

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université A. Mira-Béjaia



جامعة بجاية  
Tasdawit n Bgayet  
Université de Béjaïa

Faculté de Technologie  
Département de Génie électrique

## *Mémoire de fin d'étude*

En vue de l'obtention du diplôme en MASTER télécommunications.

**Option** : Réseaux et télécommunications.

## Thème

---

Detecteur de gaz toxiques en utilisant l'iot

---

Présenté par :  
*M<sup>r</sup> MOUSSI* Karim  
Soutenu le : 14/09/2020

Devant le jury composé de :

**Président** : *M<sup>me</sup> IDJDARENE* Souad      Université de Béjaia.  
**Encadreur** : *M<sup>r</sup> BENAMIROUCHE* Nadir      Université de Béjaia.  
**Examineur** : *M<sup>r</sup> MEKHMOUKH* Abdenour      Université de Béjaia.

Année universitaire 2019/2020

# Remerciements

Je remercie ALLAH, le tout puissant, le miséricordieux, de m'avoir donné le courage, la volonté et la patience de mener à terme ce présent travail.

Je veux adresser mes remerciements à mon encadreur *M<sup>r</sup>*. Nadir Benamirouche, plus personnellement pour avoir d'abord proposé ce thème et le suivi continué tout le long de la réalisation de ce travail et qui n'a pas cessé de me donner ses conseils.

Je remercie chacun des membres du jury pour l'intérêt porté à notre travail en acceptant de l'examiner et de l'enrichir avec leurs propositions.

Je remercie ma très chère mère qui à toujours été là pour moi.

# Dédicaces

Ce travail modeste est dédié : À ma chère mère, Que je lui souhaite la bonne santé et longue vie ; À la mémoire de mon père.

À tous mes proches, et plus particulièrement, mes sœurs.

À tous mes chers amis, spécialement à Bilal et Sofiane, et mes collègues de l'Université A. Mira de Bejaia.

À tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible, je vous dis merci.

# Table des matières

Liste des tableaux . . . . .	i
Table des figures . . . . .	iii
Liste des abréviations . . . . .	iv
Introduction générale . . . . .	1
<b>I Gaz Toxique et Internet des objets</b>	<b>3</b>
Partie 1 : Gaz toxique . . . . .	5
I.1 Introduction . . . . .	5
I.2 Monoxyde de carbone . . . . .	5
I.3 Physiopathologie . . . . .	5
I.4 Clinique . . . . .	6
I.5 Échelle de gravité . . . . .	6
I.6 Diagnostic . . . . .	6
I.7 Critères de diagnostic . . . . .	7
I.7.1 Critère clinique . . . . .	7
I.7.2 Critère métrologique . . . . .	8
I.7.3 Critère biologique . . . . .	8
I.7.4 Critère technologique . . . . .	8
I.8 Traitement . . . . .	9
I.8.1 Traitement préventif . . . . .	9
Partie 2 : Internet des objets . . . . .	10
I.9 Introduction . . . . .	10
I.10 Objet connecté (OC) . . . . .	10
I.11 Définition . . . . .	11
I.12 Ecosystème d'un réseau IoT . . . . .	11
I.13 Composants d'un objet connecté . . . . .	12
I.13.1 Capteurs . . . . .	12
I.13.2 Actionneurs . . . . .	12
I.13.3 Sources d'énergie . . . . .	13
I.13.4 Connectivité . . . . .	13
I.14 Fonctionnalité de l'internet des objets . . . . .	14
I.14.1 Collecter / Actionner . . . . .	14
I.14.2 Communiquer . . . . .	14
I.14.3 Exécuter . . . . .	14
I.14.4 Visualiser . . . . .	15
I.15 Architecture de l'Internet des objets . . . . .	15

I.16	Communication . . . . .	16
I.16.1	Réseaux PAN . . . . .	16
I.16.2	Réseaux LAN . . . . .	19
I.16.3	Réseaux WAN . . . . .	21
I.16.4	Comparaison entre protocole . . . . .	23
I.17	Adressage des objets connectés . . . . .	24
I.17.1	IPv4 . . . . .	24
I.17.2	IPv6 . . . . .	24
I.17.3	IPv6/6LowWPAN . . . . .	24
I.18	Transport de données . . . . .	24
I.19	Protocoles applicatifs . . . . .	25
I.19.1	CoAP . . . . .	26
I.19.2	MQTT . . . . .	26
I.19.3	Comparaison entre CoAP et MQTT . . . . .	27
I.20	Domaine d'application de l'IdO . . . . .	27
I.21	Enjeux et mise en place de l'IoT . . . . .	28
I.22	Défis de l'internet des objets . . . . .	29
I.23	Conclusion . . . . .	29
<b>II</b>	<b>Présentation de matériels et de logiciels</b>	<b>30</b>
II.1	Introduction . . . . .	31
Partie 1	: Software (Logiciels) . . . . .	31
II.2	Cloud Computing . . . . .	31
II.2.1	Pourquoi le Cloud Computing . . . . .	31
II.3	Plateformes IoT . . . . .	32
II.3.1	Comparaison entre les plateformes IoT . . . . .	32
II.4	ThingSpeak . . . . .	32
II.4.1	Fonctionnalités . . . . .	33
II.4.2	Canal ThingSpeak . . . . .	33
II.4.3	Sécurité des données . . . . .	33
II.5	Applications de ThingSpeak . . . . .	34
II.5.1	ThingHTTP . . . . .	34
II.5.2	React . . . . .	34
II.6	Arduino . . . . .	35
II.6.1	Applications . . . . .	35
Partie 2	: Hardware (Matériel) . . . . .	36
II.7	Composants requis pour le projet . . . . .	36
II.7.1	Capteurs MQ . . . . .	36
II.7.2	Nodemcu . . . . .	37
II.7.3	Ywrobot . . . . .	39
II.7.4	Breadboard . . . . .	40
II.8	Conclusion . . . . .	40
<b>III</b>	<b>Système de détection de gaz toxiques</b>	<b>41</b>
III.1	Introduction . . . . .	42
III.2	Principe de fonctionnement . . . . .	42
III.2.1	Étapes de réalisation du système . . . . .	43
III.3	Canal ThingSpeak et clé d'écriture . . . . .	43
III.4	Procédure de télé-versement du programme . . . . .	44

III.4.1 Code du programme . . . . .	44
III.4.2 Télé-versement du programme sur la carte . . . . .	47
III.5 Câblage du montage électronique . . . . .	48
III.6 Visualisation des mesures . . . . .	48
III.7 Configuration des alertes . . . . .	49
III.7.1 IFTTT . . . . .	50
III.7.2 ThingHTTP . . . . .	50
III.7.3 React . . . . .	51
III.8 Test des alertes . . . . .	52
III.9 Conclusion . . . . .	54
Conclusion générale . . . . .	55
<b>Annexe</b>	<b>57</b>
<b>Bibliographie</b>	<b>57</b>

---

# Liste des tableaux

- I.1 Stades de gravité de l'intoxication au CO. . . . . 6
- I.2 Seuils d'intoxication. . . . . 8
- I.3 Comparaison entre protocoles de l'IoT . . . . . 23
- I.4 Comparaison de CoAP et MQTT . . . . . 27
  
- II.1 Plateforme IoT . . . . . 32
- II.2 Comparaison entre plateformes IoT . . . . . 32
- II.3 Composants du projet . . . . . 36
- II.4 Capteurs de gaz MQ alternatifs . . . . . 36
- II.5 Configuration du brochage de la carte NodeMCU . . . . . 39

# Table des figures

I.1	Dimensions de l’IoT . . . . .	11
I.2	Acteurs de l’IdO . . . . .	12
I.3	Fonctions de l’objet connecté . . . . .	13
I.4	Fonctionnalités d’un écosystème IoT . . . . .	14
I.5	Architecture de l’IoT . . . . .	15
I.6	Topologie ZigBee . . . . .	17
I.7	Réseaux Z-wave . . . . .	17
I.8	Réseaux WSN . . . . .	18
I.9	Système RFID . . . . .	19
I.10	NFC . . . . .	19
I.11	Réseau WiFi . . . . .	20
I.12	Réseau WiMax . . . . .	21
I.13	5G . . . . .	21
I.14	Sigfox . . . . .	22
I.15	LoRaWAN . . . . .	22
I.16	Neul . . . . .	23
I.17	Architecture Request/Response . . . . .	25
I.18	Architecture Publish/Subscribe . . . . .	25
I.19	Protocole CoAP . . . . .	26
I.20	Protocole MQTT . . . . .	27
II.1	Write API Key . . . . .	33
II.2	Read API Key . . . . .	34
II.3	Capteur MQ135 . . . . .	37
II.4	Carte NodeMCU. . . . .	37
II.5	Brochage de la carte NodeMCU. . . . .	38
II.6	Alimentation YwRobot. . . . .	39
II.7	Planche à pain. . . . .	40
III.1	Schéma fonctionnel. . . . .	43
III.2	Canal ThingSpeak. . . . .	44
III.3	Télé-versement du programme. . . . .	47
III.4	Câblage du montage. . . . .	48
III.5	Visualisation des mesures. . . . .	49
III.6	Configuration de IFTTT. . . . .	50
III.7	Configuration de ThingHTTP. . . . .	51

III.8 Url de trigger. . . . . 51  
III.9 Configuration de React. . . . . 52  
III.10Test du système. . . . . 53  
III.11Alerte reçue de IFTTT. . . . . 53  
III.12Position sur Google Maps. . . . . 54

# Liste des abréviations

<b>AWS</b>	Amazon Web Services
<b>CDMA</b>	Code division multiple access
<b>CERP-IoT</b>	Cluster of European Research Projects on the Internet of Thing
<b>CLI</b>	Command-line interface
<b>CoAP</b>	Constrained Application Protocol
<b>CSMA/CA</b>	Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance
<b>GPRS</b>	General Packet Radio Service
<b>HbCO</b>	carboxyhémoglobine
<b>HTTP</b>	Hypertext Transfer Protocol
<b>IoT</b>	Internet of Things
<b>IP</b>	Internet Protocol
<b>ISM</b>	Industrielle, Scientifique et Médicale
<b>LAN</b>	Local Area Network
<b>LoRa</b>	Long Range
<b>LTE</b>	Long Term Evolution
<b>M2M</b>	Machine to Machine
<b>MQTT</b>	Message Queuing Telemetry Transport
<b>NFC</b>	Near Field Communication
<b>OAP</b>	Œdème Aigu Pulmonaire
<b>OC</b>	Objets Connecté
<b>PAN</b>	Personal Area Network
<b>PPM</b>	Partie Par Million
<b>QoS</b>	Quality of Service
<b>RF</b>	Radio Frequency
<b>RFID</b>	Radio Frequency IDentification
<b>RISC</b>	Reduced Instruction Set Computer
<b>RTOS</b>	Real Time Operating System
<b>TCP</b>	Transmission Control Protocol
<b>UDP</b>	User Datagram Protocol
<b>UHF</b>	Ultra Haute Fréquence
<b>UNB</b>	Ultra Narrow Band
<b>WAN</b>	Wide Area Network
<b>Wi-Fi</b>	Wireless Fidelity
<b>WiMax</b>	Worldwide Interoperability for Microwave Access
<b>WSN</b>	Wireless Sensor Network

# Introduction générale

Le domaine de sécurité humaine joue un rôle important dans le monde d'aujourd'hui et il est nécessaire que des systèmes de sécurité efficaces soient installés dans des environnements domestiques et industriels et dans des établissements d'éducation.

Actuellement, la tendance en technologies consiste à se servir des techniques sans fils tel que l'Internet des objets qui a été intégrée dans plusieurs domaines comme : l'armée, l'industrie, l'agriculture, etc. Internet des objets est un terme très vaste et riche. Il nous fait imaginer un monde entier qui est relié et peut se communiquer grâce à l'échange d'information entre ses objets.

Durant ces dernières années, des chiffres alarmants ont été enregistrés en Algérie sur le phénomène des décès par asphyxie par des gaz dangereux. Des centaines de citoyens trouvent la mort par intoxication au monoxyde de carbone (CO), ceci surtout à l'approche de chaque saison hivernale. Plusieurs raisons sont à l'origine de cette catastrophe, dont on peut citer : la mauvaise aération, la contrefaçon, les mauvaises installations et le non-respect des normes d'entretien. A ce risque s'ajoute aussi, le risque lié aux fuites du gaz naturel inflammable le méthane CH<sub>4</sub>, qui présente des risques d'explosion qui mettent les personnes et les meubles en danger.

Dans le but de lutter contre ces risques, le développement des microcontrôleurs sera exploité dans ce mémoire, pour concevoir un système peu coûteux basé sur : la carte NodeMCU et de capteur MQ, pour la mesure, la prévention et l'alerte en cas de fuite ou de présence de gaz toxiques, en minimisant les sources du problème et en alertant l'utilisateur d'une façon anticipée pour que sa réaction soit à temps et avant que les dégâts se produisent.

Le présent document s'articulera autour de trois chapitres :

- Le premier chapitre sera divisé en deux parties. Dans la première partie, une description générale sur le monoxyde de carbone, les critères de diagnostic et les traitements. Dans la deuxième partie, nous parlerons de l'internet des objets, son écosystème, ses composants et fonctionnalités, les protocoles utilisés dans l'IoT, les domaines d'application et enfin les défis et enjeux de l'internet des objets.
- Le deuxième chapitre sera consacré pour la présentation de matériels et de logiciels. Nous présentons ainsi en premier lieu le côté software : plateforme IoT, services web et Arduino. Suite le côté hardware : les composants essentiels de notre système tel que la carte de commande NodeMCU et le capteur de gaz toxique.
- Le troisième chapitre représentera la conception et la réalisation du système de mesure

de concentration de gaz pour l'alerte en cas de dépassement du seuil toléré. On a commencé par décrire le principe de notre système puis a détaillée les différentes étapes à suivre pour l'installation et la configuration des alertes.

Enfin, on terminera avec une conclusion générale qui résumera l'intérêt de notre étude : Motivations, buts ainsi que les perspectives d'amélioration du système.

# Gaz Toxique et Internet des objets

## Contents

---

<b>Partie 1 : Gaz toxique</b> . . . . .	<b>5</b>
<b>I.1 Introduction</b> . . . . .	<b>5</b>
<b>I.2 Monoxyde de carbone</b> . . . . .	<b>5</b>
<b>I.3 Physiopathologie</b> . . . . .	<b>5</b>
<b>I.4 Clinique</b> . . . . .	<b>6</b>
<b>I.5 Échelle de gravité</b> . . . . .	<b>6</b>
<b>I.6 Diagnostic</b> . . . . .	<b>6</b>
<b>I.7 Critères de diagnostic</b> . . . . .	<b>7</b>
I.7.1 Critère clinique . . . . .	7
I.7.2 Critère métrologique . . . . .	8
I.7.3 Critère biologique . . . . .	8
I.7.4 Critère technologique . . . . .	8
<b>I.8 Traitement</b> . . . . .	<b>9</b>
I.8.1 Traitement préventif . . . . .	9
<b>Partie 2 : Internet des objets</b> . . . . .	<b>10</b>
<b>I.9 Introduction</b> . . . . .	<b>10</b>
<b>I.10 Objet connecté (OC)</b> . . . . .	<b>10</b>
<b>I.11 Définition</b> . . . . .	<b>11</b>
<b>I.12 Ecosystème d'un réseau IoT</b> . . . . .	<b>11</b>
<b>I.13 Composants d'un objet connecté</b> . . . . .	<b>12</b>
I.13.1 Capteurs . . . . .	12
I.13.2 Actionneurs . . . . .	12
I.13.3 Sources d'énergie . . . . .	13
I.13.4 Connectivité . . . . .	13
<b>I.14 Fonctionnalité de l'internet des objets</b> . . . . .	<b>14</b>
I.14.1 Collecter / Actionner . . . . .	14
I.14.2 Communiquer . . . . .	14
I.14.3 Exécuter . . . . .	14
I.14.4 Visualiser . . . . .	15
<b>I.15 Architecture de l'Internet des objets</b> . . . . .	<b>15</b>
<b>I.16 Communication</b> . . . . .	<b>16</b>

I.16.1 Réseaux PAN . . . . .	16
I.16.2 Réseaux LAN . . . . .	19
I.16.3 Réseaux WAN . . . . .	21
I.16.4 Comparaison entre protocole . . . . .	23
<b>I.17 Adressage des objets connectées . . . . .</b>	<b>24</b>
I.17.1 IPv4 . . . . .	24
I.17.2 IPv6 . . . . .	24
I.17.3 IPv6/6LowWPAN . . . . .	24
<b>I.18 Transport de données . . . . .</b>	<b>24</b>
<b>I.19 Protocoles applicatifs . . . . .</b>	<b>25</b>
I.19.1 CoAP . . . . .	26
I.19.2 MQTT . . . . .	26
I.19.3 Comparaison entre CoAP et MQTT . . . . .	27
<b>I.20 Domaine d'application de l'IdO . . . . .</b>	<b>27</b>
<b>I.21 Enjeux et mise en place de l'IoT . . . . .</b>	<b>28</b>
<b>I.22 Défis de l'internet des objets . . . . .</b>	<b>29</b>
<b>I.23 Conclusion . . . . .</b>	<b>29</b>

---

## Partie 1 : Gaz toxique

### I.1 Introduction

L'intoxication au monoxyde de carbone (CO) demeure, en ce début de siècle, la première cause de morbidité et de mortalité d'origine toxique dans le monde.

Cette intoxication potentiellement létale peut être volontaire dans le cadre d'une tentative d'auto-lyse ; elle est néanmoins, en Europe, plus fréquemment accidentelle. L'intoxication au CO, dont le diagnostic est parfois difficilement porté du fait de son caractère insidieux, est un véritable problème de santé publique. Cette intoxication demeure peu connue de la population générale. Elle est parfois négligée ou non évoquée par certains médecins mal sensibilisés à ce diagnostic [1].

Le phénomène des décès par inhalation de gaz a atteint des proportions alarmantes en Algérie. À l'approche de chaque saison hivernale, des centaines de citoyens trouvent la mort par intoxication au monoxyde de carbone (CO) [2].

### I.2 Monoxyde de carbone

Le monoxyde de carbone (CO) est un gaz naturel présent physiologiquement dans l'organisme et dans l'atmosphère. Il a un rôle physiologique pour l'être humain à très faible concentration mais devient toxique, potentiellement mortel, à plus forte concentration.

Le CO est un gaz inodore, incolore, insipide, non irritant, non suffocant, inflammable et potentiellement détonant, identifié en 1799 par Priestley comme étant la cause de la nocivité des vapeurs résultant de la combustion du charbon. Il est relativement inerte en dehors d'interactions avec certains polluants comme l'ozone, et il faut des réactions particulières pour l'oxyder. Sa densité, très proche de celle de l'air, est de 0,967. Il diffuse très rapidement dans le milieu ambiant en occupant tout l'espace disponible, ce qui est potentiellement dangereux en milieu fermé [1].

### I.3 Physiopathologie

Le CO bloque le transport de l'O<sub>2</sub> vers les tissus. Sa toxicité tient à sa fixation sur les protéines comme la myoglobine mais surtout héminiques avec une affinité du CO pour l'hémoglobine (Hb) supérieure à celle de l'O<sub>2</sub>. Par ailleurs, les chaînes respiratoires mitochondriales sont aussi inhibées et responsables d'un stress oxydatif. Le CO provoque ainsi une hypoxie anémique doublée d'une hypoxie cellulaire. Les organes cibles cliniquement parlant s'avèrent être essentiellement le cerveau et les muscles (dont le myocarde). Chez la femme enceinte, le CO passant la barrière placentaire et ayant une affinité pour l'Hb fœtale encore plus accrue que pour les Hb de l'adulte, l'hypoxie fœtale peut être sévère, responsable de malformations, de retard de croissance voire de décès in utero [1].

## I.4 Clinique

La particularité clinique de l'intoxication au CO tient au caractère totalement aspécifique des signes fonctionnels et des symptômes qui la font méconnaître fréquemment si elle n'est pas suspectée sur des critères de collectivité ou de lieux d'exposition. Il faudra l'évoquer de principe en l'absence d'autres causes évidentes à ces tableaux.

Les formes dites bénignes peuvent présenter une asthénie/faiblesse musculaire, des céphalées, des troubles de l'équilibre, des nausées/vomissements, une confusion voire des pertes de conscience brèves. A un stade plus avancé, celles-ci se prolongent, pouvant aboutir à un véritable coma hypertonique avec des signes d'irritation pyramidale et/ou une comitialité. L'extraction du milieu contaminé (et a fortiori la mise sous O<sub>2</sub>) amendent rapidement ces signes et peut servir de test diagnostique. Des modifications de l'ECG aspécifiques, à type de troubles du rythme, de lésions d'ischémie, ne sont pas rares. Une atteinte de la fonction ventriculaire gauche est possible. Ces anomalies sont très fréquemment purement fonctionnelles (coronarographie normale) et très transitoires.

Les formes sévères de coma se compliquent de manifestations cardiovasculaires (collapsus, œdème pulmonaire) et, de façon non spécifiques de complications de décubitus (rhabdomyolyse, compression nerveuse, insuffisance rénale ...). Elles peuvent alors être responsables de décès secondaires. Les formes mortelles inaugurales posent le problème médico-légal de la cause et du risque de sur accident [1].

## I.5 Échelle de gravité

L'institut de veille sanitaire propose l'échelle de gravité suivante des symptômes. le monoxyde de carbone provoque des intoxications plus ou moins grave selon ça concentration et la durée d'exposition. le tableau ci-dessous indique les symptômes selon leur stade de gravité.

TABLE I.1 – Stades de gravité de l'intoxication au CO.

Gravité	Symptômes
0	Pas de symptômes
1	Inconfort, fatigue, céphalées
2	Nausées, vomissements, vertiges, malaise
3	Perte de connaissance, faiblesse musculaire, palpitations, tachycardie
4	Convulsions, coma, déficit localisé, OAP, angor, infarctus, choc, acidose métabolique

## I.6 Diagnostic

Le diagnostic d'intoxication au CO repose sur la présence de signes cliniques compatibles (à défaut d'être évocateurs puisque non spécifiques) associés à la mise en évidence de CO dans l'organisme ou dans l'environnement. La prise en compte des circonstances (collectivité, lieux clos, source de combustion ...) est donc primordiale pour l'évoquer. Le CO se dose dans l'atmosphère. Supérieur à 10 ppm, il est considéré anormal : de plus en plus d'équipes de

secours à domicile sont équipées de détecteur automatique de CO permettant une alarme, quantitative ou simplement qualitative selon les appareils. Des valeurs  $> 1000$  ppm exposent rapidement à un risque de sur accident chez les sauveteurs et imposent alors l'utilisation de mesures de protection en pré hospitalier. Le dosage de la carboxyhémoglobémie (HbCO), que le sang soit artériel ou veineux, est le test le plus couramment utilisé à l'hôpital [1].

Une valeur normale n'exclut aucunement le diagnostic : un délai suffisamment long entre la fin de l'exposition et le prélèvement ou l'administration préalable d'O<sub>2</sub> peuvent l'expliquer. Seule une valeur anormale a un intérêt. L'idéal est donc de faire réaliser dès le début de la prise en charge pré hospitalière un dosage qui sera techniqué à l'admission à l'hôpital. Le CO peut aussi être mesuré dans l'air expiré (rarement utilisé) ou, de plus en plus fréquemment, en pré hospitalier à l'aide d'un carboxymètre de pouls [1].

### I.7 Critères de diagnostic

Suspectez une intoxication au monoxyde de carbone si votre patient présente au moins 2 des critères de diagnostic suivants [3].

- Critère clinique
- Critère métrologique
- Critère biologique
- Critère technologique

#### I.7.1 Critère clinique

Au moins un des signes cliniques suivants. D'autant plus évocateurs en présence de symptômes collectifs [3].

- **Signes Initiaux**
  - Céphalées
  - Nausées
  - Vomissements
  - Vertiges
  - Faiblesse musculaire
  - Troubles du comportement
  - Troubles visuels
  - Hyper réflexivité tendineuse
- **Signes de gravité**
  - Coma hypertonique
  - Trismus
  - Convulsions
  - Hyperthermie
  - Sueurs et coloration " cochenille " des téguments (rare et grave)
  - Hypertension artérielle

- Troubles musculaires : rhabdomyolyse puis insuffisance rénale aiguë
- Détresse respiratoire
- Tachycardie - troubles du rythme - troubles diffus de la repolarisation - infarctus du myocarde possible
- **Facteurs aggravants**
  - Intoxication alcoolique ou médicamenteuse
  - Lésions traumatiques
  - Intoxication aux fumées d'incendie
  - Tares associées (comorbidité cardiopulmonaire)
  - Tabagisme

### I.7.2 Critère métrologique

Mesure du CO atmosphérique sur le lieu de l'intoxication par les services de secours  $\geq$  à 10 ppm [3].

### I.7.3 Critère biologique

Dans la mesure où le prélèvement est souvent réalisé à distance de l'intoxication, il n'y a pas de parallélisme entre la valeur mesurée et l'intensité du tableau clinique.

Pour cette raison, la carboxyhémoglobine ne possède pas de valeur diagnostique à elle seule. Elle intervient simplement comme outil d'aide au diagnostic : supérieure aux seuils ci-dessous, elle affirme l'intoxication, inférieure, aucune conclusion n'est possible. Le dosage de la carboxyhémoglobine (HbCO) se pratique sur sang veineux (tube héparine).

L'interprétation des résultats En faveur d'une intoxication est indiquée dans le tableau ci-dessous :

TABLE I.2 – Seuils d'intoxication.

	Présence de signes cliniques	Absence de signes cliniques
<b>Fumeur</b>	HbCO > à <b>6%</b>	HbCO > à <b>10%</b>
<b>Non-Fumeur</b>	HbCO > à <b>3%</b>	HbCO > à <b>6%</b>

### I.7.4 Critère technologique

Au moins une des situations suivantes :

- **Appareils ménagers à combustion défectueux** : Chaudière gaz, fioul, charbon, chauffe-eau ou chauffe-bains au gaz, cuisinière gaz ou charbon, convecteur fioul ou charbon.
- **Anomalies de l'installation ou de l'entretien** : Aération ou évacuation des gaz brûlés non conformes, défaut d'étanchéité ou obstruction des conduits.
- **Causes météorologiques** : Le redoux des températures associé à une humidité importante et un vent faible réduisent le tirage des conduits d'évacuation des gaz brûlés, augmentant le risque d'intoxication au CO surtout chez les utilisateurs d'un appareil de chauffage au charbon.

- **Usage d'appareil dangereux** : Brasero, poêle à pétrole ou au gaz non raccordé
- (Appareil de chauffage d'appoint mobile), groupe électrogène utilisé dans un lieu clos.

### I.8 Traitement

Le traitement repose sur l'éviction de l'exposition à la source de CO (aération des locaux, arrêt si possible de la source de CO, évacuation de la zone contaminée du patient ...), en prenant des précautions pour éviter un sur accident chez les sauveteurs.

L'O<sub>2</sub> pur est le traitement de l'intoxication au CO permettant non seulement d'oxygéner mais aussi de détoxifier les tissus. Réalisé au masque à haute concentration (10 L/min), il doit être prescrit au moins 12 heures et débuté dès la prise en charge sur les lieux de l'intoxication. Les formes les plus graves (perte de connaissance, coma, convulsions, atteinte cardiaque, femme enceinte) relèvent de l'oxygénothérapie hyperbare. Le traitement d'éventuelles défaillances d'organes est symptomatique et non spécifique. Les formes avec modifications ECG, a priori réversibles en moins de 24h sous O<sub>2</sub>, doivent être surveillées, sans recourir notamment en première intention à des examens agressifs (coronarographie, cardioversion ...). Les femmes enceintes doivent bénéficier d'une consultation obstétricale. Un signalement est obligatoire auprès de l'agence régionale de santé via les centres anti poisons et permet une enquête pour éviter les récurrences [1].

#### I.8.1 Traitement préventif

La prévention passe par l'information du public et des professionnels pour une sensibilisation sur les risques du CO. L'intérêt de l'entretien des systèmes de chauffage, de l'évacuation des fumées, de l'aération des logements, des signalements des cas (etc ...) est un enjeu de santé publique.

## Partie 2 : Internet des objets

### I.9 Introduction

Les objets connectés (Internet of Things ou IoT) peuvent donner l'impression de vivre dans un monde futuriste, mais il s'agit pourtant du présent. L'Internet des objets est un terme général décrivant tout appareil utilisé pour collecter des données du monde qui nous entoure, puis partager ces données sur Internet où les données peuvent être intelligemment traitées pour fournir des informations et des services.

Dès 2011, le nombre de dispositifs interconnectés avait dépassé le nombre de personnes sur Terre. En 2018, le nombre d'appareils interconnectés a été estimé à 30 milliards, et il devrait atteindre la valeur de 50 milliards d'ici la fin 2020 soit 6.58 objets par personne. Ces chiffres suggèrent que l'IoT sera l'une des principales sources de données volumétriques [4].

L'IoT s'agit d'une nouvelle façon d'interagir avec les objets qui peut changer nos vies radicalement. Ce peut être une personne avec un implant cardiaque qui transmet des données, un animal qui porte une puce intelligente, une voiture dotée de capteurs indiquant la pression des pneus ou tout autre objet, créé ou non par l'homme, auquel une adresse IP est assignée et qui peut transmettre des informations.

Aujourd'hui, l'IoT est une combinaison d'objets physiques qui ont une sorte de puissance de calcul, un certain niveau d'intelligence intégré à l'objet lui-même, des supports par lesquels l'objet peut être connecté à l'écosystème Internet, puis l'ensemble des machines informatiques d'Internet ... aller jusqu'aux appareils et ordinateurs des utilisateurs [5]. Ces objets ou appareils ont des identités uniques.

L'Internet des objets (IoT) résume une vision d'un monde dans lequel des milliards d'objets se connecteront sur des réseaux IP (Internet Protocol) pour créer un environnement intelligent. Ces appareils ou gadgets sont généralement connectés à des microcontrôleurs, capteurs, actionneurs et connectivité Internet. Ces gadgets peuvent inclure des articles ménagers réguliers comme des machines à laver, des réfrigérateurs, des systèmes de sonorisation, des cafetières.

### I.10 Objet connecté (OC)

Un objet connecté est un objet physique équipé de capteurs ou d'une puce qui lui permettent de transcender son usage initial pour proposer de nouveaux services. Il s'agit d'un matériel électronique capable de communiquer avec un ordinateur, un smartphone ou une tablette via un réseau sans fil (Wi-Fi, Bluetooth, réseaux de téléphonie mobile, réseau radio à longue portée de type Sigfox ou LoRa, etc.), qui le relie à Internet ou à un réseau local.

L'intégration d'une connexion internet à un objet l'enrichi en termes de fonctionnalités et d'interaction avec son environnement, cela en fait un OC enrichi (ECO) : par exemple, l'intégration d'une connexion Internet à un système d'arrosage le rendra accessible à distance.

Un objet connecté (CO) comprend trois éléments clés [6] :

- Les données générées ou reçues, stockées ou transmises.
- Des algorithmes pour traiter ces données.
- L'écosystème dans lequel il va réagir et s'intégrer.

Les propriétés d'utilisation d'un CO sont [6] :

- L'ergonomie (convivialité, ouvrabilité, etc.).
- Esthétisme (formes, couleurs, sons, sensations, etc.).
- Usage (histoire culturelle, profil, matrice sociale, etc.).
- Métamorphisme (adaptabilité, personnalisation, modulation, etc.).

## I.11 Définition

Le CERP-IoT, Cluster des projets européens de recherche sur l'Internet des objets, définit l'Internet des objets comme : "une infrastructure dynamique d'un réseau global. Ce réseau global a des capacités d'auto-configuration basée sur des standards et des protocoles de communication interopérables. Dans ce réseau, les objets physiques et virtuels ont des identités, des attributs physiques, des personnalités virtuelles et des interfaces intelligentes, et ils sont intégrés au réseau d'une façon transparente" [7].

Cette vision de l'Internet des objets introduira une nouvelle dimension aux technologies de l'information et de la communication : en plus des deux dimensions temporelle et spatiale qui permettent aux personnes de se connecter de n'importe où à n'importe quel moment, nous aurons une nouvelle dimension " objet " qui leur permettra de se connecter à n'importe quel objet [7]. La figure ci-dessous montre ces trois dimensions.

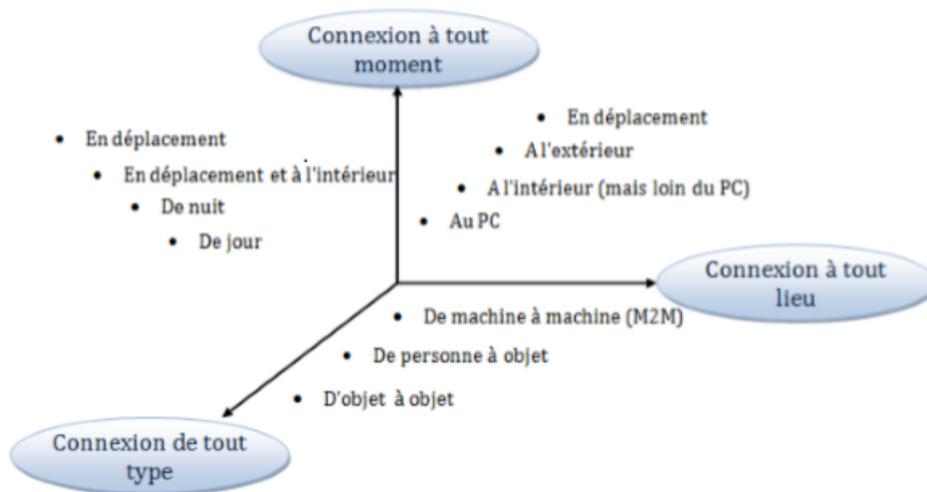


FIGURE I.1 – Dimensions de l'IoT

## I.12 Ecosystème d'un réseau IoT

L'objet connecté est une partie essentielle de l'écosystème de l'IoT. Comme il y a d'autres parties avant l'objet et après la connectivité, il se décompose en cinq parties essentielles [8] :

- **Chipset** : des puces et des modules électroniques qui constituent les capteurs et les transmetteurs électroniques assemblés composeront les objets connectés.
- **Objet connecté** : composé de chipset, dispose d'un système d'exploitation qui permettra de gérer au mieux la collecte des données.
- **Opérateur réseaux** : il faut relier les objets avec un opérateur réseau pour assurer la connectivité et l'échange de données de l'objet vers le destinataire.
- **Plateforme** : stocke et analyse les données émises par les objets connectés et de les traiter afin de les rendre exploitables par les applications métiers du client final.
- **L'Application** : l'application utilise les données d'objets connectés et les traduit en information exploitables.

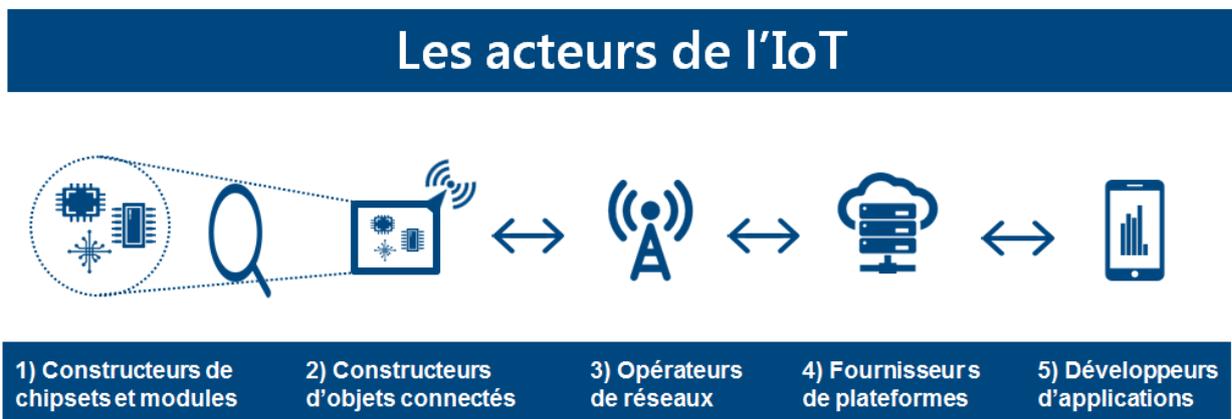


FIGURE I.2 – Acteurs de l'IdO

## I.13 Composants d'un objet connecté

Les technologies permettant l'IoT se composent essentiellement de quatre fonctions principales : détection, communication, contrôle et actionneurs qui ont une grande analogie avec le corps humain [9]. La figure (I.3) illustre les composants d'un objet connecté.

### I.13.1 Capteurs

Sont des composants essentiels et intelligents dans un système IoT, les capteurs IoT sont généralement de petite taille, à faible coût et consomment moins d'énergie. Ils détectent les données du lieu de l'objet à mesurer et les transforment en données utiles.

### I.13.2 Actionneurs

Sont des dispositifs qui peuvent modifier l'environnement en convertissant de l'énergie électrique en une énergie utile. On cite quelques exemples comme les éléments de chauffage ou de refroidissement, les haut-parleurs et les moteurs.

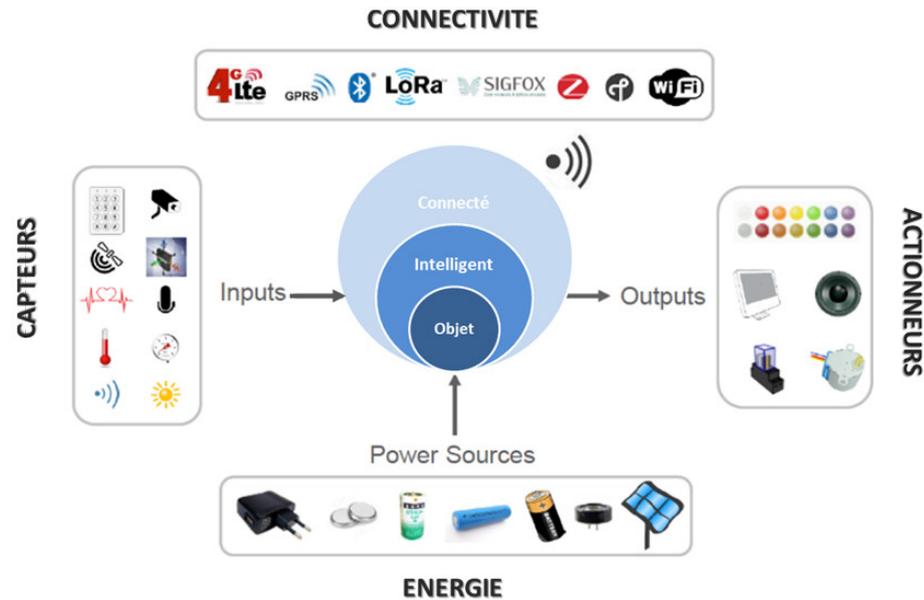


FIGURE I.3 – Fonctions de l'objet connecté

### I.13.3 Sources d'énergie

L'énergie est un des grands défis des objets connectés, tant pour garantir la plus grande durée de vie possible sans maintenance, que pour garantir un respect environnemental malgré la multiplication des objets connectés énergivores qui envahissent nos espaces personnels et professionnels.

Les sources d'énergie sont de 4 types :

- **Alimentation filaire** : pour les objets ayant accès à une prise de courant.
- **Piles ou batteries** : pour ceux qui n'y ont pas accès ou de manière occasionnelle (recharge).
- **Capteurs d'énergie** : ou " energy harvesting " pour rallonger la durée de vie des objets à très faible consommation (photovoltaïque, piézoélectrique, thermoélectrique, cinétique ...).
- **Objets passifs sans piles** : qui sont alimentés par les ondes électromagnétique des lecteurs (RFID, NFC ...).

### I.13.4 Connectivité

La connectivité de l'objet est assurée par une petite antenne Radio Fréquence qui va permettre la communication de l'objet vers un ou plusieurs réseaux. Les objets pourront d'une part remonter des informations telles que leur identité, leur état, une alerte ou les données de capteurs, et d'autre part recevoir des informations telles que des commandes d'action et des données. Le module de connectivité permet aussi de gérer le " cycle de vie de l'objet ", c'est-à-dire, l'authentification et l'enregistrement dans le réseau, la mise en service, la mise à jour et la suppression de l'objet du réseau.

## I.14 Fonctionnalité de l'internet des objets

L'écosystème internet des objets intègre divers technologies et domaines de compétences. Un système IoT constitué généralement, du hardware, du software, des protocoles de communication, du Cloud et du mobile.

Un système IoT se décompose en quatre fonctionnalités comme la montre la figure ci-dessous [10].

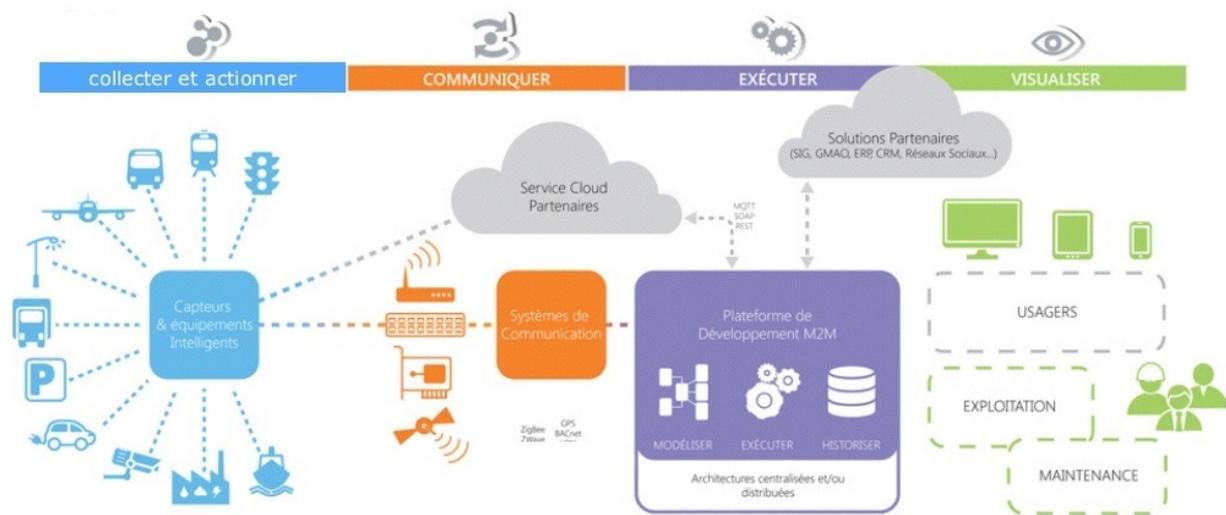


FIGURE I.4 – Fonctionnalités d'un écosystème IoT

### I.14.1 Collecter / Actionner

On est à la première couche au niveau des objets connectés. Qui peuvent être des capteurs qui captent des mesures de l'environnement physique (température, humidité) et des actionneurs qui ont le pouvoir d'agir sur l'environnement (des moteurs pour fermer ou ouvrir le volet de la chambre). Certains objets sont dotés de capacités et de ressources matérielles nécessaires qui leur permettent de se connecter directement à Internet. Mais généralement, ayant des contraintes matérielles, les objets connectés implémentent des protocoles de communication à basse énergie / bas débit et utilisent une Gateway pour pouvoir se connecter à internet cette Gateway peut être un Smartphone, une Arduino ou une Raspberry pi ... [10].

### I.14.2 Communiquer

À cette étape que se passe l'envoi des données du LAN vers le Cloud. On utilise le protocole UDP à cause des ressources limitées des objets connectés.

Deux types distincts d'architecture sont utilisés lors de la communication : l'architecture Request/Response et l'architecture Publish/Subscribe (qui sont détaillés dans la section " Protocoles applicatifs ").

### I.14.3 Exécuter

Cette étape s'occupe du stockage et du traitement des données. C'est en cette étape que rentre en jeu la Plate-forme IoT qui est une solution Cloud qui a pour fonction de

connecter plusieurs objets connectés, de traiter et de stocker leurs données, les analyser et les exposer à travers les différentes applications. Les plateformes IoT permettent aussi de faire communiquer des objets qui utilisent des protocoles différents [10].

### I.14.4 Visualiser

Cette étape a pour tâche d'afficher les services des objets connectés à travers différentes applications dédiées. Un utilisateur, à travers une application mobile, peut communiquer avec ses objets en consultant leurs données ou bien en envoyant des actions vers ses objets [10].

## I.15 Architecture de l'Internet des objets

L'architecture d'un réseau IoT est composée de plusieurs niveaux qui communiquent entre eux selon certaines réglementations pour relier les objets au monde virtuel, ces niveaux sont principalement des composants sur les quelles une architecture est encadrée [8].

Étant donné que l'IoT a connecté des milliards d'appareils et utilise de nombreuses technologies de calcul et de communication, une architecture clairement stratifiée serait bien pour comprendre l'IoT à un niveau élevé. Il existe un modèle à 5 couches pour l'IoT, à savoir la couche de perception, la couche réseau, la couche middleware, la couche application et la couche Business [11].

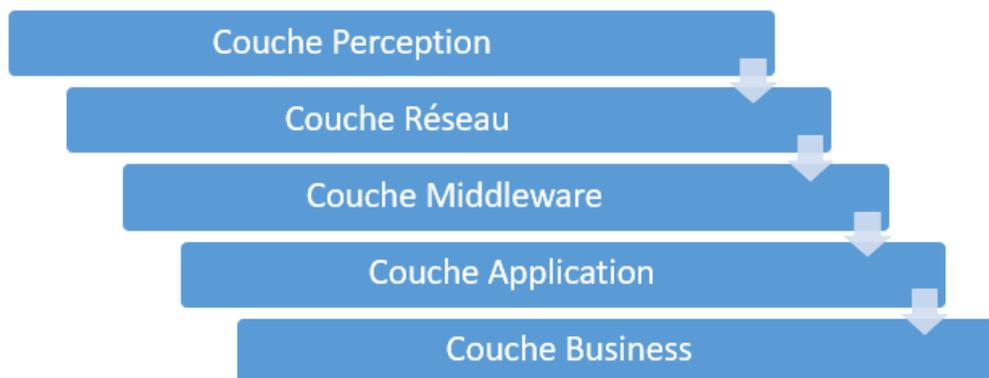


FIGURE I.5 – Architecture de l'IoT

#### A) **Couche Perception :**

Est une couche périphérique / objet. Elle est composée d'appareils physiques. Cette couche gère l'identification de l'appareil et la collecte de données. Les données collectées sont envoyées à la couche suivante, c'est-à-dire la couche réseau, pour un traitement ultérieur des données.

#### B) **Couche réseau :**

Est également appelée " couche de transmission ". Elle envoie en toute sécurité les données des appareils à un système de traitement de données de manière filaire ou sans fil.

#### C) **Couche middleware :**

Se compose d'une variété de périphériques. Les appareils IoT servent à divers services et ne communiquent qu'avec ceux de la même description de service. Cette couche est en charge de la gestion des services et d'une base de données. Il reçoit les données de la couche réseau et les enregistre dans la base de données. Il traite ensuite les données pour prendre les décisions correspondantes.

**D) Couche application :**

Offre la gestion des applications basées sur les données traitées dans la couche middleware et fournit les services demandés par les clients.

**E) Couche Business :**

Gère le système IoT global, y compris les applications et les services. Il aide les entreprises à créer des modèles commerciaux, à obtenir des résultats d'analyse et à déterminer les stratégies futures.

## I.16 Communication

Tous les appareils IoT nécessitent un mécanisme pour envoyer ou recevoir des données. Il existe de nombreuses options disponibles pour connecter des appareils à Internet, notamment des options filaires et sans fil, Bluetooth, les réseaux cellulaires et bien d'autres. L'option que vous choisissez dépend de divers facteurs, tels que [5] :

- Échelle et taille du réseau sur lequel l'application s'exécutera
- Quantité de données à traiter et à transférer
- Emplacement physique de l'appareil

### I.16.1 Réseaux PAN

#### Bluetooth

Bluetooth est un protocole de communication sans fil largement utilisé de nos jours pour connecter des appareils entre eux. Il a été introduit pour la première fois en 1989 par Nick Rydbeck et Johan Ullmann. Il utilise des ondes électromagnétiques (EM) avec des fréquences comprises principalement entre 2,4 GHz et 2,485 GHz. Il est basé sur une configuration maître-esclave dans laquelle la communication est établie entre un maître et jusqu'à sept esclaves maximum [9].

#### Zig Bee

Zig Bee est une technologie de communication pour le transfert de données dans les réseaux sans fil. Il offre une connexion basse consommation. De plus, il est conçu pour les systèmes de commande multicanaux, les systèmes d'alarme et la commande d'éclairage. De plus, Zig Bee est plus économique que le Wi-Fi et le Bluetooth car il consomme moins d'énergie. De plus, il garantit que les réseaux restent opérationnels dans des conditions de qualité en constante évolution entre les nœuds de communication [9].

La figure (I.6) montre la topologie utilisée par le réseau zigbee, qui est une topologie en étoile.

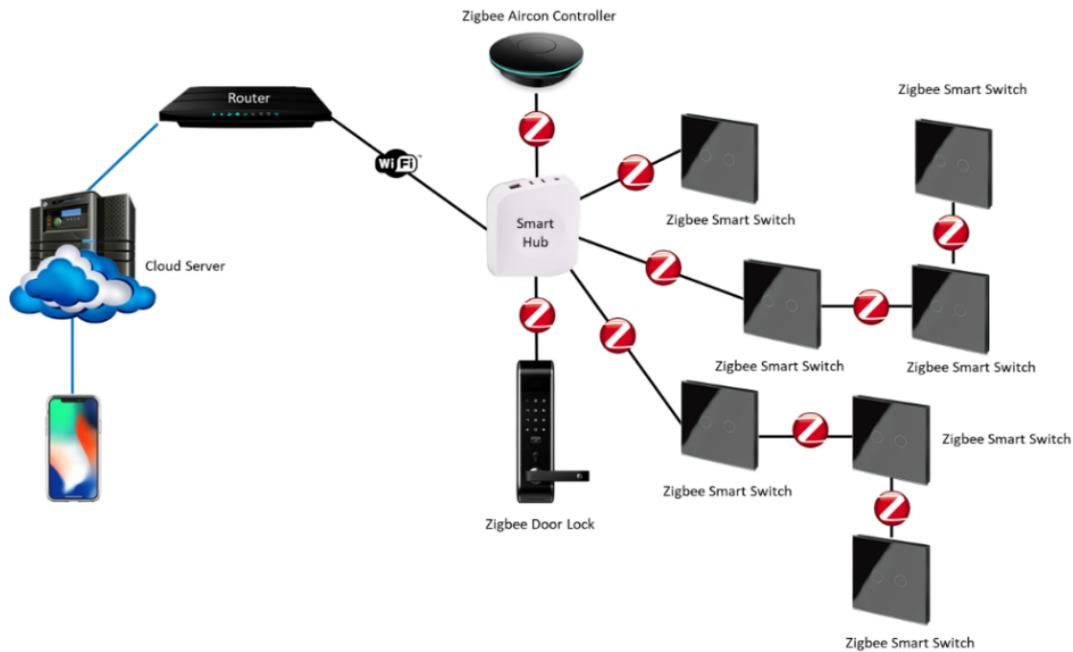


FIGURE I.6 – Topologie ZigBee

### Z-Wave

Z-Wave est une technologie de communication RF à faible puissance qui est principalement conçue pour la domotique pour des produits tels que les contrôleurs de lampes et les capteurs, entre autres. Optimisé pour une communication fiable et à faible latence de petits paquets de données avec des débits allant jusqu'à 100 kbits / s, il fonctionne dans la bande inférieure à 1 GHz et est imperméable aux interférences du Wi-Fi et d'autres technologies sans fil dans la gamme 2,4 GHz comme Bluetooth ou Zig Bee. Il prend en charge les réseaux maillés complets sans avoir besoin d'un nœud de coordination et est très évolutif, permettant de contrôler jusqu'à 232 appareils [9].

Un exemple d'utilisation de la technologie zwave est illustré dans la figure (I.7)

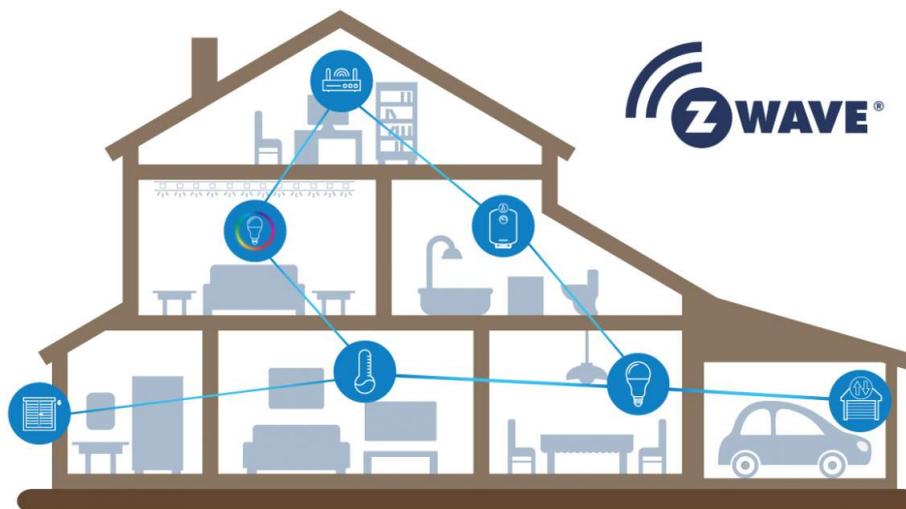


FIGURE I.7 – Réseaux Z-wave

## WSN

Un réseau de capteurs sans fil WSN (Wireless Sensor Network) est un ensemble de capteurs distribués qui surveillent les conditions physiques ou environnementales, telles que la température, le son et la pression. Les données de chaque capteur transitent par le réseau de nœud à nœud. Les réseaux utilisent généralement des appareils à faible consommation. Il peut consister en un ou plusieurs capteurs et peut être de type différent de capteurs. Un nœud de capteur est généralement un petit appareil électronique équipé de : microcontrôleur à faible coût avec une très faible consommation d'énergie, un ou plusieurs capteurs qui recueillent des données d'intérêt de l'environnement, batterie limitée qui n'est ni remplacée ni rechargée comme source d'alimentation, mémoire flash et émetteur-récepteur qui utilise la radiofréquence (RF) pour la communication avec d'autres nœuds. Le laser et l'infrarouge peuvent également être utilisés pour la communication au lieu de la RF dans certaines applications WSN, mais ils sont sensibles aux conditions atmosphériques et nécessitent également une ligne de vue [9].

Il y a quatre composants de base dans un réseau de capteurs [12], illustrer dans la figure (I.8) :

- Ensemble de capteurs distribués ou localisés ;
- Réseau d'interconnexion (habituellement, mais pas toujours, sans fil)
- Point central appelé puits (Sink) pour le regroupement et le traitement de l'information
- Ensemble de ressources informatiques déployées sur le Sink pour traiter les données, l'évolution des événements, le statut requêtes.

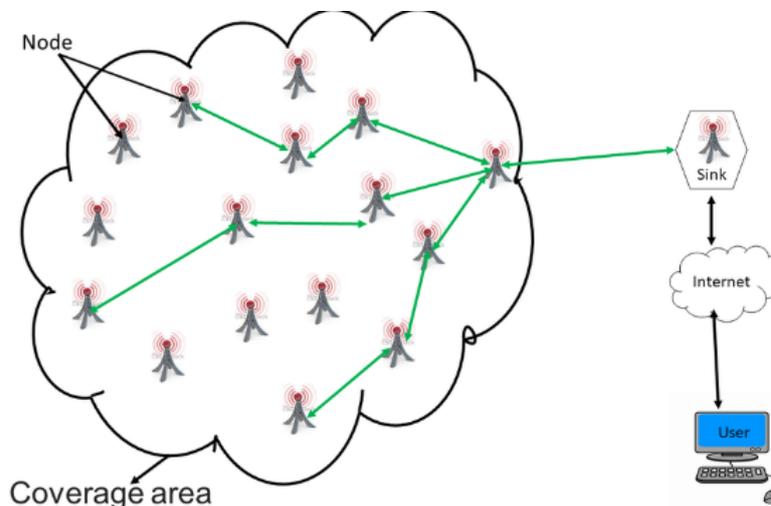


FIGURE I.8 – Réseaux WSN

## RFID

Une étiquette RFID (étiquettes d'identification par radiofréquence) transporte des données et les envoie par ondes radio à un lecteur RFID qui les lit. Il ne nécessite pas de communication étroite entre l'étiquette et le lecteur ; au lieu de cela, il peut s'identifier à distance sans aucun facteur humain. Il existe deux configurations RFID courantes : proche et éloignée. La première configuration utilise un lecteur RFID qui a une bobine à travers

laquelle le courant alternatif passe et génère donc un champ magnétique. L'étiquette doit avoir une bobine plus petite qui génère du potentiel en raison des changements dans le champ magnétique. Il est ensuite couplé à un condensateur pour alimenter une puce d'étiquette. Pendant ce temps, cette dernière configuration a un lecteur et une étiquette avec antenne dipôle dans laquelle se propagent les ondes EM [9].

la figure (I.9) montre le fonctionnement d'un système RFID.

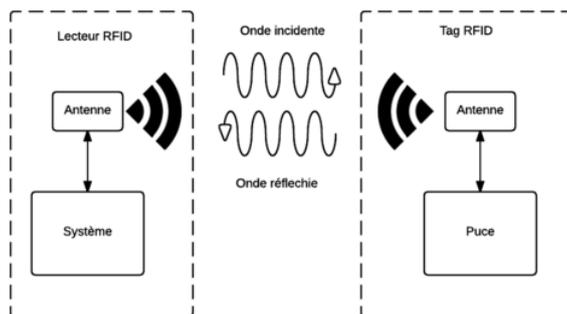


FIGURE I.9 – Système RFID

## NFC

NFC (Near Field Communication) est une technologie de communication sans fil à très courte portée qui permet la transmission de données entre les appareils en les touchant ou en les rapprochant de quelques pouces comme la montre la figure (I.10). La NFC utilise des principes technologiques similaires en RFID. Cependant, il n'est pas seulement utilisé pour l'identification mais aussi pour une communication bidirectionnelle plus élaborée. NFC a une balise qui peut contenir une petite quantité de données [9].

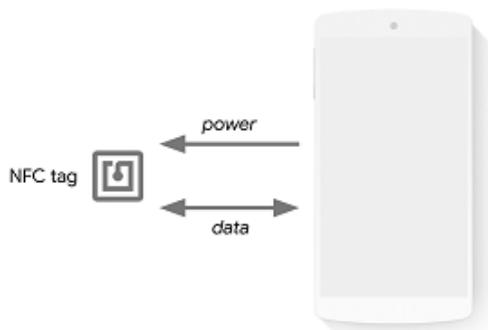


FIGURE I.10 – NFC

## I.16.2 Réseaux LAN

### Wifi

Wi-Fi (Wireless Fidelity) est un protocole de communication simple et peu coûteux qui connecte des appareils électroniques à Internet à l'aide d'un routeur sans fil. Ce routeur reçoit le signal et envoie les informations à Internet via Ethernet. Le Wi-Fi est principalement

utilisé en remplacement des câbles haute vitesse dans les zones locales. La dernière version du Wi-Fi de nos jours est le 802.11 ac, qui a une très grande vitesse allant de 433 Mbps à des giga-octets par seconde, et offrant une large bande passante (80 MHz et 160 MHz) [9].

La figure (I.11) montre l'installation de la technologie wifi.

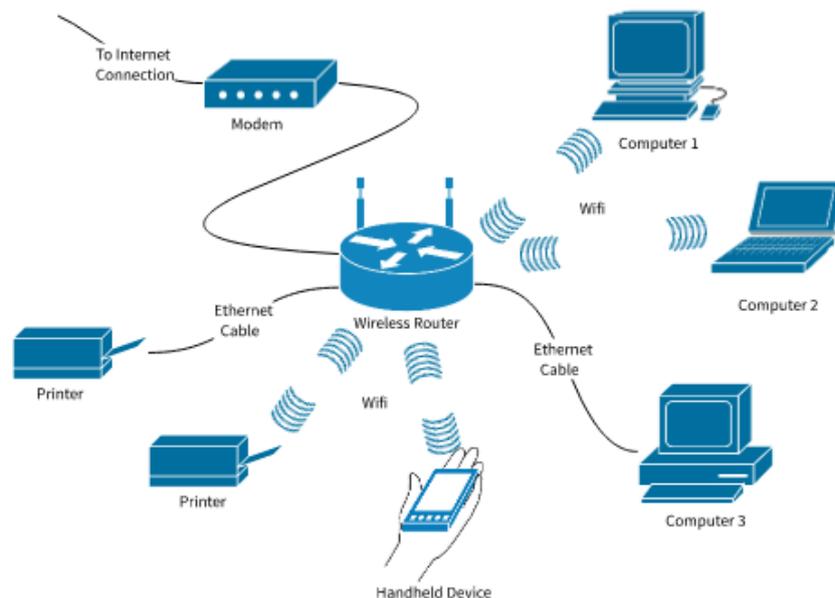


FIGURE I.11 – Réseau WiFi

## WiMax

Le WiMax n'est pas une technologie de remplacement du Wi-Fi - alors que le Wi-Fi est la norme mondiale pour l'interconnexion sans fil des appareils des utilisateurs finaux, le WiMax a remédié à une déficience technique spécifique du Wi-Fi pour l'interconnexion de plusieurs sites. Le principal inconvénient de la technologie Wi-Fi pour une connexion point à multipoint est qu'il s'agit d'un type de protocole sans connexion appelé CSMA/CA.

WiMax a principalement résolu ce problème en adoptant un protocole orienté-connexion, qui utilise un algorithme de planification. Contrairement à un réseau Wi-Fi, dans WiMax, vous devez définir et configurer chaque station d'abonné sur la station de base, y compris en spécifiant quelle bande passante chaque station d'abonné doit être donnée. Ce faisant, la station de base connaît le nombre exact de stations d'abonnés et alloue à chacune une tranche de temps (intervalle de temps). Ce protocole synchronise la transmission des données entre toutes les stations du réseau et élimine totalement les problèmes de collision d'un réseau Wi-Fi. Cela permet une connexion efficace et fiable jusqu'à 80 abonnés sur un réseau WiMax avec une qualité de service (QoS) garantie, tandis que sur un réseau Wi-Fi extérieur, l'ajout de plus de 10 CPE entraînerait une grande carence avec une qualité de service imprévisible [9].

La figure (I.12) représente l'installation du réseau WiMax pour couvrir une zone donnée.



FIGURE I.12 – Réseau WiMax

### I.16.3 Réseaux WAN

#### 5G

La 5G est le protocole de données le plus récent utilisé dans les smartphones et devrait être plus qu'une nouvelle génération. Il introduira une nouvelle ère de connectivité car il offrira des vitesses de plus de 100 mégabits par seconde, une bande passante de données de plus et moins de retard grâce à l'intelligence informatique intégrée qui gère les données très efficacement. Ainsi, il connectera des milliards d'appareils de la manière la plus rapide, la plus fiable et la plus efficace. En conséquence, la 5G devrait porter l'IoT à un nouveau niveau révolutionnaire et étendre son utilisation de plus en plus [9].

La figure (I.13) montre le déploiement de la technologie 5G.

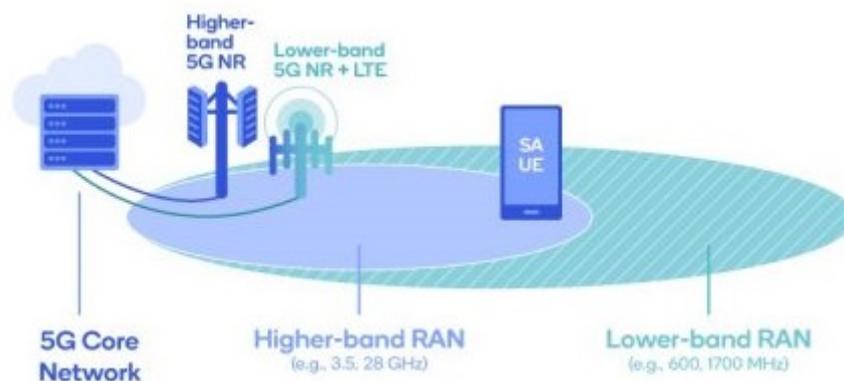


FIGURE I.13 – 5G

#### Sigfox

(WiMax pour IoT) Il utilise les bandes ISM. L'idée pour Sigfox est que pour de nombreuses applications M2M qui fonctionnent sur une petite batterie et ne nécessitent que de faibles niveaux de transfert de données, la portée du Wi-Fi est trop courte tandis que le

cellulaire est trop cher et consomme également trop d'énergie. Sigfox utilise une technologie appelée Ultra Narrow Band (UNB) et est uniquement conçue pour gérer de faibles vitesses de transfert de données de 10 à 1000 bits par seconde. Il consomme seulement 50 microwatts contre 5000 microwatts pour la communication cellulaire [9].

La figure (I.14) illustre un réseau Sigfox.



FIGURE I.14 – Sigfox

## LoRaWAN

LoRaWAN cible les applications de réseau étendu (WAN) et est conçu pour fournir aux WAN de faible puissance les fonctionnalités spécifiquement nécessaires pour prendre en charge la communication bidirectionnelle sécurisée mobile à faible coût dans l'IoT, le M2M et les applications urbaines et industrielles intelligentes. Optimisé pour une faible consommation d'énergie et prenant en charge de grands réseaux avec des millions et des millions d'appareils, les débits de données varient de 0,3 à 50 kbps [9].

La figure ci-dessous montre l'architecture d'un réseau LoRaWAN.



FIGURE I.15 – LoRaWAN

## Neul

Similaire dans son concept à Sigfox et fonctionnant dans la bande inférieure à 1 GHz, Neul exploite de très petites tranches du spectre d'espace TV pour offrir des réseaux sans

fil hautement évolutifs, à couverture élevée, à faible puissance et à faible coût. Les systèmes sont basés sur la puce Icen1, qui communique en utilisant la radio à espace blanc pour accéder au spectre UHF de haute qualité, désormais disponible en raison de la transition de la télévision analogique à la télévision numérique. La technologie de communication est appelée Weightless, qui est une nouvelle technologie de réseau sans fil étendu conçue pour l'IoT qui rivalise largement avec les solutions GPRS, 3G, CDMA et LTE WAN existantes. Les débits de données peuvent aller de quelques bits par seconde jusqu'à 100 kbps sur la même liaison unique ; les appareils peuvent consommer aussi peu que 20 à 30 mA à partir de 2 piles AA, ce qui signifie 10 à 15 ans sur le terrain [9].

La figure (I.16) montre l'installation d'un réseau Neul en utilisant la radio à espace blanc.

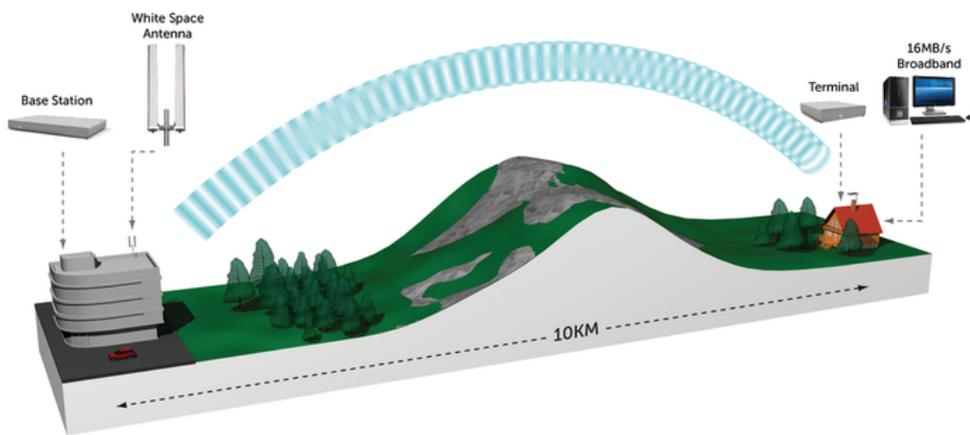


FIGURE I.16 – Neul

### I.16.4 Comparaison entre protocole

Le tableau ci-dessous nous aide à comparer les différentes technologies selon divers facteurs : portée, débit et consommation. Ces facteurs influents sur le choix de technologie à utiliser.

TABLE I.3 – Comparaison entre protocoles de l'IoT

	Fréquence	Portée	Débit	Consommation
Bluetooth	2.4 GHz	50 - 150 m	1 Mbps	30 mA
Zig Bee	2.4 GHz	10 - 100 m	250 Kbps	30 mA
Z-Wave	900 MHz	30 m	100 Kbps	2.5 mA
WIFI	2.4 GHz et 5 GHz	50 m	600 Mbps	Haute
Cellular (4G)	2.1 GHz	200 Km	3 - 10 Mbps	Haute
RFID	Plusieurs	200 m	4 Mbps	Faible
NFC	13.56 MHz	10 cm	100 - 420 Kbps	50 mA
Sigfox	900 MHz	30 - 50 Km	1 Kbps	100 mA
Neul	900 MHz	10 Km	100 Kbps	100 mW
LoRaWAN	Plusieurs	2 - 5 Km	50 Kbps	100 mW

## I.17 Adressage des objets connectés

### I.17.1 IPv4

L'Internet of Things basé sur IP envisagé se composera de milliards d'appareils connectés. Cette stratégie sans précédent a été prise en compte dans la conception d'un réseau mondial d'objets intelligents. D'une part, il est nécessaire d'aborder chaque objet intelligent individuellement (et globalement). D'autre part, l'utilisation d'IPv4 ne peut pas être une approche à long terme. L'épuisement des adresses IPv4 rend impossible l'attribution d'adresses IPv4 publiques aux objets. L'utilisation d'IPv4 nécessiterait l'introduction de techniques NAT afin de fournir un espace d'adressage étendu aux objets intelligents. Cela impliquerait une gestion complexe de la configuration pour assurer l'accessibilité des objets intelligents. Par conséquent, l'évolutivité, la gérabilité et la facilité de déploiement des objets intelligents seraient menacées [13]

### I.17.2 IPv6

À partir de ces considérations, la seule solution réalisable pour créer un IoT global, durable et évolutif est d'adopter IPv6 au niveau de la couche réseau. En particulier, IPv6 fournit quelques fonctionnalités bénéficiaires qui facilitent son adoption :

- Les adresses font 128 bits, ce qui permet d'attribuer environ  $3,4 \times 10^{38}$  adresses IP uniques.
- Intègre IP Sec pour la sécurité.
- Fournit des adresses de liaison locale et globale, dérivées de l'adresse MAC de l'appareil, avec un préfixe de  $fe80 :: / 10$ , ou fournies par le routeur du réseau.

### I.17.3 IPv6/6LowWPAN

Grâce à son grand espace d'adressage, IPv6 permet l'extension d'Internet à n'importe quel appareil et service. Des expériences ont démontré l'utilisation réussie d'adresses IPv6 pour des déploiements à grande échelle de capteurs dans des bâtiments intelligents, des villes intelligentes et même avec du bétail. IPv6 offre d'autres avantages en plus d'un espace d'adressage plus grand, par exemple, en permettant des techniques d'allocation d'adresses hiérarchiques qui limitent l'expansion des tables de routage, un adressage multidiffusion simplifié et étendu et une optimisation de la prestation de services. La mobilité, la sécurité et la configuration des périphériques ont été prises en compte dans la conception d'IPv6. IPv6 offre un schéma d'adresses hautement évolutif. 6LowWPAN est IPv6 sur un réseau personnel sans fil à faible puissance. IPv6 est considéré comme le meilleur protocole de communication dans le domaine IoT en raison de son évolutivité et de sa stabilité [9].

## I.18 Transport de données

Les scénarios IoT nécessitent généralement des approches de communication éco énergétiques, légères et peu gourmandes en ressources processeur. Ceci est le résultat des capacités limitées des objets intelligents. Pour ces raisons, UDP est le choix typique pour la communication de couche transport dans l'IoT. Bien sûr, ce choix se traduit par l'impossibilité de profiter des fonctionnalités intéressantes fournies par TCP, telles que la retransmission, la

commande et le contrôle de la congestion, qui doivent être implémentées dans une couche supérieure si une application en a besoin [13].

## I.19 Protocoles applicatifs

Ci-dessus, quelques protocoles applicatifs. Ces protocoles sont conçus spécifiquement pour les équipements à ressources limitées en capacité mémoire, en puissance de calcul et en énergie. On va se baser sur deux types distincts d'architecture : l'architecture Request/Response et l'architecture Publish/Subscribe [10].

### L'architecture Request/Response

L'architecture utilisée quand on consulte un site web le client (navigateur web) émet des requêtes à destination du serveur qui héberge le site web qui à son tour lui répond au contenu demandé. Le protocole http repose sur cette architecture.

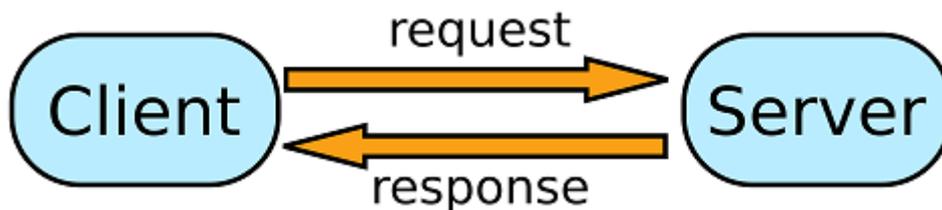


FIGURE I.17 – Architecture Request/Response

### L'architecture Publish/Subscribe

Permet, quant à elle, à un client « publisher », (ex capteur de température) de publier un message sur le réseau sans se soucier des destinataires du message ; Le client « publisher » publie son message sur un topique auquel peuvent être abonnés les clients qui souhaitent recevoir le message. Les clients abonnés au topique sont les « subscribers » de ce topique. Des mécanismes permettent de réserver la souscription aux topics aux seuls clients autorisés. Le lien entre les « publishers » (ceux qui publient) et les « subscribers » (ceux qui souscrivent) est assuré par un « broker » dont la principale fonction est de distribuer les messages publiés sur un topique aux abonnés de ce topique (les subscribers).



FIGURE I.18 – Architecture Publish/Subscribe

### I.19.1 CoAP

CoAP est conçu pour s'adapter aux contraintes énergétiques et à la faible puissance de traitement des appareils IoT. Il décrit un protocole de transfert Web lié au protocole de datagramme utilisateur le plus adapté aux applications IoT.

CoAP modifie les fonctionnalités du protocole de transfert hypertexte, en fonction des exigences des dispositifs IoT. Il est divisé en une sous-couche de messagerie et une sous-couche de demande / réponse. La sous-couche de messagerie identifie les doublons et fournit une communication fiable. La sous-couche demande / réponse offre des services aux utilisateurs.

CoAP utilise quatre types de messages : confirmable, non confirmable, reset et acquittement. Il existe quatre types de modes de réponse dans CoAP. Le premier est le mode de réponse distinct qui est utilisé lorsque le serveur doit attendre un certain temps avant de répondre au client. Dans le mode de réponse non confirmable, le client envoie les données sans attendre d'avis de réception. Tout comme HTTP, CoAP utilise des méthodes telles que GET, PUT, POST et DELETE. CoAP comprend des fonctionnalités telles que l'observation des ressources, le transport des ressources par bloc et la découverte des ressources [9].

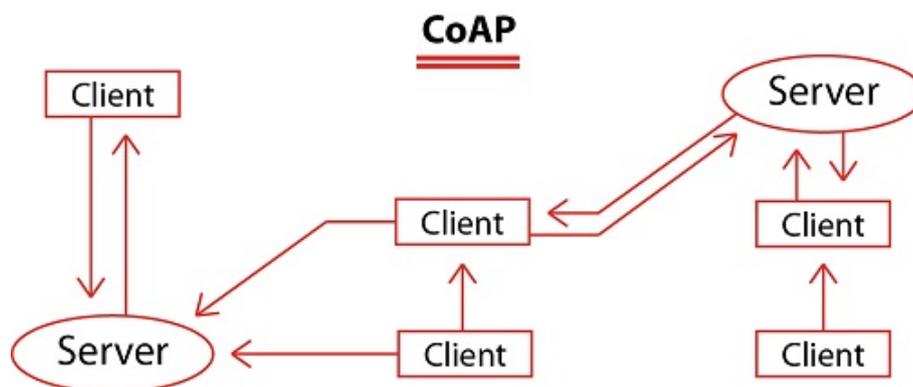


FIGURE I.19 – Protocole CoAP

### I.19.2 MQTT

Le transport de télémétrie de file d'attente de messages (MQTT) est un protocole de messagerie qui permet les connexions entre les appareils IoT. Il utilise un mécanisme de routage qui en fait un protocole de connexion optimal pour M2M.

MQTT comprend trois composants : un abonné, un courtier et un éditeur. Le dispositif IoT souhaitant communiquer peut s'inscrire en tant qu'abonné pour certains sujets et est informé par le courtier lorsque les éditeurs publient des sujets d'intérêt. L'éditeur est responsable de la transmission de ces informations aux appareils IoT intéressés via le courtier, qui est responsable de la sécurité et de l'authentification.

Le modèle d'abonné éditeur permet aux clients MQTT de communiquer un à un, un à plusieurs et plusieurs à un [9].

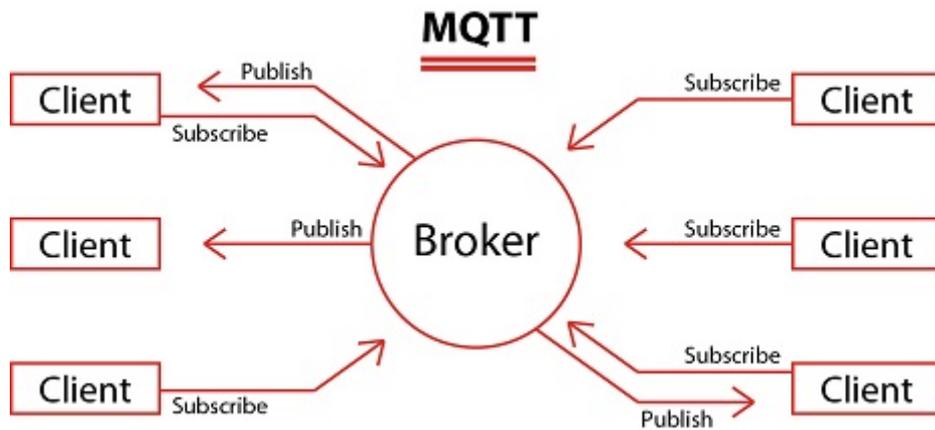


FIGURE I.20 – Protocole MQTT

### I.19.3 Comparaison entre CoAP et MQTT

Le tableau suivant présente les différences entre les protocoles CoAP et MQTT utilisés dans les appareils IoT..

TABLE I.4 – Comparaison de CoAP et MQTT

	TCP / UDP	Architecture	Longueur d'entête	Longueur
CoAP	UDP	Request/Response	4 octets	20 octets
MQTT	TCP	Publisher/Subscriber	2 octets	5 octets

## I.20 Domaine d'application de l'IdO

Il existe plusieurs domaine d'application de l'internet des objets, on en trouve presque partout dans notre vie.

#### Maisons intelligentes :

- Contrôle et sécurité à domicile
- Maintenance des systèmes intelligents
- Systèmes de chauffage et de refroidissement intelligents
- Contrôle et suivi des consommations énergétiques (eau, électricité, gaz)
- Reconnaissance faciale et biomédicale

#### Villes intelligentes :

- Surveillance intelligente
- Transport automatique
- Les systèmes exacts de gestion de l'énergie
- Surveillance de l'environnement

### Agriculture :

- Les capteurs vérifient l'humidité et la température du sol : Gestion de l'humidité du sol
- Irrigation intelligente
- Poussière intelligente.

### Santé :

- Surveillance des patients
- Soins aux sportifs
- Rayonnement ultraviolet
- Hôpitaux intelligents.

### Transport intelligent :

- Systèmes intelligents de contrôle du trafic
- Systèmes intelligents pour l'entretien des routes (terrestres, aériennes et maritimes)
- Systèmes intelligents de stationnement
- Communication d'étiquettes RFID.

### Accessoire intelligents :

- Lunettes intelligentes
- Vêtements intelligents
- Capteur de sommeil
- Montre intelligente.

## I.21 Enjeux et mise en place de l'IoT

Tout système IoT doit satisfaire à 4 règles : simple, sécurisé, intelligent et évolutif [9].

Bien que l'Internet des objets soit un concept qui est à la fois avantageux et prometteur, et qui pourra apporter des solutions efficaces des problèmes du suivi et de télésurveillance dans différents domaines, en contrepartie, l'IoT soulève certaines questions décisives, étroitement liées à sa maturité et son acceptabilité.

On cite ci-dessous les enjeux les plus marquants [14].

- **Transparence** : Intervention humaine minimale pendant le fonctionnement ou la configuration.
- **Hétérogénéité** : les appareils dans le cadre de l'IoT sont hétérogènes car ils sont basés sur différentes plateformes et réseaux. Ils peuvent interagir avec d'autres appareils ou plates-formes de services via différents réseaux.
- **Limitations de ressources** : les capteurs et les tags RFID sont très limités en ressources de calculs, de stockage mémoire et d'énergie

- Assurer la qualité de service (QoS) et une communication efficace.
- **Sécurité** : Elle vise à assurer plusieurs objectifs, dont les cinq principaux sont : Authentification, Confidentialité, Intégrité, Disponibilité et la non-répudiation [15].
- **Mobilité** : un nombre immense d'objets connectés à Internet en tant que partie de l'Internet des objets, seront le plus souvent mobiles. De ce fait, des solutions flexibles de gestion de la mobilité doivent être mises en place pour permettre à tels objets d'accomplir leurs missions efficacement indépendamment de la fréquence et la vitesse de la mobilité.

### I.22 Défis de l'internet des objets

- Intégration du matériel et des logiciels de plusieurs fournisseurs.
- Interaction avec des appareils utilisant plusieurs protocoles sans fil.
- Collecte et analyse de données en temps réel.
- Connexion transparente et sécurisée au cloud.
- Coût de conception et de déploiement.
- Gestion et diagnostic à distance des appareils.
- Outils de développement CAO IoT.
- Fiabilité du capteur : durée de vie limitée.
- Normes unifiées.
- Grand nombre de connexions de nœuds.
- Alimenter des milliards d'appareils connectés.

### I.23 Conclusion

L'IdO est une question d'intelligence, pas seulement de contrôle. Désormais, l'IdO est un ensemble de technologies et d'architectures en évolution rapide qui est considéré comme l'une des technologies de pointe dans le monde. Suite à cette évolution, certains processus existants dans l'environnement physique sont améliorés et d'autres sont apparus.

La collecte massive de données grâce aux objets connectés et leurs transmissions vers des systèmes de contrôle et d'analyse (plateforme IoT et le Cloud) permet d'extraire des informations importantes qui seront traitées de façon intelligente pour fournir des services ou pour améliorer l'objet connecté.

En conclusion, un objet connecté est un objet physique équipé de capteurs capable de collecter des informations ou d'agir sur l'environnement. Cet objet est construit pour accomplir certaines tâches, ces dernières dictent le choix de la source d'énergie, les capteurs ou actionneurs et le protocole de communication selon la QoS requise par l'application.

# Présentation de matériels et de logiciels

## Contents

---

<b>II.1 Introduction</b> . . . . .	<b>31</b>
<b>Partie 1 : Software (Logiciels)</b> . . . . .	<b>31</b>
<b>II.2 Cloud Computing</b> . . . . .	<b>31</b>
II.2.1 Pourquoi le Cloud Computing . . . . .	31
<b>II.3 Plateformes IoT</b> . . . . .	<b>32</b>
II.3.1 Comparaison entre les plateformes IoT . . . . .	32
<b>II.4 ThingSpeak</b> . . . . .	<b>32</b>
II.4.1 Fonctionnalités . . . . .	33
II.4.2 Canal ThingSpeak . . . . .	33
II.4.3 Sécurité des données . . . . .	33
<b>II.5 Applications de ThingSpeak</b> . . . . .	<b>34</b>
II.5.1 ThingHTTP . . . . .	34
II.5.2 React . . . . .	34
<b>II.6 Arduino</b> . . . . .	<b>35</b>
II.6.1 Applications . . . . .	35
<b>Partie 2 : Hardware (Matériel)</b> . . . . .	<b>36</b>
<b>II.7 Composants requis pour le projet</b> . . . . .	<b>36</b>
II.7.1 Capteurs MQ . . . . .	36
II.7.2 Nodemcu . . . . .	37
II.7.3 Ywrobot . . . . .	39
II.7.4 Breadboard . . . . .	40
<b>II.8 Conclusion</b> . . . . .	<b>40</b>

---

## II.1 Introduction

Notre projet consiste à réaliser un détecteur de gaz toxique en utilisant l'internet des objets. Plusieurs méthodes et outils sont disponibles pour arriver au même résultat.

Des combinaisons de software (logiciels, services web) et hardware (composants électronique) sont à notre disposition pour en choisir. Le choix des composants et outils durant notre travail est basé sur la réalisation un système simple, peu complexe et peu coûteux.

Ce chapitre sera divisé en deux parties. Dans la première partie, nous allons voir les services web et logiciels utilisés dans la réalisation des projets IoT et leurs utilités. Dans la deuxième partie, nous allons voir les composants électronique nécessaires à ce projet. Selon les fonctionnalités que l'on veut ajouter à ce dernier, d'autres composants seront requis (comme ajouter une alerte sonore ...).

### Partie 1 : Software (Logiciels)

## II.2 Cloud Computing

Le cloud computing signifie stocker et accéder à des données et des programmes sur Internet au lieu du disque dur de votre ordinateur. Le cloud n'est qu'une métaphore d'Internet. Le cloud computing est un pool partagé de ressources informatiques / de stockage accessible à la demande et proposé dynamiquement à l'utilisateur. Les services de cloud computing sont accessibles à tout moment et en tout lieu. L'IdO comprend des transactions de données lourdes (big data) qui doivent être stockées et analysées. Les données cloud sont omniprésentes, ce qui signifie qu'elles sont disponibles de partout [9].

### II.2.1 Pourquoi le Cloud Computing

Les avantages les plus importants du cloud computing peuvent être résumés dans les points suivants :

- **Utilisation plus efficace des ressources** : étant donné que les applications s'exécutent dans le cloud, et non sur le PC de bureau, votre PC de bureau n'a pas besoin de la puissance de traitement ou de l'espace disque dur requis par les logiciels de bureau traditionnels. Lorsque vous utilisez des applications Web, votre PC peut être moins cher, avec un disque dur plus petit, moins de mémoire et un processeur plus efficace [9].
- Coût inférieur des serveurs.
- Amélioration de la sécurité.
- Temps de mise sur le marché réduit.
- Virtualisation.
- **Logiciel à faible coût** : au lieu d'acheter des applications logicielles coûteuses, vous pouvez obtenir la plupart de ce dont vous avez besoin gratuitement, comme la suite Google Docs.

- **Fiabilité accrue des données** : contrairement à l’informatique de bureau, dans laquelle si un disque dur tombe en panne et détruit toutes vos précieuses données, un ordinateur tombant en panne dans le cloud ne devrait pas affecter le stockage de vos données. Si votre ordinateur personnel tombe en panne, toutes vos données sont toujours présentes dans le cloud, toujours accessibles.

## II.3 Plateformes IoT

Il existe plusieurs plateforme IoT proposés par de nombreuses sociétés telles que Google (Firebase) et Microsoft (Azure). De plus, il existe des plateformes ouvertes pour le cloud computing telles que Thingspeak et Thingsboard.

TABLE II.1 – Plateforme IoT

ThingSpeak	Amazon Web Services (AWS)
Azure (Microsoft)	Firebase (Google)
GE Predix	Cisco IoT Cloud Connect
Oracle Integrated Cloud	IMPACT (Nokia)
SAP	MindSphere (Siemens)

### II.3.1 Comparaison entre les plateformes IoT

On va comparer les trois plateforme IoT suivantes : Azure de Microsoft, AWS de Amazon et ThingSpeak.

TABLE II.2 – Comparaison entre plateformes IoT

	<b>Azure</b>	<b>AWS</b>	<b>ThingSpeak</b>
<b>Protocole</b>	HTTP, MQTT	HTTP, MQTT	HTTP, MQTT
<b>Matériel certifié</b>	Raspberry Pi2, Intel	Intel, TI	Arduino, Raspberry Pi, Particle
<b>Langage</b>	.Net	JAVA, C	JAVA
<b>Prix</b>	messages par jour, nombre d'appareils	trafic de messages	Gratuit, Open source

## II.4 ThingSpeak

ThingSpeak est une plateforme d’application pour le développement de systèmes IoT. Il peut vous aider à créer l’application qui fonctionne sur les données collectées par les capteurs. ThingSpeak est une plateforme de données ouverte pour le développement d’applications IoT. ThingSpeak est le complément parfait d’un système d’entreprise existant pour exploiter l’Internet des objets. Elle offre la possibilité d’intégrer vos données avec une variété de plateformes, systèmes et technologies tiers, y compris d’autres plateformes IoT de premier plan telles que ioBridge et Arduino [16].

### II.4.1 Fonctionnalités

La plateforme ThingSpeak fournit les fonctionnalités suivantes pour prendre en charge le système IoT [16] :

- **Collecter** : envoie les données des capteurs et des appareils collectées dans le cloud afin que les données puissent être analysées plus en détail.
- **Analyser** : ThingSpeak peut analyser les données reçues des capteurs ou des appareils et peut dériver la représentation virtuelle des données.
- **Agir** : sur la base de l'analyse, il déclenchera l'action pour permettre le fonctionnement du système et de l'application IoT.

### II.4.2 Canal ThingSpeak

Le canal ThingSpeak est utilisé pour envoyer et stocker des données. Chaque canal comprend : **huit champs** pouvant contenir tout type de données, **trois champs** d'emplacement et **un champ** d'état. Après avoir créé un canal ThingSpeak, on peut publier des données sur le canal, les données peuvent être traitées et l'application peut récupérer les données.

### II.4.3 Sécurité des données

La plateforme Thingspeak permet de chiffrer les données en utilisant deux type de clés qui sont générés automatiquement lors de la création d'un canal.

#### Clé d'écriture (Write API Key) :

Cette clé est utilisée pour transmettre et écrire des données sur un canal. En cas d'intrusion ou d'usurpation on peut régénérer une autre [16].

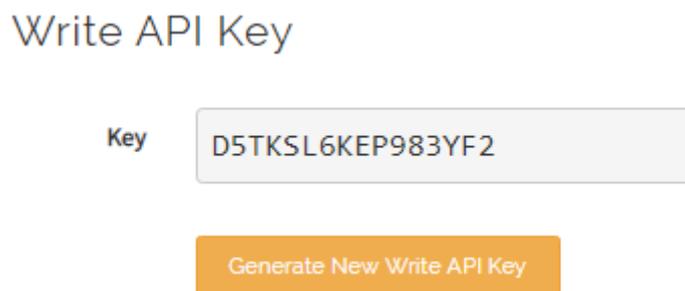


FIGURE II.1 – Write API Key

#### Clé de lecture (Read API Key) :

Cette clé est utilisée pour visualiser les données reçues des capteurs et les visualiser sous forme graphique. Elle permet à d'autres personnes d'afficher les flux et les graphiques de votre chaîne privée. En cas d'intrusion ou d'usurpation on peut régénérer une autre [16].

Read API Keys

Key 4GX4JYQDCNVEHNDU

Note

Save Note Delete API Key

Add New Read API Key

FIGURE II.2 – Read API Key

## II.5 Applications de ThingSpeak

La plateforme ThingSpeak offre plusieurs applications pour utiliser les données collecter depuis les objets connectés et permet une intégration avec des services web (IFTTT), réseaux sociaux (Twitter) et autre API. Dans notre projet on aura besoin de deux applications : ThingHTTP et React.

Avant d'en parler sur ces deux applications, on va définir le service web IFTTT.

### IFTTT

Le service web gratuit IFTTT déclenche des applet (applications) lors d'un changement qui interviennent au sein de services web tels que Gmail, Twitter, Instagram et tant d'autres.

### WebHooks

C'est un service qui est utiliser pour recevoir des notifications sans vérification en continue il envoie des alertes d'événements ou des actions via des requêtes. C'est une option de rappelle HTTP définies par l'utilisateur, qui récupère et stocke les données issues d'un événement qui peut être externe à l'application.

### II.5.1 ThingHTTP

ThingHTTP permet la communication entre les périphériques, la connexion à des sites et des services web et supporte des méthodes GET, PUT, POST, et DELETE de HTTP sans avoir à mettre en œuvre le protocole au niveau de l'appareil [17].

### II.5.2 React

React fonctionne avec les applications ThingHTTP, ThingTweet et MATLAB Analysis pour effectuer des actions lorsque les données de canal remplissent une certaine condition. Par exemple, vous pouvez demander à une application mobile de signaler votre latitude et

votre longitude à un canal ThingSpeak. Lorsque votre position est à une certaine distance de votre maison, demandez à ThingHTTP d'allumer les lumières de votre salon [16].

## II.6 Arduino

Arduino est composé de matériel et de logiciel.

Une carte Arduino est un circuit imprimé spécifiquement conçu pour héberger un microcontrôleur et donner accès à toutes ses entrées et sorties. Elle comprend aussi quelques autres composants électroniques qui permettent de faire fonctionner le microcontrôleur ou d'en étendre les fonctionnalités [18].

Vous écrivez du code source dans l'environnement de développement Arduino pour dire au microcontrôleur ce que vous souhaitez qu'il fasse. Comme un ordinateur de bureau, Arduino peut assurer une multitude de fonctions, mais il ne sert pas à grand-chose tout seul. Il a besoin que quelque chose soit connecté sur au moins une de ses entrées et/ou de ses sorties pour être utile. Comme le clavier et la souris d'un ordinateur, ces canaux de communication permettent à l'Arduino de sentir des objets du monde réel et d'agir dessus [18].

### II.6.1 Applications

Le système Arduino nous permet de réaliser un grand nombre de choses, qui ont une application dans tous les domaines. L'étendue de l'utilisation de l'Arduino est gigantesque [19]. voici quelques exemples, on peut :

- Contrôler les appareils domestiques
- Fabriquer un propre robot
- Faire un jeu de lumières
- Communiquer avec l'ordinateur
- Télécommander un appareil mobile
- Etc.

## Partie 2 : Hardware (Matériel)

### II.7 Composants requis pour le projet

Voici les composants requis pour la réalisation de notre projet.

TABLE II.3 – Composants du projet

Nom des composants	Description	Quantité
Nodemcu	carte ESP8266-12E	1
MQ135	Capteur de qualité de l'air	1
Adaptateur d'alimentation	Convertisseur AC/DC	1
Ywrobot	Alimentation électrique de la planche à pain.	1
Planche à pain	/	1
fil	Fils de connexion	8
LED	Lampe LED	3

#### II.7.1 Capteurs MQ

Les capteurs MQ sont des capteurs physicochimiques permettant de détecter une grande variété des gaz, polluants et fumées dans l'atmosphère. Ce tableau liste quelque capteurs MQ et leurs sensibilités.

TABLE II.4 – Capteurs de gaz MQ alternatifs

Nom du capteur	Gaz sur mesure
MQ-3	Alcool, éthanol, fumée
MQ-5	Gaz naturel, GPL
MQ-7	Monoxyde de carbone
MQ-135	Qualité de l'air

#### Capteur MQ135

Le capteur d'alcool MQ-135 se compose d'un dioxyde d'étain ( $S_nO_2$ ), d'une couche de perspective à l'intérieur de micro tubes en oxyde d'aluminium (électrodes de mesure) et d'un élément chauffant à l'intérieur d'un boîtier tubulaire. La face d'extrémité du capteur est entourée d'un filet en acier inoxydable et la face arrière contient les bornes de connexion. L'alcool éthylique présent dans l'haleine est oxydé en acide acétique passant à travers l'élément chauffant. Avec la cascade d'alcool éthylique sur la couche de détection de dioxyde d'étain, la résistance diminue. En utilisant la résistance de charge externe, la variation de résistance est convertie en une variation de tension appropriée.

Il a une conductivité inférieure à celle de l'air pur et en raison de la pollution de l'air, la conductivité augmente. Le capteur de qualité de l'air détecte l'ammoniac, l'oxyde d'azote, la fumée, le  $CO_2$  et d'autres gaz nocifs. Le capteur de qualité de l'air possède un petit potentiomètre qui permet le réglage de la résistance de charge du circuit du capteur.

Le capteur de qualité de l'air est une instruction d'indicateur de sortie de signal. Il dispose de deux sorties : sortie analogique et sortie TTL. La sortie TTL est un signal lumineux faible auquel on peut accéder via les ports IO du micro-contrôleur. La sortie analogique est une concentration, c'est-à-dire que l'augmentation de la tension est directement proportionnelle à l'augmentation de la concentration. La résistance du capteur diminue à mesure que la concentration du gaz cible augmente en PPM, tandis que pour l'air pur, sa résistance reste constante.

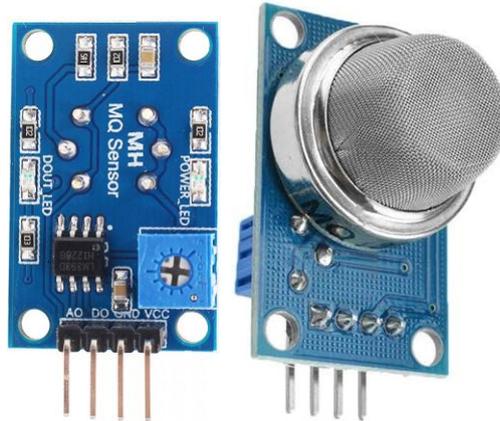


FIGURE II.3 – Capteur MQ135

## II.7.2 Nodemcu

NodeMCU est un micro logiciel et une carte de développement basés sur Lua open-source spécialement conçus pour les applications basées sur l'IoT. Il comprend un micro logiciel qui fonctionne sur le SoC Wi-Fi ESP8266 d'Espressif Systems et du matériel basé sur le module ESP-12.

La carte de développement NodeMCU ESP8266 est livrée avec le module ESP-12E contenant la puce ESP8266 dotée d'un microprocesseur Tensilica Xtensa 32 bits LX106 RISC. Ce microprocesseur prend en charge RTOS (Real-Time Operating System) et fonctionne à une fréquence d'horloge de 80 MHz. NodeMCU dispose de 128 Ko de RAM et 4 Mo de mémoire Flash pour stocker des données et des programmes. Sa puissance de traitement élevée avec ses fonctionnalités Wi-Fi intégrées et son fonctionnement en veille profonde le rendent idéal pour les projets IoT [20].

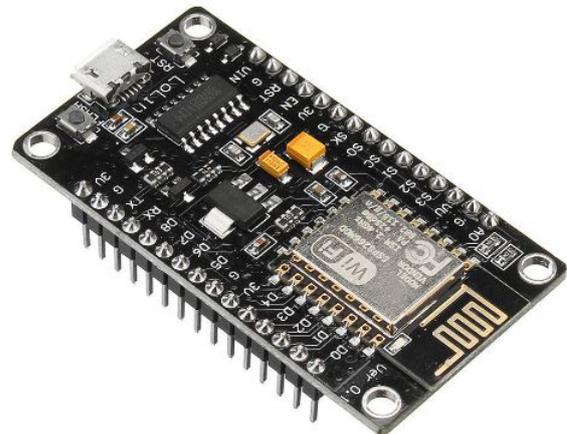


FIGURE II.4 – Carte NodeMCU.

La carte NodeMCU ESP-12E peut être alimentée avec 5V en utilisant le connecteur micro USB ou une broche Vin disponible à bord [21].

### Langages et outils de programmation

Il existe principalement quatre options : Lua, MycroPython, la chaîne d'outils c++ et le langage de programmation Arduino (similaire à c / c++).

Dans notre projet, nous utiliserons le langage de programmation Arduino car il est puissant, facile à apprendre et toutes les tâches de programmation et de déploiement peuvent être effectuées dans l'environnement de développement intégré Arduino (IDE). Pour la programmation Lua, il existe également des IDE, tels que ESplorer. Les IDE à usage général peuvent être utilisés pour déployer des programmes MycroPython sur NodeMCU, tels que le package Pymakr Atom pour Atom. La programmation à l'aide de la chaîne d'outils c++ est généralement effectuée à partir de l'interface de ligne de commande (CLI).

### Configuration du brochage de la carte de développement NodeMCU

La figure ci-dessus montre la configuration du brochage de la carte NodeMCU et le tableau donne une petite description.

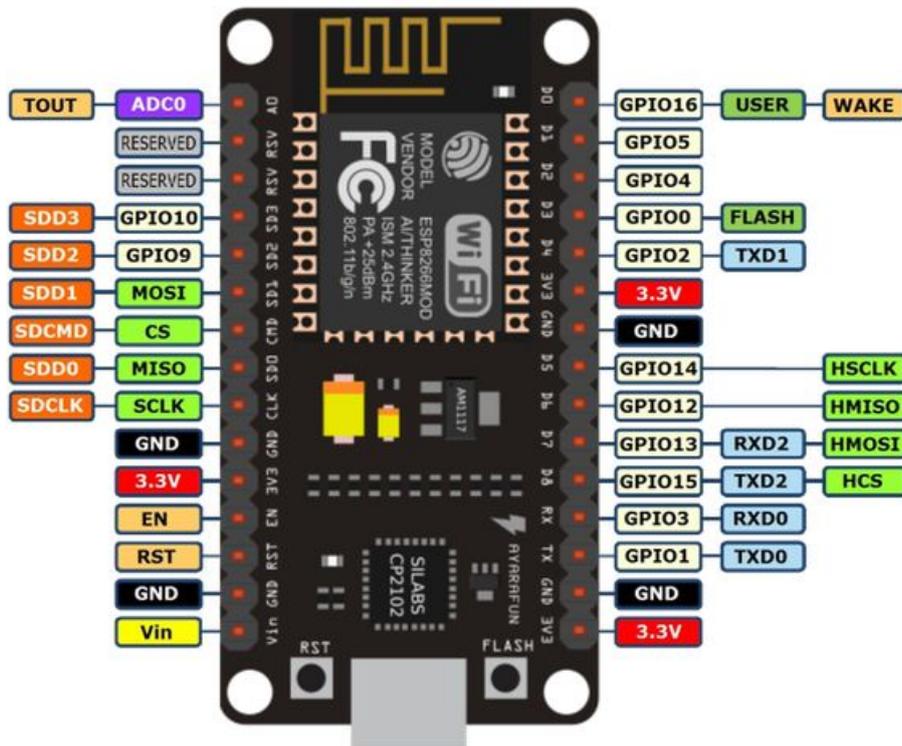


FIGURE II.5 – Brochage de la carte NodeMCU.

TABLE II.5 – Configuration du brochage de la carte NodeMCU

Catégorie de broche	Nom	Description
Alimentation	Micro-USB	NodeMCU peut être alimenté via le port USB
	3,3 V	Un voltage de 3,3 V régulés peuvent être fournis à cette broche pour alimenter la carte
	GND	broches de masse
	Vin	alimentation externe
Broches de contrôle	ET, RST	La broche et le bouton réinitialisent le microcontrôleur
Broche analogique	A0	Mesurer une tension analogique dans la plage de 0-3,3 V
Broches GPIO	GPIO1 à GPIO16	Seize broches d'entrée-sortie à usage général
Broches SPI	SD1, CMD, SD0, CLK	Quatre broches disponibles pour la communication SPI.
Broches UART	TXD0, RXD0, TXD2, RXD2	Deux interfaces UART, UART0 (RXD0 et TXD0) et UART1 (RXD2 et TXD2). UART1 est utilisé pour télécharger le firmware / programme.
Broches I2C		NodeMCU prend en charge la fonctionnalité I2C, mais en raison de la fonctionnalité interne de ces broches, vous devez trouver quelle broche est I2C.

### Applications de NodeMCU

- Prototypage d'appareils IoT
- Applications fonctionnant sur batterie à faible puissance
- Projets de réseau
- Projets nécessitant plusieurs interfaces E / S avec fonctionnalités Wi-Fi

### II.7.3 Ywrobot

Ce module n'est pas spécifique à la famille Arduino, il peut servir à tout système de développement électronique nécessitant une voire deux alimentations régulées très précises, et très facilement utilisable avec une platine de type "Breadboard".

Il est équipé de 2 régulateurs délivrant chacun une tension de +5V et +3.3V L'alimentation se fait par le biais d'une fiche DC Jack, et les rails sont commutables séparément grâce à l'usage de 2 cavaliers. Il devient alors possible de sélectionner la tension qui



FIGURE II.6 – Alimentation YwRobot.

vous convient le mieux suivant votre application.

## II.7.4 Breadboard

Une planche à pain est un dispositif sans soudure utilisé pour prototyper un circuit électronique ou pour expérimenter des conceptions de circuits [22]. Elle est réutilisable, ce qui la rends facile à utiliser et également populaires auprès des étudiants et dans l'enseignement technologique.

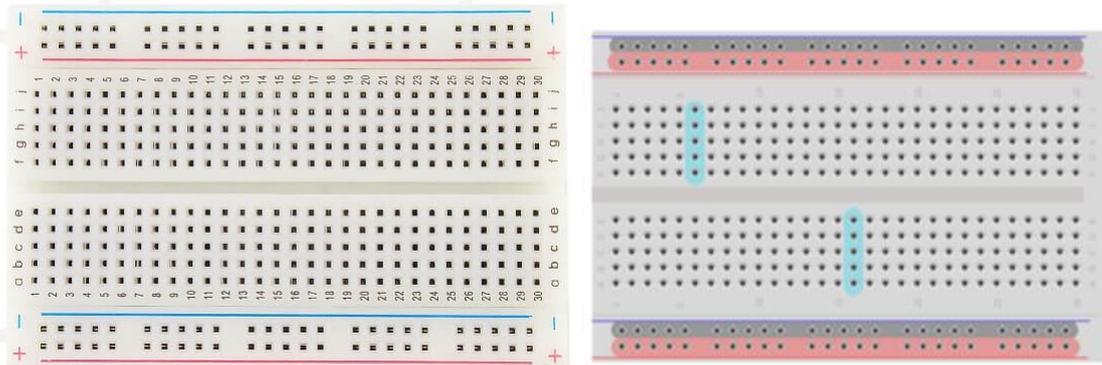


FIGURE II.7 – Planche à pain.

### Principe de la breadboard

Certes la plaque est pleine de trous, mais pas de manière innocente! En effet, la plupart d'entre eux sont reliés. Les zones rouges et noires correspondent à l'alimentation. Par convention, le noir représente la masse et le rouge est l'alimentation (+5V, +3.3V, -5VG ...). Les zones en bleu sont reliées entre elles par colonne. Ainsi, tous les trous sur une même colonne sont reliés entre eux.

Un espace coupant la carte en deux de manière symétrique. Cet espace coupe aussi la liaison des colonnes. Ainsi, sur le dessin ci-dessus on peut voir que chaque colonne possède 5 trous reliés entre eux. Cet espace au milieu est normalisé et doit faire la largeur des circuits intégrés standards [19].

## II.8 Conclusion

Plusieurs types de détecteurs de gaz toxiques sont disponible dans le marché, le choix d'un détecteur est fait selon le type de gaz qu'on veut surveiller l'évolution.

Les composants de notre projet sont faciles à utiliser, ainsi si on veut surveiller un autre type de gaz, il suffit juste de remplacer le détecteur. Cela nous offre la flexibilité d'expérimenté d'autre composants tout en gardant le projet simple et peu coûteux.

Dans le chapitre qui suit, nous allons réaliser un système de détection de gaz toxique et le connecter à internet.

# Systeme de detection de gaz toxiques

## Contents

---

<b>III.1 Introduction</b> . . . . .	<b>42</b>
<b>III.2 Principe de fonctionnement</b> . . . . .	<b>42</b>
III.2.1 Étapes de réalisation du système . . . . .	43
<b>III.3 Canal ThingSpeak et clé d'écriture</b> . . . . .	<b>43</b>
<b>III.4 Procédure de télé-versement du programme</b> . . . . .	<b>44</b>
III.4.1 Code du programme . . . . .	44
III.4.2 Télé-versement du programme sur la carte . . . . .	47
<b>III.5 Câblage du montage électronique</b> . . . . .	<b>48</b>
<b>III.6 Visualisation des mesures</b> . . . . .	<b>48</b>
<b>III.7 Configuration des alertes</b> . . . . .	<b>49</b>
III.7.1 IFTTT . . . . .	50
III.7.2 ThingHTTP . . . . .	50
III.7.3 React . . . . .	51
<b>III.8 Test des alertes</b> . . . . .	<b>52</b>
<b>III.9 Conclusion</b> . . . . .	<b>54</b>
<b>Conclusion générale</b> . . . . .	<b>55</b>

---

## III.1 Introduction

Notre projet est réalisé dans le but d'offrir un dispositif préventif contre les intoxications aux gaz toxiques qui s'avèrent souvent comme des tueurs silencieux. En effet, nous avons conçu un système de détection à trois niveaux basé sur l'IoT qui permet d'alerter au premier lieu, les victimes elles mêmes d'une possibilité d'intoxication, et éventuellement informer les services de la protection civile, en second lieu, avec envoi de coordonnées GPS, lorsque le niveau de gaz toxique devient dangereux.

Ce chapitre sera consacré à la description des étapes fondamentales de la conception et la réalisation d'un système de détection de gaz toxique. Par la suite, nous allons configurer des alertes pour prévenir d'un danger d'intoxication. Pour conclure, nous testons le fonctionnement de ce système.

## III.2 Principe de fonctionnement

Le système proposé se compose de trois parties principales, nommément : un circuit de contrôle basé sur une carte NodeMCU, un circuit détection de gaz avec mesure de niveaux de toxicité, et enfin, un circuit de sorties comme module d'affichage. Afin d'illustrer ces différentes parties, un schéma fonctionnel du système proposé est donné sur la figure (III.1).

Le capteur de gaz est conçu pour interagir avec un micro-contrôleur et surveiller en permanence le niveau de gaz dans l'air, il envoie donc ces informations au micro-contrôleur. Ce dernier les envoie à son tour au serveurs ThingSpeak pour d'éventuelles analyses.

Lorsque la concentration de gaz dépasse un seuil inquiétant selon un paramétrage au préalable, l'application React de ThingSpeak envoie à l'aide du service ThingHTTP, une notification au service web " WebHooks " de IFTTT qui déclenche l'envoi d'un e-mail à l'utilisateur.

En outre, un second email sera envoyé aux services de la protection civile lorsque la concentration de gaz atteint son niveau 3, impliquant la dangerosité et la nécessité d'une intervention en urgence des services compétents.

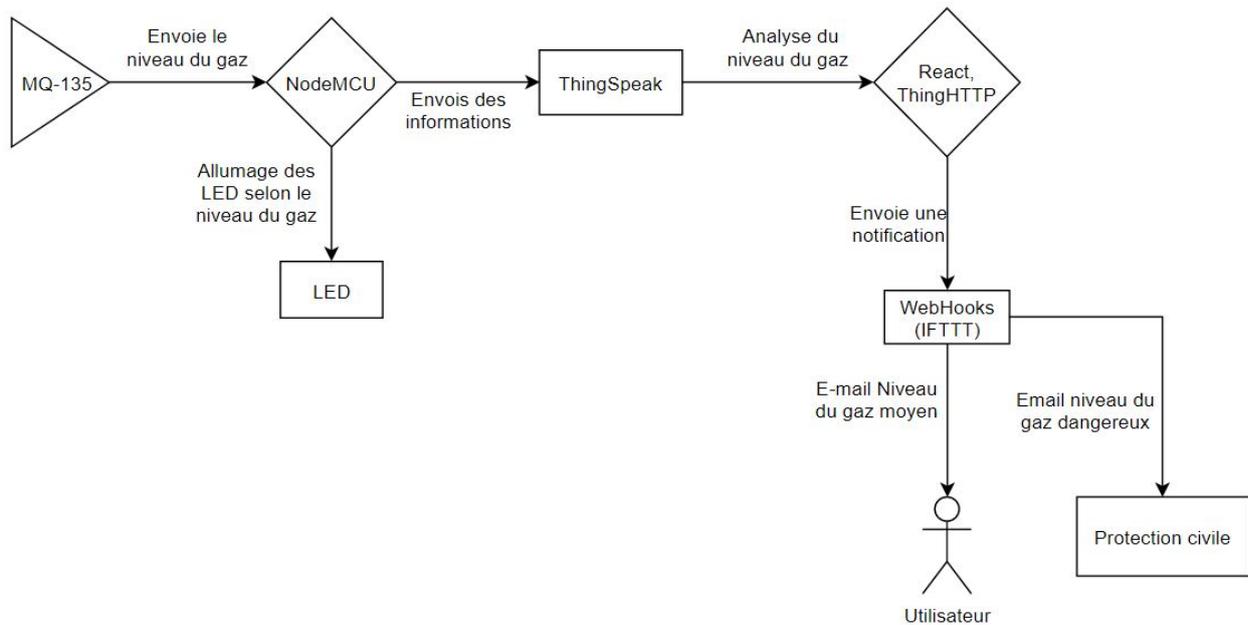


FIGURE III.1 – Schéma fonctionnel.

### III.2.1 Étapes de réalisation du système

La conception et la réalisation de notre système de détection de gaz toxique suivra les étapes suivantes :

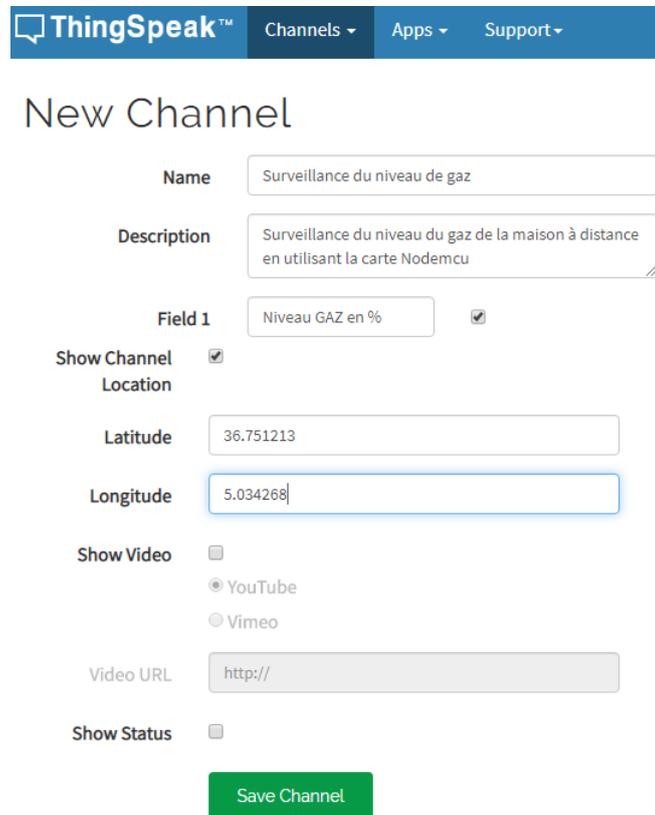
- Création d'un compte sur le serveur ThingSpeak.
- Création d'une chaîne (surveillance du niveau du gaz).
- Programmation de la carte NodeMCU.
- Câblage du montage.
- Visualisation des mesures.
- Configurations des alertes.
- Teste du système.

## III.3 Canal ThingSpeak et clé d'écriture

La configuration de la partie cloud, commence par la création d'un canal sur le serveur ThingSpeak et récupérer la clé d'écriture (Write API Key), qu'on aura besoin dans le programme à téléverser sur la carte NodeMCU. Pour cela, nous devons procéder comme suit :

1. Accédez au site <https://thingspeak.com/> et créez un compte si vous n'en avez pas. Connectez-vous à votre compte.
2. Créez une nouvelle chaîne en cliquant sur le bouton **Channels** puis **My channel** puis **New Channel**.
3. Remplir le formulaire avec les détails de base de votre propre canal de transmission. Car pour chaque canal crée, nous disposons, d'une clé d'écriture et d'une second clé de lecteur vu que les données du cloud seront accessibles uniquement aux personnes autorisées.

4. Faites défiler vers le bas et enregistrez les paramètres de votre canal, en cliquant sur **Save Channel**.
5. La clé "**Write AI Key**" se trouve dans l'onglet "**API Keys**".



The image shows the 'New Channel' form on the ThingSpeak website. The form is titled 'New Channel' and contains the following fields and options:

- Name:** A text input field containing 'Surveillance du niveau de gaz'.
- Description:** A text area containing 'Surveillance du niveau du gaz de la maison à distance en utilisant la carte Nodemcu'.
- Field 1:** A text input field containing 'Niveau GAZ en %' with a checked checkbox next to it.
- Show Channel:** A checked checkbox.
- Location:**
  - Latitude:** A text input field containing '36.751213'.
  - Longitude:** A text input field containing '5.034268'.
- Show Video:** A checkbox with two radio button options: 'YouTube' (selected) and 'Vimeo'.
- Video URL:** A text input field containing 'http/'.
- Show Status:** An unchecked checkbox.

At the bottom of the form is a green button labeled 'Save Channel'.

FIGURE III.2 – Canal ThingSpeak.

### III.4 Procédure de télé-versement du programme

Une simple manipulation enchaînée doit être suivie afin d'injecter un code vers la carte NodeMCU via le port USB.

1. On conçoit ou on ouvre un programme existant avec le logiciel IDE Arduino.
2. On vérifie ce programme avec le logiciel Arduino (compilation). Si des erreurs sont signalées, des modifications seront tolérées sur le programme.
3. On charge le programme sur la carte.
4. On câble le montage électronique. L'exécution du programme est systématiquement réalisé quelques secondes après.
5. On alimente la carte soit par le port USB, soit par une source d'alimentation externe (Prise d'alimentation 220 Volts en tension alternative).
6. On vérifie que notre montage fonctionne.

#### III.4.1 Code du programme

```

1 #include <ESP8266WiFi.h> //Bibliotheque pour la carte NodeMCU
2 #include <ThingSpeak.h>; //Bibliotheque pour le serveur
   ThingSpeak
3 const char *ssid = "knil-d"; //SSID de votre wifi
4 const char *mot_de_passe = "STOPPOTS"; // mot de passe du wifi
5 int niveau_Gaz;
6 const char* apiKey = "D5TKSL6KEP983YF2"; //Write API Key du canal
   ThingSpeak
7 unsigned long ID_de_chaine = 1059212; // ID de votre chaine
8 //-----
9 int ledVerte = 4; // D2 //
10 int ledJaune = 14; // D5 //
11 int ledRouge = 15; // D8 //
12 int detecteur_du_gaz = A0; // A0 //
13 //-----
14 WiFiClient client;
15 //*****
16 void setup() //
17 { //
18   pinMode(ledVerte, OUTPUT); //
19   pinMode(ledJaune, OUTPUT); //
20   pinMode(ledRouge, OUTPUT); //
21   pinMode(detecteur_du_gaz, INPUT); //
22   //////////////////////////////////////
23   Serial.begin(115200); //
24   delay(100); //
25   // Connexion au WiFi //
26   Serial.println("Connexion_a_"); //
27   Serial.println(ssid); //
28   WiFi.begin(ssid, mot_de_passe); //
29   while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) //
30   { //
31     delay(500); //
32     Serial.print("."); //
33   } //
34   Serial.println(""); //
35   Serial.println("Connexion_au_WiFi_reussi_"); //
36   delay(500); //
37   ThingSpeak.begin(client); //
38   //Prechauffage du capteur MQ-135 //
39   Serial.println(""); //
40   Serial.println("Prechauffage_du_capteur_"); //
41   Serial.print("====="); //
42   Serial.println("_"); //
43   for (int i = 0; i < 60; i++) { //
44     delay(2000); //
45     Serial.print("*"); //
46   } //

```

```

47   Serial.println("_"); //
48 } //
49 //*****
50 void loop() {
51   niveau_Gaz = analogRead(detecteur_du_gaz); // Recuperation du
        niveau du gaz
52 // verifier si la valeur obtenu est defini
53   if (isnan(niveau_Gaz)) {
54     Serial.println("Erreur_de_lecture_du_detecteur_MQ-135!");
55     return;}
56
57 // Affichage du niveau du gaz dans le moniteur serie
58   niveau_Gaz = ((niveau_Gaz*100)/1023) ; // niveau du gaz en %
59   Serial.print("Niveau_du_gaz_est:_");
60   Serial.print(niveau_Gaz);
61   Serial.println("%");
62   LEDs( niveau_Gaz ); // Indication des LEDs
63   delay(1000);
64 // Mise a jour dans ThingSpeak
65   ThingSpeak.writeField(ID_de_chaine, 1,niveau_Gaz, apiKey);
66   Serial.println("Donnees_envoyer_a_Thingspeak");
67
68   client.stop();
69   Serial.println("En_attente...");
70
71 //Thingspeak necessite un delai minimum de 15 secondes entre les
        mises a jour.
72   Serial.print("=====");
73   Serial.println("_");
74   for (int i = 0; i < 10; i++) {
75     delay(2000);
76     Serial.print("*");
77   }
78   Serial.println("_");
79 }
80 ///////////////////////////////////////////////////////////////////
81 // fonctions
82 void LEDs(int niveau_Gaz) {
83   switch (niveau_Gaz) {
84     case 0 ... 49:
85       digitalWrite(ledVerte,HIGH);
86       digitalWrite(ledJaune,LOW);
87       digitalWrite(ledRouge,LOW);
88       break;
89     case 50 ... 69:
90       digitalWrite(ledVerte,LOW);
91       digitalWrite(ledJaune,HIGH);
92       digitalWrite(ledRouge,LOW);

```

```

93     break;
94     case 70 ... 100:
95         digitalWrite(ledVerte, LOW);
96         digitalWrite(ledJaune, LOW);
97         digitalWrite(ledRouge, HIGH);
98     break; }
99 }

```

### III.4.2 Télé-versement du programme sur la carte

Le télé-versement du programme sur de la carte se fait comme suite :

- Connexion de la carte à l'ordinateur avec le port USB.
- Ouverture du logiciel Arduino IDE.
- Chargement du code source du projet.
- Dans l'onglette **Outils** on choisit :
  - **Type de carte** : (NODEMcu 1.0 (ESP-12E Module))
  - **Upload speed** : 115200.
  - **Port** : sélectionner le port adéquat.
- Compilation du code source (onglet **Croquis** puis **Vérifier/Compiler**).
- Téléversement du code (onglet **Croquis** puis **Téléverser**).

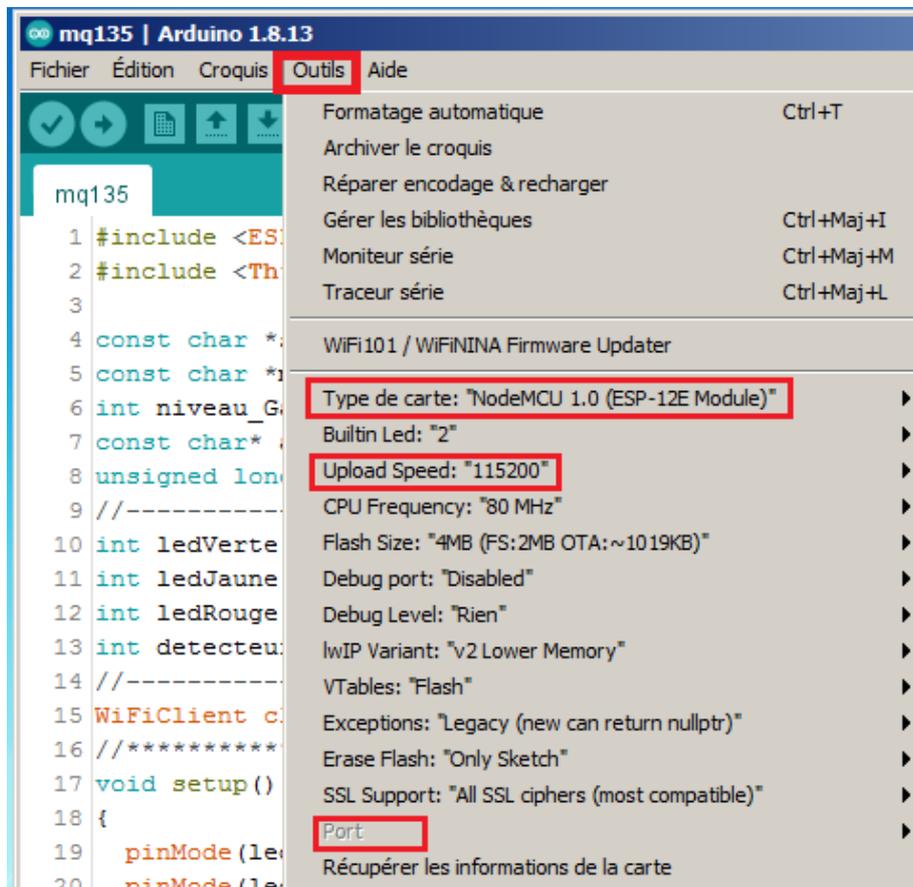
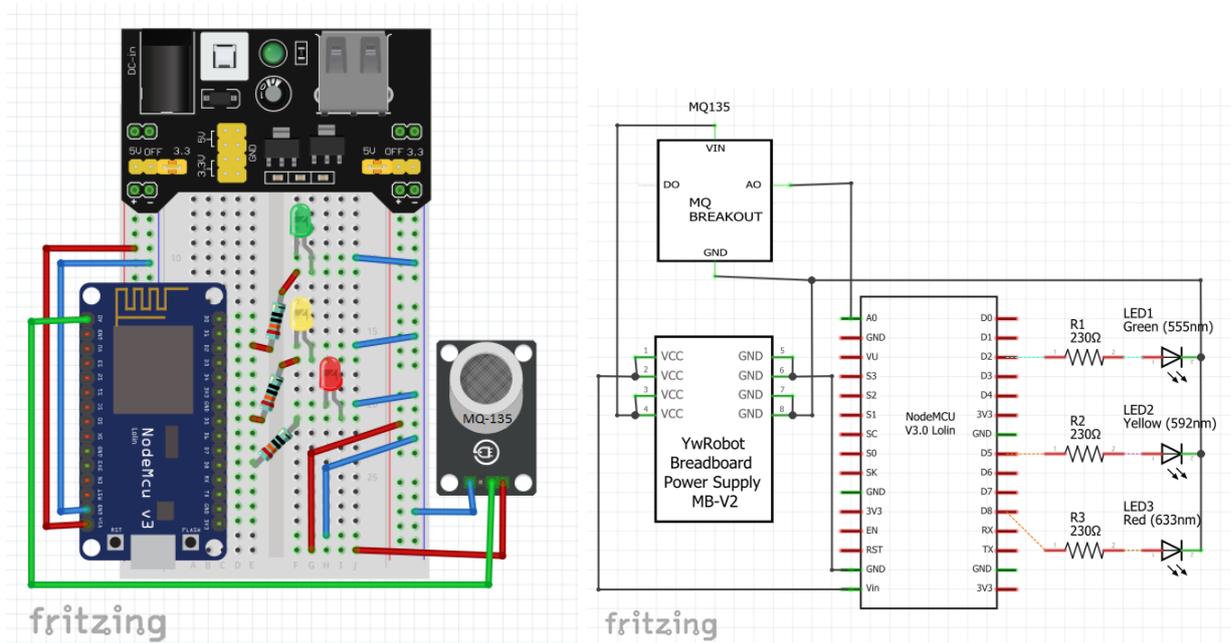


FIGURE III.3 – Télé-versement du programme.

### III.5 Câblage du montage électronique

Après le téléversement du code sur la carte NodeMCU, on réalise le montage du système de détection de gaz toxique comme la montre la figure (III.4).



## Surveillance du niveau de gaz

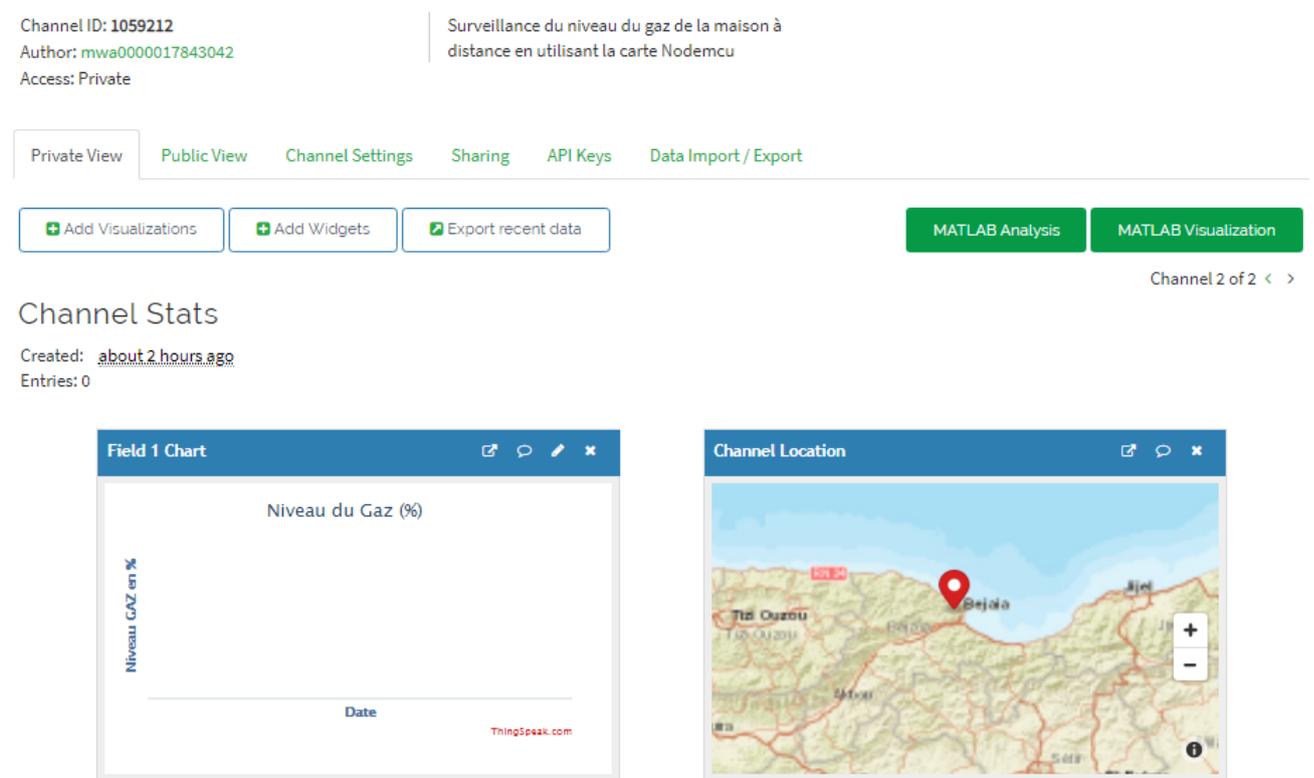


FIGURE III.5 – Visualisation des mesures.

## III.7 Configuration des alertes

Pour des raisons d'urgence sécuritaire et efficacité d'intervention. Nous avons pensé à configurer deux types d'alertes. La première alerte consiste à envoyer un email au propriétaire de la maison (victime) pour l'informer que le niveau de gaz toxique est important et qu'il faut prendre les mesures de précautions nécessaires, telles que : l'aération de la maison ou la vérification de l'installation du gaz. Sachant que cet email peut être accompagné d'une alerte lumineuse (passage de la lumière LED du vert vers l'orange) ou alerte sonore à l'aide d'une alarme.

La deuxième alerte est d'envoyer un email aux services de la protection civile accompagné/associé aux coordonnées/position GPS du foyer en question, et ce lorsque le niveau du gaz atteint le niveau 2. L'inefficacité de la première alerte nous renseigne sur la dangerosité de la situation. En effet, nous suspectons que la victime est dans un état d'inconscience (sommeil profond ou dans le coma). Dans ce cas, l'intervention immédiate des services compétents est très nécessaire.

La configuration des alertes se compose de trois étapes :

- Configuration de l'email à envoyer avec le service IFTTT.
- Configuration de ThingHTTP.
- Configuration de React

### III.7.1 IFTTT

La configuration des alertes est conditionnée par la création d'un compte dans le site IFTTT. Sur la page du site IFTTT, en haut à droite on clique sur "Create" puis sur "This" et on sélectionne le service "Webhooks". Puis, nous allons associer un nom quelconque pour l'évènement, dans notre cas "Niveau\_gaz\_moyen", et après, on clique sur "Continue". En suite, dans la page qui s'affiche, on clique sur "That" et on sélectionne le service "Email", puis on ajoute la position GPS de l'endroit et cliquer sur "Continue". En fin, pour finaliser la configuration on clique sur "Finish".

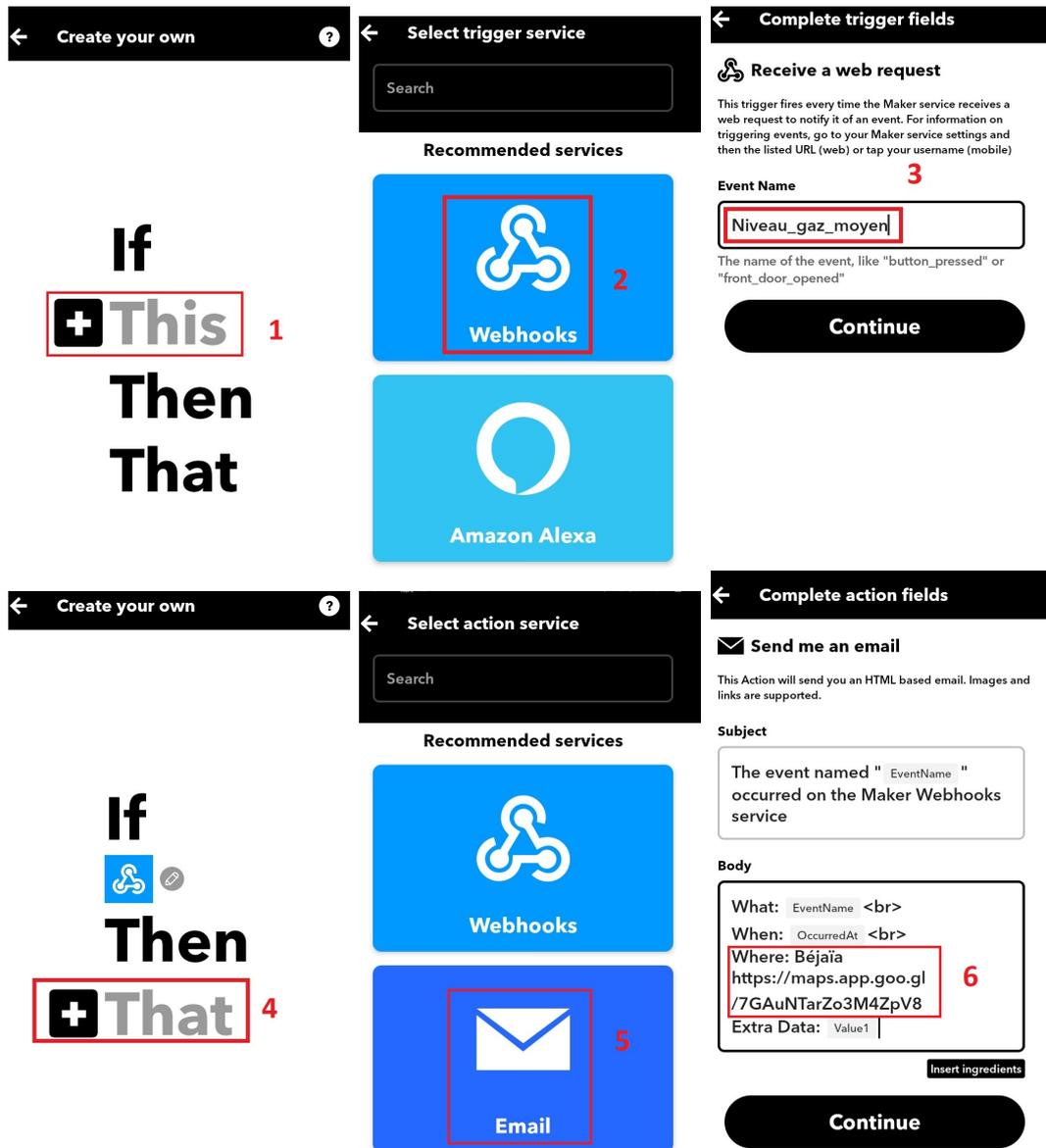


FIGURE III.6 – Configuration de IFTTT.

### III.7.2 ThingHTTP

La seconde étape est de configurer l'application ThingHTTP. Sur le site ThingSpeak, dans l'onglet "Apps", on choisit "ThingHTTP". Puis, on clique sur "New ThingHTTP". En suite, on remplit les champs avec les données comme la montre la figure (III.7).

Apps / ThingHTTP / Request 130946 / Edit

**Name**

**API Key**

**URL**

**HTTP Auth Username**

**HTTP Auth Password**

**Method**

**Content Type**

**HTTP Version**

**Host**

**Headers**

Name	Value
<input type="text"/>	<input type="text"/>

[remove header](#)

[add new header](#)

**Body**

FIGURE III.7 – Configuration de ThingHTTP.

Pour récupérer l'"url" de trigger, sur le site IFTTT dans le service "**Webhooks**", on clique sur "**Documentation**" en haut à droite.

### To trigger an Event

Make a POST or GET web request to:

```
https://maker.ifttt.com/trigger/Niveau_gaz_moyen/with/key/lotR5mrZS8ImsdRdwsztdCcQyfs3Z1oWn92rCui47xA
```

FIGURE III.8 – Url de trigger.

Une fois, toutes les configurations données sont faites, on clique sur "**Save ThingHTTP**" pour terminer.

### III.7.3 React

Pour activer l'envoi des notifications selon un paramétrage fixé au préalable. Cette étape consiste à configurer l'application React. Sur le site ThingSpeak, dans l'onglet "**Apps**", on choisit donc "**React**". Puis, on clique sur "**New React**". De plus, on remplit les champs

avec les données tel qu'ils est illustré sur la figure (III.9). Une fois, toutes ces configurations sont faites, on clique sur **"Save React"** afin de l'activer.

The screenshot shows a configuration page for a React rule. At the top, there is a breadcrumb trail: **Apps / React / Alerte\_moyenne / Edit**. The configuration is organized into several sections:

- React Name:** A text input field containing "Alerte\_moyenne".
- Condition Type:** A dropdown menu set to "Numeric".
- Test Frequency:** A dropdown menu set to "On Data Insertion".
- Condition:** A section with two dropdown menus. The first is labeled "If channel" and contains "Surveillance du niveau de gaz (1059212)". The second is labeled "field" and contains "1 (Niveau GAZ en %)".
- Comparison:** A dropdown menu set to "is greater than".
- Value:** A text input field containing "45".
- Action:** A dropdown menu set to "ThingHTTP".
- then perform ThingHTTP:** A dropdown menu set to "Niveau\_gaz\_moyen".
- Options:** Two radio buttons. The first is "Run action only the first time the condition is met" (unselected). The second is "Run action each time condition is met" (selected).

At the bottom of the form is a green button labeled **Save React**.

FIGURE III.9 – Configuration de React.

### III.8 Test des alertes

Afin de tester l'efficacité de notre dispositif, nous avons effectuer des tests sur le fonctionnement des alertes. Pour cela, nous allons mettre le capteur près d'une source d'un gaz toxique. Après quelques secondes, nous avons remarqué que le capteur en place détecte la présence de ce gaz avec l'envoi d'une mesure sur son niveau accompagné des coordonnées GPS du foyer. En outre, la figure (III.10) illustre cette situation.

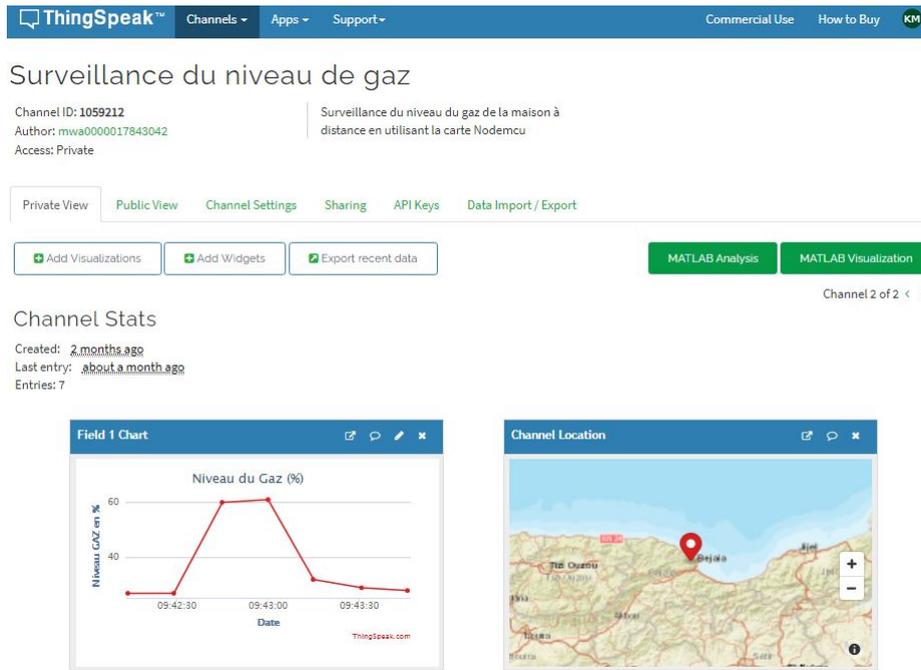


FIGURE III.10 – Test du système.

Lorsque le niveau du gaz atteint un seuil bien précis, on reçoit un email indiquant le moment, le niveau du gaz et l’endroit de l’incident, telle qu’elle le montre la figure (III.11).

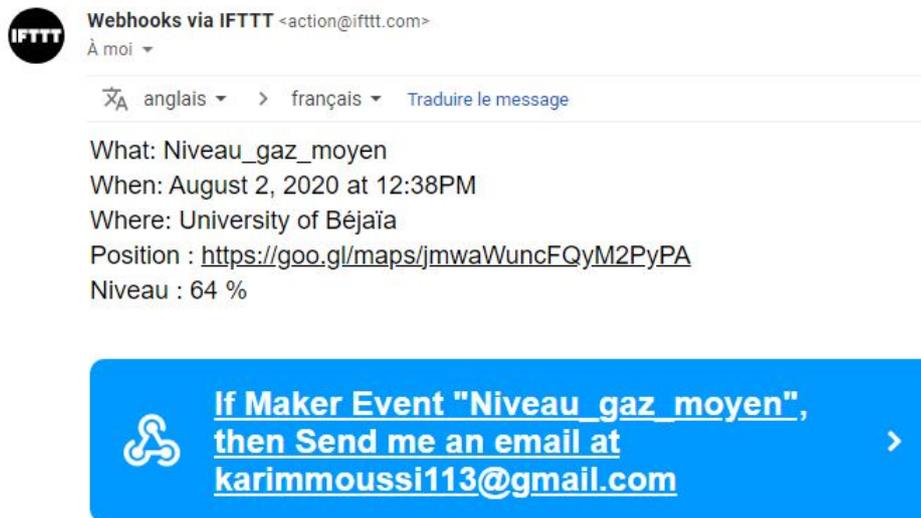


FIGURE III.11 – Alerte reçue de IFTTT.

Des détails et précisions sur la position exacte de l’incident peuvent être connus en cliquant sur le lien associé sur l’email reçu. Donc, la position GPS du lieu sera affichée dans Google Maps. Ainsi, les services de la protection civile peuvent savoir le lieu exact pour intervenir à temps. La figure (III.12) indique le lieu où la concentration du gaz a atteint un niveau dangereux.

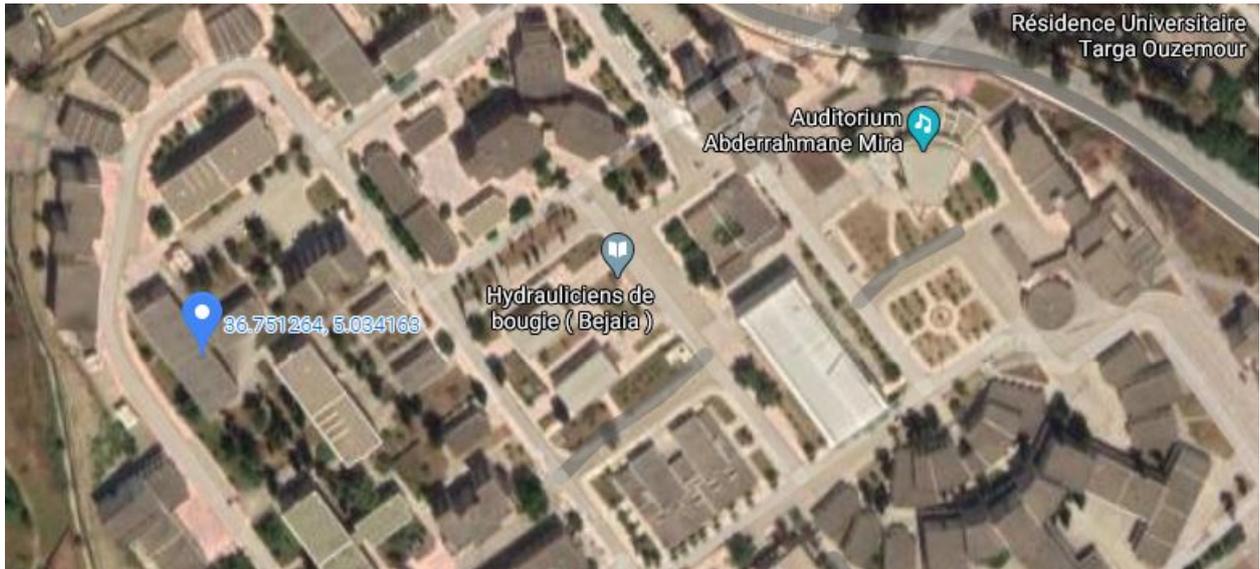


FIGURE III.12 – Position sur Google Maps.

### III.9 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté par détails toutes les étapes de conception et de réalisation de notre système IoT de détection de gaz toxiques sur ses deux plans. Que ce soit sur le plan software avec la programmation Arduino pour microcontrôleur et les différentes configurations des services Web (ThingSpeak et IFTTT), ou le plan Hardware à travers le choix et le câblage des différents modules électroniques de notre dispositif d’alerte.

L’expérience menée durant cette partie, nous a permis non seulement d’acquérir les concepts théoriques et pratiques liés à la configuration des différents modules du dispositif mis en place. Mais aussi, l’acquisition d’un background sur les dispositifs de sécurité à l’aide de l’Internet des Objets (IoT). De plus, Nous avons pu mettre en oeuvre les objectifs fixés dans notre projet tout en offrant un système efficace pour la détection, la mesure de concentration de gaz dangereux, de prévention et d’alarme à base d’Arduino.

En effet, nous avons confirmé que les systèmes de détection à base des IoT, sont des systèmes révolutionnaires voués à évoluer encore plus dans le futur. Ces systèmes permettent de sauver des vies et être prévenu à temps avant qu’une catastrophe soit arrivée.

# Conclusion générale

Les énergies fossiles (charbon, pétrole, gaz) restent encore des sources indispensables pour assurer le transport, l'électricité et, surtout le chauffage de nos foyers. Toutefois, le risque zéro n'existe pas, car elles sont considérées comme la cause principale des émissions du monoxyde de carbone dans l'air que nous respirons. L'utilisation du gaz naturel comme source d'énergie est très pratique dans notre vie quotidienne, mais cette utilisation présente un danger imminent sur la vie humaine en cas de fuites ou encore, les gaz émis lors de la combustion. En effet, le monoxyde de carbone reste parmi les premières causes d'accidents domestiques mortels en Algérie.

En vue de remédier à ce fléau, nous avons tiré profit du grand avantage d'une nouvelle technologie très controversée avec son entrée dans le domaine des télécommunications, la dénommée, Internet des objets, IoT. Au fait, la naissance de cette dernière a pour but de définir un nouveau réseau mondial à très haut débit avec d'innombrables services interconnectés et d'objets intelligents de toutes natures destinés à soutenir les humains dans leurs activités quotidiennes. Cela grâce à leurs capacités de détection, de mesure, d'exécution, de calcul et de communication en temps réel avec une latence très négligeable.

En effet, notre projet est venu pour offrir un dispositif de télésurveillance, de détection et de mesure de concentration de gaz toxiques dans des endroits fermés et de garantir un système d'alerte et de prévention.

En outre, le dispositif proposé s'avère d'une utilité importante surtout dans les environnements domestiques et industriels pour garantir une prévention contre les asphyxies et qui peut contribuer davantage à sauver des vies humaines et conserver ses biens.

Cependant, les résultats obtenus des tests pratiques sont très encourageants et ils constituent une base d'un travail à poursuivre et à améliorer, pour en faire d'autres systèmes intelligents, qui peuvent faire l'objet de kits domotiques à recommander pour des installations HSE domestiques ou industrielles.

De plus, ce projet nous a permis de combiner et de mettre en relation plusieurs applications de domaines différents, tels que, l'automatique, l'électronique appliquée et l'informatique. Comme aussi, la réalisation de ce thème, nous a permis d'acquérir de nouvelles informations et d'enrichir davantage nos connaissances.

Comme perspectives, nous envisageons d'améliorer les performances de ce système en

introduisant, des modules de calibrage plus sophistiqués, ainsi que l'optimisation de ce dispositif en minimisant son énergie de fonctionnement pour une éventuelle alimentation sous batterie. D'autant plus, nous projetant à réduire son coût de réalisation dans le but de le commercialiser.

A fin d'offrir une meilleure efficacité de prévention et de sécurité, nous envisageons d'ajouter d'autres types d'alertes et d'autres fonctionnalités à savoir :

- Déclenchement d'une alerte sonore lorsque la concentration du gaz toxique devienne inquiétante pour dépêcher à l'aération des lieux et éventuellement la vérification complète de l'installation du gaz.
- Déclenchement d'un appel vocal ou envoi d'un SMS directement au téléphone de la personne concernée en premier lieu, et si le niveau du gaz continue d'augmenter, informer les services de protection civile à l'aide d'un message vocal dédié à ce fait.
- L'ajoute d'une vanne automatique avec un servomoteur à l'installation du gaz qui sera commandé avec un contrôleur Arduino afin de fermer le gaz, dans l'attente d'une intervention.

Pour finir, nous souhaitons en faire à travers ce manuscrit, au delà de son apport scientifique, un hommage à toutes les victimes de ce tueur silencieux.

# Annexe

## Fritzing

Nous avons exploité ce logiciel durant la réalisation des montages, en fait fritzing est une initiative open source visant à aider à travailler de manière créative avec l'électronique interactive, il est possible de compléter la bibliothèque de composants et chaque composant est défini à l'aide de 3 éléments : l'image du composant, le symbole du composant et la représentation du composant sur le circuit imprimé.

## Programmation de l'ESP8266

Avant de pouvoir programmer la carte NodeMCU esp8266, il faut d'abord installer son pilote sur l'ordinateur puis on doit ajouter la librairie esp8266 sur le logiciel Arduino IDE. Pour cela, il suffit de suivre les étapes suivante après avoir installer l'IDE Arduino :

- Ouvrez l'IDE Arduino à partir de l'icône du bureau
- Cliquez sur l'onglet **Fichier** et ouvrez les **Préférences**
- ajoutez le lien suivant dans le champs **URL de gestionnaire de carte supplémentaires** ([http://arduino.esp8266.com/stable/package\\_esp8266com\\_index.json](http://arduino.esp8266.com/stable/package_esp8266com_index.json)) et cliquez sur OK
- Aller à Outils > Type de carte > Gestionnaire de carte
- Dans le champ de recherche, tapez esp8266, cliquez sur l'option Communauté esp8266 par ESP8266 et cliquez sur Installer

# Bibliographie

- [1] S-Y DONATI, M GAINNIER et O CHIBANE-DONATI. “Intoxication au monoxyde de carbone”. In : *EMC-Anesthésie-Réanimation* 2.1 (2005), p. 46-67.
- [2] I BOUDJEDIR. “Un système embarqué pour la détection des gaz dangereux”. Mém. de mast. Oum El Bouagui : Université Larbi Ben M’hidi, juin 2017.
- [3] D L’OUTRE-MER, D Sports D JEUNESSE et E ASSOCIATIVE. “Circulaire interministérielle DGS/SDEA2/DDSC/SDGR no 2008-297 du 23 septembre 2008 relative à la surveillance des intoxications au monoxyde de carbone et aux mesures à mettre en œuvre modifiant la circulaire DGS/SD7C/DDSC/SDGR no 2005-552”. In : (déc. 2005).
- [4] F LEMOINE. “Internet des Objets centré service autocontrôlé”. Thèse de doct. Paris : Conservatoire national des arts et métiers à Paris, juil. 2019.
- [5] A TAMBOLI. *Build Your Own IoT Platform*. 1<sup>re</sup> éd. Springer, 2019.
- [6] I SALEH, M AMMI et S SZONIECKY. *Challenges of the internet of things : Technique, use, ethics*. 1<sup>re</sup> éd. Computer engineering series. John Wiley & Sons, 2018.
- [7] S HADDAD. “Vers un modèle de confiance pour l’Internet des Objets”. Mém. de mast. Béjaïa : Université Abderrahmane Mira, juil. 2016.
- [8] I HAOUCHINE et S AIT MOUHOUB. “Etude de l’IoT et réalisation d’une maison intelligente”. Mém. de mast. Béjaïa : Université Abderrahmane Mira, 2019.
- [9] K S MOHAMED. *The Era of Internet of Things : Towards a Smart World*. 1<sup>re</sup> éd. Springer, 2019.
- [10] R MEKRIOU et W MAZARI. “Introduction à l’internet de l’objet et réalisation D’un système domotique”. Mém. de mast. Béjaïa : Université Abderrahmane Mira, 2016.
- [11] L ZHU, K GAI et M LI. *Blockchain Technology in Internet of Things*. Springer, 2019.
- [12] A MENNAL et A BOUHENBEL. “Les réseaux de capteurs sans fil "WSN" : Etude et réalisation d’un prototype a base d’Esp8266 nodeMCU”. Mém. de mast. Khemis Miliana : Université Djilali Bounaâma, 2018.
- [13] S CIRANI et al. *Internet of Things : Architectures, Protocols and Standards*. Hardcover. John Wiley & Sons, 2018.
- [14] N KARA. “Conception d’un réseau de communication pour une maison intelligente en utilisant la technique d’internet des objets”. Mém. de mast. Béjaïa : Université Abderrahmane Mira, 2017.

- [15] A HIDJEB. “Implémentation d’un protocole d’élection d’un serveur d’authentification dans l’internet des Objets”. Mém. de mast. Béjaia : Université Abderrahmane Mira, 2017.
- [16] *ThingSpeak*. 2020. URL : <https://thingspeak.com/>.
- [17] S AKROUR et Akrou K. “Application de l’IoT dans la détection d’anomalie cardiaque”. Mém. de mast. Béjaia : Université Abderrahmane Mira, 2019.
- [18] J NUSSEY. *Arduino pour les nuls*. First interactive, 2014.
- [19] ASTALASEVEN, ESKIMON et OLYTE. *Arduino pour bien commencer en électronique et en programmation*. 2012.
- [20] *ESpressif*. 2020. URL : <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp8266>.
- [21] M A ZERROUKI et R NESNAS. “Conception et réalisation d’un système de commande d’une habitation”. Mém. de mast. Tizi-Ouzou : Université Mouloud Mammeri, 2018.
- [22] M MCROBERTS. *Beginning Arduino*. 1<sup>re</sup> éd. Apress, 2011.

# Résumé

L'intoxication au monoxyde de carbone demeure la première cause de morbidité et de mortalité d'origine toxique dans le monde. En effet, chaque année, des centaines de citoyens trouvent la mort par intoxication au monoxyde de carbone, ceci est surtout fréquent à l'approche de chaque saison hivernale. Pour remédier à ce fléau, nous avons fait usage de l'Internet des objets, pour offrir un dispositif de télédétection et de mesure de concentration de gaz toxiques en temps réel, en permettant d'alerter à la fois, la victime et les services compétents, en l'occurrence la protection civile pour agir face à ce danger imminent lié à une éventuelle probabilité d'asphyxie. En outre, afin de permettre une efficacité d'intervention en temps et en lieu, nous avons associé l'accès à distance, grâce au Cloud, pour visualiser le niveau de gaz toxique et les coordonnées GPS du foyer en question. Les résultats obtenus confirment davantage l'efficacité du système proposé et nous permet ainsi de sauver plus de vies que d'habitude.

**Mots-clés :** Internet des Objets, IdO, Cloud, ThingSpeak, Arduino, Détecteur de gaz, Monoxyde de carbone.

## Abstract

Carbon monoxide poisoning remains the main cause of worldwide toxic morbidity and deaths. In fact, every year, hundreds of citizens die from carbon monoxide poisoning, this is especially frequent as each winter season approaches. To remedy to this scourge, we have made use of the Internet of Things to offer a device for detecting and measuring the concentration of toxic gases in real time, making it possible to alert both the victim and the competent services, in this instance the fire fighters, to act face of this imminent danger related to a probability of asphyxiation. In addition, to allow an efficient intervention in time and place, we have associated a remote access, thanks to the cloud, to visualize the toxic gas level and the GPS coordinates of the household in question. The obtained results confirm further the effectiveness of the proposed system, thus allows us to save more lives than usual.

**Keywords :** IoT, Internet of Things, ThingSpeak, Cloud, Arduino, Gas detector, Carbon monoxide.