

REPUBLIQUE ALGERIENNE POPULAIRE ET DEMOCRATIQUE MINISTÈRE DE  
L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE UNIVERSITÉ ABOU-BEKR  
BELKAID – TLEMCEM



**Faculté de TECHNOLOGIE**  
**Département de Télécommunications**

**Mémoire pour l'obtention du diplôme de MASTER**  
**Spécialité : Réseaux et Télécommunications**

**INTITULÉ**

**Localisation par WiFi des fuites de gaz via un système IoT**

**Soutenu le 29/08/2020 par :**

- **MEZERAÏ Romaiçsa.**
- **MOKHDAR Fatima Zohra.**

**Devant Le Jury :**

Président	Mr. ZERROUKI Hadj	MCB	Univ. Tlemcen
Examineur	Mr. MERZOUGUI Rachid	PR	Univ. Tlemcen
Encadreur	Mr. HADJILA Mourad	MCA	Univ. Tlemcen
Co-Encadreur	Mme. SOUIKI Sihem	MCB	Centre Univ. Ain Temouchent

**Année universitaire 2019-2020.**

# Remerciements

*Nous remercions avant tout Allah de nous avoir gardés en bonne santé afin de mener à bien ce projet de fin d'études. Nous remercions également nos familles pour les sacrifices qu'elles ont fait pour que nous terminions nos études.*

*Nous tenons à remercier très chaleureusement Monsieur « HADJILA Mourad », maître de conférences « A » à l'université Abou bek'r Belkaid Tlemcen pour nous avoir encadrés.*

*Nous souhaitons remercier très sincèrement les membres du jury Mr. ZERROUKI Hadj, et Mr. MERZOUGUI Rachid d'avoir accepté de juger et d'examiner notre travail.*

*Nos remerciements vont également à tous nos enseignants, pour nous avoir formés durant le parcours de nos études.*

*Nous tenons à remercier tout particulièrement à tous ceux et celles qui de loin ou de près ont contribué à finaliser ce modeste travail que nous l'espérons sera à la hauteur de leur engagement.*

# *Dédicaces*

*J'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail :*

*A ma très chère mère, qui me donne toujours l'espoir de  
vivre et qui n'a jamais cessé de prier pour moi.*

*A mon très cher père, pour ses encouragements, son  
soutien, surtout pour son amour et son sacrifice afin que  
rien n'entrave le déroulement de mes études.*

*A mes frères, Mes sœurs et leurs enfants « Hiba,  
Mohammed et Farah ».*

*A mon cher Mari Moussa et sa famille.*

*A mes meilleurs amis et mes collègues et tout qui m'ont  
aidé de près ou de loin à la réalisation de ce modeste  
travail.*

*Mezerai Romaiissa*

# Dédicaces

*Je rends grâce à Allah le tout puissant pour tous les bienfaits dont il m'a comblé*

*Je dédie ce modeste travail à :*

*A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études.*

*Que dieu vous protège et vous garde pour nous.*

*A mon cher mari, aucune dédicace ne saurait exprimer mon profond attachement et ma reconnaissance pour la tendresse et la gentillesse dont tu m'as toujours entouré, et sa famille.*

*A mon frère, mes sœurs et ma princesse zineb.*

*A mon binôme et ma meilleure amie : Mezeraï Romaiassa.*

*A mes collègues et tout qui m'ont aidé à la réalisation de ce modeste travail.*

*Mokhdar Fatima Zohra.*

## **Résumé**

Dans le monde entier et plus particulièrement en Algérie, le monoxyde de carbone constitue la première cause de mortalité. Incolore, inodore, non irritant, ce tueur silencieux est responsable chaque année de plus de 100 décès, de plusieurs milliers d'hospitalisations surtout en période hivernale quand le froid s'installera et la demande à chauffer les domiciles augmente. Cependant, sauver les vies humaines deviendra une obligation d'où nous avons pensé à concevoir et réaliser un prototype à base d'Internet des objets en utilisant une carte Arduino (ou carte dérivée) dotée d'un module WiFi qui permet la connexion avec Internet pour aviser les services de la protection civile en leur envoyant une notification contenant la quantité du CO et l'adresse IP publique. L'agent de la protection civile envoie une requête à la base de données fournie par l'opérateur téléphonique afin d'obtenir l'adresse physique du lieu de fuite, et par conséquent, apporter les secours nécessaires en temps opportun en contactant l'unité la plus proche.

## **Mots clés**

Monoxyde de carbone, Arduino, Internet des objets, protection civile, base de données, Wi-Fi, Localisation.

\*\*\*\*\*

## **Abstract**

Throughout the world and more particularly in Algeria, carbon monoxide is the leading cause of death. Colorless, odorless, non-irritating, this silent killer is responsible for more than 100 deaths each year, for several thousand hospitalizations, especially during the winter period when the cold sets in and the demand for heating homes increases. However, saving human lives will become an obligation from which we have thought of designing and producing a prototype based on the Internet of Things using an Arduino board (or derived board) equipped with a WiFi module that allows connection to the Internet to notify the civil protection services by sending them a notification containing the amount of CO and the public IP address. The civil protection agent sends a request to the database provided by the telephone operator in order to obtain the physical address of the place of flight and therefore provide the necessary assistance in a timely manner by contacting the nearest unit.

## **Keywords**

Carbon monoxide, arduino, Internet of things, civil protection, database, WiFi, location.

# **Table des matières**

<b>Remerciements</b>	<b>I</b>
<b>Dédicaces</b>	<b>II</b>
<b>Résumé</b>	<b>IV</b>
<b>Abstract</b>	<b>IV</b>
<b>Table des matières</b>	<b>V</b>
<b>Liste des figures</b>	<b>IX</b>
<b>Liste des tableaux</b>	<b>X</b>

## **Chapitre I : Les fuites de gaz et le monoxyde de carbone**

I.1	Introduction.....	5
I.2	La consommation de gaz naturel .....	5
I.2.1	La consommation mondiale .....	5
I.2.2	La consommation nationale .....	7
I.3	La fin du gaz naturel .....	8
I.4	Les risques de cette énergie .....	8
I.4.1	Les fuites de gaz .....	8
I.4.2	Intoxication au monoxyde de carbone.....	9
I.4.2.1	Intoxication au monoxyde de carbone en Algérie .....	9
I.5	Le monoxyde de carbone (CO) .....	9
I.5.1	Présentation, nature .....	9
I.5.2	Aspects physicochimiques.....	10
I.5.3	Sources domestiques.....	11
I.5.4	Effets sur la santé humaine .....	12
I.5.5	Symptômes.....	12
I.5.6	Conseils et préventions .....	14
I.6	Conclusion .....	16

## Chapitre II : Internet des objets

II.1	Introduction.....	18
II.2	Historique .....	18
II.3	Définition.....	19
II.3.1	Pourquoi Internet des objets.....	19
II.4	Composants du système IoT .....	20
II.5	Les technologies de l'internet des objets.....	20
II.5.1.1	L'architecture de l'IoT.....	21
II.5.1.2	Technologies d'interfaçage (RFID, NFC, Zigbee) dans l'IoT .....	22
II.5.1.3	Réseaux de communication (GSM,UMTS,LTE/LTE-A,WSN,VANET) dans l'IoT .....	24
II.5.1.4	Technologies de localisation et géo localisation dans l'IoT.....	24
II.6	Les objets connectés .....	24
II.6.1	Exemples d'objets connectés .....	25
II.6.2	Web des Objets .....	28
II.6.2.1	Introduction.....	28
II.6.3	Définition.....	28
II.6.4	Le but de web des objets.....	29
II.6.5	Architecture du Web des objets.....	30
II.7	Fonctionnement de l'IoT .....	31
II.7.1	Domaines d'application.....	32
II.7.2	Les avantages et les enjeux de IoT .....	34
II.7.2.1	II.8.1.Les avantages .....	34
II.7.2.2	II.8.2.Les enjeux.....	35
II.8	Application Web .....	35
II.8.1	Le Cloud Computing .....	35
II.8.1.1	Définition .....	36
II.8.1.2	Types de Cloud Computing.....	36
II.8.1.3	Fonctionnement de Cloud Computing .....	37
II.8.2	WiFi.....	37
II.8.2.1	Définition .....	37
II.8.2.2	Les modes d'opération .....	38
II.8.2.2.1	Le mode infrastructure.....	38
II.8.2.2.2	Le mode Ad-hoc .....	38

II.9	Conclusion .....	39
------	------------------	----

## **Chapitre III :*Conception et réalisation du prototype IOT***

III.1	Premier partie : Étude de la partie matérielle et logicielle du projet : .....	42
III.1.1	Introduction.....	42
III.1.2	Notion sur Arduino .....	42
III.1.2.1	Introduction.....	42
III.1.2.2	Historique .....	42
III.1.2.3	Définition .....	42
III.1.2.4	Gammes de la carte Arduino .....	43
III.1.3	Etude de la partie matérielle et logicielle du projet.....	44
III.1.3.1	Les cartes de contrôle « NodeMCU/ESP8266 » .....	44
III.1.3.1.1	Caractéristiques de Node MCU .....	45
III.1.3.2	Les capteurs de gaz.....	45
III.1.3.2.1	Présentation générale .....	45
III.1.3.2.2	Capteur MQ2.....	45
III.1.3.3	La plaque d’essai électronique .....	46
III.1.3.4	Fil de connexion.....	46
III.1.3.5	L’installation de logiciel Arduino « IDE » .....	47
III.1.3.6	Le logiciel Arduino .....	47
III.1.3.7	Structure d’un programme Arduino .....	49
III.2	Deuxième partie : Réalisation du projet.....	50
III.2.1	Introduction.....	50
III.2.2	Description du prototype IoT .....	51
III.2.3	Solution proposée .....	51
III.2.3.1	Configuration de l’Arduino IDE.....	52
III.2.3.2	Connexion des composants à la carte NodeMCU .....	54
III.2.3.3	Programmation de la carte Arduino .....	55
III.2.3.4	Plateformes utilisées .....	57
III.2.3.4.1	Définition de Pushbullet.....	57
III.2.3.4.2	Description du service PushingBox .....	58
III.2.3.4.3	Configuration de la plateforme Pusbullet et PushingBox .....	58



III.2.4	Une autre solution proposée .....	67
III.2.4.1	Comment fonctionne l'API Google Géolocalisation ?.....	67
III.3	Conclusion .....	72
	Conclusion générale.....	73
	Références bibliographique.....	74

## Liste des figures

Figure I-1 : Les sources et causes des gaz brûlés. ....	11
Figure I-2 : Symptômes de l'intoxication au CO en fonction de l'exposition et de la concentration en HBCO. ....	14
Figure I-3 : Les dangers du monoxyde de carbone. ....	15
Figure II-1 : Internet des objets. ....	19
Figure II-2 : L'architecture de l'IOT. ....	21
Figure II-3 : La technologie RFID. ....	22
Figure II-4 : La technologie NFC. ....	23
Figure II-5 : Zigbee. ....	23
Figure II-6 : Nest Smart Thermostat. ....	25
Figure II-7 : WeMo Switch Smart. ....	26
Figure II-8 : Smart Lock. ....	26
Figure II-9 : Hydrao First. ....	27
Figure II-10 : Le t-shirt connecté. ....	27
Figure II-11 : La lentille de contact intelligente. ....	28
Figure II-12 : Description du Web des objets. ....	29
Figure II-13 : les types de WoT. ....	30
Figure II-14 : Schéma d'architecture avec intégration directe ou indirecte. ....	31
Figure II-15 : Les Villes Intelligentes. ....	32
Figure II-16 : Le Smart Grid. ....	33
Figure II-17 : Domotique. ....	33
Figure II-18 : Une montre connectée pour la santé. ....	34
Figure II-19 : Le Cloud Computing. ....	36
Figure II-20 : fonctionnalité de Cloud Computing. ....	37
Figure II-21 : Le réseau WiFi en mode infrastructure. ....	38
Figure II-22 : Le réseau WiFi en mode Ad-hoc. ....	39
Figure III-1 : Les différents carte Arduino. ....	43
Figure III-2 : Node MCU/ EPS8266. ....	44
Figure III-3 : L'essentiel sur ESP8266. ....	44
Figure III-4 : Le capteur de gaz MQ2. ....	46
Figure III-5 : La plaque d'essai. ....	46
Figure III-6 : Les fils Male-femelle ....	47
Figure III-7 : Les fils Male-Male. ....	47
Figure III-8 : Interface de logiciel Arduino IDE. ....	48
Figure III-9 : La barre de boutons. ....	49
Figure III-10 : l'organigramme d'exécution d'un programme en Arduino. ....	50
Figure III-11 : Schéma de principe du prototype. ....	51
Figure III-12 : Ajout de la carte NodeMCU à l'Arduino IDE. ....	53
Figure III-13 : L'installation de la bibliothèque ESP8266. ....	53
Figure III-14 : Choix du port pour la carte NodeMCU. ....	54
Figure III-15 : Une photo pour la maquette finale. ....	55
Figure III-16 : Capture du premier programme dans Arduino IDE pour la carte NodeMCU. ....	56
Figure III-17 : Affichage de programme dans le moniteur série. ....	57
Figure III-18 : Interface de la plateforme Pushbullet. ....	58
Figure III-19 : Interface de la plateforme Pushbullet. ....	59

Figure III-20 : Smartphone mobile dans le menu Appareils(Devices).....	60
Figure III-21 : Création d'un nouvel Access Token. ....	60
Figure III-22 : Récupération le Access Token. ....	61
Figure III-23 : Interface d'ajout d'un Pushbullet service. ....	62
Figure III-24 : Création d'une nouvelle action à notre scénario.....	63
Figure III-25 : La liste des scénarios.....	64
Figure III-26 : Capture de programme dans l'Arduino.....	66
Figure III-27 : Résultat afficher dans le moniteur série. ....	66
Figure III-28 : Une capture sur le code. ....	71

## **Liste des tableaux**

Tableau I-1 : Les plus gros consommateurs de gaz.....	6
Tableau III-1 : Tableau comparatif des différentes cartes Arduino. ....	43
Tableau III-2 : Caractéristique de la carte Node MCU/ ESP8266.....	45

# ***Introduction générale***

## Introduction générale

La multiplication des décès provoqués par le monoxyde de carbone dans le monde entier et plus particulièrement en Algérie, est en train de prendre des proportions inquiétantes. Ces dernières années, il a été constaté la mort de centaines voir des milliers de personnes, parmi lesquelles certaines étaient membres d'une même famille. Ces décès sont généralement imputés à des appareils de chauffage ou bien à des chauffe-eau.

Le monoxyde de carbone est facilement absorbé par voie pulmonaire. La quantité absorbée dépend de la concentration de CO dans l'air inspiré, de la ventilation alvéolaire de la durée de l'exposition. Une exposition à forte concentration pendant une période courte entraîne moins de conséquence qu'une exposition à une concentration plus faible mais pendant une longue période de temps. Une fois absorbé, le CO diffuse à travers la membrane alvéolocapillaire et se dissout dans le plasma. Il ne subit qu'un très faible métabolisme (moins de 1 % du CO est oxydé en CO<sub>2</sub>). Il se fixe sur l'hémoglobine des globules rouges pour former de la carboxyhémoglobine, forme non fonctionnelle vis-à-vis du transport en oxygène. Le CO a environ 250 fois plus d'affinité pour l'hémoglobine que n'en a l'oxygène. Le métabolisme endogène de certains xénobiotiques peut également mener à la production de CO endogène: chlorure de diméthylène, dibromométhane, diiodométhane et bromochlorométhane. L'élimination du CO se fait principalement par voie pulmonaire sous forme inchangée et le taux d'élimination de CO est en relation directe avec la pression partielle en oxygène de l'air inspiré.

En période d'hiver, l'actualité algérienne est dominée quasi quotidiennement par des nouvelles dramatiques liées à des incidents souvent mortels, dus à l'asphyxie par ce gaz. Des drames qui dépassent manifestement le simple fait divers. Depuis quelques années, en effet, la saison du grand froid en Algérie est synonyme de mort par ce gaz inodore et très dangereux. Les bilans renvoient à une véritable hécatombe et les chiffres refusent de reculer en dépit de larges et insistantes campagnes de sensibilisation. En 2016, le monoxyde de carbone a tué 117 personnes. Selon un bilan de la protection civile, qui couvre la période du premier janvier au 31 décembre 2016, 1.300 personnes ont été secourues après avoir été incommodées ou intoxiquées par le monoxyde de carbone émanant d'appareils de chauffage. En 2017, les services de la protection civile ont enregistré 128 décès et 2400 interventions ayant permis de sauver 2928 personnes. Alger, Batna, Tlemcen, Constantine, Tizi Ouzou, et d'autres villes algériennes, là où le froid s'installe, la mort vient rôder dans les foyers et fauche sans distinction d'âge ni de sexe des vies, et souvent en nombre. Les chiffres donnent froid dans le dos. Dans une déclaration en marge d'une journée de sensibilisation sur les risques de la conduite et le risque d'asphyxie durant la période hivernale, le chargé de communication à la Direction générale de la protection civile, a fait état de l'enregistrement, durant la période s'étalant du premier janvier au 31 décembre 2019, de 145 morts au niveau national en Algérie par asphyxie au monoxyde de carbone (CO) émanant des appareils de chauffage, contre 131 décès enregistrés en 2018.

Il s'agit indéniablement d'une menace sur la vie des Algériens dont il convient de reconsidérer l'ampleur et la dangerosité. Le ciblage d'appareils de chauffage «Taiwan» et les mesures prises pour les bannir du marché, ainsi que l'effort de sensibilisation semblent peu

efficaces compte tenu des résultats. La conception des intérieurs de maisons devrait elle aussi être soumise à des règles strictes et au contrôle en aval. Les causes sont dues aussi au non-respect des normes d'installation des équipements, et aux conditions d'aération qui ne sont pas toujours correctes. La majorité des ménages algériens ne recourent jamais à un contrôle annuel de leurs installations. Le mauvais montage des appareils, ainsi que l'absence de surveillance de l'état des gaines techniques ne fait qu'accentuer le risque d'accidents domestiques. La plupart du temps les usagers sous-estiment le risque d'intoxication au monoxyde de carbone et ne respectent pas, par inconscience et méconnaissance, les conditions d'installation et de fonctionnement des appareils. Les principales circonstances d'intoxication au monoxyde de carbone sont liées à des appareils de chauffage mal utilisés, mal entretenus ou mal installés. La prévention des intoxications passe surtout par l'entretien et la vérification régulière des appareils à combustion, la bonne ventilation des locaux et l'utilisation appropriée de chauffages d'appoint». Les appareils neufs fonctionnant au gaz naturel doivent obligatoirement présenter le marquage CE et pour certains appareils de cuisson haut de gamme, la marque NF GAZ Sélection.

Le monoxyde de carbone s'est imposé comme l'une des premières causes de mortalité en Algérie. Il devient ainsi du devoir de se pencher sur ce phénomène et de prévoir des réponses à la hauteur de la menace. Pour cela, nous avons pensé à concevoir et réaliser un prototype à base d'Internet des objets pour détecter le monoxyde de carbone puis le localiser par WiFi.

La croissance de l'Internet des Objets signifie que nous sommes au début d'une nouvelle ère de données. Les deux composants principaux d'un « objet IoT » sont sa capacité à recueillir les données via des capteurs et de les transmettre par le biais d'Internet. La réduction du prix des capteurs depuis le début du nouveau millénaire a été un des principaux moteurs de la hausse de l'IoT. En bref, les capteurs ne coûtent pas cher aujourd'hui. Actuellement, la notion de l'Internet des objets est en pleine explosion du fait que l'existence des objets intelligents nous permet d'atteindre nos objectifs dans la vie quotidienne plus facilement. Ainsi, les domaines d'applications de l'IoT sont multiples, on cite le transport, la santé, les maisons connectées villes intelligentes, le commerce, l'industrie, la sécurité publique, etc.

Notre mémoire est organisé comme suit :

Dans le premier chapitre, nous avons parlé des fuites de gaz et le monoxyde de carbone. Après avoir établi un bilan des victimes d'asphyxie au monoxyde de carbone en Algérie enregistré par la direction de la protection civile pendant les trois dernières années, des concepts généraux sur le monoxyde de carbone seront présentés tels que: les sources de CO, les signes cliniques d'une intoxication au CO, les concentrations toxiques de CO, les facteurs influençant sur la quantité du CO absorbé, etc...., .Dans le deuxième chapitre, nous avons présenté des notions sur l'Internet des objets. Le troisième chapitre présente une description matérielle et logicielle de notre projet suivies par une présentation des

différentes étapes de la conception et la réalisation du prototype IoT. Nous terminerons ce mémoire par une conclusion générale où nous résumerons le travail proposé.

***Chapitre I : Les fuites de gaz  
et le monoxyde de carbone***



## **I.1 Introduction**

Le gaz de ville a longtemps été l'une des sources d'énergie les plus utilisées dans le monde. Il a été progressivement remplacé par le gaz naturel. Pourtant, l'expression « gaz de ville » persiste dans le langage courant. Contrairement au gaz de ville, le gaz naturel est un combustible fossile. Cela signifie qu'il est naturellement présent dans les couches terrestres. Le gaz de ville, quant à lui, est manufacturé en usine. Les deux sources d'énergie sont différentes donc par leur technique de fabrication. Autrement, le gaz naturel est un gaz beaucoup plus pur, composé essentiellement de méthane. Il est extrait du sous-sol rocheux, stocké sous forme liquide puis réinjecté dans le réseau de canalisations de villes.

Le gaz naturel actuellement utilisé dans les foyers pour le chauffage ou la cuisson est environ deux fois plus énergétique que le gaz de ville produit autrefois. Il est aussi plus propre et plus sûr.

Contrairement au gaz de ville, le gaz naturel est donc un combustible fiable. Il constitue aujourd'hui l'une des sources d'énergies les plus utilisées au monde.

## **I.2 La consommation de gaz naturel**

### **I.2.1 La consommation mondiale**

Plus de 110.000 m<sup>3</sup> de gaz naturel sont consommés chaque seconde dans le monde, soit 3.469 milliards de mètres cubes (Gm<sup>3</sup>) en 2015. La production mondiale de gaz naturel en 2015 s'était élevée à 3.539 milliards de mètres cubes.

L'Amérique du Nord, l'Europe et l'Asie ont consommé 61 % de ces 3 350 milliards de mètres cubes (Gm<sup>3</sup>) de gaz produits en 2012. En termes de consommation de GNL, l'Asie et l'Europe représentent les plus grandes zones importatrices. Avec une consommation de 880 Gm<sup>3</sup>, l'Amérique du Nord reste de loin le premier des marchés gaziers, devant l'Asie (640 Gm<sup>3</sup>), la CEI (615 Gm<sup>3</sup>) et l'Europe (520 Gm<sup>3</sup>).

Le gaz naturel représentait 21,4% de l'énergie totale consommée dans le monde en 2010, sur un total de 12 717 mégatonnes équivalent pétrole (Mtep). Cette part devrait augmenter pour atteindre 25% en 2035.

Après avoir augmenté de 3 % en 2017, la consommation mondiale de gaz naturel a augmenté de plus de 5 % de 2017 à 2018, Le gaz a ainsi augmenté sa part dans le mix énergétique mondial au détriment du charbon. Le mouvement de hausse est assuré essentiellement par les États-Unis, la Chine, la Russie et l’Iran. Le commerce international de gaz est en forte progression, soutenu essentiellement par celui du gaz naturel liquéfié (GNL). L’Australie, les États-Unis et la Russie ont fortement augmenté leurs capacités de liquéfaction de gaz pour assurer la hausse du commerce mondial (1).

**Tableau I-1 : Les plus gros consommateurs de gaz.**

Pays	2017	2018
États-Unis	635,8	702,6
Russie	370,7	390,8
Chine	206,7	243,3
Iran	180,5	193,9
Japon	100,6	99,5
Canada	94,3	99,5
Arabie Saoudite	93,9	96,4
Allemagne	77,2	75,9
Mexique	74,3	77
Royaume-Uni	67,8	67,8
Émirats Arabes Unis	64	65,8
Italie	61,5	59,5
Égypte	48,1	51,2
Inde	46,2	49,9
France	38,5	36,7
Ukraine	26	26,3
Reste du monde	955,8	973,3
<b>Total monde</b>	<b>3 141,9</b>	<b>3 309,4</b>

D'après BP Statistical Review 2018.

D'après le scénario établi par l'Agence Internationale de l'Énergie, la consommation de gaz naturel à l'échelle mondiale devrait augmenter de + 50 % de 2012 à 2035.

La croissance de la consommation gazière est liée en grande partie à son développement dans le secteur électrique. En effet, le gaz naturel est utilisé comme source d'énergie par les particuliers et dans l'industrie afin de produire de la chaleur (chauffage, fours,...) et de l'électricité (2).

### **1.2.2 La consommation nationale**

La consommation nationale moyenne en gaz se situerait à 67 milliards de mètres cubes à l'horizon 2028, soit une croissance annuelle moyenne de 4,5 %, prévoit la Commission de régulation de l'électricité et du gaz (CREG).

L'évolution de la consommation locale en gaz est tirée principalement par l'industrie, dont la consommation en gaz passerait de 10 milliards de m<sup>3</sup> en 2019 à 17 milliards de m<sup>3</sup> en 2028, avec un taux de croissance annuel moyen de 5,9 %. Cette croissance est due à l'apparition de nouveaux projets.

L'évolution de la consommation en gaz est également tirée par la distribution publique dont la consommation évoluera de 13 milliards de m<sup>3</sup> en 2019 à 21 milliards de m<sup>3</sup> en 2028, soit un taux de croissance annuel moyen de 5,2 %, et ce, en raison de la concrétisation des différents programmes de développement du gaz.

Pour ce qui est des centrales électriques, leur consommation passerait de 19 milliards de m<sup>3</sup> en 2019 à 23 milliards de m<sup>3</sup> en 2028, avec un taux de croissance annuel moyen de 2,2 %.

Concernant le besoin en gaz naturel cumulé pour le marché national, à l'horizon 2028, il s'élèverait à 560 milliards de m<sup>3</sup>.

La mise en œuvre du programme d'efficacité énergétique et de développement des Energies renouvelables devrait permettre au pays d'épargner une quantité de gaz de l'ordre de 15 milliards de m<sup>3</sup>.

Toutes ces données- là découlent du programme indicatif pour l'approvisionnement du marché national en gaz 2019-2028, élaboré par la CREG.

Approuvé par le ministre de l'Energie, ce programme est établi pour mettre en évidence les quantités de gaz naturel devant être disponibles pour la satisfaction de la demande énergétique nationale pour la décennie à venir(3).

### **I.3 La fin du gaz naturel**

La fin du gaz est annoncée pour 2072. La reconstitution des réserves de gaz naturel prendra des centaines de millions d'années, ce qui est bien sûr énorme à l'échelle humaine. Même si, grâce à des technologies avancées, nous découvrons de nouveaux gisements au cours d'explorations plus poussées de la croûte terrestre, cela ne ferait que repousser l'échéance de quelques années et ne modifierait pas grand-chose à la donne.

### **I.4 Les risques de cette énergie**

Le gaz naturel est stocké sous pression, il peut être explosif. Il est également inflammable et les substances libérées par sa combustion peuvent être toxiques.

Leur prévention est très difficile ; en effet, la responsabilité de l'accident lui-même n'incombe pas au producteur mais à l'utilisateur. Un risque aussi diffus pose le problème de l'éducation du consommateur et de la qualité et de la fiabilité des appareils et des installations qui sont à sa disposition. Et parmi ces risques, on note deux risques principaux : les fuites de gaz et les intoxications au monoxyde de carbone.

#### **I.4.1 Les fuites de gaz**

Les fuites sont le risque important associé à l'usage du gaz naturel. Une fuite prolongée peut provoquer un incendie ou une explosion (en présence d'une source de chaleur et d'oxygène en milieu confiné, le gaz peut s'enflammer ou exploser). Cependant, de nouveau, des mesures de précaution faciles à appliquer peuvent éviter les risques. Fermer le robinet d'arrivée du gaz avant chaque départ est la première et la plus simple des précautions à prendre. Si vous avez peur d'oublier, investir dans un détecteur peut être judicieux : cet appareil vous avertira si le gaz s'échappe à un niveau dangereux. De nouveau, il est aussi nécessaire d'entretenir votre

matériel, et en particulier de nettoyer les brûleurs de vos feux de cuisson : obtenir une flamme bleue est un signe de sécurité.

Enfin, si ce n'est pas déjà le cas, remplacer le tuyau de raccordement souple de votre cuisinière par un tuyau de raccordement flexible doté d'embouts mécaniques renforcera la sécurité de votre installation : ce type de tuyau est très difficile à arracher.

En résumé, les risques d'accidents domestiques causés par le gaz naturel existent, mais peuvent être facilement évités en prenant quelques mesures de précaution élémentaire(4).

### **I.4.2 Intoxication au monoxyde de carbone**

L'intoxication par le monoxyde de carbone (CO) est l'une des principales causes d'intoxication accidentelle en milieu domestique. Chaque année, la protection civile enregistre un nombre croissant d'intoxications et de décès dus à ce gaz. Elles sont plus fréquentes pendant la saison automno-hivernale et surviennent dans des circonstances variables.

#### **I.4.2.1 Intoxication au monoxyde de carbone en Algérie**

Les statistiques de la Protection civile révèlent plus de 2 793 personnes incommodées par les gaz brûlés, dont 1 849 par le gaz CO sauvées en 2018 contre 2 324 personnes en 2019 et 336 depuis le premier mois la nouvelle année. Le monoxyde de carbone continue à faire des victimes, c'est ainsi qu'il a été question d'une augmentation des décès qui sont passés de 100 en 2018 à 145 en 2019, dont 32 en janvier 2020, à travers le territoire national(5).

## **I.5 Le monoxyde de carbone (CO)**

### **I.5.1 Présentation, nature**

Le monoxyde de carbone est un tueur particulièrement silencieux, appelé sous sa formule moléculaire CO, est un gaz particulièrement toxique. En cas de forte concentration, il représente un danger mortel pour les personnes. Généré par une mauvaise combustion d'énergie fossile, le monoxyde de carbone est un gaz inodore, sans goût, et incolore. Ces caractéristiques le rendent d'autant plus dangereux : il ne peut pas être réellement senti lorsqu'il émane. Ce gaz remplace également l'oxygène. Il s'introduit par les poumons et s'irrigue parmi les globules rouges.

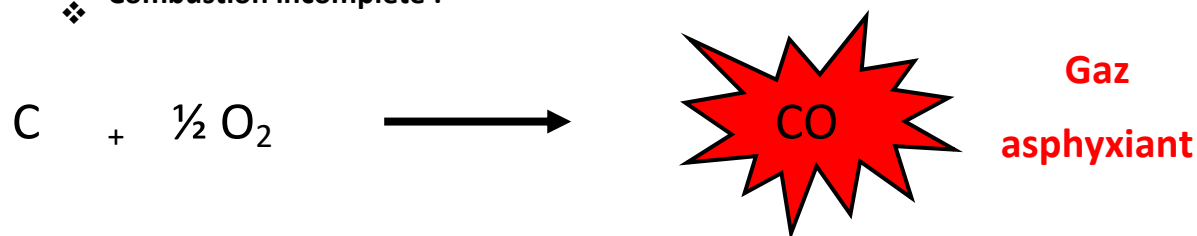
### 1.5.2 Aspects physicochimiques

Les composés oxygénés du carbone sont formés lors de la combustion de dérivés carbonés. Alors qu'une combustion complète conduit à la formation de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), une combustion incomplète conduit à la formation de monoxyde de carbone (CO), gaz toxique asphyxiant

❖ **Combustion complète :**



❖ **Combustion incomplète :**



Du fait de ses propriétés physicochimiques (incolore, inodore et insipide), le CO n'est pas détectable par les organes des sens.

D'autre part, il est très diffusible, insoluble dans l'eau, difficilement liquéfiable, et non absorbé sur filtre à charbon actif. Pour cette dernière raison, afin de bénéficier d'une protection individuelle efficace, il est nécessaire d'utiliser des masques à adduction d'air.

Sa densité est voisine de celle de l'air 0,97, il est extrêmement inflammable, et il forme des mélanges explosifs avec l'air (LIE : 12,5% ; LES : 74%)(6).

### I.5.3 Sources domestiques

Dans les habitations, les principales sources de monoxyde de carbone sont les foyers utilisant un combustible carboné, tels que : appareil de chauffage, chauffe-eau, un four ou une cuisinière. Lorsque l'apport d'oxygène est insuffisant, la combustion est incomplète et il y a formation de CO. Les gaz brûlés émis par ces appareils contiennent une petite quantité de CO, parce que la combustion n'est jamais tout à fait complète. Pour une combustion efficace, il faut que l'appareil soit correctement installé et les brûleurs bien réglés. Un usage inapproprié ou un entretien insuffisant peuvent également conduire à la formation de CO. Un appareil utilisant un combustible carboné, non raccordé à une cheminée va libérer les gaz brûlés directement dans l'habitation (7).

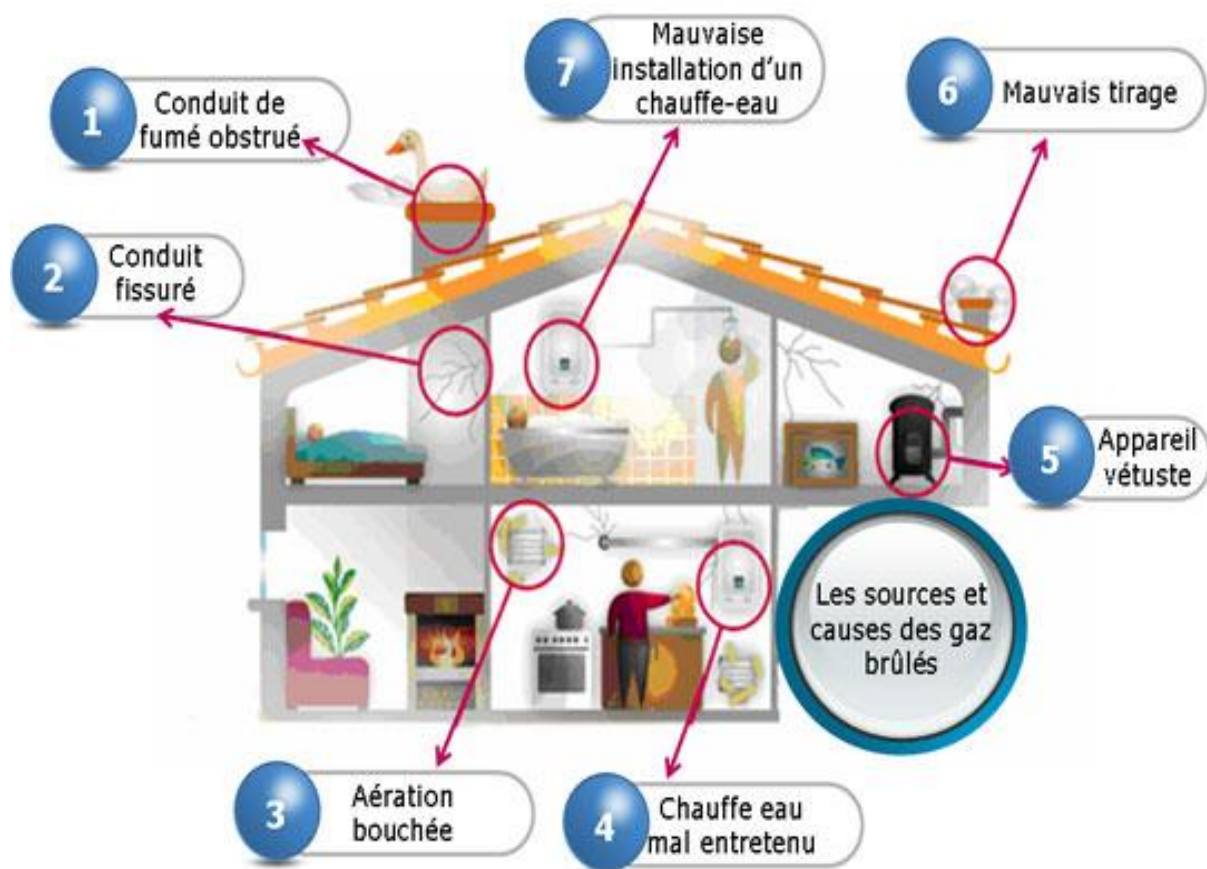


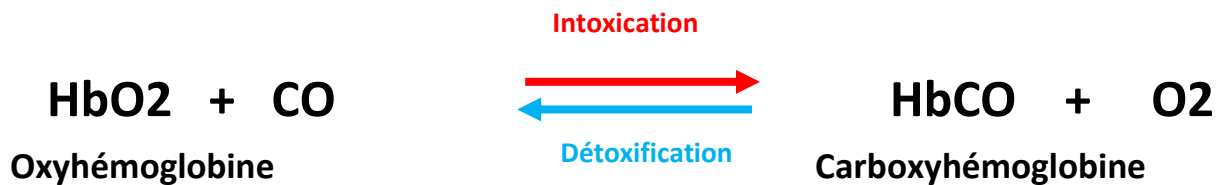
Figure I-1 : Les sources et causes des gaz brûlés.

#### 1.5.4 Effets sur la santé humaine

L'effet le mieux connu du CO est sa capacité à bloquer le transport de l'oxygène (O<sub>2</sub>) en se fixant sur l'hémoglobine (Hb) pour laquelle il a une affinité 250 fois plus grande que l'O<sub>2</sub>.



Cette fixation va aussi avoir pour effet un déplacement à gauche de la courbe de dissociation de l'oxyhémoglobine (HbO<sub>2</sub>) diminuant encore l'apport d'O<sub>2</sub> en périphérie. Cela suffit à expliquer une hypoxémie transitoire, mais pas à rendre compte de toutes les manifestations cliniques immédiates et surtout tardives de l'intoxication au CO.



#### 1.5.5 Symptômes

Il est important de savoir qu'une intoxication au monoxyde de carbone ne peut se produire que si une personne se trouve en présence d'une source de ce gaz.

En effet, les symptômes d'une intoxication au monoxyde de carbone sont souvent difficiles à reconnaître car ils ressemblent aux symptômes d'autres problèmes de santé.

On peut penser à une intoxication au monoxyde de carbone quand :

- Une ou plusieurs personnes se trouvent dans un endroit où il y a une source de monoxyde de carbone.
- Ces personnes ressentent des symptômes.



- Les symptômes diminuent ou disparaissent lorsque les personnes quittent cet endroit.

Il est alors très important de savoir quoi faire lorsque vous avez des symptômes.

Les symptômes d'une intoxication au monoxyde de carbone varient selon l'intensité de l'intoxication.

Principaux symptômes d'une intoxication légère :

- Maux de tête.
- Fatigue.
- Nausées.
- Vomissements.

Symptômes d'une intoxication plus importante :

- Etourdissements.
- Fatigue.
- Douleurs dans la poitrine.
- Troubles de la vision.
- Difficultés de concentration.

Symptômes d'une intoxication grave :

- Problèmes de coordination des mouvements ou paralysie musculaire, qui empêchent la personne de quitter les lieux.
- Perte de conscience(8).

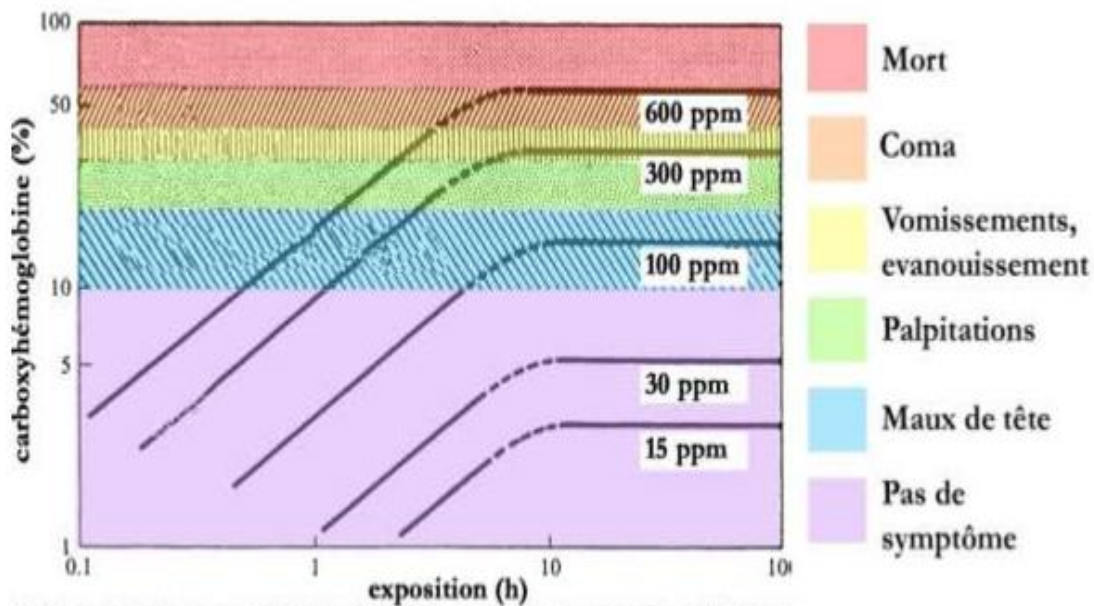


Figure I-2 : Symptômes de l'intoxication au CO en fonction de l'exposition et de la concentration en HBCO.

### 1.5.6 Conseils et préventions

Les intoxications au monoxyde de carbone peuvent concerner tout le monde. Afin de limiter les risques, il convient d'adopter les gestes de prévention suivants :

- Avant chaque hiver, faire systématiquement vérifier et entretenir les installations de chauffage et de production d'eau chaude, ainsi que les conduits de fumée (ramonage mécanique) par un professionnel qualifié.
- Tous les jours, et même quand il fait froid, aérer au moins 10 minutes son logement, maintenir les systèmes de ventilation en bon état de fonctionnement et ne jamais obstruer les entrées et sorties d'air.
- Respecter systématiquement les consignes d'utilisation des appareils à combustion indiquées par le fabricant : ne jamais faire fonctionner les chauffages d'appoint en continu ; placer

impérativement les groupes électrogènes à l'extérieur des bâtiments ; ne jamais utiliser pour se chauffer des appareils non destinés à cet usage : cuisinière, brasero, barbecue, etc.

Maux de tête, nausées, malaises, vomissements, etc. peuvent être le signe de la présence de monoxyde de carbone dans votre logement, dans ce cas :

- Aérez immédiatement les locaux en ouvrant portes et fenêtres.
- Arrêtez si possible les appareils à combustion.
- Évacuez au plus vite les locaux et bâtiments.
- Appelez les secours



Figure I-3 : Les dangers du monoxyde de carbone.

### I.6 Conclusion

Ce chapitre traite essentiellement l'importance du monoxyde de carbone, qui est l'une des sources d'énergie les plus consommées dans notre vie quotidienne. Mais c'est très dangereux comme tueur silencieux (incolore, inodore, indolore), ce qui nous fait adopter des mesures préventives traditionnelles qui sont considérées comme inadéquates ; et sophistiquées c'est ce que nous allons aborder dans les chapitres suivants.

***Chapitre II :***  
***Internet des objets***

### II.1 Introduction

Au cours des dernières années, l'Internet des objets « IoT » a attiré une attention considérable de la recherche. L'IoT est considéré comme faisant partie de l'Internet du futur et comprendra des milliards de « choses » communicantes intelligentes. L'avenir d'Internet consistera en appareils connectés de façon hétérogène qui étendront encore les frontières du monde avec des entités physiques et des composants virtuels. L'Internet des objets donnera aux objets connectés de nouvelles capacités.

La technologie s'est répandue dans tous les domaines de la surveillance, la sécurité, la santé, les maisons et villes intelligentes ainsi que les systèmes de logistique et de transportation intelligents.

Notre objectif dans ce chapitre est d'aborder les principaux concepts définitions, l'architecture, les technologies fondamentales et les applications de l'IoT (9).

### II.2 Historique

Dans cette section, nous citons les événements les plus marquants sur le chemin de la concrétisation de l'IoT. Le concept d'un réseau de dispositifs intelligents a été évoqué pour la première fois en 1982, avec le premier appareil connecté à Internet à l'Université Carnegie Melon capable de signaler à son inventaire si les boissons nouvellement chargées sont bien froides. Ainsi, en 1991, Mark Weiser a introduit l'informatique omniprésente à travers son papier intitulé : "L'ordinateur du 21ème siècle " et a présenté d'avance la vision contemporaine de l'Internet des objets. Ensuite, en 1998, l'informatique ubiquitaire a commencé d'attirer l'attention par le fait qu'elle permettrait l'incorporation flexible et efficace de l'informatique dans la vie quotidienne. Après, en 2000 la société LG annonce son premier réfrigérateur intelligent connecté à Internet. De plus, la technologie RFID (Radio Frequency Identification) qui est l'une des technologies constitutionnelles de l'IoT, a commencé à être massivement déployée

vers les années 2003 et 2004. D'autre part, une initiative très intéressante a été prise en 2008 ; un groupe de recherche appelé IPSO Alliances est consacré à promouvoir l'utilisation du protocole IP (Internet Protocol) pour les réseaux d'objets miniatures intelligents (10).

### II.3 Définition

L'Internet of Things (IoT) est «un réseau qui relie et combine les objets avec l'Internet, en suivant les protocoles qui assurent leurs communications et échange d'informations à travers une variété de dispositifs» (11).

L'IoT peut se définir aussi comme étant " un concept permettant de connecter ou de capturer tout type d'informations à partir d'un appareil ou d'une machine à transmettre de sa source à toute destination indépendante de la plateforme utilisant Internet. L'IoT peut également être décrit comme un réseau géant d'appareils connectés communiquant et partageant des informations entre eux " (12).



Figure II-1 : Internet des objets.

#### II.3.1 Pourquoi Internet des objets

L'Internet des Objets est un réseau d'objets physiques dédiés qui intègrent des technologies pour détecter ou interagir avec leurs états internes ou leurs environnements externes. L'IoT

constitue un écosystème d'objets, de communications, d'applications et d'analyses des données (13).

### II.4 Composants du système IoT

Lier un objet ou un lien à internet est un processus plus complexe que la liaison de deux Pages Web. L'IoT exige sept composants :

- Une étiquette physique ou virtuelle pour identifier les objets et les lieux. Il existe trois types d'étiquettes, les étiquettes passives, actives et semi-actives.
- Un moyen de lire les étiquettes physiques, ou de localiser les étiquettes virtuelles.
- Un dispositif mobile tel qu'un téléphone cellulaire, un assistant personnel ou un ordinateur portable.
- Un logiciel additionnel pour le dispositif mobile.
- Un réseau sans fil de type 2G, 3G ou 4G afin de permettre la communication entre le dispositif portable et le serveur contenant l'information liée à l'objet étiquette.
- Un affichage pour regarder l'information sur l'objet lié. A l'heure actuelle, il est probable que ce soit l'écran d'un téléphone mobile.
- L'information sur chaque objet lié. Cette information peut être contenue dans les pages existantes du Web, les bases de donnée comportant des informations de type prix, etc... (14).

### II.5 Les technologies de l'internet des objets

L'internet des objets vise à connecter des objets entre eux via les protocoles d'Internet. L'objet représente ici tout ce qui nous entoure (machines, téléphones mobiles, ordinateurs, capteurs). Pour atteindre cet objectif, il est impératif de pouvoir identifier les objets, leur attribuer une interface virtuelle afin qu'ils puissent communiquer avec leur environnement.



II.5.1.1 L'architecture de l'IoT

De nouveaux modèles d'architecture permettent d'intégrer des capteurs et le réseau Internet. Cette communication entre un capteur et le Cloud se fait par une couche virtuelle qui implémente le fonctionnement des capteurs réels. Une telle couche donne naissance à de nouvelles architectures appelées réseaux de capteurs (Sensor Cloud) ou Cloud des capteurs virtuels. Avec une telle architecture, il est possible de créer des services basés sur des capteurs virtuels, c'est-à-dire des environnements de capteurs distribués géographiquement et pouvant être utilisés à la demande par plusieurs utilisateurs.

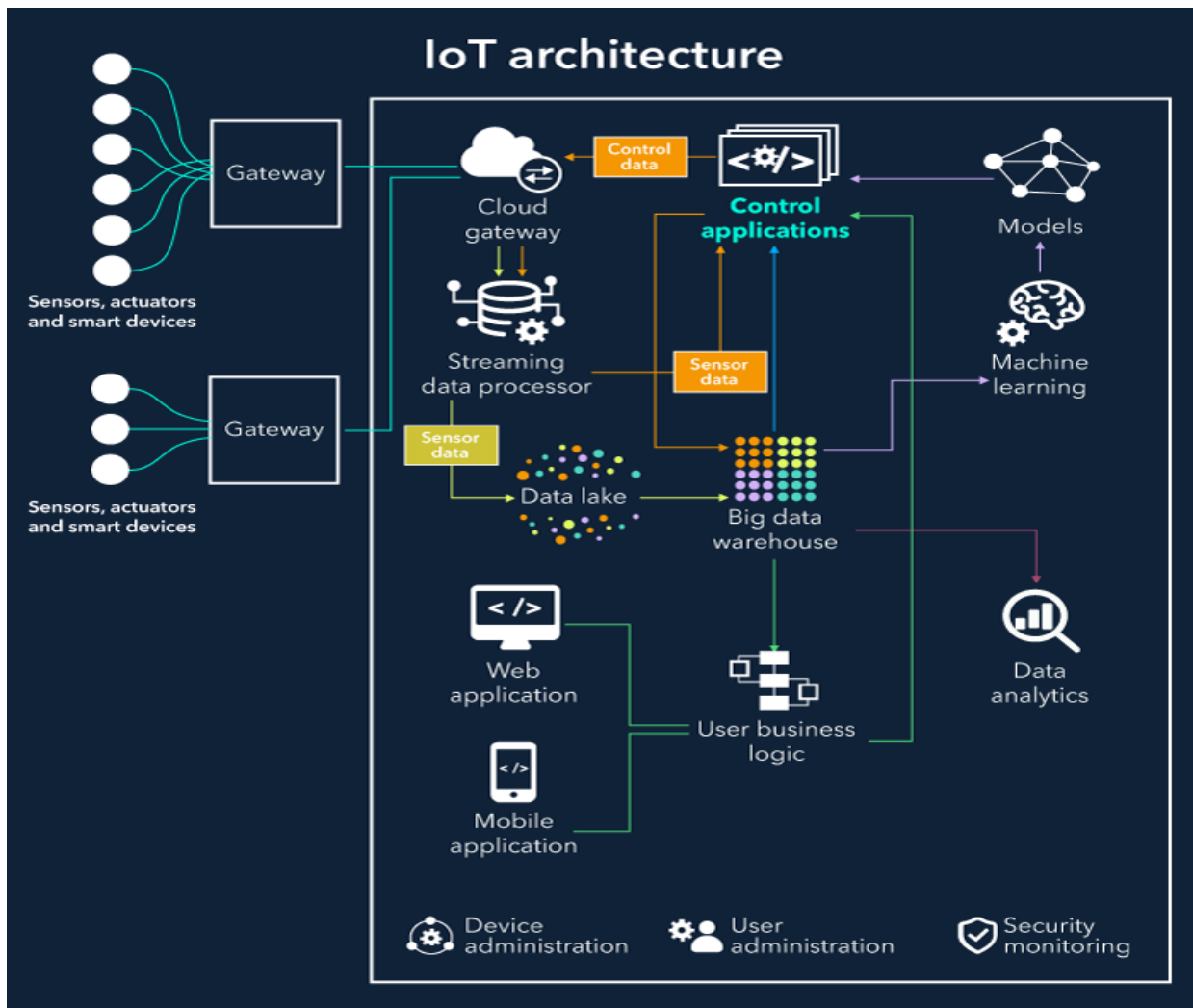


Figure II-2: L'architecture de l'IOT.

### II.5.1.2 Technologies d'interfaçage (RFID, NFC, Zigbee) dans l'IIoT

Plusieurs technologies sont utilisées pour faire communiquer un objet avec l'Internet, parmi lesquelles RFID, NFC, le protocole de communication Zigbee, etc...

- **La RFID** : est constituée d'un couple lecteur/étiquette. Le lecteur envoie une onde radio, l'étiquette envoie à son tour une trame d'identification. Une fois la puce alimentée, l'étiquette et le tag communiquent suivant le protocole TTF (Tag Talk First) ou ITF (Interrogator Talk First). Dans le mode TTF, l'étiquette transmet en premier les informations contenues dans la puce à l'interrogateur. En mode ITF, l'interrogateur envoie une requête à l'étiquette, et cette dernière répond par la suite.

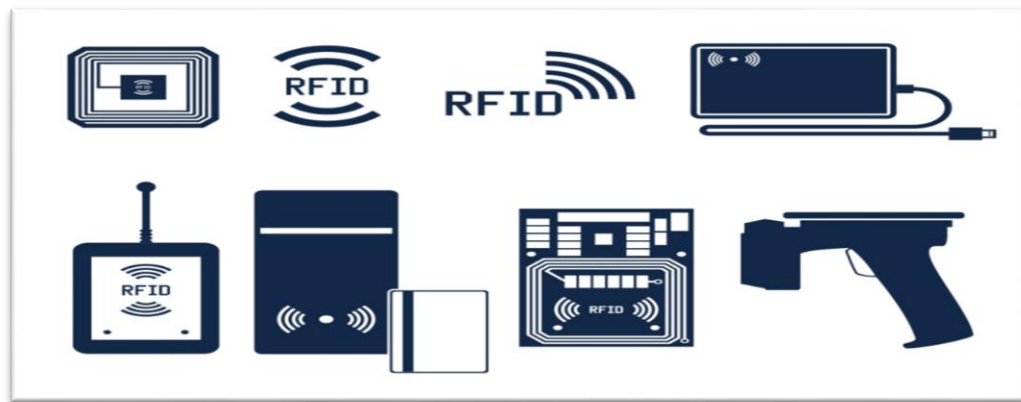


Figure II-3: La technologie RFID.

- **La technologie NFC** : est le résultat de plusieurs évolutions des microcontrôleurs, des cartes à puce, et des communications à courte portée. NFC est basée sur le même principe que la RFID, c'est-à-dire l'identification par radio fréquence. Elle permet l'échange d'informations à courte distance entre deux objets (un lecteur et une carte) sans contact, et fonctionne suivant deux modes : le mode passif et le mode actif. En mode passif, le terminal de l'utilisateur émule une carte à puce et acquiert de l'énergie des radiations du lecteur (téléphone mobile par exemple). En mode actif, le terminal se comporte comme un lecteur d'étiquettes électroniques (code à barres, étiquettes 2D) et possède sa propre source d'énergie (une batterie embarquée par exemple).



Figure II-4:La technologie NFC.

- Zigbee** : est un protocole de communication sans fil à bas coût qui permet des échanges à courte distance entre les nœuds d'un réseau WPAN (Wireless Personal Area Networks). Ce protocole est basé sur la norme IEEE 802.15.4 qui spécifie les protocoles de communication entre les couches physiques et liaison de données du modèle OSI, en définissant trois types d'équipements : les FFD (Full Function Devices) qui sont des équipements à fonctionnalité complète, les RFD (Reduce Function Devices) équipements à fonctionnalité réduite, et les coordinateurs de réseau. Les FFD coordonnent l'ensemble du réseau.

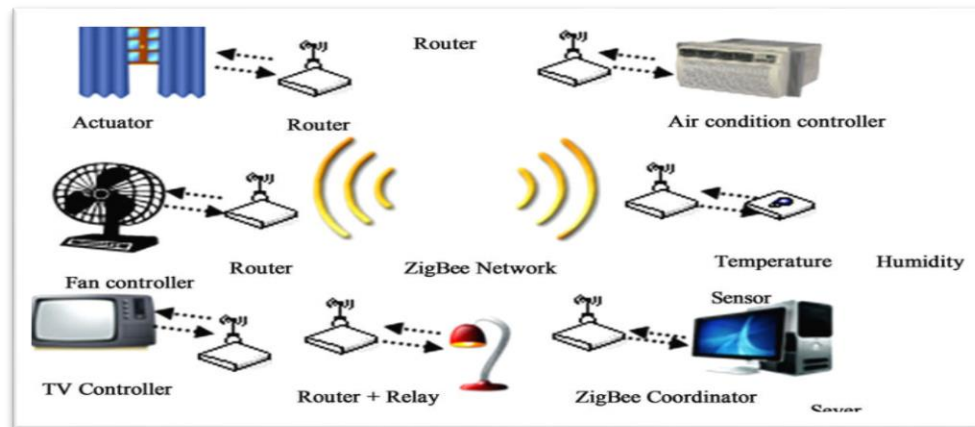


Figure II-5:Zigbee.

### II.5.1.3 Réseaux de communication (GSM,UMTS,LTE/LTE-A,WSN,VANET) dans l'IoT

Avec l'avènement de l'IoT, un autre défi est celui de la mise à disposition des réseaux de communication fiables, tant au niveau des infrastructures qu'au niveau des protocoles de communication. Ce défi est lié entre autres à la mobilité des objets, à l'hétérogénéité des données et des plateformes, à l'accès à l'information depuis n'importe quel lieu, à n'importe quel moment et à travers n'importe quel dispositif (PDA, Smartphone, tablette), ce qui rend plus ardue la standardisation des protocoles et des algorithmes. De plus, le volume de données à transmettre par les capteurs pose un grand souci sur la disponibilité de la bande passante, d'où la nécessité de mettre en œuvre des réseaux adaptés à ces nouvelles contraintes. Dans la littérature, il est mentionné deux approches, l'utilisation de réseaux sans fil courte portée (Zigbee, Wifi) qui permettent de connecter les objets à l'Internet via une passerelle, et les réseaux cellulaires classiques large bande (4G, 3G).

### II.5.1.4 Technologies de localisation et géo localisation dans l'IoT

La puce GPS (système de localisation mondial) est actuellement le système de repérage le plus utilisé dans le monde. En effet, elle s'intègre facilement dans les dispositifs mobiles, et permet de transmettre la position du mobile en temps réel aux applications dans divers domaines : le transport, les services d'urgence, la météo.

Avec l'arrivée des tags RFID et des périphériques à faible consommation d'énergie, d'autres solutions de localisation émergent, comme RSN (Radar Sensor Network) qui utilisent des réseaux à faible puissance et des radars Doppler (5,8 GHz) pour estimer la position et la vitesse de la cible dans le réseau de capteurs sans fil en utilisant un filtre de Kalman étendu (15).

## II.6 Les objets connectés

Un objet connecté est un objet physique équipé de capteurs ou d'une puce qui lui permet 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 (Wifi, 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.

On distingue communément deux grands groupes d'objets connectés :

- Les objets destinés à **la collecte et l'analyse de données**, dont la mission principale est de collecter et transmettre des informations ;
- Les objets qui répondent à une logique de **contrôle-commande** et permettent de déclencher une action à distance.

### II.6.1 Exemples d'objets connectés

#### ➤ Nest Smart Thermostat

L'un des éléments les plus populaires de la technologie d'IoT est le Nest, un thermostat intelligent connecté à Internet. The Nest apprend les routines de votre famille et ajustera automatiquement la température en fonction de votre domicile ou de votre maison, éveillé ou endormi, chaud ou froid, pour rendre votre maison plus efficace et vous aider à économiser sur les factures de chauffage et de refroidissement.



Figure II-6 : Nest Smart Thermostat.

#### ➤ WeMo Switch Smart

C'est une prise intelligente. Elle se branche dans une prise régulière, accepte le cordon d'alimentation de n'importe quel appareil et peut être utilisée pour l'allumer et l'éteindre sur un calendrier programmé ou lorsque vous appuyez sur un bouton sur votre Smartphone. Elle

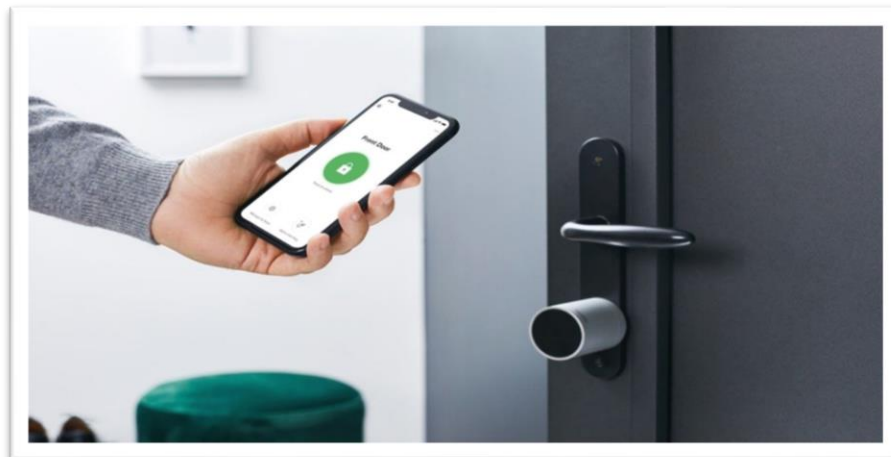
surveille également la quantité d'énergie utilisée par vos appareils, en vous aidant à rendre votre maison plus économe en énergie. Vous pouvez voir quand les fiches sont activées, combien d'énergie elles utilisent.



**Figure II-7 : WeMo Switch Smart.**

### ➤ Smart Lock

Avec cette serrure intelligente, vous n'aurez jamais besoin de clés, il se déverrouille automatiquement lorsque vous arrivez à la maison et se verrouille derrière vous lorsque vous fermez la porte. Un clavier optionnel signifie que vous pouvez définir un code pour ouvrir votre porte au cas où vous ne possédez pas de votre téléphone avec vous.



**Figure II-8 : Smart Lock.**

### ➤ **Hydrao First**

Un pommeau de douche connecté dont la vocation est de vous faire réaliser des économies d'eau. Grâce à un jeu de LED colorées, vous pourrez adapter votre consommation d'eau lors de la douche, l'application connectée vous permettra de savoir combien d'économies ont été effectuées.



Figure II-9 : Hydrao First.

### ➤ **Le t-shirt connecté**

Le t-shirt de sport connecté, composé de nombreux capteurs, qui permet à son utilisateur de recueillir une multitude d'informations (altimètre, cardio-fréquence mètre, accéléromètre) et qui lui sert également de GPS. Reliées au Smartphone, les données sont ensuite sauvegardées à l'aide d'une application qui permet également de suivre ses performances.



Figure II-10 : Le t-shirt connecté.

### ➤ La lentille de contact intelligente :

En ce moment, Google et Microsoft travaillent sur des lunettes intelligentes. D'autres ont décidé de créer des lentilles de contact intelligentes. Les chercheurs de l'Université de Gand se sont attelés à la tâche et viennent de sortir un prototype. Cette lentille abrite un écran LCD capable d'afficher des images (principalement du texte) directement sur votre œil (16).



**Figure II-11 : La lentille de contact intelligente.**

## II.6.2 Web des Objets

### II.6.2.1 Introduction

Au cours des dernières années, le web des objets est devenu le nouveau point de convergence technologique de l'industrie du logiciel. Le Web n'est qu'une des applications d'Internet distincte d'autres applications.

### II.6.3 Définition

La notion du Web des objets est définie par une architecture commune et très utilisée telle que le World Wide Web afin d'y intégrer des objets physiques, permettant ainsi de combler le fossé entre les mondes physique et numérique. Ainsi, tout objet connecté devient alors une ressource disponible sur le Web. Il peut donc à son tour être utilisé dans n'importe quelle application basée sur le Web, conçue pour interagir avec le monde physique (17).



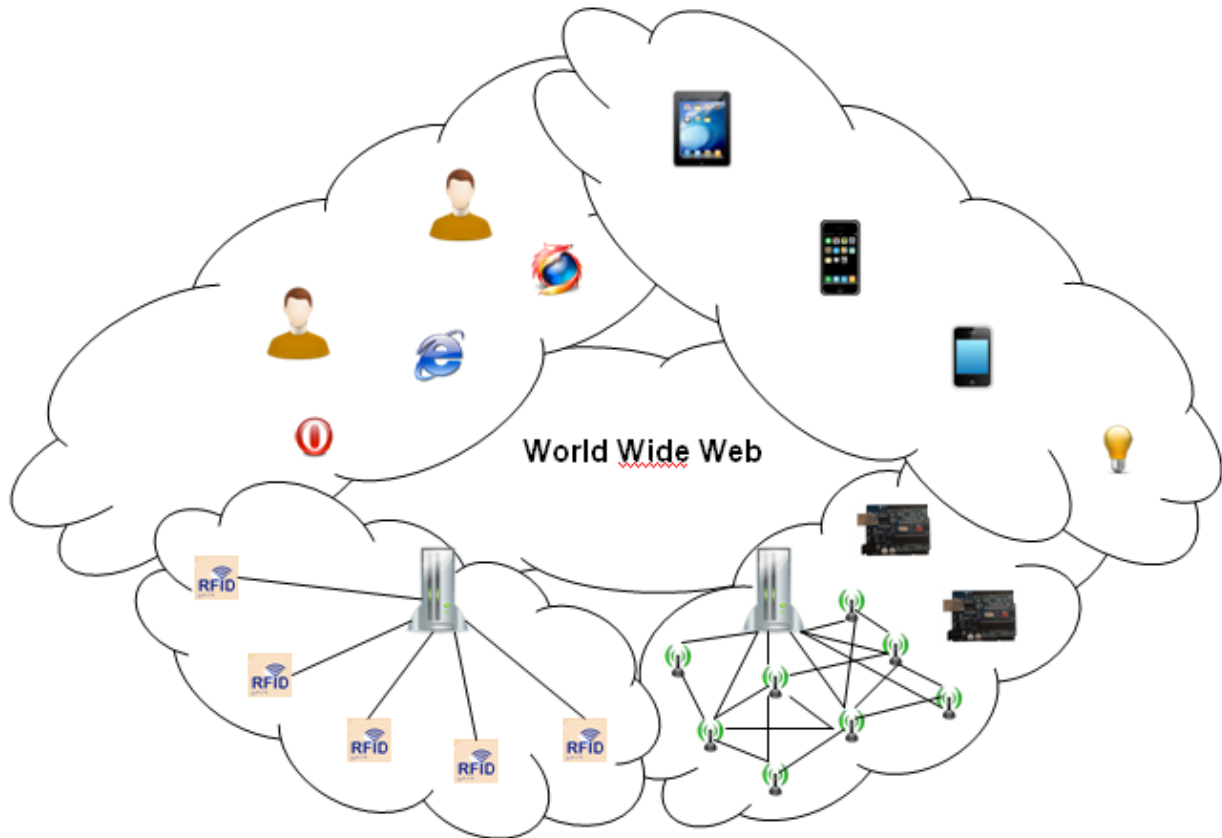


Figure II-12 : Description du Web des objets

#### II.6.4 Le but de web des objets

Le Web des objets consiste essentiellement dans le développement de concepts, d'outils et de systèmes pour la création et l'exploitation de réseaux d'objets associés à des ressources embarquées (puces RFID, capteurs et actionneurs, installations informatiques complexes) accessibles par des services web. Le principal avantage du Web des objets est l'utilisation de normes et de protocoles Web comme le protocole de transfert hypertexte (HTTP) ou les identificateurs uniformes de ressources (URI), le protocole REST pour bien représenter les services Web (18).

Il existe différents types de Web des objets :

**Web social** : partage des objets, des données ou des fonctionnalités vers une utilisation participative et collaborative.

**Web physique** : applications de géo localisation.

**Web sémantique** : Le Web sémantique est une vision du futur Web dans lequel l'information donne un sens explicite facilitant ainsi aux machines le traitement et l'intégration des informations sur le Web.

**Real-Time Web** : informations en temps réel livrées en temps opportun.

**Web programmable** : accès à des données brutes avec une interaction avec les objets physiques par le biais d'API ouvertes (19).

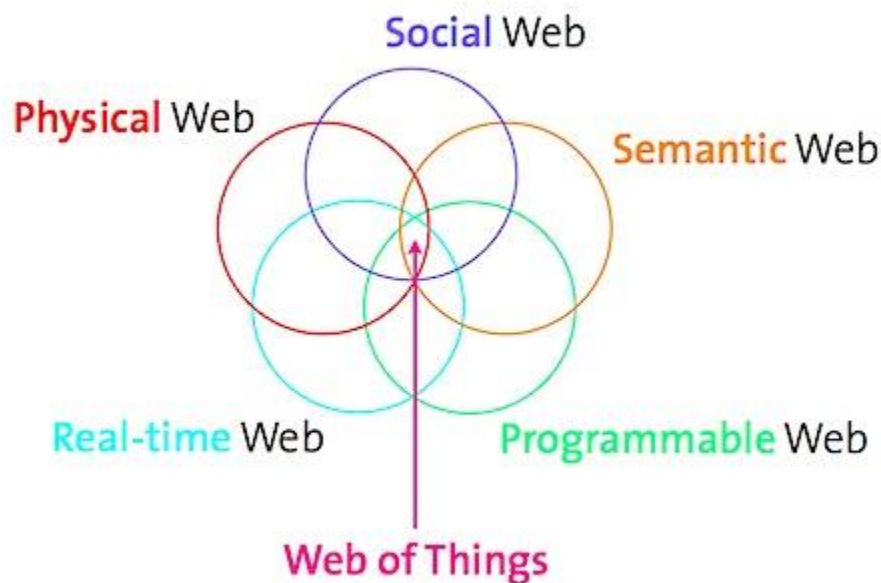


Figure II-13 : les types de WoT.

### II.6.5 Architecture du Web des objets

L'architecture du Web des objets est élaborée sous la forme d'une architecture en couches, structurée autour de cinq couches:

1- **Couche d'accessibilité** : traite l'intégration des objets dans le Web.

2- **Couche de recherche** : effectue la recherche et la localisation de services pertinents dans le WoT.

3- **Couche de partage** : traite la gestion de l'accès aux objets (réseaux sociaux).

4- **Couche de composition** : permet la composition de services et introduit la notion de mashups physiques.

5- **Couche Application.**

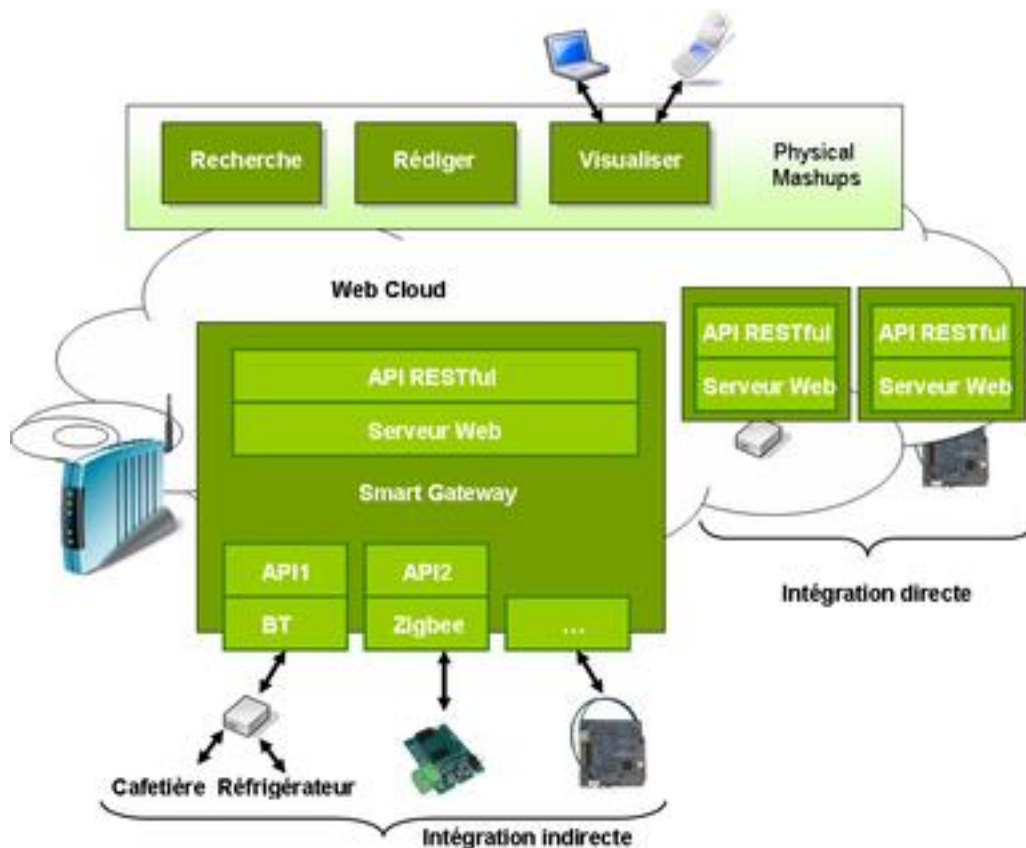


Figure II-14 : Schéma d'architecture avec intégration directe ou indirecte.

## II.7 Fonctionnement de l'IoT

L'expression Internet des objets annonce une vision du futur Internet où la connexion des choses physiques, des billets de banque aux vélos, en passant par un réseau, leur permettra de prendre une part active à Internet, en échangeant des informations sur eux-mêmes et leur environnement. Cela donnera un accès immédiat à l'information sur le monde physique et les

objets qui y sont, ce qui permettra d'obtenir des services innovants et d'accroître l'efficacité et la productivité (20).

### II.7.1 Domaines d'application

L'internet offre de nombreuses applications à ses utilisateurs. Parmi ces applications, nous citons:

#### ➤ Les villes intelligentes

Le thème des « villes intelligentes » est l'un des thèmes les plus chauds de la recherche et des affaires émergentes du 21e siècle. L'IoT est souvent perçu comme un catalyseur majeur pour les «villes intelligentes » du présent et de l'avenir. Les villes intelligentes alimentées par l'IoT visent à améliorer la qualité de vie de leurs populations de diverses façons, notamment par des mesures qui favorisent des environnements respectueux de l'environnement et durables et la prestation de services de santé/soins connectés aux citoyens à la maison et en déplacement.



Figure II-15 : Les Villes Intelligentes.

#### ➤ Le Smart Grid

L'un des domaines d'application de l'IoT est le secteur de la distribution d'énergie intelligente, dit « Smart Grid ». Le smart Grid est un réseau « intelligent » qui optimise la production, la distribution, la consommation pour mieux mettre en relation l'offre et la demande d'électricité.



Figure II-16 : Le Smart Grid.

➤ **Domotique**

La domotique est l'ensemble des techniques de l'électronique, de physique du bâtiment, d'automatisme, de l'informatique et des télécommunications utilisées dans les bâtiments, plus ou moins interopérables et permettant de centraliser le contrôle des différents systèmes et sous-systèmes de la maison et de l'entreprise (chauffage, volets roulants, porte de garage, portail d'entrée, prises électriques, etc.). La domotique vise à apporter des solutions techniques pour répondre aux besoins de confort (gestion d'énergie, optimisation de l'éclairage et du chauffage), de sécurité (alarme) et de communication (commandes à distance, signaux visuels ou sonores, etc.) que l'on peut retrouver dans les maisons, les hôtels, les lieux publics, etc...(21).



Figure II-17 : Domotique.

### ➤ La santé connectée

Les objets connectés font pourtant l'objet d'innovations au service de la santé et vont prendre progressivement une place plus importante dans la prévention grâce à des équipements et les capteurs sont de plus en plus « intelligents » et génèrent toujours plus de données nécessaires aux équipements médicaux, aux professionnels et profitant ainsi aux patients. Les données ainsi collectées facilitent, adaptent, améliorent, anticipent ou réorganisent les soins des patients. En effet, la conception d'un système intelligent de prise de décision clinique, matérialisé par le stockage des données collectées sur les patients et leur accessibilité universelle, procurerait au médecin un excellent appui durant la phase de traitement.



Figure II-18 : Une montre connectée pour la santé.

## II.7.2 Les avantages et les enjeux de IoT

### II.7.2.1 Les avantages

- Ce réseau d'appareils qui communiquent entre eux sans intervention humaine.
- Améliorer les services traditionnels généraux comme le transport et les parkings.
- Il peut d'ailleurs déclencher au moyen de son téléphone intelligent ou de sa tablette.

- Réduire le temps perdu dans les transactions administratives dans la ville.
- Economiser la consommation de l'énergie dans la ville.
- apporter des solutions efficaces aux problèmes de suivi et de télésurveillance dans différents domaines.

### II.7.2.2 Les enjeux

- les objets intelligents dans l'IoT, la transmission et le stockage de leurs données sur l'Internet devraient être sécurisés.
- La transparence est la base de l'informatique prévisible qui est à son tour un facteur essentiel dans l'Internet des objets.
- L'interopérabilité constitue l'un des plus grands défis de la réalisation de l'Internet des objets.

## II.8 Application Web

Une application web est une application manipulable grâce à un navigateur web. De la même manière que les sites web, elle est généralement placée sur un serveur et se manipule en actionnant des widgets à l'aide d'un navigateur web, via un réseau informatique (Internet, intranet, réseau local). C'est une application qui peut-être hébergée en cloud ou sur des serveurs dédiés. Toutes les données sont stockées sur un serveur Web.

### II.8.1 Le Cloud Computing

- **Pourquoi l'appelle-t-on "cloud computing" ?**

Le nom "cloud" vient du nuage représentant Internet ; computing renvoie à la puissance de calcul de ce nuage.

De manière générale, son but est de fournir un accès facile et ajustable à différentes ressources informatiques. En effet, le cloud computing contient tout ce qui peut héberger et fournir des services sur Internet, car de plus en plus de personnes stockent sur internet leurs informations personnelles ainsi que leurs informations professionnelles (22).



Figure II-19 : Le Cloud Computing.

#### II.8.1.1 Définition

La technologie du « Cloud Computing » est une fondation où la puissance de calcul, de mémorisation et d'exécution est gérée par des serveurs distants permettant aux utilisateurs de se connecter via internet en toute sécurité. Le Cloud se caractérise par une souplesse qui permet aux utilisateurs d'adapter la capacité de mémorisation et de calcul à leurs besoins. D'autre part, les objets connectés deviennent des points d'accès pour exécuter des applications hébergées aux serveurs distants.

Le Cloud Computing se concrétise pour le grand public par les services de mémorisation et de partage de données numériques tel que le Microsoft One-Drive, Apple i-Cloud ou Google drive, où les utilisateurs peuvent déposer des contenus personnels et y accéder depuis n'importe quel point du globe à partir d'un simple terminal connecté (23).

#### II.8.1.2 Types de Cloud Computing

Le cloud computing se décompose en 3 types :

- cloud publique (Community) : ce type de cloud vend ses services à qui le veut.



- cloud privé (Private or Internal) : ce type de cloud se base sur un réseau propriétaire ou un data center et fournit des services à un nombre limité de clients.
- cloud privé virtuel (Hybrid) : ce dernier type de cloud est privé tout en utilisant des ressources publiques comme par exemple la location de plateforme chez Amazon et la vente d'un service à des clients qui en ont le droit (24).

### II.8.1.3 Fonctionnement de Cloud Computing

Comme nous l'avons noté précédemment l'utilisation du cloud est très simple. Il suffit d'avoir un navigateur et de se connecter pour commencer le travail ou le projet.

Pour des projets commerciaux à distance, les données sont récupérables depuis un terminal mobile et tout cela sans acheter ou installer des logiciels ni les mettre à jours. Toutes ces taches sont effectuées par le fournisseur du service Cloud.

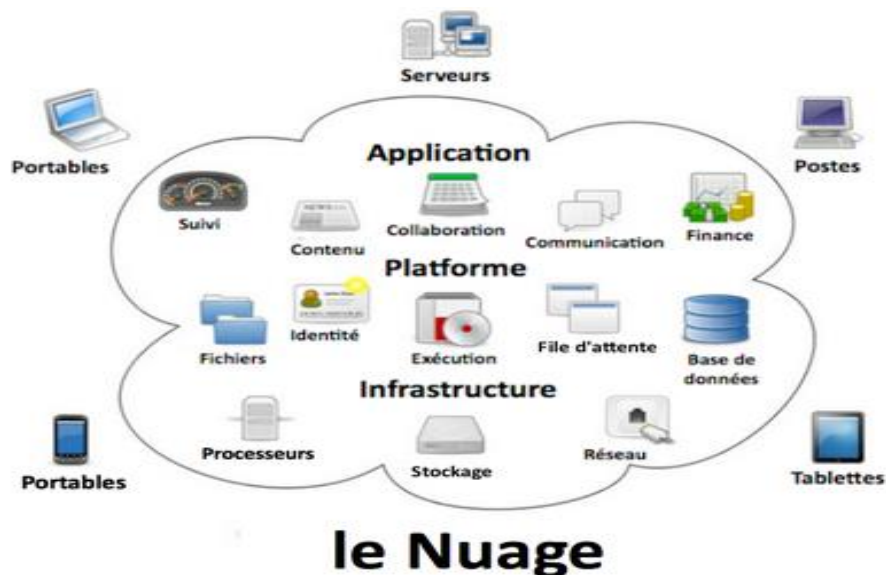


Figure II-20 : fonctionnalité de Cloud Computing.

## II.8.2 WiFi

### II.8.2.1 Définition

WiFi est un ensemble de protocoles de communications sans fils régis par les normes du groupe IEEE 802.11. Grâce aux normes WiFi, il est possible de créer des réseaux locaux sans fils à haut

débit. Dans la pratique, le WiFi permet de relier des ordinateurs portables, des machines de bureau, des assistants personnels (PDA : Personal Digital Assistant.), des objets communicants ou même des périphériques à une liaison haut débit (25).

### II.8.2.2 Les modes d'opération

#### II.8.2.2.1 Le mode infrastructure

En mode infrastructure, chaque ordinateur station (notée STA) se connecte à un point d'accès via une liaison sans fil. L'ensemble formé par le point d'accès et les stations situées dans sa zone de couverture est appelé ensemble de services de base (BSS) et constitue une cellule. Chaque BSS est identifié par un BSSID (Basic Service Set Identifier), un identifiant de 6 octets (48 bits). Dans le mode infrastructure, le BSSID correspond à l'adresse MAC du point d'accès.

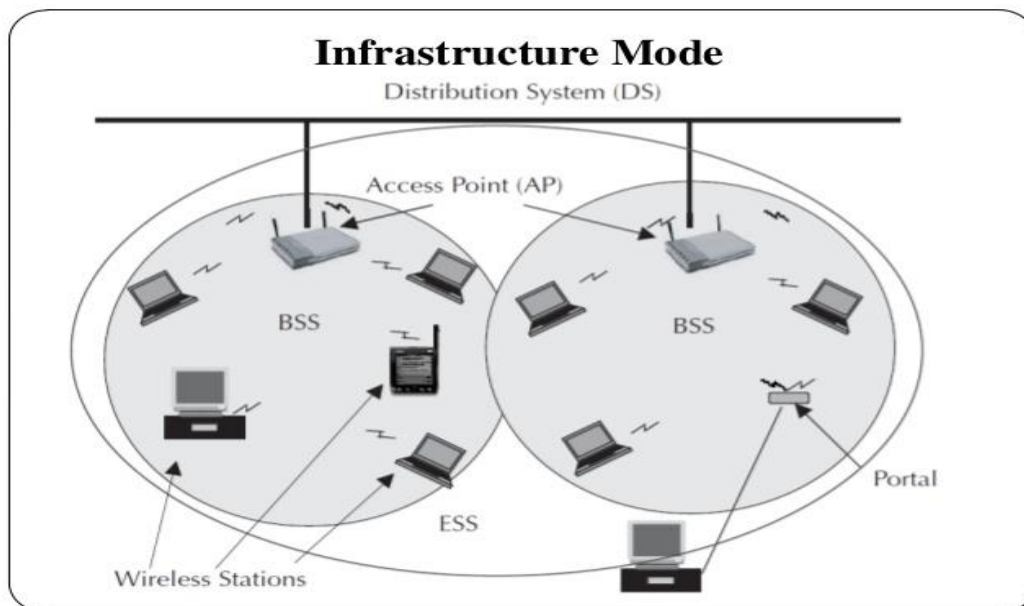


Figure II-21 : Le réseau WiFi en mode infrastructure.

#### II.8.2.2.2 Le mode Ad-hoc

En mode Ad-hoc, les machines sans fil clientes se connectent les unes aux autres afin de constituer un réseau point à point, c'est à dire un réseau dans lequel chaque machine joue en même temps le rôle de client et le rôle de point d'accès.

L'ensemble formé par les différentes stations est appelé ensemble de services de base indépendants (en anglais Indépendant Basic Service Set, abrégé en IBSS) (26).

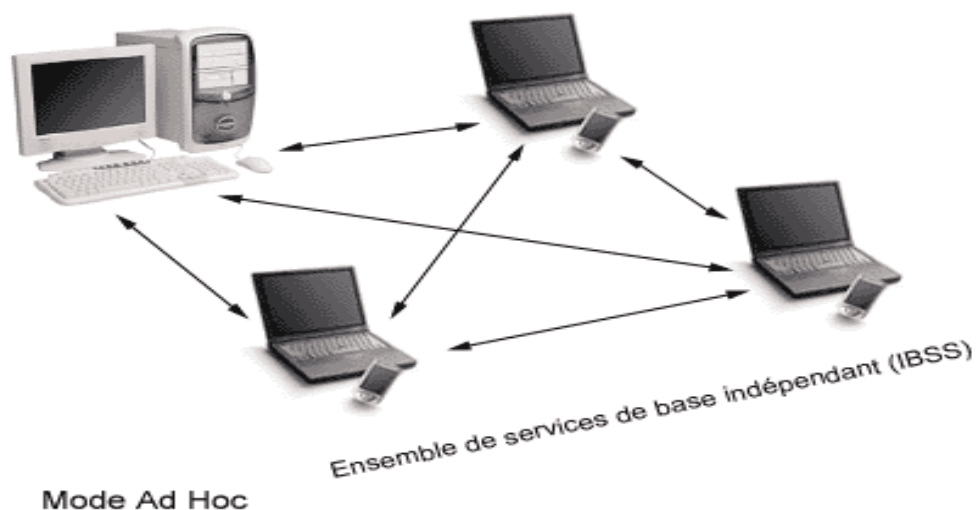


Figure II-22 : Le réseau WiFi en mode Ad-hoc.

### II.9 Conclusion

L'Internet des Objets « Internet of Things » a fait le sujet de plusieurs innovations depuis son apparition. Aujourd'hui, l'IoT est un domaine d'investissement rentable car l'IoT est la technologie du futur monde.

Dans ce chapitre, nous avons abordé les concepts clés des systèmes d'Internet des objets, ainsi nous avons vu que l'IoT est une nouvelle technologie qui aide à faciliter et améliorer la vie quotidienne des êtres humains dans plusieurs domaines.

***Chapitre III :***  
***Conception et réalisation du prototype***  
***IOT***

### III.1 La première partie : Étude de la partie matérielle et logicielle du projet :

#### III.1.1 Introduction

Cette partie est dédiée à la présentation de la partie matérielle et logicielle de notre projet. En premier lieu, on va décrire les différents composants matériels qui le constituent, puis, on va énumérer les outils informatiques utilisés lors de la réalisation du projet.

#### III.1.2 Notion sur Arduino

##### III.1.2.1 Introduction

Avec le développement de matériel et de logiciel embarqué, diverses technologies sont de plus en plus intégrées. Le système Arduino nous donne la possibilité d'allier les performances de la programmation à celles de l'électronique. Plus précisément, nous allons programmer des systèmes électroniques. Le gros avantage de l'électronique programmée c'est qu'elle simplifie grandement les schémas électroniques et par conséquent, le coût de la réalisation, mais aussi la charge de travail à la conception d'une carte électronique.

##### III.1.2.2 Historique

Hiver 2005, Massimo Banzi enseigne dans une école de Design à Ivrea en Italie, et souvent ses étudiants se plaignent de ne pas avoir accès à des solutions bas prix pour accomplir leurs projets de robotique. Banzi en discute avec David Cuartielles, un ingénieur Espagnol spécialisé sur les microcontrôleurs. Ils décident de créer leur propre carte en embarquant dans leur histoire un des étudiants de Banzi, David Mellis, qui sera chargé de créer le langage de programmation allant avec la carte. En deux jours, David écrira le code. Trois jours plus tard, la carte était créée.

##### III.1.2.3 Définition

La carte Arduino est une petite carte électronique équipée d'un microcontrôleur. Le rôle de cette carte est de stocker un programme et de le faire fonctionner. La carte reçoit des informations analogiques ou numériques sur ses entrées. Le microcontrôleur traitera ces informations et les transmettra vers les sorties numériques.

III.1.2.4 Gammes de la carte Arduino

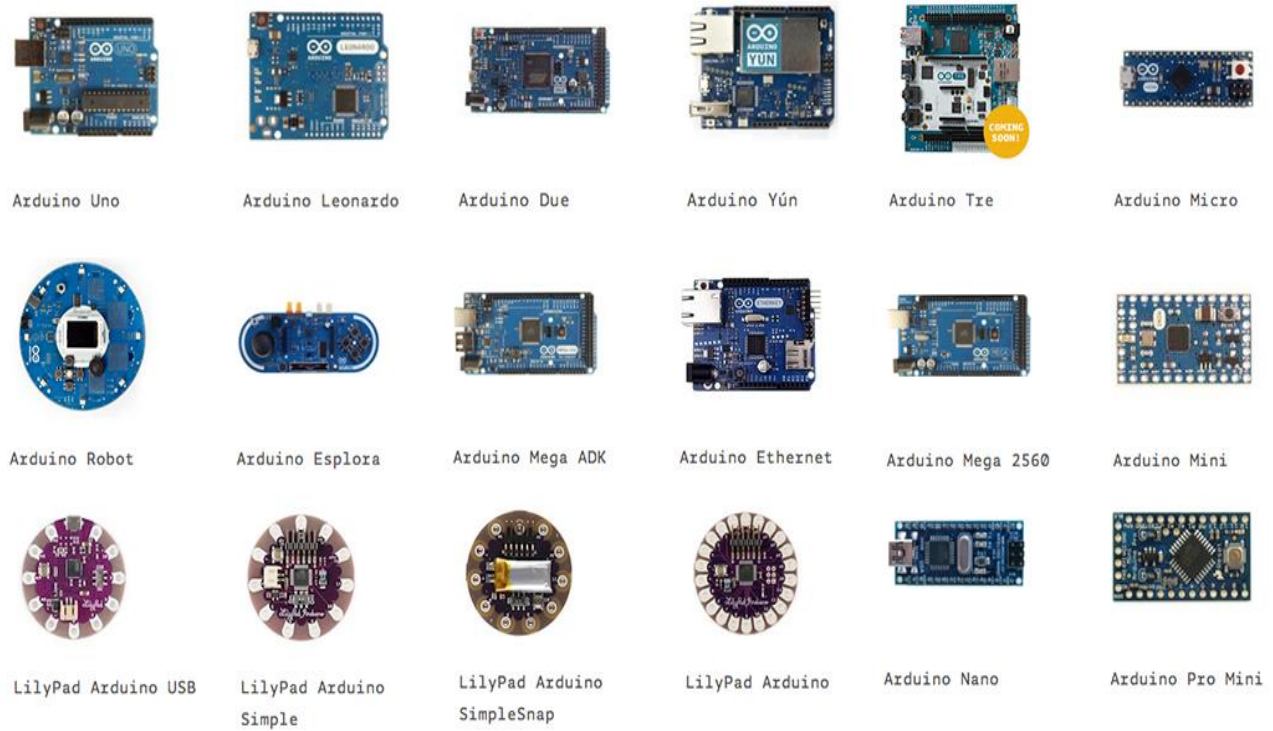


Figure III-1 : Les différentes cartes Arduino.

Tableau III-1 : Tableau comparatif des différentes cartes Arduino.

Carte Arduino	Microcontrôleur	Entrées/Sorties Num	Entrées digitales	Tension de fonctionnement	Spécificité	Dimension
Arduino UNO	AtMega328p	14/6	6	5v	/	68*53mm
Arduino MINI	AtMega328p	14/6	8	5v	/	30*18mm
Arduino NANO	AtMega328p	14/6	8	5v	/	45*18mm
Arduino MEGA 2560	AtMega2560	54/15	16	5v	/	101*53mm
Arduino 101	Intel Curie	14/4	6	7-12v	Centrale inertielle & bluetooth	68,6*53,4mm
Arduino Lilypad	AtMega328p	14/6	6	5v	/	/
Arduino Micro	AtMega32u4	20/7	12	5v	/	48*18mm

### III.1.3 Etude de la partie matérielle et logicielle du projet

Dans cette partie, on va décrire les différents composants utilisés dans notre projet.

#### III.1.3.1 Les cartes de contrôle « NodeMCU/ESP8266 »

NodeMCU est comme un appareil Arduino. Son composant principal est une puce WiFi ESP8266 conçue pour répondre aux besoins du nouveau monde connecté. L'ESP8266 est une puce WiFi à bas prix développée par Espressif Systems avec le protocole TCP/IP, elle dispose d'un port analogique et de 11 ports numériques. NodeMCU/ESP8266 a besoin de 2,5V à 3,6V voltage pour son fonctionnement. L'alimentation du NodeMCU/ESP8266 est fournie par l'intermédiaire du connecteur Micro USB embarqué.

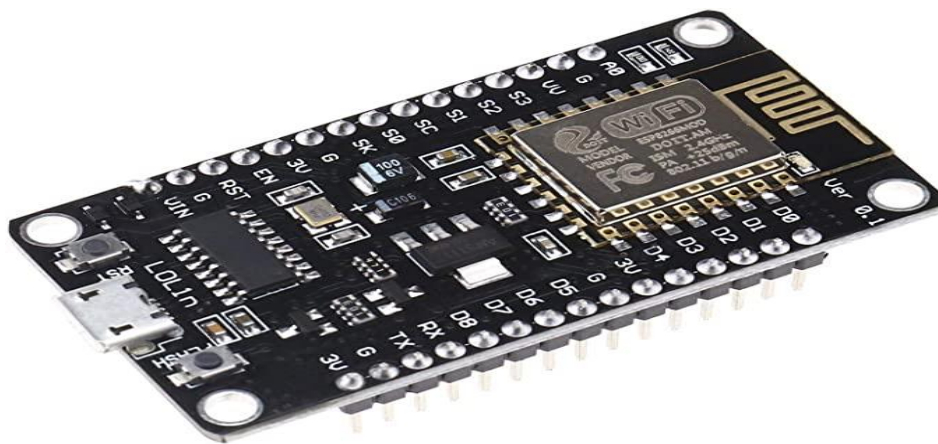


Figure III-2 : Node MCU/ EPS8266.

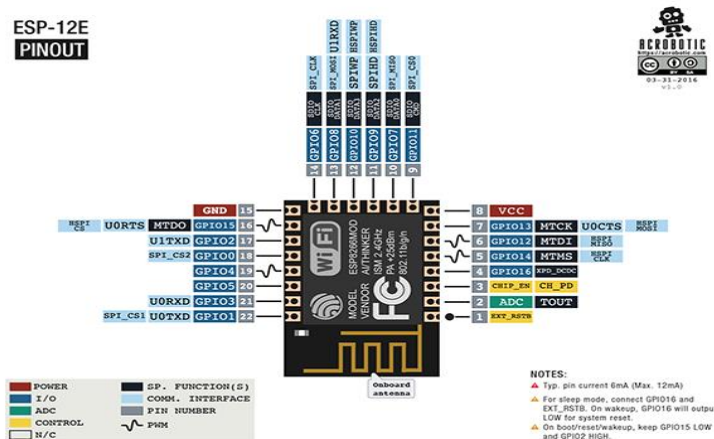


Figure III-3 : L'essentiel sur ESP8266.

### III.1.3.1.1 Caractéristiques de Node MCU

Parmi les caractéristiques de NodeMCU, on trouve :

Tableau III-2 : Caractéristique de la carte Node MCU/ ESP8266

Microcontrôleur	ESP-8266
Convertisseur (série-USB)	CH340G
WiFi	802.11b/g/n
Tension de fonctionnement	3.3V
Entrées/sorties numériques	16
Entrées analogiques	10
Fréquence d'horloge	80MHz/160MHz
Mémoire FLASH	16Mo
Longueur	34.2mm
Largeur	25.6mm

### III.1.3.2 Les capteurs de gaz

#### III.1.3.2.1 Présentation générale

Le détecteur de gaz est un appareil fait pour donner une alarme lors de la présence d'un gaz combustible ou la présence d'un gaz dangereux pour la santé, ou absence d'oxygène.

Pour définir un seuil de danger avec précision, l'appareil doit réaliser une mesure : il mesure la concentration du gaz présent.

#### III.1.3.2.2 Capteur MQ2

Le capteur de gaz MQ2 est utile pour la détection des fuites de gaz à des concentrations de 300 à 10000ppm (dans la maison et l'industrie). Il peut détecter le H<sub>2</sub>, le GPL, le CH<sub>4</sub>, le CO, l'alcool, la fumée, le propane. Il se caractérise par son temps de réponse rapide.

Les mesures peuvent être prises dès que possible. De plus, la sensibilité peut être réglée par le potentiomètre.



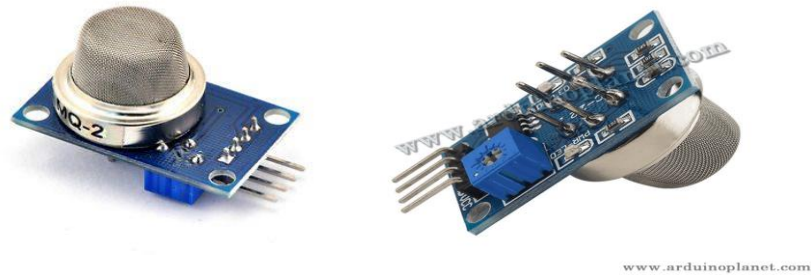


Figure III-4 : Le capteur de gaz MQ2.

### III.1.3.3 La plaque d'essai électronique

La plaque d'essai électronique est l'élément le plus critique de tout projet. Ce conseil permet à l'utilisateur de construire des circuits, avec ces rangées de trous qui vous permettent de connecter les fils et les composants ensemble. Cela élimine le besoin de souder les composants.

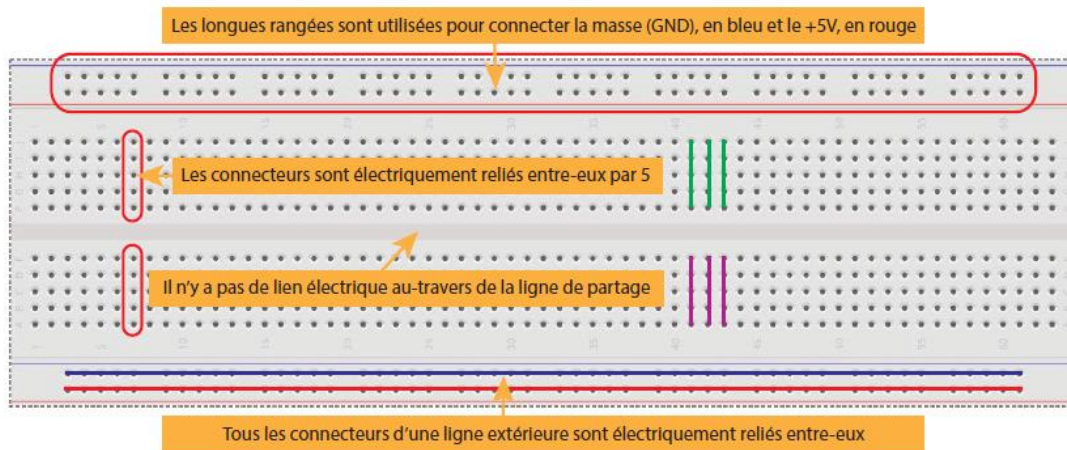


Figure III-5 : La plaque d'essai.

### III.1.3.4 Fil de connexion

C'est un fil électrique qui relie les dipôles d'un circuit entre eux. Son rôle est de permettre au courant électrique de circuler entre ces dipôles.

Les fils de connexion sont très pratiques pour relier notre carte Arduino, notre plaque d'essai et les autres dispositifs électroniques.



Figure III-7 : Les fils Male-femelle.



Figure III-6 : Les fils Male-Male.

### III.1.3.5 L'installation de logiciel Arduino « IDE »

Il est assez simple d'installer Arduino IDE sur une machine Windows.

Tout d'abord, téléchargez l'IDE, commencez par visiter la page du logiciel Arduino. <https://www.arduino.cc/fr/Main/Software> . L'IDE Arduino est disponible presque pour tous les systèmes d'exploitation, y compris Linux, Mac OS, et Windows, assurez-vous de télécharger la bonne version de l'IDE qui convient à votre système d'exploitation. Si vous utilisez une version antérieure comme Windows 7 ou un ancien système d'exploitation, ne téléchargez pas la version de l'application Windows, car cela nécessite Windows 8.1 ou une version ultérieure.

Une fois l'IDE Arduino téléchargé, aller de l'avant et installer l'IDE, activer toutes les options pendant l'installation, y compris les bibliothèques et tous les pilotes USB et assurez-vous de lire le manuel.

### III.1.3.6 Le logiciel Arduino

Le logiciel Arduino est un environnement de développement intégré (EDI) dédié au langage Arduino et à la programmation des cartes Arduino. Ce logiciel a pour fonctions principales de :

- Pouvoir écrire et compiler des programmes pour la carte Arduino.
- Se connecter avec la carte Arduino pour y transférer les programmes.
- Communiquer avec la carte Arduino.

Le logiciel Arduino comporte :

- Une **BARRE DE MENUS** comme pour tout logiciel avec une interface graphique.
- Une **BARRE DE BOUTONS** qui permet un accès direct aux fonctions essentielles du logiciel ce qui fait toute sa simplicité d'utilisation.
- Un **EDITEUR** (à coloration syntaxique) pour écrire le code de programme, avec onglets de navigation.
- Une **ZONE DE MESSAGES** qui affiche et indique l'état des actions en cours.
- Une **CONSOLE TEXTE** qui affiche les messages concernant le résultat de la compilation du programme.

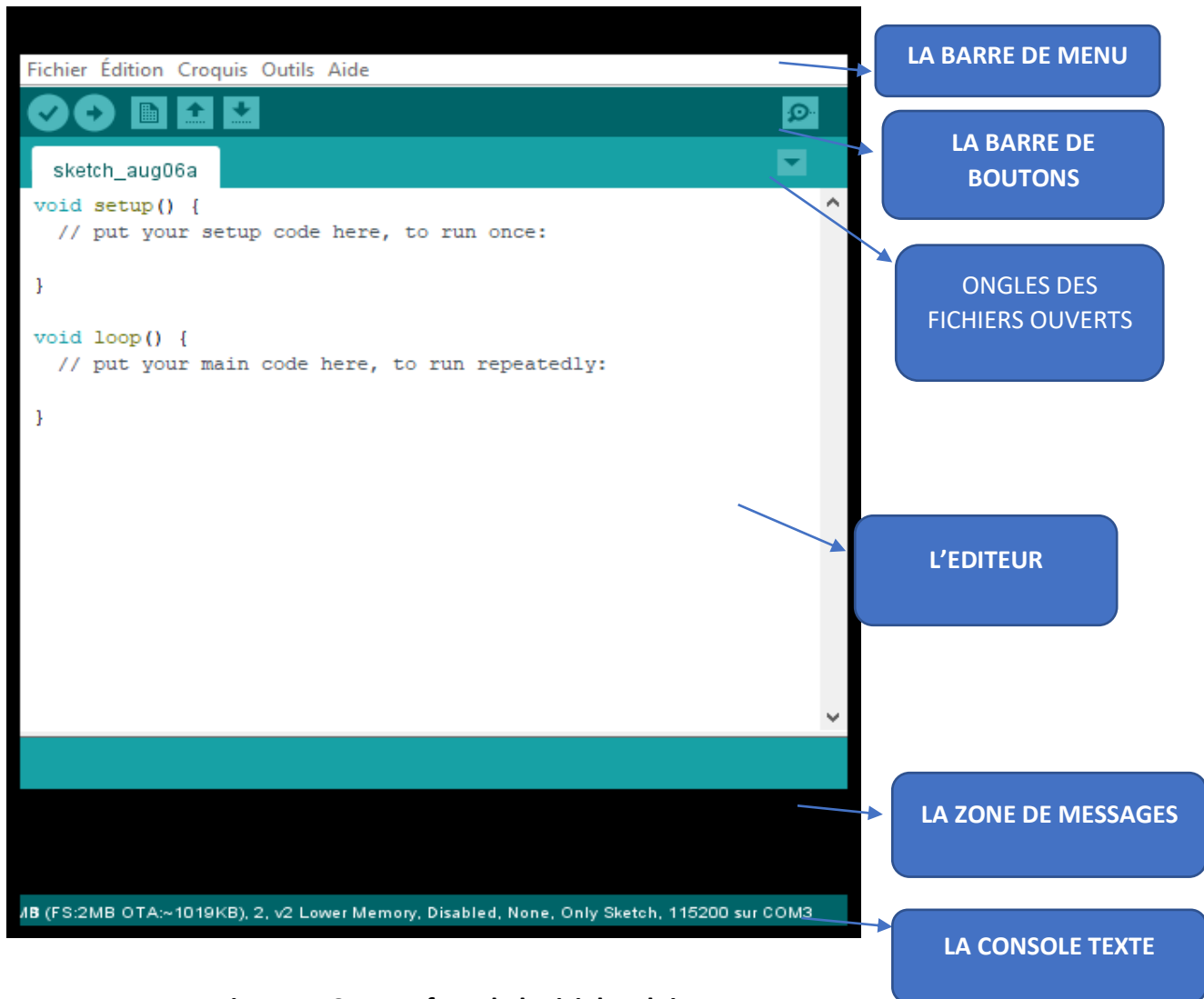


Figure III-8 : Interface de logiciel Arduino IDE.

- **Les six boutons**



Figure III-9 : La barre de boutons.

Les 6 boutons se trouvent sous la barre de menus :

1. L'icône Cocher sert à vérifier votre croquis Arduino. Lorsque vous avez terminé avec votre programme Arduino, vous pouvez cliquer sur ce bouton pour vérifier le code que vous avez écrit.
2. La flèche de droite transfère le code à l'Arduino.
3. L'icône en pointillé du papier créera un nouveau fichier.
4. L'icône en flèche vers le haut est utilisé pour ouvrir un croquis Arduino existant.
5. L'icône de la flèche vers le bas est utilisé pour enregistrer le croquis actuel.
6. L'extrême bouton droit ressemble à un zoom de verre est un moniteur série, ce qui est très pratique pour envoyer et recevoir des données de l'Arduino au PC à des fins de débogage.

### III.1.3.7 Structure d'un programme Arduino

La structure principale du langage de programmation Arduino est relativement simple et fonctionne en au moins deux parties. Ces deux éléments sont nécessaires parties, de fonctions, entouré des blocs d'énoncés.

Parlons de la structure Arduino.

- La première ligne « Void setup () » est la préparation dans le programme Arduino.

- « Loop() » est la partie exécution. Ce sont les deux fonctions principales requises pour que le programme Arduino fonctionne.

La fonction setup () ne s'exécute qu'une seule fois lorsque l'Arduino est sous tension. Toute déclaration de variable doit être déclarée au tout début du programme.

La carte de développement Arduino dispose de nombreuses broches d'E/S basées sur le modèle, ces broches d'E/S peuvent être utilisées en entrée comme en sortie, nous avons à déclarer au début du programme dans la boucle Setup ().

Si vous envisagez d'utiliser la communication série dans le programme Arduino qui doit être déclarée dans la boucle Setup ().

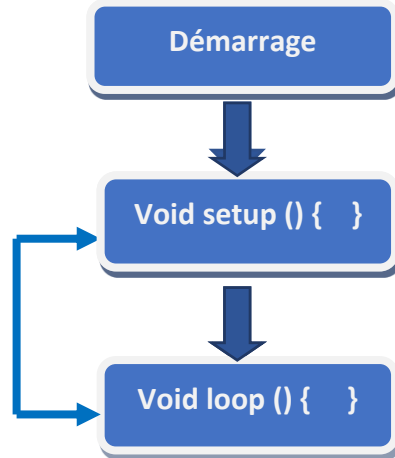


Figure III-10 : l'organigramme d'exécution d'un programme en Arduino.

## III.2 Deuxième partie : Réalisation du projet

### III.2.1 Introduction

Le monoxyde de carbone est classé en toxicologie dans la catégorie des agents chimiques asphyxiant. Il s'agit d'une intoxication grave et fréquente, surtout en période hivernale. Donc dans notre projet, nous avons proposé des solutions pour réduire ces accidents mortels.

Nous avons déjà présenté les composants utilisés dans notre projet dans le chapitre précédent. Dans les prochaines sections, nous allons voir les différentes étapes de la réalisation de notre solution mais avant cela, nous présenterons une description de notre projet.

### III.2.2 Description du prototype IoT

La figure III.11 représente un schéma qui illustre l'idée générale de notre système qui est basée sur la programmation de la carte NODE MCU/ESP8266.

Les sketches en exécution permanent permettent de transférer la valeur du gaz captée par le MQ2 et agir suivant la solution choisie dont nous avons exposé les programmes et les schémas de fonctionnement.

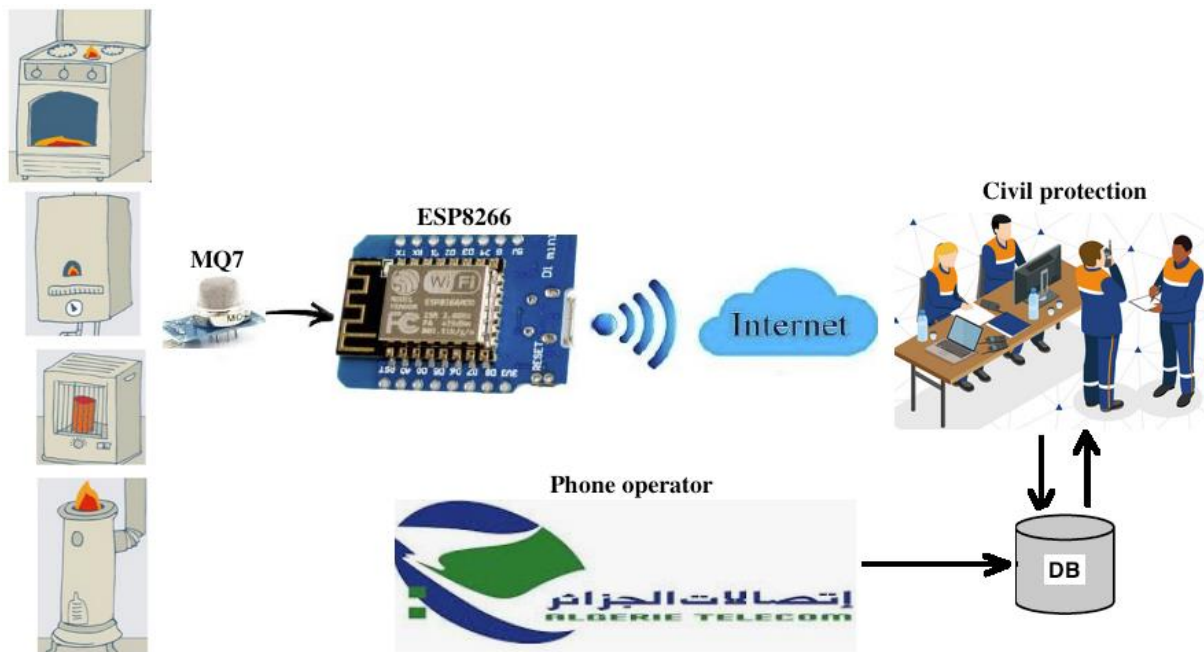


Figure III-11 : Schéma de principe du prototype.

### III.2.3 Solution proposée

Dans cette solution, nous allons remplacer la carte Arduino par la carte NodeMCU qui est basé sur le micro-contrôleur ESP8266 et contient un module WiFi intégré.

L'objectif est de surveiller la valeur du gaz détecté par le capteur. Cette grandeur une fois captée doit être envoyée au service de la protection civile sous forme d'une notification composée d'un message contenant la quantité du monoxyde de carbon ainsi que l'adresse IP publique du point d'accès. Pour pouvoir localiser la source du message et extraire l'adresse physique, l'agent de la protection civile envoie une requête à la base de donnée fournie par l'opérateur téléphonique. La base de donnée contient l'adresse IP publique, le nom, prénom et l'adresse du propriétaire.

Nous verrons dans un premier temps comment configurer l'IDE Arduino pour qu'il considère le NODEMCU comme un "type de carte" à part entière, comme c'est le cas pour un Arduino Mega ou un Uno. Nous ferons après le montage permettant d'uploader les programmes sur le module, grâce à un module d'interface USB/Série (le FT232RL), ensuite nous allons voir comment utiliser la plateforme Pubbullet pour envoyer des messages d'alertes.

Il est possible de diviser ce projet en trois parties :

- Configuration du système de notification.
- Faire un programme simple pour lire les données du capteur et afficher l'adresse IP publique.
- Déclencher la notification.

### III.2.3.1 Configuration de l'Arduino IDE

Cette opération permettra à [l'ESP8266](#) de fonctionner comme une carte virtuelle, qui sera reconnue comme telle par le logiciel Arduino.

Pour la configuration, les étapes à suivre sont les suivantes :

- Ouvrez Arduino.
- Cliquez sur « fichier ».
- Choisissez « préférences » et validez.
- Poursuivez en faisant un «copier-coller» du lien ci-après ([https://arduino.esp8266.com/stable/package\\_esp8266com\\_index.json](https://arduino.esp8266.com/stable/package_esp8266com_index.json) ) dans le champ

« URL de gestionnaire de cartes supplémentaires », visible dans la boîte de dialogue qui apparaît en cliquant sur « préférences ».

- Puis, cliquez sur « réseau » et validez sur Ok

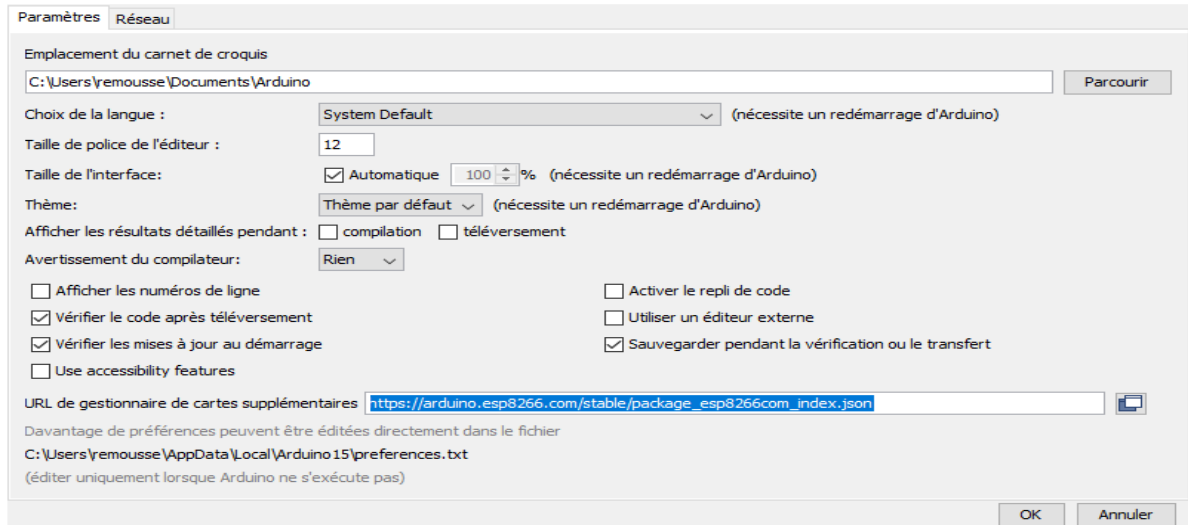


Figure III-12 : Ajout de la carte NodeMCU à l'Arduino IDE.

Pour l'installation, dans l'onglet « Type de carte » du menu « Outils », choisissez « Gestionnaire de cartes », puis validez.

Cliquez ensuite sur « Install », sur la boîte de dialogue qui apparaît sur votre moniteur.



Figure III-13 : L'installation de la bibliothèque ESP8266.



Branchons notre carte NodeMCU sur un port USB de notre PC (assurons-nous qu'il s'agit d'un bon câble de données, et non d'un méchant crapper d'alimentation).

Nous devons maintenant dire à l'EDI Arduino quelle carte nous utilisons. Sélectionnons « Outils -> Type de carte -->NodeMCU 1.0 (ESP-12 MODULE) ».

Nous assurons que notre port COM est sélectionné :

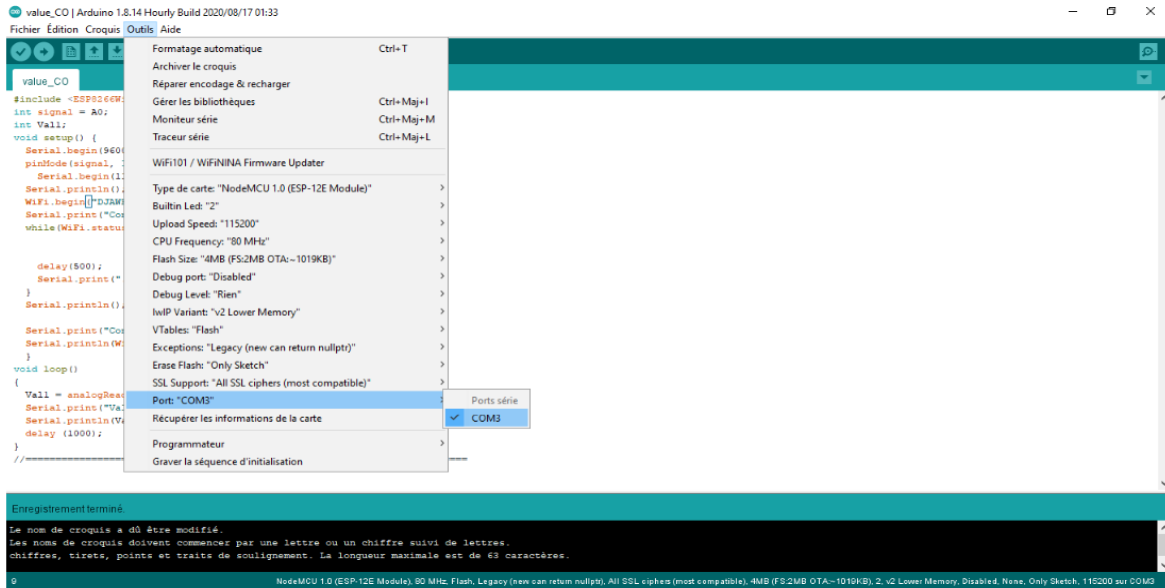


Figure III-14 : Choix du port pour la carte NodeMCU.

### III.2.3.2 Connexion des composants à la carte NodeMCU

Pour brancher le capteur MQ-2 à la carte Arduino, il faut brancher les broches suivantes:

- La broche A0 du capteur à la broche analogique A0 de la carte.
- La broche VCC du capteur à l'alimentation 3,3 V de la carte.
- La broche GND du capteur à la broche GND de la carte.

Le branchement est illustré par la figure suivante:

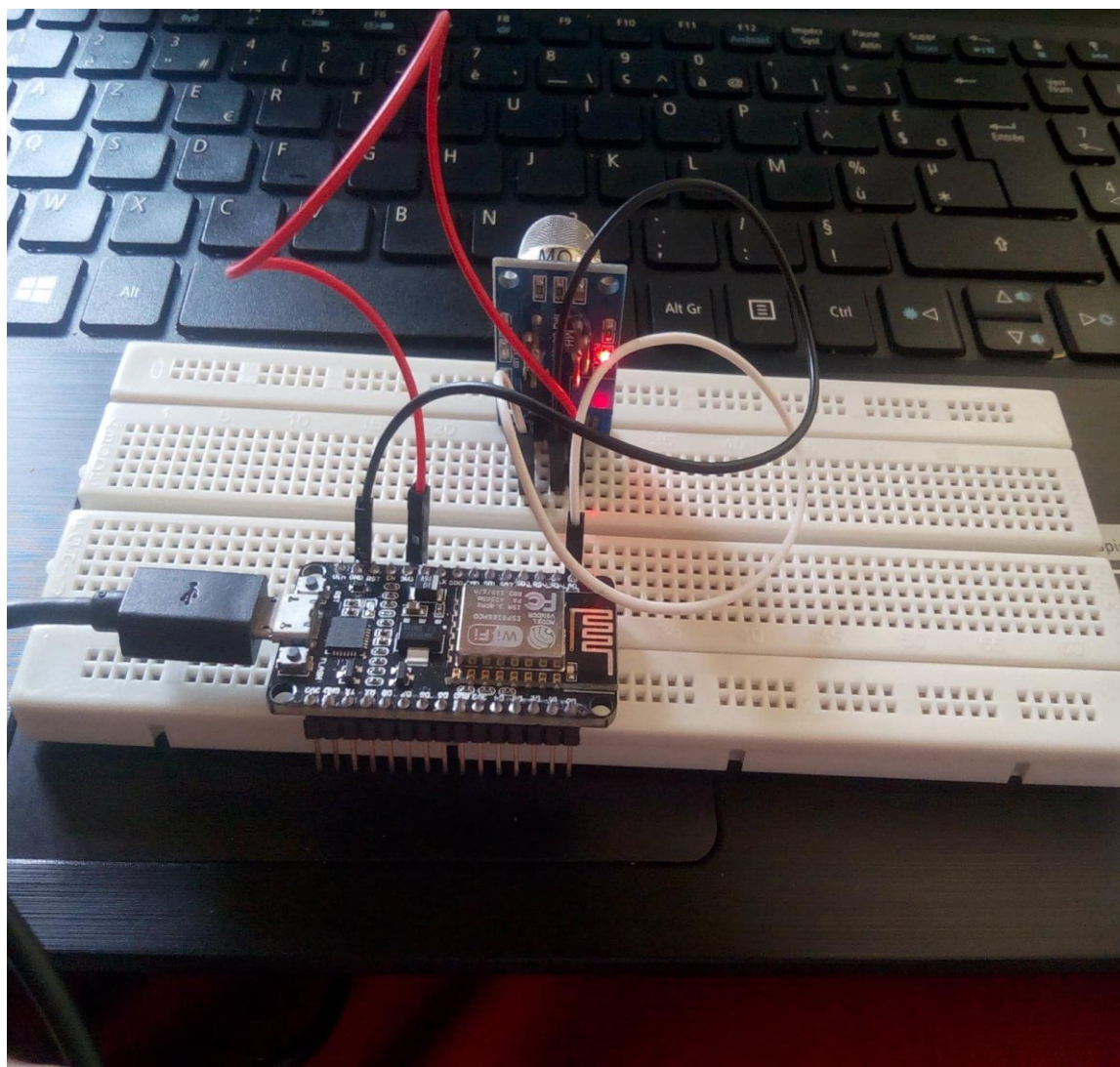


Figure III-15 : Une photo pour la maquette finale.

### III.2.3.3 Programmation de la carte Arduino

La programmation de la carte Arduino est faite par le logiciel open-source Arduino IDE.

```

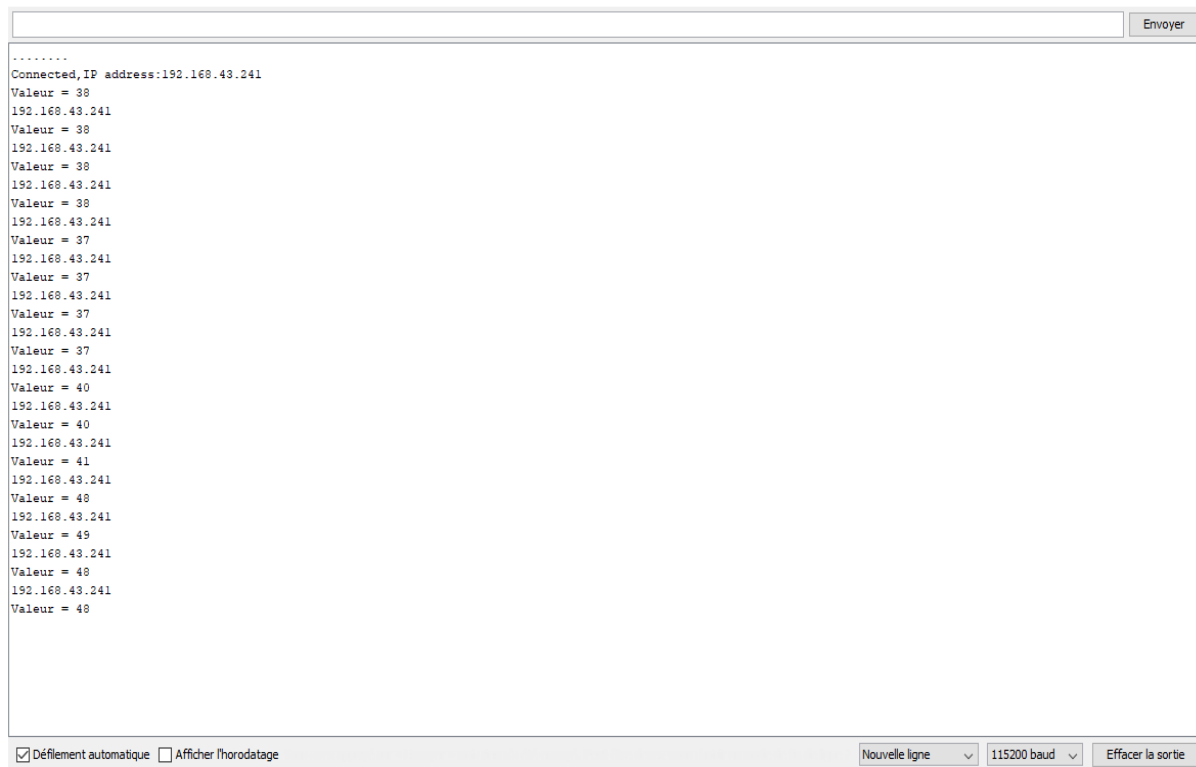
Fichier Édition Croquis Outils Aide
co_ip_
1 #include <ESP8266WiFi.h>
2 int signal = A0;           // Signal recepteur
3 int Vall;                 //Valeur du signal recepteur
4 void setup() {
5   Serial.begin(115200);    // Vitesse de transmission
6   pinMode(signal, INPUT); // Signal entrée
7   Serial.println();
8   WiFi.begin("PGN409", "31051997");
9   Serial.print("Connecting");
10  while(WiFi.status() != WL_CONNECTED)
11  {
12    delay(500);
13    Serial.print(".");
14  }
15  Serial.println();
16  Serial.print("Connected,IP address:");
17
18 }
19 void loop()
20
21 {
22   Serial.println(WiFi.localIP());
23   Vall = analogRead(signal); //Alors stocker la valeur du potard dans Vall
24   Serial.print("Valeur = "); // Ecrit sur l'écran "Valeur = "
25   Serial.println(Vall);     // Ecrit sur l'écran le contenu de Vall
26   delay (1000);            // Attente 1 seconde
27 }
28 //===== FIN DE PROGRAMME =====

```

Leaving...  
Hard resetting via RTS pin...

22 NodeMCU 1.0 (ESP-12E Module) sur COM3

Figure III-16 : Capture du premier programme dans Arduino IDE pour la carte NodeMCU.



The screenshot shows a serial monitor window with a text area containing the following output:

```
.....  
Connected, IP address:192.168.43.241  
Valeur = 38  
192.168.43.241  
Valeur = 38  
192.168.43.241  
Valeur = 38  
192.168.43.241  
Valeur = 38  
192.168.43.241  
Valeur = 37  
192.168.43.241  
Valeur = 37  
192.168.43.241  
Valeur = 37  
192.168.43.241  
Valeur = 37  
192.168.43.241  
Valeur = 40  
192.168.43.241  
Valeur = 40  
192.168.43.241  
Valeur = 41  
192.168.43.241  
Valeur = 48  
192.168.43.241  
Valeur = 49  
192.168.43.241  
Valeur = 48  
192.168.43.241  
Valeur = 48
```

At the bottom of the window, there are control elements: a checked checkbox for "Défilement automatique", an unchecked checkbox for "Afficher l'horodatage", a "Nouvelle ligne" dropdown menu, a "115200 baud" dropdown menu, and an "Effacer la sortie" button.

Figure III-17 : Affichage de programme dans le moniteur série.

### III.2.3.4 Plateformes utilisées

#### III.2.3.4.1 Définition de Pushbullet

Pushbullet est un service *cloud* et une série d'applications pour téléphones mobiles et ordinateurs permettant d'échanger facilement et automatiquement tous types de données. Lorsqu'un utilisateur abonné au service Pushbullet installe l'application sur deux appareils, ceux-ci peuvent partager sans lien physique des liens Web, s'échanger des photos, s'envoyer des documents, faire parvenir une adresse pour un outil GPS, afficher un texto sur un autre écran (et y répondre depuis cet autre appareil), etc. Un abonné à Pushbullet peut aussi envoyer ces mêmes informations à un autre abonné de Pushbullet.

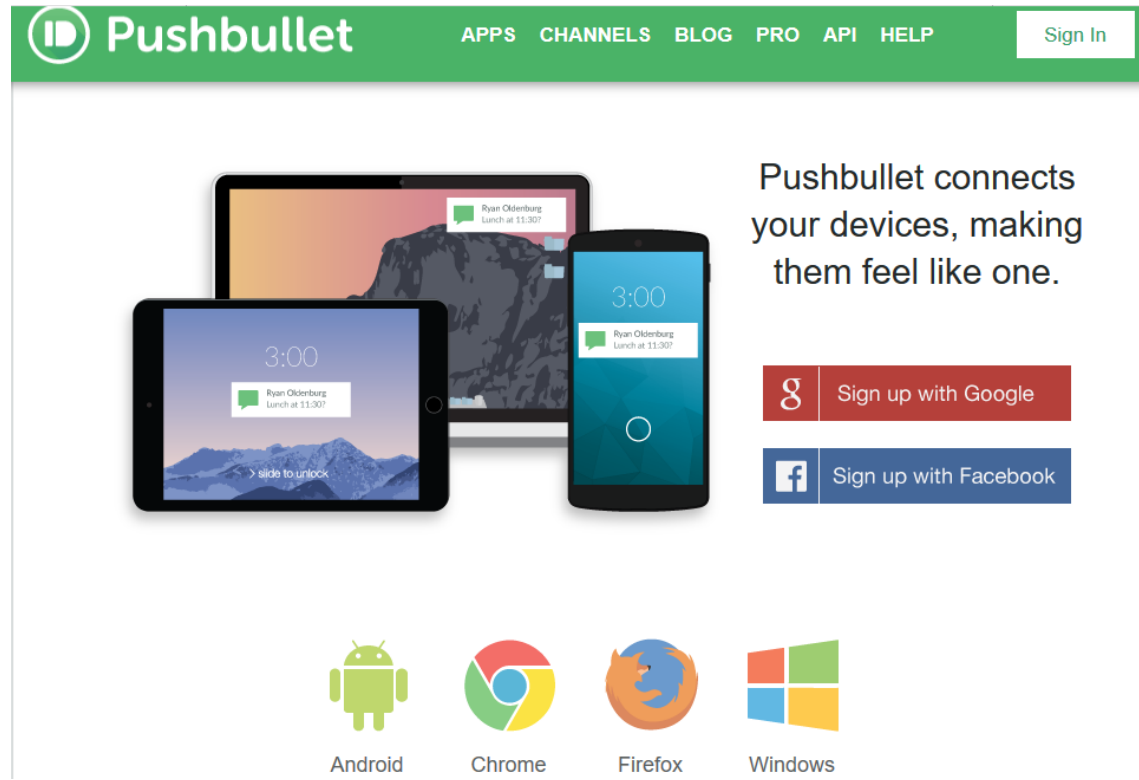


Figure III-18 : Interface de la plateforme Pushbullet.

### III.2.3.4.2 Description du service PushingBox

Ce service Web vous permet de poster des messages vers divers moyens de communication : Twitter, Mail, Push 3G (Android et IOS), Karotz. Il vous propose d'accéder à ces différents modes avec une simple url.

Ce service est gratuit, complet, performant (les notifications arrivent rapidement), facile à utiliser, et possède une interface soignée.

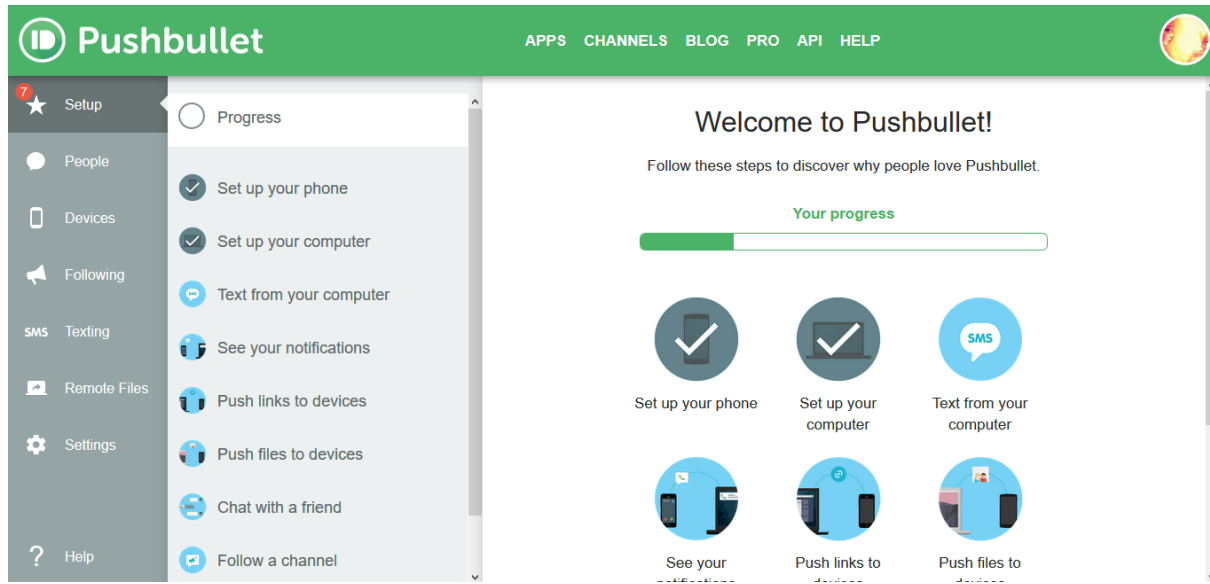
### III.2.3.4.3 Configuration de la plateforme Pushbullet et PushingBox

PushingBox et Pushbullet sont deux plates-formes gratuites incroyables et puissantes que vous aidez si vous construisez un projet d'Internet des objets. Les prochaines étapes vont montrer comment un smartphone Android ou iOS, ou bien un PC recevra une notification push, en utilisant la plateforme Pushbullet.

### ➤ Étape 1 : Configurer le service Pushbullet (gratuit)

« Pushbullet est un service Internet qui permet d'envoyer des SMS, de gérer les notifications et d'envoyer des fichiers entre vos appareils mobiles et votre ordinateur. »

Tout d'abord, vous devez aller à Pushbullet et créer un nouveau compte gratuit. Activez votre compte, connectez-vous sur le site et vous verrez l'écran suivant :



**Figure III-19 : Interface de la plateforme Pushbullet.**

Cliquez sur votre type de système d'exploitation mobile (Android ou IOS) ou allez sur apps market / Google Play et recherchez Pushbullet et configurez l'application sur votre appareil mobile en utilisant le même compte que vous venez de créer. Après cela, vous devriez voir votre smartphone mobile dans le menu Appareils (Devices).

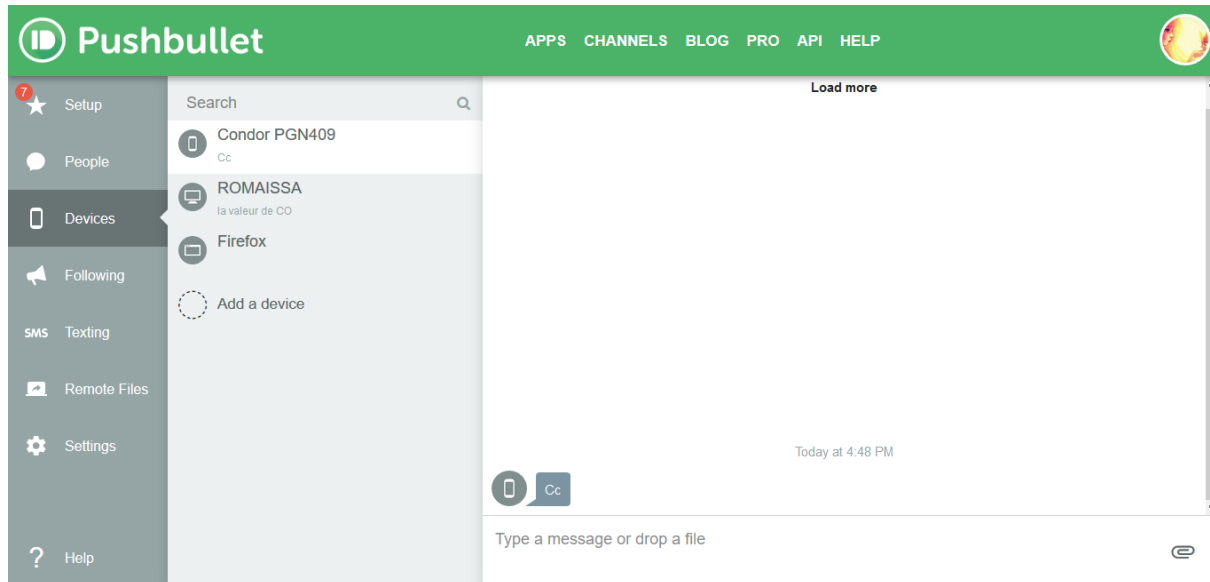


Figure III-20 : Smartphone mobile dans le menu Appareils(Devices).

Allez dans **Settings menu** et créez un nouvel **Access Token** en appuyant sur **Create Access Token Button**.

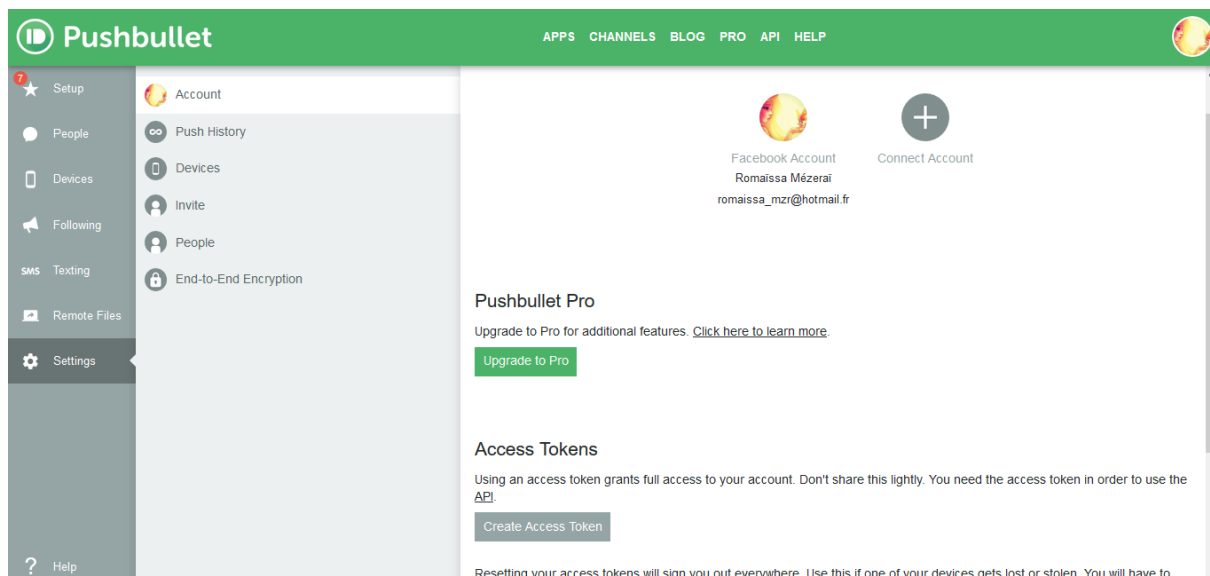


Figure III-21 : Création d'un nouvel Access Token.

Récupérez Access Token et enregistrez-le dans un fichier texte.

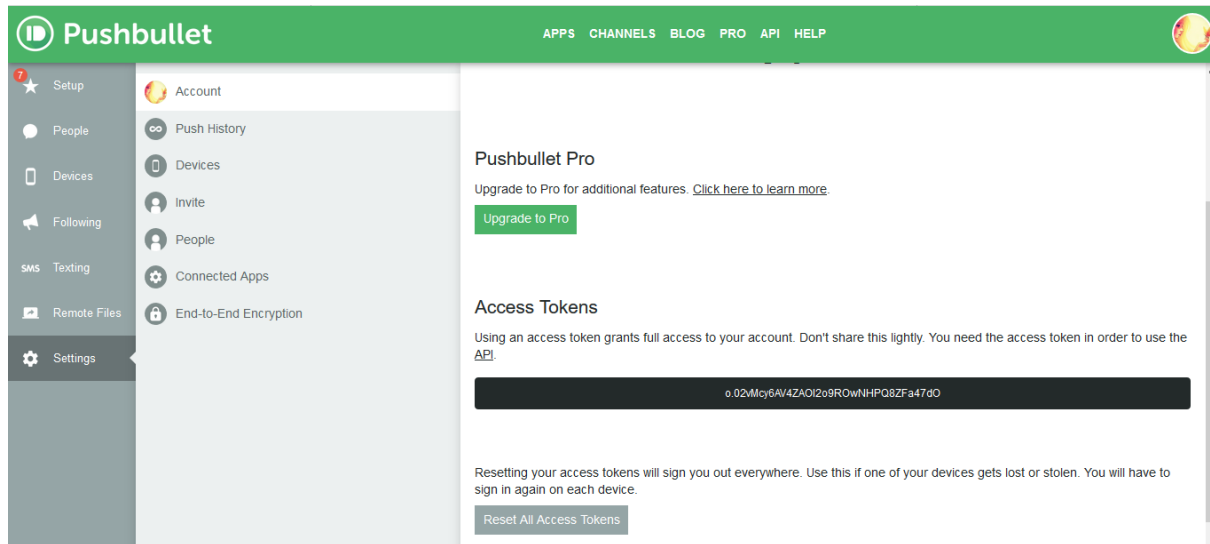


Figure III-22 : Récupération le Access Token.

➤ **Étape 2 : Configuration Pushingbox, lot centre de notification (gratuit) :**

« Pushingbox est un nuage qui peut envoyer des notifications, des courriels, des tweets basés sur des appels API en temps réel. »

Allez dans Pushingbox, créez un nouveau compte gratuitement et connectez-vous. Allez sur **Dashboard et** cliquer sur **My Services – > Add a service**. Sélectionnez **PushBullet service** dans la liste et vous devriez voir l'écran suivant :



**Pushbullet Service**

Pushbullet is a free Push notification service for iOS, Android, Windows, Firefox and Chrome.

It allows you to send pictures from your Web Camera to your devices.

Install it from this link: **Download Pushbullet.**  
And get your **Access Token**

Name of your Pushbullet configuration:

Access token:

Device token (optional):

Device token allows you to send a notification to a specific device registered on your Pushbullet Account. If empty, notifications you be sent to all your devices.

Cancel Update

**Figure III-23 : Interface d'ajout d'un Pushbullet service.**

Donnez-lui un nom, et collez votre pushbullet token que vous devriez avoir dans votre fichier texte bloc-notes et soumettre le formulaire. Ensuite, allez dans My Scenarios et ajoutez new scenario. Vous devriez maintenant pouvoir ajouter new Action à votre scénario.

detection de gaz

Enter the message you want to send.

Title

Alert !! GAZ DETECTED !!

Message

la valeur de CO est : \$value\$

Picture URL publicly reachable (optional)

http://... Test

This field allows you to include a screenshot from your web camera directly to your devices.

Cancel Submit

Figure III-24 : Création d'une nouvelle action à notre scénario.

Sauvegardez l'action et retournez à votre liste de scénarios virtuels. Vous devriez être en mesure de voir votre nouveau scénario et de copier le **Deviceld**.

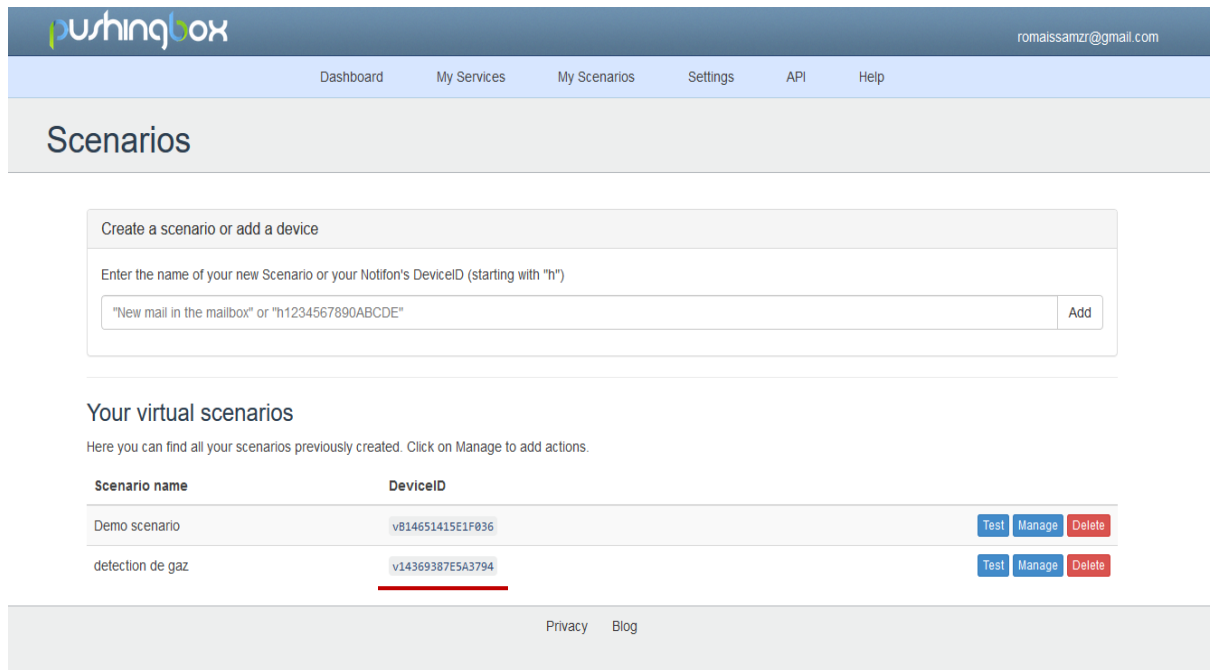


Figure III-25 : La liste des scénarios.

➤ **Etape 3 : Programmation de la carte Node MCU**

Ce code est très simple à utiliser, il se connecte simplement au routeur Wi-Fi et envoie ensuite une requête HTTP à l'API Pushing-Box liée à votre identifiant unique de périphérique.

On va maintenant envoyer des notifications à un de nos appareils, à un autre utilisateur (identifié par son mail), ou à un client Web. Cette notification va nous alerter lorsque la valeur de CO dépasse un certain seuil. Enfin, il faut écrire le code ci-dessous :

```

Fichier Édition Croquis Outils Aide
pushbullet$
1 #include <ESP8266WiFi.h>
2
3 // PushingBox scenario DeviceId code and API
4 String deviceId = "v14369387E5A3794";
5 const char* logServer = "api.pushingbox.com";
6
7 const char* ssid = "PGN409";
8 const char* password = "31051997";
9 const int gazpin = A0;
10
11 int value;
12
13 void setup() {
14   Serial.begin(115200);
15   // Sending a notification to your mobile phone
16   // function takes the message as a parameter
17   sendNotification("Hello World from ESP8266!");
18 }
19
20 void sendNotification(String message) {
21
22   Serial.println("- connecting to Home Router SID: " + String(ssid));
23
24   WiFi.begin(ssid, password);
25   while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
26     delay(500);
27     Serial.print(".");
28   }
29
30   Serial.println();
31
32   Serial.print("Connected, IP address:");
33   Serial.println(WiFi.localIP());
34   Serial.println("- succesfully connected");
35   Serial.println("- starting client");
36
37   WiFiClient client;
38
39   Serial.println("- connecting to pushing server: " + String(logServer));
40   if (client.connect(logServer, 80)) {
41     Serial.println("- succesfully connected");
42
43     String postStr = "devid=";
44     postStr += String(deviceId);
45     postStr += "&message_parameter=";
46     postStr += String(message);
47     postStr += "\r\n\r\n";
48
49     Serial.println("- sending data...");
50
51     client.print("POST /pushingbox HTTP/1.1\n");
52     client.print("Host: api.pushingbox.com\n");
53     client.print("Connection: close\n");
54     client.print("Content-Type: application/x-www-form-urlencoded\n");
55     client.print("Content-Length: ");
56     client.print(postStr.length());
57     client.print("\n\n");
58     client.print(postStr);
59   }

```

```
62 }
63
64 void loop() {
65   value = analogRead(gazpin);
66   Serial.println(value);
67   if (value < 50)
68     sendNotification("Hello World from ESP8266! \n");
69   delay(5000);
70 }
71 }
```

ESP8266 (115200), All SSL ciphers (most compatible), 4MB (FS:2MB OTA:~1019KB), 2, v2 Lower Memory, Disabled, None, Only Sketch, 115200 sur COM3

Figure III-26 : Capture de programme dans l'Arduino.

### ➤ Les résultats du programme :

```
COM3
- connecting to Home Router SID: PGN409
Connected, IP address: 192.168.43.241
- successfully connected
- starting client
- connecting to pushing server: api.pushingbox.com
- successfully connected
- sending data...
- stopping the client
57
- connecting to Home Router SID: PGN409
Connected, IP address: 192.168.43.241
- successfully connected
- starting client
- connecting to pushing server: api.pushingbox.com
- successfully connected
- sending data...
- stopping the client
57
- connecting to Home Router SID: PGN409
Connected, IP address: 192.168.43.241
- successfully connected
- starting client
- connecting to pushing server: api.pushingbox.com
- successfully connected
- sending data...
- stopping the client
36
42
42
41
41
41
41
40
41
```

Défilement automatique  Afficher l'horodatage Nouvelle ligne 115200 baud Effacer la sortie

Figure III-27 : Résultat affiché dans le moniteur série.

### ➤ Les notifications reçues par la protection Civile

- La protection civile reçoit un message d'alerte qui contient la quantité de CO et l'adresse IP publique du point d'accès.
- L'agent de la protection civile obtient l'adresse du message en faisant appel aux services des télécommunications.

### III.2.4 Une autre solution proposée

Avez-vous déjà pensé à obtenir la position de votre appareil sans utiliser de matériel GPS ? Ça a l'air intéressant !! Oui, il est possible d'obtenir les coordonnées de l'emplacement simplement en utilisant la carte NodeMCU/ESP8266 sans aucun matériel supplémentaire. Ici, nous utiliserons la carte ESP12E pour obtenir les coordonnées en direct de notre emplacement. Cela devient possible grâce à l'API de géolocalisation de Google. Voyons donc comment fonctionne cette API de géolocalisation et comment nous pouvons obtenir la position en l'utilisant.

#### III.2.4.1 Comment fonctionne l'API Google Géolocation ?

Comme nous le savons tous, le système d'exploitation Android pour smartphones est alimenté par Google. En règle générale, la plupart des téléphones ont le GPS et le Wi-Fi activés en permanence, de sorte que Google ne se contente pas de suivre notre emplacement, mais aussi les réseaux Wi-Fi à proximité. Par exemple, si vous vous promenez dans une rue avec Wi-Fi et GPS activés pour que votre téléphone scanne constamment les réseaux Wi-Fi à proximité et ce que fait Google, il enregistre les adresses MAC et le nom de ces réseaux Wi-Fi avec l'emplacement de notre téléphone.

Donc, sur la base de la force du signal reçu par téléphone, Google estime l'emplacement de ce réseau Wi-Fi particulier et enregistre ces données dans la base de données. Par conséquent, la prochaine fois que quelqu'un passera par les mêmes réseaux Wi-Fi et que le GPS n'est pas activé sur son téléphone, il pourra toujours obtenir l'emplacement du téléphone en fonction de l'emplacement de ce réseau Wi-Fi particulier.

Donc, plus le nombre de réseaux Wi-Fi à proximité sera plus précis, plus l'emplacement le sera. C'est ainsi que fonctionne la géolocalisation de Google.

Maintenant, on peut utiliser cette magie de l'API de géolocalisation dans la carte NodeMCU ESP12E et essayer d'obtenir les coordonnées de l'emplacement. Ici, nous utiliserons le moniteur série de l'IDE Arduino pour voir les coordonnées.

- Pour utiliser le service de géolocalisation de Google, nous avons besoin d'un compte Google et d'une clé API.
- Pour la partie codante, nous avons besoin de trois bibliothèques <ESP8266HTTPClient >, <ArduinoJson>, <ESP8266WiFi>.
- Ensuite, nous initialisons les variables pour le nom Wi-Fi, le mot de passe Wi-Fi, la clé API et initialisons les autres variables utilisées dans le code.
- Le code est donné par la figure ci-dessous :

Fichier Édition Croquis Outils Aide

```

latitude.logitude $
1 #include <ESP8266HTTPClient.h>
2 #include <ArduinoJson.h>
3 #include "ESP8266WiFi.h"
4
5 char ssid[] = "DJAWEB_5391"; // your network SSID name
6 char pass[] = "43430514"; // your network password
7
8 //Credentials for Google GeoLocation API...
9
10 const char* Host = "www.googleapis.com";
11 String thisPage = "/geolocation/v1/geolocate?key=";
12 String key = "AIzaSyB-m4FGzUCXuQxlq-8BkArY6nMTGT-Xi4A";
13
14 int status = WL_IDLE_STATUS;
15 String jsonString = "{\n";
16
17 double latitude = 0.0;
18 double longitude = 0.0;
19 double accuracy = 0.0;
20 int more_text = 1; // set to 1 for more debug output
21
22 void setup() {
23   Serial.begin(9600);
24   Serial.println("Start");
25
26   // Set WiFi to station mode and disconnect from an AP if it was previously connected
27   WiFi.mode(WIFI_STA);
28   WiFi.disconnect();
29   delay(100);
30   Serial.println("Setup done");
31
32   // We start by connecting to a WiFi network
33   Serial.print("Connecting to ");
34   Serial.println(ssid);
35   WiFi.begin(ssid, pass);
36
37   while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
38     delay(500);
39     Serial.print(".");
40   }
41   Serial.println(".");
42
43 }
44
45 void loop() {
46
47   char bssid[6];
48   DynamicJsonBuffer jsonBuffer;
49   Serial.println("scan start");
50
51   // WiFi.scanNetworks will return the number of networks found
52   int n = WiFi.scanNetworks();
53   Serial.println("scan done");
54   if (n == 0)
55     Serial.println("no networks found");
56   else
57     {
58     Serial.print(n);
59     Serial.println(" networks found...");

```



```

60
61     if (more_text) {
62         Serial.println("\wifiAccessPoints\": {");
63         for (int i = 0; i < n; ++i)
64             {
65                 Serial.println("{");
66                 Serial.print("\macAddress\": ");
67                 Serial.print(WiFi.BSSIDstr(i));
68                 Serial.println("\",");
69                 Serial.print("\signalStrength\": ");
70                 Serial.println(WiFi.RSSI(i));
71                 if (i < n - 1)
72                     {
73                         Serial.println(",");
74                     }
75                 else
76                     {
77                         Serial.println("}");
78                     }
79             }
80         Serial.println("}");
81         Serial.println("}");
82     }
83     Serial.println(" ");
84 }
85
86 // now build the jsonString...
87 jsonString = "{\n";
88 jsonString += "\homeMobileCountryCode\": 234,\n"; // this is a real UK MCC
89 jsonString += "\homeMobileNetworkCode\": 27,\n"; // and a real UK MNC
90 jsonString += "\radioType\": \"gsm\",\n"; // for gsm
91 jsonString += "\carrier\": \"Vodafone\",\n"; // associated with Vodafone
92 jsonString += "\wifiAccessPoints\": {\n";
93 for (int j = 0; j < n; ++j)
94     {
95         jsonString += "{\n";
96         jsonString += "\macAddress\": ";
97         jsonString += (WiFi.BSSIDstr(j));
98         jsonString += "\",\n";
99         jsonString += "\signalStrength\": ";
100        jsonString += WiFi.RSSI(j);
101        jsonString += "\n";
102        if (j < n - 1)
103            {
104                jsonString += "},\n";
105            }
106        else
107            {
108                jsonString += "}\n";
109            }
110    }
111    jsonString += ("}\n");
112    jsonString += ("}\n");
113
114    //----- Serial.println("");
115
116    //Connect to the client and make the api call
117

```

```

118 WiFiClientSecure client;
119 Serial.print("Requesting URL: ");
120 Serial.println("https://" + (String)Host + thisPage + key);
121 Serial.println(" ");
122 if (client.connect(Host, 443)) {
123     Serial.println("Connected");
124     client.println("POST " + thisPage + key + " HTTP/1.1");
125     client.println("Host: " + (String)Host);
126     client.println("Connection: close");
127     client.println("Content-Type: application/json");
128     client.println("User-Agent: Arduino/1.0");
129     client.print("Content-Length: ");
130     client.println(jsonString.length());
131     client.println();
132     client.print(jsonString);
133     delay(500);
134 }
135
136 //Read and parse all the lines of the reply from server
137 while (client.available()) {
138     String line = client.readStringUntil('\r');
139     if (more_text) {
140         Serial.print(line);
141     }
142     JsonObject& root = jsonBuffer.parseObject(line);
143     if (root.success()) {
144         latitude = root["location"]["lat"];
145         longitude = root["location"]["lng"];
146         accuracy = root["accuracy"];
147     }
148 }
149
150 Serial.println("closing connection");
151 Serial.println();
152 client.stop();
153
154 Serial.print("Latitude = ");
155 Serial.println(latitude, 6);
156 Serial.print("Longitude = ");
157 Serial.println(longitude, 6);
158 Serial.print("Accuracy = ");
159 Serial.println(accuracy);
160 }

```

e4Bn nullpt), All SSL ciphers (most compatible), 4MB (FS:2MB OTA:~1019KB), 2, v2 Lower Memory, Disabled, None, Only Sketch, 115200 sur COM3

**Figure III-28 : Une capture sur le code.**

### III.3 Conclusion

Ce chapitre est composé de plusieurs étapes, et chaque étape à son importance pour la conception de notre projet. Nous avons commencé par présenter quelques notions sur l'Arduino suivies par l'étude matérielle et logicielle du notre projet. Enfin, nous avons présenté les résultats obtenus.

# Conclusion générale

---

Dans le monde, la première cause de morte par intoxication accidentelle est le monoxyde de carbone. Ce gaz incolore et inodore de formule chimique CO, apparait dans l'environnement dès qu'une combustion est incomplète, et est accentuée par une mauvaise alimentation en air frais ou d'une mauvaise évacuation des produits de combustion (ventilation).

Ce gaz est quasi-indétectable par l'homme. Il est donc nécessaire de se munir de détecteur de monoxyde de carbone.

C'est ainsi que notre travail a consisté à étudier, puis réaliser pratiquement un montage permettant la détection du gaz de monoxyde de carbone et de le tester dans le but de protéger les personnes en exploitant le développement technologique de l'internet des objets par une notification qui sera envoyée à la protection civile contenant la valeur de CO et l'adresse IP de l'appareil connecté.

Le réalisé peut être amélioré, et comme perspectives, nous devons ajouter d'autres fonctionnalités capable de faciliter de plus en plus le travail, à titre exemple : ajoutant une application Android qui nous permet de surveiller et contrôler les sources de gaz à domicile, un système d'aération qui permet d'ouvrir les fenêtres lors la présence d'un gaz dangereux.

# Références bibliographiques

---

- (1). Consommation mondiale de gaz. *planete energies*. [En ligne] 12 mars 2020. [Citation : 29 mars 2020.] <https://www.planete-energies.com/fr/medias/chiffres/consommation-mondiale-de-gaz>.
- (2). L'énergie dans le monde en 2035 : à quoi faut-il s'attendre ? *connaissance des energies*. [En ligne] 2015 fevrier 25. [Citation : 29 mars 2020.] <https://www.connaissancedesenergies.org/lenergie-dans-le-monde-en-2035-quoi-faut-il-sattendre-150225>.
- (3). Gaz: la consommation nationale. *Algérie Presse Service*. [En ligne] 2019 jqrnvier 23. [Citation : 29 Mars 2020.] <http://www.aps.dz/economie/84252-gaz-la-consommation-nationale-a-67-milliards-de-m3-a-l-horizon-2028>.
- (4). **Thomas**. GAZ NATUREL : QUELS RISQUES POUR MA MAISON ? *énergie futée*. [En ligne] 2019 Septembre 15. [Citation : 02 Avril 2020.] <https://www.energiefutee.fr/blog/comparer-les-energies/le-gaz-naturel/>.
- (5). **Bellil, Nadia**. Les chiffres alarmants de la Protection civile. *Roporters*. [En ligne] 21 janvier 2020. [Citation : 02 avril 2020.] <https://www.reporters.dz/les-chiffres-alarmants-de-la-protection-civile-177-deces-par-monoxyde-de-carbone-depuis-2019/>.
- (6). **COURTOIS, Arnaud**. *TOXICOLOGIE DU MONOXYDE DE CARBONE*. Bordeaux : s.n., juin 2011.
- (7). Monoxyde de carbone. *Antigif centrum centre antipoisons*. [En ligne] [Citation : 03 Avril 2020.] <https://www.centreantipoisons.be/monoxyde-de-carbone/le-monoxyde-de-carbone-co-en-d-tail/d-o-provient-le-co>.
- (8). Intoxication au monoxyde de carbone. [En ligne] 2008. [Citation : 05 avril 2020.] [www.appanpc.fr](http://www.appanpc.fr).
- (9). Publisher online: 26 April 2014 # Springer Science+Business Media New York 2014.
- (10). A. Hakin, A. Gokhale, P. Berthou, D. C. Schmidt, T. Gayraud, Software-Defined Networking : Challenges and research opportunities for Future Internet, Computer Networks, (2014).
- (11). M. Han and H. Zhang, "Business intelligence architecture based on internet of things " Journal of Theoretical Applied Information Technology, 2013.
- (12). **Arnab Banerjee**, in [\*Advances in Computers\*](#), 2019.
- (13). <https://planonsoftware.com/fr/a-la-une/centre-de-ressources/glossaire/l-internet-des-objets/>.
- (14). A. Al-Fuqaha, M. Guizani, M. Mohammadi, M. Aledhari, and M. Ayyash. *Internet of things : A survey on enabling technologies, protocols, and applications. IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 17(4) :2347–2376, 2015.

**(15).** *Laboratoire des Technologies Innovantes (LTI) Université de Picardie Jules Verne (UPJV) 48 Rue Raspail, 02100, Saint Quentin*

**(16).** *Université Larbi Ben M'hidi de Oum El Bouaghi. Faculté des Sciences Exactes et Sciences de la Nature et de la Vie.*

**(17).** <http://www.techopedia.com/definition/26834/web-of-things-wot>.

**(18).** A. Ruppen, J. Pasquier et T. Hürlimann, A RESTful architecture for integrating decomposable delayed services within the web of thing, 2011 , 860-865 p.( ISSN 1521-9097 , DOI 10.1109/ICPADS.2011.10)

**(19).** 1st IoT International Forum, Berlin, Novembre 2011.

**(20).** BANDYOPADHYAY, Debasis et SEN, Jaydip. Internet of things: Applications and challenges in technology and standardization. *Wireless personal communications*, 2011, vol. 58, no 1, p. 49-69.

**(21).** Cédric Locqueneux, *Le guide de la maison et des objets connectés : Domotique, smarthome et maison connectée*. Eyrolles, 2016.

**(22).** [www-igm.univ-mlv.fr/~dr/XPOSE2009/cloudcomputing/index.htm](http://www-igm.univ-mlv.fr/~dr/XPOSE2009/cloudcomputing/index.htm).

**(23).** [brossemathieu.wordpress.com/veille-technologique](http://brossemathieu.wordpress.com/veille-technologique).

**(24).** [sites.google.com/site/wifibeziers/depannage](https://sites.google.com/site/wifibeziers/depannage)

**(25).** <https://www.cours-gratuit.com/cours-reseau/tutoriel-reseaux-sans-fils-wifi>

**(26).** GUINARD, Dominique, TRIFA, Vlad, MATTERN, Friedemann, *et al.* From the internet of things to the web of things: Resource-oriented architecture and best practices. In : *Architecting the Internet of things*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2011. p. 97-129.