



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République algérienne démocratique Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

معهد الصناعة والأمن الصناعي
Institut de maintenance et sécurité industrielle
Département de la sécurité industrielle et environnement

MÉMOIRE :

Pour l'obtention du diplôme de master
Filière : Sécurité industrielle
Spécialité : Sécurité industrielle et environnement

Thème

Conception d'un système intelligent de détection de fuites de gaz

Présenté et soutenu publiquement par :

BELKACEMI Nour El Houda

Devant le juré composé de :

| Nom et Prénom | Grade | Etablissement | Qualité |
|------------------------|-------|---------------|--------------|
| LALAOUI Mohammed amine | MAA | IMSI | Président |
| NADJI Mohammed amine | MAA | IMSI | Encadreur |
| MECHKEN Amel | MCB | IMSI | Examinatrice |

Année : 2021/2022



Remerciement

Je remercie tout d'abord notre Dieu qui m'a donné la Force et la puissance pour terminer ce modeste travail.

Tous mes remerciements à mon encadreur Ms:Nadji

Amine qui m'a guidé à réaliser ce travail.

Je remercie aussi mon Co-encadreur : Labri

Younes qui m'a aidé, encouragé à compléter ce travail.

Je tiens aussi à remercier tous les enseignants de département de la sécurité industrielle qui ont contribué de près ou de loin à ma formation durant tout le cursus universitaire :

Enfin, je ne peux pas mentionner tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail, que tous ceux qui m'ont aidé d'un simple encouragement trouvent ici l'expression de ma reconnaissance la plus sincère.

Dédicace

Je dédie ce mémoire à ...

A mon père

*Tu es pour moi l'ami le plus fidèle et le modèle de la combativité.
Tu as toujours donné la meilleure de toi pour
Le bonheur de ta famille et tu nous as appris le sens de l'honneur ;
De la dignité et de la justice. Merci pour votre soutien
Et votre encouragement m'ont toujours donné de la force pour persévérer
Et pour prospérer dans la vie. Ce travail est le tien :
Puisse cela combler l'une de tes attentes.
Que dieu te bénisse.*

A ma mère

*« Il y'a plus cher au monde qu'une mère »
Pour ton amour que tu ne cesses de manifester envers tes enfants.
Merci pour tous ce que tu as enduré pour nous faire grandir ;
Pour tes bénédictions qui n'ont cessé de nous accompagner.
Puisse dieu te procure santé ; bonheur et longue vie.*

A mon frère : Chems Eddine

*Je te souhaite tout le bonheur dans le monde
et que tu réaliseras tes rêves.*

A mes sœurs : Besma, Ayet et Maram

*Merci pour être toujours là m'écouter et m'encourager.
Je vous souhaite tous le bonheur et la réussite.
A mes grands-parents et toute la famille Belkacemi et youcef el hirts
A mes cousins ,cousines, mes amis et amies
A tous mes enseignants et mes collègues
Enfin, je remercie tous ceux qui, de près ou de loin,
Ont contribué à la réalisation de ce travail*

Nour el houda belkacemi

Résumé

Le milieu industriel a toujours été exposé à des dangers, causant des dégâts matériels et humains et pouvant s'étendre aux régions voisines, engendrant des dégradations sur l'environnement tout entier. Une réponse rapide et efficace à un état d'alerte doit être indispensable afin de minimiser les dégâts. et dans ce sens on a travaillé sur la conception de notre système tout en adoptant un plan de travail bien fait, et en déterminant toutes les possibilités humaines et techniques grâce à une démarche organisée permettant de minimiser la fréquence et l'intensité du danger, et instaurer une bonne maîtrise de toutes situations dangereuses.

Tout au long de ce travail, on a cité les différentes étapes de réalisation de notre system intelligent intégré dans le domaine de la sécurité industrielle, afin de lutter contre les fuites de gaz dans les lieux de travail.

Notre système instrumenté de sécurité consiste à l'intégration de la technique de l'IOT dans le champs de la sécurité industrielle et cela dans le but d'économiser l'effort physique dans les missions d'intervention , réduire les frais et atteindre l'objectif très rapidement.

Summary

The industrial environment has always been exposed to dangers, causing material and human damage and may extend to neighboring areas, causing damage to the entire environment. A rapid and effective response to a state of alert must be essential to minimize the damage and in this sense we have worked on the design of our system while adopting a work plan well done, and determining all the human and technical possibilities through an organized approach to minimize the frequency and intensity of the danger, and to establish a good control of all dangerous situations

Throughout this work, the different stages of realization of our integrated intelligent system in the field of industrial safety, in order to fight against gas leaks in workplaces, have been mentioned.

Our safety instrumented system consists of the integration of IOT technology in the field of industrial safety with the aim of saving physical effort in intervention missions, reducing costs and reaching the goal quickly

| |
|-----------------|
| Sommaire |
|-----------------|

| |
|-------------------|
| Liste des figures |
|-------------------|

| |
|------------------------|
| Liste des abréviations |
|------------------------|

| |
|------------------------------|
| Introduction générale |
|------------------------------|

| | |
|----------------------------|----|
| Introduction générale..... | 01 |
|----------------------------|----|

| |
|--|
| Chapitre I : Présentation des risques industriels |
|--|

| | |
|--|----|
| 1.Introduction | 02 |
| 2.Définition d'un risque industriel | 02 |
| 3.Les facteurs de risques industriels | 02 |
| 3.1. Définitions du concept « risque » | 03 |
| 3.2. Composants du concept « risque » | 04 |
| 4.Les effets d'un accident industriel..... | 04 |
| 5.Typologie des risque industriels..... | 05 |
| 5.1. Risque lié aux produits chimiques | 05 |
| 5.1.1. Les causes possibles | 05 |
| 5.1.2. Effets possibles | 06 |
| 5.2. Risque lié à l'électricité..... | 07 |
| 5.2.1. Les dangers de l'électricité..... | 07 |
| 5.2.2. Des autres dangers indirects de l'électricité..... | 08 |
| 5.2.3. Effets sur la santé..... | 08 |
| 5.2.4. Résistance de l'homme au courant électrique..... | 08 |
| 5.2.5. Moyens de prévention..... | 08 |
| 5.2.6. Les 5 règles de sécurité..... | 09 |
| 5.3. Incendie /Explosion | 09 |
| 5.3.1. Incendie | 10 |
| 5.3.1.1.les origines d'incendies..... | 10 |
| 5.3.1.2. Effets directs | 10 |
| 5.3.1.3. Effets indirects | 10 |
| 5.3.1.4. Triangle du feu | 10 |
| 5.3.1.5.les différentes de feu et leur agents extincteur | 11 |
| 5.3.2. Explosion | 11 |
| 5.3.3. Modalités d'exposition..... | 12 |
| 5.3.4.Moyens de prévention..... | 12 |
| 5.4. Fuite de gaz | 13 |
| 5.4.1. Les accidents en cas de fuite de gaz | 13 |
| 5.4.2. Les gestes à faire en cas de fuite de gaz | 13 |
| 6.Conclusion | 14 |

| |
|--|
| Chapitre II : généralités sur les capteurs de gaz et les méthodes d'analyse |
|--|

| | |
|--|----|
| 1.Introduction | 15 |
| 2.Méthodes d'analyse de gaz | 15 |
| 2.1.La chromatographie en phase gazeuse..... | 15 |

| | |
|--|----|
| 2.2. Spectrométrie de masse..... | 16 |
| 2.3. Méthodes électroniques..... | 17 |
| 2.4. Autres méthodes | 18 |
| 2.5. Récapitulatif..... | 18 |
| 3. Capteur de gaz | 19 |
| 3.1. Définition d'un capteur de gaz..... | 19 |
| 3.2. Familles de capteurs de gaz..... | 19 |
| 3.2.1. Capteur à microbalance de quartz..... | 19 |
| 3.2.2. Capteur à ondes acoustiques de surface..... | 20 |
| 3.2.3. Capteur à transistors à effet de champs (GASFET)..... | 21 |
| 3.2.4. Capteur électrochimique..... | 22 |
| 3.2.5. Capteur à fibre optique..... | 22 |
| 3.2.6. les capteurs de gaz à base d'oxyde métalliques (MOX)..... | 22 |
| 4. Performance d'un capteur de gaz..... | 23 |
| 4.1. Sensibilité | 23 |
| 4.2. Stabilité | 23 |
| 4.3. Sélectivité | 23 |
| 4.4. Température de fonctionnement | 24 |
| 4.5. Temps de réponse | 24 |
| 5. Conclusion..... | 24 |

| |
|---|
| Chapitre III : Internet des objets |
|---|

| | |
|--|----|
| 1. Introduction..... | 25 |
| 2. Internet des objets | 25 |
| 2.1. Notion de l'objet connecté..... | 25 |
| 2.2. Caractéristiques d'un objet connecté | 26 |
| 2.3. Composants d'un objet connecté..... | 27 |
| 3. Définition de L'internet des objets..... | 27 |
| 3.1. Ecosystème d'un réseau IoT :..... | 28 |
| 4. L'évolution d'Internet et son impact dans le monde..... | 29 |
| 5. Fonctionnalité de l'internet des objets..... | 29 |
| 5.1 Collecter / Actionner | 30 |
| 5.2 Communiquer | 30 |
| 5.3 Exécuter | 30 |
| 5.4 Visualiser | 31 |
| 6. Architecture de l'Internet des objets | 31 |
| 6.1. Modèles d'architectures de l'Internet des Objets..... | 32 |
| 7. Problèmes de sécurité dans IOT | 34 |
| 8. Les applications de l'IoT | 34 |
| 9. Utilité de l'internet des objets | 37 |
| 9.1 Surveillance d'état de santé des animaux | 37 |
| 9.2. Amélioration de la qualité de vie des personnes âgées | 38 |
| 9.3 Contribution au progrès de l'humanité..... | 38 |

| | |
|--|----|
| 9.4. L’Internet des objets dans le domaine de sécurité industrielle..... | 38 |
| 9.4.1 Objets connectés portables et santé et sécurité du travail..... | 38 |
| 9.4.2 Les différents objets connectés portables au travail..... | 40 |
| 9.4.3 La prévention des risques par objets connectés portables au travail..... | 41 |
| 10.Conclusion..... | 43 |

| |
|--|
| Chapitre IV : Conception d’un prototype de détection de gaz |
|--|

| | |
|---|----|
| 1.Introduction | 44 |
| 2.Matériels utilisés..... | 44 |
| 2.1. La carte ARDUINO | 44 |
| 2.1.1. Définition de la carte ARDUINO..... | 44 |
| 2.1.2. Pourquoi Arduino ? | 45 |
| 2.1.3. Définition de la carte ARDUINO UNO..... | 46 |
| 2.1.4. Présentation de la carte ARDUINO UNO..... | 46 |
| 2.1.5 logiciel IDE..... | 47 |
| 2.1.6. Les fonctions de l’IDE ARDUINO..... | 48 |
| 2.2 Capteur MQ2..... | 49 |
| 2.2.1 Les caractéristique du MQ2 | 50 |
| 2.3. Réalisation de notre système | 51 |
| 2.3.1. Matériel nécessaire | 51 |
| 2.3.2. Circuit..... | 51 |
| 2.3.3. Code de base | 52 |
| 3.Les actions préventives | 53 |
| 4.Conseils pour l’installation de détecteurs de gaz fixes..... | 53 |
| 5.Considérations pour garantir une détection de gaz réussie | 54 |
| 5.1. Choix du nombre correct de capteurs | 54 |
| 5.2. Sélection de l’emplacement des détecteurs de gaz..... | 54 |
| 5.3. Conditions environnementales | 55 |
| 5.4. Évitez les conditions défavorables | 55 |
| 5.5. Tenir compte des courants / flux d’air | 55 |
| 6.Particularités de l’application | 56 |
| 6.1. Détection de point | 56 |
| 6.2. Détection de périmètre | 57 |
| 7.Accessibilité au personnel..... | 57 |
| 8.Caractéristiques physiques du gaz cible..... | 58 |
| 9.Conclusion..... | 58 |

| |
|----------------------------|
| Conclusion générale |
|----------------------------|

| | |
|---------------------------|----|
| Conclusion générale | 59 |
|---------------------------|----|

Bibliographie

Liste des figures

| | |
|--|----|
| Figure I.1 : Équation et définition du risque..... | 03 |
| Figure I.2 :Stockage de produit chimique | 05 |
| Figure I.3 : Accident d’origine électrique..... | 07 |
| Figure I.4 : Résistance de l’homme au courant..... | 08 |
| Figure I.5 : Incendie/explosion..... | 09 |
| Figure I.6 :Triangle du feu..... | 10 |
| Figure I.7 :Tableaux des classes des feux..... | 11 |
| Figure I.8 :L’hexogène de l’explosion..... | 11 |
| Figure I.9 :Fuite de gaz..... | 13 |
| Figure II.1 : Principe d’un chromatographe de gaz..... | 16 |
| Figure II.2 : Principe d’un spectromètre de mass..... | 16 |
| Figure II.3 : Détecteur à ionisation de flamme..... | 17 |
| Figure II.4 : Tube réactif..... | 18 |
| Figure II.5 : Schéma représentatif des différentes parties composant un détecteur de gaz..... | 19 |
| Figure II.6 : Structure d’un capteur à microbalance de quartz..... | 20 |
| Figure II.7 : Structure d’un capteur à ondes acoustiques de surface..... | 21 |
| Figure II.8 :Schéma d’un capteur de gaz de type GASFET | 21 |
| Figure II.9 : Capteur à fibre optique..... | 22 |
| Figure III.1 : Les composants d’un objet connecté..... | 27 |
| Figure II.2 :Dimensions de l’IoT..... | 28 |
| Figure III.3 : acteurs de l’IoT..... | 29 |
| Figure III.4 : l’évolution des objets connecte..... | 29 |
| Figure III.5 : Fonctionnalités d’un écosystème IoT..... | 30 |
| Figure III.6 : Architecture de l’IoT..... | 31 |
| Figure III.7 : mode d’opération des IoT..... | 32 |
| Figure III.8 : Application de l’IOT dans la circulation routière..... | 35 |
| Figure III.9 : une figure qui représente les constituants d’une ville intelligente | 36 |
| Figure III.10 : figure qui représente un schéma de l’industrie 4.0..... | 37 |
| Figure III.11 : vache équipée par capteur..... | 38 |
| Figure IV.1 : une carte ARDUINO..... | 44 |
| Figure IV.2 : Architecture d’un système a base d’une carte Arduino..... | 45 |

| | |
|--|----|
| figure IV.3 : Description sur la carte Arduino UNO..... | 47 |
| Figure IV.4 : L'écran principal de l'IDE Arduino au démarrage..... | 48 |
| Figure IV.5 : l'écran de l'IDE et ses fonctions..... | 49 |
| Figure IV.6 : Capteur MQ2..... | 50 |
| Figure IV.7 : Photo de notre système instrumenté de sécurité..... | 53 |
| Figure IV.8 : schéma d'installation (tenir en compte flux d'air)..... | 55 |
| Figure IV.9 : schéma de détection de point..... | 56 |
| Figure IV.10 : schéma de détection de périmètre..... | 57 |
| Figure IV.11 : gravité des gaz..... | 58 |

Liste des abréviations

- **ANT** : agence nationale pour l'insertion et la promotion des travailleurs d'outre-mer.
- **AO** : Out Analogique.
- **CNIL** : Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés.
- **CSE** : Comité Social et Economique.
- **DATI**: Dispositifs d'Alarme pour Travailleur Isolé.
- **DNC GL** : Det Norske Veritas Germanischer Lloyd.
- **DO** : Out Dégital.
- **DPI** : détecteur à photoionsation.
- **DVD** : digital versatile disc
- **GPS**: Global Positioning System.
- **GSM**: Global System Mobile.
- **HLS**: HighLevelSynthesis.
- **ID**: Internet Des Objects.
- **IOT**: Internet Of Things.
- **IP** : INTERNET PROTOCOL.
- **IR** : Infra-Rouge.
- **LTE**: Long Term Evolution.
- **MOX** : mélange d'oxyde.
- **M2M**: Machine to Machine.
- **NFC** : Near Filed Communication.
- **NO_x**: Oxyde D'azote.
- **RFID**: Radio Frequency Identification.
- **SIS** : Système instrumenté de sécurité.
- **SO₂**: dioxyde de soufre.
- **UV** : Ultra Violet .
- **V2X**: Vehicle-to-everything.
- **VCC** : virtual credit card.
- **WAN**: Wide Area Netw.ork
- **Wi-Fi**: Wireless Fidelity.

Introduction générale

Ces dernières années, l'importance de la technologie des capteurs ne cesse de croître et de nouvelles applications sont identifiées quotidiennement. Ceci nous permet de contrôler de manière efficace notre environnement.

La technologie de détection de gaz est devenue très importante car ses applications sont répandues dans différents domaines par exemple l'environnement industriel (chimique, pétrochimique, agroalimentaire, pharmaceutique ...), la sécurité dans les locaux à usage domestique, les lieux publics et les problèmes liés à la pollution atmosphérique.

Le système de sécurité a pour l'objectif de protéger les habitants. C'est pour cela il est important d'installer un tel système dans nos maisons, Il est constitué de plusieurs composants et qui a pour rôle de collecter les informations et de les traiter dans un milieu dynamique.

Ensuite, effectué des actions préventives et opératives si nécessaire.

C'est dans ce contexte que j'ai développé mon projet qui a pour objectif principal de sécuriser au maximum un lieu en cas de fuite de gaz.

Notre projet de fin d'études est basé sur quatre chapitres :

- Le premier chapitre, sera consacré aux accidents catastrophiques dans le monde industriel et leurs influences sur l'homme (corporel, social, psychologique) ; l'environnement (pollution atmosphérique, pollution des eaux et du sol), et les installations et équipements.
- Dans le deuxième chapitre, on va parler des généralités sur les capteurs de gaz. En premier lieu, on va présenter les différents types de capteurs de gaz. Par la suite on va définir les méthodes d'analyse et le matériel utilisés.
- Dans le troisième chapitre, on va parler de l'utilisation de l'internet des objets (IOT) dans le monde industriel.
- Et le dernier chapitre, sera consacré à la réalisation de notre système instrumenté de sécurité. D'abord on va mentionner le matériel utilisé (soft/hard). Puis on va donner quelques recommandations pour un bon emplacement de notre capteur afin d'optimiser son utilisation dans un milieu industriel.

Chapitre I : Présentation des risques industriels

1.Introduction :

Les risques et les risques technologiques ont toujours existé, « dès que l'homme a maîtrisé le feu, il s'est brûlé » (Dauphiné, 2001). De ce fait, le risque a suscité la curiosité des hommes avec un intérêt plus ou moins prononcé suivant les périodes. Chaque période et chaque société y a amené ses explications, ses définitions pour interpréter les catastrophes naturelles, sanitaires, puis industrielles. Nous allons ainsi accompagner le risque au cours des étapes qui ont marqué son évolution tout en y distinguant son appropriation par la géographie et ce qu'elle apporte à l'étude du risque.

2.Définition d'un risque industriel :

Un risque industriel est un événement accidentel se produisant sur un site industriel et entraînant des conséquences immédiates graves pour le personnel, les populations avoisinantes, les biens et/ou l'environnement. [1]

Il est lié à :

- La nature des produits présents (inflammables, explosifs, toxiques) ;
- Aux procédés de fabrication (en fonction de leur état, de leur température, ou de leur pression) ;
- Aux installations (choix de matériels, des matériaux, des modes de stockages, ...) ;
- Au facteur humain (la majorité des accidents surviennent par négligence, méconnaissance ou erreur d'appréciation) ;
- Aux phénomènes extérieurs (inondation, séisme, accident d'industrie voisine, ...) [2]

3.Les facteurs de risques industriels :

- **Danger** : Un danger est toute source potentielle de dommage, de préjudice ou d'effet nuisible sur la santé pour quelque chose ou quelqu'un ». [3]
- **Risque** : Un "risque" est un événement dont l'arrivée aléatoire, est susceptible de causer un dommage aux personnes ou aux biens ou aux deux à la fois. (DICTIONNAIRE DU DROIT PRIVEE par Serge Braud)[4]
- **Exposition** : Dans le présent contexte, quand on parle d'exposition, il s'agit du contact entre le danger et une personne, pouvant dès lors entraîner un dommage. Sans exposition,

pas de possibilité de dommage. Le risque est donc la probabilité que quelqu'un soit atteint par un danger. [5]

3.1.définitions du concept « risque » :

Le risque se définit par la probabilité de survenue d'un événement potentiellement néfaste (l'aléa) et par la gravité de ses conséquences (enjeux). C'est la combinaison d'enjeux soumis à un aléa. On le trouve ainsi traduit de façon simple en termes mathématiques :

Risque = Aléa (événement) x Vulnérabilité (enjeux) ou encore :

Risque = Probabilité x gravité Risques = Aléas x Vulnérabilité x Valeur.



Figure I.1 : Équation et définition du risque.

Pas d'enjeu pas de risque Intérêt de ne pas développer l'urbanisation dans les secteurs exposés.

Enjeu à valeur importante risque accru Les modalités de prévention ne sont pas les mêmes en zone naturelle qu'en zone urbanisée (on peut laisser certaines pratiques agricoles en zone rouge, tandis que l'urbanisation y est interdite) ;

Enjeux moins vulnérables risque limité. Le respect des bonnes pratiques de construction et d'utilisation des terrains est essentielle.

Enjeux moins vulnérables risque limité Le respect des bonnes pratiques de construction et d'utilisation des terrains est essentielle.[6]

3.2. Composants du concept « risque »

D'après l'équation précédente le risque se compose du triptyque : aléa, enjeux et vulnérabilité.

$$\text{Risque} = \text{Aléa} \times \text{Vulnérabilité} \times \text{Valeur}$$

Aléa : probabilité qu'un phénomène accidentel se produisant sur un site industriel crée en un point donnée du territoire des effets d'une intensité donnée, au cours d'une période indéterminée.

Réduire le risque à la source, c'est réduire l'aléa.

Enjeu : ensemble des personnes et des biens susceptibles d'être affectés par le phénomène accidentel.

Vulnérabilité : exprime et mesure le niveau de conséquences prévisible de l'aléa sur l'enjeu.

4. Les effets d'un accident industriel

Les effets d'un accident industriel sont de trois ordres pouvant intervenir seuls, successivement, ou simultanément.

- **Les effets thermiques** : ils sont liés à une explosion ou à la combustion d'un produit inflammable. Il en résulte des brûlures plus ou moins graves ;
- **Les effets mécaniques** : ils résultent d'une surpression suite à une onde de choc (déflagration ou détonation), provoquée par une explosion. Les lésions aux tympans, aux poumons, en sont les conséquences principales ;
- **Les effets toxiques** : une fuite de substance toxique (chlore, ammoniac, phosgène, acide, etc.) dans une installation peut par l'inhalation, par contact avec la peau ou les yeux, ou par ingestion provoquer de graves lésions. Les effets peuvent être par exemple un œdème aigu du poumon, une atteinte au système nerveux ou des brûlures chimiques cutanées ou oculaires.[2]

5. Typologie des risque industriels

5.1. Risque lié aux produits chimiques :

Les principales sources de risque sont le déversement ou le dégagement de produits consécutifs à une fuite.



Figure I.2 : Stockage de produit chimique .

5.1.1. Les causes possibles :

1-Dommages mécaniques subis par :

Les conteneurs ou les rayonnages

- Heurts lors du transport intérieur, dus éventuellement à un éclairage insuffisant,
- Empilement excessif, instable,
- Surcharge des rayonnages,
- Différences de niveaux dans l'espace de stockage basculement ou chute des produits stockés.

2-Vieillessement des conteneurs ou des rayonnages dû à :

- Des facteurs physiques ou chimiques
- Durée de stockage perte d'élasticité et fragilisation des matières plastiques,
- Lumière, notamment rayonnements UV fragilisation des matières plastiques,
- Froid perte d'élasticité et fragilisation des matières plastiques et des métaux,
- Chaleur ramollissement des matières plastiques,

- Atmosphère agressive corrosion des éléments métalliques,
- Interaction entre les matériaux constitutifs des conteneurs et les produits stockés.

3-Phénomènes dus à :

- L'action de facteurs physiques ou chimiques sur les produits stockés
- Froid cristallisation, bris des récipients en verre contenant des solutions aqueuses,
- Chaleur surpression interne du fait de la pression de vapeur, décomposition des produits thermosensibles,
- Lumière, notamment rayonnements UV déclenchement de réactions violentes dans le cas de produits peroxydables ou polymérisables,
- Durée de stockage (en relation avec le transport, notamment) décomposition des produits instables.

4-Manipulation en système ouvert

- Conditionnement et transvasement,
- Conteneurs non refermés.

5.1.2. Effets possibles :

5-Incendie/explosion

6-Risques pour la santé :

- Irritation,
- Intoxication,
- Brûlure chimique,
- Brûlure thermique ou cryogénique,
- Sensibilisation,
- Insuffisance respiratoire,
- Asphyxie.

7-Dommages environnementaux

8-Dommages matériels [7]

5.2. Risque lié à l'électricité

Les risques liés à l'électricité, sont de différentes natures. Il s'agit principalement des risques d'électrisation, d'électrocution et de brûlure. Ces risques ont pour origines des contacts directs ou indirects et des arcs électriques.



Figure I.3 : Accident d'origine électrique

Un **contact direct** est un contact avec une pièce nue sous tension. C'est par exemple le contact avec une partie conductrice d'une borne de raccordement, avec l'âme d'un conducteur dénudé ...

Un **contact indirect** est un contact avec une pièce conductrice mise accidentellement sous tension. C'est par exemple le contact avec une armoire métallique non reliée à la terre et dont l'équipement électrique qu'elle contient présente un défaut d'isolement.

Un **arc électrique** est susceptible d'apparaître lorsque l'on ouvre ou que l'on ferme un circuit. En effet, sous l'influence de la tension électrique créée entre les extrémités des conducteurs que l'on sépare ou que l'on approche, les électrons libres sortent du métal et heurtent violemment les molécules d'air de l'espace interstitiel

5.2.1. Les dangers de l'électricité :

- Brûlure électrique.
- Electrisation ou électrocution.
- Incendie et explosion.

5.2.2. Des autres dangers indirects de l'électricité :

- Chute
- Pièces tournantes...

5.2.3. Effets sur la santé:

Une électrisation peut être plus ou moins grave, tout dépend de:

- La fréquence du courant,
- L'intensité du courant (danger à partir de 5 mA),
- La durée du passage du courant,
- La surface de la zone de contact,
- La trajectoire du courant,
- L'état de la peau (sèche, humide, mouillée),
- La nature du sol.

5.2.4. Résistance de l'homme au courant électrique :

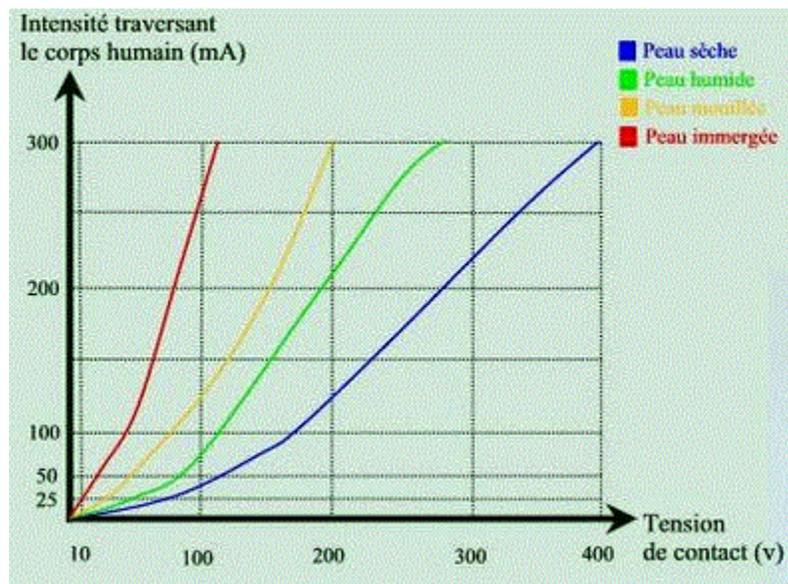


Figure I.4 : Résistance de l'homme au courant

5.2.5. Moyens de prévention :

- Information, formation et instruction du personnel
- Remplacement des équipements dangereux par des équipements non dangereux, et/ou, si Cela n'est pas possible, par des équipements moins dangereux

- Contrôle et maintenance des installations
- Signalisation adaptée • Protection ou éloignement des pièces nues sous tension
- Mise en place de consignes en cas d'intervention
- Dispositifs de coupure d'urgence.
- Matériel à double isolation
- Equipements de protection individuelle adaptés
- Contrôles périodiques
- Respect des cinq règles de sécurité

5.2.6. Les 5 règles de sécurité :

- 1-Mise hors tension,
- 2-Protection contre la remise sous tension,
- 3-Contrôle de l'absence de tension,
- 4-Mise à la terre et court-circuit,
- 5-Séparation, isolation, protection des parties voisines sous tension

5.3. Incendie /Explosion :

Il s'agit de réactions exothermiques souvent accidentelles et se produisent chaque fois avec des produits incompatibles. Le risque incendie-explosion a pour origine des réactions chimiques dangereuses, la combustion étant l'une d'elles.



Figure I.5 : Incendie/explosion

5.3.1. Incendie :

Incendie est un feu violent et destructeur pour les activités humaines ou la nature. L'incendie est une réaction de combustion non maîtrisée dans le temps et l'espace

5.3.1.1.les origines d'incendies :

Les origines d'incendies peuvent être nombreuses : réaction chimique dangereuse, incompatibilités de produits, emballement thermique, fuite de gaz, imprudence, électricité (appareil défectueux, surtension) ...

5.3.1.2. Effets directs :

Il s'agit de la brûlure provoquée par les flammes ou les matériaux en ignition, ou de l'intoxication provoquée par le gaz résultants de la combustion. Deux types de risques :

- 1-Le risque d'anoxie
- 2-Le risque toxique

5.3.1.3. Effets indirects :

Allant de la destruction des biens des particuliers à la perte d'outils de production qui ont, la plupart du temps, des répercussions économiques, écologiques ou historiques (patrimoine).

5.3.1.4. Triangle du feu :

Pour qu'un incendie se déclare, il faut réunir trois éléments : Le combustible : propane, bois, huile, ..., Le comburant : généralement l'oxygène de l'air, La chaleur : fer à souder, cigarette, flamme, chauffeuse, lampe, ... ces trois éléments constituent le triangle du feu.



Figure I.6 :Triangle du feu

5.3.1.5. les différentes de feu et leur agents extincteur :

Les classes de feux

Les feux sont répertoriés dans cinq classes

| Classes | A | B | C | D | E |
|----------------------|---|---|---|--|--|
| Signalétiques |  |  |  |  |  |
| Dénominations | Feux « secs » ou « braisants » Feux de matériaux solides formant des braises | Feux « gras » Feux de liquides ou de solides liquéfiables | Feux « gazeux » Feux de gaz | Feux de métaux | Feux d'huiles et graisses végétales ou animales (Auxiliaires de cuisson) |
| Combustibles | bois, papier, tissu, plastiques (PVC, nappes de câbles électriques non-alimentées), déchets ... | Hydrocarbures (essence, fioul, pétrole), alcool, solvants, acétone, paraffine, plastiques (polyéthylène, polystyrène), graisses, goudrons, vernis, huiles, peintures, ... | propane, butane, acétylène, gaz naturel ou méthane, gaz manufacturé | limaille de fer, phosphore, poudre d'aluminium, poudre de magnésium, sodium, titane, ... | En lien avec l'utilisation d'un auxiliaire de cuisson (cocotte minute, friteuse,) |
| Agents d'extinction | Eau pulvérisée (A) Eau pulvérisée avec additif (émulseur) ou mousse Gaz inerte | Dioxyde de carbone (CO2) Eau pulvérisée avec additif (émulseur) (AB) ou mousse Poudres BC (BC) Gaz inerte | Poudres BC (BC) | Extinction réservée aux spécialistes avec du matériel adapté (poudres D) (D) (sable, terre). | Poudres BC (BC) Agents de classe F (carbonate de potassium ou acétate d'ammonium) |
| | Poudres polyvalentes ABC | | | | |
| Manœuvres et risques | L'eau est indiquée, bon marché, et agit par refroidissement. | Extinction au CO ₂ à condition que la surface enflammée ne soit pas trop grande. | Fermer la vanne d'alimentation. Attention : risque d'explosion en cas de soufflage de la flamme ! | Danger d'explosion : eau interdite ! | Refermer le récipient avec le couvercle, une couverture anti-feu ou une serpillière humide (pas trempée ! l'huile réagit violemment au contact de l'eau) |

Figure I.7 : Tableaux des classes des feux

5.3.2. Explosion :

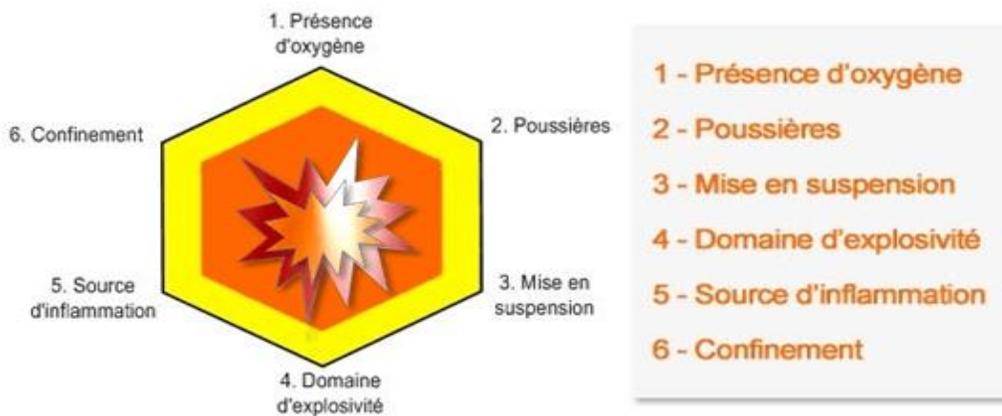


Figure I.8 : L'hexagone de l'explosion

Le phénomène d'explosion correspond en fait à une brutale libération d'énergie. La violence de l'explosion est essentiellement fonction de la quantité d'énergie libérée et de la cinétique du processus de libération.

Les explosions peuvent être classées en fonction de la vitesse de l'onde qu'elles engendrent. On parle de :

- Déflagration lorsque le front de décomposition se déplace à une vitesse inférieure à la vitesse du son dans le milieu local,
- Détonation lorsque le front de flamme dépasse la vitesse du son des gaz brûlés, ce qui engendre une onde de choc. C'est ce qui se produit lors de l'utilisation d'un détonateur ou d'un explosif brisant, le front de décomposition peut se propager à des vitesses qui dépassent 10 km/s.

L'énergie libérée peut avoir différentes origines :

- 1-Explosion due à une réaction chimique
- 2-Explosion due à une cause physique
- 3-Explosion nucléaire

5.3.3. Modalités d'exposition :

- Toute situation de travail où se trouvent simultanément des Produits/matériaux combustibles, une source de chaleur et un comburant (p.ex. air)
- Utilisation de substances facilement inflammables
- Création d'une atmosphère explosive (gaz, vapeurs, poussières, etc.)
- Mélange de produits incompatibles.

5.3.4. Moyens de prévention :

- Formation, information et instruction du personnel
- Remplacement par des produits non dangereux et, si cela n'est possible, par des produits Moins dangereux
- Organisation du stockage
- Organisation de l'alerte et de l'intervention des secours
- Contrôle des équipements et installations
- Signalisation et étiquetage appropriés
- Affichage des consignes de sécurité et des plans d'évacuation

- Installation d'alarmes et de moyens de détection
- Installation de moyens d'extinction
- Suppression des sources de chaleur à proximité.

5.4. Fuite de gaz :

Une fuite de gaz est souvent la conséquence d'une installation vétuste, mal entretenue ou d'un incident causé sur une canalisation de gaz. Certains signes ne trompent pas, en particulier lorsqu'une forte odeur de gaz est détectée dans une pièce. Quelle que soit la cause, une fuite de gaz ne doit pas être prise à la légère, car elle peut occasionner des dégâts pouvant aller jusqu'à l'explosion.

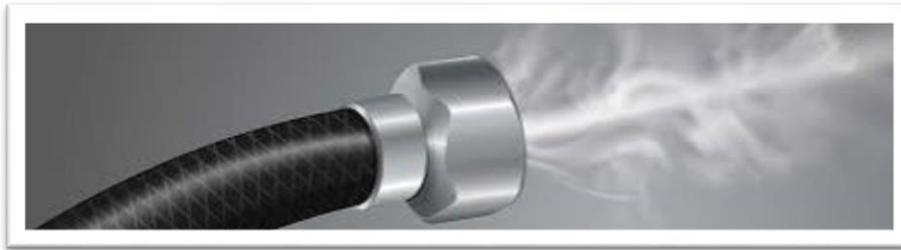


Figure I.9 :Fuite de gaz

5.4.1. Les accidents en cas de fuite de gaz :

Les accidents en cas de fuite de gaz sont le plus souvent l'intoxication, l'asphyxie et l'explosion, cette dernière entraîne bien souvent un incendie avec des risques de brûlures graves.

5.4.2. Les gestes à faire en cas de fuite de gaz :

- Ouvrir les portes et les fenêtres en grand ;
- Ne toucher aucun équipement électrique ;
- Éviter toute source d'étincelle ou de flamme ;
- Couper l'arrivée de gaz, si vous connaissez son emplacement et sans allumer de lampe ;
- Sortir de chez vous ;
- Prévenir les secours ;
- Alerter les voisins ;
- Patienter à l'extérieur jusqu'à ce que les techniciens d'Urgence sécurité gaz interviennent.[1]

6. Conclusion :

Dans ce chapitre, plusieurs modèles de classification ont été proposés. Ils ne sont pas exhaustifs, ces classifications intègrent plusieurs types de risques qui n'ont pas été tous détaillés et hiérarchisés (Risque Planning, Risque technologique, Risque humain, Risque accidentel, Risque conjoncturel ...). Il est important de développer l'analyse de risque en se posant les questions suivantes : Pour qui ? Sur quoi ? Quand ?

Sécurité en entreprise industrielle et performance vont de pair. Cela a toujours été le cas dans le monde de l'industrie et l'est encore davantage dans celle qui se profile, où l'environnement de travail évolue sans cesse et les exigences augmentent constamment. L'amélioration continue passe donc aussi par l'analyse des risques, le traitement et la mise en place de plan de prévention des risques de diverses natures qui guettent les organisations et en particulier les postes de travail.

Chapitre II : généralités sur les capteurs de gaz et les méthodes d'analyse

1.Introduction

L'analyse des gaz remonte à l'an 1777, année où Lavoisier montra que l'air était composé d'au moins de deux gaz dont l'un (l'oxygène) est essentiel pour la combustion et la respiration et l'autre gaz (l'azote) est inerte. Environ deux cents ans après Lavoisier, des méthodes d'analyse de gaz performantes telles que la chromatographie en phase gazeuse et la spectrométrie de masse sont apparues. Ces analyses sont précises mais elles nécessitent un appareillage relativement lourd et onéreux. A côté des méthodes classiques d'analyse des gaz, les détecteurs à base d'oxyde métallique (MOX) se sont développés [1]. Ils présentent certains intérêts par rapport aux méthodes classiques. En effet, leur compatibilité avec la technologie de la microélectronique permet leur miniaturisation, ce qui entraîne une réduction du coût par une fabrication de masse, d'une part, et une faible puissance électrique consommée, d'autre part.

Dans cette partie, nous présenterons les principales techniques d'analyse des gaz. Ensuite les différents types de capteurs chimiques,

2.Méthodes d'analyse de gaz

La précision de la mesure varie selon la méthode. Lorsque l'on recherche de grandes performances (précision, sensibilité, sélectivité), les méthodes performantes telles que la chromatographie en phase gazeuse et la spectrométrie de masse sont bien adaptées. Par contre, lorsque l'on n'a besoin que d'une indication sur le milieu (on parle alors de détection), des méthodes moins chères et plus faciles à mettre en œuvre, telles que les tubes colorimétriques et les capteurs MOX, qui sont mieux adaptées.

2.1.La chromatographie en phase gazeuse

La chromatographie en phase gazeuse permet de séparer les constituants d'un mélange gazeux quelle que soit la concentration des constituants. La séparation repose sur l'entraînement différentiel des constituants présents dans une colonne constituée de deux phases : une phase stationnaire et une phase mobile figure II.1. Ces constituants parcourent la colonne avec des temps proportionnels à leurs propriétés intrinsèques (taille, structure, masse...) et à leur affinité avec la phase stationnaire (polarité...). A leur arrivée au bout de la colonne, le détecteur mesure

Chapitre II : généralités sur les capteurs de gaz et les méthodes d'analyse

en continu la quantité de chacun des constituants du mélange. Cette technique peut être utilisée pour l'analyse de la plupart des gaz selon le type de colonnes et de détecteurs choisis.[8]

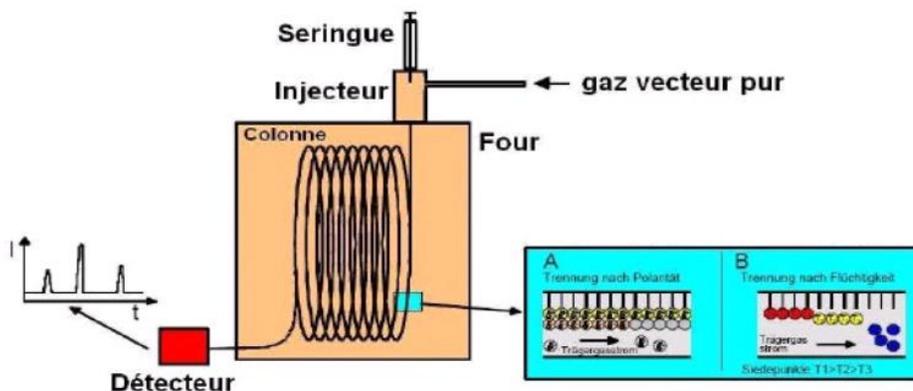


Figure II.1 : Principe d'un chromatographe de gaz

2.2.Spectrométrie de masse

La spectrométrie de masse est utilisée en analyse chimique en raison de ses caractéristiques : sensibilité élevée, faible limite de détection, analyses qualitative et quantitative. Une petite quantité du composé à analyser est d'abord ionisée par un bombardement d'électrons, d'ions ou de photons suivant les cas, figure II.2 . Ces ions sont soumis, sous vide élevé, à l'action d'un champ électrique ou magnétique. La force qui s'exerce sur ces ions modifie leur trajectoire en fonction de leur rapport masse/charge. En gazométrie, la spectrométrie de masse peut être appliquée à tous les gaz sauf aux gaz réactifs et instables.[9]



Figure II.2 : Principe d'un spectromètre de masse

2.3. Méthodes électroniques

Détecteur à ionisation de flamme (DIF) : cette technique est principalement utilisée pour la détermination des concentrations en composés organiques volatiles (COVs) et les hydrocarbures. Le principe de fonctionnement est basé sur l'émission d'un nombre d'ions quasi proportionnel à celui d'atomes de carbone, figure II.3, lors de la combustion de COVs dans une flamme d'air-hydrogène. Cette technique n'est pas sélective puisqu'elle détecte tous les composés ayant des liaisons carbone-hydrogène.

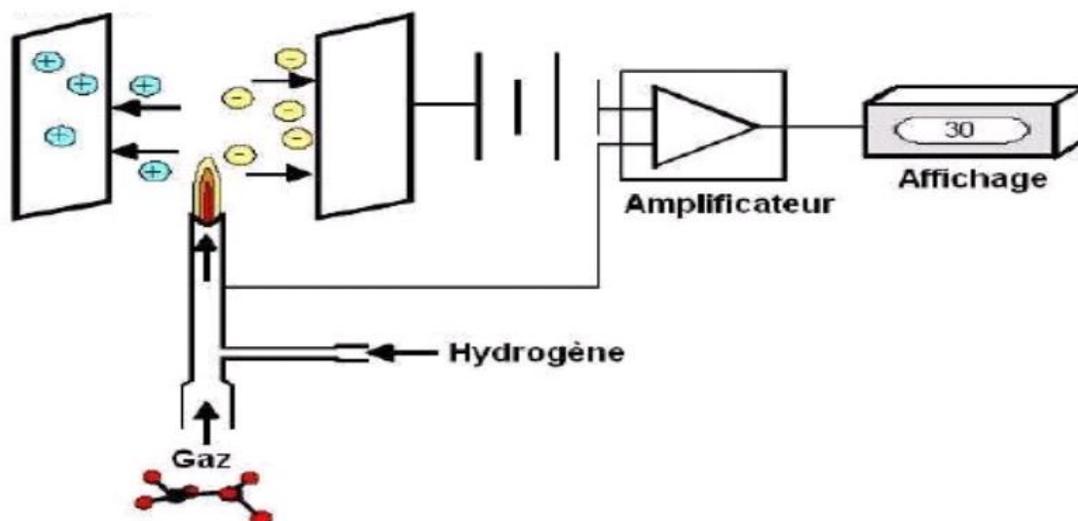


Figure II.3 : Détecteur à ionisation de flamme

Détecteur à photoionisation (DPI) : le principe est le même que pour l'ionisation de flamme, à la différence près que l'ionisation se fait par rayonnement ultraviolet, avec des photons d'énergie voisine de 10 eV. Cette méthode n'est donc applicable qu'aux molécules ayant un potentiel d'ionisation inférieur à 11 eV.

2.3. Méthodes électroniques

Cette méthode, déjà utilisée dans les premiers détecteurs, est basée sur la réaction chimique entre le gaz à détecter et le réactif contenu dans un tube. Le tube détecteur contient une quantité bien précise d'un ou plusieurs réactifs. Le gaz est introduit dans le tube et le réactif change de couleur. La concentration du gaz est proportionnelle à la longueur de la coloration, figure 2.4. Les avantages de cette méthode sont sa simplicité de mise en œuvre grâce à un équipement peu encombrant et peu coûteux. Par contre, la précision de la mesure est mauvaise

Chapitre II : généralités sur les capteurs de gaz et les méthodes d'analyse

(l'erreur est de l'ordre de 30 %). Cependant, l'utilisation de cette méthode est assez répandue. Les applications sont la surveillance de l'air dans les postes de travail et les mesures relatives à la pollution. Cette méthode est aussi utilisée pour vérifier de façon rapide les données d'autres méthodes d'analyse. [10]



Figure II.4 : Tube réactif

2.4. Autres méthodes

Les méthodes présentées ci-dessous sont spécifiques à l'analyse d'un seul gaz ou d'une famille de gaz. Nous décrivons brièvement leurs principes de fonctionnement.

Chimiluminescence : cette technique est utilisée pour mesurer les NOx en raison de sa sensibilité et de son temps de réponse de l'ordre de la seconde. Le principe est basé sur la réaction de NO avec l'ozone qui libère une énergie lumineuse dans le domaine du proche IR. L'intensité de la radiation mesurée est proportionnelle à la concentration selon la loi de Beer- Lambert.

Fluorescence UV : elle est spécifique à la détermination de la concentration de SO₂ dans l'air. Le principe de fonctionnement est basé sur l'émission d'énergie lumineuse qui se produit lorsqu'une molécule, préalablement excitée par un rayonnement UV, réémet une radiation bien caractéristique en revenant à l'état fondamental. De même qu'avec la chimiluminescence, l'intensité de la radiation de fluorescence UV est proportionnelle à la concentration de SO₂ selon la loi de Beer-Lambert.

Paramagnétisme : cette méthode est utilisée pour la mesure de l'oxygène du fait que seul l'oxygène est fortement paramagnétique. Les molécules d'oxygène sont ionisées et les ions sont attirés par un champ magnétique. Le courant ionique résultant est donc lié à la concentration d'oxygène.

2.5. Récapitulatif

La précision de la mesure varie selon la méthode. Lorsque l'on recherche de grandes performances (précision, sensibilité, sélectivité), les méthodes performantes telles que la chromatographie en phase gazeuse et la spectrométrie de masse sont bien adaptées. Par contre, lorsque l'on a besoin que d'une indication sur le milieu (on parle alors de détection), des méthodes moins chères et plus faciles à mettre en œuvre, telles que les tubes colorimétriques et les capteurs MOX, sont mieux adaptées.[11-12]

3. Capteur de gaz

3.1. définition d'un capteur de gaz

Un capteur de gaz est défini comme un composant dont au moins une de ses propriétés physiques change quand il est soumis à un changement d'environnement gazeux. D'une manière générale, un capteur est composé de deux éléments principaux : l'élément sensible et le transducteur. L'élément sensible est le cœur du capteur, sur lequel se passe la réaction avec l'espèce gazeuse. Le transducteur est le dispositif permettant la conversion du résultat de la réaction entre le gaz et l'élément sensible en un signal facilement mesurable (signal électrique ou optique). Parfois, l'élément sensible et le transducteur sont confondus, comme par exemple, dans les capteurs MOX.

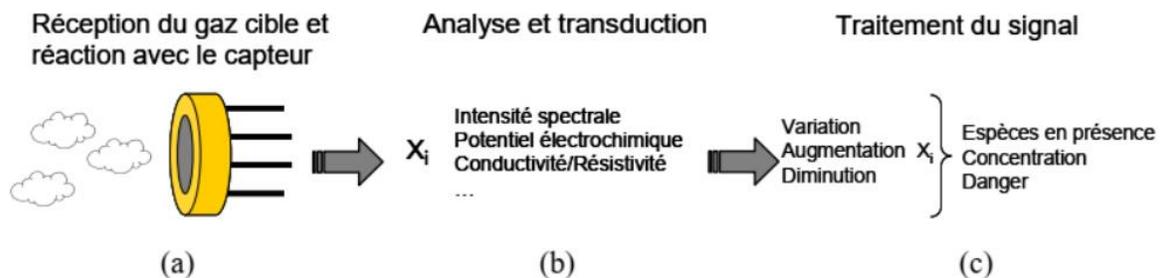


Figure II.5 : Schéma représentatif des différentes parties composant un détecteur de gaz

3.2. Familles de capteurs de gaz

Dans le monde de l'industrie, il existe plusieurs types de capteurs de gaz. Dans ce qui suit, nous donnons un aperçu du principe de détection de quelques types de capteurs.

3.2.1. Capteur à microbalance de quartz

Ce capteur est constitué d'un matériau sensible (cristal de quartz) sous la forme d'un disque, utilisé dans un oscillateur (voir figure 14)

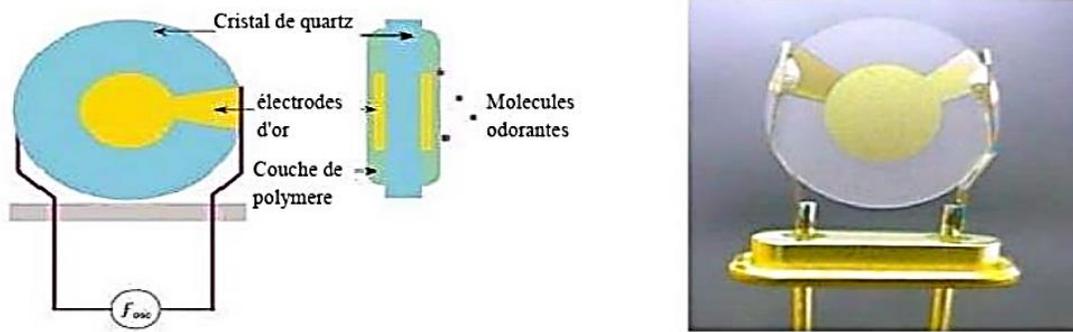


Figure II.6 : Structure d'un capteur à microbalance de quartz.

Le principe de fonctionnement repose sur la variation de la fréquence de résonance du matériau sensible quand une espèce s'adsorbe à sa surface.[13]

Cette variation est décrite par l'équation de Sauerbrey :

$$\Delta f = (f_e - f_q) = - \frac{2 \cdot f_q^2 \cdot m_f}{\rho_q \cdot v_q} \quad (2.1)$$

Où :

m_f : est la masse du film par unité de surface.

ρ_q : la densité.

f_q : la fréquence de résonance naturelle du quartz.

f_e : la fréquence de résonance du quartz en présence d'espèces détectables.

v_q : vitesse de propagation des ondes dans le quartz

Ses avantages sont une bonne sensibilité (de l'ordre de quelques ppm avec les hydrocarbures halogénés), un fonctionnement à la température ambiante et une réponse linéaire. Cependant, il n'est pas sélectif et, de plus, il est sensible à la température.

3.2.2. Capteur à ondes acoustiques de surface

Ce capteur est constitué d'un matériau piézo-électrique (quartz) sur lequel deux paires d'électrodes interdigitées sont déposées [2].

L'une des électrodes est utilisée pour l'excitation et joue le rôle d'un émetteur, alors que l'autre a pour mission de la réception et la détection des ondes après propagation [2].

Chapitre II : généralités sur les capteurs de gaz et les méthodes d'analyse

Entre ces deux électrodes, une couche sensible est déposée sur le trajet de l'onde. Cette couche permet l'adsorption du gaz à détecter (voir figure II.7) [8].

Le principe de fonctionnement de ce capteur est similaire à celui des capteurs à microbalance de quartz. En effet, l'adsorption de l'espèce à détecter par la couche sensible modifie la propagation de l'onde et par conséquent sa fréquence [8,9].

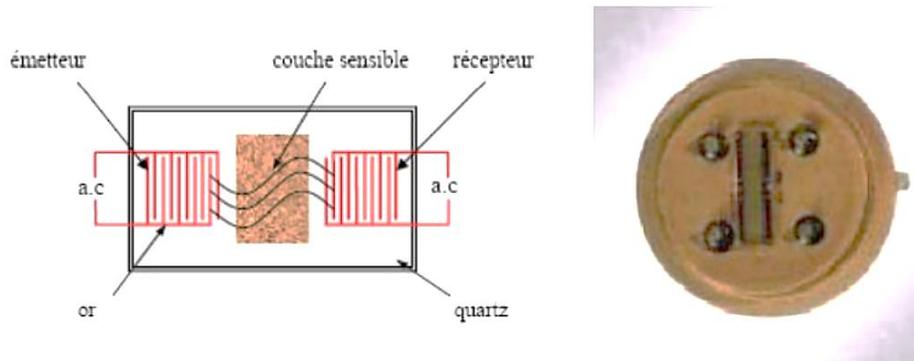


Figure II.7 : Structure d'un capteur à ondes acoustiques de surface.

3.2.3. Capteur à transistors à effet de champs (GASFET)

La structure de ce type de capteurs de gaz est la même d'un transistor MOS à effet de champs sauf que la grille du FET est constituée d'un oxyde métallique sensible au gaz et sur laquelle une membrane sensible à la substance à détecter est intégrée (voir figure II.8) .

En effet, lors de l'absorption, l'interaction de l'oxyde métallique avec l'espèce à détecter provoque une modification de la tension de seuil du FET. Cette modification induit une variation de la concentration de porteurs au niveau du canal du transistor et de sa conductance.

La structure de ce capteur est illustrée dans La figure II.8 :

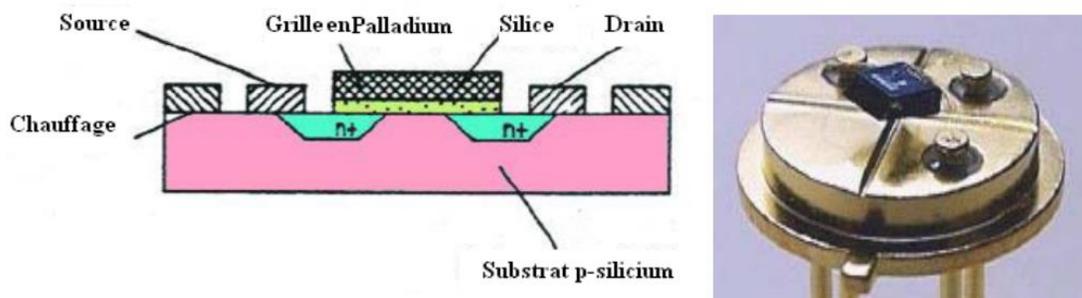


Figure II.8 : Schéma d'un capteur de gaz de type GASFET

3.2.4. Capteur électrochimique

Le principe de fonctionnement est basé sur les réactions d'oxydoréduction. La structure la plus simple comprend une membrane semi-perméable jouant un rôle de barrière de diffusion, un électrolyte et deux électrodes entre lesquelles est appliquée une différence de potentiel. L'absorption du gaz à détecter donne lieu à une réaction électrochimique spécifique, ce qui induit une force électromotrice liée au transfert de charges entre le gaz et la cellule. Ces capteurs sont sensibles et possèdent une bonne sélectivité aux gaz [14].

Cependant, leur durée de vie est limitée et la mesure dépend de l'histoire du capteur.

3.2.5. Capteur à fibre optique

Les deux principaux types de capteur de gaz à fibres optiques sont : les capteurs extrinsèques et les capteurs intrinsèques. Pour le capteur extrinsèque, l'élément sensible se trouve à l'extrémité de la fibre optique, tandis que dans le cas du capteur intrinsèque [15], la surface de la fibre optique constitue elle-même l'élément sensible. Le principe de fonctionnement est basé sur la modification de la propagation du rayonnement. En effet, la lumière dans la zone de mesure subit une modification en présence de la substance à détecter.

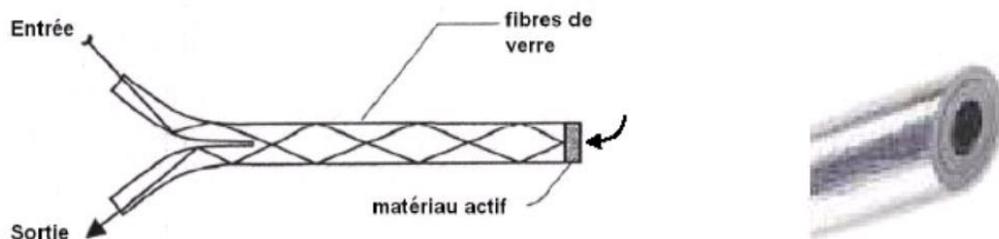


Figure II.9 : Capteur à fibre optique

L'avantage de ces capteurs est qu'ils offrent la possibilité d'obtenir une mesure dans des environnements difficiles à accéder ou perturbés.

3.2.6. les capteurs de gaz à base d'oxyde métalliques (MOX)

Le capteur de gaz à base d'oxyde métallique est principalement composé de matériaux semi-conducteurs auxquels d'autres oxydes ou des catalyseurs (tels que le platine ou le palladium) sont ajoutés. Ils possèdent plusieurs avantages, tels qu'une intégration facile dans un

système de détection complet avec des faibles coûts de fabrication et de maintenance. Aussi, ils sont sensibles aux différents gaz, avec des temps de réponse relativement courts.

4. Performance d'un capteur de gaz

Plusieurs critères peuvent être généralement pris en compte pour définir les performances d'un capteur. L'importance des uns par rapport aux autres dépend logiquement de l'application qui est visée. Les auteurs définissent souvent les performances d'un capteur de gaz par « la règle des 3S » (Sensibilité, Stabilité, Sélectivité). Les caractéristiques présentées ci-dessous sont utilisées pour évaluer les performances des capteurs de gaz.

4.1. Sensibilité :

La sensibilité, par définition, est le rapport de la variation de la réponse électrique du capteur à celle de la concentration du gaz :

$$s = \frac{\Delta R}{\Delta [C_{gaz}]} \quad (2.2)$$

Quelle que soit la définition utilisée, plus la valeur du paramètre est grande, mieux le capteur réagit au gaz. Actuellement, les capteurs de gaz sont suffisamment sensibles.

4.2. Stabilité :

Ce paramètre est utilisé pour caractériser la dérive du signal du capteur dans le temps. Il existe un vieillissement du capteur, ce qui limite son utilisation à long terme. L'instabilité peut être considérée comme une source supplémentaire d'incertitude, d'autant plus grande que la durée d'utilisation du capteur sera grande. Différentes solutions sont proposées pour y remédier, notamment par un traitement préalable de la couche sensible. [16]

4.3. Sélectivité :

La sélectivité est définie comme étant la capacité d'un capteur à répondre à un certain gaz en présence des gaz interférents. C'est le paramètre le plus important car le capteur est souvent utilisé pour détecter un gaz dans une atmosphère contenant plusieurs gaz. Actuellement, les capteurs à base d'oxydes métalliques souffrent d'un manque important de sélectivité et de nombreuses méthodes sont étudiées pour résoudre ce problème.

4.4. Température de fonctionnement :

Le processus d'adsorption et de désorption des molécules de gaz à la surface du capteur dépend fortement de sa température de fonctionnement. Afin de garantir une bonne réversibilité des phénomènes d'adsorption et de désorption, les capteurs MOX fonctionnent à température élevée, typiquement entre 300°C et 500°C. La réduction de la température de fonctionnement entraîne une diminution de la puissance électrique consommée. Dans ce but, des recherches sur des capteurs fonctionnant à des températures plus basses ou à température ambiante sont en cours.

4.5. Temps de réponse :

Il exprime le temps nécessaire que met la valeur de sortie du capteur pour se stabiliser lorsque les conditions de mesure varient brutalement d'un état à un autre. Le temps de réponse est pris entre 10% et 90% de la valeur stabilisée. Dans le cas des capteurs de gaz, cette valeur dépend essentiellement de la cinétique des réactions chimiques mises en jeu. Il est à noter qu'il est souvent très difficile d'estimer ce temps sans prendre en compte celui du banc de caractérisation qui peut être soit plus petit, soit équivalent, soit bien plus important suivant les conditions de mesure [17]

5. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les principales techniques d'analyse des gaz. Certaines techniques telles que la chromatographie en phase gazeuse et la spectrométrie de masse sont très performantes. Cependant, elles sont complexes à mettre en œuvre et coûteuses. En ce qui concerne les capteurs, les principaux critères permettant d'établir un choix pour une application précise viennent essentiellement de leur sensibilité au gaz à détecter.

De plus, leur sensibilité à l'humidité doit être minimale pour des applications concernant des substances naturelles ou environnementales. D'autre part, les capteurs à base d'oxydes métalliques sont de plus en plus utilisés. Leurs performances sont moindres que celles des techniques d'analyse classiques mais elles sont suffisantes pour certaines applications. Leur fabrication est compatible avec la microélectronique, ce qui permet leur miniaturisation et une production de masse. Jusqu'à présent, ces microcapteurs sont utilisés comme détecteurs seulement. Afin de pouvoir réaliser des analyses qualitative et quantitative avec ces capteurs, il faut améliorer leurs performances, en particulier leur sélectivité.

Chapitre III : Internet des objets

1.Introduction

L'internet a connu depuis son apparition, un grand essor et a touché pratiquement tous les domaines de notre vie de tous les jours : politique, économique, socioculturel, ...etc. Elle est devenue la principale source d'information, [18]

L'internet a également facilité la Communication entre les gens, en transformant le monde en une petite ville. [18]

Le progrès scientifique et technologique a eu, spécialement dans le domaine de l'électronique, de la communication des objets intelligents et des systèmes de capteurs très développés, variés et de différentes tailles, des répercussions positives sur l'internet et apparition également d'un nouveau paradigme qui est « l'Internet des Objets », en anglais : Internet Of Things (IOT).[18]

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

L'internet des objets (IoT) résume une vision d'un monde dans lequel des milliards d'objets se connecteront sur des réseaux IP (Internet Protocol) pour crée un environnement intelligent. Ces appareils ou gadgets sont généralement connectés à des microcontrôleurs, capteurs, actionneurs et connectivité Internet. Ces gadgets peuvent inclure des articles ménagers réguliers comme des machines à laver, des réfrigérateurs, des systèmes de sonorisation, des cafetières. [19]

2. Internet des objets :

2.1. Notion de l'objet connecté :

L'IOT repose avant tout sur les objets connectés. On peut dire qu'un objet connecté a la capacité de capter une donnée et de l'envoyer, via le réseau Internet ou d'autres technologies, pour que celle-ci soit analysée et visualisée sur des tableaux de bord dédiés. Les objets connectés interagissent avec leur environnement par le biais de capteurs (température, vitesse, humidité, vibration...). Dans l'Internet des Objets, un objet peut aussi bien être un véhicule, une machine industrielle ou bien une place de parking. [20]

Un objet connecté est défini comme un équipement possède les sept attributs suivants :

- Capteurs
- Connectivité à internet
- Processeurs
- Efficacité énergétique
- Coût optimisé
- Fiabilité
- Sécurité. [21]

2.2. Caractéristiques d'un objet connecté :

Généralement, un objet connecté est caractérisé par :

- **Identité** : pour que les objets soient gérables il est essentiel que chaque objet connecté possède une identité unique qu'il lui propre et qui le distingue des autres objets du système. [22]
- **Interactivité** : les progrès technologiques ont permis de connecter une grande variété d'objets et de dispositifs. Un objet n'a pas besoin d'être connecté à un réseau à tout moment. Pour des objets dits passifs tels que des livres ou des DVD, des étiquettes RFID doivent seulement être en mesure de signaler leur présence, de temps en temps, comme le moment de quitter le magasin.
- **Programmable** : l'objet connecté doit être programmé et piloté à distance via un ordinateur, une tablette ou un Smartphone. [22]
- **Sensibilité** : un objet a la capacité de percevoir son environnement et peut collecter ou transmettre des informations à celui-ci. Il peut ainsi avoir des capteurs signalant les niveaux de température, humidité, de vibrations, d'emplacement ou débruti. [17]
- **Autonomie** : cette caractéristique est, peut-être, la caractéristique la plus importante pour l'objet connecté. On désigne par cette caractéristique la capacité de l'objet d'agir sans l'intervention d'un tiers. En d'autres termes, les objets doivent pouvoir être traités et surveillés individuellement, généralement depuis un point éloigné, et doivent fonctionner indépendamment d'une télécommande, c.-à-d. que chaque objet devient responsable de lui-même. [22]

2.3. Composants d'un objet connecté

Les technologies permettant l'IoT se composent essentiellement de quatre fonctions principales : détection, communication, contrôle et actionneurs qui ont une grande analogie avec le corps humain [23].

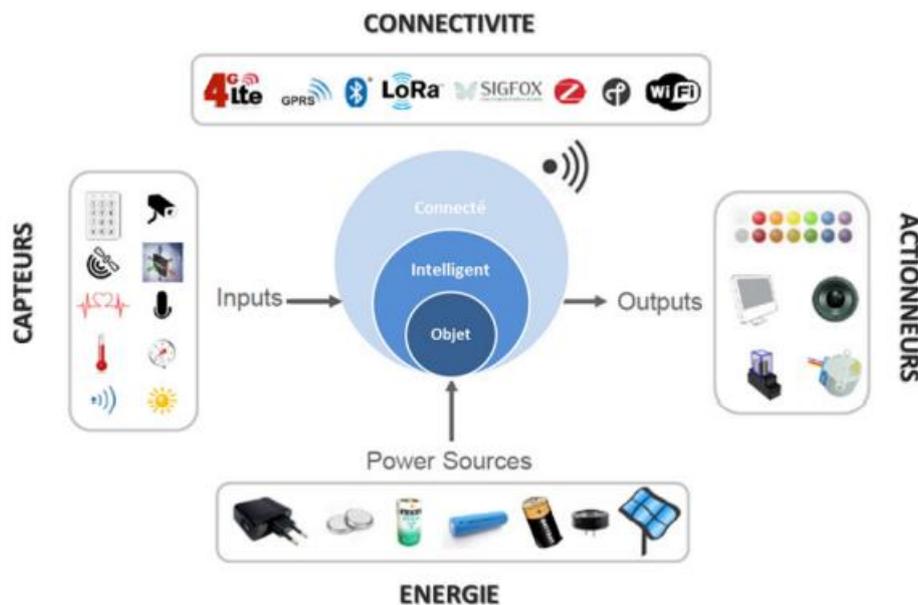


Figure III.1 : Les composants d'un objet connecté

3. Définition de L'internet des objets :

Il n'existe pas de définition standard et unifiée de l'internet des objets, certaines définitions traitent les aspects techniques de l'IOT, alors que d'autres évoquent les usages et les fonctionnalités.

La technologie IOT est considérée comme l'émergence de l'Internet du futur, Certains la définissent comme des « objets ayant des identités et des personnalités virtuelles, opérant dans des espaces intelligents et utilisant des interfaces intelligentes pour se connecter et communiquer au sein de contextes d'usages variés ». [24]

D'autres, insistent sur l'aspect ubiquitaire de l'IOT permettant de connecter les gens et les objets n'importe où, n'importe quand, par n'importe quoi.

Ce nouveau paradigme informatique est basé non plus sur des PC et des Périphériques informatiques, mais sur des objets quotidiens intégrant des capteurs en leurs attribuant une intelligence et la capacité de communiquer via le réseau Internet. [25]

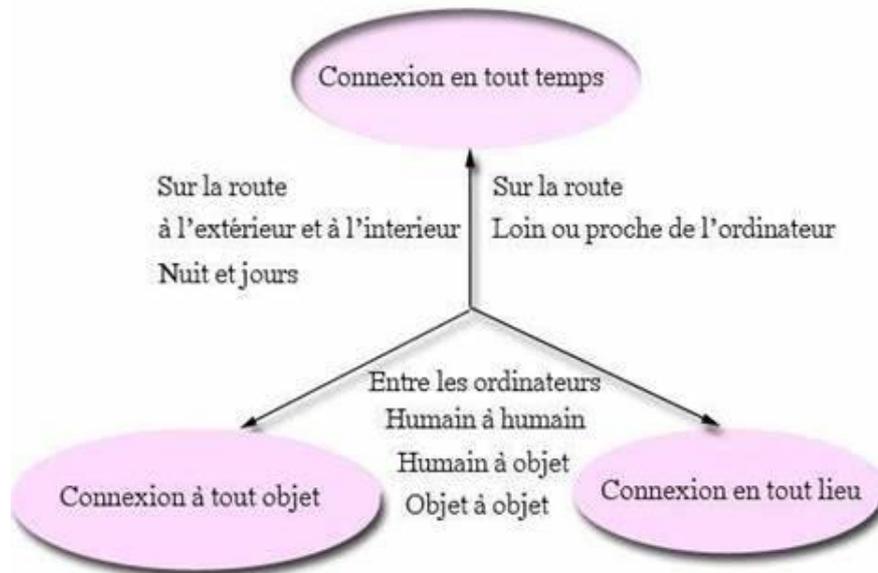


Figure II.2 :Dimensions de l'IoT

3.1. Ecosystème d'un réseau IoT :

L'objet connecté est une partie essentielle de l'écosystème de l'IoT. Comme il y a d'autres parties avant l'objet et après la connectivité, il se décompose en cinq parties essentielles [26] :

- **Chipset** : des puces et des modules électroniques qui constituent les capteurs et les transmetteurs électroniques assemblés composeront les objets connectés.
- **Objet connecté** : composé de chipset, dispose d'un système d'exploitation qui permettra de gérer au mieux la collecte des données.
- **Opérateur réseaux** : il faut relier les objets avec un opérateur réseau pour assurer la connectivité et l'échange de données de l'objet vers le destinataire.
- **Plateforme** : stocke et analyse les données émises par les objets connectés et de les traiter afin de les rendre exploitables par les applications métiers du client final.
- **L'Application** : l'application utilise les données d'objets connectés et les traduit en information exploitables. [27]

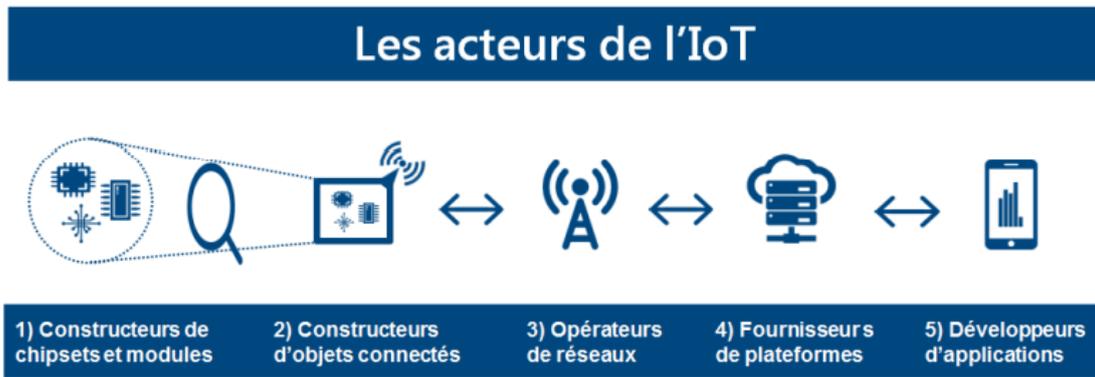


Figure III.3 : acteurs de l'IoT

4. L'évolution d'Internet et son impact dans le monde :

En 2003, la population mondiale a frôlé les 6 milliards d'individus et un demi-milliard d'appareils connectés à Internet. L'idée de l'Internet des objets est apparue en 2009, boosté par l'apparition des Smartphones, le nombre d'appareils connectés à Internet a atteint 12,5 milliards en 2010, alors que la population mondiale était de 6,8 milliards.[19]

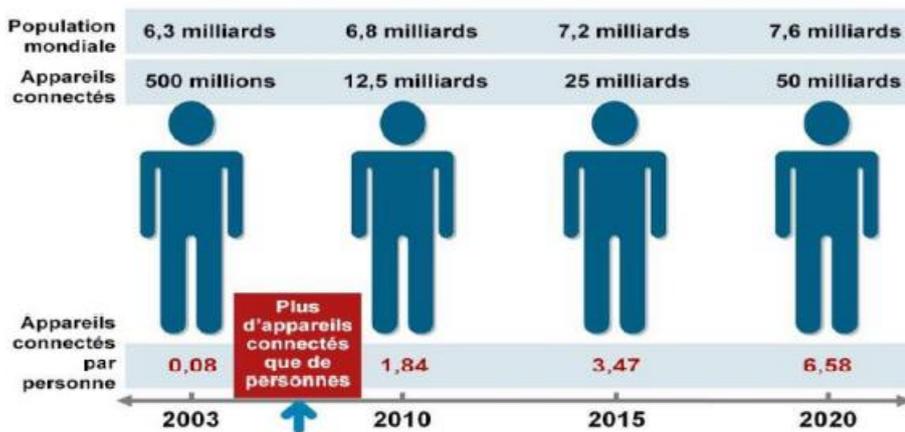


Figure III.4 : l'évolution des objets connectés

5. Fonctionnalité de l'internet des objets

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

Un système IoT se décompose en quatre fonctionnalités comme la montre la figure ci-dessous [28].

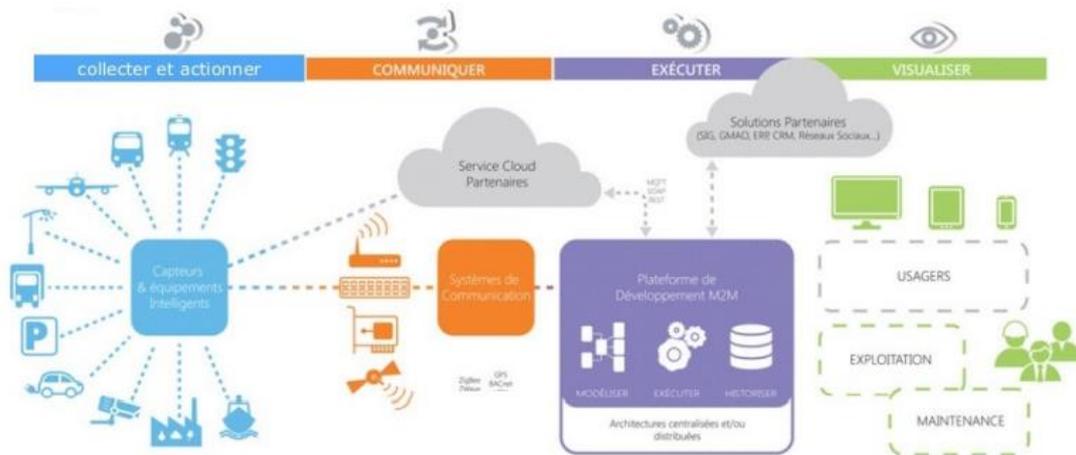


Figure III.5 : Fonctionnalités d'un écosystème IoT

5.1 Collecter / Actionner :

On est à la première couche au niveau des objets connectés. Qui peuvent être des capteurs qui captent des mesures de l'environnement physique (température, humidité) et des actionneurs qui ont le pouvoir d'agir sur l'environnement (des moteurs pour fermer ou ouvrir le volet de la chambre). Certains objets sont dotés de capacités et de ressources matérielles nécessaires qui leur permettent de se connecter directement à Internet.

Mais généralement, ayant des contraintes matérielles, les objets connectés implémentent des protocoles de communication à basse énergie / bas débit et utilisent une Gateway pour pouvoir se connecter à internet cette Gateway peut être un Smartphone, une Arduino ou une Raspberry pi ... [29].

5.2 Communiquer :

À cette étape que se passe l'envoi des données du LAN vers le Cloud. On utilise le protocole UDP à cause des ressources limitées des objets connectés. Deux types distincts d'architecture sont utilisés lors de la communication : l'architecture Request/Response et l'architecture Publish/Subscribe (qui sont détaillés dans la section " Protocole applicatifs ").

5.3 Exécuter :

Cette étape s'occupe du stockage et du traitement des données. C'est en cette étape que rentre en jeu la Plate-forme IoT qui est une solution Cloud qui a pour fonction de connecter plusieurs objets connectés, de traiter et de stocker leurs données, les analyser et les exposer à travers les différentes applications. Les plateformes IoT permettent aussi de faire communiquer des objets qui utilisent des protocoles différents [10].

5.4 Visualiser :

Cette étape a pour tâche d'afficher les services des objets connectés à travers différentes applications dédiées. Un utilisateur, à travers une application mobile, peut communiquer avec ses objets en consultant leurs données ou bien en envoyant des actions vers ses objets [29].

6. Architecture de l'Internet des objets

L'architecture d'un réseau IoT est composée de plusieurs niveaux qui communiquent entre eux selon certaines réglementations pour relier les objets au monde virtuel, ces niveaux sont principalement des composants sur les quelles une architecture est encadrée [28].

Étant donné que l'IoT a connecté des milliards d'appareils et utilise de nombreuses technologies de calcul et de communication, une architecture clairement stratifiée serait bien pour comprendre l'IoT à un niveau élevé. Il existe un modèle à 5 couches pour l'IoT, à savoir la couche de perception, la couche réseau, la couche middleware, la couche application et la couche Business [30].

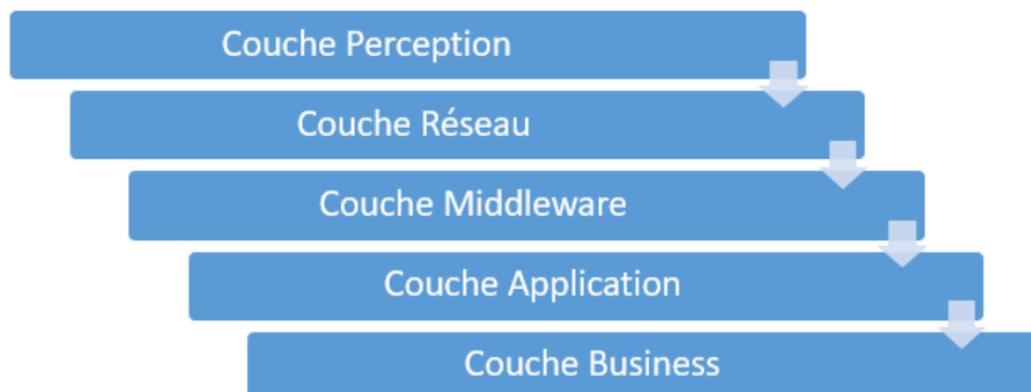


Figure III.6 : Architecture de l'IoT

A) Couche Perception :

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

B) Couche réseau :

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

C) Couche middleware :

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

D) Couche application :

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

E) Couche Business :

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

6.1. Modèles d'architectures de l'Internet des Objets :

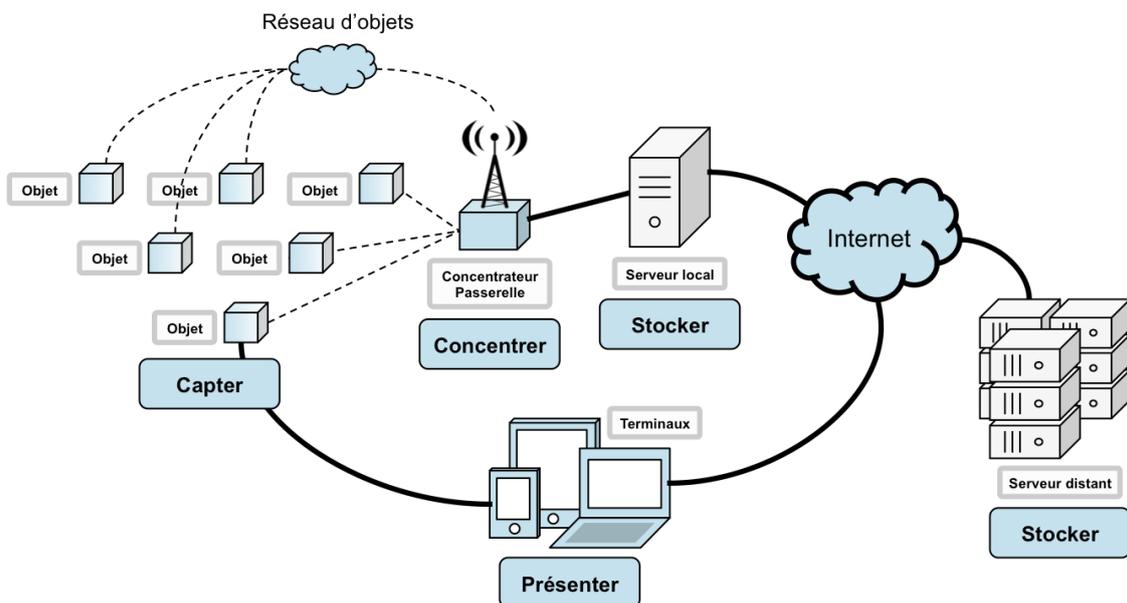


Figure III.7 : mode d'opération des IoT

Précisons le rôle des différents processus présentés sur ce schéma :

- **Capter** désigne l'action de transformer une grandeur physique analogique en un signal numérique.
- **Concentrer** permet d'interfacer un réseau spécialisé d'objet à un réseau IP standard (ex : Wi-Fi) ou des dispositifs grand public.

- **Stocker** qualifie le fait d'agréger des données brutes, produites en temps réel, méta taguées, arrivant de façon non prédictible.
- Enfin, **présenter** indique la capacité de restituer les informations de façon compréhensible par l'Homme, tout en lui offrant un moyen d'agir et/ou d'interagir.[25]

Deux autres processus n'apparaissent pas sur le schéma, car ils sont à la fois transverses et omniprésents :

❖ **Le traitement des données :**

Est un processus qui peut intervenir à tous les niveaux de la chaîne, depuis la capture de l'information jusqu'à sa restitution. Une stratégie pertinente, et commune quand on parle d'Internet des objets, consiste à stocker l'information dans sa forme intégrale.

On collecte de manière exhaustive, « big data », sans préjuger des traitements qu'on fera subir aux données. Cette stratégie est possible aujourd'hui grâce à des architectures distribuées type NoSQL, capables d'emmagasiner de grandes quantités d'information tout en offrant la possibilité de réaliser des traitements complexes en leur sein (Map/Reduce par exemple). [25]

❖ **La transmission des données :**

Est un processus qui intervient à tous les niveaux de la chaîne. Deux réseaux, Supports des transmissions, cohabitent généralement :

- **Réseau local de concentration** : On utilise alors des technologies comme ANT, ZigBee, Z-wave, NFC ou Bluetooth LE.
- **Réseau WAN** : permettant d'interconnecter les réseaux spécialisés et de les interfacer avec des fermes de serveur. On utilise alors Wifi, les réseaux cellulaires (GSM, UMTS, LTE) ou encore les connexions physiques standard (Ethernet, fibre optique). Ces réseaux sont généralement connectés à Internet.

Les technologies de transmission utilisées dépendent essentiellement de l'application et du contexte. La transmission peut par exemple exploiter le Push reposant sur Comet ou WebSocket. Les canaux peuvent être bidirectionnels si l'application autorise une rétroaction. Dans certains cas, ces canaux devront transmettre les données en temps réel, dans d'autres cas, le temps ne sera pas un facteur déterminant. [25]

7. Problèmes de sécurité dans IOT

Depuis IOT on a trouvé de vastes applications, et autant de dispositifs sont connectés les uns aux autres, les pirates le trouvent comme un outil pour acquérir l'information sensible. Malgré ses applications et ses avantages, l'IOT est donc sujet à de nombreux problèmes de sécurité. Le tableau 3 représente certaines des attaques de sécurité dans chaque couche de l'architecture IOT et certaines des attaques sont expliquées ci-dessous : Déni de service : Dans l'attaque par déni de service, l'attaquant suit le trafic ou déclenche les informations de plantage dans la couche réseau. Cela empêche les utilisateurs visés d'accéder aux données. Cette attaque touche principalement les médias et les banques commerciales. L'attaquant fait semblant d'être l'expéditeur original, de sorte que le destinataire est en mesure de tirer des conclusions théoriques. [30].

8. Les applications de l'IoT :

L'IoT est utilisé dans des dispositifs de sécurité, des systèmes de communication, des bâtiments commerciaux et résidentiels qui sont équipés de différents systèmes de contrôle dédiés aux dispositifs de chauffage, d'aération, de sécurité ou encore d'éclairage [31]. Nous allons énumérer quelques types d'applications à titre d'exemples :

1-Le réveil : qui va sonner plus tôt que prévu car la circulation est dense. Après récupération des données sur Google Maps, le réveil est alors capable d'analyser toutes les informations concernant le trajet quotidien de l'utilisateur.

2-Les plantes : informent le système d'arrosage quand il doit se mettre en marche car leurs taux d'humidité est trop bas : les capteurs font une analyse des différents facteurs environnementaux (température, humidité...)

3-Les chaussures de sport : fournissent le temps, la distance et la performance de celui qui les portent, une comparaison peut alors s'effectuer entre athlètes indépendamment de leurs localisations. Les capteurs enregistrent des données pour les communiquer aux utilisateurs. Très récemment, les chaussures de sport équipées de puces embarquées indiquent l'implication d'un athlète et ses performances.

4-Suivi et soins médicaux (Health care) : pour faire face au surpoids, détection d'anomalies dans le corps (fièvre, hypertension, battement cardiaque trop lent ou trop élevé..) en se servant de capteurs adaptés afin d'envoyer une alerte à un professionnel de la santé lorsqu'un certain seuil est dépassé. Nous pourrions même savoir si la personne qui le porte est tombée et ne parvient pas à se relever. [32]

5-Economiser et gérer l'éclairage public : en allumant moins de lampes ou en diminuant de leurs degrés de luminosité quand personne ne traverse la route et cela, en se servant de détecteurs de mouvements.

6-Equiper les voitures : d'un système de détection d'obstacles , d'auto stationnement, des mises a jours de météo, trafic routier ou encore de recherche d'endroit de stationnement, cela économise de l'énergie (carburant) et élimine les embouteillages . [33]

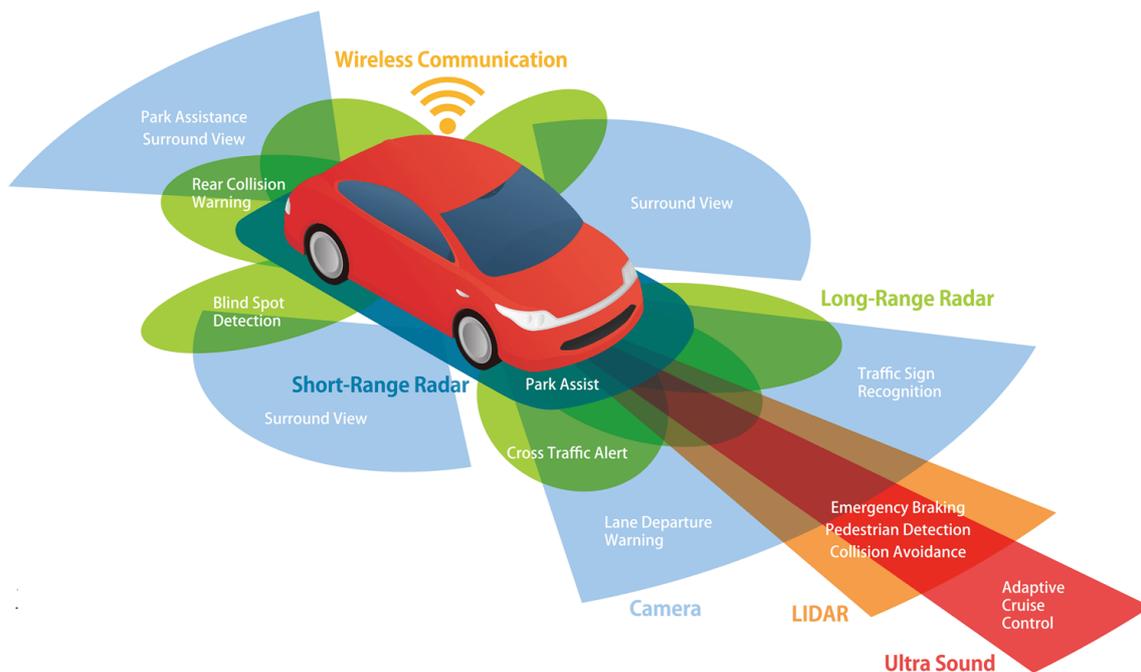


Figure III.8 : Application de l'IOT dans la circulation routière

7-Les villes intelligentes : Beaucoup de grandes villes ont été soutenues par des projets intelligents, comme Séoul, New York, Tokyo, Shanghai, Singapour, Amsterdam et Dubaï. Les villes intelligentes (voir figure III.9) peuvent encore être considérées comme des villes de l'avenir et la vie intelligente, et par le taux d'innovation de la création de villes intelligentes d'aujourd'hui, il sera devenu très faisable pour entrer la technologie IOT dans le développement des villes. La demande exige une planification minutieuse à chaque étape, avec l'appui de l'accord des gouvernements, citoyens à mettre en œuvre la technologie d'Internet des objets dans tous les aspects. Par l'IOT, les villes peuvent être améliorées à plusieurs niveaux, en améliorant les infrastructures, en améliorant les transports.... [34] .



Figure III.9 : une figure qui représente les constituants d'une ville intelligente.

8-Les usines et la fabrication intelligente : L'usine intelligente a ajouté une nouvelle valeur dans la révolution de la fabrication en intégrant l'intelligence artificielle, l'apprentissage automatique et l'automatisation du travail et la communication M2M avec le processus de fabrication. L'usine intelligente va changer fondamentalement, comment les produits sont inventés, fabriqués et expédiés.

En même temps, cela améliorera la sécurité des travailleurs et protège l'environnement un faible incident de fabrication. Ces progrès dans la façon dont les machines et autres objets communiquent, et la manière dont la prise de décision passe des humains aux systèmes techniques signifie que la fabrication devient plus intelligente". La révolution des industries et de la fabrication est devenue l'une des plus technologies développées de nos jours, la croissance de l'évolution de l'industrie a pris de nombreuses générations. La première génération liée aux machines mécaniques en plus de la puissance de l'eau et du courant. La deuxième génération de l'industrie traite de la production de masse, des chaînes de montage et de l'électricité.

Dans la fin du dernier siècle, les industries sont exploitées sous le contrôle des ordinateurs et de l'automatisation qui est reconnu par la troisième génération d'industries. L'industrie intelligente c'est la quatrième génération connue par l'industrie 4.0 est basée sur les systèmes de chiffrement physiques qui est capables de se connecter à Internet. Le concept

de l'industrie 4.0 avec l'Internet des objets peut atteindre de grandes attentes pour les accords de résolution des industries avec de nombreux aspects sont illustrés à la figure III.10 [35]

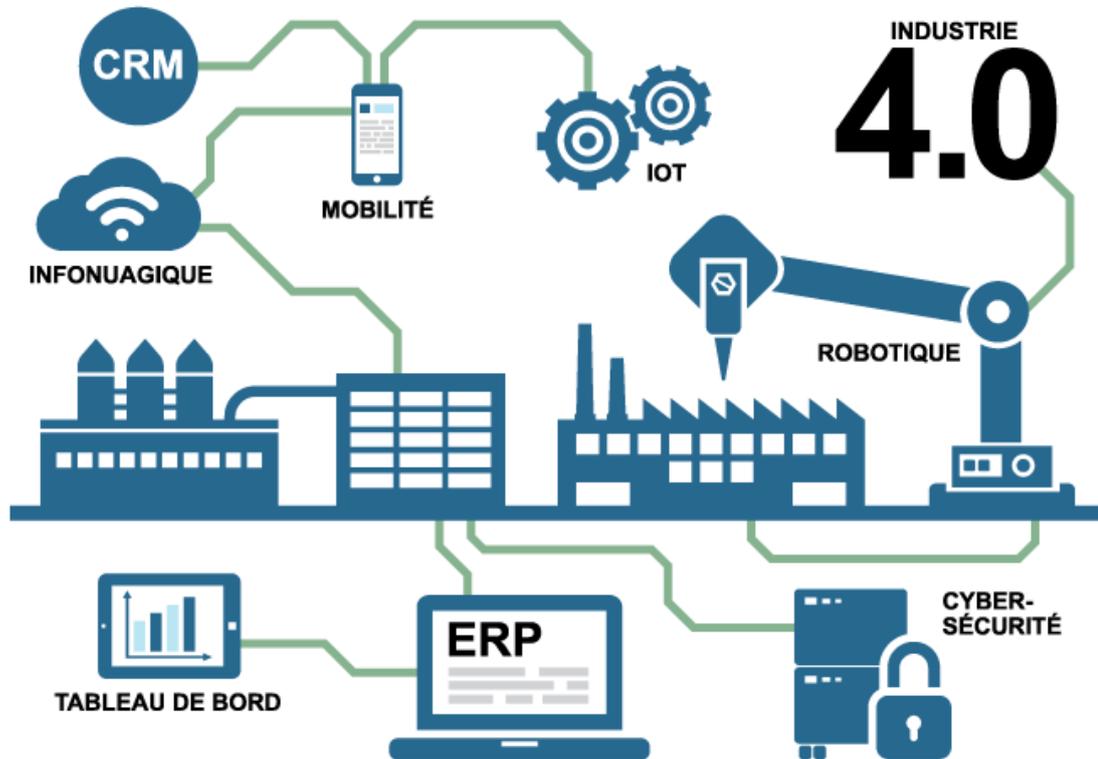


Figure III.10 : figure qui représente un schéma de l'industrie 4.0

9.Utilité de l'internet des objets

L'internet des objets devra faire partie de notre quotidien proche et sera appliqué dans divers domaines. Il présente de nombreux points positifs à titre d'exemple, le renforcement de la sécurité des voitures autonomes et la gestion des ressources...

Le nombre d'objets connectés à Internet a dépassé celui des personnes, cela a offert une infinité d'opportunités en matière de création d'applications dans les domaines de l'automatisation, de la détection et de la communication. La photo ci-dessous montre comment l'IoT peut nous faciliter la vie et permettra la création de nouveaux emplois dans le secteur du Télécom.[36]

9.1.Surveillance d'état de santé des animaux :

L'IoT fera en sorte que même les animaux seront connectés. Ce dispositif permet aux éleveurs de surveiller l'état de santé des animaux et de suivre leurs déplacements afin

d'améliorer la quantité et la qualité de leurs produits. En moyenne, un animal génère environ 200 mégaoctets d'informations par an. [37]

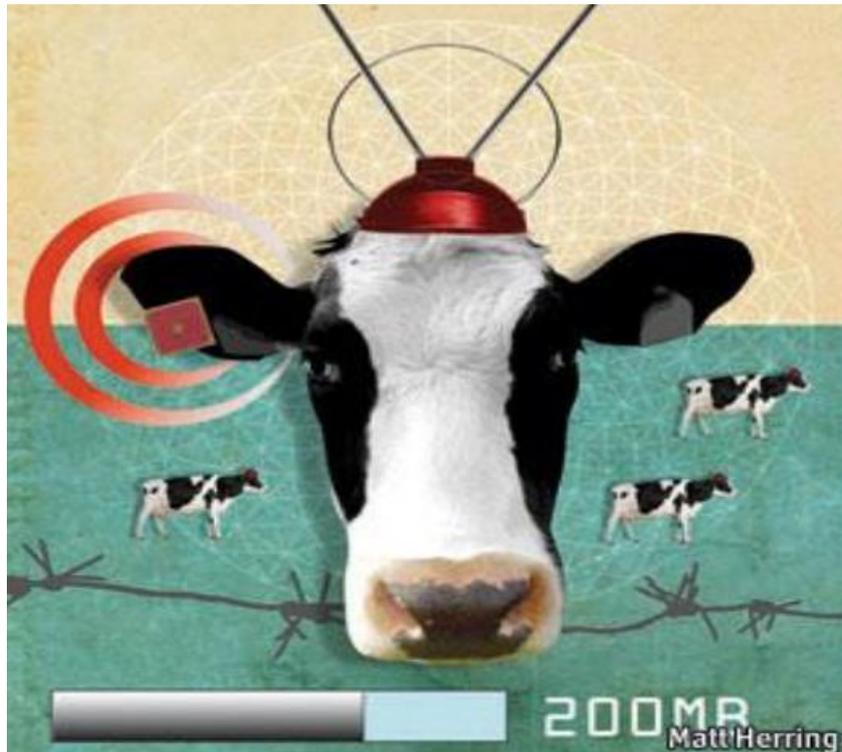


Figure III.11 : vache équipée par capteur.

9.2. Amélioration de la qualité de vie des personnes âgées :

L'IoT devra améliorer la qualité de vie des personnes âgées, qui sont de plus en plus nombreuses (environ 1 milliard d'individus auront plus de 65 ans d'ici le milieu du siècle).

On peut avoir sur soi-même un petit appareil qui détecterait les signes vitaux et enverrait une alerte à un professionnel de la santé lorsqu'un certain seuil est atteint ou encore, si la personne qui le porte est tombée et ne parvient pas à se relever. Vern A

9.3. Contribution au progrès de l'humanité :

Grace à l'évolution actuelle de l'Internet des objets (IoT), l'humanité dispose des connaissances et du savoir dont elle a besoin non seulement pour survivre, mais aussi pour prospérer et mener une vie saine, épanouissante et confortable. . [38]

9.4. L'Internet des objets dans le domaine de sécurité industrielle :

9.4.1 Objets connectés portables et santé et sécurité du travail :

Les objets connectés captent, stockent, traitent, transmettent des données, et peuvent communiquer avec d'autres systèmes pour obtenir ou fournir de l'information, avec la capacité à se connecter à un réseau d'information plus large, appelé Internet des Objets ou Internet of

Things (IOT). On distingue les objets connectés portables (wearables) comme les bracelets, casques, vêtements, trackers d'activités (contrôle d'accès, suivi opérationnel...) et les objets connectés intégrés dans un processus pour des applications industrielles (sécurité et gestion technique des bâtiments, chaîne logistique, maintenance préventive des machines ...).

La sécurité et la santé sont parmi les premiers secteurs les plus concernés avec un marché qui se développe rapidement, et en particulier en milieu professionnel : de nombreux objets connectés portables sont et seront utilisés pour géolocaliser et surveiller les constantes physiques et physiologiques des travailleurs, contrôler l'environnement du travail et s'assurer que les conditions de sécurité sont respectées.

Les objets connectés portables peuvent détecter les ambiances de travail dangereuses, peuvent mesurer la pénibilité au travail en étant capables de mesurer les efforts et gestes : ils peuvent transmettre un signal d'alarme si son utilisateur est en danger ou excède les limites ergonomiques fixées. Si les objets connectés en matière de santé et sécurité au travail recèlent ainsi de nombreuses potentialités opportunes, ils engendrent aussi des risques professionnels nouveaux plus difficiles à appréhender dont la gestion est complexe et encore incertaine, car certains sont liés aux facteurs humains et à l'analyse comportementale.

La fuite de données personnelles et leur exploitation abusive suscite des craintes, mais le développement des objets connectés soulève aussi de nombreuses questions relatives aux facteurs psychologiques d'acceptabilité : crainte d'intrusion dans la vie personnelle et d'atteinte à la vie privée, inquiétude sur la surveillance constante et minutieuse de la présence, des efforts et de la rapidité de travail à seule fin d'accroître la productivité.

L'utilisation possible d'objets connectés implantés dans le corps sous la peau (puce RFID, NFC) accroîtra encore les problèmes éthiques dans le monde du travail, avec le sentiment de dépossession partielle de soi et d'espionnage permanent. Il faut également noter que, paradoxalement, la confiance du travailleur dans le supplément de sécurité apporté par ces dispositifs connectés et dans la surveillance dont il est censé faire l'objet, peut perturber sa perception du danger et l'amener à une prise de risque supérieure.

Face aux enjeux de gestion des objets connectés portables, de bonnes pratiques doivent être adoptées par les entreprises. La mise en œuvre, au sein d'une entreprise, de ces nouveaux objets connectés doit préalablement faire l'objet d'un avis du CSE (Comité Social et Economique) pour s'assurer de leur acceptabilité par le personnel. [39]

9.4.2 Les différents objets connectés portables au travail :

Pour plusieurs aspects de la santé et de la sécurité au travail, différentes applications de technologie portable, reliées à une plateforme centralisée et dotées de balise GPS, permettent la capture, le stockage et le traitement de données, la communication (Wifi, Bluetooth, 4G, ...) et la géo localisation :

- **Traçabilité des expositions professionnelles** : le " quantified self " ou « self tracking » (auto-mesure de soi) consiste à utiliser des capteurs miniaturisés qui permettent de mesurer les caractéristiques de l'environnement de travail et les paramètres physiologiques du travailleur et de stocker les données : cette technologie permet ou permettra dans le domaine de la santé au travail de mieux évaluer les expositions professionnelles : - Postures contraignantes, vibrations, manutentions manuelles ... - Ambiances de travail : température extérieure, bruit, poussières et fumées, nocturne, ... - Surveillance de la tension artérielle, du rythme cardiaque, de la glycémie, ... Ce suivi individuel de la santé de chaque salarié contribue à la prévention en évaluant précisément les expositions aux facteurs de pénibilité.

- **Alerte des situations dangereuses** : pour transmettre un signal d'alarme à un travailleur en péril : port effectif des équipements de protection individuelle identifiés par des étiquettes RFID, vérification des habilitations nécessaires pour la conduite d'engins ou la pénétration dans des zones réglementées, capteurs détectant la perte de verticalité (chute) ou de mouvement (perte de conscience), notifications sonores visuelles ou vibratoires d'objets mobiles ou de zones dangereuses (gaz toxique, radioactivité ...). Les objets connectés portables au travail sont ou seront à court terme très divers :

- Badge ou bracelet communicant,
- Dispositifs d'Alarme pour Travailleur Isolé (DATI),
- Casque connecté pour le guidage à distance,
- Baudriers, vestes, gilets connectés,
- Chaussures de sécurité connectées avec semelles porteuses de capteurs de pression pour évaluer le poids des éléments portés...
- Lunettes de protection intégrant une caméra ainsi que des pictogrammes d'alerte en périphérie du champ de vision,
- Coussin connecté qui, grâce à des capteurs, vibre en cas de mauvaise posture ou lorsque la position assise est trop prolongée ... [39]

9.4.3 La prévention des risques par objets connectés portables au travail :

Les objets connectés portables au travail représentent à la fois des opportunités favorables et des menaces sur la santé et sécurité au travail. Ces technologies deviennent indubitablement souhaitables dans la mesure où elles permettent de répondre aux problématiques de santé et de sécurité dans le monde professionnel et les objets connectés portables se font désormais de plus en plus nombreux dans les environnements de travail. Il est évident qu'à terme, toutes ces évolutions modifieront les manières de travailler et impacteront positivement la sécurité et la santé au travail.

Mais, les risques sur la vulnérabilité et la fuite de données personnelles et confidentielles et les risques éthiques sur les relations sociales entre les salariés et leur employeur concernent aussi les objets connectés portables.

- Cette utilisation croissante, au sein des ateliers et bureaux et sur les chantiers, des objets connectés portables, vont obliger les entreprises à mettre en œuvre une cybersécurité renforcée des objets et des systèmes. En effet, tous ces objets directement connectés à un réseau Internet sont très vulnérables aux différentes attaques : vol d'informations, prise en main de l'appareil à distance, modification des données et du contenu. C'est d'autant plus critique que la large diffusion des objets connectés portables et le volume d'informations énorme générés par des milliers d'utilisateurs nécessite de mettre en place une capacité suffisante et des mesures de sécurité très strictes pour résister aux risques liés à la cyber sécurité : le développement d'un monde professionnel totalement connecté offre pour des groupes malveillants de multiples possibilités d'exploiter les défaillances technologiques des dispositifs IOT. Il faut s'assurer que toutes les données sont cryptées, tenir un inventaire précis des objets utilisés et éliminer tous ceux non-conformes et proscrire les appareils personnels, adopter une gestion des biens IT en liaison avec les responsables sécurité, et ceux du service informatique pour intégrer les objets connectés à la sûreté de fonctionnement de l'ensemble.

- Les données collectées par les objets connectés portables sont associées à l'identité du travailleur. Les entreprises doivent donc être particulièrement vigilantes au traitement de ces informations, aux personnes ayant accès à ces données et au stockage de ces données car ces données peuvent aussi être utilisées à des fins de surveillance. Il n'existe actuellement aucune réglementation qui encadre spécifiquement les objets connectés en entreprise. Ces dispositifs doivent se conformer à la fois aux règles dictées par la loi Informatique et Libertés (loi n° 78-17 du 6 janvier 1978) et au règlement européen sur la protection des données (RGPD de mai 2018) : principe de finalité, consentement et information des personnes et conservation limitée

des données, droit à la portabilité des données, droit à l'oubli, droit à la limitation du traitement, droit d'opposition au profilage, désignation d'un Délégué à la Protection des Données. Une déclaration auprès de la CNIL est à déposer pour pouvoir traiter ces informations en toute légitimité.

- Au-delà de la conformité avec les lois en vigueur, bonne information et conduite adéquate du changement sont indispensables pour le succès d'un déploiement d'objets connectés portables au travail : il faut discuter, sensibiliser et convaincre les travailleurs de l'intérêt que ces objets peuvent apporter à la santé et sécurité au travail, s'assurer de leur accord avant la mise en œuvre et les rassurer sur l'utilisation et le stockage des données.

- Il y a intérêt d'accompagner le changement lié à un projet de développement d'objets connectés par une démarche globale et participative au niveau de l'entreprise : c'est ainsi que l'entreprise pourra conjurer les menaces de cette innovation et profiter des opportunités que recèlent toujours une situation évolutive ou une période de transition et d'incertitude, en facilitant l'acceptation des changements et en réduisant les facteurs de rejet, notamment chez les travailleurs les plus âgés. La phase de formation et de familiarisation des utilisateurs avec les objets connectés est primordiale et il ne faut pas négliger le temps nécessaire à son acceptation sociale. Les jeunes travailleurs, plus réceptifs à ces nouveautés technologiques du fait de leur propre utilisation fréquente dans leurs activités sportives ou de loisir, peuvent s'impliquer plus facilement dans l'adoption des objets connectés au travail, avec néanmoins une nécessité de toujours prévoir une période d'apprentissage et d'adaptation.

- Comme pour tout type d'équipement de travail, une analyse de risque devra être réalisée et les conditions d'utilisation des objets connectés doivent d'être transparentes. L'avis du CSE (Comité Social et Economique) est important pour que l'employeur puisse expliquer les raisons qui le motivent à équiper ses salariés et pour s'entendre avec les représentants du personnel sur les modalités d'utilisation de l'objet connecté afin de préserver le droit à la vie privée des travailleurs, de manière à ce qu'ils ne ressentent pas ces capteurs comme une atteinte à leur liberté et à leur intimité.[39]

10. Conclusion

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

Dans ce chapitre, nous avons présenté les différents concepts, composants et les principales caractéristiques liées à l'internet des objets. Nous avons aussi éclairé la majorité des points essentiels qui vise la réalisation de notre projet.

En outre, nous avons essayé de montrer que cette nouvelle technologie a contribué de manière significative et efficace au développement de la vie humaine, car elle est en fait partie intégrante dans divers domaines. Nous avons montré – en plus – que cette technologie a contribué d'une façon efficace au développement et à rendre la vie des hommes plus aisée, elle est devenue surtout pour les pays développés un outil dont on ne peut plus s'entasser du fait que les choses qu'on voit et qu'on utilise dans notre vie de tous les jours sont désormais douées d'une intelligence remarquable dont on peut citer: la ville intelligente, les appareils intelligents, le système de santé électronique, le transport et la mobilité intelligente, les usines et la fabrication intelligente ...etc.[36]

Chapitre IV : Conception d'un prototype de détection de gaz

1.Introduction

Le domaine industriel est plein de risques sur les travailleurs et pour cela on a pensé à implanter un système IOT qui est capable de détecter, identifier et signaler en cas de fuite de gaz sur le lieu de travail, notre système est composé de deux parties : La partie hardware ou un système embarqué qui va détecter les fuites de gaz et les envoyer à nos serveurs (deuxième partie). La partie software qui est tout simplement un serveur posé dans le poste de contrôle et qui va récupérer les signaux envoyés à partir de nos capteurs et les traduire en instruction destinée à nos agents.

2.Materiels utilisés

Il existe plusieurs types de carte Arduino à savoir carte Arduino NANO, carte Arduino MEGA et carte Arduino UNO. Cette dernière est utilisée pour la réalisation de notre projet.

2.1.La carte ARDUINO :

2.1.1.Définition de la carte ARDUINO :

Arduino est une carte électronique sur laquelle se trouve un microcontrôleur qui peut être programmé pour analyser et produire des signaux électriques.



Figure IV.1 : une carte ARDUINO

L'Arduino est donc une carte qui se connecte sur l'ordinateur pour être programmée, et qui peut ensuite fonctionner seule si elle est alimentée en énergie. Elle permet de recevoir des informations et d'en transmettre depuis ou vers du matériels électroniques (diodes, potentiomètres, récepteurs, servomoteurs, moteurs, détecteurs...). Voici un schéma qui résume les principales interactions en jeu lorsque l'on programme une carte Arduino pour contrôler du matériel. Les flèches vertes indiquent la circulation des signaux électriques, la flèche

orange pointillée représente l'envoi du programme vers l'Arduino et les flèches bleues les interactions avec le monde réel. [40]

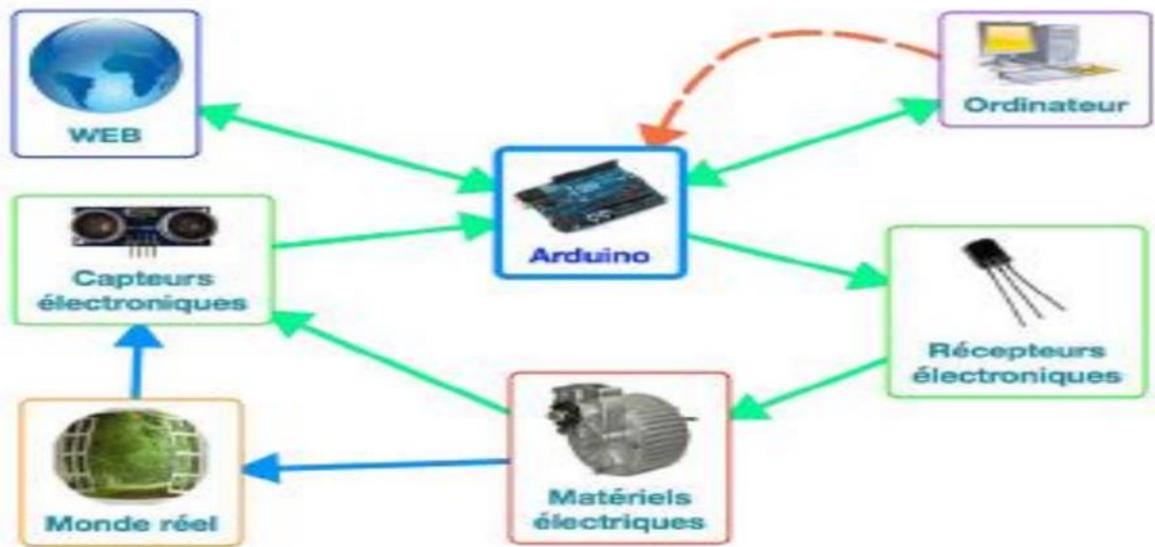


Figure IV.2 : Architecture d'un système a base d'une carte Arduino

2.1.2. Pourquoi Arduino ?

Il y a de nombreuses cartes électroniques qui possèdent des plateformes basées sur des Microcontrôleurs disponibles pour l'électronique programmée. Tous ces outils prennent en charge les détails compliqués de la programmation et les intègrent dans une présentation facile à utiliser. De la même façon, le système Arduino simplifie la façon de travailler avec les microcontrôleurs tout en offrant aux personnes intéressées plusieurs avantages cités comme suit :

- **Le prix (réduits) :** les cartes Arduino sont relativement peu coûteuses comparativement aux autres plates-formes. La moins chère des versions du module Arduino peut être assemblée à la main, (les cartes Arduino préassemblées coûtent moins de 5000 Dinars).

- **Multi plateforme :** le logiciel Arduino, écrit en JAVA, tourne sous les systèmes d'exploitation Windows, Macintosh et Linux. La plupart des systèmes à microcontrôleurs sont limités à Windows.

- **Un environnement de programmation clair et simple :** l'environnement de programmation Arduino (le logiciel Arduino IDE) est facile à utiliser pour les débutants, tout en étant assez flexible pour que les utilisateurs avancés puissent en tirer profit également.

- **Le matériel est « open source » :** - On peut le copier, le fabriquer et le modifier librement.

- **Le logiciel est libre :** - On peut l'utiliser et le modifier librement.

• **Sur Internet, on trouve :** - Une communauté d'utilisateurs. - Des guides d'utilisation. - Des exemples. - Des forums d'entraide. [40]

2.1.3. Définition de la carte ARDUINO UNO

Arduino UNO est une carte électronique programmable, largement utilisée dans le domaine de la programmation des circuits électroniques. Elle a été développée par une équipe composée de Massimo Banzi, David Cuartielles, Tom Igoe, Guianluca Martino, David Mellis et Nicholas Zambetti [41]

La carte électronique Arduino UNO est équipée de divers composants, principalement le « Microcontrôleur AtmelAVR » avec d'autres composants supplémentaires qui aident à programmer et à interagir avec d'autres circuits. Chaque module possède au moins un "régulateur linéaire" 5V et un oscillateur "Quartz" 16 MHz . [40]

2.1.4. Présentation de la carte ARDUINO UNO

La carte Arduino UNO est une carte microcontrôleur basée sur l'ATMEGA328. Cette carte dispose :

- De 14 broches numérique d'entrées / sorties (dont 6 peuvent être utilisées comme sorties PWM)
- De 6 entrées analogique (qui peuvent également être utilisées en broches entrées/sorties numérique).
- D'un quartz 16Mhz.
- D'une prise d'alimentation jacket une connexion USB
- Un bouton de réinitialisation (Reset).
- D'un connecteur ICSP (programmation in circuit')

La carte Arduino UNO contient tout ce qui est nécessaire pour le fonctionnement du microcontrôleur ATMEGA328, pour pouvoir l'utiliser et se lancer, il suffit simplement de la connecter à un ordinateur à l'aide d'un câble USB (ou bien avec un adaptateur, une batterie)

La carte Arduino est compatible avec les circuits imprimés prévues pour les cartes Arduino Uno signifie un en italien, nommé pour marquer la sortie prochaine de Arduino 1.0 la UNO et la version 1.0 seront les versions de référence de Arduino

Dans notre projet le système de sécurité est réalisé grâce à une carte Arduino, nous avons choisi cette carte pour la facilite du développement des programme et son nombre de broches. [42]

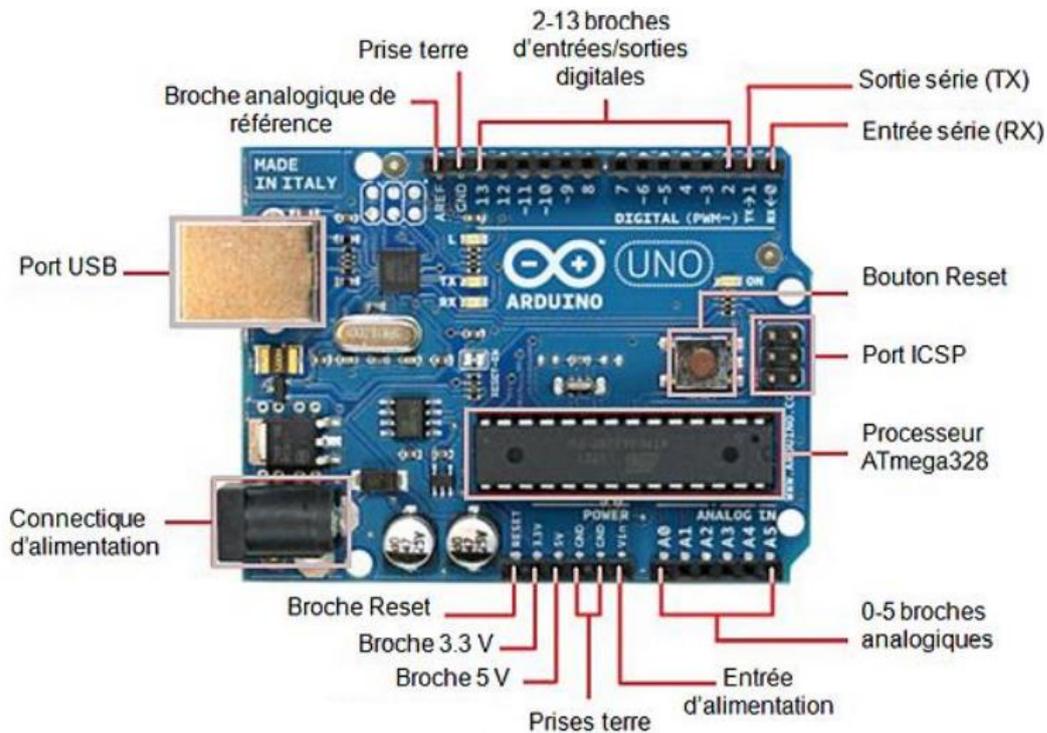


Figure IV.3: Description sur la carte Arduino UNO

2.1.5 logiciel IDE

Les créateurs de Arduino ont développé un logiciel pour que la programmation des cartes Arduino soit visuelle, simple et complète à la fois.

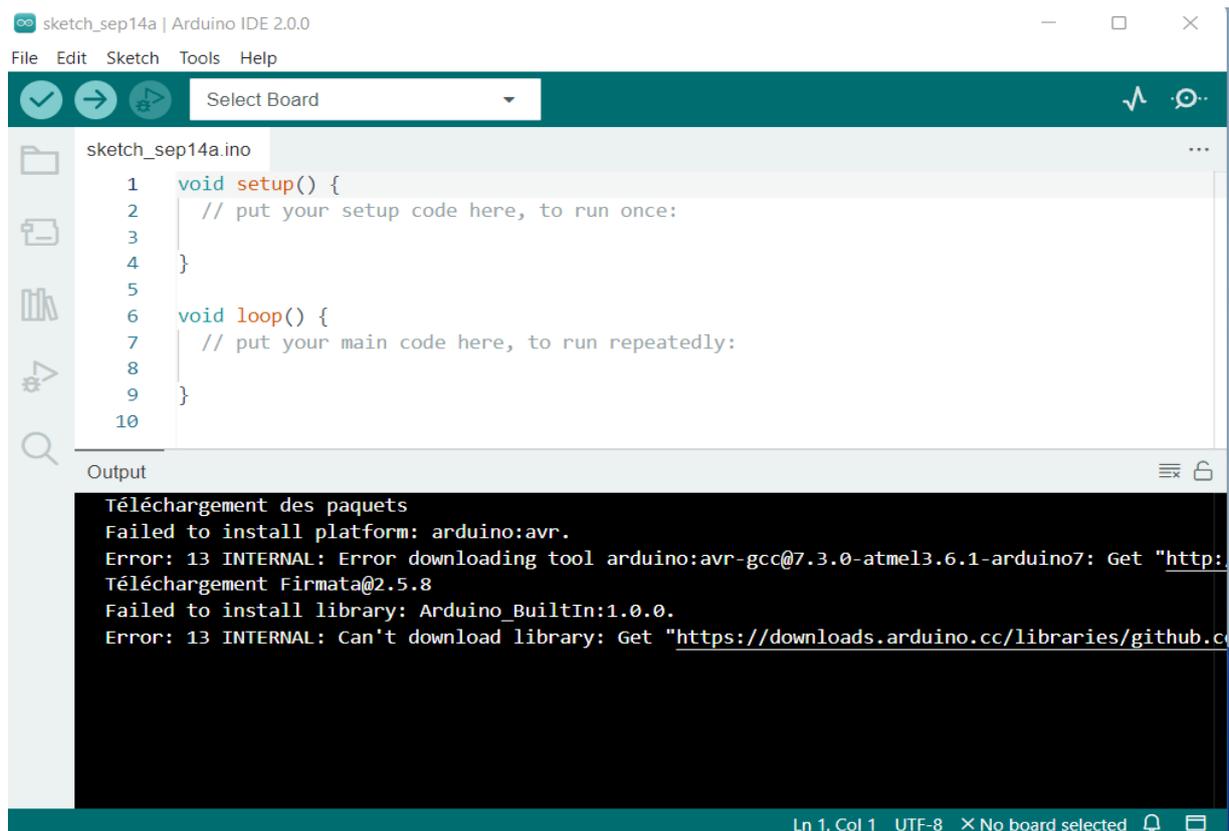
C'est ce que l'on appelle une IDE, qui signifie *Integrated Development Environment* ou Environnement de Développement « Intégré » en français (donc EDI).

L'IDE Arduino est le logiciel qui permet de programmer les cartes Arduino.

L'IDE affiche une fenêtre graphique qui contient un éditeur de texte et tous les outils nécessaires à l'activité de programmation.

Vous pouvez donc saisir votre programme, l'enregistrer, le compiler, le vérifier, le transférer sur une carte Arduino... [43]

L'image suivante montre l'écran initial qui apparaît au lancement de l'IDE



.Figure IV.4 L'écran principal de l'IDE Arduino au démarrage

2.1.6. Les fonctions de l'IDE ARDUINO :

L'IDE Arduino permet :

- **D'éditer** un programme : des croquis (sketch en Anglais), les programmes sont écrits en langage C
- De **compiler ce programme** dans le langage « machine » de l'Arduino, la compilation est une traduction du langage C vers le langage du microcontrôleur
- La **console** donne des informations sur le déroulement de la compilation et affiche les messages d'erreur.
- De **téléverser** le programme dans la mémoire de l'Arduino, le téléversement (upload) se passe via le port USB de l'ordinateur une fois dans la mémoire de l'Arduino, le logiciel s'appelle un **microgiciel**.
- La **console** donne des informations sur le déroulement du téléversement et affiche les messages d'erreur.

- De **communiquer** avec la carte Arduino grâce au **terminal** (ou **moniteur série**). pendant le fonctionnement du programme en mémoire sur l'Arduino, il peut communiquer avec l'ordinateur tant que la connexion est active (câble USB, ...) [44]



Figure IV.5 : l'écran de l'IDE et ses fonctions

2.2 capteur MQ2

Le MQ-2 est un capteur qui permet de détecter du gaz ou de la fumée à des concentrations de 300 ppm à 10000 ppm. Après calibration, le MQ-2 peut détecter différents gaz comme le GPL (LPG), l'i-butane, le propane, le méthane, l'alcool, l'hydrogène ainsi que les fumées. Il est conçu pour un usage intérieur à température ambiante. Le MQ2 doit être alimenté en 5V pour le capteur physico-chimique puisse atteindre sa température de fonctionnement. Il dispose d'une sortie analogique et d'un réglage de la sensibilité par potentiomètre. [45]

Le capteur de gaz MQ2 est également connu sous le nom de chimirésistance. Il contient un matériau de détection dont la résistance change lorsqu'il entre en contact avec le gaz. Ce changement de valeur de résistance est utilisé pour la détection de gaz



Figure IV.6 : Capteur MQ2

Le senseur MQ-2 est un senseur avec une sortie analogique (AOut) qui signale la présence de fumée en élevant la tension en sortie. Plus il y a de fumée et plus la tension monte. Il est possible de régler la sensibilité du module à l'aide du potentiomètre se trouvant à l'arrière du module, ce dernier permet d'ajuster un seuil d'activation pour le signal digital (DOut) qui change lorsque le seuil est atteint. [40]

2.2.1 Les caractéristique du MQ2

Les caractéristiques du MQ2 sont :

- Puce principale : LM393, ZYMQ-2 détecteur de gaz
- Haute sensibilité et bonne sélectivité
- Tension de fonctionnement : 5V DC
- Tension de sortie analogique : 0 ~ 5V (plus la concentration est élevée, plus la tension est élevée)
- Plage de détection : 200 à 10000ppm
- Longue durée de vie et stabilité fiable sont
- VCC: alimentation positive (5V)
- GND: alimentation négative
- DO: sortie du signal du commutateur
- TTL AO: sortie du signal analogique
- Quatre trous de vis pour un positionnement facile
- Dimensions : 32 x 22 x 27mm .[40]

2.3. Réalisation de notre système :

2.3.1. Matériel nécessaire :

- Arduino UNO
- Détecteur MQ_2
- Relie
- Led (vert /rouge)
- Sirène
- Quelques câbles
- Plaque d'essai

2.3.2. Circuit :

Connecte les 3 broches du capteur à l'Arduino, en suivant le schéma de câblage suivant :

- On a relié le pin A0 du capteur à l'entrée analogique de l'Arduino A0 ;
- On a relié les Pins Vcc et GND du capteur au 5V et au GND de l'Arduino ;
- On a relié « la sirène » à l'entrée analogique 4 de l'Arduino ;
- On a relié « le relie » à l'entrée analogique 5 de l'Arduino ;
- On a relié « led jaune » à l'entrée analogique 6 de l'Arduino ;
- On a relié « led rouge » à l'entrée analogique 7 de l'Arduino ;
- On relié « led vert » à l'entrée analogique 8 de l'Arduino ;

2.3.3.Code de base :

```
int capteur_de_gaz = A0;
int siren = 4;
int relay = 5;
int led_yellow = 6;
int led_red = 7;
int led_green = 8;

void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
  pinMode(led_green,OUTPUT);
  pinMode(relay,OUTPUT);
  pinMode(led_red,OUTPUT);
  pinMode(siren,OUTPUT);
  pinMode(led_yellow,OUTPUT);
}

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
  int temp;
  temp = analogRead(capteur_de_gaz);
  if ( temp > 450 ) {
    digitalWrite(led_green, LOW );
    digitalWrite(led_red, HIGH);
    digitalWrite(relay,HIGH);
    digitalWrite(siren,HIGH);
    delay(2500);
    digitalWrite(led_yellow,HIGH);
  }
  else
  { digitalWrite(led_green, HIGH );
    digitalWrite(led_red, LOW);
    digitalWrite(relay,LOW);
    digitalWrite(siren,LOW);
    digitalWrite(led_yellow, LOW);
  }
}
```

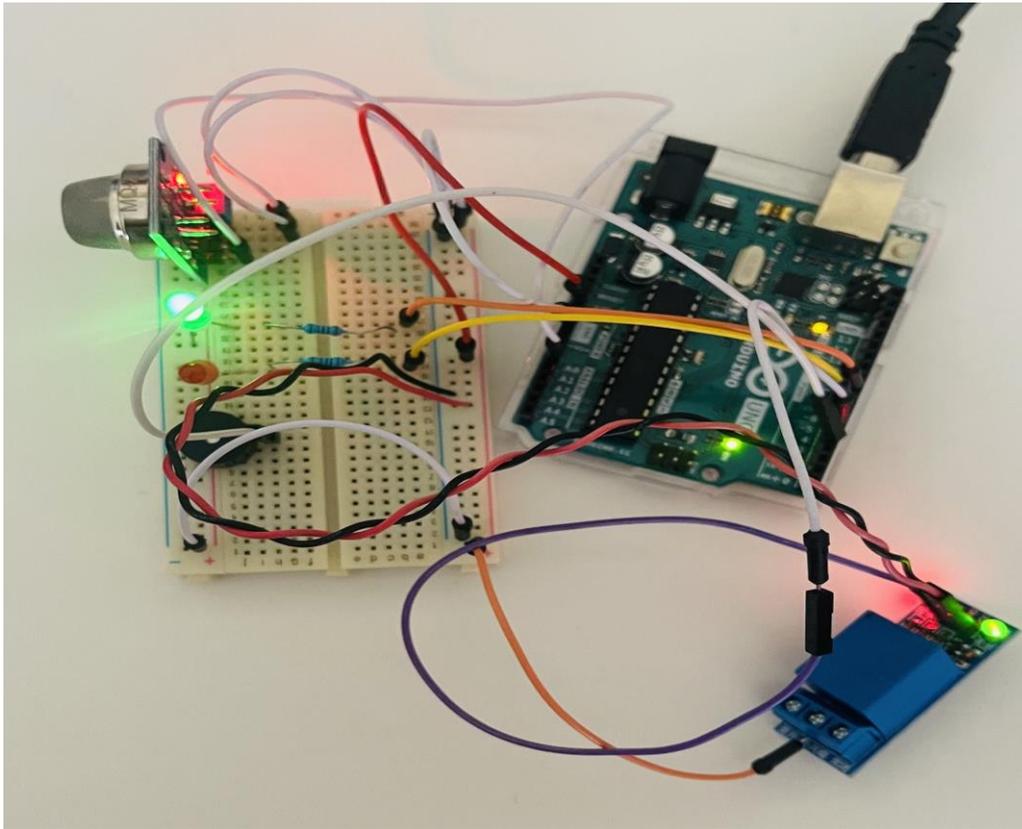


Figure IV.7 : Photo de notre système instrumenté de sécurité

3. Les actions préventives

En cas d'une fuite de gaz

- Actionner la vanne de coupure de gaz
- Ne pas activer ou ne pas désactiver les appareils ou interrupteurs pouvant produire une étincelle
- Aérer le local autant que possible
- Evacuer les lieux dans le calme
- Attendre que les secours donnant le droit d'entrer à nouveau dans le local
- Avant toute remise en marche de l'installation, appeler un professionnel du gaz pour la vérifier

4. Conseils pour l'installation de détecteurs de gaz fixes

Être responsable de l'installation et de l'entretien d'un système fiable de surveillance du gaz dans n'importe quelle installation est une tâche importante et qui ne doit pas être prise à la légère.

Les bâtiments industriels, commerciaux et du secteur public produisent et consomment tous une certaine quantité de gaz toxiques dans le cadre du fonctionnement général de leurs opérations. Par exemple, les systèmes HVAC-R utilisés pour maintenir les bâtiments à la température ambiante ou refroidir les chambres froides et faire circuler de l'air frais peuvent fuir du réfrigérant. De plus, on peut trouver divers gaz dans les équipements de nettoyage industriels lourds et comme sous-produit des processus de fabrication dans les installations de production. [46]

5.Considérations pour garantir une détection de gaz réussie

La première étape pour se préparer à une fuite de gaz potentielle est d'avoir un réseau d'unités de détection de gaz correctement installées et bien entretenues en place dans tout votre bâtiment. Le respect de ces directives simples garantira que le système de surveillance des gaz de votre installation détecte efficacement la présence d'un gaz cible. [46]

5.1.Choix du nombre correct de capteurs :

Lors du choix du nombre de capteurs à installer, il faut toujours faire preuve de prudence et obtenir autant d'unités que nécessaire pour fournir une couverture maximale. Étant donné que les moniteurs de gaz patrouillent en un point fixe et non dans une zone générale, vous devrez vous assurer que tout espace pouvant être directement exposé au gaz est surveillé. Le but du détecteur est annulé si la fuite de gaz contourne le point de détection.

Bien qu'il n'y ait pas de directives légales sur le nombre de moniteurs de gaz à installer, les détecteurs de gaz ne doivent pas être installés à plus de 16.5 pieds. (5 m) d'une source potentielle de fuite. (Les ventilateurs d'extraction, les retours d'air, etc. sont une exception à cette directive.) [46]

5.2.Sélection de l'emplacement des détecteurs de gaz

Pour qu'un détecteur de gaz remplisse efficacement sa fonction, il doit être installé à un endroit où il peut être vu, entendu et détecter une fuite potentielle. Les installateurs doivent monter les moniteurs en fonction des dimensions du produit, des longueurs de câblage maximales et des considérations suivantes:

- Conditions environnementales
- Particularités de l'application
- Accessibilité au personnel
- Caractéristiques physiques (Gravité spécifique) du gaz cible [46]

5.3. Conditions environnementales :

Les installateurs doivent tenir compte de la gamme complète des conditions environnementales lors du choix d'un emplacement pour monter un détecteur de gaz. [46]

5.4. Évitez les conditions défavorables :

Les détecteurs de gaz ne doivent pas être installés dans des endroits où ils seront soumis à des éléments (températures extrêmes, humidité élevée, concentration élevée de particules en suspension) qui sont en dehors des spécifications de l'appareil. Il est important que la protection d'entrée de l'instrument (IP) La cote est suffisante pour protéger son électronique sensible.

De même, les capteurs ne doivent pas être installés là où ils sont exposés à des dommages lors de l'utilisation quotidienne de l'espace. De tels environnements peuvent avoir un impact sur la capacité de l'instrument à détecter efficacement le gaz cible. [46]

5.5. Tenir compte des courants / flux d'air :

De plus, les installateurs doivent prendre en compte le flux d'air dans l'espace surveillé. La ventilation de la pièce peut modifier le schéma du flux d'air et affecter l'efficacité avec laquelle le gaz est surveillé. En d'autres termes, les installateurs doivent tenir compte du comportement du gaz qui s'échappe en raison des courants d'air. (Le cas échéant, un installateur peut choisir d'installer des détecteurs de gaz dans les conduits de ventilation.) Un test de fumée peut être effectué pour assurer un placement optimal. [46]

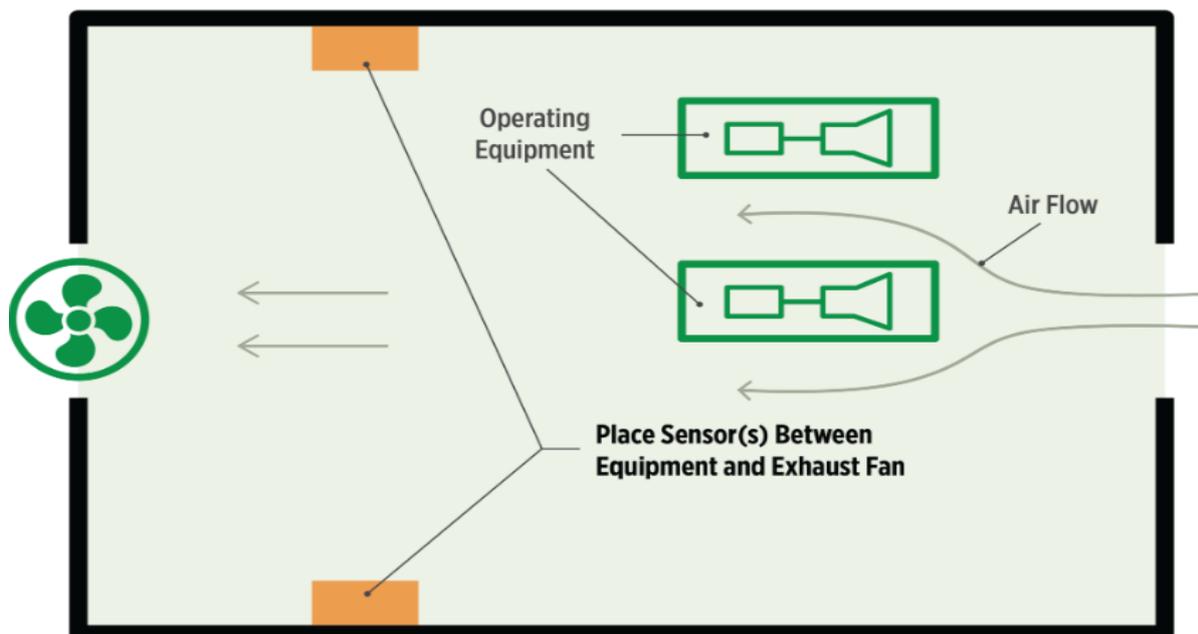


Figure IV.8 : schéma d'installation (tenir en compte flux d'air)

Un débit d'air élevé peut diluer le gaz cible. Pour cette raison, le fait de placer les capteurs plus près d'une source de fuite potentielle peut améliorer la détection des fuites dans les espaces à flux d'air élevé.

Ne placez jamais un détecteur dans un endroit où la circulation de l'air pourrait être obstruée. Une circulation d'air obstruée vers le capteur entraînera une détection de fuite inefficace. [46]

6.Particularités de l'application

Les installateurs peuvent choisir entre la détection périmétrique et la détection ponctuelle lors du positionnement des capteurs de gaz dans un espace surveillé. [46]

6.1.Détection de point :

La détection ponctuelle implique le montage des détecteurs de gaz à des points spécifiques où des fuites peuvent se produire. Par exemple, les installateurs peuvent choisir de positionner les détecteurs de gaz à proximité de compresseurs, de vannes d'expansion, de joints mécaniques ou le long des tranchées de conduits de câbles.

En conséquence, les détecteurs de fuites sont situés là où ils peuvent s'attendre à rencontrer la concentration la plus élevée du gaz cible. [46]

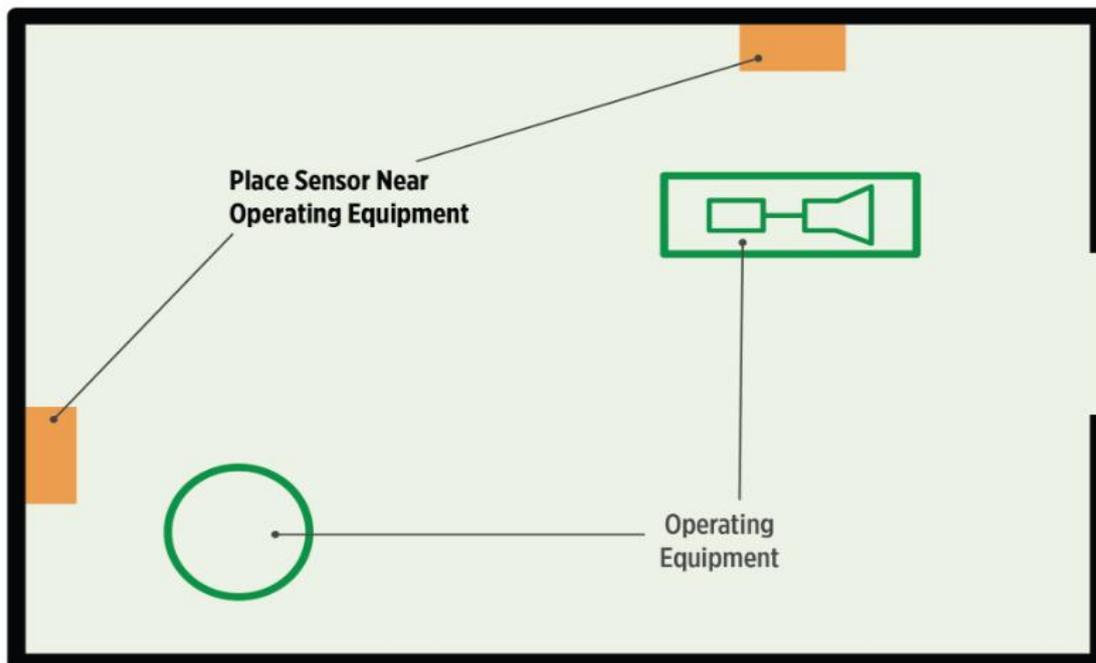


Figure IV.9 : schéma de détection de point

6.2. Détection de périmètre :

La détection de périmètre consiste à placer des unités de détection de gaz tout autour du périmètre de la zone surveillée. Cela peut être une meilleure option lorsqu'il est difficile de localiser les capteurs à proximité de la source de fuite. L'inconvénient de la détection périmétrique est que le gaz cible peut se diluer avant d'atteindre le détecteur de gaz. [46]

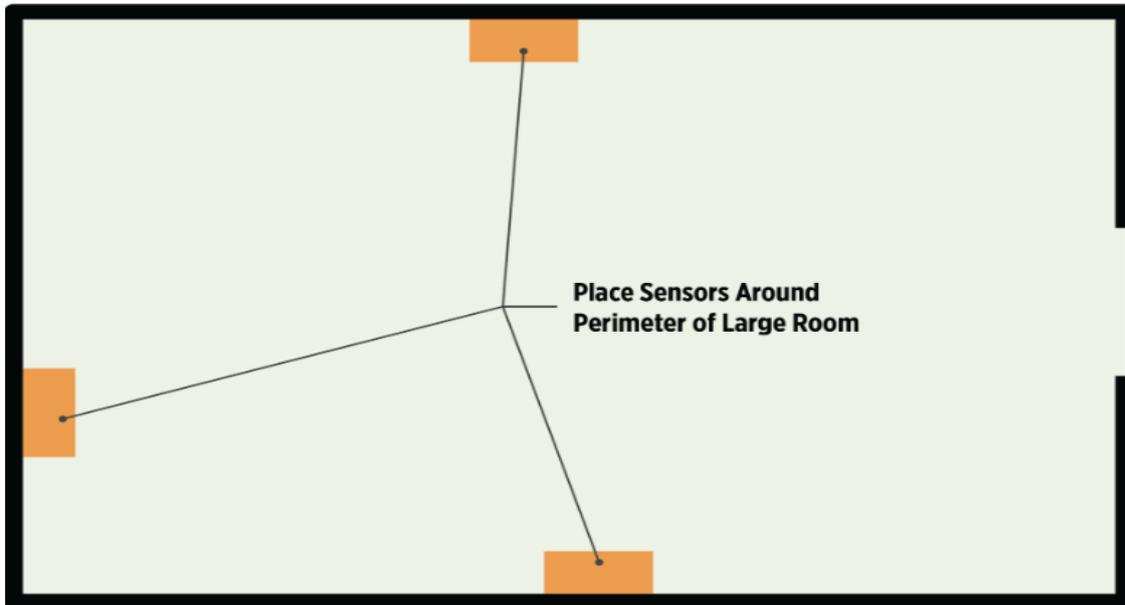


Figure IV.10 : schéma de détection de périmètre

7. Accessibilité au personnel

Les détecteurs de gaz nécessitent un entretien régulier pour garantir leur fonctionnalité. Dans la mesure du possible, ils doivent être installés dans une zone facilement accessible pour les tests fonctionnels et l'entretien.

Les instruments dotés d'un ou de plusieurs capteurs à distance permettent aux installateurs de surveiller les fuites de réfrigérant dans des endroits inaccessibles sans perdre l'accès pratique pour le câblage électrique / de communication. [46]

8. Caractéristiques physiques du gaz cible

Il faut également tenir compte de la lourdeur ou de la légèreté (*gravité spécifique*) du gaz cible. Placez les capteurs utilisés pour détecter les gaz plus lourds que l'air - tels que le butane, le propane, le GPL ou l'ozone - à proximité du niveau du sol. Les détecteurs de gaz destinés à détecter la présence de gaz plus légers que l'air - tels que l'hydrogène, le méthane et l'ammoniac - devraient avoir des moniteurs situés plus près du plafond. Les gaz de densité

égale devraient avoir des moniteurs montés à hauteur de tête (*généralement 4 à 6 pieds du sol*). [46]

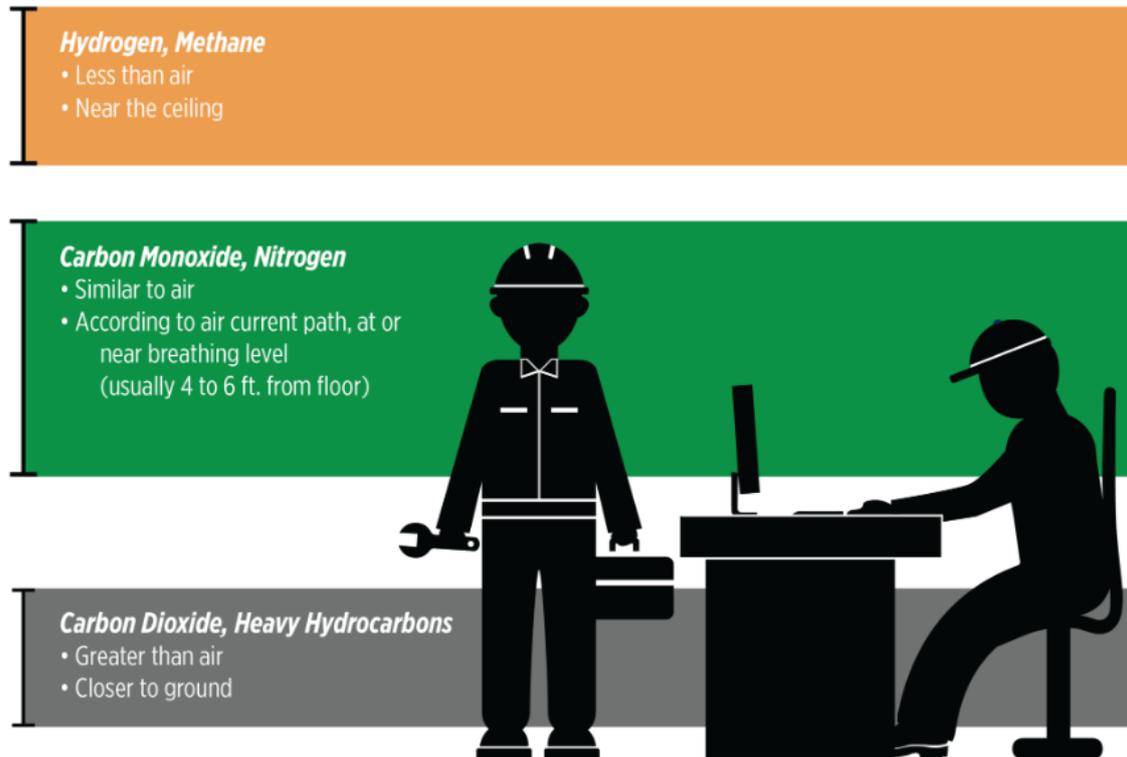


Figure IV.11 : gravité des gaz

9. Conclusion

Dans ce chapitre on a présenté une conception d'un système de détection et de prévention d'accident dans un environnement de travail, nous avons commencé par la présentation des différents composants utilisés pour son élaboration, après on a présenté une description du système, porté sur deux parties principales, la partie hardware et la partie software.

Conclusion générale

L'exploitation du gaz comme source d'énergie est devenue une nécessité incontournable. Cependant, cette source représente des éventuels risques pour la vie humaine. En plus Au cours de notre formation, on a pu observer les différents dangers en milieu de travail et bien que les entreprises travaillent avec des systèmes de détection avancés, ceux si ne permettent pas à l'équipe d'intervention d'identifier la probabilité d'un accident et la possibilité d'avoir une personne blessée (victime) au niveau du lieu de travail.

Grace a ces observations, on a mis en place ce système de sécurité pour assurer la santé et la sécurité des travailleurs sur leur lieu de travail et se tenir face pour lutter contre les risques industriels signalés par notre détecteur intelligent, Le prototype que nous avons élaboré est un système de détection intelligent que nous avons connecté à la technologie Arduino afin de faciliter et d'accélérer la transmission de l'information, l'alerte et faire des actions correctives .

La santé et la sécurité du personnel, du grand public et de l'environnement dépendent en grande partie de l'utilisation, du stockage et de l'élimination en toute sécurité des substances et des matériaux dangereux. Pour garantir cela, les gaz qui sont le sous-produit des opérations ou des processus du bâtiment (tels que les processus de fabrication, de stockage et de nettoyage industriels) doivent être surveillés à tout moment.

Bibliographie

- [1] : <https://www.inrs.fr> > demarche > definition-risque-industriel
- [2] : Fiche DRM « le risque industriel » - DIMENC – 2014
- [3] : CCHT Droit d'auteur 1997-2022 Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail
- [4] : Carbonnier (J.), Droit civil. t.4, Les obligations, PUF, 22e éd., 2000
- [5] : Droit d'auteur 1997-2022 Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail
- [6] : Melle Fatima CHAGUETMI URBANISATION AROUND DES SITES INDUSTRIELS À HAUT RISQUE- CAS DE SKIKDA ,2014,p 12
- [7] :Industrie chimique : www.issa.int/prevention-chemistry
- [8] : J. Willet Gas chromatography, Editor David Kealey, ACOI, London 1987
- [9] : E. Hoffman and J. Charrette, V. Stroobant Spectrométrie de masse, Editions Dunod 1999
- [10]: . Pascal STROBEL Conception et réalisation d'un système multicapteurs portable intelligent en vue de la détection des gaz polluants NO₂, H₂S et SO₂ en mélange de faible concentration. Thèse de doctorat Université Met 2006
- [11] : Centre SPIN Analyse de gaz, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint Etienne
- [12] : I. Zdanevitch Veille technologique : Capteurs de gaz, Rapport INERIS, Décembre 2000
- [13] : G. Asch et collaborateurs, Les capteurs en instrumentation industrielle, Paris, Dunod, 1999
- [14] : A.M. Gue Microcapteurs chimiques réalisés en technologie intégrée Les capteurs chimiques, Edition spéciale du club CMC2, 1996
- [15] : Asch et collaborateurs, Les capteurs en instrumentation industrielle, Paris, Dunod, 1999
- [16] : M. Kamionka Développement des systèmes multicapteurs et multivariés pour la mesure en continu de polluants atmosphériques Thèse de doctorat, Ecole des Mines de Saint Etienne, 2005
- [17] : . Hakim BAHA , Conception d'un capteur de gaz intelligent ,batna ,2012. P 37-38
- [18] : DAVE, Evans. L'Internet des objets Comment l'évolution actuelle d'Internet transforme-t-elle le monde ? Avril 2011, 12 p. (Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG))
- [19] : TALEB Omar & MANKOURI Abdelkrim, université d'Abou Bekr Belkaid Tlemcen, « Programmation de la sécurité Internet des Objets, Etude de cas module WIFI Electric imp. » en Mai 2016.
- [20] : SYNOX Group. 4 choses à savoir sur l'Internet des objets. [en ligne]. Disponible sur : (Consulté le 02/02 /2012)

- [21] : MELITI Nedjema. Architecture Basée Agents pour le diagnostic d'un système d'IOT (Internet of Things). Mémoire de Master académique, Architectures Distribuées. Oum-El-Bouaghi : Université Larbi Ben M'hidi Oum-El-Bouaghi, 2017, 111 p.
- [22] : K S Mohamed. The Era of Internet of Things : Towards a Smart World. 1re éd. Springer, 2019.
- [23]: Rahim Tafazolli, "TECHNOLOGIES FOR THE WIRELESS FUTURE", John Wiley & Sons,2006.
- [24] : Posté le 13/09/2011 par Guillaume Plouin, Nicolas Colomer , Retrouvez ce dossier sur le site deocto talks : www.blog.octo.com .
- [25] : I Haouchine et S Ait Mouhoub. "Etude de l'IoT et réalisation d'une maison intelligente". Mém. de mast. Béjaia
- [26] : Mr MOUSSI Karim, Detecteur de gaz toxiques en utilisant l'iot,Béjaia,2020,p11.
- [27] : R Mekriou et W Mazari. "Introduction à l'internet de l'objet et réalisation D'un système domotique". Mém. de mast. Béjaia : Université Abderrahmane Mira, 2016
- [28] : L Zhu, K Gai et M Li. Blockchain Technology in Internet of Things. Springer, 2019.
- [29] : I Haouchine et S Ait Mouhoub. "Etude de l'IoT et réalisation d'une maison intelligente". Mém. de mast. Béjaia : Université Abderrahmane Mira, 2019.
- [30] : Bo Karlson, "Wireless Foresight: Scenarios of the Mobile World in 2015", John Wiley & Sons, 2003
- [31] : Micheal j.McGrath et Cliodhna Ni Scanail , sensor technologies :health care : wirless and environmental aplications ,Apress open, 336 Pages 26 Décembre 2013
- [32] : TALEB Omar, Programmation de la sécurité Internet des Objet, Etude de cas module WIFI Electric imp , UNIVERSITÉ DE TLEMCEM,2016,p36
- [33] : Retrouvez ce dossier sur le site de dépôt numérique université Larbi Ben M'hidi Om-El-Baouaghi : <http://bib.univ-ueb.dz/>
- [34] : . Laurence Allard et Olivier Blondeau, Un Internet des Objets citoyen : vers une intelligence collective environnementale, <http://www.citoyenscapteurs.net/>, 9 avril 2013
- [35] :: SYNOX Group. 4 choses à savoir sur l'Internet des objets. [en ligne]. Disponible sur : (Consulté le 02/02 /2012)
- [36] : Instituts carnot , Le livre blanc : Objets communicants et Internet des objets, Réseau des instituts carnot 21-06-2011.
- [37] : Dubendorf, "Wireless Data technologies", John Wiley & Sons, 2003.
- [38] : Retrouvez ce dossier sur le site de officiel-prevention : <https://www.official-prevention.com/>

- [39] : Retrouvez ce dossier sur le site de University of Biskra Repository : <http://archives.univ-biskra.dz>
- [40] : ZERROUKI& Mohamed Amine - NESNAS Riadh « CONCEPTION ET RÉALISATION D'UN SYSTÈME DE COMMANDE D'UNE HABITATION ».UNIVERSITE MOULOUDE MAMMERE DE TIZI-OUZOU, Année universitaire 2017/2018
- [41] : ZIOUECHE DJAWED, MEBREK SALAH EDDINE.Réalisation d'un capteur de présence piloté par Arduino. Tlemcen : Université Aboubakr Belkaïd, Faculté de Technologie, 2016
- [42] : MANSOUR Amir «Etude et réalisation d'un système de sécurité basé sur module GSM Sim 900 via ATMEGA 328 ».UNIVERSITE Mouloud MAMMERE DE TIZI-OUZOU, Promotion 2017/2018
- [43] : <https://www.positron-libre.com/electronique/arduino/arduino.php>
- [44] : <https://arduino.blaise-pascal.fr/presentation/logiciel/>
- [45] : <https://projetsdiy.fr.2020>
- [46] : <https://www.mybacharach.com/fr.2019>