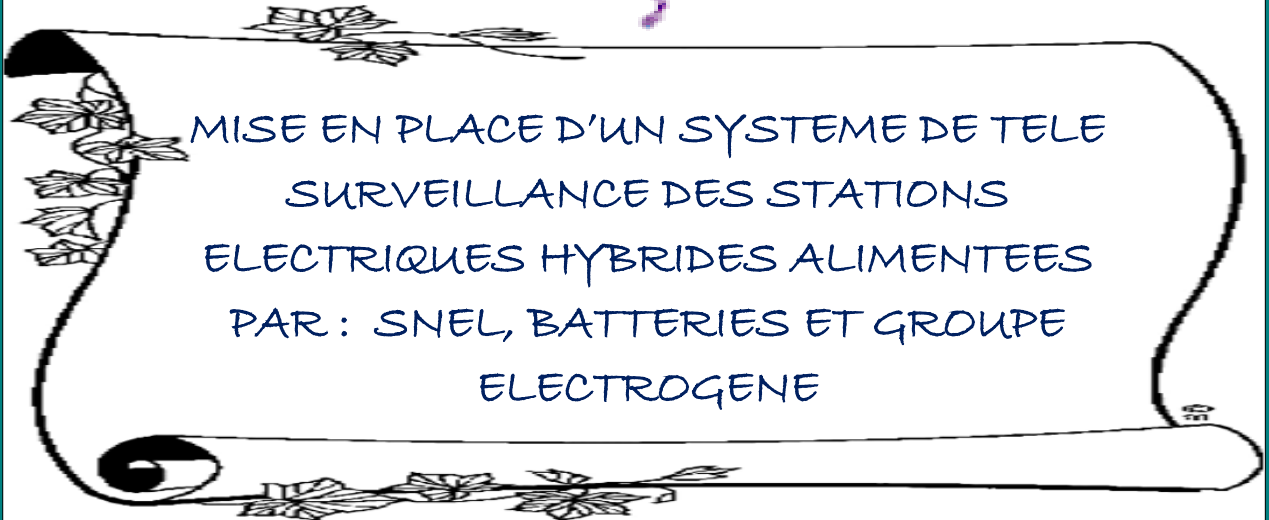
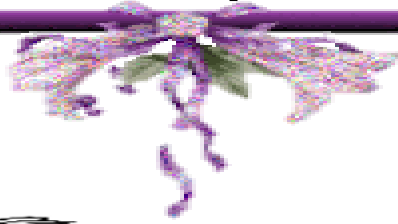


UNIVERSITE LIBRE DES PAYS DES GRANDS LACS



B.P 368 Goma

FACULTE DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES APPLIQUEES
Département de Génie Electrique et Informatique



Travail présenté et défendu en vue de l'obtention du
diplôme d'Ingénieur Civil en Génie Electrique et
informatique.

Option : Génie Informatique

Par : **GIMIKO SINGBAGBE MOISE**

Directeur : Prof. Dr. Ir. Olivier BARAKA MUSHAGE

ANNÉE ACADÉMIQUE 2018-2019

EPIGRAPHE

« Les choses faciles doivent être faciles, les choses complexes doivent être possibles »

Alan KAY PERLIS

DEDICACE

A

mon père Joachim KUMBALENGBE,
ma mère Colette MOLENGBE,
tous ceux qui me sont chers.

GIMIKO SINGBAGBE Moïse

REMERCIEMENTS

La réalisation du présent travail a bénéficié du concours de beaucoup des personnes envers qui nous restons redevables. Il est donc un devoir pour nous d'exprimer ici, notre reconnaissance à ceux qui, de près ou de loin, d'une façon ou d'une autre, ont apporté une pierre à l'édification de cette œuvre.

Nous tenons d'abord à remercier de tout cœur l'Eternel notre Dieu, Créateur de l'univers, multivers et de tout ce qui s'y trouve ; pour nous avoir donné souffle de vie, intelligence et nous avoir permis de réaliser ce travail. Que la gloire vous revient Eternel !

Aux cadres scientifiques et administratifs de l'ULPGL, pour leur encadrement tout au long de notre formation du premier et du deuxième cycle. Plus particulièrement, nous voyons le Professeur Docteur Ingénieur Olivier BARAKA MUSHAGE, qui, en dépit de ses multiples occupations et responsabilités, s'est sacrifiés en acceptant de diriger ce travail.

A notre Papa Joachim KUMBANGBE, pour la volonté qu'il a eu à me donner vie, sans laquelle mon existence n'aurait pu voir le jour.

A vous mère pour de multiples efforts, conseils et pour tout ce que je ne saurais exprimer ici ; merci indéfiniment !

A nos grandes sœurs, cousins et cousines, mes petits frères et petites sœurs pour leur dévouement, soutien et conseils durant tout notre parcours académique ainsi que dans notre vie.

Aux camarades, amis, et connaissances pour leurs soutiens sur différents aspects.

Que tout celui, consciemment ou inconsciemment, volontairement ou involontairement, de près ou de loin, qui a contribué d'une manière ou d'une autre à la réussite du présent travail, trouve ici l'expression de ma profonde reconnaissance.

RESUME

Beaucoup d'entreprises ou individus font recours à plusieurs sources d'énergie afin d'espérer avoir une alimentation permanente pour leurs divers besoins. La gestion de ces plusieurs sources d'énergie se fait souvent d'une manière manuelle et la résolution d'un problème surgissant dans l'installation exige souvent une présence physique dans la cabine de commutation ; ce qui peut ne pas être instantanée ; cela pourrait avoir des conséquences énormes à cause de cette intervention retardée. Une des options possibles pour répondre à ce besoin de surveillance permanente et continue est de développer des systèmes électriques qui intègrent les technologies de l'information et de la communication capables de surveiller à distance et en temps réel de manière continue ces sites.

C'est dans ce sens que nous proposons dans ce travail une solution qui s'adapte aux contextes locaux. Nous avons développé un système mobile connecté de télésurveillance des stations alimentées par trois sources d'énergie : SNEL, Groupe électrogène et batteries. Le système que nous avons mis en place s'appelle RMPower'S. L'accès au système à distance se fait à travers un réseau Wifi qui a un point d'accès connecté à l'internet. Les utilisateurs (Client et Centre de contrôle) pourront alors accéder au système en temps réel à travers une application Web et une application Mobile tournant sous Android.

Nous avons fait recours au Langage de programmation JAVA pour l'implémentation de l'application Android, au langage PHP pour l'application Web et enfin nous avons utilisé le système de gestion des bases de données MySQL.

Mots clés : informatique, télésurveillance électrique, alimentation hybride, système embarqué, smartphone, TIC, capteurs électriques, monitoring, JAVA, PHP, MySQL.

ABSTRACT

Many companies or individuals use several energy sources in order to hope to have a permanent supply for their various needs. These multiple energy sources are often managed manually and the resolution of a problem arising in the installation often requires a physical presence in the switching cabin; this may not be instantaneous; this could have enormous consequences due to this delayed intervention. One possible option to address this need for continuous and continuous monitoring is to develop electrical systems that integrate information and communication technologies capable of continuously monitoring these sites remotely and in real time.

It is in this sense that we propose in this work a solution that adapts to local contexts. We have developed a connected mobile remote monitoring system for stations powered by three energy sources: SNEL, Generator and batteries. The system we have set up is called RMPower'S. Remote access to the system is via a Wi-Fi network that has an access point connected to the Internet. Users (Client and Control Center) will then be able to access the system in real time through a web application and a mobile application running Android.

We used the JAVA Programming Language for the implementation of the Android application, the PHP language for the Web application and finally we used the MySQL database management system.

Keywords: computer, remote electrical monitoring, hybrid power supply, embedded system, smartphone, ICT, electrical sensors, monitoring, JAVA, PHP, MySQL.

SIGLES ET ABBREVIATIONS

AC	Alternating Current
AT	ATtention
CU	Cas d'utilisation
DC	Direct Current
EDI	Environnement de Développement Intégré
FPGA	Field-Programmable Gate Array
LED	Light-Emitting Diode
MCD	Modèle Conceptuel des Données
MLD	Modèle Logique des Données
PV	Photo-voltaïque
RDC	République Démocratique du Congo
SI	Système International
SNEL	Société Nationale de l'Electricité
YSUML	System Modeling Language
TIC	Technologie de l'Information et de Communication
ULPGL	Université Libre des Pays des Grands Lacs
UML	Unified Modeling Language

LISTE DES FIGURES

Figure 1-1 Centrale Géothermique [3].....	12
Figure 1-2. L'énergie solaire [5].....	13
Figure 1-3 Illustration alimentation hybride [6].....	15
Figure 2-1. Architecture des systèmes de télésurveillance des équipements énergétiques.....	22
Figure 2-2. Production de l'énergie Electrique à partir d'une centrale hydraulique.....	23
Figure 2-3. De la production à la consommation de l'énergie électrique.....	24
Figure 2-4. Synoptique de conversion d'énergie d'un groupe électrogène.....	24
Figure 2-5. Alternateur ou groupe Electrogène.....	25
Figure 2-6. Représentation schématique d'un accumulateur : a) En décharge b) En charge.....	25
Figure 3-1. Architecture générale du système RMPower'S.....	35
Figure 3-2. Architecture Matérielle de RMPower'S.....	36
Figure 3-3. Planification selon Gantt.....	38
Figure 3-4. Diagramme d'exigence du système RMPower's.....	41
Figure 3-5. Diagramme de cas d'utilisation de système RMPower'S.....	43
Figure 3-6. Diagramme de séquence pour le cas S'authentifier.....	49
Figure 3-7. Diagramme de séquence pour le cas Afficher paramètres électriques.....	49
Figure 3-8. . Diagramme de séquence pour le cas Recevoir Alerte.....	50
Figure 3-9. . Diagramme de séquence pour le cas Contrôler Alimentation.....	50
Figure 3-10. . Diagramme de séquence pour le cas Mettre en jour les infos.....	51
Figure 3-11. Le diagramme de définition de blocs de système RMPower'S.....	52
Figure 3-12. Diagramme d'activité du démarrage du système.....	53
Figure 3-13. Diagramme d'activité d'acquisition et transmission de paramètres des sources.....	53
Figure 3-14. Diagramme d'activité de visualisation de l'état des sources d'alimentation.....	54
Figure 3-15. Diagramme des classes de système RMPower'S.....	56
Figure 3-16. Modèle logique des données.....	57
Figure 4-1. Carte Arduino Méga 2560.....	60
Figure 4-2. Pont diviseur de tension.....	61
Figure 4-3. Capteur tension alternative.....	62
Figure 4-4. Allure variation tension alternative vue du microcontrôleur.....	63
Figure 4-5. Fiche technique Diode Zener.....	64
Figure 4-6. Diode Zener.....	64
Figure 4-7. Relais à un canal.....	65
Figure 4-8. Le transistor.....	65
Figure 4-9. Capteur ASC-712 30A.....	66
Figure 4-10. Convertisseur.....	67
Figure 4-11. Capteur à Ultrason.....	68
Figure 4-12. Illustration calcul niveau carburant.....	69
Figure 4-13. Le pont H.....	70
Figure 4-14. Le servomoteur.....	70
Figure 4-15. Boutons poussoirs.....	71
Figure 4-16. Buzzer.....	72
Figure 4-17. Led.....	72
Figure 4-18. Module Wifi ESP 8266-01.....	72
Figure 4-19. Schéma général de la télésurveillance de l'alimentation Hybride.....	75
Figure 4-20. Page d'authentification.....	76

Figure 4-21. Page Accueil Centre de contrôle	- 77 -
Figure 4-22. Page de contrôle d'une station	- 77 -
Figure 4-23. Page de gestion des Utilisateurs	- 78 -
Figure 4-24. Formulaire d'enregistrement de la station avec son client	- 78 -
Figure 4-25. Interface de connexion du client	- 79 -
Figure 4-26. Monitoring et du contrôle par Client	- 80 -
Figure 4-27. Interface de compte utilisateur	- 81 -

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 4-1.Caractéristique Capteur à ultrason	- 68 -
Tableau 4-2. Estimation de cout du prototype	- 82 -

SOMMAIRE

EPIGRAPHE	i
DEDICACE	ii
REMERCIEMENTS	iii
RESUME	iv
ABSTRACT	v
SIGLES ET ABBREVIATIONS	vi
LISTE DES FIGURES	vii
LISTE DES TABLEAUX	ix
SOMMAIRE	x
INTRODUCTION GENERALE	- 1 -
1. PROBLEMATIQUE	- 2 -
2. HYPOTHESES	- 3 -
3. OBJECTIFS	- 4 -
4. CHOIX ET INTERET DU SUJET	- 4 -
5. METHODOLOGIE ET TECHNIQUE DE RECHERCHE	- 5 -
6. DELIMITATION DU SUJET	- 5 -
7. SUBDIVISION DU TRAVAIL	- 6 -
Chapitre 1 : GENERALITE SUR L'ENERGIE ELECTRIQUE	- 7 -
1.1. INTRODUCTION	- 8 -
1.2. LES SOURCES D'ENERGIE ELECTRIQUE	- 8 -
1. Energie nucléaire :	- 8 -
2. Les énergies fossiles	- 9 -
3. Les énergies renouvelables	- 9 -
1.3. LE SYSTEME D'ALIMENTATION HYBRIDE	- 14 -
1.3.1. Définition	- 14 -
1.3.2. Les avantages des sources d'alimentation hybrides	- 14 -
1.3.3. Structure d'une alimentation hybride	- 14 -
1.4. CONCLUSION PARTIELLE	- 15 -
Chapitre 2 ETAT DE L'ART ET CHOIX DE TECHNOLOGIE	- 17 -
2.1. INTRODUCTION	- 18 -
2.2. ETAT DE L'ART DE LA TELESURVEILLANCE DES EQUIPEMENTS ENERGETIQUES D'UNE ALIMENTATION HYBRIDE	- 18 -
2.2.1. Raison d'être d'un système de télésurveillance énergétique	- 18 -
2.2.2. Quelques travaux existants	- 19 -
2.3. SYSTEMES DE TELE SURVEILLANCE DES EQUIPEMENTS ENERGETIQUES	- 22 -

2.3.1. Objectifs.....	- 22 -
2.3.2. Architecture des systèmes de télésurveillance des équipements énergétiques ..	22 -
2.4. CHOIX TECHNOLOGIQUE.....	- 30 -
2.4.1. Composants architecturaux.....	- 30 -
2.5. CONCLUSION PARTIELLE	- 32 -
Chapitre 3 : ANALYSE ET CONCEPTION DU SYSTEME DE TELESURVEILLANCE	- 33 -
3.1. INTRODUCTION	- 34 -
3.2. MODELISATION DU SYSTEME.....	- 34 -
3.2.1. Contexte du travail.....	- 34 -
3.2.2. Architecture proposée.....	- 35 -
3.2.3. Définition du projet	- 36 -
3.3. CAHIER DE CHARGE.....	- 38 -
3.4. CONCEPTION FONCTIONNELLE.....	- 39 -
3.4.1. Le diagramme d'exigence	- 40 -
3.4.2. Le diagramme de cas d'utilisation	- 41 -
3.4.3. Les diagrammes de séquence	- 48 -
3.4.4. Le diagramme de définition de blocs	- 51 -
3.4.5. Les diagrammes d'activité	- 52 -
3.5. MODELISATION DE LA BASE DE DONNEES	- 54 -
3.5.1. Diagramme des classes	- 54 -
3.5.2. Modèle logique des données	- 56 -
3.6. CONCLUSION PARTIELLE	- 57 -
Chapitre 4 : IMPLEMENTATION ET ESTIMATION DU COÛT DU SYSTEME.....	- 58 -
4.1. INTRODUCTION	- 59 -
4.2. PRESENTATION DES MATERIELS	- 59 -
4.2.1. Carte Arduino Méga 2560 [21].....	- 60 -
4.2.2. Capteurs de tension	- 61 -
4.2.3. Diodes Zener.....	- 63 -
4.2.4. Relais.....	- 64 -
4.2.5. Transistors [25]	- 65 -
4.2.6. Capteur de courant ACS712-30A	- 66 -
4.2.7. Convertisseur de tension 12V-220V	- 67 -
4.2.8. Capteur Ultrason	- 67 -
4.2.9. Moteur à courant continu	- 69 -
4.2.10. Bouton poussoir	- 71 -

4.2.11.	Buzzer	- 71 -
4.2.12.	Led	- 72 -
4.2.13.	Module WiFi ESP8266-01	- 72 -
4.3.	TECHNOLOGIES ET OUTILS DE DEVELOPPEMENT LOGICIEL.....	- 73 -
4.3.1.	Langages de programmation	- 73 -
4.3.2.	Environnements de développement	- 74 -
4.4.	PRESENTATION DES APPLICATIONS	- 75 -
4.4.1.	Schéma général de la télésurveillance d'une station hybride	- 75 -
4.4.2.	Application Web	- 76 -
4.4.3.	Application Android.....	- 79 -
4.5.	ESTIMATION DU COUT.....	- 81 -
4.6.	CONCLUSION PARTIELLE	- 83 -
	CONCLUSION GENERALE	- 84 -
	BIBLIOGRAPHIE.....	- 88 -
	ANNEXES.....	- 91 -
1.	Maquette du système.....	- 92 -
2.	Code source Arduino.....	- 93 -

INTRODUCTION GENERALE

De nos jours, la technologie est quasi présente dans notre vie quotidienne, et nous ne pouvons pas parler de la technologie sans l'énergie électrique qui est à la base du fonctionnement ou même de la mise en place de la technologie dans ses divers domaines.

L'énergie électrique peut provenir de différentes sources sous les divers modes d'obtention. Vu cette énorme importance de l'énergie électrique dans tous les secteurs de la technologie, il est indispensable de préserver une bonne gestion et un contrôle optimal de cette dernière tout en respectant les exigences de la technologie verte.

Vu l'indisponibilité de l'énergie électrique que nous offrent les sociétés de distribution de l'énergie électrique, la population s'est tournée vers d'autres alternatives pour répondre à ses besoins en énergie électrique : groupes électrogènes, des panneaux solaires, des batteries...

De ce faire, il est d'une grande importance de connaître les états de chaque source d'énergie (Tension, courant, puissances, niveau du carburant dans le réservoir, température de fonctionnement, etc.), les périodes prises en charge par ses sources puis agir sur le système en cas des urgences en distance si on constate une certaine anomalie.

Pour la plupart de cas, la commutation entre ces diverses sources se fait manuellement et souvent les factures de la SNEL ont toujours été forfaitaires de fois en défaveur du client. Mais il est aussi important de signaler qu'il existe des systèmes de monitoring des équipements énergétiques mais ils sont très souvent réservés aux grandes entreprises.

1. PROBLEMATIQUE

Il est à remarquer que pour des nombreux sites dont l'alimentation électrique est prise en charge par différentes sources (SNEL, groupe et batteries par exemples), il y a une grande mauvaise gestion de la part des surveillants des sites. Par exemple de carburant car on ne sait pas vraiment quantifier les instants pris en charge par

différentes sources. Ce qui a un impact négatif sur la prévision budgétaire dédiée à l'énergie électrique et constituerait une perte ou un déficit économique. D'autre part, en cas d'absence du gardien ou si un problème surgit, il est impossible d'agir directement sur le système et cela pourrait engendrer d'énormes dégâts dans l'installation électrique.

Faisant face à ces situations, les questions suivantes vont nous aider à bien guider notre recherche :

- Est-t-il possible de mettre en place un centre de surveillance et de contrôle des stations alimentées sous différentes sources d'énergie afin de faire des monitorings et d'intervenir en temps réel et en distance sur ces stations ?
- Est-il possible d'automatiser ou de contrôler une alimentation électrique composée de plusieurs sources d'énergie en fonction de la disponibilité des sources et de la minimisation de coût ?
- Quelles sont les interfaces par lesquelles un utilisateur pourra surveiller et contrôler les équipements énergétiques en distance ?

2. HYPOTHESES

Eu égard à ce qui précède, les hypothèses suivantes ont été formulées :

- Il serait possible d'automatiser et/ou de contrôler une alimentation prise en charge par plusieurs sources d'énergie selon la disponibilité et une logique minimisant le cout à l'aide d'un microcontrôleur, des capteurs et quelques actionnaires disponibles.
- Il serait possible d'automatiser la commutation d'une station composée de plusieurs sources d'alimentation en mettant en place un programme tournant dans le microcontrôleur qui respecterait une logique de basculement donnée ;
- On pourrait surveiller ou contrôler les équipements énergétiques à distance en se dotant d'une interface électronique (boutons, clavier, Leeds, buzzer, écrans LCD), d'une application Web ou à l'aide d'une application mobile tournant sur un smartphone qui interagirait avec la station.

3. OBJECTIFS

Concevoir et réaliser un système de télésurveillance d'une station électrique alimentée par plusieurs sources d'énergie est l'objet principal de ce présent travail.

Plus spécifiquement, nous voulons :

- Mettre en place un système faisant un choix automatique et judicieux de la source à être pris en charge suivant une logique de priorité qui minimiserait le coût ;
- A l'aide des capteurs prélever les données nécessaires pour toutes sources d'alimentation d'une station hybride ;
- Concevoir un système de commande au tour d'un microcontrôleur qui permettrait d'acquérir les données et d'agir sur la station ;
- Au travers un module de transfert de données donné (GSM, Wi-Fi, Internet etc.), acheminer ces informations vers un serveur afin de permettre une interface homme système à l'aide d'une application Mobile (Android), une application Web ou un tableau de bord électronique permettant d'interagir avec la station à distance.

4. CHOIX ET INTERET DU SUJET

Le choix de ce sujet a été motivé par l'orientation de notre formation et par plusieurs faits qui sont d'actualité dans le domaine de l'ingénierie. Ce travail nous permettra non seulement d'accroître nos connaissances dans ce domaine mais mieux encore de nous familiariser avec l'environnement pratique des systèmes embarqués, du développement des systèmes temps-réel, des notions de gestion de l'électricité en apportant une contribution modeste pour améliorer le confort de l'homme qui lui permettra de gagner en temps et en qualité de service.

5. METHODOLOGIE ET TECHNIQUE DE RECHERCHE

Dans le cadre de notre travail, nous avons eu à recourir aux méthodes et techniques suivantes :

- **La méthode analytique** : cette méthode, nous permet de comprendre et d'analyser notre milieu de recherche en vue de bien concevoir le système proposé.
- **La technique d'observation et la méthode comparative** ont été utiles pour analyser le fonctionnement de différentes sources d'énergie électrique afin de pouvoir mettre en place notre système.
- **La technique expérimentale** : nous a permis d'expérimenter notre prototype et de tester son fonctionnement.
- **L'UML** : nous a permis de concevoir le modèle conceptuel et le modèle logique de données de notre système
- **Le Sys ML** : nous a permis de faire la conception fonctionnelle de notre système
- **La Technique documentaire** : elle nous a permis de bien appréhender notre sujet par la consultation des ouvrages et des articles ayant trait avec notre sujet.

6. DELIMITATION DU SUJET

De par l'énoncé même du sujet, il nous est paru difficile, dans le cadre d'un travail de mémoire et surtout dans les délais impartis, de traiter de tous les aspects de la télésurveillance électrique. La présente recherche ayant pour centre d'intérêt la mise en place d'un système de télésurveillance d'une station alimentée par différentes sources d'énergie, nous marquons nos frontières dans le contexte de la République Démocratique du Congo et particulièrement celui de la ville de Goma.

Vu que le domaine technologique évolue très rapidement et chaque génération vit une réalité technologique particulière, il est important de signaler que les études menées pour ce projet tiennent compte des réalités et facteurs existant de Février 2019 au mois d'Octobre 2019.

Notre but n'est pas de développer une application comparable aux systèmes télésurveillance des équipements énergétiques complexes existants mais avant tout de réaliser le prototype du système pour en tirer le meilleur profit.

7. SUBDIVISION DU TRAVAIL

Hormis l'introduction générale et la conclusion générale, notre travail comprend quatre principaux chapitres organisés de la manière suivante :

- **CHAPITRE I : GENERALITES SUR L'ENERGIE ELECTRIQUE** : Dans lequel nous passons en revue les différents concepts de l'énergie électrique.
- **CHAPITRE II : ETAT DE L'ART ET CHOIX DE LA TECHNOLOGIE** où nous présentons l'état de l'art de télésurveillance, contrôle et gestion d'une alimentation électrique à différentes sources d'énergie et les différents travaux existants dans ce domaine. Nous présentons également ici l'architecture générale des systèmes de télésurveillance et les différentes technologies utilisées tout en justifiant nos choix technologiques.
- **CHAPITRE III : ANALYSE ET CONCEPTION DU SYSTEME**, dans lequel nous faisons l'analyse et la conception théorique et logicielle de notre système. La conception du dit système en se basant sur un cahier de charge, conduisant à une modélisation appropriée.
- **Chapitre IV : IMPLEMENTATION ET ESTIMATION DU COÛT DU SYSTEME**, dans ce dernier chapitre nous présentons la réalisation du système ainsi que l'estimation du coût des matériels utilisés ainsi que celui du développement logiciel.

Chapitre 1 : GENERALITE SUR L'ENERGIE ELECTRIQUE

1.1. INTRODUCTION

Produite et distribuée industriellement au début du 19^e siècle, l'électricité aura vu son succès grandir et sa consommation augmentée de façon rapide tout au long du 20^e siècle. Aujourd'hui elle est devenue une forme d'énergie incontournable et sa distribution constitue un problème vital pour tous les pays du monde. [1]. Il est à signaler que de nos jours les besoins en électricité dans notre société augmentent d'une manière exponentiellement à l'égard de l'évolution de l'électronique et de l'informatique. Alors l'un des grands défis du 21^{ème} siècle sera de faire face à la demande croissante d'énergie (et en particulier d'énergie électrique) en gérant les ressources énergétiques existantes ou nouvelles et en respectant les exigences de la technologie verte (le respect de l'environnement).

Signalons que l'énergie électrique peut être produite à partir de différentes sources d'énergie existantes naturellement ou artificiellement.

Pour cela, ici nous présentons les différentes sources de production d'énergie électrique que nous pouvons trouver de nos jours.

1.2. LES SOURCES D'ENERGIE ELECTRIQUE

L'énergie électrique peut être produite à partir de trois catégories de sources d'énergie, sans elles, il serait impossible de parler de développement et de l'évolution de la technologie. Ces énergies peuvent être : [2]

1. Energie nucléaire :

L'énergie nucléaire est une énergie produite à partir d'une combinaison fissile dont le minerai est présent dans le sous-sol de la terre ainsi que dans les radioactifs, par exemple l'uranium.

Le nucléaire est donc l'une des sources d'énergie principales dans les pays occidentaux et quelques pays de l'Asie. [2]

L'électricité est produite à partir du phénomène de la fission dans des centrales thermiques nucléaires. La réaction nucléaire a lieu lorsque les atomes se séparent afin

d'en former des plus petits. Ils libèrent ainsi de l'énergie et la chaleur émise permet de produire de l'électricité.

2. Les énergies fossiles

Elles sont présentes naturellement dans le sous-sol de la Terre. Elles se sont constituées à partir de matières organiques qui se sont décomposées durant des millions d'années.

Les énergies fossiles existent selon trois formes : **le pétrole, le gaz naturel et le charbon**. Elles servent de carburants, de combustibles mais aussi elles sont utilisées pour produire de l'électricité. Elles constituent actuellement la source d'énergie la plus utilisée dans le monde (80 %) [2].

Ces énergies sont souvent contestées à cause de leur caractère polluant mais l'exploitation internationale du pétrole, et du charbon dans une moindre mesure, ne cesse pas pour autant (ce qui est à l'encontre des exigences de la théorie de la technologie verte).

Les gisements de gaz et de pétrole se situent surtout sous les mers et les océans. Pour les récupérer, il faut pratiquer le forage. Quant au charbon, il se trouve en sous-sol et nécessite de creuser des mines pour l'extraire. Ces substances sont des hydrocarbures (composées d'hydrogène et de carbone) ce qui fait d'elles des substances à haut pouvoir énergétique. C'est leur combustion qui va permettre la production d'électricité dans des centrales thermiques.

3. Les énergies renouvelables

Signalons que toutes les sources d'énergie ci-haut détaillées constituent ce que nous appelons les énergies épuisables et non renouvelables et nombreuses d'entre elles contribuent fortement à la pollution et à la destruction de l'environnement, ce qui a un impact très sérieux pour la survie de notre planète. Alors par contre, il existe aussi ce que nous appelons les énergies renouvelables qui elles sont inépuisables et ne portent aucune atteinte ou très peu alors à l'environnement. Dans d'autres

ouvrages, on les qualifie des *énergies propres*. Nombreuses d'entre elles sont les sources naturelles. Voici les sources d'énergie dont nous qualifions des énergies renouvelables :

a) La biomasse :

Ce sont des matières organiques ou végétales qui peuvent être transformées en énergie. Elles peuvent provenir de forêts, milieux aquatiques, haies, parcs et jardins, entreprises rejetant des déchets organiques ou des effluents d'élevage (fumiers et lisiers).

L'utilisation des ordures ménagères et agricoles font de la biomasse une énergie moins verte que celle constituée par le vent ou le soleil. Elle peut même devenir polluante lorsque la matière organique dégage du CO₂ ou des fumées lors de sa combustion.

La biomasse est considérée comme une source d'énergie renouvelable tant qu'il n'y a pas de surexploitation des ressources. La fertilité du sol ainsi que la biodiversité doivent dans ce cas être préservées.

Pour obtenir l'énergie à partir de la biomasse, cette dernière doit être convertie en énergie électrique, pour ce faire, trois technologies sont utilisées pour faciliter cette conversion. Il est alors question de « modes de valorisation », établis selon les caractéristiques des matières utilisées. On en trouve :

- **La combustion** : ici, la biomasse génère de la chaleur lorsqu'elle est brûlée par combustion dans une chaudière, un générateur d'air chaud ou un four. Elle génère alors de nombreuses formes d'énergie comme de l'air chaud, de l'eau chaude, de la vapeur et de l'électricité. Les biocombustibles exploités sont principalement issus de matières agricoles ou forestières comme l'écorce, les branches, la paille, la sciure et les copeaux de bois ;
- **La méthanisation** : elle correspond à la décomposition de matières putrescibles, ou « pourrissables », qui va générer du biogaz. Celui-ci va être capté et ensuite transformé en chaleur, en électricité et en carburant pour

véhicules. Pour y parvenir, les déchets organiques sont stockés dans une cuve cylindrique, appelée « digesteur » ou « méthaniser ». Ils vont alors être dégradés par des bactéries en l'absence d'oxygène.

- **La transformation chimique** : une transformation des matières végétales servant à la production de biocarburants qui peuvent produire l'électricité.

b) L'éolienne

Cette énergie renouvelable est obtenue grâce au vent dont la force est convertie en électricité au moyen des éoliennes. L'utilisation de l'énergie éolienne est loin d'être récente : les moulins à vent, qui datent de plusieurs siècles, fonctionnaient déjà grâce à elle.

Il existe deux types d'éoliennes, dont le rendement énergétique et la puissance fournie dépendent de la vitesse du vent : les horizontales et les verticales.

c) La géothermie

Ici, l'énergie produite provient de la chaleur contenue dans les sous-sols de la Terre. Ceux-ci contiennent de l'eau à une température très élevée et plus elle est située en profondeur, plus elle sera chaude car elle se rapproche du centre de la Terre dont le noyau contient une énergie considérable.

La température varie donc en fonction de l'emplacement de l'eau. Par conséquence, celle-ci peut être utilisée à des fins différentes.

La température des roches augmente en moyenne de 1°C tous les 30 m de profondeur. En certains points du globe, en particulier dans les régions volcaniques, qui correspondent à des intrusions de magma dans la croûte terrestre, cela peut aller jusqu'à 100 °C par 100 m.

Dans les zones peu profondes, dites « à basse température », la géothermie permettra surtout de chauffer les habitations. Par contre, les zones « à haute température », situées dans les régions volcaniques, sont idéales pour obtenir de l'électricité.

Une centrale géothermique est composée de 3 parties [3] :

- La pompe
- L'usine qui produit l'électricité
- Les lignes électriques qui la transportent

C'est une énergie qui n'émet aucun gaz à effet de serre et sa matière première, la chaleur de la Terre, est totalement gratuite.



Figure 1-1 Centrale Géothermique [3]

d) Energie hydraulique [4]

L'énergie hydraulique est une énergie cinétique. Cela signifie qu'elle est fournie par le mouvement de l'eau, quelle que soit sa forme : chute d'eau, cours d'eau, courant marin, marée, vague...

Elle est la principale source d'énergie renouvelable pour produire de l'électricité. Celle-ci peut être obtenue de différentes façons : En exploitant l'énergie des vagues, grâce à une centrale hydroélectrique, en installant une hydrolienne ou en créant une centrale marémotrice.

e) L'énergie solaire

Le soleil est une source formidable d'énergie. Il est gratuit, ne pollue pas, est naturel et illimité. Il occupe une place de plus en plus importante dans la production d'électricité.



Figure 1-2. L'énergie solaire [5]

Son rayonnement peut être exploité de deux manières :

- **Dans des centrales solaires photovoltaïques**

Elles sont composées de panneaux solaires photovoltaïques. Elles sont situées dans des pays ensoleillés car leur système a besoin de rayonnements importants pour être efficace. Elles occupent de vastes terrains, leur installation nécessitant de grandes surfaces.

- **Dans des centrales solaires thermodynamiques.**

Elles sont surtout utilisées aux États-Unis, ce système concentre les rayons du soleil grâce à des miroirs et des paraboles. Des températures très élevées (de 400°C jusqu'à 1 000°C) sont alors obtenues et cette chaleur va transformer l'eau de la chaudière en vapeur. Sous pression, celle-ci va activer les turbines qui vont elles-mêmes actionner l'alternateur afin de produire le courant électrique alternatif.

1.3. LE SYSTEME D'ALIMENTATION HYBRIDE

1.3.1. Définition

Un système d'alimentation hybride est défini comme une installation qui utilise deux ou plus des technologies de génération d'énergies : une ou plusieurs sources de production d'énergie classique (groupe diesel en général) et au moins une source de production d'énergies renouvelables. Le système hybride peut comprendre aussi un dispositif de stockage [6]. De ce fait, la production de l'énergie électrique est optimisée par plusieurs sources : source photovoltaïques, les hydrauliques, les éoliennes ; le groupe électrogène étant sollicité ponctuellement en complément. Le stockage sur batteries reste nécessaire et permet d'optimiser l'usage du groupe et l'autonomie du système.

1.3.2. Les avantages des sources d'alimentation hybrides

Parmi les avantages de systèmes énergétiques hybrides nous pouvons citer :

- Autonomie et stabilité de l'énergie électrique
- Indépendance énergétique et visibilité à long terme du coût de l'énergie
- Durée de vie des groupes électrogènes allongée, maintenance allégée
- Gain au cout lié à la consommation de l'énergie électrique
- Diminution de la consommation de carburant et des contraintes d'approvisionnement
- Réduction des nuisances sonores et de la pollution de l'environnement
- Etc.

1.3.3. Structure d'une alimentation hybride

Pour un système d'alimentation électrique hybride, l'énergie peut provenir de différentes sources et sous différentes formes, en gros elle peut provenir d'une société de distribution, des éoliennes, l'énergie photovoltaïque, des batteries de stockage et en plus pour compléter et maintenir une alimentation continue, on y ajoute un groupe électrogène.

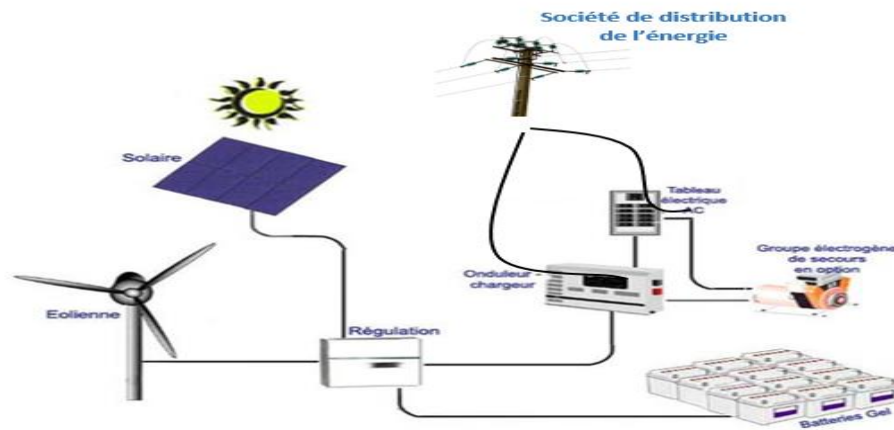


Figure 1-3 Illustration alimentation hybride [6]

De ce schéma, nous voyons que l'énergie peut provenir d'une société de distribution produisant généralement une tension alternative, qui peut directement être utilisée puis en passant par un onduleur-chargeur, peut aussi servir pour charger les accumulateurs. D'autre part nous avons les énergies éolienne et photovoltaïque qui proviennent respectivement du vent et du soleil. Ces deux sources d'énergies produisent des tensions continues, qui passant par un régulateur peuvent directement être converties en des tensions alternatives à l'aide d'un onduleur puis être consommées. De même ces énergies serviront pour charger des batteries qui, elles aussi, pourront stocker l'énergie puis la restituer après sous forme d'une tension continue qui sera à son tour convertie en tension alternative pour être utilisée dans une station donnée.

1.4. CONCLUSION PARTIELLE

Dans ce premier chapitre, nous avons vu que l'énergie électrique provient de diverses sources d'énergie et peuvent être renouvelables ou non, ou d'autres des énergies propres de par leurs sources ou les technologies mises œuvrés pour son obtention. En plus de cela, nous avons vu qu'il est possible de mettre en place une alimentation électrique hybride dont l'énergie provient de diverses sources d'alimentations en faisant des traitements et des diverses conversions. Dans le chapitre suivant, nous présentons le concept de la télésurveillance ; ensuite nous

parlerons de la gestion et du contrôle d'une alimentation électrique hybride. Nous allons aussi présenter quelques travaux similaires au nôtre.

Chapitre 2 ETAT DE L'ART ET CHOIX DE TECHNOLOGIE

2.1. INTRODUCTION

La télésurveillance des équipements énergétiques d'une alimentation hybride, en tant qu'application émergente des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) appliquées à l'électricité, a un champ d'application vaste. Il est donc nécessaire de rappeler au préalable l'évolution de cette technologie tout en présentant quelques projets déjà réalisés dans ce domaine.

Dans ce chapitre, nous présentons l'état de l'art de la télésurveillance des équipements énergétiques d'une alimentation hybride et les différents travaux que nous avons analysés et décortiqués pour bien ajuster nos objectifs dans l'élaboration de notre projet.

Nous présentons également l'architecture générale des systèmes de télésurveillance et les différentes technologies utilisées pour l'implémentation de ces systèmes. Nous faisons et justifions ensuite les choix technologiques pour l'implémentation de notre système.

2.2. ETAT DE L'ART DE LA TELESURVEILLANCE DES EQUIPEMENTS ENERGETIQUES D'UNE ALIMENTATION HYBRIDE

2.2.1. Raison d'être d'un système de télésurveillance énergétique

L'énergie électrique, comme nous l'avons dit, est présente dans toutes les applications de la technologie, et c'est elle-même qui est à la base de leurs de mise en place. Et cette énergie électrique peut provenir des diverses sources d'alimentation afin d'assurer une bonne disponibilité en énergie électrique (alimentation hybride).

Pour la sécurité de personne et de leur bien, il est indispensable d'avoir un œil sur les installations électriques afin de bien surveiller et contrôler le fonctionnement et les comportements de tous les équipements qui sont mis en place.

Il est à signaler que des nombreuses applications technologiques obligent une disponibilité continue en énergie électrique pour leur fonctionnement.

En télécommunication par exemple, le point le plus critique à prendre en compte est d'assurer la continuité de l'alimentation, puisque tout incident sous cet

aspect provoque de sérieuses réclamations de la part des utilisateurs. Néanmoins, un autre aspect important est le contrôle énergétique à travers lequel les gestionnaires peuvent surveiller et contrôler chaque station à distance, en agissant à l'instant. [7].

De ce faire, il est indispensable de mettre en place un système automatique afin d'assurer cette disponibilité continue en énergie électrique mais aussi d'avoir un contrôle sur ce dernier.

Donc, la mise en place d'un système de télésurveillance des équipements énergétiques d'une alimentation est nécessaire afin de bien gérer les différentes sources d'alimentations mises en jeu et de contrôler et d'agir à n'importe quel moment et de n'importe quel endroit sur ces dernières afin d'assurer la sécurité et la disponibilité continue en énergie électrique.

2.2.2. Quelques travaux existants

Pendant nos recherches, nous avons eu à consulter plusieurs travaux, ouvrages, publications et articles qui nous ont beaucoup inspiré et aidé à bien orienter notre mémoire afin de ne pas nous éparpiller dans le domaine de télésurveillance de équipements énergétiques, qui est un domaine tellement vaste et avec plusieurs types d'applications. Nous nous sommes servi de ces différents travaux pour faire germer nos idées tout en essayant d'insérer notre touche personnelle.

Pour des raisons de simplicité nous avons trouvé bon de ne présenter que cinq travaux d'entre eux :

- i) Lila CROCI « Gestion de l'énergie dans un système multi-sources photovoltaïques et éolien avec stockage hybride Batteries/ supercondensateurs » [8]. Ce travail nous a permis d'avoir des connaissances sur la gestion et le stockage de l'énergie électrique dans un système hybride alimenté par différentes sources d'énergie.
- ii) B. Taghezouit*, A. Chouder, S. Bouchakour, K. Abdeladim, F. Cherfa, K. Kerkouche « Monitoring et Supervision d'un système PV connecté au réseau sous LabVIEW » [9]

Cet article présente une surveillance, une supervision d'un système photovoltaïque (PV) connecté au réseau basé sur des mesures en temps réel et simulation basée sur un modèle. L'ensemble du système consiste à surveiller les variables DC ainsi que les variables AC du système photovoltaïque de 9,6 kWp installé sur le toit du bâtiment, l'interface graphique du système étant réalisée en utilisant l'environnement de programmation LabVIEW.

Ce travail nous a aidé à comprendre comment est-ce qu'on peut surveiller une station donnée dont l'énergie est présente sous deux formes : courant continu et courant alternatif.

- iii) MUSEKWA KABEGANYA Boni-Sylvestre : « Conception et réalisation d'un système de contrôle et de gestion optimale de l'énergie : cas des systèmes énergétiques hybrides photovoltaïque - groupe électrogène » [10]

Ce mémoire de fin d'études d'Ingénieur a traité sur le contrôle et la gestion optimale de l'énergie électrique d'un système hybride PV et Groupe électrogène. Ce travail nous a été utile sur le point traitant sur l'optimisation de l'énergie produite par un système hybride mais aussi le mode d'acquisition des paramètres de ces sources (tension, courant) en se servant de certains capteurs.

- iv) TSONGO KATEMBO G. « Etude et conception d'un système de télésurveillance d'un groupe électrogène à l'aide d'une application Android » Mémoire de fin d'étude en sciences et technologies appliquées, Goma, Université Libre des Pays des Grands Lacs, Année académique 2018-2019. [11]

L'auteur de ce travail, a conçu un système de télésurveillance des paramètres d'un groupe électrogène à l'aide d'une application Android où l'utilisateur peut à n'importe quel moment visualiser les données de son groupe électrogène et en cas d'un problème, il sera directement alerté par le système pour la prise en compte de ce problème.

Ce travail nous a été utile pour savoir comment avoir à distance les informations électriques sur un groupe électrogène et comment agir en distance bien sûr, sur ce dernier.

- v) KAMBALE WA MUHINDO A. « Conception d'un compteur d'énergie électrique intelligent connecté à la base de données de la société de distribution » [12]. La contribution du présent travail dans notre recherche est qu'il nous a présenté les différentes manières d'effectuer des mesures électriques à distance dans un réseau électrique, puis de les transmettre via un module de transmission à un centre de contrôle ou de distribution de l'énergie.

Les trois premiers travaux nous aident à comprendre le mode de gestion de l'énergie en présence d'un système d'alimentation hybride qui peut contenir différents types d'énergie (AC ou DC). Leur limite est sur le point où ils n'effectuent le traitement qu'au niveau local, ils peuvent accéder à leur système qu'en étant en présence physique avec le système et tout traitement ne s'effectue qu'au niveau local à l'aide d'une unité locale de traitement. Par contre, pour les deux derniers travaux, ils permettent un accès au système à distance. Deux aspects que les systèmes n'ont pas touchés sont : premièrement qu'ils sont capables de gérer l'énergie produite que par une seule source d'alimentation (le groupe électrogène pour le quatrième et l'énergie de la société de distribution pour le dernier) ; le deuxième souci est qu'ils ne peuvent qu'observer le système, ils ne peuvent pas contrôler le système ou agir sur ce dernier (surtout le cas de 4^{ième} travail). C'est dans ce sens que nous proposons le présent travail qui essayerait plus ou moins d'apporter un plus aux problèmes nos traités par ces différents travaux précités : mettre en place un système de télésurveillance et télé contrôle des sources hybrides, alimentées par au moins trois sources d'énergie.

2.3. SYSTEMES DE TELE SURVEILLANCE DES EQUIPEMENTS ENERGETIQUES

2.3.1. Objectifs

Les systèmes de télésurveillance des équipements énergétiques permettent au centre de contrôle d'avoir les informations en temps réel sur les différents équipements qui constituent les sources d'alimentations des consommateurs, d'agir sur le système en cas de problème et cela sans un moindre déplacement. De même, ces systèmes permettent aussi aux utilisateurs de gérer leur installation au moyen d'un tableau de bord ou même en étant en distance. Des tels systèmes doivent être capables de notifier le centre et/ou l'utilisateur des anomalies qui peuvent surgir sur un équipement donné. Ces informations doivent être stockées au niveau du serveur central afin de permettre de faire certains traitements et même une prédiction de mode de consommation des utilisateurs (Intelligence artificielle).

Pour ce faire, voici d'une manière générale, comment se présenterait l'architecture de tels systèmes :

2.3.2. Architecture des systèmes de télésurveillance des équipements énergétiques

Les systèmes de télésurveillance des équipements énergétiques sont généralement composés de 6 éléments suivants : [13]

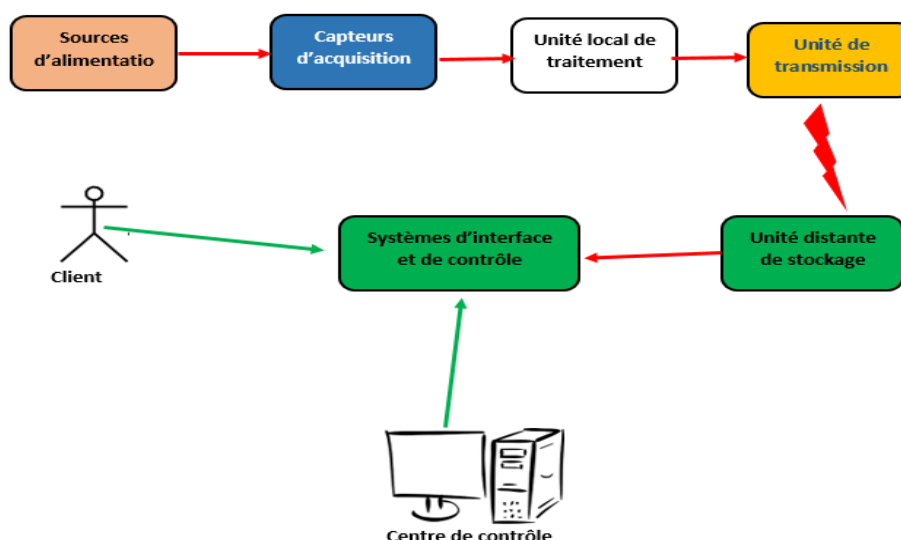


Figure 2-1. Architecture des systèmes de télésurveillance des équipements énergétiques

2.3.2.1. Les sources d'alimentation

C'est notre système d'alimentation hybride, qui pour notre cas sera constitué de la source de la société de distribution, de groupe électrogène ainsi que de la batterie de stockage.

a) La source de la société de distribution

En général, cette énergie provient des alternateurs qui transforment l'énergie mécanique en énergie électrique. Très souvent cette énergie provient de l'énergie cinétique que possède l'eau accumulée dans les barrages ou dérivée par les prises d'eau (cas de centrale hydraulique). Cette eau est envoyée sur les aubes d'une turbine qui entraîne un alternateur qui, quant à lui transforme cette énergie mécanique en énergie électrique.

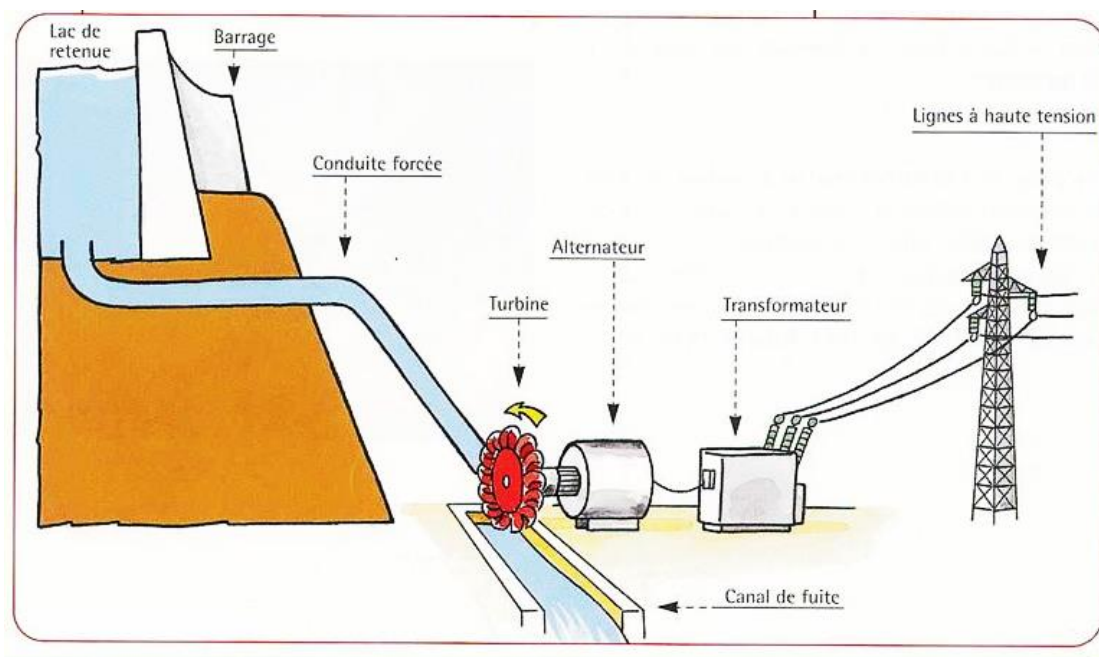


Figure 2-2. Production de l'énergie Electrique à partir d'une centrale hydraulique

Cette énergie doit alors être transporté en utilisant des équipements nécessaires pour le transport de l'énergie via des lignes de transports haute tension puis abaissée à l'aide des transformateurs abaisseurs pour être distribuée pour la consommation selon le besoin des utilisateurs.

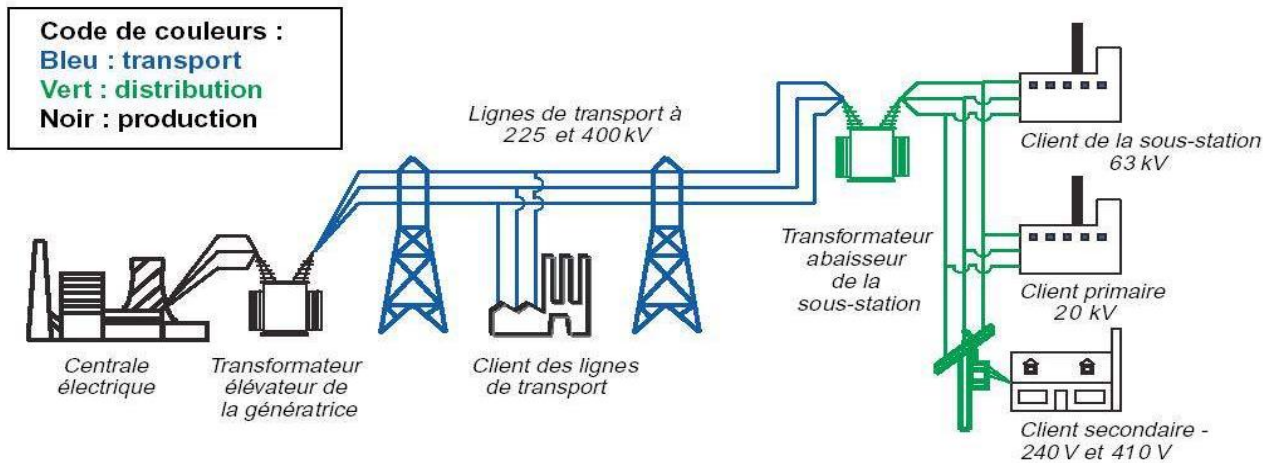


Figure 2-3. De la production à la consommation de l'énergie électrique

Signalons que cette énergie de la société de distribution peut aussi provenir des autres sources autres que la centrale hydro-électrique : les éoliennes, les panneaux solaires, les centrales thermiques, etc. ; le principe restant toujours le même : production, transport et distribution

b) Le groupe électrogène

Nous pouvons définir un groupe électrogène comme étant un système autonome capable de produire de l'énergie électrique à partir de l'énergie mécanique via un moteur thermique (diesel ou essence). [11] Voici en gros, le synoptique de conversion d'énergie d'un groupe électrogène

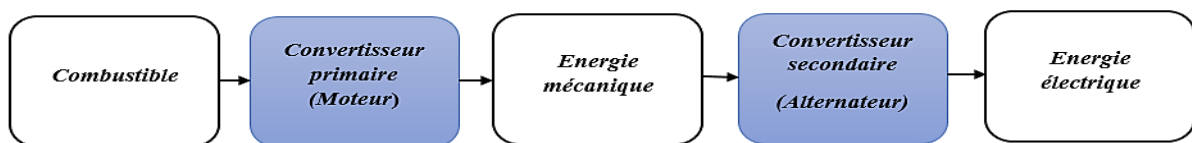


Figure 2-4. Synoptique de conversion d'énergie d'un groupe électrogène

Signalons qu'un groupe électrogène est constitué de deux parties : la partie **mécanique** et la partie **électrique**.

La partie électrique est essentiellement composée d'un alternateur qui est un convertisseur électromécanique d'énergie dont le rôle est de produire l'énergie électrique sous forme alternative, C'est aussi une machine synchrone à courant

alternatif, sans balai, ce dernier est constitué de deux grandes parties à savoir : le stator qui est l'inducteur et le rotor qu'on appelle l'induit.

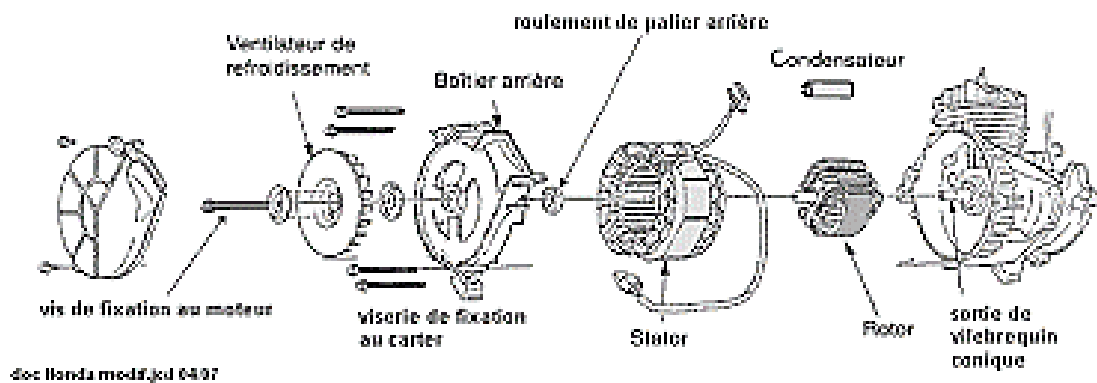


Figure 2-5. Alternateur ou groupe Electrogène

c) La batterie de stockage

Ce sont des batteries d'accumulateurs, utilisées pour le stockage d'énergie et la compensation des fluctuations de la puissance produit Sur le réseau à court terme [14].

Elle est d'une manière générale, constituée de deux armatures conductrices (Electrodes) séparées par un isolant polarisable.

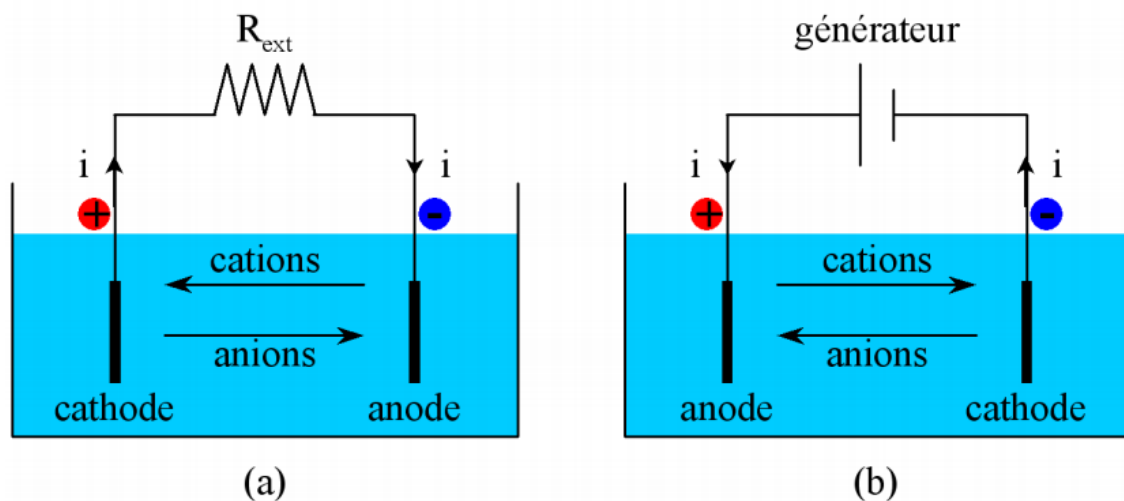


Figure 2-6. Représentation schématique d'un accumulateur : a) En décharge b) En charge

Les batteries agissent de manière bidirectionnelle : elle peut fournir de l'énergie à la charge ou soit elle peut recevoir de l'énergie provenant d'une source d'énergie telle que la société de distribution ou le groupe électrogène qu'elle stockera pour un usage ultérieur.

La batterie est caractérisée par des grandeurs caractéristiques suivantes :

- **La tension électrique**

La tension, ou *potentiel* (en volts), est un paramètre important. Fixée par le potentiel d'oxydo-réduction du couple redox utilisé, elle est de l'ordre de un à quelques volts pour un élément. Comme en pratique des tensions plus élevées, typiquement 12, 24 voire 48 V et plus sont requises, il suffit pour augmenter la tension de raccorder des éléments du même type en série au sein d'une batterie d'accumulateurs.

- **La charge électrique**

Représente la quantité de charge qu'il est possible d'obtenir lors d'une décharge complète de la batterie, initialement chargée, généralement avec un courant constant.

Un certain nombre de paramètres influencent cette grandeur, comme les choix des paramètres expérimentaux (par exemple la température) ou encore le vieillissement de la batterie. En particulier, le courant de décharge ainsi que celui de charge (avant la décharge de mesure)

$$Q = \int_{ei}^{ef} i dt \quad [2-1]$$

Avec :

i : l'intensité du courant (en A),

ei et ef : l'état initial et final correspondant à des critères (de tension en général),

Q : est la quantité d'électricité échangée (en Ah ou C ; 1 C = 1 As).

La capacité nominale représente la capacité mesurée dans les conditions nominales. Ces conditions correspondent à un protocole précis, en particulier de température et de régime précis.

- **L'énergie stockée**

L'énergie stockée dans la batterie est égale à sa charge électrique multipliée par la tension moyenne sous laquelle cette charge est déchargée. L'énergie stockée se mesure habituellement en watts-heures (Wh), mais l'unité officielle (SI) est le Joule. Tout comme la capacité, cette grandeur est influencée par plusieurs paramètres. Elle est, en général, mesurée au cours du même protocole que la capacité. Elle correspond à :

$$E = \int_{ei}^{ef} uidt \quad [2-2]$$

Avec :

i : l'intensité du courant (en A),

u : tension de la batterie (en Volts)

ei et ef : l'état initial et final correspondant à des critères (de tension en général),

E : est la quantité d'énergie échangée (en Wh ou en Joule).

- **Impédance interne**

L'impédance interne, exprimée en ohms, est l'impédance parasite qui provoque une chute de tension en décharge et, par conséquent, limite le courant de décharge. Comme les accumulateurs sont des dipôles non linéaires, elle est généralement mesurée pour des faibles variations de tension et de courant (de l'ordre de 10 mV, pour la tension). Sa mesure requiert un appareillage spécialisé. La résistance interne, qui est la partie réelle de l'impédance, est assez simple à mesurer au moyen d'un voltmètre et d'un ampèremètre.

- Efficacité énergétique

L'utilisation de la batterie à travers charge puis décharge donne lieu à des pertes. Ces pertes sont caractérisées par une efficacité énergétique, décomposée en deux termes⁴ : efficacité coulombique (de courant) et efficacité de voltage.

La non-utilisation donne lieu à des pertes d'auto-décharge. Celles-ci ne sont pas directement liées à la quantité d'énergie stockée mais à la durée de stockage.

La densité massique d'énergie est une des caractéristiques importantes d'un accumulateur, qui correspond à la quantité d'énergie (exprimée en Wh/kg) qu'il peut restituer par rapport à sa masse.

La densité volumique, ou densité d'énergie, est une autre caractéristique qui peut avoir son importance et correspond à la quantité d'énergie (exprimée en Wh/m³) qu'il peut restituer par rapport à son volume. On utilise plus couramment les Wh/dm³, soit Wh/L.

La densité de puissance en pointe, ou puissance spécifique, correspond à la puissance maximale rapportée à la masse de l'accumulateur (exprimée en watts par kilogramme, W/kg). De la même manière, on peut calculer la puissance rapportée au volume, moins usitée. Cette puissance spécifique est surtout fonction inverse de la résistance interne de l'accumulateur.

- Vieillessement et usure

Le vieillissement et l'usure entraînent une perte progressive de la capacité des batteries avec le temps (plusieurs années) et l'usage (plusieurs centaines ou milliers de cycles de charge et de décharge). Ils sont souvent fortement dépendant des conditions d'emploi (amplitude du cyclage, température de stockage et d'utilisation).

2.3.2.2. Capteurs d'acquisition

La collecte de données sur les différents équipements constituant notre source d'alimentation se fait à, partir d'un ou plusieurs capteurs ou dispositifs électriques. Ces capteurs sont généralement associés à un système centralisé de traitement des données.

2.3.2.3. Unité locale de traitement

Cette partie est constituée généralement d'une unité de calcul (un microcontrôleur, un microprocesseur ou un FPGA) qui est associée aux capteurs d'acquisition pour permettre le traitement, le stockage et la transmission des données acquises par ces derniers. Cette unité locale de traitement permet égale d'agir sur le système en opérant sur des actionnaires lui étant associés.

2.3.2.4. Unité de transmission

Puisque notre système concerne une télésurveillance des équipements énergétiques, il est indispensable d'utiliser les services de télécommunications ou du réseau internet comme passerelle pour la transmission de données et le contrôle du système. Pour des transmissions à courte distance on peut aussi utiliser les réseaux sans fils personnels (Wi-Fi, Bluetooth, etc.).

2.3.2.5. Unité distante de stockage

Les données collectées ou les informations extraites doivent être stockées et accessibles pour leur consultation ou leur mise à jour par les différents acteurs du système. Cette partie est essentiellement constituée d'un serveur d'application et un serveur de base de données.

2.3.2.6. Système d'interface et de contrôle

L'interaction avec notre système ainsi que les données et informations issues de la télésurveillance doivent être facilement accessibles aux différents acteurs du système. Pour ce faire, notre système se dispose d'une interface électronique, une

application web ainsi que l'application mobile pour permettre aux différents acteurs d'interagir avec notre système.

2.4. CHOIX TECHNOLOGIQUE

2.4.1. Composants architecturaux

Pour la réalisation du prototype de notre système, nous proposons de mettre à place un système basé sur l'architecture logicielle client-serveur et une architecture matérielle standard, évolutive pouvant s'adapter aux contextes d'une alimentation hybride comportant les différentes sources de tension dont nous avons détaillé ci-haut.

En se référant à notre système de télésurveillance détaillé ci-haut, nous proposons un système communiquant sans fil constitué des couches suivantes :

- 3 sources d'énergies telles que choisies précédemment : batterie en DC, la source provenant de la société de distribution et un groupe électrogène ; les deux dernières fournissant le courant AC à la station ;
- Une plateforme munie d'un microcontrôleur (plateforme Arduino) servant de nœud entre les différents capteurs, actionneurs et le dispositif de transmission ;
- Des relais électriques jouant les rôles des interrupteurs commandés afin de fermer ou de réaliser une connexion électrique ;
- Des capteurs de courant et de tensions afin d'effectuer des mesures électriques sur ces différentes sources d'énergie ;
- Un module Wifi ESP 8266, pour la communication avec le centre de contrôle ;
- Des Leds de signalisation ;
- Un buzzer ;
- Des boutons poussoirs ;
- Un moteur de démarrage du groupe électrogène ;
- Un capteur ultrason afin de mesurer le niveau du carburant dans le recevoir ;
- Un serveur distant d'application et de stockage des données

Nos critères de sélections de ces différentes technologies sont basés principalement sur le respect des exigences de la bonne conception et de la sécurité d'un système informatique [15] ; à savoir :

- **La disponibilité** : on doit pouvoir accéder au système à n'importe quel moment,
- **L'intégrité** : il faut s'assurer que les messages arrivés sont bel et bien ceux qui ont été émis, sans être interceptés, alternés ou modifiés durant leur parcours, pour ce faire, utiliser une fonction de hachage ou un code d'authentification des messages.
- **La confidentialité** : les données ne doivent être accessible qu'à ceux qui ont le droit d'y accéder ;
- **L'identification et l'authentification** : limiter l'accès qu'aux personnes autorisées ;
- **La non répudiation** : être capable de confirmer ou d'infirmer qu'une telle action est faite par un tel utilisateur ;
- **L'ergonomie** : l'utilisateur doit pouvoir utiliser notre système sans pour autant compromettre ses activités du quotidien ;
- **L'autonomie** : le système doit avoir une autonomie énergétique indépendante aux sources d'alimentation faisant partie de notre contrôle fait de permettre de satisfaire le principe de la *disponibilité* du système afin d'y accéder n'importe quel moment.
- **La simplicité dans d'utilisation** : l'utilisateur ne doit pas fournir plus d'effort à utiliser le système. Les mesures et la transmission doivent s'effectuer de manière automatique.
- **Le prix** : comme tout autre système technologique innovant, les choix technologiques doivent être de conception simple et peu coûteux enfin de rendre le système commercialisable ;
- **La fiabilité** : les dispositifs utilisés doivent être fiables.
- **La robustesse** : le système doit être robuste enfin de pouvoir réaliser des mesures sur la durée complète du suivi.

2.5. CONCLUSION PARTIELLE

Dans ce chapitre, nous avons présenté un état de l'art de la télésurveillance des équipements énergétiques d'une alimentation hybride composé de la SNEL, batteries et groupe électrogène. Nous avons ainsi exposé quelques travaux existants dans ce domaine et avons présenté en suite l'architecture générale des systèmes de télésurveillance d'une alimentation hybride et enfin nous avons présenté nos choix technologiques par rapport à nos besoins de conception.

Chapitre 3 : ANALYSE ET CONCEPTION DU SYSTEME DE TELESURVEILLANCE

3.1. INTRODUCTION

L'étude menée sur les composants et les différentes technologies pouvant être utilisés pour la réalisation de notre système va nous servir de base pour définir les spécifications de notre projet tout en proposant ici l'architecture logicielle et matérielle du système [13].

Dans cette partie, nous faisons également l'analyse et l'expression des besoins de notre système, qui nous permettront de faire sa conception détaillée.

Pour y arriver, nous faisons recours au langage SysML pour la modélisation du système et le langage UML pour la modélisation de la base de données.

3.2. MODELISATION DU SYSTEME

La modélisation des systèmes d'information est devenue aujourd'hui un sujet très passionnant dans le monde des entreprises quand on voit l'impact qu'elle a dans le succès de celles-ci. Le constat est clair pour être relevant, compétitif sur le marché, les entreprises se dotent des systèmes d'informations sophistiqués qui supportent leur métier. En effet, le système d'information d'une entreprise est devenu un facteur de différenciation par rapport à ses concurrents. Car l'information n'est plus seulement considérée comme une ressource opérationnelle, mais aussi comme une ressource stratégique pour l'entreprise, ceci traduit donc toute l'importance des méthodes de conception et de développement des systèmes d'information mise en œuvre par les entreprises. [16]

3.2.1. Contexte du travail

La gestion de l'énergie électrique d'une station alimentée par plusieurs sources nécessite un contrôle et une surveillance permanente. La télésurveillance des équipements électriques constituant cette alimentation que nous traitons d'alimentation hybride permet d'avoir une bonne gestion de l'énergie suivant les sources disponibles et d'agir sur l'alimentation en temps réel si un problème surgit.

Nous proposons, dans cette partie, une architecture qui répond à ce besoin de gestion et du contrôle d'une alimentation hybride par l'acquisition, le traitement et la transmission de l'état de ces équipements d'alimentation en temps réel grâce à une structure permettant de surveiller et de contrôler le système. Nous avons dénommé notre système « RMPower'S » en anglais « Remote Monitoring of power supplies » qui signifie une surveillance en distance des sources d'alimentation.

3.2.2. Architecture proposée

Comme présentée sur la figure 3-1, l'architecture générale de notre système est composée d'une partie matérielle (Capteurs, Microcontrôleur, Module Wifi ESP 8266) et d'une partie logicielle (Application Android, Application Web et Service Web REST).

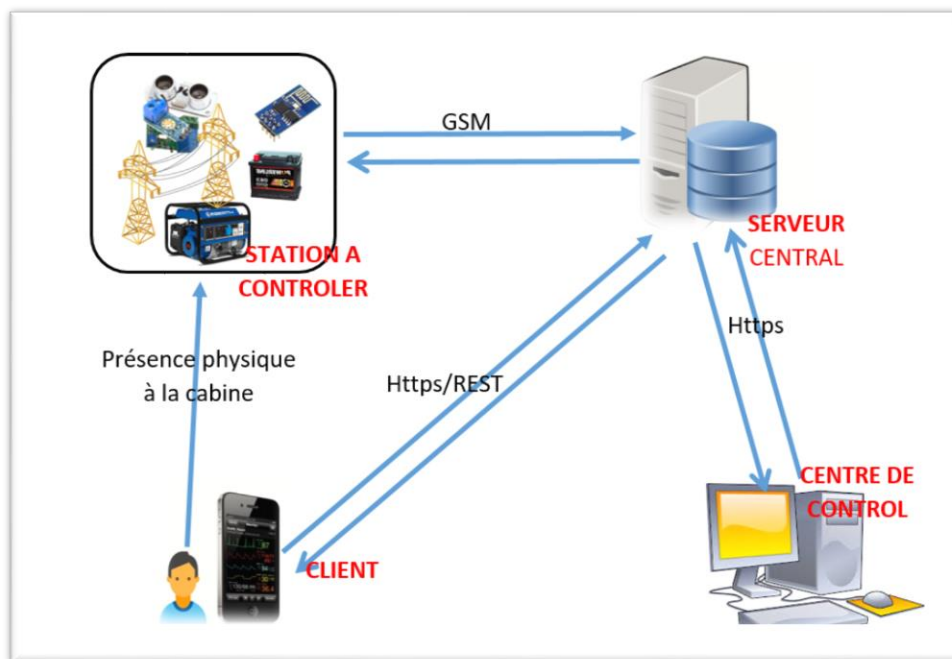


Figure 3-1. Architecture générale du système RMPower'S

Notre système collecte des données électriques fournies par les capteurs installés sur nos sources d'alimentation ; une application mobile (Android) est connectée à la plate-forme grâce à un petit réseau Wifi au travers du module Wifi ESP8266 et permet le traitement et la transmission des données au serveur central distant.

Ces données sont alors disponibles sur un serveur Web où le centre du contrôle distant peut avoir accès à une application Web.

Le client, propriétaire de la station peut visualiser l'état de son installation à travers un smartphone connecté au réseau ou soit à travers un affichage électronique.

L'architecture matérielle du système est basée sur des capteurs électriques (capteurs de courant et de tension), des relais, des boutons poussoirs et un module Wifi ESP8266 comme illustré sur la figure 3-2.

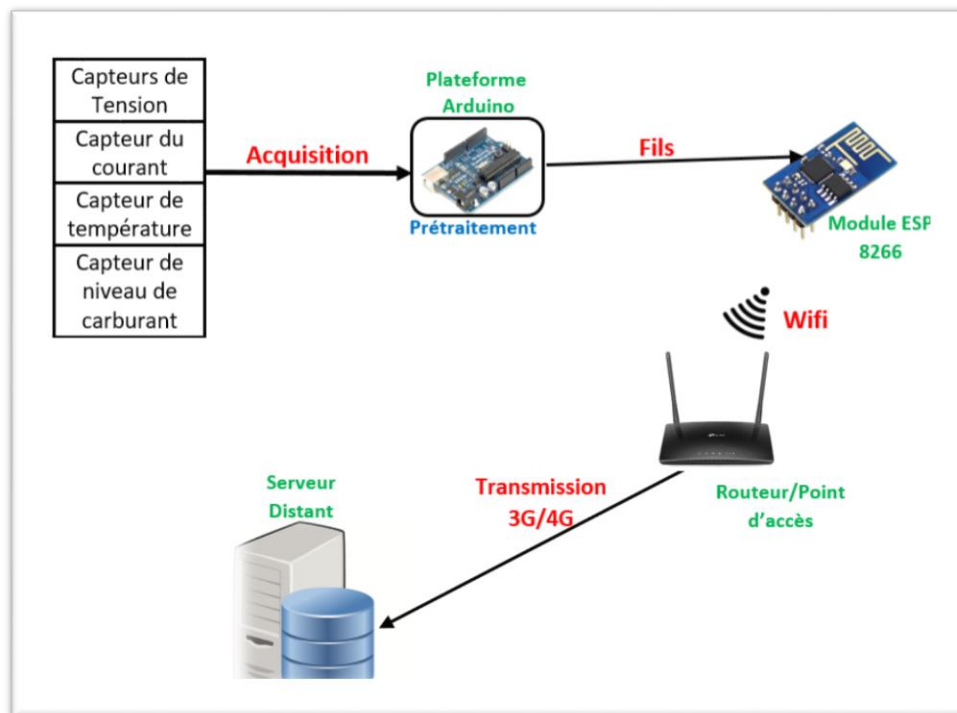


Figure 3-2. Architecture Matérielle de RMPower'S

3.2.3. Définition du projet

Un projet est un processus unique qui consiste en un ensemble d'activités coordonnées et maîtrisées, comportant des dates de début et de fin, entrepris dans le but d'atteindre un objectif conforme à des exigences spécifiques, telles que des contraintes de délais, de coûts et de ressource. Le but poursuivi dans la définition d'un projet est de préciser la nature du projet et de faire correspondre les besoins, les contraintes, le budget et les solutions technologiques. Cette étape est très souvent

complexe parce qu'elle résulte d'un entretien avec le client et l'on remarque très vite un profond décalage entre le désir, le besoin et la réalité. [16]

a) Nature du projet

Dans le cadre du présent travail, nous nous sommes placé dans les conditions où on a un centre de contrôle indépendant de la société de distribution de l'électricité qui s'occupe de la gestion d'alimentation électrique des clients qui utilisent trois sources d'énergie à savoir la source SNEL, du groupe électrogène ainsi que des batteries de secours.

b) Périmètre du projet [16]

Cette section a pour but de définir les priorités, de trier parmi les besoins, ce qui est nécessaire de ce qui est accessoire. Pour mieux définir les besoins, l'idéal est de commencer par raisonner dans l'absolu ; c'est-à-dire en faisant abstraction des contraintes budgétaires. Raison pour laquelle nous devons nous baser sur les points comme :

- La conception préliminaire, qui représente une étape délicate, car elle intègre le modèle d'analyse fonctionnelle dans l'architecture technique de manière à tracer la cartographie des composants du système à développer.
- La conception détaillée, qui étudie ensuite comment réaliser chaque composant.
- L'étape de codage, qui produit ses composants et teste au fur et à mesure les unités de code réalisées.
- L'étape d'essai, qui consiste enfin à valider les fonctionnalités du système développé.

c) Planification

Après avoir déterminé le processus de développement de notre projet, nous devrions suivre un planning afin d'aboutir à la réalisation de ce dernier ; c'est pourquoi, nous avons établi un planning prévisionnel pour la réalisation et le suivi de

notre projet. Pour ce faire, nous avons utilisé l'outil Ganttproject afin d'effectuer ce planning.

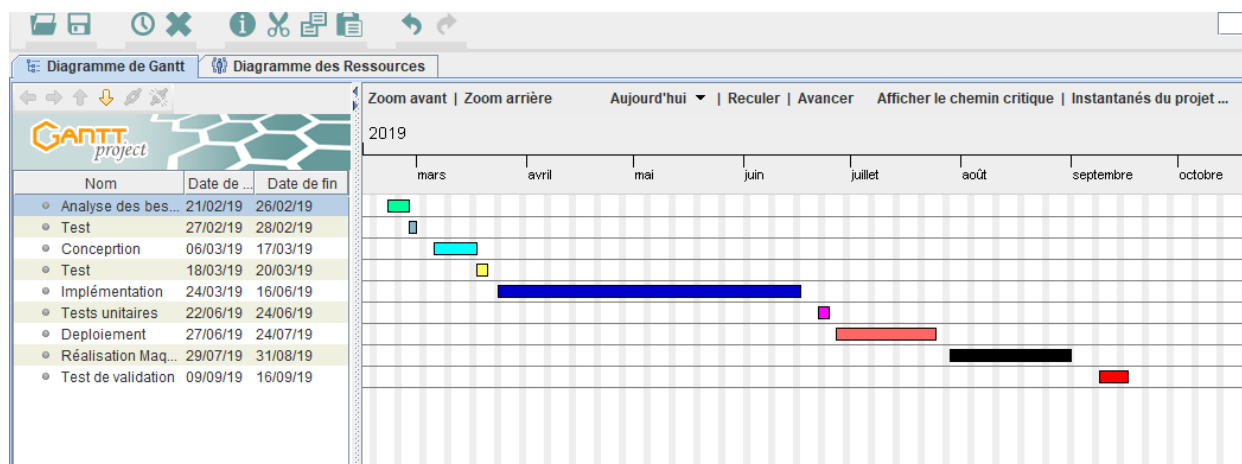


Figure 3-3. Planification selon Gantt

3.3. CAHIER DE CHARGE

Comme tout projet informatique, il est indispensable de définir un cahier de charge qui servira de guide dans la phase de conception de notre système.

Le système à implémenter doit permettre une télésurveillance des équipements énergétiques d'une alimentation électrique hybride. Pour ce faire, il doit :

- ✓ Etre à mesure de collecter les paramètres de chaque source d'énergie constituant notre système d'alimentation ;
- ✓ Permettre au client de surveiller et de contrôler sur place comme à distance son alimentation et cela en temps réel ;
- ✓ Etre à mesure d'authentifier et d'identifier tous les utilisateurs de façon sécurisée (en cas d'un accès distant) ;
- ✓ Transmettre automatiquement toutes les données acquises au serveur distant en temps réel ;
- ✓ Permettre au centre de contrôle de surveiller et d'agir à distance sur les alimentations électriques de leurs clients ;

- ✓ Etre à mesure de notifier les deux parties (client et centre de contrôle) des problèmes qui peuvent surgir sur une station donnée.

3.4. CONCEPTION FONCTIONNELLE

La conception d'un système permet de représenter et de simuler son fonctionnement avant même sa programmation.

Pour le cas de notre système, nous avons utilisé le langage de modélisation SysML, qui est non seulement adapté à la conception des systèmes complexes mais aussi apprécié dans le monde de l'ingénierie système.

Le langage SysML s'articule autour de neuf types de diagrammes, chacun d'eux étant dédié à la représentation des concepts particuliers d'un système. Ces types de diagrammes sont répartis par l'OMG en trois grands groupes à savoir [17]:

➤ **Quatre diagrammes comportementaux :**

- Diagramme d'activité (montre l'enchaînement des actions et décisions au sein d'une activité complexe) ;
- Diagramme de séquence (montre la séquence verticale des messages passés entre blocs au sein d'une interaction) ;
- Diagramme d'états (montre les différents états et transitions possibles des blocs dynamiques) ;
- Diagramme de cas d'utilisation (montre les interactions fonctionnelles entre les acteurs et le système à l'étude) ;

➤ **Un diagramme transverse :** le diagramme d'exigences (montre les exigences du système et leurs relations) ;

➤ **Quatre diagrammes structurels :**

- Diagramme de définition de blocs (montre les briques de base statiques : blocs, compositions, associations, attributs, opérations, généralisations, etc.) ;

- Diagramme de bloc interne (montre l'organisation interne d'un élément statique complexe) ;
- Diagramme paramétrique (représente les contraintes du système, les équations qui le régissent) ;
- Diagramme de packages (montre l'organisation logique du modèle et les relations entre packages).

Dans le cadre de ce travail, nous n'allons utiliser que cinq diagrammes parmi les neuf, qui sont : le *diagramme d'exigence*, le *diagramme de cas d'utilisation*, les *diagrammes de séquence*, le *diagramme de définition des blocs* et les *diagrammes d'activités*.

3.4.1. Le diagramme d'exigence

Le diagramme d'exigences permet de représenter graphiquement les exigences dans le modèle. Une exigence permet de spécifier une capacité ou une contrainte qui doit être satisfaite par un système. Elle peut spécifier une fonction que le système devra réaliser ou une condition de performance, de fiabilité, de sécurité, etc. [17]

Pour notre système nous avons une exigence principale qui porte le nom du système : **RMPower'S**, les autres exigences du second plan (acquérir les paramètres des sources, alerter en problème, afficher paramètres des sources, enregistrer les paramètres électriques, contrôler l'alimentation) sont liées à cette dernière par des relations de contenance.

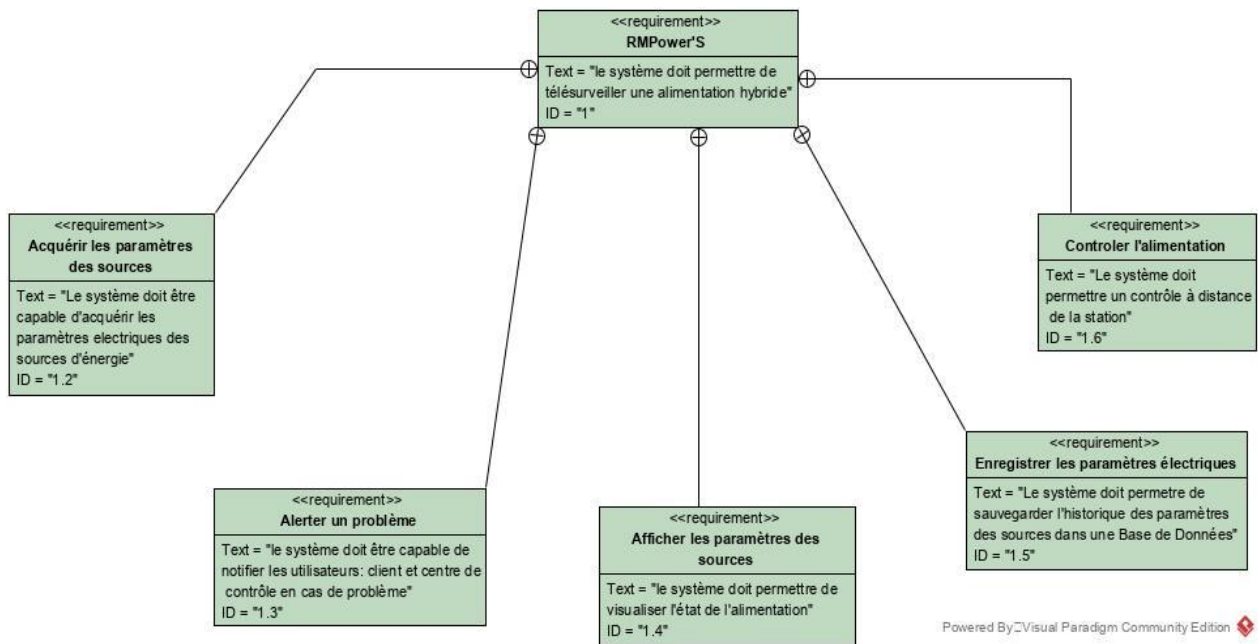


Figure 3-4. Diagramme d'exigence du système RMPower's

3.4.2. Le diagramme de cas d'utilisation

Les diagrammes de cas d'utilisation sont des diagrammes utilisés pour donner une vision globale du comportement fonctionnel d'un système logiciel. Ils sont utiles pour des présentations auprès de la direction ou des acteurs d'un projet, mais pour le développement, les cas d'utilisation sont plus appropriés.

Un cas d'utilisation (use case, ou UC) représente un ensemble de séquences d'actions qui sont réalisées par le système et qui produisent un résultat observable intéressant pour un acteur particulier.

Chaque *cas d'utilisation* spécifie un comportement attendu du système considéré comme un tout, sans imposer le mode de réalisation de ce comportement. Il permet de décrire ce que le futur système devra faire, sans spécifier comment il le fera.

Chaque cas d'utilisation doit être relié à au moins un acteur ; un *acteur* étant défini aussi comme une entité externe qui interagit avec le système, comme une personne humaine ou un robot ou un autre système. Un acteur doit toujours être décrit par son rôle dans un système ; ce rôle décrit les besoins et les capacités de l'acteur. Un acteur agit sur le système.

a) Identification des acteurs

Après analyse de notre système, nous avons identifié les acteurs suivants :

- **Le client** : c'est l'utilisateur, le propriétaire de la station dont on veut contrôler ;
- **L'administrateur de centre de contrôle** : il gère les utilisateurs du système (les clients tout comme les agents) ;
- **L'agent du centre de contrôle** : c'est l'agent du centre qui contrôle en distances les alimentations hybrides de la région ;
- **Les capteurs électriques** : ce sont des capteurs qui fournissent à notre système des paramètres électriques de chaque source d'énergie constituant notre alimentation.

b) Identification des cas d'utilisation

Après analyse des besoins, sont ressortis les cas d'utilisation suivants :

- S'authentifier
- Acquérir paramètres
- Afficher les paramètres
- Recevoir alerte
- Contrôler l'alimentation
- Gérer les utilisateurs
- Mettre en jour les infos

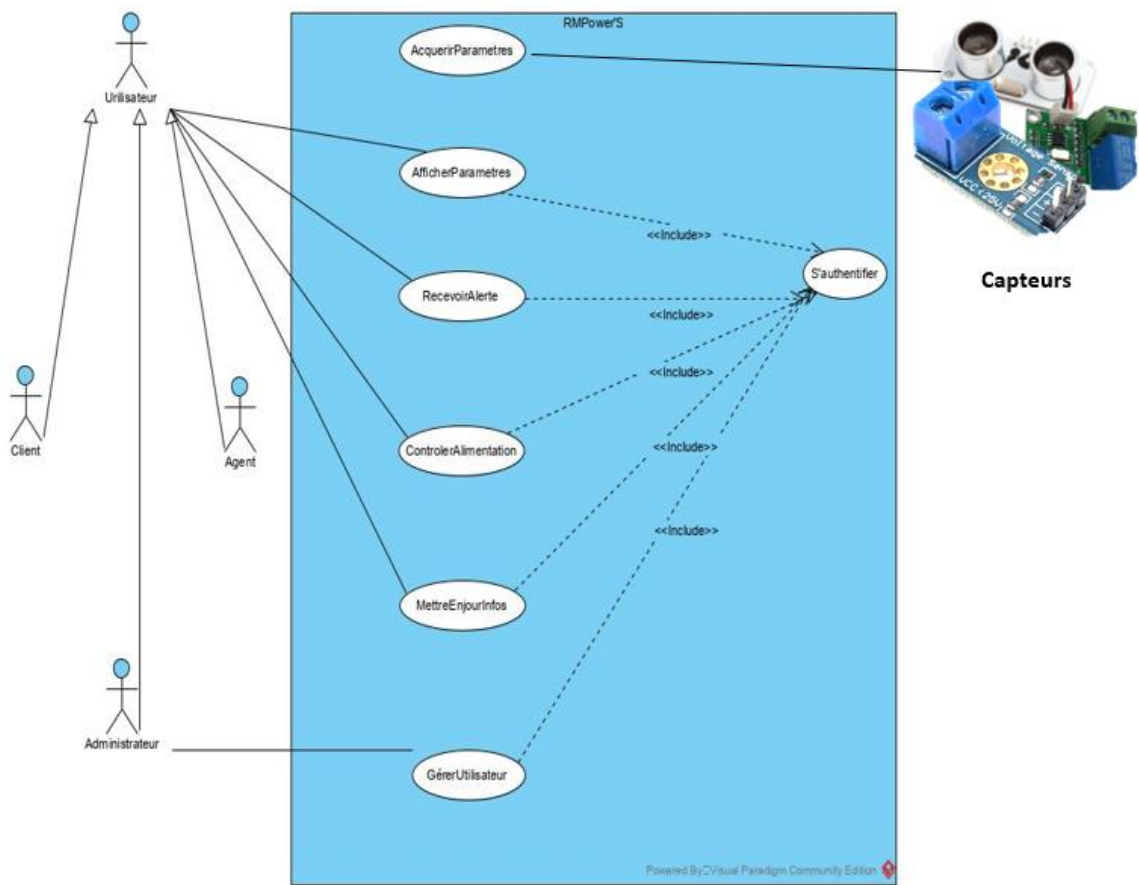


Figure 3-5. Diagramme de cas d'utilisation de système RMPower'S

c) Documentation des cas d'utilisation

- **S'authentifier**

Nom de CU	S'authentifier
Identifiant	001
Brève description	Ce CU permet à l'utilisateur de se connecter à distance via une interface Web ou Mobile ; on s'en passe de l'authentification physique à la cabine par hypothèse.
Acteurs	Tous les utilisateurs
Préconditions	Lancer le système soit à partir de son smartphone, soit à partir de l'appli Web

Enchaînement principal	<ol style="list-style-type: none"> 1. L'utilisateur veut accéder au système 2. Il remplit le formulaire de connexion 3. Il clique sur le bouton « Connexion »
Post condition	Utilisateur connecté
Enchaînement alternatif	<ol style="list-style-type: none"> 1. Login/mots de passe invalide 2. Mot de passe oublier 3. Veuillez d'abord vous authentifier

- **Acquérir paramètres**

Nom de CU	AcquerirParametres
Identifiant	002
Brève description	Acquisition des paramètres électriques des sources de l'alimentation
Acteurs	Capteurs électriques
Préconditions	Capteurs branchés sur les sources d'alimentation
Enchaînement principal	<ol style="list-style-type: none"> 1. On met en marche la plateforme des capteurs, 2. Les capteurs sont connectés à l'unité locale de traitement (microcontrôleur)
Post condition	Les paramètres sont mesurés, on agit sur les actionneurs selon le résultat du traitement puis les données sont envoyées au serveur distant
Enchaînement alternatif	Aucun

- **Afficher paramètres**

Nom de CU	AfficherParametres
Identifiant	003
Brève description	Afficher en temps réel les paramètres de notre alimentation
Acteurs	Tous les utilisateurs
Préconditions	S'authentifier
Enchaînement principal	<ol style="list-style-type: none"> 1. L'utilisateur étant connecté 2. Il clique sur voir état alimentation
Post condition	Aucune
Enchaînement alternatif	Aucun

- **Recevoir alerte**

Nom de CU	RecevoirAlerte
Identifiant	004
Brève description	Notification de l'utilisateur (client, centre de contrôle) quand un problème surgit sur le site
Acteurs	Tous les utilisateurs
Préconditions	Anomalie détecté dans le système
Enchaînement principal	Le CU démarre lorsque le système détecte un problème sur le site
Post condition	Utilisateurs notifiés
Enchaînement alternatif	Aucun

- **Contrôler alimentation**

Nom de CU	ControlerAlimentation
Identifiant	005
Brève description	Ce cas d'utilisation permet aux utilisateurs d'agir sur le système, de le contrôler, d'effectuer d'une manière manuelle (inhabituelle) les opérations sur ce dernier, en cas d'anomalie ou autre besoin
Acteurs	Tous les utilisateurs
Préconditions	Anomalie ou autres besoins quelconques, authentification
Enchaînement principal	L'utilisateur, à travers une des interfaces, commande le système et celui-ci réagit à travers les actionnaires.
Post condition	Actionnaire réagissent
Enchaînement alternatif	Impossible d'effectuer cette opération

- **Gérer les utilisateurs**

Nom de CU	GérerUtilisateur
Identifiant	006
Brève description	Gestion des données des utilisateurs dans la base de données
Acteurs	Administrateur du centre de contrôle

Préconditions	S'authentifier
Enchaînement principal	<ol style="list-style-type: none"> 1. L'administrateur clique sur « Gérer les utilisateurs » 2. L'administrateur du centre choisi une option (ajouter, modifier, supprimer) tout en indiquant l'utilisateur en question (client ou agent centre) 3. L'administrateur valide et enregistre les données
Post condition	Les données sont enregistrées selon le choix
Enchaînement alternatif	Aucun

- **Mettre en jour infos**

Nom de CU	MettreEnjourInfos
Identifiant	007
Brève description	Mettre en jour les informations des utilisateurs (modification)
Acteurs	Tous les utilisateurs
Préconditions	S'authentifier
Enchaînement principal	<ol style="list-style-type: none"> 1. L'utilisateur clique sur « Mettre en jour mes infos » 2. Il met en jour ses informations 3. L'utilisateur valide et enregistre les informations modifiées

Post condition	Les informations modifiées sont mises en jour dans la base de données
Enchaînement alternatif	Aucun

3.4.3. Les diagrammes de séquence

Les diagrammes de séquences sont la représentation graphique des interactions entre les acteurs et le système selon un ordre chronologique.

Le diagramme de séquence décrit donc une action ordonnée dans le temps, il documente le cas d'utilisation. Le diagramme de séquence est composé de trois principaux concepts : les lignes de vie, les messages et les fragments. [18]

- Une ligne de vie représente un seul participant dans une interaction. Elle peut représenter un objet, une instance d'une classe ou un acteur.
- Un message représente une communication entre deux lignes de vie durant une interaction.
- Un fragment contient un ou plusieurs messages et composé d'un opérateur et d'un ou plusieurs opérandes.

Dans cette partie, nous présentons les diagrammes de séquence de notre système.

Ils nous permettent de bien documenter et de décrire les cas d'utilisation tout en montrant comment les enchaînements se succèdent, ou à quel moment les acteurs secondaires sont sollicités. On ne peut présenter ici les séquences de tous les cas d'utilisation ; ainsi, les cas d'utilisations concernés ici sont :

- **S'authentifier**
- **AfficherParametres**
- **RecevoirAlerte**
- **ControlerAlimentation**

- **MettreEnJourInfos**

a) Diagramme de séquence pour s'authentifier

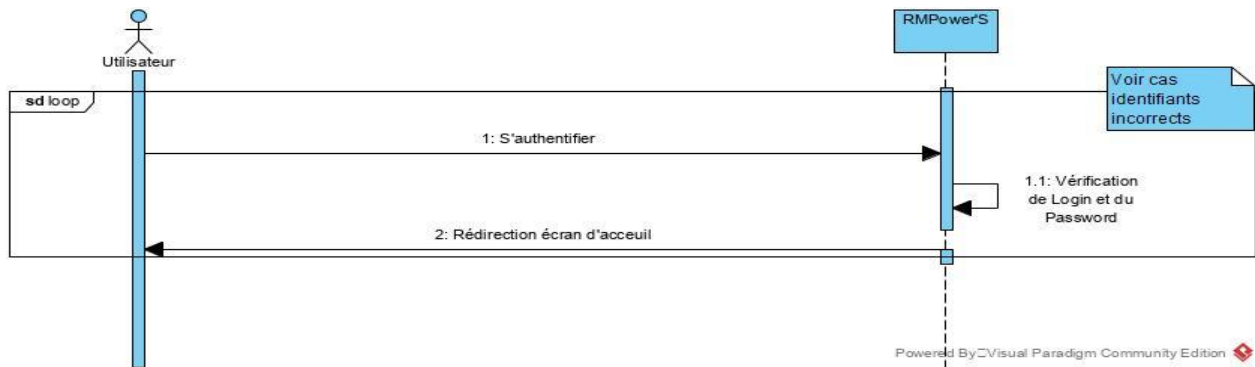


Figure 3-6. Diagramme de séquence pour le cas S'authentifier

b) Diagramme de séquence pour AfficherParametres

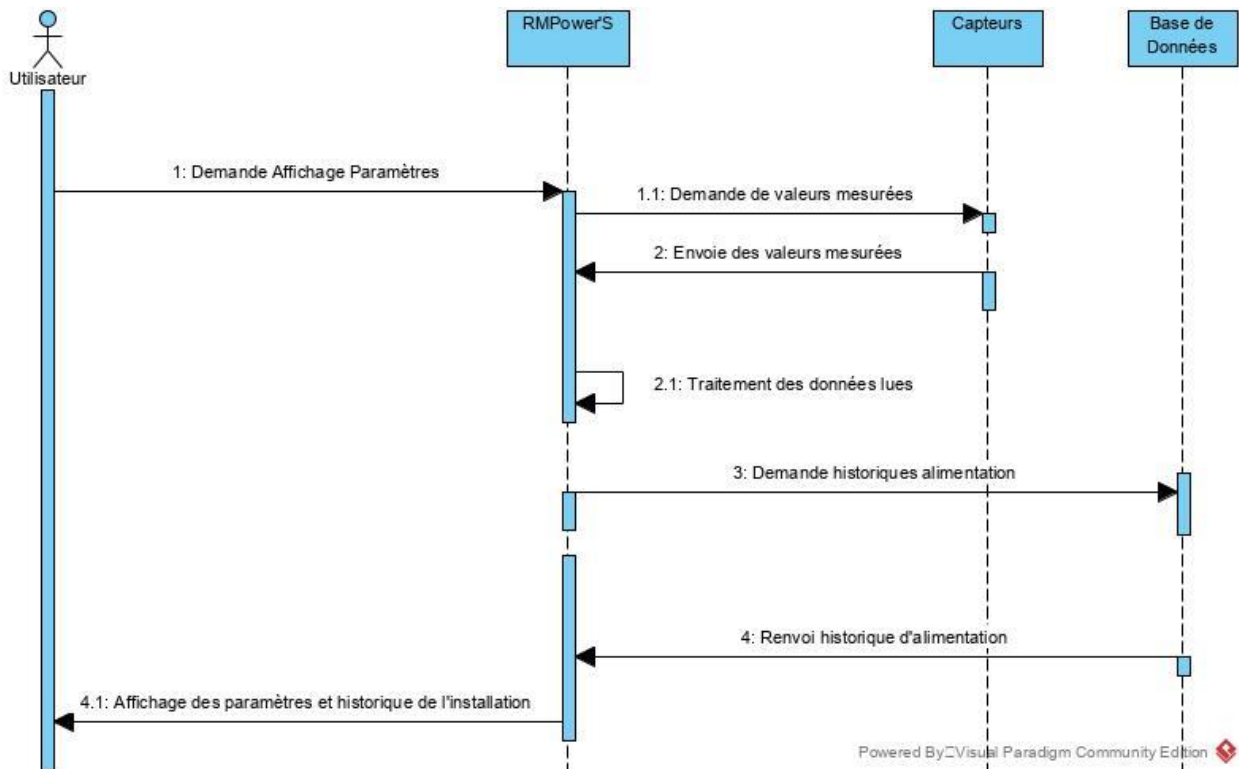


Figure 3-7. Diagramme de séquence pour le cas Afficher paramètres électriques

c) Diagramme de séquence pour le cas RecevoirAlerte

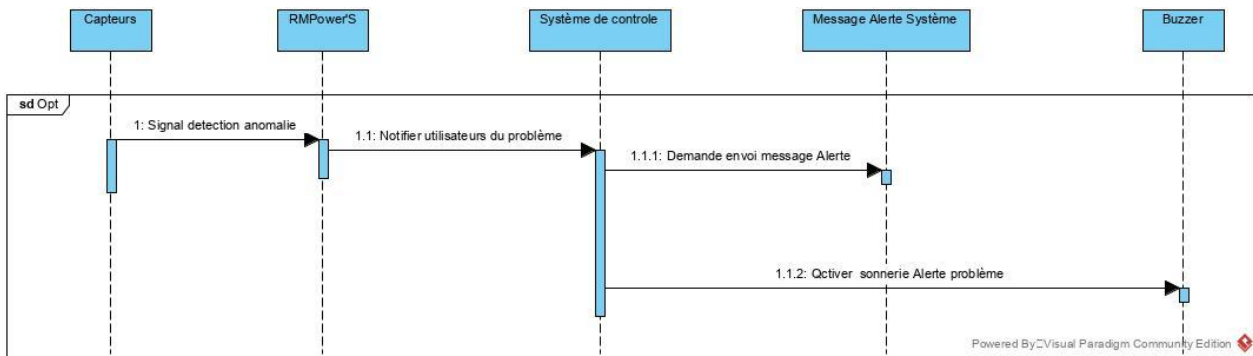


Figure 3-8. . Diagramme de séquence pour le cas Recevoir Alerte

d) Diagramme de séquence pour le cas contrôler alimentation

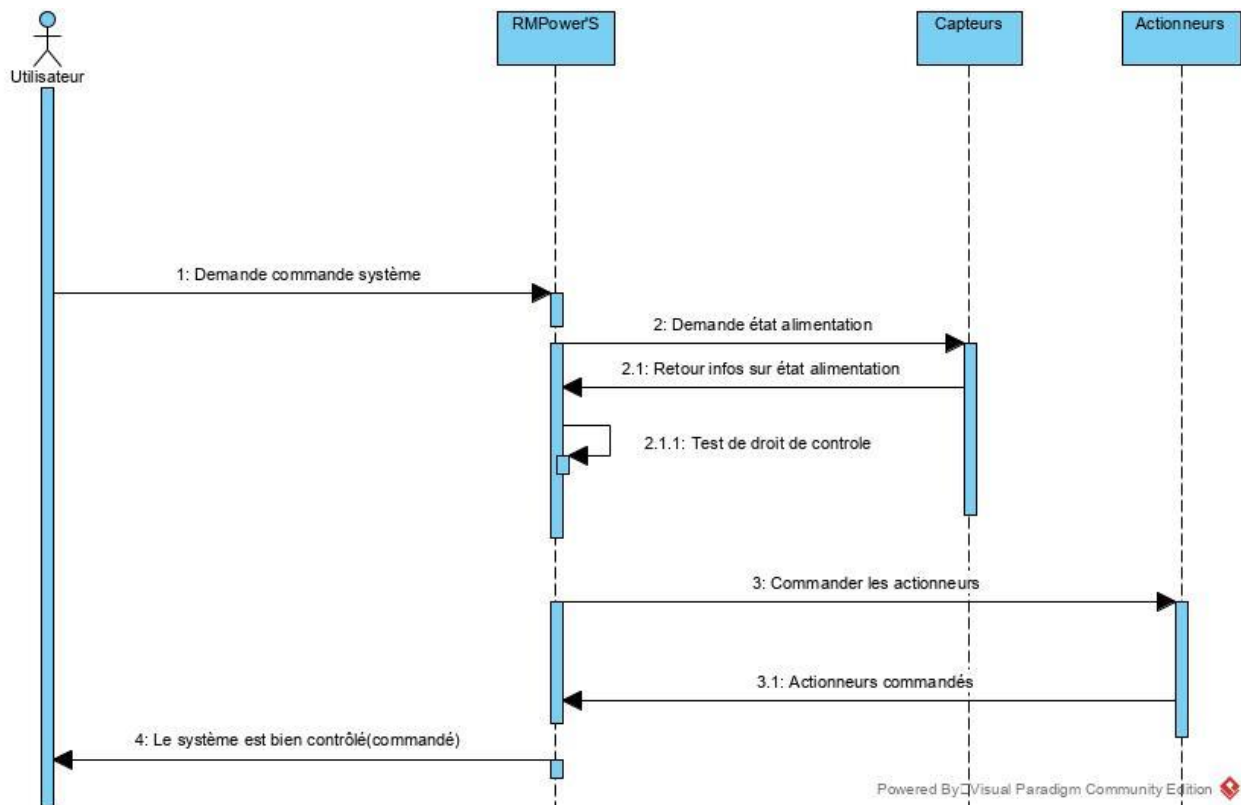


Figure 3-9. . Diagramme de séquence pour le cas Contrôler Alimentation

e) Diagramme de séquence MettreEnJourInfos

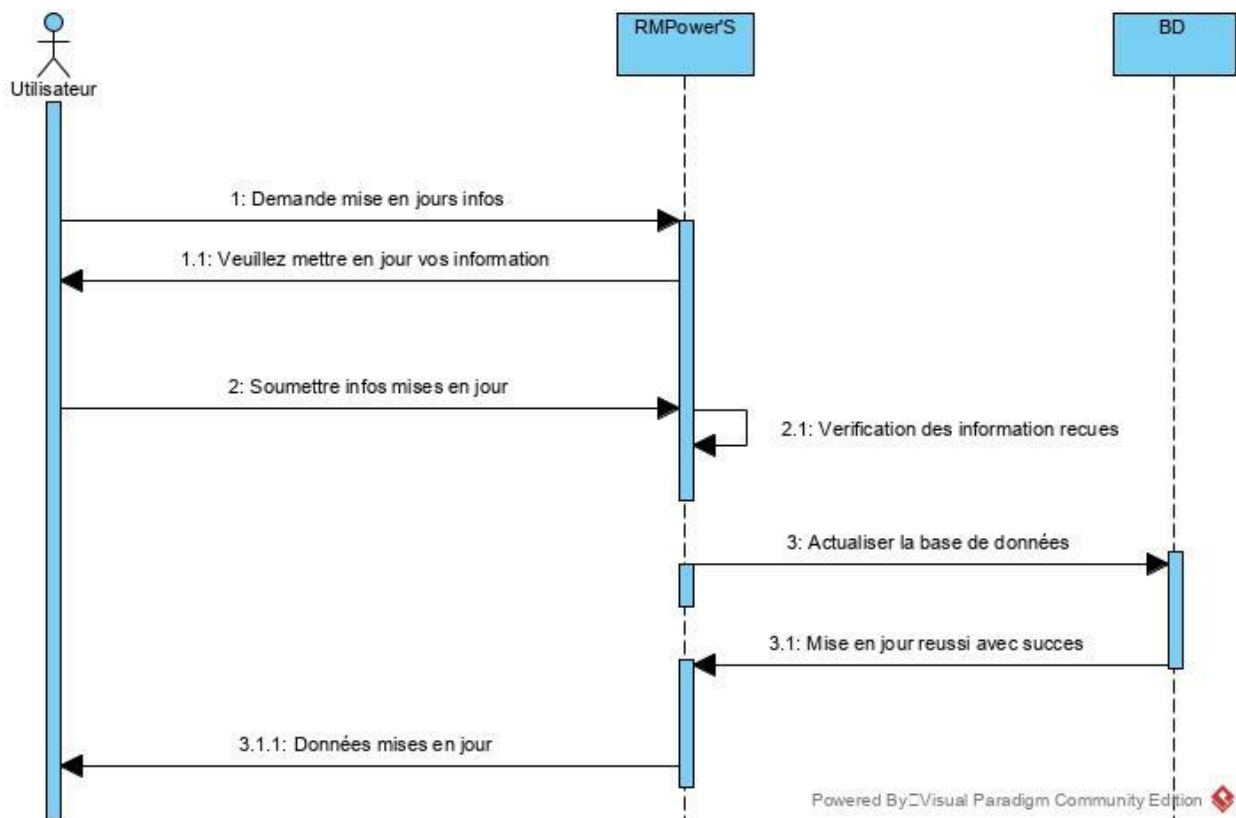


Figure 3-10. . Diagramme de séquence pour le cas Mettre en jour les infos

3.4.4. Le diagramme de définition de blocs

Le bloc SysML (« block ») constitue la brique de base pour la modélisation de la structure d'un système. Il peut représenter un système complet, un sous-système ou un composant élémentaire.

Les blocs sont décomposables et peuvent posséder un comportement. Le diagramme de définition de blocs (block definition diagram ou bdd) décrit la hiérarchie du système et les classifications système/composant. [17]

Chaque bloc (ou type) définit un ensemble d'instances partageant les propriétés du bloc, mais possédant chacune une identité unique. Le diagramme de définition de bloc est utilisé pour représenter les blocs, leurs propriétés, leurs relations.

Dans un diagramme de définition de bloc, un bloc est représenté graphiquement par un rectangle découpé en compartiments. Le nom du bloc apparaît tout en haut, et constitue l'unique compartiment obligatoire. Tous les autres compartiments ont des labels indiquant ce qu'ils contiennent : valeurs, parties et opérations.

Notre système « **RMPower'S** » est alors décrit par le diagramme de définition de blocs suivant :

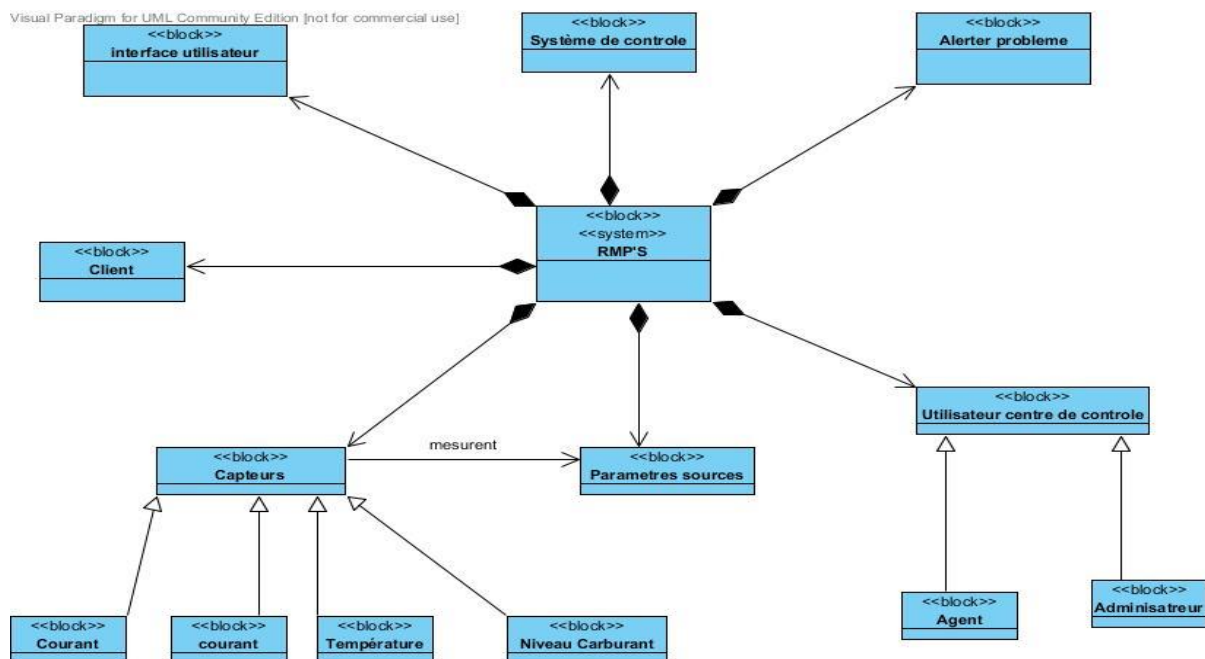


Figure 3-11. Le diagramme de définition de blocs de système RMPower'S

3.4.5. Les diagrammes d'activité

Le diagramme d'activité représente les flots de données et de contrôle entre les actions. Il est utilisé majoritairement pour l'expression de la logique de contrôle et d'entrées/sorties. Un flot est un contrôle de séquençage pendant l'exécution de nœuds d'activité. Les flots de contrôle sont de simples flèches reliant deux nœuds (actions, décisions, etc.) [17]

Pour notre système, nous démarrerons le diagramme d'activité en représentant les grandes fonctionnalités qui sont : lancement du système, le cas d'acquisition et de

transmission des paramètres de notre alimentation et le cas de visualisation de l'état de notre alimentation hybride.

a) Diagramme d'activité pour le début des activités du système

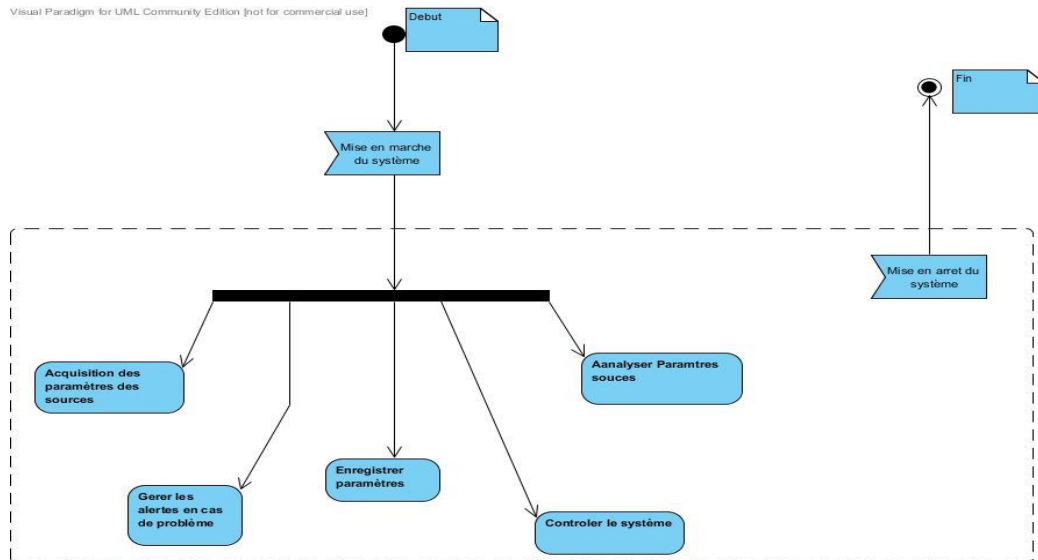


Figure 3-12. Diagramme d'activité du démarrage du système

b) Diagramme d'activité pour l'acquisition et transmission de paramètres de l'alimentation

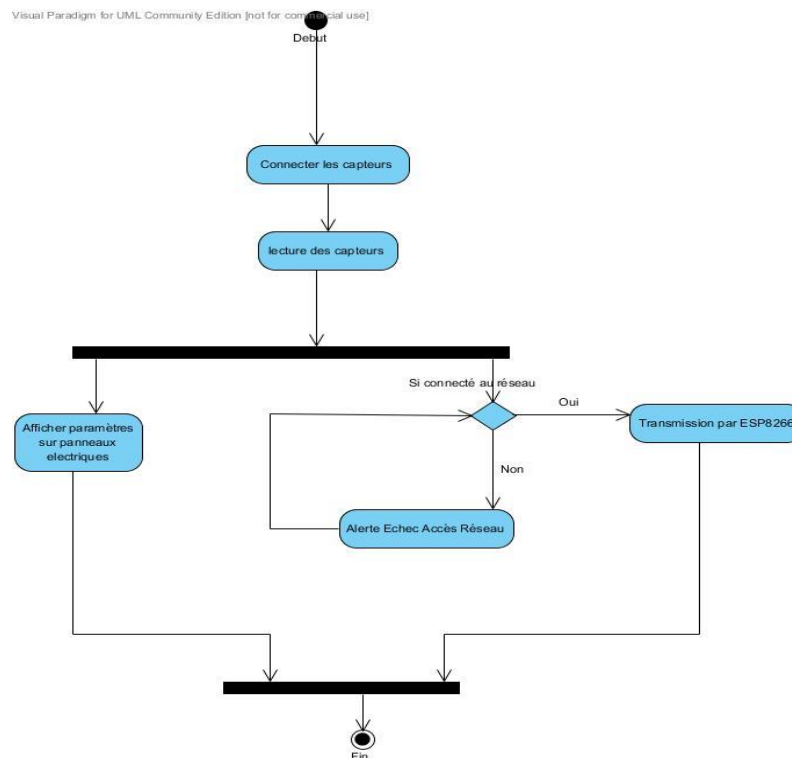


Figure 3-13. Diagramme d'activité d'acquisition et transmission de paramètres des sources

c) Diagramme d'activité de visualisation des paramètres des sources

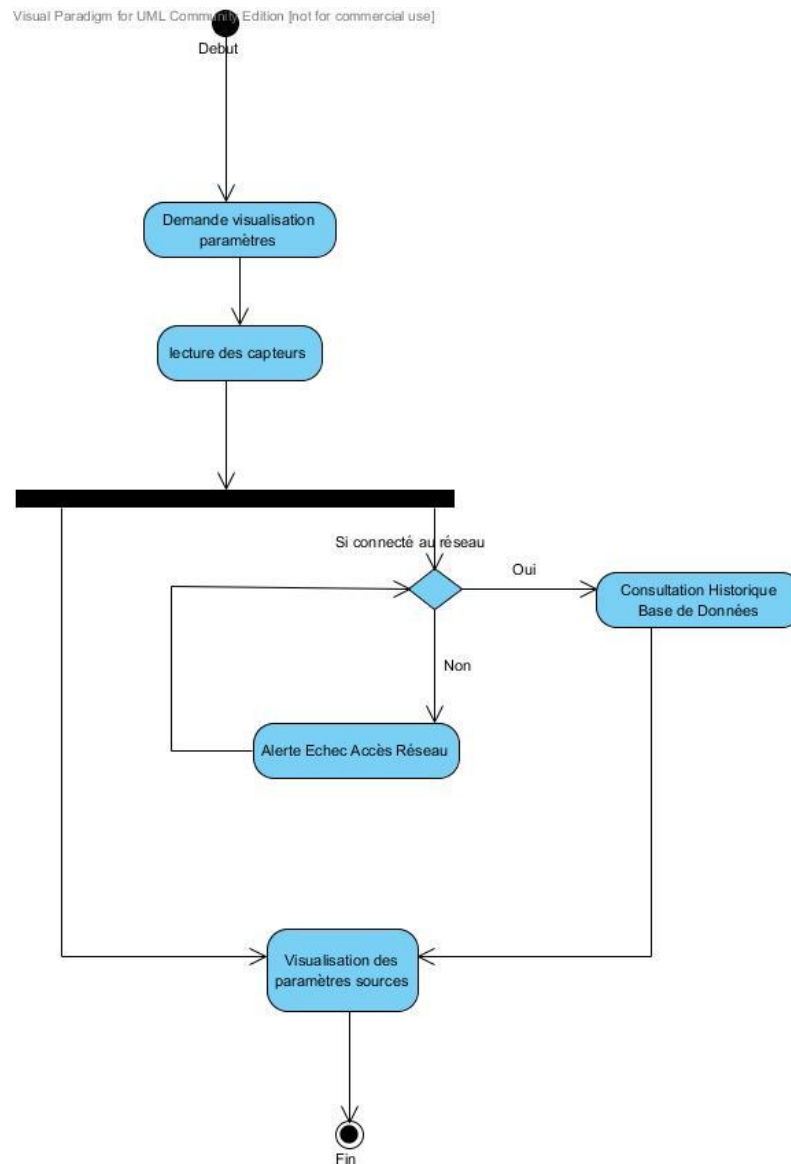


Figure 3-14. Diagramme d'activité de visualisation de l'état des sources d'alimentation

3.5. MODELISATION DE LA BASE DE DONNEES

3.5.1. Diagramme des classes

Dans la conception d'un système d'information, la modélisation des données est l'analyse et la conception de l'information contenue dans le système.

Il s'agit essentiellement d'identifier les entités logiques et les dépendances logiques entre ces entités. [19]

Pour la modélisation de la base de données de notre système nous avons opté pour le langage de modélisation UML 2. L'adoption généralisée de la notation UML dépasse le simple effet de mode. La majorité des nouveaux projets industriels utilisent cette notation. Tous les cursus universitaires, qu'ils soient théoriques ou plus techniques, abordent l'étude d'UML. Cela ne signifie pas qu'UML soit la panacée, mais que cette notation est devenue incontournable. [20]

Nous utilisons ici le diagramme de classe de UML 2 pour la modélisation de notre base de données. De ce diagramme, nous allons ensuite déduire le Modèle Logique des Données.

Le diagramme de classes est un schéma utilisé en génie logiciel pour présenter les classes et les interfaces des systèmes ainsi que les différentes relations entre celles-ci. Ce diagramme fait partie de la partie statique d'UML car il fait abstraction des aspects temporels et dynamiques.

Une classe à son tour décrit les responsabilités, le comportement et le type d'un ensemble d'objets. Les éléments de cet ensemble sont les instances de la classe.

Le diagramme de classe de notre système est ainsi représenté sur la figure ci-dessous :

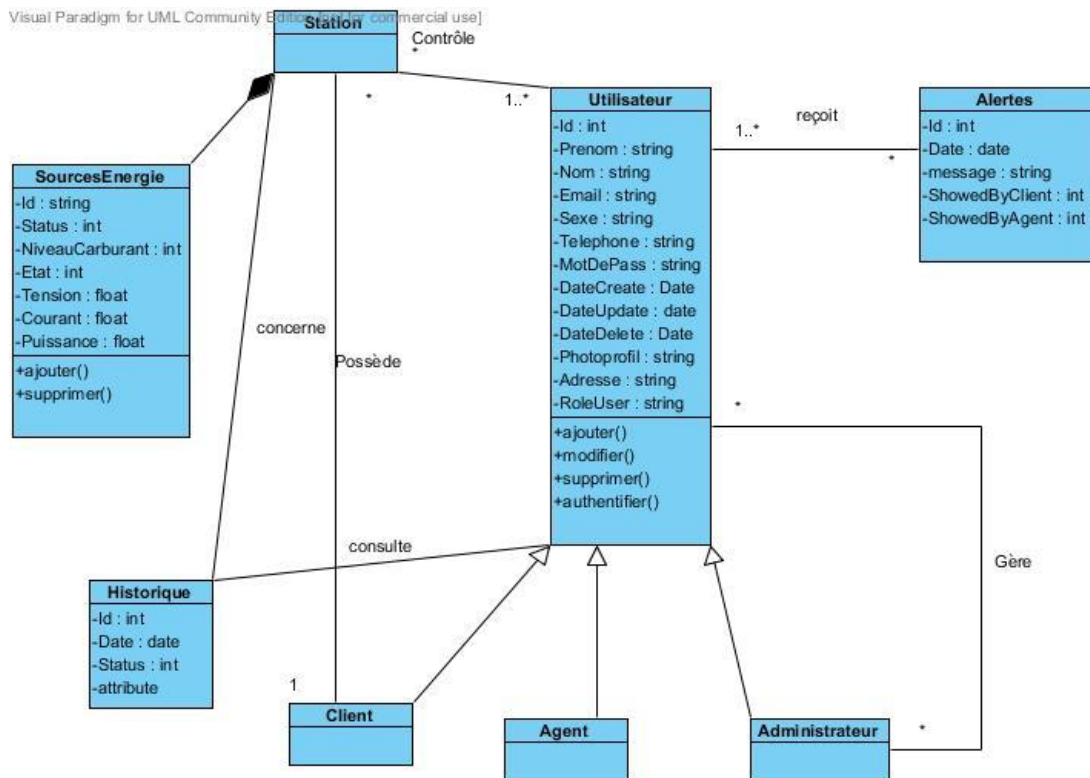


Figure 3-15. Diagramme des classes de système RMPower'S

3.5.2. Modèle logique des données

Jusqu'à présent nous avons établi le modèle conceptuel de données (MCD), or, ce dernier ne connaît pas la notion de table, tandis qu'une base de données ne connaît pas le concept des classes reliées entre-elles via des associations avec des multiplicités.

Pour cela, il existe un autre modèle appelé modèle logique des données (MLD), qui utilise essentiellement le formalisme des tables logiques. Un MLD, qui est toujours basé sur un MCD donné, contient donc toutes les informations du MCD, mais les représente à l'aide d'un formalisme différent qui est très adapté aux structures d'une base de données.

Pour passer du MCD au MLD nous avons utilisé les règles suivantes :

- Affecter une table à chaque classe ;
- Un identifiant est remplacé par une clé primaire ;

- Les attributs sont représentés par des colonnes dans une table ;
- Une association « un à plusieurs » engendre la migration de la clé primaire de la table mère à la table fille ;

Une association « plusieurs à plusieurs » est représentée par une table ayant pour clé primaire la concaténation des clés primaires des deux tables associées.

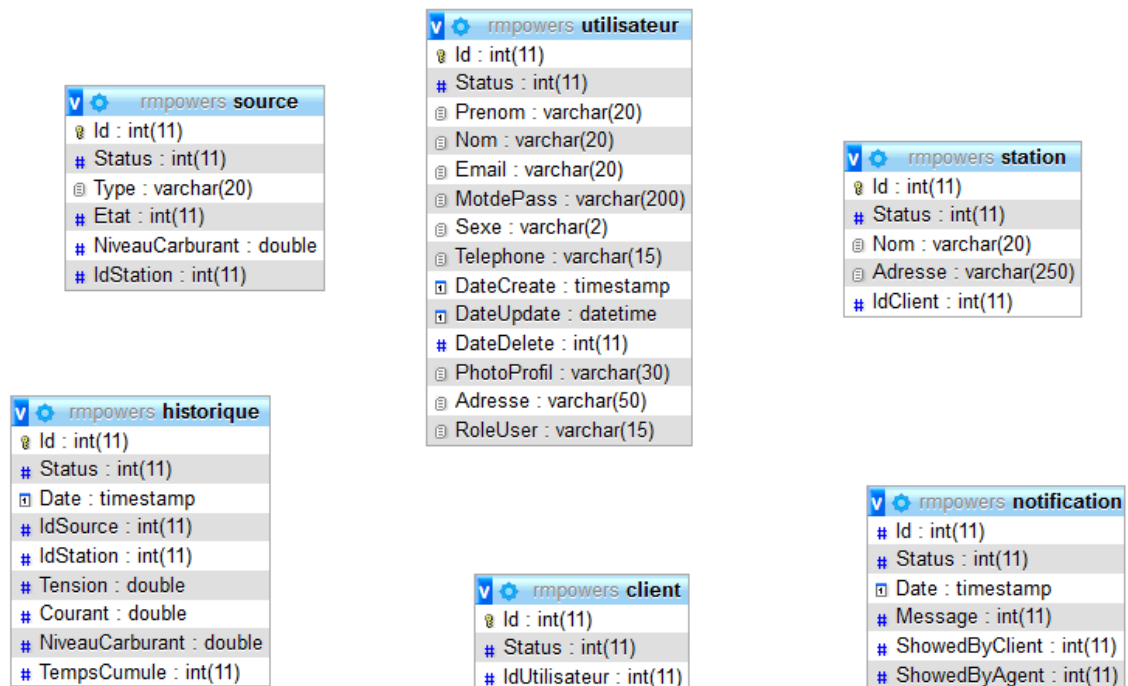


Figure 3-16. Modèle logique des données

3.6. CONCLUSION PARTIELLE

Dans ce chapitre, nous avons présenté l'architecture de notre système avant de faire son analyse et sa conception fonctionnelle. Cette modélisation a été faite aisément grâce aux différents diagrammes de modélisation SysML et UML qui sont les plus utilisés et adaptés à notre système.

Dans le chapitre suivant, nous présentons l'implémentation logicielle et matérielle de notre système ainsi que l'évaluation du coût du projet.

Chapitre 4 : IMPLEMENTATION ET ESTIMATION DU COÛT DU SYSTEME

4.1. INTRODUCTION

Après avoir achevé la partie qui a porté sur l'analyse et la conception de notre système, nous allons maintenant entamer la partie qui concerne l'implémentation.

Dans cette partie nous présentons, en premier lieu les composants matériels que nous avons utilisés pour réaliser le prototype de notre système. En second lieu, nous présentons les outils de développement et les différentes technologies que nous avons utilisés pour le développement logiciel. Et enfin, nous faisons une estimation du coût de ce projet.

4.2. PRESENTATION DES MATERIELS

Le principe de fonctionnement de notre système est basé sur l'acquisition des paramètres d'une station hybride alimentée par 3 sources de tension qui sont : la SNEL, le groupe électrogène ainsi que les batteries. Les données acquises sont ensuite analysées pour maintenir une alimentation continue et puis transmises, à travers le module Wifi, à un serveur distant qui permettra un accès et une commande à distance.

Ainsi, pour y arriver, nous avons utilisé les composants matériels suivants pour la réalisation de notre prototype :

- Une carte Arduino Méga 2560
- 3 capteurs de tension à l'aide des ponts diviseurs de tensions.
- 3 relais de commande pour commander les sources électroniquement
- 3 transistors amplificateurs pour commande des relais ;
- 4 diodes Zener de protection du microcontrôleur ;
- Un capteur de courant ACS712-30A
- Résistances
- Un convertisseur 12V-220V ;
- Un capteur Ultrason ;
- Un moteur à courant continu symbolisant le groupe électrogène ;
- 5 boutons poussoirs pour une commande manuelle ;

- 1 buzzer pour la signalisation sonore ;
- 4 Leds lumineuses ;
- Module ESP 8266-01

Dans les lignes qui suivent nous essayons de détailler brièvement ces différents composants tout en donnant leurs caractéristiques matérielles.

4.2.1. Carte Arduino Méga 2560 [21]

Ce module est le contrôleur principal de notre système, il encapsule l'intelligence de ce dernier. Ce module sert essentiellement à interconnecter tous les autres composants matériels.

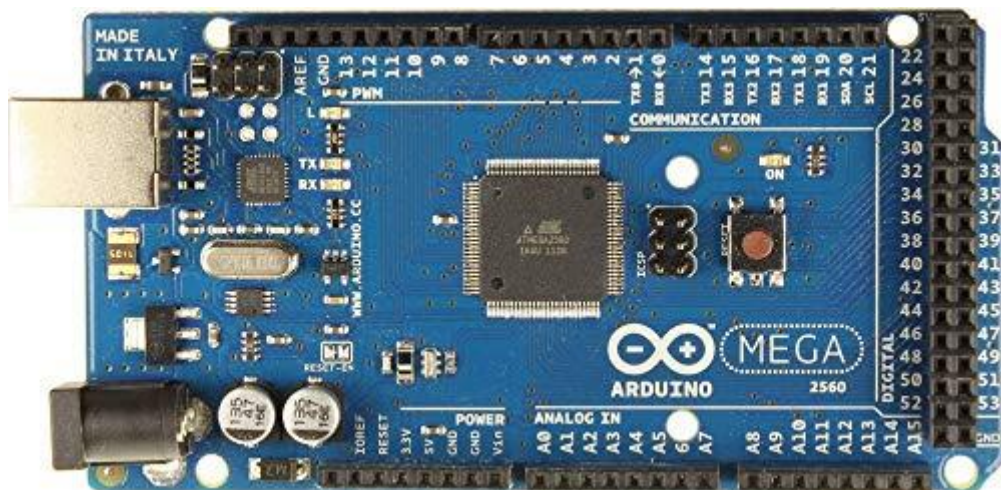


Figure 4-1. Carte Arduino Méga 2560

a) Description :

La carte Arduino Méga 2560 est basée sur un ATmega2560 cadencé à 16 MHz. Elle dispose de 54 E/S dont 14 PWM, 16 analogiques et 4 UARTs. Elle est idéale pour des applications exigeant des caractéristiques plus complètes que la Uno. Des connecteurs situés sur les bords extérieurs du circuit imprimé permettent d'enfiler une série de modules complémentaires.

b) Caractéristique :

- Version : Rev. 3
- Microcontrôleur : ATmega2560

- Tension de fonctionnement : 5 V
- Tensions d'alimentation via port USB : 5 V
- Tensions d'alimentation externe (recommandées) sur connecteur alim : 7-12 V
- Tensions d'alimentation externe (limites) : 6 et 20V
- Broches E/S numériques : 54 (dont 14 disposent d'une sortie PWM)
- Broches d'entrées analogiques : 16 (utilisables en broches E/S numériques)
- Intensité maximale disponible par broche E/S (5 V) : 40 mA
- Intensité maximale disponible pour la sortie 3.3 V : 50 mA
- Intensité maximale disponible pour la sortie 5 V : 500mA maximum si port USB utilisé seul
- Mémoire Programme Flash : 256 KB dont 8 KB sont utilisés par le bootloader
- Mémoire SRAM (mémoire volatile) : 8 KB
- Mémoire EEPROM (mémoire non volatile) : 4 KB
- Dimensions : 107x53x15 mm
- Vitesse d'horloge ou cadencement : 16 MHz

4.2.2. Capteurs de tension

Pour mesurer la tension, nous avons utilisé le principe de diviseur de tension consistant à ramener la tension d'entrée (sources) à une tension qui est compatible avec notre microcontrôleur (5V).

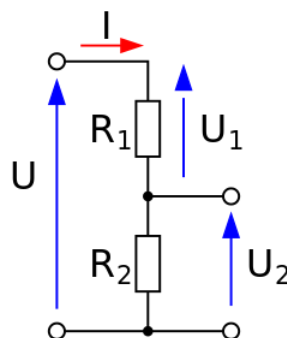


Figure 4-2. Pont diviseur de tension

Les tensions du diviseur sont reliées à la masse et les deux résistances R_1 et R_2 sont connectées en série. Une tension U est appliquée en entrée sur ces deux résistances et la tension de sortie est mesurée aux bornes de R_2 .

En utilisant la loi des mailles puis la loi d'Ohm avec les tensions U et U_2 , il est possible de déduire la relation entre la tension de sortie U_2 et la tension d'entrée U :

$$U_2 = U \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad [4-1]$$

Connaissant la tension d'entrée, pour imposer une tension U_2 maximale il faudra jouer sur le rapport de résistance.

Pour par exemple mesurer la tension de la batterie, nous avons choisi lire 2V à l'arduino pour une tension de 12V. pour ce faire, en appliquant la formule [4-1], on aura

$$2 = 12 \frac{R_2}{R_1 + R_2} \Leftrightarrow 1 = \frac{6 * R_2}{R_1 + R_2} \Rightarrow R_2 = \frac{1}{5} R_1$$

Pour $R_2 = 5,1k\Omega$ nous avons $R_1 = 1,02 \cong 1k\Omega$.

Pour ce qui concerne la mesure de tension alternative (SNEL et Groupe Electrogène), nous avons utilisé le schéma suivant :

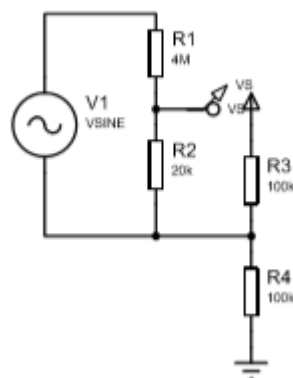


Figure 4-3. Capteur tension alternative

Partant de données sur la figure 4.3, nous avons réussi à ramener les 220V efficace ($U_{max}=311V$) à une tension alternative de 1,5 V. Puisqu'il s'agit d'une tension alternative, nous avons divisé piqué les 5V afin de la diviser par deux (deux

résistances de 100 kΩ) pour avoir les 2,5V qui correspond à une tension nulle ; ce qui fait que la tension alternative va varier du point de vu Arduino de 2,5 ± 1,5 V. Ce qui fait que la tension alternative qui est à notre source, aura l'allure suivante du coté de notre microcontrôleur :

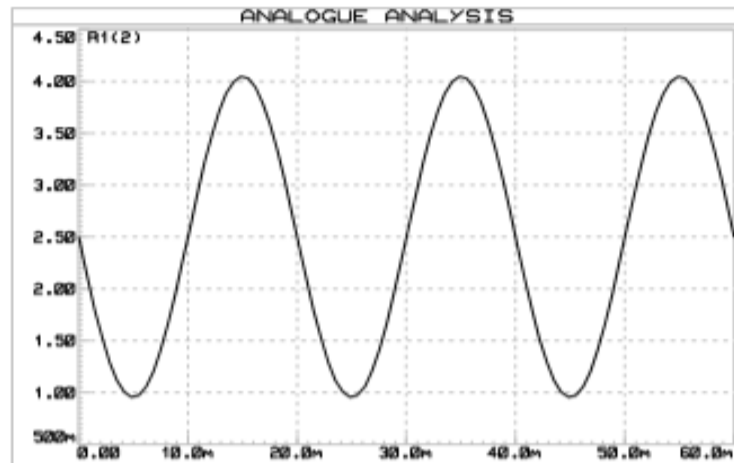


Figure 4-4. Allure variation tension alternative vue du microcontrôleur

Certes, en pratique, on peut assister à des cas de surtension où la tension d'entrée peut dépasser la tension maximale prévue, ce qui endommagerait notre microcontrôleur. Alors pour la protection de notre microcontrôleur, nous avons prévu une diode Zener 5V afin d'imposer sa tension à l'entrée du microcontrôleur, et là on peut avoir l'allure suivante :

$$U_2 = \begin{cases} f(U) & \text{si } U \leq U_{max} \\ f(U_{max}) & \text{si } U > U_{max} \end{cases} \quad [4-2]$$

4.2.3. Diodes Zener

La diode Zener est une diode qui présente une tension inverse (tension Zener) ou tension d'avalanche de valeur déterminée de 1, 2 V à plusieurs centaines de volts. Théoriquement une diode laisse passer le courant électrique dans un seul sens. Les diodes Zener sont conçues de manière à laisser passer le courant inverse si la tension aux limites du composant est plus élevée que le seuil d'avalanche.

Pour notre cas, nous avons utilisé la diode 1n4733A dont les caractéristiques sont disponibles dans la fiche technique suivante [22] :

Electrical Characteristics T_a = 25°C unless otherwise noted

Device	V _Z (V) @ I _Z (Note 1)			Test Current I _Z (mA)	Max. Zener Impedance			Leakage Current		Non-Repetitive Peak Reverse Current I _{ZSM} (mA) (Note 2)
	Min.	Typ.	Max.		Z _Z @ I _Z (Ω)	Z _{ZK} @ I _{ZK} (Ω)	I _{ZK} (mA)	I _R (μA)	V _R (V)	
1N4728A	3.135	3.3	3.465	76	10	400	1	100	1	1380
1N4729A	3.42	3.6	3.78	69	10	400	1	100	1	1260
1N4730A	3.705	3.9	4.095	64	9	400	1	50	1	1190
1N4731A	4.085	4.3	4.515	58	9	400	1	10	1	1070
1N4732A	4.465	4.7	4.935	53	8	500	1	10	1	970
1N4733A	4.845	5.1	5.355	49	7	550	1	10	1	890
1N4734A	5.32	5.6	5.88	45	5	600	1	10	2	810
1N4735A	5.89	6.2	6.51	41	2	700	1	10	3	730
1N4736A	6.46	6.8	7.14	37	3.5	700	1	10	4	660
1N4737A	7.125	7.5	7.875	34	4	700	0.5	10	5	605
1N4738A	7.79	8.2	8.61	31	4.5	700	0.5	10	6	550
1N4739A	8.645	9.1	9.555	28	5	700	0.5	10	7	500
1N4740A	9.5	10	10.5	25	7	700	0.25	10	7.6	454
1N4741A	10.45	11	11.55	23	8	700	0.25	5	8.4	414
1N4742A	11.4	12	12.6	21	9	700	0.25	5	9.1	380

Figure 4-5. Fiche technique Diode Zener

Les diodes Zener sont souvent utilisées pour réguler la tension dans un circuit. Quand on la connecte en inverse en parallèle avec une source de tension variable, une diode Zener devient conductrice quand la tension atteint la tension d'avalanche de la diode. Elle maintient ensuite la tension à cette valeur [23]. Pour notre cas, comme on peut le lire sur la fiche technique, notre diode a une tension d'avalanche de 5.1V et consomme un courant de 49 mA. Elles nous ont permis de protéger notre microcontrôleur.



Figure 4-6. Diode Zener

4.2.4. Relais

Un interrupteur contrôlé électriquement : L'excitation d'une bobine engendre un champ électromagnétique qui actionne un certain mécanisme pour l'ouverture ou la fermeture d'un contact. Il permet d'effectuer une isolation électrique entre 2 circuits qui peuvent avoir 2 niveaux de tension différents. Les relais sont disponibles avec 1 canal, 2 canaux, 4 canaux. Nous avons utilisé le modèle SRD-03VDC-SL-C qui

peut commander jusqu'à une puissance de 250VAC ou 30VDC avec un courant maximum de 10A. Ce relais comporte 5 broches dont les 2 sont pour l'alimentation de la bobine, 1 pour l'entrée de la grande puissance, 1 pour un contact normalement fermé en cas de non excitation de la bobine, et la dernière est le contact lorsque la bobine est excitée [24].

Il nous a permis de faire une sélection parmi nos sources de tension.



Figure 4-7. Relais à un canal

4.2.5. Transistors [25]

Le transistor est un composant qui fait partie (comme la diode) de la famille des semi-conducteurs, et qui est considéré comme le successeur du tube électronique (lampe). Il existe plusieurs familles de transistors, chacun voué à une tâche qui se résume souvent à deux fonctions : la **commutation** (fonctionnement dit en tout ou rien) ou l'**amplification** (fonctionnement dit linéaire). Par exemple, on peut utiliser un transistor pour commander une ampoule de puissance à partir d'un circuit intégré, qui lui-même n'aurait pas été capable de commander directement l'ampoule (à cause de valeurs de courant ou de tension non compatibles). Pour notre cas, nous avons utilisé le modèle S8050 D331 qui est du type NPN, qui peut supporter jusqu'à 40V pour un courant de 0.5 A ayant un coefficient d'amplification $\beta = 60$.

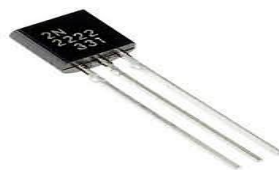


Figure 4-8. Le transistor

Les transistors nous ont servi à amplifier le signal que fourni notre microcontrôleur afin d'être capable d'exciter les bobines de nos relais afin de pouvoir fermer le contacte.

4.2.6. Capteur de courant ACS712-30A

Basé sur la puce ACS712 d'Allegro, ce capteur se branche en série avec la charge sur un circuit alternatif (AC) ou continu (DC) et permet de mesurer le courant qui traverse le capteur. Il utilise le champ magnétique généré par le courant (et donc l'effet hall) pour mesurer le courant qui le traverse. Le module propose en sortie une tension continue proportionnelle au courant à raison de 0.066V/A (66mV par ampère) [26]. Ce capteur nous a permis de mesurer le courant que consomme notre charge.



Figure 4-9. Capteur ASC-712 30A

Vous trouverez ici quelques caractéristiques additionnelles du capteur ACS712-30A [12]:

- Une précision de sortie obtenue grâce à une nouvelle compensation numérique de la température par découpage numérique.
- Bande passante typique de 50 kHz.
- Temps de montée de sortie de 5 μ s en réponse au courant d'entrée.
- Erreur de sortie maximale 1.5% à la température ambiante $T_A = 25^\circ\text{C}$, et 4% à -40°C to 85°C
- Une erreur de sortie totale considérablement amoindrie grâce à un gain et un décalage programmés et compensés numériquement sur toute la plage de température de fonctionnement.
- Petite taille du package, avec une capacité de montage facile.
- Perte de puissance ultra faible car la résistance de conducteur interne est de 1.2 m Ω .
- L'isolement galvanique permet son utilisation dans les systèmes à haute tension.
- Tension d'alimentation de 4,5 à 5,5 V.
- Tension de sortie proportionnelle aux courants AC ou DC.
- Tension de décalage de sortie extrêmement stable.

- Courant maximal mesurable de 30A

4.2.7. Convertisseur de tension 12V-220V

Un convertisseur est un dispositif d'électronique de puissance permettant de générer des tensions et des courants alternatifs à partir d'une source d'énergie électrique de tension ou de fréquence différente. C'est la fonction inverse d'un redresseur. Il nous a permis de produire une tension alternative à partir de notre batterie pour pouvoir alimenter notre charge. Nous avons utilisé le convertisseur COTEK DC-AC du modèle SP-1500-212 qui a les caractéristiques suivantes [27] :

- Tension admissible : de 10,5 à 16,5 VDC
- Puissance : 1500VA
- Fréquence : 50/60 Hz $\pm 0,5\%$;
- Tension de sortie : 200/ 220/ 230/ 240 VAC ;
- Rendement : 88% ;
- Plage admissible température : -2à 40°C ;
- protection qui reçoit à son entrée une tension de 12VDC puis produit 220V AC à la sortie



Figure 4-10. Convertisseur

4.2.8. Capteur Ultrason

Un capteur à ultrasons émet à intervalles réguliers de courtes impulsions sonores à haute fréquence. Ces impulsions se propagent dans l'air à la vitesse du son. Lorsqu'elles rencontrent un objet, elles se réfléchissent et reviennent sous forme d'écho au capteur. Celui-ci calcule alors la distance le séparant de la cible sur la base

du temps écoulé entre l'émission du signal et la réception de l'écho en utilisant la vitesse de propagation. Il suffit d'envoyer une impulsion de 10 μ s en entrée et le capteur renvoie une largeur d'impulsion proportionnelle à la distance. Le tableau IV.2 donne les caractéristiques de ce module [28].

Voici les caractéristiques du capteur à ultrason

Tableau 4-1. Caractéristique Capteur à ultrason

Capteur	HC-SR04
Alimentation	3.3 ou 5 Vcc
Consommation	15 mA
Fréquence	40 KHz
Portée	2 cm à 4 m
Déclenchement	Impulsion TTL positive de 10 μ s
Signal écho	Impulsion TTL proportionnelle à D
Calcul	Distance= impulsion (μ s)/58
Dimensions	45 x 20 x 18 mm

Ce capteur permet à notre système de mesurer le niveau de carburant contenu dans le réservoir



Figure 4-11. Capteur à Ultrason

Avec la distance séparant l'ultrason et le carburant, pour déduire la capacité de carburant il faut savoir la surface de la base du réservoir :

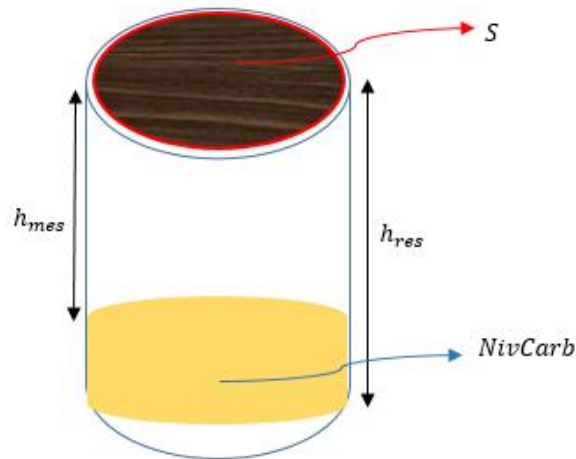


Figure 4-12. Illustration calcul niveau carburant

$$\text{NivCarb} = (\mathbf{h}_{\text{res}} - \mathbf{h}_{\text{mes}}) * \mathbf{S} \quad [4-3]$$

Avec :

NivCarb : Le niveau de carburant contenu dans le réservoir ;

h_{res} : hauteur du réservoir ;

h_{mes} : distance mesurée par l'ultrason ;

S : Surface occupée par la base du réservoir.

Signalons qu'en pratique la base du réservoir est de forme rectangulaire, ce qui veut dire tenir compte de sa longueur et de sa largeur

4.2.9. Moteur à courant continu

Un moteur est un composant de conversion d'énergie électrique en énergie mécanique. Les moteurs à courant continu transforment l'énergie électrique en énergie mécanique de rotation. Mais ils peuvent également servir de générateur d'électricité en convertissant une énergie mécanique de rotation en énergie électrique [29]. C'est le cas par exemple de la dynamo sur le vélo. En alimentant le

moteur, il effectue un mouvement de rotation dans un sens ; en inversant l'alimentation, on modifie le sens de rotation du moteur. Mais on peut aussi faire une inversion automatique en utilisant le principe de pont H : on met quatre interrupteurs suivant la forme de H (voir figure suivante). Pour effectuer un mouvement, on doit fermer les interrupteurs deux à deux.

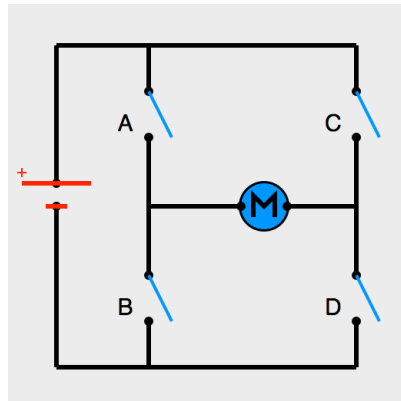


Figure 4-13. Le pont H.

Les interrupteurs sont des transistors (ils doivent être protégés de retours de tensions : les diodes). Lorsque A et D sont fermés le moteur tourne dans un sens et lorsque B et C sont fermés, il tourne dans le sens inverse. On peut effectuer un frein électromagnétique en activant A et C ou B et D. Il est à noter que si on ferme A et B ou C et D, on réalise un court-circuit ; si le moteur était alimenté par une pile, elle se déchargerait brusquement et si la tension avait été piquée de l'Arduino, on assiste au grillage du microcontrôleur ; donc il faut l'éviter. Le moteur que nous avons utilisé est alimenté par une tension de 5V piquée à partir de l'Arduino, il nous a permis de symboliser le fonctionnement d'un groupe électrogène car pour de raison de disponibilité, nous avons préféré utiliser la source de SNEL pour le groupe électrogène car présentant, en général, les mêmes caractéristiques.



Figure 4-14. Le servomoteur

4.2.10. Bouton poussoir

Le bouton poussoir ou interrupteur poussoir, est la base de l'interactivité, entre l'homme et la machine. Il permet de commander un objet, une machine ou simplement une lumière [30]. Ces boutons nous ont permis d'effectuer des commandes manuelles, c'est-à-dire directement au niveau de notre cabine pour :

- Activer ou désactiver une source de tension ;
- Désactiver l'alarme ;
- Ou effectuer un arrêt d'urgence pour tout couper en cas d'un problème majeur.



Figure 4-15. Boutons poussoirs

4.2.11. Buzzer

C'est un transducteur électronique intégré. Il est beaucoup utilisé dans les ordinateurs, imprimantes, copieuses, alarmes, jouets électroniques, etc... pour fournir une signalisation ou une alerte sonore et peut être contrôlé par programme. Le buzzer émet un son avec différentes tonalités selon les actions de l'utilisateur. Il en existe deux type : le **passif** et l'**actif**. L'actif émet un son lorsqu'il est alimenté par une tension continue tandis que le passif se comporte comme un haut-parleur à alimenter par un signal audio à diffuser [31]. Pour notre système le buzzer sera utile pour alerter si un problème ou un dysfonctionnement surgit dans notre système. Nous avons utilisé un buzzer qui s'alimente avec une tension de 5V et requiert un courant de 10 mA à 30 mA.

Pour ce faire nous avons mis une résistance de 220Ω afin de limiter le courant qui alimente le buzzer.



Figure 4-16. Buzzer

4.2.12. Led

Une LED (Light-Emitting Diode) est une diode qui émet de la lumière. Celle-ci peut être de couleur rouge, verte, bleue, jaune. Les caractéristiques des LED diffèrent selon la couleur de la lumière émise.

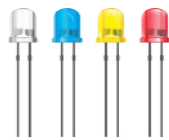


Figure 4-17. Led

Nous avons utilisé les Led pour signaler l'activité de nos différentes sources de tension mais aussi pour signaler une alerte en cas d'un problème.

4.2.13. Module WiFi ESP8266-01

L'ESP8266 est un circuit intégré avec un microcontrôleur permettant la connexion en Wi-Fi. Les modules intégrant ce circuit sont très utilisés pour contrôler des périphériques par Internet. Il utilise les commandes AT. Nous avons utilisé ce module pour nous permettre la transmission en distance de l'information.

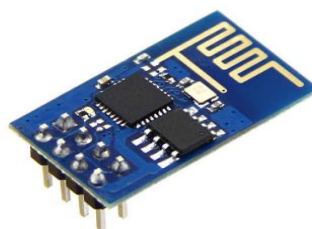


Figure 4-18. Module Wifi ESP 8266-01

Ce module possède les caractéristiques suivantes [32] :

- Nombre broche : 6
- Tension alimentation : 3,3V
- Ram : 64Ko
- Antenne : intégrée
- Consommation : entre 60mA et 200mA
- QSPI flash externe - 512 Kio à 4 Moi

4.3. TECHNOLOGIES ET OUTILS DE DEVELOPPEMENT LOGICIEL

4.3.1. Langages de programmation

Un certain nombre de langages nous ont été d'une importance capitale lors de la réalisation de notre système, on peut citer par exemple :

- **PHP** : un langage de scripts généraliste et open source, spécialement conçu pour le développement des applications web, il est facilement intégré au HTML. Nous l'avons utilisé pour développer l'application web et les services WEB de notre système.
- **JavaScript** : un langage de script principalement employé dans les pages web interactives. Celui-ci se différencie du PHP par le fait qu'il est du côté client (le navigateur) pendant que le PHP qui est exécuté côté serveur d'application. Ce langage nous a permis d'utiliser également la technologie AJAX pour la synchronisation et l'affichage de données en temps réel dans l'application Web.
- **HTML5 et CSS3** : ces deux langages de script nous ont permis de faire la représentation graphique de l'application web.
- **Le langage Arduino** : Etant le socle de notre système, le code source de notre système a été écrit dans le langage Arduino en utilisant son environnement de développement intégré qui assure la compilation et le télé-versement dans les cartes Arduino.
- **JAVA** : nous avons utilisé ce langage pour le développement de l'application Android grâce à l'environnement **de développement Android Studio**.

4.3.2. Environnements de développement

- **Les logiciels *Visual paradigm community*** : Ce logiciel nous a permis de tracer les diagrammes nécessaires présentés dans ce travail.
- **NetBeans 8.2** : est l'environnement de développement intégré que nous avons utilisé pour le développement de notre application. Il est open source et prend en charge divers langages de programmation tels que le PHP, le C++, le Java et bien d'autres. Il nous a servi pour le développement de l'application Web ;
- **XAMP Server** : est le serveur local que nous avons utilisé pour implémenter et tester notre application. Il intègre les Serveurs : Apache, MySQL, Tomcat, etc.
- **Android Studio** : est un environnement de développement pour des applications Android. Il est basé sur IntelliJ IDEA et nous a permis de développer l'application Android de notre système.
- **Arduino IDE** : Le logiciel Arduino est du type environnement de développement intégré (EDI). C'est une sorte d'atelier communément utilisé pour le développement logiciel des cartes Arduino. Il permet d'écrire, de tester et de télécharger des programmes.
- **Le logiciel Proteus** : Proteus permet d'effectuer une mesure et en évaluer les résultats de façon autonome. Les menus faciles à comprendre et les routines automatiques rendent cet outil facile à utiliser tout en permettant des analyses plus poussées [33]. Ce logiciel nous a permis de faire une simulation surtout pour la partie matérielle de notre système.

4.4. PRESENTATION DES APPLICATIONS

4.4.1. Schéma général de la télésurveillance d'une station hybride

Voici le schéma général de notre réalisation, d'où nous avons nos trois sources de tensions avec les 3 capteurs de tensions en parallèles avec les sources (utilisant le principe de diviseur de tension) et un capteur de courant ACS712 qui est à la sortie des trois relais de comande.

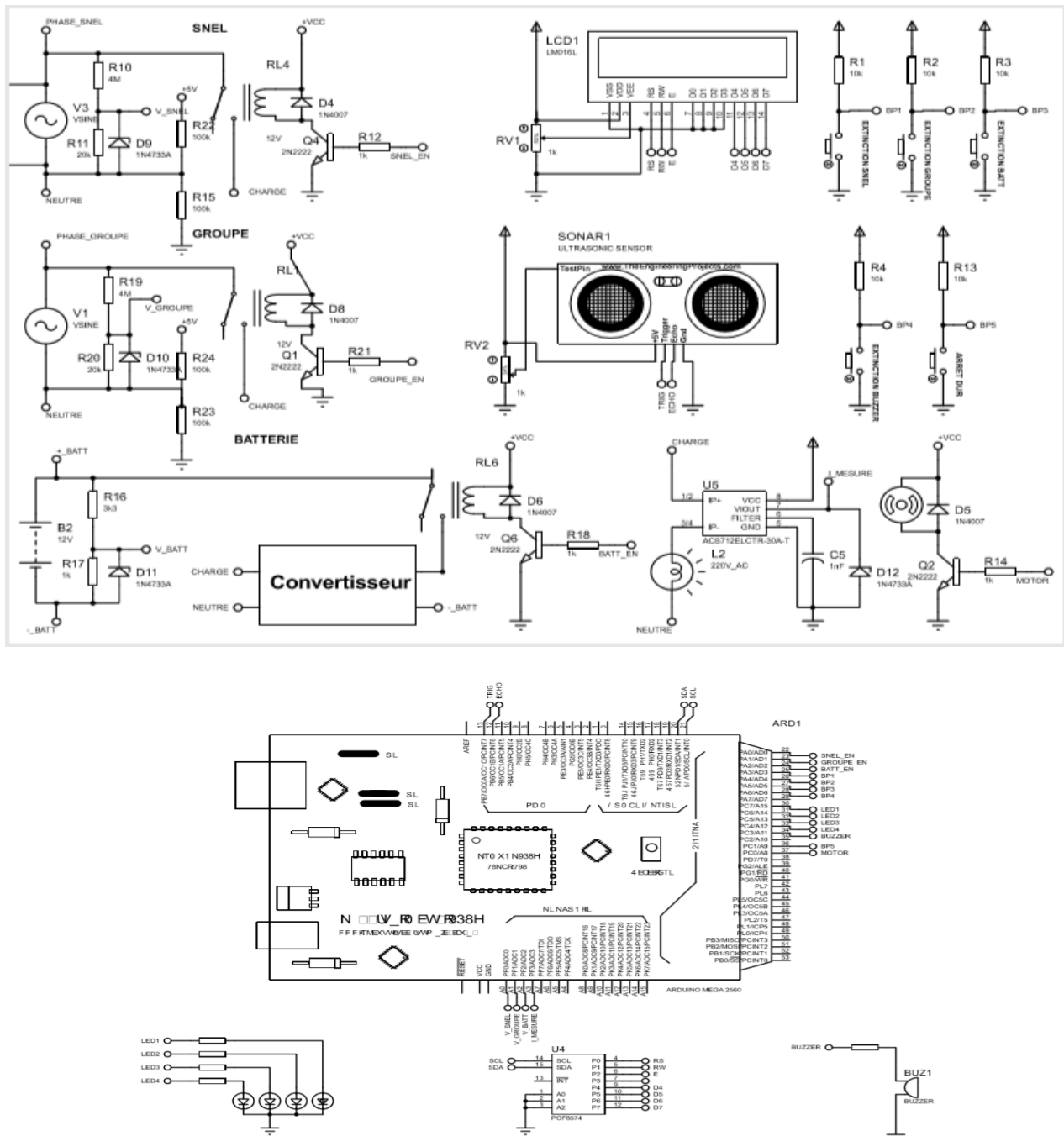


Figure 4-19. Schéma général de la télésurveillance de l'alimentation Hybride

4.4.2. Application Web

Pour arriver à faire la télésurveillance des équipements énergétiques des stations hybride, les utilisateurs concernés (Client et centre de contrôle) doivent utiliser l'application Web que nous avons développé. Cette application est accessible en ligne via un client Web qui communique avec le serveur central.

Nous avons développé une application responsive (qui s'adapte automatiquement à l'écran de l'appareil qui la consulte) pour permettre aux utilisateurs d'utiliser n'importe que type d'appareil (Ordinateur, Tablette et Smartphone).

Nous présentons dans les pages qui suivent quelques captures de ladite application.

❖ Page d'authentification

Cette interface constitue le point d'entrée de notre application. Elle permet aux utilisateurs du système de se connecter en utilisant un login et un mot de passe.

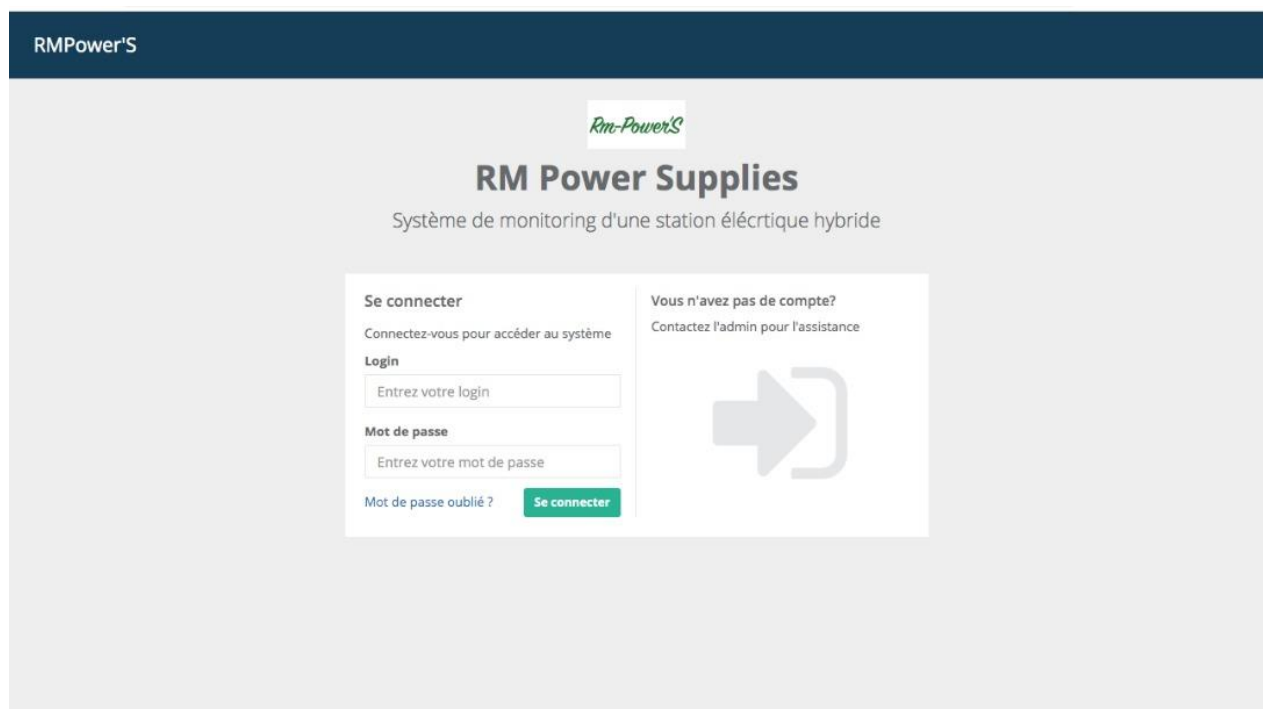


Figure 4-20. Page d'authentification

❖ Page d'accueil Administrateur/Agent

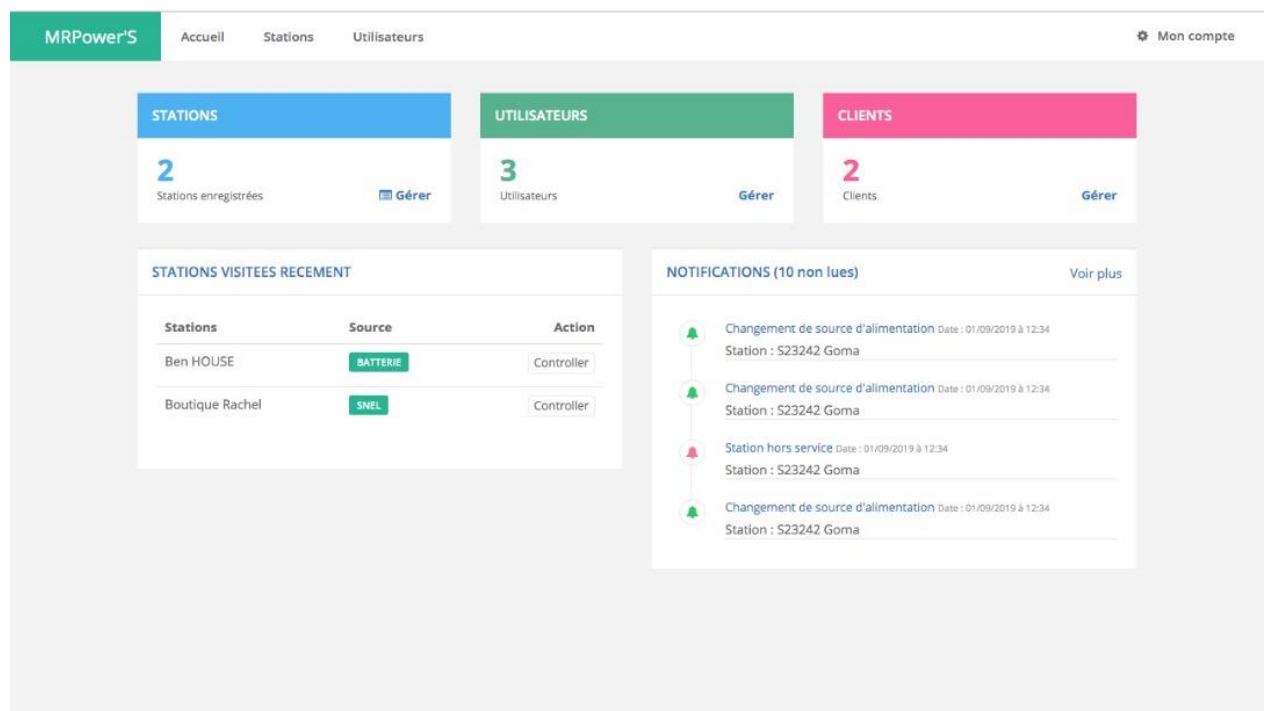


Figure 4-21. Page Accueil Centre de contrôle

❖ Tableau de bord de télésurveillance

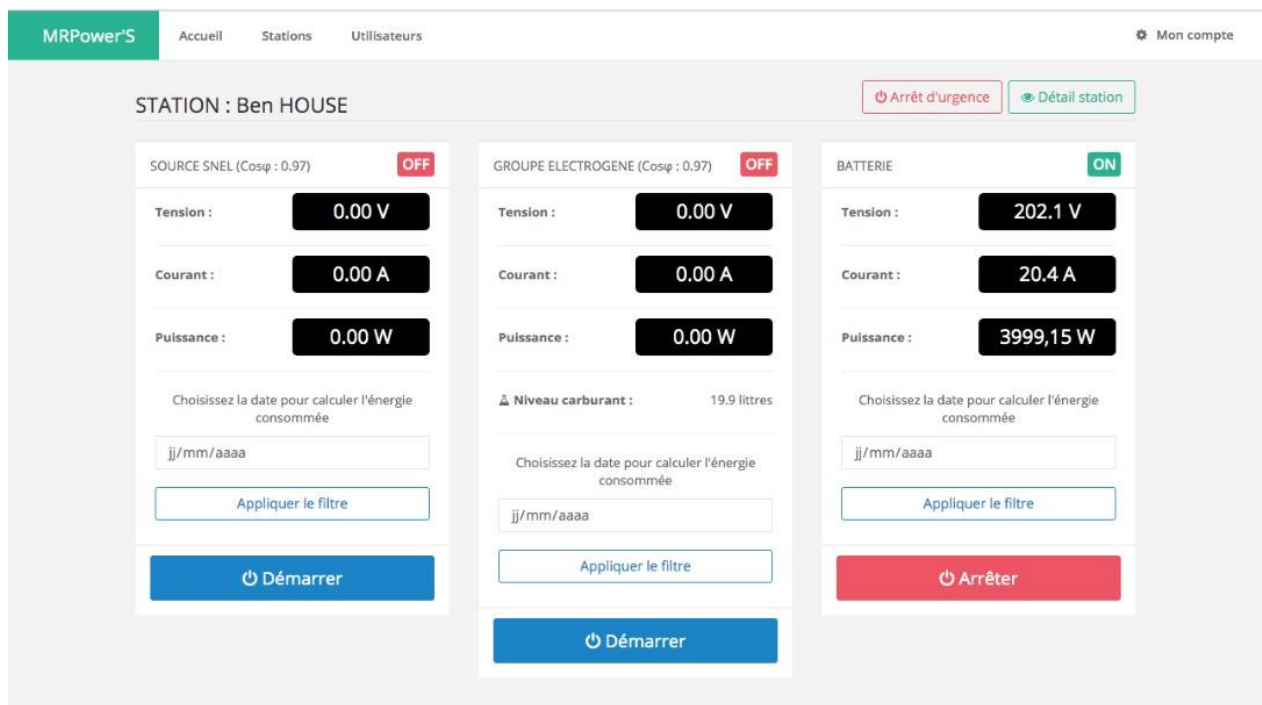


Figure 4-22. Page de contrôle d'une station

❖ Gestion des Clients

MRPowerS Accueil Stations Utilisateurs Mon compte

Liste des utilisateurs [+ Nouveau utilisateur](#)

Search: [Excel](#) [PDF](#) [Print](#)

#	NOMS	TELEPHONE	EMAIL	ROLE	ACTION
1	Rachel TAMBUKA	0978262726	rachel@gmail.com	Client	Modifier Supprimer
2	Benediction LIKANGA	0993828739	benlikanga@gmail.com	Client	Modifier Supprimer
3	Moise Gimiko	0990775772	mosesg3474@gmail.com	Admin	Modifier Supprimer

Previous 1 Next

Figure 4-23. Page de gestion des Utilisateurs

❖ Enregistrement d'un nouveau Client avec station

MRPowerS Accueil Stations Mon compte

LISTE DE STATIONS

#	STATIONS
1	Ben HOUSE
2	Boutique Rachel

[+ Nouvelle station](#)

Créer une nouvelle station

Informations de la station

Nom

Localisation

Informations du client

Nom

Prénom

Téléphone

Email

Adresse

Mot de passe par défaut

[Fermer](#) [Enregistrer](#)

ACTIONS

[CONTROLLER](#)

[CONTROLLER](#)

Figure 4-24. Formulaire d'enregistrement de la station avec son client

4.4.3. Application Android

Comme nous l'avons dit dans les lignes précédentes, le système doit permettre au client d'accéder à son installation à distance à l'aide d'une application Android. Nous avons développé une application qui permet à l'utilisateur (client) de voir aussi en temps réel l'état de son alimentation, d'agir sur celle-ci et de recevoir des notifications en cas du problème.

Les images ci-dessous présentent quelques captures d'écran de cette application Android.

❖ Activité de login

Cette interface est l'activité du démarrage de l'application. Elle permet au patient de se connecter avant de pouvoir utiliser l'application.

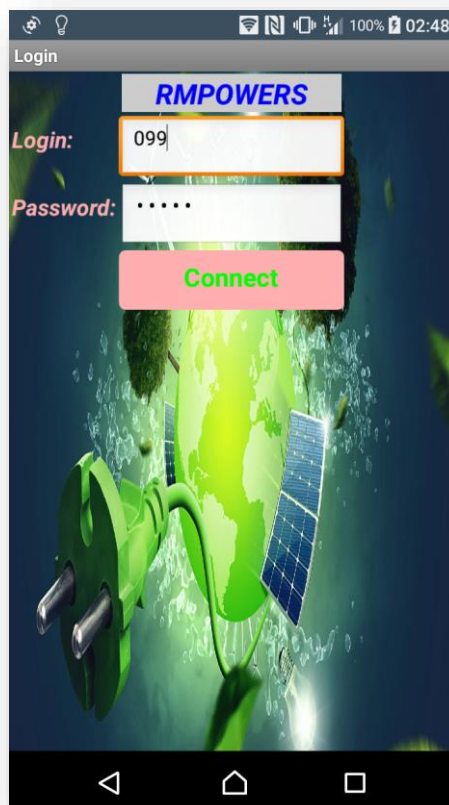


Figure 4-25. Interface de connexion du client

❖ Activité principale de monitoring

Cette activité permet à l'utilisateur de visualiser en temps réel l'état de son alimentation et d'agir dessus. Les données sont également envoyées en background vers le serveur distant.

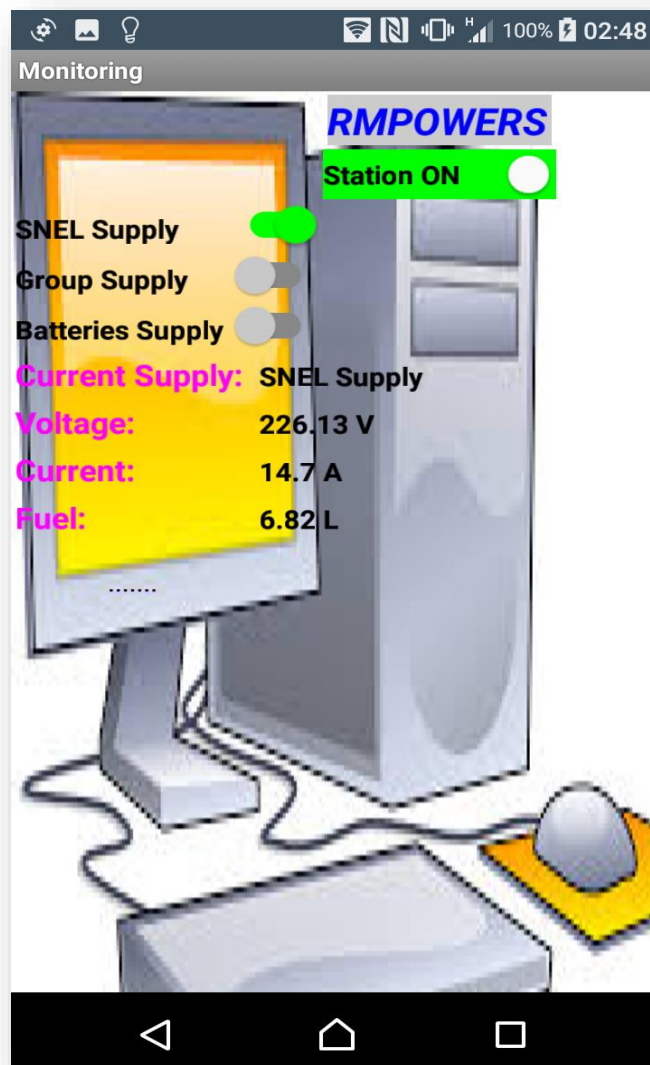


Figure 4-26. Monitorage et du contrôle par Client

❖ Activité de compte utilisateur

Cette activité permet à l'utilisateur de visualiser son profil. Il peut, à partir d'ici modifier aussi ses informations.

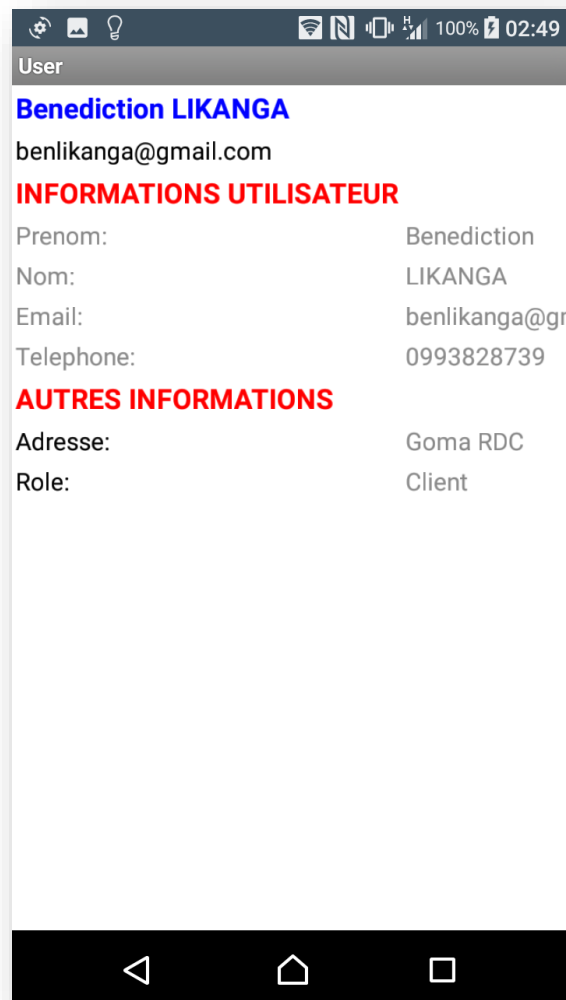


Figure 4-27. Interface de compte utilisateur

4.5. ESTIMATION DU COÛT

Parmi les différentes étapes de gestion d'un projet, l'évaluation du coût du projet est la plus importante et la plus délicate. En effet, cette phase nécessite beaucoup de rigueur et doit être la plus exhaustive possible afin de fournir un chiffrage précis, fiable et pertinent [34].

Dans le tableau suivant, nous essayons de donner les prix estimatifs de composants matériels que nous avons utilisés pour réaliser notre prototype et le coût estimatif du développement logiciel.

Tableau 4-2. Estimation de cout du prototype

#ID	COMPOSANT	QUANTITE	PRIX UNITAIRE (\$)	PRIX TOTAL (\$)
Cout des matériels				
01	Une carte Arduino Méga	1	25,99	25,99
02	Capter de courant ASC 712 30A	1	10,29	10,29
03	Relais	3	6,76	20,28
04	Capteur ultrason	1	6,99	6,99
05	Un module Wifi ESP8266	1	13,38	13,38
06	LED	1 boite	4,98	4,98
07	Résistances	1 boite	11,17	11,17
08	Diodes Zener	1 boite	12,76	12,76
09	Transistors	1 boite	11,29	11,29
10	Ecran LCD	1	5,99	5,99
11	Servomoteur	1	9,47	9,47
12	Fils conducteurs	1 paquet	13,97	13,97
13	Boutons poussoirs	1 boite	5,16	5,16
14	Buzzer	1	3,78	3,78
Sous Total 1				155,5
Cout du développement logiciel				
16	Application Web	1	1350	1350
17	Application Android	1	1000	1000
Sous Total 2				2350
Total Général				2505,5

4.6. CONCLUSION PARTIELLE

Dans cette partie nous avons présenté les différentes composantes qui ont contribuées à la mise en place de notre système. Nous avons ensuite présenté les interfaces de pilotage pour prendre en main les applications web et Android développées.

CONCLUSION GENERALE

Nous voici au terme de notre travail de fin d'études qui est intitulé « mise en place d'un système de télésurveillance des stations électriques hybrides alimentées par : SNEL, Batteries et Groupe Electrogène ».

Dans le cadre de ce travail, nous avons mené une étude sur la gestion d'énergie d'une station hybride et particulièrement en RDC.

Les stations alimentées par plusieurs sources d'énergie nécessitent une commutation automatique afin de maintenir l'alimentation continuellement disponible mais aussi exigent d'intervenir à moindre délais au cas où un problème surgirait dans le système. C'est dans ce sens que nous avons proposé dans ce travail un système de télésurveillance électrique pour le suivi des stations hybrides à distance.

Ledit système se veut être un moyen de maintenir l'alimentation électrique continue en jouant sur les sources disponibles tout en permettant à ses utilisateurs d'éviter de nombreux risques en intervenant en temps réel et de n'importe où sur le système tout en réduisant le coût et en gagnant en temps.

Pour arriver à cette fin, nous avons commencé par présenter dans le premier chapitre de ce travail, les généralités sur l'énergie électrique où nous avons parlé de quelques concepts tels que : les sources d'énergies, l'obtention de l'énergie électrique, les énergies vertes, l'alimentation hybride, ...

Dans le deuxième chapitre, nous avons présenté un état de l'art de la télésurveillance électrique avant de faire le choix technologique pour l'implémentation de notre système. Le troisième chapitre de ce travail a porté sur l'analyse et la conception du système. Et enfin, dans le dernier chapitre nous avons présenté la réalisation du système et l'estimation du coût de ce dernier qui s'élève à **2505,5 USD**.

Nous avons ainsi conçu et réalisé un système de télésurveillance des stations hybrides qui s'adapte aux contextes et technologiques de notre milieu.

A l'initial de notre recherche, nous nous sommes posé les questions suivantes :

- Est-t-il possible de mettre en place un centre de surveillance et de contrôle des stations alimentées sous différentes sources d'énergie afin de faire des monitorings et d'intervenir en temps réel et en distance sur ces stations ?
- Est-il possible d'automatiser ou de contrôler une alimentation électrique composée de plusieurs sources d'énergie en fonction de la disponibilité des sources et de la minimisation de cout ?
- Quelles sont les interfaces par lesquelles un utilisateur pourra surveiller et contrôler les équipements énergétiques en distance ?

Evoluant dans notre recherche, nous avons pu affirmer toutes nos hypothèses telles que proposées anticipativement à l'introduction du présent travail. De cela, nous avons pu mettre en place un centre de contrôle de stations hybrides qui sont alimentées par les trois sources de tension : SNEL, Groupe électrogène ainsi que les batteries. De là, nous avons mis en place un système d'automatisation de l'alimentation tout en la maintenant continue selon les sources disponibles suivant une priorité fixée. Pour permettre le contrôle de nos stations, nous avons mis en places 3 interfaces permettant aux utilisateur d'interagir avec les stations : un tableau de bord d'interface homme machine installé à la cabine pour permettre au client d'interagir avec le système une fois présent physiquement à la cabine ; une application web accessible à partir du centre de contrôle permettant un monitoring et un contrôle distant des stations à contrôler ; puis enfin nous avons mis en place une application mobile tournant sous Android pour permettre au client d'avoir accès au système étant à distance.

Nous ne pouvons pas prétendre avoir abordé tous les aspects liés à ce domaine qui est la télésurveillance électrique, ainsi donc nous sommes ouverts aux suggestions et critiques constructives. Nous proposons également aux futurs chercheurs qui désireront y apporter un plus, de bien vouloir prendre en compte l'intégration d'un module d'intelligence artificielle pour la détection et la prédiction d'éventuelles anomalies ou problèmes qui peuvent surgir dans une station tout comme dans une société de distribution grâce aux données recueillies dans les

historiques des stations à contrôler. Ils peuvent aussi ajouter la localisation géographique et le contrôle visuelle(cameras) de toutes les stations sous contrôle et enfin mettre en place une technologie permettant de faire des maintenances préventives de ces stations à distance.

BIBLIOGRAPHIE

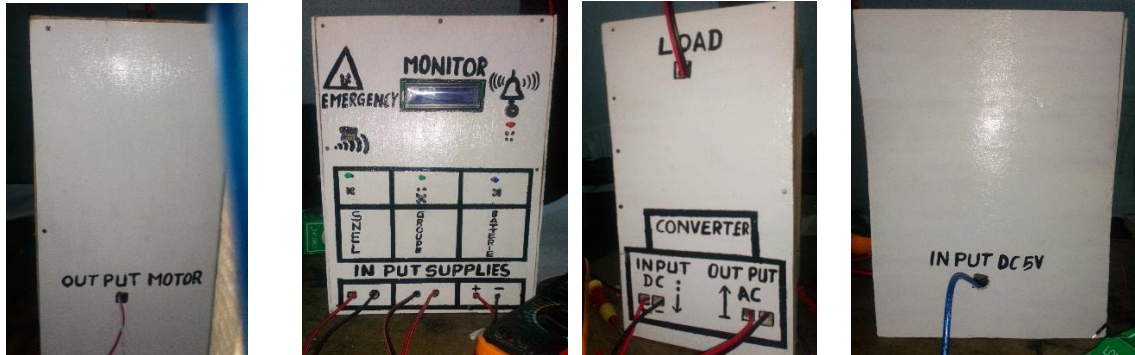
- [1] B. Boixiere, Production de l'énergie électrique, Angoulême: Académie de Poitier, 2013.
- [2] M. Lepage, Sources-énergies, Liège: KillMyBill, 2017.
- [3] EDF, «L'énergie géothermique,» 26 Juillet 2019. [En ligne]. Available: <https://www.edf.fr/groupe-edf/espaces-dedies/l-energie-de-a-a-z/tout-sur-l-energie/produire-de-l-electricite/qu-est-ce-que-la-geothermie>.
- [4] P.-L. V. Roger Ginocchio, L'énergie hydraulique et environnement, Paris: Editions Tec & Doc, 2006.
- [5] «L'energie solaire beneficie d'une forte acceptabilite sociale en france,» 2016. [En ligne]. Available: <https://lenergeek.com/2016/11/03/lenergie-solaire-beneficie-d'une-forte-acceptabilite-sociale-en-france/>. [Accès le 14 Septembre 2019].
- [6] A. A. ALLAOUA Ferhat, Etude et implémentation d'une stratégie de controle d'un système hybride, Bejaia: Université Abderrahmane Mira, 2012.
- [7] J. Azanon, «Gestion efficace dans les systèmes de télécommunications,» *Revue Circutor*, pp. 3-4, 2015.
- [8] L. CROCI, Gestion de l'énergie dans un système multi-sources photovoltaïques et éolien avec stockage hybride Batteries/supercondensateurs, Pointiers: Université de Pointiers, 2013.
- [9] A. C. S. B. K. A. C. K. K. B. Taghezouit*, Monitoring et Supervision d'un Système PV connecté au réseau, Alger: Centre de Développement des Energies Renouvelables, 2013.
- [10] M. K. BONI-SYLVRE, Conception et réalisation d'un système de contrôle et de gestion optimale de l'énergie : cas des systèmes énergétiques hybrides photovoltaïque - groupe électrogène, Goma: ULPG, 2019.
- [11] T. KATEMBO, Etude et conception d'un système de télésurveillance d'un groupe électrogène à l'aide d'une application Android, Goma: ULPGL, 2019.
- [12] K. W. M. Abednego, Conception d'un compteur d'énergie électrique intelligent connecté à la base de données de la société de distribution, Goma: ULPGL, 2019.
- [13] B. K. Trésor, Conception et implémentation d'un système mobile connecté de télésurveillance médicale des paramètres vitaux de santé, GOMA: ULPGL, 2018.
- [14] H. ADEL, Stratégie de gestion multi énergie dans un système hybride éolien-Diesel-dispositif de stockage », Québec: Université du Québec, 2007.
- [15] R. Bienfait, Complément des OS et Sécurité Informatique, Goma: ULPGL, 2019.

- [16] R. M. Prince, Etude et conception d'un système de positionnement Indoor 2D Hybride de base sur les technologies RFID et ULTRASON, GOMA: ULPGL, 2019.
- [17] R. Pascal, SysML par l'exemple, un langage de modélisation pour système complexes, 4e édition ed., Paris: EYROLLES, 2007.
- [18] M. M. Amine, COURS 5 ANALYSE, ESI, 2011.
- [19] Wikipedia, «Modélisation des données,» Wikipédia, 11 Avril 2018. [En ligne]. Available: https://fr.wikipedia.org/wiki/Modélisation_des_données. [Accès le 04 Septembre 2019].
- [20] S. Christian et B. Frédéric, Modélisation des bases de données, Paris: EYROLLES, 2015, p. 365.
- [21] GoTronic, «Carte Arduino Mega 2560-12421,» 2012. [En ligne]. Available: <https://www.gotronic.fr/art-carte-arduino-mega-2560-12421.htm>. [Accès le 12 Octobre 2019].
- [22] O. SEMICONDUCTOR, «1n4733A-118240:pdf,» 2009. [En ligne]. Available: <https://www.mouser.fr/datasheet/2/308/1N4733A-1118204.pdf>. [Accès le 04 11 2019].
- [23] C. Electronique, «Diode Zener,» 7 Avril 2010. [En ligne]. Available: http://www.composelec.com/diode_zener.php. [Accès le 28 Octobre 2019].
- [24] V. ELECT, «x3 Relais 3V - 250V / 10A SRD-03VDC-SL-C,» DIY ELECTRONIQUE, 2019. [En ligne]. Available: <https://www.vs-elec.fr/fr/relais/3241-x3-relais-3v-250v-10a-srd-03vdc-sl-c-3665662023728.html>. [Accès le 06 11 2019].
- [25] Zpag, «Transistor,» [En ligne]. Available: <http://www.zpag.net/Electroniques/Transistor/transistor.htm>. [Accès le 28 Octobre 2019].
- [26] L. m. Know, «Capteur de courant ASC-712 30A,» [En ligne]. Available: <https://letmeknow.fr/shop/fr/autres/1565-capteur-de-courant-ac-712-30a-0726146001625.html>. [Accès le 28 Octobre 2019].
- [27] P. SHIP, «Convertisseur DC-AC 12V en 230V - 1500W COTEK,» [En ligne]. Available: <https://www.proship.fr/convertisseurs-pur-sinus/3458-convertisseur-cotek-dc-ac-12v-en-230v-1500w.html>. [Accès le 6 Novembre 2019].
- [28] Microsonic, «Capteur à ultrason, principe,» 2019. [En ligne]. Available: <https://www.microsonic.de/fr/support/capteurs-%C3%A0-ultrasons/principe.htm>. [Accès le 28 Octobre 2019].
- [29] W. d. Savoir, «Le moteur à courant continu- Arduino,» [En ligne]. Available: https://zestedesavoir.com/tutoriels/686/arduino-premiers-pas-en-informatique-embarquee/747_le-mouvement-grace-aux-moteurs/3437_le-moteur-a-courant-continu/. [Accès le 6 Novembre 2019].
- [30] IHM3D, «Bouton poussoir,» [En ligne]. Available: <http://www.ihm3d.fr/httpwww-ihm3d-fr-le-bouton-poussoir.html>. [Accès le 28 Octobre 2019].
- [31] L. m. know, «Piezzo Buzzer,» [En ligne]. Available: <https://letmeknow.fr/shop/fr/audio/512-piezo-buzzer-actif.html>. [Accès le 6 Novembre 2019].

- [32] F. I. t. même, «ESP 8266, un arduino avec Wifi,» [En ligne]. Available: <https://www.fais-le-toi-meme.fr/fr/electronique/materiel/esp8266-arduino-wifi-2-euros>. [Accès le 6 Novembre 2019].
- [33] Logiciel NTZSCH Proteus, [En ligne]. Available: <https://www.netzsch-thermal-analysis.com/fr/produits-solutions/logiciel/proteus/>. [Accès le 3 Septembre 2019].
- [34] D. Galiana, «Comment estimer le coût d'un projet ?,» 1 novembre 2017. [En ligne]. Available: <https://www.planzone.fr/blog/comment-estimer-cout-projet>. [Accès le 4 octobre 2019].
- [35] F. Duchêne, *Fusion de Données Multicapteurs pour un Système de Télésurveillance Médicale de Personnes à Domicile*, Grenoble: HAL, 2005.
- [36] AFNOR, La démarche de projet, 2013.
- [37] R. Pascal, *SysML par l'exemple, un langage de modélisation pour systèmes complexes*, 4e édition éd., Paris: EYROLLES, 2007.
- [38] M. M. Amine, COURS 5 ANALYSE, ESI, 2011.
- [39] T. S. Christian, *Modélisation des systèmes d'information*, Paris: SUPINFO, 2018.
- [40] Wikipedia, «Modélisation des données,» Wikipedia, 11 avril 2018. [En ligne]. Available: https://fr.wikipedia.org/wiki/Modélisation_des_données. [Accès le 23 septembre 2018].
- [41] S. Christian et B. Frédéric, *Modélisation des bases des données*, Paris: EYROLLES, 2017.
- [42] [En ligne]. Available: <https://boutique.semageek.com/fr/372-capteur-de-distance-ultrason-hc-sr04.html>. [Accès le 2 Septembre 2019].
- [43] S. SEMAGEEK, «Capteur de distance Ultrason HC-SR04,» 2009. [En ligne]. Available: <https://boutique.semageek.com/fr/372-capteur-de-distance-ultrason-hc-sr04.html>. [Accès le 28 Octobre 2019].
- [44] R. LEFEVRE, «Qu'est-ce qu'un servomoteur,» 15 09 2015. [En ligne]. Available: <https://www.supinfo.com/articles/single/296-qu-est-ce-qu-servomoteur>. [Accès le 28 Octobre 2019].

ANNEXES

1. Maquette du système



2. Code source Arduino

Fichier Edition Croquis Outils Aide

```
mem $
#include <EmonLib.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include "SoftwareSerial.h"

//Customer ID
String clientID,stationID;

//Les entrees des sources
#define vltgSNEL A0
#define vltgGroupe A1
#define vltgBatt A2
#define iMesure A3

//THE ENERGY MONITORS
EnergyMonitor emonSNEL;
EnergyMonitor emonGroupe;
EnergyMonitor emonBatt;

// WIFI CONFIGURATIONS

#define RST_PIN      9           // Configuration RST du lecteur sur la broche9
#define SS_PIN      10          // Configuration SS du lecteur sur la broche10
String ssid ="Moses1";
String password="1234567M";
String data;
SoftwareSerial esp(10, 11);// RX, TX
String server = "192.168.43.35"; // www.example.com
String uri = "/rmPowers/receiver.php";// our example is /esppost.php
```

```
mem $
//DONNEES EN COURS MESUREES

int IdCurrentSupply;

int couperBuzer;

//DONNES SOURCES
float tensionSNEL;
float tensionGroupe;
float tensionBatt;
float courant;
float niveauCarburant;
float realPower;
float powerFactor;

int EmergencySignal;
//Calcul de l'Enrgy consommEe en fonction du temps
//float enrgySNLE;
//float enrgyGroupe;
//float enrgyBatt;

//CONNECTING TO WIFI-----
void connectWifi(){

//reset the esp8266 module

esp.println("AT+RST");
delay(1000);
if(esp.find("OK") ) Serial.println("Module Reset");else Serial.println("Module Not Reset");
```

```
//LES ENTREES CAPTEURS
//Ultrason
#define trig 13
#define echo 12
#define Motor 7

//Relays sourcee

#define relaySNEL 2
#define relayGroupe 3
#define relayBatt 4
// Les Boutons Commande manuelles
//#define BtSNEL 25
//#define BtGroupe 26
//#define BtBatt 27
#define BtBuzzer 9
#define BtArretUrgence 8

//Les OUTPUT SIGNALISATIONS
#define LedSNEL 2
#define LedGroupe 3
#define LedBatt 4
#define LedBuzzer 5
#define buzzer 6
#define sdaLDC A4
#define slcLDC A5
//Moteur simulation
#define motor 7
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2); // set the LCD address to 0x27 for a 16 chars and 2 line display

//connect to your wifi network

String cmd = "AT+CWJAP=\"\" +ssid+\"\", \"\" + password + \"\"";
Serial.println(cmd);
esp.println(cmd);
delay(3000);
if(esp.find("OK")) {
Serial.println("Connected!");
}
else Serial.println("Cannot connect to wifi");
}

//-----SETUP FONCTION -----
void setup() {

//Init Lcd
lcd.init();
lcd.backlight();
Serial.begin(9600);
esp.begin (115200);//activation du moniteur serie
// esp.println("AT+CWMODE=1");
connectWifi();

EmergencySignal=0;
clientID="1";
stationID="1";
//THE INPUT OF SYSTEM
//-----
```

```
mem $
//-----
pinMode(vltgSNEL, INPUT);
pinMode(vltgGroupe, INPUT);
pinMode(vltgBatt, INPUT);
pinMode(iMesure, INPUT);
couperBuzer=1;
//Ultrason
pinMode(trig, OUTPUT);
pinMode(echo, INPUT);

// Les Boutons Commande manuelles
//pinMode(BtSNEL, INPUT);
//pinMode(BtGroupe, INPUT);
//pinMode(BtBatt, INPUT);
pinMode(BtBuzzer, INPUT);
pinMode(BtArretUrgence, INPUT);

//THE OUTPUT OF THE SYSTEM
//-----
//Relays sources
pinMode(relaySNEL, OUTPUT);
pinMode(relayGroupe, OUTPUT);
pinMode(relayBatt, OUTPUT);

//Les signalisations
pinMode(LedSNEL, OUTPUT);
pinMode(LedGroupe, OUTPUT);
pinMode(LedBatt, OUTPUT);
pinMode(LedBuzzer, OUTPUT);

//Moteur simulation

//Moteur simulation
pinMode(Motor, OUTPUT);

//INIT THE EMONS

emonSNEL.voltage(vltgSNEL, 220,0);
emonGroupe.voltage(vltgGroupe, 220,0); // Voltage: input pin, calibration, phase_shift

//Current
emonSNEL.current(iMesure, 100);
emonGroupe.current(iMesure, 100);
emonBatt.current(iMesure, 30); // Current: input pin, calibration.
//Initialiser les valeurs

niveauCarburant=0;
IdCurrentSupply=0;

digitalWrite(relaySNEL, LOW);
digitalWrite(relayGroupe, LOW);
digitalWrite(relayBatt, LOW);
digitalWrite(LedSNEL, LOW);
digitalWrite(LedGroupe, LOW);
digitalWrite(LedBatt, LOW);
digitalWrite(LedBuzzer, LOW);
digitalWrite(buzzer, LOW);
digitalWrite(Motor, LOW);
}
```

```
//----- GET MESURE-----
void mesureCarburant(){
    float duration, hMes ;
    float distance , niveauC,h;
    digitalWrite(trig, LOW); // DEFINITION DU SIGNAL PWM EMIS
    delayMicroseconds(2); // pour s'assurer d'avoir bien 0 à trig pin
    digitalWrite(trig, HIGH);

    delayMicroseconds(10); // pour maintenir le 1 à trig pendant 10us pour l'envoi du PING
    digitalWrite(trig, LOW);
    duration = pulseIn(echo, HIGH); //mesure de la durée haut du signal sur Echo
    distance = duration / 58.0; // conversion du temps en cm
    distance/=100;
    h=0.15-distance;
    niveauC=h*0.06*1000;
    Serial.print(niveauC);
    Serial.println(" litres");
    Serial.print("Niveau carburant: ");
    Serial.print(niveauC);
    Serial.print("Litres");
    niveauCarburant=niveauC;
}

float readTensionContinu(int pin){
    long sumV =0;
    float tension = 0;
    for(int i=0;i<10;i++){
        sumV += analogRead(pin);
    }
    tension = (sumV*5*6.1)/(1023*10*1) ;
    return tension;
}

void mesureTension(){
    emonSNEL.calcVI(20,2000);
    emonGroupe.calcVI(20,2000);
    emonBatt.calcVI(20,2000);
    tensionSNEL = emonSNEL.Vrms;
    tensionGroupe = emonGroupe.Vrms;
    tensionBatt= readTensionContinu(vltgBatt);
}

//----- SELECT SUPPLY-----
void selectSupply(){
    if(tensionSNEL>150){
        arreterTout();
        IdCurrentSupply=1;
        digitalWrite(relaySNEL,HIGH);
        digitalWrite(LedSNEL,HIGH);
        couperBuzer=1;
    }
    else if(tensionBatt>10.4){
        arreterTout();
        IdCurrentSupply=3;
        digitalWrite(relayBatt,HIGH);
        digitalWrite(LedBatt,HIGH);
        couperBuzer=1;
    }
    else if(niveauCarburant>4){
        IdCurrentSupply=2;
        arreterTout();
        digitalWrite(relayGroupe,HIGH);
    }
}

```

```

        digitalWrite(Motor,HIGH);
        digitalWrite(LedGroupe,HIGH);
        couperBuzer=1;
    }
    else {
        IdCurrentSupply=0;
        arreterTout();
        actionnerBuzzer();
    }
}
//-----GET CURRENT AND REAL POWER-----

void mesureCourant() {
    if (IdCurrentSupply==1) courant = emonSNEL.Irms;
    if (IdCurrentSupply==2) courant = emonGroupe.Irms;
    if (IdCurrentSupply==3) courant = emonBatt.Irms;
    if (IdCurrentSupply==0) courant=0;
}
void mesurerPuissance() {
    if (IdCurrentSupply==1) realPower = emonSNEL.realPower;
    if (IdCurrentSupply==2) realPower = emonGroupe.realPower;
    if (IdCurrentSupply==3) realPower = courant*220.11;
    if (IdCurrentSupply==0) realPower=0;
}
//----- ACTIONNER BUZZER-----

void actionnerBuzzer() {
    if (couperBuzer==1){
        digitalWrite(LedBuzzer,HIGH);
        digitalWrite(buzzer,HIGH);
    }
}

} //----- PRINT DATAS LCD /BUZZER AND SERIAL-----

void printData() {
    lcd.clear();
    if (IdCurrentSupply==0) {

        lcd.setCursor(2,0);
        lcd.print("STATION IS OFF");
        Serial.print("STATION IS OFF");
        if (niveauCarburant<=0.5) {
            lcd.print(" : NIVEAU BAS DE CARBURANT");
            Serial.print(" : NIVEAU BAS DE CARBURANT");
        }
        lcd.println();
        Serial.println();
        lcd.print(0.00); lcd.print(" V ");
        lcd.print(courant); lcd.print(" A ");
        lcd.print(realPower); lcd.print(" W ");
        lcd.print(niveauCarburant); lcd.print(" L ");
        Serial.print(0.00); Serial.print(" V ");
        Serial.print(courant); Serial.print(" A ");
        Serial.print(realPower); Serial.print(" W ");
        Serial.print(niveauCarburant); Serial.println(" L ");
    } else {
        lcd.setCursor(3,0);
        Serial.print("SOURCE EN COURS: ");
        lcd.print("SOURCE EN COURS: ");
        if (IdCurrentSupply==1) {

            lcd.println("SNEL");
        }
    }
}

```

```

        lcd.print(tensionSNEL); lcd.print(" V ");
        lcd.print(courant); lcd.print(" A ");
        lcd.print(emonSNEL.realPower); lcd.print(" W ");
        Serial.print(tensionSNEL); Serial.print(" V ");
        Serial.print(courant); Serial.print(" A ");
        Serial.print(emonSNEL.realPower); Serial.print(" W ");
        lcd.print(niveauCarburant); lcd.print(" L ");
    }
    else
    if(IdCurrentSupply==2) {
        lcd.println("GROUPE ELECTROGENE");
        Serial.println("GROUPE ELECTROGENE");
        lcd.print(tensionGroupe); lcd.print(" V ");
        lcd.print(courant); lcd.print(" A ");
        lcd.print(emonGroupe.realPower); lcd.print(" W ");
        Serial.print(tensionGroupe); Serial.print(" V ");
        Serial.print(courant); Serial.print(" A ");
        Serial.print(emonGroupe.realPower); Serial.print(" W ");
        lcd.print(niveauCarburant); lcd.print(" L ");
    }
    else
    if(IdCurrentSupply==3) {
        lcd.println("BATTERIE");
        Serial.println("BATTERIE");
        lcd.print(tensionBatt); lcd.print(" V ");
        lcd.print(courant); lcd.print(" A ");
        lcd.print(emonBatt.realPower); lcd.print(" W ");
        lcd.print(emonGroupe.realPower); lcd.print(" W ");
        Serial.print(tensionBatt); Serial.print(" V ");
        Serial.print(courant); Serial.print(" A ");
        Serial.print(realPower); Serial.print(" W ");
    }
}
}
}

int receiveCommand() {
    return 0;
}
//-----LOOP FONCTION-----
void loop() {
    if(EmergencySignal==0) {
        mesureTension();
        mesureCarburant();
        selectSupply();
        mesureCourant();
        mesurerPuissance();
        // mesurerPuissanceEnergie();
        //sendData();
        // EmergencySignal=receiveCommand();
        printData();
    }
    else{
        IdCurrentSupply=0;
        digitalWrite(relaySNEL,LOW);
        digitalWrite(relayGroupe,LOW);
        digitalWrite(relayBatt,LOW);
        digitalWrite(LedSNEL,LOW);
        digitalWrite(LedGroupe,LOW);
        digitalWrite(LedBatt,LOW);
    }
}

```

```

digitalWrite (LedBuzzer,HIGH);
delay(3000);
digitalWrite (LedBuzzer,HIGH);
delay(1000);
digitalWrite (buzzer,LOW);
digitalWrite (Motor,LOW);
//alerte("STATION IS OFF");
}

}

void arreterTout () {
  IdCurrentSupply=0;
digitalWrite (relaySNEL,LOW);
digitalWrite (relayGroupe,LOW);
digitalWrite (relayBatt,LOW);
digitalWrite (LedSNEL,LOW);
digitalWrite (LedGroupe,LOW);
digitalWrite (LedBatt,LOW);
digitalWrite (LedBuzzer,LOW);
digitalWrite (Motor,LOW);
digitalWrite (buzzer,LOW);
delay(20);
}

void sendData () {
data = "uid="+clientId+"&name=Moses";
Serial.println(data);
esp.println("AT+CIPSTART=\\"TCP\\","\\" + server + "\",80");//start a TCP connection.
if( esp.find("OK")) {
Serial.println("TCP connection ready");
} delay(1000);
String postRequest =

data = "uid="+clientId+"&name=Moses";
Serial.println(data);
esp.println("AT+CIPSTART=\\"TCP\\","\\" + server + "\",80");//start a TCP connection.
if( esp.find("OK")) {
Serial.println("TCP connection ready");
} delay(1000);
String postRequest =
"POST " + uri + " HTTP/1.0\r\n" +
"Host: " + server + "\r\n" +
"Accept: *" + "/" + "*\r\n" +
"Content-Length: " + data.length() + "\r\n" +
"Content-Type: application/x-www-form-urlencoded\r\n" +
"\r\n" + data;

String sendCmd = "AT+CIPSEND=";//determine the number of characters to be sent.
esp.print(sendCmd);
esp.println(postRequest.length() );
Serial.println(postRequest.length());
delay(500);
esp.print(postRequest);
if(esp.find(">")) { Serial.println("Sending.."); esp.print(postRequest);
if( esp.find("SEND OK")) { Serial.println("Packet sent");
while (esp.available()) {
String tmpResp = esp.readString();
Serial.println(tmpResp);
}
// close the connection
//initialiserVariables();
esp.println("AT+CIPCLOSE");
}
}}

```