

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur Et de la Recherche Scientifique



Université ABOU BEKR BELKAID

Faculté de Technologie Département de TELECOMUNICATION



## *Mémoire*

Pour l'obtention du diplôme de

***MASTER EN TELECOMMUNICATION***

Option : Réseau de télécom

Présenté par :

**Kherroubi Farida**

**Medjahdi Wafaa**

Thème :

***Simulation d'une gestion par objet  
connectés de l'éclairage***

Soutenu devant le jury commission d'examen :

Mr. Ahmed Riadh BORSALI

Univ. Tlemcen

Président

Mr. Sidi Mohamed BAHRI

Univ. Tlemcen

Examineur

Mr. Belkacem BENADDA

Univ. Tlemcen

Encadreur

Année Universitaire -Année 2020-

# REMERCIEMENTS

Il nous est agréable et important de réserver cette page comme témoin de reconnaissance à toutes personnes qui nous ont soutenus et encadré pour la réalisation de ce travail.

Tout d'abord nous remercions ALLAH le tout puissant de nous avoir donné la force et patience pour achever ce travail.

Ce travail a été réalisé à l'université de technologie de Tlemcen dans le cadre du projet de mémoire du Master

Nous tenons également à remercier infiniment Mr **BENADDA BELKACEM** Pour nous avoir offert les conditions nécessaires et nous avoir guidés dans l'élaboration de ce travail, pour sa patience, et surtout pour sa confiance, ses remarques, ses conseils, sa disponibilité et sa bienveillance.

Nous voudrions, également, remercier les membres du jury Mr **Sidi Mohamed Bahri** Maitre de conférences à l'Université de Tlemcen et Mr **Ahmed Riadh BORSALI** Pour avoir accepté d'évaluer ce travail, en toutes leurs remarques et critiques bénéfiques.

Nous profitons aussi de ce mémoire pour exprimer nos plus vifs remerciements envers tous les professeurs de la faculté de technologie de Tlemcen qui nous ont apportés du soutien durant nos études.

Que ce travail soit pour le gage de notre profonde estime à tous nos amis et tous ceux qui nous ont aidé.

# Tables des matières

## **Chapitre 1 :Présentation du smart lighting avec des objets connectés**

I.	Introduction :	3
II.	L'impact de la surconsommation d'énergie sur l'environnement :	3
III.	L'éclairage intelligent :	4
1.	Les avantages de l'éclairage intelligent Smart Lighting :	5
IV.	L'éclairage exploitant la technologie IoT :	7
V.	Les clientèles ciblées :	7
VI.	Conclusion :	7

## **Chapitre 2 :Système d'éclairage intelligent exploitant la technologie IoT**

I.	Introduction :	9
II.	Technologie IoT :	9
III.	Synoptique de la solution proposée :	9
IV.	Capteurs de détection des mouvements :	10
1.	Détecteur infrarouge passif.....	10
2.	Détecteur hyperfréquence (HF) :	12
3.	Détecteur à ultrasons (US) .....	14
4.	Détection par caméra.....	17
V.	Différences entre les détecteurs de mouvement, de présence et les détecteurs caméra .....	20
VI.	Traitement par Cloud et Intelligence artificielle :	21
1.	Le Cloud .....	21
2.	L'intelligence artificielle.....	23
VII.	Conclusion .....	24

## **Chapitre 3 :Conception du système de communication sans fils**

I.	Introduction.....	27
----	-------------------	----

II.	Présentation d'Arduino .....	27
1.	Le Module Arduino .....	27
a.	Arduino Uno .....	28
b.	Arduino Mega 2560 .....	29
2.	Les avantages de l'Arduino .....	30
3.	Les inconvénients de la carte Arduino .....	30
4.	L'environnement de développement Arduino .....	31
III.	Module sans fil nRF24L01+ .....	31
1.	Description .....	31
2.	Les différents composants .....	32
3.	Caractéristiques de NRF24L01 .....	33
4.	Comment fonctionne le module émetteur-récepteur nRF24L01+ ? .....	33
5.	La bande de fréquence utilisée .....	34
6.	Le protocole utilisé .....	34
7.	Interface SPI .....	35
IV.	Câblage - Connexion du module émetteur-récepteur NRF24L01+ à un Arduino .....	36
V.	Implantation des nœuds de détection .....	38
VI.	Conclusion .....	38

## **Chapitre 4 : Programmation du Système Smart Lighting**

I.	Introduction .....	41
II.	Interfaçage du détecteur de mouvement PIR avec Arduino Uno .....	41
1.	Détecteur PIR : .....	41
2.	Arduino uno : .....	42
3.	Le principe : .....	43
III.	Les outils de programmation embarqués .....	43
1.	Arduino IDE : .....	43
2.	Le logiciel IDE : Integrated Development Environment : .....	44

3.	L'architecture générale du logiciel : .....	45
4.	Choix de la carte dans l'IDE : .....	46
5.	Programmation en Arduino : .....	47
6.	Les étapes de l'exécution d'un programme : .....	48
IV.	Nœuds de détection des mouvements .....	49
V.	Code Arduino pour la détection de mouvement .....	51
VI.	Conclusion .....	52

# Liste des figures

Figure 1:exemple sur l'éclairage publique intelligent .....	5
Figure 2: schéma synoptique de fonctionnement du système.....	10
Figure 3:Détecteur PIR .....	11
Figure 4:Détecteur hyperfréquence.....	12
Figure 5:Détecteur STEINEL-730512 .....	13
Figure 6:détecteur ultrason.....	14
Figure 7:Détecteur US 360 .....	16
Figure 8:Détecteur par caméra .....	18
Figure 9:caméra de surveillance .....	19
Figure 10:Détection du mouvement par infrarouge.....	19
Figure 11:une carte Arduino UNO.....	29
Figure 12:une carte Arduino Mega 2560 .....	30
Figure 13:Module NRF24L01.....	32
Figure 14:les différents composants du module NRF24L01 .....	32
Figure 15:format d'un paquet ShockBurst .....	35
Figure 16:cablage NRF24L01 avec Arduino UNO noeud source .....	37
Figure 17:cablage NRF24L01 avec Arduino Mega noeud puits .....	38
Figure 18:caractéristique du pir .....	41
Figure 19:Capteur PIR et Arduino : Circuit minimal .....	43
Figure 20:interface du logiciel Arduino .....	45
Figure 21:interface d'IDE en détail.....	46
Figure 22:choix de la carte .....	47
Figure 23:structure de programme principale.....	48
Figure 24:barre d'outils .....	48
Figure 25:architecture d'un capteur .....	49
Figure 26:code Arduino pour la détection de mouvement .....	51
Figure 27:résulta du programme de détection .....	52

## **Résumé**

L'éclairage public ou domotique représente chaque année la majeure partie de la consommation d'énergie, à cause de l'utilisation de systèmes de commande obsolètes. L'objectif de ce travail est d'étudier les solutions pour le contrôle optimal de l'éclairage public ou domotique afin de réduire la consommation d'énergie. Pour cette raison on a réalisé un petit système qui détecte le mouvement. La conception et la réalisation de ce système exploite les outils Arduino UNO, ce dernier va gérer tous les processus dans le circuit et contrôle l'éclairage.

## **Abstract**

Lighting on cities and facilities accounts for the bulk of energy consumption each year, one of the main objectives regarding lighting in general, deals with solutions for optimal control of energy consumption precisely for public lighting. In our work we have built embedded system that detects movement to manage new kind of light control solution. All The design and integration of our system is based on Arduino UNO as a rapid development solution used to manage all the processes in the peripherals and control of the lighting.



## ملخص

تمثل الإضاءة العامة والخاصة الجزء الأكبر من استهلاك الطاقة الكهربائية، وذلك لعدم استخدام أنظمة التحكم. الهدف من هذا العمل هو دراسة الحلول للتحكم الأمثل في الإضاءة العامة والخاصة بهدف تقليل استهلاك الطاقة. لهذا قمنا بعمل نظام مدمج يتحسس الحركة. يعتمد النظام المقترح على تصميم وبناء بواسطة UNOArduino بحيث يقوم هذا الأخير بإدارة جميع العمليات في الدائرة والتحكم في مشغلات الإضاءة.

## **Introduction générale**

L'éclairage est en pleine mutation depuis quelques années grâce aux développements de la vie urbaine et sa fonction de base, permettant aux utilisateurs de vivre dans de bonnes conditions de confort. Il est courant de voir aujourd'hui la technologie des lampes migrer vers celles à base de LEDs uniquement pour des qualités de longévité et de réduction des coûts. Beaucoup plus, Aujourd'hui, avec l'avènement de la technologie liée à Internet des objets (IoT) qui est considérée comme une infrastructure mondiale pour la société de l'information. En effet, cette dernière permet de disposer des services évolués interconnectant des objets (physiques ou virtuels). L'idée proposée pour notre travail consiste dans l'étude de la mise en place d'un système d'éclairage, public ou domestique, contrôlé et supervisé à distance. Une mise en place et création d'un système intelligent qui va permettre de rendre les anciennes composantes de l'éclairage public plus visibles et plus performants sachant que ce nouveau système nous offre une optimisation remarquable d'énergie, de temps et de ressources et permet une très grande flexibilité d'intervention et de résolution de problèmes.

En effet, l'inconvénient de l'éclairage est l'abus de l'énergie électrique et sa mauvaise gestion. Notre projet consiste en l'étude et la réalisation d'une carte à base d'un ARDUINO UNO permettant la commande automatique de l'éclairage public pour assurer une commande optimale de l'éclairage. Ce travail est organisé en quatre chapitres.

Dans le chapitre 1, nous allons définir et vulgariser le smart lighting exploité par la technologie IOT

Le chapitre 2 est dédié pour présenter les différents types de capteur ainsi que le traitement par Cloud et intelligence artificiel

Le chapitre 3 va présenter les différents composants du système

Le chapitre 4 conclut avec un Programme de stimulation du Smart Lighting

# **Chapitre1 :**

Présentation du smart lighting  
avec des objets connectés

***1. Introduction :***

L'énergie est essentielle à la vie et au développement économique. Au niveau mondial depuis environ deux siècles, sa consommation a été multipliée par un facteur de [70]. Cela a permis d'accroître non seulement le niveau mais aussi l'espérance de vie des habitants de la terre. Néanmoins, ces progrès fulgurants se sont faits avec un impact de plus en plus important sur l'environnement. La production, le transport et l'utilisation de l'énergie produit des déchets, des rejets et de multiples pollutions dans l'air, l'eau et le sol. En conséquence et dans le cadre de l'évolution technologique et des innovations qui s'accélèrent de jour en jour, et tenons compte de la vision du gouvernement d'appuyer l'économie numérique et la technologie de l'information, il est temps de penser à une infrastructure intelligente dans notre pays. Cet essai démontre l'intérêt de transformer l'éclairage public existant en éclairage public intelligent en utilisant la technologie de l'Internet des Objets.

Ce chapitre illustre quelques exemples et solutions technologiques dont l'impact est important pour réduire la consommation et préserver l'environnement. [1]

***1. L'impact de la surconsommation d'énergie sur l'environnement :***

A la fin du 18<sup>ème</sup> siècle, dans les grandes villes du monde, seulement un réverbère sur deux était allumé les nuits de pleine lune mais ce n'était pas par esprit écologique mais pour faire des économies. Dès la tombée de la nuit, l'éclairage publique, les bâtiments et stades allumés, Les phares des véhicules enveloppent les zones urbaines dans une sphère lumineuse qui rend les étoiles invisibles. Considéré à l'origine comme une simple gêne la pollution lumineuse ainsi que le gaspillage de l'énergie électrique représentent aujourd'hui un véritable fléau. En outre des rejets du CO<sub>2</sub> résultants de toutes sources de chaleur y compris des grandes stations de production de l'énergie consommant différents carburants afin de produire de l'électricité et dont, les conséquences négatives affectent l'environnement. Depuis une vingtaine d'années ce phénomène s'est accéléré, à tel point que la nuit, de larges parties de la terre sont désormais bien visibles de l'espace. Les dangers sont multiples :

- La lumière artificielle attire des millions d'insectes qui ne peuvent plus servir de nourriture aux oiseaux. Cela déséquilibre la chaîne alimentaire liée aux oiseaux.
- Elle désoriente les oiseaux migrateurs qui ne voient plus les étoiles.

- Elle dérègle le cycle de vie des arbres, ceux-ci perdent leur feuillage plus tardivement quand ils sont éclairés la nuit.

Les êtres humains n'échappent pas à ces nuisances : trouble du sommeil, problème de concentration, et selon certaines études, l'exposition forte et durable à la lumière artificielle favoriserait le cancer, pourtant l'éclairage est souvent gaspillé inutilement. Il est dirigé vers le ciel ou les façades au lieu d'éclairer le sol.

La lumière, la nuit, elle nous fascine et nous est indispensable mais lorsqu'elle devient omniprésente elle peut nuire c'est pourquoi il faut promouvoir un éclairage sobre et à bon escient et lutter contre le mal obscur de la pollution lumineuse par la solution unique de gérer cette ressource à l'aide d'un éclairage intelligent (**smartlighting**).

## **II. L'éclairage intelligent :**

Il s'agit d'éclairer juste, c'est-à-dire la ou il faut, quand il faut et comme il faut. [2]

En effet, l'éclairage intelligent, ou Smart Lightning, est un système initialement conçu pour augmenter l'efficacité énergétique en faisant varier l'intensité lumineuse d'une lampe selon différents paramètres. La variation d'intensité d'une ampoule dépend de son pourcentage d'abaissement de puissance, qui se révèle très inégale en comparaison avec les différentes lampes d'éclairage public actuelle. [3]

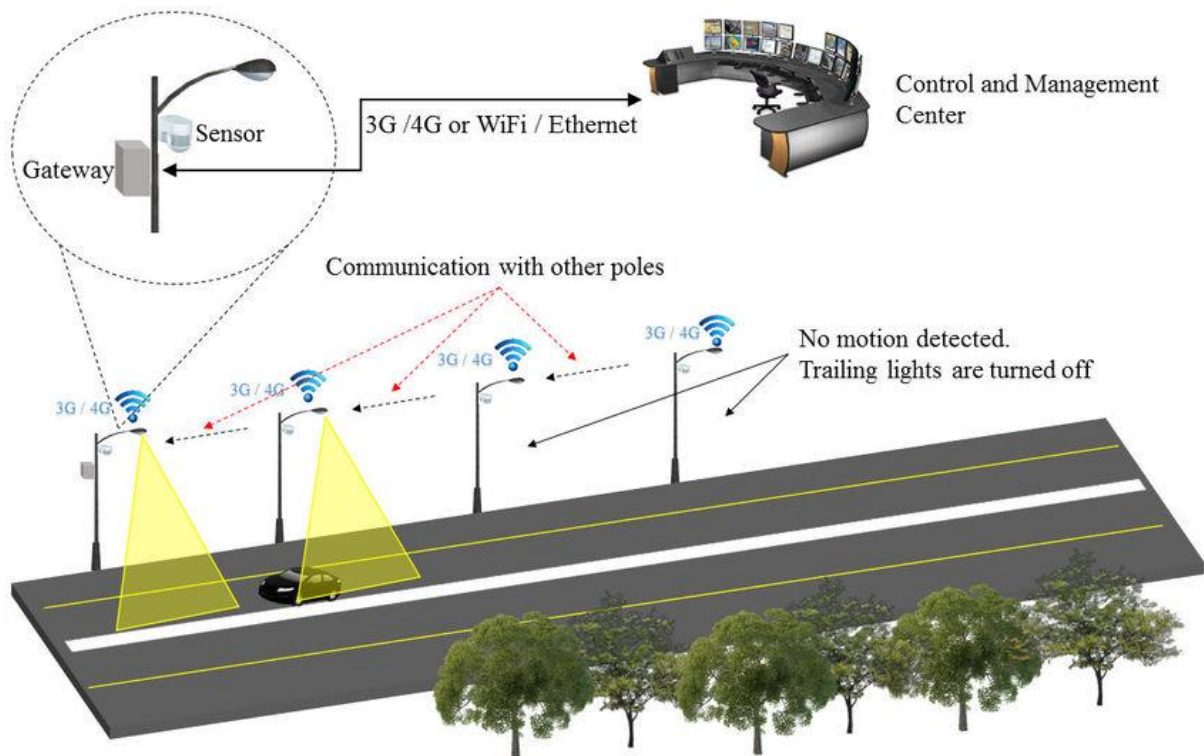


Figure 1: exemple sur l'éclairage publique intelligent

### 1. Les avantages de l'éclairage intelligent Smart Lighting :

Ces types de systèmes smart s'adaptent à tous les besoins et sont vraiment en mesure d'améliorer la vie des utilisateurs.

Voici quelques-uns des nombreux avantages du Smart Lighting :

- **Economie d'énergie**

Parmi les avantages de l'éclairage intelligent se distingue celui des économies d'énergie. En effet, ces systèmes de gestion d'éclairage publique intelligent permettent d'économiser sur la consommation d'énergie et donc sur la facture d'électricité.

Il est évident que les systèmes modernes de dernière génération permettent le contrôle intelligent de l'éclairage public, la gestion **centralisée** de toutes les lumières dans l'habitation via **dispositifs sans fil**.

Grâce aux systèmes smart, on peut également installer des **détecteurs de mouvement** dans les villes, ce qui permet d'éteindre les lumières lorsqu'elles ne sont pas nécessaires, réalisant ainsi une économie d'énergie considérable. Selon les statistiques, en utilisant le **variateur de lumière**, on peut réduire sa consommation d'énergie d'environ 20%.

- **Facilité d'utilisation et personnalisation totale**

Les systèmes de domotique pour l'éclairage, sont non seulement pratiques du point de vue **d'économie de l'énergie** visible sur la facture d'électricité, mais ils sont aussi très simples à utiliser et faciles à installer.

En outre, parmi les avantages du Smart Lighting, on trouve dans le commerce une incroyable variété de systèmes pour la gestion intelligente de l'éclairage, vraiment adaptés à chaque type d'utilisateur, quelles que soient ses exigences économiques.

- **Contrôle à distance**

Parmi les avantages les plus intéressants de Smart Lighting est la commodité que ces systèmes offrent. De nombreux modèles peuvent en effet être **contrôlés à distance**, à l'aide d'applications pour les appareils mobiles tels que Smartphones et tablettes. Grâce à ces dispositifs, on peut gérer toutes les fonctions et les paramètres par défaut du système Smart Lighting.

- **Prolonger la durée de vie des ampoules**

En plus d'économiser sur les factures d'électricité, les installations modernes dotées de la technologie Smart Lighting, même les plus simples, offrent l'avantage de l'allongement de la durée de fonctionnement des ampoules. Les variateurs de lumière sont en mesure de prolonger la durée de vie des ampoules même jusqu'à 20 fois par rapport aux classiques. En effet, ces dispositifs smart spéciaux permettent à l'utilisateur de diminuer l'intensité de la lumière en fonction de la période horaire ou des besoins divers, en profitant ainsi au maximum de la lumière du soleil.

- **Impact environnemental**

L'éclairage public et privé contribue à l'émission dans l'atmosphère de CO<sub>2</sub> et par conséquent, à la pollution de l'environnement. Pour cette raison, parmi les avantages de Smart Lighting, on trouve la réduction de l'impact environnemental. Grâce à ces systèmes de

gestion dernier cri d'éclairage publique, il sera possible de programmer les lampes pour éclairer seulement à des moments où l'on en a vraiment besoin, contribuant ainsi à réduire la pollution atmosphérique. [4]

### **III. L'éclairage exploitant la technologie IoT :**

L'intérêt d'utiliser la technologie internet des objets IoT est de contrôler efficacement à distance et n'éclairer que lorsqu'il y a quelqu'un, logique ! Comme la nuit, dans le quartier, c'est plutôt calme, l'option a été de développer un éclairage qui ne se met en route qu'au passage des usagers, qu'ils soient piétons, cyclistes ou automobilistes... Les capteurs communiquent entre eux, ainsi la lampe s'allume devant, et s'éteint derrière l'utilisateur, ce nouveau système nous offre une optimisation remarquable d'énergie, de temps et de ressources et permet une très grande flexibilité d'intervention et de résolution de problèmes. [5]

### **IV. Les clientèles ciblées :**

Le smart lighting est considéré comme étant un gage de sécurité et de confort de vie, cet éclairage seul moyen de lutte contre la pollution lumineuse offrirait une réduction de consommation électrique allant jusqu'à 70 %.

L'aubaine **des communs**, des grands établissements tels que : **les hôpitaux, les bases, les casernes, les hôtels, les usines, les entreprises** ...pour l'exploitation à bon escient de ce progrès avantageux.

### **V. Conclusion :**

Dans ce chapitre nous avons présenté les différents aspects liés à l'éclairage intelligent, dit smart Lighting. L'objectif majeur de ces systèmes consiste à gérer efficacement l'éclairage dans une infrastructure. De nos jours les applications en domotique sont très développées et sont largement commercialisées. Dans le prochain chapitre nous allons présenter comment nous allons aborder la problématique liée à la réalisation d'un système d'éclairage intelligent.



## **Chapitre 2 :**

Système d'éclairage intelligent exploitant  
la technologie IoT

### **I. Introduction :**

L'intérêt de ce projet consiste à utiliser la technologie Internet des Objets IoT pour contrôler efficacement à distance l'éclairer à l'échelle d'une institution un quartier ou une ville. L'éclairage est activé que lorsqu'il y a quelqu'un, comme la nuit, dans le quartier, c'est plutôt calme, l'option est de développer un éclairage qui ne se met en route qu'au passage des usagers, qu'ils soient piétons, cyclistes ou automobilistes... ceci implique l'intégration des capteurs communicants entre eux, ainsi la lampe s'allume devant, et s'éteint derrière l'usager, ce nouveau système offre une optimisation remarquable d'énergie, de temps et de ressources et permet une très grande flexibilité d'intervention et de résolution de problèmes. Dans ce chapitre nous allons présenter la conception du système que nous proposons pour atteindre les objectifs d'un éclairage intelligent à plusieurs échelles.

### **II. Technologie IoT :**

L'Internet of Things (IoT) est un réseau qui relie et combine les objets avec l'Internet, en suivant les protocoles qui assurent leur communication et échange d'informations à travers une variété de dispositifs. [6]

L'IoT peut se définir aussi comme étant un réseau de réseaux qui permet, via des systèmes d'identification électroniques normalisés et unifiés, et des dispositifs mobiles sans fil, d'identifier directement et sans ambiguïté des entités numériques et des objets physiques et ainsi, de pouvoir récupérer, stocker, transférer et traiter les données sans discontinuité entre les mondes physiques et virtuels. [7]

### **III. Synoptique de la solution proposée :**

La solution que nous proposons de construire, tel que montrée par la figure II-1 si dessous, fait appel à plusieurs nœuds capteurs de mouvement. Ces derniers détectent les mouvements et enregistrent les événements associés date et heures. Les informations ainsi codées vont être transmises à un serveur distant via une connexion internet. Les algorithmes distants sont susceptibles de planifier le niveau d'éclairage en fonction de la densité du mouvement la météo ou l'heure de la journée.

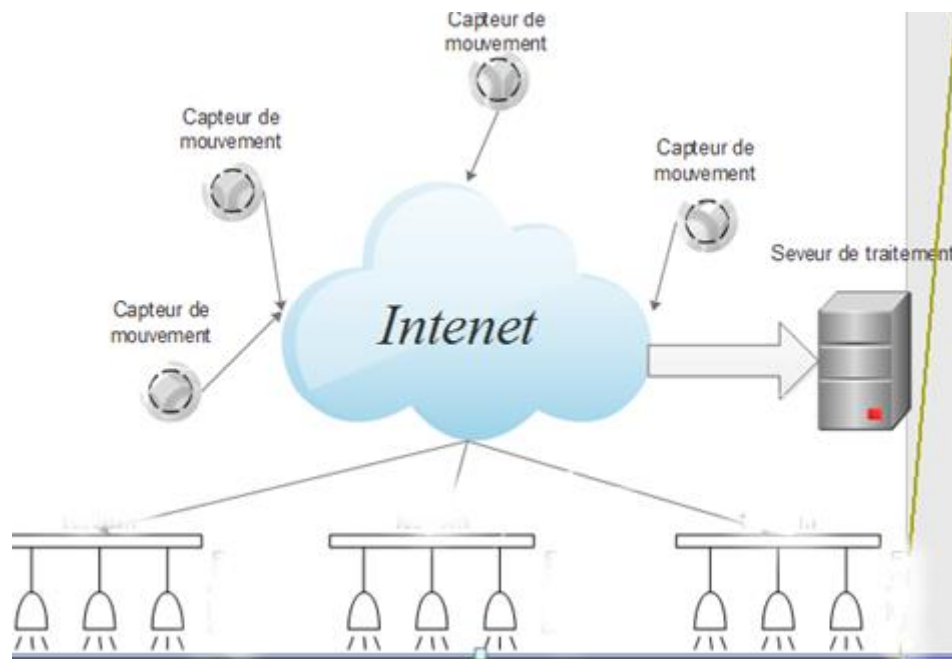


Figure 2:schéma synoptique de fonctionnement du système

#### IV. Capteurs de détection des mouvements :

Le détecteur de mouvement transmet toutes les informations enregistrées en temps réel par un système radio permettant l'intervention rapide de la société de surveillance. Il existe des modèles plus ou moins performants associant notamment la surveillance vidéo, un angle d'intervention plus ou moins important, etc. [8]

➤ Les quatre technologies de détection : La solution idéale pour chaque utilisation.

##### 1. Détecteur infrarouge passif : Il réagit aux sources de chaleur en mouvement

- **Rayonnement de chaleur de l'être vivant**

Les êtres vivants dégagent un rayonnement infrarouge en raison de leur chaleur corporelle. Ce rayonnement est utilisé par la technique de détection infrarouge pour identifier des mouvements et pour y réagir en conséquence.

- **Portées tangentielle et radiale**

La portée des détecteurs infrarouges dépend du sens du mouvement. La portée est en moyenne d'environ 12 m en cas de mouvement tangentiel (parallèle au détecteur) et est plus courte en cas de mouvement radial (en direction du détecteur).

- **Cela fonctionne ainsi :**

Le cœur de la technique de détection infrarouge est le « prodétecteur ». Ce module électronique réagit au moment où le rayonnement de chaleur infrarouge passe d'une zone active à une zone passive dans la zone de détection. Le système transforme la variation de tension causée par ce déplacement de chaleur en impulsion électrique qui allume la lumière.

[9]



Figure 2 : Détecteur infrarouge passif

Exemple de détecteur infrarouge :

- ✓ **Détecteur PIR :**

Le capteur infrarouge passif permet de détecter la présence d'humains mobiles dans le champ du capteur. Ils sont utilisés dans divers systèmes de sécurité, ce capteur permet de détecter le mouvement d'un corps humain (en effet, la chaleur du corps produit suffisamment de lumière infrarouge pour être mesurée). Le capteur peut détecter un mouvement jusqu'à une distance de plusieurs mètres. [10]

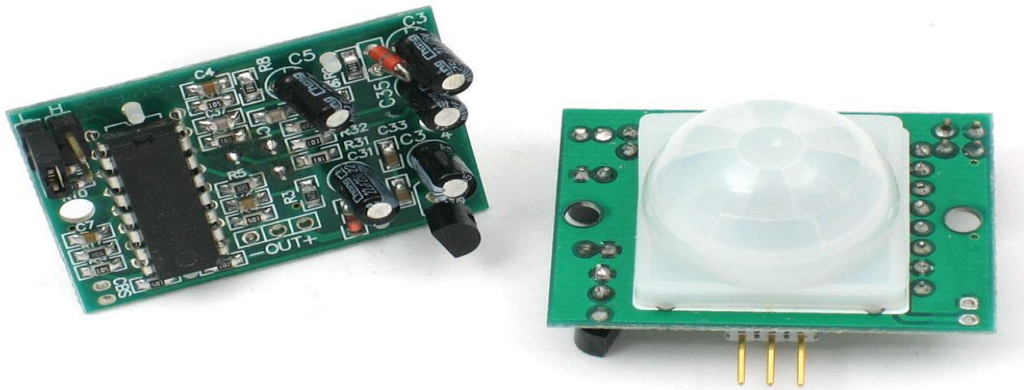


Figure 3: Détecteur PIR

**2. Détecteur hyperfréquence (HF) :** Il permet même une détection à travers les parois minces.

- **Le principe Doppler**

Le détecteur HF émet des ondes hyperfréquence et identifie des mouvements dans sa zone de détection en se basant sur le principe de l'effet Doppler. Il réagit alors de manière fiable au moindre mouvement.

- **Non sensible au froid et à la chaleur**

La technologie HF fonctionne sans défaut à des températures comprises entre - 30 °C et + 50 °C.

- **Il est possible de le monter de manière invisible :**

Pour des raisons d'esthétique ou pour prévenir les risques de vandalisme, il est possible de poser le détecteur HF derrière les arbres ou même les faux plafonds. Cela ne gêne en rien son fonctionnement toujours aussi fiable.

- **Une détection qui va plus loin**

Le détecteur HF identifie de manière fiable les mouvements à travers le verre et les cloisons légères ou en bois - un privilège réservé à la technologie hyperfréquence.

- **Tangentiel = Radial**

Le détecteur HF fonctionne indépendamment du sens de passage. Peu importe si une personne se dirige directement vers le détecteur ou arrive par le côté, la qualité de détection et la portée sont toujours parfaites.

- **Cela fonctionne ainsi :**

Ces détectrices hautes technologies émettent des signaux à une fréquence de 5,8 GHz de puissance 1 mW qui peuvent traverser librement les cloisons légères et le verre. L'environnement renvoie les signaux sous forme d'écho au détecteur. Si un mouvement modifie l'écho gramme dans les limites d'une zone de détection, le détecteur réagit et allume la lumière en une fraction de seconde. Les détecteurs hyperfréquence reconnaissent les mouvements indépendamment de la température du corps et du sens du mouvement.

[9]



**Figure 4:** Détecteur hyperfréquence

Exemple de détecteur hyperfréquence :

✓ **STEINEL – 730512 :**

C'est détecteur hyperfréquence 360° idéal pour les cages d'escalier et les entrées, réglage de la portée entre 1 et 8 m, seuils temporels et de crépusculaire réglables.



Figure 5: Détecteur STEINEL-730512

**3. Détecteur à ultrasons (US) :** Il permet une détection complète de la pièce même autour des objets.

- **Actif et non passif :**

Le détecteur US émet des ondes ultrasoniques et identifie des mouvements dans sa zone de détection en se basant sur le principe de l'effet Doppler. Il réagit alors de manière fiable au moindre mouvement.

- **Non sensible au froid et à la chaleur**

La technologie US fonctionne sans défaut à des températures comprises entre - 30 °C et + 50 °C.

- **Dual Tech :**

Réunit les avantages respectifs de deux technologies de détection différentes en un seul produit. Cette combinaison intelligente de l'infrarouge passif (PIR) et des ultrasons permet d'élargir nettement les possibilités de détection.

- **Il permet une détection complète de la pièce :**

Les ondes ultrasoniques émises par le détecteur US peuvent entourer complètement les objets. Une détection est ainsi possible dans l'ensemble de la pièce indépendamment des cloisons ou d'autres obstacles.

- **Tangentiel = Radial :**

Le détecteur US fonctionne indépendamment du sens de passage. Peu importe si une personne se dirige directement vers le détecteur ou arrive par le côté, la qualité de détection et la portée sont toujours parfaites.

- **Cela fonctionne ainsi :**

Les ondes ultrasoniques (40 kHz) sont émises par le détecteur et se répandent totalement dans la pièce en question. Elles entourent ainsi les objets se trouvant dans la pièce et vont dans le moindre coin.

Le détecteur identifie un mouvement dans la pièce même s'il n'y pas de contact visuel entre la personne et le détecteur.

Le signal est évalué conformément au principe de l'effet Doppler.

C'est pourquoi, les détecteurs à ultrasons sont la solution idéale pour les openspace et les pièces à parois minces.

Les ultrasons ne traversent pas les parois minces et sont très sensibles.

C'est justement pourquoi leur utilisation est particulièrement conseillée dans des pièces où sont exercées des activités en position assise. [9]



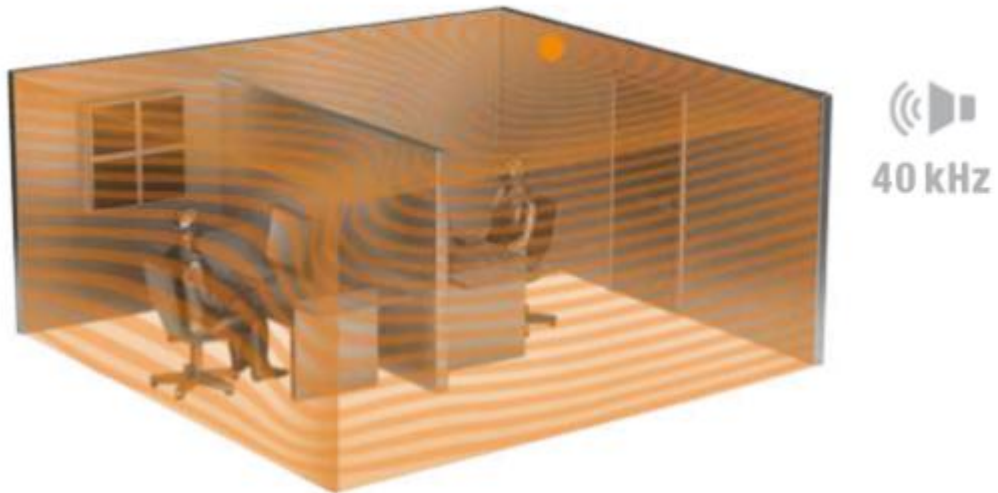


Figure 6:détecteur ultrason

Exemple de détecteur ultrason :

✓ **Détecteur Us 360 :**

Ce détecteur de présence intelligent détecte rapidement le moindre mouvement, grâce à ses rayons infrarouges passifs (PIR) et ultrasons (US). L'appareil adapte automatiquement sa sensibilité aux mouvements enregistrés et possède un détecteur de lumière intégré. La zone de détection des grands mouvements va de 3,5 à 9 m ; celle des petits mouvements est de 0,5 à 3,5 m sur 360°.



Figure 7:Détecteur US 360

**4. Détection par caméra :** Le détecteur ne détecte que les personnes et peut également les compter. Utilisations possibles dans l'immotique.

- **Possibilité de déterminer la zone de détection :**

Il est possible de limiter avec précision le champ de détection à une zone parfaitement définie.

Ainsi, il est possible d'ignorer par exemple complètement une zone de passage.

La configuration du logiciel permet de régler jusqu'à cinq zones différentes.

- **Identification de personnes :**

C'est la première fois qu'il est possible d'identifier une personne sans qu'elle soit en mouvement.

La détection indépendamment des mouvements s'applique aussi bien aux personnes assises qu'aux personnes debout.

La détection intégrée et ultramoderne des images permet de comparer 150 000 photos et 7 millions de négatifs en temps réel. Cette détection précise permet d'éviter presque totalement les déclenchements intempestifs. En outre, des déclenchements de l'éclairage à temporisation ultracourte sont également possibles.

- **Compter les personnes :**

Le détecteur ne reconnaît pas seulement si des personnes sont présentes, mais il les compte également. Avec sa portée de 15 m, il convient aussi bien aux salles de conférence qu'aux couloirs.

- **Mesurer la température et l'humidité de l'air :**

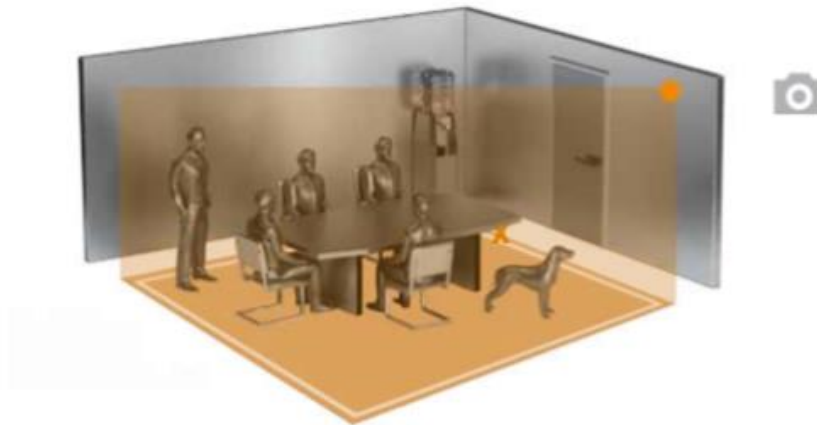
Le détecteur équipé de détecteurs pour mesurer la température et l'humidité de l'air fait découvrir des horizons entièrement nouveaux à l'immotique.

Il est enfin possible de commander, selon les besoins, l'éclairage, le chauffage et la climatisation d'une pièce en fonction des personnes s'y trouvant.

- **Cela fonctionne ainsi :**

Le détecteur de présence par camera est le premier détecteur au monde qui ne détecte pas uniquement les personnes présentes, mais qui peut les visualiser et les compter. Peu importe si elles bougent ou non.

Il se base sur un modèle d'être humain créé avec 150 000 photos et 7 millions de négatifs mémorisés. Il est aligné et analysé en permanence avec les images réellement reçues (3 par secondes). C'est ainsi que le détecteur caméra révolutionnaire indique en temps réel combien de personnes se trouvent dans une pièce. Même dans l'obscurité grâce aux puissantes LED IR. Les données images sont évidemment à tous moments protégés contre tout accès non autorisé. [9]



**Figure 8:**Détecteur par caméra

Exemples de détecteur caméra :

✓ **Caméra vidéo surveillance :**

La vidéo surveillance c'est un système de caméras permettant de surveiller à distance un Espace privé ou public. Des images sont enregistrées avec ce système et sont par la suite visionnées et sauvegardées. [11]



Figure 9: caméra de surveillance

### ✓ Caméra infrarouge et vision nocturne :

La façon dont la température d'un corps vivant influence la longueur d'ondes d'un rayon infrarouge sous-tend également le développement des caméras à vision nocturne. Ces appareils reposent en effet sur un capteur optique surmonté d'un filtre capable de retranscrire l'infrarouge invisible à l'œil nu. Leur optique est entourée d'un projecteur spécial qui va donc diffuser une lumière infrarouge, réfléchié puis modifiée par les différents objets présents dans le champ. Là où le détecteur de mouvements sait réagir à une présence, la caméra est donc capable d'en figer les mouvements. [12]



Figure 10: Détection du mouvement par infrarouge

## **V. Différences entre les détecteurs de mouvement, de présence et les détecteurs caméra :**

Les détecteurs de mouvement, les détecteurs de présence et les détecteurs de présence humaine se différencient principalement par leurs capacités de détection et les domaines d'utilisation. Le choix de la technologie dépend de la situation respective.

- **Dynamisme signifie efficacité :**

Les détecteurs de mouvement réagissent aux mouvements de type passage. Ils les détectent dans la zone définie et réagissent : c'est-à-dire que la lumière s'allume lorsque la valeur mesurée est inférieure à la valeur de luminosité ambiante préréglée et qu'un mouvement est détecté. Après la temporisation sélectionnée, la lumière s'éteint. Ces détecteurs sont recommandés pour l'extérieur, pour la détection d'objets en mouvement ou la surveillance de zones intérieures de passage.

- **Haute résolution et sensibilité :**

Les détecteurs de présence réagissent aux moindres mouvements grâce à la technologie de détection haute résolution et haute précision.

Ces caractéristiques sont importantes pour l'utilisation dans les espaces intérieurs, surtout en cas d'activités assises.

Les détecteurs de lumière mesurent la lumière ambiante en continu et la comparent en permanence avec la valeur préréglée. La lumière est allumée dès qu'en présence de personnes, la valeur mesurée est inférieure à un niveau d'éclairage déterminé. Si l'éclairage est suffisant, la lumière s'éteint automatiquement, même en présence de personnes. Les zones de détection de nos détecteurs de présence IR ne sont pas rondes mais carrées.

La détection est ainsi nettement plus précise et fonctionnelle et la conception du système de détection en est facilitée : plus de recouvrements ni de zones non surveillées. De plus, les zones de détection des détecteurs de présence peuvent être ajustées plus précisément.

- **La technologie de détection de l'avenir :**

Le détecteur de présence humaine HPD 2 est le prochain niveau dans le monde de la détection. C'est un détecteur qui identifie avec précision la présence et le nombre de personnes. Peu importe ce que ces personnes font (si elles sont assises ou debout) même sans mouvement. Cette détection précise permet d'éviter les déclenchements intempestifs.

En outre, des déclenchements de la lumière à temporisation ultracourte sont également possibles.

Il est possible de limiter avec précision la détection du modèle HPD 2 à cinq zones prédéfinies. Ainsi, il est possible d'ignorer par exemple complètement une zone de passage.

Il est enfin possible de commander selon les besoins l'éclairage, le chauffage et la climatisation d'une pièce en fonction des personnes s'y trouvant. [9]

## **VI. Traitement par Cloud et Intelligence artificielle :**

### **1. Le Cloud :**

**Le Cloud** (informatique en nuage) permet à l'accès à des services informatiques (serveurs, stockage, mise en réseau, logiciels) via Internet à partir d'un fournisseur

Cette virtualisation des ressources permet donc à l'entreprise d'accéder à ses données sans avoir à gérer une infrastructure informatique, souvent complexe et qui représente un certain cout pour l'entreprise.

#### **➤ Principaux avantages du cloud computing**

Le cloud computing est radicalement différent de l'approche traditionnelle que les entreprises adoptent en matière de ressources informatiques. Voici sept raisons courantes pour lesquelles les organisations optent pour des services de cloud computing :



**Coût** : Le cloud computing élimine la nécessité d'investir dans du matériel et des logiciels, et de configurer et de gérer des centres de données sur site.



**Vitesse** : La plupart des services de cloud computing sont fournis en libre-service et à la demande. D'énormes ressources de calcul peuvent donc être mises en œuvre en quelques minutes et en quelques clics, offrant ainsi aux entreprises un haut niveau de flexibilité et les dégageant de la pression liée à la planification de la capacité.



**Mise à l'échelle mondiale** : La mise à l'échelle élastique est un des avantages des services de cloud computing. En termes de cloud, cela veut dire qu'il est possible de mettre en œuvre la quantité nécessaire de ressources informatiques, par exemple plus ou moins de puissance de calcul, de stockage ou de bande passante, au moment où elles sont nécessaires, là où elles sont nécessaires.



**Productivité** : Les centres de données sur site nécessitent en général la manipulation de matériel, la mise à jour des logiciels et d'autres corvées informatiques qui prennent beaucoup de temps. Le cloud computing supprime la plupart de ces tâches et les équipes informatiques peuvent donc passer plus de temps à travailler à la concrétisation des objectifs de l'entreprise.



**Performances** : Les plus grands services de cloud computing s'exécutent sur un réseau de centres de données sécurisés, dont le matériel est régulièrement mis à niveau pour assurer des performances rapides et efficaces. Ceci offre plusieurs avantages par rapport à un centre de données classique, y compris un temps de latence réseau réduit pour les applications et de plus grandes économies d'échelle.



**Fiabilité** : Le cloud computing simplifie la sauvegarde des données, la récupération d'urgence et la continuité des activités. Il rend ces activités moins coûteuses, car les données peuvent être mises en miroir sur plusieurs sites redondants au sein du réseau du fournisseur.



**Sécurité** : De nombreux fournisseurs de cloud offrent un vaste éventail de stratégies, technologies et contrôles qui renforcent globalement votre situation de sécurité, contribuant ainsi à protéger vos données, vos applications et votre infrastructure contre des menaces potentielles. [13]

### ➤ **Inconvénients du cloud computing :**



#### **Problème d'accès :**

- Nécessité d'une connexion efficace et rapide
- Cloud en panne



#### **Problèmes de sécurité :**

- Accès du fournisseur aux données
- Piratage du cloud
- Partage du cloud



#### **Problème d'opacité et de contrôle des données.[14]**

## **2. L'intelligence artificielle :**

C'est une discipline scientifique relative au traitement des connaissances et au raisonnement dans le but de permettre à une machine d'exécuter des fonctions normalement associées à l'être humain. L'intelligence artificielle tente de reproduire les processus cognitifs humains dans le but de réaliser des actions « intelligente ». Elle est comme « la construction des programmes informatique qui s'adonnent à des tâches qui sont pour l'instant accomplies de façon plus satisfaisante par des êtres humains car elles demandent des processus mentaux de haut niveau tels que :

- L'apprentissage perceptuel.
- L'organisation de la mémoire et le raisonnement critique.



La norme ISO 2382-28 définit l'intelligence artificielle comme la « capacité d'une unité fonctionnelle à exécuter des fonctions généralement associées à l'intelligence humaine, telles que le raisonnement et l'apprentissage ». Qualifiée de prochaine révolution informatique, l'intelligence artificielle est au cœur de tous les sujets d'actualités, il semble indispensable de définir cette technologie de rupture et de clarifier son régime juridique, mais aussi d'identifier les applications en cours ou en développement dans les entreprises et les bénéfices qu'elles en tirent. [15]

➤ **Quelques exemples d'usage :**

La vision artificielle, par exemple, permet à la machine de déterminer précisément le contenu d'une image pour ensuite la classer automatiquement selon l'objet, la couleur ou le visage repéré.

Les algorithmes sont en mesure d'optimiser leurs calculs au fur et à mesure qu'ils effectuent des traitements. C'est ainsi que les filtres antispam deviennent de plus en plus efficaces au fur et à mesure que l'utilisateur identifie un message indésirable ou au contraire traite les faux-positifs.

La reconnaissance vocale a le vent en poupe avec des assistants virtuels capables de transcrire les propos formulés en langage naturel puis de traiter les requêtes soit en répondant directement via une synthèse vocale, soit avec une traduction instantanée ou encore en effectuant une requête relative à la commande[16].

➤ **L'intelligence artificielle, un potentiel infini :**

Au fur et à mesure de l'évolution de ces travaux, l'intelligence artificielle passe du simple chabot générique à un système de gestion de fonds automatique en finance, une aide au diagnostic en médecine, une évaluation des risques dans le domaine des prêts bancaires ou des assurances ou encore un allié décisionnel sur le terrain militaire.

**VII. Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons présenté une notion générale sur IoT, la synoptique globale du système, ainsi que les différents types des détecteurs qui ont pour rôle de détecter les

mouvements qui à leur tour envoient les informations au Cloud chargé d'analyser les mouvements grâce à l'intelligence artificielle.

Dans le prochain chapitre nous allons étudier les modules Arduino et NRF24L01 destinés à la conception des nœuds connectés aux détecteurs.

## **Chapitre3**

# Conception du système de communication sans fils

## **I. Introduction :**

Les progrès technologiques permettent aujourd'hui l'intégration à moindre coût d'objets multi-capteurs hétérogènes et communicants sans fil. Ces capteurs dotés d'intelligence sont utilisés notamment pour capter les mouvements dans les différents environnements et différents horaires. Un réseau de Capteurs sans fils est un ensemble de nœuds, variant de quelque dizaine d'éléments à plusieurs milliers, communicants sans fil et capables de récolter et transmettre des données environnementales et de réagir au moment opportun. L'Object de ce chapitre est d'implanter les réseaux de Capteurs sans fils, C'est dans ce contexte que nous tenterons de considérer le rôle et les éléments constitutifs ainsi que les caractéristiques techniques du module Nrf24l01 afin de le relier avec Arduino.

## **II. Présentation d'Arduino :**

Arduino est une technologie qui fait associer un environnement de développement avec un circuit électronique à base d'un microcontrôleur AVR, distribué sous la licence du matériel libre (les schémas électriques sont disponibles gratuitement).

Arduino était l'origine destiné principalement à la programmation multimédia interactive en vue de spectacle ou d'animations artistiques. Mais cela n'était pas exclusif. La carte électronique peut être programmée pour analyser et produire des signaux électriques, de manière à effectuer des tâches très diverses comme la domotique (le contrôle des appareils domestiques, éclairage, chauffage...), le pilotage d'un robot, etc. l'interface de programmation est inspirée du traitement environnementale Processing.

Ce dernier est à son tour inspiré de l'environnement de programmation Wiring.

Arduino peut être utilisé pour construire des objets interactifs indépendants (prototypage rapide), ou bien pour la connexion à un ordinateur pour communiquer avec des logiciels (Macromedia Flash, traitement de données...). [17]

### **1. Le Module Arduino :**

Un module Arduino est généralement construit autour d'un microcontrôleur Atmel AVR (ATmega328 ou ATmega2560 pour les versions récentes, ATmega168 ou ATmega8 pour les plus anciennes), et de composants complémentaires qui facilitent la programmation et

l'interfaçage avec d'autres circuits. Chaque module possède au moins un régulateur linéaire 5 V et un oscillateur à quartz 16 MHz (ou un résonateur céramique dans certains modèles).

Le microcontrôleur est préprogrammé avec un boot loader de façon à ce qu'un programmeur dédié ne soit pas nécessaire. Les modules sont programmés au travers d'une connexion série RS-232, mais les connexions permettant cette programmation diffèrent selon les modèles.

Les premiers Arduino possédaient un port série, puis l'USB est apparu sur les modèles récents, tandis que certains modules destinés à une utilisation portable se sont affranchis de l'interface de programmation, relocalisée sur un module USB-série dédié (sous forme de carte ou de câble).

L'Arduino utilise la plupart des entrées/sorties du microcontrôleur pour l'interfaçage avec les autres circuits.

Le modèle Diecimila par exemple, possède 14 entrées/sorties numériques, dont 6 peuvent produire des signaux PWM, et 6 entrées analogiques. Les connexions sont établies au travers de connecteurs femelle HE14 situés sur le dessus de la carte, les modules d'extension venant s'empiler sur l'Arduino (on les appelle des ShieldsArduino).

Plusieurs sortes d'extensions ou Shields sont disponibles dans le commerce. Les modules d'origine des différentes versions de l'Arduino sont fabriqués par la société italienne Smart Project. Quelques-unes des cartes de marque Arduino ont été conçues par la société américaine SparkFun Electronics. Dix-sept versions des cartes de type Arduino ont été produites et vendues dans le commerce à ce jour, et les plus utilisés sont la carte Arduino UNO R3 et la carte Arduino Méga. [17]

#### **a. Arduino Uno :**

L'Arduino Uno est un microcontrôleur programmable qui permet, comme son nom l'indique, de contrôler des éléments mécaniques : systèmes, lumières, moteurs, etc. Cette carte électronique permet donc à son utilisateur de programmer facilement des choses et de créer des mécanismes automatisés, sans avoir de connaissances particulières en

programmation. Il est un outil pensé et destiné aux inventeurs, artistes ou amateurs qui souhaitent créer leur propre système automatique en le codant de toute pièce.

Il vous suffit de connecter votre carte électronique sur votre ordinateur (Windows, Mac ou Linux) et vous pouvez commencer à programmer quelque chose à partir du logiciel Arduino.

[18]



**Figure 11:**une carte Arduino UNO

### **b. Arduino Mega 2560 :**

L'Arduino MEGA 2560 est basé sur le microcontrôleur ATmega2560.

Il dispose de 54 entrées/sorties numériques (dont 14 peuvent être utilisées comme sorties PWM), 16 entrées analogiques, 4 UARTS, d'un oscillateur à quartz de 16 MHz, d'une connexion USB, d'une prise d'alimentation, un connecteur ICSP, et un bouton de reset.

Il contient tout le nécessaire pour piloter le microcontrôleur, il suffit simplement le connecter à un ordinateur avec un câble USB pour l'utiliser simplement. [19]



Figure 12:une carte Arduino Mega 2560

## 2. Les avantages de l'Arduino :

Il existe pourtant dans le commerce, une multitude de plateformes qui permettent de faire la même chose. Notamment les microcontrôleurs « PIC » du fabricant Micro chip. Mais l'Arduino a ses avantages :

- Le prix : le Kit Arduino coute environ
- La liberté : Elle constitue en elle-même deux choses : Le logiciel qui est gratuit et open source, développé en Java, dont la simplicité d'utilisation relève du savoir cliquer sur la souris. Et le matériel, les cartes électroniques dont les schémas sont en libre circulation sur internet.
- La compatibilité : Le logiciel, tout comme la carte, est compatible sous les plateformes les plus courantes (Windows, Linux et Mac).
- La communauté : La communauté Arduino est impressionnante et le nombre de ressources à son sujet est en constante évolution sur internet. De plus, on trouve les références du langage Arduino ainsi qu'une page complète de tutoriels sur le site [arduino.cc](http://arduino.cc) (en anglais) et [arduino.cc](http://arduino.cc) (en français). [20]

## 3. Les inconvénients de la carte Arduino :

La programmation ne permet pas des applications avancées, comme la gestion de temps, une instruction à exécuter peut prendre beaucoup de temps par rapport au temps stipulé à

son exécution, c'est à dire, une instruction d'un délai d'exécution de 4 $\mu$ s avec un AVR, peut prendre un délai de 80 $\mu$ s en utilisant un Arduino. Généralement, la gestion de temps au sein des cartes Arduino se fait en "ms" et rarement avec des " $\mu$ s". [20]

#### **4. L'environnement de développement Arduino :**

Le logiciel de programmation des modules Arduino est une application Java, libre et multiplateforme, servant d'éditeur de code et de compilateur, qui peut transférer le programme dit sketch à travers une liaison série (RS-232, Bluetooth ou USB selon le module). Il est également possible de se passer de l'interface Arduino, et de compiler et uploader les programmes via l'interface en ligne de commande. Le langage de programmation utilisé est le C++, compilé avec avr-g++ 3, et lié à la bibliothèque de développement Arduino, permettant l'utilisation de la carte et de ses entrées/sorties. La mise en place de ce langage standard enrichie le développement de programmes sur les plateformes Arduino, et le rend plus intéressant. [17]

### **III. Module sans fil nRF24L01+:**

Le fait que deux cartes Arduino ou plus puissent communiquer entre elles sans fil à distance ouvre de nombreuses possibilités, telles que la surveillance à distance des données de capteurs, le contrôle des robots, la domotique, etc. Et lorsqu'il s'agit de solutions RF bidirectionnelles fiables et peu coûteuses, personne ne fait mieux que le module émetteur-récepteur nRF24L01 + de Nordicsemiconductor. [21]

#### **1. Description :**

Ce module basé sur le circuit Nordic nRF24L01, une émetteur-récepteur ultra faible puissance (ULP) à 2Mbps pour la bande RF 2,4 GHz ISM (Industriel, Scientifique et Médical). Le circuit Nordic NRF24L01+ intègre un émetteur-récepteur RF 2.4GHz complet, un synthétiseur RF, et la logique de base, y compris le Protocole matériel Enhanced ShockBurst™, un accélérateur supportant une liaison SPI à grande vitesse pour le microcontrôleur. [22]





Figure 13:Module NRF24L01

## 2. Les différents composants :



Figure 14:les différents composants du module NRF24L01

**GND** : est la broche de terre. Elle est généralement marquée en enfermant la broche dans un carré afin qu'elle puisse servir de référence pour identifier les autres broches.

**VCC** : alimente le module en énergie. Elle peut être comprise entre 1,9 et 3,9 volts. Vous pouvez le connecter à la sortie 3,3V de votre Arduino. Rappelez-vous que le connecter à la broche 5V détruira probablement votre module nRF24L01+ !

**CE (Chip Enable)** : est une broche active de niveau HAUT. Lorsqu'il est sélectionné, le nRF24L01 émet ou reçoit, selon le mode dans lequel il se trouve.

**CSN (Chip Select Not)** : est un pin actif-LOW et est normalement maintenu HIGH. Lorsque cette broche devient basse, le nRF24L01 commence à écouter les données sur son port SPI et les traite en conséquence.

**SCK (Serial Cloc)** : accepte les impulsions d'horloge fournies par le maître du bus SPI.

**MOSI (Master Out Slave In)** : est l'entrée SPI du nRF24L01.

**MISO (Master In Slave Out)** : est la sortie SPI du nRF24L01.

**IRQ** : est une broche d'interruption qui peut alerter le maître lorsque de nouvelles données sont disponibles pour le traitement. [23]

### 3. Caractéristiques de NRF24L01 :

NRF24L01 +	Spécification
Gamme de fréquences	Bande ISM de 2,4 GHz
Débit de données aérien maximal	2 Mb/s
Format de modulation	GFSK
Max. Puissance de sortie	0 dBm
Tension d'alimentation de fonctionnement	1,9 V à 3,6 V
Max. Courant de fonctionnement	13,5mA
Min. Courant (mode veille)	26µA
Entrées logiques	5V tolérant
Gamme de communication	800+ m (ligne de mire)

**Tableau 1:** caractéristique du module NRF24L01+

### 4. Comment fonctionne le module émetteur-récepteur nRF24L01+ ?

Le module émetteur-récepteur nRF24L01 + transmet et reçoit des données sur une certaine fréquence appelée canal. De plus, pour que deux ou plusieurs modules d'émetteur-récepteur puissent communiquer l'un avec l'autre, ils doivent se trouver sur le même canal.

Ce canal peut être n'importe quelle fréquence dans la bande ISM à 2,4 GHz ou, plus précisément, entre 2 200 et 2 525 GHz (2 400 à 2 525 MHz).

Chaque canal occupe une largeur de bande inférieure à 1 MHz. Cela nous donne 125 canaux possibles avec un espacement de 1 MHz. Ainsi, le module peut utiliser 125 canaux différents, ce qui permet d'avoir un réseau de 125 modems fonctionnant de manière indépendante à un endroit. [21]

### 5. La bande de fréquence utilisée :

Le module d'émetteur-récepteur nRF24L01 + est conçu pour fonctionner dans la bande de fréquence ISM mondiale de 2,4 GHz et utilise la modulation GFSK pour la transmission de données. Le taux de transfert de données peut être l'un des 250 kbps, 1 Mbit/s et 2 Mbit/s

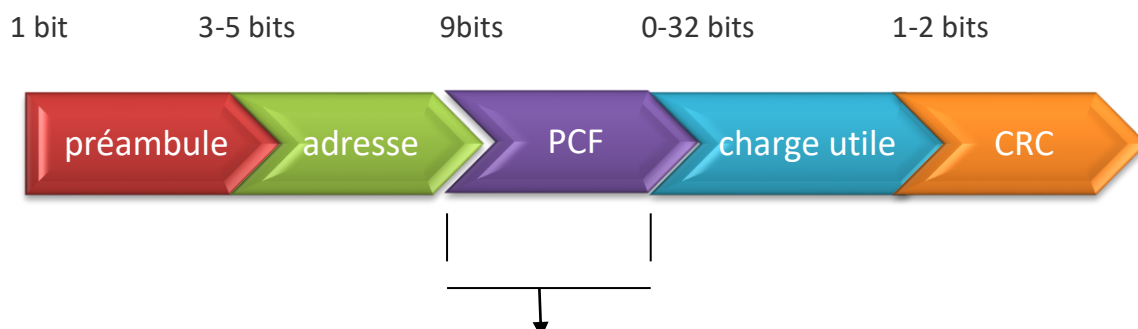
#### La bande 2,4 GHz ISM

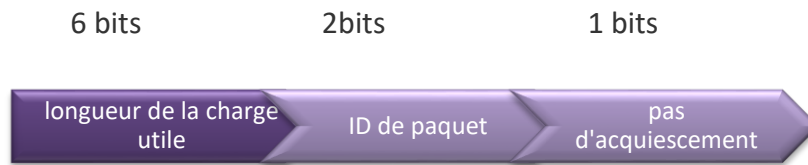
La bande de 2,4 GHz est l'une des bandes industrielle, scientifique et médicale (ISM) réservées au niveau international pour l'utilisation d'appareils de faible puissance sans licence. Les exemples sont les téléphones sans fil, les périphériques Bluetooth, les périphériques de communication en champ proche (NFC) et les réseaux informatiques sans fil (WiFi) utilisent tous les fréquences ISM. [21]

### 6. Le protocole utilisé :

Protocole ShockBurst amélioré :

Le module émetteur-récepteur nRF24L01 + utilise une structure de paquets appelée EnhancedShockBurst. Cette structure de paquet simple est décomposée en 5 champs différents, illustrés ci-dessous :





**Figure 15:**format d'un paquet ShockBurst

La structure d'origine de ShockBurst ne comprenait que les champs Préambule, Adresse, Charge utile et Contrôle de redondance cyclique (CRC). ShockBurst amélioré a apporté une fonctionnalité accrue pour des communications améliorées utilisant un champ de commande de paquets (PCF) récemment introduit.

Cette nouvelle structure est excellente pour plusieurs raisons. Premièrement, il autorise les charges utiles de longueur variable avec un spécificateur de longueur de charge utile, ce qui signifie que les charges utiles peuvent varier de 1 à 32 octets.

Deuxièmement, il attribue à chaque paquet envoyé un identifiant de paquet, ce qui permet au périphérique récepteur de déterminer si un message est nouveau ou s'il a été retransmis (et peut donc être ignoré).

Enfin et surtout, chaque message peut demander l'envoi d'un accusé de réception lorsqu'il est reçu par un autre appareil. [21]

## **7. Interface SPI :**

Le module émetteur-récepteur nRF24L01 + communique via une interface **SPI** (Serial Périphérie Interface) à 4 broches avec un débit binaire maximal de 10 Mbps. Tous les paramètres tels que le canal de fréquence (125 canaux sélectionnables), la puissance de sortie (0 dBm, -6 dBm, -12 dBm ou -18 dBm) et le débit de données (250kbps, 1Mbps ou 2Mbps) peuvent être configurés via l'interface SPI.

Le bus SPI utilise le concept de maître et d'esclave. Dans la plupart des applications, notre Arduino est le maître et le module émetteur-récepteur nRF24L01 + est l'esclave. Contrairement au bus I2C, le nombre d'esclaves sur le bus SPI est limité. Sur l'ArduinoUno,

vous pouvez utiliser un maximum de deux esclaves SPI, c'est-à-dire deux modules émetteur-récepteur nRF24L01+. [21]

#### **IV. Câblage - Connexion du module émetteur-récepteur NRF24L01+ à un Arduino :**

Maintenant que nous comprenons parfaitement le fonctionnement du module émetteur-récepteur nRF24L01+, nous pouvons commencer à le connecter à notre Arduino !

Pour commencer, connectez la broche VCC du module à 3,3 V sur l'Arduino et la broche GND à la terre.

Les broches CSN et CE peuvent être connectées à n'importe quelle broche numérique de l'Arduino.

Dans notre cas, il est connecté aux broches numériques n° 10 et n° 9 respectivement. Nous en sommes maintenant aux broches utilisées pour la communication SPI.

Le module émetteur-récepteur nRF24L01+ nécessitant beaucoup de transfert de données, il offrira les meilleures performances lorsqu'il est connecté aux broches SPI matérielles d'un microcontrôleur. Les broches SPI matérielles sont beaucoup plus rapides que le "bit-bang" du code d'interface à l'aide d'un autre ensemble de broches.

Notez que chaque carte Arduino a différentes broches SPI qui doivent être connectées en conséquence. Pour les cartes Arduino telles que UNO ces broches sont numériques 13 (SCK), 12 (MISO) et 11 (MOSI).

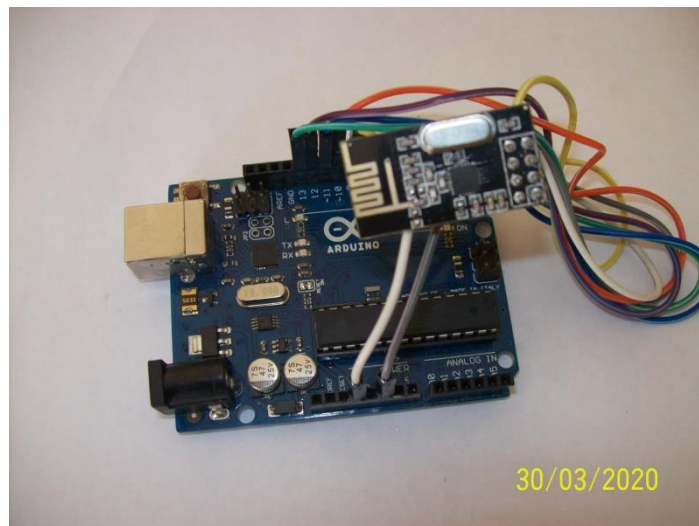
Si vous avez un Mega, les pins sont différents ! Vous voudrez utiliser les technologies numériques 50 (MISO), 51 (MOSI) et 52 (SCK).

Il faut relier les broches du port SPI, en suivant le tableau ci-dessous :

Module pin	Description	Uno	Mega	Couleur de fil
<b>1</b>	GND	GND	GND	Noire
<b>2</b>	VCC	3.3V	3.3V	Rouge

<b>3</b>	CE	Pin9	Pin9	Jaune
<b>4</b>	CSN	Pin10	Pin10	Orange
<b>5</b>	SCK	Pin13	Pin52	Vert
<b>6</b>	MOSI	Pin11	Pin51	Bleu
<b>7</b>	MISO	Pin12	Pin50	Violet
<b>8</b>	IRQ	/	/	/

**Tableau 2:** connexion du module NRF24L01 avec Arduino



**Figure 16:** cablage NRF24L01 avec Arduino UNO nœud source

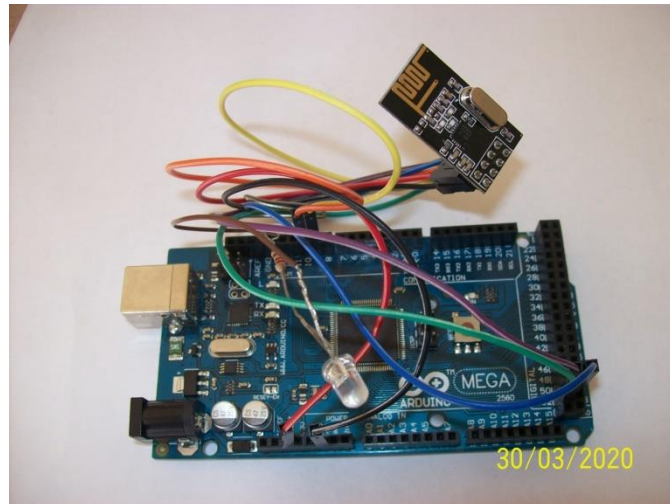


Figure 17: cablage NRF24L01 avec Arduino Mega

#### V. Implantation des nœuds de détection :

La puce peut travailler sur 126 canaux de communication. En mode récepteur elle peut écouter sur 6 canaux simultanément. Chaque canal est associé à une adresse. En cas de réception d'un paquet pour cette adresse, la puce gère le protocole en envoyant un ACK en retour puis en désassemblant le paquet pour ne garder que son contenu utile les données transmises dans une file d'attente (FIFO) spécifique pour chaque canal d'écoute. Cette dernière peut être lue par le microcontrôleur associé à l'aide de la liaison série SPI. La taille des données transmises ne peut pas excéder 32 octets par paquet.

La connexion de la carte Arduino ne pose aucun souci particulier, il faut connecter les deux Arduino aux cartes RF et uploader le sketch (le même) sur chacun d'eux. Le nRF24L01 est configuré et utilisé via une Interface Périphérique Série. Grâce à cette interface, la carte de registre est disponible. La carte de registre contient tous les registres de configuration dans le nRF24L01 et est accessible dans tous les modes de fonctionnement de la puce. L'interface frontale radio utilise la modulation GFSK. Il comporte des paramètres configurables par l'utilisateur comme le canal de fréquence, la puissance de sortie et le débit de données. Le débit de données pris en charge par le nRF24L01 est configurable à 2Mbps. [20]

#### VI. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présenté le module Arduino, ses différents types et son fonctionnement ainsi que le module NRF24L01 et on a expliqué comment notre réseau de capteur est implémenté avec des modules NRF24L01. Tout le détail présenté représente une conception matérielle, dans le chapitre suivant nous allons détailler la conception software du nœud de détection.



## **Chapitre 4 :**

# Programmation du système Smart Lighting

## I. Introduction :

Dans les sections précédentes nous nous sommes intéressés à la conception du système intelligent dédié à la gestion de l'éclairage. Les points relevés qui touchent la détection des passages et de mouvement, le module de traitement et les actionneurs. Ces études étant terminées, nous abordons sa mise en œuvre avec une platine expérimentale.

Ce chapitre dévoile la réalisation matérielle de cette platine avec les objets connectés, l'implantation et l'exécution des applications est également réalisée. Pour cela nous procéderons à la description des différents outils et langage de programmation ainsi que le fonctionnement et l'intégration du système.

## II. Interfaçage du détecteur de mouvement PIR avec Arduino Uno :

Le capteur que nous proposons d'utiliser pour la détection des passages et mouvement est un capteur infrarouge passif dit PIR dont les caractéristiques sont listées si dessous.

### 1. Détecteur PIR :

#### ➤ Caractéristique :

- Alimentation : 5-16V
- Signal de sortie numérique : 3,3V
- Portée : 7m
- Cône de détection : 120°
- Sensibilité et délai de réponse (2-4 s) ajustables
- Câble de 30 cm inclus
- Longueur : 24,03 mm
- Profondeur : 32,34 mm
- Distance des trous de vissage : 28 mm
- Diamètre des trous de vissage : 2 mm

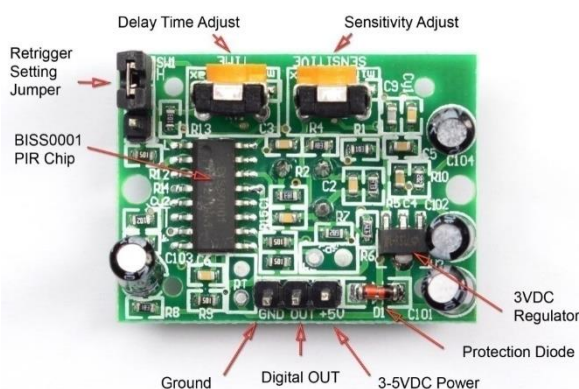


Figure 18:caractéristique du PIR

➤ **Principe de fonctionnement :**

Ce capteur renvoie un signal qui possède deux états : un état bas (0 V) lorsque le capteur est au repos, et un état haut (3,3 V) si un mouvement ou une présence ont détectés.

Quand un mouvement a été pris en compte, le signal passe à l'état haut et un délai est déclenché. Une fois que le délai est terminé, le signal retourne à l'état bas. Ce capteur infrarouge a la possibilité d'être paramétré par son utilisateur. Pour cela, il dispose de deux potentiomètres pour régler la distance de détection et la durée de l'état haut. Il y a aussi la possibilité de le configurer dans deux modes de fonctionnement grâce à un cavalier à placer entre deux broches. [10]

**2. Arduino uno :**

Il s'agit de l'unité de traitement que nous utiliserons pour la collecte des données. Le travail est divisé en deux parties :

➤ **Principe de fonctionnement logiciel :**

- On conçoit ou on ouvre un programme existant avec le logiciel Arduino.
- On vérifie ce programme avec le logiciel Arduino (compilation).
- Si des erreurs sont signalées, on modifie le programme.
- On charge le programme sur la carte.
- On câble le montage électronique.
- L'exécution de programme est automatique après quelques secondes.
- On alimente la carte soit par le port USB, soit par une source d'alimentation
- Autonome (pile 9 volts par exemple).
- On vérifie que notre montage fonctionne.

[25]

➤ **Principe de fonctionnement matériel :**

Le montage est réalisé comme suit :

- Le VCC du PIR sur le 5V de l'Arduino
- Le GRD du PIR sur le GRD de l'Arduino

- La OUT branche sur l'A0 de l'Arduino

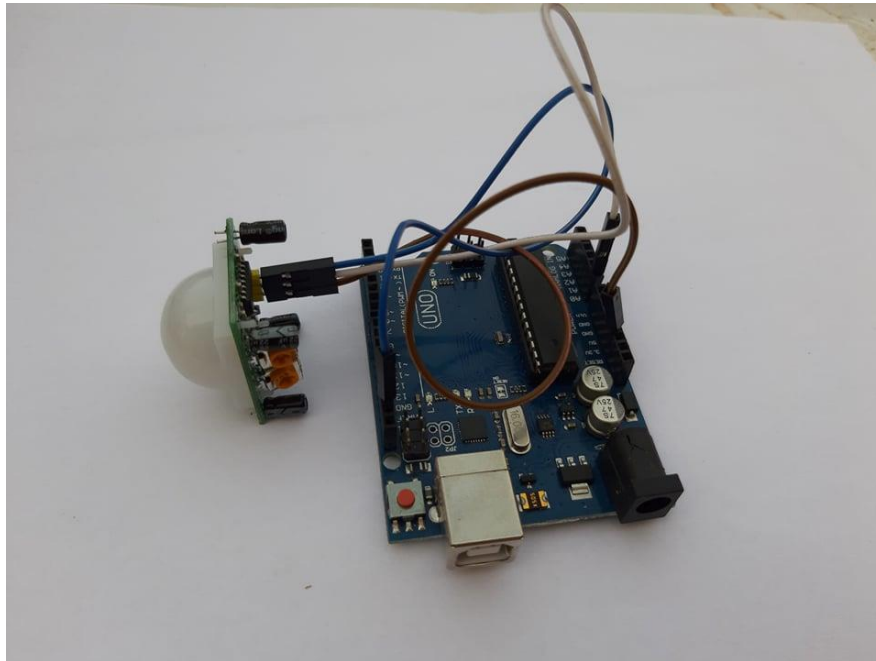


Figure 19: Capteur PIR et Arduino : Circuit minimal

### 3. Le principe :

Un capteur PIR qui utilise les rayons infrarouges et permet de détecter un mouvement dans son champ. Le PIR est capable de détecter une variation des ondes infrarouges, ce qui génère un courant électrique. Dans le cas de notre capteur, il est en fait divisé en deux parties différentes reliées ensemble afin de détecter une variation lors qu'une des moitiés capte plus qu'une autre. On a ainsi un relevé d'une différence, et non plus d'une valeur simple.

Lors d'un mouvement, la variation des deux moitiés va varier, et on va donc capter cette variation positive. Si de l'activité est détectée, il enverra un signal logique haut (5V) sinon il enverra un signal logique bas (0V). De ce fait, en fonction de la valeur lue sur la broche D2 on pourra allumer ou éteindre la LED.[26]

### III. Les outils de programmation embarqués :

#### 1. Arduino IDE :

Arduino se compose à la fois d'une carte de circuit physique programmable (souvent appelée microcontrôleur) et d'un logiciel, ou IDE (Integrated Développement Environnement) qui fonctionne sur l'ordinateur, utilisé pour écrire et téléverser le code

compilé vers la carte. L'environnement de développement intégré Arduino - ou ArduinoSoftware (IDE) – contient un éditeur de texte pour écrire un code, une zone de message, une console de texte, une barre d'outils avec des boutons pour des fonctions communes et une série de menus. Il se connecte au matériel Arduino et Genuino pour télécharger des programmes et communiquer avec eux. Le langage de programmation utilisé est le C++, lié à la bibliothèque de développement Arduino, permettant l'utilisation de la carte et de ses entrées/sorties [27]

## **2. Le logiciel IDE : Integrated DevelopmentEnvironment :**

L'environnement de développement intégré (EDI/IDE) est un logiciel qui permet de programmer les cartes Arduino. Il est facile à utiliser pour les débutants, tout en étant assez flexible pour que les utilisateurs avancés puissent en tirer profit également. Le logiciel de programmation de la carte Arduino sert d'éditeur de code. Une fois le Programme tapé ou modifié au clavier, il sera transféré et mémorisé dans la carte grâce à la liaison USB. Le câble USB a 2 fonctions : transférer le programme et alimenter la carte en énergie. L'IDE d'Arduino permet :

- D'éditer un programme
- De compiler ce programme
- De télé verser le programme dans la mémoire de l'Arduino,
- De communiquer avec la carte Arduino grâce au terminal.

La figure suivante représente l'interface du logiciel Arduino :

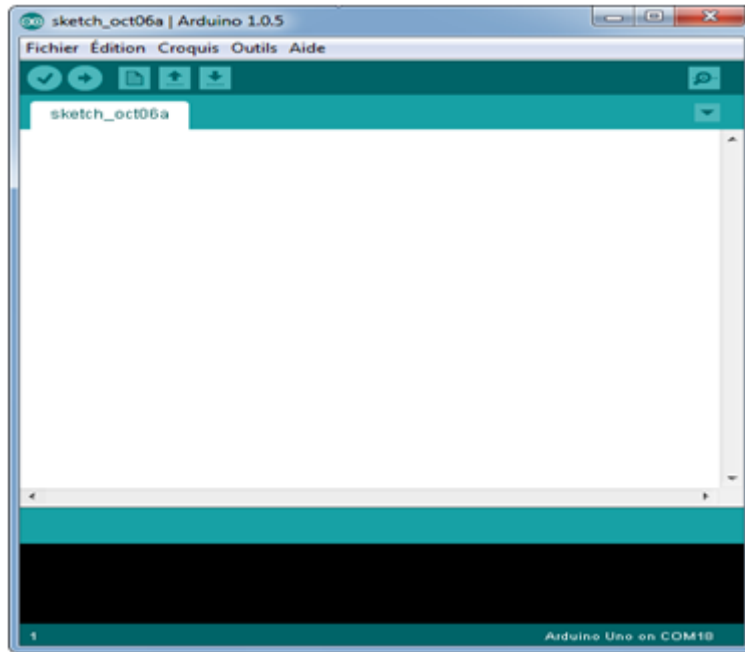


Figure 20:interface du logiciel Arduino

### 3. L'architecture générale du logiciel :

Dans la figure qui suit et pour le but de clarifier la structure du logiciel, nous avons découpés la fenêtre en quatre cadres principaux :

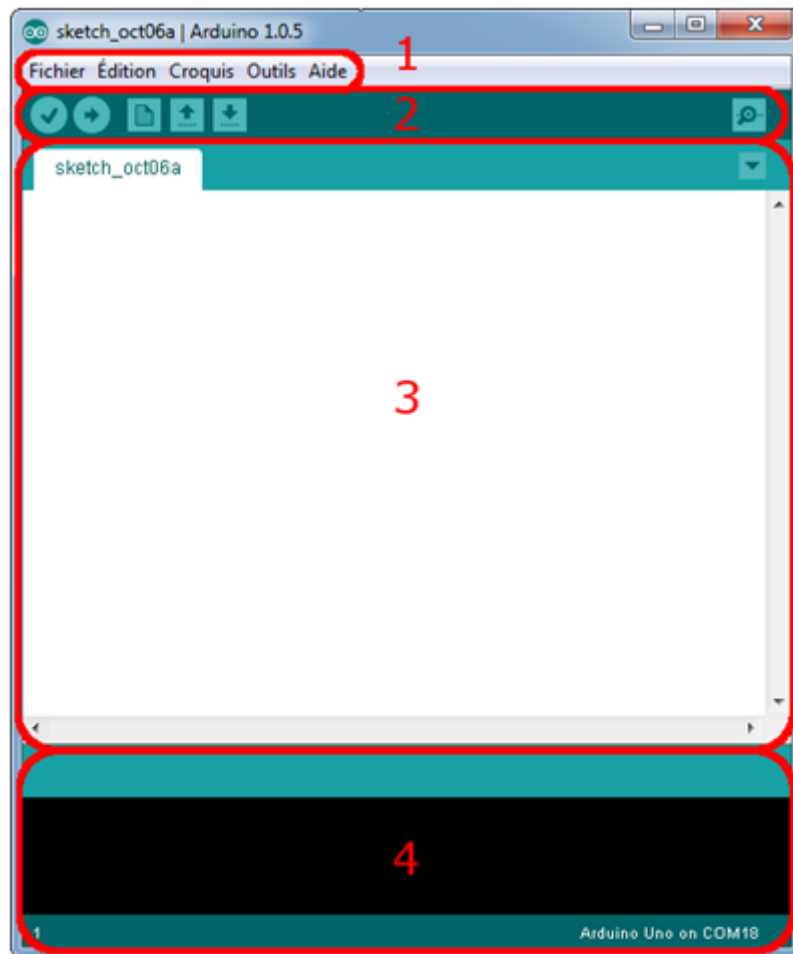


Figure 21:interface d'IDE en détail

- Cadre numéro (1) : ce sont les options de configuration du logiciel
- Cadre numéro (2) : il contient les boutons qui vont nous servir lorsque l'on va programmer nos cartes, ils seront expliqués dans la partie programmation
- Cadre numéro (3) : ce bloc va contenir le programme que nous allons créer
- Cadre numéro (4) : celui-ci est important, car il va nous aider à corriger les fautes dans notre programme. C'est le débogueur.

#### 4. Choix de la carte dans l'IDE :

Avant de commencer la programmation et la rédaction du code, il est nécessaire de choisir le type de la carte Arduino qui va recevoir le code envoyé

Dans la figure suivante nous avons choisi La carte Arduino UNO :

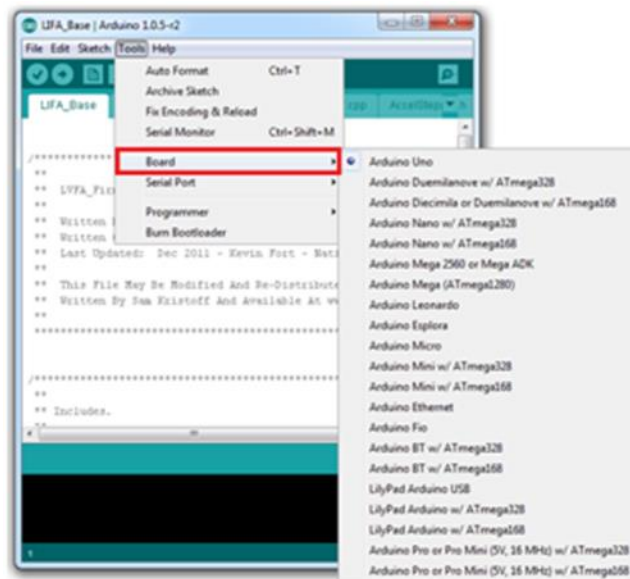


Figure 22:choix de la carte

## 5. Programmation en Arduino :

L'IDE contient principalement deux parties de base : l'éditeur et le compilateur, le premier est utilisé pour écrire le code requis, et le deuxième est utilisé pour compiler et télécharger le code dans le module Arduino donné. Cet environnement prend en charge les langages C et C++.

Le programme principal est structuré en deux fonctions, dont voici la signature ultra simple :

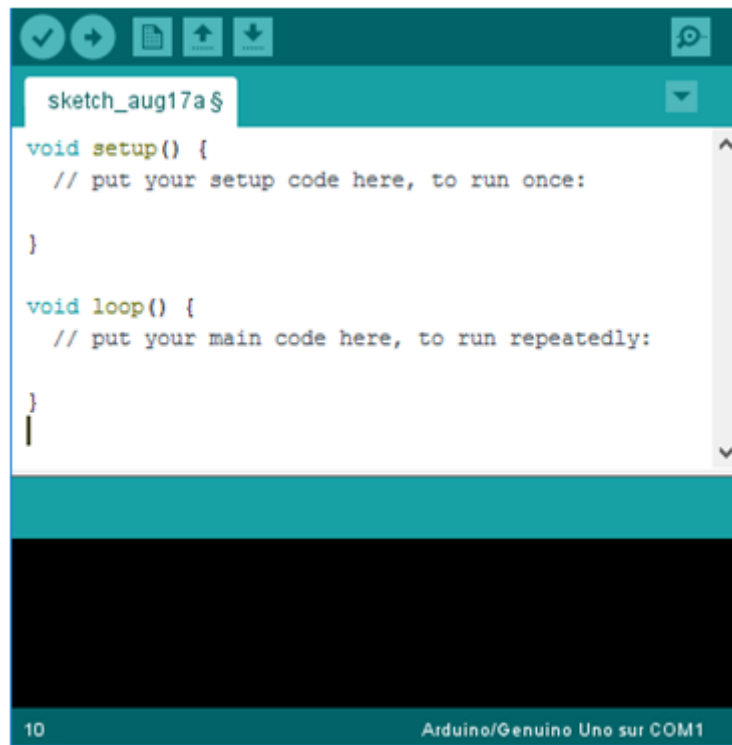
- void setup ()
- void Loop ()

Setup () : est appelée une seule fois, au moment de la mise sous tension de la carte.

Loop () : est appelée, en boucle. Elle est lancée après setup (), et tourne à fond à infini (tant que la carte est alimentée en tout cas).

Donc pour reprendre sur notre programme de base est structuré de la façon suivante :





```
sketch_aug17a$  
void setup() {  
  // put your setup code here, to run once:  
}  
  
void loop() {  
  // put your main code here, to run repeatedly:  
}
```

10 Arduino/Genuino Uno sur COM1

Figure 23:structure de programme principale

## 6. Les étapes de l'exécution d'un programme :

La figure suivante résume toutes les étapes que le programme passe avec successivement pour qu'il soit exécuté :

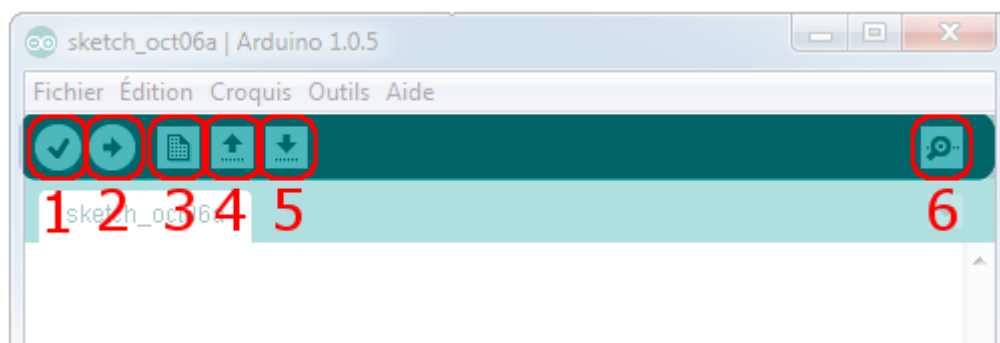


Figure 24:barre d'outils

- Bouton (1) : Ce bouton permet de vérifier le programme, il actionne un module qui cherche les erreurs dans votre programme
- Bouton (2) : Charge (téléverse) le programme dans la carte Arduino.

- Bouton (3) : Crée un nouveau fichier.
- Bouton (4) : Ouvre un fichier.
- Bouton (5) : Enregistre le fichier.
- Bouton (6) : Ouvre le moniteur série

#### IV. Nœuds de détection des mouvements :

Un nœud capteur contient quatre unités de base : l'unité de captage, l'unité de traitement, l'unité de transmission, et l'unité de contrôle d'énergie. Selon le domaine d'application, il peut aussi contenir des modules supplémentaires tels qu'un dispositif de localisation (GPS) ou bien un dispositif générateur d'énergie (cellule photovoltaïque)

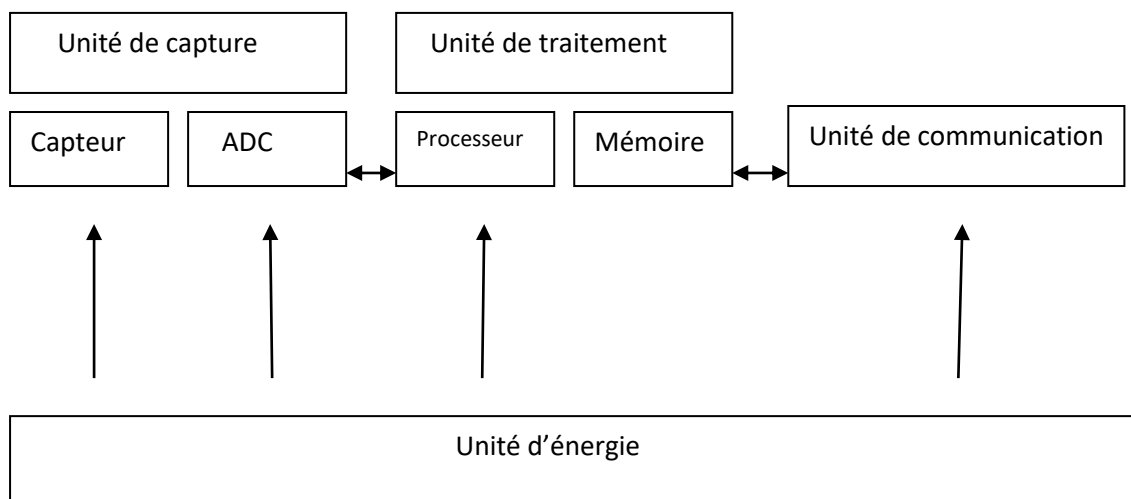


Figure 25:architecture d'un capteur

- **Unité de captage :**

Le capteur est le plus souvent composé de deux sous-unités : le récepteur (effectuant l'analyse) et le transducteur (convertissant le signal du récepteur en signal électrique). Le capteur apporte des signaux analogiques, basés sur le phénomène observé, au convertisseur Analogique/Numérique. Ce dernier transforme ces signaux en un signal numérique compréhensible par l'unité de traitement.

- **Unité de traitement :**

Elle comprend un processeur le plus souvent associé à une petite unité de stockage. Elle fonctionne avec un dispositif d'exploitation particulièrement conçu pour les micro-capteurs. Elle exécute les protocoles de communications qui permettent de faire « participer » le nœud avec les autres nœuds du réseau. Elle peut aussi analyser les données captées pour alléger la tâche du nœud puits.

- **Unité de transmission :**

Elle effectue l'ensemble des émissions et réceptions des données sur un medium « sans-fil ». Elle peut être de type optique, ou de type radiofréquence.

Les communications de type optique sont robustes vis-à-vis des interférences électriques. Néanmoins, ne pouvant pas établir de liaisons à travers des obstacles, elles présentent l'inconvénient d'exiger une ligne de vue permanente entre les entités communicantes.

Les unités de transmission de type radiofréquence comprennent des circuits de modulation, démodulation, filtrage et multiplexage.

Concevoir des unités de transmission de type radiofréquence avec une faible consommation d'énergie est un défi car pour qu'un nœud ait une portée de communication suffisamment grande, il est indispensable d'utiliser un signal assez puissant et par conséquent une énergie consommée importante. L'alternative consistant à utiliser de longues antennes qui n'est pas envisageable à cause de la taille réduite des micros capteurs.

## V. Code Arduino pour la détection de mouvement :



```
int ledPin = 13;           // choose the pin for the LED
int inputPin = 2;         // choose the input pin (for PIR sensor)
int pirState = LOW;      // we start, assuming no motion detected
int val = 0;             // variable for reading the pin status

void setup() {
  pinMode(ledPin, OUTPUT); // declare LED as output
  pinMode(inputPin, INPUT); // declare sensor as input

  Serial.begin(9600);
}

void loop(){
  val = digitalRead(inputPin); // read input value
  if (val == HIGH) {          // check if the input is HIGH
    digitalWrite(ledPin, HIGH); // turn LED ON
    if (pirState == LOW) {
      // we have just turned on
      Serial.println("Motion detected!");
      // We only want to print on the output change, not state
      pirState = HIGH;
    }
  } else {
    digitalWrite(ledPin, LOW); // turn LED OFF
    if (pirState == HIGH){
      // we have just turned of
      Serial.println("Motion ended!");
      // We only want to print on the output change, not state
      pirState = LOW;
    }
  }
}
```

Figure 26:code Arduino pour la détection de mouvement



Figure 27:résulta du programme de détection

## VI. Conclusion :

Ce dernier chapitre a été entamé par une réalisation pratique en exploitant une méthodologie d'analyse hiérarchique. Nous avons réalisé un petit système de commande d'éclairage public intelligent qui détecte le mouvement.

Et Enfin, le tout couronné par la réalisation pratique d'un dispositif automatique de la commande d'éclairage public avec un ARDUINO.

## ***Conclusion générale***

L'éclairage public est un ensemble de moyens que gère une ville pour éclairer des milliers de lampadaires dans les espaces public.

L'éclairage public est nécessaire à l'extérieur des villes, très généralement en bordures voieries et places.

Dans cette étude, nous avons l'intention de réaliser une carte électronique à base de Arduino Uno pour aboutir à une commande optimale de l'éclairage public dont l'objectif est la réduction du coût de la consommation d'énergie. Cependant cette carte peut être utilisée dans d'autres applications tels que l'allumage automatique dans les véhicules et les commandes et gestions des salles et amphithéâtres à partir d'un besoin strict et nécessaire, en outre nous avons encire l'intention de réalisé un système de surveillance dans le but de capter et d'afficher la vitesse des véhicules et quelque paramètres atmosphériques indispensable dans les routes à large circulations tel que la température et l'humidité.

En fin de compte, nous souhaitons vivement que ce projet puisse servir comme élément de base pour d'autres études plus approfondies pour le faire intégrer sous des systèmes plus performants.

## Bibliographie

- [1] NGÔ, C. *techniques de l'ingenieur* (2017, janvier 10). **28/03/2020**
- [2] Ortolas, J. *Le Smart lighting au service de l'efficacité énergétique*. Syndicat éclairage (2017, mars 15) **04/02/2020**
- [3] Clerc-Renaud. *Lumières sur le smart lighting : les solutions pour l'éclairage public de la smart city de demain*. Energie plus. **04/02/2020**
- [4] *Les avantages de l'éclairage intelligent Smart Lighting*. Blog latrivenetacavi. (2017, avril 27) **24/03/2020**
- [5] *Les routes du futur et leur éclairage intelligent, c'est pour demain*. (2017, avril 25). rtbf.be. **24/03/2020**
- [6] *Les maisons connectées intelligentes (une application de l'IoT) Présenté Par : Hourri Bahaa Eddine Bou Abdellah KECHAR MC-A Enseignant chercheur Master2*. (Modifié depuis à peu près 1 année). **12/05/2020**
- [7] *Modèle collaboratif pour l'Internet of Things (IoT)*. (2016). semanticscholar.org. **12/05/2020**
- [8] *Détecteur de mouvement*. (S.d.). Futura-sciences. **13/05/2020**
- [9] file:///C:/Users/pc/Desktop/110054017\_SENSORKATALOG\_PRO\_FRA.pdf. **12/05/2020**
- [10] Rachid, M. Z. (2018). *Le développement d'une carte électronique*. UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI, TIZI-OUZOU. **12/05/2020**
- [11] *VIDEO SURVEILLANCE*. (S.d.). Multi media. **13/05/2020**
- [12] *guide-securite/systeme-d-alarme/composants-alarme/detecteur-de-mouvement/detecteur-sans-fil*. (S.d.). verisure.fr. **14/05/2020**
- [13] *cloud computing*. (S.d.). Azure. Microsoft. **15/05/2020**

- [14] *Le cloud computing: les avantages et les inconvénients*. (Vendredi 12 avril 2013, mis à jour le jeudi 11 mai 2017). petite-entreprise.net. **15/05/2020**
- [15] MALIKI Fouad. BOUBEKEUR Djamilia. L'aide de l'intelligence artificielle à la prise de décision. Université Abou Berk Belkadi – Tlemcen. (2016/2017) **15/05/2020**
- [16] *L'intelligence artificielle au service des humains*. (S.d.). Futura-sciences. **15/05/2020**
- [17] file:///C:/Users/TM161/Downloads/Ms.Tel.Benabdallah.pdf. **11/03/2020**
- [18] *Arduino Uno: Avantages, inconvénients, utilisation et fonctionnement*. (1 février 2019). Arduino France. **11/03/2020**
- [19] *Arduino MEGA 2560*. Boutique. Sema geek. **13/03/2020**
- [20] file:///C:/Users/TM161/Downloads/Ms.Tel.berrazegBelaidi-capteur-de-mouvement%20(1).pdf. **12/03/2020**
- [21] <https://static.cinay.xyz/2019/07/Module-sans-fil-nRF24L01-et-interface-avec-Arduino.htm> **16/03/2020**
- [22] Spécialiste de l'électronique DIY depuis 2009. SAS SEMAGEEK Rue des Noyers Mail de Botine Bat C RDC 13140 MIRAMAS France. Module nRF24L01+ 2,4GHz RF **20/03/2020**
- [23] *astminuteengineers*. nRF24L01+ Wireless Module Works & Interface with Arduino. **14/03/2020**
- [24] generationrobots. Capteur PIR de mouvement **06/04/2020**
- [25] Microsoft PowerPoint. ARDUINO DOSSIER RESSOURCE POUR LA CLASSE **29/05/2020**
- [26] Yaug. Tuto – Lire un capteur infrarouge avec Arduino. Arduino, DIY, Domotique.(14juin 2014) **29/05/2020**



**[27]** Dr. KOUAH Sofia. Dr. LABOUDI Zakaria. Développement d'un système d'IoT (Internet of Things) pour le Smart Lighting sous la Plateforme IBM Université Larbi Ben M'hidi de Oum El Bouaghi. Juin 2018 **30/05/2020**