

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



N° Réf :.....

Centre Universitaire
AbdelhafidBoussoufMila

Institut des Sciences et Technologie

Département de Mathématiques et Informatique

Mémoire préparé en vue de l'obtention du diplôme de Master

Spécialité : Sciences et Technologies de l'Information et de la
Communication (STIC)

**Mise en place d'un réseau de capteurs sans fil
pour la détection en temps réel de la pollution
dans un site industriel.**

Préparé par : Bouhekouf Abd esetar

Bougueribia Abdelmoumane

Soutenu devant le jury

Président TALAI Meriem

Grade :M.A.A

Examineur BENCHEIKH LEHOCINE Madjed

Grade :M.C.B

Encadré par BOUMASSATA Meriem

Grade : M.A.A

Année Universitaire : 2022/2023

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciements :

Nous remercions tout d'abord Allah le tout Puissant de nous avoir aidé et donné la patience et le Courage durant ces longues et dures années d'études,

En second lieu, nous tenons à remercier notre Encadreur Mme « Boumassata Meriem » Pour son aide et ses encouragements et Surtout pour ses précieux conseils Qui nous ont assistés pour réaliser ce travail. Nos remerciements les plus vifs s'adressent aussi à Messieurs le président et les membres de jury d'avoir accepté d'examiner et d'évaluer notre travail.

Nous tenons à remercier tout le personnel de la société site de production Constantine 2 du groupe SAIDAL, pour leur soutien et pour leur générosité considérable quant à l'offre de l'information.

Enfin, nous exprimons nos sincères remerciements à nos familles et amis pour leur soutien et leur encouragement tout au long de la réalisation du projet, car ils nous ont toujours soutenus moralement et financièrement tout au long de nos années scolaires. Merci à tous et nous avons tout.

إهداء

الحمد لله حمداً يليق بجلال وجهه وعظيم سلطانه أن يسر أمرنا و وفقنا لإتمام ثمرة تعبنا وجهدنا طيلة سنوات الدراسة، والصلاة والسلام على المبعوث رحمة للعالمين خاتم النبيين وأشرف المرسلين، أما بعد:

ومن منطلق أنه لا يشكر الله من لا يشكر الناس، أود أن أتقدم بالشكر الجزيل للأستاذة المشرفة مريم بومساطة على إرشادها، جهدها وإخلاصها، وأثني على صديقي وزميلي إسلام الذي قاسمني كل مشقة أثناء البحث والإعداد، كما أود أن أهدي هذه المذكرة لكل من ساهم في إنجازها من قريب أو من بعيد بإعانة، بدعاء، بكلمة أو حتى بنية حسنة، وعلى رأسهم من لا أستطيع سداد دينهما الوالدين الكريمين حفظهما الله وأدامهما تاجاً فوق رأسي، إلى الأهل عامة و إلى السند الثابت بعد الله إخواني وأخواتي خاصة (سليم، فريد، رمضان، خالد، إسماعيل، الياقوت، هدى، بشرى وأميمة)، إلى زينة البيت ومتاعه أبناء وبنات الأخ والأخت كل باسمه، إلى الأصدقاء والرفقاء الأعزاء، إلى كل من علمنا أو أرشدنا أو ساندنا وأخص بالذكر الأستاذة الطيبة سعاد قندوز، حدة جبير وغيرهما كثير من من لا ينقصون مقاما وشأناً.

أسأل الله لي ولهم جميعاً التوفيق والسداد والجنة

عبد المؤمن _____ بسام _____ دانيال

إهداء

الحمد لله حمدًا يليق بجلال وجهه وعظيم سلطانه أن يسر أمرنا و وفقتنا لإتمام ثمرة تعبنا وجهدنا طيلة سنوات الدراسة، والصلاة والسلام على المبعوث رحمة للعالمين خاتم النبيين وأشرف المرسلين، أما بعد:

ومن منطلق أنه لا يشكر الله من لا يشكر الناس أقدم هذا العمل المتواضع لأعز الأشخاص في حياتي، والدي وأمي، اللذين يمثلان لي رمزًا للشجاعة والإرادة. فهما الشمعتان التي أنارت طريقي نحو النجاح، ومصدر الحنان الذي أعطاني كل ما أحتاجه من حب وتضحيات، لكي أتمكن من متابعة دراستي في ظروف مريحة. ولا يتوانيان في تشجيعي ومراقبتي.

أيضًا، أود أن أعبر عن شكري وامتناني لإخوتي الأعزاء والمحبوبين، "زينة" و"عبد الناصر"، وأخي الراحل أمين، الذي نسأل الله أن يتغمده بواسع رحمته ويدخله فسيح جناته. فقد كانوا دائمًا إلى جانبي، يدعمونني ويقدمون لي النصائح. وأود أن أشكر شريكي "باسام" على صبره المتواصل معي.

أرغب في توجيه الشكر أيضًا إلى جميع أصدقائي الأعزاء الذين شاركوني لحظات من الفرح والسعادة. وأنا ممتن لكل من وقف بجانبني حتى اليوم. لا يمكنني نسيان المساعدة التي تلقيتها من الجميع في تحقيق هذا العمل الذي أمامي.

عبدالستار _____ اسلام

Résumé

Le maintien de la santé humaine est un défi majeur de notre époque, en particulier dans les sites industriels où les émissions de substances nocives peuvent avoir de graves conséquences sur la santé humaine et l'écosystème local.

L'un des moyens utilisés pour la protection des sites industriels contre les fuites de gaz dangereux et les émissions de fumée, est la mise en œuvre de capteurs sans fil qui sont capables de détecter les substances nocives en temps réel. Dans ce contexte, la mise en place d'un réseau de détection radio est une solution efficace pour la surveillance proactive des installations. Cela permet de prendre des mesures opportunes et appropriées pour assurer la sécurité du site industriel.

Dans le cadre de notre projet, nous prévoyons de développer une application Web basée sur Laravel qui recevra des alertes provenant d'un réseau de détection sans fil. Cette application s'appuiera également sur des dispositifs Arduino. Notre objectif principal est de détecter les fuites dès les premières minutes et de réagir rapidement pour les corriger. Cela renforcera la sécurité des travailleurs et de l'environnement.

Mot clés : Application Web, Réseau de capteurs sans fil, Arduino, Wifi.

ملخص :

يشكل الحفاظ على صحة الإنسان تحديًا كبيرًا في عصرنا، لا سيما في المواقع الصناعية حيث يمكن أن يكون لانبعاثات المواد الضارة عواقب وخيمة على صحة الإنسان والنظام البيئي المحلي.

إحدى الوسائل المستخدمة لحماية المواقع الصناعية من تسرب الغاز الخطير وانبعاثات الدخان هي استخدام أجهزة الاستشعار اللاسلكية القادرة على اكتشاف المواد الضارة في الوقت الفعلي. وفي هذا السياق، يشكل إنشاء شبكة للكشف اللاسلكي حلاً فعالاً للرصد الاستباقي للمنشآت. وهذا يسمح باتخاذ تدابير مناسبة وفي الوقت المناسب لضمان سلامة الموقع الصناعي.

نهدف إلى تطوير تطبيق ويب قائم على Laravel والذي سيتلقى تنبيهات من شبكة الكشف اللاسلكي. سيعتمد هذا التطبيق أيضاً على أجهزة Arduino. هدفنا الرئيسي هو اكتشاف التسربات في الدقائق القليلة الأولى والتفاعل بسرعة لتصحيحها. سيؤدي هذا إلى زيادة سلامة العمال والبيئة.

الكلمات الرئيسية: تطبيق الويب، شبكة الاستشعار اللاسلكية، Arduino، Wifi.

Abstract

Ensuring human health is a major challenge of our time, especially in industrial sites where emissions of harmful substances can have serious consequences on human health and the local ecosystem. One of the methods used to protect industrial sites against dangerous gas leaks and smoke emissions is the implementation of wireless sensors capable of real-time detection of harmful substances. In this context, the establishment of a radio detection network is an effective solution for proactive monitoring of installations, enabling timely and appropriate measures to ensure the safety of the industrial site.

In our project, we plan to develop a Laravel-based web application that will receive alerts from a wireless detection network. This application will also rely on Arduino devices. Our main goal is to detect leaks within the first few minutes and react quickly to address them, thereby enhancing the safety of workers and the environment.

Keywords: Web application, Wireless sensor network, Arduino, Wi-Fi.

Table des matières

Chapitre 1 : Présentation de l'organisme d'accueil et objectif du projet	3
1. Introduction	4
2. Présentation du Groupe SAIDAL	4
2.1. Historique	5
2.2. Sites de production	6
3. Site de production Constantine 2	7
3.1. Fiche technique	7
3.2. Organigramme	9
3.3 Gamme de produits	10
4. Contrôle de qualité des médicaments	11
5. Types de gaz utilisés dans le site de production Constantine 2 et leurs risques	12
5.1 Gaz méthane	12
5.2 Gaz d'hydrogène	13
5.3 Gaz acétylène	13
6. Risques liés aux émissions de fumée	14
7. Système de protection utilisé par le site de production Constantine 2	14
7.1. Emplacement des capteurs dans l'usine	15
7.2. Interface Homme Machine	18
8. Problématique	21
9. Solution proposée	22
10. Conclusion	23
Chapitre 2 : Réseaux de Capteurs Sans Fil	24
1. Introduction	25
2. Réseaux sans fil	25
2.1 Définition	25
2.2 Catégories des réseaux sans-fil	26
• Réseaux avec infrastructure	26
• Réseaux sans infrastructure (Ad hoc)	26
3. Les réseaux de capteurs	27
3.1 Capteurs	27
3.1.1 Définition	27
3.1.2 Architecture d'un nœud capteur	28
3.2 Réseaux de Capteurs Sans-Fil (RCSF)	30
3.2.1 Définition	30
3.2.2 Architecture d'un RCSF	30

3.2.3	Caractéristiques d'un réseau de capteur sans fil	31
3.2.4	Domaines d'application des RCSF	32
3.2.5	Pile protocolaire dans un RCSF	35
4	Protocoles de communications sans fil.....	36
5	Les systèmes d'exploitation pour les RCSF	39
6	Conclusion	40
Chapitre 3 : Etude Conceptuelle.....		41
1.	Introduction	42
2.	Objectif du projet	42
3.	Architecture globale du Système.....	43
3.1	Types de capteurs utilisés.....	43
3.2	Buzzer	45
3.3	Déploiement des capteurs dans l'usine	46
4.	Conception de application web.....	47
4.1.1	Langage de modélisation.....	47
4.1.2	Les différents types de diagrammes UML 2.0	47
–	Les diagrammes structurels (statiques)	47
–	Les diagrammes de comportement (dynamiques).....	48
4.2	Diagramme de cas d'utilisation de l'application web.....	48
4.2.1	Définition	48
4.2.2	Identification des acteurs	48
4.2.3	Identification des cas d'utilisation	49
4.2.4	Réalisation du diagramme de cas d'utilisation	50
5.	Description détaillée des différents cas d'utilisation	50
6.	Diagramme de classe	63
7.	Conclusion.....	64
Chapitre 4 : Réalisation.....		65
1	. Introduction	66
2.	Partie matérielle	66
2.1	Arduino.....	66
2.1.1	Présentation de l'Arduino	66
.....	66
2.1.2	Types de cartes Arduino	67
2.1.3	Avantages d'Arduino.....	68
2.2	La communication entre Arduino et les capteurs de notre système	68
2.3	Le module WIFI ESP8266	69

2.4	Présentation de notre maquette.....	69
2.4.1	Pourquoi utiliser une maquette ?	69
2.4.2	Plan de notre maquette.....	70
3	Outils de développement logiciel	71
3.1	XAMPP.....	71
3.2	Framework Laravel.....	71
3.3	Arduino IDE.....	72
3.4	Visual Studio Code	74
4	Présentation de quelques interfaces de notre application.....	74
5	Conclusion	77

Liste Des Tableaux

Chapitre 1 : Présentation de l'organisme d'accueil et objectif du projet

Table 1. 1Fiche technique du site de production Constantine 2 partie1.	7
Table 1. 2 : Fiche technique du site de production Constantine 2 partie2.	8
Table 1. 3:Clés de la Figure 1.6 partie1.	16
Table 1. 4:Clés de la Figure 1.6 partie2.	17

Chapitre 3 : Etude Conceptuelle

Table 3. 1 : Description textuelle du cas « S'authentifier ».	51
Table 3. 2 : Description Textuelle « Gérer comptes - Ajouter».	52
Table 3. 3: Description textuelle « Gérer comptes – modifier ».	53
Table 3. 4:Description textuelle « Gérer comptes –supprimer ».	54
Table 3. 5: Description textuelle « Consulter Traces ».	55
Table 3. 6:Description textuelle « Changer état capteurs ».	55
Table 3. 7: Description textuelle du cas Consulter alertes.	56
Table 3. 8: Description Textuelle du cas « Désactiver ».	57
Table 3. 9:Description textuelle « Consulter historique».	58
Table 3. 10:Description textuelle « Gérer capteur- ajouter ».	59
Table 3. 11:Description textuelle « Gérer capteur-modifier ».	60
Table 3. 12:Description textuelle « Gérer capteur-supprimer ».	61
Table 3. 13: Description textuelle « Consulter données actuelles».	62

Chapitre 4 : Réalisation

Table 4. 1: Chronologie des sorties de cartes Arduino	67
--	----

Liste Des Figures

Chapitre 1 : Présentation de l'organisme d'accueil et objectif du projet

Figure 1. 1:Logo du Groupe SAIDAL.	5
Figure 1. 2:Les centres de distribution et les sites de productions de Saidal.	6
Figure 1. 3:Gamme de produits du site de production SAIDAL Constantine 2.	11
Figure 1. 4:Emplacement des capteurs dans l'usine.	15
Figure 1. 5:Zoom sur la zone trompeuse.....	15
Figure 1. 6:Interface Homme Machine	18

Chapitre 2 : Réseaux de Capteurs Sans Fil

Figure 2. 1:Exemples de capteurs	27
Figure 2. 2:Architecture d'un capteur sans fil.....	28
Figure 2. 3:Architecture d'un réseau de capteurs.....	31
Figure 2. 4 : Application des RCSFs dans le domaine militaire	33
Figure 2. 5:Application des RCSFs dans le domaine environnemental	34
Figure 2. 6:La pile protocolaire dans les réseaux de capteurs.....	35

Chapitre 3 : Etude Conceptuelle

Figure 3. 1 : Architecture globale du système.....	43
Figure 3. 2:Capteur de gaz méthane.....	44
Figure 3. 3: Capteur de gaz hydrogène.	44
Figure 3. 4: capteur de fumée.....	45
Figure 3. 5: Module Buzzer.....	45
Figure 3. 6: Diagramme de cas d'utilisation.	50
Figure 3. 7:diagramme de séquence «S'Authentifier».....	51
Figure 3. 8:diagramme de séquence « Gérer comptes - Ajouter».....	52
Figure 3. 9: diagramme de séquence « Gérer comptes – modifier».....	53
Figure 3. 10: diagramme de séquence « Gérer comptes – supprimer ».	54
Figure 3. 11:diagramme de séquence « Consulter Traces ».....	55
Figure 3. 12:diagramme de séquence « Changer état capteurs ».	56
Figure 3. 13:diagramme de séquence « consulter alertes ».....	57
Figure 3. 14:diagramme de séquence « Désactiver ».....	58
Figure 3. 15:diagramme de séquence « consulter l'historique ».	59

Figure 3. 16:diagramme de séquence « Gérer capteur-ajouter ».....	60
Figure 3. 17:diagramme de séquence « Gérer capteur-modifier ».....	61
Figure 3. 18:diagramme de séquence « Gérer capteur-supprimer ».....	62
Figure 3. 19:diagramme de séquence « Consulter donnes actuelle ».....	63
Figure 3. 20:« Diagramme de classe ».....	63

Chapitre 4 : Réalisation

Figure 4. 1:Carte Arduino	67
Figure 4. 2:Schéma des capteurs MQ de gaz de fumée utilisés	68
Figure 4. 3:Le module WIFI ESP8266.....	69
Figure 4. 4Arduino IDE.	73
Figure 4. 5 : exemple de code en langage Arduino	73
Figure 4. 6: Visual Studio Code.....	74
Figure 4. 7:interface s'authentifier	74
Figure 4. 8:interface Accueil admin.....	75
Figure 4. 9: interface consulter trace.....	75
Figure 4. 10: interface Accueil utilisateur.....	76
Figure 4. 11: interface consulter alerte.....	76
Figure 4. 12: interface consulter données actuelles.....	77

Introduction générale

Les progrès technologiques actuels ont mené l'apparition des réseaux de petits dispositifs de basse puissance, qui intègrent des capteurs et des déclencheurs avec un traitement à bord et des possibilités de communication sans fil limitées. Aujourd'hui, l'utilisation de solutions basées sur les réseaux de capteurs sans fil (RCSF) augmente rapidement. Les réseaux de capteurs sans fil déploient un vaste ensemble de dispositifs intelligents de petite taille, qui s'interconnectent de manière autonome pour former des réseaux ad hoc distribués. Ces réseaux sont dédiés à la collecte et à la gestion de données, en rassemblant des informations précises sur l'environnement. Dans des scénarios habituels, ces réseaux sont largement déployés dans les zones d'intérêt (comme les terrains inaccessibles ou les lieux à risques) pour la surveillance dans différentes classes d'applications.

Les applications des réseaux de capteurs sans fil sont nombreuses. Elles comprennent différents domaines : agricole, militaire, commercial, etc. Le domaine de l'industrie pharmaceutique est l'un de ces domaines nécessitant des capteurs pour la surveillance en continue et la détection des fuites de gaz dangereux et des émissions de fumée dans le site industriel.

L'industrie pharmaceutique joue un rôle essentiel dans la promotion de la santé publique en développant, produisant et distribuant des médicaments essentiels. Elle se consacre à la recherche, au développement et à la fabrication de médicaments sûrs et efficaces pour prévenir, traiter et guérir les maladies.

Cette industrie est étroitement réglementée pour garantir que les médicaments mis sur le marché répondent aux normes de sécurité et d'efficacité les plus strictes. Il existe de nombreuses méthodes pour contrôler la qualité des médicaments. Certaines de ces méthodes utilisent des gaz toxiques et inflammables, notamment pour l'allumage de feux.

L'utilisation de ces gaz présente des dangers spécifiques, notamment leur inflammabilité qui les rend sujets aux incendies et aux explosions. De plus, une fuite importante de gaz peut entraîner une asphyxie. Parallèlement, la fumée produite lors d'incendies contient des substances nocives et toxiques qui peuvent provoquer une irritation des voies respiratoires et des problèmes de santé graves.

Notre projet de fin d'études vise à mettre en place un réseau de capteurs sans fil pour la détection des fuites de gaz dangereux et des émissions de fumée dans l'une des entreprises responsables de l'industrie pharmaceutique en Algérie, à savoir, le site industriel Constantine 2 du groupe SAIDAL, où nous avons effectué notre stage. La solution que nous proposons consiste à une amélioration du système de protection déjà utilisé dans le site.

L'objectif essentiel de ce projet consiste à mettre en place le réseau de capteurs et de développer une application Web permettant de surveiller et de contrôler les capteurs à distance.

L'application Web jouera un rôle crucial dans la gestion et la surveillance du réseau de capteurs. Elle permettra aux utilisateurs d'accéder aux données fournies par les capteurs en temps réel, de visualiser les niveaux de gaz toxiques détectés et de recevoir des alertes en cas de dépassement des seuils de sécurité.

En utilisant l'application Web, les utilisateurs pourront surveiller les capteurs à distance, ce qui leur offrira une flexibilité et une facilité de contrôle accrues. Ils pourront également analyser les données historiques, générer des rapports et prendre des décisions éclairées pour assurer la sécurité des travailleurs et la protection de l'environnement.

Afin d'aborder tous les aspects ayant trait au fonctionnement de ce système, notre mémoire est organisé comme suit :

Chapitre 1 : Nous présenterons l'organisation hôte et l'objectif du projet.

Chapitre 2 : Présentation de généralités sur les réseaux de capteurs sans fil.

Chapitre 3 : Il sera consacré à l'étude conceptuelle du système de protection proposé.

Chapitre 4 : Consacrée à la mise en œuvre et à l'évaluation de l'application.

Chapitre 1

Présentation de l'organisme d'accueil et objectif du projet

1. Introduction

L'industrie pharmaceutique est, dans le monde entier, un élément important des systèmes de santé. Elle comprend de nombreux services et entreprises, publics ou privés, qui découvrent, mettent au point, fabriquent et commercialisent des médicaments au service de la santé humaine et animale [1].

L'une des nombreuses entreprises responsables de l'industrie pharmaceutique en Algérie est le groupe SAIDAL. C'est une société par actions, dont l'objectif primordial est d'accroître, de créer et de distribuer des produits pharmaceutiques à usage humain et vétérinaire.

Dans ce chapitre, nous présenterons, d'abord, le groupe SAIDAL, ses sites de productions, en particulier l'usine de Constantine 2 où nous avons effectué notre stage, les médicaments fabriqués dans ce site et les risques liés aux émissions de fumée et à l'utilisation de gaz dangereux pour contrôler la qualité des médicaments. Ensuite, nous présenterons le système de protection contre les fuites de gaz installé dans le site de production Constantine 2 et les lacunes présentes dans ce système. Et en fin, nous présenterons notre solution qui consiste à la réalisation d'un nouveau système de protection pour la détection des fuites de gaz.

2. Présentation du Groupe SAIDAL

SAIDAL est une société par actions, au capital de 2 500 000 000 dinars algériens. 80 % du capital du groupe SAIDAL sont détenus par l'état et les 20 % restants ont été cédés en 1999 par le biais de la Bourse à des investisseurs institutionnels et à des personnes physiques. Organisé en groupe industriel, SAIDAL a pour mission de développer, de produire et de commercialiser des produits pharmaceutiques à usage humain et vétérinaire.

Le groupe SAIDAL a pour objectif stratégique de consolider sa position de leader dans la production de médicaments génériques et de contribuer, à la concrétisation de la politique nationale du médicament mise en œuvre par les pouvoirs publics.



Figure 1. 1:Logo du Groupe SAIDAL.

2.1. Historique

- **Création de SAIDAL (Avril 1982)**

A la suite de la restructuration de la Pharmacie Centrale Algérienne (PCA).

- **Entreprise publique économique (En 1989)**

En 1989 et suite à la mise en œuvre des réformes économiques, SAIDAL devint une entreprise publique économique dotée de l'autonomie de gestion.

- **Changements de statuts (En 1993)**

Des changements ont été apportés aux statuts de l'entreprise, lui permettant de participer à toute opération industrielle ou commerciale pouvant se rattacher à l'objet social par voie de création de sociétés nouvelles ou de filiales.

- **Plan de restructuration (En 1997)**

La société SAIDAL a mis en œuvre un plan de restructuration qui s'est traduit par sa transformation en groupe industriel regroupant trois filiales (Pharmal, Antibiotical et Biotic).

- **Augmentation du Capital (En 2009)**

SAIDAL a augmenté sa part dans le capital de SOMEDIAL à hauteur de 59%. En 2010, elle a acquis 20 % du capital d'IBERAL et sa part dans le capital de TAPHCO est passée de 38,75% à 44,51%.

- **Fusion (En janvier 2014)**

SAIDAL a procédé par voie d'absorption, à la fusion de ses filiales détenues à 100% Pharmal, Antibiotical et Biotic.

2.2. Sites de production

SAIDAL compte 08 usines de production d'une capacité totale de 200 millions d'Unités Ventes :

- **Le site de production d'Annaba** : Spécialisé dans la fabrication des formes sèches.
- **Le site de production de Médéa** : Spécialisé dans la production d'antibiotiques pénicilliniques et non pénicilliniques.
- **Le site de production de Dar El Beida** : Situé dans la zone industrielle d'Alger, cette usine produit une large gamme de médicaments sous plusieurs formes galéniques (Sirops, Solutions, Comprimés, Pommades).
- **Le site de production de Gué de Constantine** : Composé de deux parties distinctes : l'une pour la fabrication des formes galéniques (Suppositoires, Ampoules, Comprimés), et l'autre dotée d'une technologie très récente spécialisée dans la production des solutés massifs (Poches et Flacons).
- **Le site de production d'El Harrach**: Dispose de quatre ateliers de production : Sirops, Solutions, Comprimés, Pommades.
- **Le site de production de Cherchell** : Composé de trois ateliers de production : Sirops, Formes sèches (Comprimés, Poudres en sachets, Gélules) et concentré d'hémodialyse.
- **Le site de production de Constantine** : Situé à Constantine, il dispose de deux ateliers spécialisés dans la production des sirops.
- **Le site de production de Batna** Spécialisé dans la production des suppositoires.

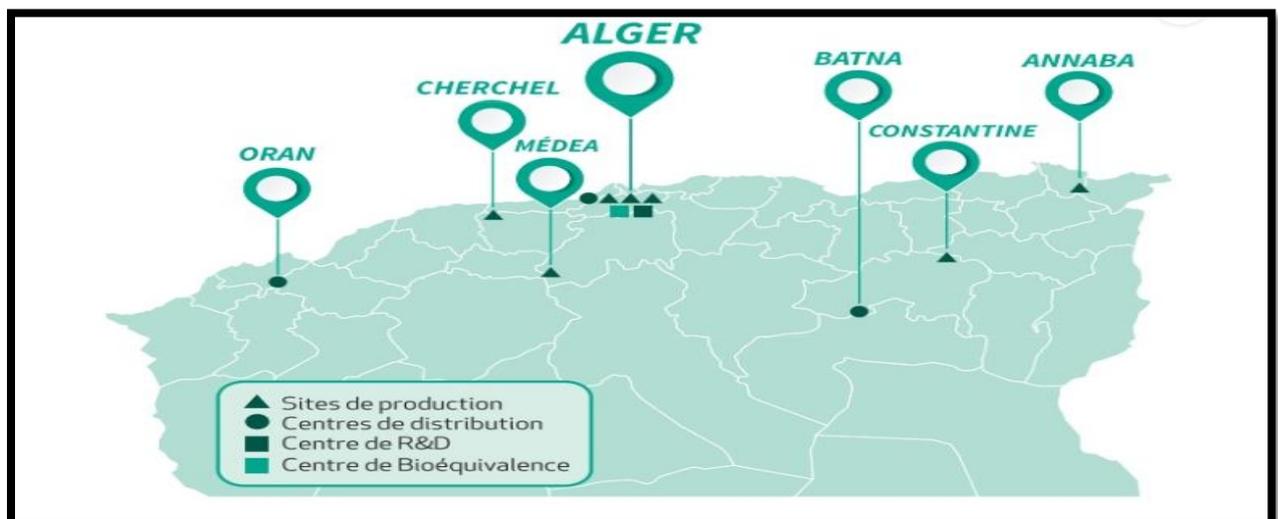


Figure 1. 2: Les centres de distribution et les sites de productions de Sidal.

3. Site de production Constantine 2

Cette usine située dans la zone industrielle de Constantine a été auparavant transférée à Pharmal suite à la dissolution de L'ENCOPHRAM en date du 31 Décembre 1997 et est spécialisée dans la fabrication des formes liquides [2].

3.1. Fiche technique

Fiche technique du site de production constantine 2		بطاقة تقنية لموقع الانتاج قسنطينة 2	
Maitre d'ouvrage	Group industriel SAIDAL	مجمع صيدال	صاحب المشروع
Etudes et suivi de réalisation	CTP/Italie	CTP ايطاليا	دراسة ومتابعة الانجاز
Enterprise de réalisation	COMSA Espagne	COMSA اسبانيا	شركة الانجاز
Localisation	Zone industrielle 24 février 1956(ex le palma)	المنطقة الصناعية 24 فيفري 1956 بالما	الموقع
Superficie du site	27000m ²	27000م ²	المساحة الاجمالية
Zone de stockage	3070m ²	3070م ²	منطقة التخزين
Zone de production	3000m ²	3000م ²	منطقة الانتاج
Laboratoire de contrôle qualité	630m ²	630م ²	مخبر مراقبة الجودة
Utilité	1596m ²	1596م ²	الملاحق
Formes pharmaceutiques	Liquide et semi solide à administration orale et forme à usage externe	سوائل ونصف صلبة للاستعمال الخارجي و عن طريق الفم	شكل صيدلاني
Capacité de production	20 000 000 UV en une seule équipe	20 000 000 وب	القدرة الانتاجية

Table 1. 1Fiche technique du site de production Constantine 2 partie1.

Fiche technique du site de production constantine 2		بطاقة تقنية لموقع الانتاج قسنطينة 2	
Effectif/qualification	-135 -cadres :48 -maitrise :30 -exécution :57	- 135 عامل - 48 اطار - 30 عون تحكم - 57 عون تنفيذ	عدد المستخدمين
Date d'acquisition de l'autorisation d'exploitation	N° 63/18 en datedu31/12/2018	31 ديسمبر 2018 رقم 18/ 63	تاريخ الحصول على رخصة استغلال الموقع
Date de validation du LCQ	27/20 en date du 27/08/2020	27 اوت 2020 رقم 20/27	تاريخ الحصول على استغلال المخبر
Date de renouvellement de largement	045/22 en date 03/03/2022	03 مارس 2022 رقم 22/45	تاريخ تجديد الاعتماد
Date de lancement des lots de validation	Décembre 2018	ديسمبر 2018	تاريخ بداية انتاج حصص التصديق
Date de lancement des lots de routine	Juin 2021	جوان 2021	تاريخ بداية انتاج حصص الرتين
Objectif de production 2022	5 000 000 UV	5 000 000 وب	اهداف الانتاج

Table 1. 2 : Fiche technique du site de production Constantine 2 partie2.

3.2. Organigramme

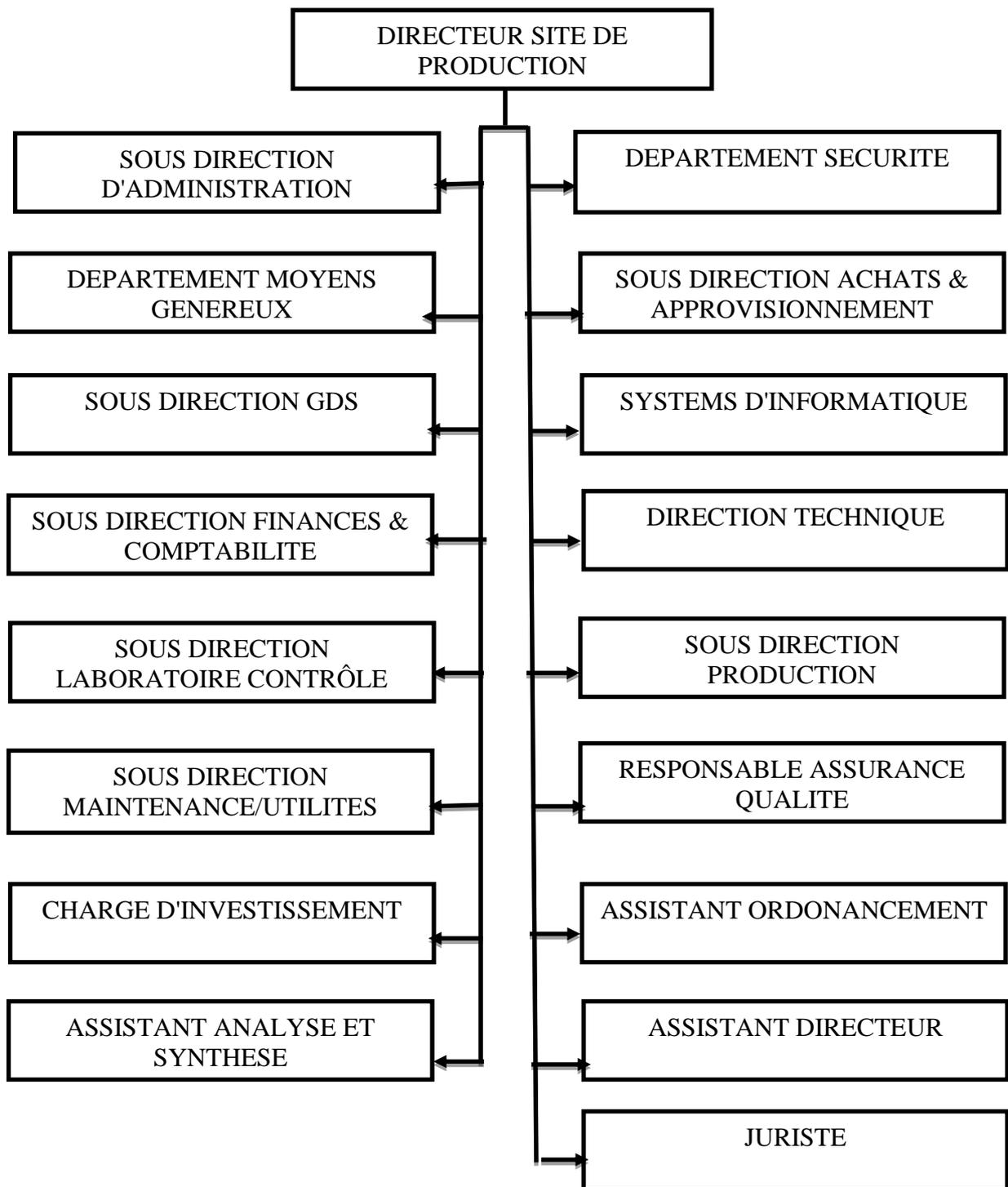


Figure 1. 3 : Organigramme du site de production Constantine 2

3.3. Gamme de produits

Les produits fabriqués dans le site de production Constantine 2 sont :

- KAUGON 15%.
- SULAMINE 0.125%.
- EUPNEX 0,2%.
- SULPUREN 0.5%.
- SALBUTAMOL SAIDAL 2 MG/5ML.
- TIMONAL 0.2%.
- HEPTAGYL 0,04 %.
- HISTAGAN 0.01%.
- KALIGON SANS SUCRE 15%.
- GEL HYDRO ALCOOLIQUE SAIDAL 100 ML.
- GEL HYDRO-ALCOOLIQUE SAIDAL 1000 ML.
- GEL HYDRO ALCOOLIQUE SAIDAL 200 ML.
- GEL HYDRO ALCOOLIQUE SAIDAL 500 ML.



Figure 1. 4: Gamme de produits du site de production SAIDAL Constantine 2.

4. Contrôle de qualité des médicaments

Le contrôle de la qualité consiste à vérifier que des caractéristiques sont conformes à des spécifications préétablies. Il se fait :

- En amont, sur les intrants (les matières premières).
- En cours de fabrication : étapes intermédiaires (le sirop avant l'étape de stockage).
- En fin de fabrication, sur le produit fini.

L'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) s'occupe non seulement des aspects pharmaceutiques de la qualité des médicaments mais encore de l'innocuité et de l'efficacité intrinsèque de leurs principes actifs [3].

Il existe de nombreuses méthodes analytiques qualitatives et quantitatives pour contrôler la qualité des médicaments, en vérifiant notamment leur conformité aux normes et leur validité. Cependant, il est important de noter que certaines de ces méthodes utilisent des gaz toxiques et inflammables tels que le méthane, l'hydrogène et l'acétylène, notamment pour l'allumage de feux. Ces gaz sont stockés, transportés à travers des tuyaux et peuvent être utilisés dans des laboratoires à des fins spécifiques. Cependant, il est essentiel de prendre des précautions adéquates pour garantir la sécurité lors de l'utilisation de ces gaz dans les laboratoires ou dans d'autres contextes.

5. Types de gaz utilisés dans le site de production Constantine 2 et leurs risques

5.1 Gaz méthane

Le méthane est un gaz incolore composé de quatre atomes d'hydrogène et d'un atome de carbone. Il représente le principal constituant du gaz naturel, un combustible fossile. Lorsque la matière organique se décompose dans des environnements à faible teneur en oxygène, le méthane est libéré dans l'atmosphère. Ce gaz contribue de manière significative à l'effet de serre, tandis que sa persistance dans l'atmosphère est de l'ordre d'une décennie[4].

- **Les risques liés au gaz naturel**

Le méthane est un gaz inflammable qui peut former des mélanges explosifs avec l'air. Une concentration élevée du méthane peut entraîner une diminution de la teneur en oxygène de l'air, ce qui peut entraîner une asphyxie si la personne respire un air appauvri en oxygène. De plus, le méthane peut agir comme un gaz asphyxiant en remplaçant l'oxygène dans les poumons, entraînant des difficultés respiratoires.

5.2 Gaz d'hydrogène

L'hydrogène est un gaz extrêmement inflammable et réactif. Il brûle avec une flamme légèrement bleue qui devient pratiquement invisible à haute température. Il forme des mélanges explosifs avec l'air dans des limites très larges. En outre, il peut exploser spontanément sous l'effet d'une élévation de température ou de pression (notamment en cas de fuite à plusieurs dizaines de bars). Son énergie minimale d'inflammation (EMI) est très faible, ce qui le rend sensible et réactif.

La réactivité de l'hydrogène vis-à-vis de certains éléments ou composés peut également être source d'incendies ou d'explosions

- **Les risques liés au gaz d'hydrogène**

Le gaz hydrogène peut-être dangereux dans certaines situations, par exemple lorsqu'il n'est pas stocké ou manipulé correctement. L'hydrogène est un gaz très inflammable qui peut s'enflammer et provoquer une explosion s'il entre en contact avec une source d'inflammation, comme une étincelle ou une flamme nue.

De plus, l'hydrogène gazeux est inodore et incolore, ce qui peut rendre difficile la détection d'une fuite. Cela peut être particulièrement dangereux si le gaz fuit dans un espace clos, car il peut déplacer l'oxygène et créer un risque d'asphyxie.

5.3 Gaz acétylène

L'acétylène est un gaz extrêmement inflammable et réactif. Il forme des mélanges explosifs avec l'air dans des limites très larges. En outre, il peut exploser spontanément sous l'effet d'une élévation de température ou de pression même en l'absence d'oxygène. Son énergie minimale d'inflammation (EMI) est l'une des plus faibles qui existent, ce qui le rend très sensible et réactif [5].

- **Les risques liés au gaz acétylène**

Le gaz acétylénique peut être dangereux dans certaines situations, surtout s'il n'est pas manipulé ou entreposé correctement. L'acétylène est un gaz très inflammable qui peut s'enflammer et causer une explosion s'il entre en contact avec une source d'inflammation, comme une étincelle ou une flamme nue.

L'acétylène gazeux est également instable et peut se décomposer de façon explosive s'il est soumis à des pressions ou des températures élevées. Cela peut se produire si le gaz est stocké dans une bouteille endommagée ou mal entretenue

De plus, l'acétylène gazeux est plus léger que l'air et peut s'accumuler dans des espaces clos, déplaçant l'oxygène et créant un risque d'asphyxie.

6. Risques liés aux émissions de fumée

Parallèlement, aux risques liés à l'utilisation de gaz dangereux, la fumée produite lors d'incendies peut entraîner une suffocation et contenir également des produits chimiques toxiques issus de la substance qui brûle. Certains de ces produits chimiques peuvent endommager les poumons ou intoxiquer l'organisme [6].

7. Système de protection utilisé par le site de production Constantine 2

Le site de production Constantine 2 utilise un système de protection permettant la détection de fuites de gaz dangereux et la détection de la fumée. Ce système est composé d'un ensemble de capteurs capables de détecter les fuites de trois gaz dangereux, à savoir le méthane, l'hydrogène et l'acétylène en plus de capteurs utilisés pour la détection de la fumée. Ces capteurs sont installés dans différents endroits de l'usine (laboratoires, zones de stockage et zone de production) et connectés via un réseau filaire à une interface homme machine qui consiste à un équipement de contrôle et signalisation permettant à un exploitateur de commander les capteurs.

7.1. Emplacement des capteurs dans l'usine



Figure 1. 5:Emplacement des capteurs dans l'usine.

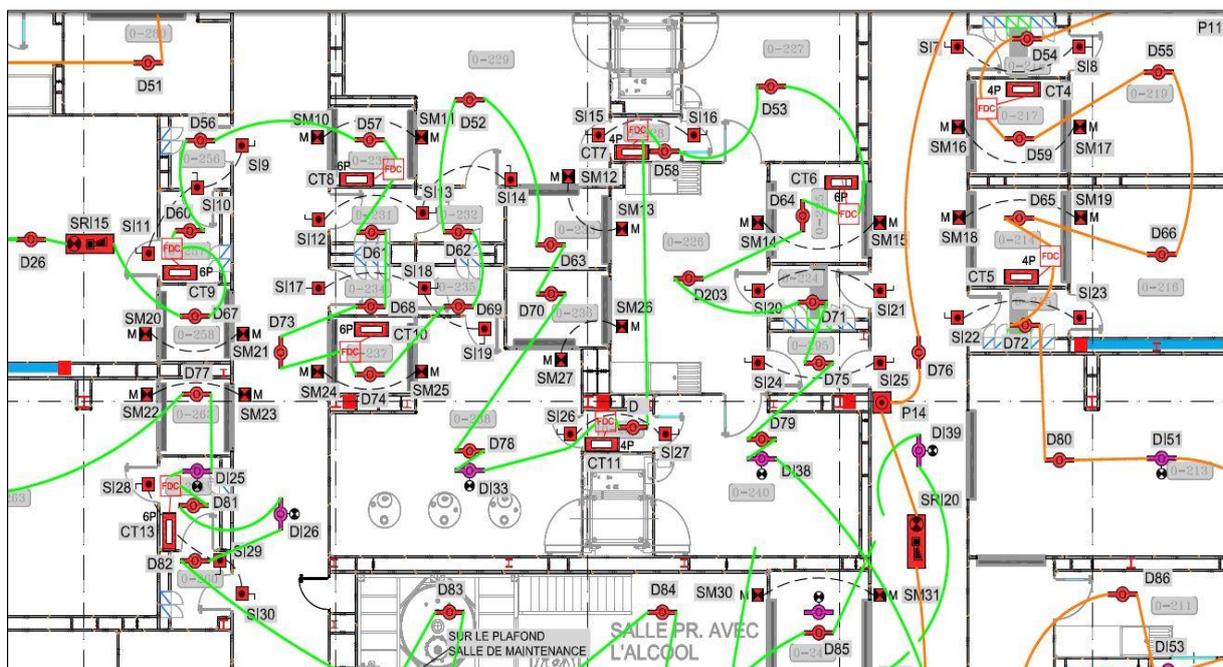


Figure 1. 6:Zoom sur la zone trompeuse.

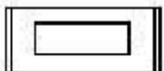
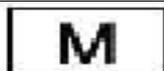
	DÉTECTEUR OPTIQUE ANALOGIQUES ADDRESSABLES
	DÉTECTEUR OPTIQUE ANALOGIQUES ADDRESSABLES AVEC CHAMBRE D'ANALISE
	DÉTECTEUR OPTIQUE ANALOGIQUES ADDRESSABLES POUR INSTALLATION A L'INTERIEUR FAUX PLAFOND AVEC INDICATEUR LED
	DÉTECTEUR TEMPERATURE ANALOGIQUES ADDRESSABLES
	DÉTECTEUR GAZ NATUREL
	DÉTECTEUR GAZ ACETYLENE
	DÉTECTEUR GAZ HYDROGENE
	CENTRAL SYSTEME DE INTERBLOCAGE
	VENTOUSE ELECTROMAGNETIQUE POUR PORTES COUPE-FEU
	BOUTON POUSSOIR D'ALARME ADDRESSABLE
	ALIMENTATION DE SECOURS 24VDC EN54-4 AVEC BATTERIES
	DIFFUSEURS SONORES ET LUMINEUX POUR ALARME
	DIFFUSEURS SONORES ET LUMINEUX POUR ALARME GAZ
	EQUIPEMENT DE CONTROLE GAZ

Table 1. 3:Clés de la Figure 1.6 partie1.

	<p>SYSTEME DE INTERBLOCAGE DE PORTE MOTORISÉ COMPOSÉ DES SUIVANTS ÉQUIPEMENT :</p> <ul style="list-style-type: none"> • N° 2 FEUX POSITIONNÉS SUR CHAQUE CÔTE • CONSENTEMENT À LA MOTORISATION DES PORTES • N° 1 CENTRAL ÉLECTRONIQUE AVEC GESTION LOGIQUE DE FONCTIONNEMENT • BOUTONS D'OUVERTURE SUR CHAQUE CÔTÉ DES PORTES
	<p>SYSTEME DE INTERBLOCAGE COMPOSÉ DES SUIVANTS ÉQUIPEMENT:</p> <ul style="list-style-type: none"> • N° 2 FEUX POSITIONNÉS SUR CHAQUE CÔTE • N° 1 MICROSWITCH DE SIGNALISATION ÉTAT PORTE • N° 1 SERRURE ÉLECTRIQUE • N° 2 BOUTONS DE DÉCROCHAGE EN ÉMERGENCE POSITIONNÉS SUR CHAQUE CÔTE • N° 1 CENTRAL ÉLECTRONIQUE AVEC GESTION LOGIQUE DE FONCTIONNEMENT
	<p>EQUIPEMENT DE CONTROLE INCENDE</p>
	<p>MODUL FDC</p>
	<p>CABLE ALARME INCENDIE</p>
	<p>BOUCLE 1</p>
	<p>BOUCLE 2</p>
	<p>BOUCLE 3</p>
	<p>BOUCLE 4</p>
	<p>ALIMENTATION DETECTION DE GAZ</p>
	<p>COMMUNICATION DETECTION DE GAZ</p>
	<p>BOITE DE DÉRIVATION</p>

Table 1. 4:Clés de la Figure 1.6 partie2.

7.2. Interface Homme Machine

Toutes les stations (équipement de contrôle et signalisation ou terminal d'exploitation incendie) ont une unité d'exploitation. L'unité d'exploitation comporte l'Interface Homme Machine qui permet de commander l'installation de détection. Toutes les informations importantes provenant de l'installation de détection sont spontanément affichées sur l'Interface Homme Machine ou peuvent y être appelées [7].

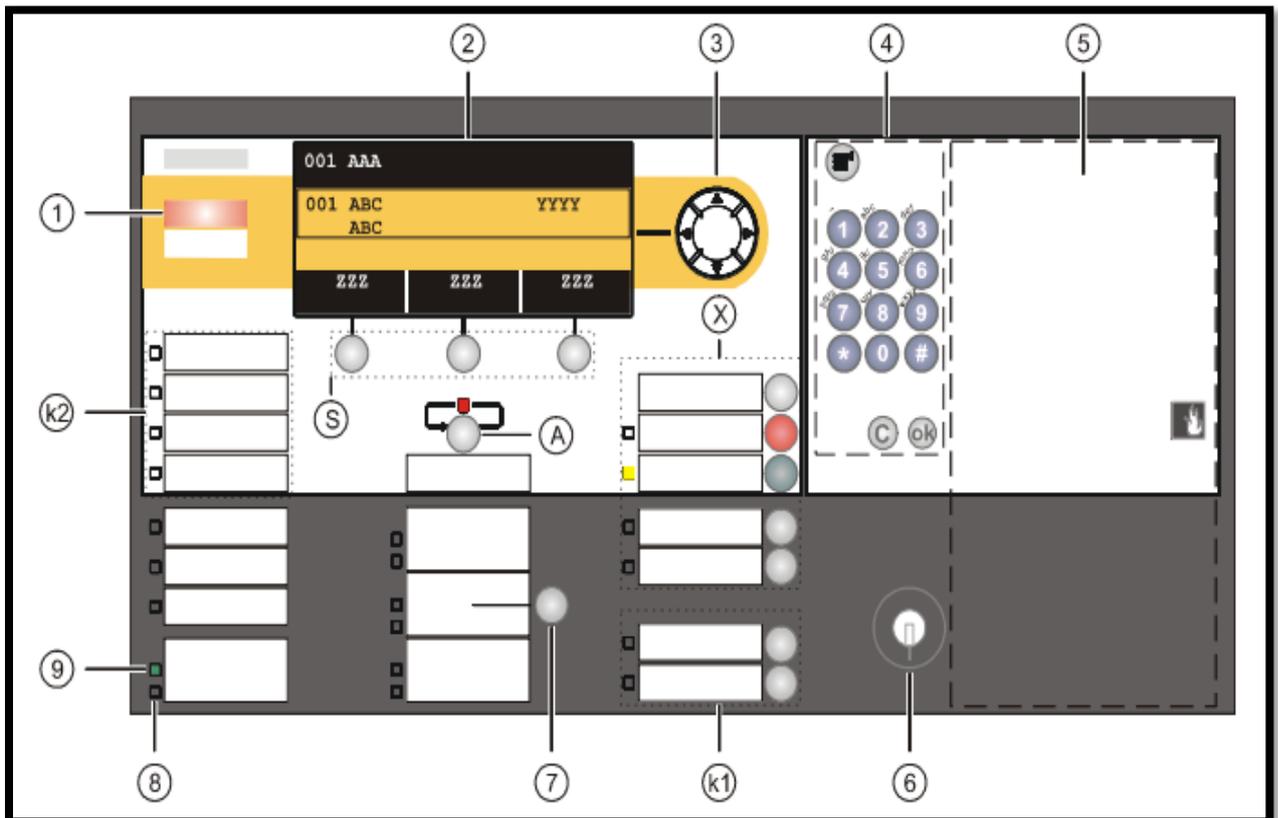


Figure 1. 7:Interface Homme Machine

L'interface homme machine est composée des éléments suivants :

- 1 : Indicateur d'action
- S'allume en rouge en cas d'alarme.

- **2 : Affichage**
 - Affichage de l'événement, par exemple type, lieu et état de l'événement.
 - Affichage du menu, de l'élément et de la commande.
 - Affichage des instructions de manipulation en cas d'alarme possible.
- **3 : Touches de navigation**
 - Pour la navigation à l'écran en cas par exemple de sélection de menu et de commande, utiliser les listes déroulantes.
- **4 : Zone clavier avec touche de menu, touche ok et touche Cancel.**
 - Un clavier : pour saisie du code PIN (mot de passe), raccourci (menus), entrée d'adresse (élément ID), saisie de paramètres, saisie de texte client.
 - La touche de menu ouvre le menu principal.
 - La touche <ok> permet d'exécuter une commande ou d'ouvrir une option sélectionnée. Dans les fenêtres avec champ d'entrée, la touche <ok> permet d'amener le curseur sur l'entrée suivante.
 - La touche Cancel <C> permet l'annulation de toute opération et de fermer une liste ouverte ou une fenêtre ouverte.
- **5 : Zone d'installation pour les options :**
 - Imprimante
 - EVAC [NL]
 - LED
- **6 : Commutateur à clé (en option)**
 - Le commutateur à clé permet de valider un niveau d'accès.
 - Le niveau d'accès atteint est configurable.
 - Le commutateur à clé a deux positions : Marche (position horizontale), Arrêt (position verticale).

- **7** : Touche <Appareil d'alarme>
 - Désactive les  dispositifs d'alarme en cas d'alarme (mot de passe nécessaire).
- **8** : LED dérangement du système(jaune)

S'allume en jaune en cas de dérangement.

- **9** : LED exploitation (verte)

S'allume en vert lors de l'exploitation

- **A** : Touche <Plus d'alarmes>
 - L'actionnement de <Plus d'alarmes> permet d'ouvrir la liste d'événements 'ALARMES'.
 - Si la liste d'évènements 'ALARMES' est déjà ouverte, <Plus d'alarmes> a la fonction de la touche  et, à l'actionnement, elle permet de passer à l'évènement d'alarme suivant.
- **S** : Touches programmables 1 – 3
 - Les touches programmables sont des touches permettant d'exécuter des fonctions indiquées dans les trois champs de la ligne de touches programmables de l'écran.
 - Ces trois champs noirs contiennent des désignations des fonctions en lettres blanches.
 - Les fonctions des touches programmables peuvent changer en fonction de la situation et du contenu de l'écran correspondant.
 - Aux touches programmables 1 et 2 sont attribuées les fonctions les plus importantes.
- **X** : Touches standard <Arrêt buzzer>, <Arrêt signal sonore>, <Réarmement>, <Temporisation alarme hors>, <Alarme différée>.
 - <Arrêt buzzer> permet de désactiver le buzzer.
 - <Arrêt signal sonore> confirme tous les évènements pouvant être acquittés. Confirme la présence ( CVA, CI). Permet de désactiver le buzzer et l'embase interne.

- <Réarmement> réinitialise tous les évènements réinitialisables (mot de passe nécessaire).
- <Temporisation alarme hors> désactive la temporisation d'alarme pour tous les évènements. En cas d'alarme, la télétransmission ou la mise en alarme générale sont déclenchées immédiatement.
- <Alarme différée> permet la commutation entre les modes d'exploitation 'Alarme différée' et 'Alarme directe' (mot de passe nécessaire). Permet l'ouverture de la liste d'évènements en cas d'états mixtes (↑ visibilité de plusieurs ↑ sites avec des réglages différents Alarme différée' et 'Alarme directe').
- **k1** Touches configurables avec LED
 - Ces deux touches peuvent par exemple être configurées avec les fonctions suivantes : Désactiver l'affichage 'Compteur VdS' ou 'Groupe de détecteurs'.
- **k2** LED configurables
 - Librement configurable pour l'affichage d'évènements ou d'états.

8. Problématique

Bien que l'usine de Constantine 2 utilise un système de protection contre les fuites de gaz dangereux et les émissions de fumée, et après une étude de l'installation physique et du fonctionnement de l'interface homme machine utilisée par ce système, nous avons remarqué quelques lacunes :

- Certains capteurs (capteur de Gaz Naturel, d'Acétylène, d'Hydrogène et de fumée) ne sont pas placés dans certaines zones comme les zone de stockage.
- L'interface homme machine ne fournit pas à l'utilisateur la possibilité de vérifier si les capteurs fonctionnent ou pas.
- L'interface homme machine ne fournit pas à l'utilisateur la possibilité d'activer ou de désactiver les capteurs.
- Il est nécessaire de se rendre dans la salle de contrôle où se trouve l'interface homme machine pour visualiser les données capturées par les capteurs.

- Il n'est pas possible d'accéder à une salle de contrôle en cas d'incendie.
- L'utilisation d'un treillis métallique pour connecter les capteurs à l'interface homme machine rend difficile l'installation de capteurs dans certains emplacements de l'usine.
- Les données capturées ne sont pas sauvegardées, ce qui entraîne une perte d'information.

Après avoir identifié ces problèmes, nous présentons des solutions pour remédier à ces problèmes spécifiques et améliorer le système de prévention des fuites de gaz et des émissions de fumée dans l'usine de Constantine 2.

9. Solution proposée

Notre solution consiste à la réalisation de fonctions suivantes :

- Nous remplaçons l'ancien réseau filaire par un nouveau réseau de capteurs sans fil afin de bénéficier des avantages des réseaux sans fil, tels que :
 - Offrir une connectivité sans dépendre de câbles longs ni de contrôleurs au sol pour faciliter le partage des données.
 - Permettre des connexions simples avec des ordinateurs portables ou des appareils mobiles pour accéder au réseau.
 - Autoriser plusieurs appareils à se connecter simultanément au même signal sans fil.
- De plus, nous installerons des capteurs dans des zones exposés au danger de fuite de gaz et des émissions de fumée et qui n'ont pas été surveillés auparavant, comme les zones de stockage.
- Nous mettrons en place une application Web qui nous permettra de surveiller et de contrôler à distance les capteurs.
- Nous utiliserons une base de données pour stocker les informations collectées.

10. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons fourni une définition générale du groupe SAIDAL, en particulier le site de production Constantine 2 et le système de protection utilisé dans ce site contre les risques liés à l'utilisation des gaz dangereux aux émissions de fumée. Nous avons ainsi, proposée un nouveau système de protection utilisant différents capteurs de gaz et qui porte des solutions aux problèmes de l'ancien système.

Dans le prochain chapitre, nous aborderons les concepts fondamentaux des réseaux de capteurs sans fil, ainsi que le fonctionnement interne des nœuds capteurs.

Chapitre 2

Réseaux de Capteurs Sans Fil

1. Introduction

Les réseaux de capteurs sans fil (RCSF) ou Wireless Sensor Networks (WSN), en anglais, sont devenus de plus en plus omniprésents. Les réseaux de capteurs se retrouvent au cœur de nombreuses applications couvrant des domaines aussi variés comme la santé, la domotique, les transports, la sécurité.

Un Réseau de Capteurs Sans Fil ou Wireless Sensor Network est un réseau informatique composé de petits dispositifs autonomes, fixés ou dispersés aléatoirement dans une zone d'intérêt, utilisant des capteurs coopérant pour surveiller des conditions environnementales ou physiques, comme la température, le son, les vibrations, la pression, le mouvement, etc...

Dans ce deuxième chapitre, nous présenterons, d'abord, les réseaux sans fil et leurs catégories. Ensuite, nous présenterons la structure d'un nœud capteur, ses propriétés et les modèles commercialisés. Et enfin, nous présenterons une gamme de généralités autour des réseaux de capteurs sans fil, leur architecture, leurs domaines d'application et les systèmes d'exploitation utilisées par les nœuds capteurs.

2. Réseaux sans fil

2.1 Définition

Un réseau sans fil (wireless network en anglais) est un réseau informatique qui connecte différents hôtes ou nœuds par des ondes radios. Les réseaux sans fil constituent avant tout une alternative aux réseaux câblés. Leur compatibilité avec les réseaux câblés permet également de les ajouter comme extension. C'est une technique qui permet aux particuliers, aux réseaux de télécommunications et aux entreprises de limiter l'utilisation de câbles entre diverses localisations [8].

2.2 Catégories des réseaux sans-fil

Selon l'infrastructure du réseau, les réseaux sans fil peuvent être classifiés en réseaux sans infrastructure ou avec infrastructure [9].

- **Réseaux avec infrastructure**

Dans ce mode de fonctionnement le réseau est obligatoirement composé d'un point d'accès appelé station de base (SB), munis d'une interface de communication sans fil pour la communication directe avec les sites ou unités mobiles (UM). Une station de base couvre une zone géographique limitée. Une unité mobile est rattachée à un moment donné qu'à une station de base lui offrant tous les services tant que l'UM est à l'intérieure de la zone de couverture de la SB.

- **Réseaux sans infrastructure (Ad hoc)**

Il s'agit d'un mode Point à Point, ne nécessitant pas de points d'accès. Il permet de connecter les stations quand aucun point d'accès n'est disponible. L'absence d'infrastructure oblige les UM à jouer le rôle de routeurs [10]. Un réseau Ad hoc est une collection d'hôtes équipés d'antennes pour communiquer entre eux sans aucune administration centralisée. En effet, contrairement aux réseaux filaires où des nœuds spécifiques dits « routeurs » sont responsables de l'acheminement des données, dans un réseau Ad hoc tous les nœuds sont à la fois routeurs et terminaux [11]. Les réseaux de capteurs sans-fil sont considérés comme un type particulier des réseaux Ad hoc.

3. Les réseaux de capteurs

3.1 Capteurs

3.1.1 Définition

Un capteur sans fil est un dispositif électronique qui a la capacité de mesurer une valeur physique telle que la température, l'humidité, la luminosité, l'accélération, la distance, les mouvements, la position, la pression, la présence de gaz, la vision (capture d'image), le son, etc., et de transmettre ces mesures à un centre de contrôle via une station de base.

Le rôle d'un capteur est de convertir la mesure physique observée en une mesure généralement électrique, qui est ensuite traduite en une donnée binaire exploitable et compréhensible par un système d'information.

Au fil du temps, la notion de capteurs a évolué, avec une expansion de leur champ d'application. Alors que les premiers capteurs étaient dédiés à une seule mesure spécifique, les capteurs contemporains sont des combinaisons de plusieurs dispositifs capables de mesurer différentes grandeurs physiques. En plus de leurs capacités de mesures multiples, les capteurs modernes intègrent des fonctionnalités leur permettant non seulement d'enregistrer et de détecter des événements mesurables, mais aussi de traiter ces données et de les communiquer vers d'autres dispositifs. On parle alors de capteurs intelligents. [12].



Figure 2. 1: Exemples de capteurs

3.1.2 Architecture d'un nœud capteur

Un nœud capteur contient quatre composants de base : l'unité de captage, l'unité de traitement, l'unité de transmission, et l'unité de contrôle d'énergie. Il peut contenir également, suivant son domaine d'application, des éléments supplémentaires tels qu'un système de localisation, ou bien un système générateur d'énergie.

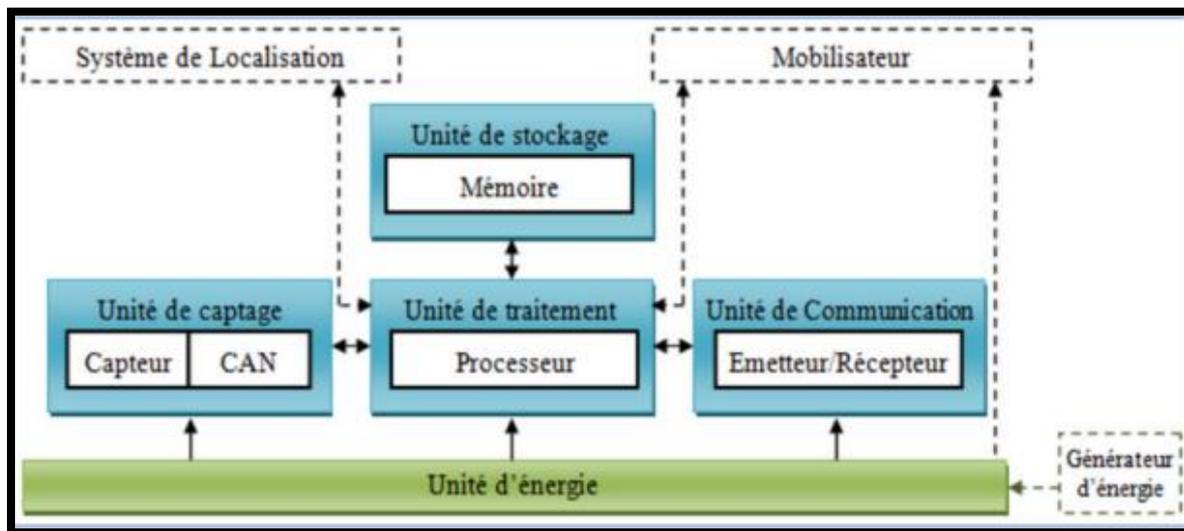


Figure 2. 2: Architecture d'un capteur sans fil.

- **Unité d'énergie**

Les nœuds d'un réseau de capteurs sont généralement inaccessibles, de ce fait, la durée de vie du réseau dépend complètement de celle de la source d'énergie du nœud capteur. Celle-ci est influencée considérablement par la contrainte de taille des nœuds. La source d'énergie est généralement une batterie [13], pour alimenter tous ses composants. Les batteries utilisées sont soit rechargeables ou non. Souvent, dans les environnements sensibles, il est impossible de recharger ou changer une batterie. Pour cela, l'énergie est la ressource la plus précieuse puisqu'elle influe directement sur la durée de vie des capteurs et donc d'un réseau de capteurs.

- **Unité de stockage (Mémoire)**

Elle inclut la mémoire de programme et la mémoire de données. La taille de cette mémoire est souvent limitée essentiellement par les considérations économiques et elle est en continuelle amélioration au fil des années [17].

- **Unité de captage**

La fonction principale de l'unité de captage est de capturer ou mesurer les données physiques à partir de l'objet cible. Elle est composée de 2 sous-unités : le récepteur (reconnaissant la grandeur physique à capter) et le transducteur (convertissant le signal du récepteur en signal électrique). Le capteur fournit des signaux analogiques, basés sur le phénomène observé, au Convertisseur Analogique/Numérique (CAN). Ce dernier transforme ces signaux en données numériques et les transmet à l'unité de traitement. Un capteur peut avoir une ou plusieurs unités de captage [14].

- **Unité de traitement (processeur)**

Elle est composée d'une interface d'acquisition et d'une interface pour l'unité de transmission ainsi qu'un processeur et un système d'exploitation spécifique. Elle acquiert les informations en provenance de l'unité d'acquisition et les envoie à l'unité de transmission. Les types de processeurs qui peuvent être utilisés dans un capteur incluent le Microcontrôleur, les DSP (Digital Signal Processors), les FPGA (Field Programmable Gate Array) et les ASIC (Application Specific Integrated Circuit). Parmi toutes ces alternatives, le Micro-contrôleur a été le processeur le plus utilisé pour les capteurs à cause de sa flexibilité à être reliés à d'autres composants (comme par exemple l'unité de communication), à son bon prix et sa faible consommation énergétique [15;16].

- **Unité de communication**

Les communications basées sur les composants de type radio-fréquence nécessitent des circuits de modulation, démodulation, filtrage, et multiplexage, ce qui implique la complexité de ce type de nœud et l'augmentation de leur coût de production. De plus, et puisque les antennes utilisés par ces nœuds sont très proches du sol, la perte du signal transmis entre eux peut être très élevée. Toutefois, ce mode de communication reste le mode préféré par la plupart des projets de recherche menés sur les réseaux de capteurs, car les paquets échangés dans ces réseaux sont de petite taille, et ils sont transmis à un faible débit, la possibilité de réutilisation de fréquence est également considérable à cause de la petite distance entre les nœuds. Toutes ces caractéristiques favorisent l'utilisation des composants de transmission radio dans les réseaux de capteurs, mais la réalisation de tels composants avec une faible consommation d'énergie constitue, jusqu'à présent, un défi technique important. Les technologies commercialisées disponibles telle que Bluetooth ne permettent pas encore une telle possibilité.

3.2 Réseaux de Capteurs Sans-Fil (RCSF)

3.2.1 Définition

Les réseaux de capteurs sans-fil WSN (Wireless Sensor Networks) sont considérés comme un type spécial des réseaux ad hoc où l'infrastructure fixe de communication et l'administration centralisée sont absentes et les nœuds jouent, à la fois, le rôle des hôtes et des routeurs. Les nœuds capteurs sont des capteurs intelligents "smart sensors", capables d'accomplir trois tâches complémentaires : le relevé d'une grandeur physique, le traitement éventuel de cette information et la communication avec d'autres capteurs. L'ensemble de ces capteurs, déployés pour une application, forme un réseau de capteurs. Le but de celui-ci est de surveiller une zone géographique, et parfois d'agir sur celle-ci (il s'agit alors de réseaux de capteurs-actionneurs).

3.2.2 Architecture d'un RCSF

L'architecture d'un réseau de capteurs est montrée dans la figure 2.3. L'utilisateur accède à distance aux données capturées à travers un nœud appelé le nœud directeur de tâche "Task Manager Node". Le nœud directeur de tâche est relié à l'Internet ou au satellite à travers un nœud destinataire "puits" (sink en anglais). Ce dernier agit en tant que passerelle pour le réseau de capteurs, c'est à dire qu'il relie des réseaux de capteurs à d'autres réseaux. Ce nœud est responsable, en plus de la collecte des rapports, de la diffusion des demandes sur les types de données requises aux capteurs via des messages de requêtes. Il a également d'autres capacités de traitement de l'information pour une transformation ultérieure s'il y a lieu. Les nœuds capteurs sont habituellement dispersés dans une zone de capture appelée champ de captage. Les nœuds capteurs rassemblent les données et les conduisent au destinataire. De cette manière, les utilisateurs peuvent rechercher l'information dans les nœuds destinataires pour surveiller et commander l'environnement à distance. Notons qu'un réseau de capteurs peut contenir plusieurs nœuds puits diffusant des intérêts (ce sont la description des données requises par le nœud destinataire en utilisant une appellation combinée attribut-valeur) différents. Par exemple, un nœud puits peut demander à tous les capteurs se trouvant dans la région nord du champ de captage d'envoyer un rapport de température chaque 1 minute, pendant qu'un autre peut être intéressé seulement par les hautes températures ($> 40^{\circ}\text{C}$) dans la région sud. Par conséquent, un capteur doit pouvoir stocker toutes les requêtes reçues, et les traiter séparément [18].

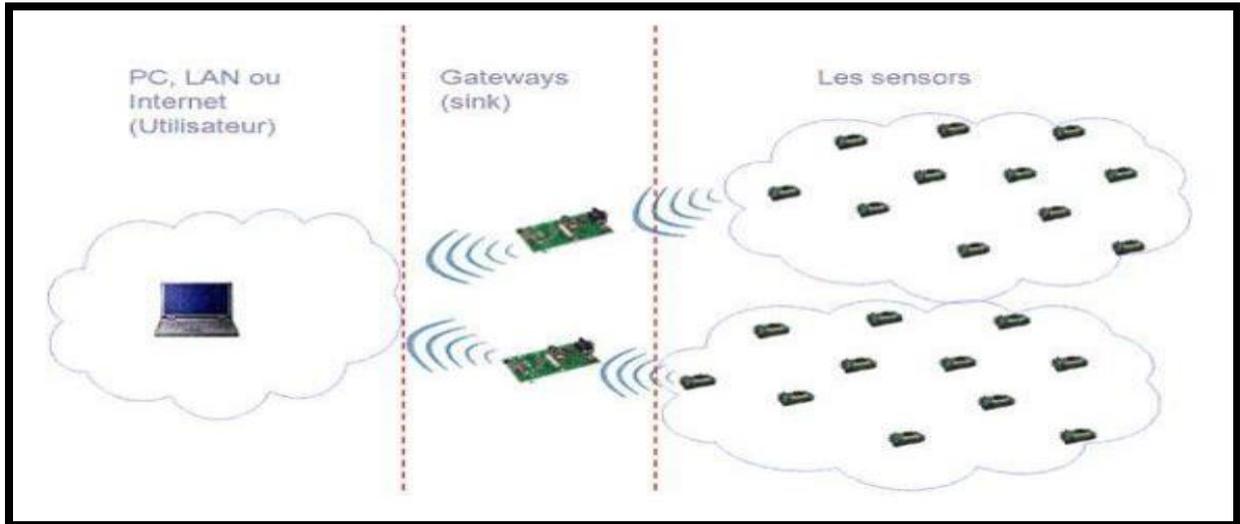


Figure 2. 3:Architecture d'un réseau de capteurs

3.2.3 Caractéristiques d'un réseau de capteur sans fil

Parmi les caractéristiques les plus importantes d'un réseau de capteurs, nous citons:

- **La durée de vie limitée :** Les nœuds capteurs sont très limités par la contrainte d'énergie, ils fonctionnent habituellement sans surveillance dans des régions géographiques éloignées. Par conséquent recharger ou remplacer leurs batteries devient quasiment impossible.
- **Ressources limitées :** Généralement, les nœuds capteurs ont une taille extrêmement réduite, ce qui limite la quantité de ressources pouvant être intégrées à ces nœuds. Par conséquent, la capacité de traitement et de mémoire est très limitée.
- **Topologie dynamique :** La topologie des réseaux de capteurs subit fréquemment et rapidement des changements en raison du déploiement des nœuds capteurs dans des environnements hostiles, tels qu'un champ de bataille. Il est donc très probable qu'un nœud capteur puisse tomber en panne. De plus, à la fois les nœuds capteurs et les nœuds destinataires de l'information capturée peuvent être mobiles.
- **Agrégation des données :** Dans les réseaux de capteurs, les données produites par les nœuds capteurs sont très reliées, ce qui implique l'existence de redondances de données. Une approche répandue consiste à agréger les données au niveau des nœuds intermédiaires afin de réduire la consommation d'énergie lors de la transmission de ces données.
- **Bande passante limitée :** En raison de la puissance limitée, les nœuds capteurs ne peuvent pas supporter des débits élevés.

- **La scalabilité** : les réseaux de capteurs engendrent un très grand nombre de capteurs, ils peuvent atteindre des milliers voire des millions de capteurs. Le défi à relever par les RCFS est d'être capable de maintenir leurs performances avec ce grand nombre de capteurs.
- **Sécurité physique limitée**: cela se justifie par les contraintes et limitations physiques qui minimisent le contrôle des données transmises[19].

3.2.4 Domaines d'application des RCSF

Parmi les domaines d'application où la technologie des réseaux de capteurs est la plus intéressante et efficace, nous citons :

- **Domaine commercial**

Dans le domaine de la grande distribution, les réseaux de capteurs pourraient améliorer le processus de stockage et de livraison. Les capteurs peuvent être déployés, pour connaître la position, l'état et la direction d'un paquet. Des entreprises manufacturières, à l'aide des réseaux de capteurs, pourraient suivre le procédé de production depuis la matière première jusqu'au produit final livré.

- **Domaine industriel**

Dans l'industrie, les RCSF peuvent être utilisés pour surveiller les processus de fabrication ou l'état des équipements de fabrication. Par exemple, des capteurs sans fil peuvent être installés sur les chaînes de production et d'assemblage pour surveiller et contrôler les processus de production. Les usines chimiques ou les raffineries de pétrole peuvent utiliser des capteurs pour surveiller l'état de leurs kilomètres de pipelines. De minuscules capteurs peuvent être intégrés dans des machines qui sont inaccessibles à l'homme afin de surveiller leurs état et de signaler toute défaillance. Logiciel

- **Domaine militaire**

Comme c'est le cas de beaucoup de technologies, le domaine militaire a été la locomotive principale du développement des réseaux de capteurs. Les caractéristiques de déploiement rapide, d'auto-organisation et de tolérance aux pannes des réseaux de capteurs en font un outil appréciable dans le domaine militaire. Ils peuvent être déployés dans des endroits stratégiques et hostiles pour être utilisés dans la surveillance des champs de bataille, la reconnaissance des forces amies et ennemies, l'évaluation des dommages de combat, et surtout la détection et la reconnaissance des attaques nucléaires, biologiques et chimiques. Actuellement, les réseaux de capteurs font partie intégrante de tout système militaire à savoir des systèmes de commandement, de communications, de surveillance, de reconnaissance et de localisation.



Figure 2. 4 : Application des RCSFs dans le domaine militaire

- **Domaine environnemental**

Il existe une grande variété d'application dans le domaine environnemental. Ces applications ont pour rôle principale de mesurer, surveiller, détecter les paramètres environnementaux (température, pression atmosphérique, pollution etc.) pour bien les contrôler ou intervenir si nécessaire dans les meilleurs délais. A titre d'exemple, ils sont utilisés pour mesurer le niveau de pollution des usines, surveiller les paramètres environnementaux qui affectent les cultures, le bétail, l'irrigation, détecter les feux de forêts, les tempêtes, les inondations, les fumées de produits toxiques dans les sites industriels tels que les centrales nucléaires ou pétrolières.



Figure 2. 5: Application des RCSFs dans le domaine environnemental

- **Domaine médical**

L'architecture des réseaux de capteurs s'adapte bien au développement d'application dans le domaine médicale. En effet, le RCSF permet d'apporter une assistance aux personnes handicapées, de collecter des données physiologiques humaines et aussi de faciliter le diagnostic de certaines maladies. De plus, ils peuvent être utilisés pour assurer une surveillance permanente des organes vitaux de l'être humain grâce à des micro-capteurs qui peuvent être avalés ou implantés sous la peau du patient (surveillance de la glycémie, tension artérielle, etc.)

- **Domaine domotique**

Des nœuds capteurs intelligents peuvent être dissimulés dans des appareils électroniques tels que des aspirateurs, des fours à micro-ondes, des réfrigérateurs et des cuisinières. Ces nœuds capteurs à l'intérieur des appareils domestiques peuvent interagir entre eux et avec le réseau externe via Internet. Ils permettent aux utilisateurs finaux de gérer plus facilement les appareils domestiques, à la fois localement et à distance. En conséquence, les RCSF permettent l'interconnexion de divers dispositifs dans une maison avec un contrôle à distance [20].

3.2.5 Pile protocolaire dans un RCSF

Les nœuds capteurs sont généralement dispersés sur un champ de surveillance d'une manière arbitraire, chacun de ces nœuds a la capacité de collecter les données, les router vers le nœud puits (sink), et par la suite vers l'utilisateur final via une communication multi-sauts. Le nœud puits peut communiquer avec le nœud coordinateur de tâches (utilisateur) par Internet.

La figure 2.6 représente la pile protocolaire utilisée par le nœud puits et les autres capteurs du réseau. Cette pile est conçue pour résoudre les problèmes de consommation d'énergie, intégrer le traitement des données transmises dans les protocoles de routage et faciliter la coopération entre les capteurs [21]. Elle est composée des couches suivantes : application, transport, réseau, liaison de données, physique, ainsi que de trois niveaux supplémentaires : la gestion d'énergie, la gestion des tâches et la gestion de la mobilité.

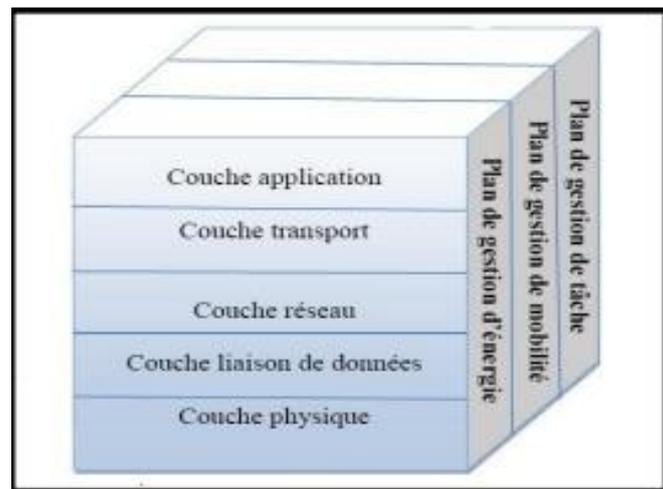


Figure 2. 6:La pile protocolaire dans les réseaux de capteurs

- **Couche application**

Elle joue un rôle essentiel dans l'interaction avec les applications, ce qui en fait la couche la plus proche des utilisateurs.

- **Couche transport**

Elle se charge de vérifier que les données sont correctement acheminées et de garantir la qualité de la transmission.

- **Couche réseau**

Elle assure le routage des données provenant de la couche transport. Son rôle est d'établir les itinéraires entre les nœuds capteurs et le nœud puits, en sélectionnant le meilleur chemin en fonction de critères tels que l'énergie, le délai de transmission, le débit, etc.

- **Couche liaison de données**

Elle joue un rôle clé dans l'accès au support physique, la détection et la correction des erreurs au niveau de la couche physique. De plus, elle assure une communication de saut en saut entre les nœuds.

- **Couche physique**

Elle facilite la modulation des données et leur acheminement à travers le support physique en sélectionnant les fréquences appropriées.

- **Le niveau de gestion d'énergie**

Les fonctions intégrées à ce niveau sont responsables de la gestion de l'énergie consommée par les capteurs. Par exemple, un capteur peut éteindre son interface de réception dès qu'il reçoit un message d'un nœud voisin afin d'éviter la réception de messages en double.

- **Le niveau de gestion de mobilité**

Ce niveau est chargé de détecter et d'enregistrer tous les mouvements des nœuds capteurs afin de leur permettre de maintenir en permanence une route vers l'utilisateur final. Il maintient également une image récente des nœuds voisins pour faciliter la communication.

- **Le niveau de gestion des tâches**

Il est essentiel de noter que la gestion des tâches joue un rôle de premier plan dans l'équilibrage et la répartition des tâches entre les différents nœuds du réseau. Son objectif principal est de favoriser un travail collaboratif et efficace tout en optimisant la consommation d'énergie. En réalisant une répartition équitable des tâches, cette gestion permet d'optimiser les performances du réseau et de prolonger sa durée de vie. [9].

4 Protocoles de communications sans fil

Parmi les grandes normes radios qui ont été utilisées pour des applications à bases de réseaux de capteurs nous citons entre autres :

- **La norme IEEE 802.15.1 / Bluetooth** : Initialement, la norme Bluetooth a été proposée pour transmettre la voix et les données [22]. Elle avait pour objectif préalable de permettre des communications sur de courtes distances avec un débit de communication limitée. Ses caractéristiques ont ainsi retenu l'attention des développeurs de capteurs. Par exemple les capteurs BtNode sont conçus pour une communication de type Bluetooth. Bluetooth, connu sous la norme IEEE 802.15.1 est basé sur un système de radio sans fil conçu pour les appareils à courte portée, et les appareils à bas prix pour remplacer les câbles des périphériques informatiques comme les souris, claviers, manettes de jeu, et les imprimantes. Cette gamme d'applications est connue sous le nom de réseau personnel sans fil (WPAN : Wireless Personal Area Network) .
- **La norme Wibree (Ultra Low Power Bluetooth)**: Elle est considérée comme une version allégée de la norme Bluetooth fonctionnant dans la bande de fréquence des 2,4 GHz. Wibree n'utilise pas de sauts de fréquences. Cette norme prend en charge une topologie en étoile avec un maître et sept esclaves[23]. Afin de réduire la consommation d'énergie de Bluetooth, Wibree utilise une puissance de transmission et un débit symbole faibles.
- **La norme IEEE 802.15.3 / UWB (Ultra Wide Band)**: Cette norme utilise des signaux radio envoyés avec une intensité très faible et des impulsions très courtes [24]. Elle opère dans la bande de fréquence de 3,1GHz à 10,6 GHz. L'UWB est conçue pour remplacer la norme Bluetooth afin d'offrir plus de bande passante, moins d'interférences avec les autres technologies et un délai plus court. L'UWB est utilisée pour les transmissions à haut débit avec une consommation électrique proche de 400 mW. Cette technologie offre des avantages par rapport à Bluetooth. Elle consomme 50 fois moins d'énergie pour transmettre un bit par rapport à Bluetooth. Selon Akyildiz et al.[25], aujourd'hui le standard IEEE 802.15.3 est devenu le candidat le plus intéressant pour fournir la qualité de service dans les réseaux WMSNs (Wireless Multimedia Sensor Networks).

- **La norme IEEE 802.15.4 / Zigbee** : Elle est conçue pour être utilisée dans les communications à très faible puissance et sur des distances réduites. Cette technologie est utilisée dans les réseaux de capteurs sans fil[26]. Par rapport à Bluetooth, cette technologie fournit une faible latence ; une couche physique (DSSS : Direct Séquence Spread Spectrum) permet aux nœuds de basculer en mode sommeil sans perdre la synchronisation. Le protocole Zigbee est basé sur le standard IEEE 802.15.4 qui définit sa couche PHY et MAC et qui permet de prolonger théoriquement la durée de vie d'un nœud sur plusieurs années. Ces caractéristiques en font aujourd'hui le principal protocole utilisé dans les réseaux de capteurs.

- **La norme IEEE 802.15.6** : Cette norme de courte portée est utilisée par des objets ou dispositifs à ultra basse consommation, placés sur ou à proximité d'un corps humain. Elle permet un débit maximal de 10 Mbits/s. Cette norme combine des caractéristiques de sécurité, de fiabilité, de qualité de service, de basse consommation d'énergie et de protection contre les interférences, ce qui la rend adaptée à de multiples applications de réseaux radio corporels WBAN.

La norme IEEE 802.15.6 définit une couche MAC unique et trois couches physiques différentes utilisables en fonction des applications visées. La couche NB PHY (NB pour Narrow Band) autorise des transmissions a bande étroite dans les bandes ISM (Industrial, Scientific and Medical) traditionnelles avec des débits pouvant atteindre 500 Kbits/s. La couche physique UWB PHY s'appuie sur la technologie radio ultralarge bande (UWB), pour cela elle est appelée UWB PHY. Elle permet des débits allant jusqu'à 10 Mbits/s dans des bandes de fréquences situées autour de 4 GHz et 8 GHz. Enfin, la couche HBC PHY (HBC pour Human Body Communication) s'inspire du standard de communication en champ proche et exploite les bandes 16 MHz et 27 MHz.

- **La norme IEEE 802.11x/Wi-Fi** : Le protocole de communication Wi-Fi est le protocole le plus utilisé pour toutes les applications sans fil. Il offre une large bande passante (de 11 à 320 Mbits/s) ce qui a permis de démocratiser l'utilisation de la technologie sans-fil dans les réseaux classiques WLANs. Les premiers capteurs sans-fil ont eu recours à ce protocole pour permettre la communication entre nœuds. Cependant, le standard de communication Wi-Fi n'apparaît plus actuellement comme une solution viable pour les réseaux de capteurs sans fil, du fait d'un besoin énergétique trop important pour son utilisation. La durée de vie des capteurs sans fil alimentés par des piles ne dépasse rarement que quelques heures. C'est pourquoi, les applications de capteurs à base de communication sans fil Wi-Fi sont très peu répandues. [27, 28].

5 Les systèmes d'exploitation pour les RCSF

Plusieurs systèmes d'exploitation ont été développés pour répondre aux contraintes particulières des réseaux de capteurs, ils sont les suivants :

- **TinyOS**

TinyOS est un système d'exploitation open-source spécialement conçu pour les capteurs sans fil. Il a été développé par l'Université de Berkeley. TinyOS est basé sur une architecture modulaire, avec des modules dédiés aux pilotes de capteurs, aux protocoles réseau et aux services distribués. Les composants de TinyOS sont programmés en NesC, un langage de programmation dérivé du C qui est adapté aux ressources limitées des capteurs. De nombreuses plateformes, telles que les tmote ou les MicaZ, peuvent être programmées directement avec TinyOS, offrant ainsi une flexibilité dans le déploiement et l'utilisation des capteurs.

- **MOS**

MOS (MANTIS Operating System) est un système d'exploitation open-source spécialement conçu pour les capteurs. Il a été développé par le groupe MANTIS à l'université du Colorado. MOS est entièrement écrit en langage C et offre une prise en charge pour les plateformes de la famille MICA ainsi que pour les plateformes de la famille Telos. Cela permet aux développeurs de capteurs d'utiliser MOS sur une variété de plates-formes matérielles pour leurs applications spécifiques.

- **SOS**

SOS est un système d'exploitation open-source développé par le laboratoire de réseaux et systèmes embarqués de l'université de Los Angeles. Il est spécifiquement conçu pour les réseaux de capteurs et est basé sur une architecture modulaire. SOS est implémenté en langage C et est compatible avec les plateformes de la famille MICA [29].

6 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté une description générale portant sur les réseaux de capteur sans fil. Nous avons cité quelques valeurs physiques qui peuvent être mesurés par les nœuds capteurs telle que la présence d'un gaz toxique. Nous avons aussi cité quelques domaines d'applications, ou nous avons expliqué l'importance de la mise en œuvre des RCSF pour la surveillance des régions toxiques.

Dans le prochain chapitre, nous allons décrire en détails la conception de notre système qui consiste en la mise en œuvre d'un réseau de capteurs sans fil pour la surveillance de fuites de gaz dangereux dans l'unité de production du groupe SAIDAL site Constantine 2. Ce réseau est contrôlé par une application web que nous allons aussi concevoir.

Chapitre 3

Etude Conceptuelle

1. Introduction

Avant de réaliser chaque application ou chaque système on doit passer par une étape de conception en utilisant un langage de modélisation afin de représenter ses modèles. Modéliser un système avant sa réalisation permet de mieux comprendre le fonctionnement du système. C'est également un bon moyen de maîtriser sa complexité et d'assurer sa cohérence. Pour la modélisation de notre application, on a choisi le langage UML (Unified Modeling Language) qui permet de modéliser un problème de façon standard.

Dans ce chapitre, nous allons d'abord, décrire l'objectif de notre projet. Ensuite, nous allons décrire l'architecture globale de notre système, les types de capteurs utilisés et leur déploiement dans le système. Et en fin, nous fournirons une description fonctionnelle de l'application web que nous allons développer en utilisant le langage unifié de modélisation UML et ses diagrammes.

2. Objectif du projet

Suite à l'étude faite dans le chapitre 1, nous avons pu décrire les fonctionnalités principales de notre projet.

Notre projet consiste à une amélioration du système de protection contre les fuites de gaz dangereux et les émissions de fumée dans le site de Constantine 2 du groupe SAIDAL.

Cette amélioration consiste à remplacer l'ancien réseau de l'usine constitué de capteurs connectés à l'interface homme machine à travers un réseau filaire, par un nouveau réseau de capteurs sans fil qui sera connecté l'interface homme machine à travers un réseau sans fil. En plus, nous rajoutons au système un serveur de base de données connecté au réseau de capteurs et une application web qui peut être accédée par internet depuis un PC ou un dispositif mobile.

Ce nouveau système offre la possibilité de surveiller et de contrôler à distance les capteurs via une application web. Les données mesurées par les capteurs sont enregistrées dans une base de données, permettant aux utilisateurs d'y accéder ultérieurement. De plus, l'application web permet à l'utilisateur de recevoir des alertes en temps réel sur les fuites de gaz et les émissions de fumée, où qu'il se trouve.

3. Architecture globale du Système

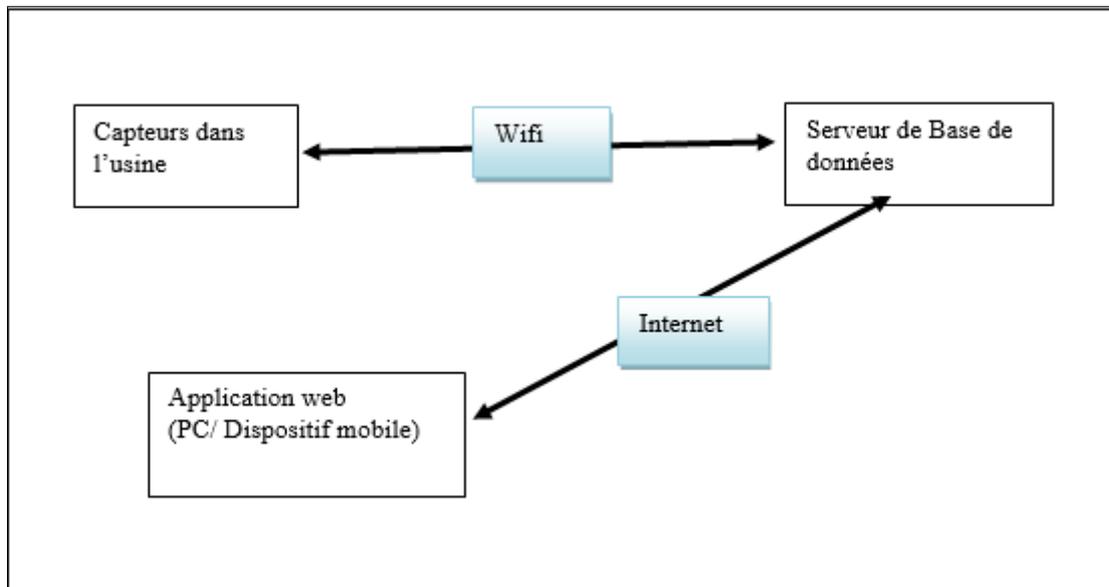


Figure 3. 1 : Architecture globale du Système

3.1 Types de capteurs utilisés

- **Capteur de gaz méthane MQ4**

Adapté aux émissions de méthane, gaz naturel, pour prévenir l'exposition à l'alcool, aux fumées de cuisson et à la fumée de cigarette. Le MQ4 est utilisé dans les équipements de détection de fuites de gaz, il est stable et durable, sa sensibilité peut être ajustée au moyen d'un potentiomètre.

-Tension de fonctionnement : 5 V.

-Avec indicateur de signal de sortie.

-Double sortie Signaux .

-Une très haute sensibilité au sulfure, benzène Vapor , fumée et d'autres gaz nocifs.

-Réponse rapide.

-La sonde peut être utilisée en conception ou pour test.

-Une meilleure sensibilité au gaz méthane et au gaz naturel.

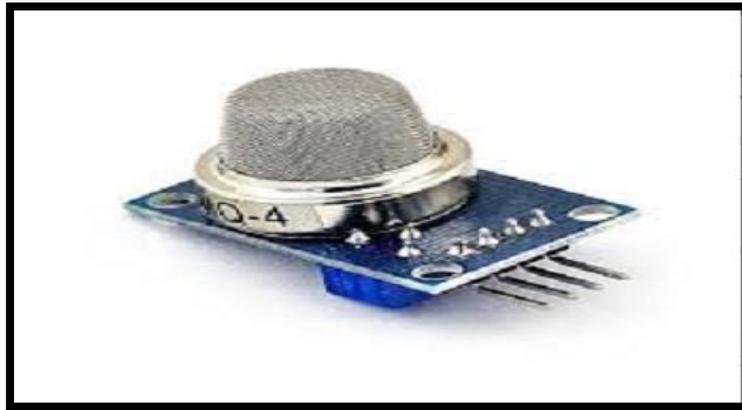


Figure 3. 2: Capteur de gaz méthane.

- **Capteur de gaz hydrogène MQ-8**

Module basé sur le capteur de gaz MQ8 permettant de détecter la présence d'hydrogène H₂. Haute sensibilité et temps de réponse rapide. La sensibilité est réglable par potentiomètre.

-Alimentation : 5 V.

-Sortie analogique.

-Temps de réponse rapide et haute sensibilité.

-Faible sensibilité à l'alcool, le GPL et la fumée.

-Longue durée de vie et bonne stabilité [30].



Figure 3. 3: Capteur de gaz hydrogène.

- **Capteur de fumée MQ-2**

Module de qualité de l'air du capteur de fumée MQ-2 Arduino Uno peut détecter une concentration minimale d'hydrogène et de gaz hydrocarbures (propane, méthane, butane) dans l'air. Le détecteur appartient à la famille des capteurs MQ, qui sont peu coûteux, faciles à utiliser et à connecter au microcontrôleur Arduino.

- Alimentation : 5 V.
- Plage de détection : 100-10000 ppm (partie par million).
- Sortie analogique et numérique.
- Température de fonctionnement : -10 °C à +50 °C [31].

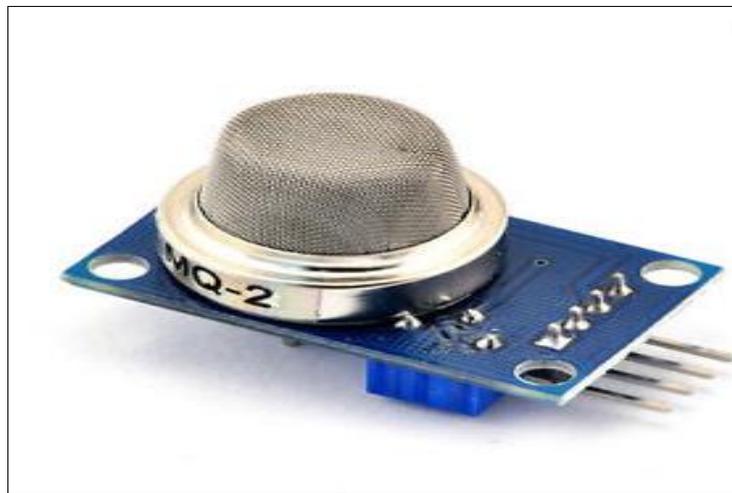


Figure 3. 4: capteur de fumée

3.2 Buzzer

Le buzzer est un composant constitué essentiellement d'une lamelle réagissant à l'effet piézoélectrique. La piézoélectricité est la propriété que possèdent certains minéraux de se déformer lorsqu'ils sont soumis à un champ électrique. Ce phénomène est réversible ; si nous déformons ce minéral, il produit de l'énergie électrique. Dans l'univers Arduino, le buzzer est principalement utilisé pour émettre un son [32].



Figure 3. 5: Module Buzzer.

3.3 Déploiement des capteurs dans l'usine

Le réseau de capteurs utilisé dans notre système est constitué de capteurs distribués dans les zones suivantes de l'usine :

- **Zone de stockage de gaz**

Cette zone est utilisée pour le stockage de l'hydrogène, de l'acétylène et du méthane. Ces gaz peuvent être utilisés dans le laboratoire et le fondoir de l'usine.

Cette zone ne dispose pas de capteurs (dans l'ancien système), nous allons donc installer les capteurs suivants :

- Un capteur de gaz hydrogène.
- Un capteur de gaz acétylène.
- Un capteur de gaz méthane.
- Un capteur de fumée.

- **Laboratoire**

Le laboratoire est l'endroit où les membres du laboratoire effectuent des tests de qualité sur les produits fabriqués par l'entreprise. Cette zone nécessite une surveillance étroite des gaz inflammables tels que l'hydrogène gazeux, le gaz acétylénique et le méthane. Cette zone est équipée de capteurs qui comprennent les éléments suivants :

- Un capteur de gaz hydrogène.
- Un capteur de gaz acétylène.
- Un capteur de gaz méthane.
- Un capteur de fumée.

- **Zone de stockage des produits**

Cette zone est utilisée pour le stockage des produits fabriqués par l'entreprise, ainsi que des matières premières telles que des flacons en verre et du carton.

Cette zone ne dispose pas de capteurs, nous allons donc installer le capteur suivant :

- Un capteur de fumée.

- **Zone de production**

La zone de production est l'endroit où les médicaments sont fabriqués par l'entreprise. C'est un espace essentiel où différentes opérations de fabrication, de transformation et d'assemblage sont effectuées pour produire les produits finis.

Cette zone est équipée du capteur suivant :

- Un capteur de fumée.

- **Chaudière**

Cette zone abrite la chaudière de l'usine. Elle est équipée de capteurs qui comprennent les éléments suivants :

- Un capteur de gaz méthane.

Nous installons, dans cette zone également le capteur suivant :

- Un capteur de fumée.

- **Zone de stockage de produits réactifs**

Cette zone est dédiée au stockage de produits interactifs utilisés dans un laboratoire

Cette zone ne dispose pas de capteurs, nous allons donc mettre le capteur suivant :

- Un capteur de fumée.

4. Conception de application web

4.1.1 Langage de modélisation

Le langage de modélisation unifié (UML) se définit comme un langage de modélisation graphique et textuel destiné à comprendre et décrire des besoins, spécifier et documenter des systèmes, esquisser des architectures logicielles, concevoir des solutions et communiquer des points de vue. En effet UML est un langage avec une syntaxe et des règles bien définies qui tentent à réaliser des buts d'écrit grâce a une représentation graphique formée de diagrammes et une modélisation textuelle qui vient enrichir la représentation graphique.

4.1.2 Les différents types de diagrammes UML 2.0

UML 2.0 comporte 13 types de diagrammes représentant autant de vues distinctes pour représenter des concepts particuliers du système d'information. Ils se répartissent en deux grands groupes :

– **Les diagrammes structurels (statiques)**

- Diagramme de classes.
- Diagramme d'objets.
- Diagramme de composants.
- Diagramme de déploiement.
- Diagramme des paquetages.
- Diagramme de structure composite.

– Les diagrammes de comportement (dynamiques)

- Diagramme des cas d'utilisation.
- Diagramme d'états-transitions.
- Diagramme d'activité.
- Diagramme de séquence.
- Diagramme de communication.
- Diagramme global d'interaction.
- Diagramme de temps [33].

4.2 Diagramme de cas d'utilisation de l'application web**4.2.1 Définition**

Le diagramme de cas d'utilisation est un diagramme UML utilisé pour donner une vue globale de la spécification fonctionnelle d'un système. Il se compose d'un ensemble de tâches connues par le nom de cas d'utilisation, dont chacune représente une activité menée par acteur [34].

4.2.2 Identification des acteurs

Un acteur est un utilisateur type qui a toujours le même comportement vis-à-vis d'un cas d'utilisation. Ainsi les utilisateurs d'un système appartiennent à une ou plusieurs classes d'acteurs selon les rôles qu'ils tiennent par rapport au système. Une même personne physique peut se comporter en autant d'acteurs différents que le nombre de rôles qu'elle joue vis-à-vis du système [35].

Nous allons énumérer, dans ce qui suit, les acteurs susceptibles d'interagir avec le système :

- Admin : L'administrateur assume la responsabilité des utilisateurs lorsqu'il les ajoute, les modifie et les supprime. En plus, l'administrateur doit être capable de consulter les traces des activités réalisées par les utilisateurs (les modifications réalisées sur les capteurs).
- Utilisateur : Il doit posséder un compte qui est créé par l'admin pour pouvoir s'authentifier dans le système et utiliser des fonctionnalités avancées de l'application.

4.2.3 Identification des cas d'utilisation

Un cas d'utilisation (use case) représente un ensemble de séquences d'actions qui sont réalisées par le système et qui produisent un résultat observable intéressant pour un acteur particulier. Un cas d'utilisation modélise un service rendu par le système. Il exprime les interactions acteurs/système et apporte une valeur ajoutée « notable » à l'acteur concerné [36].

Nous allons énumérer, dans ce qui suit, les cas d'utilisation pour chaque acteur.

- **Cas d'utilisation pour l'acteur admin**

- **S'authentifier** : l'admin possédant un compte dans la base de données peut s'authentifier avec son nom d'admin et son mot de passe.
- **Gérer utilisateurs** : l'admin a la possibilité d'ajouter, de modifier ou de supprimer des utilisateurs.
- **Consulter trace** : l'admin a la possibilité de consulter les différentes modifications apportées au fonctionnement des capteurs et les utilisateurs responsables de ces modifications.

- **Cas d'utilisation pour l'acteur utilisateur**

- **S'authentifier** : l'utilisateur possédant un compte dans la base de données peut s'authentifier avec son nom d'utilisateur et son mot de passe.
- **Gérer capteurs** : l'utilisateur a la possibilité d'ajouter, modifier ou supprimer des capteurs.
- **Consulter données actuelles** : l'utilisateur a la possibilité de consulter les valeurs capturées par les différents capteurs en temps réel.
- **Consulter historique** : l'utilisateur a la possibilité de consulter les valeurs capturées par les différents capteurs dans des temps précédents.
- **Consulter alerte** : l'utilisateur peut consulter les alertes concernant une fuite de gaz ou une émission de fumée.
- **Désactiver alerte** : l'utilisateur a la possibilité de désactiver une alerte et par conséquent arrêter le son émit par le Buzzer.
- **Changer état capteurs**: l'utilisateur peut activer ou désactiver le fonctionnement d'un capteur.

Après avoir défini les acteurs et les fonctionnalités de chacun d'entre eux, nous pouvons maintenant tracer le diagramme de cas d'utilisation nécessaire de notre application.

4.2.4 Réalisation du diagramme de cas d'utilisation

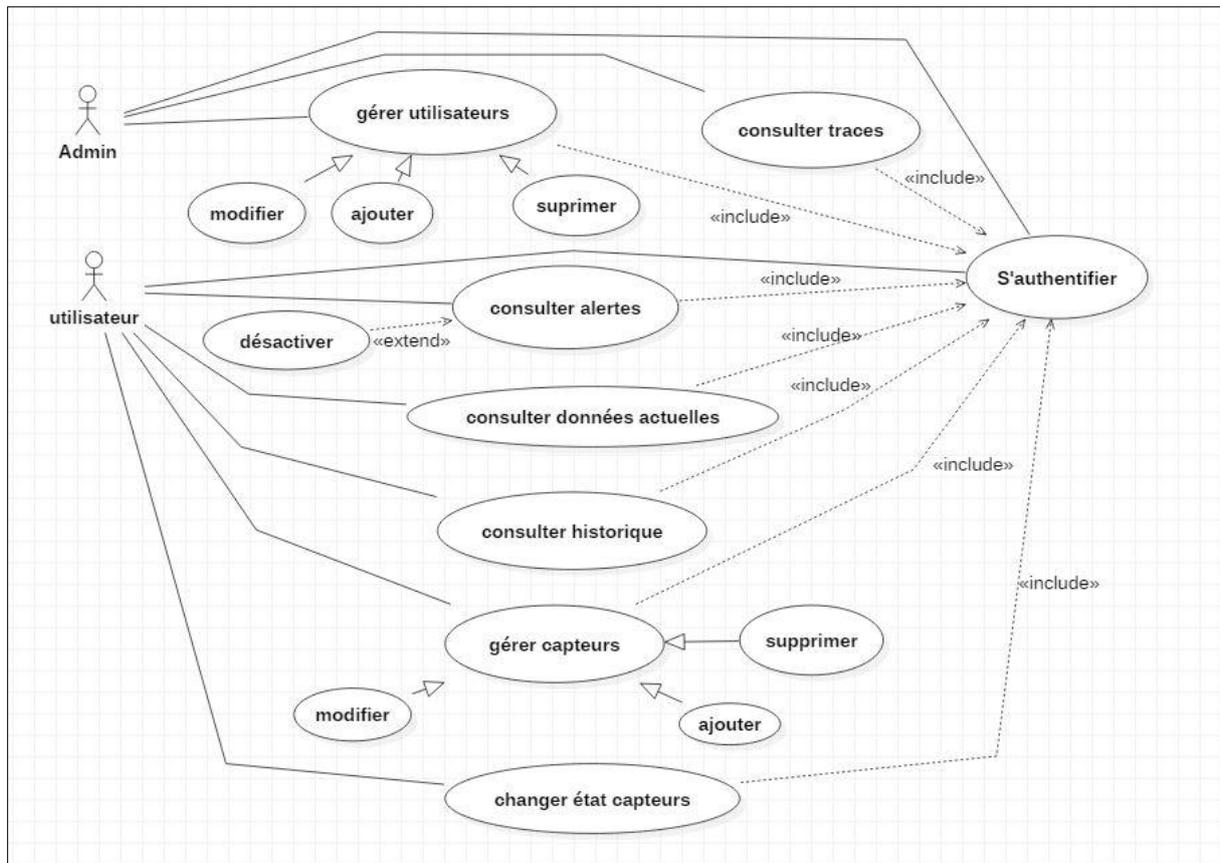


Figure 3. 6: Diagramme de cas d'utilisation.

5. Description détaillée des différents cas d'utilisation

Nous allons maintenant détailler chaque cas d'utilisation qui doit faire l'objet d'une définition a priori qui décrit l'intention de l'acteur lorsqu'il utilise le système et les séquences d'actions principales qu'il est susceptible d'effectuer.

Les descriptions vont être organisées de la façon suivante :

- **Description textuelle**

Chaque cas d'utilisation doit être associé à une description textuelle des interactions entre l'acteur et le système et des actions que le système doit effectuer afin de produire les résultats attendus par les acteurs.

- **Description graphique**

Pour une meilleure présentation des cas d'utilisation, le diagramme de séquence est le meilleur choix. Un diagramme séquentiel est une illustration schématique des scénarios spécifiés dans la description textuelle [37].

- **Description textuelle du cas S'authentifier**

S'authentifier	
Acteur principal	Utilisateur/Admin
Acteur secondaire	/
Objectif	Ce cas permet aux l'utilisateur/admin de s'authentifier dans le système.
Pré-condition	L'utilisateur/admin possède un compte.
Post-condition	L'utilisateur accède au système.
Scénario normal	1- L'utilisateur/admin demande l'accès a système. 2-Le système affiche la page d'authentification. 3-L'utilisateur/admin saisie le nom d'utilisateur et le mot de passe. 4- Le système vérifie les informations entrées. 5- Le système autorise à l'utilisateur l'accès au système.
Scénario alternatif	4-a- le système affiche un message d'erreur (informations non valides) et retourne à l'étape numéro 2 du scénario nominal.

Table 3. 1 : Description textuelle du cas « S'authentifier ».

- **Description graphique du cas S'authentifier**

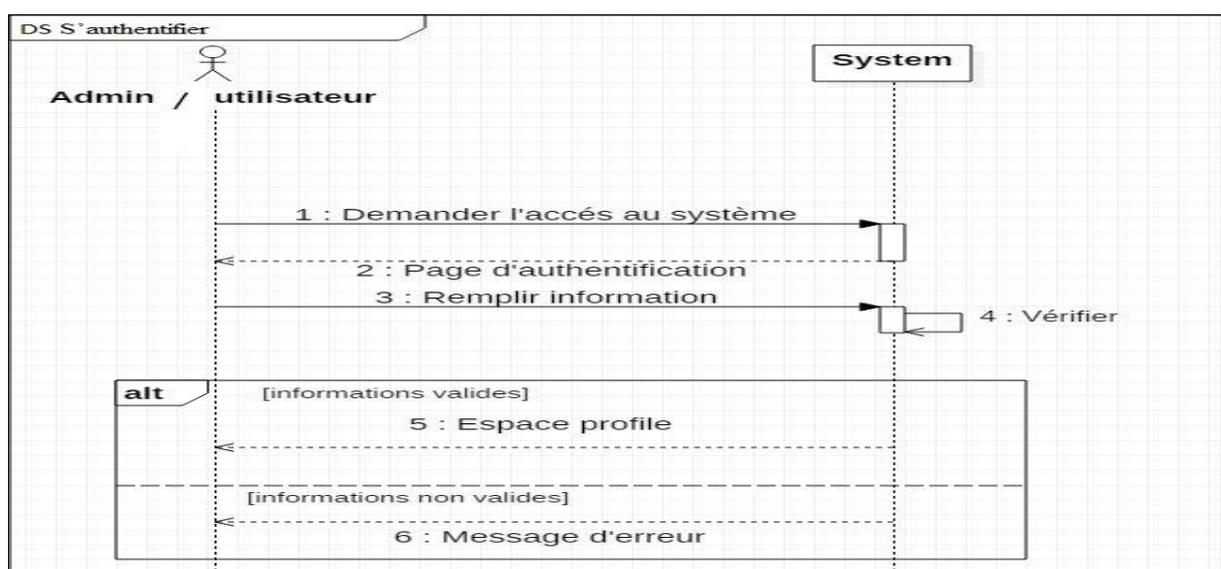


Figure 3. 7:Diagramme de séquence «S'Authentifier ».

- Description textuelle du cas « Gérer comptes - ajouter »

Gérer comptes – ajouter	
Acteur principal	Admin
Acteur secondaire	/
Objectif	Permettre à l’admin d’ajouter un nouveau compte utilisateur.
Pré-condition	L’admin doit être authentifié.
Post-condition	Un nouveau compte est ajouté dans la base de données.
Scénario nominal	1- L’admin demande l’ajout d’un compte. 2- Le système affiche le formulaire d’ajout. 3- L’admin remplit le formulaire et valide. 4- Le système vérifie les informations entrées. 5- Le system affiche un message de succès.
Scénario alternatif	4-a-Le système affiche un message d’erreur (les informations sont incorrectes) et retourne à l’étape numéro 2 du scénario nominal.

Table 3. 2 : Description Textuelle « Gérer comptes - ajouter».

- Description graphique de cas Gérer comptes – ajouter

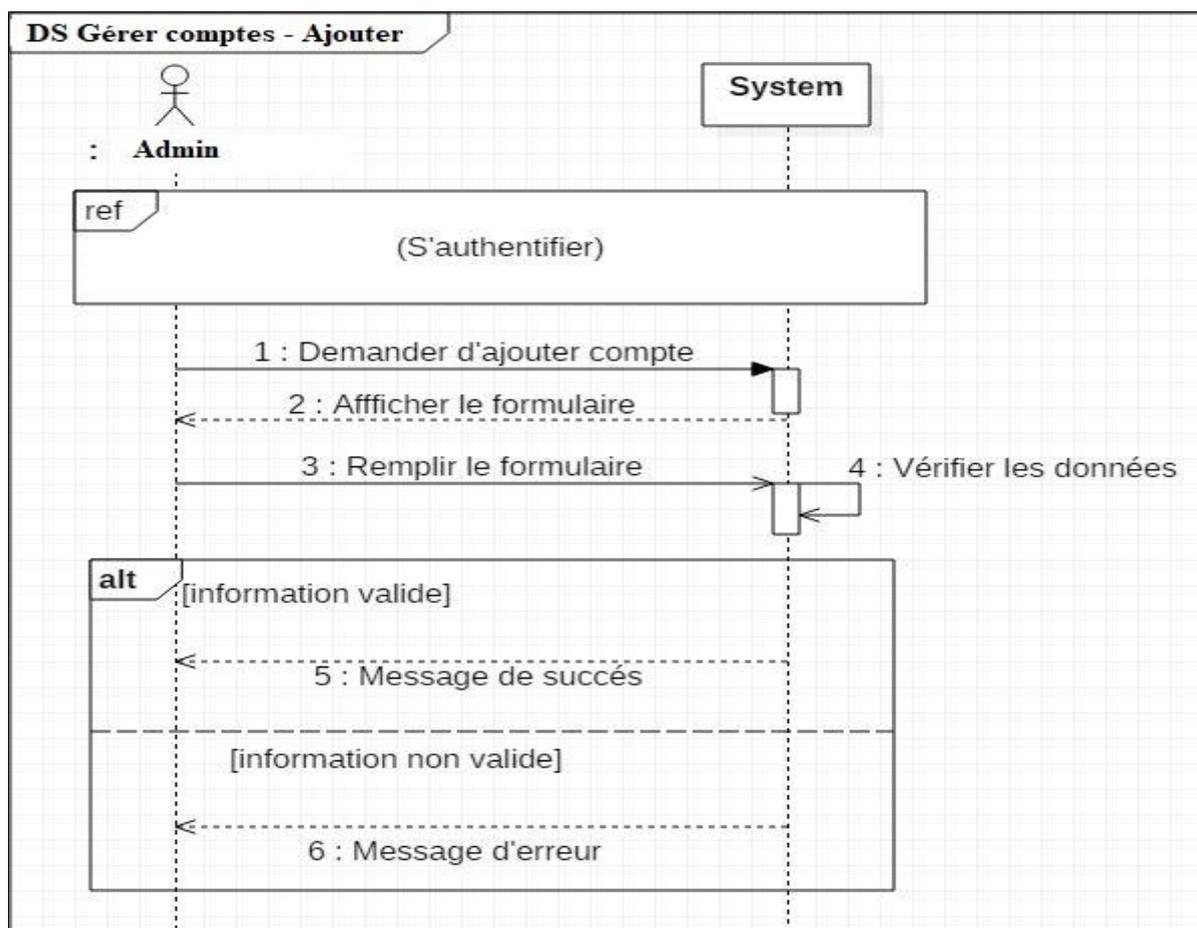


Figure 3. 8:Diagramme de séquence « Gérer comptes - ajouter».

- Description Textuelle de cas «Gérer comptes - modifier»

Gérer comptes-modifier	
Acteur principal	Admin
Acteur secondaire	/
Objectif	Permettre à l’admin de modifier les informations d’un compte utilisateur.
Pré-condition	L’admin doit être authentifié.
Post-condition	Les informations d’un compte sont modifiées dans la base de données.
Scénario nominal	1- L’admin demande de modifier un compte. 2- le système affiche la liste des comptes. 3- L’admin choisit un compte. 4- Le système affiche le formulaire de modification. 5- L’admin remplit le formulaire et valide. 6- Le système vérifie les informations entrées. 7- Le system affiche un message de succès.
Scénario alternatif	6-a-le Système affiche un message d’erreur (les informations sont incorrectes) et retourne à l’étape numéro 4 du scénario nominal.

Table 3. 3: Description textuelle « Gérer comptes – modifier ».

- Description graphique du cas Gérer comptes - modifier

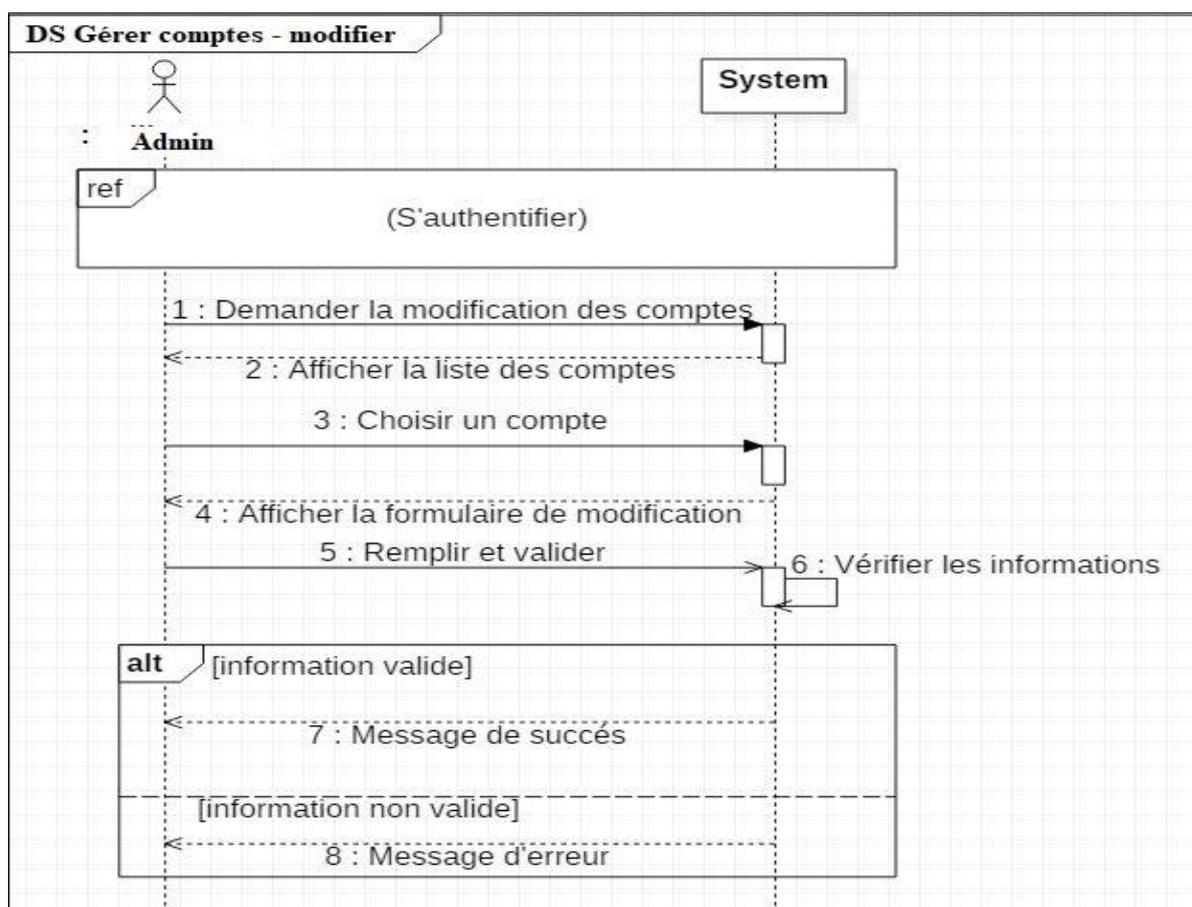


Figure 3. 9: Diagramme de séquence « Gérer comptes – modifier».

• Description Textuelle du cas « Gérer comptes - supprimer »

Gérer comptes - Supprimer	
Acteur principal	Admin
Acteur secondaire	/
Objectif	Permettre à l’admin de supprimer un compte utilisateur.
Pré-condition	L’admin doit être authentifié.
Post-condition	Un compte utilisateur est supprimé de la base de données.
Scénario normale	1- L’admin demande de supprimer un compte. 2- Le système affiche la liste des comptes. 3- L’admin sélectionne un compte. 4- Le système demande la confirmation de la suppression. 5- L’admin confirme la suppression. 6- Le system affiche un message de succès.
Scénario alternatif	5-a L’Admin ne confirme pas la suppression. 6-a Le système affiche un message d’annulation.

Table 3. 4:Description textuelle « Gérer comptes –supprimer ».

• Description graphique du cas Gérer comptes - supprimer

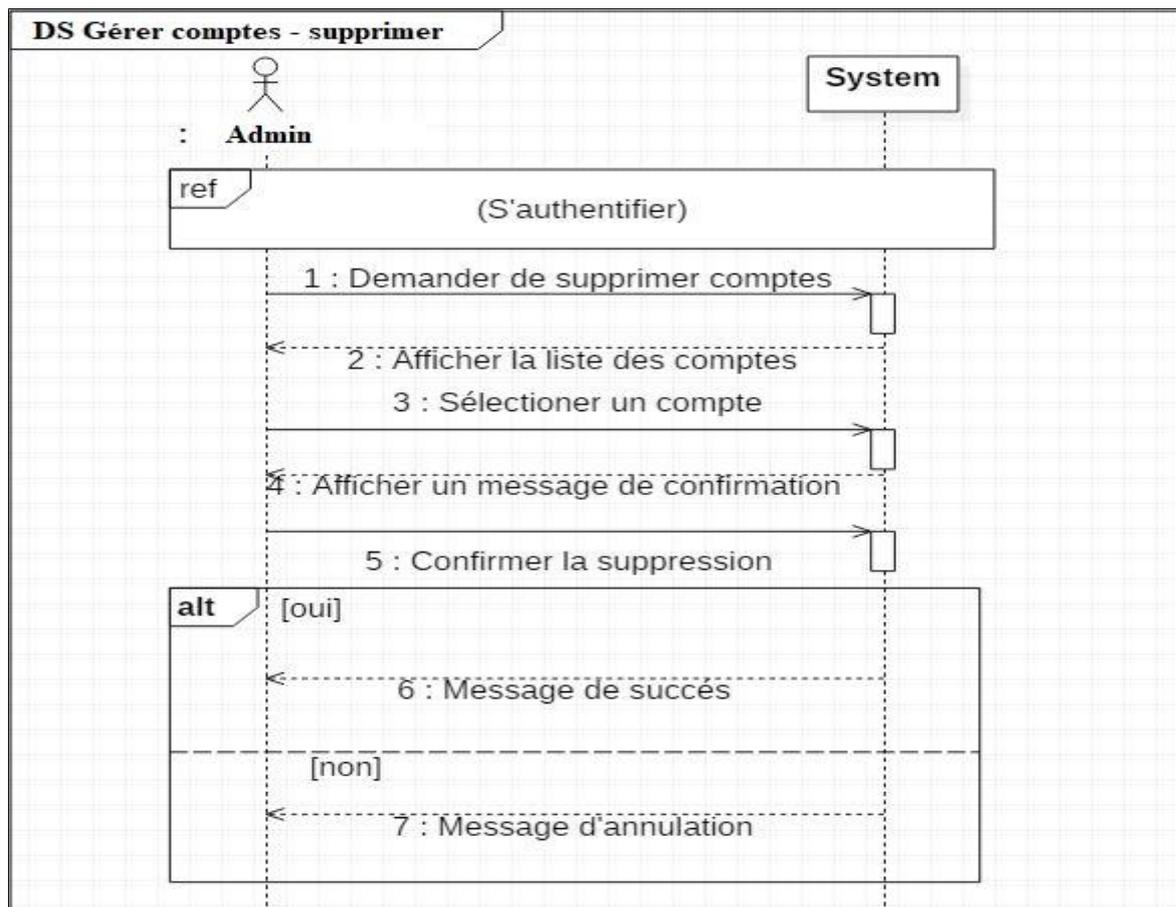


Figure 3. 10: Diagramme de séquence « Gérer comptes – supprimer ».

- Description textuelle du cas « Consulter traces »

Consulter traces	
Acteur principal	Admin
Acteur secondaire	/
Objectif	Permettre à l’admin de consulter les traces des opérations effectuées par les utilisateurs.
Pré-condition	L’admin doit être authentifié.
Post-condition	
Scénario nominal	1- L’admin demande de consulter les traces. 2-Le système affiche la liste des opérations effectuées par chaque utilisateur.
Scénario alternatif	/

Table 3. 5: Description textuelle « Consulter traces ».

- Description graphique du cas Consulter traces

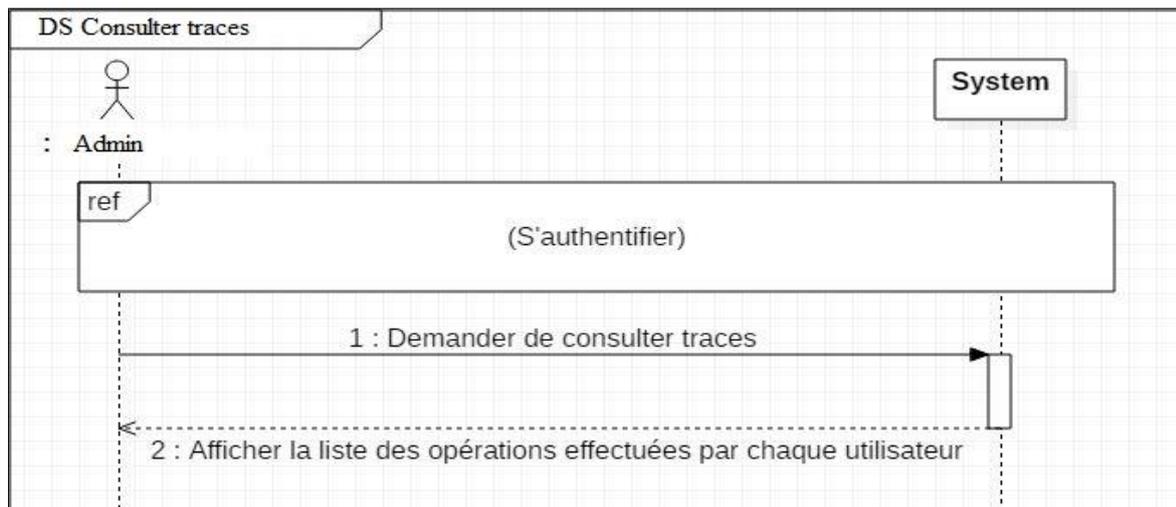


Figure 3. 11:Diagramme de séquence « Consulter traces ».

- Description textuelle du cas « Changer état capteurs »

Changer état capteurs	
Acteur principal	Utilisateur
Acteur secondaire	/
Objectif	Ce cas permet d’activer ou de désactiver le fonctionnement d’un capteur.
Pré-condition	L’utilisateur doit être s’authentifié.
Post-condition	
Scénario nominal	1-L’utilisateur demande le changement d’état de capteurs 2- Le système affiche la liste des capteurs. 3- L’utilisateur choisi un capteur et modifier l’état. 4- Le système affiche un message de succès.
Scénario alternatif	/

Table 3. 6:Description textuelle « Changer état capteurs ».

- Description graphique du cas Changer état capteurs

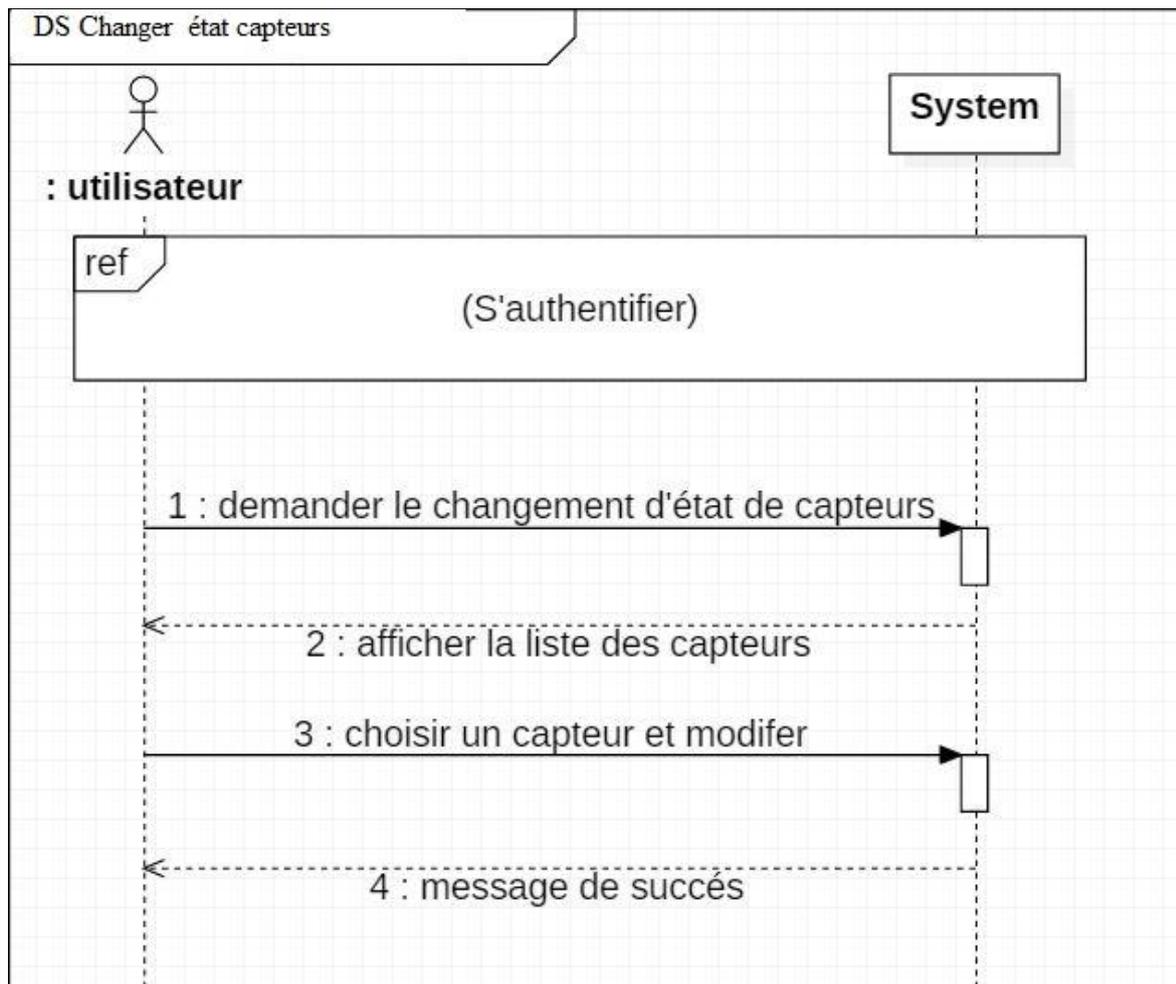


Figure 3. 12:Diagramme de séquence « Changer état capteurs ».

- Description textuelle du cas « Consulter alertes »

Consulter alertes	
Acteur principal	Utilisateur.
Acteur secondaire	/
Objectif	Permettre à l'utilisateur de consulter des alertes de fuites de gaz et d'émissions de fumée.
Pré-condition	L'utilisateur doit être authentifié.
Post-condition	Le détail d'une alerte est affiché.
Scénario nominal	1-Le système affiche une alerte. 2- L'utilisateur demande de consulter le détail de l'alerte. 3- Le système affiche une option « Désactiver ».
Scénario alternatif	3-a. L'utilisateur choisit l'opération «Désactiver ». Le système fait référence au cas d'utilisation « Désactiver ».

Table 3. 7: Description textuelle du cas Consulter alertes.

- Description graphique du cas Consulter alertes

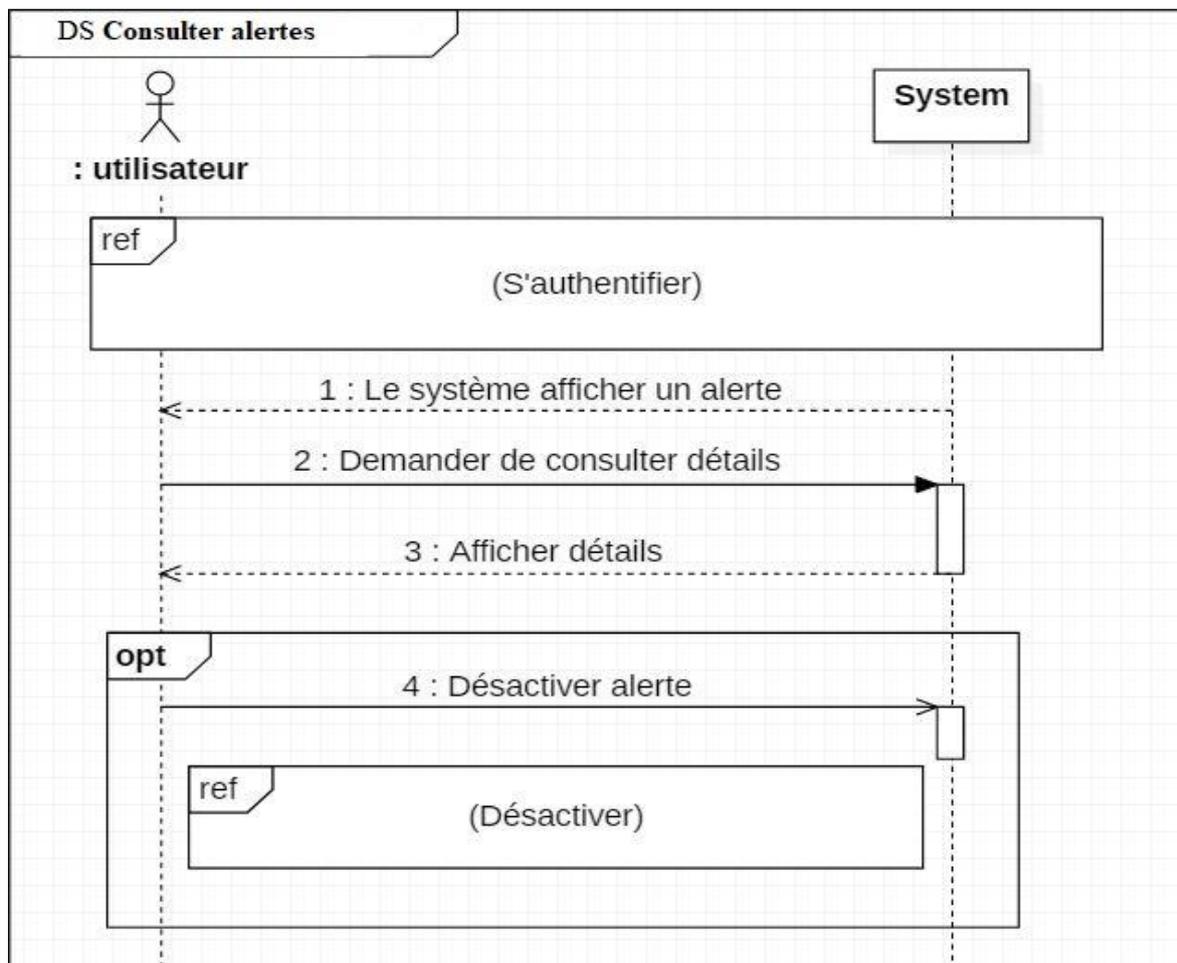


Figure 3. 13:Diagramme de séquence « Consulter alertes ».

- Description textuelle du cas « Désactiver »

Désactiver	
Acteur principal	Utilisateur.
Acteur secondaire	/
Objectif	Permettre à l'utilisateur de désactiver une alerte.
Pré-condition	L'utilisateur doit être authentifié.
Post-condition	
Scénario nominal	1-L'utilisateur demande de désactiver une alerte. 2-Le système arrête le son du Buzzer et affiche un message de succès.
Scénario alternatif	

Table 3. 8: Description Textuelle du cas « Désactiver ».

- Description graphique du cas Désactiver

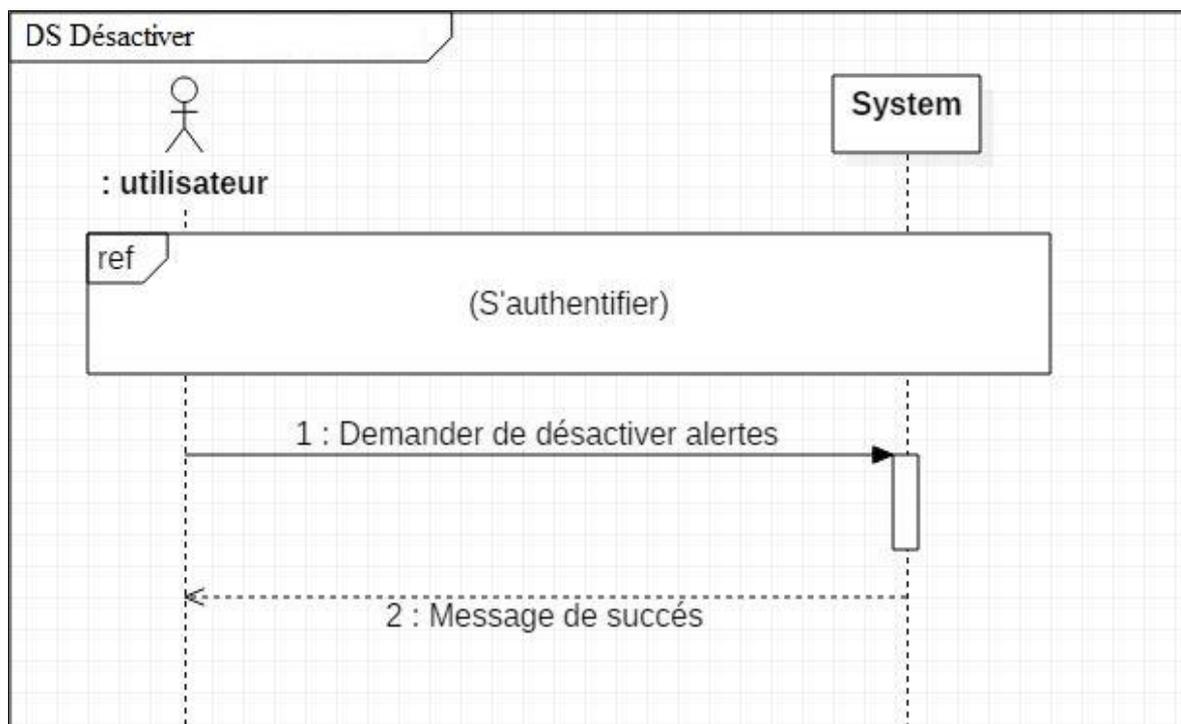


Figure 3. 14:Diagramme de séquence « Désactiver ».

- Description textuelle du cas « Consulter historique »

Consulter historique	
Acteur principal	Utilisateur.
Acteur secondaire	/
Objectif	Permettre à l'utilisateur de consulter l'historique des valeurs capturées par les différents capteurs.
Pré-condition	L'utilisateur doit être authentifié.
Post-condition	-
Scénario nominal	1-L'utilisateur demande de consulter l'historique des captures. 2-Le système affiche la liste des capteurs. 3- L'utilisateur choisit un capteur. 4- Le système affiche l'historique des captures.
Scénario alternatif	

Table 3. 9:Description textuelle « Consulter historique».

- Description graphique du cas « Consulter historique »

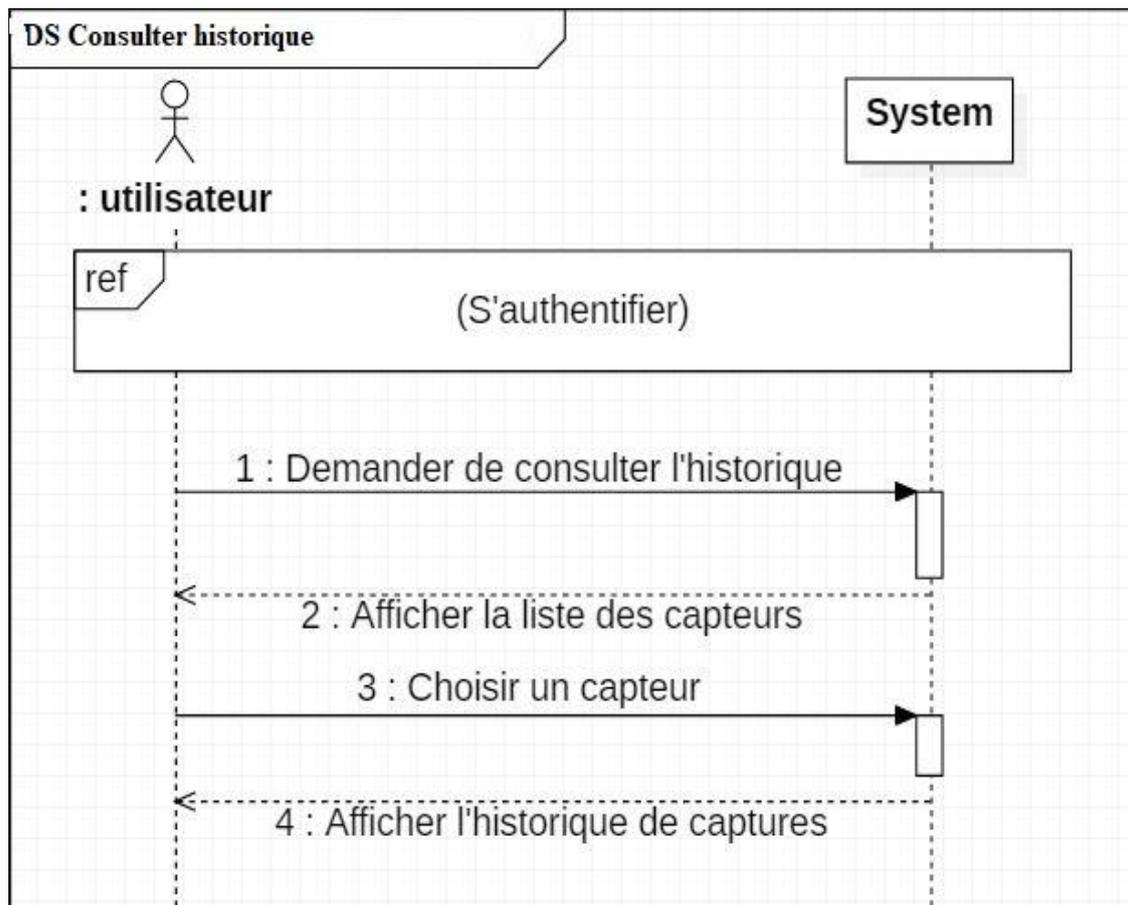


Figure 3. 15:Diagramme de séquence « Consulter historique ».

- Description Textuelle de cas « Gérer capteur-ajouter »

Gérer capteur- Ajouter	
Acteur principal	Utilisateur
Acteur secondaire	/
Objectif	Permettre à l'utilisateur d'ajouter des capteurs
Pré-condition	L'utilisateur doit être authentifié.
Post-condition	Un nouveau capteur est ajouté dans la base de données.
Scénario nominal	1-L'utilisateur demande l'ajout d'un capteur. 2- Le système affiche le formulaire d'ajout. 3- L'utilisateur remplit le formulaire et valide. 4- Le système vérifie les informations entrées. 5- Le system affiche un message de succès.
Scénario alternatif	4-a- Le système affiche un message d'erreur (les informations sont incorrectes) et retourne à l'étape numéro 2 du scénario nominal.

Table 3. 10:Description textuelle « Gérer capteur- ajouter ».

- Description graphique du cas « Gérer capteur-ajouter »

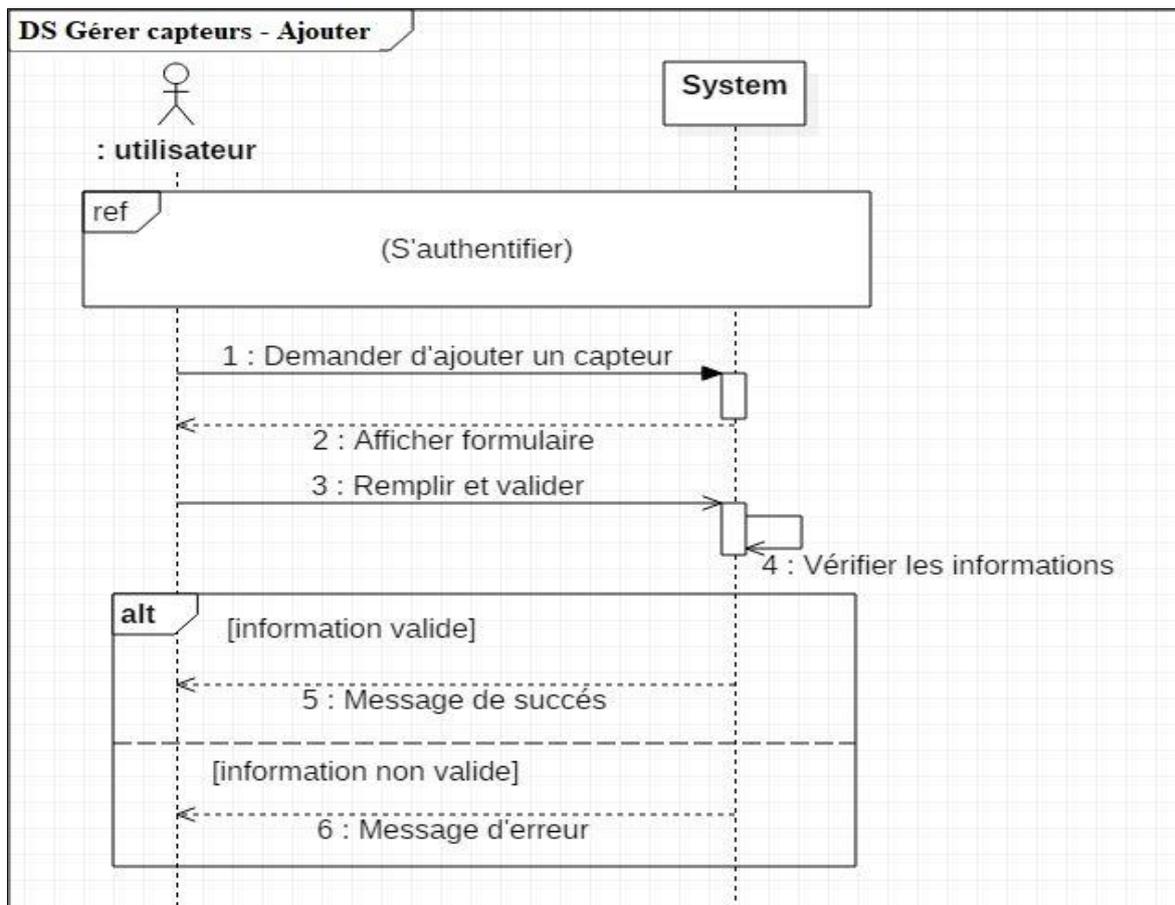


Figure 3. 16:Diagramme de séquence « Gérer capteur-ajouter ».

- Description textuelle de cas «Gérer capteur- modifier»

Gérer capteur-Modifier	
Acteur principal	Utilisateur
Acteur secondaire	/
Objectif	Permettre à l'utilisateur de modifier les informations d'un capteur.
Pré-condition	L'utilisateur doit être authentifié.
Post-condition	Les informations d'un capteur sont modifiées dans la base de données.
Scénario nominal	1-L'utilisateur demande de modifier un capteur. 2- Le système affiche la liste des capteurs. 3- L'utilisateur choisit un capteur. 4- Le système affiche le formulaire de modification. 5- L'utilisateur remplit le formulaire et valide. 6-Le système vérifie les informations entrées. 7-Le system affiche un message de succès.
Scénario alternatif	6-b- Le Système affiche un message d'erreur (les informations sont incorrectes) et retourne à l'étape numéro 4 du scénario nominal.

Table 3. 11:Description textuelle « Gérer capteur-modifier ».

- Description graphique du cas Gérer capteur-modifier

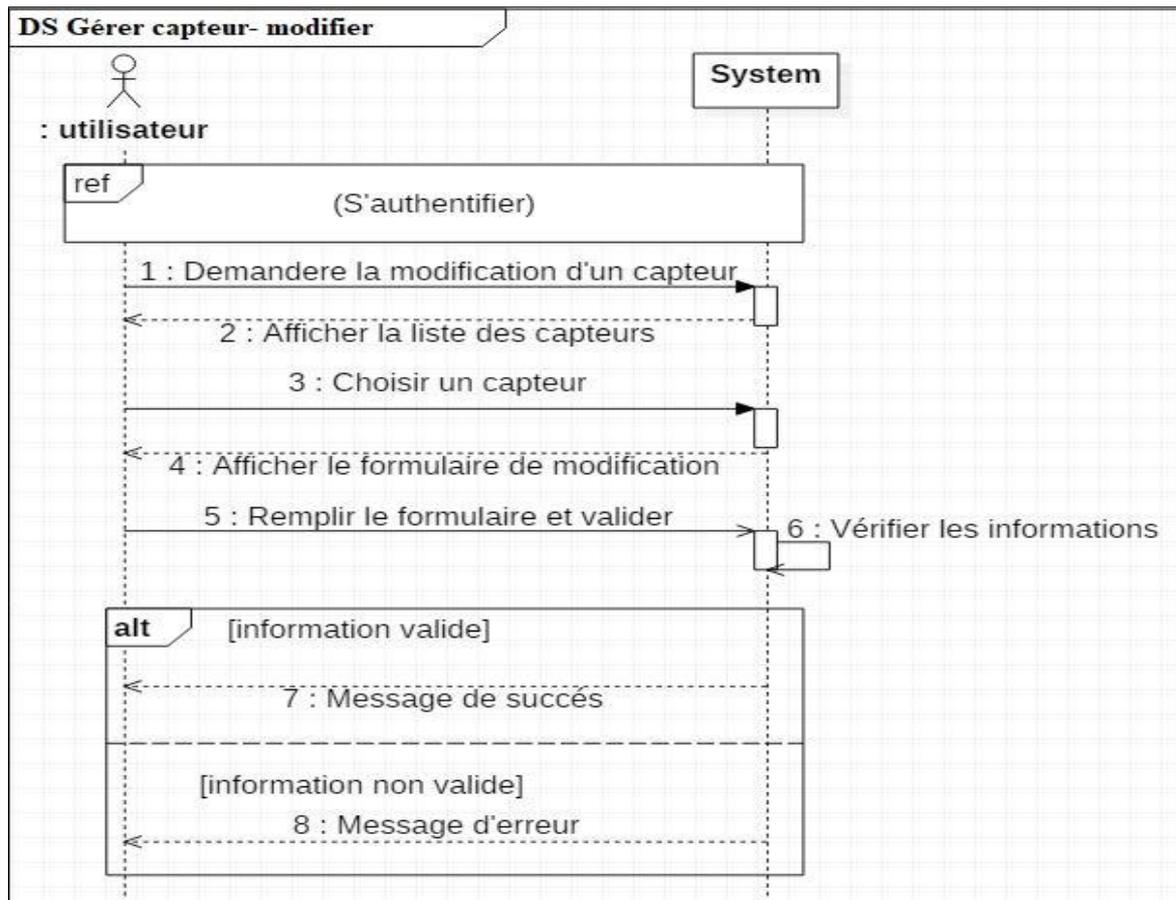


Figure 3. 17:Diagramme de séquence « Gérer capteur-modifier ».

- Description textuelle de cas « Gérer capteur-supprimer »

Gérer capteur-Supprimer	
Acteurprincipal	Utilisateur
Acteursecondaire	/
Objectif	Permettre à l'utilisateur de supprimer un capteur.
Pré-condition	L'utilisateur doit être authentifié.
Post-condition	Un capteur est supprimé de la base de données.
Scénario nominal	1-L'utilisateur demande la suppression d'un capteur. 2- Le système affiche la liste des capteurs. 3- L'utilisateur sélectionne un capteur. 4-Le système demande la confirmation de la suppression. 5- L'utilisateur confirme la suppression. 6- Le system affiche un message de succès.
Scénario alternatif	5-a L'utilisateur ne confirme pas la suppression. 6-aLe système affiche un message d'annulation.

Table 3. 12:Description textuelle « Gérer capteur-supprimer ».

- Description graphique du cas Gérer capteur-supprimer

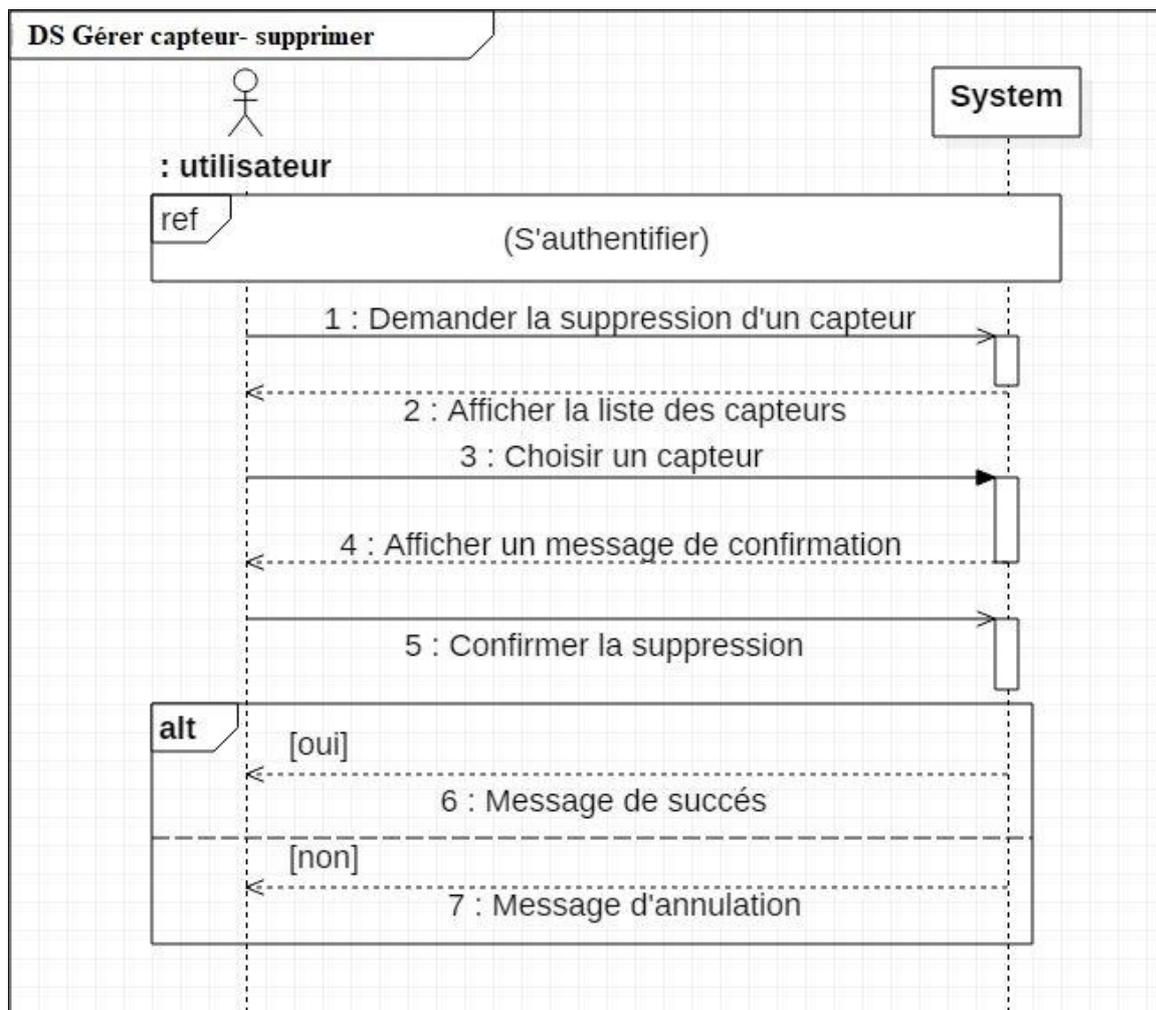


Figure 3. 18:Diagramme de séquence « Gérer capteur-supprimer ».

- Description textuelle du cas « Consulter données actuelles »

Consulter données actuelles	
Acteur principal	Utilisateur
Acteur secondaire	/
Objectif	Permettre à l'utilisateur de consulter données capturées en temps réel.
Pré-condition	L'utilisateur doit être authentifié.
Post-condition	
Scénario nominal	1- L'utilisateur demande de consulter les données actuelles. 2-Le système affiche la liste des valeurs capturées en temps réel.
Scénario alternatif	/

Table 3. 13: Description textuelle « Consulter données actuelles».

- Description graphique du cas Consulter données actuelles

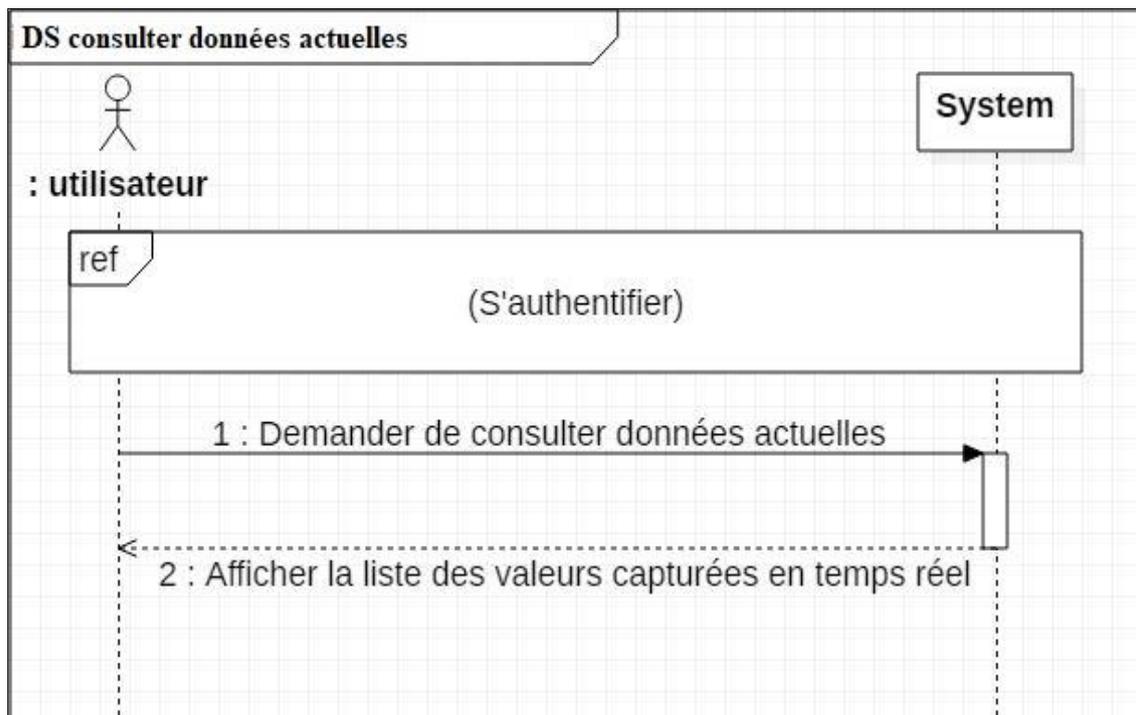


Figure 3. 19:Diagramme de séquence « Consulter donnes actuelle ».

6. Diagramme de classe

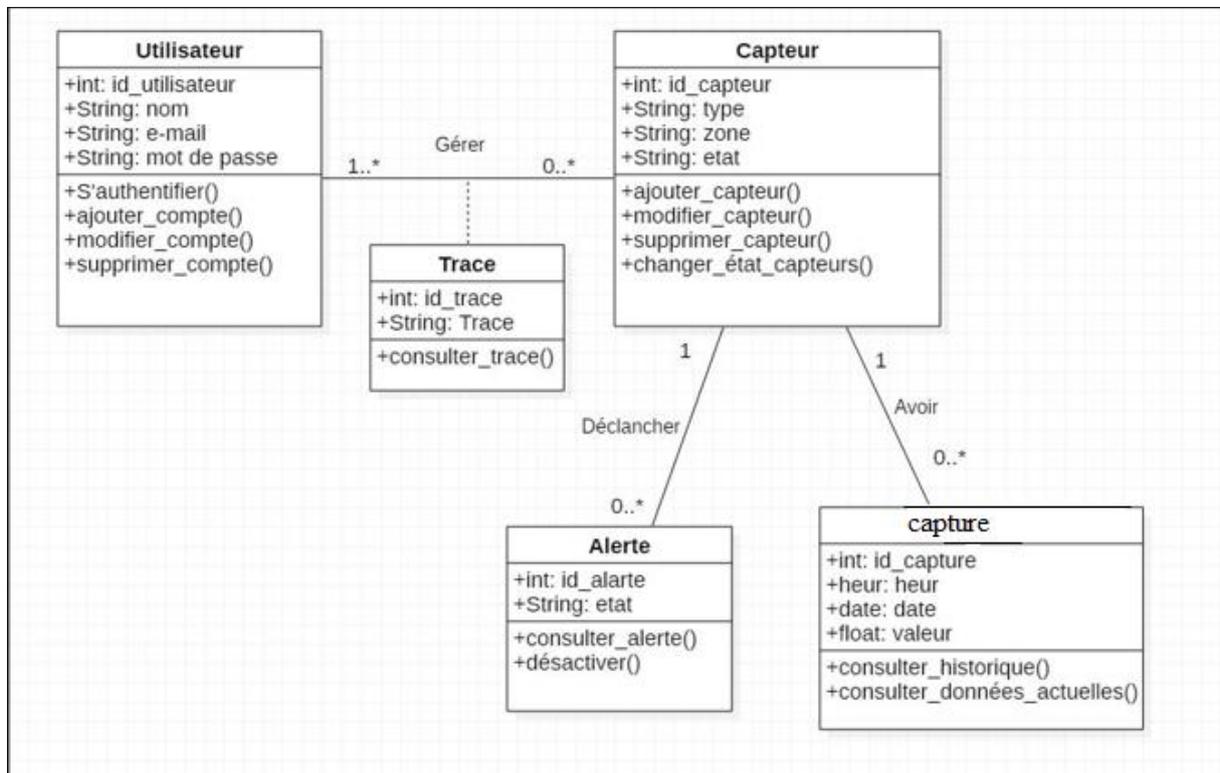


Figure 3. 20:« Diagramme de classe ».

7. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons défini les différents besoins fonctionnels et techniques de notre système. Ensuite, nous avons présenté la conception software de l'application web à travers les diagrammes de cas d'utilisation, les diagrammes de séquences et en dernier le diagramme de classe.

Dans le chapitre suivant, nous nous intéresserons à la réalisation de notre système.

Chapitre 4

Réalisation

1 . Introduction

Après avoir finalisé la conception de notre système, nous entamerons sa réalisation. Cette étape consiste à définir la partie matérielle de notre système et l'environnement de développement logiciel et à fournir un aperçu des interfaces de notre application web.

2. Partie matérielle

2.1 Arduino

Arduino est un choix idéal pour mettre en place un réseau de capteurs sans fil. Grâce à Arduino, il est possible de connecter et de contrôler aisément divers capteurs. Il offre une plateforme flexible et évolutive qui facilite la collecte précise et efficace des données provenant de ces capteurs.

Avec sa variété de broches d'entrée/sortie et sa compatibilité avec de nombreux modules sans fil, Arduino simplifie la création d'un réseau de capteurs sans fil. Il est possible d'utiliser des modules radio tels que Bluetooth ou Wi-Fi pour transmettre les données des capteurs vers une base de données. Ces modules sans fil permettent une communication en temps réel et la collecte de données à distance.

En intégrant Arduino à une application web, il est également possible de créer une interface conviviale permettant de visualiser et d'analyser les données en temps réel. Cette solution offre aux utilisateurs la possibilité de surveiller un site, de générer des rapports et de prendre des décisions éclairées basées sur les données collectées.

2.1.1 Présentation de l'Arduino

Arduino est une plateforme électronique open-source basée sur du matériel et des logiciels faciles à utiliser. Les cartes Arduino sont capables de lire des entrées - une lumière sur un capteur, un doigt sur un bouton, ou un message Twitter - et de les transformer en sortie - activer un moteur, allumer une LED, publier quelque chose en ligne. Vous pouvez indiquer à votre carte quoi faire en envoyant un ensemble d'instructions au microcontrôleur sur la carte. Pour ce faire, vous utilisez le langage de programmation Arduino (basé sur Wiring) et le logiciel Arduino (IDE), basé sur Processing [38].

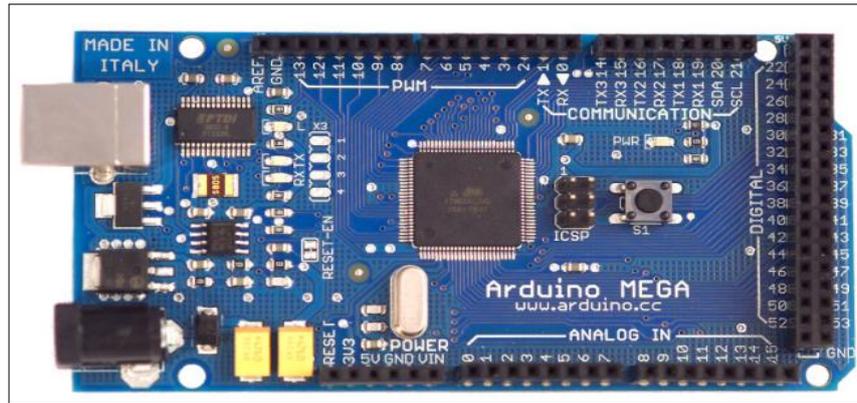


Figure 4. 1: Carte Arduino

2.1.2 Types de cartes Arduino

Au fil des ans, les concepteurs d'Arduino ont mis au point un certain nombre de modèles de cartes. La première carte Arduino, la Diecimila, est sortie en 2007. Et depuis, la famille Arduino a évolué pour tirer parti des différents types de micro-processeurs Atmel [39].

Version de carte	Année de sortie	Micro-contrôleur
Diecimila	2007	ATmega168V
LilyPad	2007	ATmega168V/ATmega328V
Nano	2008	ATmega328/ATmega168
Mini	2008	ATmega168
Mini Pro	2008	ATmega328
Duemilanove	2008	ATmega168/ATmega328
Mega	2009	ATmega1280
Fio	2010	ATmega328P
Mega 2560	2010	ATmega2560
Uno	2010	ATmega328P
Ethernet	2011	ATmega328
Mega ADK	2011	ATmega2560
Leonardo	2012	ATmega32U4
Esplora	2012	ATmega32U4
Micro	2012	ATmega32U4
Yún	2013	ATmega32U4 +Linino

Table 4. 1: Chronologie des sorties de cartes Arduino

2.1.3 Avantages d'Arduino

Le système Arduino, donne la possibilité d'allier les performances de la programmation à celles de l'électronique. Plus précisément, il permet de programmer des systèmes électroniques. Les principaux avantages de l'électronique programmée sont :

- Simplifie grandement les schémas électroniques.
- Diminue le coût de la réalisation.
- Environnement de programmation clair et simple.
- Multiplateforme : tourne sous Windows, Macintosh et Linux.
- Nombreuses bibliothèques disponibles avec diverses fonctions implémentées.
- Logiciel et matériel open source et extensible.
- Nombreux conseils, tutoriaux et exemples en ligne (forums, site perso, etc.).

2.2 La communication entre Arduino et les capteurs de notre système

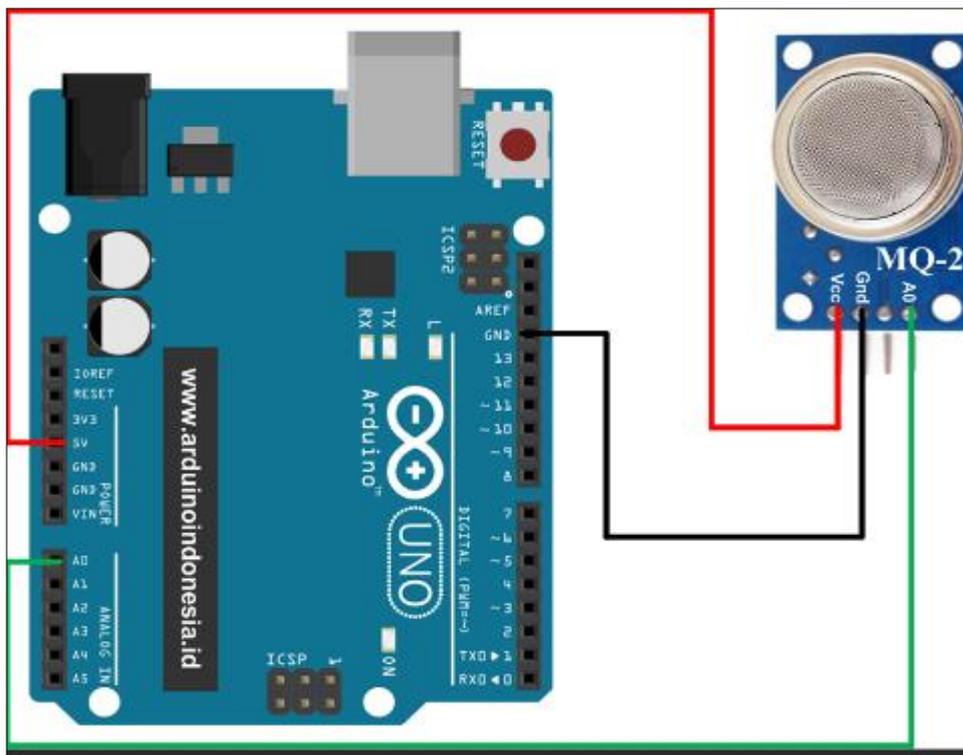


Figure 4. 2:Schéma des capteurs MQ de gaz de fumée utilisés

- A0 : sortie analogique.
- Gnd : la masse.
- Vcc : alimentation.

2.3 Le module WIFI ESP8266

Le module Wifi ESP8266 est utilisé pour ajouter des fonctionnalités de connectivité Wifi à des microcontrôleurs tels qu'Arduino. Il s'agit d'un petit module compact qui permet à un microcontrôleur équipé d'une liaison série, comme Arduino, de se connecter à un réseau Wifi.

En intégrant le module Wifi ESP8266 dans notre projet Arduino, nous pouvons bénéficier d'une connectivité sans fil, nous permettant de transférer des données vers notre base de données [40].



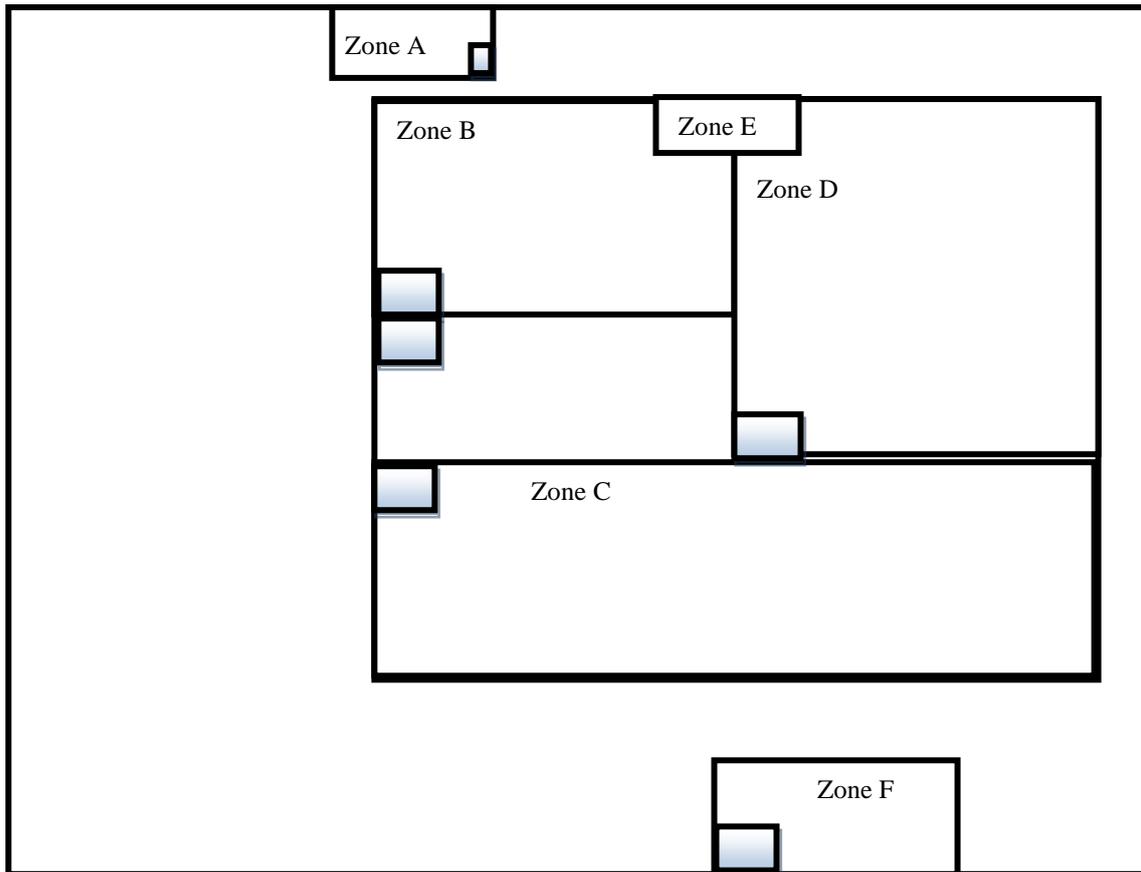
Figure 4. 3:Le module WIFI ESP8266

2.4 Présentation de notre maquette

2.4.1 Pourquoi utiliser une maquette ?

- Visualiser et représenter un concept ou un produit.
- Communiquer efficacement les idées et les fonctionnalités.
- Valider des idées ou des concepts.
- Identifier les erreurs ou les problèmes potentiels.
- Économiser du temps et de l'argent.

2.4.2 Plan de notre maquette



- **Zone A**

Cette zone représente la zone de stockage des gaz hydrogène, acétylène et méthane. Elle se compose de :

- Un capteur de gaz hydrogène.
- Un capteur de gaz acétylène
- Un capteur de gaz méthane.

- **Zone B**

Cette zone représente le laboratoire. Elle se compose de :

- Un capteur de gaz hydrogène.
- Un capteur de gaz acétylène.
- Un capteur de gaz méthane.
- Un capteur de fumée.

- **Zone C**

Cette zone représente la zone de stockage des produits. Elle se compose de :

- Un capteur de fumée.

- **Zone D**

Cette zone représente la zone de production elle se compose de :

- Un capteur de fumée.

- **Zone E**

Cette zone représente la chaudière. Elle se compose de :

- Un capteur de gaz méthane.
- Un capteur de fumée.

- **Zone F**

Cette zone représente la zone de stockage des produits réactifs. Elle se compose de :

- Un capteur de fumée.

3 Outils de développement logiciel

3.1 XAMPP

XAMPP est utilisé comme serveur autonome (localhost) qui se compose de plusieurs programmes, y compris le serveur HTTP Apache, la base de données MySQL, et le traducteur de langue est écrit dans les langages de programmation PHP et Perl. Ce programme est disponible GNU (General Public License), est un serveur qui est facile à utiliser, et peut afficher des pages web dynamiques [42].

3.2 Framework Laravel

- **Framework**

Un Framework c'est tout simplement un ensemble d'outils venant à faciliter le travail du développeur lui permettant d'obtenir des gains en productivité. Il constitue une base cohérente et regroupe en général les fondations d'un logiciel informatique ou d'une application web. Dans le cas du PHP(HypertextPreprocessor), les Framework regroupent un ensemble de fonctions de base que l'on retrouve sur la plupart des applications PHP. C'est le cas par exemple du système d'authentification, de la gestion des erreurs ou encore la gestion des droits (administrateurs, rédacteurs, visiteurs, etc.).

- **Laravel**

Laravel est un Framework PHP open sources basé sur l'architecture MVC (Modèle-Vue-Contrôleur), sortie en juin 2011. Il est actuellement l'un des frameworks PHP les plus populaires, créé par Taylor Otwel. Il initie une nouvelle façon de concevoir un Framework en utilisant ce qui existe de mieux pour chaque fonctionnalité. Par exemple, toute application web a besoin d'un système qui gère les requêtes http(Hypertext Transfer Protocol). Plutôt que de réinventer quelque chose, le concepteur de Laravel a tout simplement utilisé celui de Symfony en l'étendant pour créer un système de routage efficace. De la même manière, l'envoi des courriels se fait avec la bibliothèque Swift Mailer. En quelque sorte, Otwel a fait son marché parmi toutes les bibliothèques disponibles. Néanmoins, Laravel n'est pas seulement le regroupement de bibliothèques existantes ; c'est aussi un ensemble de nombreux composants originaux et surtout une orchestration de tout cela. On trouve dans Laravel

- Un système d'authentification pour les connexions.
- Un système de validation.
- Un système de migration pour les bases de données.
- Un système d'envoi de courriels.
- Un système d'autorisations, et bien d'autres choses encore [41].

3.3 Arduino IDE

L'IDE(Integrated Development Environment) Arduino est un logiciel open source principalement utilisé pour écrire et compiler le code dans le module Arduino.

C'est un logiciel officiel d'Arduino, rendant la compilation du code très facile, même pour une personne sans connaissances techniques préalables, ce qui facilite le processus d'apprentissage.

Il est facilement disponible pour les systèmes d'exploitation tels que MAC, Windows, Linux et s'exécute sur la plateforme Java qui offre des fonctions et des commandes intégrées jouant un rôle essentiel dans le débogage, l'édition et la compilation du code dans l'environnement.

Une gamme de modules Arduino est disponible, notamment Arduino Uno, Arduino Mega, Arduino Leonardo, Arduino Micro, et bien d'autres.

Chacun d'entre eux contient un microcontrôleur sur la carte qui est programmé et accepte les informations sous forme de code.

Le code principal, également appelé "sketch", créé sur la plateforme IDE, génère finalement un fichier Hex qui est ensuite transféré et téléchargé dans le contrôleur sur la carte.

L'environnement IDE comprend principalement deux parties de base : l'éditeur et le compilateur, où le premier est utilisé pour écrire le code requis et le second est utilisé pour compiler et télécharger le code dans le module Arduino donné.

Cet environnement prend en charge à la fois les langages C et C++ [43].

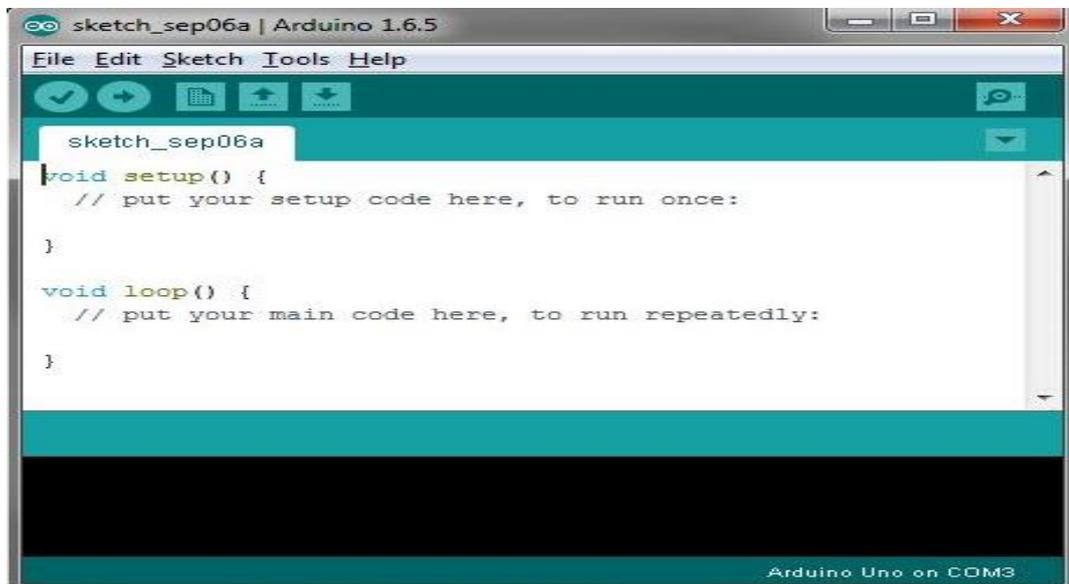


Figure 4. 4 Arduino IDE.

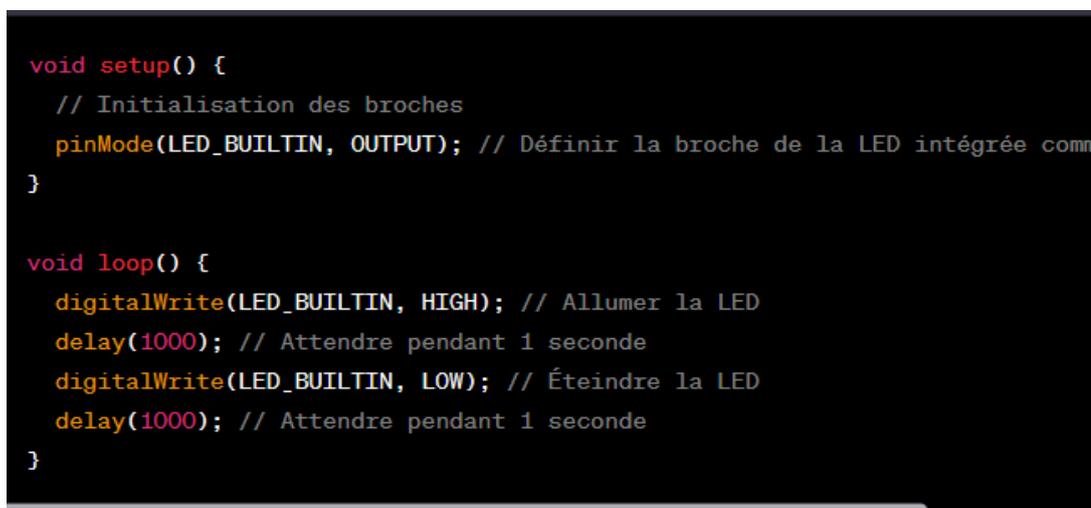


Figure 4. 5 : exemple de code en langage Arduino.

3.4 Visual Studio Code

Visual Studio Code est un éditeur de code source léger mais puissant qui fonctionne sur votre bureau et est disponible pour Windows, mac OS et Linux. Il est livré avec le support intégré pour JavaScript, Type Script et Node.js et dispose d'un riche écosystème d'extensions pour d'autres langages et environnements d'exécution (tels que C++, C#, Java, Python, PHP, Go, .NET). [44].

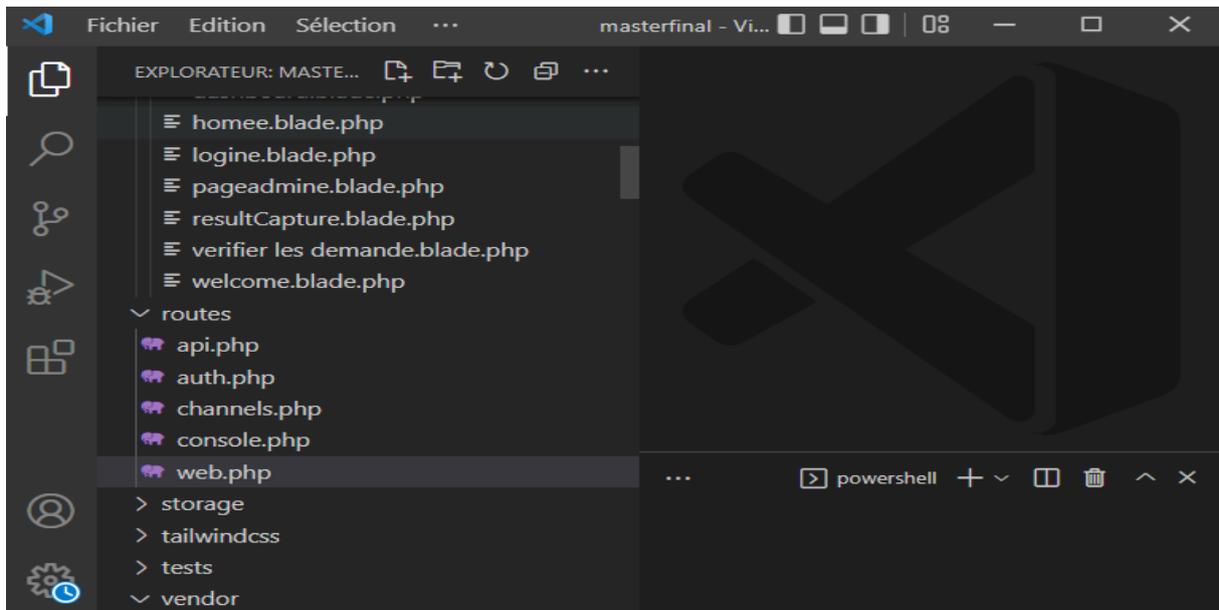


Figure 4. 6: Visual Studio Code.

4 Présentation de quelques interfaces de notre application

- **Interface s'authentifier**

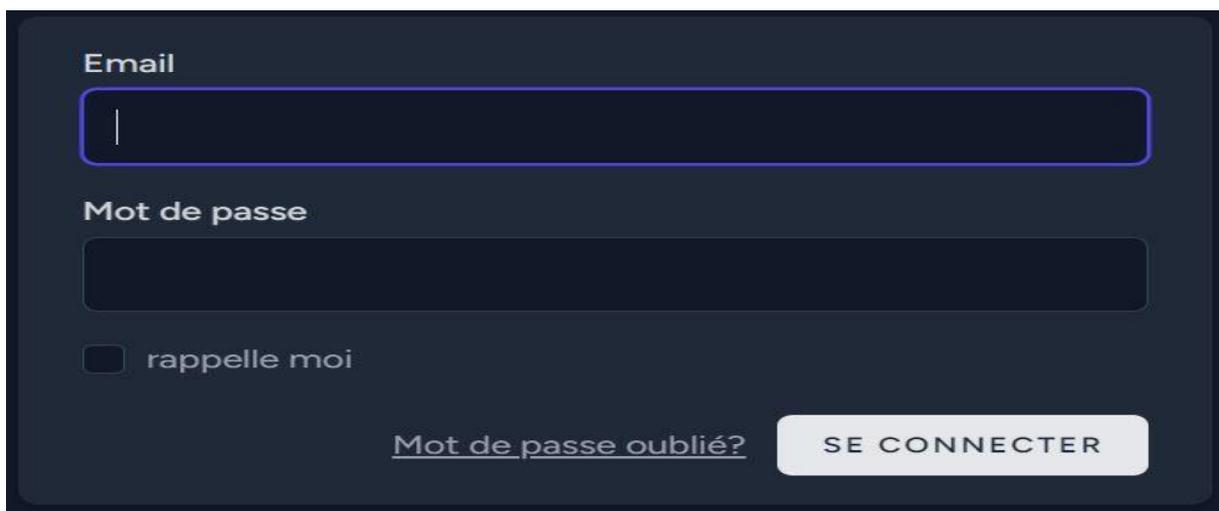
The image shows a login form on a dark background. It features two input fields: 'Email' and 'Mot de passe'. Below the password field is a checkbox labeled 'rappelle moi'. At the bottom, there is a link for 'Mot de passe oublié?' and a button labeled 'SE CONNECTER'.

Figure 4. 7:interface s'authentifier

- **Interface Accueil admin**

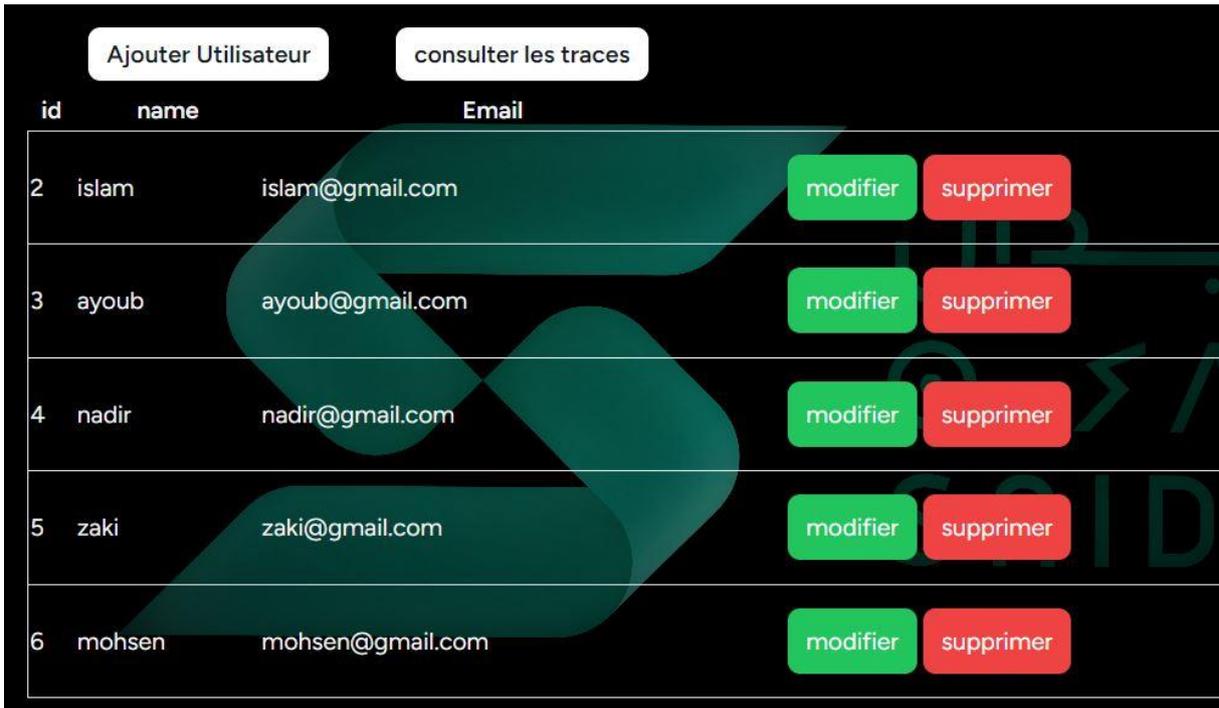


Figure 4. 8:interface Accueil admin.

- **Interface consulter trace**

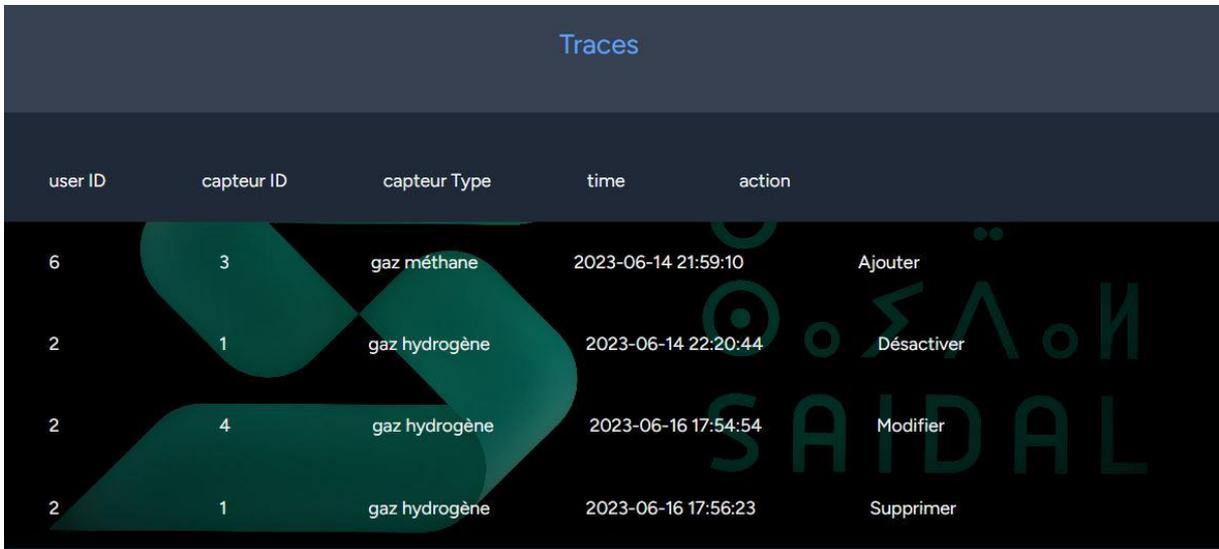


Figure 4. 9: interface consulter trace.

- **Interface Accueil utilisateur.**



Figure 4. 10: interface Accueil utilisateur.

- **Interface consulter alerte**



Figure 4. 11: interface consulter alerte.

- **Interface consulter données actuelles.**



Capteur ID	Type	Zone	Valeur	Time
3	gaz méthane	E	4	2023-06-17 13:20:17
4	gaz hydrogène	F	0	2023-06-17 13:20:17
3	gaz méthane	E	0	2023-06-17 13:20:24

Figure 4. 12: interface consulter données actuelles.

5 Conclusion

Dans ce dernier chapitre, nous avons regroupé tous les éléments pour créer notre solution finale, en utilisant certains des outils que nous avons mentionnés, ainsi que les interfaces finales de notre application web.

Conclusion générale

Conclusion générale

Notre projet d'étude final comprenait la mise en place d'une application Web pour un réseau de capteurs sans fil, dans le but de détecter les fuites de gaz dangereux sur un site industriel spécifique. Ce site est constitué du groupe Saidal, plus précisément du site de production Constantine 2.

Nous avons effectué nos travaux dans ce contexte, en surveillant attentivement les fuites de gaz et les émissions de fumée et en développant une application Web pour faciliter notre travail et notre contribution à ce projet. L'application vise à surveiller de manière précise et continue les niveaux de fuite de gaz en recevant des alertes des capteurs. L'objectif principal est d'intervenir rapidement en cas de dépassement des seuils de fuite afin de mettre en place des mesures correctives efficaces et de minimiser les impacts négatifs sur l'environnement et la santé.

Pour la réalisation de notre application Web, nous avons élaboré une conception et une modélisation basées sur l'UML, où nous avons décrit le système en utilisant des diagrammes de cas d'utilisation, de séquence et de classe.

Sur le plan réalisation, nous avons utilisée Arduino IDE et Laravel, basés sur la souplesse de C (pour Arduino IDE) et PHP (pour Laravel), qui sont des plates-formes très puissantes et qui intègrent différents outils qui facilitent le développement des applications web. Nous avons utilisée xampp pour l'implémentation de la base de données.

Dans l'ensemble, nous pouvons affirmer que nos objectifs ont été globalement atteints, en mettant en place les éléments suivants :

- Nous avons réalisé le développement d'une application Web permettant la surveillance, la gestion des alertes et le contrôle à distance des capteurs.
- La création d'une base de données pour stocker les informations capturées par les capteurs.
- L'utilisation de capteurs sans fil plutôt que de capteurs filaires.

Ainsi, nous avons réussi à mettre en place une solution permettant une surveillance à distance efficace grâce à l'application Web, tout en garantissant une collecte et un stockage sécurisés des données à l'aide de la base de données. De plus, l'utilisation de capteurs sans fil a apporté plus de flexibilité et de facilité d'installation par rapport aux capteurs filaire

Conclusion générale

En ce qui concerne les perspectives actuelles de ce projet, notre principal objectif est d'ajouter une application mobile qui offre les mêmes fonctionnalités que notre application web.

Enfin, nous souhaitons que ce humble mémoire serve de référence pour les autres étudiants et que sa lecture soit à la fois agréable et claire.

Références

- [1] Tait, Keith D. "Chapitre 79. L'industrie pharmaceutique." *Encycl. Sécurité Santé Au Trav.[En ligne]. Genève: Bureau Internationale du Travail (2002): 4838.*
- [2] Groupe Sidal Science & Santé. [En ligne]. Disponible sur : '<http://www.sidalgroup.dz/>'. Consulté le 03/03/2023.
- [3] Bengati, Sabrina, Soulef Djaafri, and Zine El Abidine Ababsa. "Fabrication et contrôle physico-chimique et microbiologique d'un sirop «EUPNEX® 10mg/5ml»." (2022).
- [4] Actu-Environnement. (s.d.). Méthane (CH₄).Disponible sur : 'https://www.actu-environnement.com/ae/dictionnaire_environnement/definition/methane_ch4.php4'. Consulté le 12/06/2023.
- [5] Fiches toxicologiques - Publications et outils - INRS.Disponible sur : '<https://www.inrs.fr/publications-et-outils/fiches-toxicologiques.html>'. Consulté le 21/04/2023.
- [6] MSD Manuel. (s.d.). Inhalation de fumée.Disponible sur : '<https://www.msmanuals.com/fr/accueil/lésions-et-intoxications/brûlures/inhalation-de-fumée>'. Consulté le 18/06/2023.
- [7] Siemens AG. (s.d.). Cert Security Advisories.Disponible sur : '<http://www.siemens.com/cert/en/cert-security-advisories.htm>'. Consulté le 02/03/2023
- [8] Boudries, Abdelmalek. *Maintien de la Connectivité dans les Réseaux Ad hoc sans fil*. Diss. 2018.
- [9] Akyildiz, Ian F., et al. "A survey on sensor networks." *IEEE Communications magazine* 40.8 (2002): 102-114
- [10] <http://www.memoireonline.com/12/07/738/effets-mobilite-protocoles-routage-reseauxad-hoc.html>
- [11] Benmohammed, Mohamed, and Saloua Chettibi. "Protocole de routage avec prise en compte de la consommation d'énergie pour les réseaux mobiles ad-hoc." (2017).
- [12] Somerset, Vernon S. "Intelligent and Biosensors, Edited by Vernon S. Somerset." *Intech, January* (2010).
- [13] Sudevalayam, Sujesha, and Purushottam Kulkarni. "Energy harvesting sensor nodes: Survey and implications." *IEEE communications surveys & tutorials* 13.3 (2010): 443-461.
- [14] Lynch, Jerome Peter, et al. "Embedding damage detection algorithms in a wireless sensing unit for operational power efficiency." *Smart Materials and Structures* 13.4 (2004): 800..

Références

- [15] Qi, Hairong, Yingyue Xu, and Xiaoling Wang. "Mobile-agent-based collaborative signal and information processing in sensor networks." *Proceedings of the IEEE* 91.8 (2003): 1172-1183..
- [16] Titzer, Ben L., and Jens Palsberg. "Nonintrusive precision instrumentation of microcontroller software." *Proceedings of the 2005 ACM SIGPLAN/SIGBED conference on Languages, compilers, and tools for embedded systems*. 2005.
- [17] I. Vasilescu, K. Kotay, D. Rus, M. Dunbabin, P. Corke, "Data collection, storage, and retrieval with an underwater sensor network", In Proceedings of the 3rd international conference on Embedded networked sensor systems, ACM, pp. 154-165, November 2005.
- [18] Equipe de Get 2005 Capt'Ad1hoc. "Sensor networks: State of the art". Rapport Technique, Telecom Paris, ENST Br, INT, INRIA, Mars 2006.
- [19] Lamine, Messai Mohamed. "Securite dans les Reseaux de Capteurs Sans-Fil." *Memoire de Magistere en Informatique Ecole Doctorale d'Informatique de bejaia* (2008).
- [20] TAIEB BRAHIM, Mohammed. *Contribution aux Réseaux Sans fil: Routage à base de l'algorithme MCL pour les Réseaux de Capteurs*. Diss. 2021
- [21] Alzoubi, Khaled M., Peng-Jun Wan, and Ophir Frieder. "New distributed algorithm for connected dominating set in wireless ad hoc networks." *Proceedings of the 35th Annual Hawaii International Conference on System Sciences*. IEEE, 2002.
- [22] fédération Internationale du Diabète. Disponible sur: '<http://www.idf.org/about-diabetes/factsfigures>', consulter le 24/06/2016.
- [23] Campbell, Paul R. *Population projections: states, 1995-2025*. No. 1131. Census Bureau, 1997.
- [24] Cypher, David, et al. "Prevailing over wires in healthcare environments: benefits and challenges." *IEEE Communications Magazine* 44.4 (2006): 56-63.
- [25] Istepanian, Robert SH, Emil Jovanov, and Y. T. Zhang. "Guest editorial introduction to the special section on m-health: Beyond seamless mobility and global wireless health-care connectivity." *IEEE Transactions on information technology in biomedicine* 8.4 (2004): 405-414.
- [26] Jafari, R., Encarnacao, A., Zahoory, A., Dabiri, F., Noshadi, H., & Sarrafzadeh, M. (2005, July). Wireless sensor networks for health monitoring. In *The Second Annual International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Networking and Services* (pp. 479-481). IEEE.

Références

- [27] Chlamtac, Imrich, Marco Conti, and Jennifer J-N. Liu. "Mobile ad hoc networking: imperatives and challenges." *Ad hoc networks* 1.1 (2003): 13-64.
- [28] Kwak, Kyung Sup, Sana Ullah, and Niamat Ullah. "An overview of IEEE 802.15. 6 standard." *2010 3rd international symposium on applied sciences in biomedical and communication technologies (ISABEL 2010)*. IEEE, 2010.
- [29] Julien Vaudour, « Élaboration de couches MAC et réseau pour un réseau de capteurs », projet d'ingénieur I.I.E, 29 juin 2006.
- [30] Binarytech Electronique Algérie. (s.d.). Accueil.Disponible sur <https://www.binarytech-dz.com/>. Consulté le 27/05/2023.
- [31] Arduino France - Tutoriels et Projets avec l'Arduino. Disponible sur : <https://www.arduino-france.site/>. Consulté le 20/05/2023.
- [32] ARDUINO PASSION. (s.d.). LE BUZZER.Disponible sur <https://pecquery.wixsite.com/arduino-passion/le-buzzer> Consulté le 8 2023
- [33] Pascal Roques, «Les cahiers du programmeurs UML2 modéliser une application web », EYROLLES, 4 ème édition, 2008 ,246p
- [34] Morley, Chantal, Jean Hugues, and Bernard Leblanc. *UML 2 pour l'analyse d'un système d'information: le cahier des charges du maître d'ouvrage*. No. hal-02510052. 2008.
- [35] GABAY Josef, GABAY David. *UML2 Analyse et Conception*, Université de Québec, 1 er édition, 2009, 226p
- [36] Pascal-Roques 2008] Pascal, Roques : “UML 2 : Modéliser une application web. Eyrolles”, 4ème éd., 2006.
- [37] Roques, Pascal, and Franck Vallée. *UML en action: de l'analyse des besoins à la conception en Java*. Eyrolles, 2000.
- [38] Documentation Arduino.Disponible sur <https://docs.arduino.cc/learn/starting-guide/whats-arduino>. Consulté le 18 juin 2023.
- [39] Polycopié Pédagogique NIVEAU: M1 Automatique & Informatique Industrielle. Chlef, Département d'Electronique, algerie: Hassiba Benbouali University of Chlef.
- [40] ORBIT ELECTRONIC. (s.d.). Accueil.Disponible sur <https://www.orbit-dz.com/> Consulté le 18/05 2023.

Références

- [41] Chavelli, Maurice. *Découvrez le framework PHP Laravel*. Editions Eyrolles, 2016, pdf. Disponible sur : [«https://www.eyrolles.com/Chapitres/9782212143980/9782212143980.pdf»](https://www.eyrolles.com/Chapitres/9782212143980/9782212143980.pdf) Consulté le 22/05/2022.
- [42] Khafidhoh, Nur, and Via Famela Setya Ningrum. "Design and Build an E-Catalog Application for Typical Jombang Products." *Multidiscipline International Conference*. Vol. 1. No. 1. 2021.).
- [43] Fezari, Mohamed, and Ali Al Dahoud. "Integrated development environment “IDE” for Arduino." *WSN applications* (2018): 1-12.
- [44] Visual Studio Code. Disponible sur : ['https://code.visualstudio.com/'](https://code.visualstudio.com/). Consulté le 18/06/2023.