



Mémoire de Master

Présenté au

Département : Génie Électrique

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Electronique

Spécialité : Electronique des systèmes embarqués

Réalisé par :

SELLAMI Zakaria

Thème

Conception et réalisation d'un système intelligent de détection des fuites du gaz avec localisation

Soutenu le: 03/07/2024

Devant le Jury composé de :

Mr : CHELBI Salim	Univ. Bouira	Président
AIT ABBAS Hamou	Univ. Bouira	Encadreur
BENAOUICHA Karim	Univ. Bouira	Examineur

Dédicaces

Ce modeste travail est dédié :

À mon cher père, ce travail est le fruit de votre amour et de votre sagesse. Que Dieu ait pitié de toi, cher père. Seigneur, pardonne-lui, aie pitié de lui, et fais de sa tombe un jardin de paradis.

À ma chère mère, Je lui souhaite la bonne santé et longue vie empreinte de bonheur et de sérénité.

À tous mes proches, en particulier ma sœur bien-aimée, mes frères, et spécialement à Merouane, ainsi qu'à mes chers amis.

Je tiens également à mentionner la promotion du Master ESE, sans oublier tous mes enseignants tout au long de mes études.

À tous ceux qui ont contribué directement ou indirectement à la réalisation de ce projet, je vous remercie sincèrement.

Remerciements

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

Je suis profondément reconnaissant envers mon encadreur, **M. AIT ABBAS HAMOU**, pour son dévouement infailible dès le commencement en proposant ce thème et en guidant attentivement chaque étape de ce travail. Sa présence constante et ses conseils avisés ont été d'une valeur inestimable.

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

Enfin, j'associe à ces remerciements tous ceux qui ont contribué à réaliser ce travail.

Résumé

Dans le monde, L'empoisonnement au monoxyde de carbone demeure l'une des principales causes de maladies et de décès liés aux intoxications. Chaque année, des centaines de personnes perdent la vie en raison de l'exposition au monoxyde de carbone, et ce risque augmente particulièrement à l'approche de l'hiver. Pour faire face à ce fléau, nous avons adopté la technologie IoT pour fournir un détecteur de fuites de gaz à distance capable de mesurer la concentration de gaz toxiques en temps réel, permettant ainsi d'alerter à la fois la victime et les services compétents, comme le fournisseur d'énergie et la protection civile, pour agir rapidement face à ce danger mortel et à la suffocation potentielle qui en découle.

En outre, pour assurer une intervention efficace au bon moment et au bon endroit, notre solution logiciel (plateforme web) développé en MERN Stack permet d'intégrer les coordonnées GPS de l'emplacement du détecteur. Les résultats obtenus démontrent l'efficacité du système proposé, contribuant ainsi à sauver davantage de vies.

Mots clés : IoT, MERN Stack, gaz, Détecteur de fuites de gaz, plateforme Web.

Table des Matières

Remerciements.....	I
Résumé	II
Table des Matières.....	III
Liste des Figures.....	VI
Liste des Tableaux.....	VII
Listes des Acronymes	VIII
Introduction Générale	1

Chapitre I : IoT et Détection des fuites du gaz

1. Introduction	3
2. Introduction à l'IoT	3
3. Concepts de base	3
4. Travaux liés à la détection des fuites de gaz	5
4.1. Définition d'un détecteur de gaz.....	5
4.2. Principe de fonctionnement d'un détecteur de gaz	5
4.2.1. Réception des gaz.....	5
4.2.2. Analyse et transduction.....	5
4.2.3. Traitement de signal.....	5
5. Types de détecteurs de gaz disponibles sur le marché	6
5.1. Détecteur de gaz de ville et gaz en bouteille	6
5.1.1. Caractéristiques.....	6
5.2. Détecteur de monoxyde de carbone CO	7
5.2.1. Caractéristiques.....	7
5.3. Pack détecteur de fuite de gaz 220v.....	7
6. Domaines d'application :	8
7. Conclusion :	10

Chapitre II : Présentation des outils logiciels et de matériels

1. Introduction :	11
2. Architecture MERN.....	11
2.1. Définition de la technologie MERN stack.....	11
2.2. Fonctionnement de la pile MERN	12
2.2.1. Tier interface frontale React js.....	12
2.2.2. Tier serveur Express.js et Node.js.....	13
2.2.3. Niveau de base de données MongoDB.....	13
2.2.4. Node Package Manager (NPM).....	14
3. Visual Studio Code.....	14
4. Arduino IDE.....	15
5. Fritzing.....	16
6. Composants requis pour le projet	16
6.1. NodeMCU	17
6.2 Capteur de gaz MQ-2.....	18
6.2.1 Structure interne du capteur de gaz MQ-2.....	19
6.2.2 Fonctionnement du MQ-2.....	21
6.3. Module GSM SIM800L	22
6.4 Platine d'expérimentation	23
7. Conclusion:	23

Chapitre III : Réalisation et démonstration du notre système de détection de fuite de gaz

1. Introduction :	24
2. Principe de fonctionnement	24
2.1. Étapes de réalisation du système.....	25
3. Architecture du système.....	25
3.1. Architecture matérielle	27
3.1.1. Système de détection des fuites de gaz.....	27
3.1.2. Système d'envoi des alertes via SMS.....	27

3.2. Architecture logicielle	28
4. Implémentation et Tests du système de détection des fuites de gaz.....	29
4.1. Présentation de la plateforme web	29
4.1.1. Page de connexion.....	30
4.1.2. Tableau de bord.....	31
4.1.3. Espace client.....	32
4.1.4. Carte géographique.....	33
4.1.5. Historique.....	34
4.2. Démonstration du système.....	35
4.2.1. Test de détection de fuite de gaz.....	35
4.2.2. Test des alertes.....	35
4.2.3. Démonstration de la plateforme de contrôle.....	37
5. Conclusion :	38
Conclusion Générale	39
Références bibliographiques	41
Annexe	43

Liste des Figures

Chapitre I : IoT et Détection des fuites du gaz

Figure I.1 : Schéma montre le fonctionnement et l'interaction d'un système IoT [2]	4
Figure I.2 : Schéma représentatif des différentes parties composant un détecteur de gaz [3]	6
Figure I.3 : Détecteur de gaz de ville et gaz en bouteille [4]	6
Figure I.4 : Détecteur de monoxyde de carbone CO [5]	7
Figure I.5 : Pack détecteur de fuite de gaz 220v [6].....	7

Chapitre II : Présentation des outils logiciels et de matériels

Figure II.1 : Architecture MERN [7].....	12
Figure II.2 : Structure générale d'IDE Arduino [10].....	15
Figure II.3 : Carte NodeMCU [13].....	17
Figure II.4 : Brochage de la carte NodeMCU [13]	18
Figure II.5 : Capteur MQ-2 [15].....	18
Figure II.6 : La structure extérieure de MQ-2 [14]	19
Figure II.7 : La structure intérieure de MQ-2 [14].....	20
Figure II.8 : Structure de l'élément de détection [14].....	20
Figure II.9 : Variation de tension de sortie a) absence du gaz. b) présence du gaz [14]	21
Figure II.10 : Schéma électrique de module MQ-2 [16]	22
Figure II.11 : Module GSM SIM 800L. [17]	22
Figure II.12 : Platine d'expérimentation [18].....	23

Chapitre III : Réalisation et démonstration du notre système de détection de fuite de gaz

Figure III.1 : Diagramme expliquant d'une manière générale le principe de fonctionnement du système de détection de fuites de gaz.	25
Figure III.2 : Architecture du système.....	26
Figure III.3 : Système de détection des fuites de gaz.	27
Figure III.4 : Système d'envoi des alertes via SMS.....	27
Figure III.5 : Architecture logicielle trois tiers de notre centre de traitement.	29
Figure III.6 : Diagramme de flux d'accès au plateforme web.....	30
Figure III.7 : Page de connexion administrateur avec options de mode sombre.	31
Figure III.8 : Page de connexion administrateur avec options de mode clair.....	31

Figure III.9 : Tableau de bord des clients avec état des détecteurs et actions disponibles.	32
Figure III.10 : Espace client formulaire pour ajouter un nouveau client.....	33
Figure III.11 : Carte géographique des détecteurs de gaz	34
Figure III.12 : Tableau d'historique des incidents de fuite de gaz pour tous les détecteurs	34
Figure III.13 : Tableau d'historique des incidents de fuite de gaz pour un détecteur spécifique	35
Figure III.14: Alerte via une alarme visuelle (la LED rouge s'allume en cas de situation dangereuse et la LED verte en cas de situation normale).	36
Figure III.15 : Alerte via une notification envoyée à l'application Web.....	36
Figure III.16 : Alerte via un SMS téléphonique.....	36
Figure III.17 : Tableau de bord de contrôle affichant l'état des capteurs avec alertes en temps réel sur la plateforme	37
Figure III.18 : Carte géographique affichant l'état des capteurs avec alertes en temps réel sur la plateforme	37

Liste des Tableaux

Tableau I.1 : Comparaison entre différents types de détecteurs de gaz disponibles sur le marché et notre prototype.	9
Tableau II.1 : Composants du détecteur.	16
Tableau II.2 : Composants d'émetteur de messagerie SMS.	16

Listes des Acronymes

AL2O3	Oxyde d'aluminium
CH4	Méthane
CO	Monoxyde de carbone
GPL	Gaz de pétrole liquéfié
GPRS	General Packet Radio Service
GPS	Global Positioning System
GSM	Global System for Mobile Communications
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
HSE	Hygiène, Sécurité et Environnement
IA	Intelligence artificielle
IDE	Integrated Development Environment
IoT	Internet of Things (Internet des objets)
Ko	Kilo-octet
LCD	Liquid Crystal Display
LED	light-emitting diode
MERN	MongoDB, Express.js, React, Node.js (stack de développement web)
MHz	Méga Hertz
Mo	Méga-octet
MOX	Métal oxyde (Oxyde de Métal)
NPM	Node Package Manager (Gestionnaire de paquets pour Node.js)
PPM	Partie Par Million
RAM	Random Access Memory
REST API	Representational State Transfer Application Programming Interface (Interface de Programmation d'Applications par Transfert de l'État Représentationnel)
RGB	Red, Green, Blue (Rouge, Vert, Bleu)
SGBD	Système de gestion de base de données
SMS	Short Message Service
SnO2	Dioxyde d'étain
TV	Télévision
URL	Uniform Resource Locator

USB	Universal Serial Bus
V	Volt
VoIP	Voice over Internet Protocol (Voix sur IP)

Introduction Générale

Introduction Générale

L'importance du domaine de sécurité humaine est significative à l'échelle mondiale. Aujourd'hui il est nécessaire que des systèmes de sécurité efficaces soient installés dans des environnements domestiques et industriels et dans des établissements d'éducation.

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

Malheureusement, au cours des dernières années, l'Algérie a connu des données préoccupantes concernant les décès causés par l'asphyxie par des gaz nocifs. Il y a des centaines de personnes qui meurent d'intoxication au monoxyde de carbone (CO), en particulier à l'approche de chaque hiver. Plusieurs raisons sont à l'origine de cette catastrophe, dont on peut citer : la mauvaise aération, la contrefaçon, les mauvaises installations et le non-respect des normes d'entretien. A ce risque s'ajoute aussi, le risque lié aux fuites du gaz naturel inflammable le méthane CH₄, qui comporte des risques d'explosion mettant en péril les individus et les immeubles.

Dans ce mémoire, nous proposerons un écosystème basé sur des microcontrôleurs pour combattre ces risques, à cet effet nous avons conçu un système peu coûteux basé sur : la carte NodeMCU et de capteur MQ, afin de détecter, prévenir et informer en cas de fuite ou de présence de gaz toxiques, il est essentiel d'alerter l'utilisateur de manière anticipée afin qu'il puisse réagir à temps et avant que les dommages ne se produisent.

Ce document sera structuré en trois chapitres :

- Le 1^{er} chapitre comporte deux parties distinctes. Nous aborderons les différents aspects de l'internet des objets (IoT), tels que son écosystème, ses composants et ses fonctionnalités. Dans la seconde partie, nous allons étudier les différents types de détecteurs du gaz les plus importants sur le marché, en expliquant leur fonctionnement, leurs bénéfices et leurs différentes applications.
- Le 2^{ème} chapitre sera dédié à la présentation des outils logiciels et matériels utilisés. Nous présenterons en premier lieu le côté software : l'architecture et la technologie MERN (MongoDB, Express.js, React.js, Node.js), et Arduino IDE. Ensuite le côté hardware : les composants électroniques intégrés dans notre système tel que la carte de commande NodeMCU et le capteur de gaz.
- Le 3^{ème} chapitre présentera la conception et la réalisation d'un système de détection des fuites du gaz basé sur la mesure de la concentration du gaz pour avertir en cas de dépassement du seuil toléré. Nous commencerons par décrire l'architecture du système puis

nous détaillerons les différentes étapes à suivre pour l'installation et la configuration de ce dernier.

Enfin, nous allons terminer avec une conclusion générale qui résumera l'intérêt de notre étude (Motivations, buts ainsi que les perspectives).

Chapitre I: IoT et Détection des fuites du gaz

1. Introduction

Dans ce premier chapitre, nous allons d'abord introduire la notion de l'Internet des objets (Internet of Things (IoT)) et présenter son concept de base, ensuite nous étudierons les différents détecteurs traditionnels présents actuellement sur le marché ainsi que des systèmes intelligents basés sur la technologie IoT permettant de détecter les fuites de gaz et potentiellement d'exécuter des mesures correctives en cas de danger. Cette étude va nous permettre de ressortir les fonctionnalités manquantes/présentes dans ces systèmes qui doivent être impérativement incluses dans notre système de détection des fuites de gaz. C'est donc une excellente approche pour se lancer plus tard dans la modélisation puis la conception de notre système.

2. Introduction à l'IoT

Qui ne connaît pas l'internet aujourd'hui dans notre société ? ce monstre d'information qui a envahi nos ordinateurs, smartphones et TV, et qui a pu rapprocher le monde et le virtualiser en un petit village. On peut chercher l'information et on a également la possibilité de la partager. L'utilité d'Internet ne s'arrête pas au fait qu'elle soit une source d'information, son utilité principale est la communication directe (vidéo-conférence, VoIP, etc.) ou indirect (courriel, etc.). Afin d'assurer cette communication, Il y a une architecture sous-jacente masquée pour l'utilisateur, composée de serveurs, de câbles et même de satellites. Grâce à l'internet, notre monde a beaucoup évolué car elle joue un rôle important rendant l'information disponible à tout moment et à n'importe quel endroit.

La technologie qui offre la possibilité d'accéder à internet a beaucoup évolué, il suffit d'avoir un smartphone et d'être connecté à un réseau internet pour commencer à consommer ou ajouter de l'information.

Depuis les années 90, l'Internet ne cesse de croître à une vitesse exponentielle, et poursuivre son évolution jusqu'à pouvoir connecter les objets qui nous entourent (lampe, climatiseur, chauffage ...) pour améliorer notre vie et la rendre plus confortable. Les chercheurs ont créé une nouvelle façon d'utiliser internet et d'interagir avec les objets, c'est le concept de « l'internet des objets » ou bien plus simplement en utilisent l'abréviation IoT pour « Internet Of Things » en anglais.

3. Concepts de base

Un écosystème IoT est constitué d'objets connectés au Web ou utilisant des systèmes informatiques embarqués.

Un objet connecté à l'IoT a la capacité de recueillir des informations sur son environnement grâce à des capteurs. Par la suite, il les exploite à travers des processeurs avant de les envoyer à un ou plusieurs destinataires grâce à son équipement de communication intégré.

Ces données sont envoyées directement vers le cloud pour être analysées et exploitées, ou à un autre appareil IoT pour une analyse locale.

Un exemple concret qui illustre ces affirmations. Quand vous approchez de votre domicile à bord de votre voiture connectée, celle-ci envoie les informations au thermostat intelligent. En examinant ces informations, il ajuste la température intérieure de la maison en fonction du paramétrage préalablement établi. Ainsi, l'intervention humaine se limite à la configuration, l'Internet des objets s'occupe du reste offrant des avantages en termes de confort, d'économie d'énergie et de sécurité.

Évidemment, il est possible d'utiliser les données collectées en temps réel ainsi que sur le long terme. En conclusion, les analyses peuvent être réalisées par des individus ainsi que par une intelligence artificielle (IA) qui possède un système d'apprentissage automatique.

De cette manière, le système IoT d'une maison connectée procède en temps réel afin de déterminer le moment optimal pour régler le chauffage. Il peut aussi se baser sur des informations recueillies par la voiture sur une période prolongée. En outre, les données IoT collectées quotidiennement par tous les thermostats connectés constituent une source d'informations très importante pour le fournisseur d'énergie. En effet, il a la possibilité de les examiner afin d'améliorer ses services.[1]

Exemple d'un système IoT



Figure I.1 : Schéma montre le fonctionnement et l'interaction d'un système IoT [2]

4. Travaux liés à la détection des fuites de gaz

4.1. Définition d'un détecteur de gaz

Un détecteur de gaz est un dispositif électronique développé dans le but de surveiller et repérer la présence de gaz nocifs. Il fait appel à des capteurs qui évaluent la quantité de gaz présente dans l'air, lorsque le niveau de gaz est dépassé, ils déclenchent une alarme ou une réponse spécifique, ce qui contribue à la sécurité des individus en les prévenant et en les alertant en cas de fuite de gaz.

4.2. Principe de fonctionnement d'un détecteur de gaz

Le fonctionnement des capteurs détecteurs de gaz se fait en trois étapes essentielles : la réception du gaz, l'analyse puis la transduction, et le traitement du signal. Dans ce qui suit, chaque étape est expliquée en détail :

4.2.1. Réception des gaz

Les gaz de l'environnement doivent d'abord être autorisés à interagir avec le capteur. Elle peut être accomplie de différentes manières selon la technologie de capteur utilisée. Dans le cas des capteurs électrochimiques, par exemple, les gaz traversent une membrane gazeuse afin d'atteindre l'électrolyte. Les molécules de gaz seront adsorbées à la surface de semi-conducteur.[3]

4.2.2. Analyse et transduction

Une réaction ou un changement physique se produit lorsque les gaz cibles entrent en contact avec le capteur, en fonction de la concentration des gaz cibles. Cela peut conduire à des différents processus, tels que des réactions chimiques, des variations de résistance électrique, de conductivité, d'émissions lumineuses, et ainsi de suite. Désormais, le capteur a la capacité de "ressentir" les gaz et de convertir leur sensation en un signal quantifiable.[3]

4.2.3. Traitement de signal

Le capteur peut mesurer avec précision la concentration de gaz grâce au traitement électronique du signal. Afin de garantir la fiabilité et la précision de la mesure, ce traitement du signal peut englober des techniques telles que l'amplification, la filtration, l'étalonnage, le réglage de la température et d'autres procédures. Il est également possible d'appliquer au signal des unités de concentration, telles que les ppm (parties par million) et les % LIE (explosion minimale).[3]

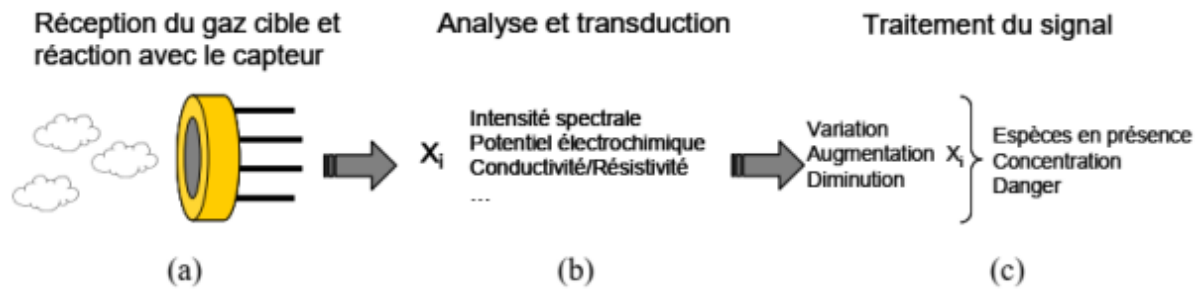


Figure II.2 : Schéma représentatif des différentes parties composant un détecteur de gaz [3]

5. Types de détecteurs de gaz disponibles sur le marché

Dans le monde industriel, il existe de nombreux types de détecteurs de gaz. Dans cette section, nous aborderons certains types de détecteurs de gaz et leurs principes de fonctionnement.

5.1. Détecteur de gaz de ville et gaz en bouteille



Figure III.3 : Détecteur de gaz de ville et gaz en bouteille [4]

Il mesure la concentration de gaz naturel ou de ville (méthane), gaz en bouteille (propane), dans l'environnement. Si le niveau de gaz atteint le seuil nocif, une alarme visuelle et sonore se déclenche immédiatement. [4]

5.1.1. Caractéristiques

- En mesure de repérer les émissions de gaz dangereux et inflammables, tels que le gaz de ville (méthane) ou le gaz en bouteille (propane).
- Utilisation facile : il suffit simplement de l'installer auprès des appareils qui dégagent les gaz nocifs (méthane, propane) sans l'intervention d'une personne ayant des connaissances dans le domaine informatique.
- Un prix abordable. [4]

5.2. Détecteur de monoxyde de carbone CO



Figure IV.4 : Détecteur de monoxyde de carbone CO [5]

Ce dispositif intelligent pour détecter le monoxyde de carbone (CO) et la fumée utilise des capteurs de pointe afin d'assurer une détection précise, avec alertes vocales en temps réel et affichage numérique rétro-éclairé. Sans besoin de branchement électrique, il fonctionne sur batterie. Il possède une mémoire d'alarme, un auto-test et une conception compacte et robuste pour usage industriel. [5]

5.2.1. Caractéristiques

- Capteur électrochimique de monoxyde de carbone et capteur photoélectrique
- Alimentation: 3 piles 1.5V
- Détecteur de fumée, mIndication d'alarme, affichage LCD, invite vocal Batterie
- Un prix abordable. [5]

5.3. Pack détecteur de fuite de gaz 220v

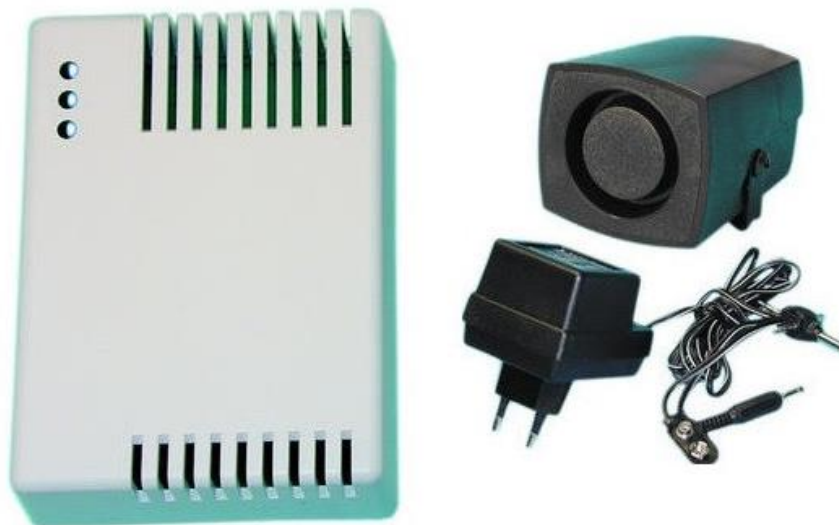


Figure V.5 : Pack détecteur de fuite de gaz 220v [6]

Ce dispositif est adapté à un magasin, une maison familiale ou un appartement, et peut détecter le méthane soporique, le propane, le butane et l'acétylène, ainsi que l'hydrogène. Il peut également détecter le gaz naturel, l'azéthylcholine, le GPL et l'hydrogène. Ce détecteur de gaz est conçu pour être installé au plafond. Une seule sonde de gaz peut surveiller une surface d'environ 60 m². Le dispositif de détection de fuite de gaz possède deux niveaux de détection : le 1^{er} permet de détecter les concentrations en utilisant des signaux sonores et visuels. Le 2^{ème} met en marche une sortie de contact sèche, ce qui indique une pollution gazeuse significative et une éventuelle fuite de gaz.

Ce kit (Réf. DG220W) comprend les équipement suivantes:

- Détecteur de fuite de gaz 12V avec un signal NO/NF pour détecter les gaz sophoriques tels que le méthane, le propane et l'acétylène (source : DG12RM).
 - Une sirène électronique à 110 dB, avec 12 VCC (ref. and 110).
 - Installation électrique T500. [6]

6. Domaines d'application :

Les détecteurs de gaz sont déployés dans divers secteurs, parmi lesquels on peut mentionner :

- Dans le domaine domestique : repérer les éventuelles fuites de monoxyde de carbone et de méthane (chaudière à gaz), de butane (bouteille à gaz) et de fumée, etc.
- Industriel, il est possible de détecter des vapeurs provenant de solvants dangereux tels que le chloroforma, l'acétone et l'hexane, ainsi que de gaz explosifs tels que l'hydrogène et le propane.
- Automobile : contrôle de la qualité de l'air dans la cabine, détection des pots dans les catalyseurs, détecteur de fuite pour les batteries à hydrogène.
- Environnemental : Évaluation de la pollution environnementale dans les régions et les endroits métropolitains.
- Urbain : comme les entrepôts, les parkings, les chambres blanches et les sous-sols.
- Militaire : permet de repérer le monoxyde de carbone, le phosphore, le sarin, le VX et d'autres gaz. [3]

Le tableau suivant présente une comparaison entre les différents types de détecteurs de gaz disponibles sur le marché ainsi que notre prototype.

Détecteurs de gaz	photo	Alarme	Action
Détecteur de gaz de ville et gaz en bouteille		Existant	Aucun action
Détecteur de monoxyde de carbone CO		Existant	Aucun action
Pack détecteur fuite gaz 220v alimentation 220v		Existant	Envoyer une alerte au téléphone
Notre prototype		Existant	<ul style="list-style-type: none"> - Envoyer une alerte sur la plateforme web en cas de détection de fuite de gaz (fournisseur de gaz + protection civile) - Envoyer une notification SMS au téléphone en cas de fuite de gaz (consommateur)

Tableau I.1 : Comparaison entre différents types de détecteurs de gaz disponibles sur le marché et notre prototype.

7. Conclusion :

D'après l'étude que nous avons effectuée, les détecteurs des fuites de gaz traditionnels existant sur le marché restent inefficaces, car ils n'ont pas la capacité de détecter tous les gaz toxiques qui peuvent être présents dans l'environnement. Mais aussi ils se contentent simplement d'avertir les personnes présentes à domicile d'une anomalie via une alarme sonore et/ou visuelle qui est insuffisant lorsque la personne est malentendante, malvoyante, elle est en plein sommeil ou encore elle est inconsciente suite à l'émanation du gaz.

Afin de pallier cette lacune de ces détecteurs, nous avons opté pour la réalisation d'un système intelligent de détection de gaz basé sur l'IoT. Nos propres détecteurs sont capables d'envoyer des alertes non seulement aux individus présents localement, mais également au fournisseur de Gaz, voire à la protection civile afin de protéger au maximum les citoyens.

Chapitre II :

Présentation des outils logiciels et matériels

1. Introduction :

L'objectif de notre projet est de concevoir un prototype de détecteur de gaz muni d'un capteur et d'un microcontrôleur. Il s'agit de repérer les fuites de gaz et de protéger les consommateurs en envoyant des alertes à l'aide de la technologie MERN et IoT.

En combinant la technologie MERN avec les capacités de l'IoT, nous pouvons créer des solutions innovantes. Les applications développées peuvent gérer et visualiser les données en temps réel, tout en interagissant directement avec des dispositifs connectés, ouvrant la voie à des systèmes intelligents et réactifs. Cette synergie entre MERN et IoT permet aussi d'exploiter pleinement le potentiel des technologies modernes pour créer des applications et des services de nouvelle génération, capables de répondre aux défis actuels et futurs de notre société.

Ce chapitre sera divisé en deux parties. Dans la première partie, nous allons détailler l'architecture MERN adoptée pour le développement de notre plateforme Web/IoT et présenter les éditeurs de code (IDE) utilisés. Dans la deuxième partie, nous allons voir les composants électronique nécessaires à ce projet.

Partie 1 : Software (Logiciels)

2. Architecture MERN

Notre plateforme Web/IoT de détection de fuite de gaz repose sur la pile technologique MERN (MongoDB, Express, React, NodeJs).

2.1. Définition de la technologie MERN stack

La MERN est l'association des technologies les plus performantes disponibles sur le marché, MongoDB une base de données No SQL tandis que Express, React et NodeJs sont des technologies basées sur JavaScript. C'est un environnement de développement open source entièrement ouvert, c'est-à-dire qu'il offre des éléments de développement de front-end (côté Client) à back-end (côté Serveur).

Grâce à cette combinaison, les développeurs pourront concevoir des applications web complètes (back-end et front-end) en utilisant React.js en tant que client et Node.js en tant que serveur.[7]

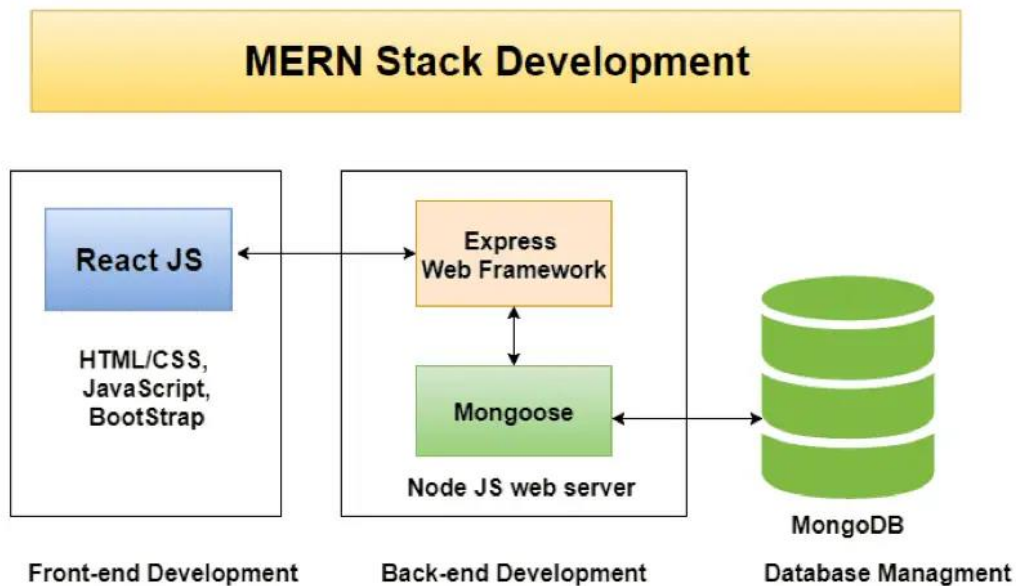


Figure VII.1 : Architecture MERN [7]

2.2. Fonctionnement de la pile MERN

L'utilisation de l'architecture MERN facilite la création d'une architecture 3 tiers (frontend, backend, base de données) entièrement basée sur le langage JavaScript et liées entre eux avec des connecteurs sécurisés tels que HTTPS/JSON.[7]

2.2.1. Tier interface frontale React js

React.js, le Framework JavaScript pour la création d'applications dynamiques côté client en HTML, occupe le niveau supérieur de la pile MERN.[7]

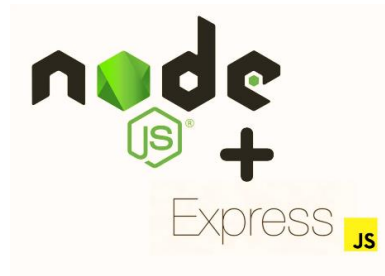


React js

Depuis 2013, Facebook a développé React.js, un Framework JavaScript. En règle générale, il est conçu pour les applications monopages qui utilisent des composants autonomes réutilisables qui conservent leur propre état, puis assemblés pour créer des interfaces uniques complexes. Les développeurs peuvent utiliser React JS pour modifier / éditer et actualiser la page afin d'afficher les modifications sans réinitialiser ou recharger la page.[7]

2.2.2. Tier serveur Express.js et Node.js

Ce niveau correspondant à la couche logicielle responsable du traitement métier des données (Serveur), représenté par le framework Express.js exécuté dans l'environnement Node.js cité ci-dessous.



Express js

Express.js se présente comme un "framework" web rapide et minimaliste pour Node.js, offrant uniquement des fonctionnalités d'application web (et mobile) essentielles telles que le routage d'URL (en faisant correspondre une URL entrante à une fonction serveur) et la gestion des requêtes et des réponses HTTP.[7]

Node js

Node JS est un environnement d'exécution JavaScript Open Source permettant de créer des serveurs et d'autre type d'applications. l'un des langages les plus rapides de tous les langages de programmation informatique, car il est également asynchrone. Facebook et d'autres entreprises de renom font usage de Node.js.[7]

Serveur Node JS est une application spécifique écrite avec Node.js qui écoute les requêtes sur un port défini et y répond, fonctionnant comme un serveur web, un serveur API, ou d'autres types de serveurs.

2.2.3. Niveau de base de données MongoDB



MongoDB

MongoDB est un SGBD NoSql. offre une base de données orientée document, c'est-à-dire que les informations sont enregistrées à l'aide de collections et de documents plutôt que de tables et de lignes, comme dans une base de données Sql. Cela rend l'intégration des données dans les applications plus facile et plus rapide.

Les données sont stockées dans MongoDB au format JSON non structurées ou semi-structurées et offrent une grande flexibilité en termes de schéma de données, ce qui facilite l'échange rapide de données entre le client et le serveur. Il est capable de stocker de grandes quantités de données.[7]

2.2.4. Node Package Manager (NPM)

De nos jours, NPM (Node Package Manager) est utilisé pour installer et gérer toutes les librairies et Framework JavaScript. NPM offre la possibilité de mettre en place toutes les librairies, frameworks et outils nécessaires à un projet JavaScript. .C'est l'équivalent de Maven en Java et NuGet en C#.[7]

3. Visual Studio Code



Visual Studio Code (VSCode) est une plateforme de développement intégrée (IDE) développée par Microsoft. Il est open-source et multiplateforme, c'est-à-dire qu'il fonctionne sur Windows, Linux et Mac. Initialement destiné aux développeurs web, il peut être utilisé dans de nombreux autres langages de programmation tels que C++, C#, Python, Java, etc. Il propose de multiples caractéristiques telles que la coloration syntaxique, l'auto-complétion, la détection d'erreurs, la navigation de code, le débogage, la gestion de versions, l'intégration avec Git, et bien d'autres encore. Il peut aussi être étendu grâce à une multitude d'extensions créées par la communauté, offrant ainsi aux développeurs la possibilité de personnaliser l'éditeur en fonction de leurs besoins. [8]

4. Arduino IDE



Le logiciel de programmation des modules Arduino et NodeMCU offre la possibilité de créer du code et de compiler. Il peut également transférer le firmware et le programme via la liaison série (RS-232, Bluetooth ou USB en fonction du module). Il est aussi envisageable de ne pas utiliser l'interface Arduino et de compiler et de télécharger les programmes via l'interface en ligne de commande. Le langage de programmation employé est le C++, associé à la bibliothèque de développement Arduino afin de faciliter l'utilisation de la carte et de ses entrées/sorties. Ce langage standard simplifie le développement de programmes sur les plateformes Arduino pour toute personne qui maîtrise le langage C ou C++. [9]

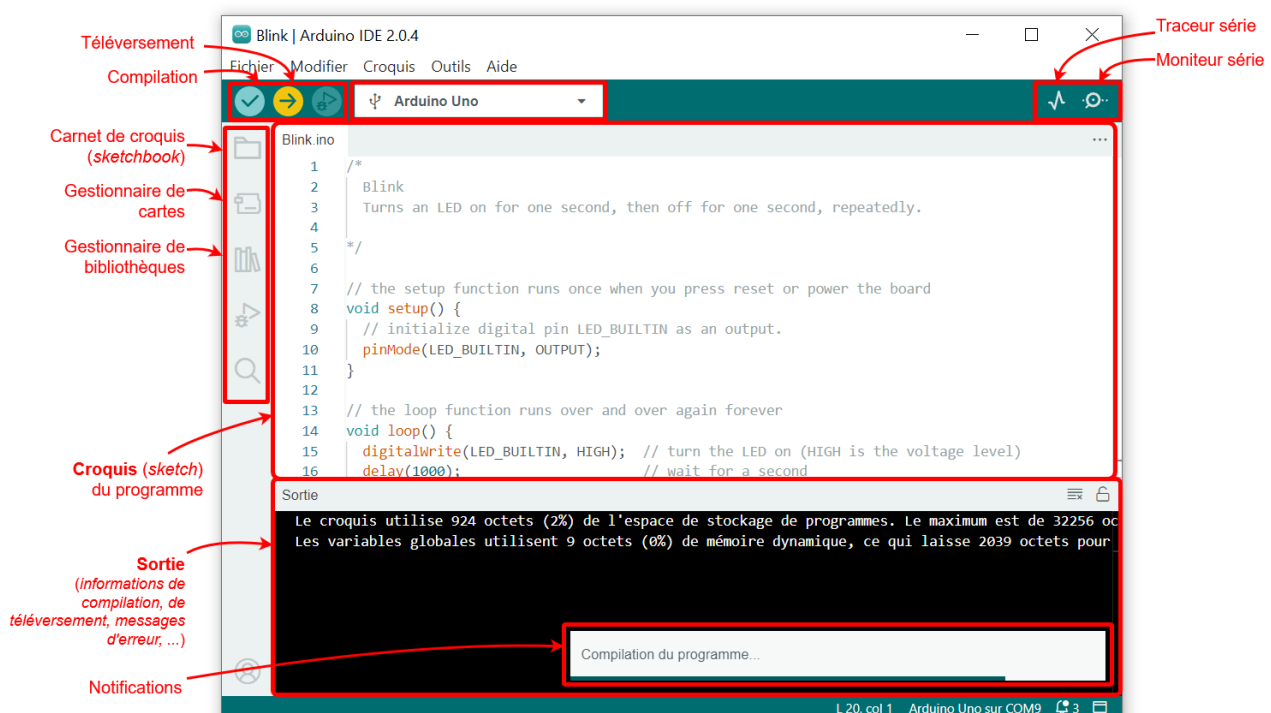


Figure VIII.2 : Structure générale d'IDE Arduino [10]

5. Fritzing



Fritzing est un logiciel Open Source destiné aux éducateurs et professionnels de l'IoT, permet la conception rapide de circuits électroniques, et il constitue également un excellent outil pédagogique pour l'apprentissage de l'électronique par la pratique. [11].

Partie 2 : Hardware (Matériel)

6. Composants requis pour le projet

Voici les composants requis pour la réalisation de notre projet.

Notre détecteur se compose de quelques pièces électroniques importantes qui jouent un rôle clé dans la réalisation de notre prototype, nous allons présenter les composants utilisés et leur importance dans ce qui suit :

Nom de composant	Description	Quantité
Nodemcu	carte ESP8266-12E	01
MQ2	Capteur de gaz	01
Planche à pain	/	01
Buzzer	Notifications sonores	01
LED	RGB LED	01
fils	Fils de connexion	10

Tableau III.1 : Composants du détecteur.

Nom de composant	Description	Quantité
Nodemcu	carte ESP8266-12E	01
Module GSM	SIM800L	01
Planche à pain	/	01
Buzzer	Notifications sonores	01
fils	Fils de connexion	6

Tableau III.2 : Composants d'émetteur de messagerie SMS.

6.1. NodeMCU

NodeMCU est une carte basée sur le microcontrôleur ESP8266 à faible coût et à faible consommation d'énergie, conçue par **Espressif Systems** spécifiquement pour les applications liées à l'IoT. Le module ESP-12 fait partie de la famille ESP8266 est l'un des modules les plus avancés comprend :

- **Microprocesseur** : Tensilica Xtensa 32 bits LX106 RISC, supporte le RTOS (Real-Time Operating System) et cadencé à une fréquence d'horloge de 80 MHz.
- **Mémoire** : Offre une mémoire de 128 Ko et une mémoire Flash de 4 Mo pour stocker les données et le programme.
- **Wi-Fi** ; intègre une puce Wi-Fi pour une connectivité sans fil ce qui le rendent idéal pour les projets IoT [12].

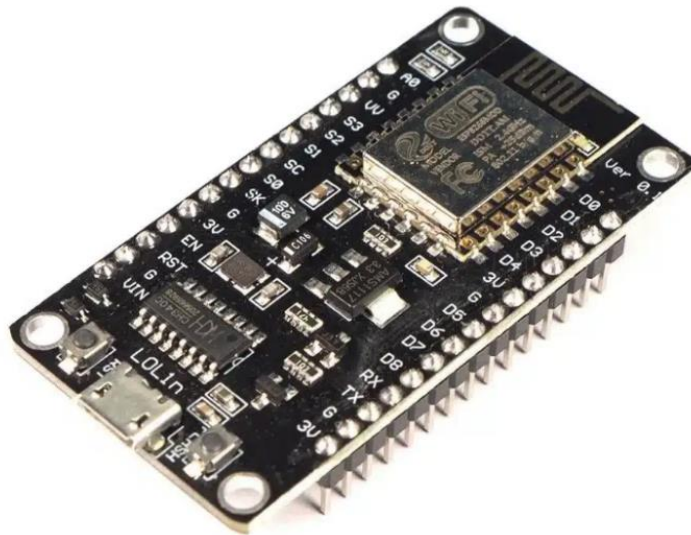


Figure VIII.3 : Carte NodeMCU [13]

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

Configuration du brochage de la carte de développement NodeMCU

La figure ci-dessus montre la configuration du brochage de la carte NodeMCU.

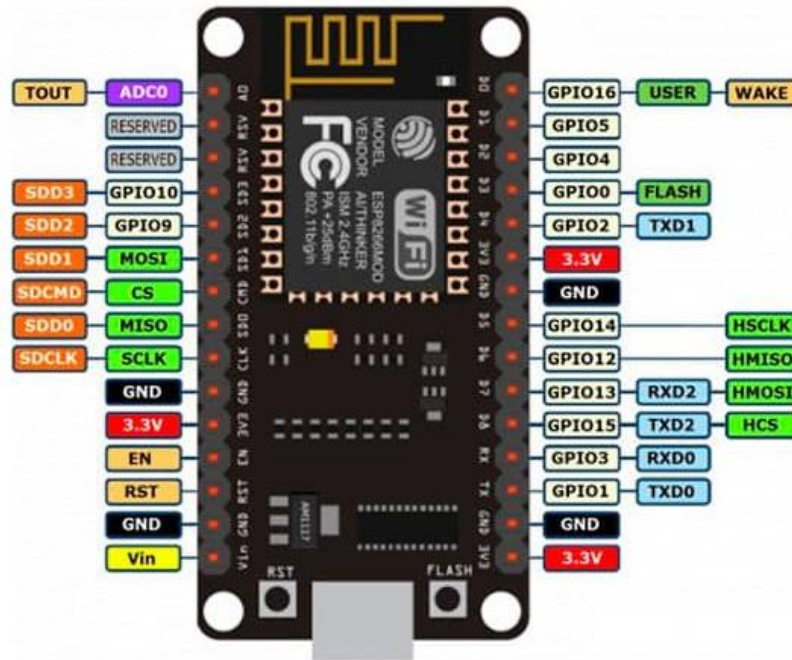


Figure IXI.4 : Brochage de la carte NodeMCU [13]

6.2 Capteur de gaz MQ-2

Ce capteur de gaz à faible coût est constitué d'oxyde métallique semi-conducteur (MOX), aussi connu sous le nom de résistance chimique, car la détection repose sur la variation de la résistance du matériau en contact avec un gaz [14].

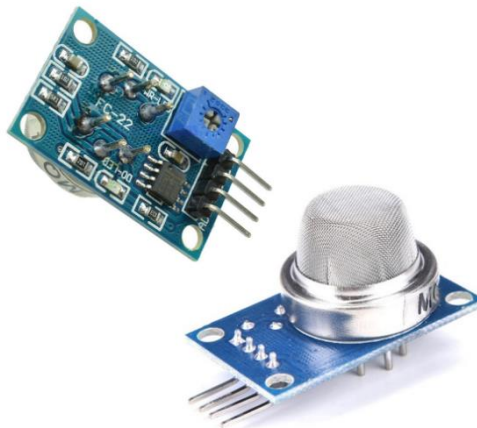


Figure XI.5 : Capteur MQ-2 [15]

En général, le capteur de gaz MQ-2 est alimenté avec une tension continue de 5 V et une puissance d'environ 800mW. Il détecte la fumée et d'autres concentrations de plusieurs matériaux

telles que le GPL, l'alcool, le propane, l'hydrogène, le méthane et le monoxyde de carbone (CO) avec des concentrations allant de 300 à 10000ppm [16].

Le tableau ci-dessous représente les spécifications complètes du capteur MQ-2.

Tension d'exploitation	5v
Résistance à la charge	20 K Ω
Résistance au chauffage	33 $\Omega \pm 5\%$
Consommation	Lt ;800mw
Résistance à la détection	10 K Ω
Portée de concentration	200 à 10000ppm
Temps de Préchauffage	Plus de 24 heures

Tableau II.3 : Les spécifications complètes du capteur MQ-2 [14].

6.2.1 Structure interne du capteur de gaz MQ-2

Le capteur est protégé par deux couches de mailles fines fabriquées à partir d'acier inoxydable, connues sous le nom de réseau anti-explosion. Ce réseau assure que le dispositif de chauffage à l'intérieur du capteur n'explose jamais, en présence de gaz inflammables [14].

Également, Il filtre les particules en suspension pour que seuls les gaz circulent dans la maille. Le reste du corps principal est relié à cette dernière par un anneau de serrage cuivré (voir figure II.6) [14].



Figure XII.6 : La structure extérieure de MQ-2 [14]

La structure en forme d'étoile du capteur est constituée d'un élément de détection connecté à six pattes de raccordement (H, A et B) à l'aide de fils Platinum [14].

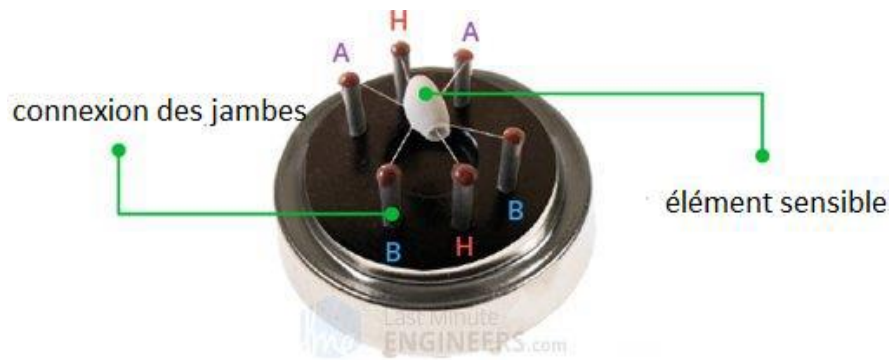


Figure XIII.7 : La structure intérieure de MQ-2 [14]

La structure interne de capteur se compose de trois éléments essentiels :

- **Matériau de détection:** Le principal composant de détection est constitué d'un oxyde métallique à base de dioxyde d'étain (SnO_2). Ce matériau a une faible conductivité électrique en air propre. Lorsqu'il est exposé à des gaz combustibles, le dioxyde d'étain réagit chimiquement avec ces gaz, modifiant sa conductivité électrique. [16]
- **Électrodes:** Deux pattes A et B sont connectés à l'élément de détection cité ci-dessus. Elles détectent les variations de conductivité du dioxyde d'étain et les convertissent en un signal électrique.
- **Élément chauffant:** Deux pattes (H), une bobine de nickel-chrome et un substrat céramique à base d'oxyde d'aluminium (Al_2O_3), afin de maintenir une température optimale du matériau de détection. Cet échauffement est nécessaire pour favoriser les réactions chimiques entre les gaz et le matériau.

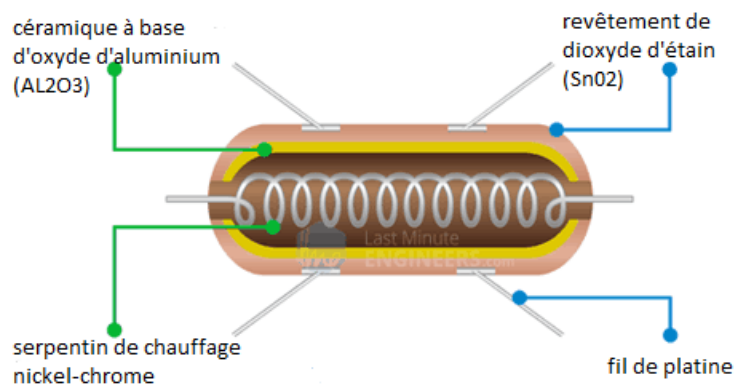


Figure XIII.8 : Structure de l'élément de détection [14]

6.2.2 Fonctionnement du MQ-2

Dès l'alimentation du capteur MQ-2, la bobine de nichrome chauffe le dioxyde d'étain (SnO_2) à une température de fonctionnement spécifique, l'oxygène est adsorbé à la surface du matériau de détection qui a une conductivité très faible. [16]

En présence de gaz combustible, ses molécules réagissent avec les ions oxygène absorbés préalablement par le dioxyde d'étain. Par conséquent des électrons sont libérés en augmentant la conductivité électrique de matériau et donc permettre qui permet au courant de circuler librement à travers le capteur. [16]

Cette variation de conductivité est proportionnelle à la concentration de fumée/gaz. En d'autres termes, plus la concentration de gaz est élevée, la tension de sortie augmente (voir figure II.9) [14].

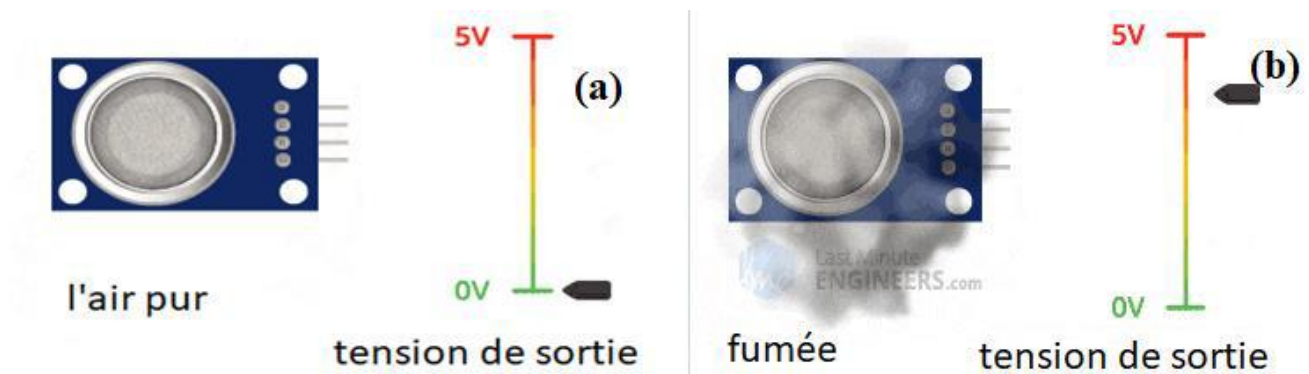


Figure XIV.9 : Variation de tension de sortie a) absence du gaz. b) présence du gaz [14]

Finalement, les électrodes A et B mesurent cette variation et la convertissent en un signal analogique et grâce à un comparateur intégré LM393 ce signal va être numérisé en ajustant également la sensibilité du capteur.

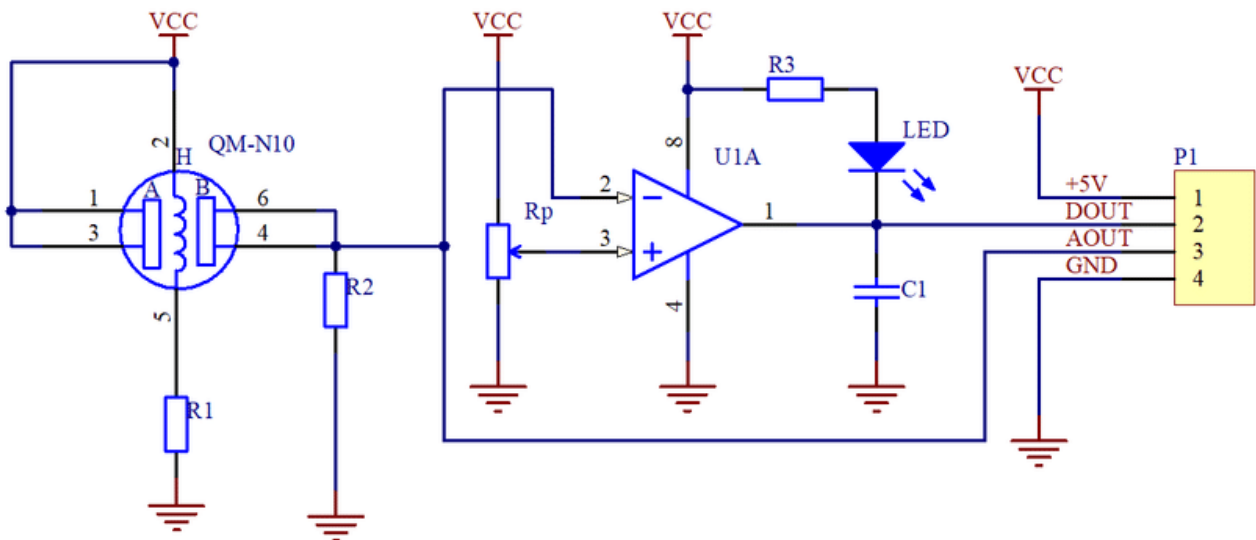


Figure XVI.10 : Schéma électrique de module MQ-2 [17]

6.3. Module GSM SIM800L

Le SIM800 est un module GSM/GPRS basique, nécessite une connexion série à un microcontrôleur local. Fournit des capacités de communication mobile pour la transmission et la réception de SMS, ainsi que pour passer des appels. Il constitue ainsi la solution parfaite pour notre projet pour envoyer des notifications SMS aux utilisateurs lors d'une fuite de gaz nocifs.



Figure XVII.11 : Module GSM SIM 800L. [18]

Caractéristiques techniques :

- Alimentation : 3,4 ~ 4,4 V.
- 2G quadri-bande 850/900/1800 / 1900MHz
- Effectuer et recevoir des appels vocaux à l'aide d'un casque et microphone externe.
- Envoyer et recevoir des messages SMS.
- Envoyer et recevoir des données GPRS (TCP / IP, HTTP, etc.).

- Numériser et recevoir des émissions de radio FM.
- Dimensions : 2.5 cm x 2.3 cm x 0.7 cm.

6.4 Platine d'expérimentation

Une platine d'expérimentation ou platine de prototypage (appelée en anglais breadboard,..) est un dispositif qui permet de réaliser le prototype d'un circuit électronique et de le tester. L'avantage de ce système est d'être totalement réutilisable, car il ne nécessite pas de soudure.

On peut de plus câbler sur une platine d'expérimentation une grande variété de composants afin de réaliser des circuits électroniques, du plus simple circuit jusqu'au microprocesseur.[19]

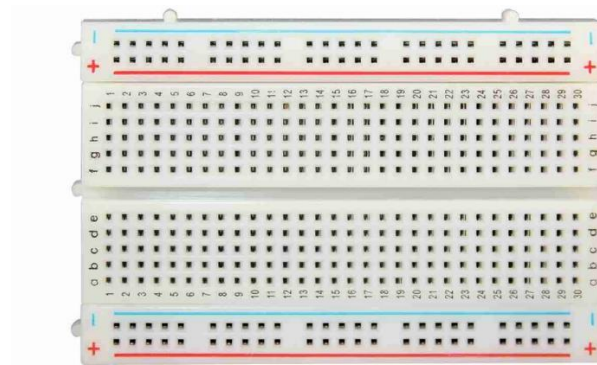


Figure XVIII.12 : Platine d'expérimentation [19]

7. Conclusion:

En conclusion, l'adoption de la technologie MERN pour notre système de détection de gaz a donné naissance à une solution de dernière génération, moderne, robuste et efficace pour une surveillance en temps réel et à distance.

La modularité de notre conception offre une flexibilité en remplaçant que le détecteur pour surveiller les différents types de gaz, ce que rend notre système adaptable et pertinent à long terme.

Cette approche garantit non seulement la simplicité et l'efficacité de notre système actuel, mais aussi sa capacité à évoluer avec les besoins futurs, assurant ainsi une solution durable pour la sécurité et le domaine de la détection des gaz.

Dans le chapitre qui suit, nous allons décrire notre système de détection de fuites de gaz, en détaillant son architecture hardware et software et concluons le chapitre par une démonstration.

Chapitre III :

Réalisation et démonstration du notre système de détection de fuite de gaz

1. Introduction :

Notre projet est réalisé dans le but d'offrir un dispositif préventif de détecter s'il y a ou non une fuite de gaz qui s'avèrent souvent comme des tueurs silencieux. En effet, nous avons conçu un système de détection à trois niveaux basé sur l'IoT et la technologie MERN.

Sur le 1^{er} niveau nous avons fabriqué et assemblé un prototype de détecteur de gaz équipée d'un capteur avec microcontrôleur et une puce Wi-Fi pour envoyer les alertes à une plateforme Web qui représente le 2^{ème} niveau, cette dernière permet de surveiller la présence de fuites de gaz pour chaque détecteur connecté. Le 3^{ème} niveau consiste à concevoir un dispositif d'envoi des SMS en cas de fuite de gaz aux individus concernés.

Ce chapitre sera consacré à la description des étapes fondamentales de la conception et la réalisation de notre système de détection de fuite de gaz. Pour conclure, nous testons le fonctionnement de ce système.

2. Principe de fonctionnement

Notre système repose sur trois étapes principales :

1. Le capteur de gaz (MQ-2) est connecté à une carte de développement IoT «carte NodeMCU», qui collecte des données de détection de gaz en temps réel. Une fois que la concentration de gaz est supérieure à 300 ppm, c'est-à-dire qu'il y a une fuite de gaz, le buzzer se déclenchera, et le LED RGB clignotera en rouge pour indiquer qu'il y a une fuite de gaz, au même temps la carte NodeMCU transmet ces données via https (REST API) au serveur node.js.
2. Le Serveur Node.js mettra à jour les données des détecteurs stockées dans la base de données de MongoDB, changera l'état du détecteur (présence d'une fuite de gaz) en affichant un marqueur rouge sur la carte géographique (MAP) disposée sur l'interface web dédiée, et enverra une notification web à l'utilisateur (Surveillant, Agent de protection civil...) de l'application web/mobile concerné ce qui permet de prendre les décisions rapidement en temps réel et à distance.
3. Simultanément, le serveur envoie une alerte par SMS en utilisant le module NodeMCU équipé d'un module GSM SIM800L, ce dernier s'occupe de transmettre l'alerte au téléphone de la personne concernée.

Afin d'illustrer ces différentes parties, un schéma fonctionnel du système proposé est donné sur la figure (III.1).

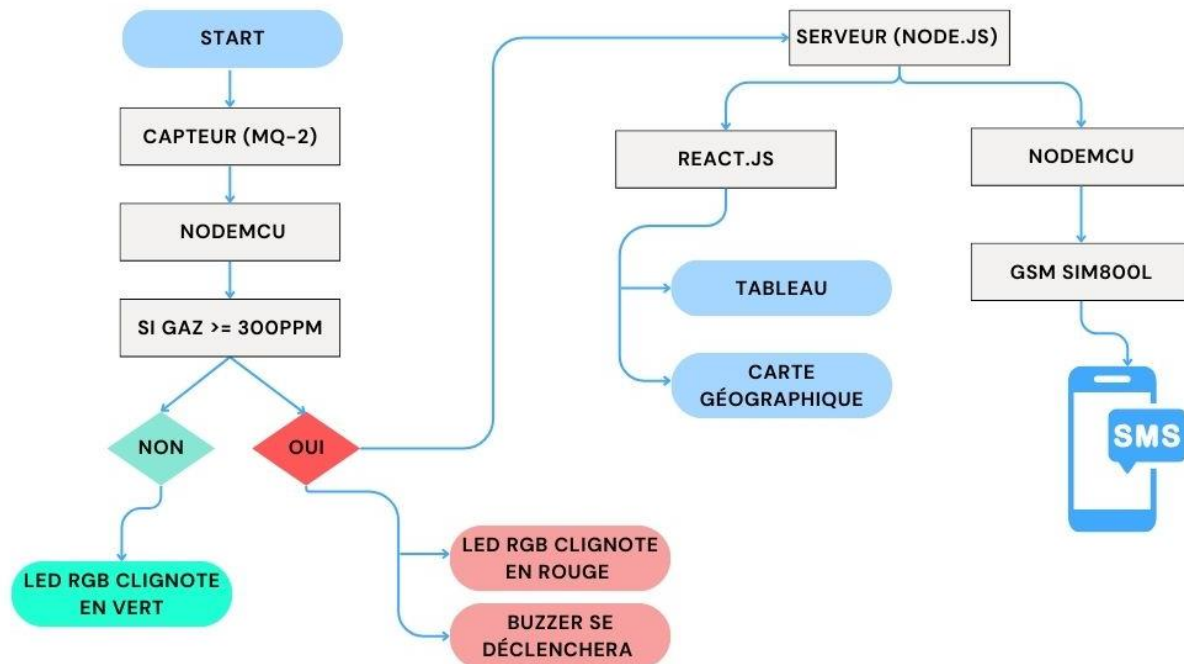


Figure XVIII.1 : Diagramme expliquant d'une manière générale le principe de fonctionnement du système de détection de fuites de gaz.

2.1. Étapes de réalisation du système

Les étapes suivantes seront suivies pour concevoir et mettre en place notre système de détection des fuites de gaz :

- Développement du frontend (interface web) avec React.js.
- Création d'une base de données MongoDB.
- Développement du backend (Serveur web) avec Node.js et Express.js.
- Programmation de la carte NodeMCU (IoT).
- Câblage du montage.
- Teste du système.

3. Architecture du système

L'architecture globale de notre système est illustrée ci-dessous, divisée en trois parties :

- La 1^{ère} partie comporte les dispositifs IoT utilisés pour la détection de fuites de gaz. Chaque dispositif intègre un NodeMCU avec un capteur MQ-2 et une puce Wi-Fi afin

d'envoyer les alerts à une REST API (Exposée par le centre du traitement) basant sur le protocole HTTPs. Voir la section 3.1.1 .

- La 2^{ème} partie c'est le centre du traitement, il se compose d'un serveur d'application, sa base de données et son interface Web, En se basant sur le standard de l'architecture logicielle trois tiers (Présentation, Traitement, accès au données) et exposant une REST-API pour recevoir les alerts de gaz. Nous détaillerons cette partie dans la section 3.2 .
- La 3^{ème} partie est représentée par le module d'envoi des SMS, c'est un module NodeMCU équipé d'un Module GSM SIM800L, reçoit des requêtes Https de la part de serveur d'application et transmettera des SMS aux clients en temps réel. Voir la section 3.1.2 .

Capteur MQ-2

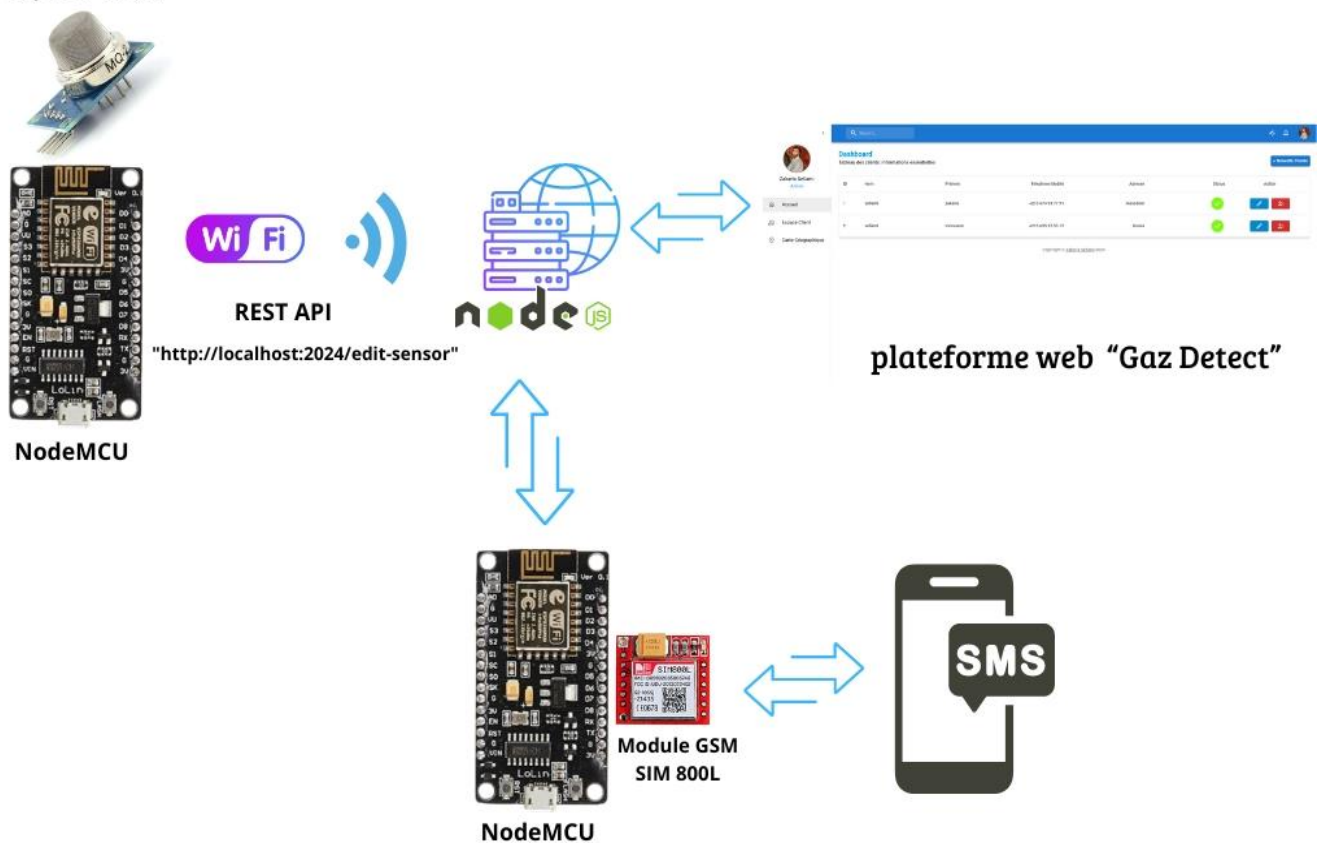


Figure XIXII.2 : Architecture du système

3.1. Architecture matérielle

En utilisant le logiciel de conception (fritzing), nous avons conçu les éléments électroniques de notre système (capteurs, microcontrôleur, actionneur).

En effet, nous avons employé ce logiciel pour avoir une meilleure compréhension du bon fonctionnement du système et obtenir une vision précise de la partie matérielle et de la conception des circuits imprimés avant de les intégrer dans notre solution.

3.1.1. Système de détection des fuites de gaz

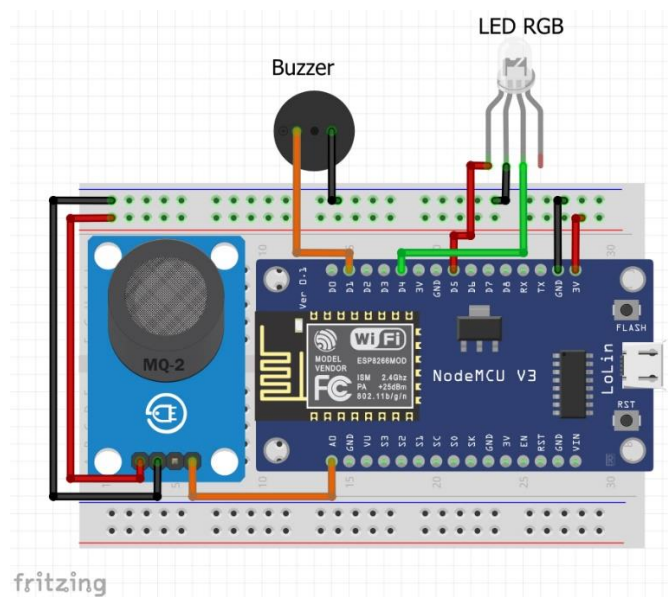


Figure XXII.3 : Système de détection des fuites de gaz.

3.1.2. Système d'envoi des alertes via SMS

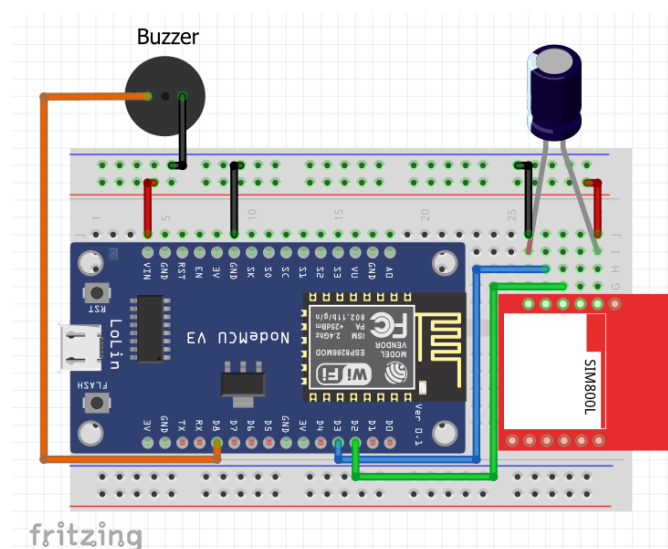


Figure XXIII.4 : Système d'envoi des alertes via SMS.

3.2. Architecture logicielle

Nous avons opté pour une architecture à trois tiers qui organise l'application en trois couches distinctes (présentation, métier, données), chacune de ces couche joue un rôle spécifique, ce qui garanti la flexibilité, améliore la sécurité et l'accès au données et facilite la maintenance et l'évolution de l'application.[20]

1. **Couche données et Accès au données (Data Layer):** En utilisant le framework Mongoose afin de gérer séparément les données stockées sur la base de données MongoDB. Trois entités principales sont manipulées (**Utilisateurs, Consommateurs et Détecteurs**).
2. **Couche métier (Business Logic Layer) :** Cette couche est responsable du traitement des données selon la logique métier, et assure la coordination des opération entre la couche présentation et la couche de données, Trois services principaux sont déployés :
 - a. **Gestion des utilisateurs :** l'inscription/création, l'authentification et la connexion à l'application.
 - b. **Gestion des consommateurs et détecteurs :** Ajout et la suppression des consommateurs et leurs détecteurs de gaz.
 - c. **Moniteur des fuites de gaz :** ce service veille à surveiller en temps réel les fuite de gaz reçu à travers le REST contrôleur par les Détecteurs de gaz installés chez les consommateurs, également il transmettra les alerts au module d'envoi d'SMS pour alerter les consommateur.

Ainsi que trois REST contrôleurs exposent une API REST pour recevoir les requêtes de l'interface graphique (Web) et les alerts des détecteurs de gaz.

3. **Couche de présentation (Presentation Layer) :** C'est l'interface utilisateur permet de monitorer les détecteurs de gaz par un agent spécialisé et de gérer l'ensemble des consommateurs, comporte plusieurs pages tels que un tableau de bords, une carte géographiques et une page d'historique.

Cette structure modulaire offre une flexibilité accrue pour évoluer et adapter notre application à de nouveaux besoins, permettant également les changements technologique pour chaque couche sans perturber le reste de l'application. tout en assurant une meilleure performance et une sécurité renforcée.[20]

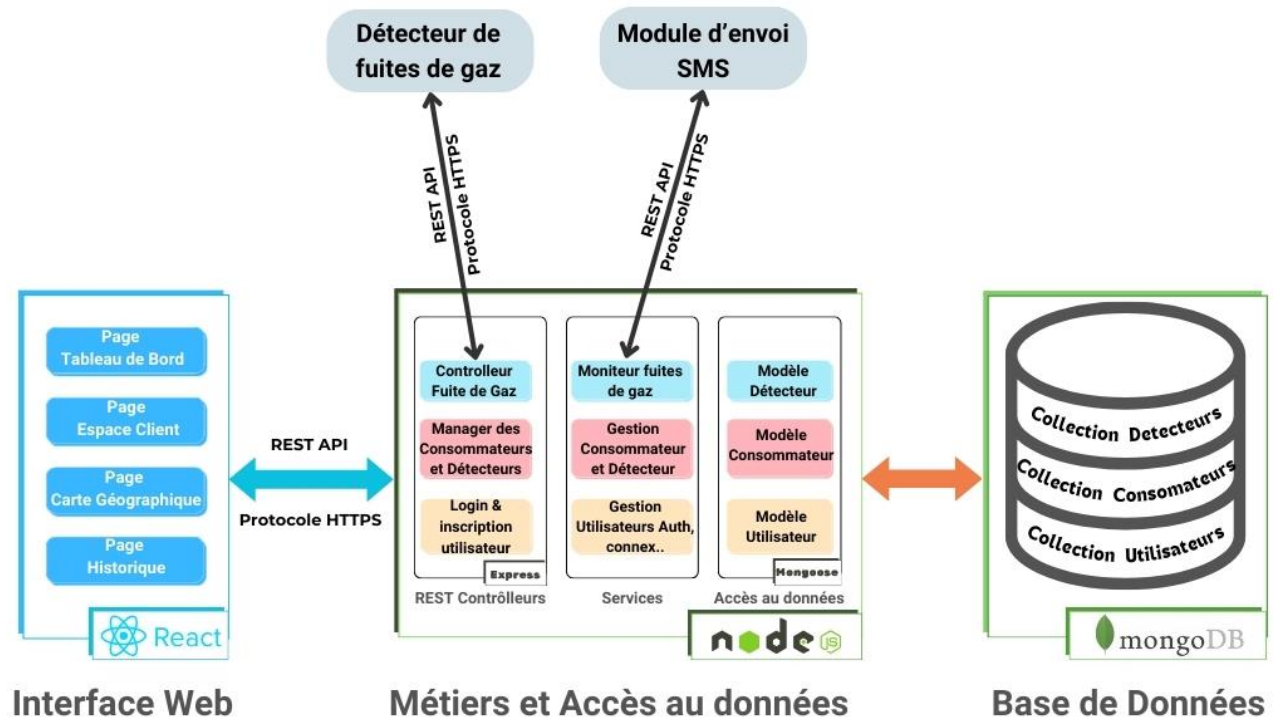


Figure XXIII.5 : Architecture logicielle trois tiers de notre centre de traitement.

4. Implémentation et Tests du système de détection des fuites de gaz

4.1. Présentation de la plateforme web

Afin d'avoir le contrôle des différents équipements de notre projet, nous avons développé une plateforme sous forme d'une application web, ce type d'application est très utilisé de nos jours car il offre la possibilité de contrôler un système depuis n'importe quel ordinateur (ou smartphone car notre plateforme est aussi conçue pour s'adapter à n'importe quelle taille d'écran) connecté à internet sans avoir besoin d'installer des logiciels ou pilotes supplémentaires. Pour avoir accès à cette application, il suffit juste d'ouvrir un navigateur web et d'y entrer l'adresse de l'application.

Après avoir accédé et s'être authentifié, l'administrateur/utilisateur est dirigé vers son espace personnel. Dans ce qui suit, nous allons présenter les différents modules de notre interface Web.

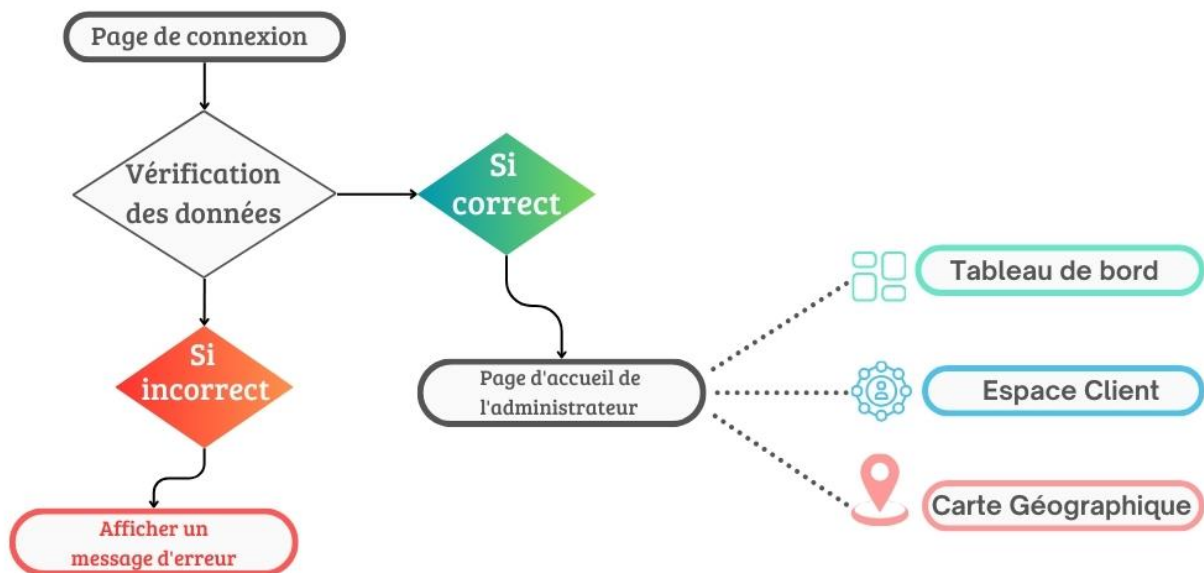


Figure XXIII.6 : Diagramme de flux d'accès au plateforme web.

4.1.1. Page de connexion

La page de connexion administrateur est la porte d'entrée sécurisée pour les utilisateurs autorisés à accéder aux fonctionnalités administratives du système. Voici les éléments clés de cette page :

- Nom d'Utilisateur : Champ où l'administrateur saisit son nom d'utilisateur pour se connecter.
- Mot de Passe : Champ où l'administrateur saisit son mot de passe associé au nom d'utilisateur.
- Bouton de Connexion : Permet à l'administrateur de soumettre ses informations d'identification pour accéder au tableau de bord administrateur.

Le site offre la possibilité de choisir entre deux modes d'affichage : le mode sombre et le mode clair. Cette fonctionnalité permet à l'utilisateur de sélectionner l'interface qui lui convient le mieux en fonction de ses préférences visuelles. Le mode sombre est souvent préféré dans des conditions de faible luminosité, réduisant la fatigue visuelle, tandis que le mode clair peut offrir une meilleure lisibilité dans des environnements bien éclairés.

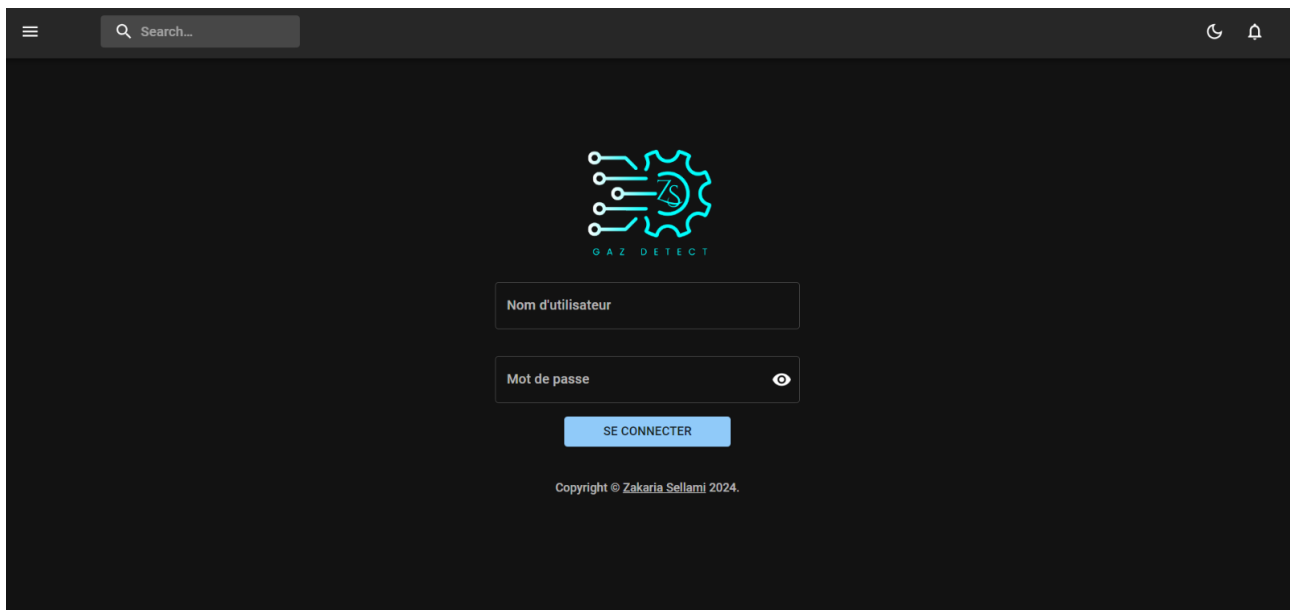


Figure XXIVII.7 : Page de connexion administrateur avec options de mode sombre.



Figure XXVII.8 : Page de connexion administrateur avec options de mode clair.

4.1.2. Tableau de bord

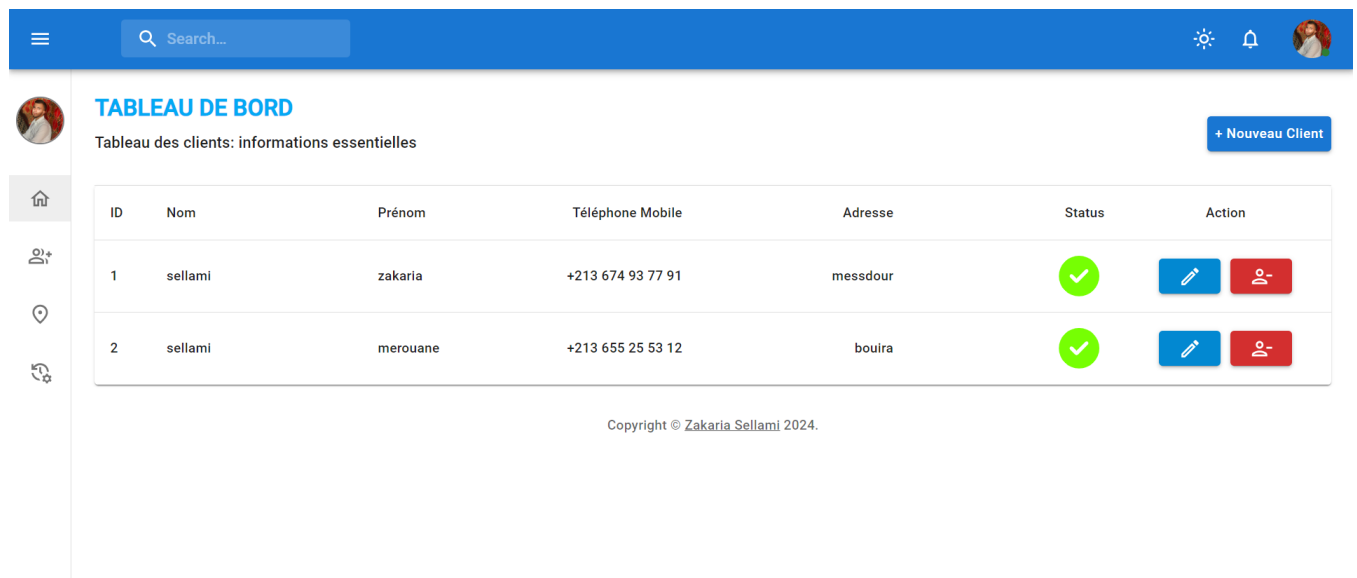
Le tableau de bord est une page centrale qui affiche toutes les informations relatives aux clients actuels de manière organisée et facile à naviguer. Voici un résumé des données et des fonctionnalités présentes sur cette page :

- Id : Identifiant unique de chaque client.
- Nom du Client : Le nom complet du client.
- Numéro de Téléphone : Pour pouvoir contacter le client facilement.

- Adresse : L'adresse physique du client.
- Statut des Détecteurs : Indique l'état actuel des détecteurs associés à chaque client.
 - Icône de Couleur Verte : Signifie que le détecteur fonctionne normalement et qu'il n'y a pas de fuite de gaz détectée.
 - Icône de Couleur Rouge : Indique qu'une fuite de gaz a été détectée par le détecteur.
- Action : Comprend des icônes pour la suppression et la modification des informations des utilisateurs.

Bouton « Nouveau Client »

Un bouton "Nouveau Client" est disponible pour ajouter un nouveau client au système. En cliquant sur ce bouton, vous serez dirigé vers l'Espace Client où vous pourrez rapidement remplir le formulaire de saisie des informations du nouveau client.







ID	Nom	Prénom	Téléphone Mobile	Adresse	Status	Action
1	sellami	zakaria	+213 674 93 77 91	messdour	✓	 
2	sellami	merouane	+213 655 25 53 12	bouira	✓	 

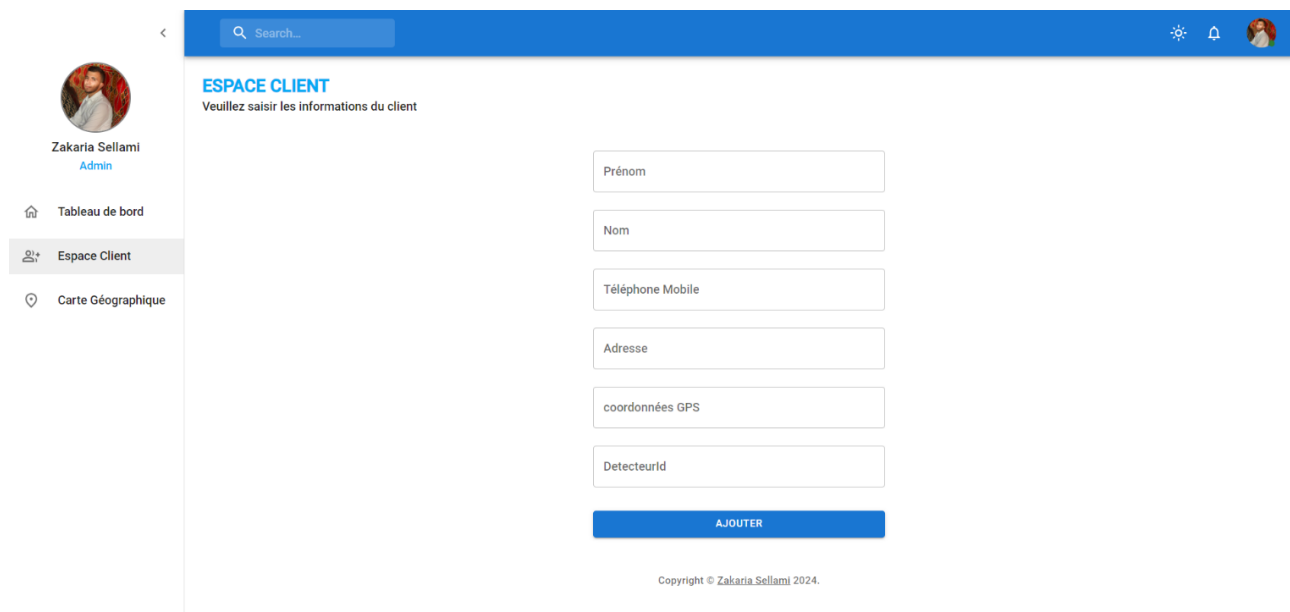
Figure XXVIII.9 : Tableau de bord des clients avec état des détecteurs et actions disponibles.

4.1.3. Espace client

Cette page permet aux administrateur d'ajouter de nouveaux clients au système. Elle contient un formulaire demandant les informations nécessaires du client telles que :

- Nom et prénom : Le nom complet du client.
- Numéro de téléphone : Pour pouvoir contacter le client facilement.
- Adresse : L'adresse physique du client.
- Coordonnées GPS : Pour une localisation précise sur la carte géographique.
- Identifiant du détecteur : Pour associer le client à un détecteur spécifique.

Le formulaire comprend également un bouton "Ajouter" pour ajouter le nouveau client à la base de données. La page est conçue pour être simple et facile à utiliser, avec des instructions claires pour minimiser les erreurs lors de la saisie des données.



The screenshot shows a web application interface for adding a new client. On the left, there is a sidebar with a user profile for 'Zakaria Sellami Admin' and three menu items: 'Tableau de bord', 'Espace Client' (which is highlighted), and 'Carte Géographique'. The main content area is titled 'ESPACE CLIENT' with the instruction 'Veuillez saisir les informations du client'. It contains a vertical stack of input fields for 'Prénom', 'Nom', 'Téléphone Mobile', 'Adresse', 'coordonnées GPS', and 'DetecteurId'. Below these fields is a blue 'AJOUTER' button. At the bottom of the page, there is a small copyright notice: 'Copyright © Zakaria Sellami 2024.'.

Figure XXVIII.10 : Espace client formulaire pour ajouter un nouveau client

4.1.4. Carte géographique

L'interface « Carte Géographique » offre une visualisation précise de tous les emplacements des détecteurs de gaz sur une carte interactive. Grâce à cette interface, les utilisateurs peuvent suivre en temps réel l'état de chaque détecteur. Les principales caractéristiques de cette page comprennent :

- Emplacements des Détecteurs : Chaque détecteur est représenté par une icône sur la carte, indiquant son emplacement exact.
- Changement d'État du Détecteur : L'interface met à jour l'état de chaque détecteur en temps réel.
- Couleur Bleue : Indique que le détecteur fonctionne normalement et qu'il n'y a pas de fuite de gaz.
- Couleur Rouge : Clignote en cas d'une fuite de gaz.
- Alerte en Temps Réel : Si une fuite de gaz est détectée, une notification en temps réel est transmise aux administrateurs.
- Zoom et Panoramique : Les utilisateurs peuvent zoomer et déplacer la carte pour obtenir une vue détaillée des différentes zones.

Cette interface est essentielle pour une gestion efficace et rapide des incidents liés aux fuites de gaz, permettant aux services de secours d'intervenir rapidement et de manière coordonnée.

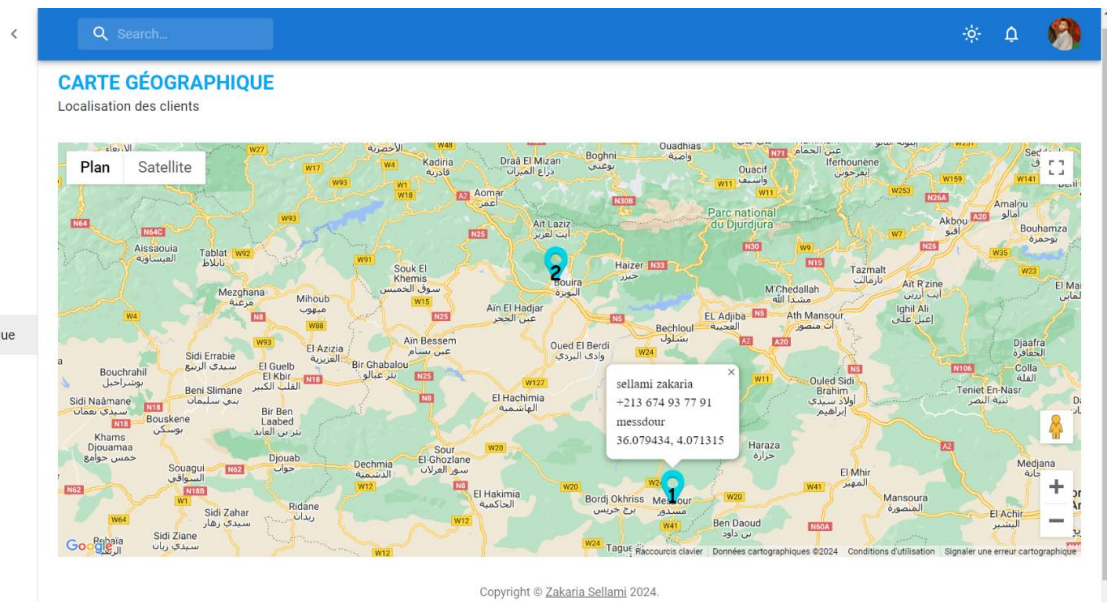


Figure XXVIII.11 : Carte géographique des détecteurs de gaz

4.1.5. Historique

Les utilisateurs peuvent visualiser l'historique des détecteurs en saisissant l'identifiant de détecteur concerné dans le champ de recherche, un tableau sera affiché avec les détails des incidents associés à cet Détecteur. L'icône "Effacer" permet de vider le champ de recherche.

Le tableau se base sur le framework React pour fournir une interface utilisateur réactive et attrayante. Ç-à-d l'inteface Web réagit aux modifications sans nécessiter un rechargement complet de la page.

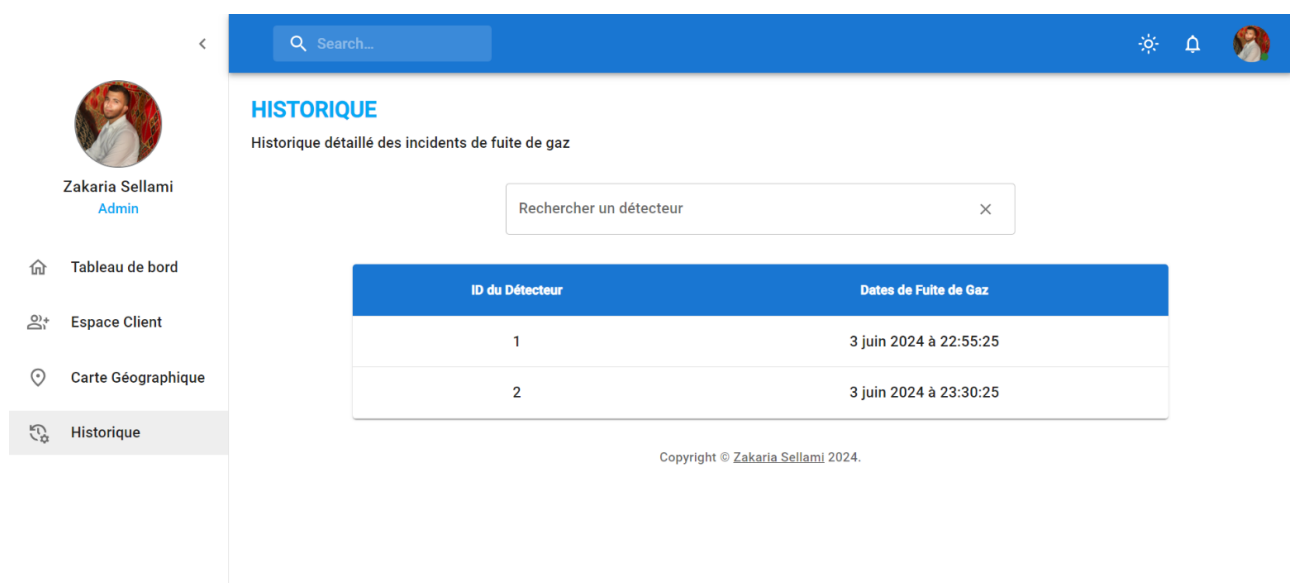


Figure XXIX.12 : Tableau d'historique des incidents de fuite de gaz pour tous les détecteurs

The screenshot displays the 'HISTORIQUE' (History) section of a web application. On the left, a sidebar shows the user profile 'Zakaria Sellami Admin' and navigation links: 'Tableau de bord', 'Espace Client', 'Carte Géographique', and 'Historique'. The main content area has a search bar labeled 'Rechercher un détecteur' with the value '2'. Below this is a table titled 'Historique détaillé des incidents de fuite de gaz'.

ID du Détecteur	Dates de Fuite de Gaz
2	3 juin 2024 à 23:30:25 3 juin 2024 à 21:19:30 2 juin 2024 à 20:08:46 2 juin 2024 à 08:53:25

Copyright © Zakaria Sellami 2024.

Figure XXXII.13 : Tableau d'historique des incidents de fuite de gaz pour un détecteur spécifique

4.2. Démonstration du système

Afin d'évaluer la performance des fonctionnalités de notre système, nous avons réalisé plusieurs tests. Les résultats de ces tests sont résumés ci-après :

4.2.1. Test de détection de fuite de gaz

- Les capteurs ont été positionnés à proximité d'une source de gaz afin de simuler une fuite.
- Les capteurs ont repéré la fuite de gaz en un laps de temps très court, déclenchant ainsi les alertes adéquates.

4.2.2. Test des alertes

Nous avons vérifié la réception des différentes alertes :

- Les alarmes sonores se sont déclenchées immédiatement dès la détection de la fuite.
- Les lampes LED RGB ont changé de couleur pour indiquer le statut de la détection.
- Les notifications ont été envoyées à la plateforme de contrôle avec succès.
- Les SMS d'alerte ont été envoyés via le module GSM.



LED RGB clignote en vert.



LED RGB clignote en rouge.

Figure XXXIII.14: Alerte via une alarme visuelle (la LED rouge s'allume en cas de situation dangereuse et la LED verte en cas de situation normale).

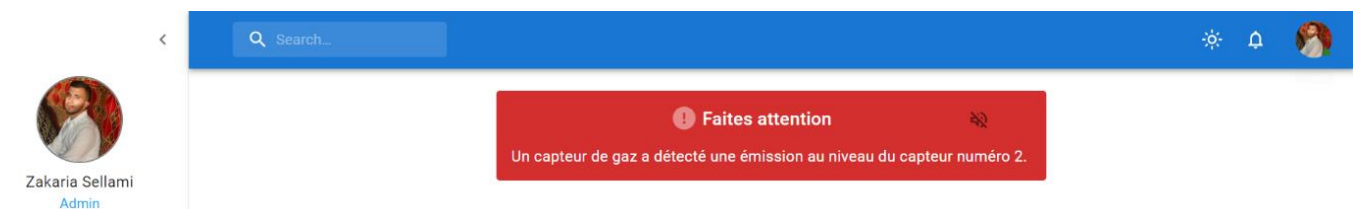


Figure XXXIII.15 : Alerte via une notification envoyée à l'application Web

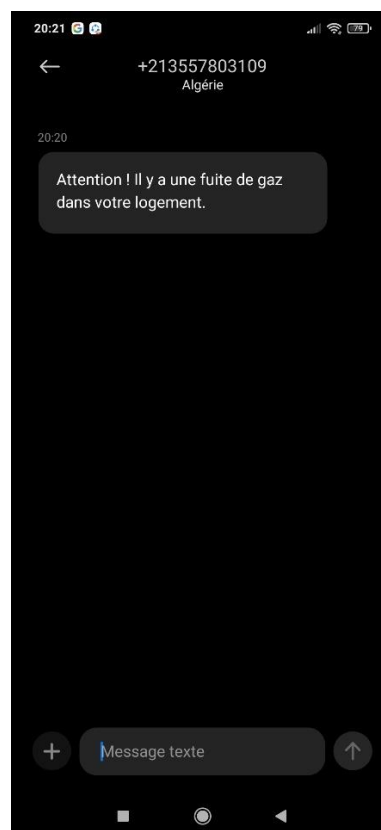


Figure XXXIII.16 : Alerte via un SMS téléphonique

4.2.3. Démonstration de la plateforme de contrôle

- Nous avons vérifié que la plateforme de contrôle affiche correctement l'état des capteurs, y compris les alertes en temps réel.

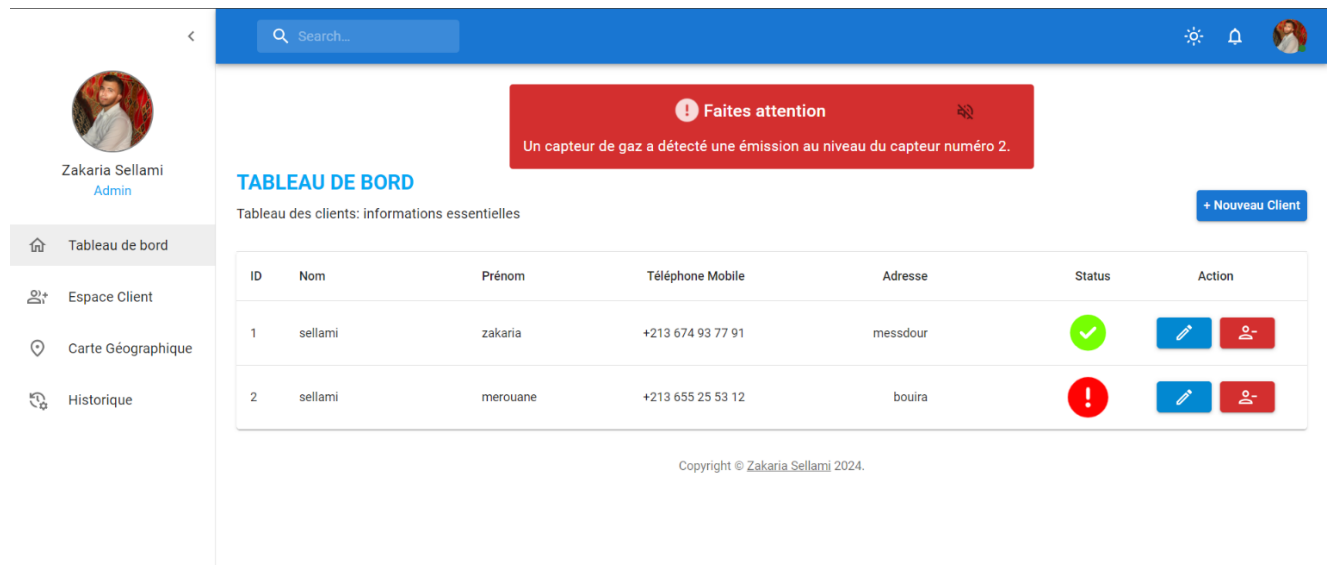


Figure XXXIV.17 : Tableau de bord de contrôle affichant l'état des capteurs avec alertes en temps réel sur la plateforme

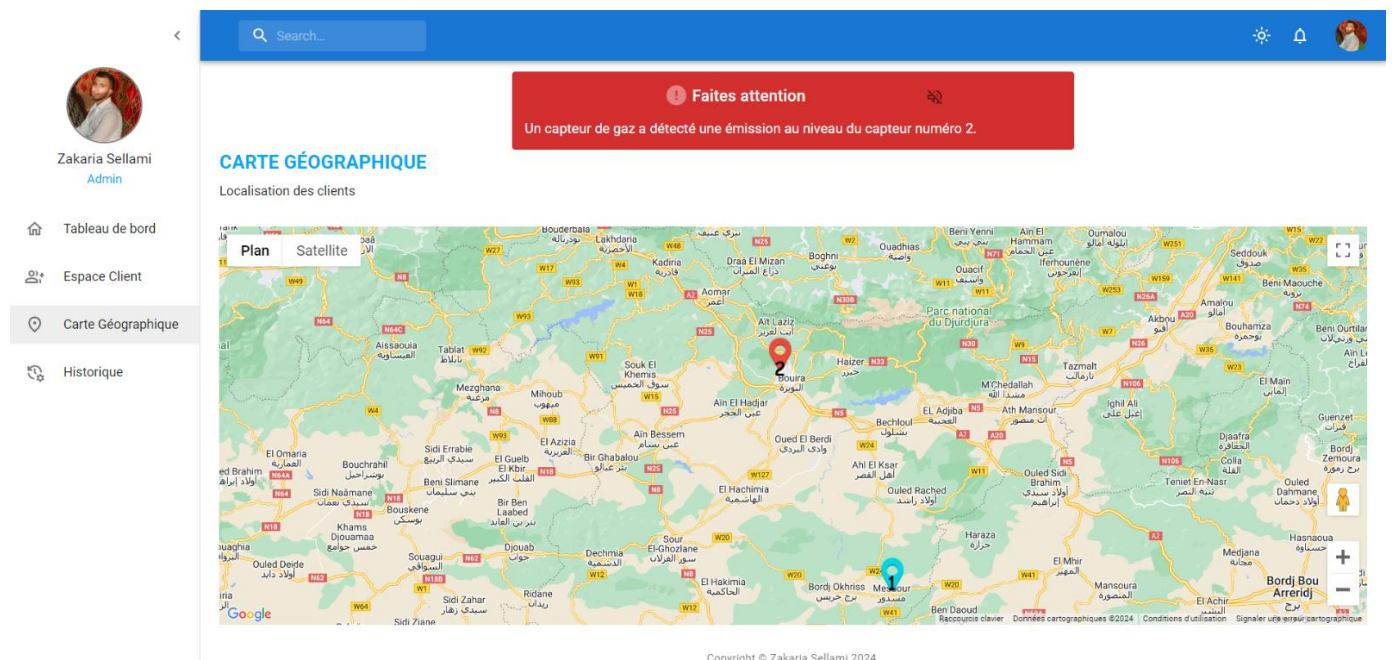


Figure XXXVII.18 : Carte géographique affichant l'état des capteurs avec alertes en temps réel sur la plateforme

Enfin, les tests ont confirmé que notre système est efficace et fiable pour détecter les fuites de gaz, fournir des alertes en temps réel et à distance permettant une gestion efficace via la plateforme de contrôle. Il répond aux normes de sécurité les plus élevées et offre une expérience utilisateur optimale.

5. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons exposé les spécificités techniques concernant la mise en place de notre système de détection des fuites de gaz. Nous avons débuté par décrire le principe de fonctionnement de la solution, en détaillant les différentes étapes et fonctionnalités.

Nous avons conçu un détecteur de gaz connecté (IoT) qui répond pleinement aux exigences modernes de sécurité et d'efficacité. Ce détecteur est non seulement performant mais également modulaire, permettant ainsi une intégration facile et une adaptation aux différents environnements et besoins spécifiques.

Pour assurer une architecture solide et évolutive, nous avons opté pour une architecture trois tiers, garantissant ainsi une séparation claire entre la couche de présentation, la couche métier et la couche de données. En adoptant les technologies de dernière génération du stack MERN (MongoDB, Express, React, Node.js), nous avons pu bénéficier de performances optimales et d'une grande réactivité de l'application.

Par la suite, nous avons effectué des tests de fonctionnement dans des conditions réelles. Les résultats obtenus ont été très satisfaisants, validant ainsi notre approche et nos choix technologiques. Nous espérons avoir l'opportunité de déployer et améliorer notre système à l'avenir.

À travers cette réalisation, nous avons pu atteindre les objectifs énoncés dans ce chapitre, en développant un détecteur de gaz connecté (IoT) et une plateforme web « Gaz Detect » puissante et efficace.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

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

En vue de remédier à ce problème, nous avons tiré profit du grand avantage d'une nouvelle technologie révolutionnaire (IoT) vise à établir un réseau mondial à très haut débit, intégrant une multitude de services interconnectés et d'objets intelligents de toutes sortes, conçus pour assister les humains dans leurs tâches quotidiennes. Grâce à leurs capacités de détection, de mesure, d'exécution, de calcul et de communication en temps réel avec une latence très négligeable. Offrant ainsi des solutions fiables et sophistiquées pour la surveillance et la sécurité.

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

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

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

Comme perspectives, nous envisageons d'améliorer les performances de ce système en introduisant, des modules de calibrage plus sophistiqués, ainsi que l'optimisation de ce dernier en minimisant l'énergie de fonctionnement des détecteurs pour une éventuelle alimentation sous batterie. D'autant plus, nous visons à réduire les coûts de réalisation dans le but de commercialiser le système à grande échelle.

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

- Ajouter d'autres capteurs comme : capteur de qualité d'air, capteur de gaz du butane (bouteille de gaz), etc.

- En absence d'électricité le système doit pouvoir fonctionner également sur batterie, en utilisant des protocoles de communication lightweight tels que ESP-NOW et CoAP (Constrained Application Protocol).
- L'utilisation des capteurs industriels pour chaque gaz nocif pour améliorer la précision de captage.
- Contrôler à distance les vannes de gaz afin de couper l'alimentation en cas de détection d'une fuite.

Références bibliographiques

- [1] S. Kumar, P. Tiwari. & M. Zymbler, Internet of Things is a revolutionary approach for future technology enhancement: a review. J Big Data 6, 111 (2019).
- [2] <https://www.techtarget.com/iotagenda/definition/Internet-of-Things-IoT>; Consulté le: 25/04/2024.
- [3] A. KOUCHIT et H. MERDJI, “ Conception et réalisation d’un système intelligent de détection des fuites de gaz”, Mémoire de master, Commande électrique, Université de Mohamed El-Bachir El-Ibrahimi, Bordj Bou Arreridj, 2023.
- [4] <https://www.jumia.com.dz/detecteur-de-gaz-blanc-sans-marque-mpg23351.html> ; Consulté le: 28/04/2024.
- [5] <https://www.jumia.com.dz/detecteur-intelligent-de-monoxyde-de-carbone-co-et-de-fumee-avec-alarme-white-label-mpg9744.html> ; Consulté le: 28/04/2024.
- [6] <https://eclats-antivols.fr/fr/pack-gaz/9876-pack-detecteur-fuite-gaz-220v-alimentation-220v-sirene-electronique-detection-gaz-mortel-3663275010333.html>; Consulté le: 01/05/2024.
- [7] W. AZZOUZ et Z. TAIEB, “Conception et développement d’une application web de modèles de planning en ReactJS et NodeJS pour l’anticipation des besoins des grands projets puis l’ordonnancement des tâches.”, Mémoire de master, Conduite des projets informatiques, Université de Mouloud MAMMERI, TIZI-OUZOU, 2020.
- [8] <https://bility.fr/definition-visual-studio-code/>; Consulté le: 04/05/2024.
- [9] A. TCHERAK et Y. OUZNADJI, “ Solution IoT pour la détection des fuites de gaz à domicile”, Mémoire de master, Systèmes Informatiques et Réseaux, Université de Saad Dahleb, Blida, 2020.

- [10] <https://arduino.blaisepascal.fr/presentation/logiciel/#:~:text=Le%20logiciel%20Arduino%20est%20un,sur%20le%20site%20officiel%20Arduino.&text=la%20zone%20de%20sortie%20donne,d'erreur%20et%20diverses%20notifications>; Consulté le: 18/05/2024.
- [11] <https://fritzing.org/>; Consulté le: 08/05/2024.
- [12] K. MOUSSI, " Detecteur de gaz toxiques en utilisant l'iot", Mémoire de master, Réseaux et télécommunications, Université de A. Mira, Béjaia, 2020.
- [13] <https://binarytech-dz.com/produit/arduino-raspberry/cartes-diveres/module-wifi-esp8266-e12-nodmcu/>; Consulté le: 19/05/2024.
- [14] <https://lastminuteengineers.com/mq2-gas-senser-arduino-tutorial/> ; Consulté le: 19/05/2024.
- [15] <https://www.orbit-dz.com/product/mq2/>; Consulté le: 19/05/2024.
- [16] S. Erten, N. Akkuş, "Design and Implementation of IoT Supported Gas Detector System for Domestic Usage", *Semih Erten Journal of Engineering Research and Application*, Vol. 8 (N° 3), pp. 53–62. 2018.
- [17] https://www.researchgate.net/figure/Schematic-diagram-of-mq-2-smoke-sensor-circuit_fig2_356706550; Consulté le: 19/05/2024.
- [18] <https://www.amazon.in/Robodo-Electronics-SIM800LTTL-Module-Quad-Band/dp/B07B92T3K7>; Consulté le: 22/05/2024.
- [19] https://www.wikidebrouillard.org/wiki/Item:Platine_de_Prototypage ; Consulté le: 22/05/2024.
- [20] M. Carlos Manuel Pinto, "Reengineering Software to Three-tier Applications and Services", thèse de doctorat, University of Leicester, Leicester, Royaume-Uni, 2012.

Annexe

Annexe I : Les dispositifs IoT réalisés dans notre projet

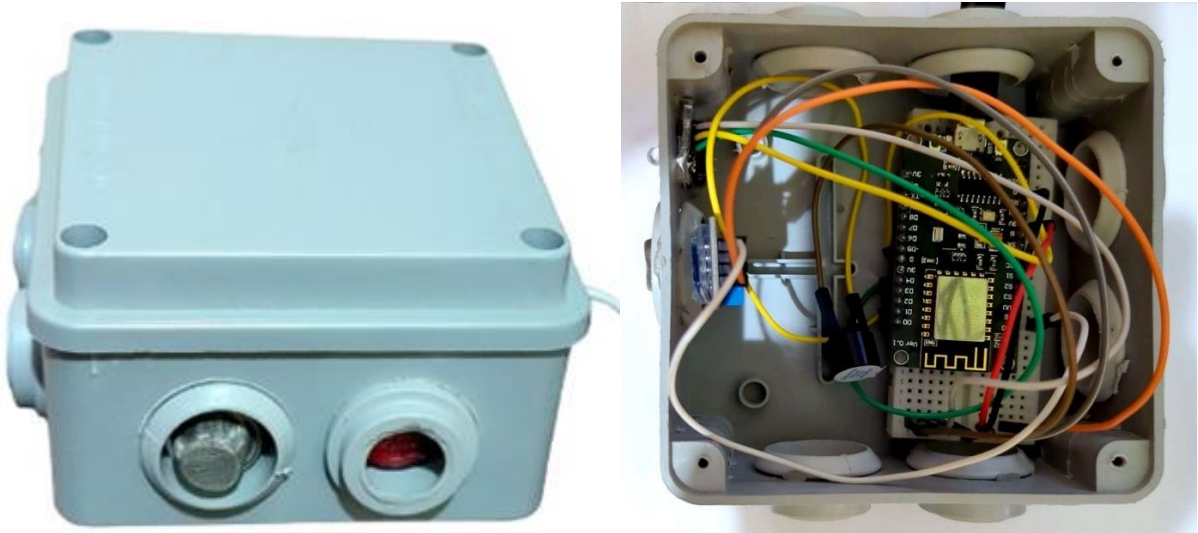


Figure: Le détecteur de fuites de gaz et son boîtier.

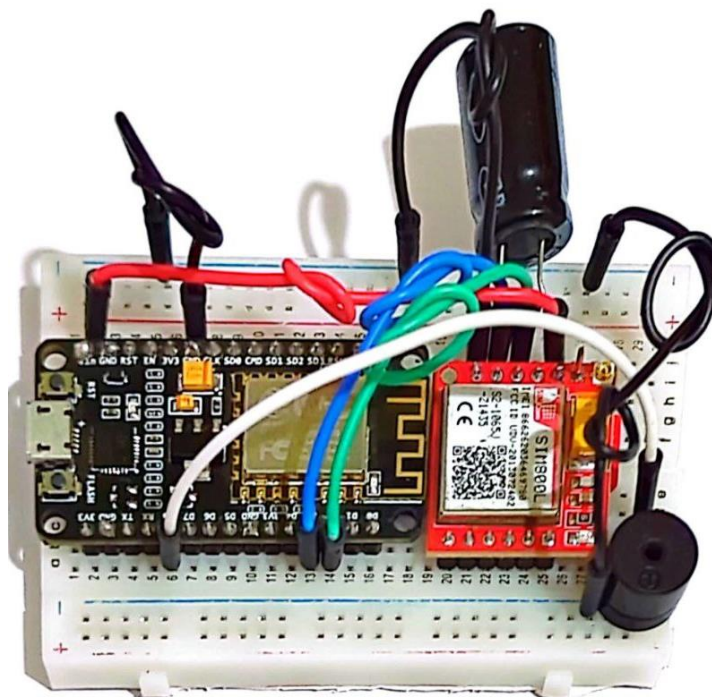


Figure: Module d'envoi des alertes via SMS.

Annexe II :Estimation du prix total des composants utilisés dans ce projet

Pour estimer le coût de fabrication de notre système, nous avons fait une étude socioéconomique afin d'estimer le prix de fabrication.

❖ Pour détecteur de gaz

Composant	Prix (DA)
La Carte NodeMCU	1100
Capteur MQ-2	600
Plaquettes d'essai	300
Buzzer	50
RGB LED	50
TOTAL (DA)	2100

❖ Pour serveur de messagerie SMS

Composant	Prix (DA)
La Carte NodeMCU	1100
Module GSM SIM800L	1000
Plaquettes d'essai	300
Buzzer	50
TOTAL (DA)	2450

ملخص

في جميع أنحاء العالم، لا يزال التسمم بأول أكسيد الكربون أحد الأسباب الرئيسية للأمراض والوفيات الناجمة عن التسمم. في كل عام، يفقد مئات الأشخاص حياتهم بسبب التعرض لغاز أول أكسيد الكربون، ويزداد هذا الخطر بشكل خاص مع اقتراب فصل الشتاء. وللتعامل مع هذه الآفة، اعتمدنا تقنية إنترنت الأشياء لإنجاز كاشف تسرب الغاز عن بعد قادر على قياس تركيز الغازات السامة في الوقت الفعلي، مما يتيح تنبيه كل من الضحية والخدمات المختصة، كمورد الطاقة والحماية المدنية، للتحرك بسرعة لمواجهة هذا الخطر القاتل وما ينجم عنه من اختناق.

بالإضافة إلى ذلك، ولضمان التدخل الفعال في الوقت المناسب وفي المكان المناسب، فإن حلنا البرمجي (منصة الويب) الذي تم تطويره بـ MERN Stack يسمح بدمج إحداثيات نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) لموقع الكاشف. وتثبت النتائج التي تم الحصول عليها فعالية النظام المقترح، وبالتالي المساهمة في إنقاذ المزيد من الأرواح.

الكلمات المفتاحية : إنترنت الأشياء، تقنية MERN، الغاز، كاشف تسرب الغاز، منصة ويب.

Résumé

Dans le monde, L'empoisonnement au monoxyde de carbone demeure l'une des principales causes de maladies et de décès liés aux intoxications. Chaque année, des centaines de personnes perdent la vie en raison de l'exposition au monoxyde de carbone, et ce risque augmente particulièrement à l'approche de l'hiver. Pour faire face à ce fléau, nous avons adopté la technologie IoT pour fournir un détecteur de fuites de gaz à distance capable de mesurer la concentration de gaz toxiques en temps réel, permettant ainsi d'alerter à la fois la victime et les services compétents, comme le fournisseur d'énergie et la protection civile, pour agir rapidement face à ce danger mortel et à la suffocation potentielle qui en découle.

En outre, pour assurer une intervention efficace au bon moment et au bon endroit, notre solution logiciel (plateforme web) développé en MERN Stack permet d'intégrer les coordonnées GPS de l'emplacement du détecteur. Les résultats obtenus démontrent l'efficacité du système proposé, contribuant ainsi à sauver davantage de vies.

Mots clés : IoT, MERN Stack, gaz, Détecteur de fuites de gaz, plateforme Web.

Abstract

In the world, carbon monoxide poisoning remains one of the leading causes of illness and death related to intoxications. Every year, hundreds of people lose their lives due to carbon monoxide exposure, and this risk particularly increases as winter approaches. To tackle this scourge, we have adopted IoT technology to provide a remote gas leak detector capable of measuring the concentration of toxic gases in real-time, thereby alerting both the victim and the relevant services, as the energy supplier and civil protection, to act quickly against this deadly danger and the potential suffocation that results from it.

In addition, to ensure an effective intervention at the right time and in the right place, our software solution (web platform) developed in MERN Stack allows the integration of the GPS coordinates of the detector's location. The results obtained demonstrate the effectiveness of the proposed system, thus contributing to saving more lives.

Keywords : IoT, MERN Stack, gas , gas leak detector , web platform.