

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI DE TIZI-OUZOU



FACULTE DUGENIE ELECTRIQUE ET D'INFORMATIQUE  
DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE

## Mémoire de Fin d'Etudes De MASTER ACADEMIQUE

Domaine: Sciences et Technologies

Filière: Génie électrique

Spécialité: **Télécommunication et réseaux**

*Présenté par*  
**Frahi Lila**

### *Thème*

# Conception et réalisation d'un système d'acquisition et de transmission de données météorologiques

Mémoire soutenu le 29 septembre 2016 devant le jury composé de :

President: Mr. ATTAF Youcef.

Examineur: Mr. HAMEG Slimane.

Examineur : Mlle. SLIMANI Samia.

Promoteur : Mr. MOHIA Yacine.

Promotion 2015/2016

## *Remerciements*

Je souhaiterais adresser mes remerciements les plus sincères aux personnes qui m'ont apporté leurs aides et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu'à la réussite de cette formidable année universitaire.

Je remercie dieu tout puissant qui m'a aidé et qui m'a donnée la patience et le courage durant ces années d'études.

Je tiens à remercier sincèrement mon aimable promoteur Mr YACINE MOHIA, qui m'a toujours encouragé, il était à mon écoute et aussi très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire et durant mes années d'étude à l'université.

Enfin j'adresse mes plus sincères remerciements à tous mes proches et mes ami(e)s, qui m'ont toujours soutenue et encouragée au cours de la réalisation de ce mémoire.



# *Dédicace*

*Je dédie le fruit de ce modeste travail comme un geste de gratitude a :*

*Ma très chère mère et mon très cher père, qui sont toujours présents pour m'encourager et me donner de la force pour ma réussite.*

*Que dieu vous garde et vous procure santé et longue vie*

*Mon cher époux qui m'a toujours soutenue dans mes moments de faiblesse.*

*Mon rayon de soleil Idir qui illumine ma vie.*

*Mes frères et sœurs que j'aime énormément et qui n'ont jamais cessé d'être là pour moi pour m'encourager.*

*Mes beaux-parents que je respecte beaucoup.*

*Mes beaux-frères et mes belles-sœurs ainsi que leurs maris.*

*Toute ma famille (FRAHI et MERADJI).*

*En témoignage de mon profond respect et amour.*

*Tous mes ami(e)s qui m'aiment.*

*Mes ami(e)s qui mon aidés durant mon parcours d'étude.*

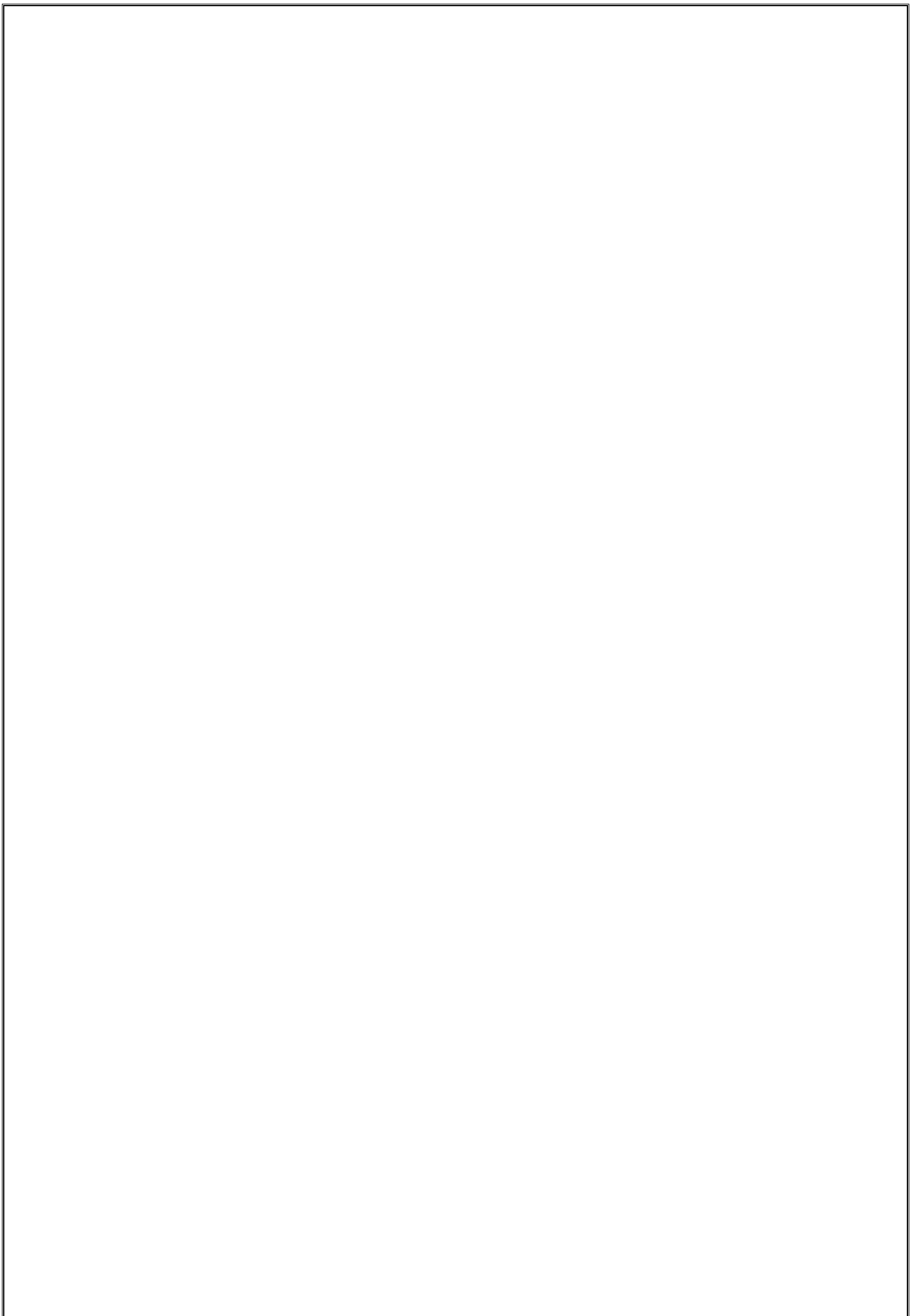
*En témoignage de ma sincère amitié, veuillez trouver dans ce travail, mon profond hommage.*



## *Listes des figures*

Figure I.1 : Smart City.....	5
Figure I.2 : Les critères d'une smart city.....	7
Figure I.3: Les catégories de réseaux sans fil.....	12
Figure II.1 : Fonctionnement d'un capteur.....	19
Figure II.2 : capteur d'humidité résistif.....	25
Figure II.3 : capteur d'humidité capacitif.....	25
Figure II.4 : capteur d'humidité hygrométrique.....	26
Figure II.5 : principe de fonctionnement d'un capteur de pression absolue.....	28
Figure II.6 : principe de fonctionnement d'un capteur de pression relative piézorésistif.....	29
Figure II.7 : principe de fonctionnement d'un capteur de pression différentielle.....	39
Figure II.8 : capteur de température thermocouple.....	31
Figure II.9 : capteur de température sonde RTD.....	31
Figure II.10 : Capteur de température thermistance.....	32
Figure II.11 : Capteur de lumière.....	33
Figure III.1: schéma synoptique du système.....	37
Figure III.2 : La carte Linkt one.....	38
Figure III.3 : Les différents connecteurs de la carte linkit One.....	40
Figure III.4 : Architecture interne de la carte Linkit One.....	41
Figure III.5 : Les commutateurs de configuration.....	41
Figure III.6: exemple d'une connexion Wi-Fi entre un pc et une imprimante.....	44
Figure III.7: La carte $\mu$ SD.....	44
Figure III.8 : capteur dht11.....	46
Figure III.9 : capteur qualité de l'air (mq135).....	46
Figure III.10 : L'emplacement de Linkit One dans l'IDE.....	48
Figure III.11 : La page d'accueil MySQL.....	49

Figure III.12 : Diagramme de contrôle de température.....	50
Figure III.13 : Montage du capteur dht11.....	51
Figure III.14 : L'organigramme du dht11 (Température, Humidité).....	51
Figure III.15 : Diagramme de contrôle de la qualité de l'air.....	53
Figure III.16 : Montage du capteur qualité de l'air (mq135).....	54
Figure III.17 : l'organigramme du capteur qualité de l'air.....	54
Figure III.18 : Organigramme de contrôle de batterie.....	55
Figure III.19 : Organigramme global de notre système d'acquisition de données.....	56
Figure IV.1 : Résultat du tes du capteur dht11.....	60
Figure IV.2 : Résultat de test effectué avec le capteur qualité de l'air.....	61
Figure IV.3 : La base de données « Acquisition de données ».....	62



## *Liste des tableaux*

Tableau III.1 : Les caractéristiques de la carte Linkit One.....	39
Tableau III.2 : Les fonctionnalités des commutateurs de configuration.....	41

## *Sommaire*

<b>Introduction générale</b> .....	1
<b>Chapitre I : Présentation de la Smart City</b> .....	3
Introduction.....	4
I.1 La définition d'une smart-city.....	4
I.2 Le concept anglo-saxon de smart city.....	5
I.3 Les objectifs généraux de la Smart City.....	6
I.3.1 Les objectifs pour les services urbains.....	6
I.3.2 Les objectifs pour les bâtiments.....	7
I.4 Les caractéristiques d'une smart city.....	7
I.4.1 L'économie intelligente.....	8
I.4.2 La mobilité intelligente.....	8
I.4.3 L'environnement intelligent .....	8
I.4.4 Les habitats intelligents.....	8
I.4.5 Le mode de vie intelligent.....	9
I.4.6 La gouvernance intelligente.....	9
I.5 Le rôle des nouvelles technologies de l'information et des communication.....	10
I.6 L'approche systémique d'une Smart City.....	11
I.7 Les différents réseaux sans fils qui peuvent être utilisés dans une Smart City.....	12
I.7.1 Le Bluetooth.....	12
I.7.2 Le WIFI.....	13
I.7.3 Le Zig Bee.....	13
I.7.4 Le WIMAX.....	14

I.7.5 Le GSM.....	14
I.7.6 Le GPRS.....	15
I.7.7 L'UMTS.....	15
I.7.8 Lora Wan.....	16
I.8 Remarque.....	16
I.9 Les solutions mises en œuvre.....	16
I.9.1 Les réseaux énergétiques intelligents ou smart grids.....	16
I.9.2 Les réseaux d'eau intelligents ou smart water networks.....	16
I.9.3 Les systèmes d'information multimodaux.....	16
I.9.4 Les systèmes d'information et l'Open Data.....	17
Conclusion.....	17
<b>Chapitre II : Description des capteurs.....</b>	<b>18</b>
Introduction.....	19
II.1 Le domaine d'utilisation des capteurs.....	19
II.2 La commande de processus.....	20
II.3 Le mesurage.....	21
II.3.1 La chaîne de mesurage.....	21
II.4 Les caractéristiques des capteurs.....	22
II.4.1 La sensibilité.....	22
II.4.2 La bande passante.....	23
II.4.3 Le temps de réponse.....	23
II.5 Les différents types de capteurs.....	23
II.5.1 Le capteur d'humidité.....	24
II.5.1.1 La définition de l'humidité.....	24
II.5.1.2 La description du capteur d'humidité.....	24
II.5.1.3 Les différents types de capteurs d'humidité.....	25

II.5.2 Le capteur de pression.....	27
II.5.2.1 La définition de la pression.....	27
II.5.2.2 La description des capteurs de pression.....	28
II.5.2.3 Les différent types de capteurs de pression.....	28
II.5.3 Le capteur de température.....	30
II.5.3.1 La définition de la température.....	30
II.5.3.2 La description des capteurs de température.....	30
II.5.3.3 Les différents types de capteurs de température.....	30
II.5.4 Le capteur de luminosité.....	32
II.5.4.1 La définition de la luminosité.....	32
II.5.4.2 La description des capteurs de luminosité.....	32
II.5.5 Le capteur de gaz.....	33
II.5.5.1 La définition d'un gaz.....	33
II.5.5.2 La description des capteurs de gaz.....	33
II.5.5.3 Les différents types de capteurs de gaz.....	34
II.5.6 Le capteur qualité de l'air.....	35
II.5.6.1 La définition de la qualité de l'air.....	35
II.5.6.2 La prévision de la qualité de l'air par rapport au CO2.....	35
Conclusion.....	35
<b>Chapitre III : Conception matérielle et logicielle du système.....</b>	<b>36</b>
Introduction.....	37
III.1 La conception matérielle.....	37
III.1.1 La présentation de la carte LinkIt One.....	38
III.1.1.1 La définition de la carte linkit One.....	38
III.1.1.2 Les caractéristiques de la carte LikIt One.....	39
III.1.1.3 L'architecture de la carte Linkit One.....	40
III.1.1.4 Les commutateurs de configuration.....	41
III.1.1.2 Le logiciel de programmation Arduino IDE.....	42
III.1.2 L'utilisation du Wifi.....	42
III.1.2.1 Le fonctionnement du Wifi.....	42

III.1.2.2 Les fréquences utilisées.....	43
III.1.2.3 Comment établir une connexion Wifi.....	43
III.1.3 La description de la carte micro-SD.....	44
III.1.4 L'ensemble de capteur.....	45
III.1.4.1 Le capteur de température et d'humidité dht11.....	45
III.1.4.1.1 La description du capteur.....	45
III.1.4.1.2 Les caractéristiques.....	45
III.1.4.2 Le capteur de La qualité de l'air (mq135).....	46
III.1.4.2.1 La description du capteur .....	46
III.1.4.2.2 Les caractéristiques.....	46
III.1.5 L'alimentation.....	47
III.2 La conception logicielle.....	47
III.2.1.1 La description du logiciel IDE.....	47
III.2.1.2 Le fonctionnement du logiciel IDE.....	47
III.2.1.3 L'IDE de la carte Linkit One.....	47
III.2.2 Le logiciel MySQL.....	48
III.2.3 Le fonctionnement de la base de données MySQL.....	49
III.2.4 Exemple de contrôle de température et de l'humidité.....	50
III.2.5 Exemple de contrôle de la qualité de l'air.....	52
III.2.6 Le contrôle de batterie.....	55
III.2.7 L'organigramme général .....	56
Conclusion.....	58
<b>Chapitre IV : Résultats et interprétation .....</b>	<b>59</b>
Introduction.....	60
IV.1 Le résultat du test effectué avec le capteur de température et d'humidité	
dht11.....	60

IV.2 Le résultat du test effectué avec le capteur qualité de l'air.....	61
IV.3 Le transfert des résultats à la base de données MySQL.....	62
Conclusion.....	62
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>64</b>

## **Bibliographie**

## **Annexes**

# *Introduction générale*

La Smart City est un concept dont les origines remontent à plusieurs milliers d'années. En effet, les premiers marchés, temples et palais qui s'élevèrent parmi les champs irrigués au Moyen Orient étaient les premiers « noyaux physiques » des réseaux sociaux dévoués au commerce, travail et gouvernement. Au fur et à mesure que la santé et la culture se développaient, l'écriture a été inventée pour laisser des traces de toutes ces transactions : c'était la première technologie de l'information. Et depuis, elle n'a cessé de grandir et de s'adapter à mesure que l'humanité faisait des progrès et grandissait. Cette notion de technologie de l'information est capitale, puisque elle est fondamentalement liée au concept de Smart City.

### **Problématique**

Actuellement, près de la moitié de la population du monde vit dans des villes. Avec les différents changements et développements que subit la société, la plus grande majorité de cette population sera citadine dans les années à venir. La croissance urbaine est la plus rapide dans le monde en développement, où les villes gagnent une moyenne de 5 millions d'habitants chaque mois. La croissance de la population urbaine explose en créant des défis sans précédent, avec des problèmes environnementaux graves étant la pollution de l'air.

### **Le but**

Dans le cadre de notre travail, nous envisageons la création d'une boîte de qualité de l'air, qui sera une solution compacte et portable pour surveiller la qualité de l'air ainsi que divers autres paramètres comme la température, l'humidité et la concentration de la poussière, qui peuvent être consulté en temps réel à travers des tableaux installés dans les différents coins de la ville.

Pour atteindre cet objectif, nous avons jugé utile de structurer notre mémoire de la façon suivante :

Dans le premier chapitre nous allons présenter la Smart City : la définir, citer ces objectifs généraux, ces caractéristiques, les différents critères sur lesquels elle est basée sur le rôle que jouent les nouvelles technologies de l'information et de la communication (TIC) aussi des différents réseaux qui peuvent être utilisés dans cette dernière ainsi que les solutions mises en œuvres.

## ***Introduction Générale***

---

Ensuite dans le deuxième chapitre nous allons faire une description des capteurs : les définir, parler sur leurs domaines d'utilisation, leurs caractéristiques puis citer quelques différents capteurs qui existent.

Ensuite dans le troisième chapitre nous allons présenter la conception du système qui est divisé en deux parties :

- **conception matérielle** : elle contient le schéma synoptique du système suivie de la description de chaque élément le constituant
- **conception logicielle**: elle contient logiciel utilisé, les organigrammes des programmes utilisés, les montages des capteurs ainsi que l'organigramme global de notre système d'acquisition de données.

Puis dans le dernier chapitre nous allons interpréter les résultats des différents tests qui ont été effectués au cours de notre travail. A la fin, nous nous allons conclure par une conclusion générale qui englobera le tout de notre travail dans laquelle nous allons présenter quelques perspectives et améliorations que peut subir notre système.

*Chapitre I*  
*Présentation de la Smart*  
*City*

## **Introduction**

L'évolution constante et l'essor économique effervescent que connaît le monde ont mis les villes et les communautés face à des défis multiples et complexes à savoir :

- l'explosion démographique,
- la polarisation du développement économique,
- les restrictions budgétaires,
- l'accroissement de l'émission des gaz à effet de serre.

Ces problèmes et bien d'autres peuvent être réduit (atténué) via l'adoption d'une somme de solutions ajustable et optimum basée sur l'utilisation adéquate des technologies de l'information et de la communication.

Les villes qui utilisent ce genre de procédé sont nommées « Smart Cities » ou « Connected Communities ».

### **I.1 La définition d'une smart-city**

Smart city, ou Ville intelligente en français, est une agglomération peuplée de nombreux habitants utilisant les technologies de l'information et de la communication(Tic) pour l'amélioration de la qualité des services urbains et pour la réduction de ses coûts.

Ce concept émergeant désigne un type de développement capable de répondre à l'évolution ou à l'émergence des besoins des institutions, des entreprises et des citoyens sur le plan économique, social et environnemental.

Une ville peut être qualifiée d'intelligente si elle répond aux critères suivantes :

- l'alimentation d'un développement économique durable via l'investissement des capitaux humains, sociaux et infrastructure d'énergie,
- l'assurance d'une qualité de vie élevée via une gestion avisée des ressources naturelle, une gouvernance participative et une utilisation efficace et intégrée des Tic,
- la mise en œuvre d'une gestion des infrastructures (l'eau, l'énergie, l'information et la télécommunication, le transport, le service d'urgence ...) communicante, adaptable, durable et efficace afin d'assurer une qualité de vie meilleur conforme aux normes environnementales.

Les smart city sont érigées (construites) dans le but d'améliorer la qualité de vie en utilisant des technologies susceptibles d'accroître le rendement et l'efficacité de ses services afin de répondre positivement aux différentes attentes et aux besoins de leurs résidents.

Elles ont aussi pour but de renforcer la qualité, la performance et l'interactivité des services urbains pour réduire les coûts et simplifier le contact entre les citoyens et les autorités.



**Figure I.1 : Smart City. [1].**

## **I.2 Le concept anglo-saxon de smart city**

De nos jours, les performances urbaines ne dépendent plus seulement de la dotation de la ville d'infrastructure (son capital physique) mais aussi, et de plus en plus, de la disponibilité et de la qualité de la communication du savoir et l'infrastructure sociale (capital social et capital intellectuel).

La dernière forme de capital est décisive pour la compétitivité urbaine. C'est sur ces bases que le concept de « ville intelligente » a été introduit comme outil pour englober les facteurs de production urbaine moderne dans un cadre commun et pour mettre en valeur l'importance grandissante des technologies de l'information et de la communication (Tic) et des capitaux sociaux et environnementaux pour définir la compétitivité des villes. L'importance de ces atouts (capital social et environnemental) suffit par elle-même à

différencier la ville intelligente de ses homologues plus orientées vers la technologie marquant la frontière entre elles et celles que l'on appelle « ville en réseau ».

### **I.3 Les objectifs généraux de la Smart City**

Dans un contexte général incitant, voir obligeant à réduire les émissions du Co2, à économiser les matières premières et optimiser la gestion des ressources, la ville intelligente a pour caractéristiques essentielles de :

- répondre à un objectif de sobriété dans l'utilisation des ressources par une optimisation de la gestion de cette dernière : économie d'eau, écrêtement des périodes de pointe dans la consommation d'électricité, consommation d'énergie maîtrisée grâce aux dispositifs de mesure en temps réel, minimalisation des pertes dues au vieillissement des réseaux ..... ,
- permettre une approche systémique de la ville en dépassant les approches sectorielles séparant transport, énergie, eau et assainissement, bâtiment (cette approche systémique se heurte à la prédominance des approches traditionnelles, à une gouvernance cloisonnée et à des cultures professionnelles spécialisées),
- mettre l'utilisateur au cœur des dispositifs par l'accès à une gamme de services plus diversifiés, en faisant du citoyen /utilisateur un producteur d'informations, par exemple sur l'état du trafic, du fonctionnement ou du dysfonctionnement de service.

#### **I.3.1 Les objectifs pour les services urbains**

Pour les services urbains, l'utilisation des technologies de l'information et de la communication répond à deux objectifs principaux :

- optimiser leur gestion (lutte contre les émissions de CO2, économie et meilleure gestion de l'énergie et des ressources, diversifier l'offre de transport, fluidifier les déplacements...)
- améliorer la qualité des services rendus aux usagers (transports, accès aux services et équipements publics, sécurité, etc...)

### I.3.2 Les objectifs pour les bâtiments

Au niveau des bâtiments, il s'agit de produire de l'énergie renouvelable sur site, d'assurer une éco-exploitation du bâtiment et d'optimiser les consommations. Pour les atteindre, plusieurs solutions existent :

- les réseaux de chaleur alimentés par des énergies renouvelables,
- le pilotage de la consommation grâce à un « smart grid » (réseau intelligent),
- l'ajustement des besoins énergétiques en fonctions des activités,
- l'automatisation de toutes les fonctions du bâtiment,
- l'implantation de panneaux photovoltaïques assurant des périodes d'autonomie et une production décentralisée.

### I.4 Les caractéristiques d'une smart city

Comme le montre la figure 2 et selon Giffinger, les villes intelligentes peuvent être identifiées et classées selon six dimensions principales qui se connectent avec les traditionnelles théories régionales et néoclassiques de la croissance et du développement urbain.

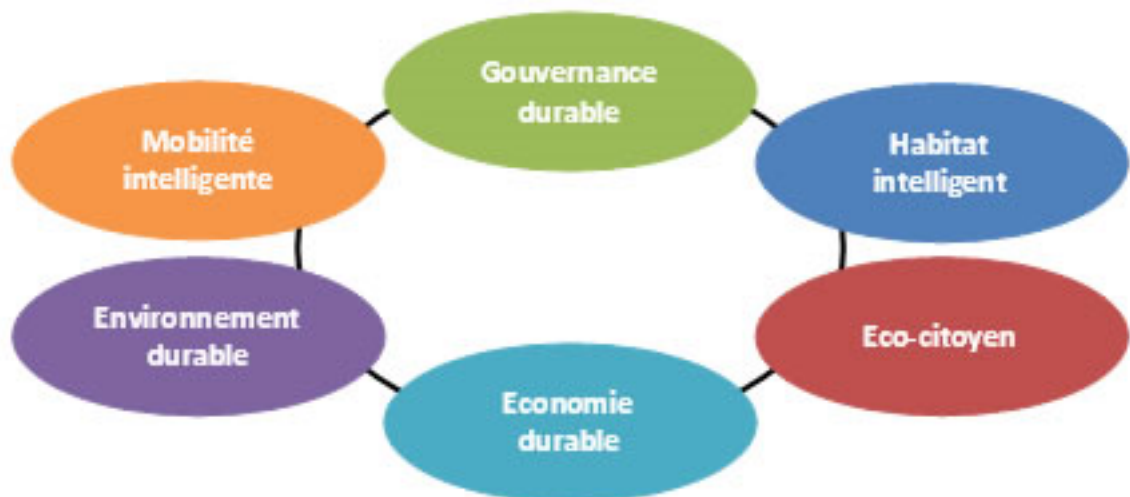


Figure I.2 : Les critères d'une smart city. [1].

Ces six critères sont :

#### **I.4.1 L'économie intelligente**

L'économie (économie intelligente), fait référence à une ville avec industrie « industrie intelligente » en particulier les villes avec des industries dans les domaines des technologies de l'information et la communication (TIC) ainsi que d'autres industries qui utilisent les TIC dans leurs processus de production.

#### **I.4.2 La mobilité intelligente**

La mobilité de l'avenir sera électrique. En effet les véhicules électriques peuvent être un avantage pour produire moins de gaz d'échappement, être utilisés comme accumulateurs d'électricité. Dans les périodes durant lesquelles le courant électrique dû au soleil ou au vent se fait rare, les batteries de ces véhicules peuvent restituer du courant (véhicule to grid). La mobilité intelligente se fonde dans un système global qu'on peut résumer par les mots de « gestion de mobilité » « mobilité combinée » et « management intelligent du trafic ».

#### **I.4.3 L'environnement intelligent**

Un environnement intelligent (smart environnement) se réfère à l'utilisation des nouvelles technologies pour protéger et conserver l'environnement de la ville.

#### **I.4.4 Les habitats intelligents**

L'habitat intelligent peut être applicable à différentes échelles comme suit :

- à l'échelle du milieu de vie, il peut s'agir d'un milieu de vie sécuritaire où foisonne la culture qui offre des services de santé et d'éducation. De plus, il peut s'agir de développer des quartiers verts ou des éco quartiers qui peuvent être par exemple élaborés dans le cadre de différents programmes
- À l'échelle de l'habitat, il peut s'agir d'habitations écologiques, voire des habitations qui sont certifiées selon le Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) ou encore des habitations qui comprennent certaines composantes écologiques.

#### **I.4.5 Le mode de vie intelligent**

Les études démontrent que vivre dans une communauté à vocation mixte, près des commerces et des services, augmente les déplacements à pieds et à vélo, ce qui favorise des habitudes de vie saines et contribue à l'esprit communautaire de ses résidents. Il permet d'offrir :

- Des quartiers planifiés avec soin, procurant un sens accru de sécurité
- communautés conçues pour favoriser les déplacements à pieds
- Des commerces de quartier dotés de charmantes terrasses et de sympathiques marchands
- Des parcs et sentiers riverains qui permettent d'être reliés à la nature
- L'accès à des pistes cyclables et aux réseaux de sentiers pédestres
- Des installations publiques comprenant : restaurants, bibliothèques, écoles, piscines, terrains de tennis, club de golf....
- Des stationnements souterrains dans tous les quartiers, afin de diminuer la quantité d'asphalte visible ce qui est meilleur pour l'environnement et la santé.

#### **I.4.6 La gouvernance intelligente**

La gouvernance à l'ère du numérique est collaborative, plus connectée et plus transparente grâce aux outils technologiques. C'est-à-dire que les nouvelles technologies de l'information et des communications servent de levier entre les décideurs, les acteurs publics ainsi que les citoyens. Pensons notamment à des tableaux électroniques dans des lieux publics qui peuvent afficher de l'information à l'intention des citoyens ou encore à une diffusion web simultanée des rencontres du conseil pour permettre à un plus grand nombre de personnes d'y assister. Cette gouvernance qui est dite intelligente est celle qui saura briser les silos au sein de l'administration et des services municipaux et qui permettra la collaboration étroite entre les différents acteurs et les citoyens. La ville devrait interagir avec les citoyens en direct, et ce, grâce à divers outils web dont des interfaces d'accès instantané.

Les critères décrits ci-dessus, sont respectivement basés sur les théories de la compétitivité régionale, l'économie des transports et des technologies de l'information et de la communication, les ressources naturelles, les capitaux humains et sociaux, la qualité de vie et la participation des citoyens à la vie démocratique de la ville. La notion d'intelligence inclut

ici les concepts d'efficacité énergétique, d'habitat intelligent de réseau intelligents et de mobilité douce.

### **I.5 Le rôle des nouvelles technologies de l'information et des communications**

Les TIC ou NTIC constituent des techniques utilisées dans les domaines de la transmission de l'information, de l'Internet et des télécommunications. En 1960, c'est le téléphone, la télévision et les calculateurs qui étaient considérés comme de nouvelles technologies.

Vers les années 1990, les nouvelles technologies correspondaient plutôt à la téléphonie mobile, aux systèmes de géo positionnement (GPS), à la géomatique et à l'Internet. Certes, ces technologies ne sont pas si nouvelles, elles ont commencé à se développer il y a deux décennies, ce qui est nouveau et concret à la ville intelligente c'est que ces dernières joueront dorénavant un rôle de premier plan au sein de la ville.

Aujourd'hui, ces technologies nous permettent de manipuler de l'information, de créer des réseaux capables de stocker, gérer, convertir et transmettre une quantité phénoménale d'informations et de données en temps réel. L'information recueillie facilite ainsi la prise de décision pour l'utilisateur. Dans le cas du transport en commun, l'accès aux données en temps réel par l'intermédiaire du téléphone intelligent peut guider l'utilisateur sur le trajet à emprunter et le mode de transport. Dans les années 2000, le téléphone intelligent a fait son apparition sur les marchés internationaux. Ce téléphone cellulaire permet d'avoir accès à une multitude d'informations en temps réel grâce à la connexion Internet sans fil.

Un centre de gestion de données, caméras, compteurs et capteurs intelligents, supports numériques et dispositifs d'information sont des nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC) dont plusieurs domaines de l'action publique en bénéficient. En effet, la gestion des bornes de recharge pour véhicules électriques, gestion des péages urbains, stationnements intelligents, éclairage public intelligent, vidéosurveillance, gestion des déchets et leur traitement, réduction de la consommation d'énergie et d'eau, facilitation des déplacements urbains et mobilité urbaine intelligente sont des services et infrastructures qui pourront être assurés par ces nouvelles technologies.

Les technologies de l'information pourront faciliter l'accès à l'information autant pour les usagers que les données qui seront générées par les différents appareils mobiles. Les

nouvelles technologies de l'information et des communications sont un vecteur de changement lorsqu'on parle de ville Intelligente.

### **I.6 L'approche systémique d'une Smart City**

La ville peut être considérée comme basée sur six systèmes centraux :

- **Le système des personnes** : il fait référence à ses réseaux humains et sociaux, inclut la sécurité publique (pompiers, police, cellule de crise), la santé, l'éducation et la qualité de vie.
- **Le système d'entreprises** : il englobe l'environnement réglementaire et politique, et inclut la planification des réglementations, l'ouverture aux échanges et aux investissements internationaux, et la législation du marché des marchandises.
- **Le système de transport** : il inclut tous les aspects de son réseau routier, de son réseau de transport en commun, de ses ports et aéroports, de la mise à disposition des infrastructures, jusqu'à la tarification des titres de transport.
- **Le système de communication** : il inclut l'infrastructure de télécommunication, y compris la téléphonie mobile et l'accès à internet à haut débit et sans fil. L'accès à l'information et la possibilité de communiquer sont des éléments centraux de l'économie moderne. Ce système est donc un élément essentiel permettant à une ville de devenir plus intelligente,
- **Le système d'eau** : le service de distribution d'eau et un service public essentiel qui comprend le cycle entier de l'eau, l'alimentation et la potabilisation.
- **Le système d'énergie** : il est aussi essentiel que les ressources en eau. Il inclut la génération d'électricité, l'infrastructure de transmission et la mise au rebut des déchets.

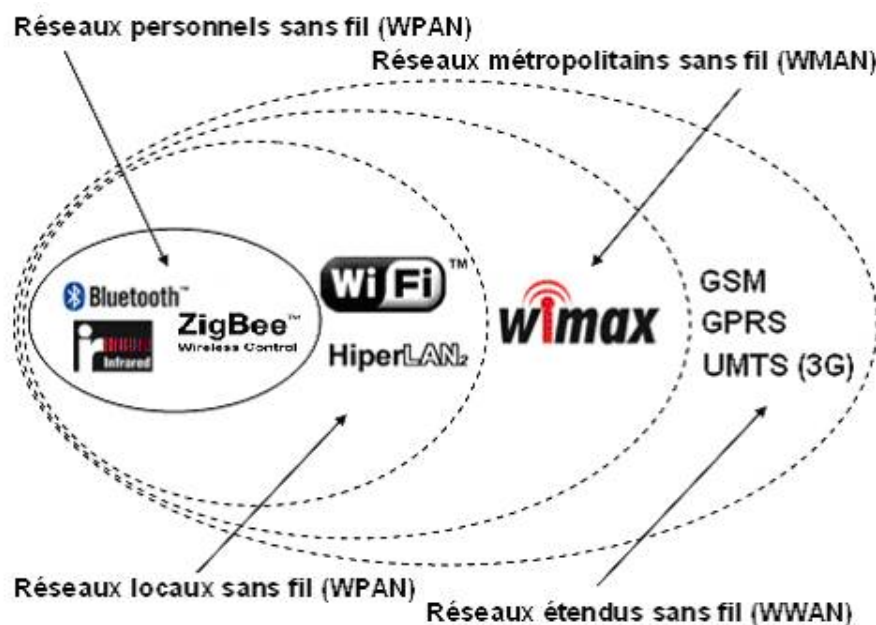
### I.7 Les différents réseaux sans fils qui peuvent être utilisés dans une Smart City

Un réseau sans fil, comme son nom l'indique et un réseau dans lequel au moins deux terminaux peuvent communiquer sans liaison filaire.

Grâce aux réseaux sans fil, un utilisateur a la possibilité de rester connecté tout en se déplaçant dans un périmètre géographique plus ou moins étendu, c'est la raison pour laquelle on entend parfois parler de "mobilité".

Les réseaux sans fil permettent de relier très facilement des équipements distants d'une dizaine de mètres à quelques kilomètres. De plus l'installation de tels réseaux ne demande pas de lourds aménagements des infrastructures existantes comme c'est le cas avec les réseaux filaires (creusement de tranchées pour acheminer les câbles, équipements des bâtiments en câblage et connecteurs), ce qui a valu un développement rapide de ce type de technologies.

La figure suivante représente les différentes catégories de réseaux sans fil existants :



FigureI.3: Les catégories de réseaux sans fil. [3].

#### I.7.1 Le Bluetooth

Bluetooth est un standard de communication permettant l'échange bidirectionnel de données à très courte distance et utilisant des ondes radio. Son objectif est de simplifier les connexions entre les appareils électroniques en supprimant des liaisons filaires. Elle peut remplacer par exemple les câbles entre ordinateurs, tablettes, téléphones mobiles entre eux ou avec des imprimantes, claviers, et souris.

Le standard Bluetooth définit en effet 3 classes d'émetteurs proposant des portées différentes en fonction de leur puissance d'émission :

Classe1 : d'une portée de 100 mètres et de puissance égale à 100 mW (20 dBm),

Classe2 : d'une portée allant de 15 à 20 mètres et de puissance égale à 2,5 mW (4 dBm),

Classe3 : d'une portée de 10 mètres et de puissance égale à 1 mW (0 dBm).

### **I.7.2 Le WIFI**

Dans la pratique le Wi-Fi (Wireless fidelity ou fidélité sans fil) permet de relier des ordinateurs portables, des machines de bureau, des assistants personnels (PDA) ou tout type de périphérique à une liaison haut débit (11 Mbps ou supérieur) sur un rayon de plusieurs dizaines de mètres en intérieur (généralement entre une vingtaine et une cinquantaine de mètres) à plusieurs centaines de mètres en environnement ouvert. Ainsi des opérateurs commencent à irriguer des zones à fortes concentration d'utilisateurs (gares, aéroports, hôtels, trains, ...) avec des réseaux sans fils. Ces zones d'accès sont appelées "hot spots".

La norme IEEE 802.11 est en réalité la norme initiale offrant des débits de 1 ou 2 Mbps. Des révisions ont été apportées à la norme originale afin d'optimiser le débit (c'est le cas des normes 802.11a, 802.11b et 802.11g, appelées normes 802.11 physiques) ou bien préciser des éléments afin d'assurer une meilleure sécurité ou une meilleure interopérabilité.

### **I.7.3 Le Zig Bee**

La technologie Zig Bee aussi connue sous le nom (IEEE 802.15.4) permet d'obtenir des liaisons sans fil à très bas prix et avec une très faible consommation d'énergie, ce qui la rend particulièrement adaptée pour être directement intégrée dans de petits appareils électroniques.

La technologie Zig Bee, opérant sur la bande de fréquences des 2,4 GHz et sur 16 canaux, permet d'obtenir des débits pouvant atteindre 250 Kb/s avec une portée maximale de 100 mètres environ. Le Zig Bee comme le Bluetooth réside dans une puce électronique. Beaucoup moins connue que Bluetooth, zig Bee est une norme de transmission de données sans fil permettant la communication de machine à machine. Sa très faible consommation électrique et ses coûts de production très bas en font une candidate idéale pour la domotique ou les matériels de type capteur, télécommande ou équipement de contrôle dans le secteur

industriel, ce qui fait que cette technologie ne répond pas tout à fait aux besoins de mon projet.

#### **I.7.4 Le WIMAX**

Le WIMAX est une abréviation de (Worldwide Interoperability for Microwave Access). Il s'agit d'un standard de réseau sans fil métropolitain créé par les sociétés Intel et Alvarion en 2002 et ratifié par l'IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineer) sous le nom de IEEE-802.16. Plus exactement, WIMAX est le label commercial délivré par le (WIMAX Forum) aux équipements conformes à la norme IEEE 802.16, afin de garantir un haut niveau d'interopérabilité entre ces différents équipements.

L'objectif du WIMAX est de fournir une connexion Internet à haut débit sur une zone de couverture de plusieurs kilomètres de rayon. Ainsi, dans la théorie, le WIMAX permet d'obtenir des débits montants et descendants de 70 Mbit/s avec une portée de 50 kilomètres. Le standard WIMAX possède l'avantage de permettre une connexion sans fil entre une station de base (BTS) et des milliers d'abonnés sans nécessiter de ligne visuelle directe (LOS). Dans la réalité le WIMAX ne permet de franchir que de petits obstacles tels que des arbres ou une maison mais ne peut en aucun cas traverser les collines ou les immeubles. Le débit réel lors de la présence d'obstacles ne pourra ainsi excéder 20 Mbit/s.

#### **I.7.5 Le GSM**

Le GSM est un système de communication global pour un usage mobile, c'est une norme de téléphonie mobile. On parle de réseau GSM pour désigner le réseau numérique de téléphonie mobile. Il est aussi appelé réseau de deuxième génération, en réalité c'est le premier réseau développé avec ampleur dans le monde.

Ce dernier présente un fonctionnement cellulaire au cœur de chaque cellule, qui désigne une zone géographique plus en moins étendue, il y'a une antenne relais qui permis de faire le lien entre les téléphones mobiles et le réseau. Le réseau permet de passé d'une cellule à une autre sans interrompre la communication et sans que l'utilisateur ne s'en rende compte. Le réseau GSM utilise les fréquences situées dans la bande 890-960MHz. Dans ce cas-là, on parle du « GSM 900 ».

### **I.7.6 Le GPRS**

Le standard GPRS (General Packet Radio Service) est une évolution de la norme GSM, ce qui lui vaut parfois l'appellation GSM++ (ou GSM 2+). Etant donné qu'il s'agit d'une norme de téléphonie de seconde génération permettant de faire la transition vers la troisième génération (3G), on parle généralement de 2.5G pour classer le standard GPRS.

Le GPRS permet d'étendre l'architecture du standard GSM, afin d'autoriser le transfert de données par paquets, avec des débits théoriques maximums de l'ordre de 171,2 kbit/s (en pratique jusqu'à 114 kbit/s).

### **I.7.7 L'UMTS**

L'Universal Mobile Télécommunications System (UMTS) est l'une des technologies de téléphonie mobile de troisième génération (3G). Elle est basée sur la technologie W-CDMA, standardisée par le 3GPP et constitue l'implémentation dominante, d'origine européenne, des spécifications IMT-2000 de l'UIT pour les systèmes radio cellulaires 3G.

L'UMTS est parfois appelé 3GSM, soulignant la filiation qui a été assurée entre l'UMTS et le standard GSM auquel il succède. Elle est également appelée 3G, pour troisième génération.

L'UMTS dans sa version initiale « 3GPP R99 » (normalisée en 1999 et complétée en 2001) permettait un débit maximum théorique de données descendantes (téléchargement) de 1,920 Mb/s. Cette vitesse est nettement supérieure au débit initial du GSM qui était de 9,6 kb/s et supérieure à celles des vitesses maximales offertes par les variantes du GSM optimisées pour le transfert de donnée (GPRS et EDGE) : 384 kb/s pour l'EDGE.

Les débits UMTS varient suivant le lieu d'utilisation et la vitesse de déplacement de l'utilisateur. Pour la première génération de l'UMTS 2009, les débits maximum descendants étaient de :

- 144 kb/s pour une utilisation mobile en mouvement rapide (voiture, train...) et en zones rurales loin de l'antenne ;
- 384 kb/s pour une utilisation piétonne ;
- jusqu'à 2 000 kb/s depuis un point fixe (terminal immobile) et dans des conditions idéales.

### **I.7.8 Lora Wan**

LoRa WAN, acronyme pour "Long Range Wide-area network", consomme très peu et les objets qui lui sont raccordés peuvent fonctionner plusieurs années sur batterie. Il a en même temps une grande portée qui permet d'atteindre des équipements dans des endroits difficiles d'accès comme une cave, la gaine technique d'un bâtiment... Contrairement à un mobile qui est toujours allumé et consomme sans interruption, un équipement LoRa n'est pas joignable en permanence. Il s'active périodiquement et profite de son « réveil » pour vérifier s'il y a de l'information pour lui et en émettre éventuellement.

### **I.8 Remarque**

Tous ces réseaux peuvent être utilisés dans la Smart City, chaque réseau à ces caractéristiques et ces avantages par rapport aux autres, mais Parmi tous ceux vus, bien qu'ils sont performants, le plus adéquat pour le bon fonctionnement de notre projet et le WIFI.

### **I.9 Les solutions mises en œuvre**

Elles se reposent sur divers facteurs qui sont :

#### **I.9.1 Les réseaux énergétiques intelligents ou smart grids**

Plusieurs projets sont lancés à travers le monde dans le but d'optimiser la gestion de l'énergie par une meilleure régulation de l'offre et de la demande et l'intégration sur le réseau de distribution de la production locale d'énergies renouvelables.

#### **I.9.2 Les réseaux d'eau intelligents ou smart water networks**

Il s'agit de capteurs et compteurs intelligents qui gèrent les informations sur l'état du réseau, la consommation et les ressources disponibles. Cette évolution des réseaux de distribution d'eau ouvre la voie vers l'intégration des réseaux d'eau et d'électricité avec des applications de télé relevé (relevé à distance) par un réseau de télécommunications permettant l'échange de données et le relevé à distance.

#### **I.9.3 Les systèmes d'information multimodaux**

La mise en place de système d'informations concernant tous les services de mobilité des territoires, publics et privés, visant le développement de la mobilité durable.

#### **I.9.4 Les systèmes d'information et l'Open Data**

L'Open Data est un principe d'accès facilité aux informations pour répondre aux impératifs de transparence des activités publiques. C'est aussi un moyen de faire remonter l'information.

#### **Conclusion**

Pour la création d'une ville intelligente il faut des moyens logistiques et matériels entre autre, un réseau de capteur sans fil qui aide à créer un réseau réparti de noyaux de capteurs intelligent capable de mesurer plusieurs paramètres opportun pour améliorer la gestion de la ville via la transmission des données en temps réel au citoyens ou aux autorités concernés.

A titre d'exemple, les citoyens peuvent surveiller le niveau de pollution dans les rues de leurs villes ou bien recevoir des alertes si le niveau de radiation a atteint un seuil alarmant. Ce genre de capteurs permis aussi aux autorités d'optimiser l'irrigation des parcs ou l'éclairage de la ville et de détecter les fuites d'eau et de gaz rapidement.

De plus ces capteurs permettent aux autorités de la ville de contrôler en temps réel l'occupation des places de stationnement, gérer le trafic routier, les feux de signalisation et communiquer des données sur l'état des routes aux citoyens.

La description des capteurs en général et les capteurs qualité de l'air en particulier est donnée dans le chapitre qui suit.

## *Chapitre II*

### *Description des capteurs*

## Introduction

Un capteur est un dispositif transformant une grandeur physique (température, pression, position, concentration, etc.) en un signal (souvent électrique) qui donne des informations sur cette grandeur utilisable par l'homme ou par le biais d'un instrument approprié.

Le capteur se distingue de l'instrument de mesure par le fait qu'il ne s'agit que d'une simple interface entre un processus physique et une information manipulable. Par opposition, l'instrument de mesure est un appareil autonome se suffisant à lui-même, disposant d'un affichage ou d'un système de stockage des données.

Dans de nombreux domaines tels que l'industrie, la recherche scientifique, les services et loisirs ..., on a besoin de contrôler de nombreux paramètres physiques comme la température, la force, la position, la vitesse, la luminosité, .... Le capteur est l'élément indispensable à la mesure de toutes ces grandeurs physiques

Un capteur n'est jamais parfait, il convient de connaître avec la plus grande précision possible son état d'imperfection. De plus, il faut prendre en compte la perturbation apportée au système par la mesure. La figure 1 est la représentation fonctionnelle d'un capteur

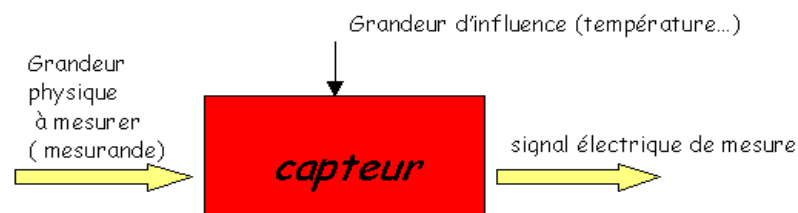


Figure II.1 : Fonctionnement d'un capteur. [5].

Il existe plusieurs types de capteurs qui se différencient dans la grandeur physique qu'ils mesurent et dans le dispositif créant le signal. On peut par exemple mesurer une concentration chimique avec un transducteur piézoélectrique.

### II.1 Le domaine d'utilisation des capteurs

Les capteurs sont destinés à réaliser une mesure. Dans le domaine industriel cette opération est importante et intervient dans deux grands domaines : le domaine du mesurage et celui du contrôle de processus.

## II.2 La commande de processus

La commande de processus a pour objectif de mettre en œuvre une commande à partir de l'état présent et passé d'un système. Le processus de commande est automatique dans la mesure, aucun opérateur humain n'intervient dans la chaîne de décision. Deux opérations distinctes sont mises en œuvre dans ce type de techniques.

- La première consiste à mesurer l'état du système.
- La seconde consiste en le calcul de la commande en fonction de l'état de ce système et d'une consigne.

➤ L'automatique intervient au niveau des actionneurs, elle permet l'asservissement ou la régulation d'une grandeur issue d'un dispositif technique réalisant une fonctionnalité industrielle (moteur, processus chimique, thermique et autres). Cette technique s'appuie sur une structure de contre réaction :

Le calcul de la commande s'effectue à partir de l'écart entre une consigne (régulation) ou la variation de celle-ci (asservissement) et une grandeur de retour issue d'un capteur. Cet écart constitue une erreur que le calcul de commande cherche à minimiser pour que la grandeur de sortie soit égale à la consigne. La problématique de la mesure intervient dans la chaîne de retour.

Dans la mesure du possible, la mesure doit être linéaire et le dispositif ne doit pas modifier la grandeur de sortie. Une autre caractéristique importante est la réponse dynamique du capteur. Le capteur dépend en partie de la robustesse et la qualité de la commande.

➤ En automatisme, les dispositifs à commander sont déjà asservis ou régulés. Il constitue des actionneurs. Il s'agit de les mettre en œuvre pour réaliser une séquence c'est-à-dire la mise en marche et l'arrêt des dispositifs à commander dans un ordre défini par avance. Cette séquence permet de mettre en œuvre, par exemple, un processus de fabrication. La commande est réalisée par un automate programmable industrielle (API). Il s'agit d'un calculateur numérique qui pilote des entrées sorties. Elles sont soit de type TOR (Tout Ou Rien) soit de type analogique issue de convertisseur numérique analogique. La problématique de la mesure est ici moins contrainte que dans le cas de l'automatique. Elle consiste à connaître l'état des actionneurs afin de permettre à l'API de prendre des décisions.

Le processus de commande est numérique et discontinu. La mesure n'a pas besoin d'être linéaire. Dans le cas de commande temps réel contraint, la réponse dynamique du capteur peut être un paramètre important.

### **II.3 Le mesurage**

A l'inverse de la commande de processus où l'objectif de la mesure est un dispositif technique, la mesure dans le domaine du mesurage est un opérateur humain. Il accède à la grandeur physique via une interface homme machine construit autour d'un système numérique. Le mesurage est un ensemble de techniques permettant de réaliser une mesure.

Les domaines où un mesurage est nécessaire sont vastes. Il s'agit en effet de tous les domaines dans lequel le pilotage d'un processus s'effectue par un humain.

Dans tous ces domaines l'assurance qualité occupe une place à part. Il s'agit ici non plus d'effectuer une mesure pour prendre une décision mais de relier un instrument de mesure à son étalon. En effet, le principe même d'une mesure consiste à comparer une grandeur physique à un étalon afin de l'évaluer. La qualité de la mesure dépend donc de l'étalon utilisé.

#### **II.3.1 La chaîne de mesurage**

Quel que soit le domaine d'emploi, un capteur n'est pas utilisé seul, il intervient dans une chaîne dite chaîne de mesure. Cette chaîne est constituée du capteur associé dans le cas d'un capteur passif à un conditionneur, d'un dispositif d'amplification et de filtrage et d'un organe de traitement. Le conditionneur a pour rôle d'apporter l'énergie nécessaire pour transformer la variation d'impédance en une grandeur électrique. Il s'agit pour les capteurs résistifs soit d'un montage diviseur de tension ou potentiométrique soit d'un pont de Weasthorne. Dans le cas des capteurs inductifs ou capacitifs, il est possible d'employer des oscillateurs.

S'il s'agit de capteur actif, il n'est pas nécessaire d'utiliser un conditionneur, le signal issue est identique à celui issue d'un générateur. Dans le cas des capteurs passifs et actifs, les signaux obtenus ont la particularité d'être d'amplitude faible, il est donc nécessaire d'amplifier le signal afin que les niveaux soit compatible avec l'organe de traitement.

L'amplification doit posséder des caractéristiques propres au domaine capteur en termes d'impédance et de réjection de mode commun. Le filtrage est nécessaire pour éliminer une partie du bruit et dans le cas où l'organe de traitement est un organe numérique pour limiter la bande passante. Le cas de l'organe numérique est le cas le plus courant. Cet organe numérique peut être constitué d'un ordinateur, c'est-à-dire une machine de traitement équipée d'un système d'exploitation sur lequel fonctionne un logiciel de traitement comme Labview par exemple, le traitement consiste à effectuer une acquisition de données puis un traitement de mise à l'échelle, traitement statistique ou autres. Ce type de structure se trouvera dans le

domaine du mesurage ou de la qualité. Dans le domaine du contrôle de processus, l'organe de traitement sera le plus souvent constitué d'un API ou d'un microcontrôleur. Le rôle de ces organes sera alors de réaliser l'acquisition des données et de calculer la commande à appliquer.

#### II.4 Les caractéristiques des capteurs

Il est fondamental de connaître avec précision les caractéristiques d'un capteur afin de pouvoir déterminer les limites de fonctionnement de celui-ci. En effet, les limites de fonctionnement d'un capteur conditionnent les limites de fonctionnement du système dont il fait partie. Ces caractéristiques sont :

##### II.4.1 La sensibilité

Représente l'écart de sensibilité sur l'étendu de mesure ou bien la sensibilité d'un capteur est une grandeur qui donne la valeur de la grandeur de sortie en fonction du mesurande.

$$S = \Delta g / \Delta m \dots\dots\dots(1)$$

Où  $g$  est la grandeur de sortie et  $m$  le mesurande.

Si la caractéristique du capteur est linéaire, la sensibilité est une constante. Cependant, dans le cas général, la caractéristique qui donne la sortie en fonction du mesurande n'est pas linéaire, la sensibilité d'un capteur n'est pas une constante. Elle n'est valable alors qu'autour d'un point de repos. Elle est alors égale à la pente au voisinage du point de repos de la fonction :

$$g = f(m, \theta) \dots\dots\dots(2)$$

$$S = df/dm \dots\dots\dots(3)$$

La réponse d'un capteur ne dépend pas uniquement du mesurande. Elle dépend aussi des grandeurs d'influence.

Une autre caractéristique importante de la sensibilité est la fréquence du mesurande. Si ce dernier est constant ou que sa variation au cours du temps est très lent, le capteur fonctionne dans un domaine statique. En revanche, si la fréquence du mesurande augmente alors la sensibilité peut varier. Le capteur est alors dans un régime dynamique.

### II.4.2 La bande passante

La variation de sensibilité est caractérisée par la notion de bande passante. Elle est définie comme l'intervalle de fréquence dans lequel la sensibilité ne varie pas au-delà d'une limite en générale fixé à -3db. La caractérisation de la bande passante d'un système se déduit de l'étude du comportement dynamique de ce système. La théorie des systèmes linéaires montre que leurs comportements sont décrits par une équation différentielle à coefficient constant. Le premier cas possible est une équation différentielle du premier ordre du type :

$$\tau \frac{dg(t)}{dt} + g(t) = S_0 m(t) \dots\dots\dots(4)$$

### II.4.3 Le temps de réponse

L'inertie propre à tous les systèmes fait que la réponse du capteur n'est pas instantanée. Ce temps de réponse est défini comme l'intervalle de temps entre le moment où le capteur est excité par un mesurande de type échelon et le moment où la grandeur de sortie atteint  $\varepsilon\%$  de la valeur finale.

### II.5 Les différents types de capteurs

Nous pouvons caractériser les capteurs selon deux critères :

- en fonction de la grandeur mesurée, on parle de capteur de position, de température, de vitesse, de force, de pression etc....
- en fonction du caractère de l'information délivrée, on parle alors de capteurs logiques appelés aussi capteurs tout ou rien (TOR), de capteurs analogiques ou numériques.

On peut alors classer les capteurs en deux catégories, les capteurs à contact qui nécessitent un contact direct avec l'objet à détecter et les capteurs de proximité. Chaque catégorie peut être subdivisée en trois catégories de capteurs : les capteurs mécaniques, électriques et pneumatiques.

Pour choisir un capteur spécifique, il faut donc chercher à délimiter ces principales caractéristiques que l'on souhaite lui attacher :

- L'étendu de la mesure : c'est plus ou moins la différence entre le plus petit signal détecté et le plus grand perceptible.
- La sensibilité : c'est la plus petite variation d'une grandeur physique que peut détecter un capteur.

- La rapidité : c'est le temps de réaction d'un capteur entre la variation de la grandeur physique qu'il mesure et l'instant où l'information est prise en compte par la partie commande.

Tous les capteurs présentent deux parties distinctes. La première a pour rôle de détecter ou mesurer un événement et la deuxième consiste à traduire un événement en un signal compréhensible par un système de contrôle PC. Pour choisir correctement un capteur, il est donc important de définir :

- le type d'évènement à détecter,
- la nature de l'évènement,
- la grandeur de l'évènement.

En fonction de ces paramètres, on pourra effectuer un ou plusieurs choix pour un type de détection. D'autres éléments peuvent permettre de cibler précisément le capteur à utiliser :

- ses performances,
- son encombrement,
- sa fiabilité,
- la nature du signal délivré par le capteur (électrique, pneumatique etc.)
- son prix...

Pour ce qui concerne mon projet un ensemble de capteurs bien précis a été choisi (capteurs qualité d'air), qui sont décrits dans la section suivante :

### **II.5.1 Le capteur d'humidité**

#### **II.5.1.1 La définition de l'humidité**

L'humidité est le mélange d'air sec et de vapeur d'eau dans l'air ambiante. En général, quand on parle de mesure d'humidité, on fait allusion au taux d'humidité exprimé en % qui est en fait l'humidité relative. La détermination de cette mesure est complexe, car elle est étroitement liée à d'autres grandeurs physiques, telle que la température et la pression.

#### **II.5.1.2 La description du capteur d'humidité**

Le capteur d'humidité est une sonde hygrométrique, enfoncée de 100 mm dans le sol. La sonde est constituée de deux cylindres inoxydables qui sont espacés de 50 mm l'un de l'autre.

Le capteur est alimenté par une différence de potentiels alternative de 12V efficace et de fréquence 50HZ, afin d'éviter tout phénomène d'électrolyse (phénomène physique rencontré lorsque le capteur est alimenté sous continu).

La résistance entre les deux électrodes varie en fonction de l'humidité du sol, ce qui se traduit par une variation de l'amplitude et de la différence de potentiels alternatives en sortie du capteur.

En cas d'humidité importante, l'amplitude de cette différence de potentiels est égale à celle fournie en sortie du transformateur.

Lorsque la terre s'assèche, la résistance de la terre augmente et l'amplitude de la différence de potentiels à la sortie du capteur d'humidité diminue. La valeur minimum de l'amplitude dépend alors de la qualité de la terre.

### II.5.1.3 Les différents types de capteurs d'humidité

Il existe plusieurs types de capteurs d'humidité. Parmi ces capteurs, on peut trouver :

➤ **Capteur d'humidité résistif** : appelé aussi humidistance, ce capteur permet d'évaluer l'humidité dans l'air au travers d'un simple dipôle se comportant et se connectant comme une résistance.



Figure II.2 : Capteur d'humidité résistif. [5].

➤ **Capteur d'humidité capacitif** : ce capteur offre une grande précision, une excellente stabilité à long terme et une hystérésis négligeable. Il est insensible à la contamination par les particules en suspension, n'est pas endommagé de manière permanente par les liquides et est résistant à la plupart des produits chimiques.



Figure II.3 : Capteur d'humidité capacitif. [5].

➤ **Capteur d'hygrométrie** : appelé aussi humidistance, ce type de composant permet une mesure d'humidité relative. La plage de mesure possible est généralement de 20% à 80%, mais certains capteurs qui ont l'inconvénient d'être plus chers, sont toutefois capables de travailler sur une plage de mesure de 10 % à 90 %, la précision est de l'ordre de quelques pourcent. Ce capteur peut à son tour être de différents types par exemple

- **Hygrométrie à variation de résistance**: il est sur un support de faible dimension, on dépose une quantité de substance hygroscopique suivant un motif constituant une résistance.

- **Hygrométrie à variation de capacité**: le principe est basé sur la variation de la capacité d'un condensateur par l'intermédiaire de sa constante diélectrique.

Le principal intérêt des hygromètres, qu'il soit résistifs ou capacitifs, réside dans le fait que leur mise en œuvre peut se faire à partir d'une électronique simple. Mais ils possèdent cependant quelque inconvénient :

- ✓ si on veut avoir une bonne précision, il est nécessaire d'étalonner individuellement chaque capacité,
- ✓ les utilisations en milieu pollué provoquent rapidement un encrassement du capteur,
- ✓ enfin, il est relativement facile de passer d'un taux d'humidité faible à un taux élevé, l'inverse n'est pas toujours vrai. Le capteur doit en effet évacuer l'excédent d'humidité qu'il a emmagasiné et le temps peut varier de quelques minutes à quelques heures.



Figure II.4 : Capteur d'humidité hygrométrique. [5].

- **Mesure du point rosée** : la première technique utilise le principe suivant : le mélange dont on désire mesurer le pourcentage en eau circule dans le voisinage d'un miroir qu'il est possible de refroidir à volonté. Lorsque l'abaissement de température est suffisant pour faire apparaître un condensat sur le miroir, on mesure la température de celui-ci une fois stabilisée. La température mesurée est alors la température de rosée.

Une deuxième technique, plus actuelle, utilise des capteurs capacitifs à oxyde d'aluminium dont le diélectrique est constitué par une mince couche poreuse d'oxyde ( $Al_2O_3$ ) sur laquelle est déposée une fine pellicule d'or, poreuse également, qui constitue une des électrodes, l'autre est en aluminium. L'utilisation est délicate et la mise en œuvre relativement complexe,

cependant il reste intéressant car il reste utilisable même en cas de teneur en vapeur d'eau très faible.

- **Hygromètre électrolytique** : l'élément actif est un tube renfermant deux électrodes placées de part et d'autre d'un constituant chimique, principalement d'anhydride phosphorique ( $P_2O_5$ ) est d'un support neutre. On fait circuler l'air humide dans le tube durant un laps de temps déterminé, l'anhydride retient l'eau, se transforme en acide phosphorique. Si on fait circuler un courant électrique continu ensuite, il y a électrolyse et régénération de  $P_2O_5$ , la quantité d'électricité qui circule est liée d'après la loi de Faraday à la quantité d'eau électrolysée.

On mesure donc une certaine masse d'eau pour un certain volume de mélange qui a circulé primitivement dans le tube. Il s'agit plus d'un analyseur que d'un capteur proprement dit.

- **Hygromètre mécanique** : certains corps organique (cheveu, fibre, végétale) voit leurs dimensions se modifier (phénomène d'absorption pénétration d'un gaz ou d'un liquide dans un solide ou un autre liquide) ou leurs volumes être tributaire.

- **Psychromètre** : il s'agit de mesurer un écart de température dû à un échange thermique entre le mélange gazeux et un dispositif simple récepteur d'énergie (manchon humide soumis au courant gazeux étudié). Deux thermomètre à proximité l'un de l'autre sont soumis à deux conditions différentes, l'un est directement dans le courant gazeux sans conditions particulière, l'autre est placé dans un manchon muni d'une mèche ou d'un gaz humidifié.

## II.5.2 Le capteur de pression

### II.5.2.1 La définition de la pression

La pression est définie comme le quotient d'une force par une surface. La pression s'exerce perpendiculairement à la surface considérée. Il existe différents types de pressions qui sont illustrés comme suit :

- ✓ **La pression absolue**: c'est la pression réelle, dont on tient compte dans les calculs sur les gaz, et elle est égale la pression relative plus la pression atmosphérique.
- ✓ **La pression atmosphérique** ou **pression barométrique** : la pression atmosphérique moyenne au niveau de la mer, à 15 °C, est d'environ 1013 mbar. Elle peut varier, de  $\pm$  25 mbar, avec la pluie ou le beau temps. Elle est fonction de l'altitude (hydrostatique).
- ✓ **La pression relative**: c'est la différence de pression par rapport à la pression atmosphérique.

- ✓ **Pression différentielle** : c'est une différence entre deux pressions, dont l'une sert de référence. Une pression différentielle peut prendre une valeur négative.
- ✓ **Le vide**: il correspond théoriquement à une pression absolue nulle. Il ne peut être atteint, ni dépassé. Quand on s'en approche, on parle alors de vide poussé.
- ✓ **Pression de service** ou **pression dans la conduite** : c'est la force par unité de surface exercée sur une surface par un fluide s'écoulant parallèlement à la paroi d'une conduite.

### II.5.2.2 La description des capteurs de pression

Dans les capteurs de pression, on mesure la force qui s'exerce sur la surface constante et connue  $S$  d'un corps d'épreuve.

### II.5.2.3 Les différents types de capteurs de pression

Pour sélectionner le bon capteur de pression, il convient de tenir compte, outre de la plage de pression, du type de pression à mesurer. Les capteurs de pression mesurent une pression d'utilisation par rapport à une pression de référence et sont classés, selon leur type, en capteurs de pression absolue, relative ou différentielle. Ces différents types de mesure seront expliqués ci-dessous.

➤ **Capteur de pression absolue** : les capteurs de pression absolue sont principalement utilisés dans le but de mesurer la pression de l'air en météorologie, dans les baromètres et les altimètres. Pour ce faire, ils proposent des plages de pressions barométriques spécifiques, telles que 600 à 1100 mbars ou 800 à 1100 mbars, mais aussi dans les machines d'emballage, pour s'assurer d'une fermeture hermétique préservant les denrées alimentaires, les capteurs de pression absolue garantissent l'utilisation d'un niveau de vide suffisant, indépendamment de la pression atmosphérique ambiante à un moment donné.

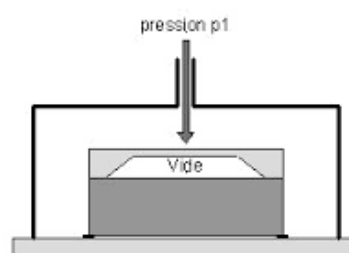


Figure II.5 : Principe de fonctionnement d'un capteur de pression absolue. [5].

➤ **Capteur de pression relative** : les capteurs de pression relative mesurent la pression par rapport à la pression atmosphérique ambiante. Sur ce type de capteurs, les fluctuations de pression dues à des changements de météo ou d'altitude ont un impact direct sur la valeur mesurée. Si la pression qui s'exerce sur le capteur de pression relative est supérieure à la pression ambiante, on parle de pression relative positive, et la valeur mesurée est précédée d'un signe « + ». Dans le cas contraire, on parle de dépression ou de pression relative de vide, et la valeur est précédée d'un signe « - ». Par « vide », on entend généralement un espace caractérisé par l'absence totale d'air. Les capteurs de pression relative ne comportent qu'un seul raccord de pression. La pression ambiante s'y exerce par une fente ou par un tube de mise à l'air libre situé à l'arrière de la membrane du capteur et cette mesure relative est ainsi compensée.

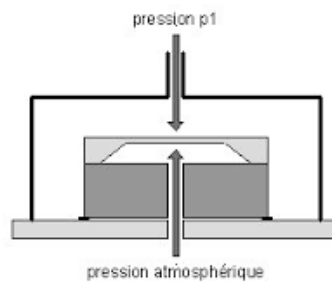


Figure II.6 : Principe de fonctionnement d'un capteur de pression relative piézorésistif. [5].

➤ **Capteur de pression différentielle** : La pression différentielle correspond à la différence qui existe entre deux pressions  $p_1$  et  $p_2$ . Les capteurs de pression différentielle possèdent deux raccords, sous la forme d'un tuyau ou d'un filetage. Les capteurs de pression différentielle sont utilisés notamment en médecine en vue de déterminer les échanges respiratoires ou gazeux, ou en génie climatique dans le but de contrôler les flux d'air.

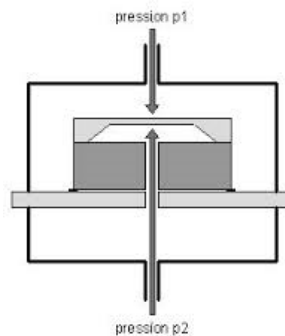


Figure II.7 : Principe de fonctionnement d'un capteur de pression différentielle. [5].

### II.5.3 Le capteur de température

#### II.5.3.1 La définition de la température

Qualitativement, la température d'un objet détermine la sensation de chaud ou de froid ressentie en le touchant. Plus spécifiquement, la température est une mesure de l'énergie cinétique moyenne des particules d'un échantillon de matière, exprimée en unités de degrés sur une échelle standard.

#### II.5.3.2 La description des capteurs de température

Les capteurs sont constitués d'un élément sensible, isolé électriquement et protégé par une gaine. Ils permettent de mesurer une température dans un but :

- de contrôle (simple visualisation),
- de la régulation de la puissance de systèmes chauffants ou de sécurité.

Il est nécessaire de tenir compte des paramètres suivants pour le choix d'un capteur :

- de la sensibilité du capteur suivant l'utilisation souhaitée, la précision de la mesure,
- du milieu d'utilisation, par exemple en cas de chocs thermiques ou mécaniques,
- de l'inertie thermique du capteur,
- du système de régulation.

#### II.5.3.3 Les différents types de capteurs de température

Les capteurs de températures se déclinent en différents modèles :

➤ **Thermocouples** : ce sont les capteurs les plus souvent utilisés pour la mesure de températures, car ils sont relativement peu onéreux, tout en étant précis, et peuvent fonctionner sur une large gamme de températures. Ils présentent un taux de réponse rapide de l'ordre de la milliseconde et fonctionnent comme suit :

Un conducteur génère une tension lorsqu'il est soumis à une variation de température, cette tension thermoélectrique est appelée tension Seebeck. La mesure de cette tension nécessite l'utilisation d'un second matériau conducteur générant une tension différente pour une même variation de température (sinon la tension générée par le deuxième conducteur qui effectue la mesure annule tout simplement celle du premier conducteur).

En s'appuyant sur le principe de Seebeck, il est clair que les thermocouples ne peuvent mesurer que des différences de température entre le point de référence (soudure froide) et le point de mesure (soudure chaude). Ceci nécessite que la température de référence soit connue.



Figure II.8 : Capteur de température thermocouple. [5].

➤ **Les sondes RTD** : populaires pour leurs stabilités, les RTD présentent le signal le plus linéaire de tous les capteurs électroniques en matière de température. Toutefois, elles sont généralement plus chères que leurs équivalents à cause de leur construction plus délicate et le recours au platine. Les RTD se caractérisent aussi par un temps de réponse lent et par une faible sensibilité. En outre, parce qu'elles nécessitent une excitation en courant, elles sont sujet à une élévation de température et peuvent mesurer des températures pouvant atteindre 850°C.

Les RTD fonctionnent sur le principe des variations de résistance électrique des métaux purs et se caractérisent par une modification positive linéaire de la résistance en fonction de la température.



Figure II.9 : Capteur de température sonde RTD. [5].

➤ **Thermistance** : en règle générale, les thermistances ont une sensibilité de mesure très élevée ( $\sim 200 \Omega/^\circ\text{C}$ ), ce qui les rend très sensibles aux variations de températures. Bien qu'elles présentent un taux de réponse de l'ordre de la seconde, les thermistances ne peuvent

être utilisées que dans une gamme de températures ne dépassant pas 300 °C. Cette caractéristique, associée à leur résistance nominale élevée, contribue à garantir des mesures précises dans les applications à basse température. Les thermistances, comme les capteurs de température à résistance (RTD), sont des conducteurs thermosensibles dont la résistance varie avec la température. Les thermistances sont constituées d'un matériau semi-conducteur d'oxyde métallique encapsulé dans une petite bille d'époxy ou de verre. En outre, les thermistances présentent généralement des valeurs de résistance nominale plus élevées que les RTD (de 2 000 à 10 000  $\Omega$ ) et peuvent être utilisées pour de plus faibles courants.



**Figure II.10 : Capteur de température thermistance. [5].**

## **II.5.4 Le capteur de luminosité**

### **II.5.4.1 La définition de la luminosité**

La luminosité représente la quantité totale d'énergie rayonnée (dans le domaine électromagnétique) par unité de temps par un astre . Elle représente donc la brillance réelle de l'astre, et non son éclat apparent qui lui dépend de la distance. Elle a les dimensions d'une puissance et s'exprime dans le système international d'unités en watts. Cependant, la tradition veut que souvent en astronomie on l'exprime dans le système cgs, c'est-à-dire en erg par seconde.

### **II.5.4.2 La description des capteurs de luminosité**

Un capteur de luminosité est composé d'un panneau solaire et en fonction de la quantité de lumière que reçoit ce dernier, il produira plus ou moins d'énergie. Le soleil envoie des ondes électromagnétiques (lumière) vers la Terre. La lumière est constituée d'un nombre extrêmement grand de photons contenant un peu d'énergie. Lorsqu'un panneau photovoltaïque reçoit de l'énergie, il est capable de libérer des électrons. Comme le courant correspond à un déplacement d'électrons, une tension naît donc aux bornes du panneau solaire. Ainsi en fonction de l'intensité lumineuse extérieure, la cellule photovoltaïque créera un courant plus ou moins fort.

Ils existent différents types de capteurs de luminosités qui sont utilisés pour différentes applications, la figure suivante est un exemple de capteur de lumière pour un téléphone.



**Figure II.11 : Capteur de lumière. [7].**

## **II.5.5 Le capteur de gaz**

### **II.5.5.1 La définition d'un gaz**

Un gaz est un ensemble d'atomes ou de molécules très faiblement liés et quasi indépendants. Dans l'état gazeux, la matière n'a pas de forme propre ni de volume propre : un gaz tend à occuper tout le volume disponible. Cette phase constitue l'un des trois états dans lequel peut se trouver un corps pur, les autres étant les phases solide et liquide. Le passage de l'état liquide à l'état gazeux est appelé vaporisation. On qualifie alors le corps de *vapeur* (par exemple la vapeur d'eau). Il existe différents types de gaz par exemple :

- ✓ Le monoxyde de carbone (Co) : c'est un gaz inodore, incolore et inflammable, le monoxyde de carbone se forme lors de la combustion incomplète de matière organique (gaz, charbon, fioul ou bois, carburants).
- ✓ Le dioxyde de carbone (Co<sub>2</sub>) : c'est un gaz incolore, inerte et non toxique, est le principal gaz à effet de serre à l'état naturel, avec la vapeur d'eau. Sa durée de vie dans l'atmosphère est d'environ 100 ans. Il est produit lorsque des composés carbonés sont brûlés et en présence d'oxygène.

### **II.5.5.2 La description des capteurs de gaz**

Un capteur de gaz peut être décrit comme un système capable de réagir et de nous avertir de la présence d'un gaz, grâce à la modification d'une ou plusieurs de ses propriétés aisément mesurables telles que la conductivité en surface, l'absorption spectroscopique, etc. Par exemple, une réaction chimique entre un gaz et un composant du détecteur peut être suivie et quantifiée par des méthodes d'analyses spectroscopique ou chromatographique. Ainsi le

capteur apparaît comme un des maillons composant le système de mesure au complet. Dans un premier temps, le matériau hôte du capteur va recevoir et réagir avec le gaz. L'information résultante de l'interaction entre les deux sera ensuite détectée et analysée. La réception et l'analyse des informations seront finalement effectuées au moyen d'un appareil de mesure spécifique qui dépend du type de réactions mises en jeu.

En effet, plusieurs techniques permettent de mettre en évidence les réactions liées à la détection d'espèces gazeuses, telles que des mesures électriques, des techniques spectroscopique ou chromatographique. Les techniques basées sur la spectroscopie et la chromatographie permettent de mettre en évidence la formation ou la disparition d'espèces gazeuses, tandis que celles basées sur la mesure électrique n'en sont pas capables.

### **II.5.5.3 Les différents types de capteurs de gaz**

#### **➤ Capteur à base d'oxydes métalliques**

Pour répondre à un besoin croissant et exigeant, les détecteurs doivent être performants. Cela signifie que le capteur doit être sensible à une faible (voir très faible) quantité de gaz ; il doit être sélectif vis-à-vis d'un gaz ; le processus doit être réversible et son temps de réponse doit être le plus court possible, le dispositif doit être facilement miniaturisé avec à terme et comme objectif une production industrielle. (A ce jour, aucun matériau ne remplit simultanément tous ces critères et seuls les capteurs à base d'oxydes métalliques incluant les semi-conducteurs (a modifié)). Un des éléments essentiels constituant ces capteurs est la couche sensible semi-conductrice dont la conductivité dépend de l'environnement avec lequel elle interagit.

#### **➤ Capteurs de CO<sub>2</sub> à infrarouge**

La mesure du dioxyde de carbone est exigée dans plusieurs applications, depuis le contrôle automatique des bâtiments et les serres jusqu'aux sciences de la vie et la sécurité.

Le dioxyde de carbone et d'autres gaz composés d'au moins deux atomes différents absorbent le rayonnement infrarouge (RI) de manière spécifique et unique. Ces gaz sont détectables à l'aide de techniques par RI. La vapeur d'eau, le méthane, le dioxyde de carbone et le monoxyde de carbone sont des exemples de gaz mesurables par un capteur à RI.

La détection par RI est la technologie la plus utilisée pour la détection du CO.

Les capteurs à RI présentent plusieurs avantages en comparaison des capteurs électrochimiques. Ils sont stables et hautement sélectifs par rapport au gaz mesuré. Ils sont plus durables et, puisque le gaz mesuré n'interagit pas directement avec le capteur, les

capteurs à RI peuvent supporter des niveaux élevés d'humidité, de poussière, d'encrassement et d'autres conditions exigeantes.

## **II.5.6 Le capteur qualité de l'air**

### **II.5.6.1 La définition de la qualité de l'air**

La qualité de l'air décrit le niveau des polluants atmosphériques dans une certaine région. Ces polluants peuvent être dangereux pour la santé humaine lorsque la population est sensible à des concentrations élevées de polluants ou est exposée à ces derniers pendant de longues périodes. Pour réduire les risques, la population doit savoir quand les polluants sont présents et quelle est leur concentration.

#### **II.5.6.1 La prévision de la qualité de l'air par rapport au CO2**

L'industrie du contrôle de l'atmosphère considère la qualité de l'air comme une mesure de la température, des niveaux d'humidité et du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>). Cependant, la plupart des consommateurs évaluent la qualité de l'air par la quantité de composés organiques volatiles (COV), tels que la fumée, les odeurs de cuisson, les effluences bio et les polluants extérieurs. Alors que la température et l'humidité sont faciles à mesurer, les capteurs mesurant le CO<sub>2</sub> (absorption IR) peuvent être très chers et les COV difficiles à détecter - jusqu'à maintenant.

## **Conclusion**

Les capteurs jouent des rôles de plus en plus importants car ce sont eux qui permettent de mesurer les effets des phénomènes qui agissent sur l'environnement de l'homme avec l'évolution de la technologie, l'électronique en particulier leur importance s'accroît car ils permettent d'assurer la liaison homme – machine – environnement.

Le chapitre suivant consiste en la conception matérielles et logiciels de notre système d'acquisition de données.

*Chapitre III*  
*Conception matérielle et*  
*logicielle*

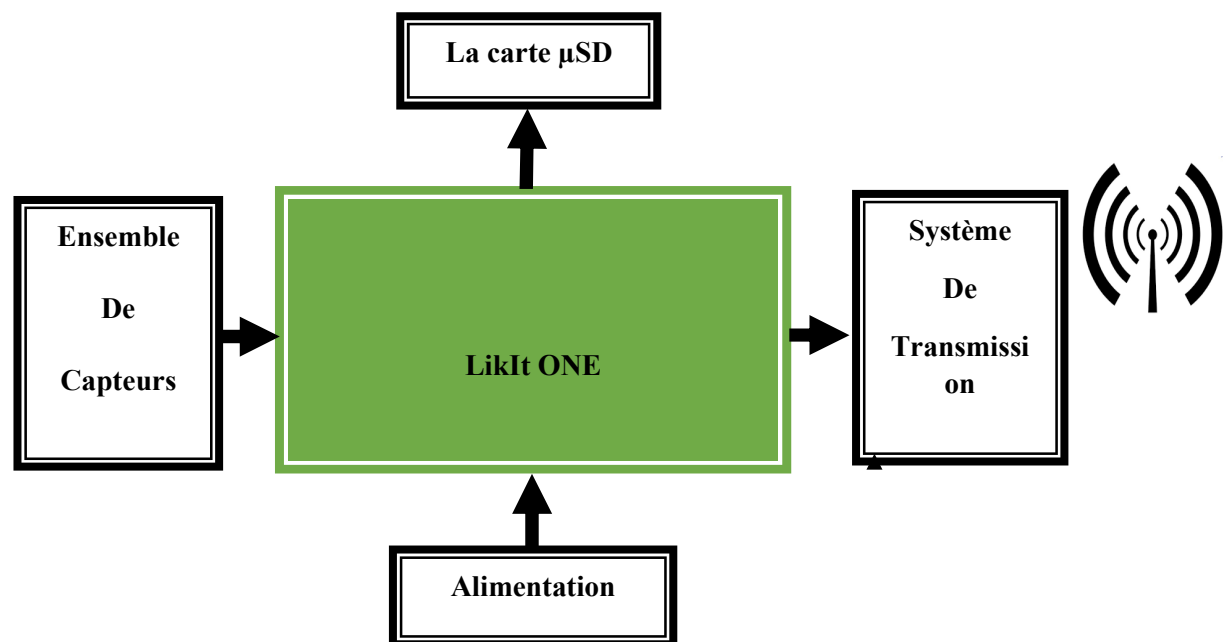
## Introduction

L'acquisition de données est un processus de mesure d'un phénomène électrique ou physique telles que la tension, le courant, la température, la pression...c'est un concept qui a pris de l'ampleur dans le monde grâce à son utilisation courante dans tous les domaines, et en particulier dans la Smart City.

Dans le présent chapitre, nous présentons la conception et la réalisation de notre système d'acquisition de données qui permettra de récupérer les données et ensuite les diffusé via la transmission wifi.

### III.1 La conception matérielle

#### Le schéma synoptique du système



FigureIII.1: schéma synoptique du système.

### III.1.1 La présentation de la carte LinkIt one

#### III.1.1.1 La définition de la carte linkit One

Linkit One est une carte électronique programmable open source, compatible au format de la carte Arduino Uno, au niveau des dimensions qu'au niveau des connecteurs et signaux. Elle possède un brochage similaire permettant de raccorder un grand nombre de : capteurs, périphériques et shield Arduino.

La carte dispose d'un processeur Aster plus fréquemment dénommé MT2502A, basé sur une plate-forme ARM7 à 260MHz avec 4MB de RAM et couplé à 16MB de stockage Flash partagé pour recevoir les programmes et le firmware. Elle dispose également d'un MT5931 pour gérer le Wifi (et aussi cette puce qui gère le Bluetooth) et d'un MT3332 pour le GSM / GPRS et GPS. Enfin, la carte SD est pilotée directement par le SPI. La programmation de la carte se fait à travers l'IDE Arduino.

Ce qui diffère Linkit One d'Arduino c'est les fonctionnalités intégrées qu'on ne retrouve pas ailleurs :

- ❖ Wifi 80.11b /n avec une antenne combinée pour le Bluetooth
- ❖ Bluetooth 4.0 avec une antenne combinée pour le Wifi
- ❖ GPS classe 12 avec antenne
- ❖ Carte SD jusqu'à 32Go en classe
- ❖ GSM/GPRS 850/1800/1900 MHz avec une antenne
- ❖ Jack audio 3 broches pour support micro
- ❖ Batterie 3,7V +.

Seedstudio produit les cartes, et MediaTek réalise les schémas et fournit les logiciels adéquats (MediaTek est une société de semi-conducteurs fournissant des systèmes sur puce pour les communications sans fils et la connectivité).



Figure III.2 : La carte Linkt one. [14].

### III.1.1.2 Les caractéristiques de la carte LinkIt One

Il y a de nombreuses cartes électroniques qui possèdent des plateformes basées sur des processeurs 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. De la même façon, le système de Linkit One simplifie la façon de travailler en offrant aux intéressés plusieurs caractéristiques on cite dans le tableau suivant quelques-unes :

Caractéristiques	Linkit One
Chipset	MT2502 (Aster, ARM7 Ej-S)
Vitesse d'horloge	260MHz
Dimensions	3.3x2.1 pouces
Flash	16MB
RAM	4MB
Courant DC par pins E/S	1mA
Pins analogiques	3
Sortie numériques	3.3V
Entrée analogique	5V
UART	Logiciel de base également connu sous le modem USB port et de série du matériel
Carte SD	Jusqu'à 32 Go
Positionnement	GPS (MT3332)
GSM	850/900/1800/1900 MHz
GPRS	Classe 12
WIFI	MT 5931 802.11 b / g / n
Bluetooth	BR / EDR / BLE
GPS	MT5931

**Tableau III.1 : les caractéristiques de la carte Linkit One. [11].**

La figure suivante regroupe les différentes caractéristiques présentées juste avant.

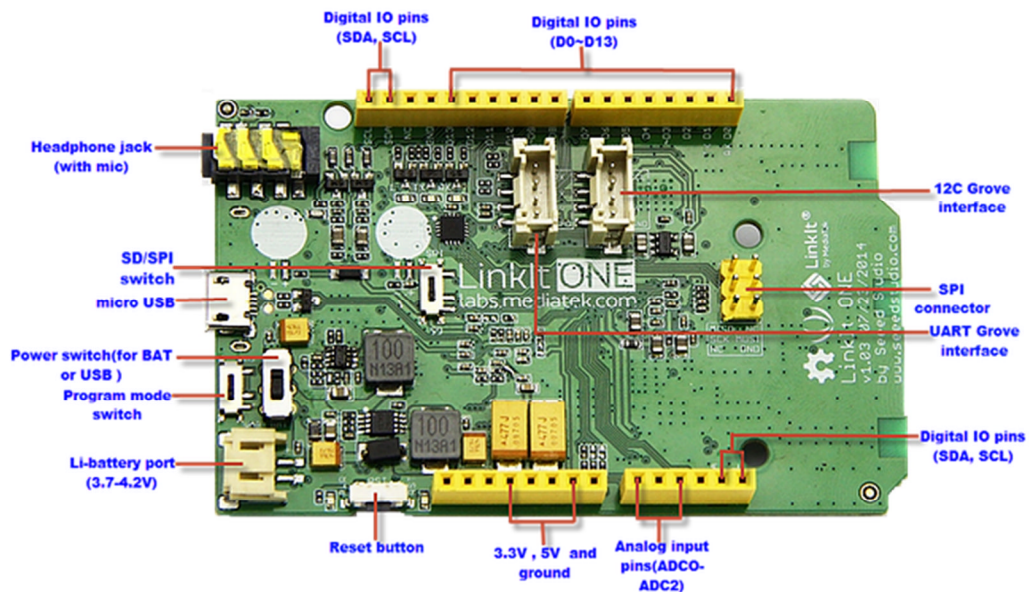


Figure III.3 : Les différents connecteurs de la carte linkit One. [14].

### III.1.1.3 L'architecture de la carte Linkit One

La plateforme de la carte Linkit One est construite de trois blocs, et de composants complémentaires qui facilitent la programmation et l'interfaçage avec d'autres circuits.

La figure suivante illustre l'architecture interne de la carte Linkit One.

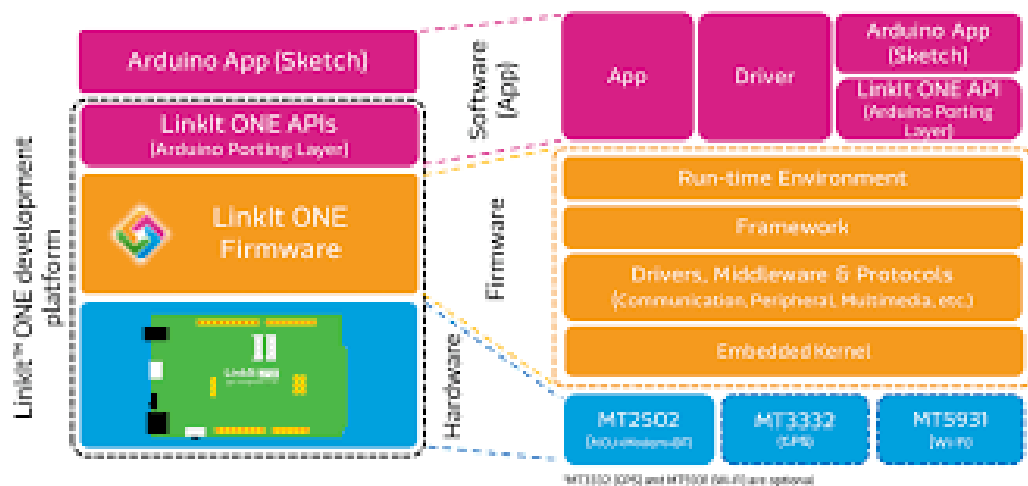


Figure III.4 : Architecture interne de la carte Linkit One. [14].

### III.1.1.4 Les commutateurs de configuration

La Linkit One a trois commutateurs de configuration utilisés pour configurer le mode d'utilisation des fonctions de la carte. La figure suivante montre l'emplacement de chacun de ces commutateurs.

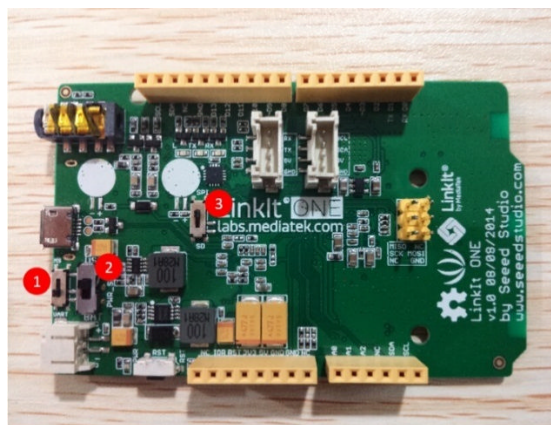


Figure III.5 : Les commutateurs de configuration. [14].

On peut résumer les fonctionnalités des commutateurs dans le tableau suivant :

N° de commutateur	Fonctionnalité	Position 1- Fonctionnalité	Position 2- Fonctionnalité
1	Mode de programme	<b>MS</b> : dans cette position, lorsque la carte est connectée au pc, Linkit One sera affiché comme lecteur USB. Le programme ne sera pas exécuté dans ce mode.	<b>UART</b> : cette position est utilisée pour définir la carte en mode programme. Ce firmware peut être téléchargé dans ce mode.
2	Puissance	<b>BAT</b> : lorsque la carte est alimentée par une batterie, on doit régler le commutateur sur cette position et	<b>USB</b> : lorsqu'on alimente la carte par l'USB on doit régler le commutateur à la position USB quand il n'y a aucune

		connecter la carte au pc.	batterie connectée pour programmer la carte.
3	SD / SPI	<b>SPI</b> : cette position permet l'accès des broches externes de SPI (D10-D13)	<b>SD</b> : cette position permet d'accéder à la carte SD. Ce mode désactive également l'accès des broches SPI (D10-D13).

**Tableau III.2 : les fonctionnalités des commutateurs de configuration. [11].**

### III.1.1.2 Le logiciel de programmation Arduino IDE

Integrated Development Environment (IDE) ou bien environnement de développement intégré est un logiciel réunissant tous les outils nécessaires à la création d'applications, aussi complexes qu'elles soient.

### III.1.2 L'utilisation du Wifi

La technologie sans fil s'est largement répandue ces derniers temps et nous pouvons nous connecter de presque n'importe où... à la maison, au travail, dans les bibliothèques, les écoles, les aéroports, les hôtels...

Le réseau sans fil connu sous le nom Wi-Fi (Wireless Fidelity) ou bien norme de réseau 802.11 car il couvre les technologies IEEE 802.11. Le principal avantage de cette connexion c'est sa compatibilité avec presque tous les systèmes d'exploitation, dispositifs de jeu et imprimantes avancées.

#### III.1.2.1 Le fonctionnement du Wifi

Comme un téléphone mobile, un réseau Wi-Fi utilise des ondes radio pour transmettre des informations à travers un réseau. L'ordinateur doit posséder un adaptateur réseau sans fil qui traduira les données envoyées en un signal radio, ce même signal est transmis par l'intermédiaire d'une antenne à un décodeur le routeur. Une fois décodées, les données seront envoyées à Internet via une connexion Ethernet filaire. Le réseau sans fil fonctionne comme un trafic bidirectionnel. Les données reçues d'Internet devront également passer par le routeur pour être codées dans un signal radio, qui sera reçu par l'adaptateur sans fil de l'ordinateur.

**III.1.2.2 Les fréquences utilisées**

Un réseau sans fil transmet à des fréquences d'un niveau de 2,4 GHz ou 5 GHz en vue de pouvoir s'adapter à la quantité de données envoyée par l'utilisateur. Les normes de réseau 802.11 varient peu, en fonction principalement des besoins de l'utilisateur, comme expliqué ci-dessous:

- La 802.11a transmet les données à un niveau de fréquence de 5 GHz. L'OFDM (Orthogonal frequency-division multiplexing) utilisé améliore la réception en divisant, les signaux radio en signaux plus petits, avant d'atteindre le routeur. Vous pouvez transmettre un maximum de 54 mégabits de données par seconde.
- La 802.11b transmet les données à un niveau de fréquence de 2,4 GHz, qui est une vitesse relativement lente. Vous pouvez transmettre un maximum de 11 mégabits de données par seconde.
- La 802.11g transmet des données à 2,4 GHz, mais peut transmettre un maximum de 54 mégabits de données par seconde car elle utilise aussi un codage OFDM.
- La 802.11n, plus avancée, peut transmettre un maximum de 140 mégabits de données par seconde et utilise un niveau de fréquence de 5 GHz.

**III.1.2.3 Comment établir une connexion Wifi**

- Pour débiter la connexion avec un routeur sans fil, il faut s'assurer qu'il est bien branché sur un point de connexion Internet.
- Le modem doit être allumé avant de brancher l'ordinateur sur le routeur via un câble Ethernet.
- Le routeur sans fil doit être allumé jusqu'à ce qu'il soit complètement prêt puis ouvrir le navigateur Internet.
- Pour les utilisateurs de Belkin, il faut entrer `http://192.168.0.1`.
- Pour les utilisateurs de Linksys, il faut entrer `http://192.168.1.1`
- Si les systèmes précédents ne sont pas utilisés, il faut entrer `http://192.168.2.1`  
Ensuite, saisir le nom d'utilisateur et mot de passe pour le routeur.
- Définir le SSID (capacité sans fil) actif.
- Tapez le nom d'utilisateur et mot de passe fourni par le FAI puis sélectionner WEP ou WPA. Ensuite, choisir un nouveau mot de passe.

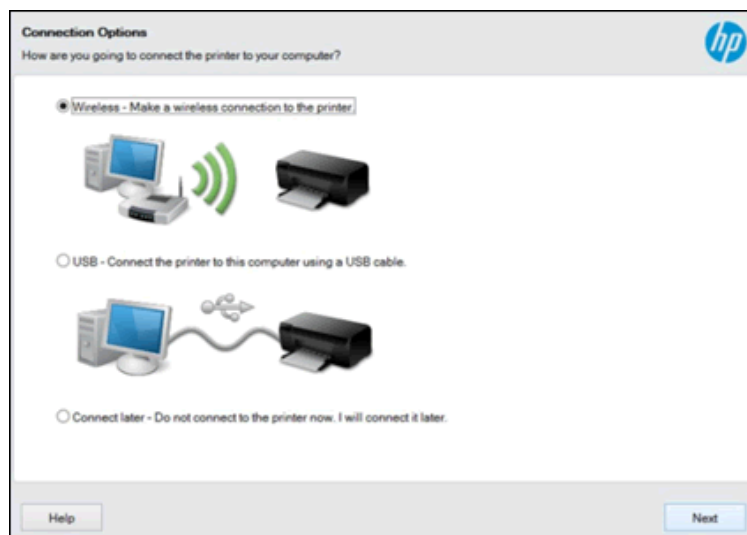


Figure III.6: exemple d'une connexion Wi-Fi entre un pc et une imprimante. [4].

### III.1.3 La description de la carte micro-SD

Le format micro-SD ou Micro Secure Digital Card est une des nombreuses interfaces utilisée dans le monde des cartes mémoire, et c'est aussi une des plus petites. Il s'agit d'une unité de stockage qui utilise de la mémoire flash et qui est dérivé du format Secure Digital. Le format micro-SD est le plus petit des dérivés des cartes SD. Les cartes micro-SD sont utilisées dans les téléphones mobiles, les assistants personnels, les smartphones, les tablettes Android...on trouve aussi des emplacements pour les cartes micro-SD dans certains baladeurs numériques et récepteurs GPS. Les emplacements pour ces carte sont rarement présents dans les lecteurs de cartes mémoire, mais de nombreuses cartes sont fournies avec un adaptateur vers le format SD, il existe aussi des adaptateurs vers l'USB.

Pour ce qui concerne la LinkIt One la carte micro-SD qui lui convient est de capacité de 32Go.



Figure III.7: La carte  $\mu$ SD. [17].

### **III.1.4 L'ensemble de capteur**

Pour la réalisation de mon système un ensemble de capteur bien précis a été choisi, ils sont illustrer comme suit :

#### **III.1.4.1 Le capteur de température et d'humidité dht11**

##### **III.1.4.1.1 La description du capteur**

C'est un circuit qui comprend un capteur DHT11 qui fournit une information numérique proportionnelle à la température et l'humidité mesurée par le capteur. La technologie utilisé par le capteur DHT11 garantie une grande fiabilité, une excellente stabilité à long terme et un temps de réponse très rapide.

Chaque élément DHT11 est calibré avec précision en laboratoire. Le coefficient d'étalonnage est mémorisé dans la mémoire OTP interne.

L'interface unifilaire série permet l'intégration de ce capteur dans le système numérique d'une manière rapide et simple.

L'interface physique du capteur est réalisée grâce à un connecteur au pas de 0,1 à 3 broches +5V, GND et DATA. Les deux premiers pins sont l'alimentation et la masse et ils sont utilisés pour alimenter le capteur, le troisième est le signal de sortie du capteur numérique.

Sa petite taille (0,05x0,7) et son poids très léger (seulement 2,7g) font de cette carte un choix idéal pour la mise en œuvre de petits robots et des systèmes de surveillance du milieu ambiant.

Le circuit comprend : un circuit PCB avec le DHT11 soudé et deux connecteurs 3 points.

##### **III.1.4.1.2 Les caractéristiques**

- Alimentation 5V
- Consommation 0,5 mA en nominal / 2,5 mA maximum
- Etendue de mesure température 0°C à 50°C ± 2°C
- Etendu de mesure humidité 20-90% RH ± 5% RH

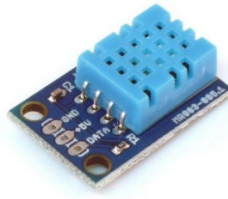


Figure III.8 : capteur dht11. [8].

### III.1.4.2 Le capteur de la qualité de l'air (mq135)

#### III.1.4.2.1 La description du capteur

Ce capteur utilise le dioxyde d'étain ( $\text{SnO}_2$ ) qui bénéficie d'une conductivité inférieure en présence d'air "pur". La conductivité augmentera en fonction de la pollution de l'air. La conversion d'un signal de sortie correspondant à la concentration du gaz. Il est sensible aux gaz de type ammoniac, Oxyde d'azote, Benzène, fumée,  $\text{CO}_2$  et autres gaz nocifs.

#### III.1.4.2.2 Les caractéristiques

- Un indicateur de sortie du signal.
- Signal double (sortie analogique et une sortie de niveau TTL).
- signal valide de sortie TTL est faible (lumière de signal de sortie faible, qui peut être consulté par un microcontrôleur orifice I/O).
- Une sorties analogiques qui augmente avec la concentration, plus la concentration est élevée plus la tension augmente.
- Une sensibilité élevée pour le sulfure, la vapeur de benzène de la fumée et d'autres gaz nocifs.
- Une longue durée de vie et stabilité fiable.
- Réponse rapide et des caractéristiques de récupération.
- Des trous de montage pour faciliter l'installation fixe.
- La sonde peut être branchée à la conception pour faciliter le test.



Figure III.9 : capteur qualité de l'air (mq135). [9].

### **III.1.5 L'alimentation**

La linkIt One est amener d'une pile Li-ion 1000mAh, c'est la plus grande capacité qu'elle peut supporter.

En plus de la pile, l'ensemble de capteurs fonctionnent sous une tension qui varie entre 3,3V jusqu'à 5V.

## **III.2 La conception logicielle**

### **III.2.1.1 La description du logiciel IDE**

L'IDE est une abréviation de **Integrated Development Environment**. Son objectif est d'augmenter la productivité des programmes en automatisant une partie des activités et en simplifiant les opérations. Les environnements de développement visent également à améliorer la qualité de la documentation en rapport avec le logiciel en construction. Certains environnements de développement offrent également la possibilité de créer des prototypes, de planifier les travaux et de gérer les projets.

### **III.2.1.2 Le fonctionnement du logiciel IDE**

Un environnement de développement intégré est un ensemble d'outils destinés à programmer dans un langage donné, qui sont distribués ensemble. Il permet de manipuler les outils de programmation depuis une interface graphique simplifiée, les IDE sont souvent dédiés à un langage donné.

Un IDE comporte typiquement une interface graphique pour lancer les différents outils, un éditeur pour le code source, un compilateur, un débogueur, et souvent un outil permettant de construire les interfaces graphiques des logiciels. L'éditeur offre les fonctionnalités ordinaires d'un éditeur de texte, le compilateur permet au programmeur de vérifier les erreurs de syntaxe du code source, et le débogueur permet de vérifier les erreurs de code.

### **III.2.1.3 L'IDE de la carte Linkit One**

La carte Linkit One fonctionne avec le logiciel Arduino IDE version 1.5.7, il comporte la bibliothèque nécessaire pour la réalisation de notre système.

La figure suivante représente l'emplacement de la carte Linkit One dans le logiciel IDE.

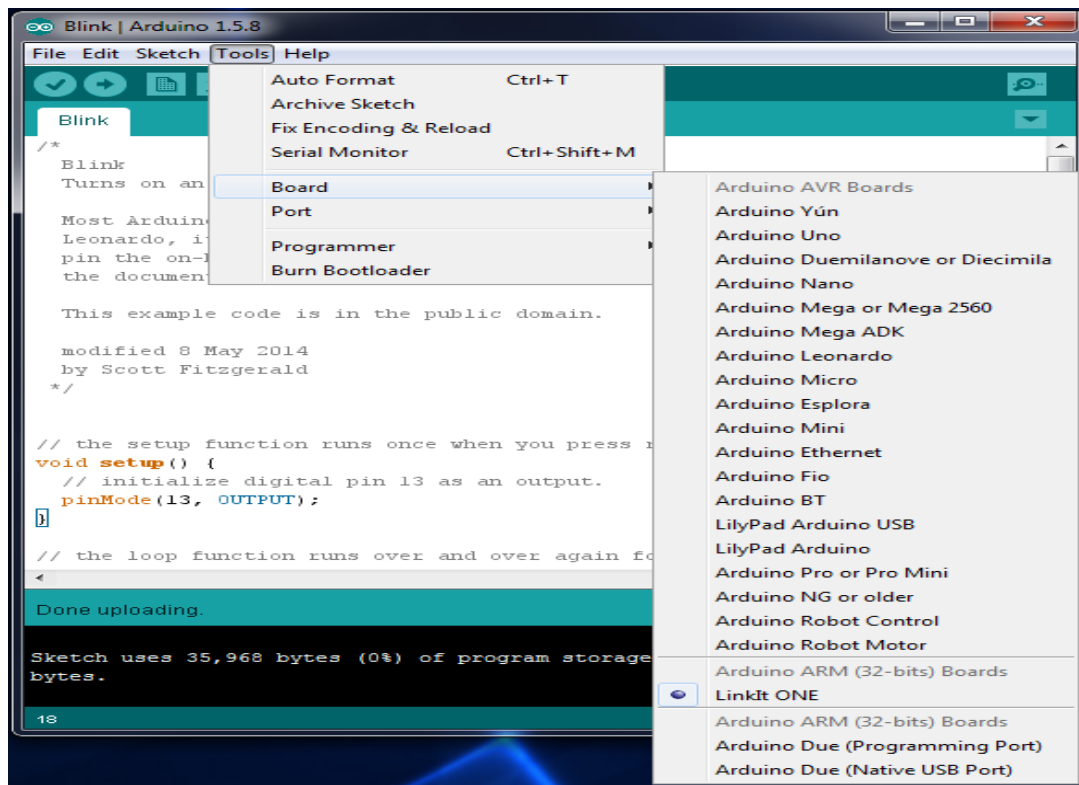


Figure III.10 : L'emplacement de Linkit One dans l'IDE. [11].

### III.2.2 Le logiciel MySQL

Le langage SQL (StructuredQueryLanguage) est un langage de requête utilisé pour interroger des bases de données exploitant le modèle relationnel. SQL fait l'objet d'une norme ANSI. Cependant, la quasi-totalité des serveurs de bases de données proposent des extensions qui rendent les programmes difficilement portables. MySQL (dans sa version 3) implémente un sous-ensemble de la norme ANSI SQL92.

➤ **Les principaux points forts de MySQL sont :**

- implémentation libre et populaire ;
- facile à mettre en œuvre ;
- rapide à apprendre ;
- support multiplateforme ;
- fiable et rapide.

➤ **Les principaux points faibles de MySQL sont :**

- ne possède pas de mécanisme transactionnel dans sa version 3 ;
- n'implémente pas les références d'intégrité relationnelles ;

- absence de procédures stockées et triggers.

### III.2.3 Le fonctionnement de la base de données MySQL

Le MySQL est serveur de bases de données relationnelles SQL développé dans un souci de performances élevés en lecture, ce qui signifie qu'il est davantage orienté vers le service de données déjà en place que vers celui de mise à jours fréquentes et fortement sécurisées.

C'est un logiciel libre, open source, développé sous double licence, il est distribué avec un produit libre ou avec un produit propriétaire. Dans ce dernier cas, la licence est payante, sinon c'est la licence publique générale GNU (GPL) qui s'applique. Un logiciel qui intègre du code MySQL ou intègre MySQL lors de son installation devra donc être libre ou acquérir une licence payante. Cependant, si la base de données est séparée du logiciel propriétaire qui ne fait qu'utiliser des API tierces (par exemple PHP), alors il n'a pas besoin d'acquérir une licence payante MySQL.

Les bases de données sont accessibles en utilisant les langages de programmation : C, C++, VB, VB.NET ; Delphi/Kylix, Eiffel, Java, Perl, PHP, Python, Windev, Ruby, et Tc, une API spécifique est disponible pour chacun d'entre eux.

Une interface ODBC appelée MYODBC et aussi disponible. En Java MySQL, peut être utilisé de façon transparente avec le standard JDO.

La figure suivante représente la page d'accueil de MySQL sur le phpMyAdmin.

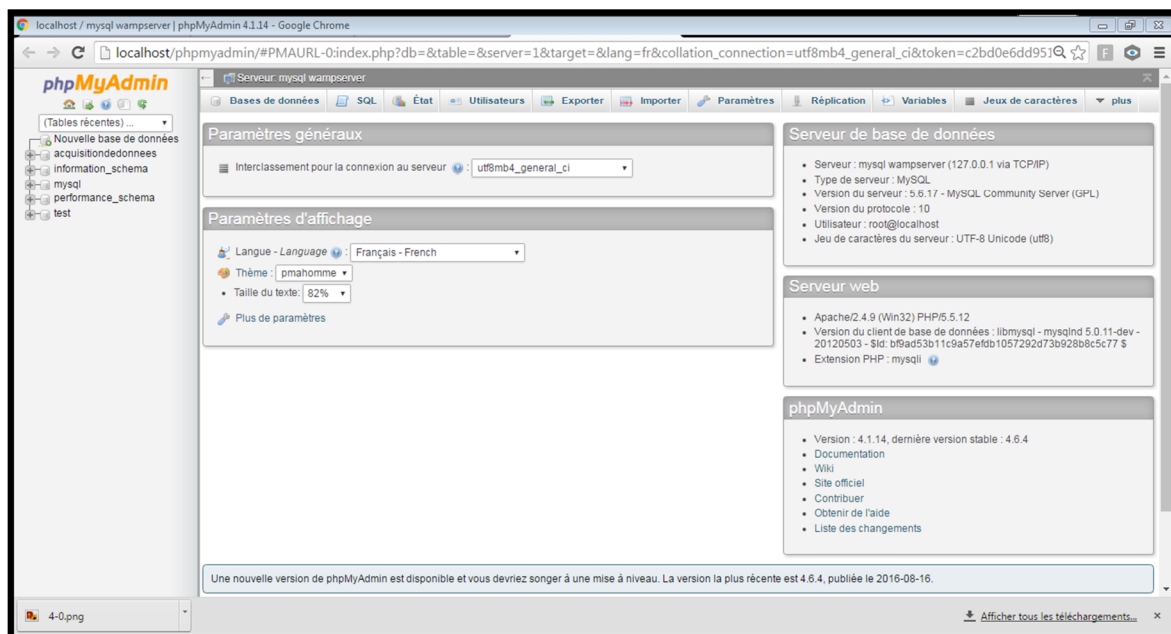


Figure III.11 : La page d'accueil MySQL. [16].

### III.2.4 Exemple de contrôle de température et de l'humidité

La figure suivante représente le schéma d'affichage de la température et de l'humidité qui sont donnés en degré Celsius et en fahrenheit.

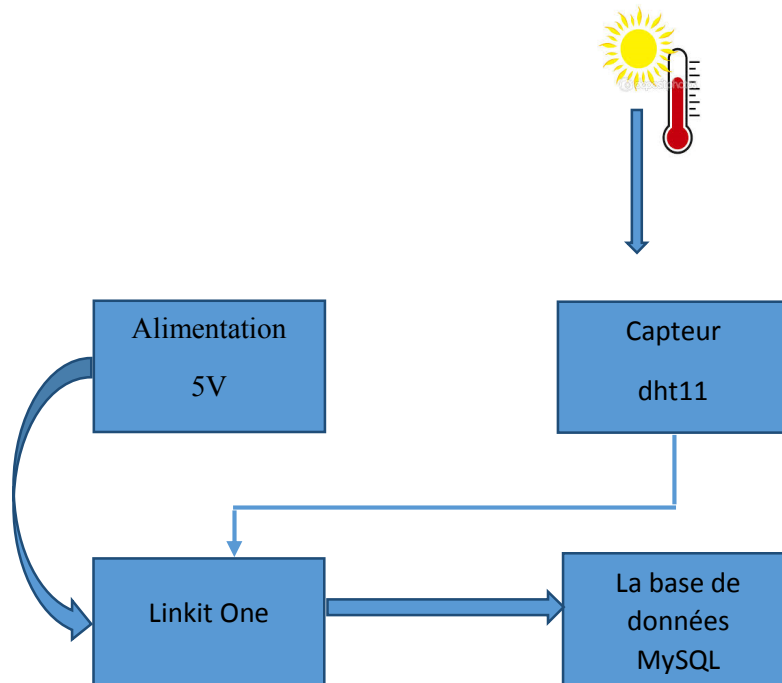


Figure III.12 : Diagramme de contrôle de température et d'humidité.

#### ➤ Partie matérielle

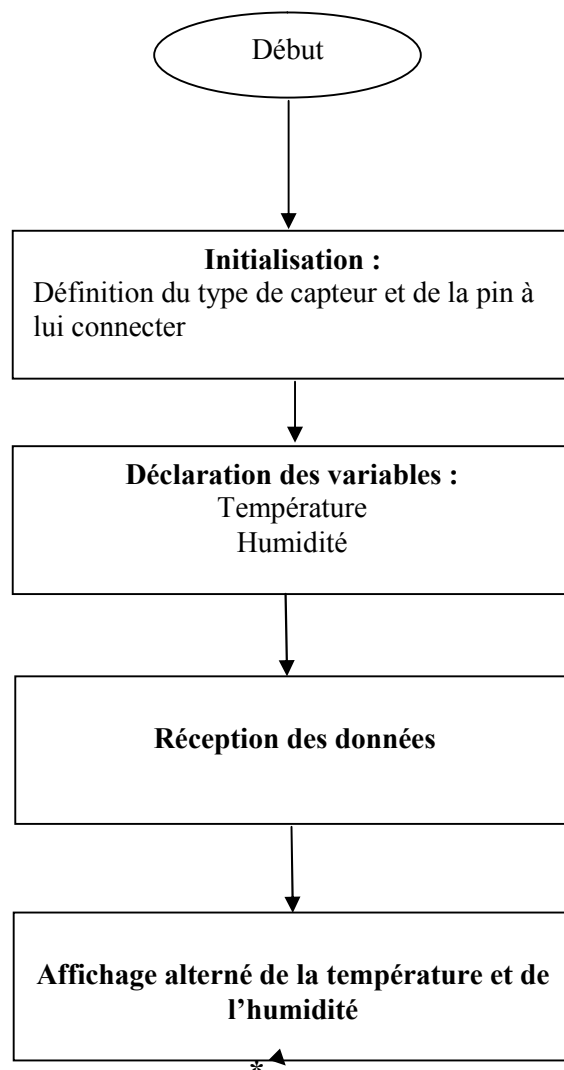
Le capteur de température récupère la température ainsi que l'humidité, ensuite il envoie les informations à la carte de développement Linkit One pour avoir des valeurs en degré Celsius et en fahrenheit, puis ces informations seront sauvegardées dans la carte  $\mu$ SD placée à l'intérieure de la carte, qui seront ensuite transférer via une transmission Wifi dans une base de données MySQL qui a été précédemment créée.

La figure suivante le montage du capteur sur le lab-dc qui est ensuite branché à la carte Linkit One.



Figure III.13 : Montage du capteur dht11.

➤ **Partie programme**



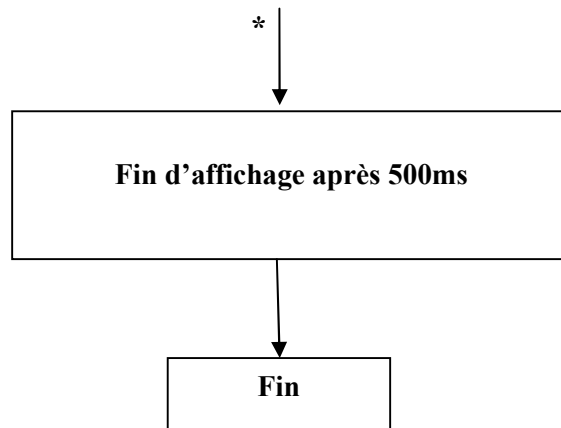


Figure III.14 : L'organigramme du dht11 (Température, Humidité).

#### ➤ Explication du programme

Comme le montre l'organigramme la première partie consiste à déclarer de quel type de capteur il s'agit et sur quelle pin le connecté, après on déclare de quelle type de variable il s'agit et dans ce cas ce sont les variables température et humidité, puis déclarer le type et le numéro de port dans ce cas-là il s'agit du port série 9600, aussi l'affichage des résultats ou bien le test sera sur le port série, pour lire la température ou l'humidité il faut une durée de 250 ms, la valeur de la température sera afficher en degré Celsius et en fahrenheit celle de l'humidité en %.

### III.2.5 Exemple de contrôle de la qualité de l'air

La figure suivante représente le schéma de contrôle de la qualité de l'air qui consiste à savoir si l'air est frais peut polluer ou très pollué.

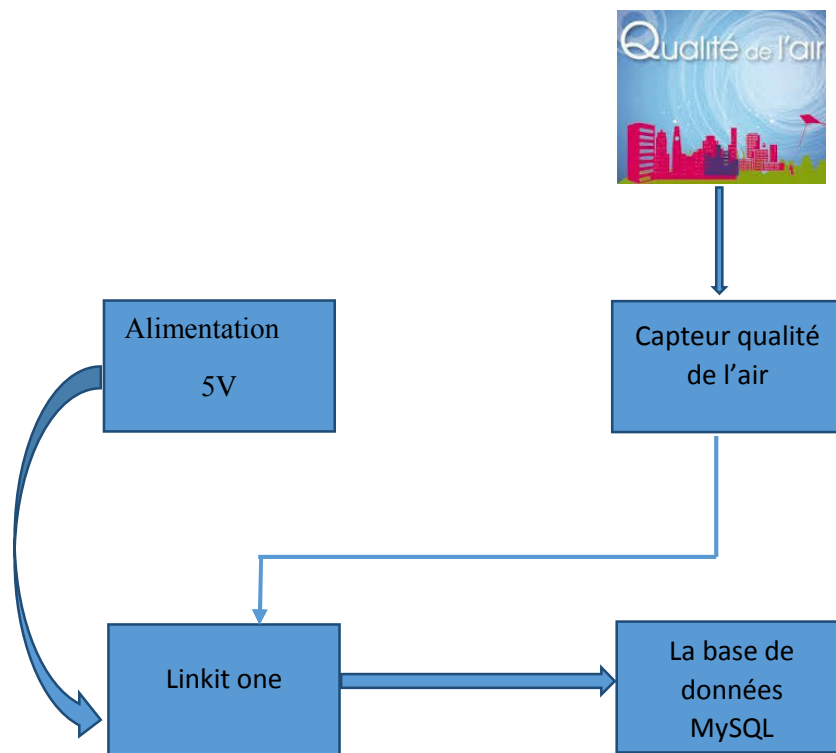
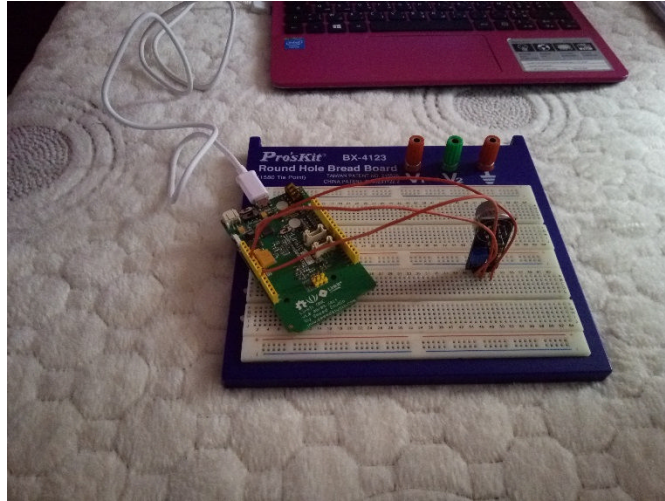


Figure III.15 : Diagramme de contrôle de la qualité de l'air.

#### ➤ Partie matérielle

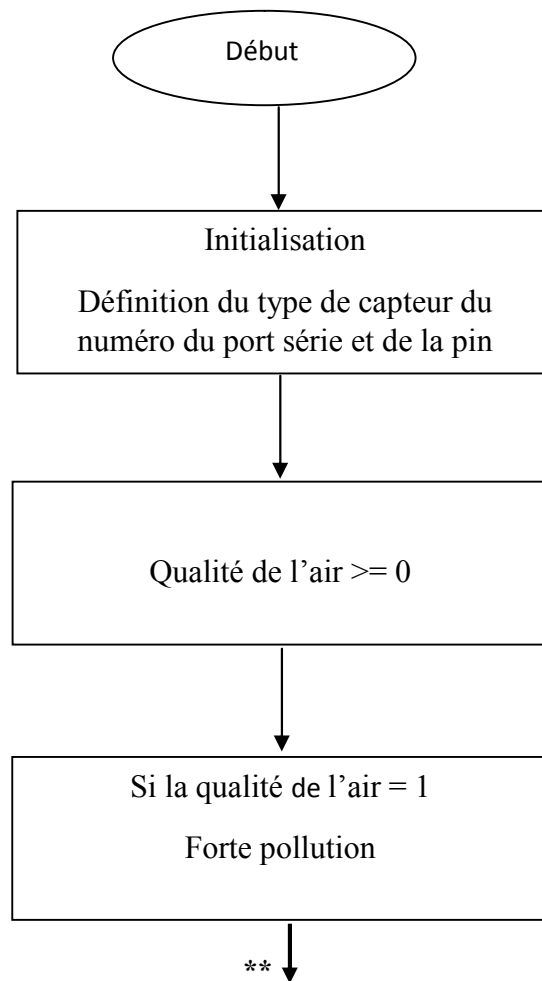
Le capteur qualité de l'air consiste à contrôler la qualité de l'air extérieur afin d'être tout le temps au courant de comment est l'air à l'extérieur avant de pouvoir sortir surtout pour les personnes souffrantes de troubles respiratoires et même pour les personnes âgées. Ce dernier nous permet de savoir si l'air est frais ou bien il y'a un peu de pollution ou si l'air très pollué. Le capteur récupère les données puis les transmet à la carte de développement Linkit One qui les sauvegarde dans la carte  $\mu$ SD et qui seront ensuite transférer dans la base de données MYSQL via la transmission Wifi.

La figure suivante indique le montage du capteur qualité de l'air à la carte de développement Linkit one.



FigureIII.16 : Montage du capteur qualité de l'air (mq135).

➤ Partie programme



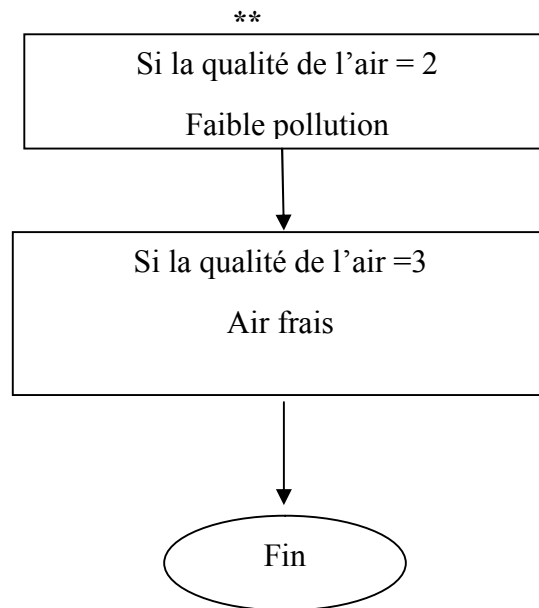


Figure III.17: l'organigramme du capteur qualité de l'air.

### ➤ Explication du programme

Comme le montre l'organigramme la première partie du programme consiste à déclarer le type du capteur est sur quelle pin le branché ainsi que sur quelle port les résultats du test seront afficher. Initialement la qualité de l'air est inférieure ou égale à zéro, une fois le capteur branché le test commence si c'est égale à 1 donc il y'a une forte pollution dans l'air si c'est égale à 2 il y'a une faible pollution dans l'air si c'est égale à 3 l'air est frais et non polluer.

### III.2.6 Le contrôle de batterie

La carte Linkit One possède une batterie que nous pouvons utiliser lorsque la carte est mise hors tension. Pour s'apercevoir des changements d'états de la batterie on a le programme suivant :

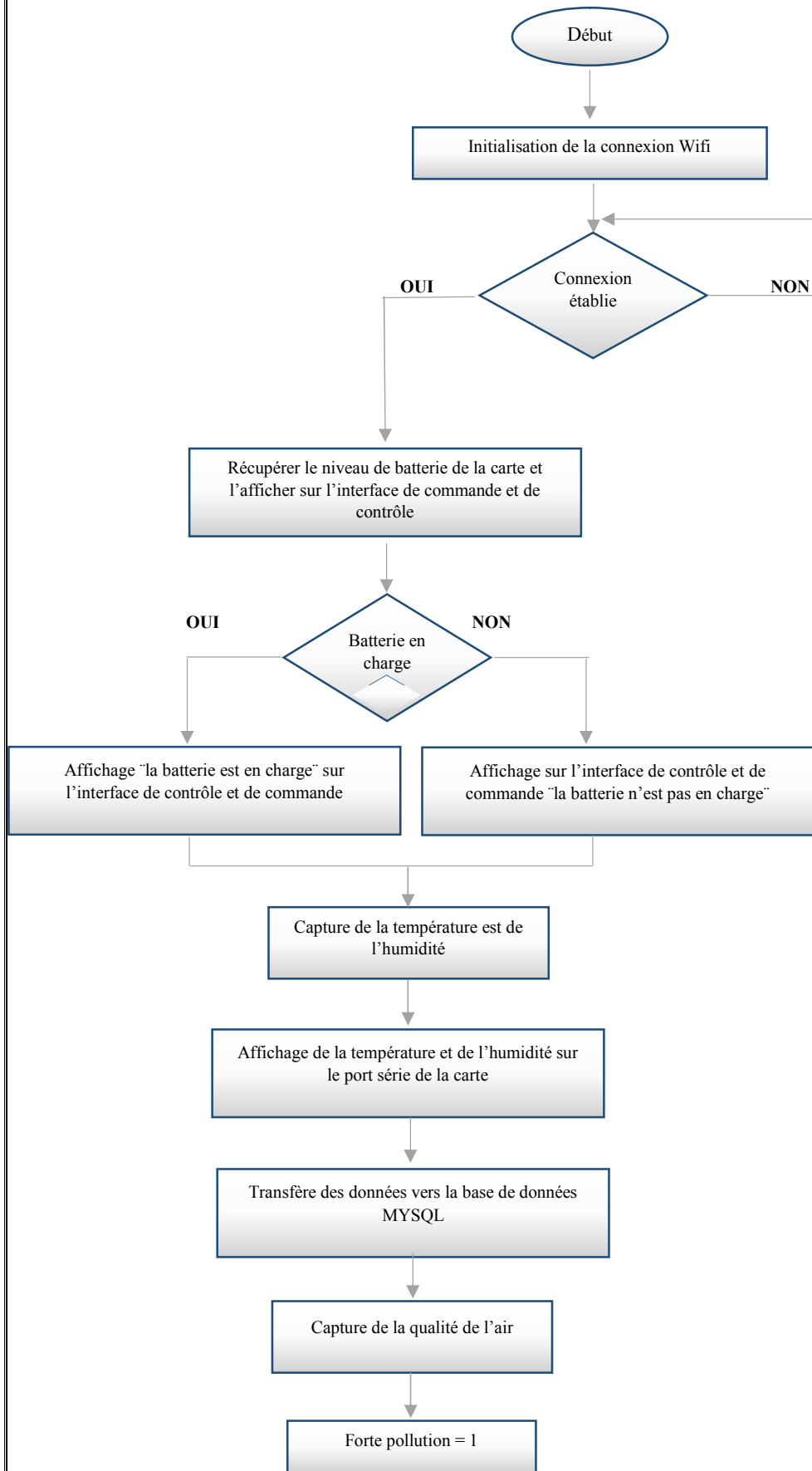
<code>niveaubatterie=LBattery.level() ;</code>	Récupérer le niveau de batterie de la carte Linkit One.
<code>client.println("&lt;tr&gt;&lt;th&gt;&lt;h2&gt;le niveau de batterie est :&lt;h2&gt;&lt;/th&gt;&lt;/tr&gt;");</code>	Afficher le message «le niveau de batterie est : » sur l'interface de commande et de contrôle.
<code>client.println(niveaubatterie) ;</code>	Afficher le niveau de batterie sur l'interface de commande et de contrôle en pourcentage.
<code>client.println("%");</code>	

<pre>if(LBattery.isCharging())  client.println("&lt;/th&gt;&lt;th&gt;La Batterie est en charge./r/n&lt;/th&gt;&lt;/tr&gt;");  else  client.println("&lt;th&gt; La Batterie n'est pas en charge./r/n&lt;th&gt;&lt;/tr&gt;");</pre>	<p>Condition si la batterie est en charge.</p> <p>Afficher le message « la batterie est en charge ».</p> <p>Condition si la batterie n'est pas en charge.</p> <p>Afficher le message « La Batterie n'est pas en charge » sur l'interface de commande et de contrôle.</p>
---	--

Figure III.18 : Organigramme de contrôle de batterie.

### III.2.7 L'organigramme général

Nous avons réalisé un organigramme global pour notre projet. Celui-ci représente l'interface graphique du déroulement du programme de la carte Linkit One.



\*

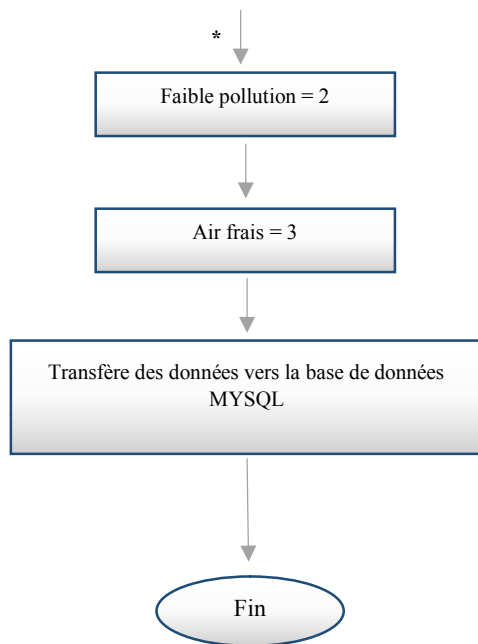


Figure III.19 : Organigramme global de notre système d'acquisition de données.

### Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons abordé en détail les différentes phases de la conception et la réalisation de notre système d'acquisition de données contrôlé avec la carte Linkit One. En effet, nous avons exposé les diagrammes que nous avons conçus pour chaque partie de notre projet, nous avons également traité les parties matérielles et programmes de tous le système.

Dans le chapitre suivant, nous allons exposer les différents résultats récupérés avec les deux capteurs cités précédemment.

## *Chapitre IV*

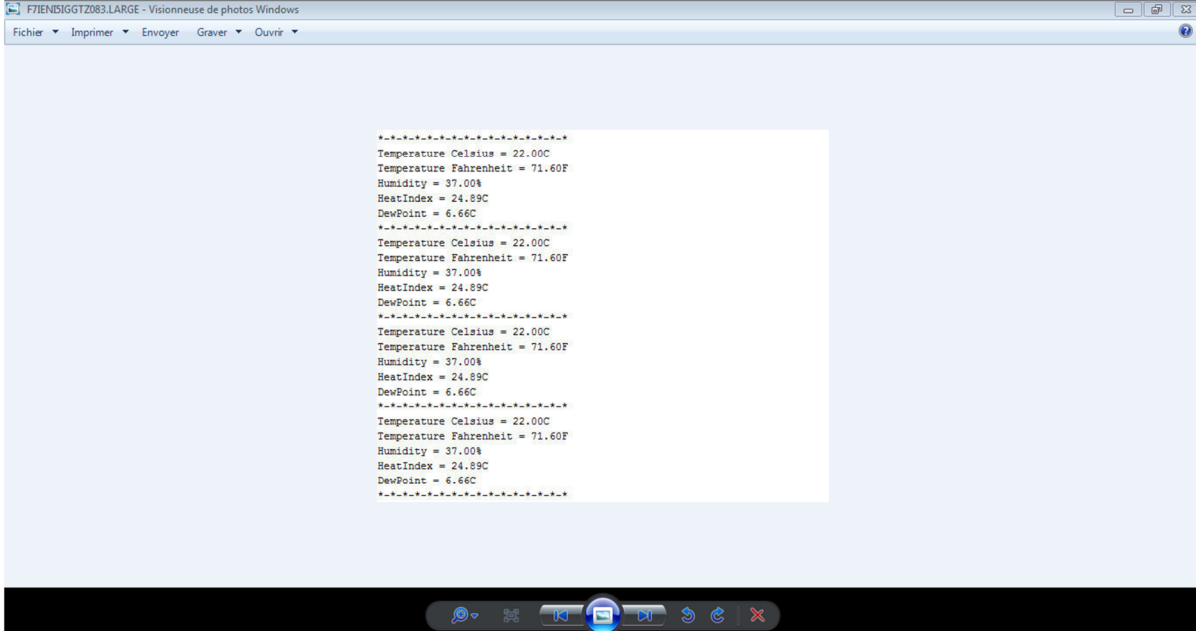
### *Résultats et interprétation*

## Introduction

Après avoir donné précédemment une description théorique sur la carte et son environnement de développement. On va procéder dans ce chapitre à l'application expérimentale. Ce travail d'initiation à base d'une carte Linkit One qui récupère les différentes informations acquises par les deux différents capteurs cités précédemment, et qui sont ensuite transférés via une transmission Wifi vers la base de données MySQL nommée « Acquisition des données ».

### IV.1 Le résultat du test effectué avec le capteur de température et d'humidité dht11

La figure suivante représente le résultat du test effectué avec le capteur dht11 à l'extérieur à l'air libre.



```
-----*
Temperature Celsius = 22.00C
Temperature Fahrenheit = 71.60F
Humidity = 37.00%
HeatIndex = 24.89C
DewPoint = 6.66C
-----*
Temperature Celsius = 22.00C
Temperature Fahrenheit = 71.60F
Humidity = 37.00%
HeatIndex = 24.89C
DewPoint = 6.66C
-----*
Temperature Celsius = 22.00C
Temperature Fahrenheit = 71.60F
Humidity = 37.00%
HeatIndex = 24.89C
DewPoint = 6.66C
-----*
Temperature Celsius = 22.00C
Temperature Fahrenheit = 71.60F
Humidity = 37.00%
HeatIndex = 24.89C
DewPoint = 6.66C
-----*
```

Figure IV.1 : Résultat du test du capteur dht11.

#### ➤ Interprétation du résultat

Comme le montre la figure précédente et après avoir branché le capteur à la carte de développement Linkit One, on a pu avoir ces résultats de la température que fait à l'extérieur en degré Celsius ainsi qu'en Fahrenheit et l'humidité en %, mais en plus de la température et de l'humidité le capteur permet de nous donner l'indice de chaleur.

Comme le taux de la température et de l'humidité sont normal, les personnes peuvent sortir normalement sans avoir peur de prendre des coups de soleil ni de trop sué à cause de l'humidité.

## IV.2 Le résultats du test effectué avec le capteur qualité de l'air

La figure suivante représente le résultat de test effectué avec le capteur qualité de l'air à l'extérieur :

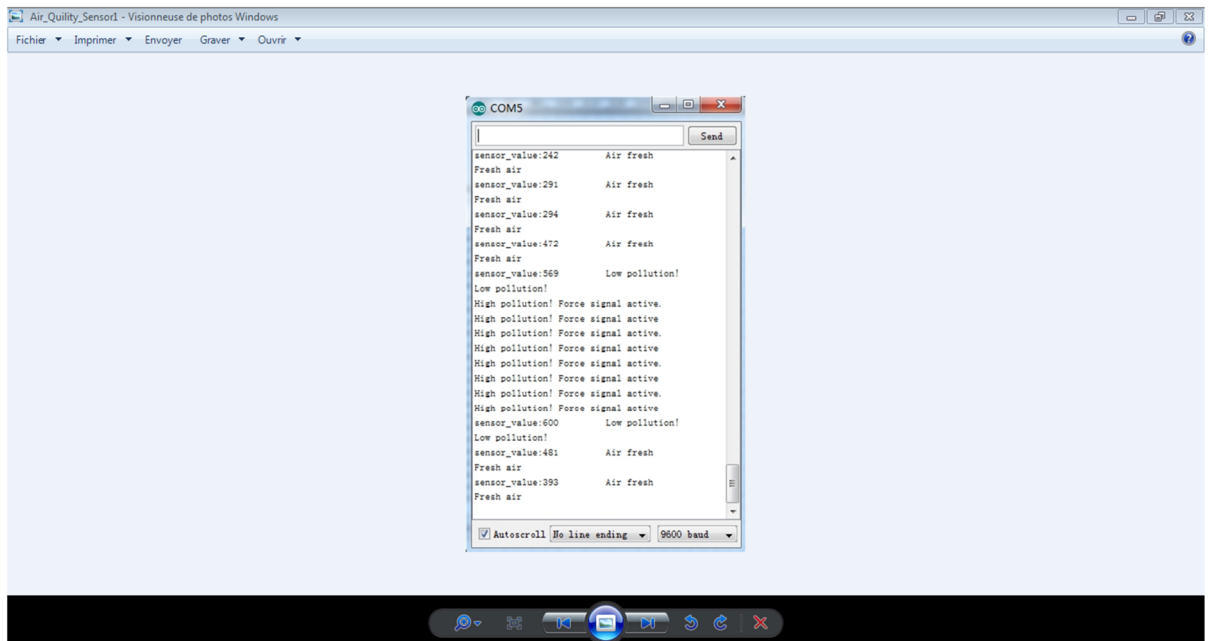


Figure IV.2 : Résultat de test effectué avec le capteur qualité de l'air.

### ➤ Interprétation du résultat

Comme le montre la figure précédente et après avoir branché le capteur à la carte de développement Linkit One, on constate que à chaque que la qualité de l'air est égale à 3 il y'a une forte pollution ce qui est tout le temps le cas, car le test à était effectué au milieu de la journée. Ce qui fait que les personnes ayant des problèmes de respiratoires de préférences qu'ils prennent leurs précaution avant de s'exposé à l'extérieur du moment qu'ils ont la possibilité de savoir qu'il y'a une forte pollution dans l'air.

### IV.3 Le transfert des résultats à la base de données MySQL

Comme on a déjà indiqué dans le chapitre précédent, la transmission va s'effectuer via la transmission Wifi.

La figure suivante représente la base de données « Acquisition de données » vers laquelle les données seront transmises pour pouvoir les sauvegarder pour le citoyen de la ville soit au courant en constance du temps qu'il fait et savoir aussi si l'air est pollué ou pas avant de pouvoir s'exposé à l'extérieur.

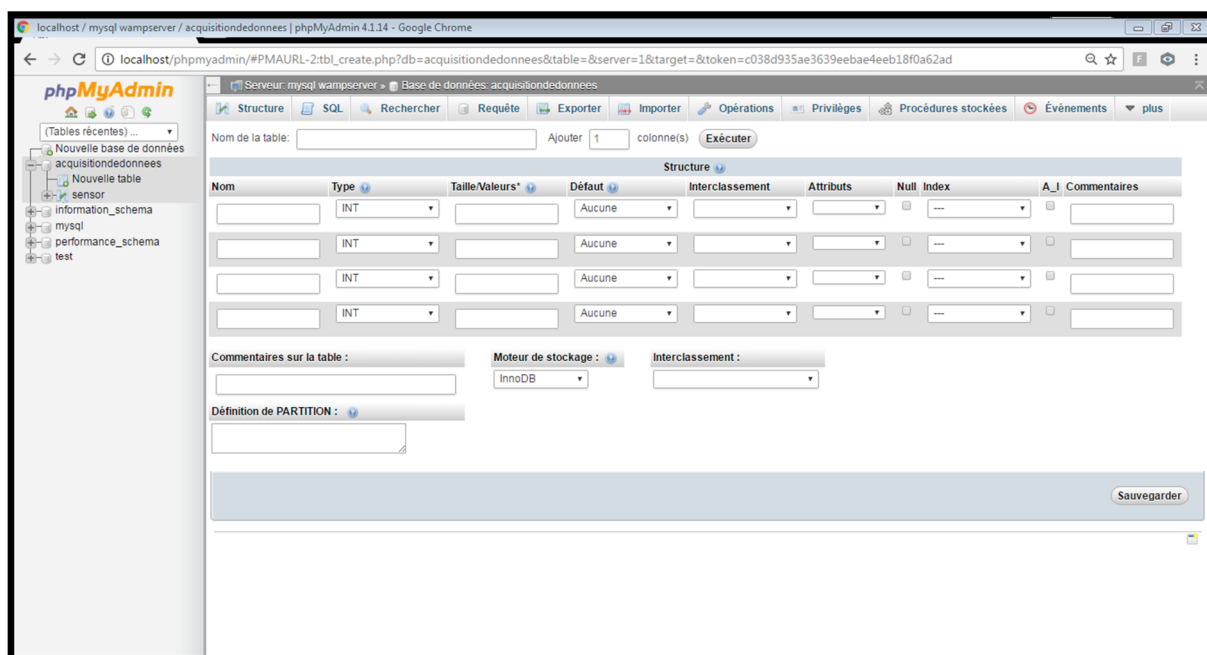


Figure IV.3 : La base de données « Acquisition de données ».

### Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les différents résultats acquis durant notre travail qui consisté à réaliser un système d'acquisition de données dans une Smart City ou ville intelligente pour permettre au citoyen d'être informer de la qualité de l'air avant de sortir de chez soi.

## *Conclusion générale*

## ***Conclusion Générale***

---

L'objectif de notre projet de fin d'étude consiste à la conception et réalisation d'un système d'acquisition de données à distance via la carte de développement Linkit One. La réalisation de ce projet nous a permis d'approfondir et d'améliorer nos connaissances et nos compétences dans les domaines de l'électronique ainsi que dans la programmation. Nous avons rassemblé des informations sur les composants utilisés, en particulier la carte de développement Linkit One. Nous avons appris à mieux maîtriser le langage de programmation Arduino IDE.

Au cours de ce mémoire, nous avons présenté les différentes étapes de réalisation de notre projet. En effet, ce travail a été une expérience très fructueuse, bénéfique et enrichissante. Il nous a permis d'exploiter les différentes notions théoriques vues durant notre période d'étude. Il est à noter que nous nous sommes trouvé confronté à plusieurs problèmes, surtout dans la partie programmation.

Cependant, nous pouvons dire que malgré ces difficultés, les résultats obtenus de cette étude qu'ils soient pratiques ou théoriques sont satisfaisants. Nous souhaitons vivement que ce projet puisse servir comme élément de base pour d'autres études plus approfondies.

En perspective, nous pouvons signaler que ce travail peut être plus autonome et plus évolutif en utilisant les autres caractéristiques de la carte Linkit One (GPS, GSM...). Plusieurs autres applications, autre que l'acquisition de données, peuvent être envisagées tels que : la domotique, l'équipement médical, la multimédia, l'automobile et autre.

Enfin, nous espérons que ce travail puisse servir comme outil d'aide et de documentation pour les promotions à venir et aux utilisateurs concernés par ce type d'applications.

### **Bibliographie**

- [1] Les villes intelligentes, enjeux et stratégies pour de nouveaux marchés. Le programme MUST Management of Urban Smart Territories. Claude ROCHET. Novembre 2014.
- [2] Smart Cities : Théorie et critique d'un idéal auto-réalisateur. Antoine picon. Novembre 2015.
- [3] Réseaux. Andrew Tanenbaum. 2003.
- [4] Communication et réseaux de communication. Mucchelli Roger. 1978.

### **Webographie**

- [5] [www.conrad.fr](http://www.conrad.fr) <Accueil Electronique> Capteur, consulter le 03/2016.
- [6] [www.ebanque-pdf.com/fr/capteur-de-temperature-dht11-et-pic.html](http://www.ebanque-pdf.com/fr/capteur-de-temperature-dht11-et-pic.html).
- [7] <https://tpe2013stenay.wordpress.com/.../4-les-capteurs-de-lumiere-ou-photoresistance>.
- [8] <https://www.sapr.fun.com/datasheets/dht11>.
- [9] <https://www.sapr.fun.com/datasheets/mq135>.
- [10] [www.IEEE.communication-magazine/](http://www.IEEE.communication-magazine/)livre Blanc E-Médina.
- [11] <http://labs.mediatek.com>.
- [12] [http://labs.mediatek.com/site/global/developper\\_tools/mediatek\\_linkit/get-started/windows/install/](http://labs.mediatek.com/site/global/developper_tools/mediatek_linkit/get-started/windows/install/).
- [13] [www.Hackster.IO](http://www.Hackster.IO).
- [14] [www.seedstudio.com](http://www.seedstudio.com).
- [15] [www.wampserver.com](http://www.wampserver.com).
- [16] [www.MySQL.com](http://www.MySQL.com).
- [17] [www.google.fr/carteSD-Wikipédia](http://www.google.fr/carteSD-Wikipédia).

### **Mémoires de fin d'études**

- [18] Titre : « Conception et réalisation d'un réseau domotique contrôlé à distance via la carte Linkit One. Mémoire de technicien supérieure en maintenance des Equipements Informatiques et Bureautiques. Nouali Thanina, Ounar Jughurtha et Snacel Sylia. Institut oued aissi. 2013/2016.

# *Bibliographie*

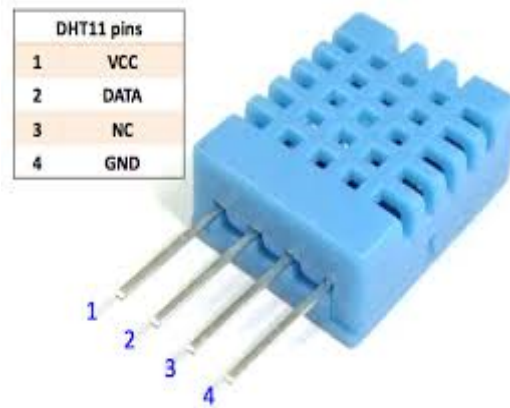
# Annexes

***Annexe 1*** : Le capteur de température et d'humidité (dht11)

***Annexe 2*** : Le capteur de la qualité de l'air (mq135)

***Annexe 3***: La carte Linkit One

## *Annexe 1* : le capteur dht11



# Annexe 1 : le capteur dht11

Datasheet SHT1x



## Sensor Performance

### Relative Humidity

Parameter	Condition	min	typ	max	Units
Resolution <sup>1</sup>		0.4	0.05	0.05	%RH
		8	12	12	bit
Accuracy <sup>2</sup> SHT10	typical		±4.5		%RH
	maximal	see Figure 2			
Accuracy <sup>2</sup> SHT11	typical		±3.0		%RH
	maximal	see Figure 2			
Accuracy <sup>2</sup> SHT15	typical		±2.0		%RH
	maximal	see Figure 2			
Repeatability			±0.1		%RH
Hysteresis			±1		%RH
Non-linearity	linearized		<<1		%RH
Response time <sup>3</sup> $\tau$ (63%)			8		s
Operating Range		0		100	%RH
Long term drift <sup>4</sup>	normal		< 0.5		%RH/yr

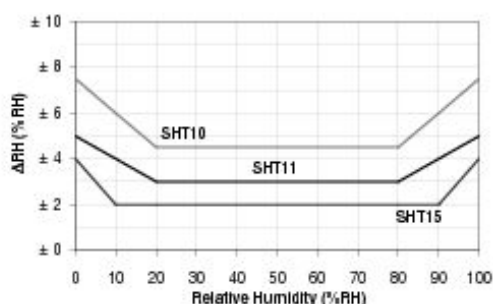


Figure 2: Maximal RH-tolerance at 25°C per sensor type.

### Temperature

Parameter	Condition	min	typ	max	Units
Resolution <sup>1</sup>		0.04	0.01	0.01	°C
		12	14	14	bit
Accuracy <sup>2</sup> SHT10	typical		±0.5		°C
	maximal	see Figure 3			
Accuracy <sup>2</sup> SHT11	typical		±0.4		°C
	maximal	see Figure 3			
Accuracy <sup>2</sup> SHT15	typical		±0.3		°C
	maximal	see Figure 3			
Repeatability			±0.1		°C
Operating Range		-40		123.8	°C
		-40		254.9	°F
Response Time <sup>5</sup> $\tau$ (63%)		5		30	s
Long term drift			< 0.04		°C/yr

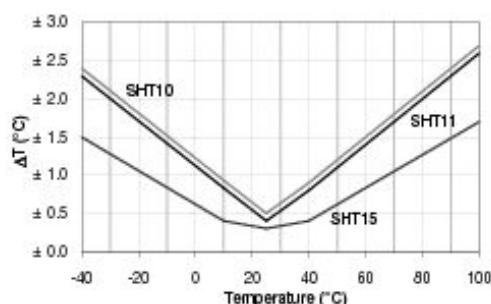


Figure 3: Maximal T-tolerance per sensor type.

### Electrical and General Items

Parameter	Condition	min	typ	max	Units
Source Voltage		2.4	3.3	5.5	V
Power Consumption <sup>5</sup>	sleep		2	5	μW
	measuring		3		mW
	average		90		μW
Communication	digital 2-wire interface, see Communication				
Storage	10 – 50°C (0 – 125°C peak), 20 – 60%RH				

### Packaging Information

Sensor Type	Packaging	Quantity	Order Number
SHT10	Tape & Reel	2000	1-100218-04
	Tape & Reel	100	1-100051-04
SHT11	Tape & Reel	400	1-100098-04
	Tape & Reel	2000	1-100524-04
SHT15	Tape & Reel	100	1-100085-04
	Tape & Reel	400	1-100093-04

This datasheet is subject to change and may be amended without prior notice.

<sup>1</sup> The default measurement resolution of is 14bit for temperature and 12bit for humidity. It can be reduced to 12/8bit by command to status register.

<sup>2</sup> Accuracies are tested at Outgoing Quality Control at 25°C (77°F) and 3.3V. Values exclude hysteresis and are applicable to non-condensing environments only.

<sup>3</sup> Time for reaching 63% of a step function, valid at 25°C and 1 m/s airflow.

<sup>4</sup> Value may be higher in environments with high contents of volatile organic compounds. See Section 1.3 of Users Guide.

<sup>5</sup> Values for VDD=3.3V at 25°C, average value at one 12bit measurement per second.

<sup>6</sup> Response time depends on heat capacity of and thermal resistance to sensor substrate.

## Annexe 2 : Le capteur mq135

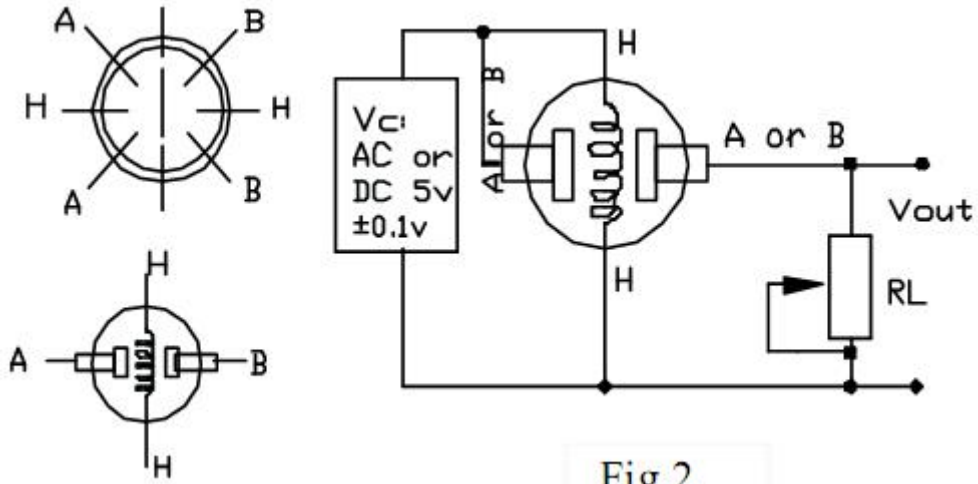
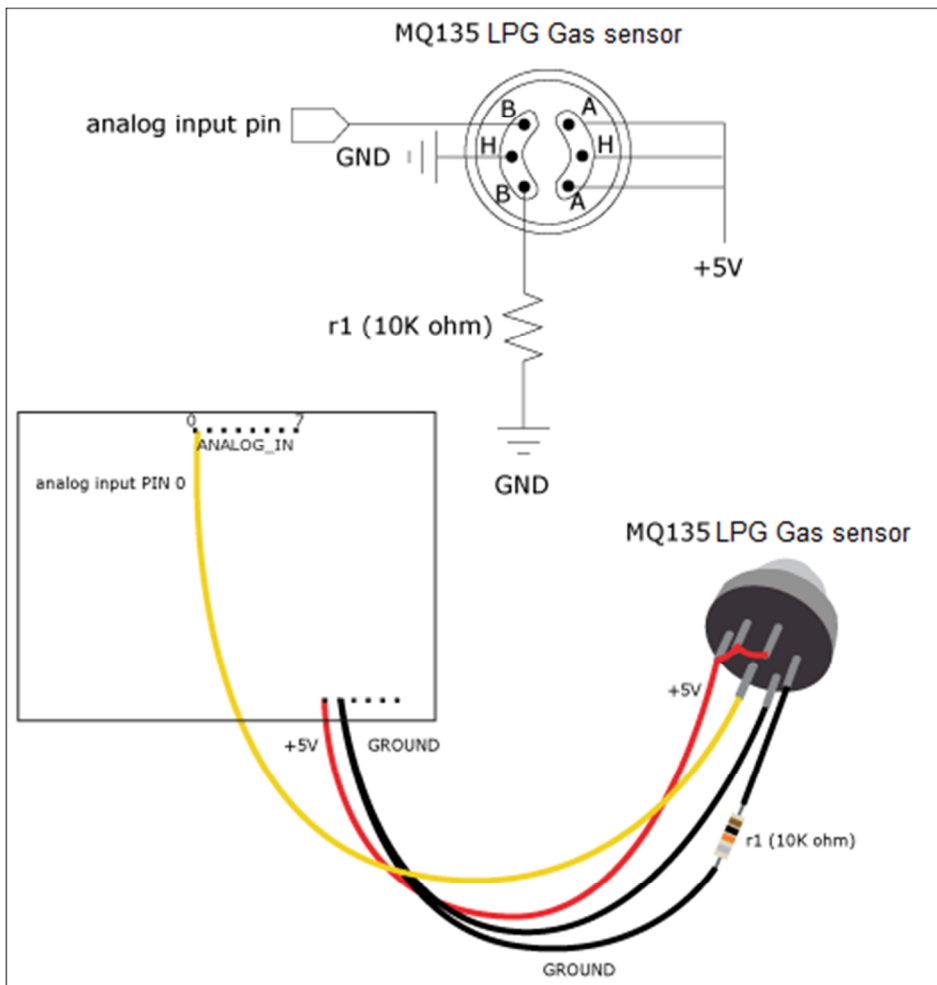


Fig.2





### *Annexe 3 : La carte Linkit One*

<b>GPIO#</b>	<b>2nd fun</b>	<b>pin#</b>	<b>pin#</b>	<b>2nd fun</b>	<b>GPIO#</b>
-	+3V3	1	2	+5V	-
GPIO2	SDA1 (I2C)	3	4	+5V	-
GPIO3	SCL1 (I2C)	5	6	GND	-
GPIO4	GCLK	7	8	TXD0 (UART)	GPIO14
-	GND	9	10	RXD0 (UART)	GPIO15
GPIO17	GEN0	11	12	GEN1	GPIO18
GPIO27	GEN2	13	14	GND	-
GPIO22	GEN3	15	16	GEN4	GPIO23
-	+3V3	17	18	GEN5	GPIO24
GPIO10	MOSI (SPI)	19	20	GND	-
GPIO9	MISO (SPI)	21	22	GEN6	GPIO25
GPIO11	SCLK (SPI)	23	24	CE0_N (SPI)	GPIO8
-	GND	25	26	CE1_N (SPI)	GPIO7
EEPROM	ID_SD	27	28	ID_SC	EEPROM
GPIO5	-	29	30	GND	-
GPIO6	-	31	32	-	GPIO12
GPIO13	-	33	34	GND	-
GPIO19	-	35	36	-	GPIO16
GPIO26	-	37	38	-	GPIO20
-	GND	39	40	-	GPIO21