

Docking of remote monitoring systems of heterogeneous electrical stations powered by batteries and generators in the city of BUTA (DRC)

¹GIMIKO SINGBAGBE MOISE

¹Ingénieur licencié en Génie Informatique de l'Université Libre des Pays des Grands Lacs de Goma et Assistant de Recherche attaché à la Faculté des Sciences Informatiques de l'Université de Bas-Uélé (RDC).

Abstract: *This study presents an industrialized solution adapted to the local context of the province of Bas-Uélé (City of Buta) in terms of renewable energies used by our contemporary companies. This study attempts to develop a mobile remote monitoring system instantly connected to the various heterogeneous electrical stations powered by batteries and generators via a remote access point through a Wi-Fi terminal. The main objective of this study is to facilitate the management of the integration and the synchronic use of several sources of renewable energies in some companies in the city of BUTA with the contribution of ICT in order to improve and meet the need for continuous and real-time monitoring of electrical stations mostly used by local businesses in the province of Bas-Uélé. To achieve this, this study used the JAVA programming language for the implementation of the Android application, the PHP language for the Web application as well as the MySQL database management system.*

Keywords: *Mooring, System, Remote Monitoring, Electrical Station, Variety, Power, Battery, Generator, Wi-Fi Terminal, Mobile Application, Renewable Energy, City of BUTA, RDC, etc*

Amarrage des systèmes de télésurveillance des stations électriques hétéroclites alimentées par les Batteries et Groupes électrogènes en ville de BUTA (RDC).

RESUME

La présente étude présente une solution industrialisée et accommodée au contexte local de la province de Bas-Uélé (Ville de Buta) en termes des énergies renouvelables utilisées par nos entreprises contemporaines. Cette étude tente de développer un système mobile de télésurveillance instantanément connecté aux différentes stations électriques hétérogènes alimentées par les batteries et les groupes électrogènes via un point d'accès distant à travers une borne Wi-Fi. L'objectif principal de cette étude est de faciliter la gestion de l'intégration et l'utilisation synchronique des plusieurs sources d'énergies renouvelables dans certaines entreprises en ville de BUTA avec l'apport des TIC afin d'améliorer et de répondre au besoin de la surveillance continue et temps réel des stations électriques hétéroclites utilisées par les entreprises locales dans la province de Bas-Uélé. Pour y arriver, cette étude a fait recours au langage de programmation JAVA pour l'implémentation de l'application Android, au langage PHP pour l'application Web ainsi qu'au système de gestion des bases de données MySQL.

Mots-clés : *Amarrage, Système, Télésurveillance, Station électrique, Hétéroclite, Alimentation, Batterie, Groupe électrogène, Borne Wi-Fi, Application mobile, Energie renouvelable, Ville de BUTA, RDC, etc.*

¹ Graduate IT Engineer with in Computer Engineering from the « Université Libre des Pays des Grands Lacs - ULPGL » of Goma and Research Assistant attached to the Faculty of Computer Science of the University of Bas-Uélé (DRC).

I. INTRODUCTION

De nos jours, la technologie est quasi présente dans notre vie quotidienne, et nous ne pouvons pas parler de la technologie sans l'énergie électrique qui est à la base du fonctionnement ou même de la mise en place de la technologie dans ses divers domaines. L'énergie électrique peut provenir de différentes sources sous les divers modes d'obtention. Vu cette énorme importance de l'énergie électrique dans tous les secteurs de la technologie, il est indispensable de préserver une bonne gestion et un contrôle optimal de cette dernière tout en respectant les exigences de la technologie verte.

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

Vu l'indisponibilité de l'énergie électrique que nous offrent les sociétés de distribution de l'énergie électrique, la population de BUTA s'est tournée vers d'autres alternatives pour répondre à leurs besoins en énergie électrique : groupes électrogènes, des panneaux solaires, des batteries et pour ne citer que cela. (...) De ce faire, il est d'une grande importance de connaître les états de chaque source d'énergie (Tension, courant, puissances, niveau du carburant dans le réservoir, température de fonctionnement, etc.), les périodes prises en charge par ses sources puis agir sur le système en cas des urgences en distance si on constate une certaine anomalie. Pour la plupart des cas, la commutation entre ces diverses sources se fait manuellement et souvent les factures ont toujours été forfaitaires de fois en défaveur du client. Toutefois il est aussi important de signaler qu'il existe plusieurs systèmes de monitoring des équipements énergétiques usés et réservés couramment aux grandes entreprises. C'est dans cette optique que la présente recherche va essayer d'adapter ces systèmes de monitoring des équipements énergétiques dans un contexte exclusivement local et propre aux entreprises en ville de BUTA.

Il est à remarquer que pour des nombreux sites dont l'alimentation électrique est prise en charge par différentes sources (Groupes électrogènes et batteries par exemple), il y a une mauvaise gestion de la part des surveillants des sites (c'est par exemple, la gestion du carburant) car on ne sait pas vraiment quantifier les instants pris en charge par ces différentes sources interconnectées au sein d'une entreprise. Ce qui a un impact négatif sur la prévision budgétaire dédiée à l'énergie électrique et constituerait une perte ou un déficit économique. D'autre part, en cas d'absence du gardien ou si un problème surgit, il est impossible d'agir directement sur le système et cela pourrait engendrer d'énormes dégâts dans l'installation électrique.

Faisant face à ces situations, la présente étude cherche donc à répondre à la préoccupation majeure de savoir : « **Quel système de Télésurveillance automatisé et de contrôle des stations hétéroclites des énergies renouvelables est-t-il réalisable de mettre en place afin de faire le monitoring et d'intervenir en continue et en temps réel ?** ». Eu égard à la question sus-évoquées, la présente étude préconise comme solution anticipative de mettre en place un système de télésurveillance automatisé et/ou de contrôle qui prend en charge par des sources énergétiques hybrides selon la disponibilité et une logique minimisant le coût à l'aide d'un microcontrôleur, des capteurs et quelques actionnaires disponibles, en se dotant d'une interface électronique (boutons, clavier, Leeds, buzz er, écrans LCD), d'une application Web et/ou à l'aide d'une application mobile tournant sur un smartphone qui interagirait avec la station donnée.

L'objectif global cette étude étant de faciliter la gestion de l'intégration et l'utilisation synchronique des plusieurs sources d'énergies renouvelables dans certaines entreprises en ville de BUTA avec l'apport des TIC afin d'améliorer et de répondre au besoin de la surveillance continue et temps réel des stations électriques hétéroclites utilisées par les entreprises locales dans la province de Bas-Uélé. Plus spécifiquement, cette étude se veut de :

- Mettre en place un système faisant un choix automatique et judicieux de la source à être pris en charge suivant une logique de priorité qui minimiserait le coût dans une entreprise ;
- Prélever les données pour toutes les sources d'alimentation de la station hybride à l'aide des capteurs ;
- Concevoir un système de commande au tour d'un microcontrôleur qui permettrait d'acquérir les données et d'agir sur la station ;

- Au travers un module de transfert de données donné (GSM, Wi-Fi, Internet etc.), acheminer ces informations vers un serveur afin de permettre une interface-homme système à l'aide d'une application Mobile (Android), une application Web ou un tableau de bord électronique permettant d'interagir avec la station à distance.

En définitive, rappelons que le choix de cette thématique a été motivé par l'orientation de notre formation et par plusieurs faits qui sont d'actualité dans le domaine de l'ingénierie en relation avec la réalité de la province de Bas-Uélé (Ville de BUTA). Cette étude nous a permis non seulement de développer notre perception, quant à nous familiariser avec l'environnement pratique des systèmes embarqués, du développement des systèmes temps-réel, des notions de gestion de l'électricité en apportant une contribution modeste pour améliorer le confort de la population de BUTA en lui permettant de gagner en temps et en qualité de ses services (...).

II. METHODOLOGIE DE LA RECHERCHE

De par l'énoncé même de la présente thématique de recherche, il nous est paru difficile, dans le cadre d'une étude scientifique et surtout dans un bref délai, de traiter de tous les aspects de la télésurveillance électrique. Ainsi donc, nous nous sommes focalisés strictement dans l'amarrage (La mise en place) des systèmes de télésurveillance des stations électriques hétéroclites, ce qui nous a permis de délimiter notre champ d'études dans le contexte de la République Démocratique du Congo et particulièrement dans la province de Bas-Uélé (Ville de BUTA). Vu que les TIC évoluent très précipitamment et chaque génération vit une réalité technologique particulière [25], il est important de signaler que cette études tient compte des réalités et facteurs existants et observés au cours de l'année 2022 et les données compilées en Janvier 2023. Dans le cadre des méthodes et techniques utilisées dans la présente étude, rappelons qu'il a été question de :

- **La méthode analytico-structuro-fonctionnelle** [25] : elle nous a permis d'appréhender le fonctionnement des différentes structures et fonctions de l'entreprise ainsi que de décomposer notre milieu d'étude en vue de bien concevoir le système proposé.
- **La méthode comparative** [29] : elle nous a permis d'appliquer un rapport de ressemblance entre les différentes sources d'énergies électriques suivant leurs caractéristiques afin de proposer et amarrer un système de télésurveillance robuste et fiable.
- **Le prototypage** [7] : elle nous a permis de réaliser un prototype et de l'expérimenter et de tester son fonctionnement dans un environnement propice à notre étude.
- **L'UML** : ce langage de programmation nous a permis de concevoir le modèle conceptuel et logique de données basé sur le système proposé.
- **Le Sys ML** : ce dernier nous a permis de faire la conception fonctionnelle de notre système.
- **La Technique documentaire** [11] : elle nous a permis de bien appréhender notre thématique de recherche par la consultation des ouvrages et des articles ayant trait avec notre sujet.

III. RESULTATS

III.1. LES SYSTEMES D'ALIMENTATION HETEROCLITE

Un système d'alimentation hétéroclite (hybride) peut être considéré comme une installation qui utilise deux ou plusieurs sources de production d'énergie classique (groupe diesel en général) et au moins une source de production d'énergies renouvelables. Le système hybride peut comprendre aussi un dispositif de stockage [6] [11]. De ce fait, la production de l'énergie électrique est optimisée par plusieurs sources : source photovoltaïques, les hydrauliques, les éoliennes ; le groupe électrogène étant sollicité ponctuellement en complément. Le stockage sur batteries reste nécessaire et permet d'optimiser l'usage du groupe et l'autonomie du système. Parmi les avantages de systèmes énergétiques hybrides nous pouvons citer [7] :

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

- Réduction des nuisances sonores et de la pollution de l'environnement ;

III.1.1. Les sources d'énergie électrique

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

1. **Energies nucléaires** : L'énergie nucléaire est une énergie produite à partir d'une combinaison fissile dont le minerai est présent dans le sous-sol de la terre ainsi que dans les radioactifs, par exemple l'uranium. Le nucléaire est donc l'une des sources d'énergie principales dans les pays occidentaux et quelques pays de l'Asie. [2] L'électricité est produite à partir du phénomène de la fission dans des centrales thermiques nucléaires. La réaction nucléaire a lieu lorsque les atomes se séparent afin d'en former des plus petits. Ils libèrent ainsi de l'énergie et la chaleur émise permet de produire de l'électricité [3].
2. **Energies fossiles** : Elles sont présentes naturellement dans le sous-sol de la Terre. Elles se sont constituées à partir de matières organiques qui se sont décomposées durant des millions d'années. Les énergies fossiles existent selon trois formes : le pétrole, le gaz naturel et le charbon. Elles servent de carburants, de combustibles mais aussi elles sont utilisées pour produire de l'électricité. Elles constituent actuellement la source d'énergie la plus utilisée dans le monde (80 %) [2]. Ces énergies sont souvent contestées à cause de leur caractère polluant mais l'exploitation internationale du pétrole, et du charbon dans une moindre mesure, ne cesse pas pour autant (ce qui est à l'encontre des exigences de la théorie de la technologie verte). Les gisements de gaz et de pétrole se situent surtout sous les mers et les océans. Pour les récupérer, il faut pratiquer le forage. Quant au charbon, il se trouve en sous-sol et nécessite de creuser des mines pour l'extraire. Ces substances sont des hydrocarbures (composées d'hydrogène et de carbone) ce qui fait d'elles des substances à haut pouvoir énergétique. C'est leur combustion qui va permettre la production d'électricité dans des centrales thermiques.
3. **Energies renouvelables** : Signalons que toutes les sources d'énergie ci-haut détaillées constituent ce que nous appelons « *les énergies épuisables* » [25] et non renouvelables et nombreuses d'entre elles contribuent fortement à la pollution et à la destruction de l'environnement, ce qui a un impact très sérieux pour la survie de notre planète. Alors par contre, il existe aussi ce que nous appelons les énergies renouvelables qui elles sont inépuisables et ne portent aucune atteinte ou très peu alors à l'environnement. Dans d'autres ouvrages, on les qualifie des énergies propres. Nombreuses d'entre elles sont les sources naturelles. Voici les sources d'énergie dont nous qualifions des énergies renouvelables :
 - **La biomasse** : Ce sont des matières organiques ou végétales qui peuvent être transformées en énergie. Elles peuvent provenir de forêts, milieux aquatiques, haies, parcs et jardins, entreprises rejetant des déchets organiques ou des effluents d'élevage (fumiers et lisiers). L'utilisation des ordures ménagères et agricoles font de la biomasse une énergie moins verte que celle constituée par le vent ou le soleil. Elle peut même devenir polluante lorsque la matière organique dégage du CO₂ ou des fumées lors de sa combustion. La biomasse est considérée comme une source d'énergie renouvelable tant qu'il n'y a pas de surexploitation des ressources. La fertilité du sol ainsi que la biodiversité doivent dans ce cas être préservées. (...) Pour obtenir l'énergie à partir de la biomasse, cette dernière doit être convertie en énergie électrique, pour ce faire, trois technologies sont utilisées pour faciliter cette conversion. Il est alors question de « *modes de valorisation* », établis selon les caractéristiques des matières utilisées. On en trouve :
 - **La combustion** : ici, la biomasse génère de la chaleur lorsqu'elle est brûlée par combustion dans une chaudière, un générateur d'air chaud ou un four. Elle génère alors de nombreuses formes d'énergie comme de l'air chaud, de l'eau chaude, de la vapeur et de l'électricité. Les biocombustibles exploités sont principalement issus de matières agricoles ou forestières comme l'écorce, les branches, la paille, la sciure et les copeaux de bois ; etc.
 - **La méthanisation** : elle correspond à la décomposition de matières putrescibles, ou « pourrissables », qui va générer du biogaz. Celui-ci va être capté et ensuite transformé en chaleur, en électricité et en carburant pour véhicules. Pour y parvenir, les déchets organiques sont stockés dans une cuve cylindrique, appelée « *digesteur* » ou « *méthaniser* ». Ils vont alors être dégradés par des bactéries en l'absence d'oxygène.
 - **La transformation chimique** : une transformation des matières végétales servant à la production de biocarburants qui peuvent produire l'électricité.
 - **L'éolienne** : Cette énergie renouvelable est obtenue grâce au vent dont la force est convertie en électricité au moyen des éoliennes. L'utilisation de l'énergie éolienne est loin d'être récente [29] : les moulins à vent, qui datent de plusieurs siècles,

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

- **La géothermie** : Ici, l'énergie produite provient de la chaleur contenue dans les sous-sols de la Terre. Ceux-ci contiennent de l'eau à une température très élevée et plus elle est située en profondeur, plus elle sera chaude car elle se rapproche du centre de la Terre dont le noyau contient une énergie considérable. La température varie donc en fonction de l'emplacement de l'eau. Par conséquent, celle-ci peut être utilisée à des fins différentes. La température des roches augmente en moyenne de 1°C tous les 30 m de profondeur. En certains points du globe, en particulier dans les régions volcaniques, qui correspondent à des intrusions de magma dans la croûte terrestre, cela peut aller jusqu'à 100 °C par 100 m. Dans les zones peu profondes, dites « à basse température », la géothermie permettra surtout de chauffer les habitations. Par contre, les zones « à haute température », situées dans les régions volcaniques, sont idéales pour obtenir de l'électricité. Une centrale géothermique est composée de 3 parties [3] : **La pompe, l'usine qui produit l'électricité et les lignes électriques qui la transportent.** (...) C'est une énergie qui n'émet aucun gaz à effet de serre et sa matière première, la chaleur de la Terre, est totalement gratuite.
- **Energie hydraulique** [4] : L'énergie hydraulique est une énergie cinétique. Cela signifie qu'elle est fournie par le mouvement de l'eau, quelle que soit sa forme : chute d'eau, cours d'eau, courant marin, marée, vague (...) Elle est la principale source d'énergie renouvelable pour produire de l'électricité. Celle-ci peut être obtenue de différentes façons : En exploitant l'énergie des vagues, grâce à une centrale hydroélectrique, en installant une hydrolienne ou en créant une centrale marémotrice.
- **L'énergie solaire** : Le soleil est une source formidable d'énergie. Il est gratuit, ne pollue pas, est naturel et illimité. Il occupe une place de plus en plus importante dans la production d'électricité [5]. Son rayonnement peut être exploité de deux manières :
 - **Dans des centrales solaires photovoltaïques** : Elles sont composées de panneaux solaires photovoltaïques. Elles sont situées dans des pays ensoleillés car leur système a besoin de rayonnements importants pour être efficace. Elles occupent de vastes terrains, leur installation nécessitant de grandes surfaces.
 - **Dans des centrales solaires thermodynamiques** : Elles sont surtout utilisées aux États-Unis, ce système concentre les rayons du soleil grâce à des miroirs et des paraboles. Des températures très élevées (de 400°C jusqu'à 1 000°C) sont alors obtenues et cette chaleur va transformer l'eau de la chaudière en vapeur. Sous pression, celle-ci va activer les turbines qui vont elles-mêmes actionner l'alternateur afin de produire le courant électrique alternatif.

III.1.2. Structure d'une alimentation hybride

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

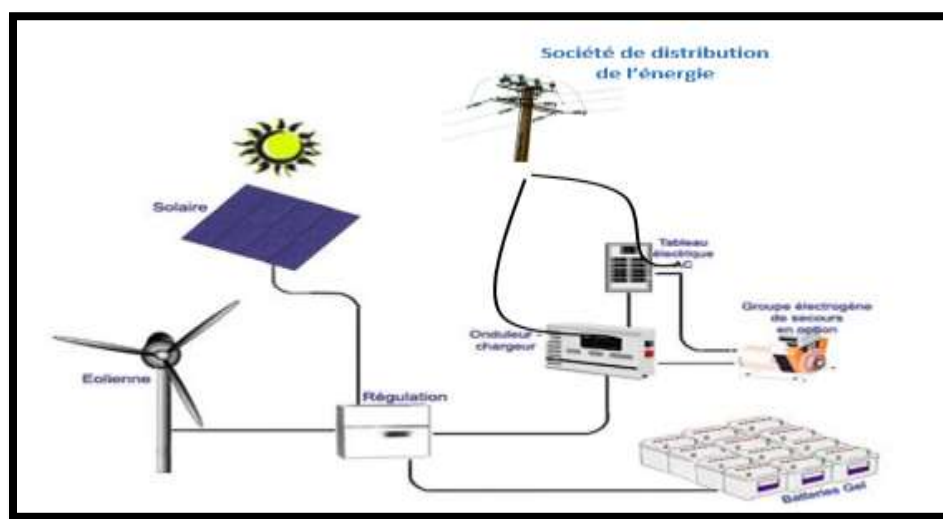


Figure 0. Illustration alimentation hybride [6]

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

III.2. DE LA TELESURVEILLANCE DES EQUIPEMENTS ENERGETIQUES.

Les systèmes de télésurveillance des équipements énergétiques permettent au centre de contrôle d'avoir les informations en temps réel sur les différents équipements qui constituent les sources d'alimentations des consommateurs, d'agir sur le système en cas de problème et cela sans un moindre déplacement [8]. De même, ces systèmes permettent aussi aux utilisateurs de gérer leur installation au moyen d'un tableau de bord ou même en étant en distance. Des tels systèmes doivent être capables de notifier le centre et/ou l'utilisateur des anomalies qui peuvent surgir sur un équipement donné. Ces informations doivent être stockées au niveau du serveur central afin de permettre de faire certains traitements et même une prédiction de mode de consommation des utilisateurs (Intelligence artificielle). Pour ce faire, voici d'une manière générale, comment se présenterait ci-dessous l'architecture d'un tel système. Toutefois, rappelons que les systèmes de télésurveillance des équipements énergétiques sont généralement composés de 6 éléments suivants [13] :

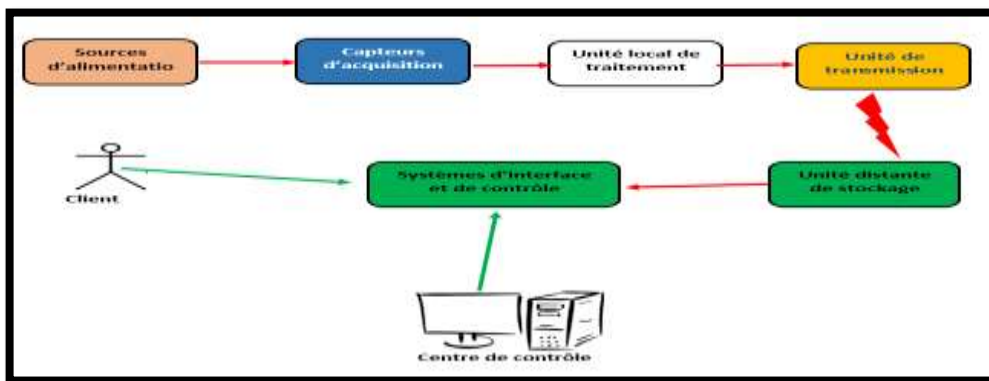


Figure 2. Architecture des systèmes de télésurveillance des équipements énergétiques.

L'importance majeure d'un système de télésurveillance des équipements énergétiques est la sécurité de personne et de leurs biens. Remarquez qu'il est indispensable voire fondamentale d'avoir un œil sur les installations électriques afin de bien surveiller et contrôler le fonctionnement et les comportements de tous les équipements qui sont mis en place. Il est à signaler que des nombreuses applications technologiques obligent une disponibilité continue en énergie électrique pour leur fonctionnement. En télécommunication par exemple, le point le plus critique à prendre en compte est d'assurer la continuité de l'alimentation, puisque tout incident sous cet aspect provoque de sérieuses réclamations de la part des utilisateurs. Néanmoins, un autre aspect important est le contrôle énergétique à travers lequel les gestionnaires peuvent surveiller et contrôler chaque station à distance, en agissant à l'instant. [7].

De ce faire, il est obligatoire de mettre en place un système automatique de télésurveillance afin d'assurer cette disponibilité continue en énergie électrique mais aussi d'avoir un contrôleur sur ce dernier. Donc, la mise en place d'un système de télésurveillance des équipements énergétiques dans une station hétéroclite est nécessaire afin de bien gérer les différentes sources d'alimentations mises en jeu, de contrôler et d'agir à n'importe quel moment et de n'importe quel endroit sur ces dernières afin d'assurer la sécurité et la disponibilité continue en énergie électrique.

III.3. CHOIX DES COMPOSANTS ARCHITECTURAUX [7]

Pour la réalisation du prototype de notre système, nous proposons de mettre à place un système basé sur l'architecture logicielle client-serveur et une architecture matérielle standard, évolutive pouvant s'adapter aux contextes d'une alimentation hybride comportant les différentes sources de tension dont nous avons détaillé ci-haut. En commodité avec le système de télésurveillance que nous optons pour réalisation ; nous proposons un système communiquant sans fil constitué des couches suivantes :

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

Signalons que nos critères de sélections de ces différentes technologies sont basés essentiellement sur le respect des exigences de la bonne conception et de la sécurité d'un système informatique [15] :

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

III.4. CONCEPTION ET MODELISATION DU SYSTEME

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

III.4.1. Contexte du travail

La gestion de l'énergie électrique d'une station alimentée par plusieurs sources nécessite un contrôle et une surveillance permanente. La télésurveillance des équipements électriques constituant cette alimentation que nous traitons d'alimentation hybride permet d'avoir une bonne gestion de l'énergie suivant les sources disponibles et d'agir sur l'alimentation en temps réel si un problème survient. Ainsi, dans cette partie, nous proposons une architecture répondant au besoin de gestion et du contrôle d'une alimentation hybride par l'acquisition, le traitement et la transmission de l'état de ces équipements en temps réel, grâce à une structure permettant de surveiller et de contrôler le système. Nous avons dénommé notre système « **RMPower'S** » en anglais « **Remote Monitoring of power supplies** » qui signifie une surveillance à distance des sources d'alimentation énergétique.

III.4.2. Architecture proposée

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

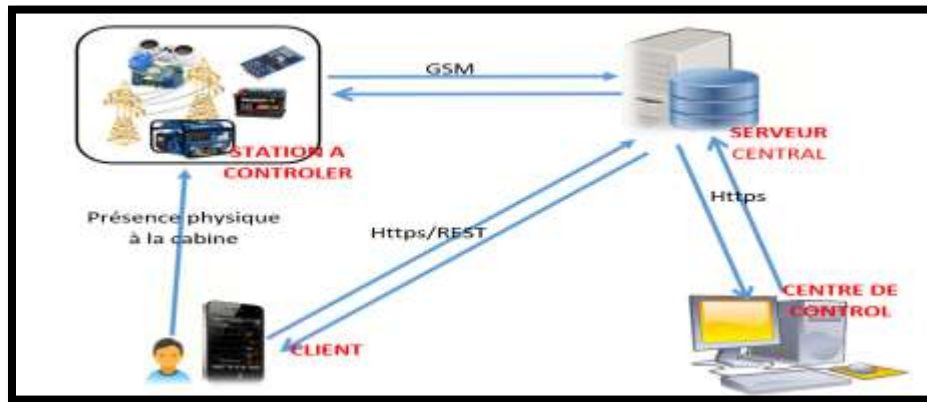


Figure 0. Architecture générale du système RMPower'S.

Notre système collecte des données électriques fournies par les capteurs installés sur nos sources d'alimentation ; une application mobile (Android) est connectée à la plate-forme grâce à un petit réseau Wifi au travers du module Wifi ESP8266 et permet le traitement et la transmission des données au serveur central distant. Ces données sont alors disponibles sur un serveur Web où le centre du contrôle distant peut avoir accès à une application Web. Le client, propriétaire de la station peut visualiser l'état de son installation à travers un smartphone connecté au réseau ou soit à travers un affichage électronique. L'architecture matérielle du système est basée sur des capteurs électriques (capteurs de courant et de tension), des relais, des boutons poussoirs et un module Wifi ESP8266 comme illustré sur la figure 4.

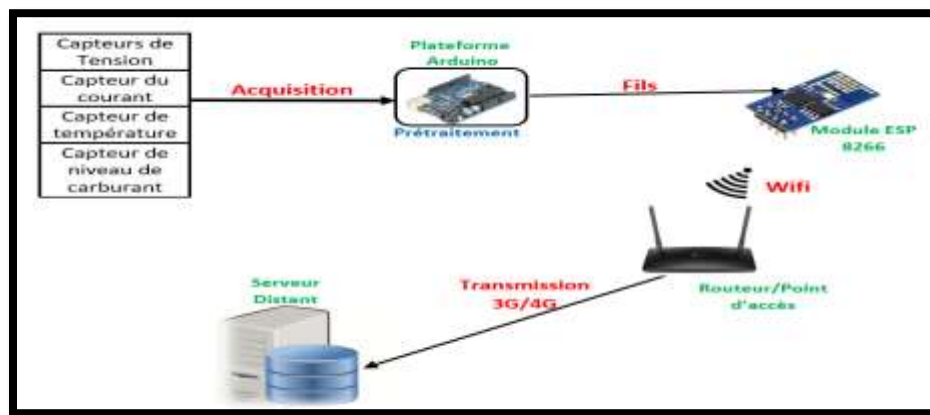


Figure 4. Architecture Matérielle de RMPower'S.

III.4.3. Planning prévisionnel [29]

Dans le cadre de la présente étude, nous nous sommes placé dans le contexte selon lequel, on a un centre de contrôle indépendant de la société de distribution de l'électricité qui s'occupe de la gestion d'alimentation électrique des clients qui utilisent des sources d'énergie telles que : Fournisseur du courant électrique, du groupe électrogène ainsi que des batteries de secours. Ici, le travail consiste à définir les priorités, de trier parmi les besoins, ce qui est nécessaire de ce qui est accessoire. Et par conséquent, pour mieux définir les besoins, l'idéal est de commencer par raisonner dans l'absolu ; c'est-à-dire en faisant abstraction des contraintes budgétaires. Raison pour laquelle nous nous sommes basés sur les points comme :

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

- L'essai ou Test, qui consiste enfin à valider les fonctionnalités du système développé.

Après avoir déterminé le processus de développement de notre projet, nous avons suivi un planning afin d'aboutir à la réalisation le suivi de notre projet. Pour ce faire, nous avons utilisé l'outil « Ganttproject » afin d'effectuer ce planning [25].

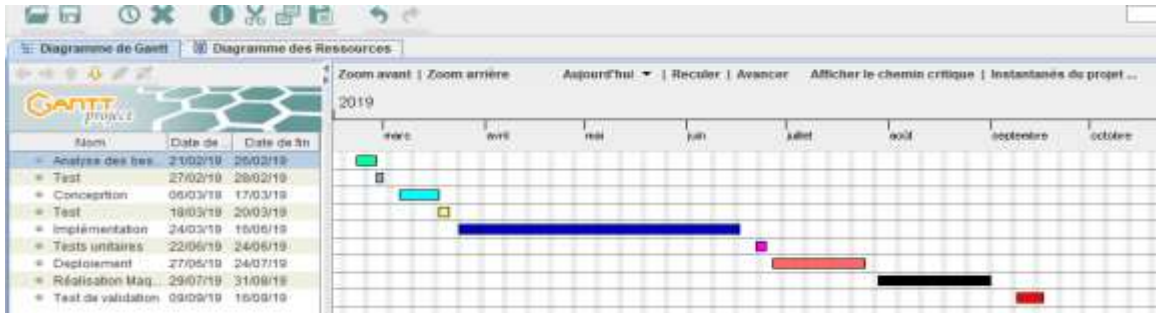


Figure 5. Planification selon Gantt.

III.4.4. Cahier de charge

Comme tout projet informatique, il est indispensable de définir un cahier de charge qui servira de guide dans la phase de conception de notre système. Rappelons que le système à implémenter doit permettre une télésurveillance des équipements énergétiques. Pour ce faire, il doit [7] :

- Collecter les paramètres de chaque source d'énergie constituant notre système d'alimentation ;
- Permettre au client de surveiller et de contrôler à distance son alimentation et cela en temps réel ;
- Authentifier et d'identifier tous les utilisateurs de façon sécurisée (en cas d'un accès distant) ;
- Transmettre automatiquement toutes les données acquises au serveur distant en temps réel ;
- Notifier les deux parties (*client et centre de contrôle*) des éventuels problèmes qui sur une station donnée ;
- Permettre au centre de contrôle de surveiller et d'agir à distance sur les alimentations électriques de leurs clients.

III.4.5. Conception fonctionnelle

La conception d'un système permet de représenter et de simuler son fonctionnement avant même sa programmation. Pour le cas de notre système, nous avons utilisé le langage de modélisation « SysML », qui est non seulement adapté à la conception des systèmes complexes mais aussi apprécié dans le monde de l'ingénierie système. Le langage « SysML » [9] [10] s'articule autour de neuf types de diagrammes, chacun d'eux étant dédié à la représentation des concepts particuliers d'un système. Ces types de diagrammes sont répartis par l'OMG en trois grands groupes à savoir [17] :

a) Quatre diagrammes comportementaux :

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

b) Un diagramme transverse :

- le diagramme d'exigences (montre les exigences du système et leurs relations) ;

c) Quatre diagrammes structurels :

- Diagramme de définition de blocs (montre les briques de base statiques : blocs, compositions, associations, attributs, opérations, généralisations, etc.) ;
- Diagramme de bloc interne (montre l'organisation interne d'un élément statique complexe) ;
- Diagramme paramétrique (représente les contraintes du système, les équations qui le régissent) ;
- Diagramme de packages (montre l'organisation logique du modèle et les relations entre packages).

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

1. Le diagramme d'exigence

Le diagramme d'exigences permet de représenter graphiquement les exigences dans le modèle. Une exigence permet de spécifier une capacité ou une contrainte qui doit être satisfaite par un système. Elle peut spécifier une fonction que le système devra réaliser ou une condition de performance, de fiabilité, de sécurité, etc. [17] Pour notre système nous avons une exigence principale qui porte le nom du système : « **RMPower'S** », les autres exigences du second plan (acquérir les paramètres des sources, alerter en problème, afficher paramètres des sources, enregistrer les paramètres électriques, contrôler l'alimentation) sont liées à cette dernière par des relations de contenance.

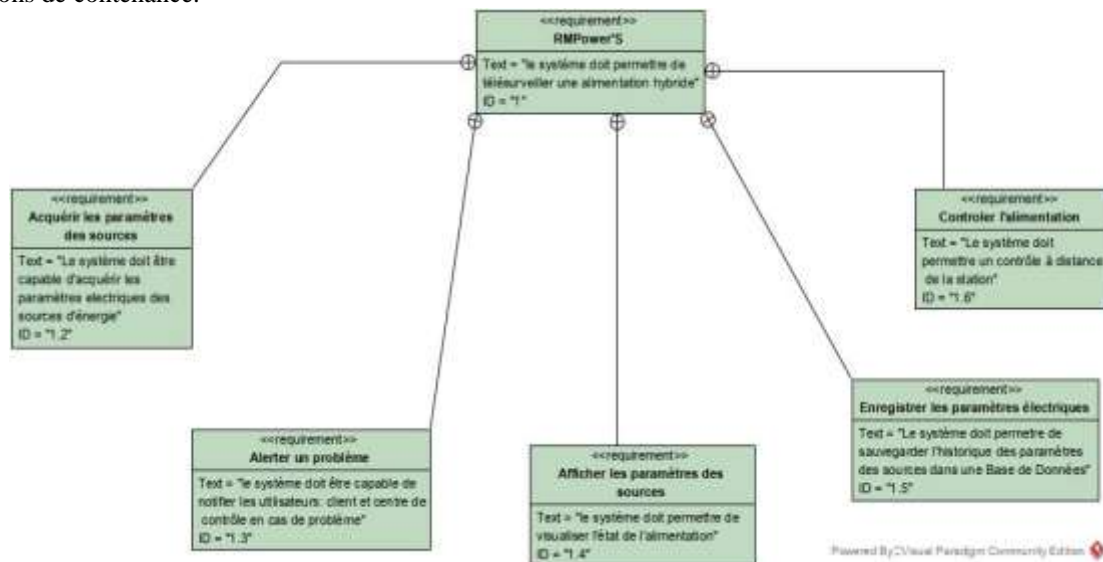


Figure 6. Diagramme d'exigence du système RMPower's.

2. Le diagramme de cas d'utilisation

Les diagrammes de cas d'utilisation sont des diagrammes utilisés pour donner une vision globale du comportement fonctionnel d'un système logiciel. Ils sont utiles pour des présentations auprès de la direction ou des acteurs d'un projet, mais pour le développement, les cas d'utilisation sont plus appropriés. Un cas d'utilisation (use case, ou UC) représente un ensemble de séquences d'actions qui sont réalisées par le système et qui produisent un résultat observable intéressant pour un acteur particulier. Chaque « *Cas d'utilisation* » spécifie un comportement attendu du système considéré comme un tout, sans imposer le mode de réalisation de ce comportement [14] [19]. Il permet de décrire ce que le futur système devra faire, sans spécifier comment il le fera. Chaque cas d'utilisation doit être relié à au moins un acteur ; un *acteur* étant défini aussi comme une entité externe qui interagit avec le système, comme une personne humaine ou un robot ou un autre système. Un acteur doit toujours être décrit par son rôle dans un système ; ce rôle décrit les besoins et les capacités de l'acteur. Un acteur agit sur le système.

(1). **Identification des acteurs** : Après analyse du système, nous avons identifié les acteurs suivants :

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

(2). **Identification des cas d'utilisation** : Après analyse des besoins, résultent les cas d'utilisation suivants :

- S'authentifier ;

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

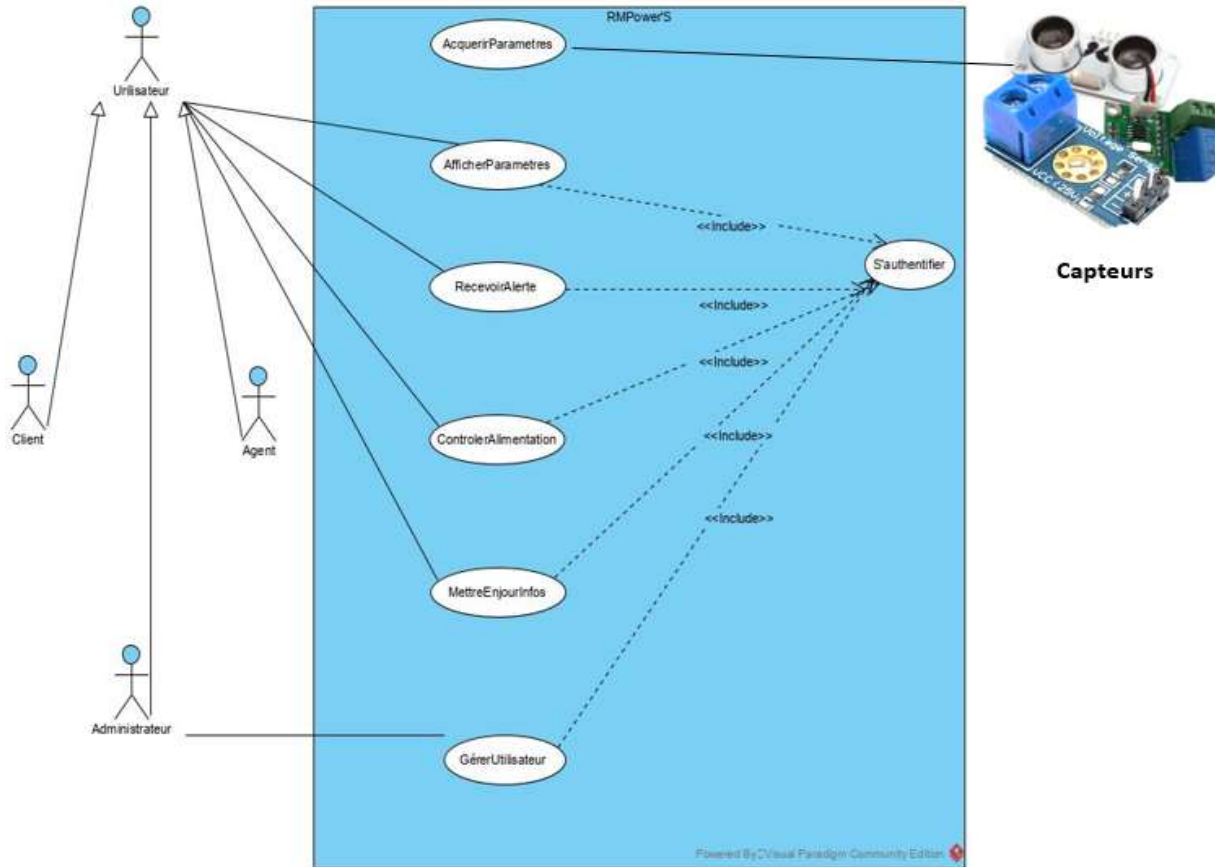


Figure 7. Diagramme de cas d'utilisation de système RMPower'S.

(3). Documentation des cas d'utilisation

i) S'authentifier

Nom de CU	S'authentifier
Identifiant	001
Brève description	Ce CU permet à l'utilisateur de se connecter à distance via une interface Web ou Mobile ; on s'en passe de l'authentification physique à la cabine par hypothèse.
Acteurs	Tous les utilisateurs
Préconditions	Lancer le système soit à partir de son smartphone, soit à partir de l'appli Web
Enchaînement principal	L'utilisateur veut accéder au système Il remplit le formulaire de connexion Il clique sur le bouton « Connexion »
Post condition	Utilisateur connecté
Enchaînement alternatif	Login/mots de passe invalide Mot de passe oublier Veuillez d'abord vous authentifier

ii) Acquérir paramètres

Nom de CU	AcquérirParamètres
Identifiant	002
Brève description	Acquisition des paramètres électriques des sources de l'alimentation
Acteurs	Capteurs électriques
Préconditions	Capteurs branchés sur les sources d'alimentation
Enchaînement principal	1. On met en marche la plateforme des capteurs, 2. Les capteurs sont connectés à l'unité locale de traitement (microcontrôleur)
Post condition	Les paramètres sont mesurés, on agit sur les actionneurs selon le résultat du traitement puis les données sont envoyées au serveur distant
Enchaînement alternatif	Aucun

iii) Afficher paramètres

Nom de CU	AfficherParamètres
Identifiant	003
Brève description	Afficher en temps réel les paramètres de notre alimentation
Acteurs	Tous les utilisateurs
Préconditions	S'authentifier
Enchaînement principal	L'utilisateur étant connecté Il clique sur voir état alimentation
Post condition	Aucune
Enchaînement alternatif	Aucun

iv) Recevoir alerte

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

v) Contrôler alimentation

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

vi) Gérer les utilisateurs

Nom de CU	GérerUtilisateur
Identifiant	006
Brève description	Gestion des données des utilisateurs dans la base de données
Acteurs	Administrateur du centre de contrôle
Préconditions	S'authentifier
Enchaînement principal	<ol style="list-style-type: none"> 1. L'administrateur clique sur « Gérer les utilisateurs » 2. L'administrateur du centre choisi une option (ajouter, modifier, supprimer) tout en indiquant l'utilisateur en question (client ou agent centre) 3. L'administrateur valide et enregistre les données
Post condition	Les données sont enregistrées selon le choix
Enchaînement alternatif	Aucun

vii) Mettre en jour infos

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

3. Les diagrammes de séquence

Les diagrammes de séquences sont la représentation graphique des interactions entre les acteurs et le système selon un ordre chronologique. Le diagramme de séquence décrit donc une action ordonnée dans le temps, il documente le cas d'utilisation. Le diagramme de séquence est composé de trois principaux concepts : les lignes de vie, les messages et les fragments. [18]

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

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

- S'authentifier
- AfficherParametres
- RecevoirAlerte
- ContrôlerAlimentation
- MettreEnJourInfos

a) Diagramme de séquence pour s'authentifier

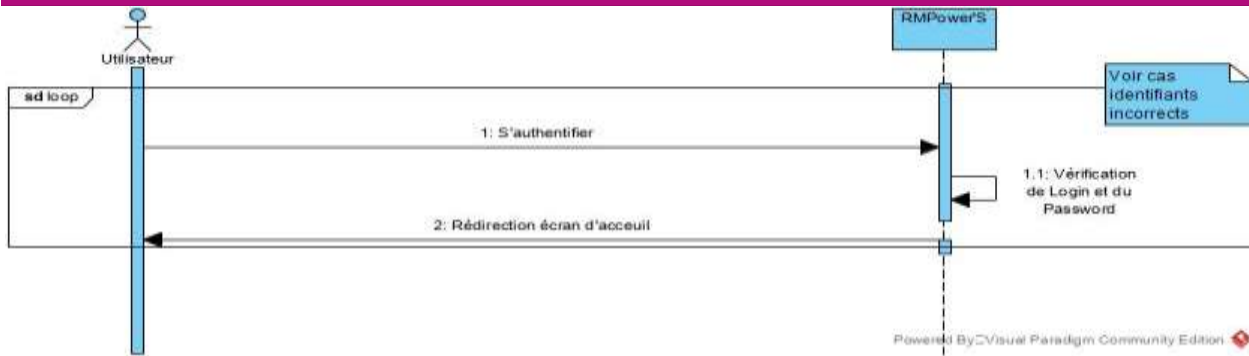


Figure 8. Diagramme de séquence pour le cas S'authentifier.

b) Diagramme de séquence pour AfficherParametres

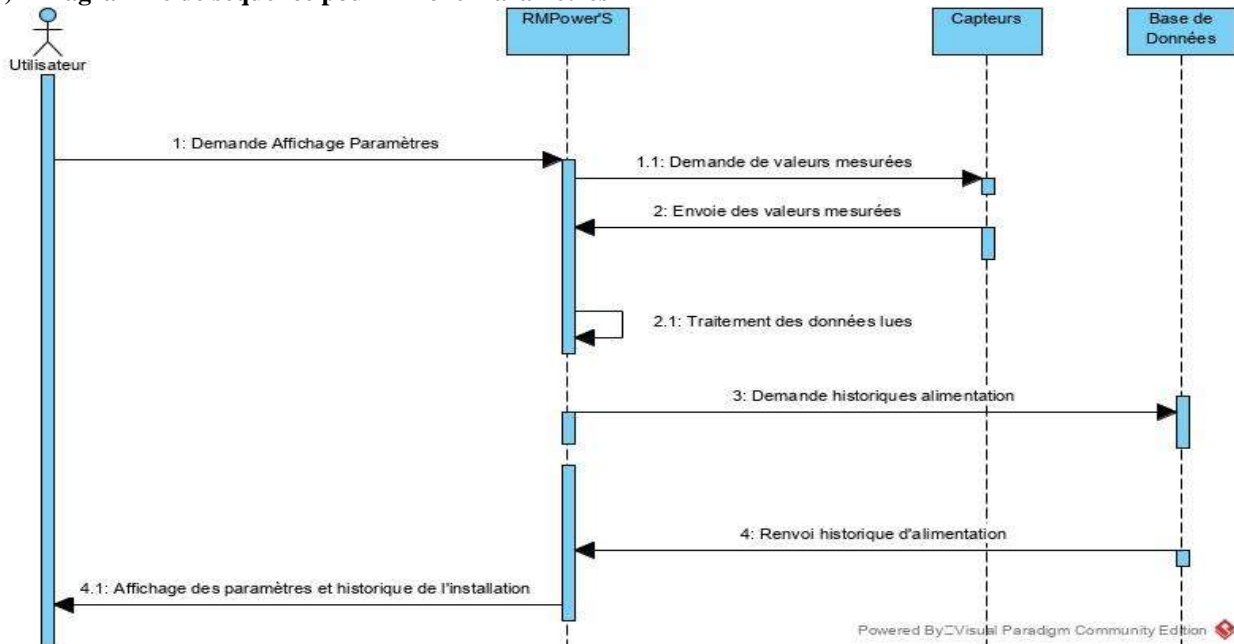


Figure 9. Diagramme de séquence pour le cas Afficher paramètres électriques.

c) Diagramme de séquence pour le cas RecevoirAlerte

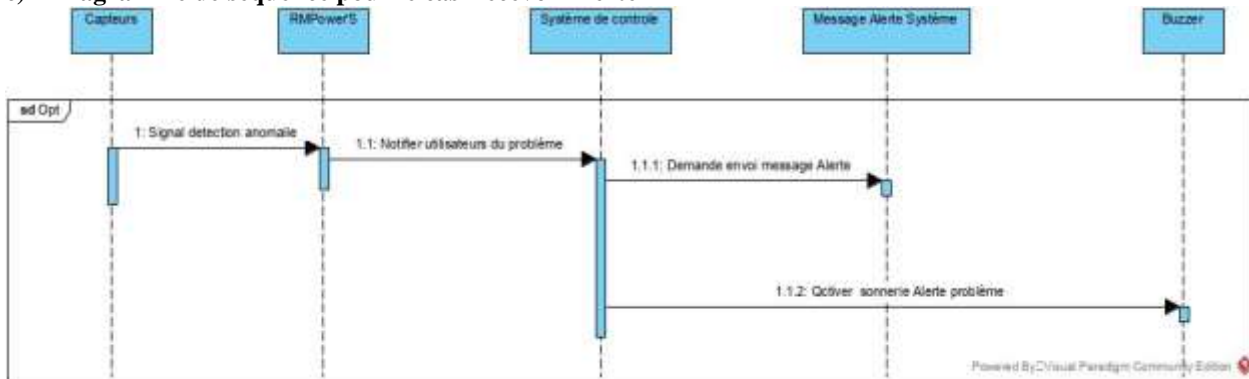


Figure 10. Diagramme de séquence pour le cas Recevoir Alerte.

d) Diagramme de séquence pour le cas contrôler alimentation

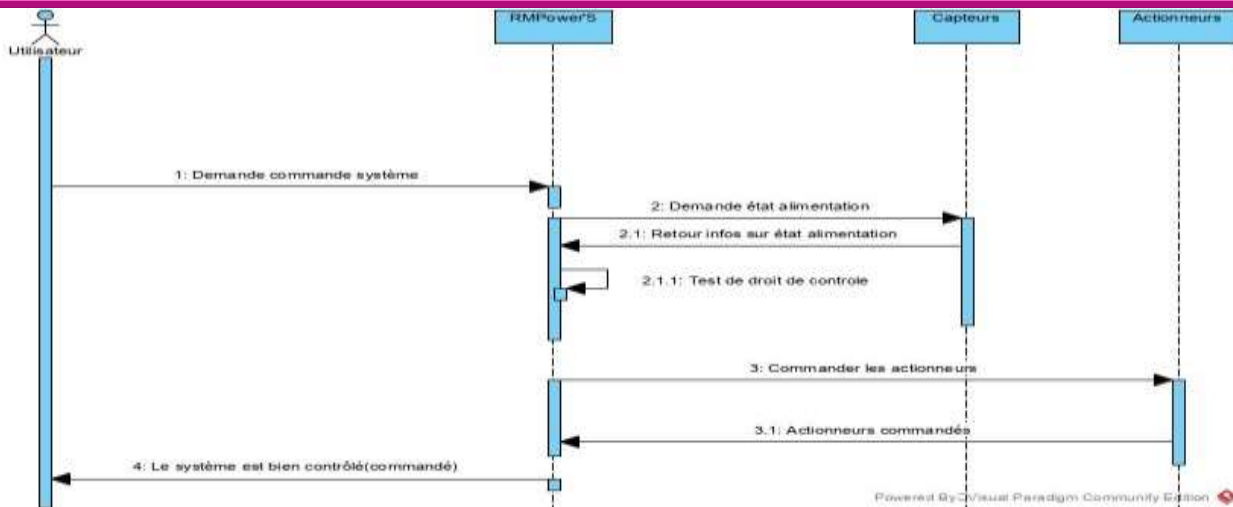


Figure 11. Diagramme de séquence pour le cas Contrôler Alimentation.

e) Diagramme de séquence MettreEnJourInfos

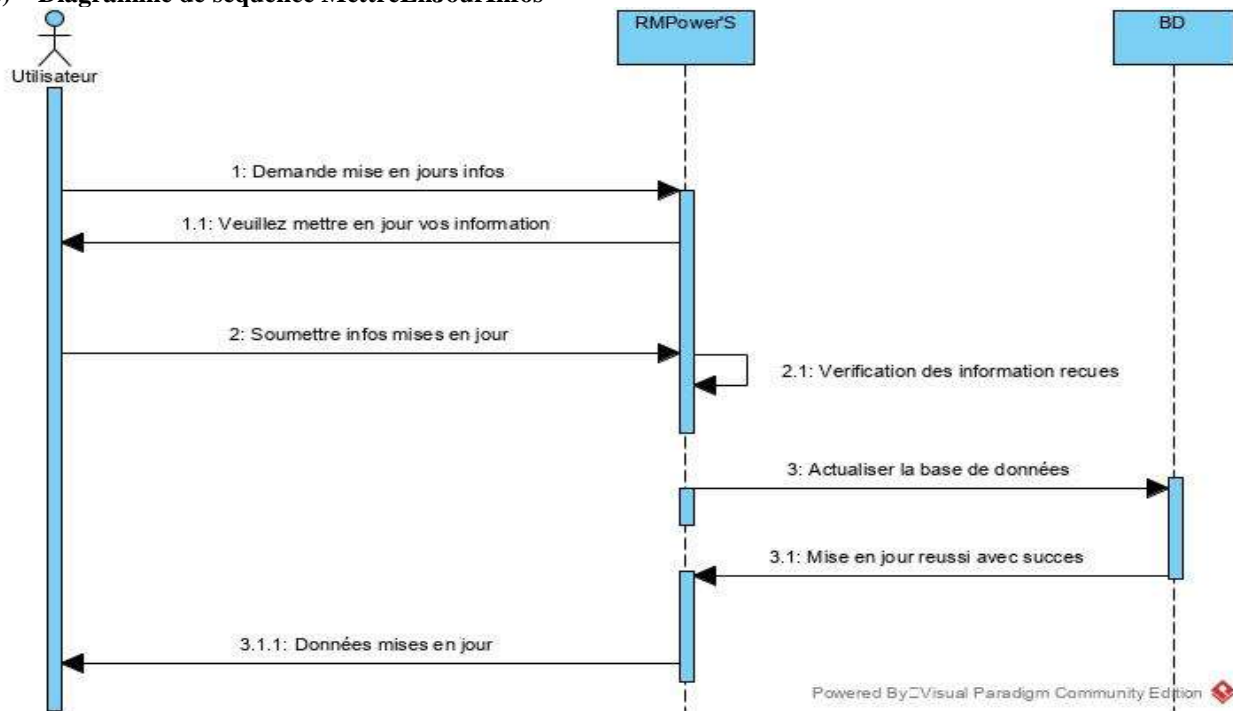


Figure 12. Diagramme de séquence pour le cas Mettre en jour les informations.

4. Le diagramme de définition de blocs

Le bloc SysML (« block ») constitue la brique de base pour la modélisation de la structure d'un système. Il peut représenter un système complet, un sous-système ou un composant élémentaire. Les blocs sont décomposables et peuvent posséder un comportement. Le diagramme de définition de blocs (block definition diagram ou bdd) décrit la hiérarchie du système et les classifications système/composant. [17] [23] Chaque bloc (ou type) définit un ensemble d'instances partageant les propriétés du bloc, mais possédant chacune une identité unique. Le diagramme de définition de bloc est utilisé pour représenter les blocs, leurs propriétés, leurs relations.

Dans un diagramme de définition de bloc, un bloc est représenté graphiquement par un rectangle découpé en compartiments. Le nom du bloc apparaît tout en haut, et constitue l'unique compartiment obligatoire. Tous les autres compartiments ont des labels indiquant ce qu'ils contiennent : valeurs, parties et opérations. Notre système « **RMPower'S** » est alors décrit par le diagramme de définition de blocs suivant :

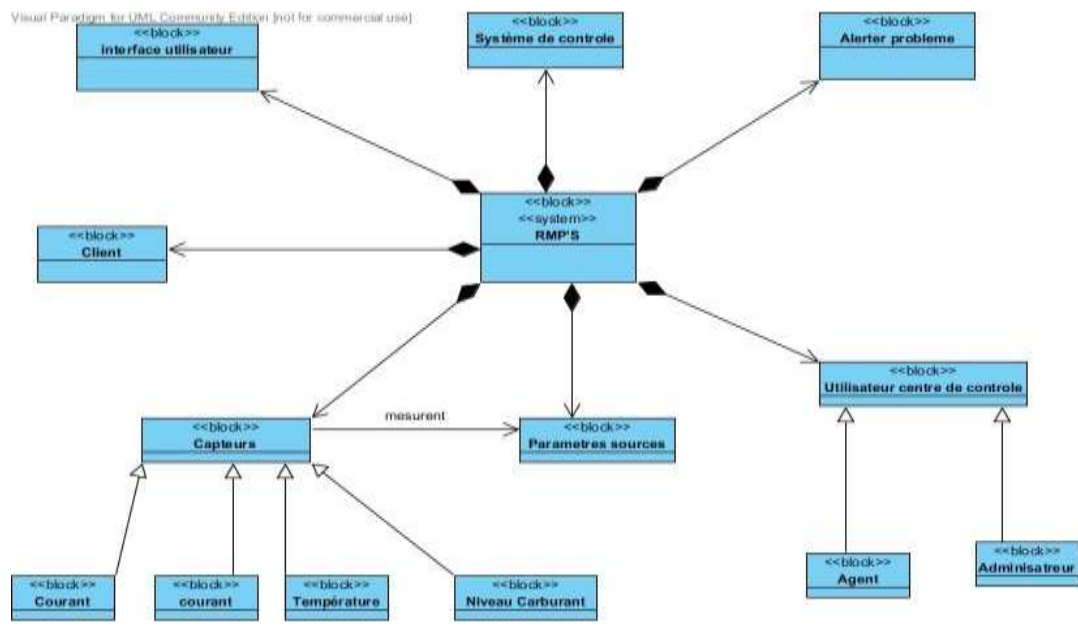


Figure 13. Le diagramme de définition de blocs de système RMPower'S.

5. Les diagrammes d'activité

Le diagramme d'activité représente les flots de données et de contrôle entre les actions. Il est utilisé majoritairement pour l'expression de la logique de contrôle et d'entrées/sorties. Un flot est un contrôle de séquençage pendant l'exécution de nœuds d'activité. Les flots de contrôle sont de simples flèches reliant deux nœuds (actions, décisions, etc.) [17] Pour notre système, nous démarrerons le diagramme d'activité en représentant les grandes fonctionnalités qui sont : lancement du système, le cas d'acquisition et de transmission des paramètres de notre alimentation et le cas de visualisation de l'état de notre alimentation hybride [26].

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

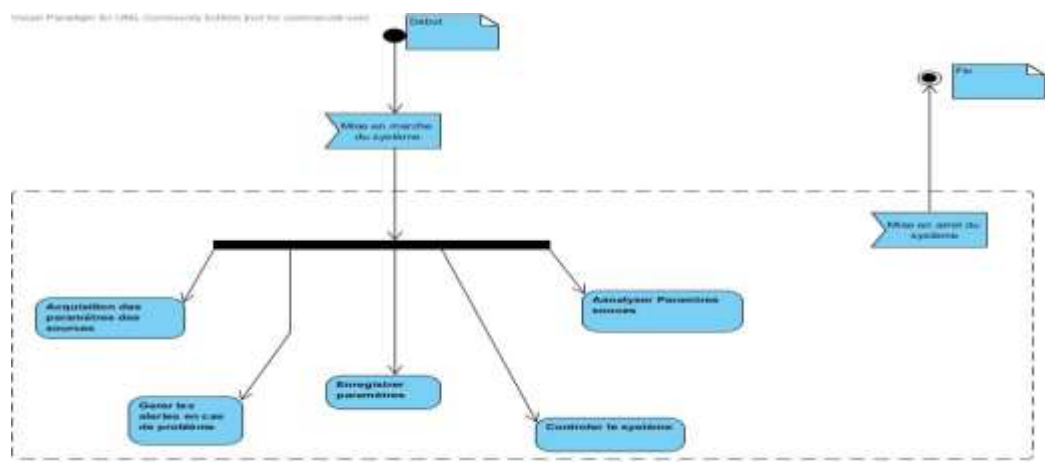


Figure 14. Diagramme d'activité du démarrage du système.

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

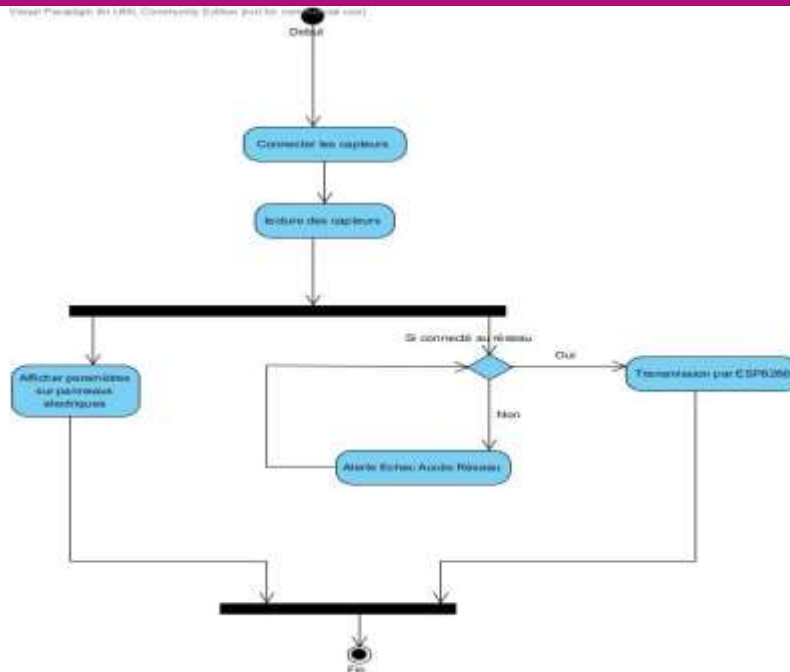


Figure 15. Diagramme d'activité d'acquisition et transmission de paramètres des sources.

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

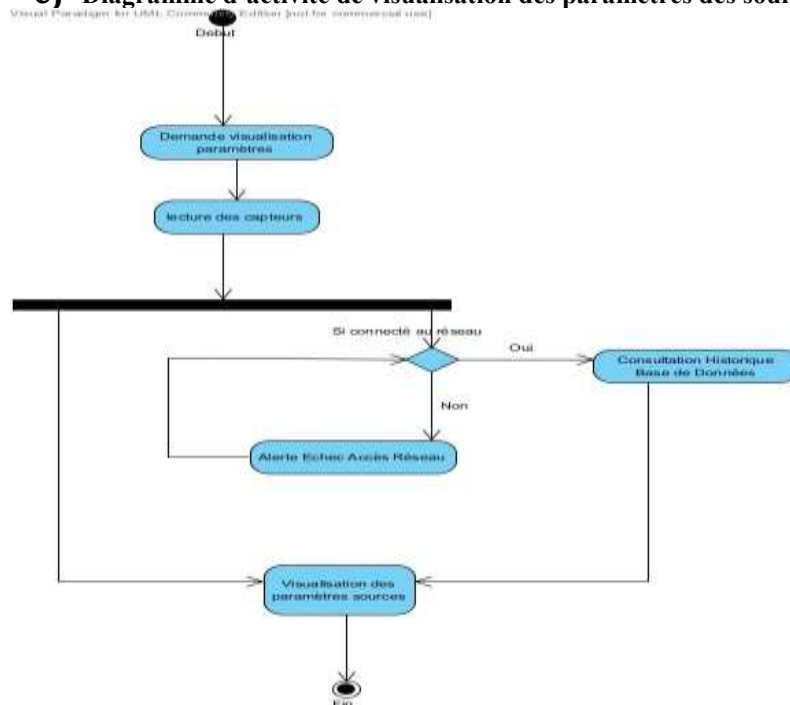


Figure 16. Diagramme d'activité de visualisation de l'état des sources d'alimentation.

III.4.6. Modélisation de la base de données

1. Diagramme des classes

Dans la conception d'un système d'information, la modélisation des données est l'analyse et la conception de l'information contenue dans le système. Il s'agit essentiellement d'identifier les entités logiques et les dépendances logiques entre ces entités. [19] Pour la modélisation de la base de données de notre système nous avons opté pour le langage de modélisation UML 2.

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

Nous utilisons ici le diagramme de classe d'UML 2 pour la modélisation de notre base de données. De ce diagramme, nous allons ensuite déduire le Modèle Logique des Données. Le diagramme de classes est un schéma utilisé en génie logiciel pour présenter les classes et les interfaces des systèmes ainsi que les différentes relations entre celles-ci. Ce diagramme fait partie de la partie statique d'UML car il fait abstraction des aspects temporels et dynamiques. Une classe à son tour décrit les responsabilités, le comportement et le type d'un ensemble d'objets. Les éléments de cet ensemble sont les instances de la classe. Le diagramme de classe de notre système est ainsi représenté sur la figure ci-dessous :

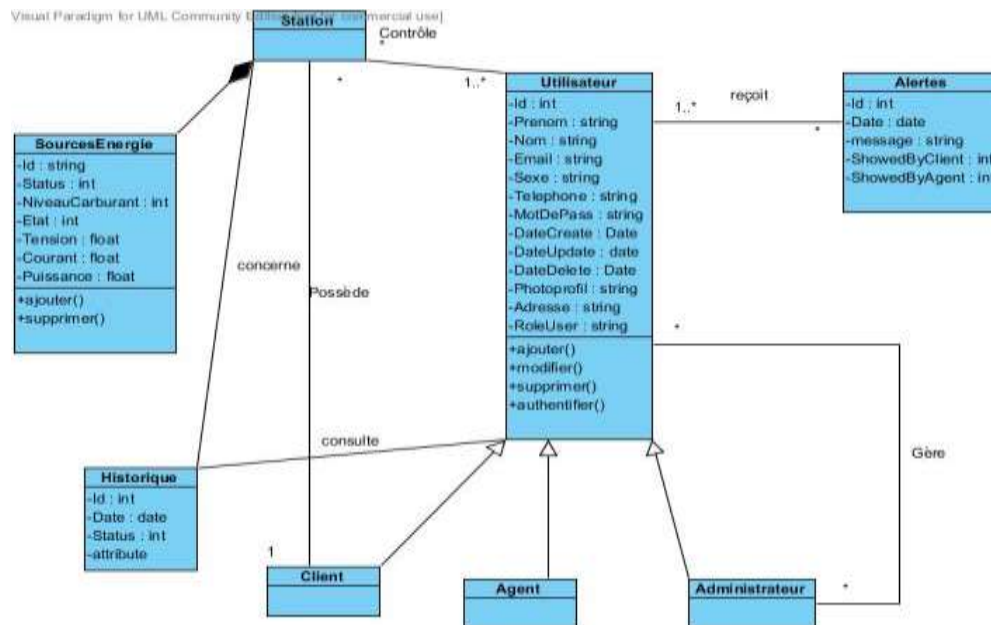


Figure 17. Diagramme des classes de système RMPower'S.

2. Modèle logique des données

Jusqu'à présent nous avons établi le modèle conceptuel de données (MCD), or, ce dernier ne connaît pas la notion de table, tandis qu'une base de données ne connaît pas le concept des classes reliées entre-elles via des associations avec des multiplicités. Pour cela, il existe un autre modèle appelé modèle logique des données (MLD), qui utilise essentiellement le formalisme des tables logiques. Un MLD, qui est toujours basé sur un MCD donné, contient donc toutes les informations du MCD, mais les représente à l'aide d'un formalisme différent qui est très adapté aux structures d'une base de données. Pour passer du MCD au MLD nous avons utilisé les règles suivantes :

- Affecter une table à chaque classe ;
- Un identifiant est remplacé par une clé primaire ;
- Les attributs sont représentés par des colonnes dans une table ;
- Une association « un à plusieurs » engendre la migration de la clé primaire de la table mère à la table fille ;
- Une association « plusieurs à plusieurs » est représentée par une table ayant pour clé primaire la concaténation des clés primaires des deux tables associées.

III.5. PRESENTATION DES APPLICATIONS

III.5.1. Schéma général de la télésurveillance de la station hybride

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

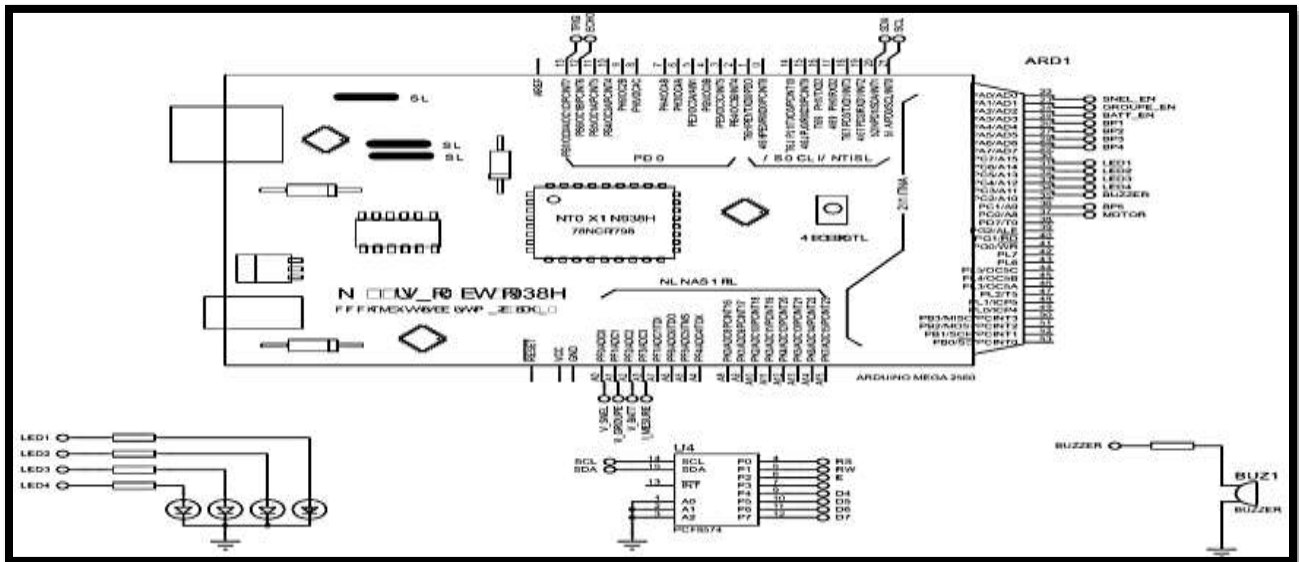
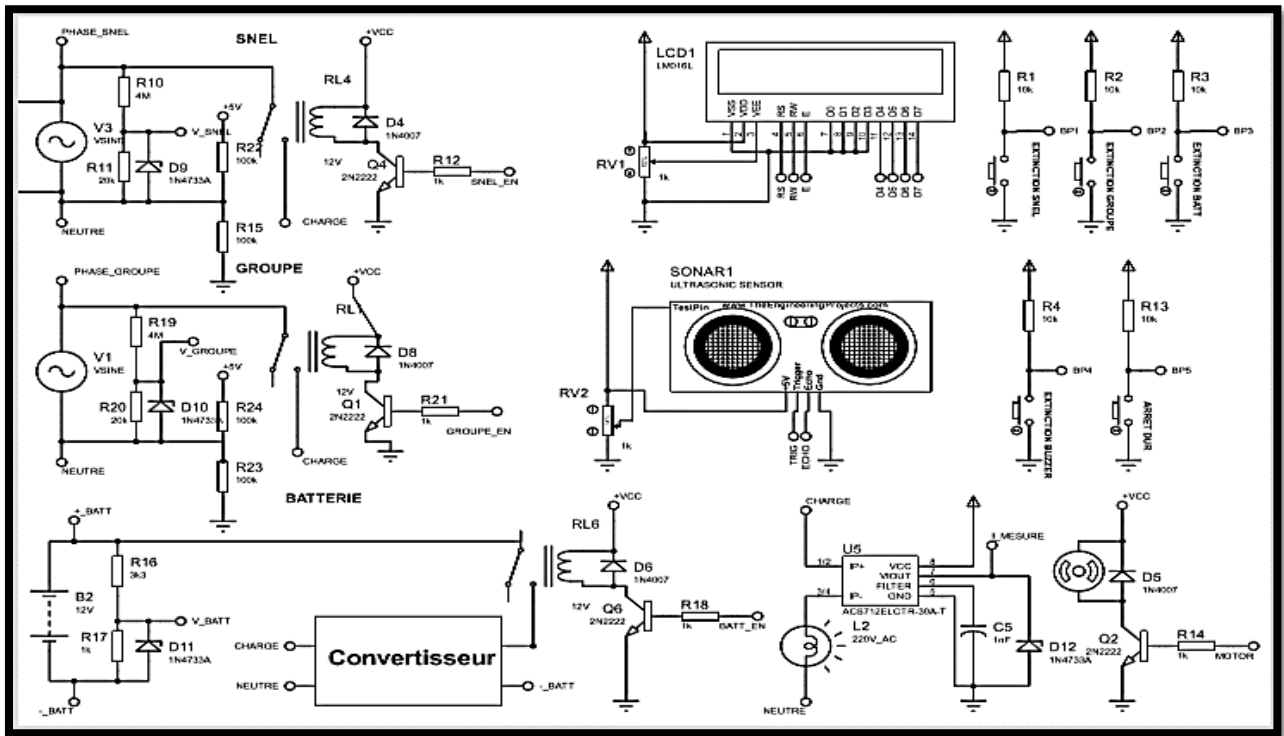


Figure 18. Schéma général de la télésurveillance de l'alimentation Hybride.

III.5.2. Application Web

Pour arriver à faire la télésurveillance des équipements énergétiques des stations hybrides, les utilisateurs concernés (Client et centre de contrôle) doivent utiliser l'application Web que nous avons développé. Cette application est accessible en ligne via un client Web qui communique avec le serveur central. Nous avons développé une application responsive [28] (qui s'adapte

automatiquement à l'écran de l'appareil qui la consulte) pour permettre aux utilisateurs d'utiliser n'importe que type d'appareil (Ordinateur, Tablette et Smartphone). Nous présentons dans les pages qui suivent quelques captures de ladite application.

Page d'authentification

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

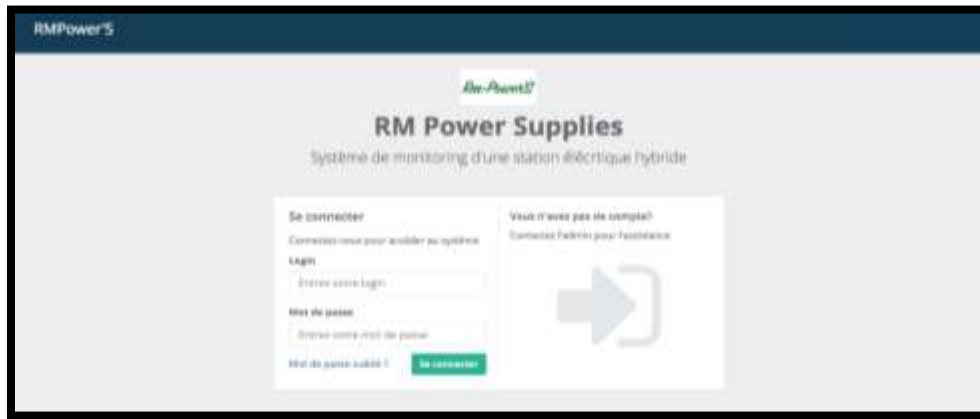


Figure 19. Page d'authentification.

Page d'accueil Administrateur/Agent

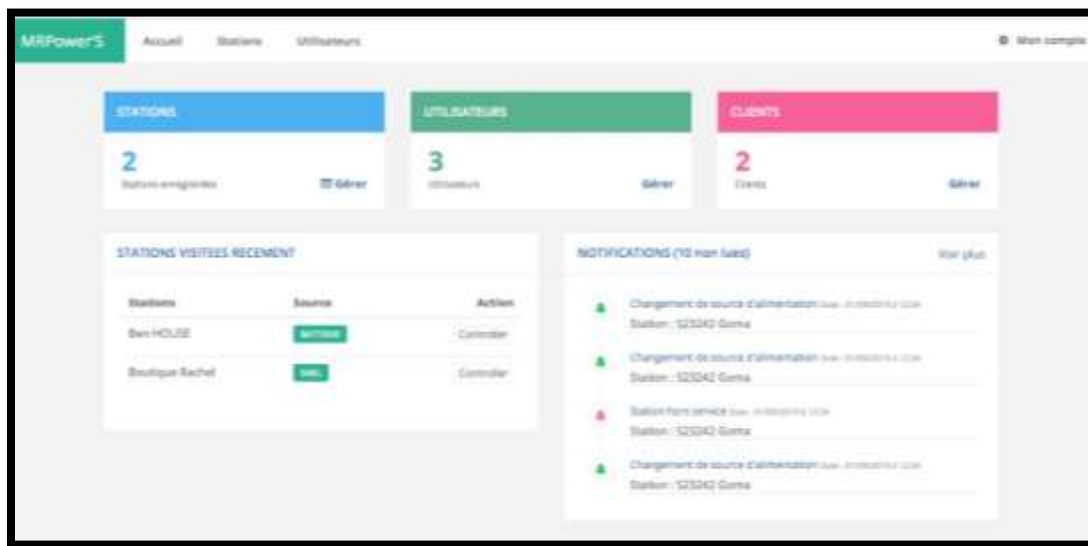


Figure 20. Page Accueil Centre de contrôle.

Tableau de bord de télésurveillance

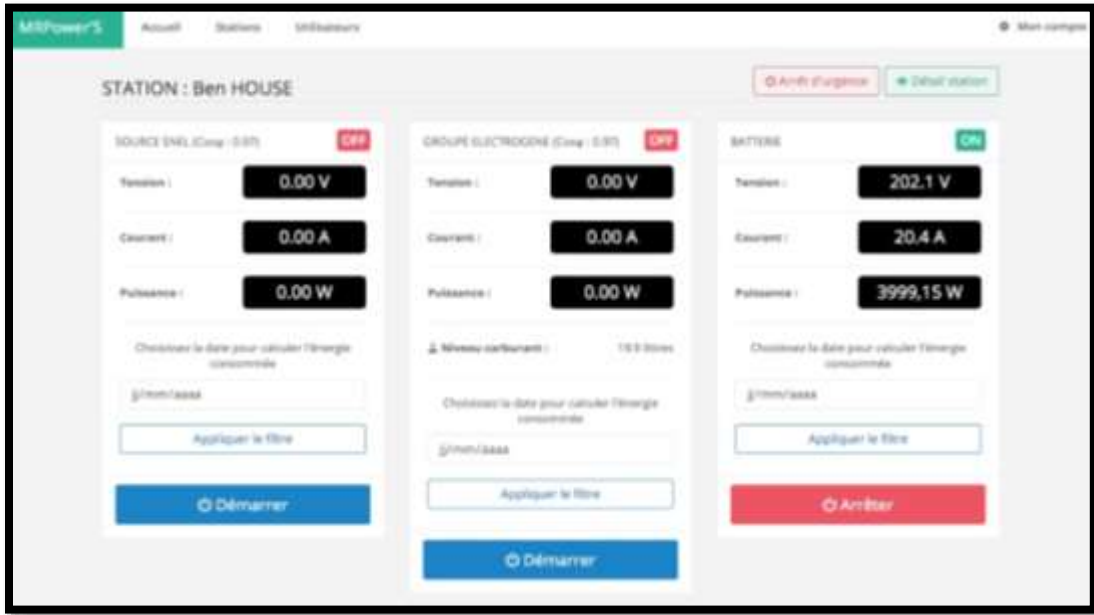


Figure 21. Page de contrôle d'une station.

Gestion des Clients

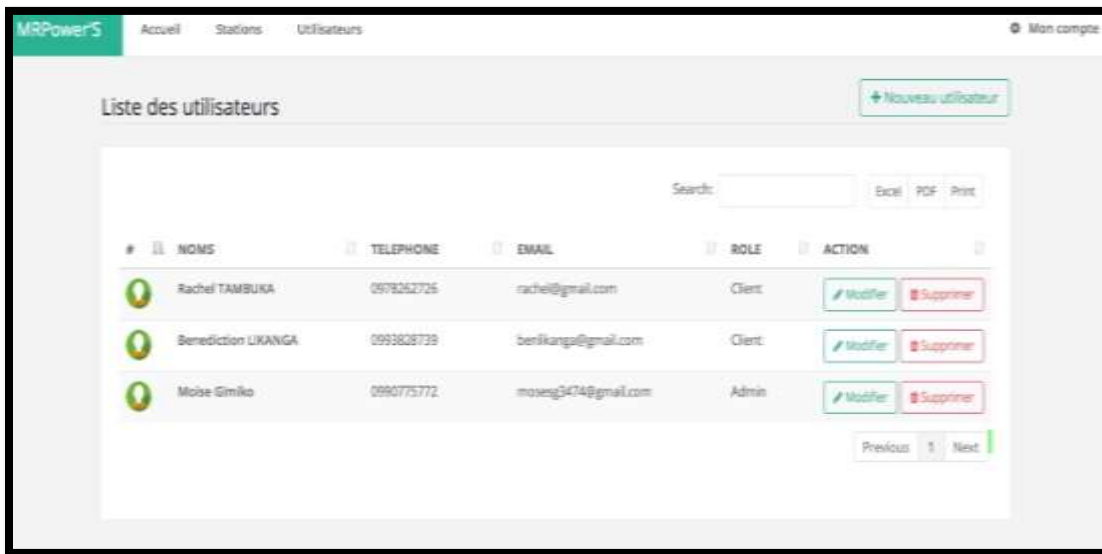


Figure 22. Page de gestion des Utilisateurs.

Enregistrement d'un nouveau Client avec station

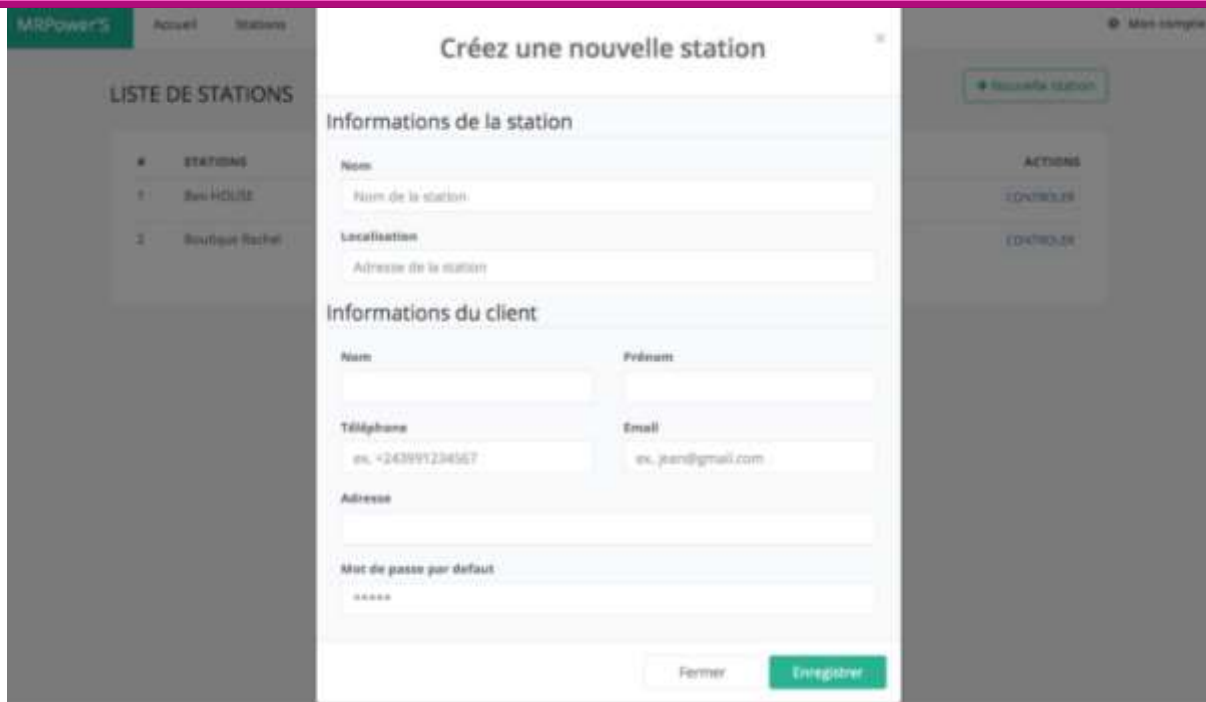


Figure 23. Formulaire d'enregistrement de la station avec son client.

III.5.3. Application Android

Comme nous l'avons dit dans les lignes précédentes, le système doit permettre au client d'accéder à son installation à distance à l'aide d'une application Android. Nous avons développé une application qui permet à l'utilisateur de voir aussi en temps réel l'état de son alimentation [7], d'agir sur celle-ci et de recevoir des notifications en cas du problème. Les images ci-dessous présentent quelques captures d'écran de cette application Android.

Activité de login

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



Figure 24. Interface de connexion du client.

Activité principale de monitoring

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



Figure 25. Monitorage et du contrôle par Client.

Activité de compte utilisateur

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



Figure 26. Interface de compte utilisateur.

III.6. ESTIMATION DU COÛT

Parmi les différentes étapes de gestion d'un projet, l'évaluation du coût du projet est la plus importante et la plus délicate. En effet, cette phase nécessite beaucoup de rigueur et doit être la plus exhaustive possible afin de fournir un chiffrage précis, fiable et pertinent [29]. Dans le tableau suivant, nous essayons de donner les prix estimatifs de composants matériels que nous avons utilisés pour réaliser notre prototype et le coût estimatif du développement logiciel.

#ID	COMPOSANT	QUANTITE	PRIX UNITAIRE (\$)	PRIX TOTAL (\$)
Coût des matériels				

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

Tableau 1. Estimation de cout du prototype.

CONCLUSION

Dans le cadre de la présente étude, nous avons mené une prospection sur la gestion d'énergie d'une station hétéroclite dans la province de Bas-Uélé (Ville de BUTA) en RDC. (...) Les stations alimentées par plusieurs sources d'énergie nécessitent une commutation automatique afin de maintenir l'alimentation continuellement disponible mais aussi exigent d'intervenir à moindre délais au cas où un problème surgirait dans le système. C'est dans ce contexte que nous avons proposé dans cette étude, un système de télésurveillance électrique pour le suivi des stations hybrides à distance en ville de BUTA. Ledit système se veut être un moyen de maintenir l'alimentation électrique continue en jouant sur les sources disponibles tout en permettant à ses utilisateurs d'éviter de nombreux risques en intervenant en temps réel et de n'importe où sur le système tout en simplifiant le coût gain du temps.

Pour arriver à cette fin, nous avons commencé par présenter quelques généralités les énergies hybrides et disponibles dans le contexte de la province de Bas-Uélé pouvant être utilisées par la population locale. Ensuite, nous nous sommes intéressés aux différents mécanismes de la télésurveillance électrique avant de nous pencher sur le choix technologique quant à l'implémentation le système envisagé. Et enfin, nous nous sommes concentrés sur la réalisation du système ainsi que l'estimation du coût de réalisation dudit système.

En conclusion, nous ne prétendons pas avoir abordé tous les aspects liés au domaine de la télésurveillance électrique, ainsi donc nous sommes ouverts aux suggestions et critiques constructives. Toutefois, nous proposons également à d'autres chercheurs d'y apporter un plus, en tenant compte, par exemple, de l'intégration d'un module d'intelligence artificielle pour la détection et la prédiction d'éventuelles anomalies ou des problèmes qui peuvent surgir dans une station hybride tout comme dans une société de distribution d'énergie. Ils peuvent aussi ajouter la localisation géographique et le contrôle visuelle (cameras) de toutes les stations sous contrôle et enfin mettre en place une technologie permettant de faire des maintenances préventives de ces stations à distance.

REFERENCES

- [1] A. A. ALLAOUA F., « Etude et implémentation d'une stratégie de controle d'un système hybride », Bejaia: UAM, 2012.
- [2] A. C. S. B. K. A. C. K. B. Taghezouit, « Monitoring et Supervision d'un Système PV connecté au réseau », Alger: Centre de Développement des Energies Renouvelables, 2013.
- [3] AFNOR, « La démarche de projet », 2013.
- [4] B. Boixiere, « Production de l'énergie électrique », Angoulême: Académie de Poitier, 2013.

- [5] B. K. Trésor, « *Conception et implémentation d'un système mobile connecté de télésurveillance médicale des paramètres vitaux de santé* », GOMA: ULPGL, 2018.
- [6] F. Duchêne, « *Fusion de Données Multicapteurs pour un Système de Télésurveillance Médicale de Personnes à Domicile* », Grenoble: HAL, 2005.
- [7] GIMIKO SINGBAGBE Moïse, « *Mise en place d'un système de télésurveillance des stations électriques hybrides alimentées par la SNEL, Batteries et Groupe électrogène* », Goma, ULPG, 2019.
- [8] H. ADEL, « *Stratégie de gestion multi énergie dans un système hybride éolien-Diesel-dispositif de stockage* », Québec: Université du Québec, 2007.
- [9] J. Azanon, « *Gestion efficace dans les systèmes de télécommunications* », Revue Circutor, pp. 3-4, 2015.
- [10] K. W. M. Abednego, « *Conception d'un compteur d'énergie électrique intelligent connecté à la base de données de la société de distribution* », Goma: ULPGL, 2019.
- [11] KABEYA ILUNGA Paulain et al., « *Modélisation et l'implémentation d'un système décisionnel pour la gestion du personnel dans le secteur de l'Aviation en RDC : Cas de la RVA* », IJEI, Vol.12, Issue 1, pp317-334, Jan 2023
- [12] L. CROCI, « *Gestion de l'énergie des systèmes multi-sources photovoltaïques et éolien avec stockage hybride Batteries /supercondensateurs* », Pointiers: Université de Pointiers, 2013.
- [13] M. K. BONI-SYLVESTRE, « *Conception et réalisation d'un système de contrôle et de gestion optimale de l'énergie : cas des systèmes énergétiques hybrides photovoltaïque - groupe électrogène* », Goma: ULPG, 2019.
- [14] M. Lepage, « *Sources-énergies* », Liège: KillMyBill, 2017.
- [15] M. M. Amine, *COURS 5 ANALYSE*, ESI, 2011.
- [16] P.-L. V. Roger Ginocchio, « *L'énergie hydraulique et environnement* », Paris: Editions Tec & Doc, 2006.
- [17] R. Bienfait, « *Complément des OS et Sécurité Informatique* », Goma: ULPGL, 2019.
- [18] R. LEFEVRE, « *Qu'est-ce qu'un servomoteur* », 15 09 2015. [En ligne]. Available: <https://www.supinfo.com/articles/single/296-qu-est-ce-qu-servomoteur>. [Accès le 28 Octobre 2022].
- [19] R. M. Prince, « *Etude et conception d'un système de positionnement Indoor 2D Hybride de base sur les technologies RFID et ULTRASON* », GOMA: ULPGL, 2019.
- [20] R. Pascal, « *SysML par l'exemple, un langage de modélisation pour systèmes complexes* », 4e édition éd., Paris: EYROLLES, 2007.
- [21] R. Pascal, « *SysML par l'exemple, un langage de modélisation pour système complexes* », 4e édition éd., Paris: EYROLLES, 2007.
- [22] S. Christian et B. Frédéric, « *Modélisation des bases de données* », Paris: EYROLLES, 2015, p. 365.
- [23] S. SEMAGEEK, « *Capteur de distance Ultrason HC-SR04* », 2009. [En ligne]. Available: <https://boutique.semageek.com/fr/372-capteur-de-distance-ultrason-hc-sr04.html>.
- [24] T. KATEMBO, « *Etude et conception d'un système de télésurveillance d'un groupe électrogène à l'aide d'une application Android* », Goma: ULPGL, 2019.
- [25] YENDE RAPHAEL Grevisse et al, "Signal performance optimization in the local area network traffic management in the DRC". EJCSIT, Vol.10, No.5, pp.1-23, October, 2022
- [26] Z. S. Christian et B. Frédéric, « *Modélisation des bases des données* », Paris: EYROLLES, 2017.
- [27] Z. S. Christian, « *Modélisation des systèmes d'information* », Paris: SUPINFO, 2018.
- [28] Wikipedia, « *Modélisation des données* », . Available: https://fr.wikipedia.org/wiki/Modélisation_des_données. [Accès le 23 march 2022].
- [29] YENDE RAPHAEL Grevisse, GIMIKO S. Moïse et al, *Deployment of a Web Application For Managing the Movements of Secondary School Students in the City of Butembo(DRC)*. IJAMR, Vol.6, No.5, pp.208-232, 2022