

**REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU
CONGO**

ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET UNIVERSITAIRE

UNIVERSITE LIBRE DES PAYS DES GRANDS LACS

ULPGL



B.P:368 GOMA

FACULTE DE SCIENCES ET TECHNOLOGIES APPLIQUEES

**Conception et réalisation d'une centrale
d'éclairage électronique**

Travail de fin de cycle présenté en vue de l'obtention du
diplôme de Graduat en Génie électrique et informatique.

Présenté par : **MASOKA AMISI Ange**

Dirigé par **Prof. Dr. tech. Olivier BARAKA MUSHAGE**
Encadre par **MPhil.Ir Raoul IRENGE BAGUMA**

ANNEE ACADEMIQUE 2021-2022

EPIGRAPHE

« C’est le devoir de chaque homme de rendre au monde au moins autant qu’il en a reçu »

Albert EINSTEIN

DEDICACES

A nos très chers parents monsieur Guylain AMISI et madame Eugénie BOLINGO ainsi qu’à notre chère fille Eka SHAFALI Malaika Martine.

MASOKA AMISI Ange

“ Conception et réalisation d’une centrale d’éclairage électronique ”

In mémorial : nos grands-parents Jeanine MASOKA et Genevoix AMISI

REMERCIEMENTS

Nous rendons grâce à DIEU le Père Tout Puisant et Miséricordieux, de nous avoir doté d’intelligence, de force et courage nécessaire pour accomplir ce travail ainsi que tout au long de nos études.

Nous tenons à présenter notre gratitude aux personnes qui, de près ou de loin ont participé à l’élaboration de ce travail de fin du premier cycle universitaire, à commencer par notre directeur Prof Dr Ir Olivier BARAKA MUSHAGE et notre encadreur M.Phil Raoul IRENGE BAGUMA pour leurs disponibilités, leurs aides, leurs conseils et encouragements.

Nous louons les sacrifices et l’amour de notre tendre mère Mme Eugénie BOLINGO à qui nous devons nous devons tout notre parcours scolaire, et remercions également notre cher père Guylain AMISI pour les efforts fournis au quotidien pour une meilleure éducation.

Les plus sincères à la communauté des sœurs bernardines du lycée Amani, nos frères et sœurs particulièrement AMISI Geneva, Jonathan AMISI, Léonie AMISI, Martine KARUME, John KARUME, Elvis MIHIGO.

Les plus vives à tous nos enseignants et plus particulièrement à Monsieur Msc.Ir Bertille MUSHAGASHA.

A nos tous nos promotionnaires et de manière particulière à Marc NGANDU, Gloire MUMBERE, Emmanuel YUNASI et Junior POLEPOLE, ami(e)s et tous nos proches particulièrement Styves LUSAMBYA, Nick AZARIA, Clara MBASISYA, Deborah SEBAGISHA, Stella ASSUMINI, Claudette SOKI, Ketia LISAMBA, Mariette LAGRISI Marie-Eugénie GILMA, Yvan KHASHI qui ont contribué à la réalisation de ce projet.

MASOKA AMISI Ange

RÉSUMÉ

Nous présentons, dans ce travail, la conception et la réalisation d’une centrale d’éclairage électronique, plus concrètement la conception et la réalisation d’un système d’éclairage contrôlé et commandé à distance via GSM en vue de calculer le gain en énergie électrique obtenue par une gestion intelligente de l’éclairage dans un bâtiment à usage domestique. Actuellement, de nombreux travaux de recherche à travers le monde portent sur le contrôle ou la gestion de l’énergie. L’objectif principal de ce travail n’est pas seulement la réduction de la consommation de l’énergie électrique par la gestion intelligente de l’éclairage mais aussi de répondre aux nouvelles normes de l’éclairage dans les bâtiments. Nous avons commencé par parler de l’éclairage, la gestion manuelle, semi-automatique et automatique de celle-ci. Ensuite, nous avons présenté le système, son principe de fonctionnement et ses différents composants en justifiant le choix de chacun d’eux. En fin de compte nous avons modélisé et réalisé un système fonctionnel prêt à être exploité. Nous proposons un système de contrôle et de gestion optimale de l’énergie électrique avec l’utilisation d’un module relais, et un module GSM. Dans le système proposé, toutes les opérations ou processus de traitement d’information sont effectuées par le microcontrôleur ainsi que la logique de gestion optimale. Les données envoyées (SMS) via un téléphone mobile sont prises en compte par le même microcontrôleur (ARDUINO UNO Atmega 328) et par la suite le microcontrôleur exécute les différentes tâches en donnant des ordres aux actionnaires (module relais 5V).

Mots-clés : Conception, réalisation, centrale, éclairage, électronique.

ABSTRACT

We present in this work, the design and realization of an electronic lighting unit, more concretely the design and the realization of a lighting system controlled and controlled remotely via GSM to calculate the gain in energy, electricity. Currently, many research work around the world relate to the control or management of energy. The main objective of this work is not only to reduce electrical energy through intelligent lighting management but also to meet the new lighting standards in buildings. We started by talking about lighting, the manual, semi-automatic, and automatic management of it. Then we introduced the system, its principle of operation and its different components justifying the choice of each of them. In the end we realized a system ready to be operated. We offer a control system for optimal management of electrical energy with use of a module relay and a GSM module. In the proposed system, all information processing operation or processes are performed by the microcontroller as well as the optimal logic. Data sent (SMS) via a mobile phone are taken into account by the microcontroller and subsequently the microcontroller performs different tasks by giving orders to shareholders.

Keywords: design, realization, central, lighting, electronics.

SOMMAIRE

<i>EPIGRAPHE</i>	<i>i</i>
<i>DEDICACES</i>	<i>ii</i>
<i>REMERCIEMENTS</i>	<i>iv</i>
<i>RÉSUMÉ</i>	<i>v</i>
<i>ABSTRACT</i>	<i>vi</i>
<i>SOMMAIRE</i>	<i>vii</i>
<i>LISTE DES FIGURES</i>	<i>ix</i>
<i>LISTE DES TABLEAUX</i>	<i>x</i>
<i>SIGLES ET ABBREVIATIONS</i>	<i>xi</i>
CHAPITRE 0 : INTRODUCTION GÉNÉRALE	1
0 1. Problématique	1
0.2Hypothèses du travail	2
0.3 Objectifs du travail	2
0.3.1. Objectif global.....	2
0.3.1.1. Objectifs spécifiques :	2
0.4. Choix et intérêts du sujet	3
0.5. Méthodologie du travail	3
0.6. Subdivision du travail	4
CHAPITRE 1 : CADRE THEORIQUE	5
1.1. Introduction partielle	5
1.2 Généralités sur l’éclairage	5
1.2.1 Quelques définitions.....	5
1.2.2 Historique de l’éclairage [6].....	6
1.2.3 Différentes sortes des lampes [8].....	8
1.2.3 Le caractère ondulatoire et corpusculaire de la lumière.....	11
1.2.4 Les caractéristiques d’un bon éclairage [5].....	12
1.2.5 Normalisation domestique de l’éclairage.....	13
1.2.6 Théories sur la gestion de l’éclairage.....	13
1.2.7 Quelques applications de l’éclairage intelligent.....	15
1.3 Détails sur la domotique	16
1.3.1 Description.....	16
1.3.2 Les avantages de la domotique [17].....	16
1.3.3 Les inconvénients de la domotique [17].....	17
1.4 Conclusion partielle	17
CHAPITRE 2 : ÉTUDE DU SYSTÈME	18
2.1 Introduction partielle	18

“ Conception et réalisation d’une centrale d’éclairage électronique ”

1) Besoin fonctionnel	18
2) Schéma bloc	18
2.2 Présentation des équipements de réalisation.....	19
2.2.1 Partie matérielle.....	19
2.2.2 Partie logicielle.....	22
2.3 Principe de fonctionnement du système	24
2.3.1 Schéma de principe	24
2.3.2 Fonctionnement	25
2.4 Conclusion partielle	26
<i>CHAPITRE 3 : MODÉLISATION ET RÉALISATION DE LA DOMOTIQUE.....</i>	<i>27</i>
3.1 Introduction partielle	27
3.2 Modélisation	27
3.2.1 Possibilité d’allumage des lampes.....	27
3.2.2 Estimation des habitudes d’allumage dans un bâtiment à usage domestique.....	28
3.2.3 Consommation mensuelle domestique	29
3.2.4 Consommation mensuelle après application de la domotique	31
3.2.5 Bilan d’économie d’énergie	33
3.3 Réalisation pratique du système.....	34
3.3.1 Présentation globale du système.....	34
3.3.2 Différents test	36
3.4 Cout estimatif de la réalisation	38
3.5 Conclusion partielle	39
<i>CONCLUSION GÉNÉRALE</i>	<i>40</i>
<i>Bibliographie</i>	<i>41</i>

LISTE DES FIGURES

<i>Figure 1: Evolution chronologique de l’éclairage [7]</i>	<i>8</i>
<i>Figure 2 lampe halogène [6]</i>	<i>9</i>
<i>Figure 3 lampe fluorescente [6].....</i>	<i>10</i>
<i>Figure 4 ampoule à décharge [6]</i>	<i>10</i>
<i>Figure 5 lampes électroluminescentes [9]</i>	<i>11</i>
<i>Figure 6 Exemple illustratif d'une maison intelligente [17]</i>	<i>16</i>
<i>Figure 7 Schéma bloc du système</i>	<i>18</i>
<i>Figure 8 Carte Arduino UNO [18]</i>	<i>19</i>
<i>Figure 9 Module GSM SIM800L [19].....</i>	<i>21</i>
<i>Figure 10 Module relais 4canaux [22].....</i>	<i>22</i>
<i>Figure 11 Ordinogramme du système</i>	<i>24</i>
<i>Figure 12 Schéma de principe du système</i>	<i>24</i>
<i>Figure 13 Organigramme de fonctionnement</i>	<i>26</i>
<i>Figure 14 Branchement du système [23]</i>	<i>35</i>
<i>Figure 15 Maquette de la domotique</i>	<i>36</i>
<i>Figure 16 Allumage 2lampes</i>	<i>36</i>
<i>Figure 17 Allumage 3lampes</i>	<i>37</i>
<i>Figure 18 Allumage de toutes les lampes.....</i>	<i>37</i>
<i>Figure 19 Extinction de toutes les lampes.....</i>	<i>38</i>

LISTE DES TABLEAUX

<i>Tableau 1 Minima d’éclairage domestique [11].</i>	<i>13</i>
<i>Tableau 2 Caractéristiques techniques Arduino UNO.</i>	<i>20</i>
<i>Tableau 3 Possibilité d’allumage des lampes.</i>	<i>27</i>
<i>Tableau 4 Heures d’allumage des lampes avant domotique</i>	<i>28</i>
<i>Tableau 5 Données journalières avant domotique.</i>	<i>29</i>
<i>Tableau 6 Heures d’allumage après domotique.</i>	<i>31</i>
<i>Tableau 7 Données journalières après domotique.</i>	<i>31</i>
<i>Tableau 8 Bilan de l’économie d’énergie grâce à la domotique</i>	<i>34</i>
<i>Tableau 9 Cout de réalisation.</i>	<i>38</i>

SIGLES ET ABREVIATIONS

A-GPS	: Assisted Global Positioning System
Av-JC	: avant Jésus-Christ
EN	: European Norm
GES	: Gaz à effet de serre
GND	: Ground
GPRS	: General Packet Radio Service
GSM	: Global Mobile Système
GTB	: Gestion Technique des Bâtiments
IRC	: Indice rendu des couleurs
LED	: Light Emitting Diode
RAM	: Random Access Memory
RTC	: Réseau Téléphonique Commuté
RX	: Port de réception
SIM	: Subscriber Identity Module
SMS	: Short Message Service
SNEL	: Société Nationale d’Electricité
SOCODEE	: Société Congolaise de Distribution d’Eau et d’Electricité
SRAM	: Static Random Access Memory
TX	: Port de transmission
UART	: Universal Asynchronous Receiver Transmitter
USB	: Universal Serial Bus
VCA	: Voltage Controlled Amplifier
VCC	: Voltage Common Collector

CHAPITRE 0 : INTRODUCTION GÉNÉRALE

0 1. Problématique

L’éclairage est un grand consommateur d’énergie, il est le principal consommateur de l’électricité et va jusqu’à 40% de consommation de l’énergie électrique en incluant le résidentiel tertiaire et l’industriel (union européenne) [1]. D’où la gestion de l’éclairage est d’une importance capitale car elle permet l’économie de l’énergie avec plus de 30% d’énergie économisée. Cette même gestion d’éclairage permet la réduction des coûts opérationnels (économie d’argent) et de celle de l’émission des gaz à effets de serre (GES) ; elle assure aussi la conformité à la nouvelle norme européenne EN15193 (prestation énergétique des bâtiments-exigences énergétiques pour l’éclairage) qui devient une norme importante définissant les systèmes d’éclairage économes en énergie [1]. De ce fait, durant ces dernières décennies, plusieurs technologies ont été proposées comme solution pour la gestion de l’éclairage en vue de la minimisation de la consommation de l’électricité. Il en résulte que le gaspillage d’énergie peut être évité en utilisant des systèmes de gestion d’éclairage automatiques qui assurent un fonctionnement intelligent de la lumière : le bon niveau d’éclairage aux bons endroits, précisément au moment souhaité [2]. Nous pouvons remarquer, dans la plupart des cas, que certaines pièces n’ont besoin de l’éclairage que pendant un temps très limité. Dans un couloir ou une bibliothèque par exemple, l’on n’a pas besoin d’un éclairage illimité et l’on peut donc programmer un intervalle de temps bien précis pendant lequel on souhaiterait être éclairé.

Dans ce même ordre d’idée, il faut noter que non seulement les nouvelles normes de construction imposent une meilleure gestion de l’énergie mais aussi que cette technologie imposerait une certaine discipline dans l’utilisation de l’éclairage, chose qui semble impossible dans notre région en partant des entités les plus basses (habitation, résidence domestique) jusqu’aux entités les plus hautes (grand bâtiment, éclairage publique). Cela est dû au fait que les technologies utilisées pour la gestion de l’éclairage ne sont pas efficaces pour avoir de meilleurs résultats. Autant de problèmes qui soulèvent les questions suivantes :

Quelle technologie permettrait une gestion efficace de l’éclairage ? Peut-elle s’adapter au contexte de notre Pays ? Si oui, comment l’adapter pour une gestion de l’éclairage domestique ? De ce qui précède, il est nécessaire d’orienter notre travail suivant les questions suivantes : Pourquoi faut-il mettre au point un dispositif de gestion d’éclairage ?

Quels sont les principes sur lesquels se basent le fonctionnement d’une domotique à messagerie ?

Comment peut-on adapter un tel dispositif à un système d’énergie domestique en vue de minimiser le coût et surtout de gagner en énergie ?

0.2 Hypothèses du travail

En se basant sur notre problématique nous proposons les réponses provisoires suivantes :

- La mise au point d’un dispositif de gestion d’éclairage percevrait de nombreux avantages notamment : d’importante économie d’énergie électrique, des coûts, mais aussi la conformité aux normes de gestion énergétique.
- Le fonctionnement d’un système domotique repose sur la séparation des circuits de commande et de puissance. Le circuit de puissance distribue l’énergie tandis que le circuit de commande véhicule les informations transmises par le bouton poussoir, la télécommande ou le message. La programmation au niveau du tableau électrique suffirait alors pour établir les liens entre les organes de commande et les récepteurs d’ordre. Notons que le circuit que nous réaliserons est une domotique avec système de messagerie mais ces commandes seront faites via SMS c’est-à-dire que notre circuit base son contrôle sur un module GSM muni d’une carte SIM.
- Il existe parfois une contrainte concernant ces technologies modernes de contrôle d’éclairage, elles peuvent être considérées comme très chères pour l’usage domestique et les bâtiments publics. L’émergence des technologies de réseau des capteurs sans fil promet un système d’éclairage. Cela nous pousserait à proposer ainsi une domotique plus adaptée aux normes d’éclairage et de bâtiment de notre région, et optimisant aussi le coût.

0.3 Objectifs du travail

0.3.1. Objectif global

Comme il a été dit ci-haut ; l’objectif principal de ce travail est de concevoir et de réaliser un système de gestion d’éclairage basé sur la domotique et à moindre coût. Il s’agit d’un système qui permettra une gestion efficace de l’éclairage pour une économie d’énergie dans les ménages.

0.3.1.1. Objectifs spécifiques :

Pour atteindre l’objectif global de ce travail, les objectifs spécifiques suivants ont été définis :

1. Faire une étude approfondie des systèmes de gestion d’éclairage ;

“ Conception et réalisation d’une centrale d’éclairage électronique ”

2. Faire le choix du système de gestion à utiliser pour une gestion plus adaptée au contexte ;
3. Concevoir le système d’éclairage en justifiant le choix de différents composants ;
4. Réaliser la maquette et tester son bon fonctionnement et valider les résultats.

0.4. Choix et intérêts du sujet

- **Sur le plan personnel :** Ce travail nous permettra d’avoir une connaissance approfondie sur la gestion efficace de l’éclairage par des systèmes automatiques et surtout sur l’application de la domotique dans la gestion de celle-ci. Il nous permettra également de nous familiariser avec l’utilisation des laboratoires virtuels tels que PROTEUS et ARDUINO, etc.
- **Sur le plan scientifique :** Ce travail nous permettra de nous familiariser avec les composants électroniques utilisés dans la domotique mais aussi d’être capable d’inférer à partir d’une carte imprimée son schéma électronique et pouvoir le réaliser. Ensuite, à l’issue de ce travail, d’autres chercheurs en la matière peuvent l’utiliser comme source de référence dans leurs travaux scientifiques.
- **Sur le plan de la société :** Le taux d’ignorance de la gestion de l’éclairage semble demeurer très élevé dans notre région. Sur ce, ce présent travail fournira des informations nécessaires sur l’utilisation économique de la lumière artificielle. Ce qui sera bénéfique pour notre région en particulier et notre pays en général.

0.5. Méthodologie du travail

Pour arriver à réaliser ce projet, nous utilisons les méthodes et techniques suivantes :

- ✓ **Méthode analytique :** qui nous permettra de comprendre et de prélever le schéma électronique du système à réaliser.
- ✓ **Technique documentaire :** qui permettra de nous documenter pour avoir les informations nécessaires et suffisantes consolidant une base théorique pour notre étude.
- ✓ **Méthode descriptive :** qui a permis à décrire les différents systèmes de conception et le mode de fonctionnement de notre système.

Technique expérimentale : qui a permis de réaliser des simulations dans les environnements PROTEUS et ARDUINO ainsi la réalisation matérielle de la maquette au laboratoire.

0.6. Subdivision du travail

Hormis l’introduction et la conclusion générale, le plan de travail est constitué de trois chapitres organisés comme suit :

Le premier chapitre qui est consacré à la revue de la littérature, présente les généralités sur l’éclairage, leur l’origine ainsi que les détails sur la domotique, ses avantages et ses inconvénients.

Le second chapitre est consacré à l’étude du système en justifiant les différents choix des composants.

Le troisième chapitre est entièrement consacré à la réalisation de la maquette et l’interprétation des résultats.

CHAPITRE 1 : CADRE THEORIQUE

1.1. Introduction partielle

La gestion de l’éclairage au sens large définit le moyen de contrôler les luminaires dans un local. Il peut s’agir d’un moyen manuel, semi automatisé ou totalement automatisé [3]. L’économie de l’énergie peut se faire de plusieurs façons mais elle se résume en deux actions principales : soit l’on diminue la consommation en gérant mieux, ce qui est moins coûteux, soit l’on peut substituer la source d’énergie par une autre ce qui n’est pas toujours moins cher. La solution demeure donc une gestion intelligente de l’énergie [2].

Ce premier chapitre basé sur la revue de la littérature présentant ainsi quelques généralités sur l’éclairage, les différentes théories sur la gestion de celle-ci et les détails sur la domotique.

1.2 Généralités sur l’éclairage

Il est difficile de parler de la gestion de l’éclairage sans pouvoir faire l’étude profonde de celle-ci au préalable. Nous soulignerons ici donc que la photométrie est la science de la mesure de l’intensité lumineuse.

Les données de base de la photométrie sont l’intensité, le flux lumineux, l’éclairement et la luminance ; ces quatre facteurs sont liés de manière qu’une source d’éclairage artificielle (une lampe électrique) rayonne dans toutes les directions. Pour mieux comprendre cette partie, la définition de certains termes fondamentaux est d’une importance capitale.

1.2.1 Quelques définitions

- **L’éclairage** : est une radiation émise par une source lumineuse qui n’est pas perçue par l’œil humain. Cette source peut être le soleil, le bois, la bouse, etc. L’éclairage nécessite la connaissance des grandeurs photométriques qui servent à caractériser les propriétés des sources lumineuses et leurs applications. La puissance transmise ou reçue sous forme de rayonnement est appelée flux énergétique et s’exprime en Watt ou joule par seconde, son symbole est W ou J [4].
- **Le flux lumineux** : est la grandeur caractéristique d’un flux de rayonnement exprimant son attitude à produire une sensation, c’est aussi la grandeur qui précise la quantité de lumière émise par une source dans un certain cône qui tombe sur une surface. Son unité est le lumen(lm) L’éclairage se mesure avec le photomètre ou lumen mètre [4].

“ Conception et réalisation d’une centrale d’éclairage électronique ”

- **L’éclairage** : l’éclairage en un point donné est le quotient du flux lumineux (Φ) reçu par un élément de surface, divisé par l’aire globale de la surface (S). En d’autres termes, c’est le flux reçu de la source lumineuse par une surface située à une certaine distance, la façon dont une surface est éclairée. Son unité est le lux [4].
- **Le contraste** : le contraste de luminance est la différence d’éclat entre deux objets ou deux surfaces. Plus grande est la différence entre les degrés de luminosité, plus fort est le contraste [4].
- **La luminance** : il s’agit de la lumière réémise par une source secondaire (la lune reflétant la lumière du soleil par exemple). Dans le système international des unités elle s’exprime en candela par mètre carré (cd/m^2) [5].
- **La radiation** : est une émission des rayons lumineux qui n’est visible que pour une longueur d’onde comprise entre 0,4 et 0,8 μm sous forme d’une lumière monochromatique dont la couleur dépend de sa longueur. Etant caractérisée par sa longueur d’onde (liée directement à son énergie), la radiation sera donc exprimée en nm [5].
- **La lampe** : une lampe est un convertisseur d’énergie. Bien qu’elle puisse trouver d’autres applications, son but premier est la transformation de l’énergie électrique en rayonnement électromagnétique dans le domaine visible. Bien qu’il existe de nombreux moyens de créer de la lumière, la méthode standard de création d’un éclairage général demeure celle de la conversion de l’énergie électrique en lumière [5].
- **L’efficacité lumineuse** : c’est le rapport entre la puissance d’une source lumineuse artificielle et le flux lumineux qu’elle libère. Plus cette efficacité lumineuse est importante, plus le système d’éclairage est économique. Elle se mesure en lumen/Watt (lm/W) [5].

1.2.2 Historique de l’éclairage [6]

L’éclairage est l’ensemble des moyens qui permettent à l’homme de doter son environnement des conditions de luminosité qu’il estime nécessaires à son activité ou son agrément. L’éclairage associe une source lumineuse (naturelle ou artificielle, fixe ou mobile) et d’éventuels dispositifs de type batteries, luminaires ou miroir/puits de lumière. Parlant de l’historique de l’éclairage, les sources artificielles étaient le feu, des lampes à graisse, puis des

“ Conception et réalisation d’une centrale d’éclairage électronique ”

lampes à huile, des torches, des bougies, les lampes à pétroles puis le gaz, puis les lampes à incandescence (traditionnelle ou halogène) puis fluorescentes et électroluminescentes.

Notons que le soleil est la plus ancienne source d’éclairage, voilà à peu près quatre milliards cinq cents millions d’années, bien avant l’apparition du premier homme sur la terre, qu’il inondait déjà de lumière son cortège de planète. Depuis, notre globe tourne autour du soleil en 365 jours 6 heures 8 minutes, tout en tournant sur lui-même et en cela il implique pour nous des « horaires d’éclairage » variables suivant les saisons.

La chronologie des techniques d’éclairage(artificiel)demeure le suivant :

- 1. Le foyer :** consiste en la combustion des matériaux disponibles directement ou indirectement dans la nature (bois, bouse, tourbe...). Il constitue encore aujourd'hui une source d'éclairage pour les populations qui n'ont pas accès d'autres technologies.
- 2. La graisse puis l'huile :** très tôt après la découverte du feu, on trouve la trace du plus vieux système d'éclairage : la lampe à huile. Les plus anciennes lampes à huile étaient constituées d'une simple pierre évidée dans laquelle une mèche trempait. On estime à 20000 av. J.-C. la datation de ces lampes, il est alors probable qu'elles furent utilisées par les femmes et les hommes préhistoriques.
- 3. La chandelle :** réalisée durant des siècles avec du jonc trempé dans de la graisse végétale ou animale. En Occident, à partir du moyen âge la chandelle rivalise avec la lampe à huile.
- 4. La bougie stéarique :** mise au point par Michel-Eugène Chevreul, elle envahit au XIX^e siècle les habitations en raison de son faible prix. La bougie de cire était certes connue, et son éclairage relativement brillant apprécié, mais son prix restait trop élevé pour pénétrer dans tous les foyers.
- 5. Le gaz :** c'est aussi au XVIII^e siècle que l'éclairage au gaz connu en Chine depuis longtemps, parvint en Occident, ceci grâce au principe de la distillation de la houille dans une enceinte close. Nul doute que les études théoriques menées entre 1800 et 1850 en photométrie et en combustion, avec l'apparition du gaz, influent favorablement sur l'évolution technique des lampes. Après les lampes à gaz viennent les lampes électriques.
- 6. Les lampes électriques :** parmi les lampes électriques, on peut citer les lampes à bulles, les lampes à arc, les lampes à filament de carbone, lampe à incandescence

“ Conception et réalisation d’une centrale d’éclairage électronique ”

halogène, fluorescentes et électroluminescentes (à décharge). L’évolution chronologique des techniques d’éclairage peut se résumer en ce schéma ci-dessous :

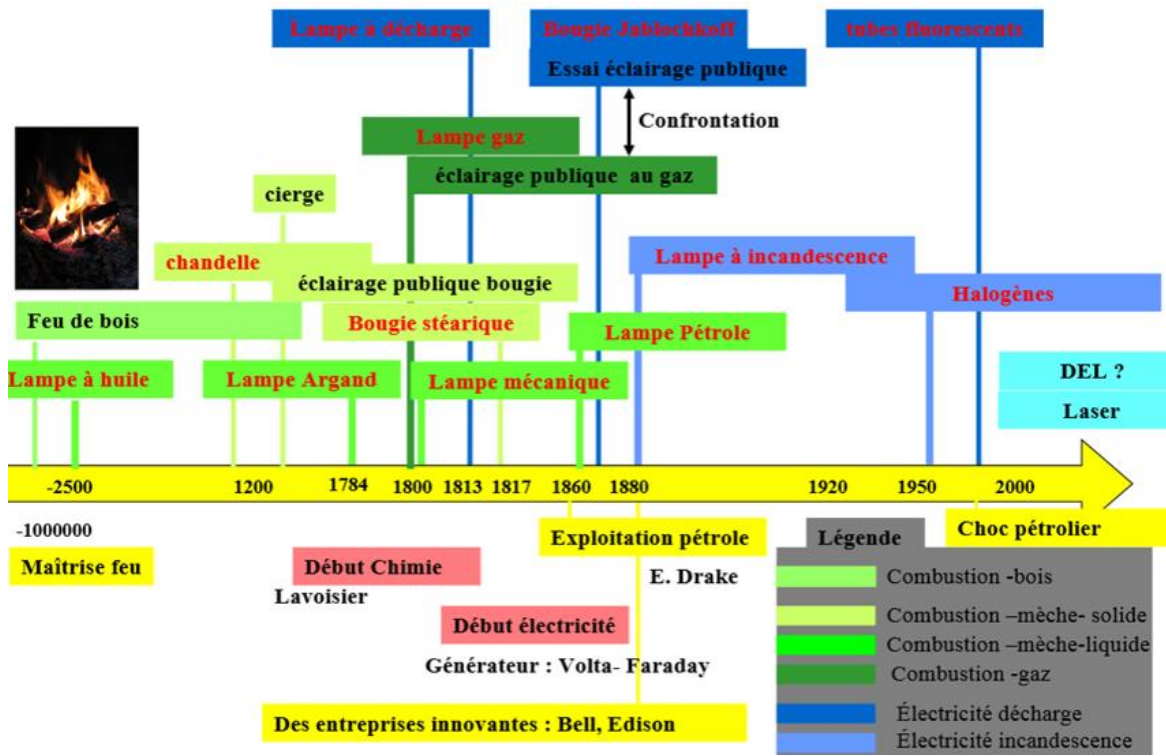


Figure 1: Evolution chronologique de l’éclairage [7]

1.2.3 Différentes sortes des lampes [8]

Il existe trois méthodes différentes pour produire de la lumière pour des lampes : les radiateurs thermiques, les lampes à décharge et les diodes lumineuses (LED). Chaque type de lampe (plus de 1000 types différents) disponible sur le marché entre dans l’une de ces trois technologies. Nous avons donc :

a) Les lampes halogènes (15 à 20lm/W) : la dénomination correcte de la lampe halogène est lampe à incandescence halogène. C’est une amélioration de la lampe à incandescence utilise donc la méthode radiateur thermique pour produire de la lumière, c’est-à-dire qu’un filament est porté à incandescence. L’effet secondaire de la chaleur produit la lumière visible. La bougie, la lampe à gaz et le soleil sont également des radiateurs thermiques.

Une lampe à incandescence halogène produit de la lumière de la même façon qu’une lampe à incandescence, en portant à incandescence un filament de tungstène, mais dans une petite ampoule en verre de quartz remplie de gaz halogénés (iode et brome) à basse pression.



Figure 2 lampe halogène [6]

Cette ampoule fonctionne à de hautes températures où la convection des gaz halogène permet la régénération en continu du filament, au moins partiellement, ce qui augmente la durée de vie de l'ampoule. Cependant l'ampoule ne doit pas être touchée afin d'éviter tout dépôt de graisse qui risque d'entraîner une surchauffe. Afin de pallier ce problème, des verres à double enveloppe ont été créés, nécessitant moins de précautions.

Les lampes à halogène présentent quelques avantages dont le temps de démarrage instantané, et un bon IRC (100). Cependant elles présentent de nombreux désavantages parmi lesquels nous pouvons citer une durée de vie courte(1000h), une température de surface élevée(>200°C), une énergie de fonctionnement élevée(600kWh) et une efficacité lumineuse moyenne (15 à 20lm/W).

b) Les lampes fluorescentes (40 à 70lm/W) : appelée également lampe fluorescente compacte (LFC) ou plus simplement lampe fluo-compacte, est une adaptation du tube industriel à un usage domestique. Ces lampes sont des lampes à décharge, c'est-à-dire que pour leur fonctionnement des décharges rapides (éclairs) sont successivement déclenchées entre deux pôles, pour ces lampes, les « éclairs » sont ultraviolets et convertis en lumière visible avec un verre recouvert de substance luminescente.

C'est un tube fluorescent émettant de la lumière, dont le tube est miniaturisé, plié en deux, trois ou quatre, ou encore enroulé, doté d'un culot contenant un ballast électronique pour les lampes fluo compactes récentes, ou un ballast ferromagnétique pour les anciennes lampes fluo compactes. Elles tendent à être supplantées par les lampes électroluminescentes qui ont un meilleur rendement et sont mieux adaptées aux allumages et extinctions fréquents.



Figure 3 lampe fluorescente [6]

Les lampes fluorescentes présentent des avantages tels qu’une durée de vie plus ou moins longue(6000à15000h), une température de surface moins élevée (jusqu’à 50°C), une efficacité lumineuse élevée(40à70lm/W), et une énergie de fonctionnement faible(150kWh) toutefois leur IRC est faible (80) et leur temps de démarrage n’est pas instantané (20 à 180s).

c) Les lampes à décharge (plus de 100lm/W) : La lumière est produite par une décharge électrique créée entre deux électrodes au sein d’un gaz dans une ampoule de quartz. Toutes ces lampes nécessitent donc un ballast pour limiter le courant dans l’arc. Plusieurs technologies ont donc été développées pour différentes applications.



Figure 4 ampoule à décharge [6]

Les lampes à vapeur de sodium basse pression possèdent le meilleur rendement lumineux, mais leur rendu des couleurs est très mauvais puisque leur rayonnement est monochromatique d’une couleur orangée, celles de haute pression émettent une lumière de couleur blanche légèrement orangée. C’est ce type de lampes de couleur orangée qui est souvent utilisé dans l’éclairage public et routier.

Les lampes à vapeur de mercure haute-pression sont aussi appelées "ballons fluorescents". Elles émettent une lumière de couleur blanche bleutée caractéristique. La

décharge est produite dans une ampoule en quartz ou en céramique à des pressions supérieures à 100 kPa.

Les lampes à halogénures métalliques sont de technologie plus récente. Elles émettent une couleur ayant un spectre large (lumière proche de la lumière naturelle). L’utilisation de tube en céramique permet une meilleure efficacité lumineuse et une meilleure stabilité des couleurs (ce sont les lampes utilisées sur les stades de football).

d) Les lampes électroluminescente (25 à 35lm/W) : une lampe électroluminescente est un dispositif comportant des composants optoélectroniques (diodes électroluminescentes) émettant des photons lorsqu'un courant (champ électrique) électrique parcourt la jonction.



Figure 5 lampes électroluminescentes [9]

Le métal constituant est le gallium (Ga) sous la forme d’arséniure de gallium (AsGa) et arséniure phosphore de gallium (AsGaP) selon les couleurs monochromatiques à obtenir. Les LED fonctionnent en très basse tension et même sous de basse température, ce qui peut être un avantage pour la sécurité électrique dans le bâtiment, leur performance double tous les 2ans et les prix diminuent de 20% chaque année, leur durée de vie est largement supérieure à celle des autres technologies (15000 à 50000h), elles affichent une très bonne efficacité énergétique (80 à 160lm/W). Cependant, le processus de fabrication des LED est relativement énergivore, elles coûtent aussi un peu chères.

1.2.3 Le caractère ondulatoire et corpusculaire de la lumière

Certains phénomènes ne peuvent être expliqués complètement qu’en prenant en compte leurs caractéristiques ondulatoires et particulaires, ces deux phénomènes ne s’opposent, ils sont complémentaires. En physique, la dualité onde corpuscule est un principe selon lequel tous les objets physiques peuvent présenter parfois des propriétés d’ondes et parfois des propriétés de corpuscule. La lumière présente les deux aspects complémentaires selon les conditions d’expérience : elle apparaît soit ondulatoire, d’où le concept longueur

d’onde, soit corpusculaire, d’où le concept photons [6]. Parlant de son caractère ondulatoire la lumière correspond aux ondes électromagnétiques de longueur d’onde visible par l’œil humain, ainsi comme toute onde la lumière est définie par une célérité, une longueur d’onde, une période et donc une fréquence ; certains phénomènes tels que les interférences et la diffraction ne peuvent être expliqués que si la lumière est une onde.

Cependant, au vu de son caractère particulière, la nature ondulatoire ne suffisait pas à elle-même pour expliquer certains phénomènes en particulier l’effet photoélectrique (émission d’électrons par une matière exposée à une lumière ou un autre rayonnement électromagnétique) qui fut interprété par Einstein. Il fit l’hypothèse que l’énergie de la lumière est quantifiée et que chaque quanta d’énergie est associé à une particule de lumière qui fut nommé ‘‘photon’’ ainsi certains phénomènes nécessitent de considérer que la lumière est composée d’un flux de photons. L’aspect corpusculaire de la lumière explique sa faculté à se propager dans le vide. Il n’est donc pas possible de considérer la lumière comme un phénomène purement ondulatoire ou particulière, chaque description est incomplète sans l’autre [10].

1.2.4 Les caractéristiques d’un bon éclairage [5]

Un mauvais éclairage engendre des conséquences non négligeables entre autres les chutes et la fatigue visuelle, les maux de tête, la dénaturation des objets et/ou aliments éclairés, le gêne, la fatigue, danger en cas d’utilisation des machines. Ainsi il a été établi des exigences(normes)pour un bon éclairage.

Pour qu’une pièce, un local, ou une surface de travail soit bien éclairé il faut :

- Eviter le manque d’éclairage ;
- Eviter l’excès d’éclairage, d’éblouissement, les ombres et les contrastes lumineux entre les zones de travail ;
- Eviter l’effet stroboscopique(clignotement) ;
- Eviter la surchauffe du lieu de travail ;
- Avoir un bon rendu des couleurs.

Pour obtenir un bon éclairage on doit procéder de manière à avoir des luminaires de puissance suffisante, un éclairage de secours, peu d’écart d’éclairage entre les différents lieux de travail, un éclairage complémentaire ; utiliser des sources lumineuses ayant un bon IRC, éviter l’éclairage direct et les réflexions sur les surfaces, placer les sources lumineuses loin de lieu de travail, favoriser le système produisant peu de chaleur, nettoyer les luminaires [5].

1.2.5 Normalisation domestique de l’éclairage

D’après l’association française de l’éclairage, le minima d’éclairement dans certaines pièces domestiques et selon certaines activités s’illustre par le tableau ci-dessous :

Tableau 1 Minima d’éclairement domestique [11].

Catégorie	Lieu	Lux
Habitation	Lecture et travail d’écopier	300
	Lingerie et repassage	100
	Voie de circulation extérieure	10
	Salon	300
	Chambre à coucher	200
	Couloirs, escaliers, pièces aveugles	200
	Lieu de travail extérieur	40
	Cuisine	300
	Salle à manger	200
Hotels	Réception et hall	300
	Salle de séminaire et de réunion	300
Stockage	Entrepôt	150

1.2.6 Théories sur la gestion de l’éclairage

La gestion de l’éclairage est le moyen de contrôler les luminaires dans un espace donné. Elle permet de bénéficier du meilleur compromis entre la durée de vie moyenne des sources lumineuses, l’économie d’énergie et le confort des utilisateurs et peut se faire manuellement, semi-automatiquement ou automatiquement [12].

1.2.6.1 Gestion manuelle

La gestion manuelle (système de gestion basique) est la plus couramment utilisée, elle peut se définir comme celle qui nécessite l’intervention d’un utilisateur pour pouvoir changer d’état, c’est-à-dire que l’occupant allume ou pas l’éclairage en fonction de sa sensibilité personnelle et des conditions d’ambiance du local dans lequel il se trouve [3]. Parmi les actionneurs de commandes manuelles nous pouvons mentionner les interrupteurs, les potentiomètres gradateurs variateurs et boutons poussoirs qui permettent à l'utilisateur d’éteindre, d’allumer et de faire varier l’intensité de l’éclairage, et les télécommandes sans fil ou murales (système est économique à l’installation car ne nécessitant aucun câblage) qui permettent de programmer des ambiances lumineuses, de les mémoriser et de les activer [13].

L’allumage et/ou l’extinction manuelle est le moyen le plus facile de contrôler les lampes, il s’agit tout simplement d’allumer ou d’éteindre (en contrôlant le circuit électrique) les lampes en fonction des besoins au moyens des interrupteurs. Evidemment ces systèmes ne permettent pas de réaliser d’importantes économies d’énergies ou elles sont au détriment du confort des utilisateurs.

1.2.6.2 Gestion semi-automatique

La gestion semi-automatique est un couplage de la gestion manuelle et la gestion automatique c’est-à-dire qu’elle prend en compte les commandes manuelles et les commandes automatiques, une partie de la commande est laissée à la discrétion de l’utilisateur et l’autre se fait automatiquement. De préférence, on utilise la gestion semi-automatique dans les locaux de courte durée d’occupation comme les couloirs et les escaliers dans lesquels on ne peut pas négliger la consommation de l’énergie par l’éclairage [14].

Prenons pour exemples le couplage un détecteur de présence(absence) à bouton poussoir pour que l’utilisateur allume la lampe et que celle-ci s’éteigne quand elle aura détecté son absence, on peut aussi y placer une minuterie actionnée par un bouton poussoir et permettant d’allumer l’éclairage pendant un temps défini au préalable. La gestion semi-automatique permet une importante économie d’énergie. Le système détecteur de présence / cellules photoélectriques doublés par une commande manuelle par exemple, permettent d’économiser jusqu’à 60 % d’énergie [13].

1.2.6.3 Gestion automatique

La gestion automatique de l’éclairage est un système permettant de mettre une pièce en lumière sans l’aide d’un interrupteur, c’est-à-dire que l’on peut se passer des interrupteurs et la gestion de l’éclairage peut se faire même à distance. Elle permet non seulement de réaliser une forte économie d’énergie (va jusqu’à 60%) mais elle répond également aux nouvelles normes de l’éclairage dans les bâtiments [15]. En République Française par exemple la gestion de l’éclairage comprend au minimum la détection de présence qui garantit l’extinction des espaces inoccupés, et la prise en compte des apports de lumière du jour qui permet de limiter le recours à l’éclairage artificiel. L’arrêté du 3 mai 2007 modifié par l’arrêté du 22 mars 2017 exige qu’une installation rénovée soit équipée de systèmes de détection de présence et de lumière du jour [16].

Parmi les actionneurs de la gestion automatique nous pouvons citer les détecteurs de présence(détecteur infrarouge) permettant d’éclairer les zones de travail ou les circulations

seulement lorsqu’elles sont occupées, les cellules photosensibles qui sont des détecteurs permettant d’allumer, d’éteindre voire d’adapter l’éclairage produit par un ou plusieurs luminaires en fonction de la lumière ambiante, les horloges calendaires et horaires qui permettent de commander l’allumage et l’extinction des luminaires et les multi-capteurs : qui permettent de remplacer plusieurs détecteurs comme la cellule photosensible et le détecteur de présence et peuvent être commandées à distance [13].

Les systèmes d’éclairages intelligents permettent de réduire la consommation de l’énergie électrique. Ces réductions de consommation sont réalisables du fait que les lampes utilisées dans de tels systèmes sont en communication permanente les unes avec les autres et avec l’environnement, grâce à une commande intégrée et adaptent leur performance aux conditions variables, comme la lumière du jour et le flux de personnes [17].

1.2.7 Quelques applications de l’éclairage intelligent

a) L’éclairage extérieur intelligent

Le pilotage de l’éclairage public était uniquement géré par des systèmes centralisés d’enclenchement et de déclenchement des luminaires, fonctionnant grâce à des automates reliés à des horaires programmés ou des horloges astronomiques. Mais aujourd’hui grâce à la technologie LED (Diode Electroluminescente), le pilotage de l’éclairage à évoluer d’un fonctionnement on/off vers les systèmes de gestion dits intelligents. Par sa flexibilité, la technologie LED permet de prévoir un enclenchement instantané des luminaires. Il est centré sur l’efficacité et le respect de l’environnement. [17]

b) L’éclairage intérieur

Cet éclairage intelligent intervient dans la gestion technique des bâtiments (GTB). La GTB est un système informatique généralement installé dans des grands bâtiments ou des installations industrielles afin de superviser l’ensemble des équipements qui y sont installés.

C’est un domaine qui remplit de nombreuses fonctions comme :

- Le confort (optimisation de l’éclairage, du chauffage, ouverture automatique de la porte du garage...);
- La gestion d’énergie (programmation, optimisation de la température de la maison pour économiser...);
- La sécurité (détections d’intrusions, fuites de gaz...);
- La communication (comme les commandes à distance ou l’émission de signaux destinés à l'utilisateur) [17].

1.3 Détails sur la domotique

1.3.1 Description

Le terme domotique vient du mot [domo (domus) + tique] qui veut dire [domicile + technique ou informatique] et scientifiquement, elle a la capacité d’augmenter le confort de l’habitant à travers un ensemble de technologies qui permet l’automatisation des équipements de l’habitat, et de mieux gérer son environnement, elle permet également de sécuriser le logement et de faire entrer de plain-pied les loisirs numériques, l’informatique et les moyens de communication les plus modernes dans notre quotidien.

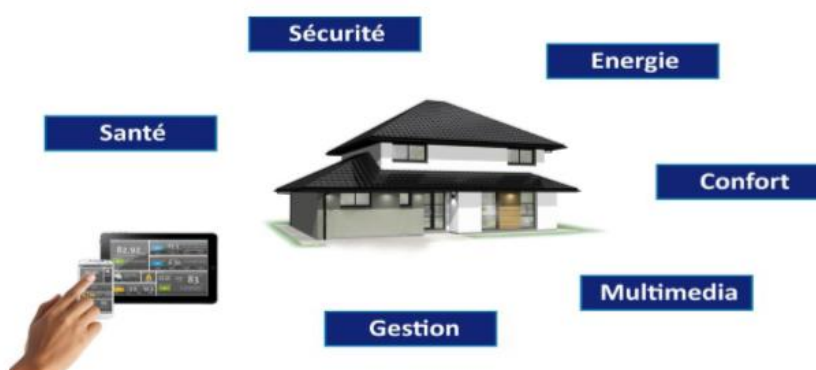


Figure 6 Exemple illustratif d'une maison intelligente [17]

La domotique est un concept de plus en plus discuté récemment et pourtant, il ne s’agit pas d’un concept nouveau. Dès les années 80 ces technologies évoluent et gagnent en popularité. Dans le domaine de la domotique on trouve les maisons intelligentes (Smart Home) qui sont des résidences équipées de technologie informatique qui assistent ses habitants dans les situations diverses de la vie domestique en essayant de gérer de manière optimale leur confort et leur sécurité par action sur la maison comme l’éclairage, la fermeture des volets roulants, la régulation des températures, etc. [17]

1.3.2 Les avantages de la domotique [17]

La domotique présente plusieurs avantages notamment :

- **Bien être** : La domotique simplifie la vie et la rend plus aisée.
- **Augmentation de l’efficacité énergétique** : la domotique est capable de rendre l’espace plus économe en énergie, par exemple, en utilisant un thermostat intelligent programmable pour contrôler plus précisément le chauffage ou le refroidissement de la maison.
- **Contrôle à distance** : la domotique a le pouvoir de contrôler à distance les fonctions de la maison, par exemple, on peut demander à la maison de se rafraîchir avant de rentrer du travail.

“ Conception et réalisation d’une centrale d’éclairage électronique ”

- **La surveillance** : quand on intègre des fonctionnalités de sécurité et de surveillance à réseau domestique donc la sécurité de la maison augmente, par exemple, on peut choisir de recevoir des alertes de sécurité en temps réel soit quand on est à la maison ou à l’autre bout du monde.
- **L’économie d’énergie** : la domotique permet de diminuer le coût des factures d’énergie, de minimiser le gaspillage et de maîtriser la consommation d’électricité, d’eau et même de gaz, donc on pourra piloter l’énergie pour qu’elle soit attribuée au besoin.

1.3.3 Les inconvénients de la domotique [17]

Parmi les inconvénients de la domotique nous pouvons citer :

- **Perte de contrôle de sa vie** : La domotique nous impose une manière de vivre, elle crée également des besoins que nous serons obligés d’accepter. De plus, malgré l’indépendance qu’elle nous procure, elle est une porte ouverte à la société sur notre vie.
- **Le coût** : Le plus gros problème d’un système de maison intelligente est le coût, car il existe un grand nombre d’entreprises qui fournissent le système de maison intelligente mais tous sont assez chers c’est quelque chose que seuls quelques-uns peuvent se permettre.
- **Dépendance d’internet** : L’exigence de base pour le système de maison intelligente est l’Internet, sans une bonne et forte connexion Internet, vous ne serez pas capable de prendre le contrôle.

1.4 Conclusion partielle

En bref, le présent chapitre a eu à faire un aperçu sur les généralités de l’éclairage et celle de la domotique donnant ainsi les principaux détails sur ces derniers. Eu égard à ce qui a été illustré ci-haut, on peut dire que la domotique est un système révolutionnaire voué à évoluer encore plus dans le futur. Ce système pourra s’avérer très nécessaire dans le futur grâce à son pouvoir du contrôle de la maison à distance (exemple depuis le boulot), et ce pour une question de confort mais son cout élevé la rend peu accessible et demeure une contrainte importante.

CHAPITRE 2 : ÉTUDE DU SYSTÈME

2.1 Introduction partielle

Ce chapitre est consacré à l’étude profonde du système par la présentation des éléments essentiels de sa réalisation et la justifiant le choix de chacun d’eux. Ensuite, vient le principe de fonctionnement du système est expliqué en détail en partant du schéma de principe pour enfin clore le chapitre par une conclusion partielle.

2.2 Cahier des charges du système

1) Besoin fonctionnel

La gestion optimale de l’éclairage en vue de la diminution de la consommation de l’énergie électrique nécessite le déploiement des solutions et techniques innovantes pour améliorer la fourniture, la continuité du service mais aussi le confort de l’utilisateur.

L’allumage et l’extinction des lampes par la réception d’un message permettent d’utiliser l’éclairage en fonction des besoins et surtout de pouvoir le contrôler même à distance.

2) Schéma bloc

Pour le schéma bloc représenté à la figure 7 nous avons les éléments suivants :

- **L’unité de traitement** : elle est principalement constituée du microcontrôleur Arduino qui gère toutes les opérations du système ; en d’autres termes tous les processus de traitement d’information sont effectués par le microcontrôleur ainsi que la logique de gestion optimale.
- **L’unité de transmission** : elle est constituée du module GSM qui permet la communication entre l’utilisateur et l’unité de traitement. Les données envoyées (SMS) via un téléphone mobile sont prises en compte par le microcontrôleur (unité de contrôle) qui à son tour déclenche le module relais (actionneur).
- **L’unité de commande des lampes(actionnaire)** : elle est constituée du module relais qui reçoit les instructions de l’unité de traitement et applique ces dernières aux lampes.

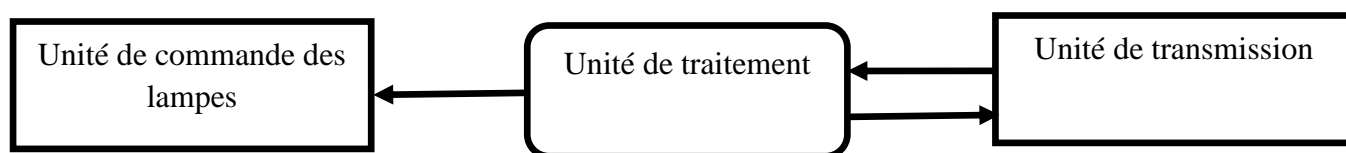


Figure 7 Schéma bloc du système

2.2 Présentation des équipements de réalisation

Le système comprend deux grandes parties à savoir la partie matérielle et une partie logicielle.

2.2.1 Partie matérielle

A) Arduino UNO

a) Présentation de la carte Arduino [17]

L’Arduino UNO est une carte électronique basée autour d’un microcontrôleur Atmega328P du fabricant Atmel. Il existe plusieurs autres types comme : le MEGA, DUO...etc. Le programme est stocké et exécuté par le microcontrôleur pour les différentes tâches.



Figure 8 Carte Arduino UNO [18]

L’intérêt principal des cartes ARDUINO est leur facilité de mise en œuvre. ARDUINO fournit un environnement de développement s'appuyant sur des outils open source. Le chargement du programme dans la mémoire du microcontrôleur se fait de façon très simple par port USB.

b) Caractéristiques techniques [18]

Pour fonctionner, la carte a besoin d'une alimentation. Le microcontrôleur fonctionnant sous 5V, la carte peut être alimentée en 5V par le port USB ou bien par une alimentation externe qui est comprise entre 7V et 12V. Cette tension doit être continue et peut par exemple être fournie par une pile 9V. Un régulateur se charge ensuite de réduire la tension à 5V pour le bon fonctionnement de la carte. Pas de danger de tout griller, il faut respecter l'intervalle de 7V à 15V. Ces caractéristiques peuvent se résumer dans le tableau suivant :

“ Conception et réalisation d’une centrale d’éclairage électronique ”

Tableau 2 Caractéristiques techniques Arduino UNO

Arduino UNO	Caractéristiques
Microcontrôleur	Atmega328
Fréquence horloge	16Mhz
Tension de fonctionnement	5V
Tension d’alimentation(limite)	7-12V
Tension d’alimentation(recommandé)	6-20V
Broches E/S numériques	14
Broches d’entrée analogiques	6(Utilisables en broches E/S numériques)
Intensité maximale disponible par broches	40mA
Intensité maximale disponible pour la sortie 3.3V	50mA
Intensité maximale disponible pour la sortie 5V	500mA max sur port USB
Mémoire programme flash	32KB(Atmega328)
Mémoire SRAM	1KB(Atmega328)
Mémoire EORAM	2KB(Atmega328)
Interface	USB (permet d’alimenter la carte et de transférer les programmes vers la carte)
Alimentation externe	Jack
Dimension	6.86cm × 5.3 cm

Il faut noter que le choix de la carte Arduino est justifié par ses différentes caractéristiques suivantes notamment un nombre suffisant de broches d’entrées/sorties pour notre réalisation, un bon marché avec un prix abordable, une adaptation parfaite à tous ceux qui veulent faire leurs premières armes avec un microcontrôleur et pour débiter la programmation Arduino.

B) Modules

1) Module GSM (SIM 800L)

Le module GSM SIM800L est un mini module qui fournit les données 2G GSM et GPRS. Il est de petite taille et consomme peu d’énergie. Deux fois la taille d’une pièce de monnaie, c’est un module idéal pour de petits projets et son courant de travail en mode veille est de 1mA. Il supporte le réseau quadri bande GSM/GPRS disponible pour la transmission à distance des données de message SMS et GPRS [19].

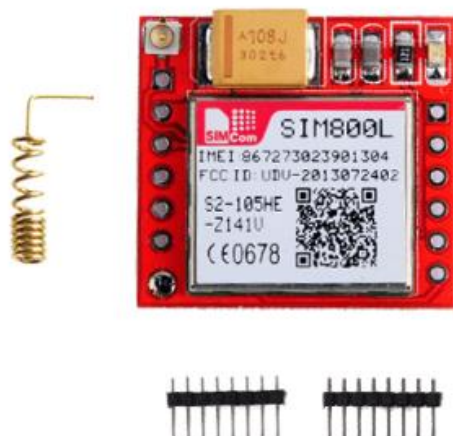


Figure 9 Module GSM SIM800L [19]

Le SIM800L communique avec le microcontrôleur via le port UART, il utilise une interface de communication série et prend en charge la technologie A-GPS qui aide à maintenir la position interne du réseau cellulaire (elle peut être aussi un module de suivi). Compatible avec Arduino UNO, une mini antenne GSM y est incluse mais une alimentation externe est nécessaire [19].

Parlant de ses caractéristiques, il faut noter que le module GSM SIM800L est le plus petit du monde avec une taille de 2.2cm×1.8 et possède une mémoire RAM de 32bits. Sa tension de fonctionnement varie entre 3.4 et 4.4, l'alimentation 5V de l'Arduino ne lui convient pas, pour contrer ce problème d'alimentation on ajoute une diode 1N4007 entre le 5V de l'Arduino et le pin VCC du SIM800L. Le SIM800L nécessite un pic de courant d'environ 2A. La pin reset doit être relié au 3.3V de l'Arduino [20].

Le choix du module GSM se justifie par sa capacité à transmettre les informations à de très grandes distances contrairement au module Bluetooth par exemple qui ne fonctionne que sur 100mètres carré et les ondes radio qui n'émettent le signal qu'à des distances très limitées.

2) Module relais (entrée 5V)

Lorsqu'on développe un système domotique, il est courant d'utiliser un module relais multicanal. Ces modules comportent plusieurs sorties relais (2,4,8 ou 16) et proposent un branchement facilité. Cela permet de piloter plusieurs appareils à l'aide d'un microcontrôleur.

Le module 4 relais Arduino que nous avons utilisé dans notre circuit est typiquement utilisé pour actionner des accessoires de tension élevée, en DC ou AC, et cela toujours à partir d'un microcontrôleur Arduino [21].

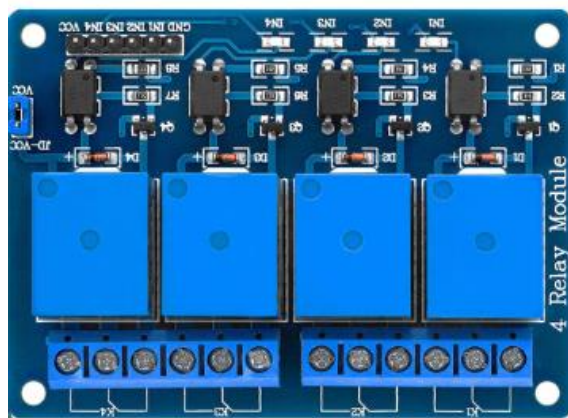


Figure 10 Module relais 4 canaux [22]

Le module relais 4canaux présente une rangée de broche en entrée, la broche GND se branche à la masse de l’alimentation et à la masse du microcontrôleur. Si les masses ne sont pas reliées correctement, les signaux de commande ne seront pas pris en compte. La broche VCC se branche au 5V de l’alimentation et les broches INX sont reliées aux sorties du microcontrôleur [22].

Ce module présente les caractéristiques suivantes :

- Tension maximale : 250VCA/30VCC
- 4 sorties relais RTC
- Commutation capacité : 10A
- Pouvoir de coupure :30V/10A max
- Taille :7,5×5,5×1,8cm
- Poids : 68g [21]

2.2.2 Partie logicielle

L’ordinogramme du système se présente comme suit :

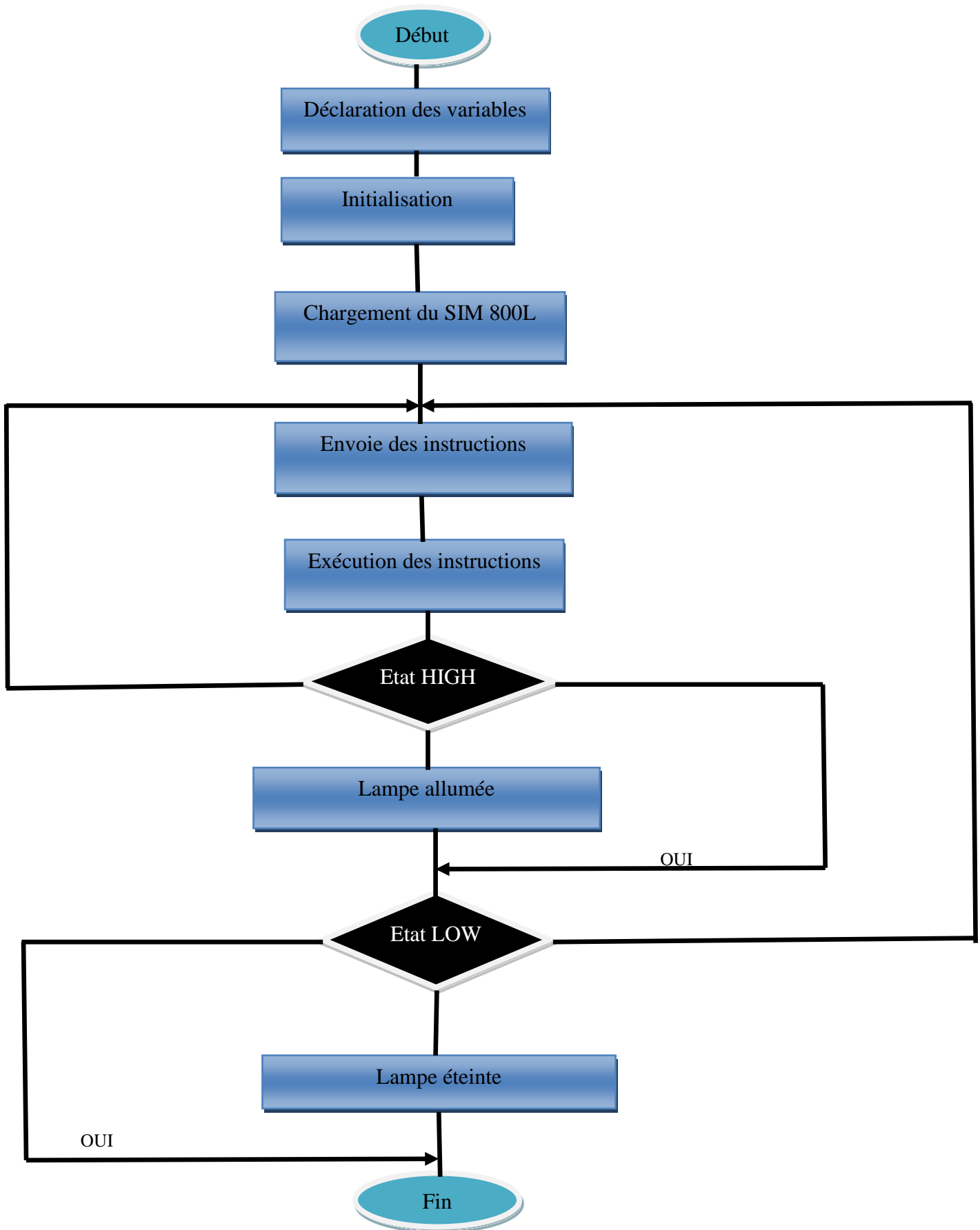


Figure 11 Ordinogramme du système

2.3 Principe de fonctionnement du système

2.3.1 Schéma de principe

Le schéma de principe de notre système se présente par la figure ci-dessous :

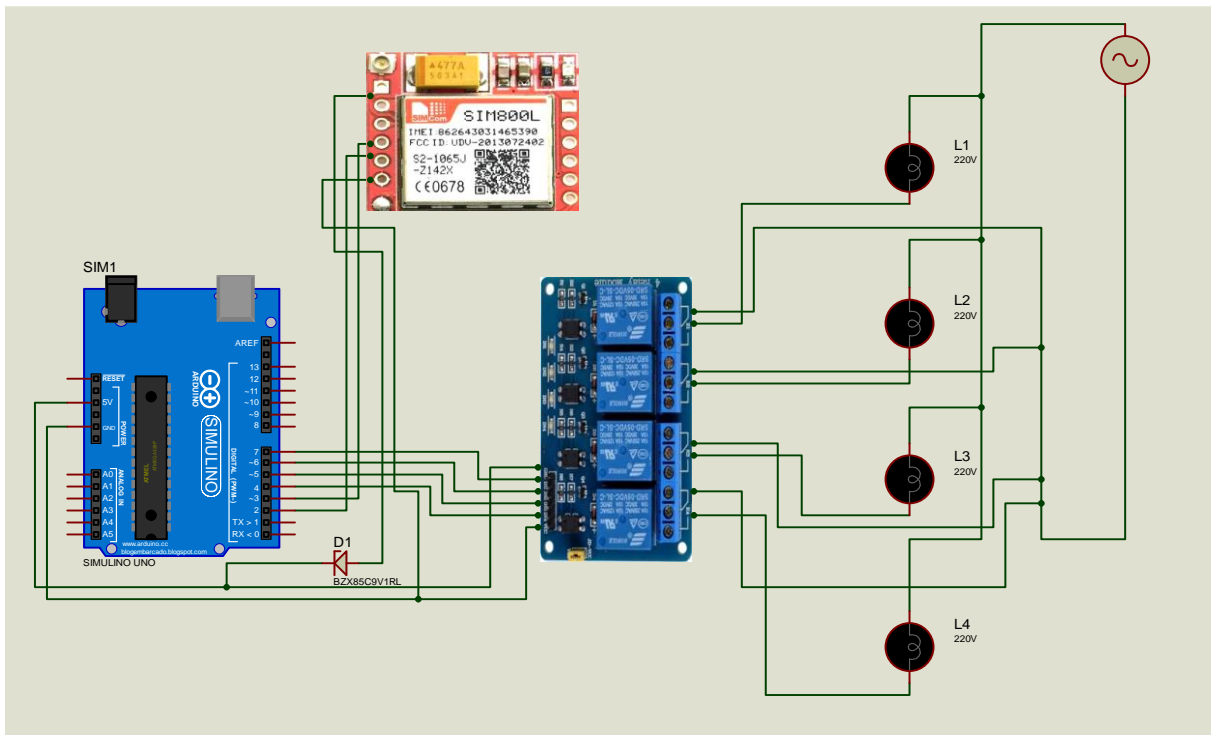


Figure 12 Schéma de principe du système

2.3.2 Fonctionnement

Le système d’éclairage électronique qui fait l’objet de notre étude est un système centralisé, c’est-à-dire que les équipements de ce système sont mis en réseau grâce à un système sans fil (radio, infrarouge, WIFI) ou par des liaisons filaires plus stables (Bus, Ethernet) et contrôlés par une intelligence centralisée (modules embarqués, centrale programmable, interface microinformatique) grâce à laquelle ils communiquent. Ce dit système est un automate GSM, c’est-à-dire qu’il utilise une carte SIM pour communiquer avec l’utilisateur en vue de l’acheminement fidèle et fiable des informations. Il base son fonctionnement sur le microcontrôleur, qui communique avec le module relais et le module GSM.

Après avoir téléversé le code dans le microcontrôleur, l’on peut envoyer le message contenant le code d’allumage ou d’extinction des lampes via un téléphone (voir annexe pour les différents codes d’allumage et d’extinction des différentes lampes). Une fois le message envoyé, le microcontrôleur délivre un signal de 5V au module relais pour déclencher l’interrupteur.

D’une part, le module relais s’active par un signal de déclenchement de bas niveau appliqué à sa broche IN1 ou IN2 selon le cas. Lorsque le signal de déclenchement est appliqué, le transistor s’active et amplifie le signal ; cela déclenche l’activation du relais à la broche NO et NC. La LED rouge s’allumera pour indiquer que le relais est activé, lorsque le déclenchement est supprimé, le transistor s’éteint et le relais s’éteint. La charge est alors déconnectée sur la broche NO. La LED s’éteindra pour indiquer que le relais est éteint.

D’autre part, le module GSM possède 4 broches utiles pour nous ; la broche + (3.4 à 4.4V), la broche GND (la masse), la broche TX qui émet vers la broche RX de l’UNO et la broche RX qui reçoit de la broche TX de l’UNO. Les pièges avec le module GSM est que l’on peut rencontrer des modules avec les broches RX et TX inversées ; l’autre piège demeure l’extrême sensibilité du module à l’alimentation d’où l’utilisation du condensateur que nous avons mis dans le circuit. L’organigramme du fonctionnement de notre système se présente comme suit :

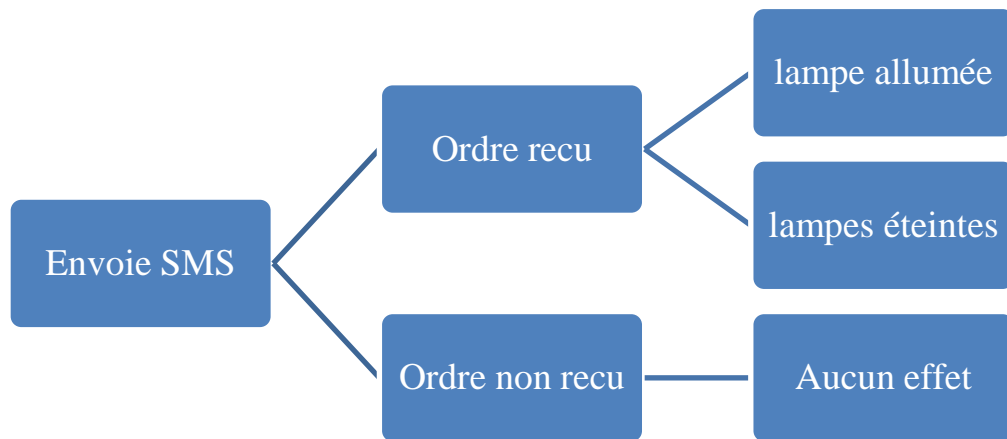


Figure 13 Organigramme de fonctionnement.

La difficulté que l’on peut rencontrer avec ce genre de système demeure la perturbation du réseau qui implique la non-réception de l’ordre (signal) par le système ; voilà pourquoi il est toujours conseillé d’avoir des commandes manuelles auxquelles l’on peut recourir en cas de dysfonctionnement (cela reste une perspective pour l’amélioration du système).

2.4 Conclusion partielle

Ce chapitre étant celui de la conception et de l’étude du système, nous y avons expliqué dans les détails les différents blocs composants celui-ci et le principe de fonctionnement de ce dernier (partie logicielle et matérielle). Nous avons également parlé des composants et des modules utilisés dans le projet en donnant leurs caractéristiques techniques et justifiant chacun de leur choix.

CHAPITRE 3 : MODÉLISATION ET RÉALISATION DE LA DOMOTIQUE

3.1 Introduction partielle

Après avoir fait précédemment une description théorique sur les dispositifs que nous allons utiliser, nous proposons dans ce chapitre, la réalisation pratique du système d’éclairage intelligent selon les besoins mis au point.

3.2 Modélisation

Cette partie est celle de l’étude du modèle du système à réaliser et de l’interprétation des résultats trouvés en comparant le système avant et après application de la domotique, notamment le gain en énergie par l’application de la gestion automatique de l’éclairage

3.2.1 Possibilité d’allumage des lampes

Les quatre lampes représentent les quatre sortes de lumière pour les bâtiments à usage domestique :

- L1 représente les lumières de la salle de séjour (salon, salle à manger, etc.)
- L2 représente les lumières des chambres à coucher
- L3 représente les lumières des couloirs et pièces aveugles (escaliers, etc.)
- L4 représente les lumières extérieures (voie de circulation extérieure, etc.)

Les possibilités d’allumage de ces lampes se résument dans la formule de la combinaison de n éléments pris p à p ; nous aurons donc :

$$C_p^n = \frac{n!}{p!(n-p)!} \quad (1)$$

Soit n le nombre des lampes et p les possibilités d’allumage.

Nous remarquons que nous avons 15 possibilités d’allumage détaillées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 3 Possibilité d’allumage des lampes

Combinaison de n éléments pris par p				
Combinaison de 4 éléments pris par 1				
Lampes	L1	L2	L3	L4
Combinaison de 4 éléments pris par 2				
Lampes	L1	L2	L3	L4
L1	X	L1L2	L1L3	L1L4
L2	X	X	L2L3	L2L4
L3	X	X	X	L3L4

‘ Conception et réalisation d’une centrale d’éclairage électronique ’

L4	X	X	X	X
Combinaison de 4 éléments pris par 3				
	L1L2L3	L1L2L4	L2L3L4	L1L3L4
Combinaison de 4 éléments pris par 4				
L1L2L3L4				

3.2.2 Estimation des habitudes d’allumage dans un bâtiment à usage domestique

Avant de présenter les heures habituelles d’allumage des lampes, rappelons que comme il a été souligné ci haut, les quatre lampes représentent les quatre sortes de lumière pour l’usage domestique. Concernant les habitudes d’allumage des lampes domestiques, la formule ci-dessous nous permet de calculer l’énergie consommée dans chaque pièce par jour.

$$E = (P \times T). 10^{-3} \tag{2}$$

Avec :

- E : L’énergie consommée en kilowattheure la puissance de la lampe ;
- P : La puissance de la lampe en Watt ;
- T : La somme des heures d’allumage des lampes par jour.

Cette même formule reste d’usage pour l’énergie consommée après l’application de la domotique. En nous basant sur les habitudes d’allumage des lampes dans notre ménage, nous avons pu recueillir les données se trouvant dans le tableau ci-dessous :

Tableau 4 Heures d’allumage des lampes avant domotique

Estimation d’habitude journalière d’allumage des lampes domestiques				
Pièces de la maison et lampes	Salle de séjour	Chambres	Couloirs	Extérieur
	L1	L2	L3	L4
Puissance (en W)	7	5	7	18
Temps d’allumage en heures				
Matin	1	1	0.3	0
Midi	0	0	0.3	0
Soir	4	6	0.3	4
Nuit	0	2	0.15	8
Somme	5	9	1.05	12
Énergie consommée en kWh	0.035	0.045	0.00735	0.216

En tenant compte du tableau ci-haut, nous pouvons conclure que l’allumage d’une lampe ne peut pas excéder 12h par jour.

3.2.3 Consommation mensuelle domestique

Les données suivantes ont été recueillies sur base des estimations des habitudes journalières d’allumage des lampes dans notre ménage. On les calcule à partir de la formule des nombres cumulés croissants suivante :

$$n_{cc} = \sum_{i=1}^{30} X_i \quad (3)$$

Avec :

- n_{cc} : Le nombre cumulé croissant des consommations journalières des lampes en kilowattheure ;
- X_i : La consommation journalière en kilowattheure.

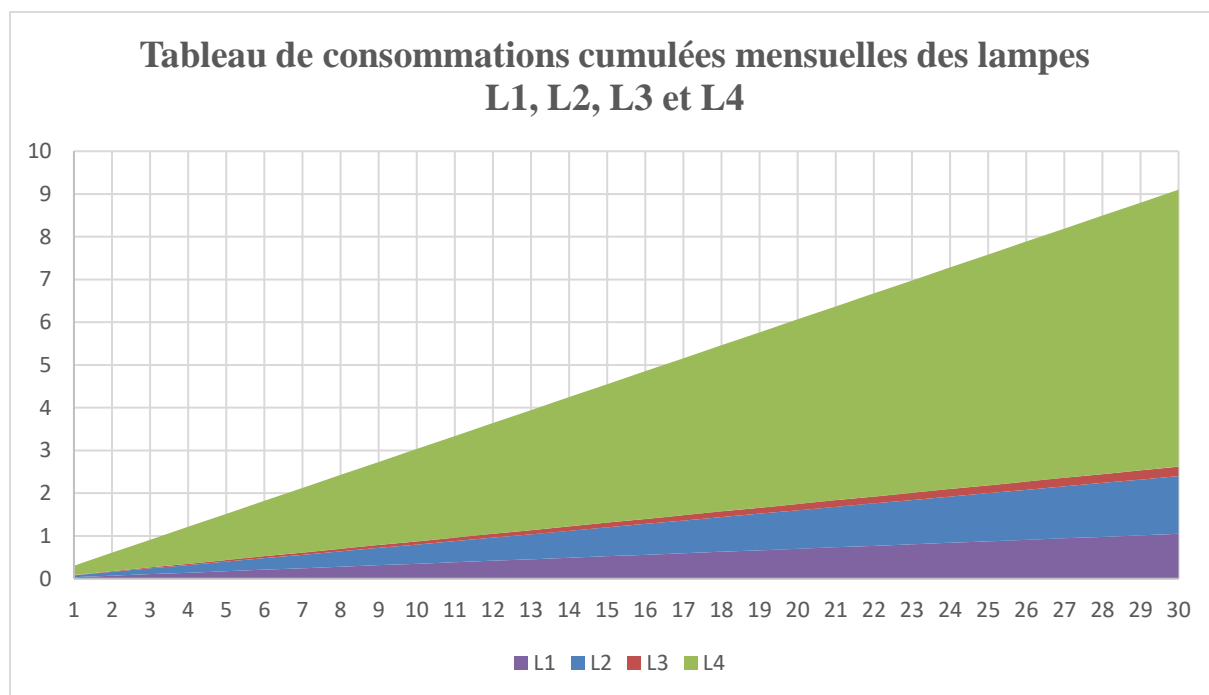
Il faut noter qu’en se basant sur le tableau4 qui représente la consommation journalière de chacune de lampe avant application de la domotique nous avons avec la formule ci-dessus généré les nombres suivants en kilowattheure. Cette formule reste d’application pour les données après domotique, nous avons pu recueillir sur 30 jours dans le tableau ci-dessous les données suivantes auxquelles nous avons associé les courbes cumulées de consommation suivante :

Tableau 5 Données journalières avant domotique

N°	L1	L2	L3	L4
1	0,035	0,045	0,00735	0,216
2	0,07	0,09	0,0147	0,432
3	0,105	0,135	0,02205	0,648
4	0,14	0,18	0,0294	0,864
5	0,175	0,225	0,03675	1,08
6	0,21	0,27	0,0441	1,296
7	0,245	0,315	0,05145	1,512
8	0,28	0,36	0,0588	1,728
9	0,315	0,405	0,06615	1,944
10	0,35	0,45	0,0735	2,16
11	0,385	0,495	0,08085	2,376
12	0,42	0,54	0,0882	2,592
13	0,455	0,585	0,09555	2,808

“ Conception et réalisation d’une centrale d’éclairage électronique ”

14	0,49	0,63	0,1029	3,024
15	0,525	0,675	0,11025	3,24
16	0,56	0,72	0,1176	3,456
17	0,595	0,765	0,12495	3,672
18	0,63	0,81	0,1323	3,888
19	0,665	0,855	0,13965	4,104
20	0,7	0,9	0,147	4,32
21	0,735	0,945	0,15435	4,536
22	0,77	0,99	0,1617	4,752
23	0,805	1,035	0,16905	4,968
24	0,84	1,08	0,1764	5,184
25	0,875	1,125	0,18375	5,4
26	0,91	1,17	0,1911	5,616
27	0,945	1,215	0,19845	5,832
28	0,98	1,26	0,2058	6,048
29	1,015	1,305	0,21315	6,264
30	1,05	1,35	0,2205	6,48



‘‘ Conception et réalisation d’une centrale d’éclairage électronique ’’

De ce qui précède nous remarquons que la lampe L4 est la lampe la plus consommatrice de l’énergie ce qui est tout à fait normale car elle représente non seulement la lumière extérieure mais aussi elle possède une grande puissance et un temps long d’utilisation.

3.2.4 Consommation mensuelle après application de la domotique

En ce qui concerne la modélisation de la domotique, il faut noter que nous avons entrepris de générer via Scilab une série des nombres aléatoires en nous basant sur les hypothèses suivantes :

- La durée de l’allumage d’une ampoule ne peut pas excéder 12h
- Cela implique dans une subdivision matin, midi, soir, nuit que la durée d’allumage d’une ampoule ne peut excéder 3h en moyenne
- Ensuite nous avons estimé que la durée minimale d’allumage d’une ampoule est de 6min soit 0.1h

De tout ce qui précède, il sied de noter que les nombres aléatoires générés par Scilab (voir annexe pour les codes Scilab) devront être compris entre 0.1 et 3. Nous avons ainsi généré le tableau suivant :

Tableau 6 Heures d’allumage après domotique

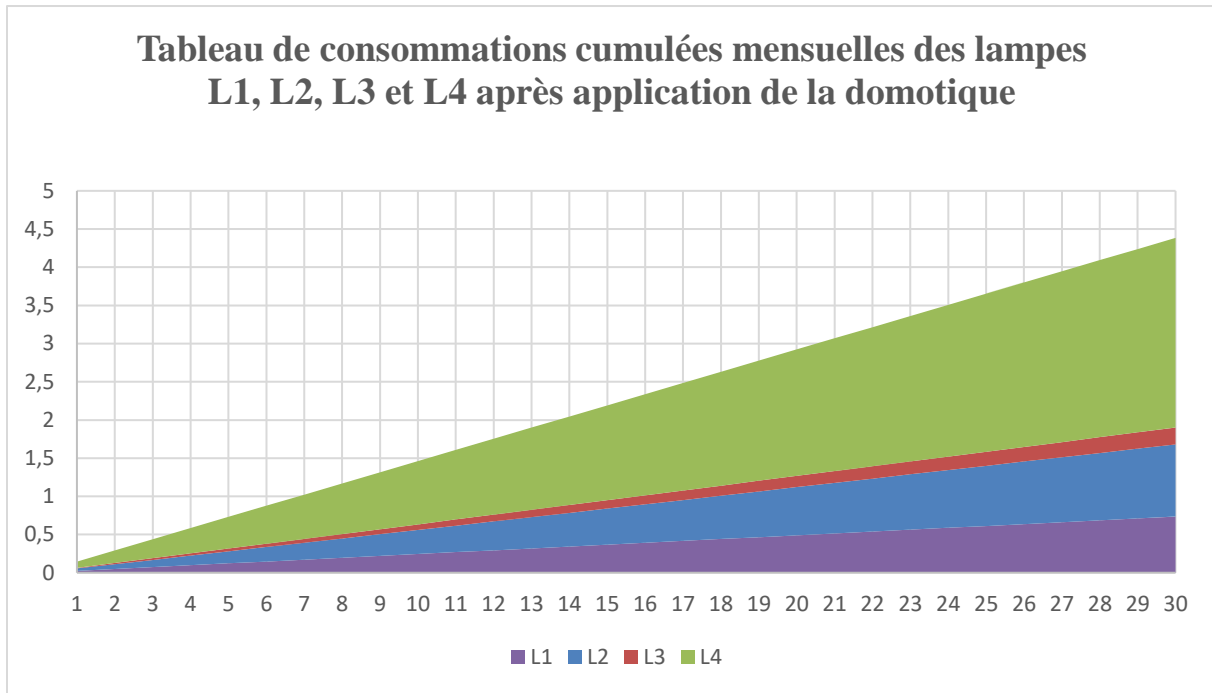
Estimation d’habitude d’allumage des lampes domestiques avec domotique				
Pièces de la maison et lampes	Salle de séjour	Chambres	Couloirs	Extérieur
	L1	L2	L3	L4
Puissance(W)	7	5	7	18
Temps d’allumage en heures				
Matin	0.9	1	0.3	0
Midi	0	0	0.3	0
Soir	2.6	2.8	0.3	2
Nuit	0	2.5	0.15	2.6
Somme	3.5	6.3	1.05	4.6
Énergie consommée en kWh	0.0245	0.0315	0.00735	0.0828

Notons que 0 kWh représentent une économie d’énergie maximale. Pour ce faire, nous avons écrasé les valeurs dans les cas homologues aux deux tableaux (tableau 4 et tableau 6) par 0 et nous obtenons finalement le tableau de consommation mensuelle et son graphe ci-dessous :

Tableau 7 Données journalières après domotique

“ Conception et réalisation d’une centrale d’éclairage électronique ”

N°	L1	L2	L3	L4
1	0,0245	0,0315	0,00735	0,0828
2	0,049	0,063	0,0147	0,1656
3	0,0735	0,0945	0,02205	0,2484
4	0,098	0,126	0,0294	0,3312
5	0,1225	0,1575	0,03675	0,414
6	0,147	0,189	0,0441	0,4968
7	0,1715	0,2205	0,05145	0,5796
8	0,196	0,252	0,0588	0,6624
9	0,2205	0,2835	0,06615	0,7452
10	0,245	0,315	0,0735	0,828
11	0,2695	0,3465	0,08085	0,9108
12	0,294	0,378	0,0882	0,9936
13	0,3185	0,4095	0,09555	1,0764
14	0,343	0,441	0,1029	1,1592
15	0,3675	0,4725	0,11025	1,242
16	0,392	0,504	0,1176	1,3248
17	0,4165	0,5355	0,12495	1,4076
18	0,441	0,567	0,1323	1,4904
19	0,4655	0,5985	0,13965	1,5732
20	0,49	0,63	0,147	1,656
21	0,5145	0,6615	0,15435	1,7388
22	0,539	0,693	0,1617	1,8216
23	0,5635	0,7245	0,16905	1,9044
24	0,588	0,756	0,1764	1,9872
25	0,6125	0,7875	0,18375	2,07
26	0,637	0,819	0,1911	2,1528
27	0,6615	0,8505	0,19845	2,2356
28	0,686	0,882	0,2058	2,3184
29	0,7105	0,9135	0,21315	2,4012
30	0,735	0,945	0,2205	2,484



3.2.5 Bilan d’économie d’énergie

Les formules suivantes nous ont permis de trouver :

- L’énergie économisée mensuellement par chaque lampe après application de la domotique :

$$E_{eco} = E_1 - E_2 \quad (5)$$

Avec :

- E_{eco} : L’énergie mensuelle économisée en KWh ;
- E_1 : L’énergie mensuelle consommée par chaque lampe avant l’application de la domotique ;
- E_2 : L’énergie mensuelle consommée après l’application de la domotique.

- Les économies d’énergie en pourcentage

$$E_{eco}(\%) = (E_{eco} \times 100) \div E_1 \quad (6)$$

Avec :

- $E_{eco}(\%)$: Le pourcentage d’énergie économisée.

- Les économies réalisées en termes d’argent :

$$A = E_{eco} \times PU \quad (7)$$

Avec :

- A : L’économie réalisées en termes d’argent ;

“ Conception et réalisation d’une centrale d’éclairage électronique ”

- *PU* : Le cout unitaire du kilowattheure en dollars.

Le bilan d’économie d’énergie grâce à la domotique se résume dans le tableau suivant :

Tableau 8 Bilan de l’économie d’énergie grâce à la domotique

Bilan de l'économie d'énergie grâce à la domotique				
	L1	L2	L3	L4
Energie économisée (kWh)	0,315	0,415	0	3,996
Economies d'énergie (%)	30%	30%	0%	62%
Coût unitaire SOCODEE (\$/kWh)	0,25	0,25	0,25	0,25
Coût unitaire SNEL (\$/kWh)	0,1	0,1	0,1	0,1
Argent économisé/mois fournisseur SOCODEE (\$)	0,07875	0,10125	0	0,999
Argent économisé/mois fournisseur SNEL (\$)	0,1242	0,1296	0	0,252

Au vu de tous les calculs faits ci-haut, nous pouvons conclure que la domotique est pertinente pour un bâtiment avec de nombreuses lampes (hôtels, administration, université), c’est une solution d’économie d’énergie qui se conjugue à l’usage des lampes économiques. La domotique permet d’économiser en moyenne 30% d’énergie.

3.3 Réalisation pratique du système

3.3.1 Présentation globale du système

Comme il a été dit ci-haut, le système est composé de quatre lampes représentant chacune une des sortes d’éclairage des bâtiments à usage domestiques. Elles sont montées en parallèle et aboutissent à une seule entrée et une seule sortie sur le module relais. Le branchement de notre système se présente comme suit :

A) Branchement module relais

Le câblage du module relais 5V Arduino est très simple, il suffit de connecter les broches V_{CC} et GND du module relais aux broches 5V et GND de l'Arduino, de connecter la broche IN1 du module relais à une broche de sortie numérique de l'Arduino et de connecter la charge au NO et COM broches du module relais.

- Lorsque la broche sortie numérique est réglée sur HIGH, le module s'allume et active le relais. Cela activera la charge connectée aux broches NO et COM du module de relais.
- Lorsque la broche de sortie numérique est réglée sur BAS, le circuit s'éteint et désactive le relais, éteignant la charge.

B) Branchement module GSM

Le module relais comporte 4ports qui nous intéressent :

- Plus (3.4 à 4.4V)
- Masse connectée au port GND du microcontrôleur
- TX émet vers le RX de l’UNO
- RX reçoit du TX de l’UNO

Schématiquement nous avons :

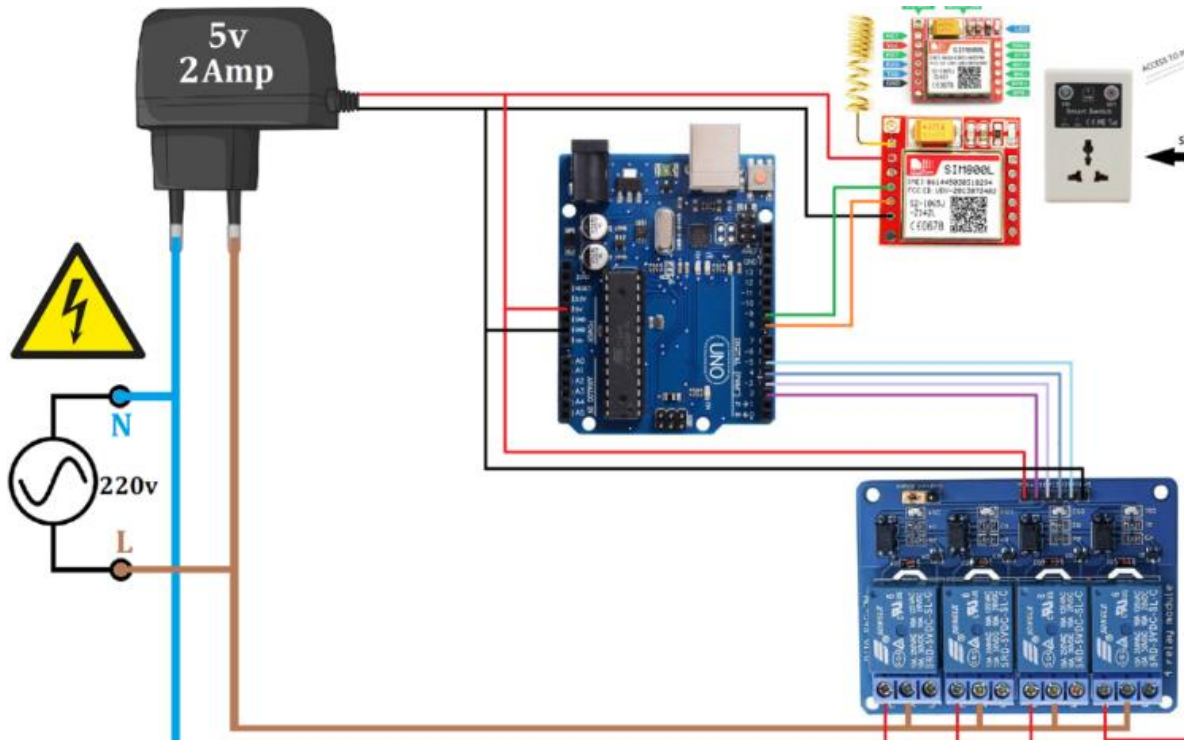


Figure 14 Branchement du système [23]

L’image de la figure 14 présente la maquette que nous avons réalisée pour le test. On constatera que le circuit n’a pas été soudé mais a plutôt été réalisé sur plaque d’essai.

“ Conception et réalisation d’une centrale d’éclairage électronique ”

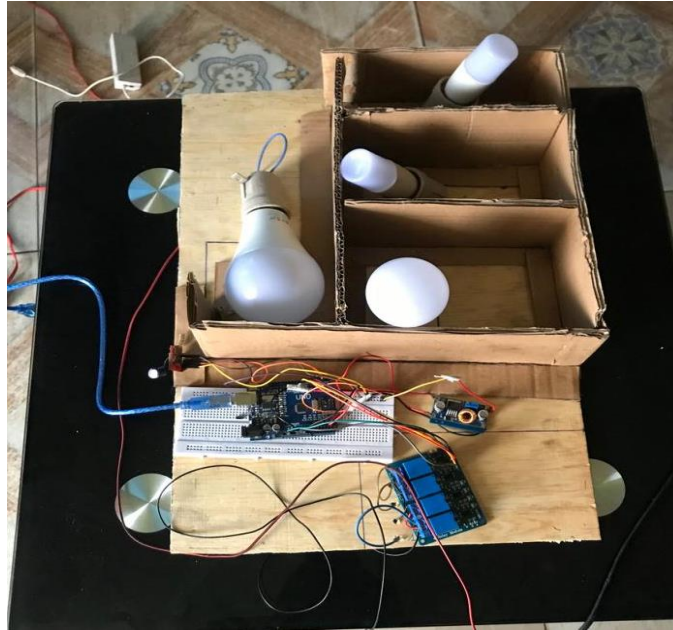


Figure 15 Maquette de la domotique

3.3.2 Différents test

Le système est conçu tel que soit les lampes sont toutes éteintes par défaut, soit il exécute la dernière opération réalisée. Les codes permettant d’exécuter ces commandes se retrouvent dans l’annexe.

a) Allumage de deux lampes



Figure 16 Allumage 2lampes

‘ Conception et réalisation d’une centrale d’éclairage électronique ’

b) Allumage de trois lampes

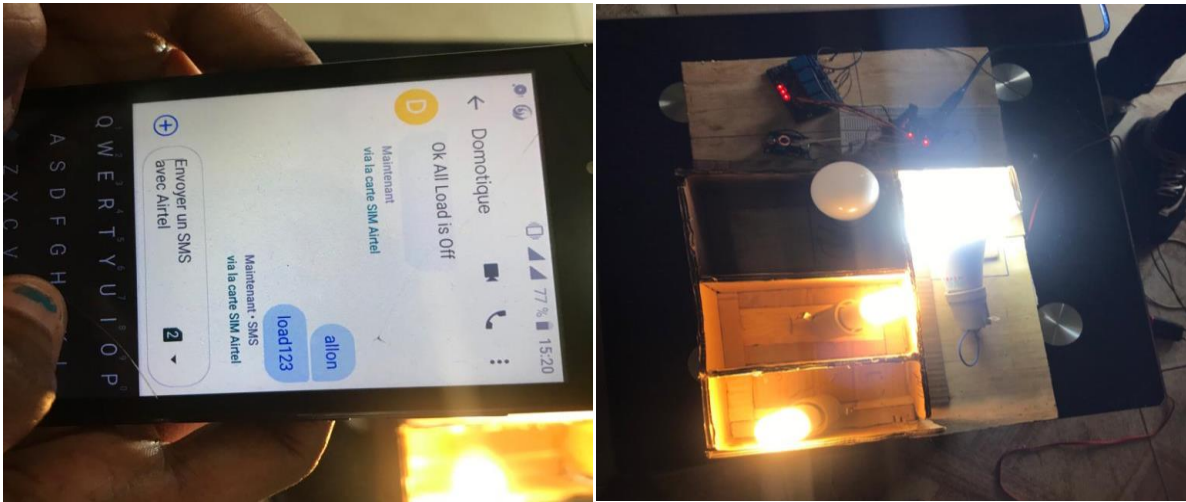


Figure 17 Allumage 3lampes

c) Allumage de quatre lampes

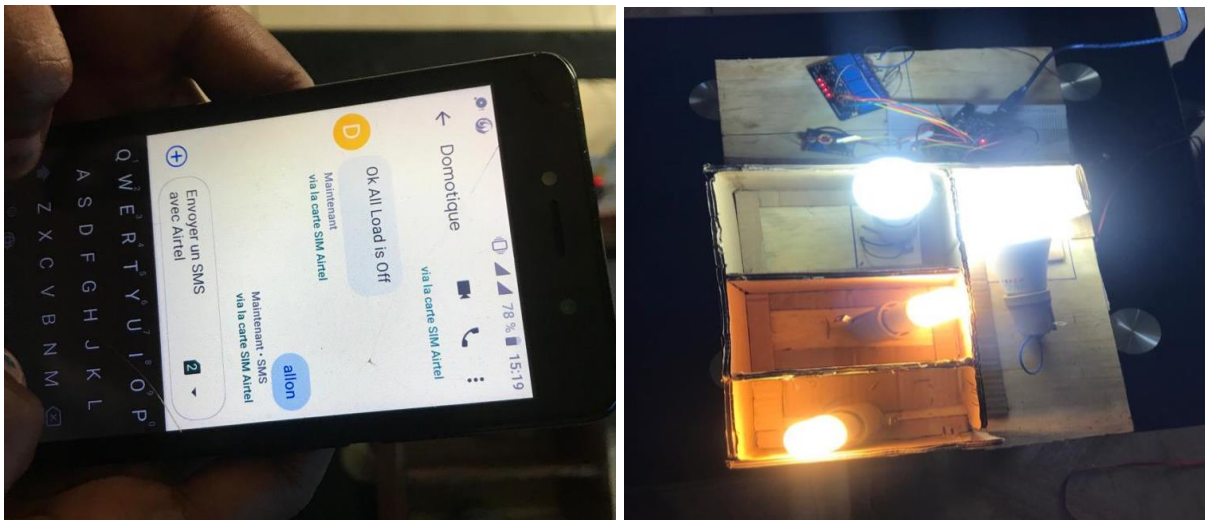


Figure 18 Allumage de toutes les lampes

d) Extinction de toutes les lampes

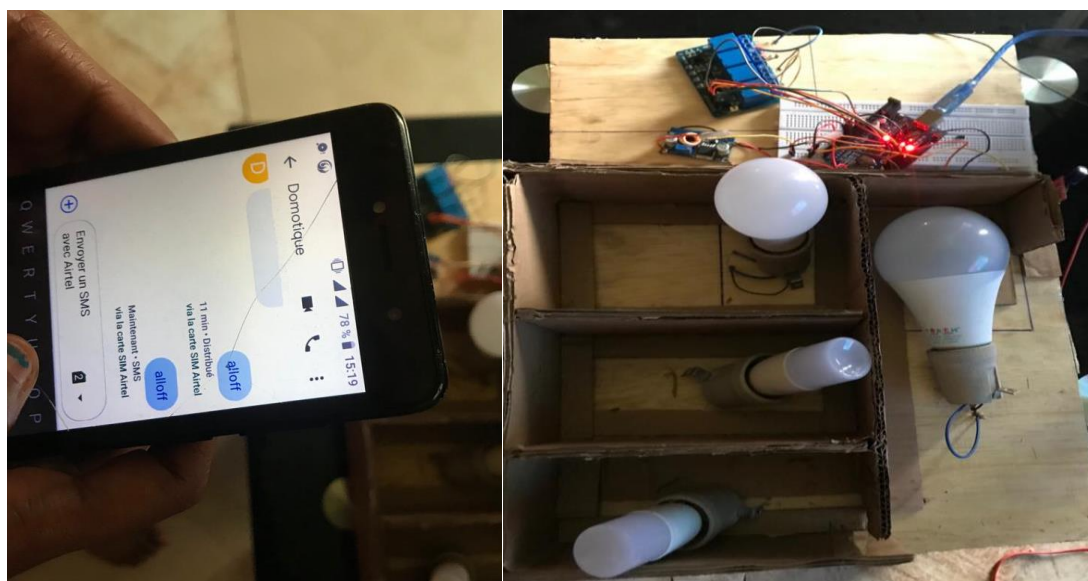


Figure 19 Extinction de toutes les lampes

3.4 Coût estimatif de la réalisation

L’objectif principal de notre projet étant de réaliser un contrôle et une commande à distance via un module GSM, nous l’avons réalisé sur une maquette de dimension restreinte. Ceci doit donc être accompagné d’une étude technico économique pour juger de la fiabilité de ce travail qui doit réaliser un gain économique en termes d’énergie (consommation réduite d’électricité : éclairage), rajoutant à cela une baisse facture de frais de conception qui rend le projet réduit en termes de coût de réalisation. Hormis les frais de transport et les autres frais connexes, voici le coût estimatif en dollars pour la réalisation du système.

Tableau 9 Cout de réalisation

Composants	Nombres	Prix unitaire (\$)	Prix total (\$)	Lieu d’achat
Module relais 5V	1	12	12	KIGALI/RWANDA
Module GSM SIM 800L	1	14	14	
Carte Arduino UNO	1	10	10	
Bridgeboard, Câbles, Cartons, col, triplex	-	-	10	GOMA/RDC
Sockets	4	0.5	2	
Lampe LED 18W	1	2	2	
Lampes LED 7W	2	1	2	

‘‘ Conception et réalisation d’une centrale d’éclairage électronique ’’

Lampes LED 5W	1	1	1	
TOTAL		53\$		

3.5 Conclusion partielle

Ce chapitre étant riche en pratique, nous avons montré les relations entre les différents éléments du système. Nous avons aussi montré comment sont branchés les différents composants avec l’Arduino Uno. Pour mettre en application notre système, plusieurs tests ont donc été effectués pour témoigner de la fiabilité de cette réalisation permettant ainsi de voir si à travers ces tests, on a respecté les fonctionnalités proposées, en même temps dans un cas contraire, montrer ses limites

CONCLUSION GÉNÉRALE

Dans ce projet de fin du premier cycle universitaire, nous avons mis en œuvre une centrale embarquée qui répond à l’une des fonctions principales de la domotique à savoir la gestion d’éclairage. L’objectif principal de ce travail était la réalisation d’un système d’éclairage intelligent permettant non seulement la gestion à distance de celui-ci mais aussi l’économie de l’énergie électrique à travers ladite gestion tout en s’adaptant au contexte de notre pays. Cela nous a amené à parler profondément du cadre théorique de l’éclairage en parcourant dans les détails les différentes sortes de gestion de celle-ci dans le chapitre premier, de faire une étude approfondie du système, en parlant de son principe de fonctionnement, de ses composants et leurs caractéristiques en justifiant également le choix de chacun d’eux dans le second chapitre ; dans le troisième chapitre nous avons modélisé et réalisé le système avec différents tests.

Nous avons atteint les objectifs à succès : à part le fonctionnement de notre système, la gestion intelligente de l’éclairage et le pilotage à distance des lampes grâce à son téléphone portable, nous avons réalisé après calcul que la domotique permet d’économiser en moyenne 30% de l’énergie électrique.

Comme réponses aux questions de recherche, nous avons remarqué, en nous basant sur nos résultats que la mise au point d’un dispositif de gestion d’éclairage assure la bonne pratique de l’éclairage dans l’habitat faite en fonction des pièces et des besoins ce qui permet une utilisation modérée et disciplinée de l’éclairage et l’économie en énergie. Le principe de la maison communicante basée sur l’automatisme permet la mise en réseau des différentes lampes de la maison et celles-ci communiquent entre elles en formant ainsi un équipement parfait pour gérer la lumière et réduire la consommation. L’adaptation de ce système à un système d’énergie électrique commence par le remplacement des lampes à incandescences utilisées jadis par les lampes à technologies LED car elles émettent une même intensité de lumière pour une consommation plus faible, il y a ensuite l’optimisation du coût de réalisation de ce système (installation) et enfin le fonctionnement de ce système en courant alternatif (utilisé dans nos ménages).

La réalisation de ce projet a été très bénéfique pour nous, il nous a permis une amélioration dans les domaines de l’électronique et l’informatique, de découvrir les modules GSM, des nouvelles commandes de communication, des nouvelles fonctions sur de la cartes Arduino et bien d’autres. Mais également d’être confrontés aux problèmes que posent la conception et l’intégration d’un tel projet.

“ Conception et réalisation d’une centrale d’éclairage électronique ”

Comme perspectives à ce travail, nous proposons :

- L’utilisation du système d’éclairage semi-automatique dans certaines pièces aveugles (couloirs, escaliers) par exemple un détecteur de présence couplé à un bouton poussoir
- Prévoir une commande manuelle pour prévenir les perturbations de réseau et autres
- Ajouter au système un feedback sur la consommation, c’est-à-dire que le système pourra à son tour communiquer des informations sur la consommation mensuelle ou journalière par exemple et signaler en cas d’une consommation élevée.
- Prévoir un système adapté à un grand bâtiment

Bibliographie

- [1] LEGRAND,LM_Commercial_FR, «<https://www.legrand.be>,» [En ligne].
- [2] Protocole DALI, «Gestion centralisée de l'éclairage disponible sur <https://energieplus-lesite.be>».
- [3] «GUIDE BATIMENT DURABLE,» [En ligne]. Available: <https://www.guidebatimentdurable.brussels/optimiser-leclairage-artificiel/choix-gestion-leclairage>. [Accès le 2022].
- [4] «Memoire online,» [En ligne]. Available: https://www.memoireonline.com/05/12/5824/m_Etude-de-l-assainissement-de-leclairage-public-et-de-lamelioration-des-conditions-de-securi1.html. [Accès le 2022].
- [5] F-CECCONI, Lumière et éclairage.
- [6] «Wikipedia,» [En ligne]. Available: https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Dualité_onde_corpuscule.
- [7] DocPlayer, «L'éclairage au cours du temps».
- [8] D. T. Stefan Gasser, L'éclairage intérieur,efficacité énergétique de l'éclairage.
- [9] Futura science, «L'ascension sans fin des ampoules».
- [10] K. Janvier, *Cours d'électromagnétisme*.
- [11] D. R.Bourgeois, Memotech plus eletrotechnique.
- [12] Protocole DALI, Gestion de l'éclairage dans le tertiaire.
- [13] Association des Ingenieurs Territoriaux de France, Eclairage Interieur Guide technique.
- [14] Protocole DALI, «Gestion de l'éclairage en fonction de l'apport naturel».
- [15] Syndicat de l'éclairage ADEME, Variation et gestion de l'éclairage tertiaire et industriel.
- [16] I. ARNAUD, Renover l'éclairage des batiments tertiaire.
- [17] A. Asmaa, «Réalisation d'une maison intelligente à base d'Arduino,» 2020.
- [18] «Description de la carte Arduino UNO,» [En ligne]. Available: <http://technolab.fr>.
- [19] Youpilab components, «Module GSM rouge SIM800L».

- [20] «SIM800 Datasheet,» [En ligne]. Available: <https://www.alldatasheet.com>.
- [21] Euromakers, «Fiche technique:Module relais 4canaux 5V pour arduino».
- [22] AranaCorp, «Utilisation d'un module relais multicanal avec Arduino».
- [23] Arnacop, «Tutoriel pour Arduino».
- [24] «[https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Domotique,](https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Domotique)» [En ligne].
- [25] ooreka MAISON, «Choisir et installer un système domotique,» [En ligne]. Available: <https://domotique.ooreka.fr/comprendre/systeme-domotique>. [Accès le 2022].
- [26] K. Mohamed et M. Mohamed, Etude et réalisation d’un temporisateur (timer XR2240) fonctionnant en mode manuel et automatique.
- [27] «Wikipedia,» [En ligne]. Available: https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Pollution_lumineuse.
- [28] «Environnement Quebec,» [En ligne]. Available: <https://www.environnement.gouv.qc.ca/jeunesse/chronique/2005/0503-cause.htm>.
- [29] «Wikipedia,» [En ligne]. Available: <https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Eclairage>.

ANNEXES

ANNEXE 1 : Code Scilab

```
clc; clear all;
```

```
xmin=0.5;
```

```
xmax=3;
n=4;
x=xmin+rand(4,n)*(xmax-xmin);
printf ('\n %.1f %.1f %.1f %.1f\n %.1f %.1f %.1f %.1f\n %.1f %.1f %.1f %.1f\n
%.1f %.1f %.1f
%.1f\n',x(1),x(2),x(3),x(4),x(5),x(6),x(7),x(8),x(9),x(10),x(11),x(12),x(13),x(14),x(15),x(
16))
```

ANNEXE 2: Code ARDUINO

```
#include <EEPROM.h>
#include <SoftwareSerial.h> //Create software serial object to communicate with
SIM800L
SoftwareSerial GSM(8, 9); //SIM800L Tx & Rx is connected to Arduino #8 & #9

String phone_no1 = "+243977816996"; //change +92 with country code and
3378655465 with phone number to sms
String phone_no2 = "Enter Number2";

String RxString = ""; // Will hold the incoming String from the GSM shield
char RxChar = ' ';
int Counter = 0;
String GSM_Nr = "";
String GSM_Msg = "";

#define Relay1 7 // Load1 Pin Out
#define Relay2 3 // Load2 Pin Out
#define Relay3 4 // Load3 Pin Out
#define Relay4 5 // Load4 Pin Out

int load1, load2, load3, load4;

void setup(){ // put your setup code here, to run once

pinMode(Relay1, OUTPUT); digitalWrite(Relay1, 1);
```

```
pinMode(Relay2, OUTPUT); digitalWrite(Relay2, 1);  
pinMode(Relay3, OUTPUT); digitalWrite(Relay3, 1);  
pinMode(Relay4, OUTPUT); digitalWrite(Relay4, 1);
```

```
Serial.begin(9600); //Begin serial communication with Arduino and Arduino IDE  
(Serial Monitor)
```

```
GSM.begin(9600); //Begin serial communication with Arduino and SIM800L
```

```
Serial.println("Initializing....");  
initModule("AT","OK",1000); //Scan for GSM Module  
initModule("AT+CPIN?","READY",1000); //this command is used to check  
whether SIM card is inserted in GSM Module or not  
initModule("AT+CMGF=1","OK",1000); //Set SMS mode to ASCII  
initModule("AT+CNMI=2,2,0,0,0","OK",1000);  
initModule("AT+CCID=2,2,0,0,0","OK",1000);  
//Set device to read SMS if available and print to serial  
Serial.println("Initialized Successfully");
```

```
load1 = EEPROM.read(1);  
load2 = EEPROM.read(2);  
load3 = EEPROM.read(3);  
load4 = EEPROM.read(4); ..... Il y a suite
```