



Université Sidi Mohamed Ben Abdellah
Faculté des Sciences et Techniques
Département électrique



Rapport de fin d'études
Licence sciences et techniques Génie électrique

La commande par GSM de l'éclairage public d'un boulevard



Réalisé par :

Elhand Souad

Balitere Sara

Encadré par :

Pr. Alami Aicha (Encadrante FST)

Mr. Mokhtari Mohammed (Encadrant société)

Soutenu le 11 Juin 2019 devant le jury :

- Mr. GHENNIQUI
- Mme. ALAMI
- Mme. EL AMRANI

Année universitaire 2018/2019

Remerciements

Au terme de ce travail, nous remercions tout d'abord le Directeur Général de la Régie Autonome de Distribution d'Eau potable et d'Electricité, pour l'opportunité qui nous est offerte par ses soins afin d'effectuer ce stage au sein de la R.A.D.E.E.F.

Aussi, nous tenons à exprimer nos profondes gratitudee à **Mr. LAHLOU** qui nous a bien accueillies au sein de la division conduite et gestion réseau, pour les conseils précieux qu'on a eu de sa part et ses efforts pour nous aider à achever ce travail.

Nos vifs remerciements vont également à **Mr. LABBAR** et **Mr. MOKHTARI** qui nous ont accompagnées durant notre période de stage et nous ont fait bénéficier de leurs compétences, leurs conseils constructifs et de leurs grandes qualités humaines.

Nous saisissons aussi l'occasion pour remercier tout le personnel de la R.A.D.E.E.F pour leur bonne collaboration, ainsi que pour les conseils qu'ils ont pu nous prodiguer au cours de cette expérience professionnelle.

Nous remercions aussi **Madame ALAMI**, Professeur à la faculté des Sciences et Techniques pour son aide et pour nous avoir encadrées durant tout le projet.

Enfin nous remercions tous les enseignants du Département Génie Electrique ainsi que tout le corps pédagogique et administratif de notre faculté.

Dédicaces

A nos très chers parents

Dont le mérite revient au bon dieu et à vous. Rien au monde ne pourrait compenser tous les sacrifices que vous avez consentis pour notre éducation et notre bien être afin que nous puissions nous consacrer à nos études.

A tous nos collègues

Avec tout respect et reconnaissance. Nous vous dédions ce travail et nous vous souhaitons un avenir à la hauteur de vos ambitions.

A tous ceux que nous avons oublié de citer, pour ceux que nous avons toujours été et non pas pour ce que nous sommes devenues ou pour ce que nous deviendrons. A tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin dans la réalisation de ce rapport. Qu'ils trouvent ici l'expression de notre profond respect, notre reconnaissance et notre estime pour l'encouragement et l'aide qu'ils nous ont accordée.

Sommaire

Remerciements.....	1
Dédicaces	2
Liste des figures	5
Liste des abréviations	6
Avant-propos.....	7
Chapitre I : Présentation générale de l'entreprise.	
I. Introduction	8
II. Présentation générale de la RADEEF	8
1. Présentation générale	8
2. Fiche d'identification	8
3. L'organigramme de direction.....	9
4. Département d'exploitation électricité	9
III. Conclusion	10
Chapitre II : Le réseau de l'éclairage public.	
I. Introduction	11
II. Eclairage Public fonctionnel.....	11
1. Définition	11
2. Type de réseaux de l'éclairage public	11
3. Les composantes du réseau de l'éclairage public	12
4. Les types de lampes utilisées.....	14
III. La commande et la gestion de l'éclairage public	15
1. Les dispositifs de commande	15

2. La gestion de l'éclairage public	15
3. Problématique du sujet	16
IV. Conclusion	16
Chapitre III :La commande par GSM de l'éclairage public d'un boulevard.	
I Introduction	17
II Système de commande par GSM de l'éclairage public	17
1. Cahier de charge	17
2. Structure générale du système.....	18
3. Partie matérielle.....	18
3.1 Arduino UNO.....	19
3.2 Le module GSM.....	19
3.3 Les LEDs RGB	20
3.4 Un module DS3231	21
3.5 Les résistances	21
3.6 Breadboard	21
3.7 Alimentation 12V pour Arduino	22
III Réalisation et la programmation du système	22
1. Réalisation expérimentale du prototype.....	22
1.1 Câblage de GSM avec Arduino.....	22
1.2 Câblage de l'Arduino avec la LED RGB :	23
1.3 Câblage du module RTC DS3231 avec Arduino UNO :	24
2. Partie logicielle :.....	25
3. La réalisation du projet dans l'entreprise :.....	26
IV Conclusion :.....	29
Conclusion générale :	30
Bibliographie :.....	31
Les Annexes.....	32

Liste des figures

Figure 1:Organigramme de la RADEEF	9
Figure 2:Les divisions du département exploitation électricité.....	9
Figure 3:Représentation d'un réseau souterrain	11
Figure 4:représentation d'un réseau aérien.....	12
Figure 5:les composantes principales de l'armoire d'éclairage public	12
Figure 6:les câbles du réseau électrique	13
Figure 7:Principaux composants d'un point lumineux.	13
Figure 8:LED.....	14
Figure 9: Calculateur astronomique	15
Figure 10: fonctionnement général du système.....	18
Figure 11:Carte Arduino "UNO"	19
Figure 12:le module GSM.....	20
Figure 13:LED RGB.....	20
Figure 14:Un module DS3231.....	21
Figure 15:Les résistances.....	21
Figure 16:Breadboard	22
Figure 17: Alimentation Arduino12V	22
Figure 18:Flux de données entre Arduino et le Shield GSM	23
Figure 19:Câblage de Arduino avec la LED RGB	23
Figure 20:Câblage du module RTC avec Arduino	25
Figure 21:realisation réel de prototype	26
Figure 22:realisation réel dans la RADEEF	26

Liste des abréviations

BT	: Basse Tension
CAN	: Convertisseur Analogique/Numérique.
CCP	: Coffret de Commande et de Protection.
EP	: Eclair age Public.
GSM	: Global System for Mobile Communications.
LED	: light-emitting diode/Les Diodes Electroluminescentes
MT	: Moyen Tension.
ONEE	: Offre Nationale d'Electricité et de l'Eau portable.
PWM	: Pulse Width Modulation/ Modulation de largeur d'impulsion (MLI).
RADEEF	: Régie Autonome de Distribution d'Eau et d'Electricité de Fès.
RGB	: Red, Green et Blue/rouge, vert et bleu.
SMS	: Short Message Service, Service de message courts.
RTC	: Real Time Clock.

Avant-propos

Dans le cadre de notre formation au sein du Département Génie Electrique de la Faculté des Sciences et Techniques de Fès, et pour valider notre licence sciences et techniques, nous avons effectué un stage de deux mois au sein de la RADEEF, pour une durée allant du 01/04/2019 au 01/06/2019.

Le but de ce stage de fin d'étude n'était pas seulement une occasion pour détailler les aspects techniques que nous avons pu apprendre ou approfondir mais aussi une opportunité de découvrir un nouvel univers professionnel et d'élargir nos compétences.

Notre projet de fin d'études a comme un projet que l'entreprise a mené, c'est de réaliser une commande par GSM pour l'éclairage public et même de changer la couleur des lumières d'un boulevard.

Dans cette perspective, l'étude a été basée sur trois chapitres :

Le premier chapitre consiste à présenter la Régie Autonome de Distribution d'Eau et d'Electricité de la ville de Fès (R.A.D.E.E.F), en décrivant les missions de département électricité.

Le second chapitre est divisé à son tour en deux parties : la première a comme but de mettre l'accent sur l'éclairage public fonctionnel, à savoir la technologie LED et la deuxième présente les dispositifs, la gestion de la commande de l'éclairage public, et la problématique du sujet.

Le dernier chapitre détaille la réalisation d'une commande par GSM de l'éclairage public. Nous décrirons en premier lieu les composants utilisées, ensuite on aborde en détail la réalisation des différentes fonctions mises en jeu tant au niveau de l'émetteur que du récepteur : Arduino, module GSM, luminaire.

Chapitre 1 : Présentation générale de l'entreprise.

I. Introduction

Dans ce chapitre nous allons donner une présentation générale de la RADEEF et les activités de Département Exploitation Electricité, particulièrement la division travaux.

II. Présentation générale de la RADEEF

1. Présentation générale

La Régie Autonome de Distribution d'Eau et d'Electricité de la ville de Fès (R.A.D.E.E.F) est un établissement public à caractère industriel et commercial, doté de la personnalité morale et de l'autonomie financière.

Elle a été créée par la délibération du conseil municipal de la ville de Fès en date du 30 Avril 1969 et avait comme mission principale la gestion du réseau électrique de la ville. A partir de 1970, la régie assurait aussi la distribution de l'eau potable. En 1993, la régie a commencé l'étude, la réalisation ainsi que l'entretien liquide du réseau d'assainissement.

La régie bénéficie d'un monopole d'Etat dans les zones urbaines de Fès puisqu'elle assure ses besoins en Eau et en Electricité à partir de l'Office National de l'Electricité et de l'Eau potable (ONEE).

La régie (RADEEF) assure la distribution de l'énergie électrique moyenne tension et basse tension à plus de 1.076.251 habitants répartis sur l'ensemble du territoire de la préfecture de Fès qui regroupe la commune urbaine de la ville partagée en arrondissements : Agdal, Zouagha, Saiss, Médina, Jnanates, Mérinides, et les communes Ain Chkef et Mechoir.

2. Fiche d'identification

- ✓ **Dénomination** : Régie Autonome intercommunale de Distribution d'Eau et D'Electricité de Fès (R.A.D.E.E.F).
- ✓ **Siège Social** : 10, rue Mohammed El KAGHAT : 2007, Fès.
- ✓ **Date de création** : 1er Janvier 1970.
- ✓ **Forme Juridique** : établissement Public à caractère Commercial doté l'autonomie Financière.
- ✓ **L'activité** : Distribution d'eau et d'électricité et service d'assainissement.
- ✓ **Principal fournisseur** : O. N.E. E
- ✓ **L'effectif** : 1109 agents.
- ✓ **E-mail** : dg@radeef.ma

Chapitre 1 : Présentation générale de l'entreprise.

3. L'organigramme de direction

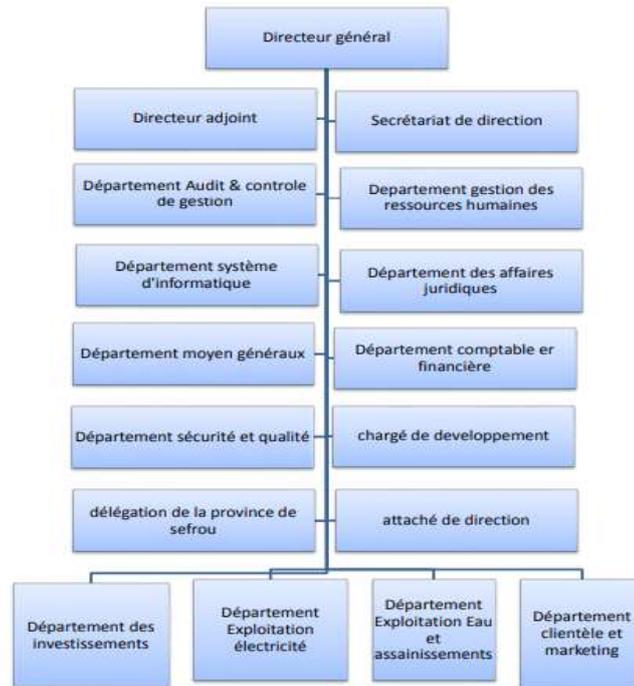


Figure 1: Organigramme de la RADEEF

4. Département d'exploitation électricité

Ce département s'occupe des études techniques, des équipements et des travaux concernant l'activité Electricité, de la gestion du réseau électrique et assure aussi la mise en conformité de l'éclairage public de la ville de Fès. Ce département possède trois divisions :



Figure 2: Les divisions du département exploitation électricité

❖ **Division travaux** : son rôle consiste la maintenance et l'équipement du réseau MT et BT. Ces travaux sont maintenus soit par le personnel de la RADEEF ou par l'entreprise soumissionnée.

Service de l'éclairage public : ce service prend en charge dans les conditions du cahier des charges appliquées à la régie, le suivi des travaux des entreprises pour la réalisation des travaux du réseau de distribution et de l'éclairage public et l'entretien de ce dernier.

Ses missions générales peuvent être résumées comme suit :

Chapitre 1 : Présentation générale de l'entreprise.

- Piloter l'intégration des nouveaux postes au patrimoine ;
- Assurer toute intervention sur les réseaux MT y compris modification,
- Renforcement des réseaux électrique moyen tension ;
- Gestion, l'exploitation et la maintenance des installations dans le périmètre des communes urbaines de Fès et de Mechouar Fès Jdid.
- Entretien du patrimoine non compris les grosses réparations dans les périmètres des communes urbaines de Fès et de Mechouar Fès Jdid.
- ❖ **Division client grand compte** : a pour mission de répondre aux besoins des abonnés MT et même prendre le relevé du comptage MT.
- ❖ **Division conduite et gestion de réseau** : Cette division a pour rôle d'assurer la continuité d'électricité, de protéger et réparer le matériel en cas de défaut.

Suite au choix de notre sujet de stage, la présentation des services se limitera au service suivant :

- **Service Eclairage public.**

III. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté l'entreprise au sein dans laquelle nous avons effectué notre stage et ses activités. Nous avons détaillé un peu la division travaux qui inclue le servie de l'éclairage public.

Chapitre 2 : Le réseau de l'éclairage public.

I. Introduction

L'éclairage public est l'ensemble des moyens d'éclairage mis en œuvre dans les espaces publics, à l'intérieur et à l'extérieur des villes, très généralement en bordures des voiries et places, nécessaires à la sécurité ou à l'agrément de l'homme. Dans ce chapitre, nous allons définir l'éclairage public et quelques types de lampes utilisées dans la RADEEF. Ensuite de détailler un peu la technologie LED qui est incluse dans notre sujet. En fin de donner les appareils utilisés dans la commande et les techniques utilisés pour la gestion de l'éclairage public

II. Eclairage Public fonctionnel

1. Définition

Le réseau de l'éclairage public (EP) est un ensemble d'outils destinés à transformer l'énergie électrique en des radiations électromagnétiques visibles appelées Lumière. En d'autres termes, de produire la lumière à partir de l'électricité dans le but d'éclairer les rues, les voies et les espaces publics.

Ce réseau doit fonctionner automatiquement par le biais d'une horloge (installé à l'intérieur du poste de transformation) qui le met en ou hors service respectivement au coucher et au lever du soleil.

2. Type de réseaux de l'éclairage public

✓ Réseau souterrain

Les luminaires sont fixés sur des candélabres, leur alimentation est réalisée par un câble souple situé à l'intérieur du candélabre et branché au-dessous de ce dernier, à une plaque à bornes qui sert au raccordement du câble armé et qui porte des fusibles pour la protection des luminaires.



Figure 3: Représentation d'un réseau souterrain

✓ Réseau aérien

Les luminaires sont fixés sur des consoles et branchés directement entre la ligne EP et le neutre. On distingue deux types de réseau aérien :

- Réseau aérien avec des câbles nus.

Chapitre 2 : Le réseau de l'éclairage public.

- Réseau aérien avec des câbles torsadés : pour le branchement de luminaires dans ce réseau on utilise des connecteurs.



Figure 4:représentation d'un réseau aérien

3. Les composantes du réseau de l'éclairage public

Un réseau de l'EP est principalement composé d'armoires permettant de commander et de protéger le réseau électrique, de câbles électriques servant à transporter l'électricité à partir des sources d'alimentation et de points lumineux qui éclairent l'espace public.

Armoire

Également appelée coffret de commande et de protection (CCP), l'armoire permet l'alimentation du réseau d'EP à partir du réseau de distribution de l'énergie. Il renferme des équipements ou dispositifs de comptage, de commande et de protection.

Une armoire est généralement constituée d'une partie pour le comptage de la consommation électrique, et l'autre de commande d'allumage des points lumineux contenant des composantes telles que les horloges et les contacteurs, comportant toutes les deux des appareils de protection (disjoncteur, fusible...).

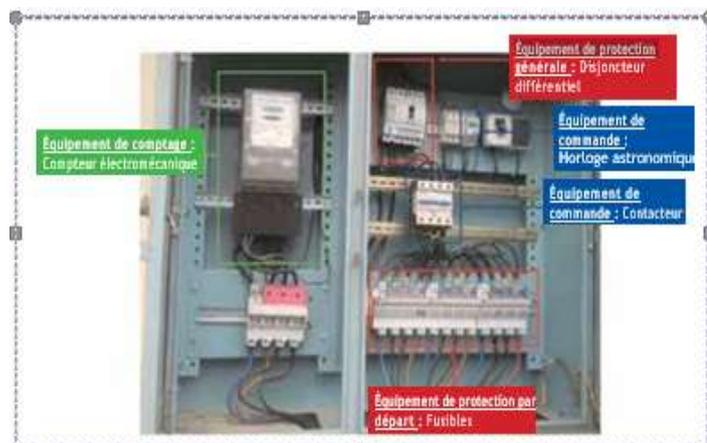


Figure 5:les composantes principales de l'armoire d'éclairage public

Chapitre 2 : Le réseau de l'éclairage public.

Câbles du réseau électrique

Il y a trois types de câble :

- ✓ **Câbles armés** : utilisés dans le réseau souterrain, ils sont économes et bien assurés.
- ✓ **Câbles torsadés** : utilisés dans le réseau aérien, ils sont accrochés à l'aide de colliers ou de pince d'ancrage sur les immeubles bordant la voirie.
- ✓ **Câbles aériens** : utilisés dans le réseau aérien, abandonnés dans les nouvelles installations car ils sont inesthétiques et moins sécurisés.

Nom	utilisation	
Câble armé	Souterrain	
Câble torsadé	Surface	
Câble aérienne	aérienne	

Figure 6: les câbles du réseau électrique

Le point lumineux :

Le point lumineux (figure7) constitue l'une des parties les plus importantes et les plus sensibles du réseau de l'EP. En effet, c'est la partie qui porte la source lumineuse et qui est la plus exposée aux panes et aux aléas. Elle nécessite une attention particulière, tant au niveau conception qu'au niveau maintenance. Un point lumineux est composé essentiellement d'un luminaire, d'une crosse et d'un mât (support)

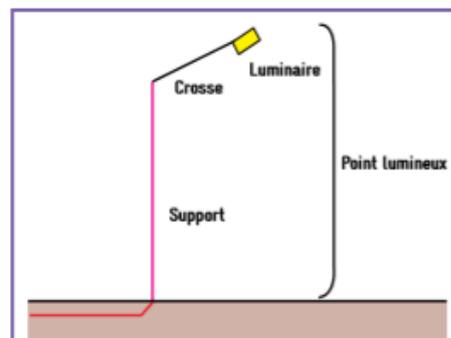


Figure 7: Principaux composants d'un point lumineux.

Chapitre 2 : Le réseau de l'éclairage public.

Le mât(support) : Élément supportant le luminaire, parfois accompagné d'une crosse. Il peut être droit ou incliné, en acier, en aluminium, en fonte ou en bois, de forme tubulaire, cylindro-conique, octogonale, avec ou sans embase.

La crosse : Élément le plus souvent métallique permettant de déporter la lumière.

Luminaire : Ce sont les éléments principaux d'un réseau EP ils servent à produire la lumière. Pour l'éclairage des espaces public on utilise des luminaires, les projecteurs sont réservés à l'éclairage des grands espaces public.

4. Les types de lampes utilisées

Parmi les types de lampes utilisées par la RADEEF :

- Les lampes à sodium haute pression
- Les lampes à Halogénures/Iodures Métalliques (HM/IM)
- Les LEDs

Suite au choix de notre sujet de stage, la présentation de ces types se limitera au type suivant :

Les LEDs :

La LED est textuellement une « diode émettant de la lumière ». Elle est également appelée DEL (Diode électroluminescente) en français. Il s'agit d'un composant électronique qui, d'une part, ne laisse passer le courant électrique que dans un sens (définition de la diode) et d'autre part, émet de la lumière.



Figure 8:LED

Les avantages de l'utilisation de LED

- L'ampoule LED présente à ce jour le meilleur rendu de la lumière naturelle. Les lampes à LED consomment très peu d'énergie. En effet, elles peuvent durer quinze fois plus longtemps que les ampoules classiques.
- Fonctionnement en très basse tension (TBT), Couleur fixe ou dynamique.

III. La commande et la gestion de l'éclairage public

1. Les dispositifs de commande

La commande de l'EP est l'organe qui contrôle la mise en service et la mise hors service des appareils d'éclairage qui lui sont raccordés par les réseaux d'alimentation. L'éclairage public, dans la très grande majorité des cas, doit fonctionner quand la lumière naturelle n'est pas suffisante pour assurer une vision suffisante nécessaire à la sécurité et au confort de tous.

Parmi les types de commande utilisés par la RADEEF, il y a :

- ✓ **Allumage manuel** : C'est le plus rudimentaire des modes de commande. L'éclairage est déclenché par un simple interrupteur manœuvré à la demande. Obsolète à proscrire principalement parce que très ancien.
- ✓ **Horloge astronomique** : C'est un système datant des années 90. Il est composé d'un boîtier modulaire placé dans le coffret de commande de l'éclairage. Les horloges astronomiques permettent de commander automatiquement différentes charges d'éclairage. Ces horloges sont digitales et permettent une programmation précise avec des fonctionnalités enrichies comme le changement d'heure automatique.



Figure 9: Calculateur astronomique

2. La gestion de l'éclairage public

Pour la gestion de l'éclairage public on peut jouer sur plusieurs paramètres, parmi lesquels on trouve :

- Tension d'alimentation : Il s'agit d'une gradation du niveau de tension d'alimentation
- Disposition des luminaires : Il s'agit de changer la disposition des candélabres ou luminaires.

3. Problématique du sujet

Dans de nombreuses communes, l'énergie consommée par l'éclairage public représente la plus grande proportion de leur facture d'électricité annuelle. Généralement la raison principale est l'utilisation d'anciens systèmes de commande. La commande peut agir sur la durée d'allumage et la quantité de lumière nécessaire. Donc dans le cas d'un mauvais fonctionnement de ces systèmes, il aura une incidence directe sur la consommation d'énergie, ce dernier est constitué une charge financière qui peut grever de manière sensible le budget des communes.

L'éclairage a pour fonction d'apporter un éclairage général et de fournir un niveau de luminosité uniforme. La lumière artificielle est jouée un rôle direct dans la qualité et l'ambiance d'un boulevard. En effet, il faut prendre en compte et mixer de nombreux critères différents, techniques et esthétiques, pour obtenir un éclairage convenable.

Aujourd'hui, nous avons la possibilité de commander et de créer différentes ambiances lumineuses, nous passons d'une seule couleur à plusieurs couleurs à l'aide d'une seule lampe avec l'économie de l'énergie.

Alors la question qui se pose « Quelle est la solution possible pour commander d'une manière optimale et faire l'ambiance de l'éclairage public d'un boulevard ? ».

Dans ce travail l'intérêt majeur c'est de trouver une solution automatisée pour la commande de l'éclairage public, cette solution sera représentée dans un système embarqué (un système électronique et informatique autonome spécialisé dans une tâche bien précise).

IV. Conclusion

Dans le présent chapitre, nous avons présenté l'éclairage public fonctionnel, les dispositifs et la gestion de la commande de ce dernier. Nous avons aussi présenté, en fin de ce chapitre, la problématique du sujet.

I Introduction

Actuellement le réseau GSM compte des millions d'utilisateurs. Le « portable » est devenu un produit de consommation courante. Ce petit trésor de technologie ouvre la porte à de nombreuses applications électroniques. Il devient possible via l'envoi et la réception des SMS, de piloter et commander d'une manière optimale un espace électrique quelconque.

Nous avons choisi la commande par ce réseau comme solution de notre problématique du sujet. La distance n'est désormais plus un souci, puisque le réseau GSM couvre la plupart des territoires nationale et mondiale.

Dans ce chapitre nous présentons une description détaillée des composants et des programmes utilisés dans la commande par GSM de l'éclairage public d'un boulevard.

II Système de commande par GSM de l'éclairage public

1. Cahier de charge

Dans le cadre de notre projet de fin d'étude, la mission qui nous a été confiée par la RADEEF consiste à :

a. Changer la couleur des lumières d'un boulevard à l'aide des LEDs multicolores

- Obtenir de l'ambiance à partir des LEDs multicolores.
- Jouer sur le côté esthétique d'un boulevard.

b. Allumer et éteindre à distance

- La commande et le contrôle des machines de n'importe quel endroit.
- La réduction de temps d'arrêt des systèmes.

c. Changer la luminosité des lumières d'un boulevard

- Allumage, changement et gradation des couleurs d'une manière automatique à l'aide d'un minuteur.
- Economiser l'énergie.
- Economiser le budget des communes.

Pour réaliser ces tâches, nous devons passer par les étapes suivantes :

- L'étude du module GSM et de la carte Arduino.
- La programmation de la carte Arduino et la liaison entre les composants utilisés.
- Le test du fonctionnement des cartes.

2. Structure générale du système

La commande par GSM est composée de deux cartes, la première est une carte d'interface pour le module GSM et la deuxième c'est une carte électronique de commande (carte Arduino). La liaison entre les deux se fait à travers **une communication série**.

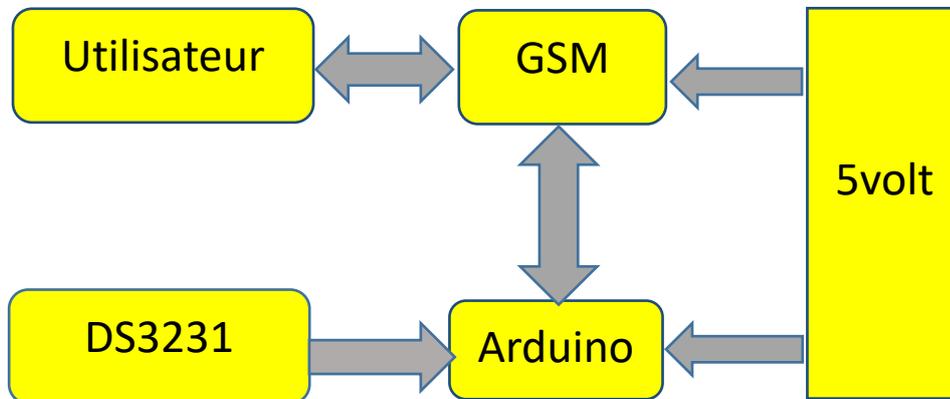


Figure 10: fonctionnement général du système

Les composants nécessaires pour la réalisation de notre prototype sont :

- Une carte Arduino UNO.
- Un module GSM.
- Des LEDs RGB.
- Des résistances.
- Une alimentation de 12V.
- Une plaque d'essai et des fils pour le câblage.
- Un module RTC DS3231

3. Partie matérielle

Choix de la carte programmable

Il y a de nombreuses cartes électroniques qui possèdent des plateformes basées sur des microcontrôleurs disponibles pour l'électronique programmée. Tous ces outils prennent en charge les détails compliqués de la programmation et les intègrent dans une présentation facile à utiliser. Parmi ces outils, le système Arduino simplifie la façon de travailler avec les microcontrôleurs tout en offrant plusieurs avantages :

Chapitre 3 : La commande par GSM de l'éclairage public d'un boulevard.

- ❖ **Pas cher** : les cartes Arduino sont relativement peu coûteuses comparativement aux autres plateformes.
- ❖ **Multi-plateforme** : Le logiciel Arduino, écrit en Java, tourne sous les systèmes d'exploitation Windows, Macintosh et Linux. La plupart des systèmes à microcontrôleurs sont limités à Windows.
- ❖ **Un environnement de programmation simple** : L'environnement de programmation Arduino est facile à utiliser pour les débutants, tout en étant assez flexible pour que les utilisateurs avancés puissent en tirer profit également.
- ❖ **Logiciel Open Source** : Le logiciel Arduino et le langage Arduino sont publiés sous licence open source, disponible pour être complété par des programmeurs expérimentés.

3.1 Arduino UNO

Description : Les cartes Arduino possèdent un microcontrôleur du type ATMEGA, facilement programmable ainsi que de nombreuses entrées-sorties. Plusieurs cartes Arduino existent et se différencient par la puissance du microcontrôleur ou par la taille et la consommation de la carte. Le choix de type de carte Arduino s'effectue en fonction des besoins de votre projet. La carte Arduino UNO est la plus couramment utilisée.

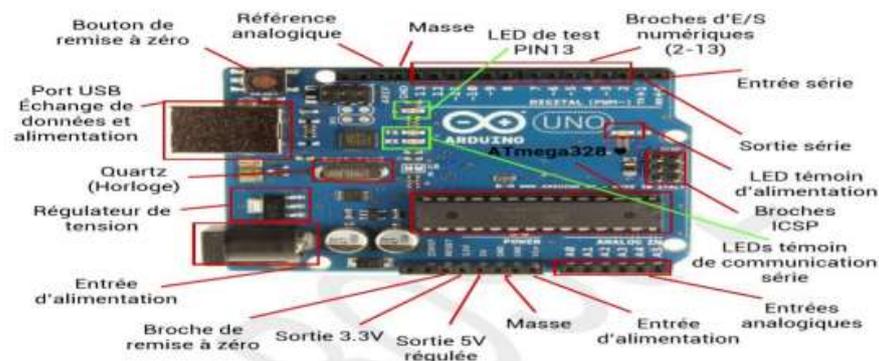


Figure 11: Carte Arduino "UNO"

3.2 Le module GSM

Description : Le module GSM est une carte interface compatible Arduino. Elle permet d'envoyer et recevoir des SMS, des données ou des communications vocales avec une faible consommation d'énergie depuis le réseau mobile. Il est possible de communiquer avec la carte à l'aide de la commande AT, elle utilise deux connecteurs (RX et TX) pins pour la connexion avec l'Arduino. Ces commandes sont un jeu de commandes textuelles permettant de gérer la plupart des modules GSM. AT est

Chapitre 3 : La commande par GSM de l'éclairage public d'un boulevard.

l'abréviation d'ATtention. Ces 2 caractères sont toujours présents pour commencer une ligne de commande sous forme de texte. Les commandes permettent la gestion complète du mobile.

Le module GSM est capable d'acquérir huit entrées analogiques et huit entrées numériques, ainsi que la régulation et la génération des signaux de commande des huit relais.

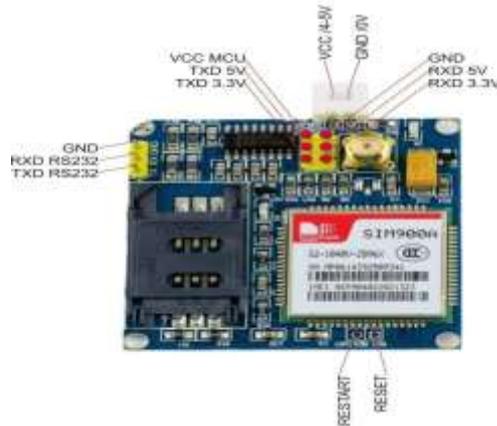


Figure 12: le module GSM

3.3 Les LEDs RGB

Description : Les lettres RGB veulent dire Red, Green et Blue/rouge, vert, bleu. Ce sont les trois couleurs primaires. Avec la base de ces trois couleurs, il est possible de créer un grand nombre de couleurs.

L'avantage : Les LEDs RGB est plus simple par rapport aux autres LEDs : il n'y a qu'un seul composant à câbler, au lieu d'avoir trois composants à deux pattes, on a un unique composant à quatre pattes, ça demande moins de soudure et donc moins de temps à câbler. Les ampoules LEDs RGB permettent un meilleur rendu des couleurs et ont la capacité de donner à notre boulevard une ambiance.



Figure 13: LED RGB

3.4 Un module DS3231

Description : Un module d'horloge en temps réel de haute précision pour Arduino, mesure avec régularité l'écoulement des heures, des minutes et des seconds. Il est possible d'obtenir l'heure en format 24h ou 12h(AM/PM), en fonction du réglage opéré. Nous l'avons utilisé pour le mode nuit dans le fonctionnement de notre boulevard.

L'utilité de ce module c'est qu'il va nous aider dans la commande électrique vue que ce dernier ne sera actif que dans une plage horaire que nous définirons.

Le module dispose de tout le nécessaire pour garder en mémoire l'heure en cas de coupure d'alimentation grâce à une batterie externe. Une simple pile bouton permet de garder l'heure et la date à jour durant plusieurs années sans alimentation.



Figure 14: Un module DS3231

3.5 Les résistances

Description : Il s'agit d'un composant électronique passif qui permet de limiter le courant dans la charge. Nous l'avons utilisé pour protéger les différentes LEDs utilisées dans notre prototype.



Figure 15: Les résistances

3.6 Breadboard

Description : Cette platine d'expérimentation ou platine de prototypage est un dispositif qui permet de réaliser le prototype d'un circuit électronique et de le tester. L'avantage de ce système est d'être totalement réutilisable, car il ne nécessite pas de soudure.

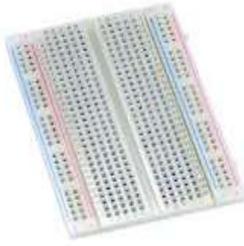


Figure 16: Breadboard

3.7 Alimentation 12V pour Arduino

Le bloc secteur idéal pour alimenter la carte Arduino via le connecteur DC Power en 12V.



Figure 17: Alimentation Arduino 12V

III Réalisation et la programmation du système

1. Réalisation expérimentale du prototype

Après avoir étudié les différents éléments constituant notre commande, nous pouvons passer à la réalisation de cette dernière.

1.1 Câblage de GSM avec Arduino

Pour câbler le Shield GSM avec Arduino, il faut connecter la broche Tx du module GSM à la broche pin 11 de l'Arduino et la broche Rx du module GSM à la broche pin 10 de l'Arduino, puis relier la broche de la masse (GND) de ce dernier sur la broche de la masse (GND) du module GSM (figure 18).

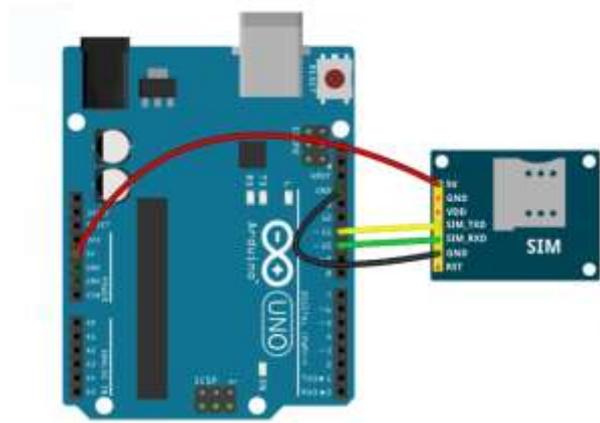


Figure 18: Flux de données entre Arduino et le Shield GSM

1.2 Câblage de l'Arduino avec la LED RGB :

- On câble la broche GND de la carte Arduino à la broche commune de la LED RGB au moyen d'un fil (figure 19).
- On relie les trois broches de couleur de la LED RGB chacune à une résistance de 220 ohms .
- On relie Chaque résistance respectivement aux broches D6, D5 et D3 de la carte Arduino
- On a choisi les broches D6, D5 et D3 parce qu'elles sont de type PWM c'est-à-dire on peut jouer sur le rapport cyclique (rapport = TON/Off) qui indique le pourcentage de l'état haut par rapport à l'état bas pour envoyer plus ou moins de puissance à la LED afin de faire varier la luminosité de chaque couleur.

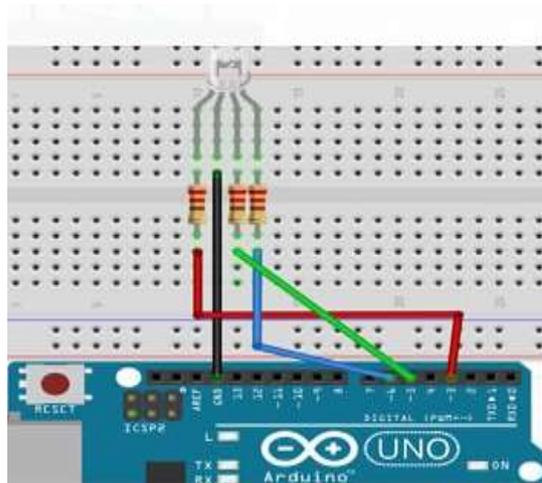
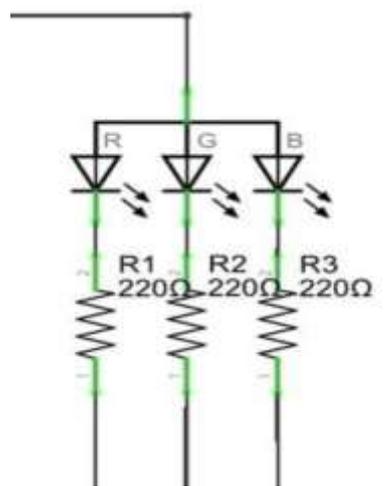


Figure 19: Câblage de Arduino avec la LED RGB

Calcul de la résistance

Chapitre 3 : La commande par GSM de l'éclairage public d'un boulevard.



Pour déterminer R, on utilise la valeur maximale du courant supportée par la LED D'après la datasheet $I_{max} = 20 \text{ mA}$ et $V_0 = 1.8\text{V}$ (V_0 tension seuil de la LED).

D'après le montage ci-dessus, on a :

$$V = V_0 + V_R \quad (V_R : \text{tension de résistance tel que } V_R = R \cdot I_{max}, V = 5\text{V})$$

Après les calculs ; on trouve que : $R = 160 \text{ ohms}$

Donc on prend une valeur supérieure ou égale à 160 ohms.

1.3 Câblage du module RTC DS3231 avec Arduino UNO :

Ce câblage est simple, il suffit de relier comme indiqué ci-dessous (figure 20) les trois fils de communication de la DS3231 :

- ✓ VCC -> Arduino 5V.
- ✓ SCL -> SCL (ou A5).
- ✓ SDA -> SDA (ou A4).

Il faut bien sûr relier la masse (GND) de l'Arduino et du module.

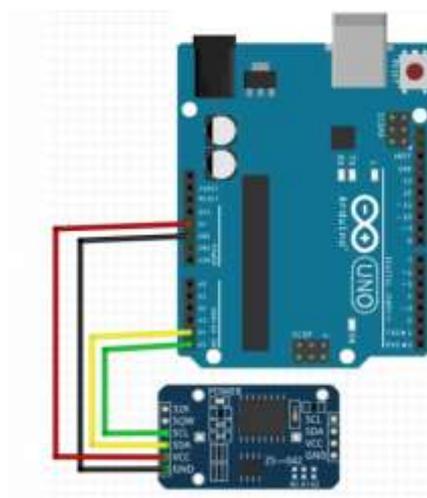


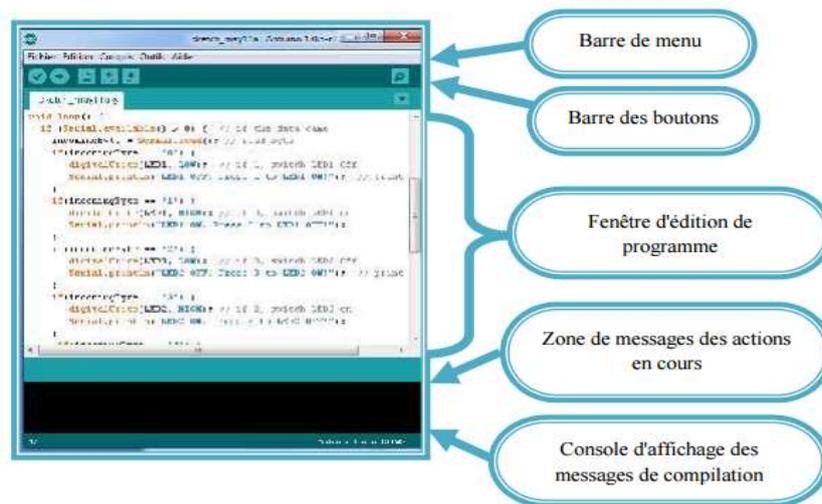
Figure 20: Câblage du module RTC avec Arduino

2. Partie logicielle :

Cette partie est dédiée à la présentation de plateforme informatique utilisée.

- **Plateforme de programmation Arduino :** 

L'interface de Arduino offre une interface minimale et épurée pour développer un programme sur les cartes Arduino. Elle est dotée d'un éditeur de code avec coloration syntaxique et d'une barre d'outils rapide. Ce sont les deux éléments les plus importants de l'interface. On retrouve aussi une barre de menus, plus classique, qui est utilisée pour accéder aux fonctions avancées de l'Arduino et une console affichant les résultats de la compilation du code source, des opérations sur la carte, etc. Le langage Arduino est inspiré de plusieurs langages. On retrouve notamment des similarités avec le C, le C++.... Le langage impose une structure particulière typique de l'informatique embarquée.



- **Description du fonctionnement :**

Dans la fonction principale, nous avons juste besoin d'envoyer un SMS, " code", message envoyé est reçu par le module GSM qui est connecté au système et qui est à son tour envoie les données de ce message à Arduino. Celui-ci lit et extrait le message principal de l'ensemble du message. Et puis le compare avec un message prédéfini dans Arduino qui demande soit d'allumer, d'éteindre ou de changer la couleur de la LED à distance.

- **Les SMS utilisés :**

- ❖ DD : une gradation de couleur verte d'une LED
- ❖ CC : un changement des couleurs d'une LED en utilisant le module DS3231

Chapitre 3 : La commande par GSM de l'éclairage public d'un boulevard.

- ❖ OF : éteindre la LED REG
 - ❖ ROUGE : allumer la LED en rouge
 - ❖ VERT : allumer la LED en vert
 - ❖ BLEU : allumer la LED en bleu
 - ❖ JAUNE : allumer la LED en jaune
- **Programmation de l'Arduino** : LE CODE du programme est présenté en Annexe
- 3. La réalisation du projet dans l'entreprise :**

Après la réalisation du prototype (figure 22),

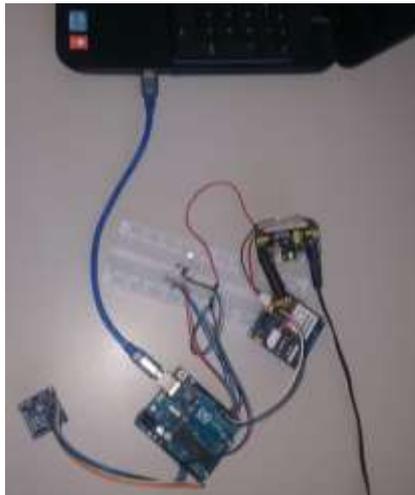


Figure 21:realisation réel de prototype

Nous avons testé le bon fonctionnement de notre prototype dans la RADEEF (figure 23).

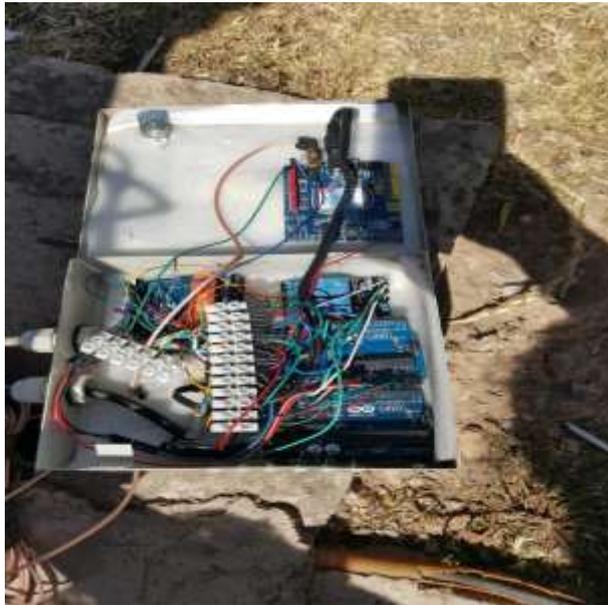


Figure 22:realisation réel dans la RADEEF

Chapitre 3 : La commande par GSM de l'éclairage public d'un boulevard.

Nous avons fait une étude concernant l'application réelle du prototype dans l'entreprise. Selon nos recherches, nous avons constaté que l'application de ce dernier nécessite une installation de la manière suivante :

- Utilisation de plusieurs Arduino pour éviter le problème d'overflow de la mémoire. C'est une segmentation de la commande en trois sous stations et pour être sûr que le programme va fonctionner
- Deux modules GSM parce que on a une longueur qui est grande (environ 800m) une carte Shield GSM est installée au début du boulevard et l'autre au milieu. Les deux systèmes répondent à la même commande.



- Utilisation d'un Module de brassage pour l'amplification du signal de commande des StripLED sur les candélabres à distance.



- Transformateur 220V/12V pour alimenter Arduino avec 12volt continu.



Tout le système est commandé avec une application NextNRG.

- **Description de l'application NextNRG :**

- ❖ Ecran d'accueil :

Dans l'écran d'accueil, il s'agit d'autoriser et d'identifier la personne qui contrôlera le réseau de l'éclairage public.



- ❖ Ecran principale :

Dans l'écran principal, figure une interface interactive du candélabre utilisé. Les deux luminaires (gauche et droite) peuvent soit :

- Être commandés chacun point à point (G/D).
- Être commandés massivement.

Chapitre 3 : La commande par GSM de l'éclairage public d'un boulevard.



- **Fonctionnement de l'application**

Dans l'interface graphique, les blocs de trois couleurs correspondent aux commandes à envoyer pour allumer les candélabres (Gauche et droit) avec les couleurs correspondantes, par contre le bloc de quatre couleurs correspond aux commandes pour allumer les candélabres massivement avec la couleur correspondante (R, V, B, violet ou Jaune...)

Les commandes des trois blocs de couleurs sont envoyées chacune à un Arduino, soit trois Arduino au total pour faire une segmentation de la commande en trois sous station.

IV Conclusion :

Au terme de ce chapitre, nous avons présenté la structure générale du système d'éclairage public par GSM. Nous avons ainsi présenté les différents composants du système (L'Arduino, le RTC et le module GSM). Les différentes étapes nécessaires pour la réalisation de la commande par GSM d'un boulevard. Nous avons réalisé notre prototype répondant au cahier de charge que nous avons testé et montré son bon fonctionnement.

Conclusion générale :

Lors de notre stage de projet de fin d'étude, nous étions amenés à réaliser un système de commande de l'éclairage public via une interface GSM. Nous avons en premier lieu présenté la Régie Autonome de Distribution d'Eau et d'Electricité de la ville de Fès (R.A.D.E.E. F). Par la suite nous avons spécifié les différentes tâches de notre sujet. Nous avons défini la structure de notre système, et ses différentes composantes. Nous avons simulé le fonctionnement de notre système à l'aide d'ISIS et par la suite réalisé notre prototype que nous avons testé.

Notre système présente des particularités telle l'allumage des deux côtés du candélabre séparément ou massivement avec différentes couleurs fondamentales (R, G, B) ou composées (Jaune, Violet, ...). Une autre particularité de notre système est l'utilisation d'un minuteur permettant de choisir les horaires d'allumage ou d'extinction ou de variation des couleurs.

Nous espérons, comme perspective, que notre système soit utilisé dans le cas réel, ceci pourrait aider la RADEEF à réduire sa consommation énergétique pour l'éclairage public.

Par ailleurs, ce stage a été pour nous, une occasion d'allier la théorie acquise à la faculté et la pratique qui est en fait le réel besoin de l'organisme, il nous a permis d'ouvrir une fenêtre sur le monde de travail, de mettre en application nos connaissances techniques et d'enrichir notre vocabulaire technique, sans oublier les nouvelles relations humaines que nous avons établies au sein de la régie.

Bibliographie :

- <http://www.radeef.ma/> date de consultation 10/05/2019
- <http://www.eclairagepublic.eu/luminaires1.html> date de consultation 11/05/2019
- <http://eclairagepublic.eu/fonctionnement.html> date de consultation 16/05/2019
- <http://eclairagepublic.eu/supports-eclairage1.html> date de consultation 16/05/2019
- https://fr.wikipedia.org/wiki/Lampe_%C3%A0_incandescence date de consultation 17/05/2019
- <https://arduino103.blogspot.com/2012/04/gsmgrps-shield-commande-via-sms.html> date de consultation 20/05/2019

Les Annexes

LES CODES :

```
#include <Wire.h> // library de I2C
#include "RTClib.h"
RTC_DS1307 rtc;
char daysOfTheWeek[7][12] = {"Sunday", "Monday", "Tuesday", "Wednesday", "Thursday", "Friday", "Saturday"};

#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial SIM900(10, 11);
String textMessage;
const int lampe = 13;
const int Lrouge = 3 ; // la led rouge branchée sur la pin 3 de l'arduino
const int Lvert = 5 ; // la led verte branchée sur la pin 5 de l'arduino
const int Lbleu = 6 ; // la led rouge branchée sur la pin 6 de l'arduino
String texte ; // variable pour stocker la valeur du message reçu

void setup() {
  pinMode(lampe, OUTPUT);
  Serial.begin(19200);
  SIM900.begin(19200);

  delay(1000);
  Serial.print("SIM900 ready...");
  delay(1000);
  SIM900.println("AT"); //Handshaking with SIM900

  updateSerial();
  SIM900.println("AT+IPR?"); //Handshaking with SIM900
  updateSerial();
  // AT commande pour configurer SIM900 au mode SMS
  SIM900.print("AT+CMGF=1\r");
  delay(100);
  SIM900.print("AT+CNMI=2,2,0,0,0\r");
  updateSerial();
  delay(100);
  ===== RTC config=====
  if (! rtc.begin()) {
    Serial.println("Couldn't find RTC");
    while (1);
  }
  //rtc.adjust(DateTime(2019, 05, 19, 22, 37, 0));
  rtc.adjust(DateTime(F(__DATE__), F(__TIME__)));
  if (! rtc.isrunning()) {
    Serial.println("RTC is NOT running!");
    // following line sets the RTC to the date & time this sketch was compiled
    rtc.adjust(DateTime(F(__DATE__), F(__TIME__)));
    //rtc.adjust(DateTime(2019, 05, 19, 21, 35, 0)); // <----- ajuster l'heure et la date : YYYY,MM,DD,HH,MM,SS
  }
  delay(100);
  //=====
```

```

void loop() {
  //textMessage = "";
  if(SIM900.available()>0) {
    SIM900.print("AT+CNMI=2,2,0,0,0\r");
    textMessage = SIM900.readString();
    Serial.print(textMessage);
    delay(100);
  }
  DateTime now = rtc.now();

:##### BLEU #####
  if(textMessage.indexOf("CC")>=0) {
    DateTime now = rtc.now();
    if (now.second() >= 00 && now.second() < 10 ){
      RGB(233,109,20);
      Serial.println("rouge1");
    }
    if (now.second() >= 10 && now.second() < 20 ){
      RGB(237,0,0);
      Serial.println("rouge1");
    }
    else if (now.second() >= 20 && now.second() < 30 ){
      RGB(21,96,189);
      Serial.println("rouge2");
    }
    else if (now.second() >= 30 && now.second() < 40 ){

RGB(173,79,9);
      Serial.println("rouge3");
    }
    else if (now.second() >= 40 && now.second() <50 ){
      RGB(253,191,183);
      Serial.println("rouge4");
    }
    else if (now.second() >= 50 && now.second() <59 ){
      RGB(1,215,88);
      Serial.println("rouge4");
    }
    if(SIM900.available()>0) {
      textMessage = "";
      SIM900.print("AT+CNMI=2,2,0,0,0\r");
      textMessage = SIM900.readString();
      Serial.print(textMessage);
      delay(100);
    }
  }
:##### JAUNE #####
  if( textMessage.indexOf("DD")>=0){ // jaune
    DateTime now = rtc.now();
    if (now.second() >= 00 && now.second() < 10 ){
      RGB(4,139,154);
      Serial.println("rouge1");
    }
    if (now.second() >= 10 && now.second() < 20 ){

```

```

    RGB(20,148,20);
    Serial.println("rouge1");
  }
  else if (now.second() >= 20 && now.second() < 30 ){
    RGB(37,253,233);
    Serial.println("rouge2");
  }
  else if (now.second() >= 30 && now.second() < 40 ){
    RGB(9,106,9);
    Serial.println("rouge3");
  }
  else if (now.second() >= 40 && now.second() <50 ){
    RGB(176,242,182);
    Serial.println("rouge4");
  }
  else if (now.second() >= 50 && now.second() <59 ){
    RGB(158,253,56);
    Serial.println("rouge4");
  }
  if(SIM900.available ()>0) {
    textMessage = "";
    SIM900.print ("AT+CNMI=2,2,0,0,0\r");
    textMessage = SIM900.readString ();
    Serial.print (textMessage);
    delay (100);
  }
}

//===== couleur : rouge, vert , bleu=====
if( textMessage.indexOf("ROUGE")>=0){ // tester si le message recu contient "ROUGE"
  RGB(255,0,0); // appeler la fonction RGB
  Serial.println("rouge allumé"); // ecrire dans le moniteur serie
  textMessage = ""; // vider la variable texte pour eviter l'accum
  //ulation des messaans le meme variable
}

if( textMessage.indexOf("VERT")>=0){
  RGB(0,255,0);
  Serial.println("vert allume");
  textMessage = "";
}

if( textMessage.indexOf("BLEU")>=0){
  RGB(0,0,255);
  Serial.println("bleu allume");
  textMessage = "";
}

if( textMessage.indexOf("JAUNE")>=0){
  RGB(200,150,0);
  Serial.println("JAUNE allume");
  textMessage = "";
}

```