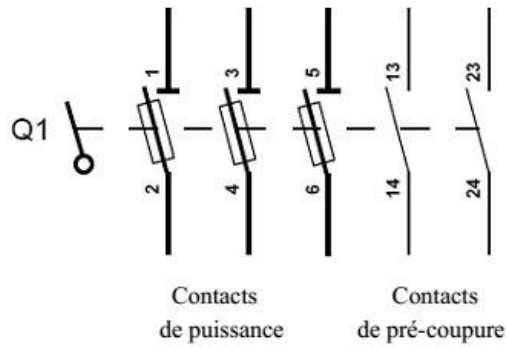


Figure 12. Sectionneur porte-fusibles tripolaire avec contacts de pré-coupage

- **Interrupteur** : C'est un appareil qui possède un pouvoir de coupure et de fermeture, il permet :
 - o De mettre en service l'installation considérée.
 - o De mettre à l'arrêt l'installation considérée.
 - o De séparer l'installation considérée de toute source de tension.

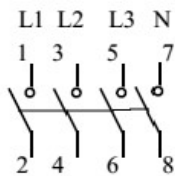


Figure 13. Interrupteur tétra-polaire

- **Le fusible** : C'est un appareil composé d'un fil conducteur qui grâce à sa fusion ouvre le circuit lorsque l'intensité du courant dépasse la valeur maximale supportée par ce fil. Il assure la protection des circuits électriques contre les courts-circuits et les surcharges.

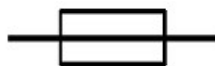


Figure 14. Symbole fusible

[23]

- **Le télérupteur** : C'est un interrupteur bistable équipé d'une commande électromagnétique à distance.
- **Le délesteur** : gère automatiquement l'alimentation électrique des appareils. Son but est de réaliser des économies d'énergie en souscrivant un abonnement sous-dimensionné par rapport à votre consommation moyenne.
- **Discontacteur** : C'est un ensemble d'appareil regroupant : Un contacteur et Un relais de protection.
- **Un contacteur** : est un appareil de commande capable d'établir ou d'interrompre le passage de courant plus ou moins important dans un circuit de puissance. Il est composé d'une bobine dont le rôle est de commander l'ouverture ou la fermeture de plusieurs contacts de commande et de plusieurs contacts de puissance.

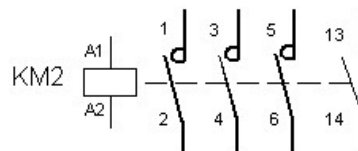


Figure 15. Contacteur

- **Un relais de protection** : leur rôle est de détecter le défaut et de commander l'interrupteur à pouvoir de coupure à l'ouverture. C'est l'action de l'ouverture qui protège le circuit. On distingue trois types : Relais thermique, Relais électromagnétique (magnétique) et Relais magnétothermique [16].

➤ Les équipements industriels

La notion d'équipement représente l'ensemble des accessoires fonctionnels, appareils ou machines. En général des machines qui représentent un ensemble de pièces ou d'organes liés entre eux, dont au moins un est mobile, auxquels sont associés, selon les besoins, des actionneurs, des circuits de commande et de puissance, réunis de façon solidaire en vue d'une application définie, notamment pour la transformation, le traitement, le déplacement et le conditionnement d'un matériau [1].

1.4. Schémas d'alimentation en énergie électrique des installations industrielles

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

Dans le cas général avec une alimentation en Haute tension (HT), un réseau de distribution comporte [11]:

- Un poste de livraison HT alimenté par une ou plusieurs sources, il est composé d'un ou plusieurs jeux de barres et de disjoncteurs de protection
- Une source de production interne
- Un ou plusieurs transformateurs HT / MT
- Un réseau de distribution interne en MT alimentant des tableaux secondaires ou des postes MT / BT
- Des récepteurs MT
- Des tableaux et des réseaux basse tension
- Des récepteurs basses tensions

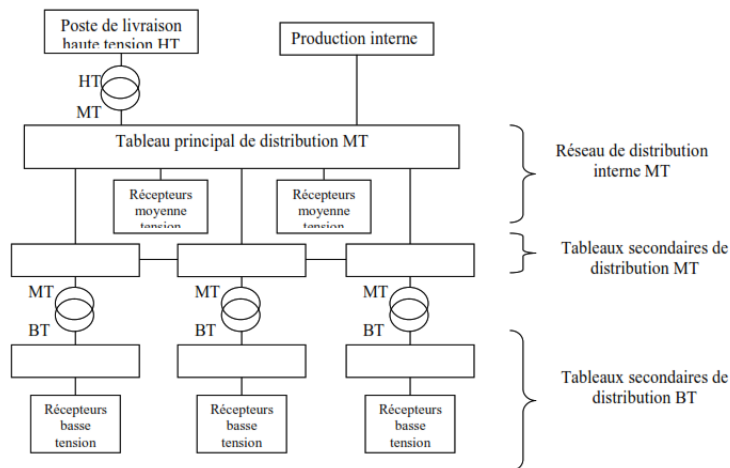


Figure 16. Structure générale d'un réseau de distribution dans une installation industrielle

[25]

1.5. Description du site industriel de fabrication de bloc ciment

Le site comporte 3 départements, chacun des départements dispose de 2 machines QT4-24, chaque machine a une puissance de 13,45 kw; ce qui nous fait : $13,45 \text{ kw} \times 6 = 80,7 \text{ Kw}$.

En considération la consommation d'énergie électrique due à l'éclairage et tous les autres appareils consommatrice d'énergie électrique de l'industrie à : 40kw.

On a en tout : $40+80,7 = 120,7 \text{kw}$.

Chaque entité de la machine QT4-24 est compartimenté, chacun des départements avec sa consommation ; ses compartiments sont :

- Mélangeur à béton JQ350
- Chariot de transport de briques pour QT4-24
- Convoyeur à courroie de 6 mètres
- Machine de stockage de blocs



Figure 17. Machines QT4-24

1.3.1. Produits fabriqués

L'usine est capable de fabriquer tous les types de blocs ciments que la machine QT4-24 peut concevoir seulement elle axe sa production dans 3 types de blocs, pour chaque département 1 type de bloc. Il s'agit de :

- Bloc creux 400x250x200
- Bloc creux 400x200x200
- Bloc creux 400x150x200

Tableau 1. Productivité machine

Commenté [DM10]: Le titre d'un tableau ou d'une figure doit toujours être sur la même page que le tableau ou la figure.

Capacité de production théorique pour QT4-24 machine à briques de cendres volantes						
	Taille (LxlxH) (mm)	Photo	Période de formation (S)	Pcs/Moule	Pcs/heure	Pcs/ 8 heures
(1)	bloc creux 400*250*200		24	3	415	3321
(2)	bloc creux 400*200*200		24	4	554	4428
(3)	bloc creux 400*150*200		24	5	692	5535
(4)	bloc creux 400*100*200		24	7	969	7749
(5)	Brique pleine 240*50*115		24	26	3598	28782
(6)	Brique poreuse 240*115*90		24	12	1661	13284
(7)	Bordure 500*200*300		24	2	277	2214
(8)	Brique de pavage en forme de "I" sans couleur 200*163*60		24	8	1107	8856
(9)	Brique de pavage en forme de "S" sans couleur 225*112,5*60		24	12	1661	13284
(10)	Brique hollandaise sans couleur 200*100*60		24	14	1938	15498
(11)	Pavé carré sans couleur 250*250*60		24	3	415	3321

1.3.2. Schéma d'installation type

Notre système est constitué de 2 machines par départements ce qui en font 6 machines ayant 3 départements.

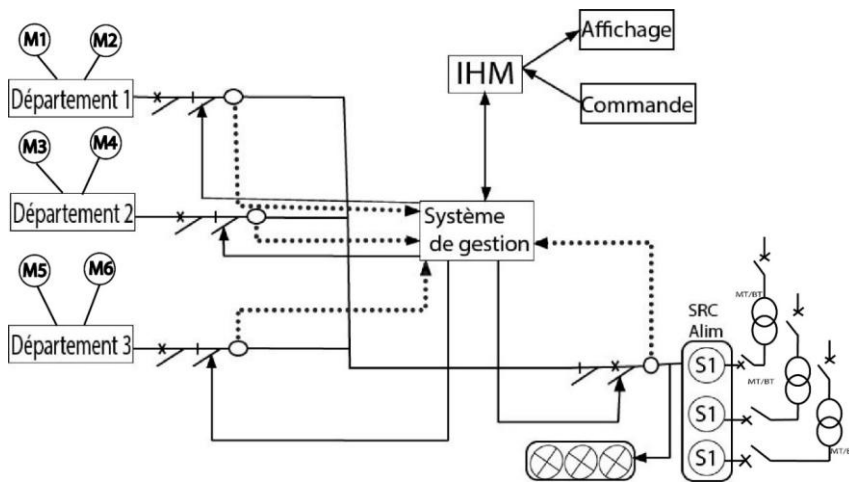


Figure 18. Schéma d'installation type

[27]

1.6. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons parlé des généralités sur la distribution de l'énergie électrique, de la justification des choix techniques, de choix de l'appareillage électrique et de description du site industriel.

Ayant parlé des généralités sur le sujet, dans le chapitre suivant nous allons parler des éléments de conception de notre système.

CHAPITRE 2 : CONCEPTION DU SYSTÈME DE GESTION DES EQUIPEMENTS DANS UNE INDUSTRIE

2.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous portons un accent particulier sur les aspects conceptuels de notre système, nous parlons notamment de l'Internet of Things, des bases de données, nous présenterons la carte électronique Arduino utilisée, les environnements de développement. Nous démontrons le fonctionnement de notre système par son schéma fonctionnel.

2.2. Justification des choix techniques

L'ingénieur lors de la conception de n'importe quel système, doit pouvoir établir sur les technologies appropriées au contexte d'utilisation du système, pour ce qui nous concerne, nous avons opté pour l'utilisation d'un microcontrôleur.

Il y a de nombreuses cartes électroniques qui possèdent des plateformes basées sur des microcontrôleurs disponibles pour l'électronique programmée. Tous ces outils prennent en charge les détails compliqués de la programmation et les intègrent dans une présentation facile à utiliser [6].

Le système Arduino, nous donne la possibilité d'allier les performances de la programmation à celles de l'électronique. Plus précisément, nous allons programmer des systèmes électroniques. Le gros avantage de l'électronique programmée c'est qu'elle simplifie grandement les schémas électroniques et par conséquent, le coût de la réalisation, mais aussi la charge de travail à la conception d'une carte électronique [16].

Le système Arduino simplifie la façon de travailler avec les microcontrôleurs tout en offrant aux personnes intéressées plusieurs avantages dont les plus importants sont :

- **Prix (réduits)** : les cartes Arduino sont relativement peu coûteuses comparativement aux autres plates-formes.

- **Multi plateforme** : le logiciel Arduino, écrit en JAVA, tourne sous les systèmes d'exploitation Windows, Macintosh et Linux. La plupart des systèmes à microcontrôleurs sont limités à Windows.
- **Environnement de programmation clair et simple** : l'environnement de programmation Arduino (le logiciel Arduino IDE) est facile à utiliser pour les débutants, tout en étant assez flexible pour que les utilisateurs avancés puissent en tirer profit également.
- **Logiciel Open Source et extensible** : le logiciel Arduino et le langage Arduino sont publiés sous licence open source, disponible pour être complété par des programmeurs expérimentés. Le logiciel de programmation des modules Arduino est une application JAVA multi plateformes (fonctionnant sur tout système d'exploitation), servant d'éditeur de code et de compilateur, et qui peut transférer le programme au travers de la liaison série (RS232, Bluetooth ou USB selon le module).
- **Matériel extensible** : les cartes Arduino sont basées sur les microcontrôleurs Atmel ATMEGA8, ATMEGA168, ATMEGA 328, les schémas des modules sont publiés sous une licence créative Commons, et les concepteurs des circuits expérimentés peuvent réaliser leur propre version des cartes Arduino, en les complétant et en les améliorant. Même les utilisateurs relativement inexpérimentés peuvent fabriquer la version sur plaque d'essai de la carte Arduino, dont le but est de comprendre comment elle fonctionne pour économiser le coût.

Pour ce qui nous concerne, nous avons utilisé l'ATmega 1280.

[30]

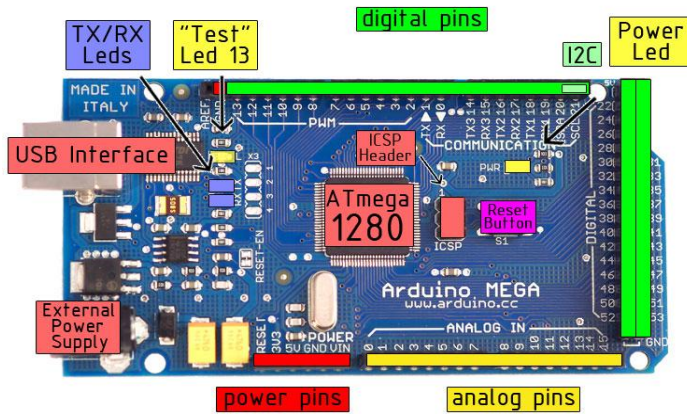


Figure 19. ATmega 1280

2.3. Logiciels utilisés

Nous avons utilisé Proteus et Matlab pour les simulations dans ce travail, pour ce qui est de la modélisation nous avons utilisé Adobe Illustrator, Archicad et Open ModelSphere.

Nous présentons ici les principaux notamment : Proteus et Matlab.

2.3.1. Présentation de Proteus

Proteus est un logiciel tout en un, l'application dispose plusieurs modules de services offrant différentes fonctionnalités (schematic capture, PCB layout, etc.).

Proteus est constitué de trois parties principales qui permettent aux différents outils de communiquer les uns avec les autres [23]. Il s'agit de :

[31]

- Application Framework : ce module est celui qui héberge toutes les fonctionnalités de Proteus.
- Common Database : cette base de données contient les informations à propos des parties utilisées dans le projet.
- Live Netlist : ensemble avec la common database assure la maintenance d'un live netlist qui permet à tous les modules ouverts de refléter automatiquement les changements. Il est conçu par Labcenter Electronics dont le site officiel est : <https://www.labcenter.com/>

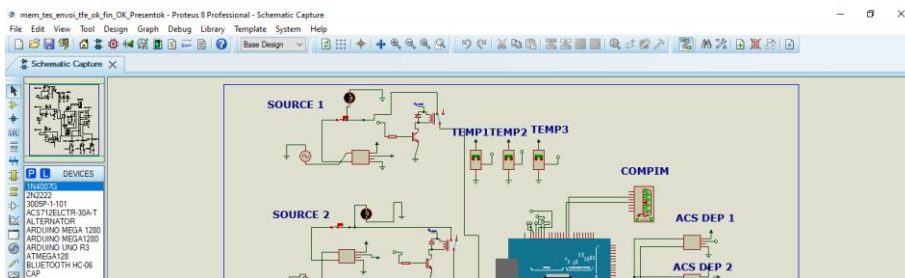


Figure 20 . Proteus

2.3.2. Présentation de Matlab (Matrice laboratory)

L'environnement desktop invite à l'expérimentation, l'exploration et la découverte. Les outils MATLAB sont tous rigoureusement testé et conçu pour fonctionner ensemble.

MATLAB permet de représenter vous aide à l'ordinateur. Vous pouvez exécuter votre analyse dans une large quantité des données, et adapté au cluster et clouds. Les codes MATLAB peuvent être intégrer avec d'autres langages de programmation, vous accordant la possibilité de déployé les algorithmes et application avec le web, entreprise, et production des systèmes. Nous avons utilisé MATLAB dans les simulations chapitres précédents [23]. Dans ce chapitre la simulation est uniquement sous Proteus.

2.3.3. Node-red

Node-RED est un logiciel permettant de gérer des flows d'événements, des suites de traitements à effectuer suite à la réception de messages ou événements. Il contient un certain nombre de fonctionnalités de base, mais la plupart des fonctionnalités utiles dans notre cas devront être installées par la suite.

Dans Node-RED, une « fonctionnalité » est représentée sous la forme d'une node, un élément pouvant être placé dans votre flow, reliée à d'autres nodes en entrée ou en sortie.

Le flow représente l'ensemble des nodes. Il n'est pas linéaire et une node reliée à aucune autre peut quand même s'activer si les conditions sont réunies [15].

L'interface de Node-RED se compose de 4 parties, qui sont :

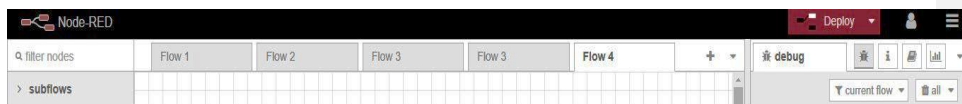


Figure 21. Node-red

A gauche : la liste des nodes disponibles. Pour les placer sur le flow, sélectionnez celle que vous voulez et glissez la jusqu'à l'endroit voulu.

Au centre : les flows. Vous pouvez en ouvrir autant que vous voulez, chaque flow est indépendant et en peut pas agir sur d'autres.

A droite : des onglets utiles.

- L'onglet i permet d'avoir des informations détaillées sur toute node sélectionnée.
- L'onglet debug (icône d'insecte) apparaît dès qu'une node debug est placée et permet de voir les messages de debug.
- L'onglet Dashboard (icône de graphe) apparaît dès qu'une node de Dashboard apparaît et permet d'y avoir accès.

D'autres onglets peuvent apparaître selon les nodes installées.

En haut : Le bouton Deploy permet de « déployer » son flow et de le rendre actif.

Le bouton menu (Icône de lignes parallèles) ouvre un menu, qui contient notamment les options :

- View : gérer la vue (afficher ou non les menus des cotés). Permet aussi d'accéder au débbug ou au Dashboard si actifs.
- Import : charger un flow sauvegardé
- Export : sauvegarder les flows ouverts
- Manage Palette : gérer les nodes installées et en installer de nouvelles
- Flows / Subflows : créer un nouveau flow ou subflow.

Node-Red contient plusieurs nodes de base qui sont très utiles ou pratiques.

Ces nodes se retrouvent dans tout flow quel que soit le domaine. Ces nodes sont classés par fonctionnalité. Les fonctionnalités incluses de base dans node-red sont : Common, function, sequence, network, parser, storage.

2.4. Le protocole MQTT

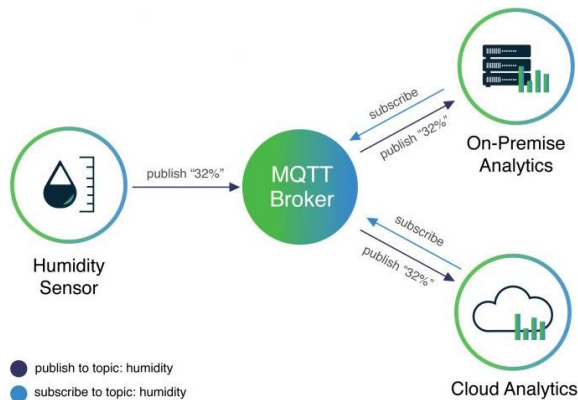


Figure 22. Fonctionnement MQTT

Créé en 1999 par Andy Stanford-Clark, ingénieur chez IBM, et Arlen Nipper, chez EuroTech. MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) est un protocole open source de messagerie publish-subscribe basé sur le protocole TCP/IP [11].

Il assure des communications non permanentes entre des appareils par le transport de leurs messages. C'est donc du M2M où les appareils peuvent être de technologies différentes.

3 niveaux de qualité de service :

Au plus une fois, au moins une fois et exactement une fois.

QoS 0 : Moindre effort – aucune garantie que le message est délivré.



Figure 23 illustration au plus une fois

QoS 1 : L'émetteur stocke le message tant que le récepteur ne l'a pas acquitté. Le message peut donc être émis plusieurs fois ... et donc reçu plusieurs fois.



Figure 24. Illustration au moins une fois

QoS 2 : Une fois et une seule.

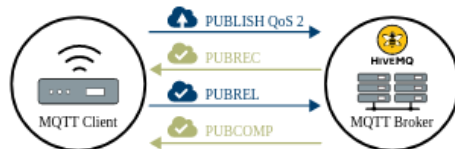


Figure 25. Illustration une fois seulement

Les deux côtés d'un message envoyé sont à prendre en compte : la remise du message du client au broker et le message du broker au client abonné. Le client qui publie le message sur le broker définit le niveau de QoS du message lorsqu'il envoie le message au broker. Le courtier transmet ce message aux clients abonnés, tout en utilisant le niveau de QoS que chaque client abonné définit au cours du processus d'abonnement. Si le client abonné définit une qualité de service "inférieure" à celle du client, le broker transmet le message avec un QoS inférieur.

[35]

La QoS donne ainsi au client le pouvoir de choisir un niveau de service correspondant à la fiabilité de son réseau ainsi qu'à sa logique d'application.

Ce protocole est utilisé pour :

- Sa légèreté donc utilisable sur microcontrôleurs
- Sa souplesse et simplicité de mise en œuvre
- Sa robustesse
- La possibilité de mettre une couche de sécurité pour l'authentification et la transmission des messages TLS

Le broker utilisé est [thingspeak](#) car il offre une bonne interface graphique de visualisation des données [21].

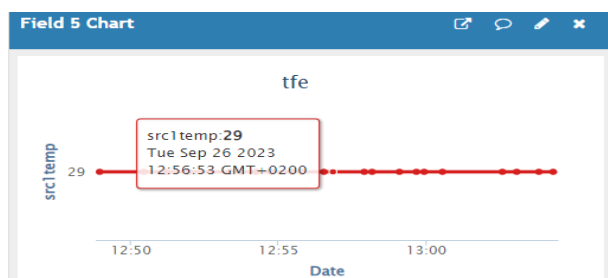


Figure 26. Illustration des données au niveau du broker thingspeak

On s'y connecte à partir de node-red grâce au node thingspeak42 [22].

2.5. IoT

Le terme « IoT » (Internet of Things, pour Internet des Objets) a été inventé en 1999 par Kevin Ashton pour promouvoir la technologie RFID. Son usage s'est accru à partir de 2010-2011. Aujourd'hui, il désigne la technologie par laquelle le monde physique et le monde digital sont reliés : des objets (appelés appareils connectés), munis généralement de capteurs et d'actionneurs, échangent des données avec d'autres dispositifs et systèmes à travers un réseau informatique, l'intervention humaine étant limitée [15].

Une solution IoT peut être vue comme l'envoi d'événements par des appareils connectés : que ce soient des données de télémétrie (température, pression, position géographique, etc.) souvent brutes, des notifications ou des accusés de réception. L'interprétation et l'analyse de ces événements, en les agrégeant éventuellement avec des données provenant d'autres sources, génère des insights. Ces derniers peuvent être utilisés pour déclencher des actions, effectuées manuellement ou automatiquement, dans le but d'améliorer une activité ou un processus. Certaines de ces actions, dites « actions d'appareils », représentent des commandes ou des feedbacks transmis aux appareils pour agir localement.

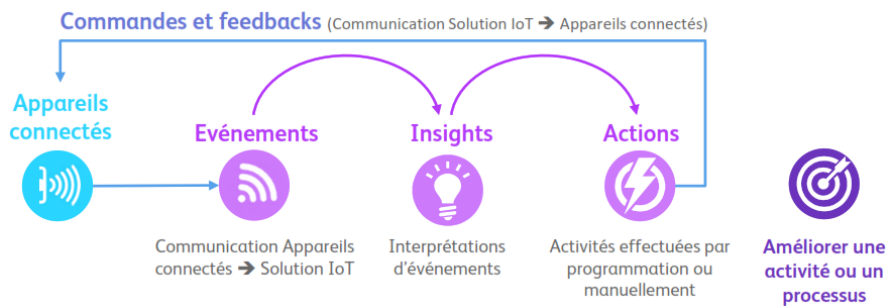


Figure 27. Schéma solution IoT

➤ Architecture d'une solution IoT

Une solution IoT est composée de plusieurs couches interconnectées permettant de relier le monde physique des appareils au monde digital. Tous les cas d'usage n'adoptent pas une architecture unique.

En revanche, ils font tous (ou presque) appel aux quatre mêmes couches principales représentées dans le schéma ci-après.

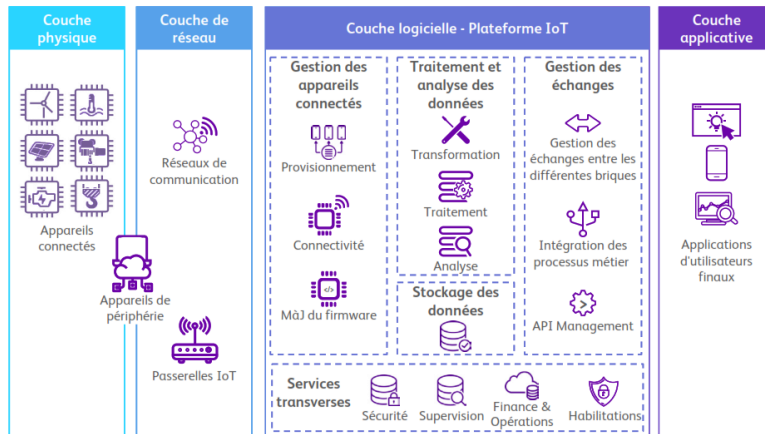


Figure 28. Architecture solution IoT

2.6. Base de données

Une base de données est un ensemble structuré de données apparentées qui modélisent un univers réel.

Une BD est faite pour enregistrer des faits, des opérations au sein d'un organisme (Administration, banque, université, hôpital, ...).

2.6.1. Système de Gestion de Base de Données (SGBD) ou Data Base Management System (DBMS)

Un SGBD est un système qui permet de gérer une BD partagée par plusieurs utilisateurs simultanément.

La multiplication des fichiers entraînait la redondance des données, ce qui rendait difficile les mises à jour. D'où l'idée d'intégration et de partage des données.

Un SGBD doit permettre :

- **Décrire les données :** on parle de langage de définition des données (DDL) qui permet la description des données de manière indépendante des applications (de manière intrinsèque)

[38]

- **Manipuler les données** : il permet d'interroger et mettre à jour les données sans préciser d'algorithme d'accès
- **Contrôler les données** : on parle de Langage de contrôle de donnée (DCL) qui permet d'assurer : confidentialité, intégrité
- **Partage** : une BD est partagée entre plusieurs utilisateurs en même temps d'où elle doit garantir la notion de transaction et de contrôle d'accès concurrents.
- **Sécurité** : reprise après panne, journalisation
- **Performance d'accès** : gère les aspects d'indexation.
- **Indépendance physique** : Pouvoir modifier les structures de stockage ou les index sans que cela ait de répercussion au niveau des applications.
- **Indépendance logique** : Permettre aux différentes applications d'avoir des vues différentes des mêmes données [35].

Pour ce qui nous concerne nous avons utilisé MYSQL via XAMPP, ci-dessous la description de notre table. Notre base de données permettra de sauvegarder l'état du réseau électrique à chaque instant dans notre base de données.

Notre table est constituée des champs suivant :

- Les puissances au niveau de chaque source : p1, p2 et p3 ;
- Les températures au niveau de chaque transformateur : temp1, temp2 et temp3 ;
- Les courants dans chaque département ! i1, i2 et i3 ;
- La date : qui spécifie la date de prélèvement de chaque enregistrement ;
- Le déclenchement : il s'agit de l'enregistrement du cas où l'on constate un déclenchement suite au dépassement du seuil, le champ « dechench » prend la valeur du département concerné (1,2 ou 3) ;
- L'id : qui identifie de manière unique nos enregistrements, c'est la clé primaire de la table.

[39]

#	Nom	Type
1	id	int(11)
2	date	datetime
3	i1	double
4	i2	double
5	i3	double
6	p1	double
7	p2	double
8	p3	double
9	declench	int(11)
10	temp1	int(11)
11	temp2	int(11)
12	temp3	int(11)

Figure 29. Description de notre table

2.7. Les Capteurs

Les capteurs permettent au système d'appréhender l'environnement, ils transmettent les informations à notre élément central qui est l'Arduino, et l'Arduino effectue les traitements utiles.

Nous avons utilisé dans ce travail les capteurs suivants :

- **LM35** : c'est un Capteurs de température centigrades de précision
- **ACS712** : c'est un capteur de courant,
- **Zmpt 101 b** : Il s'agit d'un capteur qui donne l'intensité du courant et la tension, utilisé avec la librairie EmonLib, il donne directement les puissances réelles et apparentes.

Par manque de librairie proteus adéquat, nous avons utilisé des circuits équivalents, qui n'est que le ACS712 et on obtient la puissance en considérant le tension constante de 230V en utilisant la librairie Arduino ACS712.

En effet tout signal entrant sur l'Arduino doit rigoureusement être compris entre 0 et 5V. D'où l'idée de connecter les capteurs à mi- tension d'alimentation, soit 2,5V, en vérifiant que l'amplitude des signaux que délivreront les capteurs ne dépassent jamais le +5V ou deviennent négatives [32].

Pour tous les éléments que ce soit ACS712, LM35, Zmpt 101 b servant pour les relais, vous trouvez les détails dans l'annexes.

2.8. Schéma de fonctionnement du système

➤ Schéma fonctionnel du système :

Ce schéma montre comment est répartie la charge électrique dans notre site industriel; depuis l'arrivée au poste jusque dans chaque département, sur schéma il y a des équipements MT à chaque niveau. Nous avons par après l'aspect IHM du système permettant l'affichage et la commande et également les lampes témoins de présences de courant au niveau des sources d'alimentation.

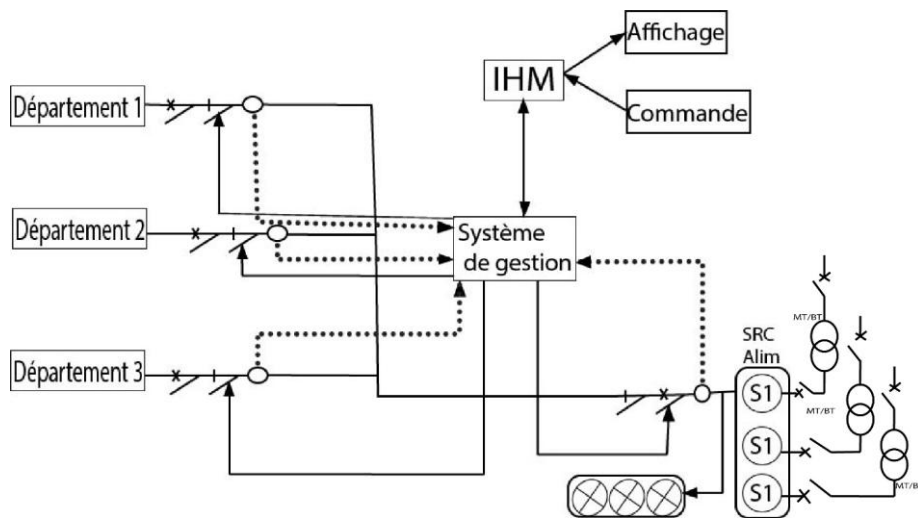


Figure 30. Schéma fonctionnel du système

➤ **Schéma fonctionnel code** : Le code de notre système est tel que dès le démarrage il transmet les informations pour affichage et conservation dans la base de données des informations sur l'état du système.

Au-delà de cela le système offre des fonctionnalités telles que : l'utilisateur a la possibilité de coupé ou rétablir du courant dans un département, de plus dans le code est inscrit l'aspect

[41]

de seuil à ne pas dépasser pour les départements de tel sorte qu'en cas de dépassement de ce seuil, que le système puisse couper l'alimentation dans ce département.

Le seuil est fixé en raison de la puissance disponible au niveau des sources, de la priorité accordée à un département et de la charge installée dans chaque département.

Commenté [DM11]: Ce schéma est à refaire, il n'est pas compréhensible. Il faudra revoir comment est représentée une condition dans un digramme d'état.

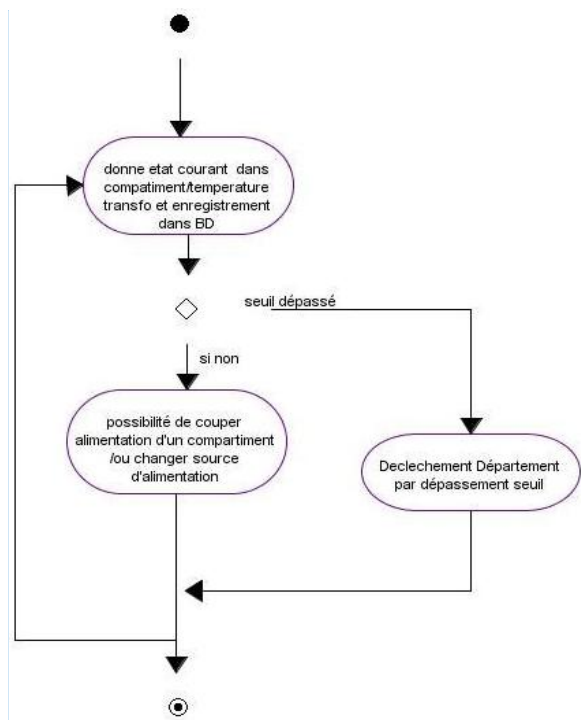


Figure 31. Schéma fonctionnel code, diagramme d'activité

2.9. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons parlé des éléments de conception du système, il s'agit notamment des capteurs utilisés et du fonctionnement du système.

Nous avons aussi parlé du concept de l'internet des objets et corollairement du concept de base de données pour le stockage persistant des informations en vue des traitements ultérieurs.

Nous avons la structure de notre table d'enregistrement.

CHAPITRE 3 : SIMULATION DU SYSTEME

3.1. Introduction

Dans cette partie nous exhibons les résultats des simulations, nous montrons comment le système améliore la gestion de l'énergie, ce qui permet la réduction de consommation en énergie électrique.

Pour ce qui est de la simulation du système, nous avons considéré un scénario dans lequel il y a 3 sources d'alimentation et 3 compartiments dans l'industrie en vue de démontrer le fonctionnement du système. Se basant sur Proteus il y a donc la partie application Androïde, la partie programmation Arduino et la partie des connections des différents éléments électroniques.

Les appareils électriques même en veille continuent à consommer de l'énergie. Cela est aussi vrai pour les appareils électriques éteints, mais encore branchés.

C'est la circulation du courant résiduel qui est à l'origine de la consommation appareil en veille ; on parle de la consommation cachée ou consommation passive des appareils.

L'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie, ADEME, avance que cette consommation cachée représenterait près de 11% de la consommation d'électricité moyenne annuelle de chaque foyer français [41].

Si pour les appareils de ménages nous avons ce pourcentage de la consommation cachée sur l'ensemble de la facture annuel; en milieu industriel, cette consommation cachée est plus élevée s'il n'y pas de gestion efficace de l'énergie.

C'est également à ce besoin de diminution de cette consommation cachée que vient solutionner notre système.

3.2. Bilan des puissances

❖ Calcul de Bilan de puissance du site

En générale pour une installation industrielle, on a :

$K_u=0,75$ pour les moteurs.

Pour l'éclairage et le chauffage, il sera toujours égal à 1.

$\cos \phi = 0,95$

$\rho = 0,8$

➤ La puissance installée

La puissance installée P_{inst} est égale à la somme des puissances nominales P_{nom} des récepteurs de l'installation.

$$P_{inst} = \sum P_{nom(\text{récepteur})} \quad (3.1)$$

$$P_{inst} = 40 + 80,7 = 120,7 \text{ kw.}$$

➤ La puissance absorbée P_{abs}

La puissance absorbée P_{abs} d'un récepteur est donnée par la puissance nominale P_{nom} , le rendement unitaire ρ et le facteur de puissance $\cos \phi$.

$$P_{abs} = \frac{P_{nom(\text{récepteur})}}{\rho \cdot \cos(\phi)} \quad (3.2)$$

La puissance absorbée est souvent supposée être la somme arithmétique des puissances apparentes de chaque récepteur.

Pour notre système : $P_{abs} = P_{abs\text{machine}} + P_{abs\text{éclairage et autres}}$

$$P_{abs\text{machine}} = 80,7 / (0,8 \times 0,95) = 106,184$$

$$P_{abs\text{éclairage et autres}} = 40 / (0,8 \times 0,95) = 52,631$$

$$P_{abs} = 106,184 + 52,631 = \mathbf{158,815}$$

➤ La puissance d'utilisation P_u

La puissance d'utilisation P_u est égale à la somme des puissances absorbées et valorisées par le facteur suivant:

K_u , facteur d'utilisation maximum:

[44]

$$P_u = K_u \cdot P_{abs} \quad (3.3)$$

Pour notre système : $P_u = P_{umachine} + P_{uéclairageetautres}$

$$P_{umachine} = 106,184 \times 0,75 = 79,638$$

$$P_{uéclairageetautres} = 52,631 \times 1 = 52,631$$

$$P_u = 79,638 + 52,631 = 132,269$$

Il traduit le fait que le régime de fonctionnement d'un récepteur peut être inférieur à la puissance nominale. Il s'applique individuellement à chaque récepteur (circuits terminaux).

Utilisation	K_u
Force motrice	0,75 à 1
Eclairage	1
Chauffage	1
Ventilation	1
PC	1

Tableau 2 Valeur K_u pour différents récepteurs

La puissance foisonnée P_F d'une distribution est égale à la somme des puissances absorbées et valorisées par le facteur suivant:

K_s , facteur de simultanéité:

$$P_F = K_s \cdot P_u = K_s \cdot K_u \cdot P_{abs}$$

Il traduit le fait qu'un ensemble de récepteurs ne soit pas utilisé en même temps. Il s'applique à chaque regroupement de récepteurs (distributions ou tableaux divisionnaires).

Nombre de circuits	K_s	Utilisation	K_s
2 à 3	0,9	Eclairage	1
4 à 5	0,8	Chauffage	1
6 à 9	0,7	Prise de courant	0,1 à 0,2 (*)
≥10	0,6	Ascenseur	1

Tableau 3. Valeur de K_s

Pour notre système : $P_s = P_{sdep1} + P_{sdep2} + P_{sdep3}$

Par département, on a :

[45]

$$- \frac{P_{\text{machine}}}{3} + \frac{P_{\text{éclairage et autres}}}{3} = 26,546 + 17,543 = 44,08$$

$$P_{\text{dep1}} = P_{\text{dep2}} = P_{\text{dep3}} = 44,08 \times 0,9 = 39,6807$$

$$P_s = 3 \times 39,6807 = 119,0421 \text{ Kw}$$

3.3. Schéma électrique du système

Le système est tel que nous avons des capteurs de température pour chacune des 3 sources d'alimentation puis nous avons des relais permettant de basculer d'une source à une autre de même que pour chaque département puis il y a des capteurs de courants ACS712 pour chaque département. Il y a enfin le bloc COMPIM qui permet de simuler la communication port USB.

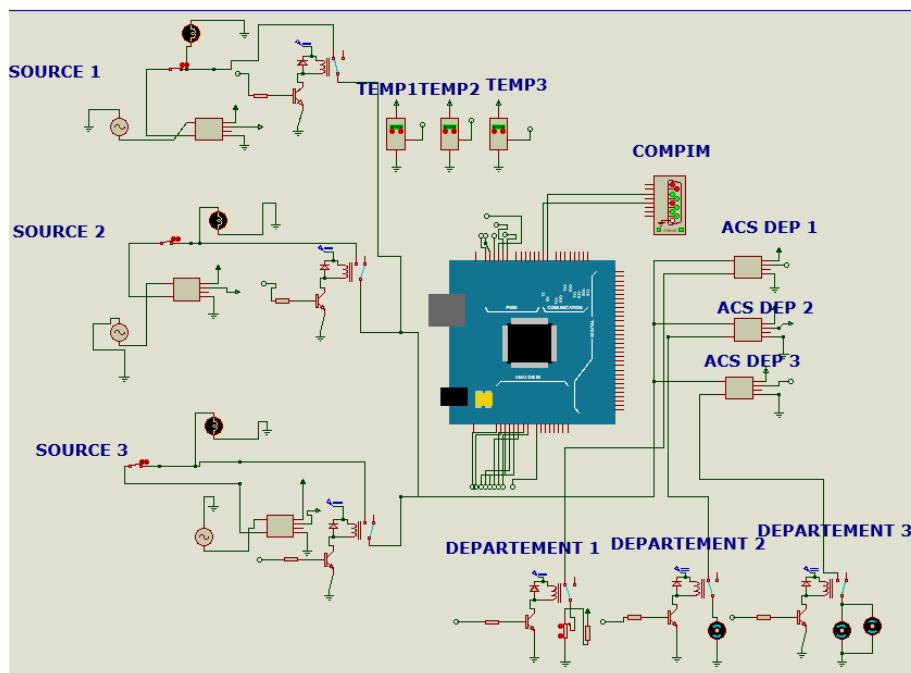


Figure 32. Schéma système complet

[46]

Voici donc comment se présente le site, sur une surface de 170x200m chaque département avec une superficie de 70x80m, le bureau et le poste 30x20m et un parking de 80x16m :

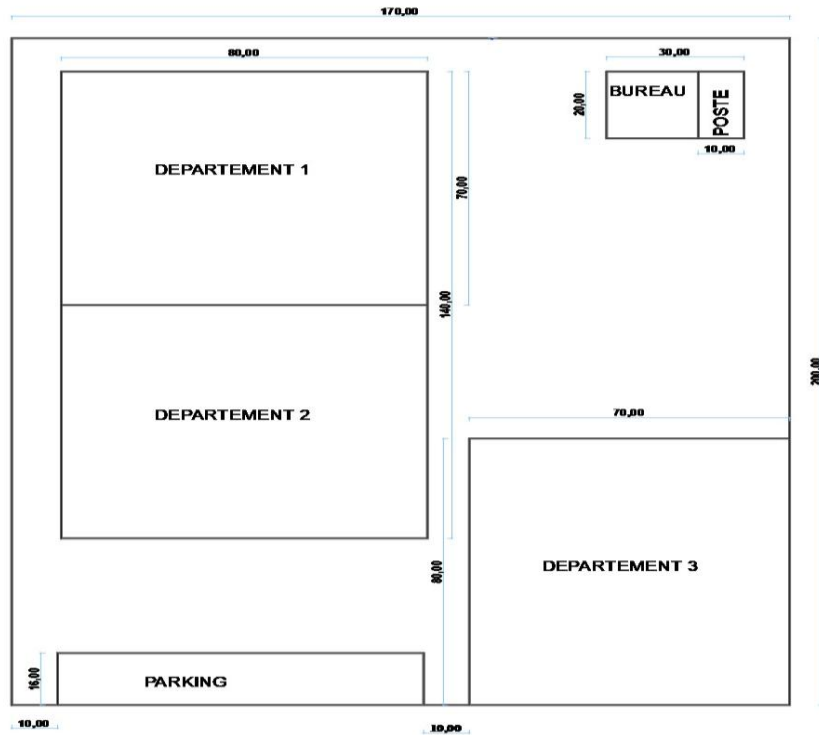


Figure 33. Aménagement du site

3.4. Programmation Arduino

Pour ce qui est de la programmation Arduino, le code est telle que on envoi à l'application Androïde les informations suivantes : la température, la tension, l'intensité du courant de chaque source; et le courant consommé dans chaque département chaque 1seconde une nouvelle mesure est faites; puis selon le bouton appuyer sur l'application Androïde ; l'Arduino

[47]

dans son programme reçoit une chaîne de caractère et en fonction de la chaîne de caractère reçu selon le bouton appuyer il y a des actions à effectuer à savoir : couper ou faire alimenter l'industrie par une des sources; de couper ou d'alimenter les départements.

Pour cela nous avons utilisé certaines bibliothèques Arduino notamment EmonLib qui permet la mesure de la tension, du courant et des puissances; la bibliothèque LM35 pour récupérer la température à partir du capteur LM35 et en ACS712 qui nous a permis d'avoir le courant à partir du capteur ACS712.

Pour ce qui est de la partie Node-red, Nous avons utilisé la partie le block function qui permet d'écrire du code JavaScript, cela nous a permis de diviser notre message en block puis de les envoyer en message MQTT grâce au node thingspeak42 ; l'intégralité du code est en annexe.

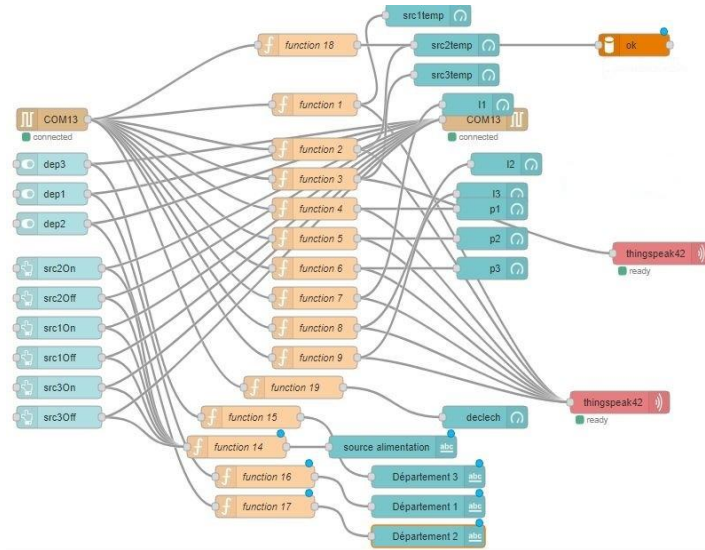
3.5. Application Node-red

Pour ce qui est de l'application, nous avons conçu l'application de telle sorte qu'elle permette l'affichage des différentes mesures notamment : la température, la puissance de chaque source; et le courant consommé dans chaque département à chaque instant, puis l'application donne à l'utilisateur les possibilités de : couper ou faire alimenter l'industrie par une des sources; de couper ou d'alimenter les départements en appuyant sur les différents boutons, ce qui envoie une chaîne de caractère à l'Arduino en fonction du bouton. Il y a en plus une fonction de déclenchement d'un département en cas de dépassement d'un seuil.

Dans la partie user interface nous avons :

- la page Home qui affiche l'état des départements (couper ou alimenter), des sources et les boutons et switch de commande la page ;
- la page Affichage qui affiche numériquement les valeurs avec des nodes gauges qui permettent d'afficher les valeurs des différents capteurs.

[48]



a) Flow global Node-red

Default

dep3

dep1

dep2

SRC2ON

SRC2OFF

SRC1ON

SRC1OFF

SRC3ON

SRC3OFF

source alimentation 1

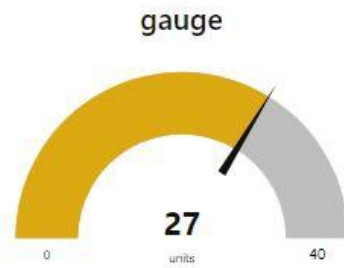
Département 3 **Alimenté**

Département 1 **Coupé**

Département 2 **Coupé**

b) IHM/ partie user interface de Node-red (Home)

[49]

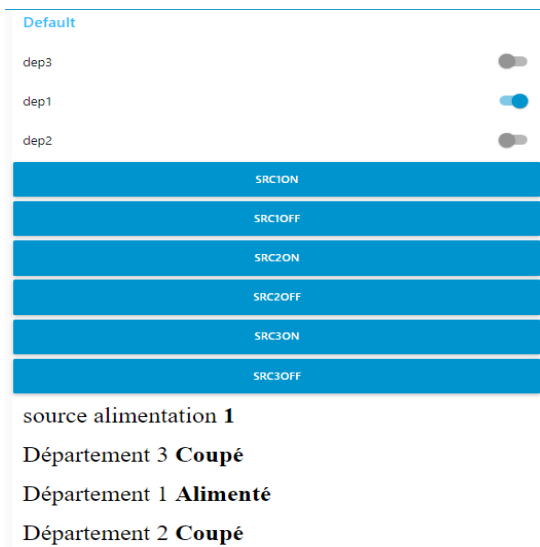


c) gauge : IHM/ partie user interface de Node-red (Affichage)

Figure 34. Application Node-red

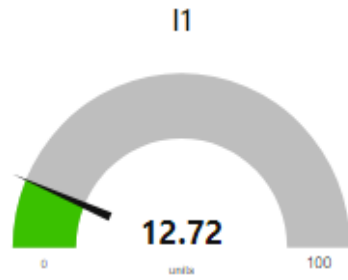
3.6. Quelques cas de simulation du système

- Cas où la source 1 est source d'alimentation, et alimente le département 1. Dans ce cas voici comment le tableau de contrôle node-red se présente.



a) GUI node-red

[50]

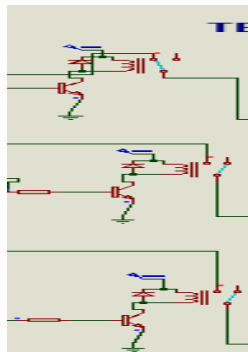


b) gauge

Figure 35. Illustration dans Node-red

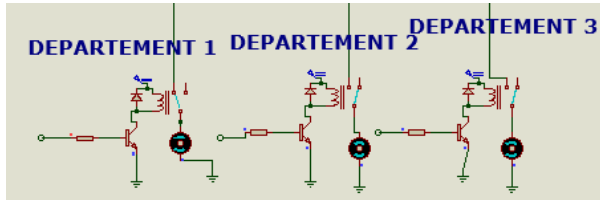
Au niveau du schéma on aura la situation suivante :

Les relais de la source 1 ainsi que celui du département 1 seront fermés et ainsi les machines du département 1 peuvent fonctionner aisément.



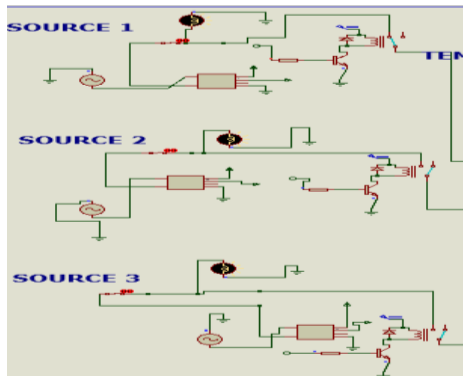
a) Relais source 1 fermé

[51]

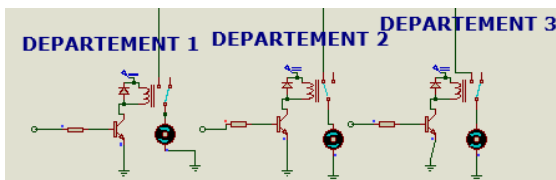


b) Relais département 1 fermé

Figure 36. schéma électrique simulation source 1 alimente département 1



a)relais source 1 fermé



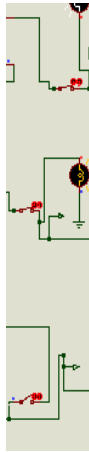
b) Relais département2 fermé

id	date	i1	i2	i3	p1	p2	p3	declench	temp1	temp2	temp3
51	2023-11-11 09:30:27	0	10.4	0	1668.4	2002.46	2371.43	3	31	30	26

c) Enregistrement dans base de données

[52]

Figure 37. Schéma électrique source 1 alimente département 2



a) Interrupteur 3 ouvert

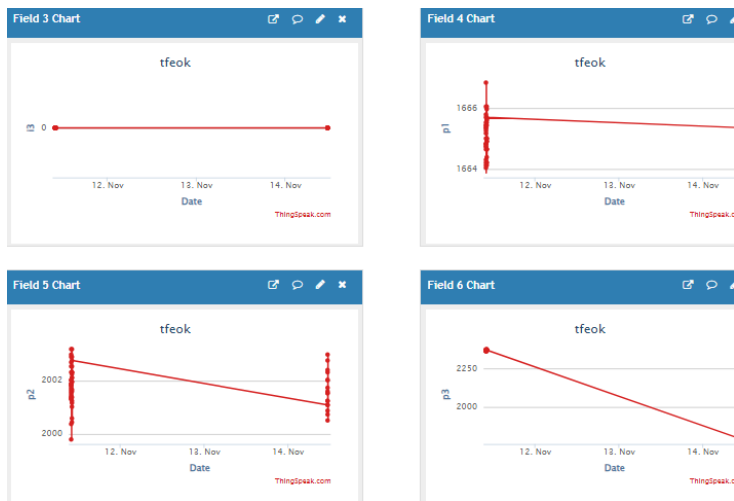
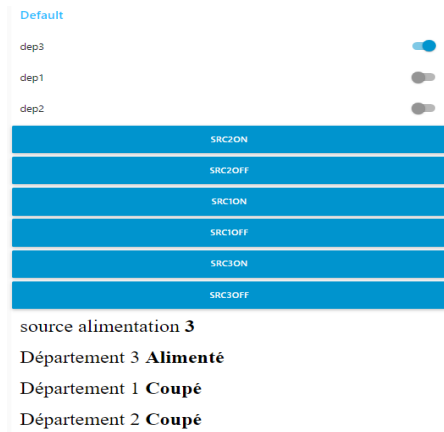


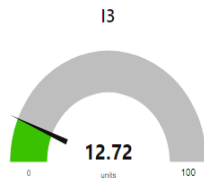
Figure 38. Cas où source 1 et 2 il y a de l'énergie électrique, source 3 pas d'électricité
thingspeak

[53]

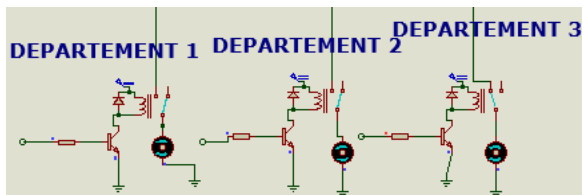
- Cas où source 3 alimente département 3 : Ici sur le graphique la charge étant supérieure à 11 tel que dans le code automatiquement le système déconnecte le département, d'où la chute d'intensité sur ce graphique, on a le déclenchement mis à 3 pour signifier qu'il s'agit du département 3.



a) Affichage état système

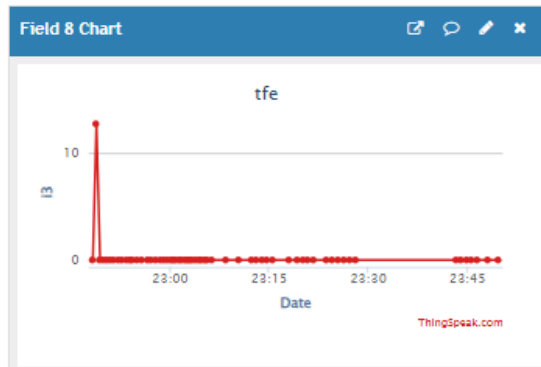


b) IHM et gauge



[54]

c) Relais département 3 fermé puis ouvert directement vu le dépassement de seuil



d) thingspeak

Figure 39. Illustration node-red source 3 alimente département 3 puis plus alimenter par déclenchement,

id	date	i1	i2	i3	p1	p2	p3	declench	temp1	temp2	temp3
59	2023-11-11 22:42:35	0	0	0	1667.79	2003.18	2372.11	3	31	30	26

e) base de données

Figure 40. Illustration dans base de données cas où déclenchement soit au franchissement d'un seuil on voit 3 pour signifier qu'il s'agit du département 3

3.7. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons élucidé la manière dont la gestion efficace de l'énergie se passe.

De ce fait, nous avons ressorti en termes de coût de l'énergie par rapport au coût global de vente de bloc ciment la marge de réduction qu'apporte notre système.

Nous avons enfin présenté quelques cas concrets de simulation du système.

CONCLUSION GENERALE

Le système simulé, permet une gestion efficace des équipements moyenne tension partant du monitoring du réseau à la commande de délestage de l'électricité dans les différents compartiments ainsi qu'un bon fonctionnement des équipements industriels.

Cela diminue sensiblement le coût global de l'énergie dans la production industrielle.

S'agissant d'une recherche scientifique le système peut donc être amélioré en fonction des besoins.

Nous avons pris un cas concret s'agissant de la fabrication des blocs ciments, ainsi il s'est avéré d'une énorme utilité en termes de réduction de la consommation d'énergie et par conséquent du coût de production globale.

Les 50% de réduction constaté prennent en compte le fait de l'utilisation du carburant, et aussi de la consommation passive des équipements industriels.

Il y a pour se faire des voyants lumineux qui indiquent la présence ou non du courant dans une des 3 sources d'alimentation en énergie électrique possibles puis de là un système de relais permettant le délestage de département. Grâce au protocole MQTT la consommation électrique est visible au niveau d'un broker qui est en ligne, ainsi la consommation électrique au sein du domaine industriel ainsi que les paramètres utiles permettant de déterminer l'état d'équipements électriques est observable en ligne de partout avec une visualisation en terme de données temporelles graphiques.

Le système est basé sur un microcontrôleur qui effectue toutes les opérations et ensuite communique avec Node-red et de là on passe les données de l'état du réseau électrique :

- À l'UI de node-red pour l'affichage notamment avec indication sur les sources et département alimenté et les outils de commande : boutons et switch.
- à notre broker MQTT pour permettre une visualisation en ligne de l'état du réseau.
- A notre base de données MYSQL

Pour perspective de recherche ; l'on pourrait concevoir une interface Web permettant d'exploiter les données de notre base de données, ainsi cette IHM permettrait d'effectuer des opérations telles que la moyenne journalière des puissances, ...

Commenté [DM12]: La conclusion ne peut pas être un chapitre puisque tu as dit dans l'introduction que ton travail a 3 chapitres à part l'introduction et la conclusion

Commenté [DM13]: Pas trop riche, c'est pas mal quand même

Bibliographie

- [1] R. gouvernement, «draft consultations provinciales,» chez *Politique Nationale de l'Energie de la, Kinshasa, RDC gouvernement, 18/08/2022* , p. 5.
- [2] B. Mondial, «Banque Mondial,» Banque Mondial , 2022.
- [3] J.-M. B. Kamba, «article,» chez *De la Nécessité de Recapitaliser l'Industrie de l'Electricité en République*, kinshasa, Journal en ligne de l'ACASTI et du CEDESURK, March 27, 2021, pp. 6-7.
- [4] D. Y. BRIK, chez *Systèmes Temps Réel (Real Time Systems), Master2 Électronique des Systèmes Embarqués (ESEM)* , Université de M'sila, 2021.
- [5] E. Duris et W. K. e. Z. H. Loic Heuzé, «les courants porteurs en ligne,» *Filliale Informatique Réseaux 3ème année, 2005*, p. 28.
- [6] N. MOUBAYED, «GESTION DE L'ENERGIE DANS LES SYSTEMES ELECTRIQUES :,» chez *HYBRIDATION DES SOURCES ET SEGMENTATION DE PUISSANCE* , Laboratoire d'Electricité – Faculté de Génie 1 – Université Libanaise, 9 Septembre 2011, p. 1.
- [7] «Support de Cours,» chez *Réseaux Electriques* , Centre Universitaire Nour El Bachir El Bayadh, 2018, p. 32.
- [8] D. B. ABDELKADER, «polycopie de cours,» chez *Réseaux électriques industriels, UNIVERSITE IBN-KHALDOUN DE TIARET, 2021*, pp. 16-17.
- [9] B. Bapio, chez *Courant alternatif triphasé : puissances en courants alternatifs triphasés, .*
- [10] B. SIHEM, «Cours Mesures électriques et électroniques».
- [11] F. Wagner, «cours d'instrumentation électronique (instrumentation scientifique),» chez *cours d'instrumentation électronique (instrumentation scientifique)*, 2009.
- [12] P. L. Vaucanson, *La puissance en courant alternatif, STI2D T.C.*
- [13] M. Piou, *Electricité, analyse des signaux et des circuits électriques : chapitre 12 la puissance en triphasé et sa mesure,, 12/3/2014.*
- [14] «Chapitre 01 : Production, transport et distribution de l'énergie électrique,» chez *Chapitre 02 : La commande électrique* , p. 12.

[57]

- [15] D. B. B. Houaria, chez *SECURITE DES INSTALLATIONS ET DES EQUIPEMENTS INDUSTRIELS*, UNIVERSITE DES SCIENCES ET DE LA, 2018, p. 7.
- [16] T. Hazel, «Génération électrique intégrée aux sites industriels et bâtiments commerciaux,» chez *Cahier technique n° 196*, schneider electric, p. 26.
- [17] P. JACOB, «Réseaux de distribution, Distribution de l'énergie, v1.6,» chez *Réseaux de distribution, Distribution de l'énergie, v1.6*, académie d'aix-Marseille, avril 2014, p. 7.
- [18] «support de cours,» chez *Réseaux Electriques*, Centre Universitaire Nour El Bachir El Bayadh, 2018, p. 21.
- [19] G. LILIA, «Commande en position du a MCC par Arduino,» chez *MEMOIRE Présenté en vue de l'obtention du diplôme de : MASTER*, UNIVERSITE BADJI MOKHTAR ANNABA.Faculté: Sciences de l'Ingéniorat, 2017, p. 18.
- [20] TRAVIESCO, Volet du programme Systèmes industriels supporté, Quebec: TRAVIESCO, 2016.
- [21] capgemini, «Systèmes de Gestion Intelligente,» chez *Systèmes de Gestion Intelligente*, capgemini consulting, 2011, p. 3.
- [22] «Tendances technologiques: Systèmes SCADA,» chez *Tendances technologiques: Systèmes SCADA*, 2019, p. 3.
- [23] Proteus, Documentation application Proteus, Framework help, introduction, Proteus, 2017.
- [24] Matlab, Documentation Matlab, Matlab, 2016.
- [25] eltalabprototype.fr, Installation et utilisation de Node-RED, Espace Maison Milon.
- [26] «Le protocole M.Q.T.T.,» FabLab Saint-Gély-du-Fesc, 13 janvier 2022.
- [27] <https://thingspeak.com/>, <https://thingspeak.com/>.
- [28] «<https://flows.nodered.org/node/node-red-contrib-thingspeak42>,» flows.nodered, [En ligne]. Available: <https://flows.nodered.org/node/node-red-contrib-thingspeak42>. [Accès le 7 septembre 2023].
- [29] A. N. e. A.-S. Meyer, Comment se compose une solution IoT ? , Décortiquons ensemble les principales couches, bearing.

- [30] «Cours SGBD 1,» chez *Concepts et langages des bases de données relationnelles*, IUT de Nice – Département INFORMATIQUE, pp. 2-9.
- [31] www.siteduzero.com, Arduino pour bien commencer en électronique et en programmation,, www.siteduzero.com.
- [32] F. G. & J.-P. Dulex, Arduino à l'école Cours pour l'apprentissage des bases de l'électronique et de la programmation sur Arduino , VERSION 5.0, 2018.
- [33] R. RadioSpares, Arduino Duemilanove, RadioSpares, Radionics.
- [34] «ATmega640/1280/1281/2560/2561,» chez *ATmega640/1280/1281/2560/2561*, ATMEL, p. 9.
- [35] «Arduino pour bien commencer en électronique et en programmation,» chez *Arduino pour bien commencer en électronique et en programmation*, www.siteduzero.com, 4/08/2012, pp. 171-186.
- [36] «fournisseurs-electricite,» [En ligne]. Available: <https://www.fournisseurs-electricite.com/compteur/consommation-electrique/appareil-en-veille>. [Accès le 7 October 2023].
- [37] «gasoline_prices,» [globalpetrolprices](http://globalpetrolprices.com), [En ligne]. Available: https://fr.globalpetrolprices.com/Democratic-Republic-of-the-Congo/gasoline_prices/ . [Accès le 24 octobre 2023].
- [38] «hausse-du-prix-de-lessence-a-goma-un-litre-se-vend-entre-4500-et-5000-fc,» [actu30](http://actu30.com), [En ligne]. Available: <https://actu30.cd/2023/10/hausse-du-prix-de-lessence-a-goma-un-litre-se-vend-entre-4500-et-5000-fc/#:~:text=Twitter-Hausse%20du%20prix%20de%20l'essence%20%C3%A0%20Goma%20%3A%20Un%20litre,entre%204500%20et%205000%20FC&text=Depuis%20le%20vendredi%2020%20oc>. [Accès le 24 octobre 2023].
- [39] «demarrer-entreprise-blocs-ciments-congo-kinshasa,» [wazabusiness](http://wazabusiness.com), [En ligne]. Available: <https://wazabusiness.com/demarrer-entreprise-blocs-ciments-congo-kinshasa/>. [Accès le 24 Octobre 2023].
- [40] [made-in-china](http://made-in-china.com), «product_Cheap-Cement-Block-Making-Machine-Cinder-Block-Making-Machine_uorsnensgg.html,» [made-in-china](http://made-in-china.com), [En ligne]. Available: https://fr.made-in-china.com/co_raytonemachine/product_Cheap-Cement-Block-Making-Machine-Cinder-Block-Making-Machine_uorsnensgg.html . [Accès le 24 Octobre 2023].

[59]

- [41] Philips, datasheets: 2N2222; 2N2222A NPN switching transistors: DISCRETE SEMICONDUCTORS, Philips, 1997 May 29.
- [42] B. Haraoubia, LA DIODE, Brahim Haraoubia.
- [43] allegro, ACS712, Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with 2.1 kVRMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor,, allegro.
- [44] T. instruments, LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors, Texas instruments , 2000.
- [45] JUnit.org. [En ligne]. Available: <http://www.junit.org>. [Accès le 2 Janvier 2019].
- [46] B. Bapio, Courant alternatif triphasé : puissances en courants alternatifs triphasés.
- [47] «hausse-du-prix-de-lessence-a-goma-un-litre-se-vend-entre-4500-et-5000-fc,» actu30, [En ligne]. Available: <https://actu30.cd/2023/10/hausse-du-prix-de-lessence-a-goma-un-litre-se-vend-entre-4500-et-5000-fc/#:~:text=Twitter-,Hausse%20du%20prix%20de%20l'essence%20%C3%A0%20Goma%20%3A%20Un%20litre,entre%204500%20et%205000%20FC&text=Depuis%20le%20vendredi%2020%20oc>. [Accès le 24 octobre 2023].
- [48] «qu-est-ce-qu-un-scada-supervisory-control-and-data-acquisition-copa-data,» copadata, [En ligne]. Available: <https://www.copadata.com/fr/produits/zenon-software-platform/visualisation-contrôle/qu-est-ce-qu-un-scada-supervisory-control-and-data-acquisition-copa-data/>. [Accès le 29 10 2023].

[60]

ANNEXES

						Période Facturée	
Index		Kwh Calculé	Rabais	Kwh Facturé	Coût Tarif	Relève	
Précédent	Actuel					000	
3545	3696	151	0	151	34	Juillet 2023	
Tranche Tarifaire				Kwh	Tarif		Valeur
1 -		600		151	222,2100		33 553,71
Taxe Provinciale. 1%							671,07
T.V.A. 16%							5 368,59
Montant de la Facture							39 595,00 CDF
Relevé des factures impayées							
Sauf erreur, omission ou paiement intervenu entre temps, votre compte au 31/07/2023 se présente comme ci-dessous :							
Numéro Document		Période	Montant Initial		Montant actualisé		
FAC 046230722234/31		2023/07			39 595,00		
Autres Factures					2,68		
Total Général							39 597,68 CDF

Figure 41. Facture d'un des fournisseurs d'énergie électrique SNEL

Tableau 4. Consommation en termes de carburant

Litre/jour	Nombre de bloc /jour	Prix litre carburant	Coût énergie (prix)/bloc	Prix de vente d'un bloc	Taux de change FC-\$USD
27.5 \$USD	5000 blocs	4500franc congolais(FC) : (fluctue) [31]	0,0099\$USD	0,6\$USD	1\$USD=2500FC

```
//  
#define Pin12 12  
#define Pin13 13  
#define Pin11 11  
#define Pin10 10  
#define Pin9 9  
#define Pin8 8  
char character;  
char declench;  
#include <LM35.h>  
#include "ACS712.h"  
int temperature1 = 0;  
int temperature2 = 0;  
int temperature3 = 0;  
int humidity = 0;  
String tempera_humidity;  
ACS712 sensors1(ACS712_30A, A6);  
ACS712 sensors2(ACS712_30A, A5);  
ACS712 sensors3(ACS712_30A, A4);  
ACS712 sensor1(ACS712_30A, A2);  
ACS712 sensor2(ACS712_30A, A3);  
ACS712 sensor3(ACS712_30A, A7);  
LM35 sensor1t(0);  
LM35 sensor2t(1);  
LM35 sensor3t(8);
```

```
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(Pin12, OUTPUT);
  pinMode(Pin13, OUTPUT);
  pinMode(Pin11, OUTPUT);
  pinMode(Pin10, OUTPUT);
  pinMode(Pin9, OUTPUT);
  pinMode(Pin8, OUTPUT);
  sensors1.calibrate();
  sensors2.calibrate();
  sensors3.calibrate();
  int zero = sensor1.calibrate();
  int zero2 = sensor2.calibrate();
  int zero3 = sensor3.calibrate();
}
void loop() { declench=0;
  float I1 = sensor1.getCurrentAC();// sensor.getCurrentDC();
  float I2 = sensor2.getCurrentAC();// sensor.getCurrentDC();
  float I3 = sensor3.getCurrentAC();// sensor.getCurrentDC();
  temperature1 = sensor1t.getTemp();
  temperature2 = sensor2t.getTemp();
  temperature3 = sensor3t.getTemp();
  float u=230;
  float Is1 = sensors1.getCurrentAC();
  float Is2 = sensors2.getCurrentAC();
  float Is3 = sensors3.getCurrentAC();
```

```
temperature1 = sensor1t.getTemp();
temperature2 = sensor2t.getTemp();
temperature3 = sensor3t.getTemp();
// delay(500);
float u=230;
float Is1 = sensors1.getCurrentAC();
float Is2 = sensors2.getCurrentAC();
float Is3 = sensors3.getCurrentAC();
float Ps1 = u * Is1;
float Ps2 = u * Is2;
float Ps3 = u * Is3;
if(Serial.available()) {
  character = Serial.read();
  if(character == 'a'){
    digitalWrite(Pin12, HIGH);
    digitalWrite(Pin13, LOW);
    digitalWrite(Pin11, LOW); }
  if(character == 'b'){ digitalWrite(Pin12, LOW);}
  if(character == 'c'){
    digitalWrite(Pin13, HIGH);
    digitalWrite(Pin11, LOW);
    digitalWrite(Pin12, LOW);
  }
  if(character == 'd'){ digitalWrite(Pin13, LOW);}
  if(character == 'e'){
    digitalWrite(Pin11, HIGH);
    digitalWrite(Pin13, LOW);
    digitalWrite(Pin12, LOW);
  }
}
```

```

if(caracter == 'f'){ digitalWrite(Pin11, LOW);}
if(caracter == 'g'){ digitalWrite(Pin10, HIGH);}
if(caracter == 'h'){ digitalWrite(Pin10, LOW);}
if(caracter == 'i'){ digitalWrite(Pin9, HIGH);}
if(caracter == 'j'){ digitalWrite(Pin9, LOW);}
if(caracter == 'k'){ digitalWrite(Pin8, HIGH);}
if(caracter == 'l'){ digitalWrite(Pin8, LOW);}
}
if (I3 > 11){
  digitalWrite(Pin8, LOW);
  declench= '3';
}
tempera_humidity = (String) temperature1 + "," + (String) temperature2 + "," + (String)
temperature3
+ "," + (String) Ps1 + "," + (String) Ps2 + "," + (String) Ps3 + "," + (String) I1 + "," +
(String) I2 + "," + (String) I3 + "," + (String) declench;
  Serial.println(tempera_humidity);
}

```

Figure 42. Code Arduino du système

```

var outpu = msg.payload;
var t = outpu.split(",");
msg.payload = t[0];
msg.topic = "src1temp";
return msg;

```

Figure 43. Code JavaScript dans node-red

```

var outpu = msg.payload;
if (outpu == 'a') {
  msg.payload= '2';
}
else if (outpu == 'c') {
  msg.payload = '1';
}
else if (outpu == 'e') {
  msg.payload = '3';
}
else if (outpu == 'b') {
  msg.payload = '2 coupé';
}
else if (outpu == 'd') {
  msg.payload = '1 coupé';
}
else if (outpu == 'f') {
  msg.payload = '3 coupé';
}
return msg;

```

```

var outpu = msg.payload;
if (outpu == 'k') {
  msg.payload = 'Alimenté';
}
else if (outpu == 'l') {
  msg.payload = 'Coupé';
} return msg;

```

```

var outpu = msg.payload; outpu = outpu.split(",");
var t1 = parseFloat(outpu[0]);var t2 = parseFloat(outpu[1]);
var t3 = parseFloat(outpu[2]);var t4 = parseFloat(outpu[3]);
var t5 = parseFloat(outpu[4]);var t6 = parseFloat(outpu[5]);
var t7 = parseFloat(outpu[6]);var t8 = parseFloat(outpu[7]);
var t9 = parseFloat(outpu[8]);var t10 = parseFloat(outpu[9]);
msg.topic = "INSERT INTO `tf`(`id`, `date`, `temp1`, `temp2`, `temp3`, `p1`, `p2`,
`p3`, `i1`, `i2`, `i3`, `declench`) VALUES (? , SYSDATE() ," + t1 + "," + t2 + ","
+ t3 + "," + t4 + "," + t5 + "," + t6 + "," + t7 + "," + t8 + "," + t9 + "," +
t10 + ");";
return msg;

```

Figure 44. Affichage source d'alimentation et affichage département alimenté ; code base de données

➤ **1N4007G** [13]

La diode est placée pour la protection du transistor 2N2222, en effet la diode bloque le courant dans un sens et est passante dans l'autre sens [14].



Figure 45. Schéma simplifié (SOD57) et Symbol

CARACTÉRISTIQUES

- Verre passivé
- Fonctionnement maximum élevé

Température

- Faible courant de fuite
- Excellente stabilité
- Disponible en pack de munitions.

Tableau 5. Caractéristique 1N4007G

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V _{RRM}	repetitive peak reverse voltage		–	50	V
	1N4001G		–	100	V
	1N4002G		–	200	V
	1N4003G		–	400	V
	1N4004G		–	600	V
	1N4006G		–	800	V
	1N4007G		–	1000	V
V _R	continuous reverse voltage		–	50	V
	1N4001G		–	100	V
	1N4002G		–	200	V
	1N4003G		–	400	V
	1N4004G		–	600	V
	1N4006G		–	800	V
	1N4007G		–	1000	V
I _{F(AV)}	average forward current	averaged over any 20 ms period; T _{amb} = 75 °C; see Fig.2	–	1.00	A
		averaged over any 20 ms period; T _{amb} = 100 °C; see Fig.2	–	0.75	A
I _F	continuous forward current	T _{amb} = 75 °C; see Fig.2	–	1.00	A
I _{FRM}	repetitive peak forward current		–	10	A
I _{FSM}	non-repetitive peak forward current	half sinewave; 60 Hz	–	30	A
T _{stg}	storage temperature		–65	+175	°C
T _J	junction temperature		–65	+175	°C

Tableau 6. Caractéristiques électriques et thermiques

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MAX.	UNIT
V_F	forward voltage	$I_F = 1 \text{ A}$; see Fig.3	1.1	V
$V_{F(AV)}$	full-cycle average forward voltage	$I_{F(AV)} = 1 \text{ A}$	0.8	V
I_R	reverse current	$V_R = V_{Rmax}$	10	μA
		$V_R = V_{Rmax}$; $T_{amb} = 100 \text{ }^\circ\text{C}$	50	μA
$I_{R(AV)}$	full-cycle average reverse current	$V_R = V_{RRMmax}$; $T_{amb} = 75 \text{ }^\circ\text{C}$	30	μA

THERMAL CHARACTERISTICS

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	VALUE	UNIT
$R_{th\ j-t_p}$	thermal resistance from junction to tie-point	lead length = 10 mm	46	K/W
$R_{th\ j-a}$	thermal resistance from junction to ambient	note 1	100	K/W

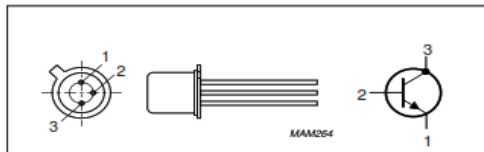
➤ **2N2222**

Il s'agit d'un Transistor de commutation NPN dans un boîtier métallique TO-18.

Nous avons utilisé 2N2222 comme interrupteur connecté au relais [13].

Tableau 7. Caractéristique 2N2222

PIN	DESCRIPTION
1	emitter
2	base
3	collector, connected to case

**Figure 46.** Schéma simplifié (TO-18) et symbole**Caractéristiques**

Courant élevé (max. 800 mA)

- Basse tension (max. 40 V).

$T_j = 25^\circ\text{C}$ sauf indication contraire.

Tableau 8. Caractéristiques

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
I_{CBO}	collector cut-off current 2N2222	$I_E = 0; V_{CB} = 50 \text{ V}$	–	10	nA
		$I_E = 0; V_{CB} = 50 \text{ V}; T_{amb} = 150 \text{ }^\circ\text{C}$	–	10	μA
I_{CBO}	collector cut-off current 2N2222A	$I_E = 0; V_{CB} = 60 \text{ V}$	–	10	nA
		$I_E = 0; V_{CB} = 60 \text{ V}; T_{amb} = 150 \text{ }^\circ\text{C}$	–	10	μA
I_{EBO}	emitter cut-off current	$I_C = 0; V_{EB} = 3 \text{ V}$	–	10	nA
h_{FE}	DC current gain	$I_C = 0.1 \text{ mA}; V_{CE} = 10 \text{ V}$	35	–	
		$I_C = 1 \text{ mA}; V_{CE} = 10 \text{ V}$	50	–	
		$I_C = 10 \text{ mA}; V_{CE} = 10 \text{ V}$	75	–	
		$I_C = 150 \text{ mA}; V_{CE} = 1 \text{ V}; \text{note 1}$	50	–	
h_{FE}	DC current gain 2N2222A	$I_C = 150 \text{ mA}; V_{CE} = 10 \text{ V}; \text{note 1}$	100	300	
		$I_C = 10 \text{ mA}; V_{CE} = 10 \text{ V}; T_{amb} = -55 \text{ }^\circ\text{C}$	35	–	
h_{FE}	DC current gain 2N2222 2N2222A	$I_C = 500 \text{ mA}; V_{CE} = 10 \text{ V}; \text{note 1}$	30	–	
			40	–	
V_{CEsat}	collector-emitter saturation voltage 2N2222	$I_C = 150 \text{ mA}; I_B = 15 \text{ mA}; \text{note 1}$	–	400	mV
		$I_C = 500 \text{ mA}; I_B = 50 \text{ mA}; \text{note 1}$	–	1.6	V
V_{CEsat}	collector-emitter saturation voltage 2N2222A	$I_C = 150 \text{ mA}; I_B = 15 \text{ mA}; \text{note 1}$	–	300	mV
		$I_C = 500 \text{ mA}; I_B = 50 \text{ mA}; \text{note 1}$	–	1	V
V_{BEsat}	base-emitter saturation voltage 2N2222	$I_C = 150 \text{ mA}; I_B = 15 \text{ mA}; \text{note 1}$	–	1.3	V
		$I_C = 500 \text{ mA}; I_B = 50 \text{ mA}; \text{note 1}$	–	2.6	V
V_{BEsat}	base-emitter saturation voltage 2N2222A	$I_C = 150 \text{ mA}; I_B = 15 \text{ mA}; \text{note 1}$	0.6	1.2	V
		$I_C = 500 \text{ mA}; I_B = 50 \text{ mA}; \text{note 1}$	–	2	V
C_c	collector capacitance	$I_E = I_B = 0; V_{CB} = 10 \text{ V}; f = 1 \text{ MHz}$	–	8	pF
C_e	emitter capacitance 2N2222A	$I_C = I_C = 0; V_{EB} = 500 \text{ mV}; f = 1 \text{ MHz}$	–	25	pF
f_T	transition frequency 2N2222 2N2222A	$I_C = 20 \text{ mA}; V_{CE} = 20 \text{ V}; f = 100 \text{ MHz}$	250	–	MHz
			300	–	MHz
F	noise figure 2N2222A	$I_C = 200 \text{ } \mu\text{A}; V_{CE} = 5 \text{ V}; R_S = 2 \text{ k}\Omega;$ $f = 1 \text{ kHz}; B = 200 \text{ Hz}$	–	4	dB

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
Switching times (between 10% and 90% levels); see Fig.2					
t_{on}	turn-on time	$I_{Con} = 150 \text{ mA}; I_{Bon} = 15 \text{ mA}; I_{Boff} = -15 \text{ mA}$	–	35	ns
t_d	delay time		–	10	ns
t_r	rise time		–	25	ns
t_{off}	turn-off time		–	250	ns
t_s	storage time		–	200	ns
t_f	fall time		–	60	ns

Valeurs limitantes

Conformément au système de notation maximum absolu (IEC 134).

Tableau 9. Notation maximum 2N2222

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V_{CBO}	collector-base voltage	open emitter	–	60	V
	2N2222A		–	75	V
V_{CEO}	collector-emitter voltage	open base	–	30	V
	2N2222A		–	40	V
V_{EBO}	emitter-base voltage	open collector	–	5	V
	2N2222A		–	6	V
I_C	collector current (DC)		–	800	mA
I_{CM}	peak collector current		–	800	mA
I_{BM}	peak base current		–	200	mA
P_{tot}	total power dissipation	$T_{amb} \leq 25 \text{ }^\circ\text{C}$	–	500	mW
		$T_{case} \leq 25 \text{ }^\circ\text{C}$	–	1.2	W
T_{stg}	storage temperature		–65	+150	$^\circ\text{C}$
T_j	junction temperature		–	200	$^\circ\text{C}$
T_{amb}	operating ambient temperature		–65	+150	$^\circ\text{C}$

Relay • 5 V 2-Channel Relay Module for Arduino BN 2268118

Le tableau suivant montre le câblage des barrettes à broches :

VCC	Relay voltage (5 V/DC)
GND	Ground relay
IN1	Control signal relay 1 (5 V/DC)
IN2	Control signal relay 2 (5 V/DC)

Sauteur

Ce cavalier peut être utilisé pour déconnecter la tension d'alimentation entre l'optocoupleur et le relais.

-RY-VCC

-Terre

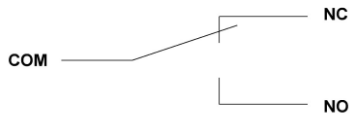
- COM

Contactes relais

1 NC

2 COM

3 NO



Caractéristiques du produit

- Compatible Arduino™
- 2 sorties relais avec contact inverseur
(30 V/CC, 10 A ; 250 V/CA, 10 A)
- Isolation galvanique de l'optocoupleur
- Peut être utilisé avec tous les microcontrôleurs 5 V
- 2 LED d'état

Configuration du câblage

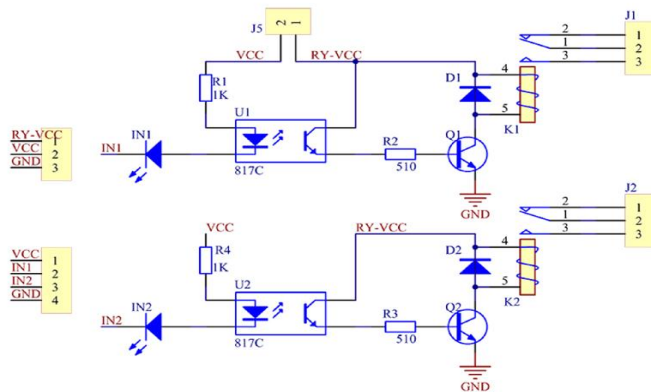


Figure 47. Configuration du câblage

➤ ACS712

Features and Benefits

- Low-noise analog signal path
- Device bandwidth is set via the new FILTER pin
- 5 μ s output rise time in response to step input current
- 80 kHz bandwidth
- Total output error 1.5% at $T_A = 25^\circ\text{C}$
- Small footprint, low-profile SOIC8 package
- 1.2 m Ω internal conductor resistance
- 2.1 kV_{RMS} minimum isolation voltage from pins 1-4 to pins 5-8
- 5.0 V, single supply operation
- 66 to 185 mV/A output sensitivity
- Output voltage proportional to AC or DC currents
- Factory-trimmed for accuracy
- Extremely stable output offset voltage
- Nearly zero magnetic hysteresis
- Ratiometric output from supply voltage

Bloc fonctionnel

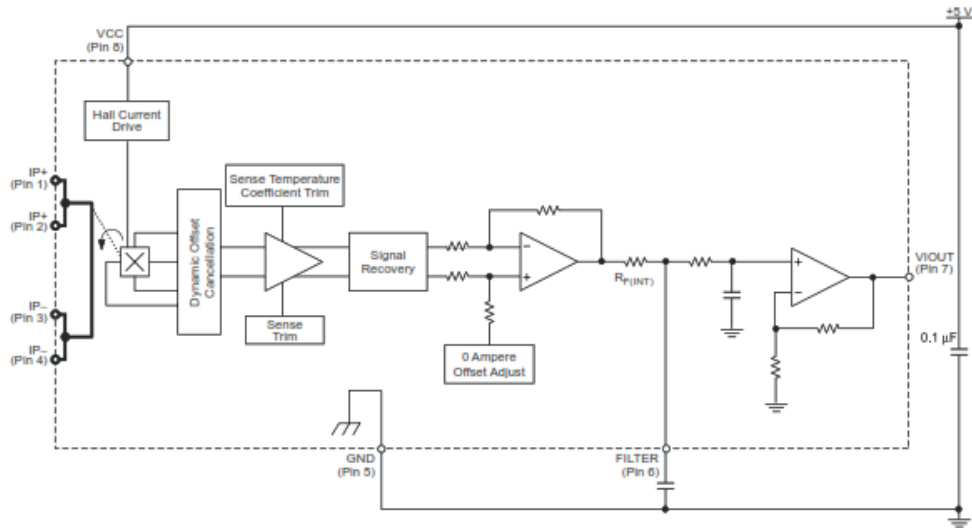
Pin-out Diagram



Terminal List Table

Number	Name	Description
1 and 2	IP+	Terminals for current being sensed; fused internally
3 and 4	IP-	Terminals for current being sensed; fused internally
5	GND	Signal ground terminal
6	FILTER	Terminal for external capacitor that sets bandwidth
7	VIOUT	Analog output signal
8	VCC	Device power supply terminal

[72]



➤ **LM35 [16] Capteurs de température centigrades de précision**

- Calibrated directly in ° Celsius (Centigrade)
- Linear + 10.0 mV/°C scale factor
- 0.5°C accuracy guaranteeable (at +25°C)
- Rated for full -55° to +150°C range
- Suitable for remote applications
- Low cost due to wafer-level trimming
- Operates from 4 to 30 volts
- Less than 60 μA current drain
- Low self-heating, 0.08°C in still air
- Nonlinearity only ±¼°C typical
- Low impedance output, 0.1 Ω for 1 mA load

Caractéristiques de performance typiques

[73]

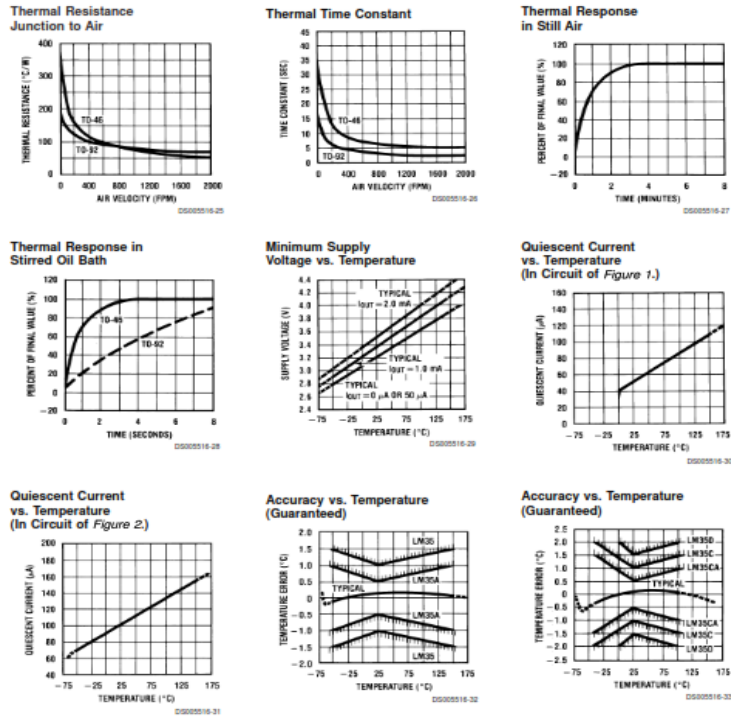
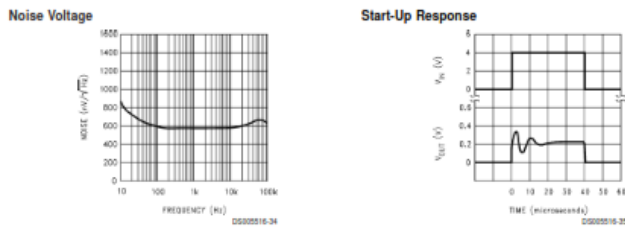


Figure 48. caractéristiques



Application

	TO-46, no heat sink	TO-46*, small heat fin	TO-92, no heat sink	TO-92**, small heat fin	SO-8 no heat sink	SO-8** small heat fin	TO-220 no heat sink
Still air	400°C/W	100°C/W	180°C/W	140°C/W	220°C/W	110°C/W	90°C/W
Moving air	100°C/W	40°C/W	90°C/W	70°C/W	105°C/W	90°C/W	26°C/W
Still oil	100°C/W	40°C/W	90°C/W	70°C/W			
Stirred oil	50°C/W	30°C/W	45°C/W	40°C/W			
(Clamped to metal, Infinite heat sink)		(24°C/W)			(55°C/W)		

Wakefield type 201, or 1" disc of 0.020" sheet brass, soldered to case, or similar.

*TO-92 and SO-8 packages glued and leads soldered to 1" square of 1/16" printed circuit board with 2 oz. foil or similar.

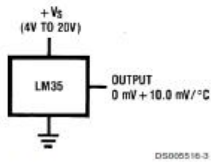
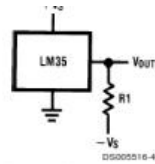


FIGURE 1. Basic Centigrade Temperature Sensor (+2°C to +150°C)



Choose $R_1 = -V_S/50 \mu A$
 $V_{OUT} = +1,500 \text{ mV at } +150^\circ C$
 $= +250 \text{ mV at } +25^\circ C$
 $= -550 \text{ mV at } -55^\circ C$

FIGURE 2. Full-Range Centigrade Temperature Sensor

Diagramme de connexion

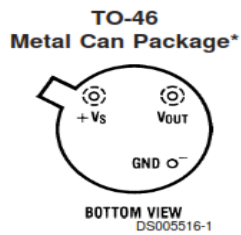


Figure 49. Diagramme de connexion

Tableau 10. Caractéristique électriques LM35

Electrical Characteristics

(Notes 1, 6)

Parameter	Conditions	LM35A			LM35CA			Units (Max.)
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	
Accuracy (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.2	± 0.5		± 0.2	± 0.5		$^\circ\text{C}$
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	± 0.3			± 0.3		± 1.0	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MAX}}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4	± 1.0		$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MIN}}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4		± 1.5	$^\circ\text{C}$
Nonlinearity (Note 8)	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	± 0.18		± 0.35	± 0.15		± 0.3	$^\circ\text{C}$
Sensor Gain (Average Slope)	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	+10.0	+9.9, +10.1		+10.0		+9.9, +10.1	mV/ $^\circ\text{C}$
Load Regulation (Note 3) $0 \leq I_L \leq 1$ mA	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4	± 1.0		mV/mA
	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	± 0.5		± 3.0	± 0.5		± 3.0	mV/mA
Line Regulation (Note 3)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.01	± 0.05		± 0.01	± 0.05		mV/V
	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}$	± 0.02		± 0.1	± 0.02		± 0.1	mV/V
Quiescent Current (Note 9)	$V_S = +5\text{V}, +25^\circ\text{C}$	56	67		56	67		μA
	$V_S = +5\text{V}$	105		131	91		114	μA
	$V_S = +30\text{V}, +25^\circ\text{C}$	56.2	68		56.2	68		μA
	$V_S = +30\text{V}$	105.5		133	91.5		116	μA
Change of Quiescent Current (Note 3)	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}, +25^\circ\text{C}$	0.2	1.0		0.2	1.0		μA
	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}$	0.5		2.0	0.5		2.0	μA
Temperature Coefficient of Quiescent Current		+0.39		+0.5	+0.39		+0.5	$\mu\text{A}/^\circ\text{C}$
Minimum Temperature for Rated Accuracy	In circuit of <i>Figure 1</i> , $I_L = 0$	+1.5		+2.0	+1.5		+2.0	$^\circ\text{C}$
Long Term Stability	$T_J = T_{\text{MAX}}$, for 1000 hours	± 0.08			± 0.08			$^\circ\text{C}$

➤ Zmpt 101 b

Caractéristiques techniques

Tableau 11. Caractéristiques Zmpt 101 b

Model	ZMPT101B
Rated input current	2mA
Rated output current	2mA
turns ratio	1000:1000
phase angle error	≤20' (input 2mA, sampling resistor 100Ω)
operating range	0~1000V 0~10mA (sampling resistor 100Ω)
linearity	≤0.2%(20%dot~120%dot)
Permissible error	-0.3%≤ f ≤+0.2% (input 2mA, sampling resistor 100Ω)
isolation voltage	4000V
application	voltage and power measurement
Encapsulation	Epoxy
installation	PCB mounting (Pin Length>3mm)
Operating temperature	-40℃~+60℃
Case Material	ABS (Note: ABS CASE is NOT available for wave-soldering)

Utilisation

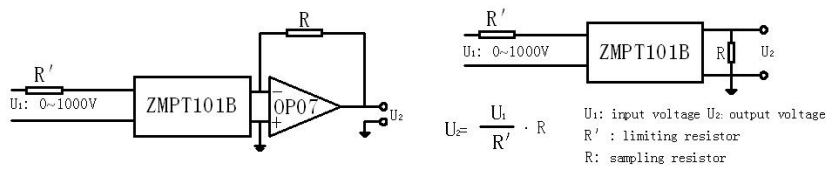


Figure 50. ZMPT101B

id	date	i1	i2	i3	p1	p2	p3	declench	temp1	temp2	temp3
4	2023-11-11 09:29:48	9.4	0	0	1667.71	2004.05	2372.78	0	31	30	26
5	2023-11-11 09:29:48	9.4	0	0	1666.92	2003.62	2371.8	0	31	30	26
6	2023-11-11 09:29:49	9.4	0	0	1667.62	2004.78	2378.7	0	31	30	26
7	2023-11-11 09:29:50	9.4	0	0	1668.14	2004.56	2371.56	0	31	30	26
8	2023-11-11 09:29:51	9.4	0	0	1667.71	2004.63	2373.88	0	31	30	26
9	2023-11-11 09:29:52	9.4	0	0	1667.97	2005.35	2366.17	0	31	30	26

Figure 51. Extrait enregistrement dans base de données