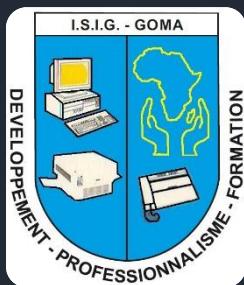


# MEMOIRE



INSTITUT SUPERIEUR  
D'INFORMATIQUE ET DE GESTION  
BP : 841 GOMA  
[www.isig.ac.cd](http://www.isig.ac.cd)

E-mail: [info@isig.ac.cd](mailto:info@isig.ac.cd)



REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO

ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET UNIVERSITAIRE

**E.S.U**

*Conception d'un système de  
monitoring de l'énergie solaire  
au sein d'une institution privée  
Cas de l'ISIG-GOMA*

Par:

**ABIO BAMONGOYO Gaëtan**  
**BARAKA BIGEGA Espoir**  
**KAHINDO FIMBO Edith**  
**MUDERHWA SAFARI André**  
**TAMBWE Albert**

Directeur

CT. AMANI HAGUMA Joseph

Encadreur

CT. ISAMUNA NKEMBO Josué

Mémoire présenté et défendu en vue de  
l'obtention de Diplôme de Licence en  
Informatique.

Option : Conception des Système  
d'Information

Et

Réseau et Télécommunication

◆ Année Académique

◆ 2021 - 2022

# SOMMAIRE

SOMMAIRE .....	I
PIGRAPHHE .....	II
DEDICACE .....	III
REMERCIEMENTS .....	IV
SIGLES ET ABREVIATIONS .....	V
LISTE DES TABLEAUX .....	VII
LISTE DES FIGURES .....	VIII
RESUME + MOTS CLES .....	IX
ABSTRACT + KEY WORDS .....	X
0. INTRODUCTION .....	1
0.1 CONTEXTE ET JUSTIFICATION DE L'ETUDE .....	1
0.2 PROBLEMATIQUE .....	3
0.3 HYPOTHESE .....	4
0.4 OBJECTIFS DE L'ETUDE .....	4
0.5 METHODE ET METHODOLOGIE DE TRAVAIL .....	4
0.6 PRINCIPAUX RESULTATS OBTENUS .....	5
0.7 ORGANISATION DU MEMOIRE .....	6
Chapitre I : ETAT DES LIEUX ET ANALYSE .....	7
INTRODUCTION .....	7
SECTION 1 : PRESENTATION DES CONCEPTS CLES .....	7
SECTION 2 : ANALYSE DU CADRE DE TRAVAIL ET DE L'EXISTANT ET IDENTIFICATION DES PROBLEMES .....	16
CONCLUSION .....	26
Chapitre II : REVUE DE LA LITTERATURE ET DESCRIPTION DE L'APPROCHE .....	27
INTRODUCTION .....	27
SECTION 1 : REVUE DE LA LITTERATURE .....	27
SECTION 2 : METHODES D'ANALYSE .....	33
CONCLUSION .....	36
Chapitre III : METHODOLOGIE & RESULTATS .....	37
INTRODUCTION .....	37
SECTION 1 : METHODOLOGIE .....	37
SECTION 2 : RESULTATS ET ANALYSE .....	52
CONCLUSION .....	70
Chapitre IV : DISCUSSION & RECOMMANDATION .....	71
INTRODUCTION .....	71
SECTION 1 : DISCUSSION DES RESULTATS .....	71
SECTION 2 : RECOMMANDATION .....	74
CONCLUSION .....	75
CONCLUSION GENERALE .....	76
BIBLIOGRAPHIE .....	78

## ÉPIGRAPHE

“Serons-nous capables de choisir les éléments de la technologie qui améliorent la qualité de vie et d'éviter ceux qui la détériorent ?”

**Roland Topor**

## **DEDICACE**

A nos parents ;

A nos frères et sœurs ;

A nos amis, camarades et connaissances.

**ABIO BAMONGOYO Gaëtan**

**BARAKA BIGEGA Espoir**

**KAHINDO FIMBO Edith**

**MUDERHWA SAFARI André**

**TAMBWE Albert**

## REMERCIEMENTS

Nos remerciements s'adressent d'abord à Dieu, maître des temps et des circonstances, protecteur et pourvoyeur à tous nos besoins.

Nos hommages et remerciements aux autorités académiques et au corps professoral et administratif de l'Institut Supérieur d'Informatique et de Gestion. Nos sincères gratitude s'adressent au Chef de Travaux **AMANI HAGUMA Joseph** et au Chef de Travaux **ISAMUNA NKEMBO Josué**, qui nous ont encadrés dans ce projet du début jusqu'à la fin. Nous louons leurs efforts et leurs rigueurs, qui nous ont donné le goût d'arriver au bout de ce travail.

Nos remerciements s'adressent aussi à toute l'équipe de l'ULB par l'entremise de la cellule CODEPO pour cette collaboration en vue de la réalisation d'un projet de coopération Nord-Sud auquel nous avons eu l'honneur de participer.

Nous remercions particulièrement nos camarades de l'ULB dont **Colin DIETRICH**, **Teho ESNAULT**, **Marie GIOT**, **Eliot NIEDERCORN** et **Benoît TROUILLEZ** avec qui nous avons eu à travailler et mettre ensemble les deux parties du projet.

Gratitude à nos familles, dont le soutien tant moral, spirituel, matériel, que financier a toujours été d'une aide précieuse.

Nous remercions enfin toutes les personnes, amis et camarades ayant contribué de près ou de loin à la bonne avancée de ce projet. Les différents apports, encouragements, et idées nous ont été d'une aide toute aussi précieuse.

**ABIO BAMONGOYO Gaëtan**

**BARAKA BIGEGA Espoir**

**KAHINDO FIMBO Edith**

**MUDERHWA SAFARI André**

**TAMBWE Albert**

## SIGLES ET ABREVIATIONS

<b>Ah</b>	: Ampère heure
<b>BMS</b>	: Battery Management System
<b>C</b>	: Capacité
<b>CC</b>	: Courant Continu
<b>CODEPO</b>	: Coopération au Développement de l'Ecole Polytechnique
<b>IOT</b>	: Internet Of Things
<b>ISIG</b>	: Institut Supérieur d'Information et de Gestion
<b>MQTT</b>	: Message Queuing Telemetry Transport
<b>MVC</b>	: Model View Controller
<b>MVT</b>	: Model View Template
<b>PERT</b>	: Program Evaluation Review Technique
<b>PH</b>	: Partie Hardware
<b>PS</b>	: Partie Software
<b>PV</b>	: Photovoltaïque
<b>PW</b>	: Plateforme Web
<b>SDLC</b>	: Software Development Life Cycle
<b>SI</b>	: système d'information
<b>SNEL</b>	: Société Nationale d'électricité
<b>SOC</b>	: State Of Charge
<b>SOH</b>	: State Of Health
<b>SOCODEE</b>	: Société Congolaise de Distribution d'Eau et d'Electricité
<b>TFC</b>	: Travail de Fin de Cycle
<b>ULB</b>	: Universite Libre de Belgique

**UML** : Unified Modelisation Language

**V** : Volt

**+VE** : Borne Positive

**-VE** : Borne Négative

**W** : Watt

**LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1: Description des services et postes de l' ISIG-GOMA .....	18
Tableau 2: Tableau synthétique des matérielles de parc solaire .....	22
Tableau 3: Tableau synthétique des travaux similaires.....	30
Tableau 4: Tableau synthétique des articles similaires .....	32
Tableau 5: Tableau d'identification des taches.....	39
Tableau 6 : Estimation du cout de la plateforme Web .....	40
Tableau 7: Estimation des couts des matériels .....	42
Tableau 8: Structure de l'équipe du travail.....	43
Tableau 9: Tableau synthétique des matériels du prototype .....	50
Tableau 10: Tableau synthétique des langages de programmation utilisées.....	51

## LISTE DES FIGURES

Figure 3: Diagramme de résolution Agile .....	36
Figure 4: Diagramme PERT .....	45
Figure 5: Liste des tâches et les contraintes .....	46
Figure 6: Diagramme de GANTT .....	47
Figure 8: Diagramme de classe .....	55
Figure 9: Diagramme de déploiement .....	56
Figure 10: Architecture de nouveau système .....	57
Figure 11: Interface d'authentification .....	58
Figure 12: Interface d'identification des utilisateurs .....	58
Figure 13: Tableau de bord du site web .....	59
Figure 14: Liste des batteries .....	59
Figure 15: Liste des panneaux solaires .....	60
Figure 16: Liste des régulateurs .....	60
Figure 17: Liste des onduleur .....	61
Figure 18: Interface d'enregistrement de batterie .....	61

## RESUME + MOTS CLES

L'énergie électrique ou renouvelable utilisé dans une maison est une solution alternative pour produire l'énergie nécessaire localement. Mais trop souvent, les propriétaires ne disposent d'aucune information sur la consommation d'énergie et les performances des systèmes. Dans ce contexte, un appareil de monitoring intervient. Grâce à des appareils de mesure, des systèmes de monitoring et de stockage collectent et enregistrent des données susceptibles de générer des informations utiles pour les utilisateurs quant à l'amélioration des installations électriques existantes et futures.

Ce travail s'inscrit dans le cadre de la conception d'un système de monitoring de l'énergie solaire pour l'ISIG-GOMA. Ce système de monitoring lui permettra de collecter et afficher les informations (Soc, SoH, température, tension, courant) d'un nombre donné des batteries et envoyer un message d'alerte au technicien en cas de besoin, suivant les constantes de fonctionnement du système solaire. Le système à mettre en place devra être en mesure de comparer la puissance fournie par les panneaux solaires à celle de référence en fonction de l'ensoleillement pouvant guider sur la rentabilité de ces derniers. En outre, le module hardware sera chargé d'envoyer les constantes prélevées dans le système solaire pour leur traitements et mise en forme dans la plateforme web (tension nominale, capacité maximale, etc.).

**Mots clés :** Système de monitoring, énergie solaire, IoT, application web, ISIG GOMA.

## ABSTRACT + KEY WORDS

The electrical or renewable energy used in a house is an alternative solution to produce the energy needed locally. But too often, homeowners don't have any information about energy consumption and system performance. In this context, a monitoring device intervenes. Thanks to measuring devices, monitoring and storage systems collected and recorded data likely to generate useful information for users regarding the improvement of existing and future electrical installations.

This work is part of the design of an electrical energy monitoring device (solar panels + battery + network) for ISIG-GOMA. This monitoring device will allow him to collect and display the information (Soc, SoH, temperature, voltage, current) of a given number of batteries and send an alert message to the technician if necessary, according to the operating constants of the solar system. The system to be put in place must be able to compare the power supplied by the solar panels with that of the reference according to the amount of sunshine that can guide the profitability of the latter. In addition, the hardware module will be responsible for sending the constants taken from the solar system for processing and formatting in the web platform (nominal voltage, maximum capacity, etc.).

**Keywords:** Monitoring system, solar energy, IoT, web application, ISIG GOMA.

## 0. INTRODUCTION

### 0.1 CONTEXTE ET JUSTIFICATION DE L'ETUDE

Les trois ou quatre prochaines décennies seront décisives pour l'avenir de notre planète. En effet, c'est d'ici 2050 que l'on mettra le système énergétique mondial sur une trajectoire dont les caractéristiques seront déterminantes pour espérer limiter l'épuisement des ressources fossiles. Cela signifie que nous devons durant les quarante prochaines années effectuer une transition énergétique globale : se libérer de la dépendance aux énergies fossiles.

L'une des manières de réduire l'utilisation des ressources fossiles consiste à utiliser plus d'énergies renouvelables, telles que l'énergie éolienne et solaire parce qu'il génère peu de gaz à effet de serre, voire pas du tout. Le vent et le soleil offrent des quantités infinies d'énergie, contrairement aux énergies fossiles dont les réserves finiront par s'épuiser.

En Afrique et précisément au Congo, les énergies renouvelables constituent de nos jours des solutions accessibles, écologiques et même rentables pour une production décentralisée d'électricité.

Dans l'adoption de l'utilisation de l'énergie électrique, beaucoup d'utilisateurs font face à des problèmes de gestion de l'énergie photovoltaïque liée à une mauvaise installation et utilisation. La mauvaise installation entraîne la destruction de matériels voir même des incendies, d'autre part la non surveillance des équipements entraîne des dysfonctionnements rapides des équipements.

Nous vivons actuellement la quatrième révolution industrielle, où la technologie façonne les industries, les villes et notre mode de vie. Ce sujet a été largement débattu ces dernières années et l'introduction de l'internet des objets (IoT) devrait avoir un impact significatif sur l'avenir, ainsi que la manière dont cette tendance technologique intelligente va façonner le monde industriel et de consommation tel que nous le connaissons.

Lorsque nous parlons d'IoT, nous faisons référence aux appareils IoT qui utilisent des capteurs et des actionneurs pour collecter et analyser les données de leur environnement. Ce réseau d'appareils est connecté à Internet et recueille, partage et analyse des informations qui facilitent une action connexe. Les appareils IoT comprennent tout ce qui est ordinateurs, tablettes, appareils mobiles, ordinateurs portables, smartphones, wearables, appareils de maison intelligente, machines, robotique, etc.

Nous avons déjà commencé à voir cette tendance prendre son envol avec l'arrivée de nombreux appareils domestiques intelligents. Chacun de ces appareils et systèmes peut être automatisé et contrôlé à distance.

En utilisant l'IoT, cette technologie intelligente pourra aider à prévoir les besoins d'entretien de système solaire en cas de pannes et à améliorer son utilisation.

C'est dans ce sens que nous avons orientés notre étude sur le thème : « **Conception d'un système de monitoring de l'énergie solaire** », pour faire le suivi à distance de l'énergie solaire implanté au sein de l'ISIG-Goma en premier lieu, ensuite dans des zones isolées où la présence des techniciens n'est pas fréquente.

Des travaux similaires cadrant avec notre projet ont été effectués notamment :

1. « **Conception et réalisation d'un système de monitoring d'équipements de télécommunication pour le déploiement rapide et flexible d'équipes mobiles en situation d'urgence ou de coopération** » réalisé au cours de l'année 2020-2021 par KAVIRA KATALIKO Céline, KAVIRA MUSEKWA Lydie, KIGHUNDILA WAKOMYA Chadrac, MUGISHO VITAL TAKA, NTURUBIKA Moise.
2. « **Conception et réalisation d'un système de monitoring d'équipements de télécommunication pour le déploiement rapide et flexible d'équipes mobiles en situation d'urgence ou de coopération** », réalisée dans l'année 2019-2020 par Mwajuma ATABU, Joseph KALEMA, Glody MALEY, Daniel MUYA et Louange NZANZU. Notre étude se démarque de celles de nos prédécesseurs par son intitulé et son champ d'investigation. Elle se focalise sur la conception d'un système de monitoring de l'énergie solaire permettant de contrôler et visualiser les différentes constantes de pack batteries (SoC, SoH, Courant, Tension, Température), la puissance fournie par les panneaux solaires avec la possibilité de recevoir les alertes en cas de dysfonctionnement (Surtension, décharge, surchauffement... etc.) et appliquer la commande (Arrêter, redémarrer, mettre en pause) pour prévenir contre les risques (Incendie, décharge totale) au sein de l'ISIG-GOMA.

Notre étude se démarque de celles de nos prédécesseurs par son intitulé et son champ d'investigation. Elle se focalise sur la conception d'un système de monitoring de l'énergie solaire permettant de contrôler et visualiser les différentes constantes de pack batteries (SoC, SoH, Courant, Tension, Température), la puissance fournie par les panneaux solaires avec la possibilité de recevoir les alertes en cas de dysfonctionnement (Surtension, décharge, surchauffement... etc.) et appliquer la commande (Arrêter, redémarrer, mettre en pause) pour prévenir contre les risques (Incendie, décharge totale) au sein de l'ISIG-GOMA.

Le présent travail est reparti entre 2 équipes : d'une part, l'équipe de l'ULB qui a pour rôle de concevoir le dispositif de monitoring et envoyer ses données sur la plateforme Thingstream, d'autre part l'équipe de l'ISIG qui a pour rôle de récupérer et de mettre en forme ces données dans une plateforme web fournissant une vue générale du fonctionnement du système et permettant d'envoyer des alertes en cas de dysfonctionnement (Surtension, surchauffement, déchargement, etc.).

## 0.2 PROBLEMATIQUE

Une étude publiée par Saretec en 2013 a analysé des sinistres liés à la présence de panneaux photovoltaïques sur un bâtiment[1]. L'étude montre également que ces sinistres sont dus à :

- Un défaut d'étanchéité dans 56,4 % des cas,
- Un incendie lié à l'installation dans 18,8 % des cas,
- Un dysfonctionnement électrique dans 15,3 % des cas,
- Une rupture des modules des panneaux photovoltaïques dans 9,4 % des cas.

Il convient de noter que plusieurs autres facteurs peuvent donc causer l'incendie ou l'explosion dans une installation solaire notamment le surcharge, surtension.

- L'institut supérieur d'informatique et de gestion dispose un système d'énergie solaire comme solution alternative pour assurer en permanence le fonctionnement de la salle serveur qui contient des équipements informatique (serveur de base de données, serveur NAS, ainsi que d'autres matériels de production) qui doivent fonctionner 24h/24. Mais malheureusement, avec tous ces équipements d'une grande importance, l'ISIG rencontre plusieurs difficultés : En cas de baisse de tension, le responsable du SIG n'est pas capable d'avoir directement l'information pour prendre des mesures préventives, et cela conduit à l'arrêt brusque des équipements, aussi surcharge (surtension) des batteries, les batteries risquent d'exploser, et cela causerait plus des dégâts à ces équipements si important ;

Ainsi, dans l'optique d'apporter une piste de solution durable à ces différents problèmes nous nous sommes posé des questions suivantes :

- Est-il nécessaire de mettre au sein de l'ISIG-GOMA un système de monitoring de l'énergie solaire ?

- En quoi le système de monitoring de l'énergie solaire sera-t-il efficace pour la gestion de parc solaire de l'ISIG-GOMA ?

### **0.3 HYPOTHESE**

L'hypothèse est une proposition initiale à partir de laquelle on construit un raisonnement. Partant de la problématique ci-haut, nous pensons :

- Il serait important de mettre au sein de l'ISIG-GOMA un système de monitoring de l'énergie solaire, lequel permettrait de gérer le parc solaire ;
- Ce système de monitoring de l'énergie serait utile pour trouver solution aux problèmes cités ci-haut d'une part en contrôlant et en affichant les différentes mesures (SoC, SoH, tension, courant, température de pack batterie, la puissance fournie par le panneau solaire), d'autres part en envoyant des alertes en cas de dysfonctionnement (surtension, décharge, défaut de charge, surchauffement de pack solaire).

### **0.4 OBJECTIFS DE L'ETUDE**

L'objectif principal poursuivi par ce travail est de mettre en place un appareil de monitoring de l'énergie solaire au sein de l'Institut Supérieur d'Informatique et de Gestion pour assurer une meilleure surveillance et le contrôle de leur système. Pour y arriver, nous avons travaillé en collaboration avec les étudiants de l'ULB qui se sont chargé de la conception de dispositif électronique qui contrôle et récupère les informations (SoC, SOH, Courant, Tension, Temperature et la puissance de panneau solaire) à afficher sur notre plateforme web.

### **0.5 METHODE ET METHODOLOGIE DE TRAVAIL**

#### **Présentation de la Méthode**

Une méthode est un ensemble d'opérations intellectuelles par lesquelles une discipline cherche à atteindre les vérités qu'elle poursuive. Dans le cadre de notre recherche, pour réaliser notre travail, nous avions utilisé :

##### **a) Méthode RUP**

La méthode de Processus Unifié s'intéresse au cycle de vie d'un logiciel et le gère qui utilise le langage UML. C'est un langage de modélisation graphique à base de pictogrammes

conçu comme une méthode normalisée de visualisation dans les domaines du développement logiciel et en conception orientée objet. Cette méthode nous a permis de faire l'analyse du système d'information de l'ISIG-Goma et ainsi parvenir à faire la conception et la modélisation du système à mettre en place dans le futur.

### **b) Méthode Agile**

La méthodologie Agile a été développée dans le but de créer une alternative à la gestion de projet traditionnelle de type Waterfall. Le développement de logiciels occupant une place de plus en plus importante au début des années 2000, il est devenu indispensable aux développeurs d'avoir recours à une approche itérative pour ce qui est du prototypage et de la gestion de projet. Ce nouveau besoin a donc donné naissance au développement de logiciel Agile [2].

## **Synthèse de la méthodologie**

### **a. Interview libre**

Elle a pour objet d'organiser l'apport de communication entre deux personnes afin de permettre à l'enquêteur de recueillir certaines informations de l'enquête sur un sujet précis. Elle nous a permis de récolter des réponses au question sur l'entreprise.

### **b. Documentaire**

Cette méthodologie nous a facilité la récolter d'informations par la lecture des travaux d'autres chercheurs (Ouvrage, Mémoire, TFC et autres) utiles à l'enrichissement du nôtre.

### **c. Cahier de charge**

Le cahier de charge est un document essentiel à l'élaboration et la réalisation d'un projet. Il permet de formaliser les attentes et les besoins du donneur d'ordre (ou de la maîtrise d'ouvrage) de manière exhaustive.[3] Cette méthodologie nous a permis de connaître les besoins de l'utilisateur.

## **0.6 PRINCIPAUX RESULTATS OBTENUS**

Partant des problèmes soulevés dans le cahier de charge, nous avons conçu un système de monitoring de l'énergie solaire qui permettra de :

- Collecter, recevoir, afficher les informations d'un nombre non déterminé des batteries (Socs, SoH, température, tension, courant) et envoyer un message d'alerte aux techniciens en cas de disfonctionnement.
- Comparer la puissance fournie par les panneaux solaires à celle de référence en fonction de l'ensoleillement pouvant guider sur la rentabilité de ces derniers.
- Envoyer les constantes prélevées dans le système solaire par le module Hardware pour leur traitements et mise en forme dans la plateforme web (tension nominale, capacité maximale, etc.).

## 0.7 ORGANISATION DU MEMOIRE

Hormis l'introduction et la conclusion, le présent travail est subdivisé en 4 chapitres dont :

- Le premier chapitre porte sur l'**Etat des lieux et analyse** : Ici nous définirons les mots clé de notre sujet et analyser le système d'information existant.
- Le deuxième chapitre portera sur la **Revue de la littérature** : Dans ce chapitre nous démontrerons les projets et articles similaires et démontrer ses différences avec les projets antérieurs, puis nous allons concevoir notre méthode de résolution.
- Le troisième chapitre portera sur la **Méthodologie et résultats** : Ici c'est le déroulement de la mise en application de la conception en utilisant les méthodes précédemment citées.
- Le chapitre quatrième portera sur les **Discussions et recommandations** : Ici nous aurons les discussions de résultats en comparant ce qui a été dit dans la revue, les apports que nous avons donnés et la solution apportée à l'ISIG.

## Première partie

### Chapitre I : ETAT DES LIEUX ET ANALYSE

#### INTRODUCTION

Dans ce chapitre, nous nous intéresserons plus sur la définition des termes et de quelques concepts fondamentaux autour desquels va se focaliser notre étude. L'importance de la définition de ces derniers est de permettre aux chercheurs de comprendre les termes employés en vue de s'imprégner du contenu de notre travail. Nous tâcherons d'analyser le cadre de travail et de l'existant et le diagnostic de l'existant qui viendra clore le présent chapitre.

#### SECTION 1 : PRESENTATION DES CONCEPTS CLES

Dans cette section nous allons définir quelques concepts clés de ce travail dans le but d'éclairer les futurs chercheurs scientifiques sur les différentes significations des mots clés en vue de permettre une bonne compréhension du contenu de cette œuvre scientifique.

##### 1.1.1 Conception

La conception est la phase créative d'un projet d'ingénierie. Le but premier de la conception est de permettre de créer un système ou un processus répondant à un besoin en tenant compte des contraintes. Le système doit être suffisamment défini pour pouvoir être installé, fabriqué, construit et être fonctionnel, et pour répondre aux besoins du client.

A ce qui nous concerne, Une Conception : est un processus de définition du système d'information future en se basant sur les besoins de l'entreprise pour résoudre un problème bien précis.

##### 1.1.2 Appareil de monitoring

- Selon **NFRANCE** dans son article **A quoi sert le monitoring informatique** publié le 3 juin 2022, il définit un appareil de monitoring étant un outil de surveillance informatique qui assure la disponibilité et la performance des infrastructures, des équipements, des logiciels et des processus supportant les données. Avec cet outil de surveillance, il est possible de détecter en amont un dysfonctionnement ou un risque de dysfonctionnement [4].

- Selon **Wikipédia** dans son article **Monitoring** modifier le 22 juin 2021, décrit un appareil de monitoring comme un outil de surveillance et de mesure d'une activité (humaine, économique, électrique, d'un organe, etc.)[5] et cela d'un domaine à l'autre :
  - En informatique : l'outil de monitoring désigne un outil de mesure d'un système électronique ou électrique dans le cadre de surveillance d'un parc ;
  - En électronique : cela désigne l'ensemble d'un système d'écoute, composé d'une commande d'aiguillage et de niveau d'amplificateurs et de haut-parleur.
- Selon **Blesk network monitoring** dans son article **Qu'est-ce que c'est un appareil de monitoring et pourquoi est-ce important** publié le 23 janvier 2021, Le monitoring du réseau est un terme très utilisé dans le domaine de l'informatique pour designer la surveillance active d'un réseau d'ordinateurs et systèmes[6]. Cet outil sert à détecter des failles ou des ralentissements des composantes qui font partie de ce réseau. Le monitoring ne se limite pas aux ordinateurs, il peut aussi servir à surveiller d'autres appareils tels que : les moniteurs, les routeurs, firewalls, serveurs et même les logiciels. Si l'une de ces composantes tombe en panne par exemple, le logiciel de monitoring va aussitôt envoyer un message aux administrateurs du réseau pour qu'ils puissent régler le problème et ce, même avant que vos usagers soient au courant du problème.
- Selon **ADELIUS** dans son article **Le monitoring informatique** publié le 1 février 2020, un monitoring informatique consiste à faire un contrôle de chacun des équipements physiques et logiciels qui composent votre SI. L'objectif est de détecter les éventuels dysfonctionnements et de garantir son fonctionnement optimal à tout moment[7].
- Selon **Mixconcept** dans son article **Pourquoi le monitoring informatique est-il utile** publié le 5 octobre 2021, Le monitoring informatique se définit comme le processus qui a pour objectif de récolter des informations concernant les équipements et logiciels d'une entreprise donnée afin de s'assurer du bon fonctionnement de l'ensemble du parc informatique. Il s'agit également de procéder à l'optimisation du fonctionnement du SI à tous les niveaux. Le monitoring est un élément primordial pour le renforcement de la performance globale d'une entreprise[8].
- Selon **Androidetvous** dans son article **Le monitoring informatique en entreprise** publié le 10 août 2020, Le monitoring informatique est la surveillance permanente et préventive de l'ensemble du système informatique d'une entreprise via un outil bien spécialisé. Cet appareil permet d'alerter lorsqu'il y a un dysfonctionnement détecté sur le système d'information[9].

Sortant de différentes définitions mentionnées ci-haut, nous pouvons dire étymologiquement le mot monitoring vient du mot anglais “to Monitor” qui signifie surveiller. Monitoring est l’ensemble de technique permettant d’analyser, de contrôler, de surveiller soit en électronique la qualité d’un enregistrement soit en présentielle.

**Le monitoring du système** est aussi appelé **surveillance informatique** et son but est de s’assurer de la disponibilité et de la performance des équipements informatiques composant le SI à tout moment.

L’optimisation de la performance de l’entreprise est un élément primordial pour mesurer de façon pointilleuse les niveaux de qualité et de fiabilité de l’ensemble du parc informatique (réseaux, serveurs, logiciels...). Il faut d’ailleurs préciser que le SI d’une entreprise, aussi performant et aussi sécurisé soit-il, n’est jamais à l’abri à 100% des attaques informatiques, d’où l’importance du monitoring informatique. En effet, le principal objectif est d’effectuer une veille permanente des ressources IT afin d’être alerté lorsqu’il y a d’éventuels dysfonctionnements et d’éviter d’être submergé par les problèmes techniques, ainsi le monitoring informatique est donc une aide à la décision en cas de problèmes comme l’atteinte à la **protection des données personnelles** des collaborateurs ou en cas de sinistre qui peut compromettre l’infrastructure du parc informatique.

Les solutions de monitoring avancées sont aujourd’hui nombreuses et offrent une vue en temps réel de l’état et du **fonctionnement du parc informatique** de l’entreprise afin de faciliter le travail de l’ensemble des collaborateurs. Les petits problèmes comme le manque d’espace de stockage, les retards de mise à jour ou encore les petits bugs divers ne seront plus des freins au bon fonctionnement quotidien de l’entreprise.

Dans notre travail, le **monitoring** consiste à faire un contrôle de chacun des équipements physiques et logiciels qui composent notre système d’information solaire. L’objectif est de collecter le SoC, SoH, Température, Tension, Courant produit par notre parc informatique, de détecter les éventuels dysfonctionnements et de garantir son fonctionnement optimal à tout moment.

### 1.1.3 Energie électrique solaire

- Selon **ClimaMaison**, dans son article « **Energie électrique** » publié en 2020, il définit l’énergie électrique comme étant une énergie disponible sous forme de courant

d'électrons (électricité). Cette énergie est utilisée directement pour produire de la lumière ou de la chaleur[10].

- Selon **Sandra ROPERO PORTILLO**, dans son article « L'énergie électrique » publié le 29/03/2021, l'énergie électrique se produit lorsqu'il existe une différence de potentiel entre deux points ou plus, c'est-à-dire entre des points ayant des charges électriques différentes. Cela permet d'établir un courant électrique entre ces points, en les mettant en contact par l'intermédiaire d'un conducteur électrique. C'est ainsi qu'est produit le courant électrique, qui est converti en **électricité** et que nous pouvons en site utiliser dans notre vie quotidienne[11].
- Selon **Oriol PLANAS**, dans son article « Qu'est-ce que l'énergie électrique ? », publié le 09/06/2020 définit l'énergie électrique comme étant un mouvement des charges électriques à travers un conducteur électrique. Selon la façon dont il se déplace, il peut s'agir d'un courant alternatif ou d'un courant continu[12].
- Selon **Découvrir les français**, dans son article « Energie électrique » Énergie rendue disponible par le flux d'une charge électrique dans un conducteur[13].
- Selon **Connaissance des énergies**, dans son article « Formes d'énergies libres », publié le 27/09/2013 révisé en 2022. Décrit l'énergie électrique : Elle naît du déplacement des électrons dans un conducteur. Sa production est issue de la consommation d'autres formes d'énergie. C'est elle qui actionne les moteurs électriques, fait fonctionner les circuits électroniques intégrés et les différents types d'éclairage. Elle se caractérise par une grande facilité de distribution mais présente une difficulté de stockage[14].

L'énergie électrique repose sur le déplacement d'électrons, dans un circuit constitué d'un milieu conducteur (par exemple un fil électrique de cuivre). Il s'agit donc d'une énergie de flux, qui n'est pas stockable en l'état[15].

Aujourd'hui, l'énergie solaire rime avec écologie. Les technologies permettant de mettre à profit les rayons du soleil pour en faire de l'énergie, ont énormément évolué ces dernières années. Le soleil est une source infinie d'énergie et dont nous pouvons bénéficier en abondance. Et ce, pour très longtemps. Cette énergie passive est simplement captée par des **panneaux solaires ou photovoltaïques**. L'énergie solaire est une source d'énergie qui est dépendante du soleil. Cela signifie que la matière première est le soleil.

Dans notre travail, l'énergie électrique est une énergie produite dans des centrales, qui font intervenir l'eau, le charbon, l'éolien, le gaz naturel et les sources solaires. Elle est ensuite envoyée à travers des transformateurs qui augmentent la tension pour lui faire parcourir de

longues distances. C'est ainsi que nous allons nous basés sur l'énergie renouvelable qu'on considère comme inépuisable.

On dit aussi que c'est une énergie 100% verte car sa production n'émet pas directement de CO<sub>2</sub>. Grâce à cette énergie, il est possible de produire de l'électricité. Elle sera captée par des panneaux solaires ou des centrales thermiques. Ces installations captent les rayons produits par le soleil. Elles convertissent ensuite l'énergie du soleil en électricité. Plus précisément, le principe est de transformer l'énergie portée par les photons dans la lumière, en électricité[16]. C'est là que rentre en jeu la cellule photovoltaïque : lorsqu'elle est exposée à la lumière, elle absorbe l'énergie des photons lumineux. Ces derniers génèrent un courant électrique continu qui sera converti en courant alternatif à l'aide d'un onduleur. Cette électricité produite peut être immédiatement employée pour faire fonctionner les appareils ou éclairer. C'est en 1839 qu'Antoine Becquerel a découvert que les matériaux semi-conducteurs étaient capables de transformer l'énergie solaire en électricité. C'est ce que l'on nomme l'effet photovoltaïque.

### **1.1.3.1. Les types d'exploitations de l'énergie solaire**

Il existe 3 types d'exploitation de l'énergie solaire :

- **L'énergie solaire photovoltaïque** : Est obtenue par l'énergie des rayonnements du soleil. C'est la raison pour laquelle les panneaux photovoltaïques qui vont les récolter, se trouvent installés sur les toits, avec la meilleure orientation possible.  
Le but est qu'ils soient exposés un maximum aux rayonnements du soleil, pour récolter les photons du soleil, et en faire ensuite de l'électricité.  
La composition des panneaux solaires est conçue de telle sorte que la superposition des couches, chargées négativement ou positivement, produit une tension électrique quand un photon les traverse. Un fil raccordé à une borne positive et un autre à la borne négative, un peu à l'image d'une pile, permet de mettre à profit l'énergie ainsi produite.
- **L'énergie solaire thermique** : Les **panneaux solaires thermiques** contiennent des fluides caloporteurs. Une fois qu'ils sont chauffés par le soleil, les fluides commencent à chauffer le ballon d'eau chaude. L'énergie solaire thermique sert aussi bien pour alimenter un chauffage solaire, Un chauffe-eau, Une cuisinière.
- **L'énergie solaire thermodynamique** : est produite via des centrales solaires à concentration. Il s'agit d'un assemblage de miroirs contenant des fluides caloporteurs, couplés à un générateur d'électricité solaire.

À l'image des panneaux solaires thermiques, ce sont les miroirs qui transforment l'énergie collectée par les rayons du soleil, en chaleur. Cette chaleur a une température très élevée. Bien

supérieure à la température à laquelle elle a été collectée. Elle peut aller de 250 à 800 degrés selon la technique employée. Cette chaleur sera convertie en électricité au moyen d'un turbo-alternateur.

#### **1.1.4. Panneau solaire**

Les panneaux solaires ou modules solaires sont des dispositifs conçus pour capter le rayonnement électromagnétique du soleil, pour son utilisation ultérieure et sa transformation en diverses formes d'énergie utile, telles que l'énergie thermique obtenue grâce à des capteurs solaires, et l'énergie électrique obtenue grâce à des panneaux solaires photovoltaïques.

##### **a. Avantages**

L'énergie solaire présente de nombreux avantages qui en font l'une des plus prometteuses, renouvelable, non polluant et disponible sur toute la planète, le système solaire contribue au développement durable et à la création d'emplois dans les zones où il est implanté. De même, la simplicité de cette technologie la rend idéale pour une utilisation dans des points de réseaux isolés, des zones rurales ou des zones d'accès difficile, pour faciliter l'auto-alimentation électrique de ses populations. L'énergie solaire est également utile pour produire de l'électricité à grande échelle et l'injecter dans le réseau, en particulier dans les zones géographiques dont la météorologie fournit des heures d'ensoleillement abondantes par an. Les modules de collecte solaire nécessitent une maintenance relativement simple qui, associée à la diminution progressive et accélérée du coût des cellules photovoltaïques explique les perspectives favorables actuellement disponibles pour la technologie solaire dans la production de l'électricité.

##### **b. Désavantage**

**Un rendement encore instable :** La puissance d'un panneau solaire s'exprime en Watt crête, Wc. Il faut savoir qu'une installation de 3 KWc ne produit pas réellement 3kWW. Le rendement maximal est de 80 ou 90 %, et ce, en fonction de quelques critères :

- **L'ensoleillement :** il désigne le nombre d'heures de disponibilité du soleil. Il varie d'une région à une autre, plus important dans le sud et plus modéré dans le nord ;
- **L'orientation :** il convient d'orienter convenablement les panneaux solaires pour pouvoir les exploiter au maximum. L'expertise d'un professionnel est utile pour définir la direction et l'inclinaison optimale des panneaux solaires ;

- **Le type de panneau :** tous les panneaux solaires n'affichent pas les mêmes rendements. Les panneaux de moyenne gamme peinent à atteindre un rendement de 60 %. Mais reconnaître les bons et les mauvais panneaux est loin d'être évident.

### c. Fonctionnement

Lorsque les photons frappent une cellule solaire, ils frappent les électrons et les libèrent de leurs atomes. Si les conducteurs sont connectés aux côtés positif et négatif d'une cellule, ils forment un circuit électrique. Lorsque les électrons traversent un tel circuit, ils génèrent de l'électricité. Plusieurs cellules forment un panneau solaire et plusieurs panneaux (modules) peuvent être connectés ensemble pour former un panneau solaire. Plus vous pouvez déployer de panneaux, plus vous pouvez espérer générer de puissance.

#### 1.1.5. Batterie

Une batterie est un dispositif électronique constitué d'une ou de plusieurs cellules qui convertit l'énergie chimique contenue dans ses matériaux actifs en énergie électrique afin de fournir une charge électrique statique au courant. Les électrons sont produits par des réactions électrochimiques impliquant le transfert d'électrons via un circuit électronique. En termes simples, la batterie est une source d'énergie constante qui fournit de l'électricité sous forme de courant continu (CC). Une batterie contient généralement une borne positive (+ ve) et une borne négative (-ve). Son rôle est d'emmageriser l'énergie produit par l'alternateur ou le panneau puis de le restituer. La capacité d'une batterie s'exprime en ampères heures (Ah), c'est la quantité de courant qu'elle peut fournir au cours d'un nombre d'heures précis, à une température de référence.

Cette capacité nominale varie dans le même sens que la température de service de la batterie. La capacité standard est déterminée en déchargeant la batterie à l'aide d'un courant constant pendant 10 heures, sans que la tension ne descende en dessous de la limite de décharge. On parle alors d'une capacité de batterie à C/10 ou C10.

Dans le cas particulier des batteries destinées aux applications photovoltaïques comme pour notre cas, on parle de la capacité de décharge sur 100 heures, soit C100 ou sur 120 heures, soit C120. Cette donnée est utile pour les situations où les batteries doivent couvrir le besoin d'énergie pendant plusieurs jours d'affilée.

### **1.1.6. Réseau électrique**

Les réseaux électriques sont constitués par l'ensemble des appareils destinés à la production, au transport, à la distribution et à l'utilisation de l'électricité depuis la centrale de génération jusqu'aux clients les plus éloignés [17]. Dans notre contexte, il s'agit d'un réseau électrique constituée des sources publiques (SNEL et SOCODEE) et générateur.

### **1.1.7. Autres concepts**

#### **a. Thingstream click**

Thingstream Click est une passerelle IoT Click board avec le SDK client Thingstream préinstallé. Cela permet à l'appareil de se connecter au réseau mondial MQTT Thingstream et aux outils de connectivité dès la sortie de l'emballage. La connectivité mondiale est obtenue en se connectant au réseau GSM le plus puissant disponible sur plus de 600 réseaux dans le monde. Cette carte Click board permet d'apporter facilement la connectivité Thingstream aux ordinateurs embarqués et aux microcontrôleurs en utilisant simplement l'interface UART ; cela peut être configuré et géré à l'aide d'un ensemble minimal de commandes AT bien documentées.

Thingstream est une plate-forme de livraison basée sur le cloud et une interface d'administration pour les services IoT d'entreprise. Elle comprend des services de connectivité, de sécurité et de localisation IoT, un courtier MQTT de niveau entreprise, une programmation visuelle, une intégration d'entreprise simple, avec des plans de tarification flexibles adaptés à des cas d'utilisation et des applications spécifiques. La plate-forme de connectivité de Thingstream permet une communication intelligente bidirectionnelle entre l'appareil et l'application IoT et avec une évolutivité éprouvée, la plate-forme est idéale pour fournir des déploiements IoT de masse. Il n'utilise pas TCP-IP et, par conséquent, sans dépendance IP (Internet), les choses sont intrinsèquement plus sécurisées et la connectivité est fournie via une plate-forme de messagerie mondiale éprouvée à haute disponibilité et haute performance.

#### **b. MQTT**

MQTT, pour "Message Queuing Telemetry Transport", est un protocole open source de messagerie qui assure des communications non permanentes entre des appareils par le transport de leurs messages. Il a été créé en 1999 par Andy Stanford-Clark, ingénieur chez IBM, et Arlen Nipper, chez EuroTech, principalement dans la communication M2M pour permettre à deux appareils utilisant des technologies différentes de communiquer. "Devenu une norme ISO en 2016.

La principale caractéristique de MQTT est sa légèreté, le protocole ne requiert que des ressources minimales et peut donc être utilisé sur de petits microcontrôleurs. "L'idée de MQTT est de faire dialoguer des équipements qui ne disposent pas de ressources propres pour assurer une connexion permanente, le MQTT se démarque par sa souplesse et sa simplicité de mise en œuvre, en plus d'assurer une transmission de données bidirectionnelle. Le protocole prend ainsi de l'importance dans les technologies opérationnelles de l'industrie.

## C. Internet des objets

### 1. Définition

Plusieurs définitions ont été données pour essayer d'expliquer ce que c'est l'internet des objets pour le **CERP-IdO** (Cluster des projets européens de recherche sur l'Internet des objets) définit l'Internet des objets comme : « une infrastructure dynamique d'un réseau global. Ce réseau global a des capacités d'auto- configuration basée sur des standards et des protocoles de communication interopérables. Dans ce réseau, les objets physiques et virtuels ont des identités, des attributs physiques, des personnalités[18].

Quant à **Mathieu Weill**, l'Internet des objets est une extension de l'Internet actuel à tous les objets pouvant communiquer de manière directe ou indirecte avec des équipements électroniques eux-mêmes connectés à l'Internet. Cette nouvelle dimension de l'Internet s'accompagne de forts enjeux en matière technologique, économique, sociétale et de gouvernance[19].

Selon **l'Union internationale des télécommunications**, l'Internet des objets (IdO) est une « infrastructure mondiale pour la société de l'information, qui permet de disposer de services évolués en interconnectant des objets (physiques ou virtuels) grâce aux technologies de l'information et de la communication interopérables existantes ou en évolution ». En réalité, la définition de ce qu'est l'Internet des objets n'est pas figée. Elle recoupe des dimensions d'ordres conceptuel et technique.

### 2. Rôle

Sur le plan individuel, les objets connectés offrent un plus grand confort dans notre vie quotidienne. Ils entraînent un gain de temps très appréciable, parfois des économies d'énergie. Utilisé dans divers secteurs d'activité, l'Internet des objets vise également à répondre à plusieurs grands défis d'aujourd'hui et de demain.

### **3. Domaine d'intervention de l'internet des objets [20]**

L'internet des objets intervient dans plusieurs secteurs entre autres :

- **Dans la gestion des immeubles et habitations** utilisé pour contrôler les vibrations qui peuvent endommager la structure d'un immeuble, contrôler les conditions environnementales ;
- **Dans la gestion de l'inventaire** pour permettre la sécurité dans les magasins, entrepôts, les capteurs peuvent être attachés à chaque élément de l'inventaire, permettant le suivi de l'emplacement de chaque élément à un moment donné ;
- **Dans l'attaque nucléaires, chimique et biologique** les capteurs peuvent être densément déployés dans la zone ciblée et utilisés comme un système d'alerte chimique aussi ils peuvent détecter les variations microclimatiques
- **Dans la suivie et diagnostique médicale** Les capteurs peuvent être fixés sur le corps humain pour surveiller la pression artérielle, le rythme cardiaque et l'activité du cerveau. Ils aident également les médecins à mieux prévoir et comprendre la situation des patients en identifiant des symptômes particuliers plus tôt.
- **Dans la gestion de parc solaire** comme pour notre cas, les capteurs sont placés pour collecter les différentes constantes telle que le SoC, SoH, tension, courant, température de pack batteries en temps réel.
- Etc.

Nous voici à la fin de cette section qui avait pour objectifs de décortiquer le thème ainsi que les concepts clés qu'on aura utilisé tout au long de ce travail. La section suivante se focalisera sur la description du milieu d'étude, l'analyse de l'existant et définition des objectifs de travail.

## **SECTION 2 : ANALYSE DU CADRE DE TRAVAIL ET DE L'EXISTANT ET IDENTIFICATION DES PROBLEMES**

Dans cette partie nous présentons le milieu d'étude, son fonctionnement ainsi nous serons à mesure d'y dégager les problèmes auquel il est heurté et proposer des solutions.

### **1.2.1 Description du milieu d'étude**

L'ISIG-Goma se situe à Goma dans la commune de KARISIMBI, Quartier MURARA, Avenue BUNIA, N° :3.

Cette position géographique de l'ISIG aux frontières entre la RD Congo et le Rwanda en fait en effet, un acteur majeur du développement intellectuel et économique provincial, régional et transfrontalier dans la région des grands-lacs.

### **1.2.2. Objectif de l'ISIG**

L'ISIG a pour objectif de contribuer au développement de la République Démocratique du Congo en particulier et de l'Afrique en général à travers la formation de cadres en informatique et en gestion. Il se propose à cet effet de :

- Satisfaire un besoin présent celui de former les techniciens capables d'utiliser les micro-informatiques en vue de résoudre l'ensemble des problèmes liés à la gestion et à des routines dans les services ;
- Appliquer les principales méthodes et techniques de gestion appliquée à la gestion moderne en utilisant l'outil informatique ;
- Résoudre les problèmes statistiques de management et de comptabilité au moyen de l'ordinateur ;
- S'occuper des personnes les plus défavorisées par l'information et la formation.

Cependant, pour atteindre ces objectifs, il met en évidence une organisation bien structurée.

### **1.2.3. Vision de l'ISIG**

L'ISIG est conscient du rôle combien noble que les institutions d'enseignement supérieur sont appelées à jouer dans la production des citoyens capables d'affronter les défis actuels et futurs et d'y apporter des solutions adéquates en fonction de leurs formations.

L'ISIG se veut un maillon indispensable de tout un système social dans la transformation dans laquelle il est fort impliqué (aussi bien dans le monde des affaires, dans la satisfaction des besoins des individus/communautés, des entreprises, du gouvernement provincial et national...). Son effort consiste à former des gens capables de porter un regard critique sur le monde qui les entourent (dans l'esprit du libre examen), mais aussi capable de porter le savoir acquis du campus jusqu'au « marché », capables de s'investir dans la recherche des solutions aux problèmes concrets. En tant qu'institut supérieur dans l'acceptation qui est celle de notre pays (RD Congo), l'ISIG donne priorité à l'application de la connaissance, et à la production d'un savoir directement utile.

C'est dans cette optique que l'ISIG veut se repositionner comme une institution de « Gestion », à travers les différents départements qu'il organise :

- Informatique de Gestion ;
- Gestion du Développement ;
- Gestion des Institutions de Micro finance ;
- Gestion des Institutions de Santé et Santé Publique ;
- Réseaux et Systèmes Informatiques.

Dans chacun de ces départements, les enseignements accentueront de plus en plus une orientation pratique, professionnalisant, dans la perspective de mettre la formation au service du développement.

#### **1.2.4. Ressource humaine**

En Ressources Humaines, l'ISIG utilise pour les besoins de ces services différents groupés ou catégorie d'agent notamment :

**Tableau 1: Description des services et postes de l' ISIG-GOMA**

<b>Services / Départements</b>	<b>Postes</b>
<b>Direction Générale</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Assistant de directeur général et charge de coopération</li> </ul>
<b>Secrétariat général académique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Section enseignement ;</li> <li>- Département de l'informatique ;</li> <li>- Département de santé</li> <li>- Département de science de développement ;</li> <li>- Département de sciences commerciales et financières ;</li> <li>- Coordination de stage ;</li> <li>- Appartement central ;</li> <li>- Bibliothèque ;</li> <li>- Secrétariat administratif section ;</li> <li>- Charge de flux visiteurs et communication.</li> </ul>
<b>Secrétariat général administratif et financier</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comptabilité</li> <li>- Caisse</li> <li>- Logistique et approvisionnement</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gardiennage jour et entretien des locaux</li> <li>- Gardiennage Bâtiment Luxe</li> <li>- Charroi automobile</li> <li>- Cuisine et entretien de la maison de passage</li> </ul>
<b>Système d'information</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Database manager</li> <li>- Web master</li> <li>- Laboratoire informatique</li> </ul>

### 1.2.5. Ressource matérielle

Les ressources matérielles englobent les matières premières et matériaux, les machines, les outils, les équipements, les logiciels, les locaux, etc. Elles comprennent à la fois des ressources que l'entreprise possède déjà et celles qu'elle achète ou loue pour mener à bien le projet.

En Ressources matérielles, ISIG dispose de plusieurs matériels dans chacun de ses services. Dans ce travail, nous allons nous intéresser aux équipements qui se trouvent dans la salle serveur puisque ces derniers constituent notre champ d'étude.

La salle hébergeant l'ensemble des équipements solaires (Hormis les panneaux solaires) a pour dimensions approximative 4m x 3m x 3m (Longueur, Largeur et Hauteur) pour une superficie d'environ 12m<sup>2</sup>. Cette salle se trouve précisément au 3e Niveau du bâtiment qui le loge au coins Sud-Ouest de ce dernier. La température ambiante moyenne est approximative de 21°C avec deux extrêmes pouvant atteindre 24°C (La journée) et 16°C (La nuit). Notons enfin, que cette salle n'est pas encore climatisée[21].

#### Quelques matériels :

- **Régulateur :** Le régulateur de charge/décharge est associé à un générateur photovoltaïque, il a pour rôle, entre autres, de contrôler la charge de la batterie et de limiter sa décharge. Sa fonction est primordiale car elle a un impact direct sur la durée de vie de la batterie.

Le régulateur de charge est composé d'un convertisseur DC/DC à découpage de haut rendement qui assure trois fonctions :

- Charge de la batterie via un convertisseur abaisseur de tension ;

- Détection de la puissance maximale du champ photovoltaïque tant que la batterie n'est pas chargée ;
- Conversion DC/DC ;
- Régulation de la tension de sortie en fonction de la phase de charge (Bulk, Absorption et Floating) ;
- Gain énergétique maximal lorsque la température des modules est basse et que la batterie est faiblement chargée ;
- La tension nominale de la chaîne PV peut être supérieure à la tension de la batterie ;
- Plus adapté pour des puissances PV > 200Wc
- Possibilité d'utiliser des modules quel que soit le nombre de cellules ;
- Champ PV dimensionné en puissance;
- Possibilité de s'affranchir de boîte de jonction dans certains cas et de réduire la section de câbles.
- **Inverseur (ATS)** : L'inverseur de source automatique ATL de Sermes Electric Systems est utilisé pour transférer la charge d'une ligne principale « réseau » vers une ligne de secours.
- **Convertisseur Chargeur** : Comme son nom l'indique, le convertisseur chargeur regroupe en un seul appareil les fonctions d'un convertisseur de tension et celles d'un chargeur de batteries :
- **La fonction convertisseur de tension** : en étant relié aux batteries et aux appareils qu'on souhaite faire fonctionner, il transforme le courant de 12V, 24 et 48V produits par les panneaux solaires, en courant alternatif de tension 220V/230V. Cela permet de faire fonctionner des appareils qui fonctionnent uniquement sous un courant alternatif 220V ou 230V tels que les ordinateurs de bureau, télévisions.
- **La fonction chargeur** : permet de maintenir sous tension les batteries, qu'elles soient au plomb, liquide, GEL. Cela permet aux batteries de continuer à alimenter des appareils électriques dans le cas où les panneaux ne produiraient pas assez d'énergie, ou simplement à recharger les batteries afin d'être totalement autonome.

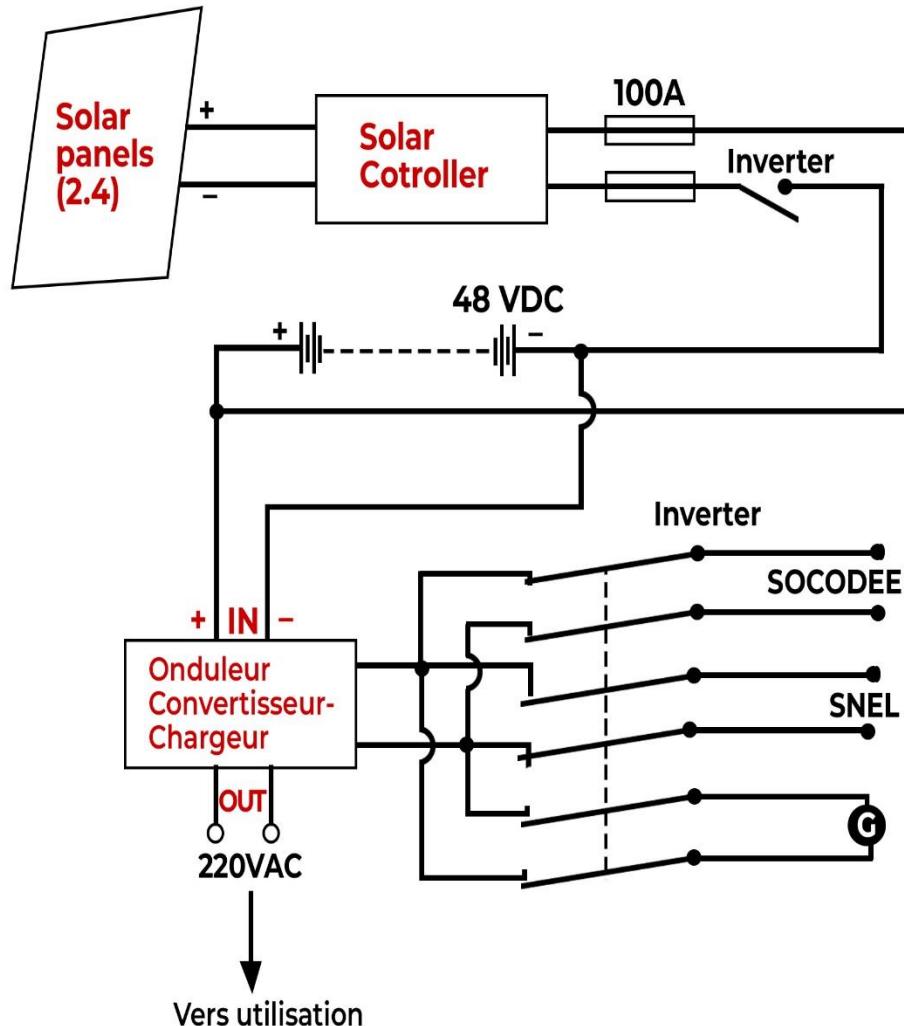
- **Serveur SYNOLOGY NAS :** est un périphérique de stockage intelligent connecté au réseau domestique ou professionnel qui permet de sauvegarder, partager, sécuriser mais aussi de faciliter l'accès à vos fichiers depuis plusieurs appareils.
- **Routeur Mikrotik Routerboard :** Il joue le rôle d'intermédiaire entre les interfaces réseaux. Il assure également le routage des paquets au sein du réseau informatique de l'ISIG.
- **Switch 48 port :** Equipment qui relie les différents segments câblés de l'ISIG. Parmi eux, il y a un switch manageable.
- **Serveur :** C'est l'ordinateur central sur lequel est installée la base de données. C'est le serveur de base de données de l'ISIG.
- **Serveur HIKVISION :** est un serveur de stockage des images de caméra de surveillance de l'ISIG-GOMA.
- **Ecran de monitoring serveur :** c'est l'écran qui permet de configurer et superviser les différents équipements.
- **Panneau de brassage :** est une combinaison parfaite de densité et de flexibilité qui permet d'organiser correctement les câbles et de les acheminer vers les équipements du réseau de manière transparente.

**Tableau 2: Tableau synthétique des matérielles du parc solaire**

N°	Désignation	Quantité	Marque	Modèle	Fabricant	Détails techniques
1	Panneaux solaires type 1	14	-	SY-PVSY027	Thunder Solar Tech CO, LTD	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maximum Power : Pmax: 100W</li> <li>- Maximum Power Voltage : Vmp: 17.5V</li> <li>- Maximum Power Current : Imp: 5.71A</li> <li>- Open Circuit Voltage : Voc: 21.37V</li> <li>- Short Circuit Current : Isc: 6.17A</li> <li>- Max System Voltage : 1000V</li> <li>- Test Condition: AM15 E=1000W/m TC=25°C</li> <li>- Size: 1480mm x 510mm x 30mm</li> </ul>
2	Panneaux solaires type 2	10	-	SY-PVSY027	Thunder Solar Tech CO, LTD	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maximum Power: Pmax: 100W</li> <li>- Maximum Power Voltage: Vmp: 17.5V</li> <li>- Maximum Power Current: Imp: 5.71A</li> <li>- Open Circuit Voltage: Voc: 21.37V</li> <li>- Short Circuit Current: Isc: 6.17A</li> <li>- Max System Voltage: 1000V</li> <li>- Test Condition: AM15 E=1000W/m TC=25°C</li> <li>- Size: 1480mm x 510mm x 30mm</li> </ul>

3	Batteries	24	AGISSON	TCB+650A	Made in TAIWAN 2018	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Normal Voltage: 2V – 10h 1.8V/Cell (25°C)</li> <li>- Cycle Voltage: 2.35V/Cell</li> <li>- Loat Voltage: 2.23V/Cell (35°C)</li> <li>- Capacity: 650AH</li> <li>- Temperature Coefficient: -3.3mV/Cell/°C</li> </ul>
4	Régulateur de tension	2	RAGGIE (MPPT Solar Charge Controller)	RG-HL30A		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Battery Voltage: 12V/24V/48V</li> <li>- Max Solar Voc: 150VDC</li> <li>- Solar VMP: 12V 18VDC ~ 80VDC</li> <li>- Max Input: 12V 420W ; 24V 840W; 48V 1650W</li> </ul>
5	Onduleur		Luminous	Home UPS	Luminous Power Technologies PVT LTD New Delhi 110058 (India)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacity: 5KVA/48V</li> <li>- Serial : 160407131B</li> </ul>

### 1.2.6. Architecture actuelle du système[21]



**Figure 1: Schéma de câblage de l'installation solaire**

**Source : ISIG-GOMA**

La figure 1 représente le schéma de câblage qui intègre tous les principaux équipements de l'installation solaire mais ne synthétise pas l'ensemble de l'installation de l'ISIG.

L'onduleur reçoit à son entrée une tension de 48VDC et produit en sortie une tension de 220VAC qui est utilisée pour les équipements critiques de l'ISIG (Ceux devant être en permanence alimentée par le courant électrique). L'onduleur est couplé à la source SNEL /SOCODE/Groupe électrogène pour recharger les batteries en cas de baisse de l'éclairage solaire (Ainsi, il fait office de Convertisseur-Chargeur).

## A. Identification des problèmes

Une situation problématique doit être vue comme l'amorce, le déclencheur d'un processus de recherche et de questionnement. Ce pourquoi nous avons constaté quelques problèmes liés à la gestion du parc solaire notamment :

- Baisse de production d'énergie ;
- Surcharge des batteries ;
- Décharge des batteries ;
- Non estimations de la durée de charge et pourcentage restant (SoC et SoH) à temps réel ;
- Aucune alerte en cas de dysfonctionnement ou défaut de charge ;
- Risque d'incendie ;
- Pas de surveillance à temps réel.

## B. Sources de problèmes :

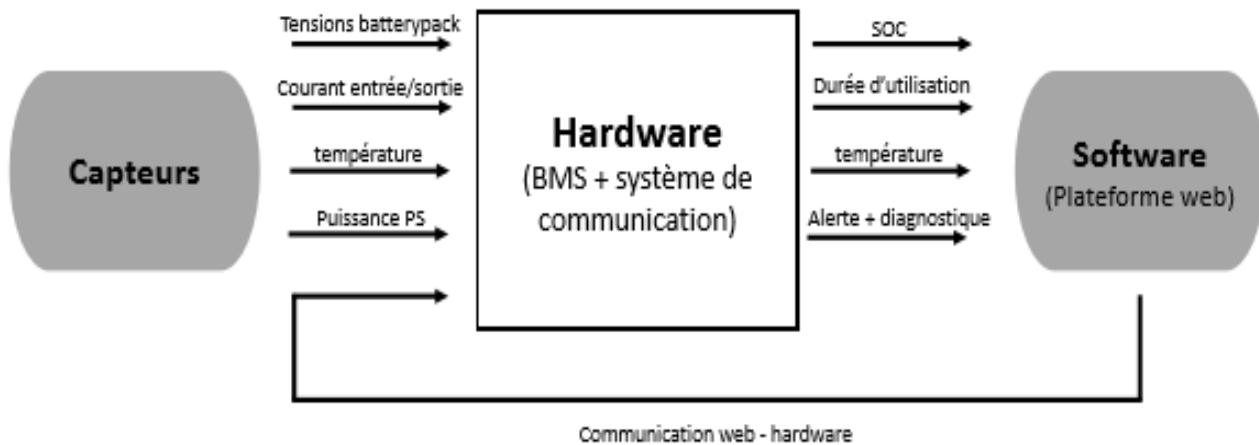
- Mauvaise installation ;
- Incompatibilité du régulateur avec les équipements installés ;
- Manque de système de monitoring à temps réel.

## C. Les objectifs du travail

C'est ainsi qu'en collaboration avec les étudiants de l'ULB, nous nous sommes fixé l'objectif de concevoir un appareil de monitoring de l'énergie électrique dont les fonctionnalités ne se résument en 8 points (classés dans l'ordre de priorité) :

- Mesure du pourcentage du battery pack (et estimation du temps d'utilisation restant) ;
- Système de communication (réception et envoi de données avec la plateforme web) ;
- Développement de la plateforme web permettant de réceptionner et d'envoyer des données avec le prototype ;
- Autonomie du système (contrôle de la température par ventilation) ;
- Gestion des panneaux solaires (vérifier que la puissance reçue est cohérente avec la météo) ;
- Auto-diagnostic réalisé par le BMS, et envoi de messages d'alertes en cas de dysfonctionnement urgent ;
- Optimisation du dispositif (prix, robustesse, taille, facilité d'utilisation) ;

- Universaliser le prototype pour une utilisation en milieu rural (adaptation à différents types de batteries, environnements différents, communication).
- Accessibilité aux données de la plateforme sans connexion internet.



**Figure 2: Schéma de communication prototype-plateforme web**    *Source : Cahier de charge*

La figure 2 représente les entrées et sorties de la partie hardware qui sera développée par les étudiants de l'université libre de Bruxelles.

## CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons tout d'abord définir les différents thèmes et concepts de notre recherche. Ensuite nous avons présenté de manière assez large l'organisation qui fait l'objet de notre étude, c'est-à-dire ISIG-GOMA. Nous avons diagnostiqué le schéma d'installation existant ainsi que les différents problèmes au parc solaire. Nous avons soulevé son état de besoin à ce qui concerne la gestion de parc solaire. C'est ainsi nous nous sommes fixé l'objectif de concevoir un appareil qui permettrait de surveiller le parc solaire à distance en prélevant d'une part : le SoC, SoH, Tension, Courant, Température, effectuer un diagnostic sur le système solaire et envoyé les alertes en cas de dysfonctionnement. D'autre part appliquer une commande sur le prototype en cas de nécessité pour répondre exactement au besoin de l'organisation.

## **Chapitre II : REVUE DE LA LITTERATURE ET DESCRIPTION DE L'APPROCHE**

### **INTRODUCTION**

Dans ce chapitre nous présenterons les différents travaux et articles faits par ailleurs pour résoudre les problèmes liés à la surveillance de l'énergie, les pistes de solutions proposées pour résoudre ces différents problèmes et les apports de chacun de chercheurs. Nous allons aussi présenter notre approche, la structure de notre solution.

Pour ce faire, nous avons subdivisé ce chapitre en deux sections, la première section portera sur la revue de la littérature où seront présentés les travaux et articles réalisés par ailleurs et la seconde section portera sur notre méthode d'analyse.

### **SECTION 1 : REVUE DE LA LITTERATURE**

### 2.1.1 Tableau synthétique des travaux similaires

Auteurs et thèmes	Objectifs traités	Solutions & innovations	Résultats
<p><b>Conception et réalisation d'un système de monitoring d'équipement de télécommunication pour le déploiement rapide et flexible d'équipes mobiles en situation d'urgence ou de coopération par Mwadjuma ATUBU, Joseph KALEMA, Glody MALEY, Daniel MUYA et Louange NZANZU. [22]</b></p>	<p>L'objectif principal poursuivi par ce travail est mettre à la disposition de MSF un moyen pouvant lui permettre d'assurer le contrôle de ses mallettes de télécommunications sur terrain. A cet effet, cette plateforme aura les fonctionnalités suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Offrir un espace de surveillance des mallettes de télécommunications, notamment surveiller leur niveau de batterie et leur localisation ;</li> <li>- Envoyer des notifications dans le site ou par mail en cas de situation critique de dépolarisatoin des batteries pour une éventuelle recharge rapide ;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'analyse de ce travail a été faite par la méthode UP avec le langage de modélisation UML ;</li> <li>- La partie front-end est conçue avec Angular comme langage de programmation ;</li> <li>- La partie Backend est implémentée par le langage Java avec son framework Spring Boot ;</li> <li>- Utilisation de la passerelle Thingstream avec le protocole MQTT pour la réception et transmission de données ;</li> <li>- L'intervention de IoT pour la conception de prototype en utilisant : Microcontrôleur DSPIC33FJ128MC802-I/SP pour le traitement des données collectées les capteurs.</li> </ul>	<p>Ils sont arrivés à implémenter une solution qui permet de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mesurer l'état de charge (SOC) de la batterie, informer la durée d'utilisation restante. Informer sur la position GPS des mallettes ;</li> <li>- Transmettre les informations pertinentes par USSD à une plate-forme centralisée sur le web ;</li> <li>- Pouvoir modifier le comportement du dispositif via des instructions à distance à partir de la plateforme web ;</li> <li>- Consommez le moins d'énergie possible ;</li> <li>- Une autonomie de 3 mois est visée même si les batteries surveillées sont hors tension ;</li> <li>- Être aussi petit que possible, c'est-à-dire pouvoir contenir dans des mallettes de Télécommunication ;</li> <li>- Être autorisé à monter dans un avion et supporter un voyage en avion ;</li> <li>- Résister à l'humidité et les intempéries de l'environnement ;</li> <li>- Notifier en cas des situations critiques du niveau de batterie ;</li> <li>- Afficher les informations du prototype sur la plateforme.</li> </ul>

<p><b>Conception et réalisation d'un système de monitoring d'équipement de télécommunication pour le déploiement rapide et flexible d'équipe mobile en situation d'urgence ou de coopération par KAVIRA KATALIKO Céline, KAVIRA MUSEKWA Lydie, KIGHUNDILA WAKOMYA Chadrac, MUGISHO VITAL TAKA, NTURUBIKA Moïse.[23]</b></p>	<p>L'objectif principal poursuivi par ce travail est mettre à la disposition de MSF un moyen pouvant lui permettre d'assurer le contrôle de ses mallettes de télécommunications sur terrain. A cet effet, cette plateforme aura les fonctionnalités suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Offrir un espace de surveillance des mallettes de télécommunications, notamment surveiller leur niveau de batterie et leur localisation ;</li> <li>- Envoyer des notifications dans le site ou par mail en cas de situation critique de dépolarisation des batteries pour une éventuelle recharge rapide ;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'analyse de ce travail a été faite par la méthode RUP avec le langage de modélisation UML ;</li> <li>- La partie front-end est conçue avec le framework React Js ;</li> <li>- La partie Backend est implémentée par le langage de programmation Python avec son framework Django ;</li> <li>- L'utilisation de Leaflet qui est une API et bibliothèque JavaScript de cartographie en ligne (Map). Et qui a permis de géolocaliser des Dispositifs.</li> <li>- Utilisation de la passerelle Thingstream avec le protocole MQTT pour la réception et transmission de données ;</li> <li>- L'intervention de IoT pour la conception de prototype en utilisant : Microcontrôleur DSPIC33FJ128MC802-I/SP pour le traitement des données collectées les capteurs.</li> </ul>	<p>Ils sont arrivés à implémenter une solution qui permet de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mesurer l'état de charge (SOC) de la batterie, informer la durée d'utilisation restante. Informer sur la position GPS des mallettes ;</li> <li>- Transmettre les informations pertinentes par USSD à une plate-forme centralisée sur le web ;</li> <li>- Pouvoir modifier le comportement du dispositif via des instructions à distance à partir de la plateforme web ;</li> <li>- Consommez le moins d'énergie possible ;</li> <li>- Une autonomie de 3 mois est visée même si les batteries surveillées sont hors tension ;</li> <li>- Être aussi petit que possible, c'est-à-dire pouvoir contenir dans des mallettes de Télécommunication ;</li> <li>- Être autorisé à monter dans un avion et supporter un voyage en avion ;</li> <li>- Résister à l'humidité et les intempéries de l'environnement ;</li> <li>- Notifier en cas des situations critiques du niveau de batterie ;</li> <li>- Afficher les informations du prototype sur la plateforme.</li> </ul>
---	--	--	--

<b>Etude d'un système photovoltaïque connecté au réseau, par Sofiane FELLOUAH et Siham MESBAHI [24]</b>	<p>Dans le nouveau contexte de changement majeur provoqué par les énergies renouvelables et l'évolution de la distribution électrique et pour mieux comprendre le comportement des systèmes photovoltaïques, il est nécessaire en particulier de mettre en évidence, des notions sur cette énergie.</p> <p>L'objectif de notre mémoire consistait à étudier une installation photovoltaïque connectée au réseau.</p>	<p>L'utilisation de l'onduleur avec 2 fonctions :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- De transformer la puissance continue (DC) générée par les modules photovoltaïques en puissance alternative sous forme de tension sinusoïdale ;</li> <li>- D'exploiter également la puissance délivrée.</li> </ul>	<p>C'est ainsi qu'ils ont réussi à faire l'étude et la simulation d'une installation de l'énergie électrique photovoltaïque connectée au réseau public</p>
---	--	--	--

**Tableau 3: Tableau synthétique des travaux similaires**

### 2.1.2. Tableau synthétique des articles similaires

Auteurs et thèmes	Objectifs traités	Solutions & innovations	Résultats
<b>Non-Isolated Interleaved Hybrid Boost Converter for Renewable Energy Applications</b> par Girish GANESAN et RAMANATHAN et Naomitsu URASAKI [25]	<p>L'invention concerne un convertisseur élévateur hybride entrelacé non isolé pour des applications d'énergie renouvelable.</p>	<p>Un contrôle PI en boucle fermée est implémenté à l'aide d'un Microchip PIC16F18455.</p> <p>La sortie du convertisseur est détectée à l'aide d'un transducteur de tension LEM LV25-P.</p>	<p>Pour prouver la validité du convertisseur, un modèle matériel 280 V/100 W a été construit et testé. Le prototype utilise une cellule multiplicatrice de tension passive. Ce nombre peut être augmenté selon l'exigence du gain.</p> <p>Le convertisseur est capable d'atteindre un gain de 10 sans fonctionner à des rapports cycliques extrêmement élevés. La contrainte de tension du commutateur est bien inférieure à la tension de sortie maximale.</p> <p>Le contrôleur maintient la valeur de consigne de la tension de sortie. Le prototype du convertisseur</p>

<p><b>A Study of Control Methodologies for the Trade-Off between Battery Aging and Energy Consumption on Electric Vehicles with Hybrid Energy Storage Systems par Kévin MALLON et François ASSADIAN[26]</b></p>	<p>Cet article développe des modèles contrôlables de vieillissement de batterie et d'ultracondensateur pour un HESS. Diverses stratégies de gestion de l'énergie sont développées dans le but de minimiser le vieillissement de la batterie</p>	<p>Contrôleur DDP (Programmation dynamique déterministe) avec Pénalité Perte d'Énergie et Pénalités Vieillissement Batterie et Condensateur, noté DDP-EC ; Contrôleur SDP (Programmation dynamique stochastique) avec Pénalité Perte d'Énergie et Pénalités Vieillissement Batterie et Condensateur, noté SDP-EC ; Un système de stockage d'énergie hybride (HESS)</p>	<p>Les résultats de la simulation sont analysés comme suit : premièrement, on vérifie que les contrôleurs SDP suivent de près les contrôleurs DDP. Ensuite, l'impact du contrôle sensible au vieillissement sur les contrôleurs causals est évalué. Ensuite, l'effet de la surutilisation de l'ultra condensateur est discuté. Enfin, le rapport coût-bénéfice de la HESS est analysé et discuté.</p> <p>La différence moyenne de durée de vie d'un contrôleur SDP par rapport à un contrôleur DDP à une valeur MPG<sub>e</sub> de fonctionnement donnée entre le point nominal et le pic DDP. Encore une fois, le résultat clé de ces données est que les contrôleurs SDP suivent les contrôleurs DDP dans 1,7 %, et dans 1,0 % spécifiquement pour le contrôle sensible au vieillissement.</p>
<p><b>Analysis of Residual Current Flows in Inverter Based Energy Systems Using Machine Learning Approaches par Holger BEHRENDTS, Dietmar MILLINGER, Werner WEIHS-SEDIVY,</b></p>	<p>L'objectif de ce projet était une analyse de faisabilité qui fournit des informations sur la possibilité de détecter et d'identifier les défauts dans les systèmes énergétiques basés sur des onduleurs en utilisant deux approches d'apprentissage automatique (reconnaissance de formes et</p>	<p>Une nouvelle génération de RCM(Moniteur de courant résiduel) intelligents utilise la fréquence des données de courant résiduel, sélective sur une large gamme de fréquences.</p>	<p>Par conséquent, les influences parasites ont été minimisées en faisant fonctionner le DUT (Device Under Test = Dispositif sous test) en mode tension constante avec une tension continue fixe DC=600V sans aucun algorithme de contrôle redondant.</p> <p>Le DUT a reçu une série temporelle de puissance d'entrée représentant une courbe d'irradiation typique pour obtenir un comportement plus réaliste.</p>

<b>Anže JAVORNIK, Gerold ROOLFS et Stefan GEIBENDÖRFER [27]</b>	auto-encodeur variationnel) comme une étape supplémentaire des moniteurs de courant résiduel intelligents modernes.		
<b>Analysis and Evaluation of the Photovoltaic Market in Poland and the Baltic States par Ewa CHOMAC-PIERZECKA, Andrzej KOKIEL, Joanna ROGOZINSKA-MITRUT, Anna SOBCZAK, Dariusz SOBON et Jacek STASIAK [28]</b>	Ce qui précède a inspiré les auteurs à explorer la situation du marché de l'énergie en Pologne et dans les États baltes dans les conditions économiques actuelles, ainsi qu'une analyse de son potentiel de développement à la lumière de la pandémie de coronavirus.	La recherche est de nature conceptuelle  Instruments dédiés aux particuliers, comme « Mon électricité » et « Allocation de thermo modernisation » ;  Des instruments dédiés aux exploitations agricoles, comme « Agro énergie »	Le développement intensif des installations photovoltaïques avec une augmentation de capacité de 11 MW à 110 MW en passant par 50 MW, qui visent à accroître l'indépendance énergétique tout en réduisant les impacts environnementaux nocifs (émissions de CO <sub>2</sub> , diminution des eaux souterraines et destruction permanente des écosystèmes)

*Tableau 4: Tableau synthétique des articles similaires*

## **SECTION 2 : METHODES D'ANALYSE**

Une méthode de gestion de projet est un système qui regroupe des principes, techniques et procédures utilisées par les individus qui travaillent dans une même discipline. Les principales méthodologies diffèrent non seulement par leur structure (selon les caractéristiques des organisations qui les appliquent), mais aussi par la nature des livrables, processus et même par le logiciel de gestion de projet adopté.

### **2.2.1. Hypothèse de travail**

Partant des problèmes énoncés dans la deuxième section de chapitre précédent, nous pensons mettre en place un système de monitoring de l'énergie électrique pouvant récolter les différentes informations : tension, courant, SoC, SoH, Température de la batterie, puissance de panneau solaire, envoyer les alertes en cas de problèmes et déploiement une solution web et mobile permettant de visualiser toutes ces informations à temps réel.

### **2.2.2. La méthode Agile**

La méthodologie Agile a été développée dans le but de créer une alternative à la gestion de projet traditionnelle de type Waterfall. Le développement de logiciels occupant une place de plus en plus importante au début des années 2000, il est devenu indispensable aux développeurs d'avoir recours à une approche itérative pour ce qui est du prototypage et de la gestion de projet. Ce nouveau besoin a donc donné naissance au développement de logiciel Agile.[2]

La gestion de projet Agile est une méthodologie itérative dans laquelle le travail s'effectue en sprints courts. En privilégiant une approche souple et une livraison continue, la méthode Agile fait preuve d'une plus grande flexibilité face aux imprévus. Cependant, cela peut parfois aboutir à une dérivée des objectifs.

La méthode Agile convient à toutes les équipes ou presque. En effet, le principe qui le sous-entend est plutôt universel. Tout le problème est de décider à quelles méthodologies l'associer.

### a. Cycle de développement Agile

Le cycle de développement agile est un système de réalisation de projets utilisé par de nombreuses équipes de développement logiciel. Le système met l'accent sur la flexibilité et l'adaptation efficace.

#### 2.2.3. Les phases du cycle de vie du développement logiciel

Dans la conception, nous avons utilisé 6 phases du cycle de vie du développement logiciel que nous pouvons citer :

1. **L'étude préliminaire** : Pour s'assurer que la conception et le développement sont sur la bonne voie, il est crucial de recueillir des informations sur le projet et le client. Si les développeurs n'ont pas une idée claire de ce pour quoi ils travaillent et des exigences, ils ne seront pas en mesure de fournir la bonne solution.

Voici quelques-unes des questions les plus courantes à se poser lors de la phase de l'étude préliminaire :

- **Objectif** : Quel est l'objectif du logiciel ? Quel type de logiciel ?
- **Besoins** : La demande est-elle suffisante sur le marché ? Pourquoi les utilisateurs ont-ils besoin de ce logiciel ? Quelles sont les exigences des consommateurs qu'on essaye de satisfaire ? Quelles sont les exigences non négociables pour le logiciel ?
- **Attentes** : Quelles sont les attentes en matière d'apparence et de convivialité ? Comment et qu'est-ce que le logiciel va générer pour l'entreprise ? Quelles fonctionnalités l'utilisateur attend-il d'un tel logiciel ? Quelles sont les fonctionnalités qu'on souhaite inclure ?

1. **La conception** du système est la phase la plus créative et stimulante du SDLC. Elle décrit le système final et le processus par lequel il est développé. Le processus de conception se traduit par des exigences en une représentation du logiciel qui peut être évaluée pour la qualité avant que le codage ne commence. Pour ce faire nous aurons recourt au langage UML et présenterons en détail les différents modèles qui en résulteront.

2. **Le développement** : La phase de développement implique la construction effective du produit. C'est à ce stade que sont développés les côtés client et serveur du site. C'est la partie la plus longue du processus de développement du logiciel. Il est subdivisé à deux partie :

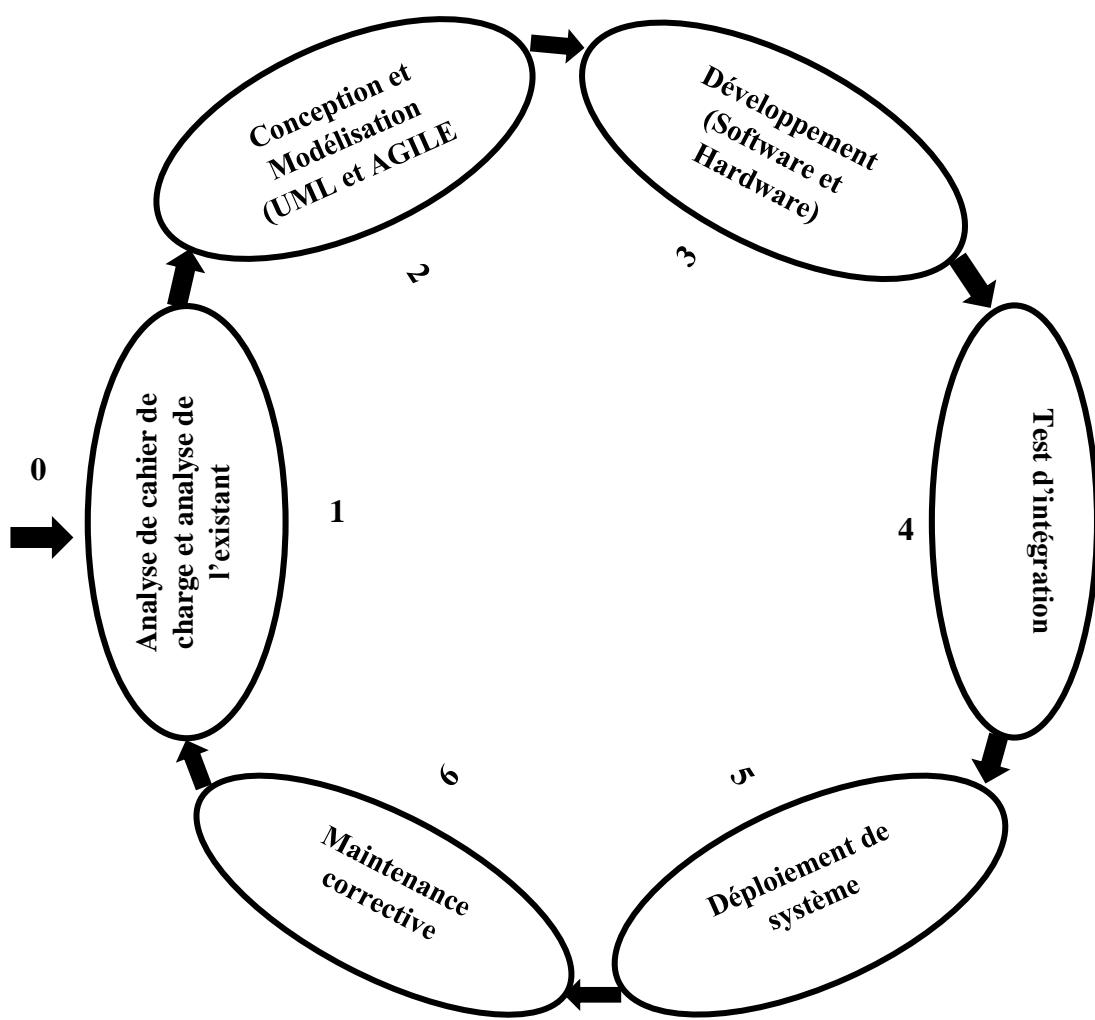
- **Développement du front-end** : est la programmation de tous les éléments visibles par les visiteurs/utilisateurs de sites et d'applications web. Le développement front-

end est considéré comme le développement web côté client, car leur travail est axé sur ce que les clients voient. Dans notre cas nous allons utiliser les langages de programmation JavaScript avec son framework React Js pour le développement front-end et flutter pour le développement de l'application mobile.

- **Développement du back-end :** Le back-end est le domaine du développement web qui se concentre sur tous les processus d'arrière-plan nécessaires qui se produisent du "côté serveur" des sites web, des applications web et des applications mobiles. Ce qui est intéressant dans ce domaine du développement web, c'est l'importance qu'il revêt, bien qu'il soit "en coulisses" et invisible pour les profanes. Dans notre cas, nous avons opté pour les langages de programmation python avec son framework Django, java et PHP pour le développement back-end.

3. **Les tests** constituent la principale mesure de contrôle de qualité utilisée au cours du développement de logiciels. Sa fonction essentielle est de détecter les erreurs dans le logiciel. Le but du test est de découvrir les exigences, la conception et les erreurs de codage dans le programme. Cette phase est une activité extrêmement critique. Elle exige une bonne planification de l'ensemble du processus de test. Lors de l'essai de l'unité, les cas de test spécifiés sont exécutés et les résultats réels sont comparés avec la sortie attendue.
4. **Le déploiement et/ou phase de mise en œuvre** est une phase moins créative que la conception du système. Il est principalement concerné par la formation des utilisateurs, le choix du site, et la préparation et la conversion de fichiers. Une fois que le système a été conçu, il est prêt à être exécuté. La mise en œuvre concerne les tâches menant immédiatement à un système pleinement opérationnel. Pour une application web telle que la nôtre, cela consiste à la faire héberger pour la rendre accessible sur le web, ainsi qu'à souscrire à un abonnement ThingStream pour l'échange des informations.
5. **La maintenance ou entretien** est une partie importante de la SDLC. S'il y a une erreur à corriger ou à modifier, cela se fait dans la phase d'entretien. La maintenance du logiciel est une phase nécessaire du développement de logiciels. Elle permet de mettre sur pied des nouvelles versions du logiciel pour répondre au besoin d'évolution que présentent les utilisateurs en ajoutant des nouvelles fonctionnalités.

#### **2.2.4. Diagramme de résolution : méthode agile**



*Figure 3: Diagramme de résolution Agile*

## CONCLUSION

Ce chapitre nous a permis de faire une revue de la littérature de notre thème comme première section dans laquelle nous avons présenté quelques travaux scientifiques qui avaient abordé le même domaine que le nôtre dans le cadre de surveillance de l'énergie solaire. Et dans cette revue de la littérature nous avons essayé aussi de montrer l'originalité de notre sujet du point de vue réalisation par rapport à ces travaux cités ; ainsi comme deuxième section nous avons présenté les différentes approches méthodologiques de résolution où nous nous sommes concentrés sur la méthode d'agile et nous avons présenté notre diagramme de résolution de problèmes de l'ISG-GOMA.

## **Deuxième partie**

### **Chapitre III : METHODOLOGIE & RESULTATS**

#### **INTRODUCTION**

Dans ce chapitre nous présenterons quelques stratégies que nous avions utilisées pour la collecte des données qui nous ont permis d'aboutir à la réalisation de notre travail, nous présenterons aussi dans ce même chapitre le planning provisionnel de notre travail mais aussi la présentation de notre résultat de recherche en décrivant certains éléments comme le diagramme de cas d'utilisation correspondant à un certain nombre d'actions que le système devra exécuter en réponse à un besoin d'un acteur.

Ce chapitre est subdivisé en deux sections dont la première porte sur la méthodologie de collecte des données et planning prévisionnel du projet qui traite de la manière dont le travail a été élaboré tout en y incluant les contraintes liées au temps et au coût des tâches à effectuer et la deuxième section porte sur Présentation des résultats ici nous allons présenter quelques diagrammes, l'architecture du système à implémenter et quelques captures d'écrans d'interfaces réalisées dans notre projet.

#### **SECTION 1 : METHODOLOGIE**

##### **3.1.1. Stratégies de collecte des données**

D'une manière générale la collecte de données est une action qui consiste de chercher et de compiler des informations factuelles provenant de différentes sources. Elle sert soit à constituer une source d'informations pour une meilleure planification, soit pour faire un bon suivi et évaluation des indicateurs prédéfinis. La collecte des données permet à une personne ou à une entreprise de répondre à des questions pertinentes, d'évaluer des résultats et de mieux anticiper les probabilités et les tendances à venir.[29]

##### **1.1.4. Cahier de charge**

Le cahier de charge est document essentiel à l'élaboration et la réalisation d'un projet. Il permet de formaliser les attentes et les besoins du donneur d'ordre (ou de la maîtrise d'ouvrage) de manière exhaustive.[3]

Il sied de rappeler que ce travail est subdivisé à deux parties : Hardware et Software tout en sachant que chaque partie a des objectifs spécifiques dont :

**a. La partie Hardware a comme objectifs :**

Concevoir un appareil permettant de prendre des mesures de différentes grandeurs à une fréquence (de l'ordre de 1Hz) : Courant, Tension, Température sur la batterie, puissance ; Calculer de manière locale le State Of Charge et le State Of Heath de la batterie.

**b. La partie Software a comme objectifs :**

Recevoir et afficher les informations d'un nombre non déterminé de batteries (SoC, SoH, température, tension, courant, puissance) ; Recevoir les messages d'alerte et les transmettre à un technicien si nécessaire.

Ces objectifs qui déterminent notre travail afin de réaliser ce prototype. C'est ainsi que la partie suivante nous a aider à organiser le projet pour atteindre les résultats attendus.

### 3.1.2. Planning prévisionnel du projet

La réussite d'un projet web tel que la création d'un site internet passe par une planification efficace. La phase de planification se traduit par la construction d'un planning prévisionnel. Ce document de travail fait la jonction entre les objectifs du projet et la façon dont il va être décliné de manière opérationnelle.

En gestion de projet web, le planning prévisionnel est un outil de travail qui permet aux équipes concernées de visualiser la manière dont le projet va s'organiser dans le temps et les différentes étapes à suivre pour atteindre les objectifs.[30]

Le planning prévisionnel permet de :

- **Respecter les délais :** Dans toute gestion de projet Web, le respect des délais est enjeu majeur. En effet, le non-respect des délais peut être une source de détérioration de la relation avec le client. Le planning prévisionnel sert à assurer le respect des deadlines ;
- **Suivre l'avancement du projet :** le planning prévisionnel permet de contrôler facilement l'avancée du projet, puisqu'il existe des tâches et les délais prévisionnels, le chef du projet peut à tout moment s'assurer que le projet avance comme prévu et pourra être livré dans les temps ;

- **Mobiliser les ressources :** le calendrier prévisionnel permet au chef du projet de mobiliser les ressources nécessaires (ressources humaines et matérielles) au bon moment ;
- **Réajuster le planning :** avec un retro-planning, on peut aussi visualiser les dépendances ou les chevauchements entre différentes tâches.

Pour créer le planning prévisionnel, il faut donc suivre les étapes clés de la planification :

- **Lister et hiérarchiser toutes les taches :** nécessaires à la réalisation du projet ;
- **Classer les taches par ordre chronologique :** en tenant compte des éventuelles dépendances entre les activités.
- **Estimer la durée de chaque tache :** fixer leurs dates de début et de fin ;
- **Estimer les ressources humaines, matérielles et budgétaires :** à affecter à chaque tache et affecter des responsables pour chacune des taches.

### 1.2.1. Identification et dénombrement des tâches

N° Tâche	Désignation	Nombre de jours	Contrainte
1	Prise de contact du projet	2	
2	Récolte des données	10	1 FD
3	Etude de technologie	20	2 FD
4	Conception de l'architecture du projet	8	3FD
5	Conception de maquette	15	4 FD
6	Conception de base des données	5	5 DD
7	Conception de Back-end	30	6 FD
8	Intégration de Thingstream	8	7 FD
9	Paquetage de front-end et back-end	9	8 FD
10	Test et validation	47	7DD
11	Rédaction de manuel d'utilisation	5	10 FD
12	Hébergement de la plateforme	2	11 FD
13	Formation des utilisateurs	10	12 FD

*Tableau 5: Tableau d'identification des taches*

### 1.2.2. Estimation du coût de projet

Taches	Désignation	Jours	Contrainte	Personne	CU (\$)	CT (\$)
A	Prise de contact du projet	2	-	MO1, MO2, M3, M4, M5	10	20
B	Récolte des données	10	A	MO1, MO2, M3, M4, M5	10	100
C	Etude de technologie	20	B	MO1, MO2, M3, M4, M5	10	200
D	Conception de l'architecture du projet	8	C	MO4, MO5	10	80
E	Conception de maquette	15	D	MO1, MO2	10	150
F	Conception de base des données	5	E	MO3	10	50
G	Conception de Back-end	30	F	MO1, MO2, M3, M4, M5	10	300
H	Intégration de Thingstream	8	G	MO2, M3	10	80
I	Paquetage de front-end et back-end	9	H	M3, M4, M5	10	90
J	Test et validation	47	I	MO1, MO2	10	470
K	Rédaction de manuel d'utilisation	5	J	M4, M5	10	50
L	Hébergement de la plateforme	2	K	MO1, M3	200	400
M	Formation des utilisateurs	10	L	MO1, MO2, M3, M4, M5	10	100
	<b>TOTAL</b>	<b>171</b>			<b>10</b>	<b>2360</b> \$

Tableau 6 : Estimation du cout de la plateforme Web

### 1.2.3. Coûts des matériels

N°	Désignation	Caractéristiques	Qté	Prix unitaire	Prix total
1	Microcontrôleur ARDUINO UNO	<p>Alimentation: via port USB ;</p> <p>Microprocesseur: TMega328 ;</p> <p>Mémoire flash: 32 kB ;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mémoire SRAM: 2 kB ;</li> <li>- Mémoire EEPROM: 1 kB ;</li> </ul> <p>Interfaces:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 14 broches d'E/S dont 6 PWM ;</li> <li>- 6 entrées analogiques 10 bits ;</li> <li>- Bus série, I2C et SPI ;</li> <li>- Intensité par E/S: 40 mA ;</li> <li>- Cadencement: 16 MHz ;</li> <li>- Gestion des interruptions ;</li> <li>- Fiche USB B ;</li> <li>- Version: Rev. 3 ;</li> <li>- Dimensions: 74 x 53 x 15 mm.</li> </ul>	1	20	20
2	Capteur de température DHT22	<p>Alimentation: 3,3 à 6 Vcc ;</p> <p>Consommation maxi: 1,5 Ma;</p> <p>Consommation au repos: 50 µA ;</p> <p>Plage de mesure:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- température: -40 à +80 °C ;</li> <li>- humidité: 0 à 100 % RH ;</li> </ul> <p>Précision:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- température: <math>\pm 0,5</math> °C ;</li> <li>- humidité: <math>\pm 2</math> % RH ;</li> </ul> <p>Dimensions: 25 x 15 x 9 mm ;</p> <p>Broche 1) à gauche à la tension d'alimentation comprise entre 3 et 5V ;</p> <p>Broche 2) à votre broche d'entrée de données ;</p> <p>Broche 4) Masse .</p>	1	15	15
3	Capteur de courant	<p>Alimentation: 5 Vcc ;</p> <p>Plage de mesure: -20 A à +20 A en AC ou DC'</p> <p>Sensibilité: 100 mV/A ;</p> <p>Dimensions: 31 x 13 x 1 mm ;</p> <p>Mesure de courant de haut précision : (<math>\pm 2\%</math>) ;</p> <p>Echantillonnage à 120 Hz / 20 kHz / 80 kHz (sélection par cavaliers) ;</p> <p>Convertisseur "A/N" intégré 12 bits ;</p> <p>Interface SPI ;</p>	1	15	15

		Echantillonnage à 120 Hz / 20 kHz / 80 kHz (sélection par cavaliers).			
4	NodeMCU ESP8266	Alimentation: - 5 Vcc via micro-USB - 5 à 9 Vcc via broche Vin (régulateur intégré) ; Microcontrôleur: ESP8266 ; Microprocesseur: Tensilica LX106 Fréquence: 80 MHz ; Mémoire RAM: 64 kB ; Mémoire Flash: 96 kB ; 10 E/S digitales compatibles PWM ; Interfaces: I2C, SPI, UART ; Interface Wifi 802.11 b/g/n 2,4 GHz ; Antenne intégrée ; Température de service: -40 à 125 °C ; Dimensions: 58 x 31 x 12 mm ;	1	20	20
5	AFFICHEUR LCD 2X16 I2C AVEC RETRO-ECLAIRAGE RGB – GROVE	Tension d'entrée : 5V ; CGROM: 10880 bits ; CGRAM: 64 * 8 bits ; Rétroéclairage RVB ; Polices anglaise et japonaise incluses ; Communication I2C ; Reset automatique à l'allumage ;	1	15	15
6	Etain	-	3	1	3
7	Fer à souder		1	5	5
	Batterie	Type de batterie : Cylindrique Capacité nominale : 1000mah Tension nominale : 9 V Composition chimique : Lithium	1	9	9
8	Fil conducteur (m)		2	1	2
	Panneau solaire		1	5	5
9	Transport	-	-	-	20
10	Imprévue	-	-	'	21
<b>TOTAL</b>					<b>150 \$</b>

*Tableau 7: Estimation des couts des matériels*

### 3.1.3. Structure de l'équipe de travail

N°	Nom, postnom et prénom	Promotion & Faculté	Désignation
1	ABIO BAMONGOYO Gaëtan	L2 IG	Main d'œuvre 1
2	BARAKA BIGEGA Espoir	L2 IG	Main d'œuvre 2
3	KAHINDO FIMBO Edith	L2 RTEL	Main d'œuvre 3
4	MUDERWA SAFARI André	L2 IG	Main d'œuvre 4
5	TAMBWE Albert	L2 RTEL	Main d'œuvre 5

*Tableau 8: Structure de l'équipe du travail*

### 3.1.4. Diagramme PERT

Avant de se lancer dans un projet, il est nécessaire de poser visuellement l'enchaînement des tâches à réaliser. Cette représentation visuelle permet de mieux anticiper chaque étape du projet. L'une des méthodes les plus efficaces pour effectuer ce travail graphique est le diagramme de PERT (*Program Evaluation Review Technique*).[31] Le principe est simple : représenter toutes les tâches visuellement, et les organiser selon les priorités du calendrier.

La méthode PERT est une méthode d'ordonnancement de projets importants à long terme, permettant la coordination optimale des tâches constituant ce projet.

La méthode permet :

- La prise en compte des différentes tâches à réaliser et des antériorités à respecter entre ces tâches ;
- La détermination de la durée globale du projet et des tâches qui la conditionnent ;
- La détermination des tâches pour lesquelles du temps est disponible (notion de marge) ;
- La détermination des dates « au plus tôt » et « au plus tard » pour lancer chaque tâche ;
- L'établissement d'un planning d'exécution et d'enchaînement des tâches (voir Gantt) ;
- La gestion des moyens logistiques (matériels) et humains (effectif) intervenant sur le projet.

- **La marge totale :** elle représente le potentiel retard que peut prendre une tâche, sans qu'elle impacte la date de fin du projet (uniquement si elle a commencé à sa date au plus tôt).
- **La marge libre :** elle représente le potentiel retard que peut prendre une tâche, sans qu'elle impacte la date au plus tôt des tâches qui suivent (uniquement si elle a commencé à sa date au plus tôt).
- **Le chemin critique :** le chemin critique permet de définir la durée minimale du projet. Pour le déterminer, il faut trouver le chemin qui passe par les tâches dont la marge totale est nulle. Il représente le délai incompressible pour réaliser le projet.

## Présentation de diagramme PERT

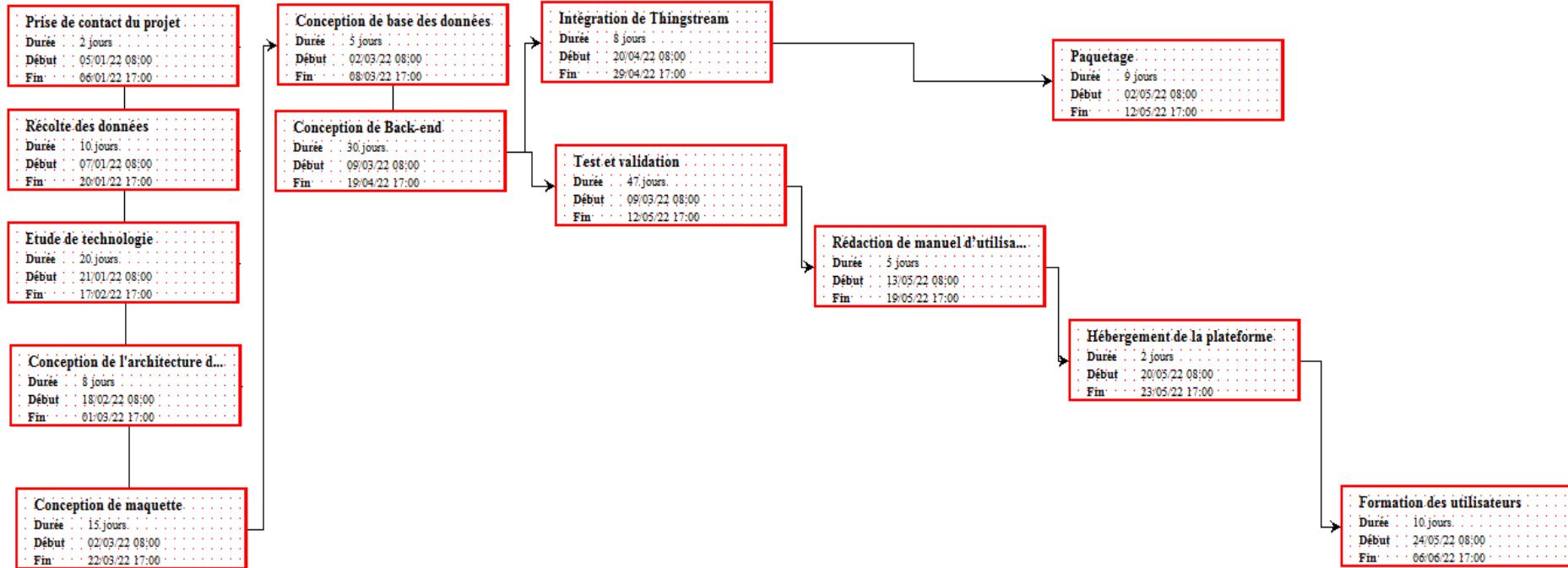


Figure 4: Diagramme PERT

### 3.1.5. Diagramme de GANTT

Le diagramme de Gantt, couramment utilisé en gestion de projet, est l'un des outils les plus efficaces pour représenter visuellement l'état d'avancement des différentes activités (tâches) qui constituent un projet.[32] La colonne de gauche du diagramme énumère toutes les tâches à effectuer ; Chaque tâche est matérialisée par une barre horizontale, dont la position et la longueur représentent la date de début, la durée et la date de fin.

Ce diagramme permet donc de visualiser d'un seul coup d'œil :

- Les différentes tâches à envisager ;
- La date de début et la date de fin de chaque tâche ;
- La date de début et la date de fin du projet dans son ensemble.

En résumé, un diagramme de Gantt permet de faire figurer l'enchaînement dans un calendrier afin de montrer la durée d'exécution des tâches.

#### a. Liste des tâches avec les contraintes

		Nom	Durée	Début	Fin	Prédécesseurs	Noms des ressources
1		Prise de contact du projet	2 jours	05/01/22 08:00	06/01/22 17:00		M O 1;M O 2;M O 3;M O 4;M O 5
2		Récolte des données	10 jours	07/01/22 08:00	20/01/22 17:00	1	M O 2;M O 1;M O 3;M O 4;M O 5
3		Etude de technologie	20 jours	21/01/22 08:00	17/02/22 17:00	2	M O 3;M O 1;M O 2;M O 4;M O 5
4		Conception de l'architecture du projet	8 jours	18/02/22 08:00	01/03/22 17:00	3	M O 4;M O 5
5		Conception de maquette	15 jours	02/03/22 08:00	22/03/22 17:00	4	M O 1;M O 2
6		Conception de base des données	5 jours	02/03/22 08:00	08/03/22 17:00	5SS	M O 3
7		Conception de Back-end	30 jours	09/03/22 08:00	19/04/22 17:00	6	M O 1;M O 2;M O 3;M O 4;M O 5
8		Intégration de Thingstream	8 jours	20/04/22 08:00	29/04/22 17:00	7	M O 2;M O 3
9		Paquetage	9 jours	02/05/22 08:00	12/05/22 17:00	8	M O 3;M O 4;M O 5
10		Test et validation	47 jours	09/03/22 08:00	12/05/22 17:00	7SS	M O 1;M O 2
11		Rédaction de manuel d'utilisation	5 jours	13/05/22 08:00	19/05/22 17:00	10	M O 4;M O 5
12		Hébergement de la plateforme	2 jours	20/05/22 08:00	23/05/22 17:00	11	M O 1;M O 3
13		Formation des utilisateurs	10 jours	24/05/22 08:00	06/06/22 17:00	12	M O 1;M O 2;M O 3;M O 4;M O 5

*Figure 5: Liste des tâches et les contraintes*

### Présentation de diagramme de GANTT

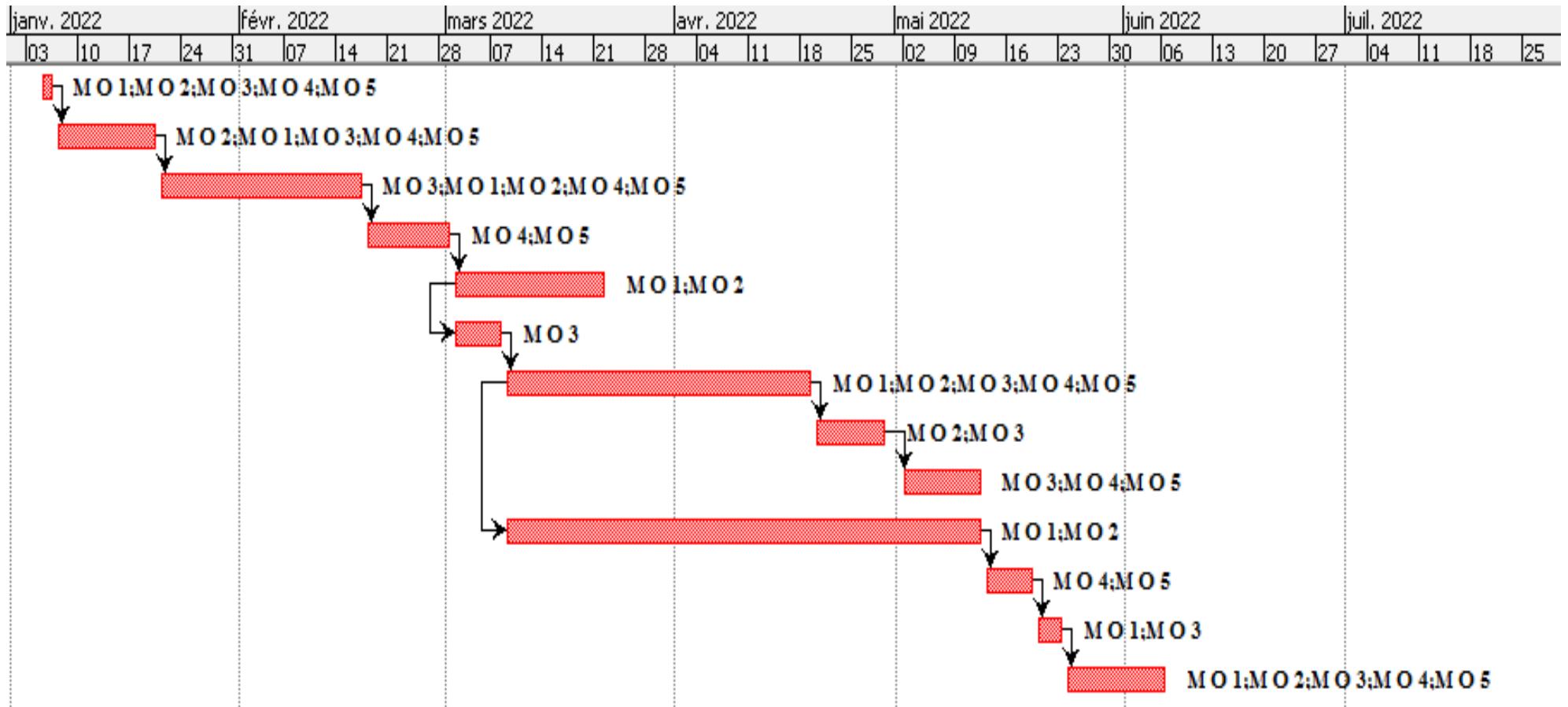


Figure 6: Diagramme de GANTT

### 3.1.6. Choix des outils et technologies

La conception et la réalisation d'un projet informatique nécessite quelques outils et technologies pour la mise en œuvre de la solution. C'est ainsi que nous avons choisi certains outils qui nous a permis de réaliser notre prototype, ainsi que les technologies de développement pour la réalisation de notre travail notamment :

#### a. Les outils de prototypage

N°	Désignation	Caractéristiques	Description
1	Microcontrôleur ARDUINO UNO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alimentation: via port USB ;</li> <li>- Microprocesseur: TMega328 ;</li> <li>- Mémoire flash: 32 kB ;</li> <li>- Mémoire SRAM: 2 kB ;</li> <li>- Mémoire EEPROM: 1 kB ;</li>   <li>Interfaces:</li> <li>- 14 broches d'E/S dont 6 PWM ;</li> <li>- 6 entrées analogiques 10 bits ;</li> <li>- Bus série, I2C et SPI ;</li> <li>- Intensité par E/S: 40 mA ;</li> <li>- Cadencement: 16 MHz ;</li> <li>- Gestion des interruptions ;</li> <li>- Fiche USB B ;</li> <li>- Version: Rev. 3 ;</li> <li>- Dimensions: 74 x 53 x 15 mm.</li> </ul>	<p>La carte Arduino permet la collecte de données provenant de nos différents capteurs ainsi qu'un traitement de ces données. Celle-ci est constituée de pins analogiques et numériques pouvant comme leurs noms l'indique soit collecter des données sous formes de signaux analogique ou numérique.</p> <p>Les cartes Arduino possèdent également des pins RX TX utilisés pour transmettre de l'information à un module de communication. La pin RX correspondant au pin de réception et le TX à la pin d'émission. La pin RX de l'Arduino doit donc être branchée à la pin TX du module de communication et inversement. Les pins Gnd et 5V sont quant à elles simplement des pins d'alimentation 5V et de mise à la masse.</p>
2	Capteur de température DHT22	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alimentation: 3,3 à 6 Vcc ;</li> <li>- Consommation maxi: 1,5 Ma;</li> <li>- Consommation au repos: 50 µA ;</li> <li>- Plage de mesure: <ul style="list-style-type: none"> <li>- température: -40 à +80 °C ;</li> <li>- humidité: 0 à 100 % RH ;</li> </ul> </li> <li>- Précision: <ul style="list-style-type: none"> <li>- température: ± 0,5 °C ;</li> <li>- humidité: ± 2 % RH ;</li> </ul> </li> <li>- Dimensions: 25 x 15 x 9 mm ;</li> <li>- Broche 1) à gauche à la tension d'alimentation comprise entre 3 et 5V ;</li> <li>- Broche 2) à votre broche d'entrée de données ;</li> <li>- Broche 3) non connecté ;</li> <li>- Broche 4) Masse .</li> </ul>	<p>La DHT22 est un capteur à bas cout permettant d'acquérir une température et une humidité ambiante d'une manière numérique. Il utilise un capteur d'humidité capacitif et une thermistance pour mesurer la température et l'humidité de l'air et la transmet d'une manière numérique sur un bus série.</p>

3	Capteur de courant	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alimentation: 5 Vcc ;</li> <li>- Plage de mesure: -20 A à +20 A en AC ou DC ;</li> <li>- Sensibilité: 100 mV/A ;</li> <li>- Dimensions: 31 x 13 x 1 mm ;</li> <li>- Mesure de courant de haut précision : (<math>\pm 2\%</math>) ;</li> <li>- Echantillonnage à 120 Hz / 20 kHz / 80 kHz (sélection par cavaliers) ;</li> <li>- Convertisseur "A/N" intégré 12 bits ;</li> <li>- Interface SPI ;</li> <li>- Echantillonnage à 120 Hz / 20 kHz / 80 kHz (sélection par cavaliers).</li> </ul>	Un <b>capteur de courant</b> permet de mesurer le champ magnétique créé par un courant qui traverse un fil électrique.
4	NodeMCU ESP8266	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alimentation: <ul style="list-style-type: none"> <li>- 5 Vcc via micro-USB</li> <li>- 5 à 9 Vcc via broche Vin (régulateur intégré) ;</li> </ul> </li> <li>- Microcontrôleur: ESP8266 ;</li> <li>- Microprocesseur: Tensilica LX106</li> <li>- Fréquence: 80 MHz ;</li> <li>- Mémoire RAM: 64 kB ;</li> <li>- Mémoire Flash: 96 kB ;</li> <li>- 10 E/S digitales compatibles PWM ;</li> <li>- Interfaces: I2C, SPI, UART ;</li> <li>- Interface Wifi 802.11 b/g/n 2,4 GHz ;</li> <li>- Antenne intégrée ;</li> <li>- Température de service: -40 à 125 °C ;</li> <li>- Dimensions: 58 x 31 x 12 mm ;</li> </ul>	Le <b>NodeMCU</b> ( <i>Node Micro Controller Unit</i> ) est un environnement de développement logiciel et matériel open source construit autour d'un système sur puce (SoC) peu coûteux appelé ESP8266. L'ESP8266, conçu et fabriqué par Espressif Systems, contient les éléments cruciaux d'un ordinateur : CPU, RAM, réseau (WiFi), et même un système d'exploitation moderne et un SDK. Cela en fait un excellent choix pour les projets Internet des objets (IoT) de toutes sortes.
5	AFFICHEUR LCD 2X16 I2C AVEC RETRO- ECLAIRAGE RGB – GROVE	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tension d'entrée : 5V ;</li> <li>- CGRAM: 64 * 8 bits ;</li> <li>- Rétroéclairage RVB ;</li> <li>- Communication I2C ;</li> <li>- Reset automatique à l'allumage ;</li> </ul>	Cet afficheur LCD nous permet d'afficher les différentes mesures captées et traitées.
6	Etain	-	Pour souder les circuits électriques
7	Fer à souder		Le fer à souder va nous permettre d'établir des contacts électriques durables entre 2 conducteurs électriques
8	Batterie	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Type de batterie : Cylindrique ;</li> <li>- Capacité nominale : 1000mah ;</li> <li>- Tension nominale : 9 V ;</li> <li>- Composition chimique : Lithium</li> </ul>	Le rôle de la batterie est d'emmagasiner l'énergie produite par le panneau solaire ou l'alternateur puis de la restituer.
9	Fil conducteur (m)	-	Câbles qui nous permettra de conduire les signal électrique.

10	Panneau solaire		élément d'un dispositif transformant l'énergie solaire en énergie électrique
11	Module ThingStream	Module embarqué : Module de localisation ; GPS/GLONASS/GSM ; SIM868 ; Quadri bande 802.11b/g/n Interface: GPIO, I2C, SPI, UART, USB Compatibilité : microbus Taille : 57.15×25,4mm Tension entrée : 5V	Nous avons opté pour un module qui communique avec les serveurs même sans connexion internet. Nous avons choisi le module "Thingstream Click" qui utilise le système de communication USSD de Thingstream. C'est-à-dire qu'il suffit qu'il y ait une couverture réseau téléphonique pour que le module puisse communiquer avec les serveurs. La communication entre le module et les serveurs se fait via un broker de Thingstream et par le protocole MQTT. Les données provenant des différents capteurs seront quant à elle collecter par une carte Arduino qui les transférera au module de communication "Thingstream Click". Le contrôle de la mesure des données et le choix d'envoi de message peut donc se faire uniquement sur la carte Arduino le module Thingstream ne servant lui qu'à communiquer

*Tableau 9: Tableau synthétique des matériels du prototype*

#### b. Les technologies de développement

N°	Désignation	Description	Avantages
1	React JS	React JS c'est un framework idéal pour la création de tout type de plateforme. Il couvre tous les domaines, principalement le développement <b>mobile, Web et natif</b> . Les développements avec React JS sont facilement capables de gérer divers contextes de développement d'interface utilisateur. Argument supplémentaire et non négligeable, <b>React</b> a même fait son chemin dans l'intelligence artificielle (IA) et la réalité virtuelle.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Monopage ;</li> <li>- Simplicité ;</li> <li>- Réutilisabilité ;</li> <li>- Flux de données ;</li> <li>- Rétention des utilisateurs ;</li> </ul>

2	Django	Django est un framework Python de haut niveau, permettant un développement rapide de sites internet, sécurisés, et maintenables. Créé par des développeurs expérimentés, Django prend en charge la plupart des tracas du développement web. Il est gratuit, open source, a une communauté active, une bonne documentation, et plusieurs options pour du support gratuit ou non.	- Complète ; - Polyvalent ; - Sécurisé ; - Scalable ; - Maintenable ; - Portable.
3	Java	Java est un langage de programmation à usage général, évolué et orienté objet dont la syntaxe est proche du C. Ses caractéristiques ainsi que la richesse de son écosystème et de sa communauté lui ont permis d'être très largement utilisé pour le développement d'applications de types très disparates	- Simple, orienté objet et familier ; - Robuste et sûr ; - Indépendant de la machine employée pour l'exécution ; - Très performant ; - Interpréte, multitâches et dynamique.
4	Flutter	Est un kit de développement principalement utilisé pour le développement d'application Android, iOS et Web sans nécessiter la création d'une base de code propre à chacun de ces trois systèmes si différents l'un de l'autre. Flutter utilise Dart comme langage de programmation.	- Très bonnes performances, proches du natif ; - Simplifier le débogage ; - La conception design considérablement simplifiée
5	MYSQL	C'est un système de base de données relationnelle distribué sous une double licence GPL, licence d'utilisation des logiciels libre sous condition, et propriétaire, détenue par ORACLE qui ainsi possède deux des SGBD les plus installés du marché.	- Il est multiplateforme ; - Il est natif dans la majorité des Framework web ; - Il offre des performances élevées en restitution (lecture).

**Tableau 10: Tableau synthétique des langages de programmation utilisées**

### c. Protocole de communication MQTT

Le protocole de communication MQTT est un système de communication permettant le transfert de message entre plusieurs objets (“Things”). Ce protocole utilise une logique d’abonnement à un sujet (“Topic”) et de publication dans ces sujets où d’autres objets peuvent également s’abonner.

## SECTION 2 : RESULTATS ET ANALYSE

Dans cette section, nous allons présenter les différents diagrammes UML de notre projet. UML (Unified Modelisation Language) est un langage de modélisation des systèmes d'information orienté objet et plus couramment utilisé dans la conception des logiciels. Les différents diagrammes que nous allons présenter dans cette section sont basées sur l'architecture de notre application.

### 3.2.1. Diagramme de Cas d'utilisation

Ces sont des diagrammes UML utilisés pour donner une vision globale du comportement fonctionnel d'un système logiciel. Les cas d'utilisations permettent de :

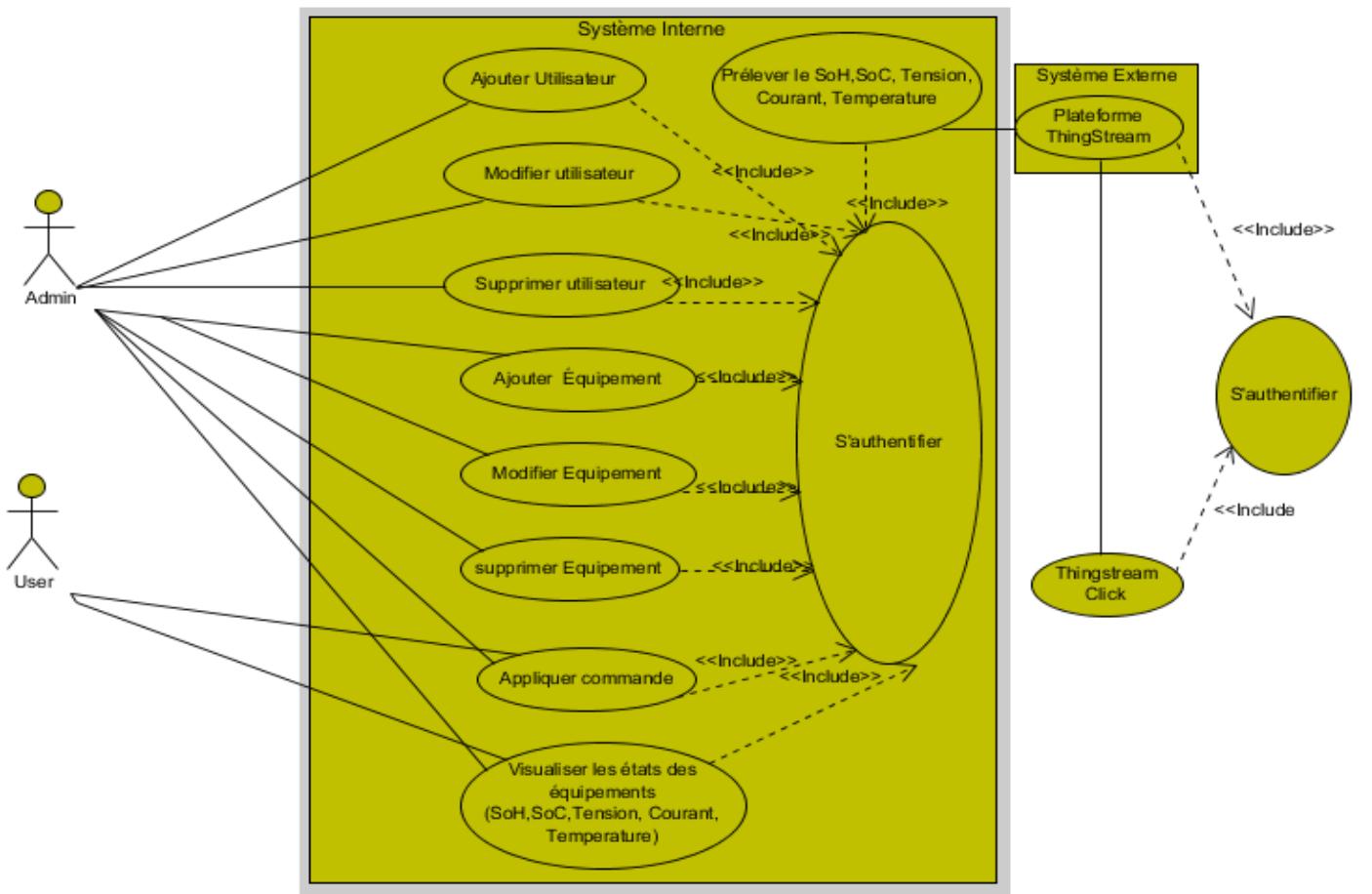
- Faciliter la structuration des besoins des utilisateurs ;
- Donner une représentation simple et expressive des besoins ;
- Exprimer les limites et les objectifs du système.

**Un cas d'utilisation** correspond à une manière spécifique d'utiliser le système. C'est la représentation d'une fonctionnalité déclenchée en réponse à une stimulation du système.

Un diagramme de cas d'utilisation a trois concepts fondamentaux :

- **Un acteur** : est une entité externe qui agit sur le système. Un acteur a toujours le même comportement vis-à-vis du système. Il n'est pas forcément une personne physique, il peut aussi être un système externe qui interagit avec notre système. Un acteur est représenté par un bonhomme et est identifié par son nom ou par une classe stéréotypé « acteur » ;
- **Un cas d'utilisation** : est le nombre d'actions que le système devra exécuter en réponse aux différents besoins des acteurs. Il doit produire un résultat observable pour un ou plusieurs acteurs ;
- **Interaction** : permet de décrire les différents échanges entre l'acteur et le système.

Ainsi notre diagramme de cas d'utilisation se présente comme suis :



*Figure 7: Diagramme de Cas d'utilisation*

### Description détaillée de Cas d'utilisation

Les présents cas d'utilisation constituent un moyen plus simple et clair de recueillir et de décrire toutes les fonctionnalités que le système rend à ses utilisateurs. Il pourra aussi être utilisé par la suite comme moyen d'organisation du développement de la plateforme, notamment pour la structuration et le déroulement des tests du logiciel (Plateforme).

Quelques manipulations clés :

- **L'administrateur :** Avant toutes manipulations dans le système, l'administrateur doit s'authentifier, c'est-à-dire entrer des informations valider pour accéder au système. L'administrateur a le droit d'afficher des informations, de commander et de gérer les équipements, il peut gérer les utilisateurs ;
- **L'authentification :** Avant toute manipulation dans le système, l'utilisateur doit s'authentifier, c'est-à-dire entrer ses informations de login (Qui doivent être valides) ;

- **L'utilisateur :** en tant que simple utilisateur, il peut visualiser les informations (SoC, SoH, Courant, Tension, Température du pack batterie) affichées sur la plateforme web qui transitent par Thingstream en provenance des dispositifs matériels. L'utilisateur peut donc appliquer une commande sur l'équipement, etc.

### 3.2.2. Diagramme de classe

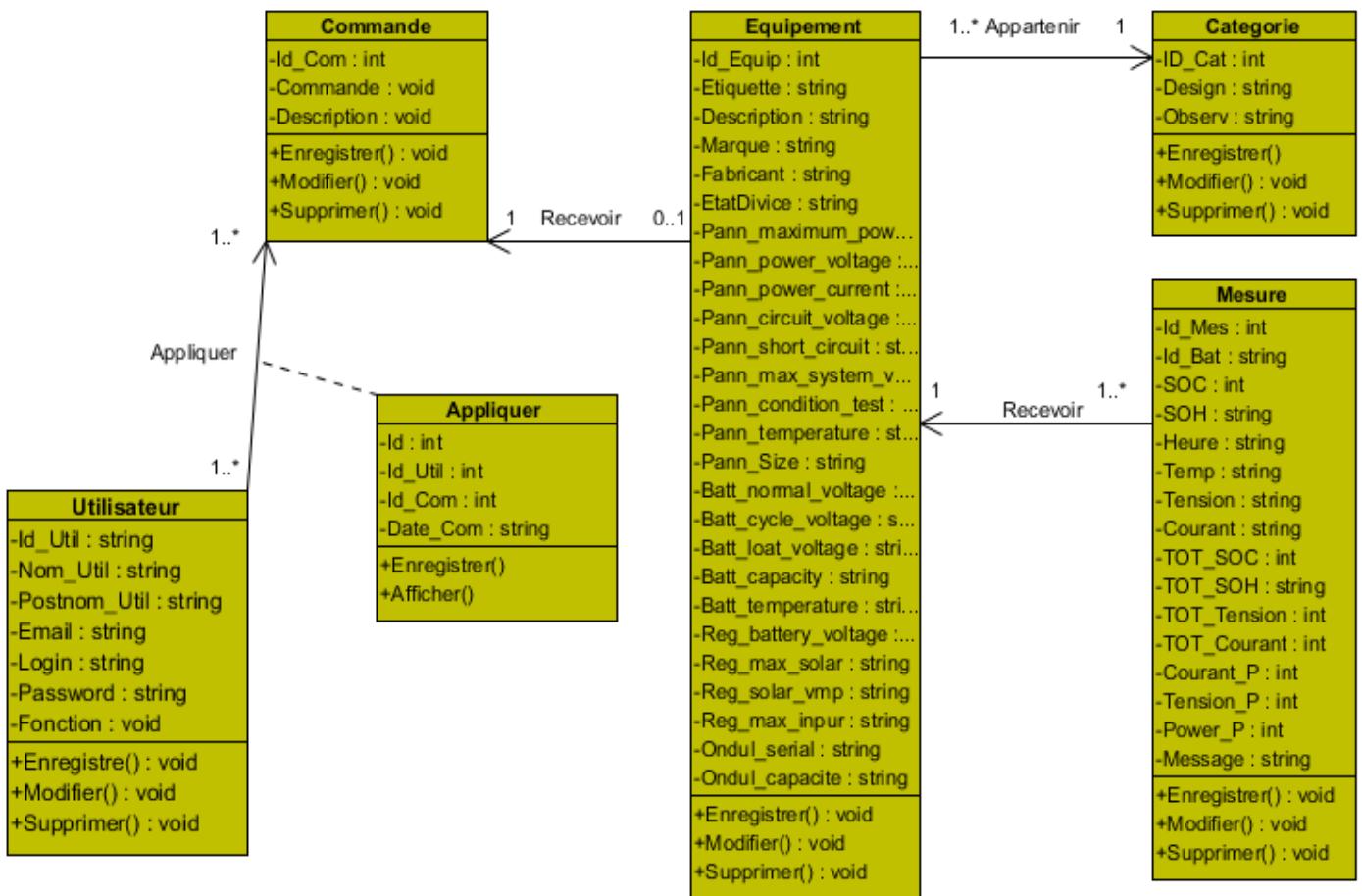
Le diagramme de classe constitue l'un des pivots essentiels de la modélisation avec UML. En effet, ce diagramme permet de donner la représentation statique du système à développer. Cette représentation est centrée sur les concepts de classe et d'association. Chaque classe se décrit par les données et les traitements dont elle est responsable pour elle-même et vis-à-vis des autres classes.

Les traitements sont matérialisés par des opérations. Le détail des traitements n'est pas représenté directement dans le diagramme de classe ; seul l'algorithme général et le pseudocode correspondant peuvent être associés à la modélisation.

La description du diagramme de classe est fondée sur :

- **Le concept Objet :** Un objet est un concept, une abstraction ou une chose qui a un sens dans le contexte du système à modéliser. Chaque objet a une identité et peut être distingué des autres sans considérer a priori les valeurs de ses propriétés ;
- **Une classe :** décrit un groupe d'objets ayant les mêmes propriétés (attributs), un même comportement (opérations), et une sémantique commune (domaine de définition) ;
- **Un attribut :** est une propriété élémentaire d'une classe ;
- **Une opération :** est une fonction applicable aux objets d'une classe. Une opération permet de décrire le comportement d'un objet. Une méthode est l'implémentation d'une opération.

Ainsi notre diagramme de classe se présente comme suis :



*Figure 8: Diagramme de classe*

### **3.2.3. Diagramme de déploiement**

Un diagramme de déploiement décrit la disposition physique des ressources matérielles qui composent le système et montre la répartition des composants sur ces matériels. Chaque ressource étant matérialisée par un nœud, le diagramme de déploiement précise comment les composants sont répartis sur les nœuds et quelles sont les connexions entre les composants ou les nœuds. Les diagrammes de déploiement existent sous deux formes : spécification et instance.

## Présentation de diagramme de déploiement

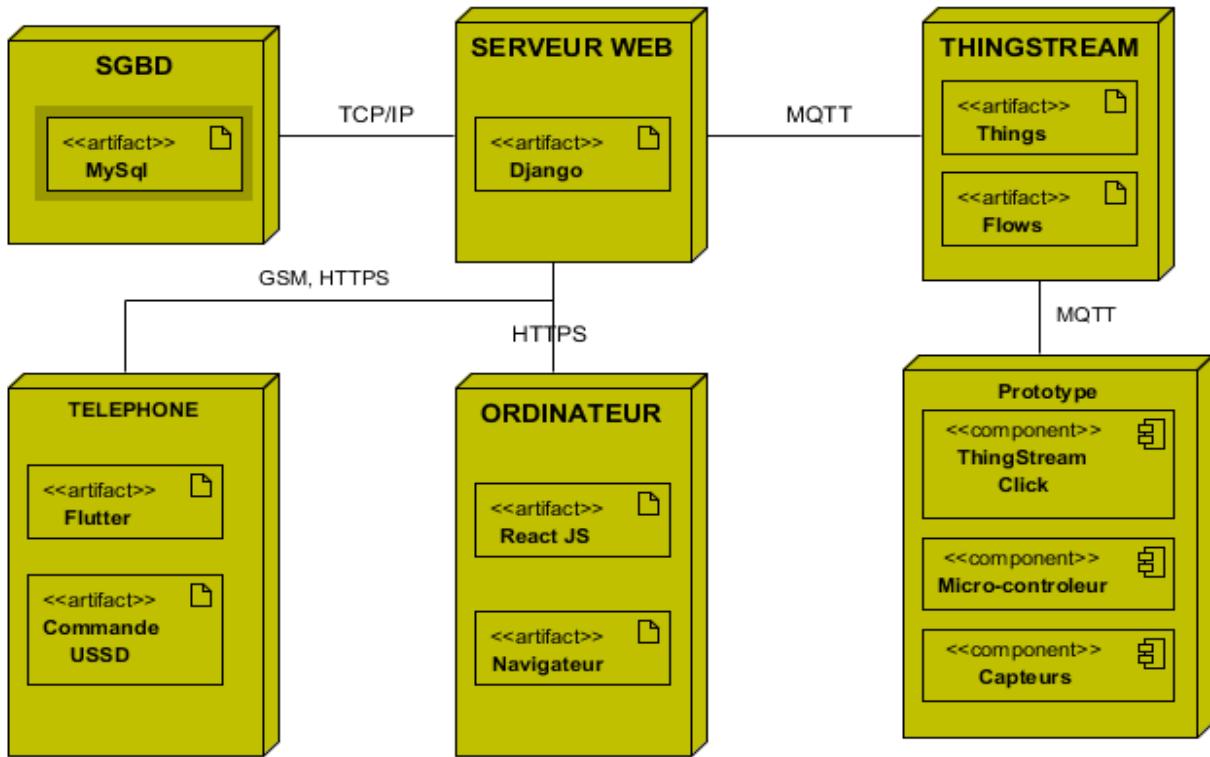


Figure 9: Diagramme de déploiement

### 3.2.4. Architecture du système

L'architecture logicielle décrit d'une manière symbolique et schématique les différents éléments d'un ou de plusieurs systèmes informatiques, leurs interrelations et leurs interactions. Contrairement aux spécifications produites par l'analyse fonctionnelle, le modèle d'architecture, produit lors de la phase de conception, ne décrit pas ce que doit réaliser un système informatique mais plutôt comment il doit être conçu de manière à répondre aux spécifications. L'analyse décrit le « quoi faire » alors que l'architecture décrit le « comment le faire ». [33]

Nous avons pensé une architecture qui décrit comment les éléments interagissent entre eux dans notre système, plus précisément, comment se fait la communication entre le prototype et la plateforme web.

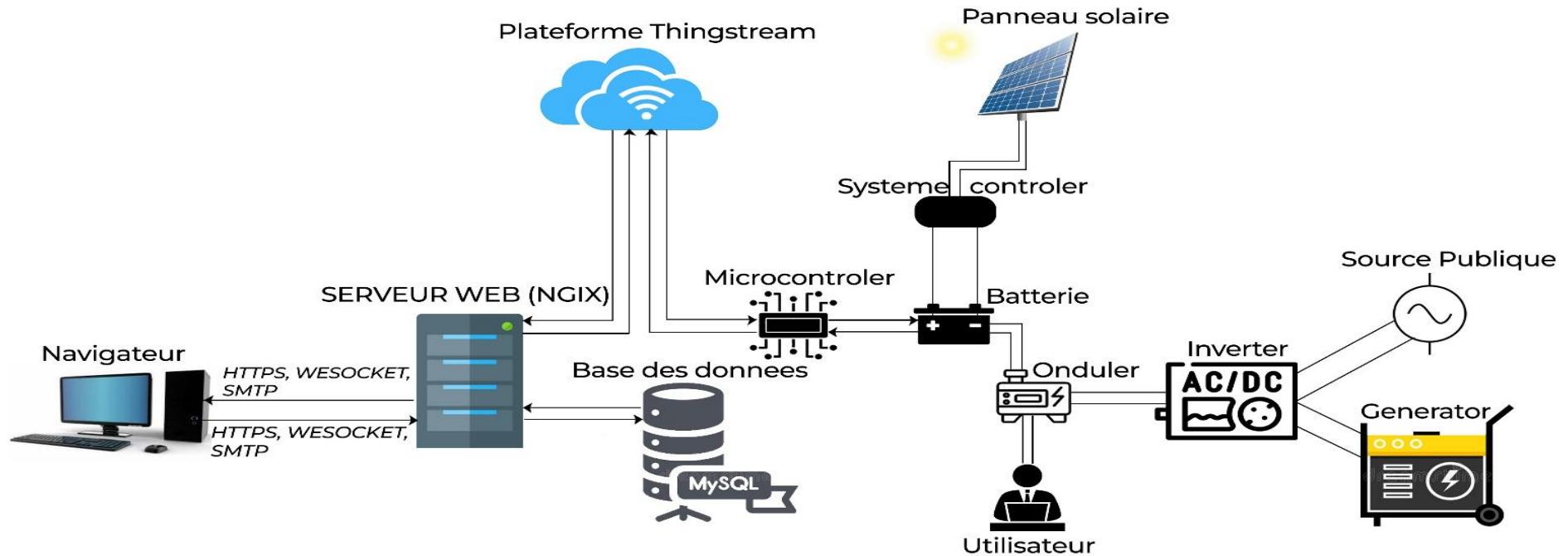
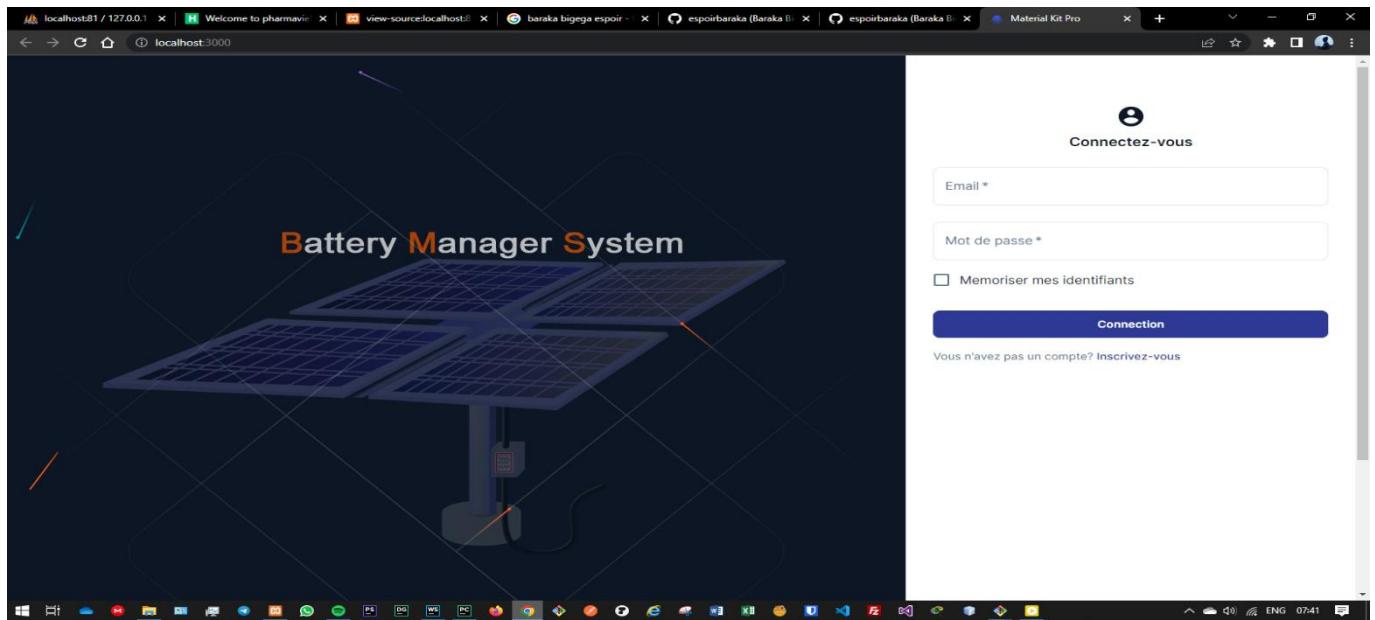


Figure 10: Architecture de nouveau système

### 3.2.5. Présentation des interfaces du site et mobile

#### 1. Interface login

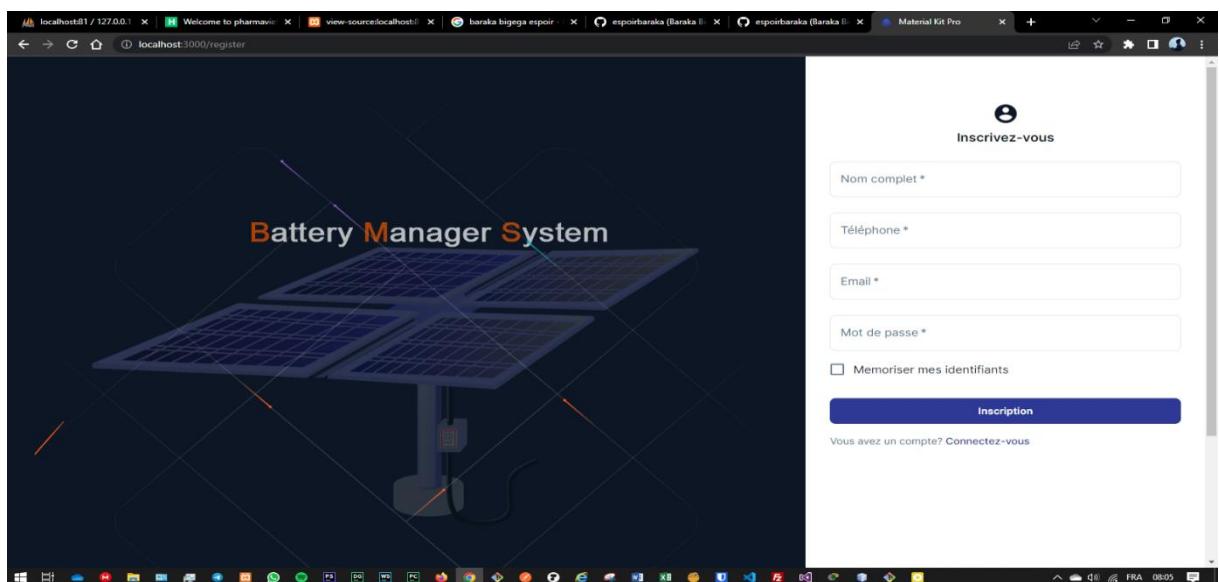
Permet à l'utilisateur de se connecter à la plateforme moyennant son adresse mail et son mot de passe



*Figure 11: Interface d'authentification*

#### 2. Interface inscription

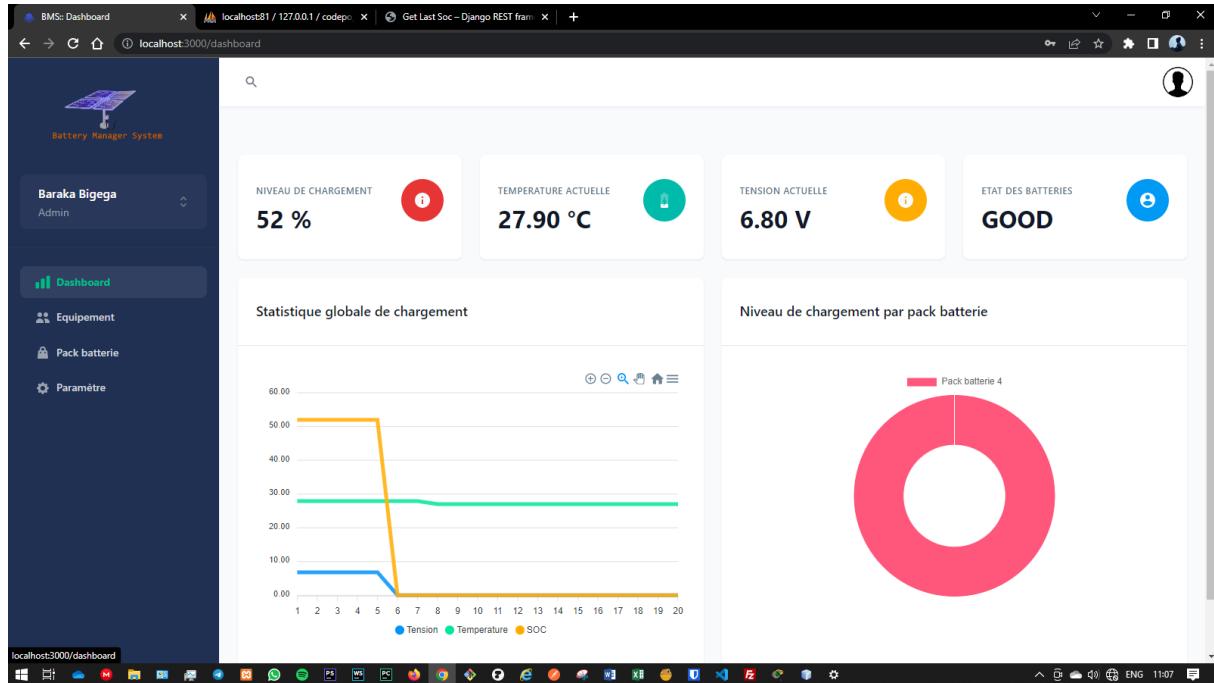
Permet de s'inscrire dans la plateforme.



*Figure 12: Interface d'identification des utilisateurs*

### 3. Interface Dashboard

Présente les statistiques ainsi que le tableau de bord de la plateforme.



*Figure 13: Tableau de bord du site web*

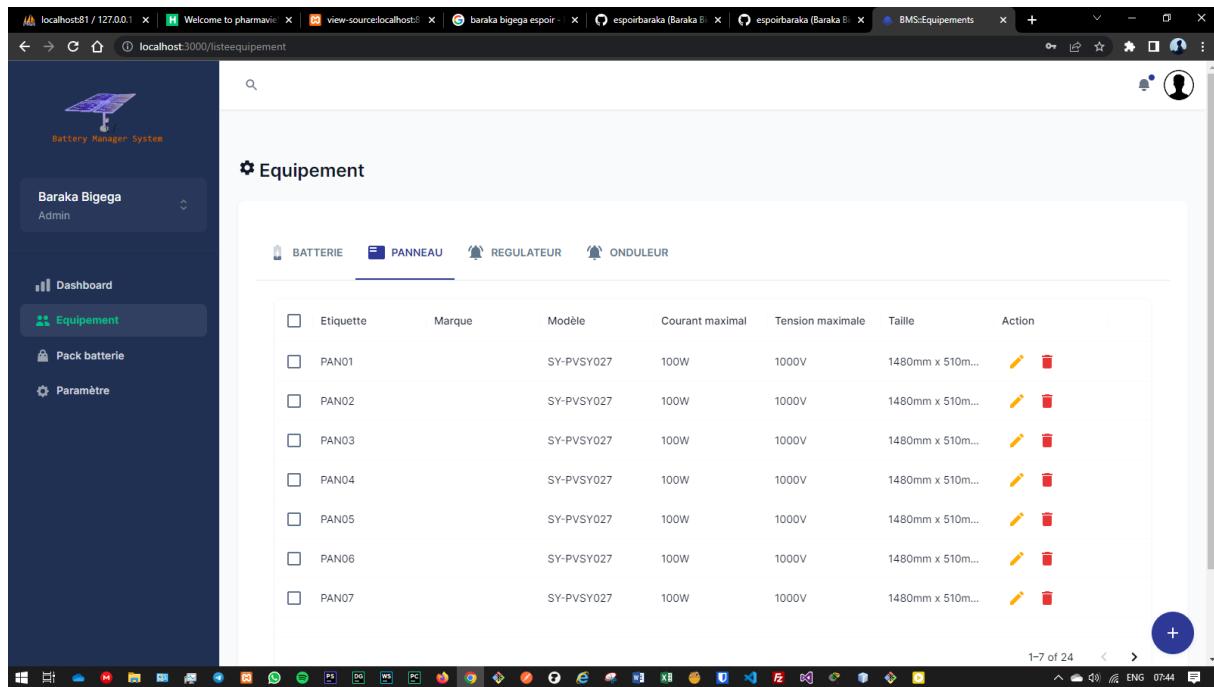
### 4. Liste d'équipements

- **Batteries**

Equipement						
	BATTERIE	PANNEAU	REGULATEUR	ONDULEUR		
<input type="checkbox"/>	Etiquette ↑	Marque	Modèle	Voltage normal	Capacité de charge	Pack batterie
<input type="checkbox"/>	BAT01		TCB+650A	2V - 10h 1.8V/Cell...	650AH	
<input type="checkbox"/>	BAT02		TCB+650A	2V - 10h 1.8V/Cell...	650AH	
<input type="checkbox"/>	BAT03		TCB+650A	2V - 10h 1.8V/Cell...	650AH	
<input type="checkbox"/>	BAT04		TCB+650A	2V - 10h 1.8V/Cell...	650AH	
<input type="checkbox"/>	BAT05		TCB+650A	2V - 10h 1.8V/Cell...	650AH	
<input type="checkbox"/>	BAT06		TCB+650A	2V - 10h 1.8V/Cell...	650AH	
<input type="checkbox"/>	BAT07		TCB+650A	2V - 10h 1.8V/Cell...	650AH	

*Figure 14: Liste des batteries*

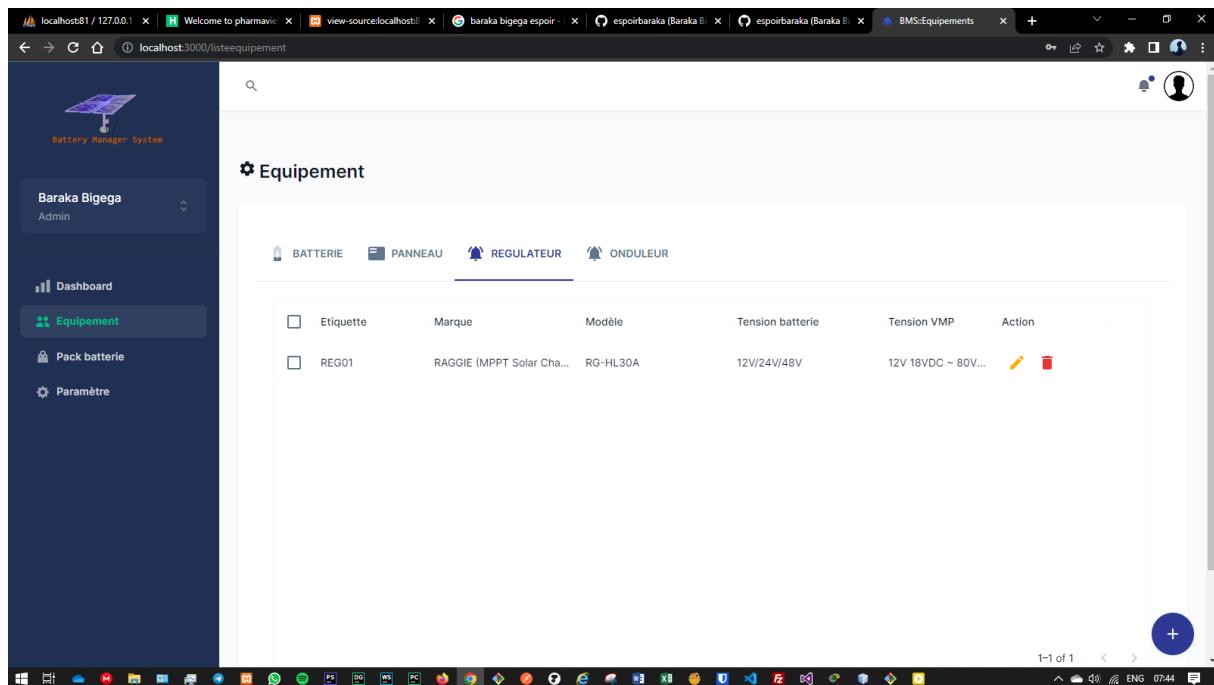
## - Panneaux solaires



The screenshot shows a web-based application for managing a battery system. The left sidebar has a dark theme with a blue header bar containing the system name "Baraka Bigega" and the user "Admin". The sidebar includes links for "Dashboard", "Equipement" (which is highlighted in green), "Pack batterie", and "Paramètre". The main content area is titled "Equipement" and has tabs for "BATTERIE", "PANNEAU" (selected), "REGULATEUR", and "ONDULEUR". Below the tabs is a table with the following columns: Etiquette, Marque, Modèle, Courant maximal, Tension maximale, Taille, and Action. There are seven entries for solar panels (PAN01 to PAN07), each with a checkbox in the first column and edit/delete icons in the last column. The table shows that all panels have a model SY-PVSY027, 100W max current, 1000V max voltage, and a size of 1480mm x 510mm. The bottom right of the table shows "1-7 of 24". The status bar at the bottom indicates "ENG 07:44".

*Figure 15: Liste des panneaux solaires*

## - Régulateur



This screenshot shows the same software interface as Figure 15, but the "REGULATEUR" tab is selected in the top navigation bar. The main content area is titled "Equipement" and has tabs for "BATTERIE", "PANNEAU", "REGULATEUR" (selected), and "ONDULEUR". Below the tabs is a table with the following columns: Etiquette, Marque, Modèle, Tension batterie, Tension VMP, and Action. There is one entry for a regulator (REG01), which has a checkbox in the first column and edit/delete icons in the last column. The table shows that the regulator is a RAGGIE (MPPT Solar Cha...) model RG-HL30A, with a battery voltage of 12V/24V/48V and a VMP of 12V 18VDC ~ 80V. The bottom right of the table shows "1-1 of 1". The status bar at the bottom indicates "ENG 07:44".

*Figure 16: Liste des régulateurs*

## - Onduleur

The screenshot shows a web-based application interface for managing equipment. On the left, there is a dark sidebar with the 'Battery Manager System' logo at the top, followed by 'Baraka Bigega Admin'. Below this are navigation links: 'Dashboard', 'Equipement' (which is highlighted in green), 'Pack batterie', and 'Paramètre'. The main content area has a header 'Equipement' with tabs for 'BATTERIE', 'PANNEAU', 'REGULATEUR', and 'ONDULEUR' (which is selected). A table below lists one item: 'OND01' with 'Luminous' as the brand and 'Home UPS' as the model. The table includes columns for 'Etiquette', 'Marque', 'Modèle', 'Numéro de série', 'Capacité', and 'Action' (with edit and delete icons). At the bottom right of the main content area, there is a blue circular button with a '+' sign.

*Figure 17: Liste des onduleur*

## 5. Interface d'enregistrement équipements

### - Batteries

This screenshot shows the 'Batterie' registration form within the same application interface. The left sidebar remains the same. The main content area has a header 'Equipement' with tabs for 'BATTERIE', 'PANNEAU', 'REGULATEUR', and 'ONDULEUR'. Below the tabs is a table listing seven batteries: BAT01 through BAT07. Each row contains an 'Etiquette' checkbox, 'Marque' (TCB+650A), 'Modèle' (2V - 10h 1.8V), and 'Voltage normal' (2V - 10h 1.8V). To the right of the table is a form for entering new battery details. It includes fields for 'Etiquette \*' and 'Description \*', 'Marque' and 'Modèle \*', 'Fabricant' and 'Etat de la batterie \*', 'Voltage normal \*' and 'Cycle de voltage \*', 'Capacité minimale \*' and 'Capacité de charge par heure \*', and 'Coefficient de la température \*'. A large blue 'Ajouter' (Add) button is located at the bottom right of the form.

*Figure 18: Interface d'enregistrement de batterie*

## - Panneaux solaires

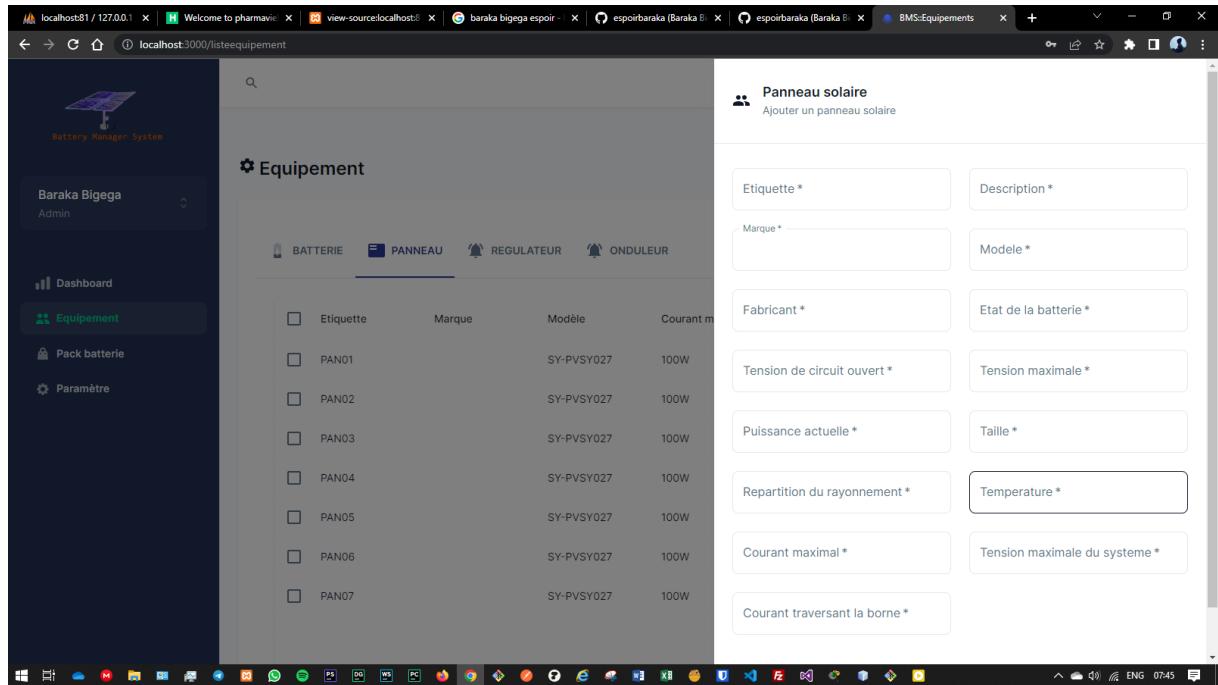


Figure 19: Interface d'enregistrement de panneau solaire

## - Régulateur

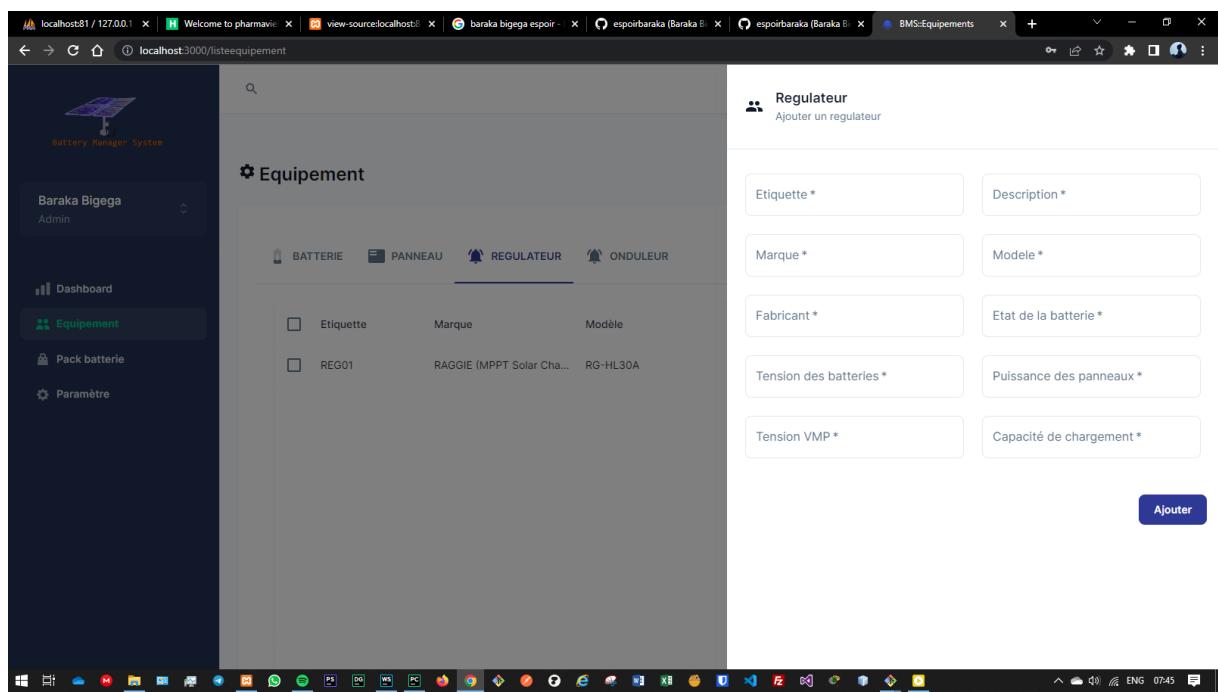
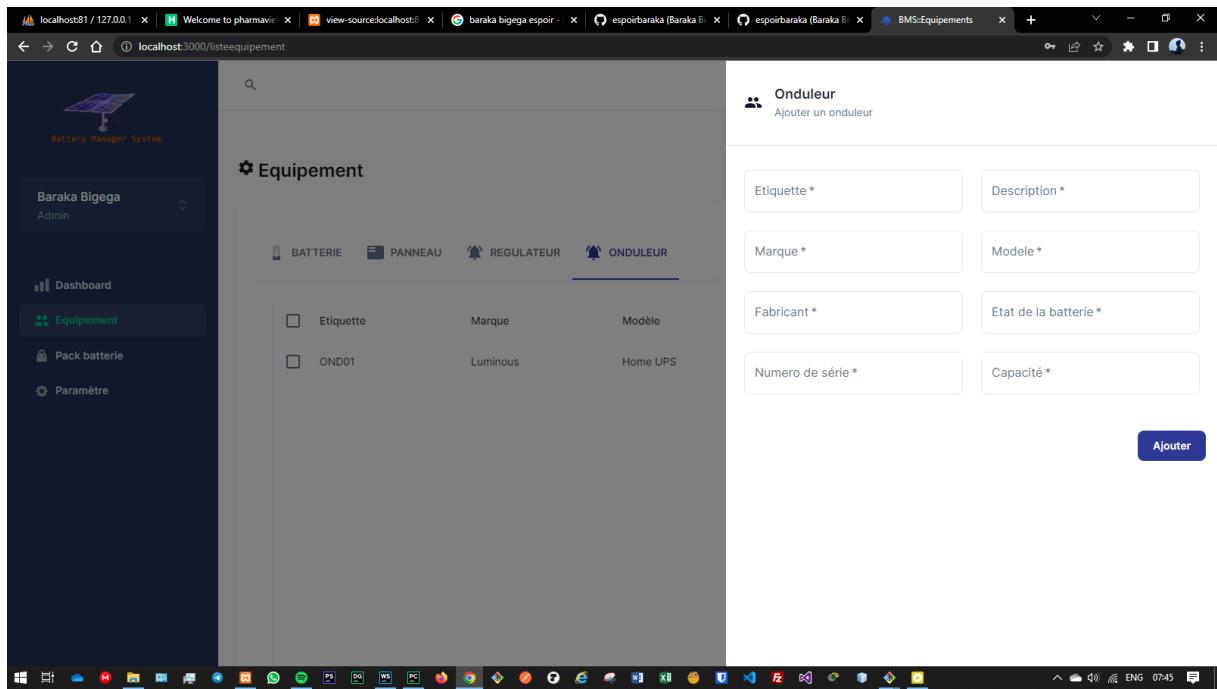


Figure 20: Interface d'enregistrement de régulateur

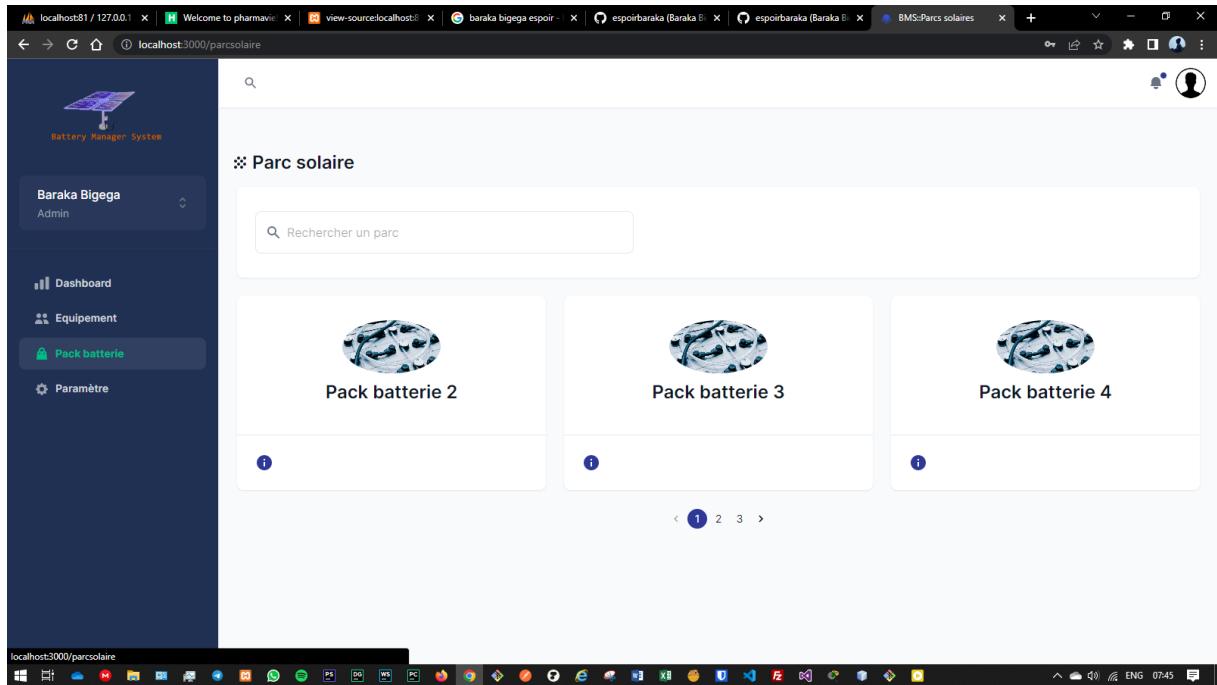
- **Onduleur**



*Figure 21: Interface d'enregistrement d'onduleur*

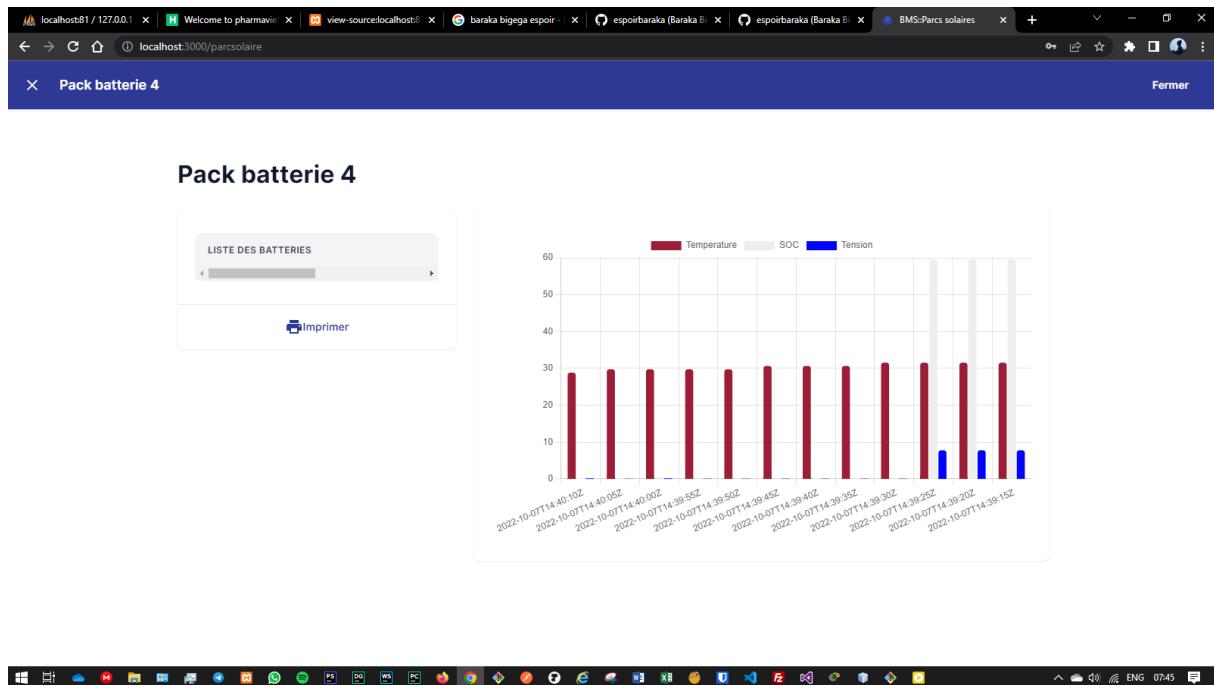
## 6. Interface pour les PACK BATTERIE

- **Liste**



*Figure 22: Liste des pack batteries*

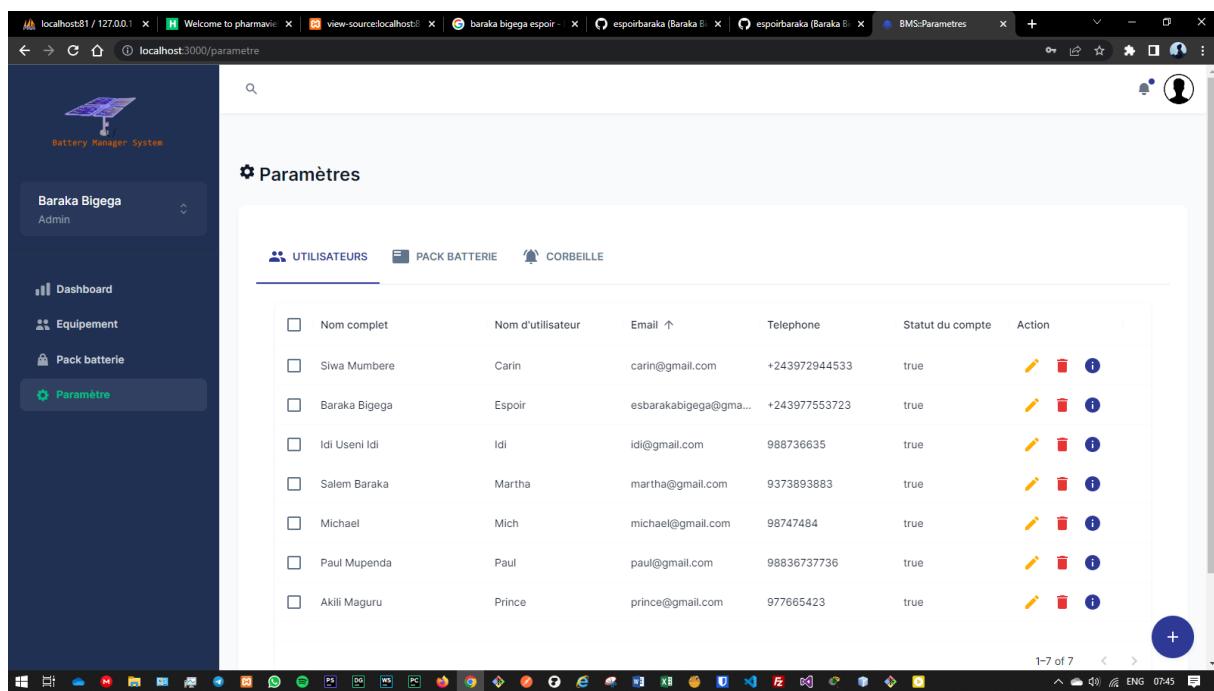
## - Statistique de chargement par PACK



*Figure 23: statistique des différentes mesures du pack 4*

## 7. Interface des paramètres

### - Utilisateurs



*Figure 24: Liste des utilisateurs*

## - Pack batterie

	Action
<input type="checkbox"/> Designation	
<input type="checkbox"/> Pack batterie 2	
<input type="checkbox"/> Pack batterie 3	
<input type="checkbox"/> Pack batterie 4	

Figure 25: Liste de pack batterie

## - Interface corbeille

	UTILISATEUR	EQUIPEMENT	PACK BATTERIE	
<input type="checkbox"/> Nom complet	Nom d'utilisateur	Email	Telephone	Action
<input type="checkbox"/> Muderhwa Safari	andrew_aldrige	safariandre@gmail.com	991900843	

Figure 26: Interface de corbeille des utilisateurs

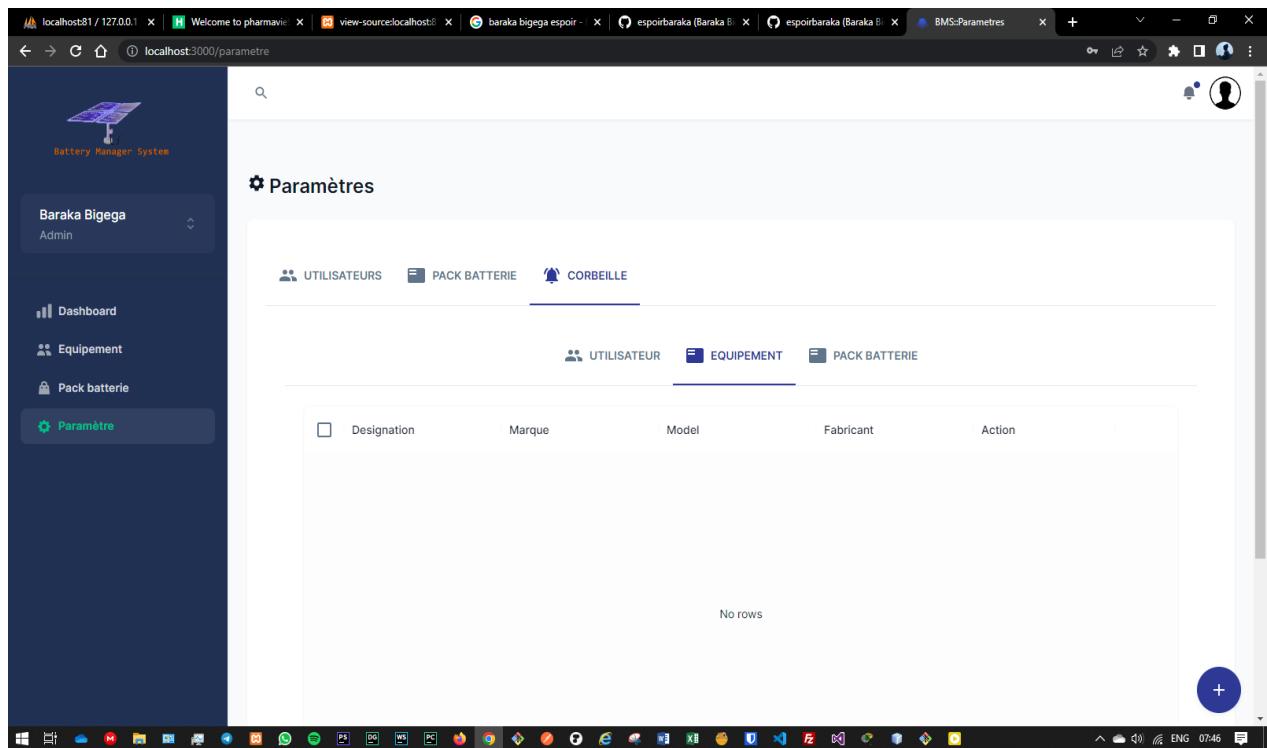


Figure 27: Interface de corbeille des équipements

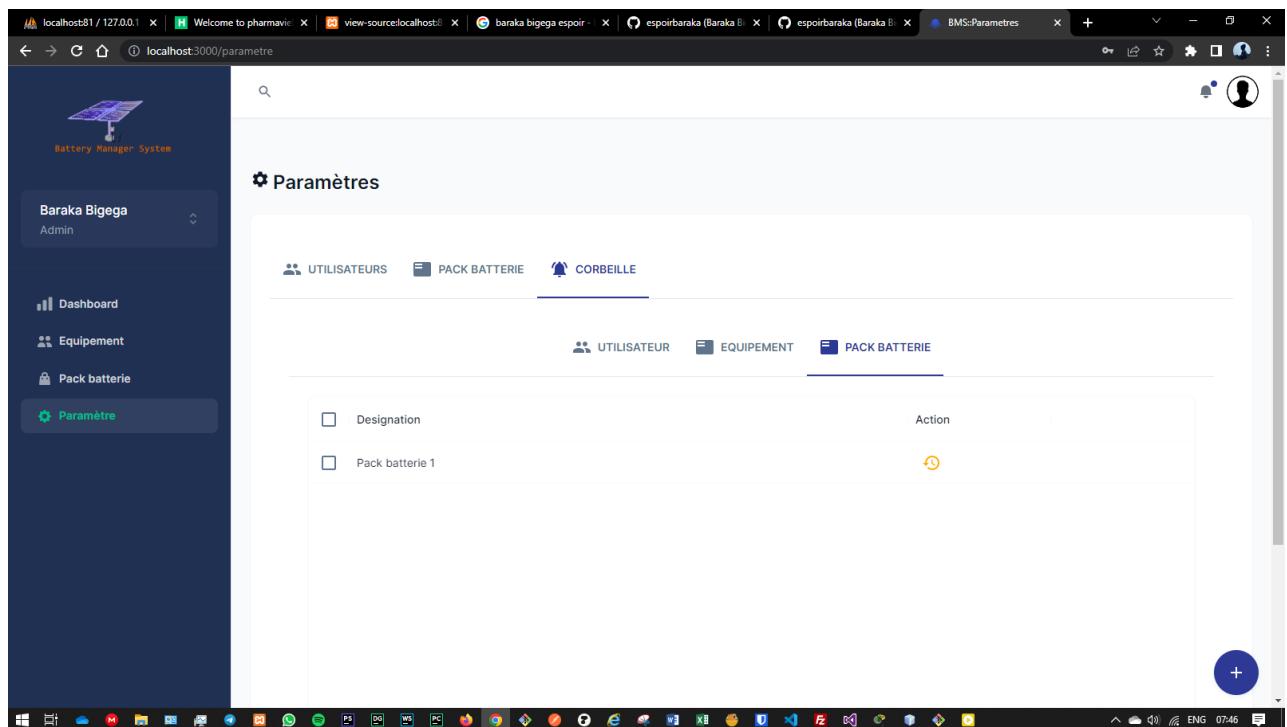
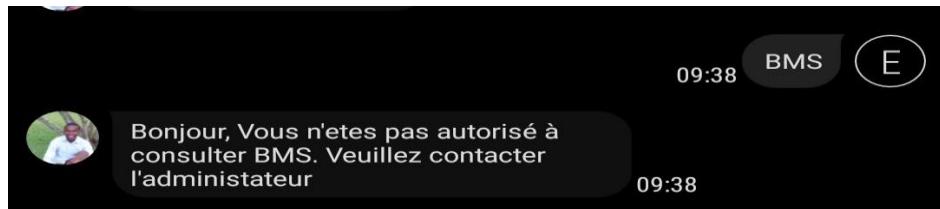


Figure 28: interface de corbeille de pack batterie

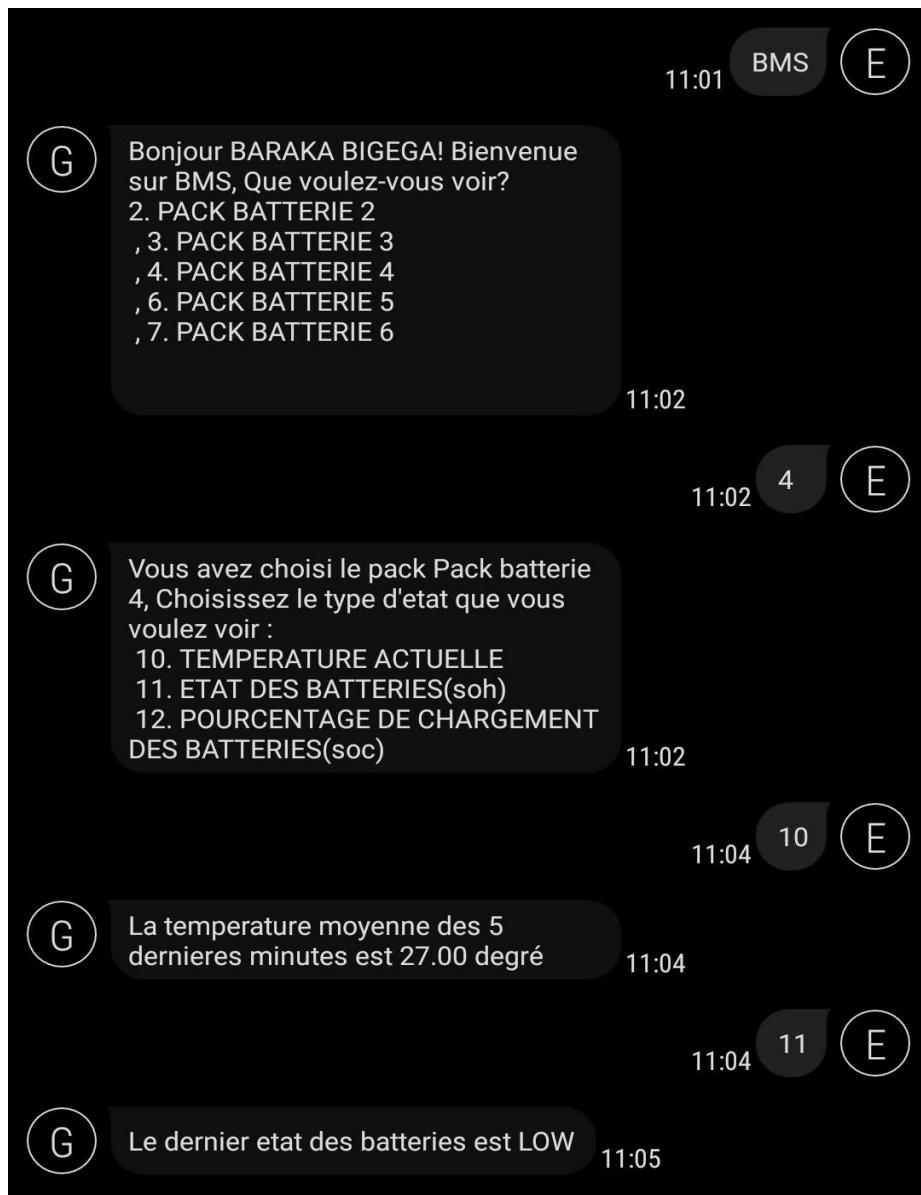
## 8. Communication par USSD

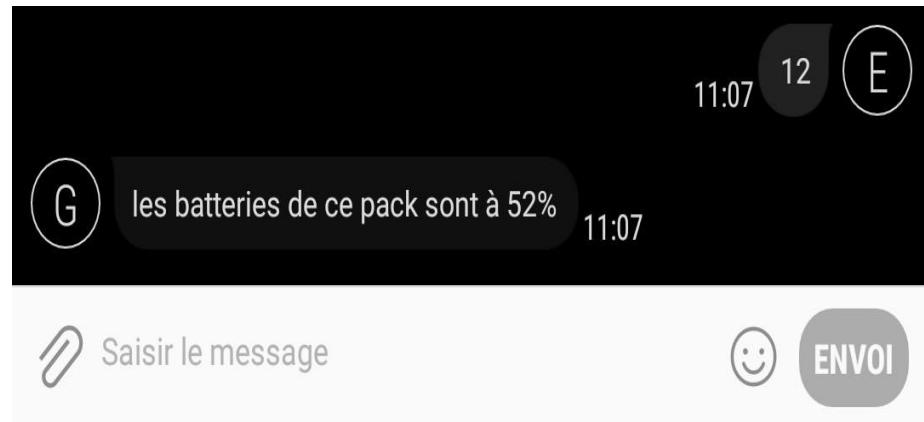
- Si l'utilisateur demandeur n'est pas enregistré



*Figure 29: Utilisateur non autorisé par BMS*

- Si l'utilisateur est enregistré

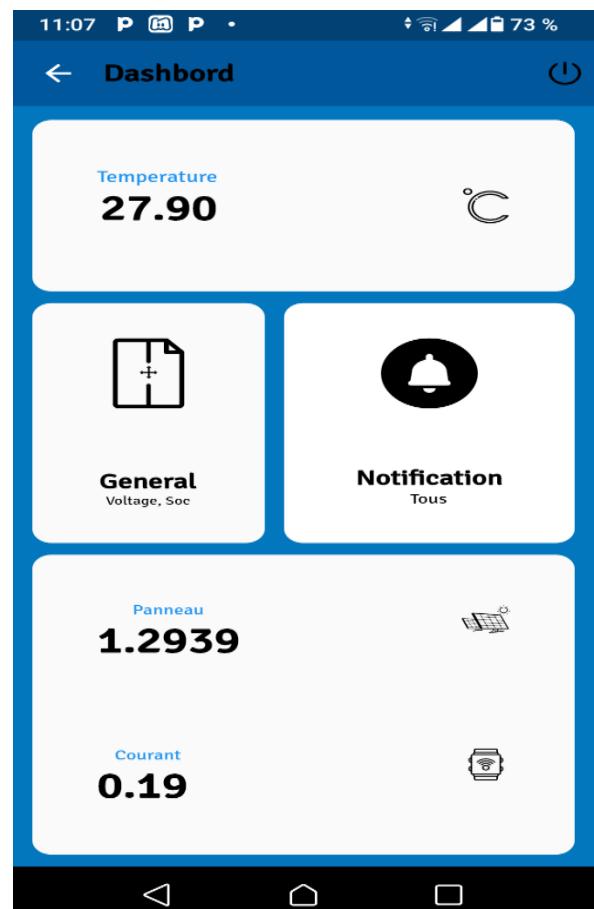




## 9. Interfaces Mobiles

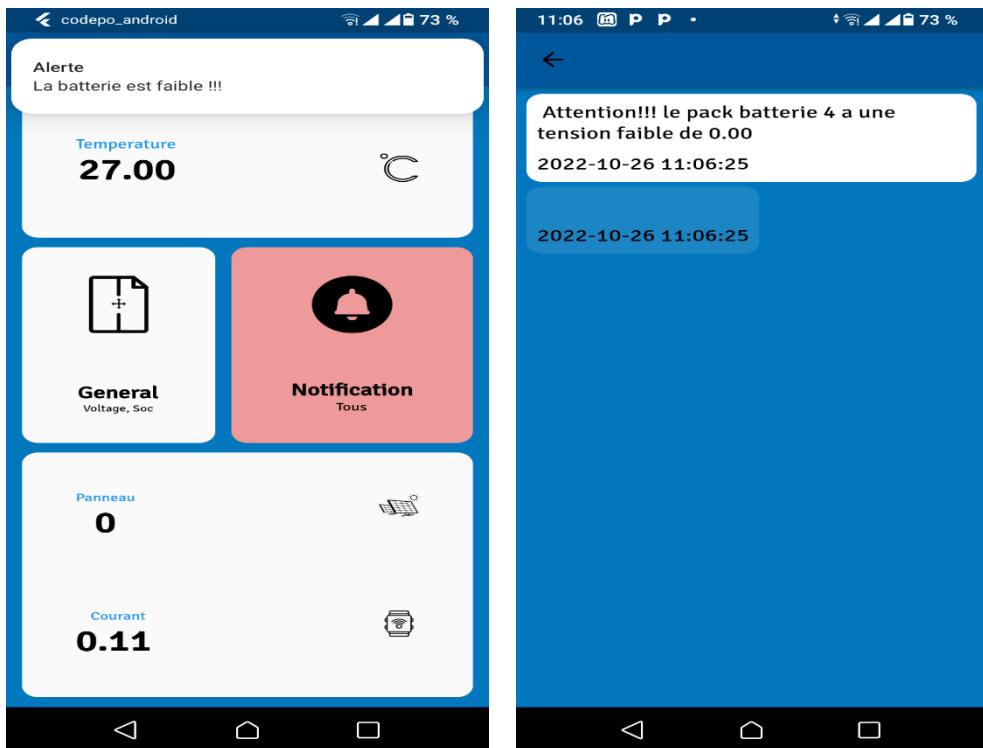


*Figure 32: Page de chargement*

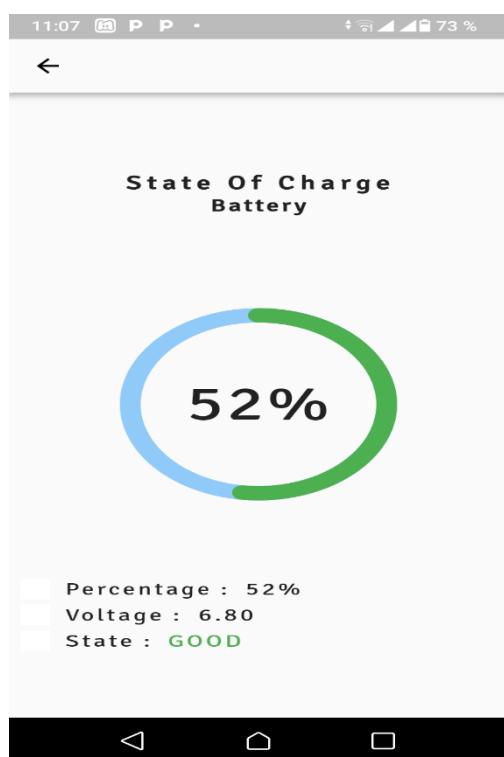


*Figure 31: Tableau de Bord mobile*

## 10. Alerte en cas de décharge de pack batterie



*Figure 33: Notification d'alerte batterie faible*



*Figure 34: Affichage de pourcentage de pack batterie en temps réel*

## CONCLUSION

Ce chapitre nous a permis de parler d'une part sur la méthodologie : dans laquelle nous avons décortiquer sur les stratégies de collecte des données, d'autre part sur les résultats, partant des problèmes énoncés et de la critique du système existant, nous nous sommes focalisés sur l'analyse du nouveau système en présentant certaines conceptions d'UML. Par la suite, notre architecture réelle de notre projet et quelques captures d'écrans d'interfaces réalisées dans notre projet pour faire donner l'idée à notre nouveau système.

## **Chapitre IV : DISCUSSION & RECOMMANDATION**

### **INTRODUCTION**

Mise à part l'introduction et la conclusion de ce chapitre, il est aussi constitué de deux sections dont la première section nous présente la discussion des résultats de notre système innovateur donc l'impact du système de surveillance et de Gestion à distance de parc solaire, d'une part en prélevant le SoC, SoH, la température, courant , la tension, la puissance fournie par le panneau solaire photovoltaïque ainsi que les alertes liées au disfonctionnement du système, d'autre part en appliquant les diverses commandes sur le BMS selon le mode de fonctionnement voulu , la seconde section parle des recommandations que nous fournissons à l'institut supérieur d'informatique et de gestion pour le maintien, la mise en place effective et surtout la capitalisation de ces résultats en assurant la longévité et l'utilisation rationnelle de l'énergie solaire.

### **SECTION 1 : DISCUSSION DES RESULTATS**

#### **4.1.1 Apports Du Système**

Notre apport au sein de l'Institut Supérieur de l'Informatique et de Gestion est la conception d'un système de monitoring de l'énergie solaire. Il s'agit de concevoir une plateforme web pouvant recevoir des informations sur l'état du chargement des batteries en prélevant les mesures du SoC, du SoH, de la température, du courant et de la tension de ces derniers via un dispositif électronique matériel (Représente le volet Hardware, conçu par les étudiants de l'ULB). Ces mesures sont mises en forme par une plateforme web (Représente le volet Software, conçu par les étudiants de l'ISIG-GOMA) le recevant par l'intermédiaire de la plateforme Thingstream.

D'après le cahier de charge soumis par l'ISIG GOMA, nous avons proposé notre solution dans le cadre du projet fait en concert avec les étudiants de la CODEPO / ULB. Celle-ci est synthétisée par les modules suivants :

#### **1. Visualisation des différentes constantes des batteries**

Pour un aperçu des informations par l'utilisateur provenant des différents équipements installés tel que la batterie.

Avec le dispositif mis en place, nous avons pu afficher et lire les informations renvoyées sur le SOC, SOH, la puissance, la tension, le courant du pack batterie.

## **2. Gestion des utilisateurs**

Pour la lecture des données, chaque utilisateur doit être soumis à une identification et authentification pour accéder à la plateforme.

Nous avons attribué de niveau d'accès à chaque utilisateur pour réduire les risques d'utilisations non autorisés dans la plateforme.

## **3. Envoi de message d'alerte en cas d'un disfonctionnement**

Afin d'informer les techniciens et les utilisateurs de disfonctionnement du système qui peut être causé par le surchauffement de la batterie, d'une sur tension et un déchargement.

Nous avons utilisé le module GSM pour l'envoi de message d'alerte au cas où il aura une hausse de température ou une baisse de batterie durant une longue période.

## **4. Gestion de corbeille**

Afin de permettre à l'administrateur de restaurer ou supprimer définitivement les fichiers supprimer par mégarde au sein du site ou gagner en espace interne, nous avons implémenté un système de corbeille qui contiendra les fichiers supprimés ainsi que quelques détails de suppression entre autres la date de suppression et l'utilisateur qui a effectué cette suppression.

### **4.1.2 Apports par rapport à la revue de littérature**

Dans la revue de littérature, nous avons présentés des travaux qui parlent d'une manière générale d'un système de monitoring de l'énergie et chaque réalisation est parvenu d'une manière à l'autre à mettre en place un système adéquat aux problèmes posé par l'entreprise. En ce qui concerne la solution implantée dans ce travail, elle peut bel et bien s'adapter à des environnements similaires à celui de notre cas d'étude (Entre autre l'ISIG GOMA) pour un bon management des constantes du système solaire : Avec comme impacte l'utilisation optimale et rationnelle de l'énergie solaire avec la possibilité de :

- Prélever et afficher les différentes mesures (SoC, SoH, Courant, Tension et Temperature de pack batterie) du système solaire ;

- Envoi des alertes en cas de disfonctionnement (décharge, surtension, surchauffement) ;
- Dégager un graphique permettant d'analyser et interpréter les résultats ;
- Renforce la sécurité d'accès aux données par les utilisateurs non autorisés (Voir la figure 29).

#### **4.1.3 Les risques**

Malgré la sécurité de notre système, certain danger qui peut causer un disfonctionnement du système sont :

- Plantage du serveur où le site est hébergé ;
- Panne du dispositif qui récolte les données ;
- Suppression d'un administrateur.

#### **4.1.4 Les menaces**

Les menaces potentielles qui peuvent affecter le bon fonctionnement de notre plateforme est :

- Injection SQL ;
- Interférence entre la plateforme web et les systèmes tiers (plateforme Thingstream pour envoie les données du dispositif) ;
- Les virus informatiques ;
- Attaques par force brute (méthode utilisée en cryptanalyse pour trouver un mot de passe ou une clé. Il s'agit de tester, une à une, toutes les combinaisons possibles) ;
- Accès non autorisé par un utilisateur dans la plateforme.

#### **4.1.5 Stratégies des préventions des risques et menaces**

Pour prévenir toutes les menaces applicables à notre plateforme web, nous avons élaboré un ensemble des stratégies et mesures de sécurité pour garantir l'authenticité, l'intégrité et la confidentialité des données sur la plateforme en :

- Utilisant un serveur avec un nom de domaine sécurisé : en HTTPS ;
- Générant des jetons JSON Web Token pour l'authentification des utilisateurs.

## SECTION 2 : RECOMMANDATION

### 4.2.1 Aux dirigeants de l'ISIG-GOMA

Nous leur recommandons d'intégrer et d'adopter le nouveau système de monitoring de l'énergie électrique qui pourrait être avantageux en visualisant les différentes informations telles que le Soc, SoH, courant, tension, puissance en temps réel et à distance, puis envoyer les alertes en cas de disfonctionnement entre autres décharge, surtension, surchauffement du système solaire, tout cela pour garantir la continuité de services solaires.

Mais aussi pour l'appareil que nous allons mettre en place, le technicien de l'ISIG-GOMA doit penser aux tests pour l'amélioration du système que nous avons mis à leur disposition.

#### A. Eléments pour la mise en place du Système

Pour que ISIG-GOMA implémente notre système au sein de sa structure il devra :

- Former les techniciens sur le fonctionnement général de la plateforme web et le prototype en mettant à leurs disposition un manuel d'utilisateur ;
- Faire des tests de communication sur terrain entre la plateforme web et le prototype en vue d'évaluer toutes les fonctionnalités et les erreurs s'ils existent ;
- Faire la maintenance pour corriger les erreurs ;
- Faire un déploiement final du système et gérer son abonnement sur Thingstream et son hébergement dans le Cloud ;
- S'abonner chez TWILO qui fournit une API SMS permet de mettre en place un « **SMS Gateway** », à savoir une passerelle SMS, pour envoyer des SMS depuis notre plateforme Web vers les Techniciens en cas de disfonctionnement (surtension, décharge, surchauffement).

#### B. Coût de notre solution

Pour établir un budget sur le coût total de notre système, nous avons scindé notre projet sur deux aspects : Le coût de la mise en place du prototype de télécommunication conçu par les étudiants de l'ULB ainsi que celui de la plateforme web conçu par les étudiants de l'ISIG-Goma.

Nous rappelons que suite à l'insécurité dans l'est de la RDC et l'occupation de la cité de BUNAGANA par les terroristes de M23 a rendit impossible l'arrivée des étudiants de

l'université libre de Bruxelles. De ce fait, nous avons conçu un prototype de test permettant de réaliser la même chose avec ceux de l'université libre de Bruxelles.

Dans la partie méthodologie, nous avons fait une estimation des coûts du projet (prototype et plateforme Web). Voici le cout total du projet :

Budget total du Système : coût de la conception du prototype (cfr. Le tableau numéro 7) et le Coût total de la plateforme Web et Mobile (cfr. Le tableau numéro 6) = **2360\$**

En effet, suite au respect des recommandations ci-haut le nouveau système nous offrira la solution de surveillance de parc solaire de l'ISIG-GOMA. Dont Nous pensons avoir fourni quelques recommandations importantes qui peuvent permettre un bon fonctionnement de ce système. Pour cela, nous invitons d'autres chercheurs passionnés de recherches dans le domaine des technologies de communication notamment l'informatique d'en exploiter les possibilités s'ils le peuvent.

## CONCLUSION

L'essentiel de ce qu'a été notre préoccupation dans ce chapitre était de présenter la discussion liée à la mise sur pied de notre système innovateur, mise en place d'un appareil de monitoring de l'énergie solaire pour la gestion de parc solaire de l'ISIG-GOMA. Cette discussion a été ponctuée des recommandations qui nous orientent vers la mise en valeur du système conçu.

## CONCLUSION GENERALE

Le travail présenté de mémoire a porté sur la conception d'un système de monitoring de l'énergie solaire au sein d'une institution privée cas de l'ISIG GOMA.

Pour aborder notre étude, nous avons pris en considération les difficultés qui guettent l'ISIG principalement le cas de baisse de tension, dont le responsable du SIG ne reçoit aucune alerte pour prendre des mesures préventives, et cela conduit à l'arrêt brusque des équipements, aussi surcharge (surtension) des batteries, les batteries risquent d'exploser, et cela causerait plus des dégâts à ces équipements si important ; Cela nous a alors nous a poussé à nous poser les questions suivantes :

- Est-il nécessaire de mettre au sein de l'ISIG-GOMA un système de monitoring de l'énergie solaire ?
- En quoi le système de monitoring de l'énergie solaire sera-t-il efficace pour la gestion de parc solaire de l'ISIG-GOMA ?

Partant de la problématique et selon l'analyse de cahier de charge, nous avons répondu de la manière suivante :

- Nous pensons qu'il serait important de mettre au sein de l'ISIG-GOMA un système de monitoring de l'énergie solaire, lequel permettrait de gérer le parc solaire ;
- Ce système de monitoring de l'énergie serait utile pour trouver solution aux problèmes cités ci-haut d'une part en contrôlant et en affichant les différentes mesures (SoC, SoH, Tension, Courant, Température de pack batterie, la puissance fournie par le panneau solaire), d'autres part en envoyant des alertes en cas de dysfonctionnement (surtension, décharge, défaut de charge, surchauffement de pack solaire).

Pour y arriver, nous avons utilisé la méthode UML qui nous a permis de trouver un modèle ; la méthode d'agile qui nous a aidé à décrire étape par étape le déroulement de notre travail, et en nous appuyant sur la technique documentaire, interview et l'étude de cahier de charge.

En communiquant avec le dispositif électronique conçu par les étudiants de l'ULB, nous avons mis en place un système de monitoring de l'énergie solaire qui permet à l'ISIG GOMA de collecter, recevoir, afficher les informations d'un nombre non déterminé des batteries (Socs,

SoH, température, tension, courant) et envoyer un message d'alerte aux techniciens en cas de disfonctionnement, de comparer la puissance fournie par les panneaux solaires à celle de référence en fonction de l'ensoleillement pouvant guider sur la rentabilité de ces derniers, d'envoyer les constantes prélevées dans le système solaire par le module Hardware pour leur traitements et mise en forme dans la plateforme web (tension nominale, capacité maximale, etc.).

Ainsi, en se basant de nos résultats, nous pouvons conclure avoir répondu aux problèmes de l'ISIG GOMA.

En définitif, étant donné qu'aucun système n'est parfait, nous invitons les futurs chercheurs de pouvoir nous compléter d'une manière ou d'une autre pour améliorer ce système en y apportant des innovations.

## BIBLIOGRAPHIE

1. MMA. *Panneaux photovoltaïques : limiter les risques électriques*. 2017 [cited 2022 24/10/2022]; Available from: <https://entreprise.mma.fr/connexionpro/panneaux-photovoltaïques.html#.Y1ajKXbP3IU>.
2. Ghezzi C, J.M., Mandrioli D, *Fundamental of Software Engineering*. 1991: New Jersey.
3. DUFOUR, L. *Le Cahier Des Charges*. 2022 02/08/2022]; Available from: <https://www.leblogdudirigeant.com/le-cahier-des-charges/>.
4. NFRANCE, *A quoi sert le monitoring informatique* 2022.
5. Wikipedia, *Monitoring*. 2021.
6. Monitoring, B.M., *Qu'est-ce que c'est un appareil de monitoring et pourquoi est-ce important*. 2021.
7. ADELIUS, *Le monitoring informatique*. 2020.
8. Mixconcept, *Pourquoi le monitoring informatique est-il utile*. 2021.
9. Androidetvous, *Le monitoring informatique en entreprise* 2020.
10. ClimaMaison, *Energie Electrique*. 2020.
11. PORTILLO, S.R., *Energie Electrique*. 2021.
12. PLANAS, O., *Qu'est-ce que l'énergie électrique ?* 2020.
13. Francais, D.I., *Energie Electrique*. 2020.
14. energies, C.d., *L'énergie électrique*. 2022.
15. EnergiePlanete, *L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE: C'EST QUOI ?* 2022.
16. COLLARO, L. *Energie solaire : définition et différents types d'exploitation*. 2022 05/04/2022 21/06/2022]; Available from: <https://opera-energie.com/energie-solaire/#:~:text=Aujourd%27hui%20l%27énergie,Et%20ce%2C%20pour%20très%20longt emps%20!>
17. ELIE, K., *ameloration de la capacite de trasmission de la ligne par une compensation dynamique :cas de la ligne bukavu goma*. 2020: p. 73.
18. saleh, i., *les enjeux et defis de l'internet des objets*. Open science, 2017. **8**: p. 1.
19. Weill, M.S., Mohsen, *L'Internet des objets*. Annal de mines, 2010. **8**: p. 1.
20. FOTUE, D., *Télématique et réseaux informatique II (Réseaux des capteurs)*. 2022. p. 12,13,14,15,20.
21. NKEMBO, J.I., *Eléments complémentaires pour Cahier de Charge monitoring de l'énergie électrique (panneaux solaires + batterie + réseau)*. 2021, ISIG-GOMA. p. 7.
22. Mwadjuma ATUBU, J.K., Glody MALEY, Daniel MUYA, Louange NZANZU, *Conception et réalisation d'un système de monitoring d'équipement de télécommunication pour le déploiement rapide et flexible d'équipes mobiles en situation d'urgence ou de coopération*. 2019-2020, ISIG-GOMA.
23. KAVIRA KATALIKO Celine, K.M.L., KIGHUNDILA WAKOMYA Chadrac, MUGISHO Vital, NTURUBIKA Moise, *Conception et réalisation d'un système de monitoring d'équipement de télécommunication pour le déploiement rapide et flexible d'équipes mobiles en situation d'urgence ou de coopération*. 2020-2021, ISIG-GOMA.
24. MESBAHI, S.F.e.S., *ETUDE D'UN SYSTEME*

### *PHOTOVOLTAIQUE CONNECTE AU*

- RESEAU. 2015, UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU.
25. Ramanathan, G.G. and N. Urasaki, *Non-Isolated Interleaved Hybrid Boost Converter for Renewable Energy Applications*. Energies, 2022. **15**(2): p. 610.

26. Mallon, K. and F. Assadian, *A Study of Control Methodologies for the Trade-Off between Battery Aging and Energy Consumption on Electric Vehicles with Hybrid Energy Storage Systems*. Energies, 2022. **15**(2): p. 600.
  27. Behrends, H., et al., *Analysis of Residual Current Flows in Inverter Based Energy Systems Using Machine Learning Approaches*. Energies, 2022. **15**(2): p. 582.
  28. Chomać-Pierzecka, E., et al., *Analysis and Evaluation of the Photovoltaic Market in Poland and the Baltic States*. Energies, 2022. **15**(2): p. 669.
  29. Target, T. *Gestion des données et bases de données*. 2022 [cited 2022 31/07/2022]; Available from: <https://www.lemagit.fr/definition/Collecte-de-donnees#:~:text=Par%20collecte%20de%20donn%C3%A9es%2C%20on,'un%20domaine%20d'int%C3%A9r%C3%AAt>.
  30. Yumens. *Qu'est-ce qu'un planning prévisionnel dans un projet web ?* 2021 [cited 2022 05/08/2022]; Available from: <https://www.yumens.fr/objectif/creation-site/cpw/projet/planification/previsionnel/>.
  31. ABALLEA, A. *PERT : une méthode pour gerer l'ordonnancement dans un projet*. 2021 [cited 2022 05/08/2022]; Available from: <https://www.blogdumoderateur.com/pert-methode-gerer-ordonnancement-projet/>.
  32. Gantt.com. *Qu'est-ce qu'un diagramme de Gantt ?* 2022 [cited 2022 16/08/2022]; Available from: <https://www.gantt.com/fr/>.
  33. Gamassia, L. *Architecture logicielle en entreprise*. 2018 [cited 2022 24/08/2022]; Available from: <https://manurenaux.wp.imt.fr/2012/09/27/framework-darchitecture-dentreprise-zachman-l-gamassia-q-maurice-d-thomas/>.