

REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO  
ENSEIGNEMENT SUPERIEUR, UNIVERSITAIRE ET  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE CATHOLIQUE DE BUKAVU  
U.C.B  
B.P. 285 BUKAVU



FACULTE DES SCIENCES  
DEPARTEMENT DES SCIENCES DE L'INFORMATIQUE  
Option : Réseaux et télécommunication

MISE EN PLACE D'UN SYSTEME D'ECLAIRAGE  
AUTOMATISE DANS UN HOPITAL

Cas de l'hôpital de PANZI /Bukavu

**Présenté par : AMPERE BULONZA Jean**

Travail de fin d'étude présenté en vue de l'obtention du  
diplôme de licence en Sciences de l'informatique, option  
Réseaux et télécommunication

Dirigé par :

**Prof. Dr BUHENDWA NYENYEZI Justin**

Encadré par :

**C.T BORIBO KIKUNDA Philipe**

**Année académique 2020 – 2021**

# TABLE DE MATIERES

<b>EPIGRAPHE .....</b>	<b>III</b>
<b>DEDICACE.....</b>	<b>IV</b>
<b>IN MEMORI.....</b>	<b>V</b>
<b>REMERCIEMENTS .....</b>	<b>VI</b>
<b>SIGLE ET ABREVIATIONS.....</b>	<b>VII</b>
<b>TABLE DES FIGURES.....</b>	<b>VIII</b>
<b>TABLE DES TABLEAUX .....</b>	<b>VIII</b>
<b>RESUME.....</b>	<b>IX</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>X</b>
<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>1</b>
1. Contexte général et concept .....	1
2. Problématique .....	1
3. Hypothèse .....	2
4. Délimitation et objectif.....	2
5. Choix et Intérêt.....	3
6. Méthodologie de recherche .....	3
7. Plan du travail .....	5
<b>Chapitre I. ÉTAT DES LIEUX ET ANALYSE .....</b>	<b>6</b>
1.1. Introduction.....	6
1.2. Présentation du cadre d'étude .....	6
1.2.1 Localisation géographique.....	6
1.2.2 Historique de l'hôpital général de la référence de Panzi .....	6
Organigramme HGR Panzi.....	9
1.2.3. DESCRIPTIONS DE QUELQUES SERVICES.....	10
1.3. ANALYSE DE L'EXISTANT.....	12
a. Aspects négatifs.....	14
b. Avantages.....	14
c. Proposition de la solution .....	14
1.6. Conclusion sur état des lieux et analyse.....	15
2.1. Introduction.....	16
2.2. Revue de la littérature .....	16
2.2.1. Revue Empirique (Etude des quelques cas) .....	16

2.2.2.	Revue de la littérature sur l'internet des objets .....	18
a)	Objet connecté .....	18
b)	Type d'Object connecté .....	18
2.2.3.	Revue de la littérature sur le capteur .....	19
2.2.4.	Revue de la littérature sur le système d'éclairage .....	22
a.	Type d'éclairage .....	22
b.	Source d'éclairage .....	23
2.3.	Outils de travail .....	23
2.4.	Description et justification de l'approche .....	30
2.4.1.	La méthode analytique .....	30
2.4.2.	La méthode expérimentale .....	30
2.4.3.	La méthode Ingénierie Système (IS) .....	31
2.5.	Conclusion sur la revue de la littérature et description de l'approche .....	31
<b>Chapitre 3. APPLICATION DE LA MÉTHODOLOGIE ET PRÉSENTATION DES</b>		
<b>RÉSULTATS .....</b>		<b>33</b>
3.1.	Introduction .....	33
3.2.	Structure de l'équipe de travail .....	33
3.3.	Stratégie de collecte des données .....	33
3.4.	Application de la méthodologie .....	34
3.4.1	Méthode IS (Ingénierie système) .....	34
3.4.2	Méthode Expérimentale .....	39
3.5.	Présentation des résultats .....	40
3.5.1.	Le système d'éclairage et déclencheur des notification .....	40
3.5.2.	Le prélèvement d'énergie encours de consommation .....	41
3.5.3.	Le circuit global du système d'éclaire .....	42
3.5.5.	Test de fonctionnalité et interprétation des résultats .....	43
3.5.6.	Exigences pour la mise en œuvre des solutions proposées .....	49
3.5.7.	Estimation du coût pour la mise en œuvre des solutions proposées .....	49
3.6.	Discussion des résultats .....	50
3.6.1.	Contributions théoriques et pratiques .....	50
3.6.2.	Limites de l'étude et pistes de recherche futures .....	50
3.7.	Conclusion sur application de la méthodologie et la présentation des résultats .....	51
<b>CONCLUSION GENERALE .....</b>		<b>52</b>
<b>Bibliographie .....</b>		<b>54</b>

## EPIGRAPHE

*« Contentez-vous de ce que vous avez, et faites-en le meilleur usage possible »*

**Baden Powell**

## DEDICACE

*Avec tout respect et amour, je dédie ce présent travail de fin de cycle  
A vous mes très chers respectueux parents Papa BULONZA NAMWIGAMBA Déo et Maman  
MAPENDO CHIZUNGU Christelle*

*Pour vos efforts et sacrifices consentis tout au long de mes études en vue de faire de moi l'homme  
capable et utile pour la société. Très chers parents nous resterons reconnaissants.*

*A mes frères et sœurs Musafiri BULONZA Jean, Bukuze BULONZA Julio, Baraka BULONZA  
Chispain, Francine BULONZA Christelle, Kalembu BULONZA Christine  
Témoignage de mon affection fraternelle, de ma profonde tendresse et reconnaissance je vous souhaite une  
vie pleine d'amour, de bonheur et de succès et que Dieu, le tout puissant vous protège et vous garde.*

*A mes très chers camarades  
Pour l'amour ainsi que la solidarité estudiantine manifestée durant toute notre vie académique.*

*A BINJA Mwendambali Jocelyne  
Pour votre soutien, accompagnement, encouragement et conseil pendant moments agréables et les moments  
difficiles de notre parcours académique.*

*A toute ma famille, tous mes amis, collègues et compagnons de lutte  
En souvenir de notre sincère et profonde collaboration, amitié et moments agréables que nous avons passés  
ensemble.*

**AMPERE BULONZA Jean**

## IN MEMORI

*A la mémoire de mon grand-père MIGABO Alphonse Nkwale et ma grand-mère CHIREZI  
M'nkwale*

*J'aurais tant aimé que vous soyez présents.*

*Que Dieu ait vos âmes dans sa sainte miséricorde.*

*AMPERE BULONZA Jean*

## REMERCIEMENTS

*Nos remerciements s'adressent à Dieu tout puissant pour sa force et sa grâce pendant notre parcours universitaire.*

*Nos remerciements les plus sincères et considérables s'adressent à notre directeur Professeur Docteur **BUHENDWA NYENYEZI Justin** et à notre encadreur CT. **KIKUNDA Boribo Philippe** qui malgré leurs multiples occupations tant personnelles qu'académiques, ils ont accepté de diriger ce travail. Nous lui disons merci.*

*Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à la faculté de sciences plus particulièrement le département d'informatique de l'université catholique de Bukavu pour notre formation scientifique.*

*Nous resterons très reconnaissants durant toute notre vie de tous les efforts et sacrifices consentis par nos parents Papa **BULONZA NAMWIGAMBA** Déo et Maman **MAPENDO CHIZUNGU** Christelle qui se sont donnés corps et âme pour supporter nos études malgré leurs insuffisances. A eux nous disons grand merci.*

*Nous tenons à témoigner toute nos gratitudes à nos frères et sœurs pour leurs confiances et leurs soutien inestimable.*

*Nous exprimons nos reconnaissances envers les amis et collègues qui nous ont apporté leurs soutiens moral et intellectuel tout au long de la réalisation de ce travail.*

*Enfin, A tous ceux dont les noms n'ont pas été cités trouvent ici l'expression de notre profonde reconnaissance et nous leurs disons merci.*

**AMPERE BULONZA Jean**

## SIGLE ET ABBREVIATIONS

HGRP	: Hôpital général de référence PANZI
CEPAC	: Communauté des Eglises Pentecôtistes en Afrique
UCB	: Université catholique de Bukavu
Sysml	: Systems Modeling Language
IS	: Ingénierie Système
USB	: Universal Serial Bus
LDR	: Light Dependent Resistor
Http	: Hypertext Transfer Protocol
SIM	: subscriber identity/identification module
GPRS	: General Packet Radio Service
GSM	: Global System for Mobile
TCP/IP	: Transmission control protocol/Internet protocol
WIFI	: Wireless Fidelity
DVD	: Digital Video Disc.
CD	: Compact Disc.
LCD	: Liquid Crystal Display.
TOR	: Tout ou rien.
IR	: Infra-rouge.
PIR	: Passive Infra-Red.
LED	: Light-Emitting Diode.
LDR	: Light Dependent Resistor.



## TABLE DES FIGURES

Figure 1: Organigramme de l'hôpital de Panzi.....	9
Figure 2 Projecteur LED [41] .....	13
Figure 3 Ampoule à incandescence [43] .....	13
Figure 4 Ampoule LED .....	13
Figure 5 Structure de base d'un capteur.....	20
Figure 7 Architecture d'un réseau de capteur sans -fils [20].....	21
Figure 8 Capteur de présence [24] .....	24
Figure 9 Capteur de courant ACS712 [27] .....	24
Figure 10 Module Wifi NodeMCU ESP8266 [50] .....	25
Figure 11 Module GPRS GSM [29].....	26
Figure 12 Platine d'essai [24].....	26
Figure 13 Câbles Mâle/Femelle [45].....	27
Figure 14 Photorésistance (LDR) [46] .....	27
Figure 15 Télécommande Infrarouge [47].....	27
Figure 16 Carte Arduino [48].....	28
Figure 17 Ecran LCD [49].....	28
Figure 18 Diagramme d'exigence.....	35
Figure 19 Diagramme de cas d'utilisation .....	37
Figure 20 Diagramme de séquence .....	38
Figure 21 Circuit de la gestion des lampes et notification.....	41
Figure 22Circuit de l'affichage de l'énergie consommée.....	41
Figure 23 Sauvegarde d'énergie consommée thingSpeak.....	42
Figure 24Circuit globale .....	42
Figure 25 Prototype du système.....	43
Figure 26 Prototype du système .....	43
Figure 27 Visualisation à de la consommation à 6h25 .....	47
Figure 28 Visualisation à de la consommation à 6h20.....	47
Figure 29 Visualisation du courant à 8h35 .....	47
Figure 30 Visualisation du courant 7h45.....	47

## TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 Statistique des Consommations .....	48
Tableau 2 Estimation du coûts des matériels.....	49

## RESUME

Notre étude porte sur la mise en place d'un système d'éclairage automatisé. Dans les institutions sanitaires congolaises et particulièrement à l'HGRP, le système de gestion de l'éclairage est limité par rapport à l'économie de l'électricité.

Cette étude consiste à mettre en place un système d'éclairage automatisé qui répond aux besoins de l'HGRP. Il permet de gérer l'éclairage des lampes installées dans l'hôpital en vue d'économiser l'électricité mais aussi identifier certaines pannes à distances.

Grâce à une méthode analytique, une technique documentaire et celle d'interview nous avons récolté les données nécessaires à la réalisation de ce travail. En plus, nous avons utilisé de la méthode d'ingénierie système et celle expérimentale pour proposer une solution au problème évoqué.

Ce travail propose un système d'éclairage dont les lampes sont commandées automatiquement par les capteurs de présence. Dans le couloir, des photos résistances détectent la faible intensité de la lumière naturelle pour allumer automatiquement les lampes. Doté d'un module GSM qui notifie le service technique d'une zone non éclairée et/ou une panne, le système prélève également les consommations régulières et cumulées qu'il affiche sur écran LCD et l'envoie en même temps sur la plateforme ThingSpeak via internet pour une visualisation graphique.

Mots clés : éclairage, Internet des Objets, Réseaux des capteurs

## ABSTRACT

Our study focuses on the implementation of an automated lighting system. In Congolese health institutions and particularly at the HGRP, the lighting management system is limited compared to the electricity economy.

This study consists of setting up an automated lighting system that meets the needs of the HGRP. It makes it possible to manage the lighting of the lamps installed in the hospital in order to save electricity but also to identify certain failures remotely.

Thanks to an analytical method, a documentary technique and that of interview we collected the data necessary to carry out this work. In addition, we used the systems engineering method and the experimental one to propose a solution to the problem mentioned.

This work proposes a lighting system whose lamps are automatically controlled by the presence sensors. In the hallway, resistance photos detect the low intensity of natural light to automatically turn on the lamps. Equipped with a GSM module that notifies the technical service of an unlit area and/or a failure, the system also takes the regular and cumulative consumption that it displays on an LCD screen and sends it at the same time to the ThingSpeak platform via the internet for graphic visualization.

**Keywords:** lighting, Internet of Things, Sensor networks

# INTRODUCTION

## 1. Contexte général et concept

La mauvaise consommation de l'électricité liée à l'éclairage dans les hôpitaux est un problème auquel il faudra trouver une solution dans la ville de Bukavu, à l'hôpital général de référence de PANZI en particulier.

L'usage de l'éclairage artificiel étant indispensable dans les milieux sanitaires, cette pratique comporte de nombreux défis à Bukavu. Les chercheurs dans différents domaines devront donc trouver une solution de réduction de ce gaspillage en mettant en place les équipements capables d'effectuer cette tâche.

A cet effet, l'innovation dans la technologie est devenue un facteur capital pour le progrès de l'humanité, grâce aux services que la technologie met à la disposition de la société. L'homme a changé sa façon de vivre, réfléchir, travailler et sa manière d'échanger les informations (la communication) pour se servir de cette technologie. [1]

En raison de cette innovation, il s'observe les équipements embarqués et connectés, afin de permettre à l'homme d'interagir avec le monde extérieur dans différents domaines de la vie.

En effet, il y a plusieurs décennies que l'homme fait usage de l'interrupteur pour allumer une ampoule ou l'éteindre, mais cette technique est révolue depuis que les microsystèmes électromécaniques interactifs et intelligents ont été innovés dans le monde.

Dans les établissements de santé, le numérique trouve un grand succès par l'intégration des automates dans la pratique de soins médicaux, d'où son influence est devenue un enjeu stratégique pour les hôpitaux [2].

L'amélioration de gestion d'éclairage au sein des hôpitaux, apparait comme un besoin capital non seulement pour les spécialistes de santé ou pour les malades mais aussi pour tous les usagers des hôpitaux.

## 2. Problématique

Le système actuel qu'utilise l'hôpital général de de référence de Panzi fournit l'éclairage dans ses différents coins de son infrastructure mais il présente quelques imperfections pour la gestion de la consommation de l'électricité, entre autres :

- Le gaspillage inutile de l'électricité ;
- La manque de possibilité pour identifier à distance si une lampe est en panne ;
- Les hôpitaux étant un milieu à risque potentiel de contamination, l'usage des interrupteurs dans des salles des patients peut provoquer également certaines maladies comme par exemple le coronas virus, l'Ebola, le choléra, ...

Les questions ci-dessous sont émises pour trouver une solution aux imperfections que présentent le système d'éclairage de l'hôpital général de référence de PANZI :

- 1) Comment mettre en place un système d'éclairage automatisé pour réduire le gaspillage d'électricité à l'hôpital général de référence de PANZI ?
- 2) Par quel moyen le système d'éclairage automatisé peut-il permettre d'alerter le service technique au cas où une lampe tombe en panne à l'hôpital général de référence de PANZI ?

### **3. Hypothèse**

L'hypothèse est non seulement une solution provisoire à une question posée, mais aussi elle est une suite logique des suppositions ou des prédictions données sur les problèmes relevés dans une thématique de recherche qui nécessite des tests afin d'affirmer ou infirmer. [3]

Vu les problèmes relevés ci-haut, les hypothèses suivantes sont émises :

- Il serait possible de mettre en place un système d'éclairage automatisé basé sur les capteurs pour réduire la consommation d'électricité.
- La réalisation d'un système automatisé avec une fonctionnalité de déclenchement d'alerte via un téléphone GSM qui indiquerait et identifierait les lampes en panne.

### **4. Délimitation et objectif**

Ce travail a été réalisé au cours de l'année académique 2020-2021 à l'université catholique de Bukavu. Il porte essentiellement sur le bloc de la pédiatrie au sein de l'hôpital de PANZI, qui est pris comme un échantillon d'étude et qui, par la suite pourrait s'étendre sur d'autre blocs de l'hôpital.

### **a. Objectif non fonctionnel**

Proposer à l'hôpital général de référence de PANZI un système d'éclairage automatique pour réduire la consommation de l'énergie.

### **b. Objectifs fonctionnels**

Pour bien vérifier nos hypothèses, et en nous référant aux différentes fonctionnalités liées au système d'éclairage automatisé, ce travail consistera plus précisément à :

- ✓ Réduire la consommation de l'énergie électrique liée à l'éclairage,
- ✓ Alerter le service technique en cas de panne d'une lampe au sein de l'hôpital.
- ✓ L'usage capteurs de présence et de luminosité pour allumer ou éteindre les lampes de l'hôpital.

## **5. Choix et Intérêt**

Cette thématique a été choisie dans l'optique de résoudre le problème de gaspillage de l'électricité par la mise sur pied d'un système d'éclairage automatique dans les établissements sanitaire à travers la technologie de réseau de capteurs.

Sur le plan personnel, ce travail porte son intérêt dans l'enrichissement des connaissances scientifiques dans le domaine de réseaux de capteur et l'internet des objets Connectés.

Pour la société, ce travail vise à donner le goût d'exploiter les innovations technologiques mises à sa disposition et les adapter dans différent domaines de la vie courante.

Du coté scientifique, outre que ce travail soit la mise en pratique des connaissances apprises à l'auditoire, il permettra à d'autre chercheurs désirant approfondir leurs connaissances à ce sujet que nous avons traités, de l'utiliser comme source d'inspiration.

## **6. Méthodologie de recherche**

Une démarche a été suivie pour mener à bon port notre recherche, ce qui nous a permis de nous servir de quelques techniques et méthodes scientifiques.

### **a. Méthode**

Méthode étant définie comme « un cheminement ordonné qui part de l'observation à la discussion des conclusions scientifiques en passant respectivement par un problème de recherche, une question de recherche, une hypothèse, un objectif de recherche et une méthode de solution » [3].

Dans le cadre de ce travail, il convient de préciser que la méthode analytique, expérimentale et Ingénierie système seront d'application tout au long de notre travail.

- La méthode Analytique : cette approche nous sera utile dans notre recherche pour faire l'analyse et la description du système d'éclairage qu'utilise l'hôpital général de PANZI.
- La méthode expérimentale étant une démarche qui consiste à contrôler la validité d'une hypothèse au moyen d'épreuves répétées, elle va nous servir à faire les tests du prototype de notre projet.
- La méthode Ingénierie système (IS) étant une démarche interdisciplinaire qui se focalise sur les exigences fonctionnelles selon les besoins définies par le client pour créer un système vaste que complexe, elle nous sera utile dans la modélisation de notre projet [4].

### **b. Techniques**

Le terme technique de recherches scientifique désigne l'ensemble de procédures que le chercheur utilise pour faire la récolte de données pendant la réalisation d'un travail scientifique.

Dans notre travail nous allons nous servir des techniques ci-dessous :

- La technique documentaire : elle nous sera utile dans ce travail pour la consultation de différents documents déjà traités aux sujets similaires que le nôtre.
- La technique d'interview : elle nous permettra d'écouter les différents cadres de l'hôpital général de référence de PANZI pour savoir les différents avantages et inconvénients qu'offrent le système d'éclairage existant.

## **7. Plan du travail**

Hormis la partie introductive et de la conclusion, notre travail est subdivisé en trois chapitres :

Le premier chapitre porte sur « l'état de lieu et analyse », dans ce chapitre nous allons faire une brève présentation de notre cas d'étude suivi d'une analyse critique du système d'éclairage existant dans le cadre de cette étude.

Le deuxième chapitre intitulé « revue de la littérature et description de l'approche » nous allons y représenter les différents travaux déjà réalisés et similaires au notre, le réseau de capteurs, ainsi que la justification de l'approche méthodologique.

Le troisième qui est le dernier chapitre de notre travail nommé « application de la méthodologie et représentation des résultats avec analyse » dans ce chapitre nous allons faire la présentation de nos résultats.



# Chapitre I. ÉTAT DES LIEUX ET ANALYSE

## 1.1. Introduction

Dans ce chapitre, il sera question de faire une brève historique sur l'hôpital général de référence de PANZI et faire une étude sur le système d'éclairage existant au sein de ce dernier, dans le but de relever les points forts et les points faibles du système. Cela sera suivi d'une proposition de solution aux problèmes identifiés.

## 1.2. Présentation du cadre d'étude

### 1.2.1 Localisation géographique

L'Hôpital général de référence de PANZI est localisé dans l'Avenue Mushununu du Quartier Panzi, Commune d'Ibanda, ville de Bukavu, dans la Province du Sud-Kivu, en république démocratique du Congo. Avec comme limites :

- Au Nord par l'Avenue Kazaroho ;
- Au Sud par le Camp militaire et l'Usine de Tolinki ;
- A L'Est par la Rivière Ruzizi ;
- A L'Ouest par la Cellule Mulengeza.

### 1.2.2 Historique de l'hôpital général de la référence de Panzi

L'hôpital général de référence de PANZI fut créé en 1999 après la guerre de 1996 qui avait anéanti violemment L'hôpital de LEMERA. Cela fera 20 ans que l'Hôpital de Panzi est devenu un foyer d'attraction tant sociale, humanitaire que scientifique. Ce qui fut une brousse peu connue et insécurisée. Vers la fin du 20<sup>ième</sup> siècle. Elle a été transformée en cité populaire connue dans le monde entier grâce à la force transformatrice d'un homme, **Dr. Denis MUKWEGE**. Cela est fait grâce à la magie d'un homme qui a placé le travail, l'excellence et l'amour du prochain au centre de sa vie. Le professeur Denis MUKWEGE a pu ériger en monument, la pierre rejetée de tous ; d'où son dicton « avec ce prix Nobel de paix, j'appelle le monde à être témoin et je vous exhorte à vous joindre à nous pour mettre fin à cette souffrance qui fait à notre humanité commune ».

L'HGRP a une vision d'être un hôpital de formation, de compétition et un certain d'excellence favorisant la santé pour tous. Il a aussi une mission, celle d'assurer des soins holistiques à travers des services de santé améliorés, par la sensibilisation communautaire et le plaidoyer.

L'Hôpital de Panzi est plus connu par son expertise dans les traitements de pathologies gynécologiques, en particulier les troubles de la reproduction et blessures dues aux violences sexuelles ainsi que le traitement holistique des survivantes à travers quatre piliers :

- Médical
- Soutien psychologique
- Accompagnement légal
- Réinsertion socio-économique.

L'hôpital général de référence de Panzi à vocation d'être l'hôpital d'entrepreneuriat, concurrentiel et de finesse avec l'ambition finale est d'atteindre à des soins de qualité pour tout un chacun.

- **Structuration de l'hôpital général de référence de Panzi**

L'hôpital Général de Référence de Panzi fonctionne sous l'égide de la 8<sup>eme</sup> CEPAC, d'où il œuvre dans son département des biens médicaux et comprenant un comité de gestion et une direction qui chapotent les principaux départements à savoir : (i) le staff médical ; (ii) le service d'administration ; (iii) finance.

**A. Le staff médical comprend :**

- Les services médicaux composés par les départements :

**Départements de médecine interne :**

- Service des urgences,
- Service de rhumatologie,
- Service de dermatologie,
- Service d'infectiologie,
- Service de psychiatrie,
- Service de dialyse,
- Et celui de cardiologie.

**Département de chirurgie :**

- Service d'orthopédie,

- Service de chirurgie générale,
- Service d'ophtalmologie,
- Service de dentisterie,
- Service d'urologie,
- Service neurologie,
- Enfin le service de réanimation.

Département pédiatrique :

- Service d'urgence pédiatrique,
- Service de pédiatrie générale,
- Service de gynéco-obstétrique,
- Service des consultations externes,
- Pour finir le service des soins intensifs.

Département de gynécologie :

- Service de gynéco-obstétrique,
- Service de gynéco-générale,
- Et le service de planning familial.

#### **B. Le service paraclinique :**

- Service de pharmacie,
- Service de laboratoire,
- Service d'imagerie médicale,
- Service radiologie,
- En fin le service d'endoscopie.

#### **C. Le département Administratif et Finance**

S'occupe de la partie administrative, financière, juridique et des ressources humaines de l'Hôpital Général de Référence de Panzi.

Nous pouvons aussi y ajouter le département des services généraux/techniques qui prend sous son aile ; la logistique, le parc automobile, l'assainissement et le service technique.

## Organigramme HGR Panzi

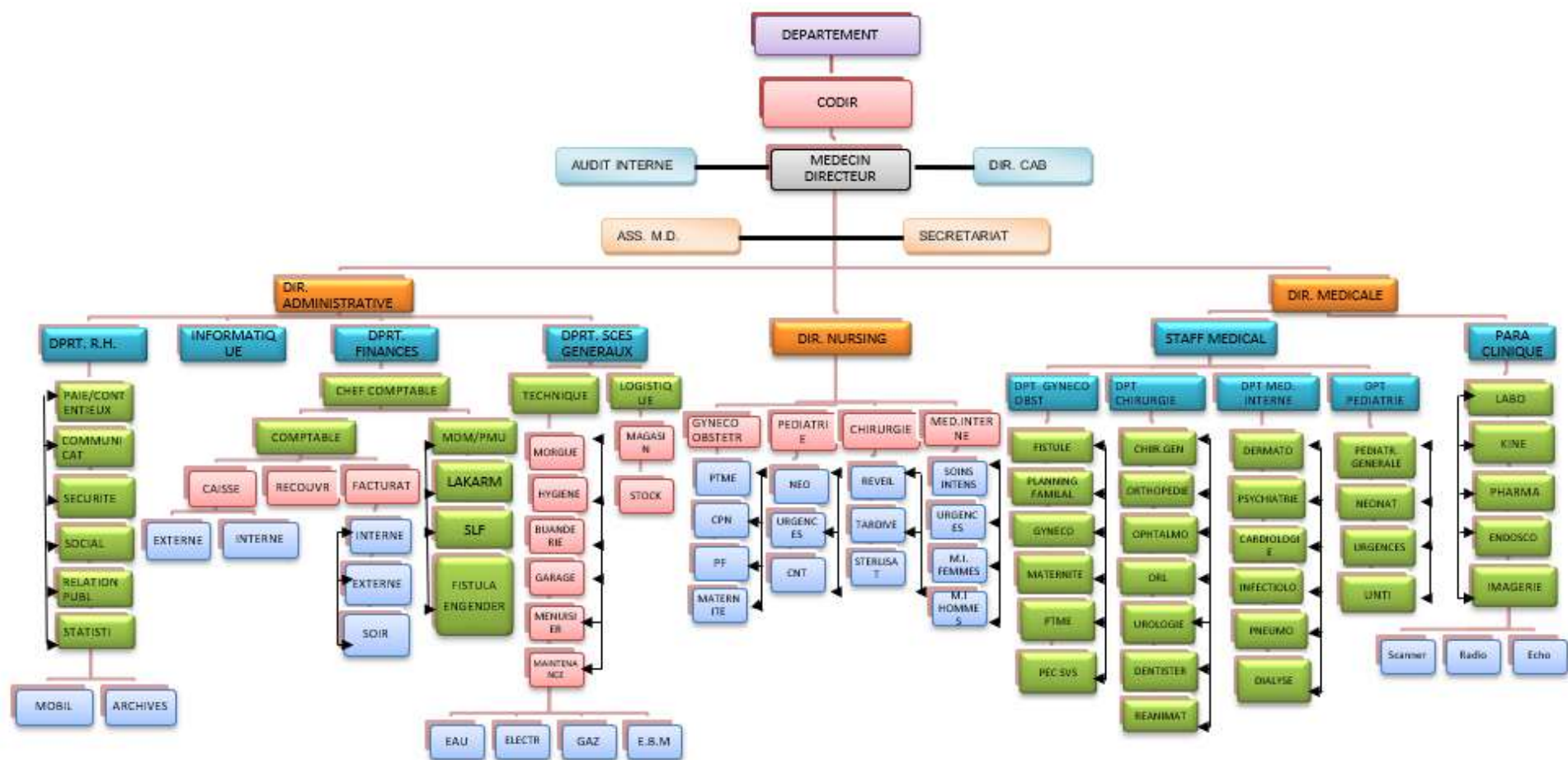


Figure 1: Organigramme de l'hôpital de Panzi

La figure 1, donne une représentation hiérarchique de différents services existant à l'hôpital de PANZI que nous décrivons de la manière suivante :

### **1.2.3. DESCRIPTIONS DE QUELQUES SERVICES**

- **La pédiatrie**

Elle s'occupe des problèmes de santé des nouveau-nés, des enfants et des adolescents jusqu'à leur croissance et contribuer au maintien de la santé, coordonner et assurer la formation post graduée des médecins pédiatres. Il renferme différentes activités entre autres :

- La prise en charge toutes les pathologies de l'enfant ;
- Organisation en plusieurs unités et propositions des différentes consultations et programmes spécialisés ;
- Soins intensifs pédiatriques ;
- Néonatalogie ;
- Infectiologie pédiatrique ;
- Immuno-vaccinologie pédiatrique ;
- Centre nutritionnel thérapeutique CNT.

#### **Le département de chirurgie**

Il assure la prise en charge des patients avec assurance de base, comme de ceux qui ont une assurance complémentaire ou privée et constitué de :

- Service de chirurgie générale ;
- Service de neurochirurgie ;
- Service de chirurgie orthopédique et traumatologie de l'appareil locomoteur ;
- Service de chirurgie viscérale ;
- Service d'urologie.

Bien que les services du département fonctionnent de façon autonome, du point de vue médical et en termes de soins aux patients, ils sont fonctionnellement et structurellement liés entre eux par les éléments suivants :

- Enseignement pré- et post gradué ;
- Formation des médecins internes, plans de carrière ;
- Activités académiques de recherche ;
- L'utilisation des blocs opératoires en commun ;
- La Prise en charge des urgences chirurgicales ;
- La Chirurgie humanitaire ;
- Budget commun départemental.

Ce département est un centre d'excellence dans plusieurs domaines de spécialités chirurgicales, non seulement au niveau du Kivu, mais également national. Il est aussi l'accueille chaque année des dizaines de visiteurs extérieurs venant faire un stage de perfectionnement ou des séminaires de formation ou des missions de chirurgie humanitaires internationales.

- **L'Urgences**

Il accueille, stabilise et orienter les patients dans un délais aux traitements ; il assure l'adaptation de la communication aux dimensions psycho-sociales des patients, coopère avec les partenaires internes et externes, assure la promotion du respect et la collégialité entre les collaborateurs et dispose des moyens nécessaires d'optimiser l'allocation des ressources et du personnel hospitalier.

- **Les soins intensifs**

Prendre en charge les patients au cours d'engés de traitements, assure les investigations, la surveillance des patients lorsque les investigations ou le traitement peuvent induire des complications, assure d'intervention en cas de besoin en situations de réanimation dans les différents services et participe aux interventions urgentes préhospitalières et hospitalières des patients.

- **Anesthésie et réanimation**

Assurer le confort et la sécurité des patients au cours d'actes de chirurgicaux, assure la collaboration avec les équipes opératoires, prend soins des conséquences psycho-physiologiques, Participe aux traitements de la douleur dès la sortie de la salle de réveil, Participer à la prise en charge des

douleurs chroniques en offrant les prestations d'antalgie interventionnelle en collaboration avec les autres équipes médicales, Contribuant aux innovations en anesthésiologie.

- **Médecine interne**

Prendre en charge les patients adultes présentant un problème ou une affection en lien avec la médecine interne sur les plans diagnostiques et thérapeutiques, offre les patients souffrant d'un problème ou d'affections nécessitant une prise en charge spécialisée.

### **1.3. ANALYSE DE L'EXISTANT**

L'étude de l'existant, étant la phase du travail qui permet d'analyser et de décrire le système actuel d'un cadre d'étude pour en définir les forces et les faiblesses. Pour notre cas, il sera question d'effectuer la description précise de l'existant en énumérant les principaux équipements utilisés.

#### **1.3.1. Descriptions du système d'éclairage**

En faisant la visite dans les locaux et les couloirs du bloc pédiatrie, nous avons constaté que les lampes éclairent l'entièreté des zones dans lesquelles elles sont placées.

Il est observé également que l'énergie qui est utilisée provient soit des panneaux solaires, soit du courant alternatif avec deux infrastructures d'installations différentes.

L'infrastructure du courant alternatif : il est utilisé pour le courant qui provient de la SNEL ou le courant fourni par les générateurs qui prennent la relève en cas de coupure du courant électrique. Elles alimentent toutes les ampoules, les projecteurs pour éclairer l'hôpital, ainsi les différentes machines utilisées dans différents services de l'hôpital.

Généralement les ampoules incandescentes de 75 Walt et les Ampoules LED 35 Walt sont utilisées au sein de l'hôpital pour éclairer les différentes zones.



Figure 3 Ampoule à incandescence [43]



Figure 2 Projecteur LED [41]



Figure 4 Ampoule LED

L'infrastructure du courant continue : il utilise l'énergie produite par les panneaux solaires, généralement cette énergie n'alimente que les lampes pour produire de l'éclairage au cas où le courant n'est pas disponible. Elle possède les ampoules LED, ils sont généralement de 9 Watt dans des salles et les projecteurs LED de 30W dans les couloirs et sur les différentes parties des murs.

Pour commander les ampoules l'HGRP fait usage des interrupteurs pour l'allumage et l'extinction des ampoules dans les salles ou dans des couloirs.



Figure 1 Interrupteur simple [5]



Figure 2 Interrupteur automatique crépusculaire [42]



### 1.3.2. CRITIQUE DE L'EXISTANT

#### a. Aspects négatifs

Après l'analyse effectuée sur le système d'éclairage dans le bloc Pédiatrie nous avons trouvé que le système d'éclairage qu'utilise l'HGRP gaspille inutilement d'électricité suite à l'inattention d'éteindre les lampes. L'allumage est fait manuellement par conséquent les lampes restent allumées dans différents couloirs et locaux de l'hôpital au moment où il y'a lumière naturelle.

Les ampoules utilisent les interrupteurs crépusculaires qui restent allumées pendant toute la nuit avec une grande intensité même si les couloirs sont inoccupés.

Ce système classique ne permet pas d'identifier à distance les zones dans lesquelles les lampes tombent en panne pour une intervention rapide.

L'usage des interrupteurs ne garantit pas la sécurité des bénéficiaires de l'éclairage car ils sont utilisés par tous les individus qui sont dans la salle et ceux-là qui sont de passage. Cette pratique peut entraîner la contamination de maladies contagieuses.

#### b. Avantages

Malgré les imperfections techniques de cette infrastructure, elle présente les avantages suivants :

- Le système est simple et peu coûteux,
- Il ne demande aucune connaissance en informatique pour être mis en application.

#### c. Proposition de la solution

Tenant compte des imperfections soulignées ci-haut pour le système d'éclairage de l'HGRP, nous suggérons la mise en place d'un système d'éclairage qui permettrait de résoudre quelques problèmes parmi lesquels la réduction de consommation d'énergie, l'identification à distance d'une lampe en panne avec comme fonctionnalité :

- Un allumage des lampes automatique et temps réels au cas où la présence d'un individu est signalée dans une salle.
- L'allumage automatique de lampe en cas d'obscurité,
- Faire une réduction automatique de la l'intensité de la lumière s'il y a aucun individu présent dans une zone éclairée.

- Un système doté d'un déclencheur d'alerte automatique via un terminal GSM s'il y a une lampe qui ne s'allume pas.

## **1.6. Conclusion sur état des lieux et analyse**

A l'issue de ce chapitre nous avons fait dans un premier temps, une présentation et une description des différents départements qu'organise l'HGRP dans lequel nous avons mené notre étude. Il s'en est suivi d'une analyse critique sur le système d'éclairage existant en énumérant les différents points forts et faibles de ce dernier. Enfin, nous avons proposé des pistes de solution pour remédier aux défis que présentent le système existant. Partant de l'analyse faite, nous avons trouvé que le système d'éclairage automatisé favoriserait l'économie d'électricité dans de l'HGR de PANZI.

## Chapitre 2. REVUE DE LA LITTÉRATURE ET DESCRIPTION DE L'APPROCHE

### 2.1. Introduction

Ce chapitre présente différents travaux qui ont trait à notre thématique, afin de donner les résultats qui existent déjà sur cette thématique et d'en déterminer son originalité.

Il s'agira également d'aborder en détail les différents matériels qui sont pris en compte dans un réseaux des capteurs pour mettre en place un système d'éclairage intelligent mais également les différents systèmes d'éclairage et leurs champs d'application. En effet, l'éclairage intelligent est un système géré par les différents composants électroniques pour permettre d'éclairer automatiquement un environnement obscur, cela est fait sur d'énergie provenant d'une source continue ou alternative.

### 2.2. Revue de la littérature

La revue de la littérature est la partie d'un travail scientifique qui prend en compte les différents travaux précédemment traités sur le même problème et prouve l'originalité du sujet par rapport aux travaux précédents consultés par le chercheur traitant des sujets similaires [6].

#### 2.2.1. Revue Empirique (Etude des quelques cas)

Vu que nous ne sommes pas les premiers à travailler sur un sujet portant sur le système d'éclairage automatisé, nous avons consulté quelques travaux qui ont traité sur des thèmes similaires au système d'éclairage automatisé pour nous permettre de mieux préciser l'originalité de notre travail et s'inspirer de la manière dont les auteurs ont conduit leurs études ; il s'agit des travaux suivants :

**IRENGE MURHANDIKIRE Christian** [7], dans son Travail de fin d'étude à l'Université Catholique de Bukavu intitulé **Etude et mise en place d'un campus intelligent à base d'internet des objets**, il conçoit un système d'éclairage dans un campus universitaire ainsi qu'un suivie à temps réel de données de son système sur base de l'internet des objets.

Son étude porte l'intérêt de transformer l'éclairage existant disponible dans un campus en éclairage intelligent en utilisant la technologie de l'internet des objets. Cette transformation étant prise comme un élan pour la création ou la rénovation d'un campus intelligent dans le but d'optimiser,

contrôler et faciliter tous les accès y afférentes. Mais aussi améliorer le confort pour les utilisateurs des campus tout en économisant une part importante du coût de la consommation d'énergie électrique gaspillé suite à un contrôle inefficace d'éclairage

Ayant utilisé les méthodes analytique et expérimentale, le résultat a consisté en un système physique sur base du microcontrôleur d'Arduino UNO qui vas permettre de contrôler tous les processus grâce à des capteurs de lumière, température, de présence ou d'absence, afin de réaliser des actions comme allumer ou éteindre une lampe, allumer les ventilateurs.

Il entrevoit donc, pour perspectives, de Contrôler l'énergie électrique généralisé mais aussi proposer les services de maintenance sans toucher les câbles du réseau électrique.

**Mohamed Hassan DOUKSIEH** [8], dans son travail de mémoire à l'école Nationale d'Électronique et des Télécommunications de l'université de Sfax portant sur **Conception et Réalisation d'un Système de Gestion d'Éclairage public**, ayant comme problématique de la réduction des dépenses dans le domaine de l'éclairage public dans des villes et des collectivités, avec comme hypothèse de mettre en place une application web pour superviser à distance l'ensemble d'éclairage public. C'est ainsi qu'il avait utilisé la méthode UP pour faire la modélisation de son système et ayant produit comme résultat une application Web dynamique qui donne la cartographie de tous les sites du réseau d'éclairages de la ville pour permettre de faire la localisation et la suivie de l'ensemble de points lumineux du réseau d'éclairage publique, permettant de fournir les informations de consommation pour chaque lampe en temps réel sur l'ordinateur par un administrateur. Son travail a comme limite

Dans la suite de son travail, il perçoit d'intégrer une caméra de surveillance à base de Raspberry sur le réseau d'éclairage publique. En proposant également d'exploiter les énergies renouvelables pour mieux économiser la consommation d'énergie. Une interface de visualisation sous une version Android grâce aux nouvelles technologies récentes notamment les smartphones et les tablettes enrichiront aussi le projet pour une meilleure supervision et un confort d'utilisation.

Paradoxalement aux travaux réalisés par nos prédécesseurs cités ci-haut, et dans un esprit d'innovation, nous avons choisi de mener notre étude sur le système d'éclairage automatisé en proposant un système tout aussi complexe mais doté d'une alerte d'identification des lampes en via un téléphone mobile en utilisant le service de communication GSM.

### 2.2.2. Revue de la littérature sur l'internet des objets

Internet des objets est l'interconnexion des équipements physiques qui sont mis en réseau au moyen de l'internet. [9] Vu l'évolution de la technologie, actuellement l'internet des objets présente des nombreuses caractéristiques avancées aux équipements électroniques dont : (i) Plusieurs appareils électroniques sont conçus pour favoriser la communication entre eux au moyen de capteurs et de la connectivité Internet ; (ii) Les capteurs sont perfectionnés davantage ; (iii) La connexion est établie de façon invisible entre différents objets et les appareils pour échanger les informations ; (iv) L'utilisation de cloud computing par les organisations pour emmagasiner ses informations.

#### a) Objet connecté

Par définition un objet connecté est « un matériel, disposant de composants électroniques lui permettant de communiquer des informations vers un autre objet, un serveur informatique, un ordinateur, une tablette ou un smartphone, en utilisant une liaison sans fil vers un réseau dédié (le plus souvent Internet) » [10].

Les objets connectés sont dotés d'une intelligence obtenue grâce au logiciel qui est intégré dans les capteurs pour le donner la capacité de recevoir, de traiter ou transmettre des données. [11] Cette intelligence leurs permet d'interagir aux tâches destinées d'une manière autonome sans intervention d'un être humain.

L'objet connecté a trois éléments clés : (i) Les information produite ou reçues, stockées ou transmises ; (ii) Les algorithmes de traitement de données ; (iii) L'environnement dans lequel il va réagir et s'intégrer.

#### b) Type d'Object connecté

De nos jours, les objets connectés ou objets intelligents peuvent être classés en trois types selon leurs usages [12] : (i) Les objets connectés directement à l'internet, Le type d'objets connectés directe à l'internet ; (ii) Le Machine to Machine (M2M), Où la communication est faite entre machines en utilisant la technologie Bluetooth, RFID, NFC, wifi ou 3/4G pour accéder au système ; (iii) Les terminaux communicants (Tablettes, les smartphones, les ordinateurs portables ou encore les lunettes connectées), qui sont utilisés pour faire le partage de données mais également l'émission et la réception du signal.

### 2.2.3. Revue de la littérature sur le capteur

#### a) Définition

Un capteur est défini comme un équipement capable de détecter automatiquement les informations à partir d'une grandeur physique à l'entrée et le convertir en une autre grandeur électrique à la sortie [13].

Deux ou plusieurs capteurs peuvent échanger les informations entre eux pour former un réseau dit « réseau de capteurs ». C'est un ensemble de nœuds, qui sont des capteurs interconnectés capables de recueillir et de transmettre des informations d'une manière autonome par un réseau de communication. [14]

L'évolution de la technologie de capteurs dans le sans-fil a permis la réduction de coût et d'énergie dans la réalisation de plusieurs systèmes [15].

#### b) Structure d'un capteur

Généralement le capteur est composé de quatre unités de base [16] :

- La zone sensible ou l'unité d'acquisition : Elle a comme rôle de faire la transformation des signaux analogiques capté dans la zone de détection, en un signal numérique qui sera compréhensif par l'unité de traitement.
- L'unité de traitement : Comme son nom l'indique, il se charge d'effectuer les traitements des données captés pour convertir la grandeur physique à mesurer en une grandeur électrique. Il s'occupe également d'exécuter les protocoles de communication pour coopérer les nœud dans les réseaux [16].
- L'unité de transmission : Elle effectue toutes les émissions et réceptions des informations par la partie radio et ante sans fil du capteur.
- Unités de control d'énergie : Elle comporte une petite batterie qui alimente les composants du capteur en ressource d'énergie

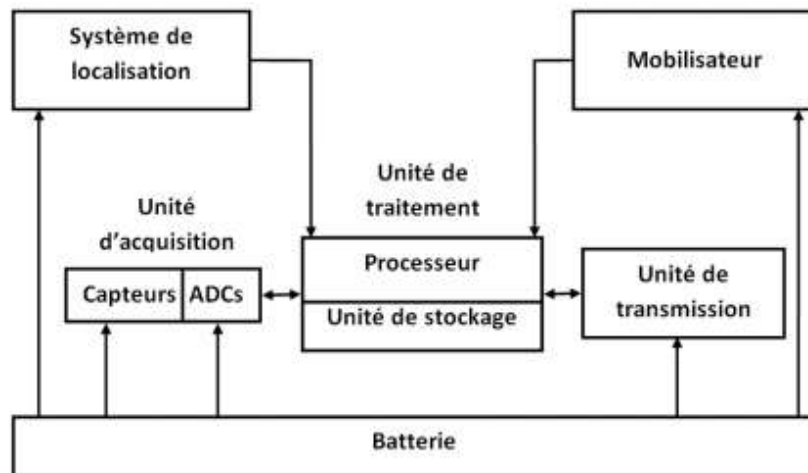


Figure 5 Structure de base d'un capteur

### c) Système d'exploitation d'un capteur sans fil

Les capteurs sont dotés d'un système d'exploitation embarqué bien particulier qui leur permet d'optimiser l'usage des ressources de différents composants afin de réaliser ses fonctions principales qui sont de capter les données, les traiter et les transmettre [17].

Il existe plusieurs systèmes d'exploitation pour les capteurs mais les plus connus sont Contiki et TinyOS.

- **TinyOS**

TinyOS est un système conçu par l'université américaine appelé BERKELEY, TinyOS étant un système open source il donne la possibilité à ses utilisateurs de l'enrichir régulièrement avec plusieurs fonctionnalités. [18]

- **Contiki**

Contiki est un système d'exploitation portable, open source et multitâche dédiée aux équipements embarqués dédiée comme les réseaux de capteurs sans fils. Il fut développé en suède par un groupe de travail dans les systèmes d'exploitation des équipements embarqué à l'institut des sciences informatique suédois dans l'année 2004 [19]. Contiki supporte plusieurs plateformes, et contiens

un environnement de développement des applications simplifié, appelé Instant Contiki. Ce dernier possède les codes sources nécessaires pour développer une application.

#### d) Architecture d'un réseau sans fil de capteur

Dans les réseaux de capteurs sans fils, les données sont collectées par les capteurs qui couvrent la zone de détection, les données collectées sont acheminées vers le point de collecte appelé nœud Puits. Le Nœud puits à son tour dirige les données collectées via internet pour le centre de traitement ou gestionnaire de tâches [20].

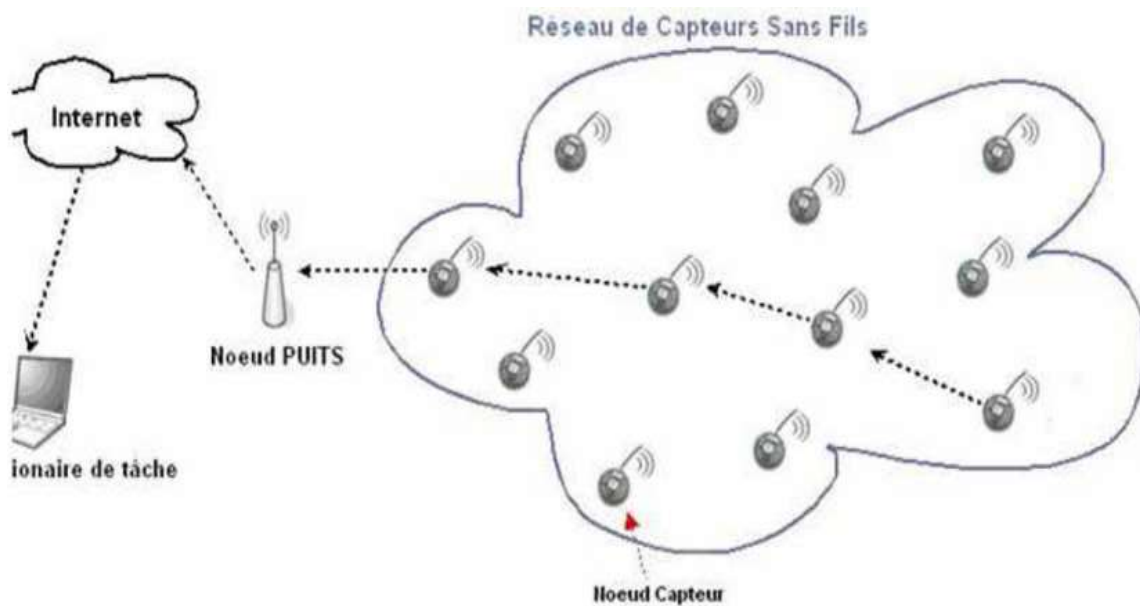


Figure 6 Architecture d'un réseau de capteur sans-fils [20]

#### e) Domaines d'application des réseaux de capteurs

La technologie de réseau de capteur grâce à ses multitudes particularités comme miniaturisation, faible coût dans son implantation, la communication sans fils, son adaptabilité,... Avec les avantages précités, les capteurs interviennent aujourd'hui dans plusieurs domaines de la vie comme l'industrie, la domotique (smart home) la sécurité, le domaine médical, le domaine militaire. Cependant, pour notre cas, il est appliqué dans la domotique : maisons intelligentes pour l'éclairage.



#### 2.2.4. Revue de la littérature sur le système d'éclairage

Un système d'éclairage est défini comme l'ensemble des techniques que l'homme met en œuvre pour donner une luminosité pour nécessaire pour voir, percevoir et s'orienter dans un espace. [21]  
La lumière est produite par les différentes source qui peut naturel ou artificiel.

##### a. Type d'éclairage

La lumière dans un environnement étant le résultat de système d'éclairage, il est nécessaire de savoir le diffèrent type d'éclairage qui existe.

- Éclairage direct

C'est un type d'éclairage auquel la source lumineuse est fixée sur un plafond pour éclairer la cible ver le bas. C'est à dire est que la lumière est dirigée directement sur l'objet sans qu'elle soit interrompue par un obstacle. [22] C'est l'un de type d'éclairage efficace car il donne une lumière franche sans perte.

- Éclairage indirect

La lampe qui éclair l'environnement est réfléchis sur un espace clair comme le plafond, le mur ou le sol pour refléter la lumière et le renvoi à son tours une lumière atténue sur la cible. L'éclairage indirecte crée une lumière diffusée douce dans une pièce. [22]

- Éclairage d'ambiance

L'éclairage d'ambiance donne un climat qui est soit festive, théâtrale, intime, raffinée, cosy, contemporaine ou encore studieuse. La puissance des lampes et de la lumière, il y'a les variateurs qui sont utilisé pour moduler le flux lumineux afin de créer une atmosphère sur mesure en fonction de ses humeurs et de ses envies. [23]

- Éclairage directionnel

C'est un éclairage qui intervient dans un but précis pour des effets décoratifs, il est généralement utilisé pour mettre un élément en valeur, le flux lumineux est concentré. L'éclairage directionnel permet de créer des atmosphères lumineuses avec de forts contrastes entre les zones éclairées et les zones ombragées et insuffle ainsi une ambiance particulière. [22]

- Éclairage fonctionnel

L'éclairage fonctionnel a pour rôle d'améliorer le confort et la sécurité d'un appartement car il répond à la lumière nécessaire pour les activités domestique comme la cuisine, travaille, bricolage etc. [22] De préférence pour un environnement donnée la lumière affectée est la moyenne de puissance de lampes, mais également il est nécessaire de choisir une lumière de choisir des lampes approprier pour une activité.

#### **b. Source d'éclairage**

En général la lumière est produite de deux manière pour citer notamment :

- La source d'éclairage naturelle : c'est éclairage qui produit par le soleil et les autres astres lumineux pour éclairer la terre.
- La source d'éclairage artificielle : Elle regroupe l'ensembles des objets qui sont en mesure de produire la lumière dans un environnement donnée. Il y a plusieurs matériels qui sont utilisé pour produire la lumière artificiel parmi eux nous citons : les lampes, les tubes, module LED, le Système optique d'un luminaire (réflecteur, grille, diffuseur...).

### **2.3. Outils de travail**

Pendant la réalisation ce travail, nous avons fait recours à plusieurs outils matériels et logiciels parmi lesquels nous citons :

#### **2.3.1 Outils matériels**

- **Le capteur de mouvement ou PIR HC-SR501**

Le capteur PIR (**P**assive **I**nfra**R**ed sensor) HC-SR501 est un capteur qui projette les rayonnements infrarouges dans une zone pour déterminer s'il y a la présence d'un individu dans la zone pour déclencher une action. [24] Le capteur PIR une fois connecté, il a un délai de réponse qui est entre 2 et 4 s pour déclencher une action, il est alimenté par une tension électrique de 5-16V, avec une portée de 7m et un cône de détection de 120° [24].

Le capteur de PIR va nous servir à détecter la présence d'un individu dans une zone pour commander l'allumage des lampes qui sont dans sa zone de couverture ou les éteindre dans le cas contraire.



Figure 7 Capteur de présence [24]

- **Le capteur de courant ACS712**

Capteur de courant ACS712 est un capteur qui permet de mesurer un courant de -20 A à +20 A qui passe dans un câble électrique. C'est un capteur raccordable sur l'enté analogique du microcontrôleur type Arduino. Il est caractérisé par une alimentation de 5Vcc [24].

Le capteur de courant va servir dans le mesurage du courant consommé par le système qui sera affiché à l'écran LCD.



Figure 8 Capteur de courant ACS712 [27]

- **Module NodeMCU ESP8266**

Le nodeMCU est une carte WIFI émetteur et récepteur qui permet de connecter un microcontrôleur facilement à l'extérieur via Wifi pour établir une connexion TCP/IP [25].

Il est caractérisé par les éléments suivant : Processeur ESP8266 à 80 MHz (3,3 V) (ESP-12E), mémoire FLASH de 4Mo, Bouton RESET, Entrée d'alimentation, Wi-Fi 802.11, Un régulateur

intégré 3.3 V (500 mA), Un convertisseur USB-Série, Fonction de réinitialisation automatique, 9 Broches GPIO avec I2C et SPI ; Une entrée analogique (1,0 V max).

Nous allons nous en servir pour connecter notre système sur internet dans le but de chaque quantité du courant consommé sur la plateforme ThingSpeak.



*Figure 9 Module Wifi NodeMCU ESP8266 [50]*

- **Le module GPRS GSM**

Le sigle GSPRS/GSM est un modem muni d'une carte SIM qui prend en charge un réseau disponible pour effectuer la transmission des messages sms ou des appels vocaux à distance et peut également répondre à des appels téléphoniques si on l'ajoute un casque et un microphone pour transmettre et recevoir les données GPRS [26].

Le module GSM possède des entrées qui sont analogiques et autres qui sont digitales ou numériques avec une sortie. Les entrées analogiques sont prévues pour être branchées aux équipements analogiques de mesure qui sont programmables à un seuil minimum et maximum quant aux entrées numériques on y branche les détecteurs parmi lesquels nous trouvons : détecteur de fumée, Gaz, Intrusion, contact de porte, présence, Hygrométrie, Etc. Les sorties du module destinées à envoyer des sms codés au module GSM, avec un relais de puissance qui est activé pour commander les équipements du système [26].

Dans ce travail, le module GSM va nous servir à émettre à distance le message qui identifie la lampe qui n'est pas opérationnelle dans le système en cas de besoin.



Figure 10 Module GPRS GSM [29]

- **Platine d'essai**

Le platine d'essai ou breadboard est un dispositif sur lesquels on peut monter un circuit électronique sans souder les composants pour de réaliser le prototype et de le tester [24]. Ce sur c'est dispositif que nous allons monter notre système.



Figure 11 Platine d'essai [24]

- **Les câbles Mâle/Femelle de 10cm**

Ces câbles seront utilisés pour interconnectés les différents matériels avec la carte Arduino sur la breadboard.



Figure 12 Câbles Mâle/Femelle [45]

- **La photorésistance (LDR)**

La photorésistance désigne les composants électroniques dont les valeurs leurs résistances varient en selon de la lumière perçue. Elle est généralement utilisée pour mesurer l'intensité lumineuse dans un système électronique [24].



Figure 13 Photorésistance (LDR) [46]

- **Télécommande Infrarouge**

La télécommande est un dispositif qui permet d'activer l'émetteur-récepteur sans fil sous tension [27]. Elle va nous servir pour éteindre une lampe quand on est déjà à l'intérieur de la salle.



Figure 14 Télécommande Infrarouge [47]

- **La carte Arduino**

La carte Arduino est mini carte électronique programmable ayant un microcontrôleur qui permet à un capteur de commander un actionneur en fonction de l'évènement perçu dans son environnement.

La carte Arduino est caractérisée par les éléments ci-après : Une prise d'alimentation via port USB de 7 à 12 V, Un microprocesseur ATmega328, Un mémoire flash de 32 kb ,Un mémoire SRAM de 2 kb, Un mémoire EEPROM de 1 Kb, Les interfaces sont : 14 broches d'entrée et sortie de 6

PWM, 6 entrées analogiques de 10 bits, Bus série, I2C et SPI, Intensité par entrée et sortie de 40 mA, Une gestion des interruptions et Une fiche USB.

Une dimension de 74 x 53 x 15 mm La carte Arduino va nous permettre dans la programmation de nos capteurs pour commandé les actionneurs.



*Figure 15 Carte Arduino [48]*

- **L'écran LCD**

Un écran LCD (liquid crystal display) est un composant électronique à cristaux liquides ayant une interface visuelle qui affiche certaines informations du système pour être exploité par l'utilisateur [28]. Nous allons utiliser l'écran LCD (liquid crystal display) pour afficher la quantité du courant utilisable par le système.



*Figure 16 Ecran LCD [49]*

### 2.3.2 Outils logiciels

- **Arduino EDI**

L'IDE Arduino est un environnement Open Source et gratuit dans lequel le programmeur écrit les codes en C ou C++ et qui les compile pour programmer le microcontrôleur de la carte Arduino [29]. L'environnement Arduino permet au programmeur de communiquer avec les composants du système pour les commandes. Il va nous servir dans la programmation de nos matériels pour la réalisation du prototype.

- **Fritzing**

Fritzing est un logiciel qui permet de faire la conception et la représentation graphique d'un circuit imprimé [30]. Dans un projet électronique, il représente trois principales étapes : (i) La platine d'essai qui désigne la représentation du montage dans la vie réelle, tous les matériels sont représentés tels qu'ils sont dans la réalité ; (ii) La vue schématique, elle donne la représentation du schéma fonctionnel du circuit ; (iii) Le circuit imprimé qui est une représentation imprimable d'un circuit tel qu'il sera sorti en PDF pour être imprimé [30].

Le logiciel Fritzing nous sera utile dans la représentation de réalisation du circuit qui sera utilisé pour le montage.

- **ThingSpeak**

ThingSpeak est une plateforme open source d'analyse d'internet des objets qui permet de stocker, de collecter, de faire l'analyse et la visualisation instantanée de flux des données dans le cloud. Les données transmises sur la plateforme proviennent des objets connectés sur internet en utilisant le protocole de communication Http en passant par internet ou par un réseau local [31].

- **Astah SysML**

Astah SysML est un langage de modélisation graphique à usage général qui permet de spécifier, analyser, concevoir et vérifier des systèmes complexes pouvant inclure du matériel, des logiciels, des informations, du personnel, des procédures et des installations. Astah SysML étant un outil de modélisation qui permet de dessiner rapidement des diagrammes SysML [32].



Dans ce travail, nous allons utiliser la dernière version V1.5 de Astah SysML pour faire la modélisation du système avec le langage SYSML.

## **2.4. Description et justification de l'approche**

Comme nous l'avons indiqué dans la partie introductive de ce travail, ce dernier sera achevé en suivant la Méthode Analytique, Expérimentale et Ingénierie système.

### **2.4.1. La méthode analytique**

La méthode analytique est définie comme un moyen d'exprimer d'une manière détaillée un besoin bien présenté, on peut aussi dire que c'est une méthode fait la description de toutes les informations du système. [33]

Pour le cas de notre travail, le choix de la méthode analytique n'est pas fait au hasard, il se justifie par l'étude détaillé que nous avons fait sur système d'éclairage sur le système existant au sein de l'hôpital de PANZI.

### **2.4.2. La méthode expérimentale**

La méthode expérimentale étant une démarche qui consiste à faire des tests et validation des hypothèses par des expériences répétitives pour avoir les résultats pour affirmer ou infirmer l'hypothèse d'un sujet de travail. [34]

L'usage de la méthode expérimentale est fait en respectant les phases ci-après :

- L'observation
- L'émission des questions et hypothèse
- Les tests des résultats

Le choix de la méthode expérimentale pour notre travail consiste à faire, à réaliser un prototype du système travail et faire des tests possibles pour s'assurer des résultats de son fonctionnement.

### **2.4.3. La méthode Ingénierie Système (IS)**

La méthode ingénierie système est une démarche interdisciplinaire qui permet de concevoir les systèmes complexes en portant une attention particulière sur ses fonctionnalités qui doit répondre aux besoins telle qu'exprimer par le client [4].

Les démarches de réalisation d'un système avec la méthode de l'ingénierie système est basé sur cinq phases à savoir : (i) La phase de l'analyse des besoins qui a comme objectif principal de définir les besoins principaux du système en fonction de la demande du client. (ii) La phase de spécification et conception du système, elle permet au concepteur du système de définir les exigences que le système doit avoir en fonction de la demande du client, à noter que les composants du système(sous-systèmes) doivent interagir entre eux. (iii) La phase de développement des composants qui consiste à la production du produit les sous-systèmes à fin d'en constituer la globalité du système. (iv) La phase de d'intégration du système qui consiste à reliées les composants du système développé à la phase précédente et faire les tests du système global qui sont relatifs aux exigences initiales du clients. (v) En dernier lieu nous avons la phase de qualification opérationnelle qui permet aux concepteurs de faire les tests adéquats au besoins opérationnels du système [4].

Dans ce travail, le choix de la démarche de l'ingénierie système n'était pas fait de façon aléatoire, mais pour exploiter les potentielles de son langage de modélisation SYSML (Systems Modeling Langage) étant utilisé pour la modélisation d'un système embarqué, afin décrire les parties techniques du point de vue comportemental ou structurel de notre système.

## **2.5. Conclusion sur la revue de la littérature et description de l'approche**

Nous voici au terme du deuxième chapitre dans lequel nous avons fait une revue de la littérature et la description de l'approche. N'étant pas le premier à traiter sur le sujet relatif à la gestion automatisée de l'éclairage, nous avons présenté les travaux similaires à notre thématique que nos prédécesseurs ressortissants en montrant l'originalité de ces derniers comparativement au notre. Ensuite nous avons fait une revue de la littérature sur différentes approches du travail et la représentation de différents outils qui seront utilisés pour la réalisation du montage.

En dernier lieu, nous avons fait la justification des méthodes citées dans l'introduction qui seront appliquées dans le troisième chapitre.

## **Chapitre 3. APPLICATION DE LA MÉTHODOLOGIE ET PRÉSENTATION DES RÉSULTATS**

### **3.1. Introduction**

Ce dernier chapitre consiste à présenter les résultats de notre recherche en mettant en application la méthode ingénierie système pour présenter les différents diagrammes du système sous langage SYSML. Ensuite il sera question de présenter en détails les résultats de notre travail qui sont obtenus suivant la méthode expérimentale.

Il sera également question de relever les limites du travail ainsi que présenter le budget estimatif du projet.

### **3.2. Structure de l'équipe de travail**

Ce travail a abouti à son objectif par l'intervention de différents membres d'où chacun d'eux avait un rôle à jouer.

Nous, AMPERE BULONZA Jean, nous sommes intervenus dans la conception, la rédaction jusqu'à la réalisation du travail en effectuant toutes les recherches qui ont été présentées dans le travail.

Une équipe de direction constituée du directeur le Prof. Dr. BUHENDWA NYENYEZI Justin et de l'encadreur C.T BORIBO KIKUNDA Philipe qui sont intervenus en nous donnant les orientations avec des remarques pendant nos recherches pour atteindre les résultats.

### **3.3. Stratégie de collecte des données**

Les données présentées dans ce travail ont été obtenues par lecture des plusieurs livres, journaux, rapport article et quelques travaux similaires à notre thématique de recherche, certains de documents précités nous les avons consultés sur internet, d'autre en format électroniques et d'autre carrément dans la bibliothèque.

Il est indispensable de signaler que les données relatives au système d'éclairage existant à l'hôpital de PANZI, on été obtenues grâce aux entretiens que nous avons effectués avec les agents du service

technique de l'hôpital de PANZI, dans le but de mener une analyse afin de relever les problèmes que posent le système d'éclairage existant.

### **3.4. Application de la méthodologie**

Cette section sera consacrée à l'élaboration des digrammes obtenus par le langage Sysml utilisé par la méthode ingénierie système qui sera suivi de la mise en application de la méthode expérimentale.

#### **3.4.1 Méthode IS (Ingénierie système)**

Comme nous l'avons décrit dans la section description et justification de l'approche, elle nous sera utile pour la modélisation de système en réalisant ses différents diagrammes avec le langage Sysml.

- **Le langage SYSML**

Le sysml est un acronyme de système modeling langage (langage de modélisation de système), qui est un langage de modélisation graphique standard dans l'ingénierie système. Il permet de regrouper les spécifications, les contraintes et les paramètres de l'ensemble du système dans une représentation commune à tous les corps de matières [35].

- **La modélisation sysml**

Dans le langage sysml la modélisation d'un système représente les documents nécessaires qui le décrit selon trois aspects : (i) Du point de vue fonctionnel, il décrit les fonctionnalités du système avec toutes les contraintes et les exigences du système ; (ii) Du point de vue structurel, il décrit la constitution du système, son organisation et la caractéristique de chaque sous-ensemble. (iii) Du point de vue comportemental, il décrit le fonctionnement, les itérations entre les constituants du système [36].

- **Diagramme SYSML**

Le langage sysml regroupe un ensemble de diagrammes qui sont subdivisés en trois branches : le diagramme des exigences qui décrit ce que doit faire le système ; le diagramme comportemental qui représente les aspects comportementaux du système ; le diagramme structure quant à lui décrit tout ce qui constitue le system [36].

### a) Diagramme des exigences

Le diagramme d'exigence permet de représenter les différentes contraintes qui doivent être satisfait par le système [4]. Ces contraintes peuvent être les fonctions que le système devra réaliser, les exigences de sécurité ou de fiabilité.

Le diagramme d'exigence représente le cahier de charge du système, la figure 18 donne les différentes exigences que doit avoir notre système que nous décrivons de la manière suivante :

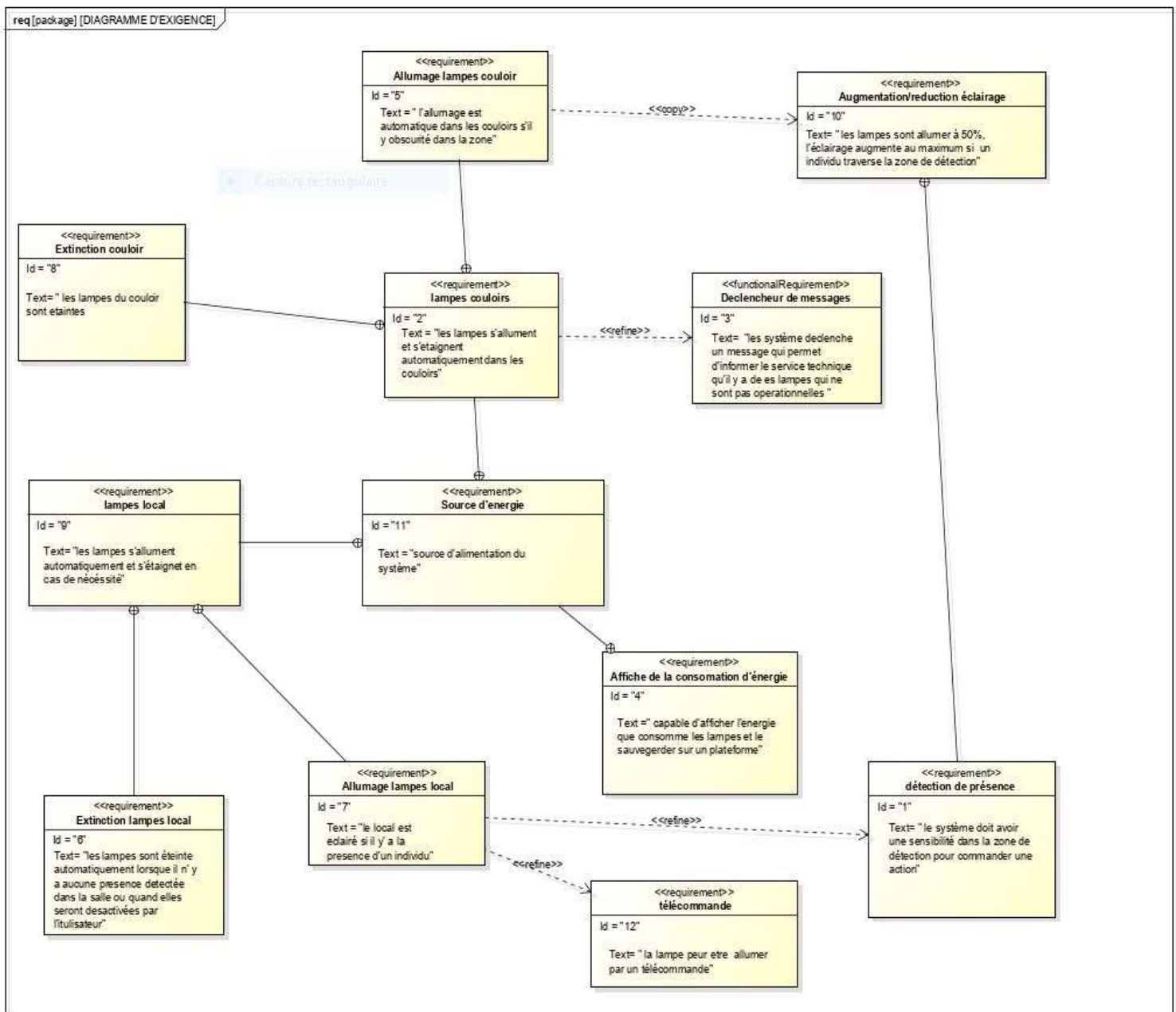


Figure 17 Diagramme d'exigence

Au niveau du couloir, le système possède des lampes qui sont allumer automatiquement quand il fait nuit et éteintes à la présence de la lumière. Les relations qui existent entre les exigences « lampes couloir », « Allumage couloir et extinction couloir » désigne les sous exigences que doit avoir les lampes du couloir. La relation entre l'exigence « allumage lampes couloir » et « augmentation /réduction éclairage » montre les détails de comportement que peut avoir une lampe allumer au couloir.

L'exigence « augmentation /réduction éclairage » et l'exigence « détection de présence » désigne le sous exigence que le système doit subir pour qu'il y ait variation de l'éclairage, s'il n'y a pas mouvent dans la zone ciblée du couloir, les lampes restent allumer à 30%, en cas de mouvement il aura augmentation de l'intensité d'éclairage de la lampe à 100%.

Les relations entre l'exigence « déclencher des messages » et « lampes couloir » désigne les détails que le système possède au niveau de lampes, donc le système déclenche un message si les lampes de la zone ciblée ne s'allument pas.

L'exigence « source d'émergence » et « lampes couloir » désigne que les lampes du couloir doivent avoir une source d'alimentation.

Au niveau du local, la relation entre l'exigence « source d'énergie » et l'exigence « lampes local » désigne que les lampes doivent nécessairement avoir une source d'alimentation. Les relations entre les exigences « lampes local » et « Extinction lampes local », « Allumage lampes local » désignent que les lampes du local doivent nécessairement avoir la possibilité d'allumage ou d'extinction.

La relation entre « Allumage lampes local » et « détection de présence » désigne le détail de l'allumage. Pour que la lampe soit allumée, un individu doit nécessairement être présent dans la salle. Allumage par capteur de présence ou par télécommande.

La relation qui existe entre « Source d'énergie » et « Affiche de la consommation d'énergie » désigne que l'énergie consommé du système doit être afficher sur un écran.

- **Diagramme de cas d'utilisation**

Le diagramme de cas d'utilisation permet d'avoir le point de vue utilisateur du système, il exprime uniquement les fonctionnalités du système qui sont visible de l'extérieur [4].

La figure 19 représente le cas d'utilisation de notre système d'éclairage qui se décrit de la manière suivante :

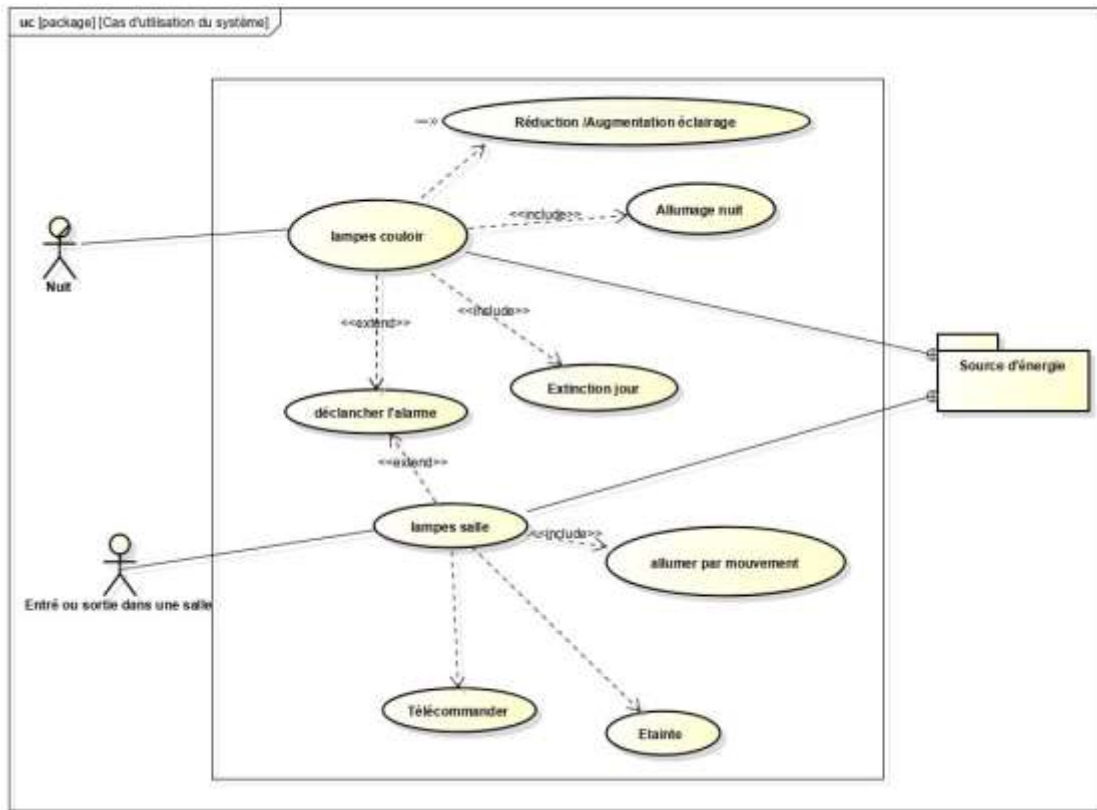


Figure 18 Diagramme de cas d'utilisation

En premier lieu nous décrivons le cas d'utilisation des lampes du couloir, s'il fait nuit dans le couloir, obligatoirement les lampes doivent s'allumer automatiquement avec une intensité réduite à 50%, si le système détecte un mouvement dans le rayon du capteur, les lampes de la zone sont actionnées pour s'allumer à l'intensité maximale et sera encore réduit si le mouvement ne plus dans la zone. Les lampes sont obligatoirement éteintes s'il fait jour. Une fois que les lampes ne sont pas allumées alors qu'il fait nuit, le système déclenche un message pour signaler que les lampes de la zone ne sont pas allumées.



En seconde lieu nous présentons les cas d'utilisation des lampes qui se trouve dans un local, une fois que l'individu accède dans la salle, le système le détecte et il actionne automatiquement les lampes pour s'allumer, s'il y'a une grande luminosité dans la salle, les lampes restent éteintes. Les lampes peuvent aussi être éteintes par une télécommande, si l'individu le souhaite. Une fois que l'individu quitte la salle les lampes sont automatiquement éteintes par le système. Le système déclencher aussi un message s'il remarque que les lampes ne sont toujours pas allumées alors qu'il détecte l'entrer de l'individu dans la salle obscure.

- **Diagramme de séquence**

Ce diagramme représente un enchaînement des différentes interactions entre les acteurs et le système, il transcrit un scénario pour aboutir au résultat décrit par le diagramme de cas d'utilisation [4].

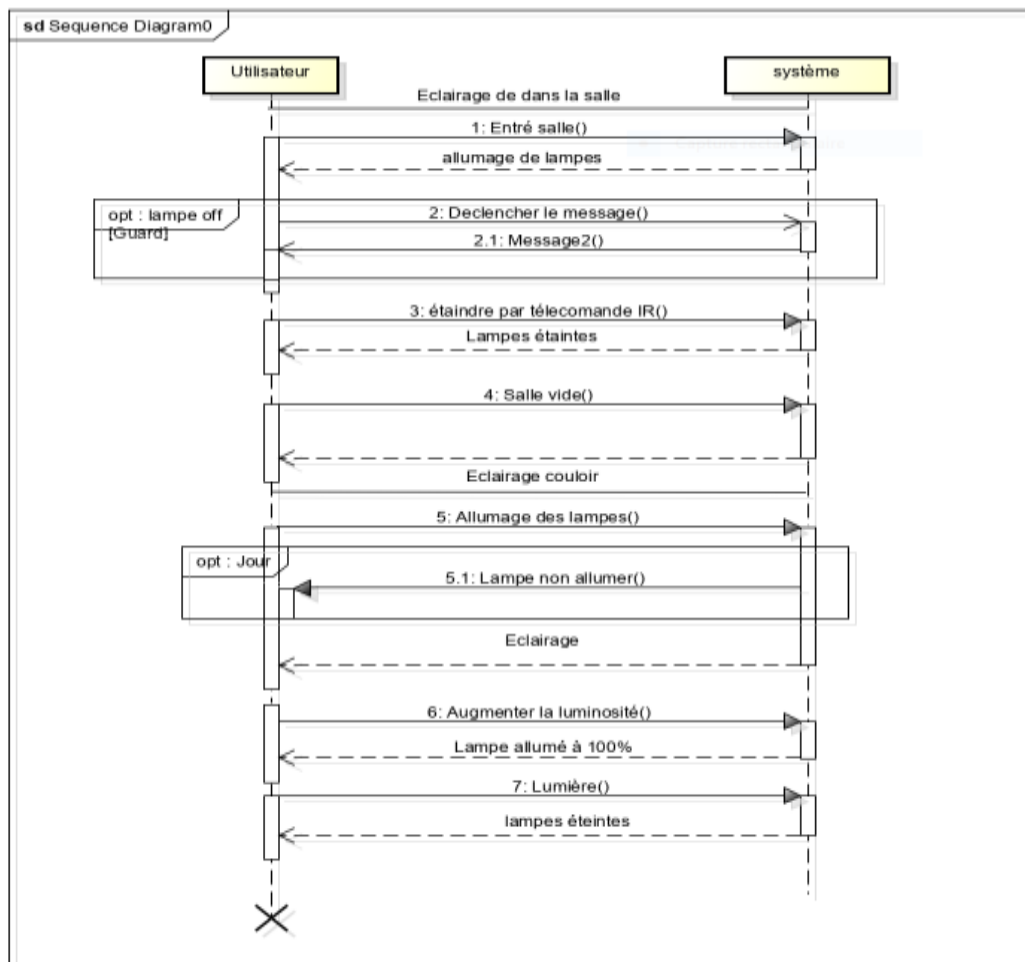


Figure 19 Diagramme de séquence

Le diagramme de séquence que présente la figure 20 reparessent les étapes séquentielles de l'exécution du système à l'intérieur de locaux et aux couloirs de l'hôpital que nous décrivons de la manière suivante :

Une fois que l'utilisateur accède dans une salle, le capteur détecte la personne et envoie un message au microcontrôleur d'allumer les lampes, le système allume les lampes de la salle, si les lampes ne s'allument et l'obscurité est dans la salle un autre capteur demande au système de déclencher un message d'alarme pour informer le service technique de l'hôpital. Pour l'extinction de lampes, soit l'utilisateur effectue la commande d'extinction au microcontrôleur par un télécommande IR est le microcontrôleur à son tour commande l'extinction des lampes du local ou soit dans le local il y a aucun individu, le capteur demande au microcontrôleur d'éteindre les lampes automatiquement.

En ce qui concerne le couloir, dès qu'il fait nuit il y'a un message qui est envoyé automatiquement au microcontrôleur du système pour commander l'allumage de lampes, le système renvoie l'éclairage aux couloirs. Si le capteur détecte un individu dans sa zone de couverture, il envoie un message au microcontrôleur pour augmenter l'intensité de la lumière des lampes qui sont dans la zone, le système à son tour augmente l'intensité de l'éclairage à un pourcentage maximal de la lampe. Quand l'individu quitte dans la zone le système réduit automatiquement l'éclairage. Pour éteindre les lampes, s'il fait jour dans les couloirs, le capteur demande au microcontrôleur d'éteindre les lampes aux couloirs, le système à son tour éteint les lampes au couloir.

### **3.4.2 Méthode Expérimentale**

Pour atteindre le résultat de ce travail, nous avons mis en place un prototype du système proposé que nous avons testé pour répondre aux questions que nous nous sommes fixés dans la partie introductive pour affirmer l'hypothèse de cette étude. Les lampes des salles sont allumées par les détecteurs de présences s'il y'a une faible intensité de l'éclairage naturel dans la salle et s'éteignent automatiquement s'il y a une grande luminosité d'éclairage à l'intérieur des salles. Ils peuvent également être éteintes par une télécommande IR mais aussi elles peuvent s'éteindre par le détecteur de présence s'il ne détecte aucun mouvement dans la salle. Les lampes du couloir sont allumées automatiquement s'il fait nuit et s'éteint s'il fait jour. Le système envoie les messages par téléphone s'il y a des zones non éclairées.

### **3.5. Présentation des résultats**

Dans cette section à faire la présentation des résultats obtenus par la méthode expérimentale, en premier lieu nous allons présenter les différents circuits de notre système réalisé dans le logiciel fritzing puis il va suivre la présentation de montage qui est basé sur les capteurs qui sont commandés par le microcontrôleur Arduino.

#### **3.5.1. Le système d'éclairage et déclencheur des notification**

##### **a. L'éclairage de l'extérieur**

L'éclairage de l'extérieur est constitué par des lampes et des capteurs, l'état de la lampe change en fonction de la luminosité de l'éclairage naturel, s'il fait nuit les lampes s'allument à une faible intensité, et si un individu traverse la zone dans laquelle se situe la lampe, l'éclairage de la lampe augmente automatiquement jusqu'à ce que l'individu quitte dans la zone. S'il fait jours la lampe du couloir s'éteint automatiquement.

##### **b. L'éclairage à l'intérieur de la salle**

A l'intérieur d'une salle l'état de la lampe change automatiquement si un individu accède dans la salle (à condition qu'il ait une faible intensité de la lumière naturelle à l'intérieur), la lampe est allumée si la salle est occupée dans le cas contraire l'ampoule reste éteint. Nous avons prévu une télécommande à infrarouge qui permet de réduire ou d'augmenter l'intensité que produit les lampes de l'intérieur de la salle. Notons qu'il est également possible d'éteindre la lampe de l'intérieur avec la télécommande.

##### **c. Déclencheur des notifications**

Le déclencheur des notifications permet d'informer le service technique s'il y a les lampes qui tombent en pannes. Le système à l'intérieur de la salle, le système détecte si une zone est occupée et qu'il y a la présence de l'obscurité, il déclenche automatiquement un message sur un téléphone qui indique que « la lampe de la zone X est en panne » en utilisant le protocole de communication GSM, le message est envoyé chaque après 20 secondes jusqu'à résolution de problème signalé.

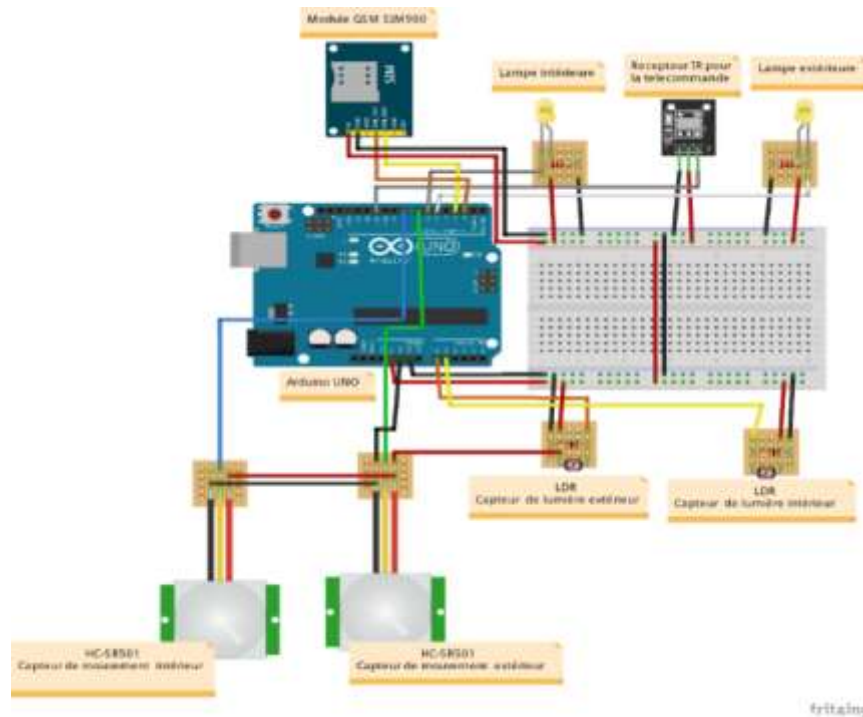


Figure 20 Circuit de la gestion des lampes et notification

### 3.5.2. Le prélèvement d'énergie encours de consommation

Le système d'affichage d'énergie consiste à prélever toute la quantité d'électricité utilisée dans l'installation et l'affiche sur un écran LCD, la quantité d'électivité prélevée est exprimée en Ampère (A) qui est l'unité de mesure de courant. Les données prélevées sont envoyées sur la plateforme thingSpeak qui permet de faire la visualisation graphique la consommation du système. La page est actualisée chaque après 20 secondes. Les données sont envoyées à la plateforme thingSpeak par le protocole de communication WIFI. Le capteur qui prélève le courant est installer à l'entrée de l'installation comme l'indiqué sur la figure ci-dessous.

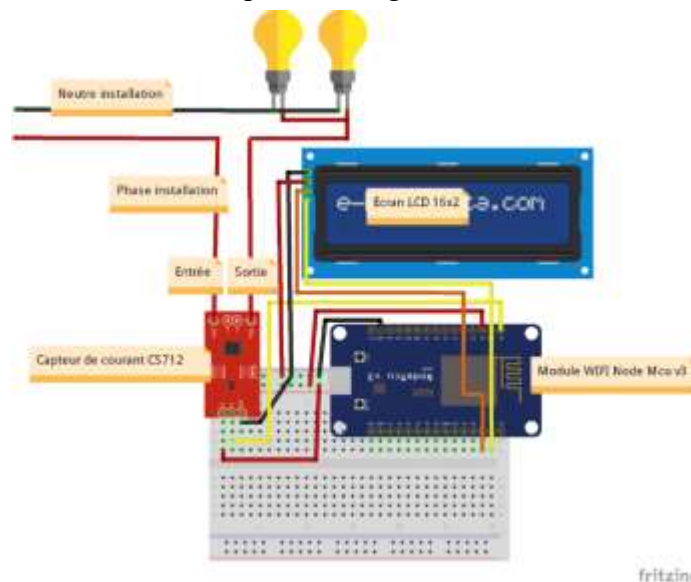
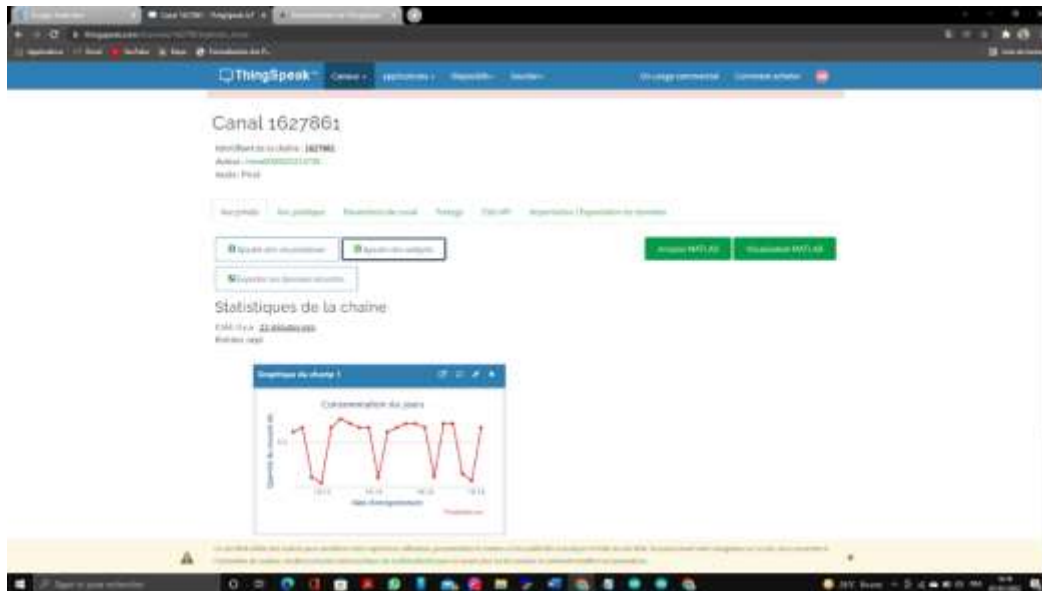


Figure 21Circuit de l'affichage de l'énergie consommée

La figure 22 présente une page web du logiciel thingSpeak sur lequel est présenté un graphique de données déjà prélevées, le protocole de communication Http nous a été utile pour accéder à la plateforme thingSpeak.



### 3.5.3. Le circuit global du *Figure 22 Sauvegarde d'énergie consommée thingSpeak*

Ce schéma englobe tous les modules que possèdent notre système, il était réalisé après avoir testé chaque module.

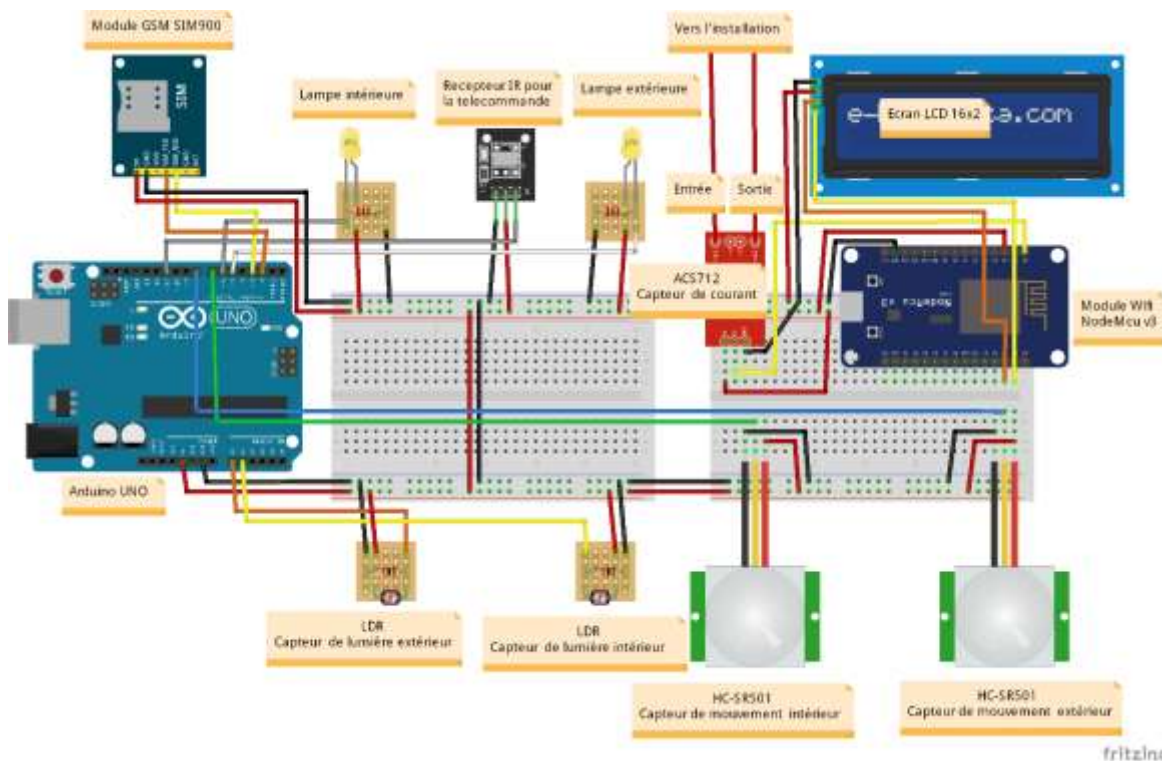


Figure 23Circuit globale

fritzing

### 3.5.4. Montage du système

En nous référant à nos objectifs, Cette partie sera donc consacrée à la présentation ainsi que la manipulation des différentes fonctionnalités du système que nous proposons. Voici donc, en vue réelle, le prototype de notre système d'éclairage automatisé.



*Figure 24 Prototype du système*

La figure 25 représente le prototype de notre système réalisé, nous y avons effectués quatre testes de fonctionnalités du qui seront présenté dans la partie suivant.

### 3.5.5. Test de fonctionnalité et interprétation des résultats

#### a. La fonctionnalité d'allumage et d'extinction des lampes

Pour que les lampes de notre système s'allument, on fixe à l'intérieure des locaux un capteur de mouvement qui détecte la présence de l'individu dans sa zone de couverture pour commander l'allumage les lampes. Une fois que les lampes sont allumées, l'intensité de la luminosité de lampes est à 50%, cette luminosité peut aussi être augmenté avec la télécommande infrarouge jusqu'à la luminosité maximale des lampes. Pour éteindre les lampes de l'intérieur, lorsque le détecteur de présence détecte que le local est inoccupé, les lampes sont automatiquement éteintes, on peut



également utiliser la télécommande en appuyant sur la touche « 0 » pour éteindre les lampes si l'on souhaite éteindre les lampes en étant dans la salle.

Par ailleurs, s'agissant de lampes de l'extérieur, de qu'il fait nuit, le capteur de luminosité commande l'allumage des lampes à une luminosité de 30%. La luminosité augmente automatiquement si le capteur de présence détecte la présence d'un individu dans la zone éclairée par les lampes, si l'individu quitte la zone éclairée, l'intensité de la luminosité des lampes est réduite à l'état initial (30%). Quand il fait jour, les lampes sont automatiquement éteintes.

Voici le code de cette fonctionnalité dans l'IDE Arduino :

```
gestionLedIn();
gestionLedOut();
}
void gestionLedIn() {
  if (digitalRead(pirIn) == 1) {
    //si la personne est detectée, return true
    if (lumIn == 0) {
      if ((uint32_t)millis() - timeOut > 15000) {
        lumIn = 100;
        timeOut = (uint32_t)millis();
      }
      //timeOut = (uint32_t)millis();
    }
  }
  if (irrecv.decode(&results)) {
    unsigned int value = results.value;
    switch (value) {
      case code1:
        if (lumIn + 51 <= 255) {
          lumIn += 51;
        } else {
          lumIn = 255;
        }
        break;
      case code2:
        if (lumIn - 51 >= 1) {
          lumIn -= 51;
        } else {
          lumIn = 1;
        }
        break;
      case code3:
        lumIn = 0;
        break;
      case code4:
        lumIn = 100;
        break;
      case code5:
        lumIn = 200;
        break;
      case code6:
        lumIn = 255;
        break;
    }
  }
}
```

```

    }
    Serial.println(value);
    irrecv.resume();
  }
} else {
  lumIn = 0;
  Serial.println("Personne dedans");
}
Serial.println(lumIn);
analogWrite(ledIn, lumIn);
int ldrInStatus = analogRead(ldrIn);
if (ldrInStatus < 200 && lumIn > 0) {
  // Alerte sms (apres chaque 20sec)
  if ((uint32_t)millis() - now > 5000) {
    sendSms();
  }
}
}
}
void gestionLedOut() {
  int ldrOutStatus = analogRead(ldrOut);
  if (ldrOutStatus <= 200) {
    if (digitalRead(pirOut) == 30) {
      lumOut = 255;
    } else {
      lumOut = 1;
    }
    Serial.println(ldrOutStatus);
  } else {
    lumOut = 0;
    Serial.println(ldrOutStatus);
  }
  Serial.println(lumOut);
  analogWrite(ledOut, lumOut);
}

```

## **b. La fonctionnalité de détection des lampes en Panne**

Pour réaliser cette fonctionnalité nous avons fait l'usage des capteurs photos résistances (capteur de lumière, afin de détecter les zones non éclairées) et d'un module GSM pour la communication mobile et le déclenchement des notifications identifiant les lampes en panne.

Ainsi donc, le déclenchement du message d'identification s'effectue au cas où la lampe de la zone ciblée entre en état d'activation (détection de l'individu dans la salle), mais le capteur de luminosité ne parvient pas à détecter la lumière (zone obscure).

Voici le code de cette fonctionnalité dans l'IDE Arduino :

```

void sendSms() {
  if (!rate) return;
  Serial.println("Sending sms..");
  SerialAT.print("AT+CMGF=1\r");
  delay(400);
  SerialAT.print("AT+CMGS=\"\");
}

```



```

SerialAT.print(phone_no);
SerialAT.println("");
delay(300);
SerialAT.print("La lampe interieure est en panne ! Songez à la remplacer");
delay(200);
SerialAT.println((char)26); // End AT command with a ^Z, ASCII code 26
delay(500);
SerialAT.println();
//delay(2000);
now = (uint32_t)millis();
Serial.println("Sms should been sent");
}

```

### c. Prélèvement d'énergie et visualisation sur de la consommation

Pour réaliser cette fonctionnalité nous avons fait l'usage d'un capteur de courant qui prélève la quantité du courant à l'entrée du système, l'affiche sur un écran LCD et le communique ensuite via le module Wifi NodeMCU ESP8266 vers la plateforme de visualisation en ligne ThingSpeak. Cette quantité est exprimé en Ampère.

Voici le code de la fonctionnalité de prélèvement dans l'IDE Arduino :

```

void loop() {
  mA = ACS.mA_AC();
  Serial.println(mA/1000);
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Courant : ");
  lcd.print(mA/1000);
  lcd.print("A");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("Alternatif/SNEL");
  delay(500);
  if ((uint32_t)millis() - now > 20000) {
    sendDataToThingSpeak(mA/1000);
  }
}

```

Voici le code de la fonctionnalité de visualisation de la consommation t dans l'IDE Arduino :

```

void sendDataToThingSpeak(float stat){
  Serial.println("Sending..");
  // Connection sur le un point d'accès WiFi
  if(WiFi.status() != WL_CONNECTED){
    WiFi.begin(ssid, password);
    Serial.print("Attempting to connect");
    while(WiFi.status() != WL_CONNECTED){
      delay(5000);
    }
    Serial.println("\nConnected.");
  }
  int x = ThingSpeak.writeField(myChannelNumber, 1, stat, myWriteAPIKey);
  if(x == 200){
    Serial.println("Canal mise a jour.");
    Serial.println("Ok");
  }
}

```

```

    now = (uint32_t)millis();
}
else{
    Serial.println("Problème de mise à jour de la canal " + String(x));
    Serial.println("Error");
    now = (uint32_t)millis() - 10000;
}
}
}

```

## Statistiques de la chaîne

Créé : 22 days ago  
 Dernière entrée : il y a moins d'une minute  
 Entrées : 320



Figure 27 Visualisation de la consommation à 6h20

## Statistiques de la chaîne

Créé : 22 days ago  
 Dernière entrée : il y a moins d'une minute  
 Entrées : 273



Figure 26 Visualisation de la consommation à 6h25

## Statistiques de la chaîne

Créé : 22 days ago  
 Dernière entrée : il y a moins d'une minute  
 Entrées : 419



Figure 29 Visualisation du courant 7h45

## Statistiques de la chaîne

Créé : 22 days ago  
 Dernière entrée : il y a moins d'une minute  
 Entrées : 528



Figure 28 Visualisation du courant à 8h35

Sur la plateforme ThingSpeak, les résultats sont affichés sous forme d'un graphique qui s'actualise tous les 20 secondes et variant instantanément selon la consommation.

Comme nous le constatons, il y a des variations sur les deux graphiques de la figure 28 et celle de la figure 28, sur la figure 28, à 6h20min la quantité du courant consommé était de 0,4 Ampère. Nous avons essayé de changer la lampe incandescente (représente les appareils sont connecté sur toute l'installation électrique) et braché une lampe LED qui consomme moins qu'une ampoule incandescente, le graphique varie de 0,4 Ampère jusqu'à 0,225 qui exprime une diminution de charge du courant utilisé. Pour la figure 29 et 30 nous avons essayé de bracher quelques appareils sur notre système, comme résultat sur ces deux graphiques il y a augmentation de charge sur le système, la consommation augmente de 0,38 A de la figure 28, à 2,30A comme l'indique la figure 30.

#### d. Comparaison de la consommation d'Energie

Dans cette section nous allons comparer la consommation d'Energie du système existant, par rapport celle du système que nous proposons.

Notons que cette étude est portée sur le bloc pédiatrie de l'HGRP, prise comme échantillon. Nos sondages ont été menés auprès des quelques médecins et aux membres du service techniques pour savoir : les nombres de locaux existant au bloc, le nombre des lampes par local, quand les lampes sont allumées dans ces locaux, quand elles sont éteintes, la puissance des lampes qui y sont installer, Tout ceci dans le but de déterminer la consommation existante.

Tableau 1 Statistique des Consommations

	Nb Lampes	Puissance /Lampe	Heure Fonction	Usage Nécessaire		Heure d'usage inutile	Quantités d'Energie Utile consommé	Quantités d'Energie Inutilement consommé	% d'Energie économisée
				Matin	Soir				
Salle 1	3	108 Walt	24h/24	4h – 7h	17h – 22h	16 hrs	0,864 KWh	1,728 KWh	66,7 %
Salle 2	3	108 Walt	24h/24	4h – 7h	17h – 22h	16 hrs	0,864 KWh	1,728 KWh	66,7 %
Salle 3	1	36 Walt	24h/24	5h – 7h	17h – 23h	16 hrs	0,288 KWh	0,576 KWh	66,7 %
Salle 4	1	36 Walt	24h/24	5h – 7h	17h – 23h	16 hrs	0,288 KWh	0,576 KWh	66,7 %
Salle 5	1	36 Walt	24h/24	5h – 9h	16h – 20h	16 hrs	0,288 KWh	0,576 KWh	66,7 %
Couloir / Extérieur	5	36 Walt	24h/24	5h – 7h	18h – 6h	12 hrs	2,16 KWh	2,16 KWh	50 %
<b>Total :</b>							<b>4,752 KWh</b>	<b>7,344 KWh</b>	<b>60,7 %</b>

Comme indiqué dans les précédent tableau, le système existant présente une consommation journalière de 12,096 KWh (Usage utile + Consommation inutile), produisant ainsi un gaspillage

de 7,344 KWh en termes d'Energie perdu d'autant plus que la consommation utile serait de 4,752 chaque jour. La mise en pratique ce notre système permettrait d'économiser l'Energie à hauteur de 60,7 %.

### 3.5.6. Exigences pour la mise en œuvre des solutions proposées

La mise en application de cette étude proposée exige d'avoir un système embarqué qui est connecté sur un réseau GSM par une carte SIM. Le numéro du service auquel le message sera transmis doit nécessairement être enregistré dans le code qui commande le système pour leurs permettre de communiqué. Il est nécessaire que les capteurs de mouvement choisis soient d'une portée qui couvre toute l'étendue de la zone et installé sur le plafond de la salle. Les capteurs de luminosité doivent nécessairement être installés à un endroit où ils seront capables de capter la lumière naturelle le permettre d'actionner le système.

### 3.5.7. Estimation du coût pour la mise en œuvre des solutions proposées

Cette section, nous présentons une estimation de ce que peut couter la mise en place de ce prototype ainsi que son implémentation. Notons que pour consulter les prix des différents matériels et ainsi procéder à l'achat de ces derniers, nous avons recouru à la plateforme en de Arduino, ainsi qu'au site web de vente en ligne appelé Amazon, via son url : <https://www.amazonr.org/>.

*Tableau 2 Estimation du coût des matériels*

N°	Désignation	Quantité	Prix unitaire	Total
1.	Le capteur de courant ACS712	1	8,98	8,98 \$
2.	Module NodeMCU ESP8266	1	20	20 \$
3.	Le module GPRS GSM A6	1	24,88	24,88 \$
4.	Platine d'essai	1	11,35	11,35 \$
5.	La photorésistance (LDR)	2	1,7	3,4 \$
6.	Télécommande Infrarouge	1	16,29	16,29 \$
7.	Résistances 2,5kΩ et 10Kω			10 \$
8.	Les câbles Mâle/Femelle de 10cm			8 \$
9.	LED			2 \$

10.	L'écran LCD	1	11,92	11,92 \$
11.	Carte Arduino uno	1	15	15 \$
12.	Câble USB 2.0 type A vers B 0.5 M	1	5,59	5,59 \$
Total				136,73 \$

### 3.6. Discussion des résultats

#### 3.6.1. Contributions théoriques et pratiques

La mise en place de ce système a été une expérience réussie, car il nous a permis de rafraîchir de nombreuses compétences acquises au cours de nos études, notamment en système embarqué, et à découvrir de nombreux avantages de la technologie des capteurs.

Pratiquement ce travail apporte une solution sur le gaspillage d'énergie électrique que consomme le système d'éclairage de l'hôpital de PANZI, en économisant ainsi 60,7% de l'énergie consommé. Au-delà de l'économie de l'Energie, il y avait aussi l'aspect communication GSM qui permettra d'identifier à distance une panne de lampe dans une zone.

#### 3.6.2. Limites de l'étude et pistes de recherche futures

Notre étude était sur la gestion d'éclairage, nous avons délimité notre recharge sur la gestion automatique l'allumage, de l'extinction et l'identification de lampes en pannes par le déclenchement notifications à l'aide de capteurs de distance. Il est à signalé que pour c'est étude nous avons pris la bloque pédiatrie comme enchantions du travail, et résultat reste valable pour tous les autres bloques de l'hôpital de PANZI.

Dans ce travail, nous n'avons pas abordé la partie logicielle qui pourrait être intégrée dans le système à l'aide d'un module de géolocalisation afin de permettre au service technique de la monitoring le monitoring du système.

### **3.7. Conclusion sur application de la méthodologie et la présentation des résultats**

Nous voici au terme de ce troisième chapitre qui consistait à mettre en application les méthodes que nous avons utilisé suivie de l'implémentation et de la présentation des résultats. Au cours de ce chapitre nous avons présenté les différents diagramme du système que nous avons produit par le langage SYSML de la méthode Ingénierie système. Dans ce chapitre nous nous sommes servis de la méthode expérimentale pour réaliser les tests fonctionnels selon les fonctionnalités que prévoient les diagrammes d'exigence de notre système.

## CONCLUSION GENERALE

Au terme de ce travail de mémoire qui a avait pour objectif d'apporter une solution sur la minimisation de consommation d'électricité dans un établissement sanitaire, nous estimons y avoir apporté une solution par apport aux attentes que nous avons définies dans le cahier de charges au premier chapitre.

Pour conclure, notre travail s'est basé sur la réduction de consommation d'énergie électrique ainsi que le déclenchement de notification pour identifier les zones d'éclairage qui tombes en pannes dans un infrastructure électrique. Pour y arriver, nous avons fait une analyse de l'infrastructure existante dans le bloque pédiatrie de l'hôpital de Panzi dans le but de comprendre son fonctionnement et savoir aussi les types des matérielles utilise cette infrastructure pour éclairer.

Après cette analyse faite, il a été question de fixer un cahier de charge sur la gestion d'éclairage par les captures qui présente les exigences fonctionnelles de la nouvelle solution proposée, en suite nous avons fait une revue de la littérature sur la technologie de capteurs dans le but d'avoir une idée générale sur les matériels que doit utiliser la nouvelle solution proposée.

Pour arriver à des résultats, nous nous sommes servis du langage SYSMEL de la méthode Ingénierie système qui nous a permis de modéliser le système de la nouvelle solution proposée en produisant des diagrammes d'exigence, le cas d'utilisation et le digramme de séquence pour le nouveau système. Le résultat obtenu dans cette étude nous l'avons soumis à des tests fonctionnels sur un prototype que nous avons réalisé. Pour ce faire nous avons recourus à la méthode expérimentale avec laquelle nous avons fait la réalisation du prototype de la nouvelle solution afin de tester les résultats obtenus au cours de nos recherches.

Actuellement l'éclairage est un élément indispensable à la consommation d'énergie dans les infrastructures sanitaires qui se justifie par une gestion incontrôlée des lampes, parfois elles sont allumées tout au long de la journée sans qu'elles soient encours d'usage, les résultats de notre étude pourraient répondre à ses défis.

Finalement, il serait vrai que résultat de notre travail ne sont pas suffisant pour répondre à toutes les questions liées à la gestion d'éclairage automatisé afin d'assurer un contrôle de l'infrastructure

centralisé à travers le numérique, mais il essaye d'apporter des quelques solutions attendues aux problèmes actuelle malgré ses limites.

Cette étude étant un œuvre humain, nous ne pensons pas avoir abordé tous les éléments nécessaires pour le système d'éclairage automatisé, c'est pourquoi nous demandons à nos successeurs qui peuvent s'inspirer de ce travail d'apporter des solutions à nos limites.

Conscient de nos insuffisances scientifiques, nous sommes réceptifs à toutes les suggestions constructives pour ce modeste travail ainsi réalisé.



## Bibliographie

- [1] J. CLEMENT, Objets connecté: stratégies et technologie pour une interaction réussie, 2018.
- [2] M.-A. jacquet, «le virage numérique à l'hôpital: un processus de transformation global,» 2019.
- [3] M. A. G. R. & D. K. R. RAOUL, *Cours d'initiation à la méthodologie de recherche/ Ecole pratique de la chambre de commerce et d'industrie*, ABIJAn .
- [4] C. Shamieh, Ingénierie Système pour le nul, vol. 59, Edition limitée IBM, 2018., p. 6.
- [5] leroymerlin, «Interrupteur va-et-vient complet,» 2021. [En ligne]. Available: <https://www.leroymerlin.fr/produits/electricite-domotique/interrupteur-et-prise/nos-gammes-interrupteurs-et-prises/legrand-mosaic/interrupteur-legrand-mosaic/interrupteur-va-et-vient-mosaic-blanc-legrand-66443293.html>. [Accès le 08 Novembre 2021].
- [6] C. Leterme, «Revue de littérature scientifique,» 27 mars 2020. [En ligne]. Available: <https://www.scribbr.fr/article-scientifique/revue-de-litterature-scientifique/>. [Accès le 14 Novembre 2021].
- [7] I. M. Christiant, «Etude et mise en place d'un campus intelligent à base d'internet des objets,» 2020.
- [8] M. H. DOUKSIEH, «Conception et Réalisation d'un Système de Gestion d'Éclairage publique,» Université de Sfax, 2016.
- [9] I. Saleh, «Internet des Objets (IdO) : Concepts, Enjeux, Défis et Perspectives,» Laboratoire Paragraphe, Université Paris, Paris, 2018.
- [10] F. L. (CIGREF), «OBJETS CONNECTÉS - UN 360° POUR BIEN LES COMPRENDRE,» PARIS, 2016.
- [11] B. A. Ioan Roxin, «Ecosystème de l'Internet des Objets. Internet des objets: Evolution et innovation,» ISTE Editions, 2017.
- [12] A.-D. SERIAL, «Cours des Objets connectés ou Internet des objets».
- [13] A. Gaëtan, «CAPTEURS « conditionnement des signaux » Instrumentation Industrielle,» [En ligne].
- [14] S.-R. D. FLEURY Éric, Les réseaux de capteurs théorie et, vol. 364, L. voisier, Éd., 2015.

- [15] «Réseaux de Capteurs Sans Fils,» [En ligne]. Available: [https://moodle.utc.fr/file.php/498/SupportWeb/co/Module\\_RCSF\\_2.html](https://moodle.utc.fr/file.php/498/SupportWeb/co/Module_RCSF_2.html). [Accès le 27 Aout 2021].
- [16] I. DIANE, «Optimisation de la consommation d'énergie par la prise en compte de la redondance de mesure dans les réseaux de capteurs,» Toulouse, 2014.
- [17] Wikimedia Foundation, «Fr-academic,» 2010. [En ligne]. Available: <https://fr-academic.com/dic.nsf/frwiki/2137397>. [Accès le 16 Septembre 2021].
- [18] M. Khaled, «Les Système Embarqué TinyOS».
- [19] T. D. Ndié, *Les capteurs intelligents : Architecture et Traitement de l'Information*, Yaounde: Ecole Nationale Supérieure Polytechnique de Yaoundé Université de Yaounde 1,, 2 0 2 0.
- [20] M.-A. Messous, «researchgate,» researchgate, Octobre 20120. [En ligne]. Available: [https://www.researchgate.net/figure/Architecture-dun-reseau-de-capteur-sans-fils-NOL07\\_fig6\\_275027616](https://www.researchgate.net/figure/Architecture-dun-reseau-de-capteur-sans-fils-NOL07_fig6_275027616). [Accès le 16 septembre 2021].
- [21] Wikipedia, «Éclairage,» Wikipedia, 2021 octobre 20. [En ligne]. Available: <https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89clairage>. [Accès le 23 Octobre 2021].
- [22] G. KERIA, «keria Laurie,» GROUPE KERIA, [En ligne]. Available: <https://www.keria.com/guides/les-differents-types-d-eclairage/>. [Accès le 2021 Octobre 2021].
- [23] P. Vandeplaque, *L'eclairage: notion de base projet d'installations exercices corrigés*, Paris: LAVOISIER S.A.S, 2005.
- [24] F. M. Sarah LACAZE, *Scratch et Raspberry Pi : Projets maker pour s'initier à l'électronique et à la robotique* (2e édition), Saint-Herblain: Editions ENI, 2017.
- [25] E. EMBAJADORES, «NodeMCU v3 - Module WiFi ESP8266 Lua WiFi CH340,» ELECTRÓNICA EMBAJADORES, [En ligne]. Available: <https://www.electronicaembajadores.com/fr/Productos/Detalle/LCWFM3/modules-electroniques/adafruit-feather-sparkfun-thing-lora/nodemcu-v3-module-wifi-esp8266-lua-wifi-ch340>. [Accès le 06 Novembre 2021].
- [26] G. paqua, «GSM-DOMOTIQUE,» GSM-DOMOTIQUE, [En ligne]. Available: <https://gsm-domotique.com/le-module-gsm-modem-gsm-controleur-gsm/>. [Accès le 8 Novembre 2021].

- [27] electronique-mixte, «infrarouge-ir-interrupteur-sans-fil-arduino,» electronique-mixte, [En ligne]. Available: <https://www.electronique-mixte.fr/microcontrolleurs/infrarouge-ir-interrupteur-sans-fil-arduino/>. [Accès le 08 Novembre 2021].
- [28] plaisirarduino, «afficheur-lcd-comment-lexploiter,» 18 Avril 2017. [En ligne]. Available: <https://plaisirarduino.fr/afficheur-lcd-comment-lexploiter/>. [Accès le 11 11 2021].
- [29] CFAURY, «Logiciel,» 20 DÉCEMBRE 2020. [En ligne]. Available: <https://arduino.blaisepascal.fr/presentation/logiciel/>. [Accès le 12 Novembre 2021].
- [30] [En ligne]. Available: <https://fritzing.org/faq/>. [Accès le 12 Novembre 2021].
- [31] y. Singapore, «ThingSpeak, plate-forme gratuite pour l'Internet des objets (IoT),» 14 Janvier 2015. [En ligne]. Available: <https://www.rs-online.com/designspark/thingspeak-a-free-internet-of-things-iot-platform>. [Accès le 24 Décembre 2021].
- [32] componentsource, «Asth SysML,» 13 Mars 2020. [En ligne]. Available: <https://www.componentsource.com/fr/product/astah-sysml>. [Accès le 15 Novembre 2021].
- [33] M. AAFIR, «Cours master,» 2019. [En ligne]. Available: [https://fpt.usmba.ac.ma/fpt/cours\\_master/M\\_GRND\\_S8\\_M83\\_342.pdf](https://fpt.usmba.ac.ma/fpt/cours_master/M_GRND_S8_M83_342.pdf). [Accès le 03 Novembre 2021].
- [34] P. Grelley, «Contrepoint — La méthode expérimentale,» *Informations sociales*, vol. 23, n° %1174, p. 6, 2012.
- [35] G. FINANCE, «Modélisation UML & SysML,» 1 Octobre 2010. [En ligne]. Available: <http://www.umlchannel.com/fr/sysml>. [Accès le 25 Novembre 2021].
- [36] L. GENDRE, «SysML : un langage pour la modélisation des systèmes,» *CACHAN*, 2013.
- [37] P. Berger, «les capteurs».
- [38] Techo-Sciences.net, «Réseau de capteurs sans fil - Définition et Explications».
- [39] F. Abdelfatah, «Développement d'une bibliothèque de capteurs,» 2008. [En ligne]. Available: <http://www.lirmm.fr/~leclere/enseignements/TER/2008/Rapport/19.pdf>. [Accès le 27 Aout 2021].
- [40] Wikipedia. [En ligne]. Available: <https://fr.wikipedia.org/wiki/Pr%C3%A9emption>. [Accès le 20 Aout 2021].

- [41] Côté-lumière, [En ligne]. Available: <https://www.cote-lumiere.com/e-shop/fr/7342-projecteur-exterieur-led-disos-23w-4000k-ip65-noir.html>. [Accès le 24 Aout 2021].
- [42] B. LED, «BY LED,» [En ligne]. Available: <https://www.byled.fr/interrupteur-automatique-crepusculaire-temporisable-336.html>. [Accès le 24 Aout 2021].
- [43] B. Business, BMFM Business, [En ligne]. Available: [https://www.bfmtv.com/tech/nouveautes-produits/les-ampoules-a-incandescence-pourraient-faire-un-retour-inattendu-grace-a-une-technologie-de-pointe\\_AN-201601120061.html](https://www.bfmtv.com/tech/nouveautes-produits/les-ampoules-a-incandescence-pourraient-faire-un-retour-inattendu-grace-a-une-technologie-de-pointe_AN-201601120061.html). [Accès le 24 Aout 2021].
- [44] Xukyo, «Gérez un écran LCD 16×2 avec Arduino,» 29 Octobre 2018. [En ligne]. Available: <https://www.aranacorp.com/fr/gerez-un-ecran-lcd-16x2-avec-arduino/>. [Accès le 11 11 2021].
- [45] Amazon, «Aihasd-couleur-cavalier-Arduino-Breadboard/dp/B01702LAJA,» [En ligne]. Available: <https://www.amazon.fr/Aihasd-couleur-cavalier-Arduino-Breadboard/dp/B01702LAJA>. [Accès le 2 Janvier 2022].
- [46] Amazon. [En ligne]. Available: <https://www.amazon.fr/30-Photor%C3%A9sistance-R%C3%A9sistances-d%C3%A9pendantes-lumi%C3%A8re-R%C3%A9sistance/dp/B00SWO73DS>. [Accès le 09 Janvier 2022].
- [47] Amazon. [En ligne]. Available: <https://www.amazon.fr/T%C3%A9l%C3%A9commande-r%C3%A9cepteur-hx1838-Remote-Control-infrarouge/dp/B01MQVNBUR>. [Accès le 09 Janvier 2021].
- [48] Amazon. [En ligne]. Available: <https://www.amazon.fr/SMART-PROJECTS-A000073-Arduino-Uno/dp/B00PUOVSYS>. [Accès le 09 Janvier 2021].
- [49] Amazon. [En ligne]. Available: [https://www.amazon.fr/dp/B07V6KBPG8/ref=redir\\_mobile\\_desktop?\\_encoding=UTF8&aaxitk=fb77a3da94542c1cb24868a06f11aff4&hsa\\_cr\\_id=3829179850802&pd\\_rd\\_plhdr=t&pd\\_rd\\_r=eb709ce8-4905-474f-a25b-a3c371219901&pd\\_rd\\_w=CAD86&pd\\_rd\\_wg=gY3UK&ref\\_=sbx\\_be\\_s\\_sparkle\\_mcd\\_a](https://www.amazon.fr/dp/B07V6KBPG8/ref=redir_mobile_desktop?_encoding=UTF8&aaxitk=fb77a3da94542c1cb24868a06f11aff4&hsa_cr_id=3829179850802&pd_rd_plhdr=t&pd_rd_r=eb709ce8-4905-474f-a25b-a3c371219901&pd_rd_w=CAD86&pd_rd_wg=gY3UK&ref_=sbx_be_s_sparkle_mcd_a). [Accès le 09 Janvier 2022].
- [50] Amazon. [En ligne]. Available: <https://www.amazon.in/ESP8266-Development-board-Original-Stock/dp/B01MZ1E8QR>. [Accès le 09 Janvier 2022].