

Université de Gafsa
Institut Supérieur des Sciences Appliquées et de Technologie de GAFSA
Département de Automatiques des Systèmes Industriels (ASI)



**Conception et réalisation d'un système connecté de
collecte de déchets**

Présenté et soutenu par :

TLILI Amal

En vue de l'obtention de

Mastère Professionnel en Systèmes Embarqués

Sous la Direction de :

Mr. BEN HOUSSINE Moez

Soutenu le 08/06/2023

Devant le jury composé de :

Président : Mr. SAADAOUI Wajdi

Rapporteur : Mr. LADGHEM Anis,

2022/2023

REMERCIEMENT

Avant tout, je remercie, "Allah" le tout puissant de m'avoir donné le courage, la patience, et la santé durant toutes ces longues années d'études.

Pour l'honneur qu'il me fait en jugeant mon travail et en présidant le jury de la soutenance, je remercie vivement **Mr.Wajdi Saadaoui**, Maitre-assistant à l'Institut Supérieur des Sciences Appliquées et de Technologies de Gafsa.

Pour avoir accepté de rapporter ce travail , j'assure ma reconnaissance à **Mr.Anis Ladghem**, Maitre-assistant à l'Institut Supérieur des Sciences Appliquées et de Technologies de Gafsa.

J'exprime ma profonde gratitude à mon encadreur universitaire, **Mr.Moez Ben houssine** , Maitre-assistant à l'Institut Supérieur des Sciences Appliquées et de Technologies de Gafsa, pour son encadrement, son soutien et sa disponibilité. Ses conseils, ses suggestions de lecture, ses commentaires, ses corrections et ses qualités scientifiques ont été très précieux pour mener à bien ce travail.

J'aimerais particulièrement remercier mon encadreur industriel, **Mm.Houda Yahyaoui** , Directeur générale du Softago , pour les nombreux conseils et discussions qui ont orienté ma recherche au cours de ce mémoire, aussi pour la qualité de son encadrement et sa constante disponibilité.

Enfin, un grand merci à tous ceux qui m'ont aidé directement ou indirectement pour mener à bien ce travail.



DEDICACES

À moi-même, auteur de ce rapport qui m'a demandé un travail de longue haleine et des efforts acharnés.

À mes chers parents qui étaient toujours là pour moi. Qu'ils soient fiers de ma réussite. Je vous dédie ce travail en témoignage de mon profond amour. Puisse dieu, le tout puissant, vous préserve et vous accorde santé, longue vie et bonheur.

À mon très cher frère pour son aide, son soutien moral et ses encouragements durant mes études. Je te dédie ce travail avec tous mes voeux de bonheur, de santé et de réussite.

À mes tantes qui m'ont toujours soutenu. Veuillez trouver ici le témoignage de ma profonde gratitude.

À toute ma famille pour sa bienveillance pour mon bien-être.

À tous les amis qui me sont chers. Que je puisse être à la hauteur de vos espérances, tous.

À **vous tous**, Je dédie ce travail.

Amal Tlili

■ TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES	vii
INTRODUCTION GÉNÉRALE	viii
ORGANISME D'ACCUEIL	x
1 Contexte général du projet	2
1.1 Introduction	3
1.2 Internet des objets(IDO)	3
1.2.1 Définition	3
1.2.2 L'architecture de l'Internet des Objets	4
1.3 Systèmes embarqués	5
1.3.1 Définition	5
1.3.2 L'architecture de systèmes embarqués	5
1.4 L'impact des déchets sur l'environnement	6
1.5 Généralités sur les poubelles intelligentes	8
1.5.1 Historique des poubelles	8
1.5.2 Fonctionnement d'une poubelle connectée	9
1.5.3 Avantages et inconvénient des poubelles intelligentes	10
1.6 Les travaux antérieurs sur les poubelles intelligentes	11
1.6.1 Groupe Maher Arebey	11
1.6.1.1 Description du projet	11
1.6.1.2 Principe du travail :	12
1.6.2 Groupe Dr. N. SATHISH KUMAR	13
1.6.2.1 Description du projet	13
1.6.2.2 Principe du travail	14
1.6.3 Groupe Mr. MEKAMCHA Khalid	15
1.6.3.1 Description du projet	15
1.6.3.2 Principe du travail	15

TABLE DES MATIÈRES

1.7	Conception d'une poubelle intelligente : Position du problème	17
1.8	Conclusion	18
2	Conception de la poubelle intelligente	19
2.1	Introduction	20
2.2	Conception de la poubelle intelligente	20
2.2.1	Idée de base	20
2.2.2	Principe du fonctionnement	22
2.2.3	Identification des acteurs	23
2.2.4	Les fonctions de la poubelle	24
2.3	Conception détailler	26
2.3.1	Diagramme de séquence des acteurs avec la poubelle	26
2.3.2	Diagramme de séquence du cas d'utilisateur	27
2.3.3	Diagramme de séquence du cas d'agent de propreté	27
2.4	Outils matériels et logiciels utilisés	28
2.4.1	Outils matériels	28
2.4.1.1	Carte ESP32 TTGO T-CALL SIM800L	29
2.4.1.2	Carte Arduino uno	31
2.4.1.3	Présentation du capteur ultrason (HC-SR04)	31
2.4.1.4	Détecteur de gaz MQ-5	32
2.4.1.5	Présentation de servomoteur	33
2.4.1.6	Radio Frequency Identification	34
2.4.1.7	Câbles de connexion	34
2.4.1.8	Générateur Photovoltaïque	35
2.4.2	Outils logiciels	35
2.4.2.1	Arduino IDE	36
2.4.2.2	Fritzing	36
2.4.2.3	StarUML	37
2.4.2.4	Protocole MQTT	37
2.5	Conclusion	39
3	Mise en place de la poubelle intelligente	40
3.1	Introduction	41
3.2	Principe et mode de fonctionnement	41
3.3	Réalisation de la poubelle intelligente	42
3.3.1	Circuit électrique	42

TABLE DES MATIÈRES

3.3.2	Transmission des données (carte Esp32/ Application)	48
3.4	Interaction poubelle intelligente / App mobile / App web	52
3.5	Conclusion	54
CONCLUSION GÉNÉRALE		55
BIBLIOGRAPHIE		55

LISTE DES FIGURES

1	Valeurs de Softago.	xi
2	Partenaires de Softago.	xi
1.1	Internet des objets.	4
1.2	Architecture d'IdO[1].	4
1.3	Architecture technique de systèmes embarqués[3].	6
1.4	L'impact des déchets	8
1.5	Poubelles intelligentes pour une ville intelligente	10
1.6	système de collecte avec lecteur RFID [6].	12
1.7	Interface système pour la surveillance des déchets solides[6].	13
1.8	Schéma fonctionnel du système embarqué.	14
2.1	Les options de poubelle	21
2.2	La conception globale du système de poubelle intelligente	22
2.3	Diagramme de cas d'utilisation	24
2.4	Interaction des acteurs avec la poubelle	26
2.5	Interaction d'utilisateur avec la poubelle	27
2.6	Interaction d'agent de propreté avec la poubelle	28
2.7	TTGO t-call V1.4 ESP32 Module SIM800L	29
2.8	GPIO de la carte ESP32 TTGO t-call V1.4 SIM800L	30
2.9	Arduino uno	31
2.10	Capteur ultrason HC-SR04	32
2.11	Détecteur de gaz MQ-5	33
2.12	Servomoteur	33
2.13	Capteur RFID	34
2.14	Câbles jumper	34
2.15	Cellule de panneau solaire.	35
2.16	Logo Arduino IDE	36
2.17	Logo Fritzing	36
2.18	Logo StarUML	37

LISTE DES FIGURES

2.19 Protocole MQTT	39
3.1 Fonctionnement de la poubelle intelligente	42
3.2 Simulation de la poubelle intelligente avec fritzing	42
3.3 Simulation de capteur ultrason	44
3.4 Simulation de détecteur du gaz MQ-5	45
3.5 Simulation du servomoteur 1 avec la carte Esp32	46
3.6 Simulation du RFID et le servomoteur 2 avec la carte Arduino	47
3.7 Système d'alimentation	48
3.8 Architecture de HiveMQ	49
3.9 Platform de HiveMQ	49
3.10 Page de paramètres	50
3.11 Page web client	50
3.12 Page de topic	50
3.13 Échange des données	51
3.14 Rusltat sur page web	51
3.15 création compte utilisateur et municipale	52
3.16 La page principal d'utilisateur	53
3.17 La page principal du municipale	53
3.18 La page principal du municipale	54

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Les déchets sont devenus un problème majeur depuis l'évolution de la vie sur Terre.

La croissance démographique, l'augmentation de la production et de la consommation et les changements de mode de vie sont responsables de l'augmentation de la quantité, de la qualité et des dommages associés à ces déchets. Ces derniers peuvent être de différents types tels que déchets les ordures ménagères, les déchets agricoles, les déchets industriels et les déchets nucléaires.

Par ailleurs, la mauvaise gestion des déchets peut provoquer des problèmes environnementaux graves tels que la pollution de l'eau, de l'air et du sol.

D'autre part, l'accès à l'information, la communication entre les personnes, l'acquisition et le développement ont été facilités grâce à la croissance technologique rapide. En réponse à ces enjeux, la société SoftaGo, a développé une solution innovante qui permet le suivi en ligne et l'acquisition de données des poubelles.

L'objectif principal de ce projet est la conception et la réalisation d'une poubelle intelligente de gestion des déchets basée sur la technologie de l'internet des objets (IoT), alimentée par énergie photovoltaïque avec des capteurs, interconnectée à une plateforme numérique et une application mobile.

L'idée de base consiste à d'optimiser la collecte des déchets en minimisant la pollution causée par les déplacements inutiles des camions de collecte, tout en évitant de dépasser la capacité normale des poubelles dans certaines zones. Pour ce faire, l'application doit permettre à l'utilisateur d'accéder à la poubelle après identification, de contrôler l'ouverture de la poubelle, de stocker et d'afficher des données concernant son utilisation quotidienne.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

De plus, l'application doit permettre à l'entreprise de collecte de visualiser le contenu réel de chaque poubelle et de planifier et d'optimiser les trajets de collecte en fonction des données acquises.

Le présent manuscrit est composé de 3 chapitres comme suit :

Le premier chapitre concerne le contexte général du projet à savoir les technologies de l'internet et les systèmes embarqués . Ainsi , l'état de l'art sur les travaux existants de mise en pratique des poubelles intelligentes.

Le deuxième chapitre présente en détails les fonctionnalités envisagés en vers la mise en oeuvre de la notre poubelle et nous mentionnons également les différents outils matérielles et logiciels utilisés pour assurer le bon fonctionnement.

Le troisième chapitre concerne les étapes de réalisation de la poubelle intelligente, ainsi les différents résultats obtenus.

Nous terminerons notre mémoire par une conclusion générale ainsi que les perspectives envisagées pour les futurs travaux.



ORGANISME D'ACCUEIL

Présentation de l'organisme d'accueil

Softago, est une entreprise de développement informatique qui accompagne ses clients dans l'ensemble de leurs projets de développement : logiciel sur mesure, développement de site web et d'application mobile. Elle travaille en collaboration avec des petites et moyennes entreprises et grands comptes de tous secteurs d'activité, pour répondre à des enjeux métiers bien spécifiques. Cette société est à la pointe de l'innovation dans le secteur des technologies de l'information grâce à ses équipes bien formées et compétentes dans leurs domaines. Les équipes de Softago disposent d'une excellente connaissance de l'ensemble des technologies de développement, ce qui permet à ses clients, d'améliorer leurs applications ainsi que de mettre de l'agilité dans leurs processus. L'activité de Softago est donc pluridisciplinaire, pragmatique, orienté résultat.

Quant à la culture et aux valeurs de l'entreprise, cette dernière vise à mettre en place un compromis entre les besoins de ses clients et ceux de ses employés. Elle dispose alors d'un environnement de travail sain et adapté aux deux côtés, doté des valeurs présentées dans la figure 1 :



FIGURE 1 – Valeurs de Softago.

Partenaires

Softago dispose de trois principaux partenaires dans des domaines de travail différents les uns des autres, à savoir :

- Telcotec qui est spécialisée dans la conception et l'optimisation des réseaux ainsi que la gestion des projets et des opérations.
- Ecom solution : qui une société française basée en Tunisie et spécialisée dans l'assistance virtuelle, le Marketing digital, l'e-commerce et le développement web.
- Attractive City : qui est spécialisée dans le Marketing sectoriel. Ces trois majeurs partenaires sont présentés par leurs logos dans la figure 2 qui suit :



FIGURE 2 – Partenaires de Softago.

Secteur d'activité

Softago a trois secteurs d'activités principaux, qui se résument en :

- La ville intelligente (smart city) : ce secteur consiste à créer des solutions ayant pour objectifs l'amélioration du confort des habitants tout en assurant la résolution de leurs problèmes quotidiens par le biais des solutions connectées. C'est dans ce contexte que se présente le QR code qui figure comme l'illustration idéale des solutions considérées.
- Les solutions clés en main : ceux sont des solutions internes, réalisées et développées au préalable et prêtes à l'utilisation des clients, tout en s'adaptant à la nature des problématiques rencontrées par ces derniers. Ces solutions répondent parfaitement aux besoins mutuels des clients et de la société.
- Marketing : Vu la bonne compétence de ces équipes, Softago travaille bien évidemment sur le volet de Marketing. Cette dernière vise à faciliter les tâches des marketeurs, à les libérer des opérations fastidieuses et couteuses en termes de temps et de ressources aussi, et à rajouter plus d'amélioration, d'optimisation et d'innovation à leurs travaux.

De ce fait, Softago a trois impacts importants, à savoir :

- Un impact socio-économique.
- Un impact innovant.
- Un impact technologique.

Les services fournis

Étant une société qui offre des solutions pragmatiques, modernes, innovantes et qui répondent aux besoins du client, Softago se permet de fournir maints services dont nous citons :

- Vente et relation client : L'objectif majeur de l'employé sera de mettre en place un partenariat permanent avec le client, ceci étant afin de favoriser la confiance du client et de s'assurer de la satisfaction ainsi que du développement continu des services fournis au client.

ORGANISME D'ACCUEIL

- Ingénierie logicielle : Ce volet consiste au développement des solutions informatiques, des logiciels, des applications mobiles... Non seulement le développement, mais Softago prend en charge aussi l'intégration continue des solutions et de leurs innovations.
- Consulting : L'expertise des équipes de Softago permet d'offrir aux clients les meilleures solutions les plus adaptées à leurs problématiques avec les couts les moins chers. Ce caractère s'illustre parfaitement dans les solutions clés en main proposées par la société.

Contexte général du projet

Sommaire

1.1	Introduction	3
1.2	Internet des objets(IDO)	3
1.2.1	Définition	3
1.2.2	L'architecture de l'Internet des Objets	4
1.3	Systèmes embarqués	5
1.3.1	Définition	5
1.3.2	L'architecture de systèmes embarqués	5
1.4	L'impact des déchets sur l'environnement	6
1.5	Généralités sur les poubelles intelligentes	8
1.5.1	Historique des poubelles	8
1.5.2	Fonctionnement d'une poubelle connectée	9
1.5.3	Avantages et inconvénient des poubelles intelligentes	10
1.6	Les travaux antérieurs sur les poubelles intelligentes	11
1.6.1	Groupe Maher Arebey	11
1.6.2	Groupe Dr. N. SATHISH KUMAR	13
1.6.3	Groupe Mr. MEKAMCHA Khalid	15
1.7	Conception d'une poubelle intelligente : Position du problème	17
1.8	Conclusion	18

1.1 Introduction

Aujourd’hui, la pratique de la construction de villes intelligentes tente de dépasser la construction traditionnelle des villes dans les pays développés. Une ville intelligente se caractérise par l’utilisation d’infrastructures intelligentes dans tous les domaines, y compris l’environnement. Pour préserver l’environnement, la gestion des déchets s’intègre de plus en plus dans l’installation de poubelles intelligentes .

Dans ce chapitre, nous présentons les généralités de l’Internet des objets et des systèmes embarqués . Ensuite , Nous allons donner un aperçue général sur les poubelles intelligente, l’historique du développement des poubelles au fil du temps.

Dans la deuxième partie de ce chapitre , les travaux élaborés différentes poubelles intelligentes ainsi leur principe de fonctionnement les avantages et des inconvénients.

La dernière partie de ce chapitre est consacrée à définir la position des problèmes en vue de la conception et la réalisation de notre poubelle intelligente.

1.2 Internet des objets(IDO)

1.2.1 Définition

L’Internet des Objets (IdO ou en anglais IoT pour Internet of Things) est un concept qui se réfère à l’interconnexion des objets physiques (appareils, capteurs, machines, véhicules, etc.) via internet. Il permet aux objets de collecter et de transmettre des données en temps réel, de manière autonome et sans intervention humaine directe.

Les objets connectés sont équipés des capteurs, d’actuateurs et des systèmes de communication qui leur permettent de communiquer avec d’autres objets, avec des systèmes centraux ou avec des humains comme montre dans la figure 1.1 . Les données collectées peuvent être analysées et utilisées pour optimiser les processus, améliorer les services ou encore faciliter la prise de décision.



FIGURE 1.1 – Internet des objets.

C'est un domaine en constante évolution et en expansion rapide, qui est utilisé dans de nombreux secteurs tels que la santé, l'agriculture, l'industrie, la logistique, la ville intelligente (smart city), la domotique, etc.

Avec l'avènement de la 5G, l'IdO est appelé à se développer encore plus rapidement, en permettant une connectivité plus rapide et plus stable entre les objets.

1.2.2 L'architecture de l'Internet des Objets

Les objets de l'environnement de l'IoT donnent la possibilité de collecter, transmettre et stocker des données venant du monde physique. Il existe deux types d'objets :

- **Objets passifs** : qui ont une capacité de stockage faible et jouent le rôle d'identification, ils utilisent généralement un tag.
- **Objets actifs** : qui ont une grande capacité de stockage, réalisent des calculs et capable de communiquer sur un réseau.

La figure 2.1 présente les étapes de mise en place d'une application IOT qui sont :

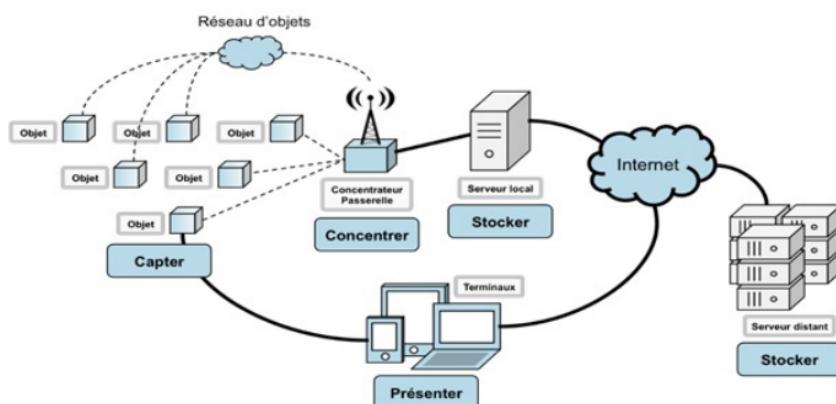


FIGURE 1.2 – Architecture d'IdO[1].

- Capter : c'est transformer une grandeur physique analogique en un signal numérique.
- Concentrer : interfaçer un réseau spécialisé d'objet à un réseau IP standard.
- Stocker : rassembler les données produites en temps réel, venues de manière non prévue.
- Présenter : fait la collecte des informations en donnant à l'être humain un moyen d'agir et d'interagir.

Dans architecture IOT , le traitement des données intervient à tous les niveaux de la chaîne et permet de stocker de grandes quantités d'informations en donnant la possibilité de faire des traitements complexes en leur sein.

Ainsi , la transmission de ces données intervient à tous les niveaux de la chaîne. Le réseau local de concentration et le réseau WAN supportent ces transmissions [1].

1.3 Systèmes embarqués

1.3.1 Définition

Un système embarqué peut être défini comme un système électronique et informatique autonome, qui est dédié à une tâche bien précise. Ses ressources disponibles sont généralement limitées. Cette limitation est généralement d'ordre spatial (taille limitée) et énergétique (consommation restreinte).

Les systèmes embarqués font très souvent appel à l'informatique, et notamment aux systèmes temps réel. Il désigne aussi bien le matériel que le logiciel utilisé.

Un synonyme de système embarqué est système enfoui [2].

1.3.2 L'architecture de systèmes embarqués

Un système embarqué traite des données d'entrée, afin de produire des actions en sortie : une fois que les données sont recueillies et traitées, le logiciel prend en effet une décision que le système réalise matériellement.

La figure 1.3 présente l'architecture technique de systèmes embarqués :

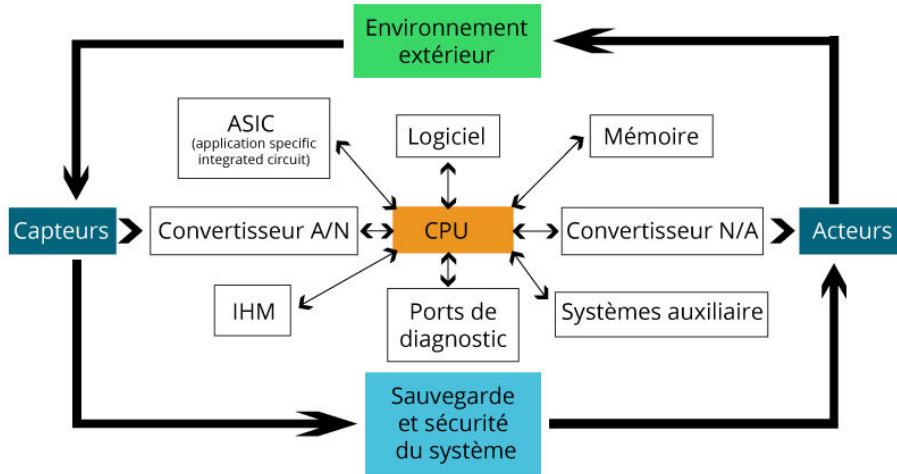


FIGURE 1.3 – Architecture technique de systèmes embarqués[3].

Les entrées peuvent être de différentes natures :

- Capteurs pour recueillir les informations de l'environnement de l'appareil (température, mouvement, vibration, GPS...).
- Entrées utilisateurs : bouton, écrans tactiles.
- Bus de communication filaire : Ethernet, RS485, CAN...
- Communication wireless : BLE, wifi, 3G / 4G, LoRa...

Les sorties possibles :

- Actionneurs : moteurs, électrovannes, bobines, aimants.
- Communication : sortie permettant d'émettre une information à un autre système qui la traitera.
- IHM : affichage d'une information sur un écran ou sur des leds [3].

1.4 L'impact des déchets sur l'environnement

Les déchets ont un impact important sur l'environnement à plusieurs niveaux, que ce soit sur les écosystèmes, les ressources naturelles, la santé humaine, ou encore le climat.

Nous pouvons citer quelques exemples des conséquences des déchets sur l'environnement telque :

CONTEXTE GÉNÉRAL DU PROJET

- La pollution de l'air, de l'eau et des sols : Les déchets, en particulier ceux qui ne sont pas correctement gérés, peuvent polluer l'air, l'eau et les sols. Les déchets peuvent libérer des gaz toxiques et des substances chimiques qui peuvent contaminer l'eau et les sols, ainsi que nuire à la santé des personnes et des animaux.
- La perte de biodiversité : Les déchets peuvent détruire les habitats naturels des animaux et des plantes, entraînant une perte de biodiversité. Les déchets peuvent également être ingérés par les animaux, entraînant leur mort.
- L'épuisement des ressources naturelles : Les déchets sont souvent le résultat d'une consommation excessive et non durable de ressources naturelles. Les déchets peuvent donc contribuer à l'épuisement des ressources naturelles telles que les matières premières, l'eau et l'énergie.
- L'effet de serre : Certains types de déchets, comme les déchets organiques, peuvent libérer du méthane lorsqu'ils sont enfouis dans les décharges. Le méthane est un gaz à effet de serre puissant qui contribue au changement climatique.
- Les coûts économiques : La gestion des déchets est coûteuse et peut avoir un impact sur l'économie locale et nationale. Les coûts comprennent la collecte, le traitement et le transport des déchets, ainsi que la restauration des zones contaminées.

En résumé, les déchets ont un impact significatif sur l'environnement, la biodiversité, la santé et l'économie. Il est donc important de réduire la quantité de déchets que nous produisons, de les trier et de les gérer correctement pour minimiser leur impact négatif.

La figure 1.4 présente un exemple d'impact des déchets.



FIGURE 1.4 – L'impact des déchets

1.5 Généralités sur les poubelles intelligentes

La poubelle intelligente est une poubelle autonome qui est conçues pour reconnaître les différents types de déchets. Pour ce faire, un système intelligent positionné à l'intérieur du conteneur utilise des capteurs, la reconnaissance d'images et l'intelligence artificielle [4].

1.5.1 Historique des poubelles

L'utilisation de la technologie pour améliorer la gestion des déchets remonte aux années 1990, lorsque les premières poubelles équipées de capteurs ont été développées pour mesurer le niveau de remplissage des conteneurs à déchets.

Cependant, le concept de poubelle intelligente a réellement émergé au début des années 2000, lorsque les technologies de l'Internet des objets (IoT) ont commencé à être utilisées pour connecter des dispositifs en réseau. Cela a permis de développer des poubelles intelligentes qui pouvaient communiquer en temps réel avec les autorités locales pour optimiser la collecte et le traitement des déchets.

Au fil des années, les poubelles intelligentes ont continué à évoluer, avec l'ajout de fonctionnalités telles que le tri sélectif, la reconnaissance d'image, la pesée des déchets et l'utilisation de l'intelligence artificielle pour analyser les données collectées.

Aujourd'hui, de nombreuses villes dans le monde utilisent des poubelles intelligentes pour améliorer la gestion des déchets et réduire leur impact environnemental. Par exemple, à Barcelone en Espagne, les poubelles intelligentes sont équipées de capteurs de remplissage et de capteurs de gaz pour détecter les niveaux de pollution de l'air, tandis qu'à Singapour, les poubelles intelligentes sont équipées de capteurs de température pour détecter les incendies et prévenir les risques de sécurité .

1.5.2 Fonctionnement d'une poubelle connectée

Une poubelle connectée est un type de poubelle équipée de capteurs et de technologies de communication qui lui permettent de collecter et de transmettre des informations sur son statut et son contenu.

Une poubelle intelligente est dotée de plusieurs modules qui sont :

- Un module de communication permet d'envoyer des notifications lorsque le bac est prêt à être vidé, ou en cas de problème.
- Compacteur pour contenir les déchets.
- Un panneau solaire (en haut fournir une source d'énergie durable pour le bac).
- Poubelle fermée (pour empêcher les ravageurs d'accéder aux déchets et pour ralentir la décomposition).
- Une poignée de trémie.

Initialement, les déchets sont placés dans le conteneur et le capteur mesure sa capacité. Le compacteur comprime ensuite les déchets et mesure la résistance des déchets compactés. Enfin, des notifications sont envoyées par e-mail ou SMS lorsque la poubelle est pleine et prête à être vidée [5].

La figure 1.5 présente un exemple d'une poubelle intelligente.



FIGURE 1.5 – Poubelles intelligentes pour une ville intelligente

1.5.3 Avantages et inconvénient des poubelles intelligentes

Les poubelles intelligentes offrent plusieurs avantages, mais elles ont également quelques inconvénients.

Les avantages de la mise en place des poubelles intelligentes sont les suivants :

- Réduction des coûts de gestion des déchets : Les poubelles intelligentes permettent de maximiser l'utilisation des ressources et de réduire les coûts de gestion des déchets. Par exemple, les poubelles à capteurs de remplissage peuvent aider à planifier la collecte des déchets de manière plus efficace, ce qui réduit le coût de la collecte.
- Amélioration de la propreté des espaces publics : en permettent de réduire les déchets qui traînent dans les rues, ce qui améliore l'apparence des espaces publics.
- Réduction des émissions de gaz à effet de serre : en permettent d'optimiser la collecte des déchets, ce qui réduit le nombre de camions poubelles sur les routes et les émissions de gaz à effet de serre.
- Sensibilisation accrue à la gestion des déchets : des indicateurs visuels peuvent être inclus pour encourager les utilisateurs à trier leurs déchets de manière responsable.

En contre partie les poubelles intelligentes ont des inconvénients à savoir :

- Coûts initiaux élevés : Les poubelles intelligentes sont souvent plus chères que les poubelles traditionnelles, ce qui peut rendre difficile leur adoption dans certaines régions.

- Besoin d'une infrastructure de soutien : Ils nécessitent une infrastructure de soutien pour fonctionner correctement, y compris une connexion Internet stable et une alimentation électrique fiable.
- Risque de dysfonctionnement : Ils sont complexes et peuvent nécessiter une maintenance régulière pour éviter les dysfonctionnements.
- Besoin d'une formation des utilisateurs : Les utilisateurs doivent être formés à l'utilisation des poubelles intelligentes pour en tirer pleinement parti, ce qui peut prendre du temps et des ressources.

1.6 Les travaux antérieurs sur les poubelles intelligentes

Dans cette partie , nous allons détailler les travaux existants portant sur la mise en oeuvre des poubelles intelligentes.

1.6.1 Groupe Maher Arebey

1.6.1.1 Description du projet

Les auteurs ont utilisé la technologie Radio Fréquence Identification (RFID) pour la gestion des poubelles comme présenté dans la figure 1.6 .

Le système est doté de :

- un système RFID.
- une communication mobile de type GSM.
- un système d'information géographique (SIG) permettant de suivre la position du véhicule [6].

1.6.1.2 Principe du travail :

Ce système sera en mesure de superviser et de contrôler le processus de collecte dans son ensemble. Il pourrait éventuellement collecter les déchets solides, repérer et suivre la position du véhicule par sa base de données SIG.

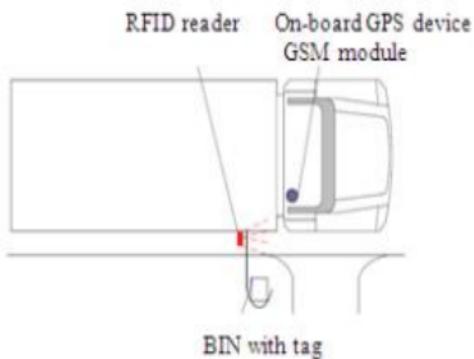


FIGURE 1.6 – système de collecte avec lecteur RFID [6].

Il s'agit d'une architecture client-serveur, ce qui signifie que les clients du secteur pourront récupérer les informations liées aux camions et à leurs poubelles via un site web et stocker la localisation des camions en temps réel. GSM et SIG sont choisis pour assurer la communication entre l'unité de suivi et le serveur pour repérer la position du véhicule. Pour une connexion en ligne entre la station de contrôle et le camion, figure 1.7 montre l'architecture du système[6].

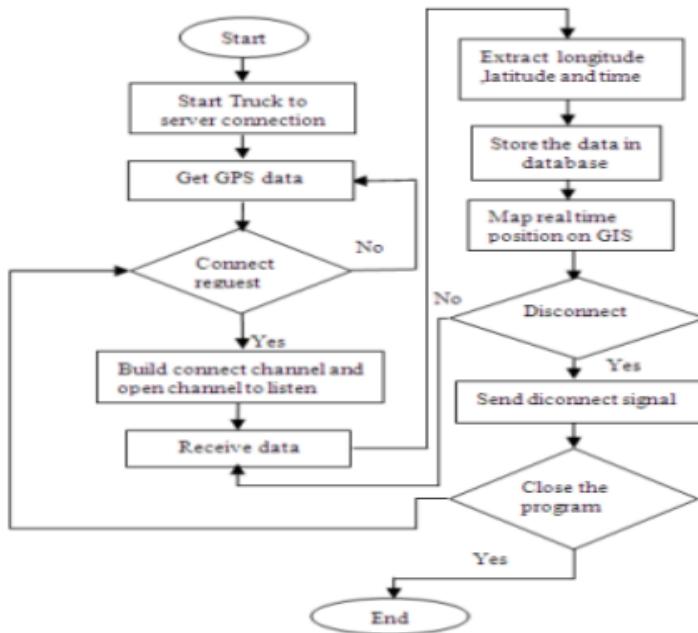


FIGURE 1.7 – Interface système pour la surveillance des d’echets solides[6].

On retrouve dans ce travail certains points positifs et négatifs :

Avantages :

- Résultats en temps réel.
- Disponibilité des composants dans notre pays.
- Temps de trajet total moins long que sans capteur.

Inconvénients :

- Distance parcourue trop longue (Déplacement nécessaire des camions vers les poubelles).
- Temps de trajet total trop long.
- Projet très coûteux.

1.6.2 Groupe Dr. N. SATHISH KUMAR

1.6.2.1 Description du projet

Il s’agit d’un système de surveillance électronique permettant de résoudre le problème de gestion des déchets. Il se compose :

- Une technologie Radio Fréquence Identification (RFID) interfacée.

CONTEXTE GÉNÉRAL DU PROJET

- Une carte Arduino.
- Une serveur Web.

Pour un tel système il donne l'avantage aux autorités municipales de contrôler le statut de la collecte des déchets [7].

1.6.2.2 Principe du travail

Le système est conçu de manière à éviter le débordement de la poubelle en envoyant des alertes à l'arrondissement à l'aide d'un microcontrôleur relié à un serveur Web utilisant L'Internet of Things (IoT). Il fournit également le processus de vérification après le nettoyage de la poubelle [7].

Le capteur ultrasons permet de calculé le niveau de la poubelle, ainsi l'arduino UNO R3 est utilisé pour la lecture des données du capteur, et pour envoyer une alerte au serveur Web.

La figure 1.8 illustre le schéma fonctionnel du système proposé .

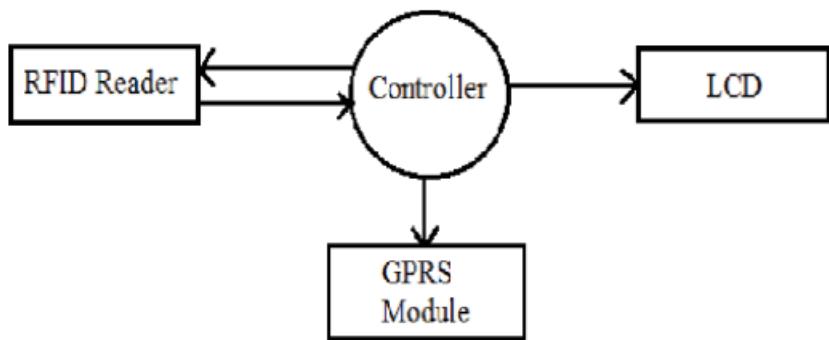


FIGURE 1.8 – Schéma fonctionnel du système embarqué.

Les résultats générés par ce system s'affichent sous forme de 4 niveaux :

- Niveau de remplissage 1 (>75 cm) -> Nettoyé .
- Niveau de remplissage 2 (50 cm to 75 cm) -> (25 -50)
- Niveau de remplissage 3 (25 cm to 50 cm) -> haut du 50
- Niveau de remplissage 4 (<25 cm) ->Danger.

Les avantages de ce système sont :

- L'optimisation des itinéraires et minimisation de la distance.

- La disponibilité des composants dans notre pays.

Les inconvénients de ce système sont :

- Le taux de remplissage de la poubelle est non précis (Vide, Moyen ou Plein).

- Le projet est très coûteux.

1.6.3 Groupe Mr. MEKAMCHA Khalid

1.6.3.1 Description du projet

L'une des techniques les plus importantes de l'ère moderne est l'existence de l'Internet des objets, qui a provoqué de grandes disparités dans nombre de nos domaines quotidiens.

Les auteurs ont présenté un modèle de développement durable, à savoir la conception d'une poubelle intelligente, qui mesure le taux de remplissage d'une poubelle et l'emplacement de cette dernière à l'aide d'un Smartphone et de l'application (poubelle intelligente).

Avec ce projet, il sera plus facile de surveiller l'état des poubelles à distance et en temps réel, conformément à la technologie du 21ème siècle [8].

1.6.3.2 Principe du travail

Développé deux système, une réalisation avec connexion Bluetooth et une autre avec connexion Wifi, les deux versions de cette application « Poubelle intelligente » permettent de localiser et de se connecter à distance, à n'importe quelle poubelle pour connaître en temps réel son taux de remplissage .

1/ Première méthode «Bluetooth» :

Le principe de fonctionnement du système de la première méthode « Réalisation avec connexion Bluetooth» dépend de l'envoi des mesures de niveau de remplissage des poubelles

CONTEXTE GÉNÉRAL DU PROJET

à l’application Android via une connexion Bluetooth. Ce projet est divisé en trois parties principales :

- Partie électronique : capteur ultrasons, Arduino Uno, Bluetooth, LED, servomoteur .
- Partie télécommunication : Bluetooth, Smartphone (application Android).
- Partie informatique : application Android.

Initialement, le capteur, placé sur le couvercle de la poubelle, calcule la longueur de référence quand la poubelle est complètement vide, le pourcentage de remplissage de celle-ci sur sa longueur mesurée à vide est défini à 0%, on appelle cette procédure, Calibration.

Cette méthode permet au capteur de connaître la longueur de toute poubelle et de n’importe quel objet, pour calculer avec précision le niveau de remplissage. Le capteur à ultrasons utilise un sonar pour déterminer la distance à un objet avec une précision élevée et des lectures stables. Par l’utilisation d’émetteurs et récepteurs à ultrasons. Le rôle du servomoteur est de tourner à un angle de 60 degrés en continu et des deux côtés pour balayer toute la zone de mesure.

Le capteur transmet ces mesures à Arduino, qui à son tour les envoie au module Bluetooth par les ports TX et RX. Le module Bluetooth envoie ensuite ces données à l’application Android.

L’application Android nous permet de connaître le niveau de remplissage de chaque poubelle[8].

2/ Deuxième méthode (Wifi)

Principe de fonctionnement :

Ce projet est divisé en trois parties principales :

- Partie électronique : capteur ultrasons, NodeMCU ESP8266 V3, servomoteur.
- Partie télécommunication : NodeMCU ESP8266 V3(Wifi), serveur cloud, Smartphone(application Androïd).
- Partie informatique : application Androïd, serveur cloud.

Le capteur à ultrasons utilise un sonar pour déterminer la distance à un objet avec une précision élevée et des lectures stables. Par l’utilisation d’émetteurs et récepteurs à ultrasons

CONTEXTE GÉNÉRAL DU PROJET

Le rôle du servomoteur est de tourner à un angle de 60 degrés en continu et des deux côtés pour balayer toute la zone de mesure. Le capteur transmet ces mesures à la carte de développement NodeMCU ESP8266 V3, qui à son tour traite ces données et les envoyer au serveur cloud par Wifi (il faut connecter NodeMCU ESP8266 V3 à internet). L'application Android obtient les résultats à partir du serveur cloud et nous permet de connaître le niveau de remplissage de chaque poubelle[8].

Ce projet "poubelle intelligente" est plus un projet pratique que théorique, mais il a des avantages et des inconvénients tels que :

Avantages :

- Très simple à utiliser.
- Ne consomme pas beaucoup d'énergie électrique.
- Faible coût et disponibilité des équipements en Algérie.
- Donne des résultats très satisfaisants.
- Peut être appliqué pour la gestion intelligente des déchets pour toutes les administrations telles que les hôpitaux, les hôtels et même les quartiers résidentiels.
- Projet à caractère environnemental.

Inconvénients :

- Distance parcourue trop longue (Déplacement nécessaire des camions vers les poubelles).
- Temps de trajet total trop long.

1.7 Conception d'une poubelle intelligente : Position du problème

En raison de la propagation du phénomène de pollution et de l'augmentation progressive des quantités de déchets dans les espaces publics et privés, et les problèmes qui en découlent, notamment l'accumulation de déchets pendant une longue période et les mauvaises méthodes de collecte des déchets, qui entraînent une forte coûts et perte de temps.

Par conséquent, l'idée d'inventer des conteneurs intelligents est une solution appropriée pour faire face à ces problèmes.

Dans ce contexte, notre projet porte sur la conception et la mise en place de conteneurs intelligents conformes aux conditions de protection. Ce projet consiste à proposer une solution complète et intelligente de gestion des déchets utilisant une application connecté au différents capteurs liés à la poubelle intelligente. Notre solution intégrée se compose :

- Poubelle intelligente à énergie solaire , interconnectée avec plusieurs capteurs (capteur ultrason , capteur de gaz).
- Application web gérer les données issues de différents capteurs et savoir l'état de la poubelle .
- Application mobile permet à l'utilisateur de s'authentifier grâce à son téléphone portable en utilisant un QR code pour qu'il puisse jeter les déchets ,et consultez-le jusqu'à la poubelle la plus proche .

1.8 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons donné un aperçu général sur les notions de l'Internet des objets et systèmes embarqués . Ensuite , dans la deuxième partie de ce chapitre , nous avons détailler les différents projet élaborés dans le thème dans la gestion des déchets et l'implantation des poubelles intelligentes.

Dans le chapitre suivant, nous allons détailler la partie conception de notre poubelle intelligente à savoir les différents outils matériels et logiciels nécessaires pour le bon fonctionnement de cet outil.

Conception de la poubelle intelligente

Sommaire

2.1	Introduction	20
2.2	Conception de la poubelle intelligente	20
2.2.1	Idée de base	20
2.2.2	Principe du fonctionnement	22
2.2.3	Identification des acteurs	23
2.2.4	Les fonctions de la poubelle	24
2.3	Conception détailler	26
2.3.1	Diagramme de séquence des acteurs avec la poubelle	26
2.3.2	Diagramme de séquence du cas d'utilisateur	27
2.3.3	Diagramme de séquence du cas d'agent de propreté	27
2.4	Outils matériels et logiciels utilisés	28
2.4.1	Outils matériels	28
2.4.2	Outils logiciels	35
2.5	Conclusion	39

2.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous allons détailler la partie conception de notre projet à savoir les matériels nécessaires et les logiciels utilisés pour mettre en œuvre la poubelle intelligente. Ensuite, nous allons expliquer le déroulement des différentes étapes de fonctionnement, de programmation et de simulation.

2.2 Conception de la poubelle intelligente

2.2.1 Idée de base

Dans ce travail, l'idée de base est de concevoir une poubelle intelligente, basé sur l'Internet des objets , qui nous le donnera valeurs précises du niveau de déchets dans les poubelles et d'alerter le municipale pour récupérez uniquement les coffres pleins et réception des données sur l'application Android .

Le système doit respecter les contraintes suivantes :

- Taille : sa capacité varie entre 140 L et 360 L.
- Alimentation : Alimentation Solaire , électrique et Hybride.
- Connectivité : Connectivité au réseau cloud par 4G, wifi, Bluetooth.
- Désinfection : Pulvérisation automatique, stérilisation par UV.
- Capteurs utilisées : Position, Niveau, fumée, humidité, choc.

La figure 2.1 présente les différentes options de la poubelle intelligente en visagée mettre en oeuvre .



FIGURE 2.1 – Les options de poubelle

La poubelle intelligente élaborée offre de nombreux avantages :

- La mise à jour des données concernant le volume des déchets et l'historique de collecte.
- L'élimination des collectes arbitraires de déchets.
- La capacité à identifier les zones à forte production de déchets pour emplacement optimal des poubelles.
- Économies sur les dépenses de gestion des déchets.
- Des espaces publics propres et hygiéniques avec moins de débordement de déchets, de parasites et d'odeurs.
- Économies d'électricité grâce à l'utilisation de l'énergie solaire. Réduction des collectes de camions de transport entraînant une réduction des émissions de carburant, des embouteillages et du bruit.
- Revenus générés par la publicité.

2.2.2 Principe du fonctionnement

À travers ce projet, nous allons développer un système de gestion des déchets, basée sur l'utilisation de la technologie d'Internet des objets.

Il consiste à développer une poubelle public intelligente qui intègre différents dispositifs et appareils qui sont connectés. les données récupérées seront par la suite stockées et envoyées à une plateforme en ligne .

Pour ce faire, nous mené étude approfondie pour le choix correcte des outils matériels et logiciels pour accomplir correctement notre tâche. Le composant principal du système est la esp32 qui est connectée à plusieurs capteurs : capteur ultrason , capteur de gaz .

Et procédé utilisé pour la connexion entre l'application et la poubelle c'est la serveur MQTT.

Le rôle de cette plateforme web est de gérer l'état de la poubelle en temps réel ce qui facilite la gestion des déchets , et le rôle d'application mobile est contrôler à distance de la poubelle.

La figure 2.2 présenter la conception globale du système de poubelle intelligente.

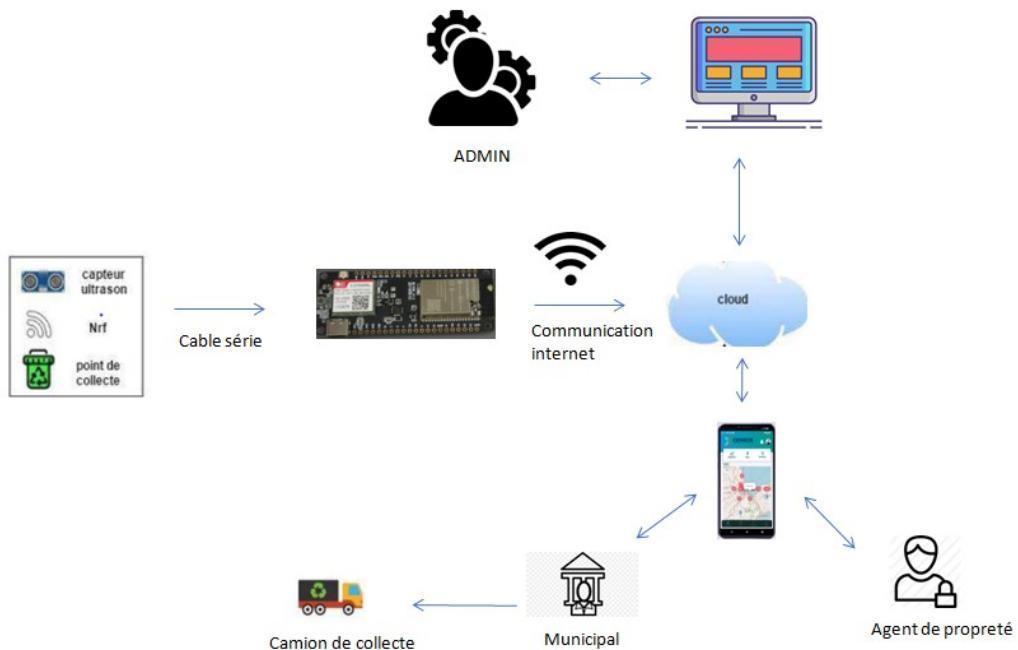


FIGURE 2.2 – La conception globale du système de poubelle intelligente

2.2.3 Identification des acteurs

Les acteurs de notre application sont :

- Utilisateur : Tous ceux qui utilisent le conteneur et le contrôlent à distance via l'application mobile.
- Administrateur : L'administrateur c'est un acteur responsable de tous les priviléges d'accès, à travers de contrôler le système, modifier, configurer, consulté, maintenance, vérifier, et prendre des décisions qui liée au système et au travail qui autoriser les utilisateurs pour effectuer leurs tâches, ainsi que traiter et actualisé la mise a jour de la basse de données, pour fait plusieurs tâches comme la gestion des profiles, et suivi leur travail à travers les statistique à travers un site web .
- Agent municipal : La tâche et le travail de cet acteur pour ce projet, l'intervention immédiatement dans le cas de recevoir un message contiens des informations relatif à l'état de la poubelle (la poubelle est pleine) pour le vider , à travers une application mobile .

La figure 2.4 présente le diagramme de cas d'utilisation .

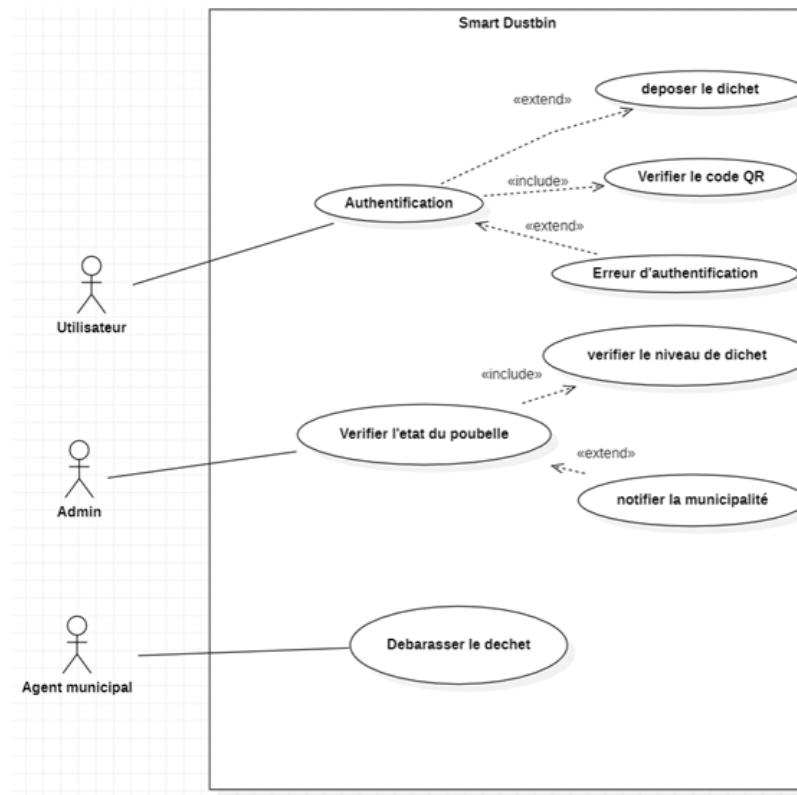


FIGURE 2.3 – Diagramme de cas d'utilisation

2.2.4 Les fonctions de la poubelle

Notre projet s'intéresse uniquement à la partie implantation de la poubelle intelligente .

Par consequent , cette poubelle intelligente doit être capable de réaliser plusieurd tâche qui sont :

- La détection du niveau de remplissage des déchets :

Cette fonction permet de suivre dans une certaine mesure le niveau de remplissage du conteneur en connaissant la longueur du conteneur , cette tâche est assurée par un capteur .

Dans le cas où la poubelle est rempli , une notification sera envoyée aux agents de municipalité pour décharger cette poubelle . Les informations sur l'état de remplissage du poubelle seront stocké et transmis .

Par conséquent , Nous pouvons connaitre également la quantité quotidienne de remplissage à temps réel .

— La détection de gaz :

Cette fonction permet d'assurer la détection des fuites de gaz . Elle sera en particulier capable de détecter les gaz inflammables tels que le propane, le méthane, l'hydrogène et l'alcool.

Ce qui permet également d'éviter les incendies , en cas de danger une alarme sera déclenchée . Nous allons utiliser un capteur MQ-5 pour assurer cette fonctionnalité.

— Verrouillage / déverrouillage de la couvercle de poubelle :

La structure fonctionnelle du système de détection de l'état du couvercle est mise en œuvre pour suivre l'initialisation du chargement et du déchargement des déchets et percevoir l'état de débordement de la corbeille .

A partir récupérées l'ouverture / la fermeture du couvercle de la poubelle est déterminé selon l'identification du l'utilisateur pa le QR code .

— Localisation de la poubelle intelligente :

Grâce à cette fonction, nous peuvons suivre et localiser les conteneurs sur maps . En cas de notifications nous pouvons récupérer les poubelles pliens sans perdre beaucoup du temps.

— Identification par Radio Fréquence :

La RFID peut être utilisée pour renforcer la sécurité en permettant l'identification rapide et précise des personnes, des objets ou des véhicules. C'est une composante essentielle du système par lequel les employés de la municipalité dépendent de l'ouverture de la porte du conteneur et de la vidange des ordures.

— Transmission les informations à la base des données :

Cette fonctionnalité consiste à transmettre les informations (niveau des déchets , niveau de gaz) issues des capteurs (ultrason , MQ-5) via le protocole MQTT à l'application web géré par l'administrateur .

— Source d'énergie :

Il existe différentes sources d'énergie utilisées pour alimenter les équipements et les systèmes, allant des sources traditionnelles telles que les combustibles fossiles aux sources d'énergie renouvelables telles que l'énergie solaire et éolienne.

2.3 Conception détailler

Le diagramme de séquence permet de montrer les interactions d'objets dans le cadre d'un scénario d'un diagramme des cas d'utilisation. Dans un souci de simplification, on représente l'acteur principal à gauche du diagramme, et les acteurs secondaires éventuels à droite du système. Le but étant de décrire comment se déroulent les actions entre les acteurs ou objets.

2.3.1 Diagramme de séquence des acteurs avec la poubelle

La figure suivante est une représentation du diagramme de séquence interaction des acteurs avec la poubelle.

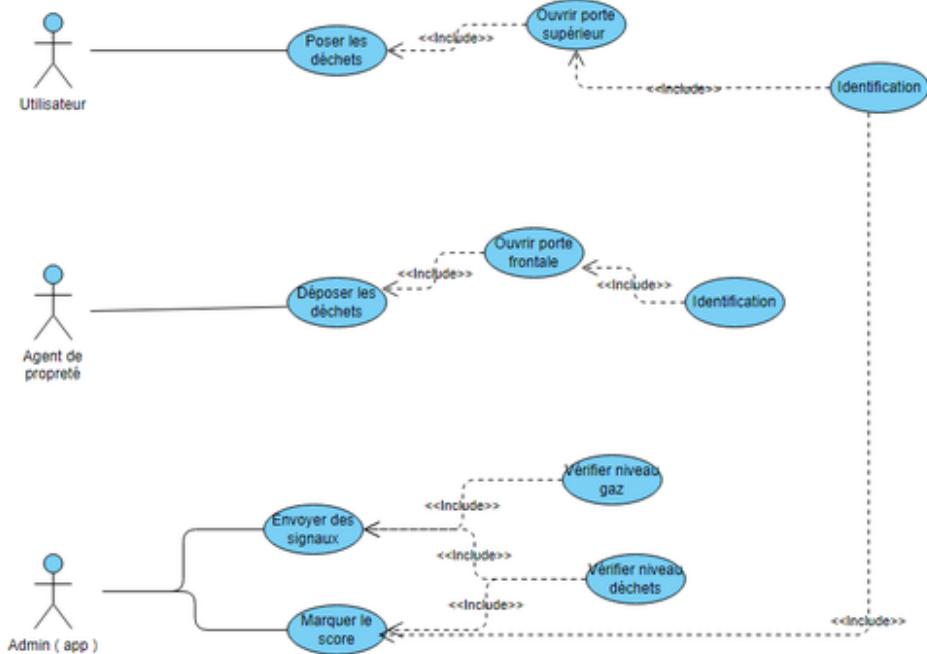


FIGURE 2.4 – Interaction des acteurs avec la poubelle

2.3.2 Diagramme de séquence du cas d'utilisateur

La figure suivante est une représentation du diagramme de séquence interaction d'utilisateur avec la poubelle.

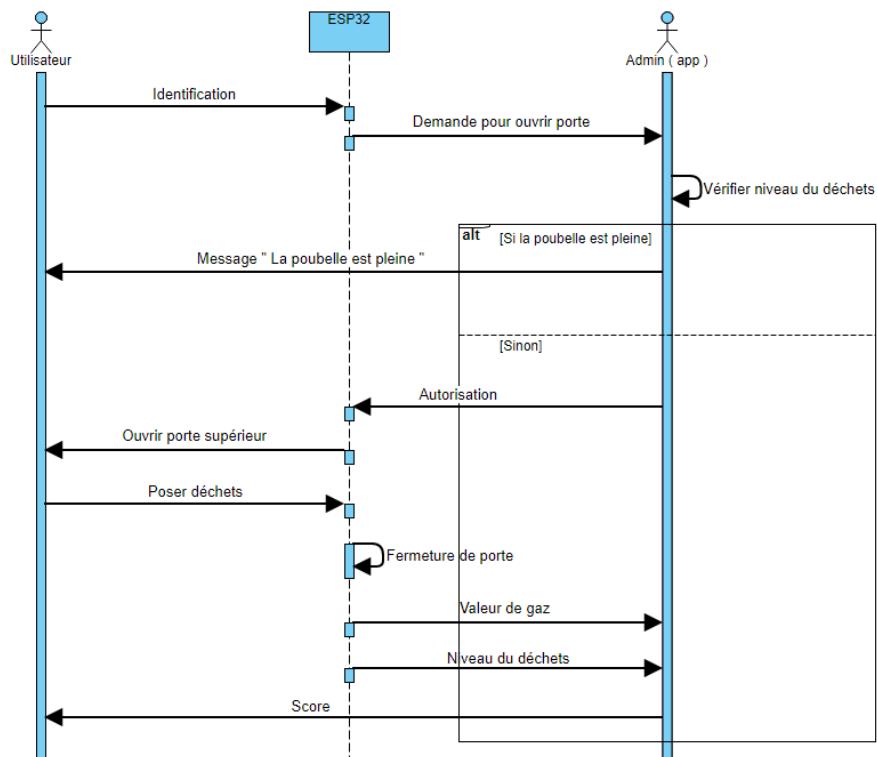


FIGURE 2.5 – Interaction d'utilisateur avec la poubelle

2.3.3 Diagramme de séquence du cas d'agent de propreté

La figure suivante est une représentation du diagramme de séquence interaction d'agent de propreté avec la poubelle.

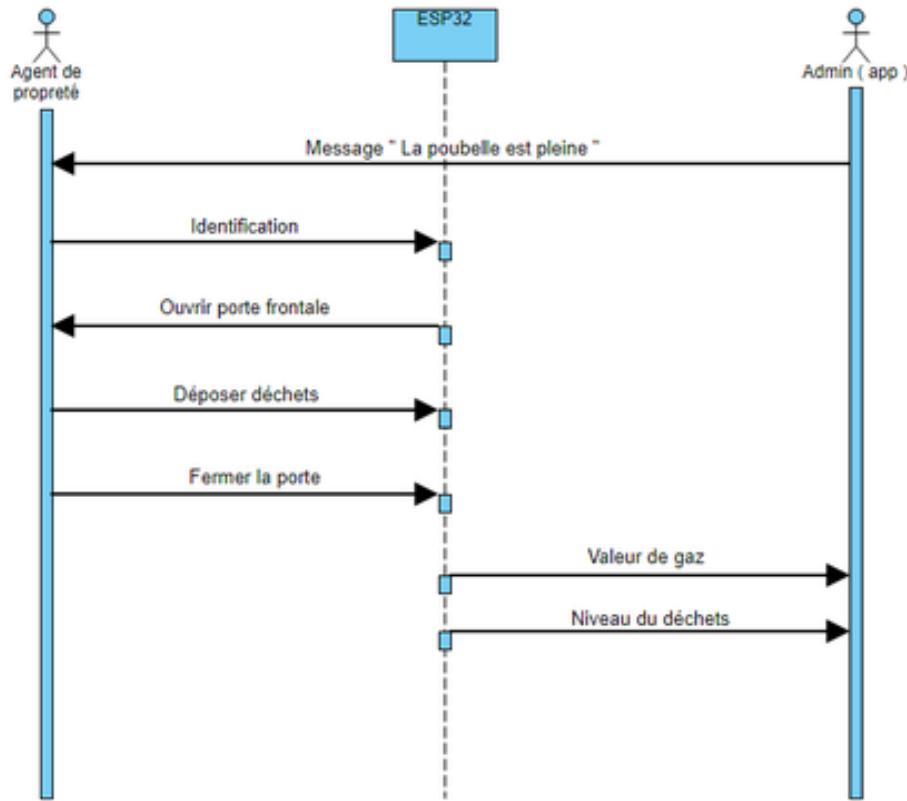


FIGURE 2.6 – Interaction d’agent de propreté avec la poubelle

2.4 Outils matériels et logiciels utilisés

Cette section sera consacrée à présenter les différents outils matériels et logiciels utilisés tout au long la mise en place de notre canne intelligente.

2.4.1 Outils matériels

Les matériaux dont nous avons besoin pour réaliser notre projet sont :

- Carte ESP32 TTGO T-Call SIM800L
- Capteur ultrason (HC-SR04)
- Capteur de gaz MQ3
- Servomoteur
- Radio Frequency Identification

- Panneau solaire
- Des câbles jumper

Dans cette partie, nous allons présenter en détails la ESP32 TTGO T-Call SIM800L.

2.4.1.1 Carte ESP32 TTGO T-CALL SIM800L

L'ESP32 TTGO SIM800L est un module de développement polyvalent qui combine les fonctionnalités de l'ESP32 avec la connectivité GSM/GPRS du module SIM800L. Il offre une solution compacte pour les projets IoT nécessitant une communication cellulaire fiable et efficace.

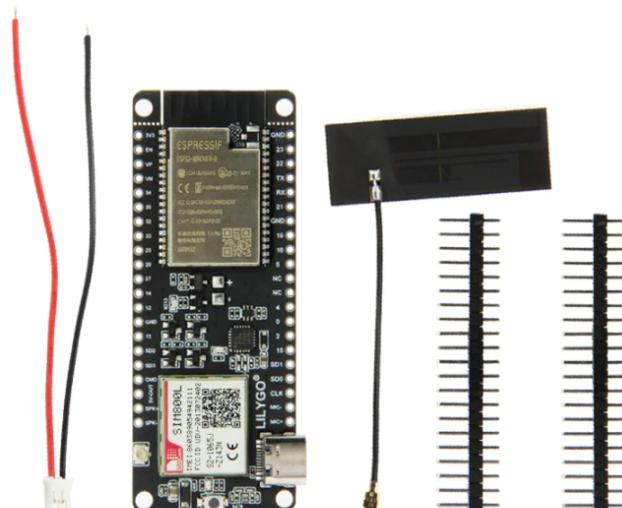


FIGURE 2.7 – TTGO t-call V1.4 ESP32 Module SIM800L

- 1 x T-Call V1.4
- 1 cordon d'alimentation
- 2 x en-tête de broche
- 1 antenne GPRS (9 cm)

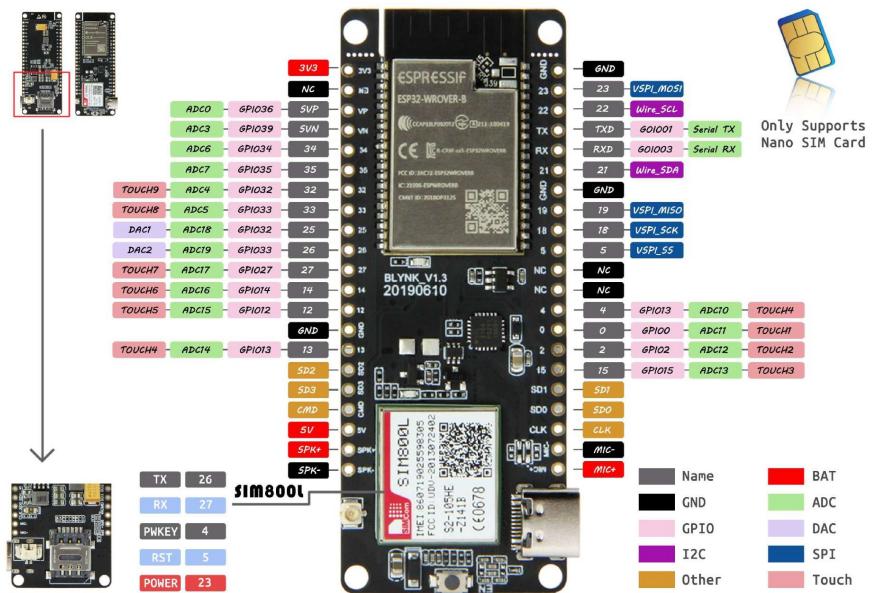


FIGURE 2.8 – GPIO de la carte ESP32 TTGO t-call V1.4 SIM800L

la liste des broches GPIO disponibles sur cette carte :

- GPIO 0 à 39 : Ce sont les broches d'E/S numériques. Elles peuvent être utilisées pour les entrées/sorties numériques, les interruptions, les interfaces de communication (UART, I2C, SPI), les contrôles de PWM, etc.
- ADC 0 à 3 : Ce sont les broches d'entrée analogique. Elles peuvent être utilisées pour mesurer des signaux analogiques tels que la tension, le courant, la température, etc.
- DAC 1 : C'est une broche de sortie analogique. Elle peut être utilisée pour générer une tension analogique.
- Touch 0 à 9 : Ce sont les broches de sensibilité tactile. Elles peuvent être utilisées pour détecter les contacts tactiles.
- 0RXD et U0TXD : Ce sont les broches de l'interface UART0. Elles peuvent être utilisées pour la communication série avec d'autres dispositifs.
- SCL et SDA : Ce sont les broches de l'interface I2C. Elles peuvent être utilisées pour la communication série avec d'autres dispositifs.
- SCK, MOSI et MISO : Ce sont les broches de l'interface SPI. Elles peuvent être utilisées pour la communication série avec d'autres dispositifs.

- A0, A1 et A2 : Ce sont les broches d'adresse I2C. Elles peuvent être utilisées pour sélectionner un périphérique I2C spécifique

2.4.1.2 Carte Arduino uno

La carte Arduino Uno est une carte de développement populaire basée sur le microcontrôleur ATmega328P. Elle offre un environnement convivial pour la programmation et la création de projets électroniques. Elle dispose de plusieurs broches d'entrée/sortie (E/S) pour connecter des capteurs, des actionneurs et d'autres composants électroniques, ainsi que d'une large communauté de support et de ressources en ligne.



FIGURE 2.9 – Arduino uno

2.4.1.3 Présentation du capteur ultrason (HC-SR04)

Un capteur ultrason émet à intervalles réguliers de courtes impulsions sonores à haute fréquence. Ces impulsions se propagent dans l'air à la vitesse du son. Lorsqu'elles rencontrent un objet, elles se réfléchissent et reviennent sous forme d'écho au capteur. Celui-ci calcule alors la distance le séparant de la cible sur la base du temps écoulé entre l'émission du signal et la réception de l'écho. Un exemple du capteur ultrason est donné dans la figure 2.5.

- Gammes de distance 2cm à 400cm
- Alimentation : 5v
- Angle de mesure efficace : 15 degré
- Courant de repos : 2.0mA

- Courant de fonctionnement : 15mA
- Résolution : 0.3cm
- Fréquence des ultrasons : 40Hz



FIGURE 2.10 – Capteur ultrason HC-SR04

2.4.1.4 DéTECTEUR DE GAZ MQ-5

Le module Détecteur de Gaz MQ-5 est utilisé pour la détection des fuites de gaz (domestiques et industriels). Il peut détecter le GPL, le butane, le méthane, l'alcool, l'hydrogène, la fumée et ainsi de suite. Grâce à sa grande sensibilité et à son temps de réponse rapide, les mesures peuvent être prises dès que possible. La sensibilité du capteur peut être ajustée à l'aide du potentiomètre.



FIGURE 2.11 – DéTECTEUR DE GAZ MQ-5

2.4.1.5 Présentation de servomoteur

C'est un servomoteur numérique qui reçoit et traite le signal PWM plus rapidement et mieux. Il équipe des circuits internes sophistiqués qui fournissent un bon couple, une bonne puissance de maintien et des mises à jour plus rapides en réponse aux forces externes.



FIGURE 2.12 – SERVOMOTEUR

2.4.1.6 Radio Frequency Identification

Le module RC522 est une interface qui permet l'identification sans contact à partir d'un badge ou une clé R.FID. Il est basé sur le circuit intégré Philips RC522, il communique avec Arduino via l'interface S.PI. Il utilise la bande ISM 13.56MHz

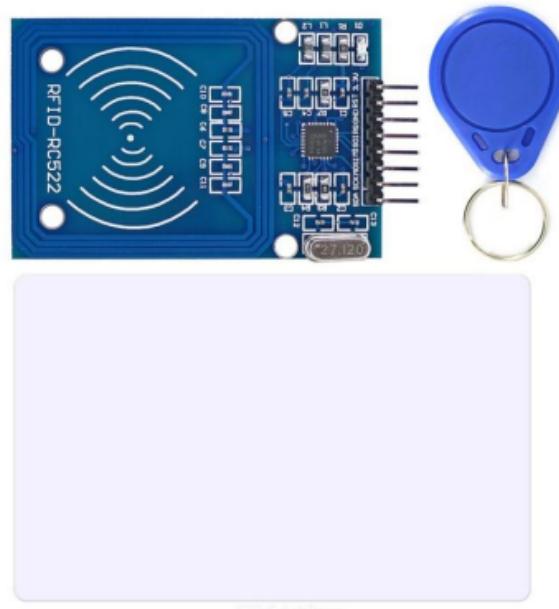


FIGURE 2.13 – Capteur RFID

2.4.1.7 Câbles de connexion

Ils sont utilisés pour connecter facilement et de manière fiable tous les modules aux GPIO de votre Raspberry Pi et autres microcontrôleurs. Ce jeu de câbles offre de nombreuses options d'extension flexibles pour votre carte enfichable dans les versions Male à Male, femelle à Male et femelle à femelle comme montré dans la figure 2.10.



FIGURE 2.14 – Câbles jumper

2.4.1.8 Générateur Photovoltaïque

On va utiliser un système photovoltaïque (panneau solaire) pour l'alimentation de notre projet .le panneau solaire nous donne les valeurs comme suit une tension 6 v et la puissance maximal 2 wateet . Les caractéristiques de panneau solaires présenté comme suit :

Les besoin électrique est représenté par :

- Modèle : 60*110mm
- Type : Panneau solaire époxy
- Puissance maximale : 1 W
- Courant de travail : 0-160MA
- Tension de travail : 6V
- Tension en circuit ouvert : 7.2V
- Courant de court-circuit : 0.2A
- Nombre de batteries : 12pcs



FIGURE 2.15 – Cellule de panneau solaire.

2.4.2 Outils logiciels

Dans cette section, nous allons présenter les logiciels que nous avons utilisés pour l'élaboration d'un prototype de la canne intelligente

2.4.2.1 Arduino IDE

Le logiciel Arduino IDE est un environnement de développement intégré (IDE) utilisé pour programmer les microcontrôleurs de la famille Arduino. Il est disponible gratuitement et est open source.

Arduino IDE fournit une interface graphique conviviale pour écrire, téléverser et déboguer le code source pour les microcontrôleurs Arduino. Il supporte plusieurs langages de programmation tels que C, C++, et même des langages de script tels que Python



FIGURE 2.16 – Logo Arduino IDE

2.4.2.2 Fritzing

Fritzing est un logiciel libre de conception de circuit imprimé permettant de concevoir de façon entièrement graphique le circuit et d'en imprimer le typon. Avant de débuter un projet sous Fritzing, vous aurez besoin de concevoir un circuit électronique réel et de vous assurer qu'il fonctionne correctement.



FIGURE 2.17 – Logo Fritzing

2.4.2.3 StarUML

StarUML est un logiciel de modelage qui est entré récemment dans le monde de l'open source. Écrit en Delphi, il est modulaire et propose plusieurs générateurs de code.



FIGURE 2.18 – Logo StarUML

2.4.2.4 Protocole MQTT

Le protocole MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) est un protocole de messagerie léger et basé sur le modèle de publication/abonnement (publish/subscribe). Il a été conçu pour faciliter la communication entre les appareils connectés à des réseaux à faible bande passante ou instables, tels que les capteurs et les objets connectés à l'Internet des objets (IoT).

Voici les principales caractéristiques et concepts du protocole MQTT :

1. Modèle de publication/abonnement :

MQTT utilise un modèle de publication/abonnement, où les appareils peuvent publier des messages sur des sujets (topics) et s'abonner à des sujets pour recevoir les messages qui y sont publiés.

2. QoS (Quality of Service) :

MQTT prend en charge trois niveaux de QoS pour garantir la fiabilité de la livraison des messages :

- QoS 0 (at most once) : Les messages sont envoyés au destinataire sans garantie de livraison. Ils peuvent être perdus ou dupliqués.
- QoS 1 (at least once) : Les messages sont livrés au moins une fois au destinataire. Les doublons sont possibles.

- QoS 2 (exactly once) : Les messages sont livrés exactement une fois au destinataire. Cela garantit l'absence de doublons, mais cela nécessite un échange supplémentaire de messages pour l'acquittement.

3. Broker MQTT :

Un broker MQTT est un serveur intermédiaire qui reçoit les messages publiés par les appareils et les achemine vers les appareils abonnés aux sujets correspondants. Les brokers MQTT jouent un rôle essentiel dans la distribution des messages.

Il existe de nombreux brokers MQTT open source et commerciaux disponibles sur le marché , quelques-uns des brokers MQTT les plus populaires :

- Mosquitto
- HiveMQ
- EMQ X
- ActiveMQ

4. Sujets (topics) :

Les sujets sont des chaînes de caractères utilisées pour identifier les messages publiés. Les appareils peuvent s'abonner à des sujets spécifiques pour recevoir les messages qui y sont publiés, ou publier des messages sur des sujets pour les rendre disponibles aux appareils abonnés.

5. Structure du message :

Les messages MQTT sont généralement constitués d'un en-tête et d'un corps. L'en-tête contient des informations telles que le sujet, le niveau de QoS et des drapeaux spécifiques.

Le corps contient les données du message proprement dit.

6. Connexions légères :

MQTT est conçu pour être utilisé dans des environnements où les ressources sont limitées. Le protocole est optimisé pour réduire la surcharge de bande passante et la consommation d'énergie des appareils connectés.

7. Sécurité :

MQTT peut être utilisé avec des mécanismes de sécurité tels que le chiffrement SSL/TLS pour sécuriser les communications entre les appareils et les brokers MQTT.

Le protocole MQTT est largement utilisé dans les applications IoT pour permettre la communication entre les appareils connectés et les systèmes de gestion. Il offre une connectivité efficace et fiable, ainsi qu'une flexibilité dans le déploiement d'architectures IoT.

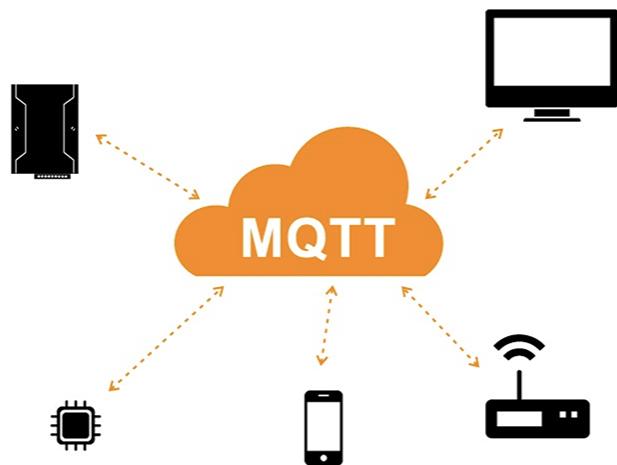


FIGURE 2.19 – Protocole MQTT

2.5 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons représenté le fonctionnement des différents outils utilisés dans la conception de notre projet (une poubelle intelligente alimentée par énergie photovoltaïque). Nous avons également présenté les outils de communication du projet avec le responsable afin de faciliter le processus de déchargement et gagner du temps.

Dans le chapitre suivant, nous continuerons à présenter la phase de mise en œuvre de notre poubelle intelligente.

Mise en place de la poubelle intelligente

Sommaire

3.1	Introduction	41
3.2	Principe et mode de fonctionnement	41
3.3	Réalisation de la poubelle intelligente	42
3.3.1	Circuit électrique	42
3.3.2	Transmission des données (carte Esp32/ Application)	48
3.4	Interaction poubelle intelligente / App mobile / App web	52
3.5	Conclusion	54

3.1 Introduction

Dans ce chapitre , nous allons expliquer dans un preorier temps le mode de fonctionnement de notre poubelle intelligente . Ensuite , nous allons détailler les étapes de mise en oeuvre de diveres fonctionnalités assurées par la poubelle .

3.2 Principe et mode de fonctionnement

Notre projet consiste à contrôler la poubelle intelligente en utilisant les deux cartes Arduino et Esp32 .

D'abord , l'utilisateur scanne le code QR placé sur la poubelle via son application mobile, le système va vérifier les données d'authentification de l'utilisateur qui sont stockées dans la base de données . Si les données introdants sont correct , la carte Esp32 commande le servomoteur 1 pour ouvrir la couvercle, sinon elle reste fermée.

Une fois l'utilisateur estauthentifié il peut jeter les déchets dans la poubelle .

Le capteur à ultrason intégré au poubelle détermine à chaque passage d'un utilisation le niveau de remplissage et l'envoie au serveur de la base de données . Si la poubelle atteint son maximum le centre de collecte sera notifié pour vider la poubelle .

À l'arrivé des agents municipauxpour décharger les ordures la porte d'entrée du poubelle est ouverte en tournant le servomoteur 2 en utilisant la clé RFID qui est connecté au lecteur branche avec la carte arduino sur la poubelle.

Notre poubelle intelligente est dote d'une capteur de gaz surveiller la qualité de gaz (concentration de CO₂) et par la suite éviter les incendies.

La figure 3.1 illustre l'architecture globale de notre poubelle intelligente .

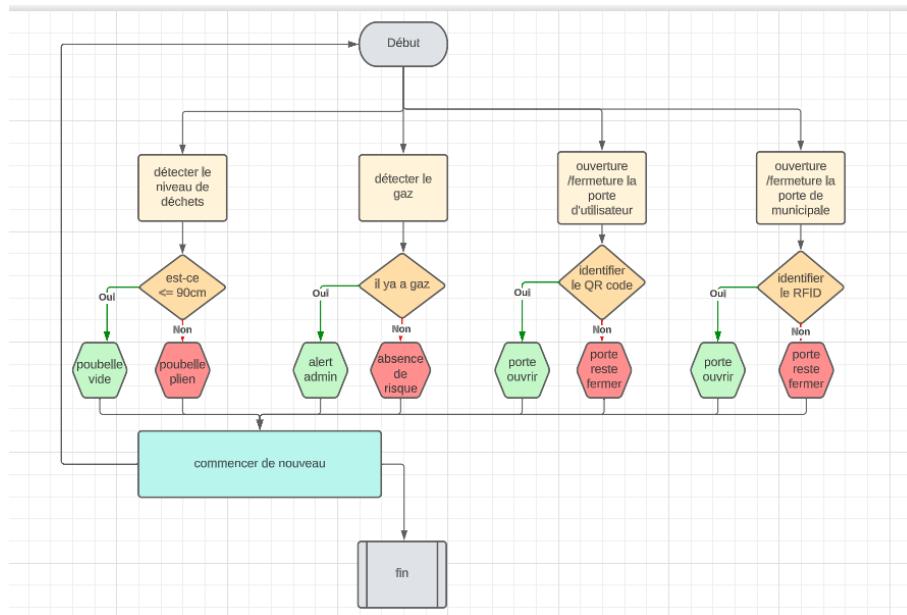


FIGURE 3.1 – Fonctionnement de la poubelle intelligente

3.3 Réalisation de la poubelle intelligente

3.3.1 Circuit électrique

La partie électrique de notre travail est conçue à l'aide du logiciel fritzing, ceci nous permet de vérifier notre circuit avant la mise en oeuvre. La figure 3.2 présente le schéma général de la poubelle intelligente qui est composé d'une carte esp32 , carte Arduino , un capteur ultrasons, un capteur de gaz , deux servomoteurs , lecteur RFID.

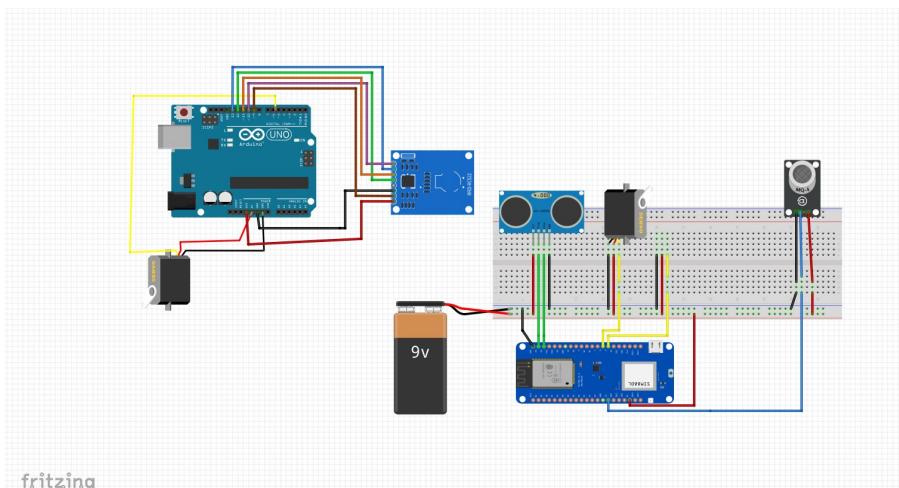


FIGURE 3.2 – Simulation de la poubelle intelligente avec fritzing

Dans ce qui suit, nous allons détailler les différentes fonctionnalités de notre poubelle à savoir :

- La détection du niveau des déchets.
- La détection du niveau de gaz.
- Verrouiller/déverrouiller les portes de la poubelle.

- Détection du niveau des déchets :

Cette tâche est réalisée en utilisant un capteur ultrason qui va calculer le niveau de déchets dans la poubelle .

Dans le cas où le niveau dépasse 90cm, donc la poubelle est plien et la porte se ferme automatiquement et emmettre une notification à municipale pour le vider. Dans ce cas l'utilisateur ne peut pas ouvrir la poubelle.

En effet , un capteur ultrason fonctionne comme suit :

- L'émetteur envoie un signal ultrason dans la direction de l'objet.
- Lorsque le signal atteint l'objet, il est renvoyé au capteur.
- Le récepteur peut détecter le signal réfléchi.

Nous avons connecté les ports HC-SR04 avec les ports d'Esp32 comme suit :

- Trig (INPUT) :Relier au pin 4
- Echo (OUTPUT) : Relier au pin 5
- VCC : Relier à 5V
- GND : Relier à GND

La Figure 3.3 montre le branchement du capteur ultrason avec la carte esp32 sur Fritzing.

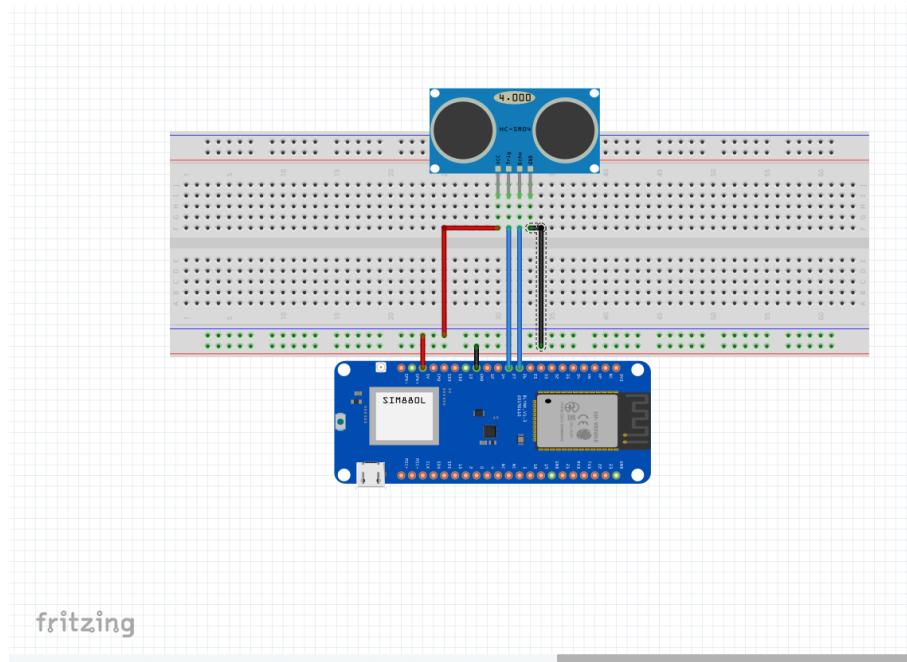


FIGURE 3.3 – Simulation de capteur ultrason

- Détection du gaz :

L'idée consiste à utiliser un capteur de gaz pour la détection de fuites du gaz . Qui peuvent être causés par les déchets existants dans la poubelle .

Une fois , le capteur indique la présence du gaz , sera envoyé au plateforme intervenir en cas de danger.

Pour ce faire , nous avons connecté les ports MQ-5 avec les ports d'Esp32 comme suit :

- Vcc= Relier à 5V.
- GND= Relier à GND.
- OUT = Relier au pin 14 d'esp32.

La figure 3.4 montre le branchement du capteur de gaz avec la carte esp32 sur Fritzing.

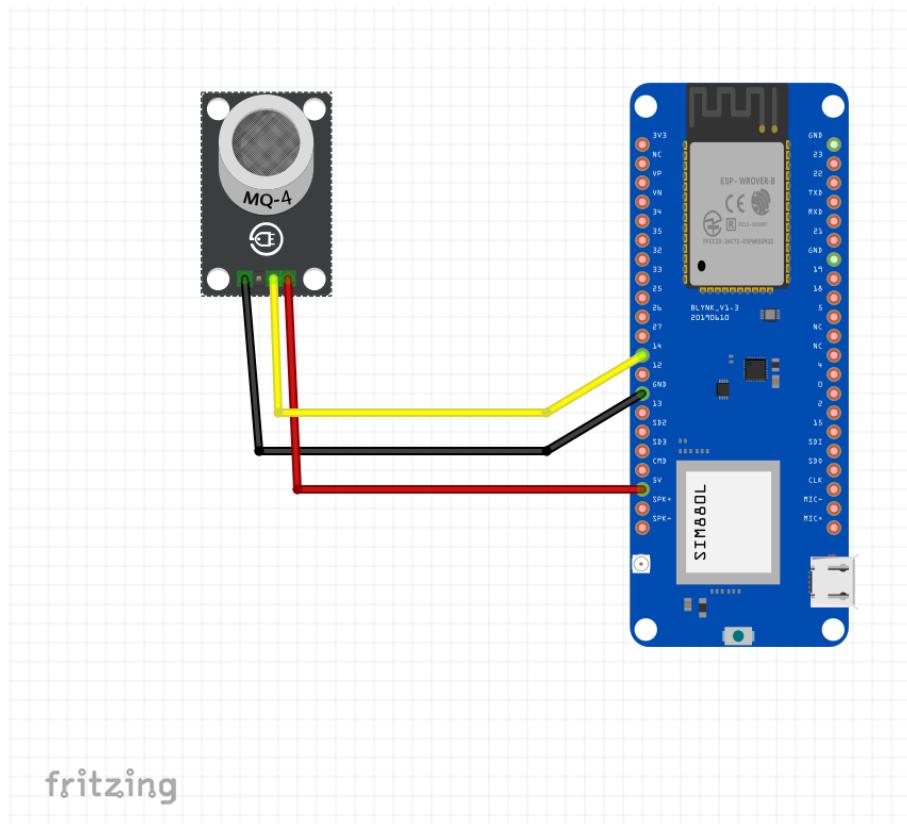


FIGURE 3.4 – Simulation de détecteur du gaz MQ-5

- Systems de Ouverture /fermeture de la poubelle :

Nous avons utilisé deux servomoteurs , le premie est pour la porte supérieure du conteneur qui sera utilisé uniquement par les utilisateurs , tandis que le second est consacré pour l’ouverture de la porte pour la récupération des déchets aux employés de la municipalité.

• Connexion du module servomoteur avec Esp32 :

Le rôle du premier servomoteur est d’ouvrir la porte supérieure du conteneur après vérification de l’identité de l’utilisateur via QR code . La porte se ferme automatiquement une fois que l’utilisateur a fini de jeter les déchets.

Il ne répond pas à la demande de l’utilisateur si le conteneur est plein.

Nous avons connecté les ports servomoteur 1 avec les ports d’Esp32 comme suit :

- Vcc= Relier à 5V.
- GND= Relier à GND.
- Signal PWM = Relier au pin 32 d’esp32.

La Figure 3.5 montre le branchement de servomoteur avec la carte esp32 sur Fritzing.

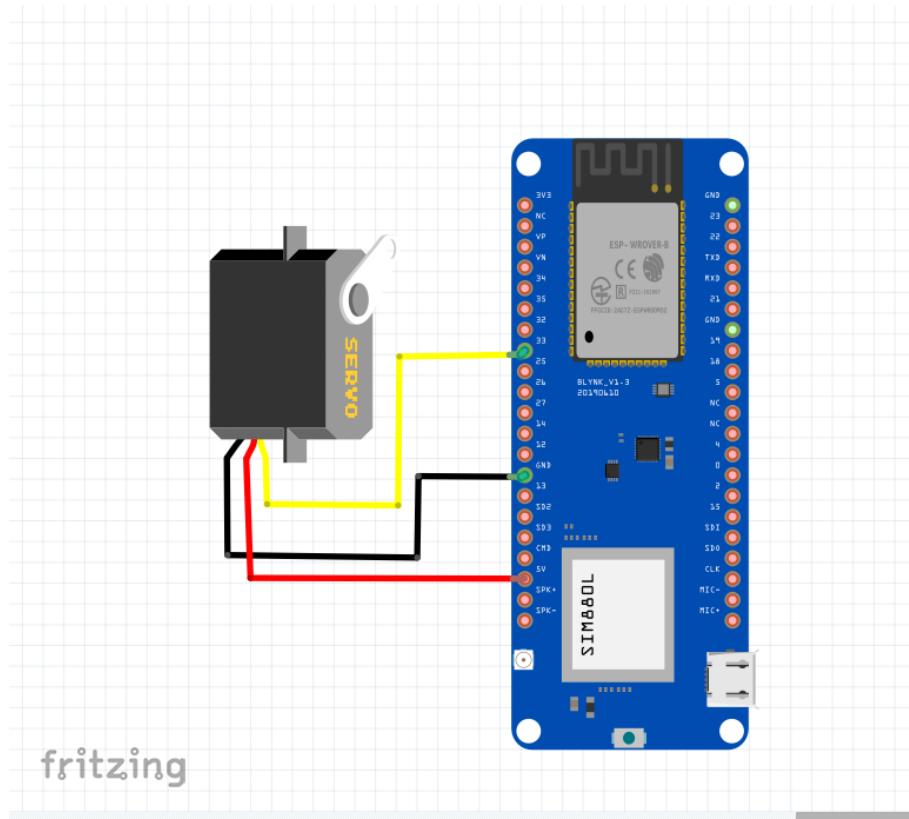


FIGURE 3.5 – Simulation du servomoteur 1 avec la carte Esp32

• **Connexion du RFID et le servomoteur 2 avec la carte Arduino :**

Dans le cas où le conteneur est plein, l'administrateur envoie aux employés de la municipalité la piste qui contient les conteneurs qui doivent être vidés sur le maps d'application.

Les agents de municipalité peuvent vider les poubelles en utilisant leur clés RFID et la porte sera ouverte autonome via le servomoteur 2 qui est liée à la carte Arduino.

Nous avons connecté les ports servo 2 et RFID avec les ports d'Arduino comme suit :

- servomoteur 2 :

- Vcc= Relier à 5V.
- GND= Relier à GND.
- Signal PWM = Relier au gpio 5 d'Arduino.

- RFID :

- Vcc= Relier à 3.3V.
- RST (Reset) = Relier à gpio 9
- GND (Masse) = Relier à GND.

MISE EN PLACE DE LA POUBELLE INTELLIGENTE

- MISO (Master Input Slave Output) = Relier à gpio 12.
- MOSI (Master Output Slave Input) = Relier à gpio 11.
- SCK (Serial Clock) = Relier à gpio 13.
- SS/SDA (Slave select) = Relier à gpio 10.

La figure 3.6 montre le branchement de servomoteur et RFID avec la carte Arduino sur Fritzing.

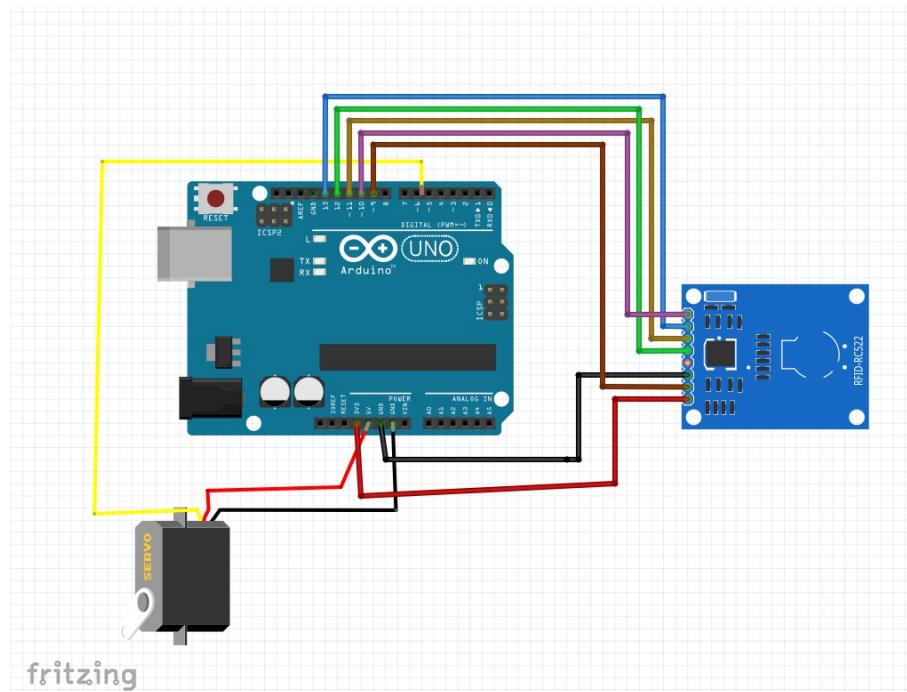


FIGURE 3.6 – Simulation du RFID et le servomoteur 2 avec la carte Arduino

Pour alimentation de différents composants , nous avons opté l'alimentation par énergie solaire . Nous avons utilisé une cellule photovoltaïque pour tester le bon fonctionnement de différentes fonctionnalités.

La figure 3.7 présente comment alimentée la poubelle :



FIGURE 3.7 – Système d'alimentation

Les besoins électriques sont représentés par :

- Alimentation d'une poubelle intelligente en générale.
- Alimentation les deux carte Arduino et Esp32 3v à 5 v.

3.3.2 Transmission des données (carte Esp32/ Application)

Dans notre projet, la communication entre la poubelle et l'application web / mobile est assurée via Internet en utilisant le protocole MQTT via son broker HiveMQ .

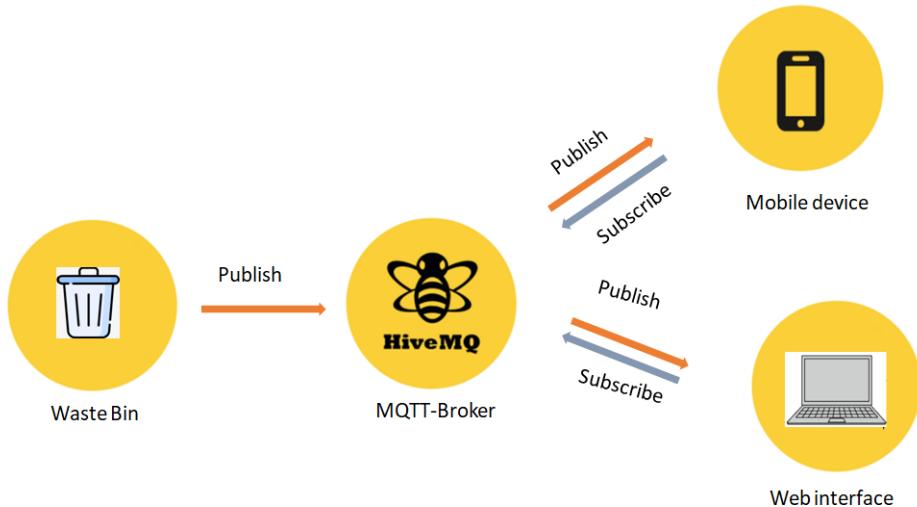


FIGURE 3.8 – Architecture de HiveMQ

Initialement , nous avons crée d'abord un compte dans le broker HiveMQ .

Nous avons suivi la démarche suivante :

1- Créer un compte privé sur le platform de HiveMQ , Il s'agit d'un broker MQTT hautement évolutif et performant, qui prend en charge le protocole MQTT. Il est disponible sous licence gratuite et peut être utilisé sur une variété de plates-formes .

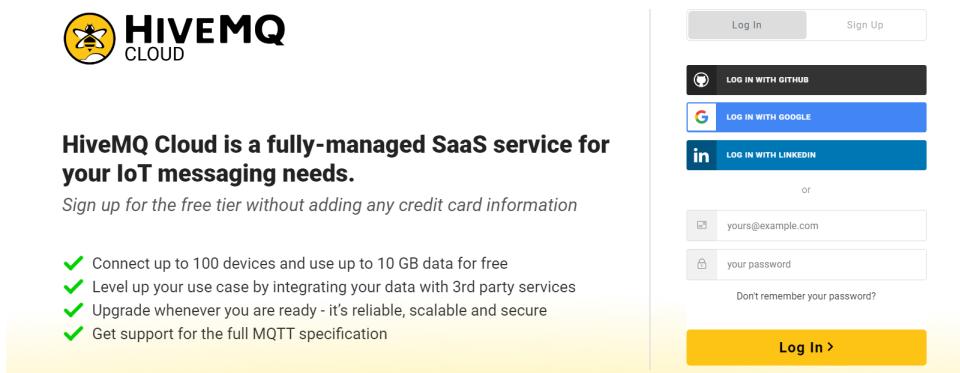


FIGURE 3.9 – Platform de HiveMQ

2- Si la création de compte est effectuée convenablement , nous pouvons recuperer les deux paramètres qui sont "URL" et "PORT" .

MISE EN PLACE DE LA POUBELLE INTELLIGENTE

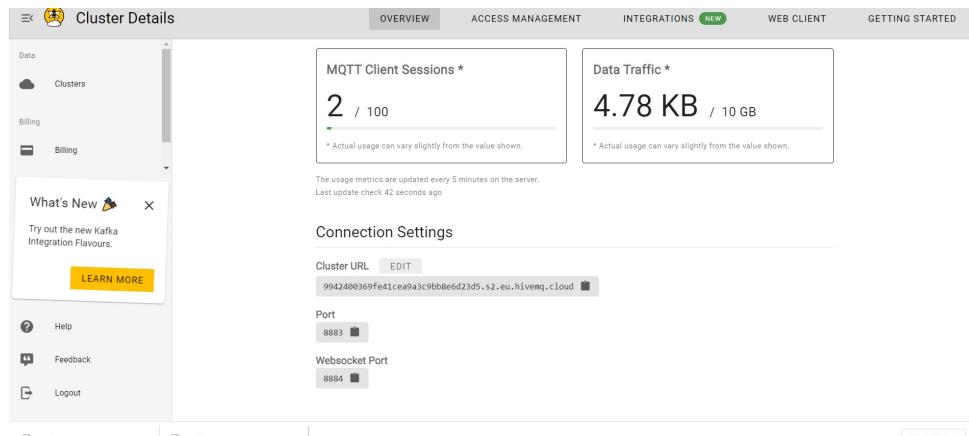


FIGURE 3.10 – Page de paramètres

3- Cliquer sur "web client" et introduire username et le password comme mentionné dans la figure 3.11 .

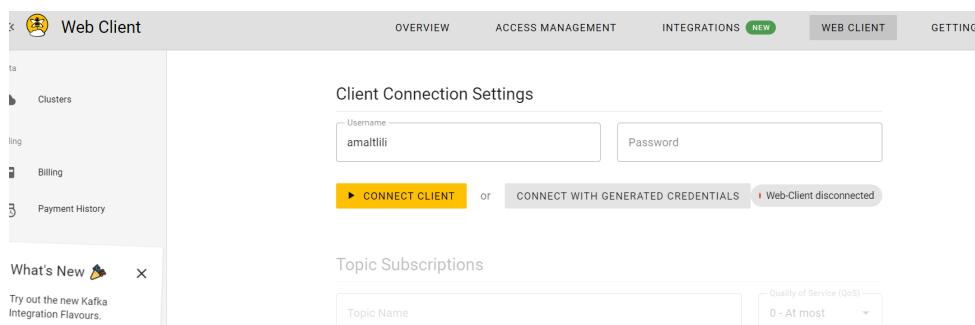


FIGURE 3.11 – Page web client

4- Etablir une connexion entre la carte esp32 et le serveur

5- Choisir les données (topics) à envoyer depuis la carte Esp32 au platforme web .

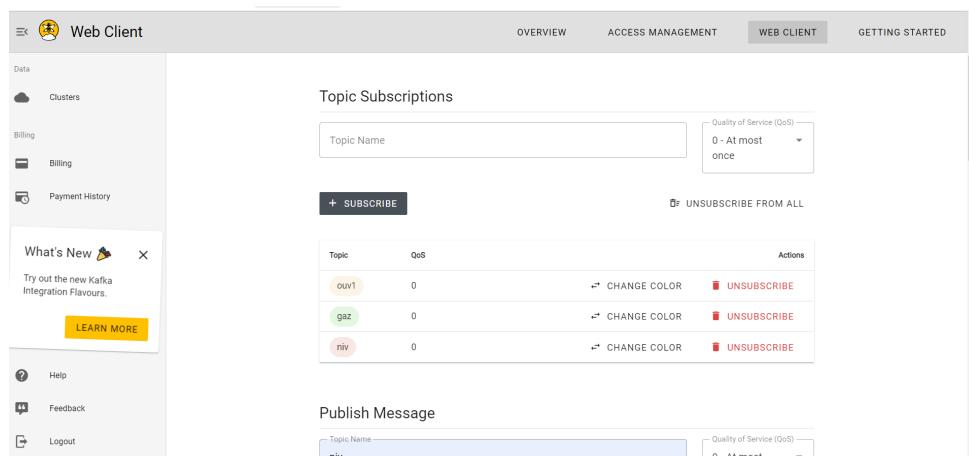


FIGURE 3.12 – Page de topic

6- Résultat de connexion entre ESP32 et le serveur :

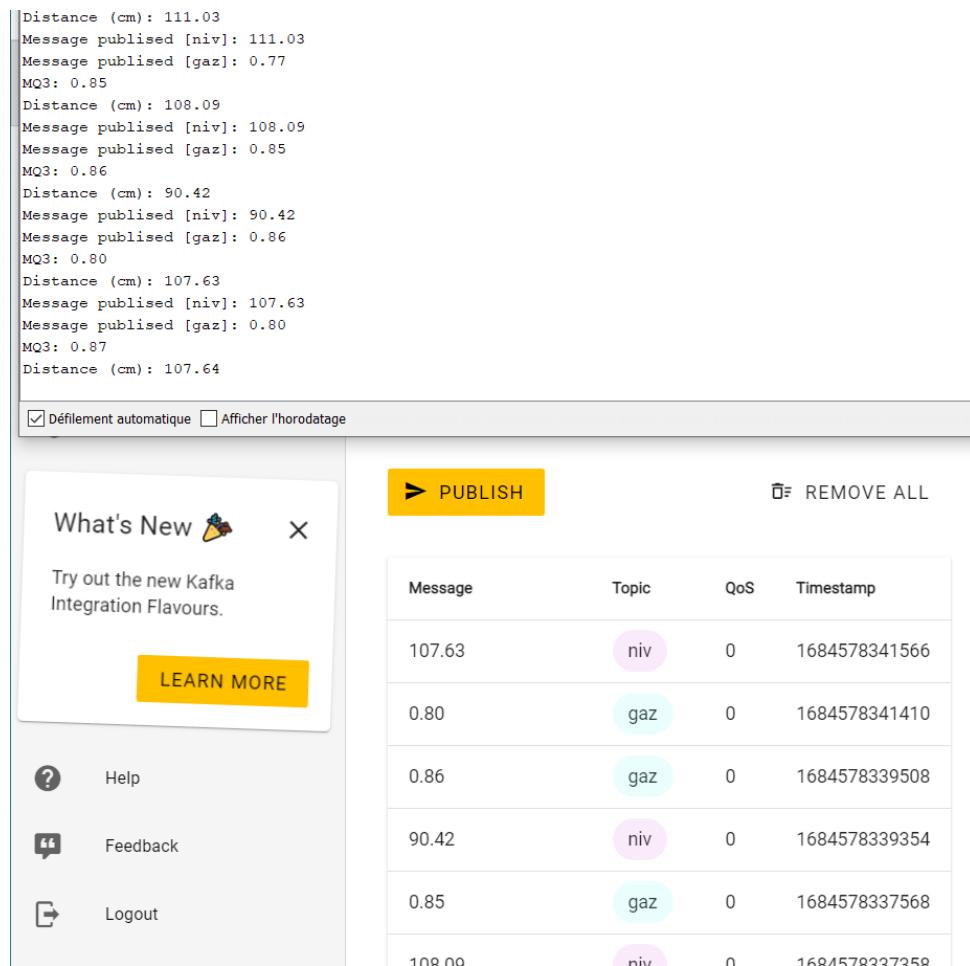


FIGURE 3.13 – Échange des données

7- Émission les données (niveau de déchets , niveau de gaz) depuis le serveur à page web

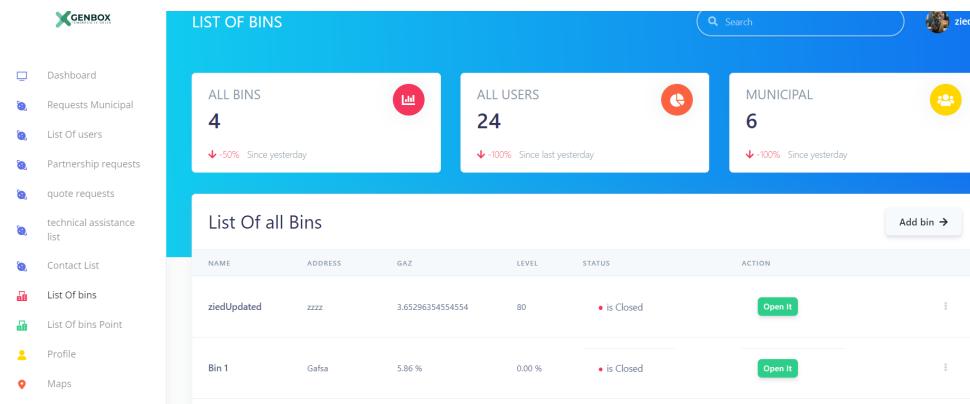


FIGURE 3.14 – Rusltat sur page web

3.4 Interaction poubelle intelligente / App mobile / App web

- la page login :

La figure 3.14 représente l'application mobile la première page de connexion sert à créer les comptes pour les utilisateurs et les employés municipaux.

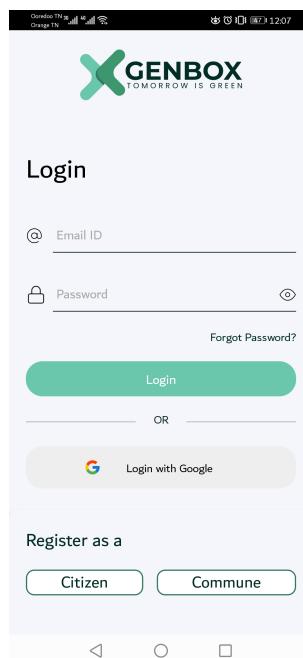


FIGURE 3.15 – création compte utilisateur et municipale

Une fois connecté , l'utilisateur peut consulter les différents interfaces , d'après le figure 3.16 :

- Dashboard : consulter la poubelle la plus proche.
- Cleaning service : spécifiez les demandes spéciales.
- Scan : scanner le QR code.
- Manage acces : entrez le code d'approbation de l'utilisateur l.
- Users : consulter les différents utilisateurs qui utilise aussi cette poubelle .
- Profile : les coordonnées d'utilisateur.

MISE EN PLACE DE LA POUBELLE INTELLIGENTE

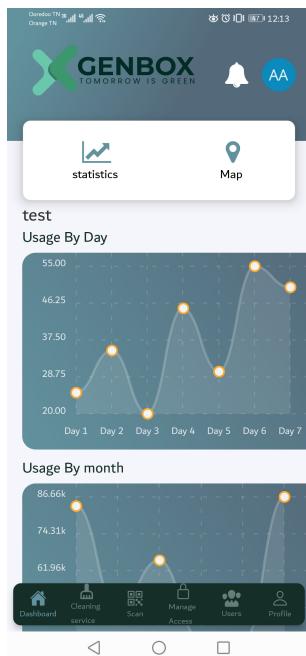


FIGURE 3.16 – La page principal d'utilisateur

Cette page (figure 3.17) donner des éléments principale pour le municipale , Il contient :

- Dashboard : consulter la trajectoire des poubelles plien.
- Cleaning service : contient les demandes spéciales des utilisateurs .
- Profile : les coordonnées des agents municipales .

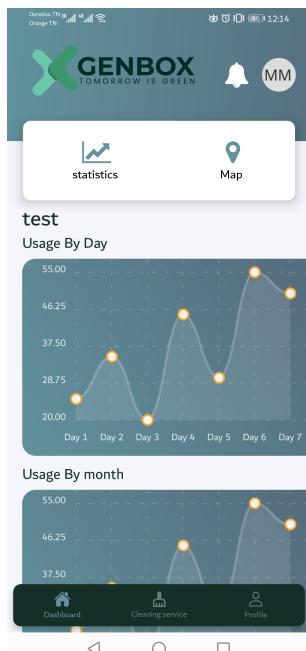


FIGURE 3.17 – La page principal du municipale

- La page principal d'admin :

Pour l'application web qui est destinée aux administrateurs utilisés pour l'étude complète et l'organisation de ce projet. Elles est fonctionalités :

- Surveiller à distance l'état des counteneurs .
- Acceptation des demandes .
- Gestion générale d'application mobile .

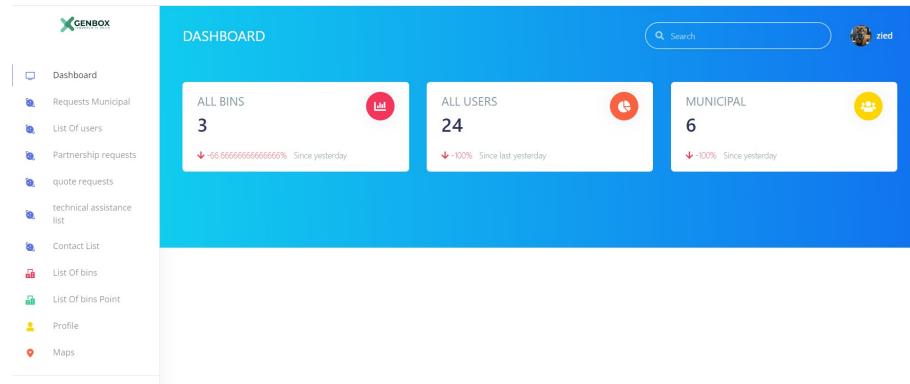


FIGURE 3.18 – La page principal du municipale

3.5 Conclusion

Dans ce chapitre, à savoir la réalisation de la poubelle intelligente est présentée en détails, à savoir les étapes a suivis pour la mise en oueuvre. Nous avons aussi présenter les différentes étapes de communication entre l'application web et mobile et la poubelle . Les différents tests sont considées pour tester le bon fonctionnement de notre prototype .



CONCLUSION GÉNÉRALE

Notre travail élaboré dans le cadre de ce mastere de projet de fin d'études porte sur la conception et la réalisation d'une poubelle intelligente, alimentée par l'énergie solaire, et en utilisant plusieurs techniques qui nous ont permis d'ouvrir et de fermer cette poubelle sans la toucher, ainsi que de suivre en ligne le taux de remplissage des poubelles et leur localisation à distance à l'aide d'un Smartphone.

Nous avons essayé d'accomplir ce travail de manière simple pour le rendre plus facile à utiliser pour les conducteurs de camions à ordures, et moins coûteux pour une utilisation plus large.

Le prototype que nous avons réalisé peut d'assurer plusieurs fonctionnalités telque :

- La détection de niveau des déchets.
- La détection de niveau du gaz .
- Ouverture / fermeture les deux portes de la poubelle .

notre système peut encore évoluer et se voir améliorer. Pour cela, nous proposons :

- Ajouter des capteurs (Humidité , pression , poids ...)
- Compression des déchets par un vérine électrique.
- La collecte sélective par la mise en place des bacs spéciaux pour les différents matériaux (papier, plastique, verre...Etc).

Notre projet couvre de nombreux domaines, dont l'électronique, les télécommunications et enfin la programmation, ce qui nous a permis d'acquérir de l'expérience en programmation, en plus d'obtenir des informations importantes sur l'électronique.



BIBLIOGRAPHIE

- [1] Zohra, L. A. (2021). Système intelligent de collecte des déchets ménagers à base d'IoT. DEPARTEMENT DE GENIE ELECTRIQUE. UNIVERSITE DE MEDEA
- [2] www.techno-science.net/glossaire-definition/Systeme-embarque.html
- [3] www.catspowerdesign.fr/actualites/systeme-embarque
- [4] Abdessamed TAMALI and Sidi Mohamed HAMED, "Conception et Réalisation d'une poubelle intelligente.," Génie Electrique et Electronique, Université Abou Bakr Belkaid– Tlemcen, Mémoire 2019.
- [5] Mehdi, C. (2022). Réalisation d'un système d'aide au tri pour le recyclage. T L E M C E N : HIGHER SCHOOL IN APPLIED SCIENCES T L E M C E N .
- [6] Hassan Basri , Maher Arebey, and M A Hannan, "Intelligent Solid Waste Bin Monitoring and Management System," Journal of Basic and Applied Sciences, pp. 5314-5319, 2010.
- [7] Kumar N. Sathish, Vuayalakshmi B., Jenifer Prarthana R., and Shankar A., "IOT based smart garbage alert system using Arduino UNO.," in IEEE Region 10 Conference (TENCON), Singapore, November 2016, pp. 1028-1034.
- [8] zohra, M. A. (2019/2020). Etude et réalisation d'une poubelle intelligente alimenté par l'énergie solaire. Département Sciences et Technologie. Ahmed Draïa Adrar : Université Ahmed Draïa Adrar Faculté des Sciences et de la Technologie.



Glossaire

- IDO : Internet des objets.
- IOT : Internet of Things.
- RFID : Radio Frequency Identification.
- UV : Ultraviolet
- MQTT : Message Queuing Telemetry Transport

Conception et réalisation d'une poubelle intelligente

Amal Tlili

Résumé :

L'objectif de ce projet est de concevoir et réaliser une poubelle intelligente connectée. Il est basé sur l'utilisation de la notion de l'internet des objets et le protocole MQTT pour la transmission de données. Ce projet a pur but d'assurer plusieurs fonctionnalités : détection de niveau de déchets, détection du gaz, ouverture et fermeture automatique du poubelle, notification aux responsables de municipalité via une plateforme web et une application mobile.

Mots clés :MQTT, poubelle intelligente, application Android , plateforme web .

Abstract :

The objective of this project is to design and produce a smart connected trash can. It is based on the use of the concept of the Internet of Things and the MQTT protocol for data transmission. This project aims to provide several functionalities : waste level detection, gas detection, automatic opening and closing of the trash can, notification to municipal officials via a web platform and a mobile application.

Key-words : MQTT, smart trash can, android app , web platform.