

République Tunisienne
Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique

Université de Sfax

École Nationale d'Électronique
Et des Télécommunications de Sfax



Ingénieur en :
Génie Systèmes Électroniques
et Communication

Option :
Systèmes Embarqués

Projet de Fin d'Etudes
N° d'ordre : GEC-CSE-3-22-21

MEMOIRE

Présenté à

**L'École Nationale d'Électronique et des
Télécommunications de Sfax**

En vue de l'obtention du

**Diplôme National d'Ingénieur en :
Génie Systèmes Électroniques et Communication**

**Option :
Systèmes Embarqués**

Par

Kouame Raouph BINI

**Etude, conception et réalisation d'une
poubelle intelligente**

Soutenu le 05 juillet 2022, devant la commission d'examen :

Mme.	Rim AYADI MARZOUK	Présidente
Mme.	Houda DAOUD DAMAK	Examinatrice
M.	Fathi KALLEL	Encadrant
Mme	Sirine SAIHI	Encadrante

Dédicaces

A ma chère mère qui a toujours été là malgré la distance pour m'écouter et me soutenir.

Vous n'avez jamais épargné le moindre effort pour m'aider et m'encourager.

Veuillez trouver en ce travail la preuve de mon amour et de mon estime pour vous.

Puisse ce travail exprimer le respect et l'amour que je vous porte.

A mes frères et sœurs pour l'esprit de fraternité et de communion et le soutien physique et moral, Que dieu vous protèges.

A toutes les personnes chères à mon cœur, pour leurs amours, leurs Disponibilités, voire pour tout l'aide et le support perpétuels que vous m'avez apporté.

A ma famille, mes amis, toutes celles et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à cet humble travail. Que ceci puisse être le témoignage de ma plus haute reconnaissance.

Remerciement

Au terme de ce projet, je tiens à remercier toute l'équipe du service au sein de SFM technologie de Tunis pour leur accueil chaleureux et leur collaboration.

Je remercie également mon encadrant professionnel Mme **Sirine SAIHI** ingénieure en IoT système embarqué à SFM technologie de TUNIS, également mes remerciements à mon encadrant académique **M. Fathi KALLEL** maîtres de conférences et assistant à l'école nationale d'électronique et des télécommunications de Sfax, pour m'avoir dirigé et fourni toutes les informations nécessaires, pour leur disponibilité, malgré leurs nombreuses responsabilités, ainsi que les efforts et les conseils qu'ils m'ont apportés lors des différents suivis afin que mon stage se déroule dans de bonnes conditions.

Je tenais aussi à exprimer mes remerciements à tous les enseignants de L'ENET'Com qui m'ont beaucoup aidé, offert une agréable ambiance de travail et m'ont garanti la meilleure formation possible afin d'effectuer ce projet dans les meilleures conditions.

Enfin mes meilleurs et vifs remerciements s'adressent aux membres du jury pour avoir accepté d'évaluer ce modeste travail. J'en suis très honoré.

Sommaire

Dédicaces	i
Remerciement.....	ii
Sommaire.....	iii
Table des figures.....	vi
Liste des tableaux	viii
Liste des symboles.....	ix
Introduction générale	1
Chapitre 1	3
ORGANISME D’ACCUEIL ET ETUDE PREALABLE.....	3
Introduction	4
I. Présentation de l’organisme d’accueil.....	4
1. Le groupe SFM	4
2. Domaines d’activité	5
3. Quelques Projets de « SFM »	6
II. Problématique relié à la gestion des déchets.....	6
1. Les méfaits des déchets sur l’environnement	6
2. Caractérisation des déchets.....	7
3. Gestion des déchets.....	8
4. La collecte des déchets	8
III. Principe de fonctionnement des systèmes IoT.....	9
1. Internet des objets	9
2. Les éléments clés d’un objet connecté.....	9
3. Architecture des IOT	10
IV. Contexte d’étude de ce type de système de poubelle intelligente	10

1. Contexte d'étude du projet.....	10
2. Les défis intrinsèques à la gestion des déchets	11
3. Une gestion des déchets avec des systèmes intelligent.....	11
4. Synthèse bibliographique.....	12
5. Objectifs du projet	13
Conclusion.....	13
Chapitre 2 :	14
Étude et Conception du système de poubelle intelligente	14
Introduction	15
I. Analyse fonctionnelle	15
1. Recherche et identification du besoin.....	15
2. Diagramme de pieuvre.....	15
3. Diagramme FAST.....	17
II. Mise en place du cahier des charges fonctionnel et le choix de la solution technique 17	
1. Solution proposée	17
2. Schéma synoptique de la solution technique	18
3. Choix de la solution technique pour les capteurs :	19
4. Choix de la solution technique pour le protocole de communication et base de données :.....	25
III. Environnement logiciel.....	30
1. ISIS	30
2. Arduino	30
3. MIT app inventor.....	31
Conclusion.....	33
Chapitre 3 :	34
Réalisation pratique de la poubelle intelligente.....	34

Introduction	35
I. Implémentation de l'algorithme de gestion de notre poubelle intelligente. 35	
1. Test du Capteur ultrason avec ESP32 SIM 7000G.....	36
2. Test du Capteur DHT22 avec ESP32 SIM 7000G	38
3. Test du Capteur de feu avec ESP32 SIM 7000G.....	40
4. Test du Capteur de poids avec ESP32 SIM 7000G	41
II. Envoi des données de capture sur Cloud.....	43
1. Interface ThingSpeak :.....	43
2. Logiciel ThingSpeak et L'interface réalisée :.....	43
3. Envoi des données des capteurs sur Firebase	44
III. Conception et réalisation de la poubelle intelligente	47
1. Réalisation du montage du système.....	47
2. Le code source pour le fonctionnement de système	49
3. Test et résultat de simulation du système	51
Conclusion.....	55
Conclusion générale et perspectives.....	56
Bibliographie	57
Annexe.....	59

Table des figures

Figure 1: Groupe SFM.....	5
Figure 2: impact des déchets	7
Figure 3 : Architecture IoT.....	10
Figure 4 : poubelle intelligente	11
Figure 5: Bête à corne de la poubelle intelligente	15
Figure 6: Diagramme de pieuvre de la poubelle intelligente.....	16
Figure 7: Diagramme de Fast de la poubelle intelligente	17
Figure 8: schéma synoptique de la solution technique	19
Figure 9 : principe de d'un objet connecté.....	25
Figure 10 : <i>type de protocole de communication</i>	26
Figure 11 : ISIS proteus logo	30
Figure 12 : figure Arduino IDE.....	31
Figure 13 : La création de l’interface d’application Android.....	32
Figure 14 : La programmation de l’application.....	33
Figure 15 : Algorithme de gestion de la poubelle intelligente	36
Figure 16 : Montage du capteur ultrason avec ESP32 SIM 7000G	37
Figure 17 : Résultat de test du capteur ultrason.....	38
Figure 18 : montage du capteur DHT22 avec ESP32 SIM 7000G.....	39
Figure 19 : résultat de test du capteur de température et humidité.....	39
Figure 20 : câblage de capteur de feu avec ESP32 SIM7000G.....	40
Figure 21 : Résultat de test de capteur de feu.....	41
Figure 22 : câblage du capteur de poids avec ESP32 SIM7000G	41
Figure 23 : Résultat de test du capteur de poids.....	42
Figure 24 : icones de logiciels ThingSpeak et ESP32 SIM800L	43

Figure 25 : interface de supervision	44
Figure 26 : schéma synoptique de l'envoi des données sur firebase	45
Figure 27 : logo du serveur local 000webhost	46
Figure 28 : algorithme de conversion de http en https	46
Figure 29 : montage générale du système avec une plaque perforée	47
Figure 30 : montage générale du système dans le boîtier.....	48
Figure 31 : routage de PCB	48
Figure 32 : algorithme du fonctionnement du code source	49
Figure 33 : code source du système.....	49
Figure 34 : résultat du test avec le moniteur Arduino ide	51
Figure 35 : affichage des données des capteurs sur Firebase	52
Figure 36 : visualisation des données sur Thingspeak	53
Figure 37 : interface de connexion	54
Figure 38 : interface d'affichage des données	55

Liste des tableaux

Tableau 1: les fonctions du diagramme de pieuvre	16
Tableau 2: tableau comparatif des cartes de commande	20
Tableau 3: tableau comparatif des capteurs de température /humidité	21
Tableau 4: tableau comparatif des capteurs de niveau	22
Tableau 5: tableau comparatif des capteurs de flamme	23
Tableau 6: Tableau comparatif des capteurs de poids	24
Tableau 7: tableau comparatif des protocoles de communication IoT.....	26
Tableau 8: tableau comparatif de base de données	29
Tableau 9 : Tableau comparatif des différents modes d'alimentation	50

Liste des acronymes

IoT: internet of things

WLAN: Wireless Local Area Network

LAN: local area network

WAN: Wide Area Network,

SDN: Software-defined networking

NFV: Network function virtualization

RFID: Radio Frequency Identification

GSM: Global System for Mobile Communications

SIG : Système d'information géographique

GPRS : General Packet Radio Service

APN: Access Point Name

CPU: central processing unit,

NB-IoT: Narrowband Internet of things

ACID : Atomicité, Cohérence, Isolation et Durabilité

ODBC: Open Database Connectivity

VSM: Value stream mapping

SDK: Kit de development

NOSQL: Not only SQL (Structured Query Language)

FP : Fonction Principale.

FC : Fonction Contrainte.

FAST : Fonction Analyse Système Technique.

Introduction générale

Depuis toujours le monde s'est développé à répondre aux besoins de la population. Il souhaitait une amélioration qui visait à faire accroître la croissance économique et ce souvent au désavantage de l'environnement et de l'écosystème.

Les besoins de l'être humain nécessitent une croissance ce qui engendre une dégradation de son environnement évidemment dans le milieu urbain [1]. Mais aujourd'hui la problématique environnementale devient plus inquiétante, c'est d'ailleurs un grand problème que personne ne peut démentir mondialement, une prise de conscience au niveau mondial lié à un danger trop immense lié à la détérioration de l'écosystème et de l'environnement de l'homme [2].

Les déchets se sont élevés depuis jusqu'à nos jours, la mondialisation, l'augmentation de la production et la démographie et le mode de vie de l'homme sont des justificatifs pour multiplier la qualité, la quantité et les dégâts occasionnés aux déchets, des déchets ménagers et des hôpitaux, aux déchets industriels et nucléaires. Le monde se trouve donc aujourd'hui en face des déchets qui provoquent de nombreuses pollutions qui menacent la qualité de vie mais la vie elle-même ! [3]. Avec la croissance de la quantité des déchets produits par la société, la gestion des déchets est aujourd'hui une problématique majeure de la société. Ce fléau est également renforcé par le jaillissement de l'inquiétude sur le développement durable et le rejet croissant des déchets dans l'inconscient collectif, ainsi que par la cherté de gestion des déchets, qui joue un rôle important dans la détermination du gouvernement de l'État [4]. Des projets ont été mis pour satisfaire les besoins de la population mais sans une politique qui viserait à accueillir les divers déchets que les usagers accumulent tous les jours, ce qui entraîne une dégradation de l'environnement urbain. [5]

La problématique de nos jours dans le domaine de gestion des déchets c'est de faire un certain nombre de kilomètres pour le ramassage d'une poubelle et qu'en fin, cette dernière est vide, les camions se déplacent tous les jours sans connaître à l'avance le niveau de remplissage des poubelles, ce qui peut les rendre chère le coût de la collecte.

C'est dans ce cadre que nous allons alors développer un système scientifique et sophistiqué de collecte des déchets basé sur IOT, qui permettra de connaître en temps réel le niveau de remplissage des déchets et ainsi éviter les déplacements inutiles des camions.

Dans ce travail nous allons combiner Internet des Objets et collecte des déchets pour concevoir et réaliser un prototype d'une poubelle intelligente. Le système va fournir à son utilisateur les informations en temps réel sur le niveau de remplissage d'une poubelle et de son emplacement à l'aide d'une application mobile développée à cet effet. Il sera très utile et pourra être installé dans des poubelles et dans des lieux publics (marchés, quartiers résidentiels...) et même dans des lieux privés (hôpitaux, hôtels)

Avec la présence des maladies contagieuses comme le covid 19, l'importance du traitement des déchets intelligents peut augmenter pour limiter la propagation des virus, limiter les contacts et la sécurité des nettoyeurs et des personnes aussi. La surveillance du niveau de remplissage des poubelles va permettre l'optimisation des itinéraires afin de la minimiser les déplacements inutiles, ainsi que l'optimisation des opérations du système de gestion des déchets ce qui engendre : La réduction de la pollution, La réduction des coûts, La réduction de la consommation du carburant.

Ce manuscrit s'articulera en suivant trois chapitres :

Dans le premier chapitre nous nous chargerons d'exposer le cadre du projet, l'organisme d'accueil et donnerons une brève étude de l'existant.

Le deuxième chapitre est consacré à la description du système de poubelle intelligente survolant les différents systèmes et sous-systèmes mis en avant dans ce projet et l'environnement logiciel utilisé.

Le troisième chapitre présentera les différentes étapes de conception et réalisation de la poubelle intelligente.

Finalement, nous terminons ce rapport par une conclusion générale et par des perspectives pour des travaux futurs dans ce domaine.

Chapitre 1

ORGANISME D'ACCUEIL ET ETUDE PREALABLE

Introduction

Il s'agira dans ce chapitre de présenter l'organisme d'accueil au sein duquel s'est déroulé le stage. Par la suite nous parlerons du projet dans son contexte général, les objectifs et la problématique. Ensuite, nous présenterons la méthodologie et la solution générale qui sera adoptée.

I. Présentation de l'organisme d'accueil

Mon projet m'a été proposé par le Groupe SFM, à cet effet voici un bref aperçu de ladite société.

1. Le groupe SFM

Le **groupe SFM** est un cabinet d'ingénierie en réseaux de télécommunications et technologies de l'information. Il a été créé en 1995, par un groupe d'experts et d'ingénieurs de haut niveau opérant en Afrique, Asie, Europe et État Unis. Il réalise plusieurs missions d'ingénierie et de conseil dans le but de répondre aux défis organisationnels de développement et de transformation digitale des régulateurs des Télécommunications, Opérateurs de Réseaux, Ministères des Télécommunications et Agences de Fréquences. SFM intervient depuis plus de 20 ans auprès des plus grands acteurs du secteur des Télécoms en Afrique, en Europe et en Asie. Il propose des prestations et solutions techniques, organisationnelles et des formations sur mesure à très forte valeur ajoutée et se positionne en tant que véritable partenaire de ses Clients [6].

Le groupe de SFM est composé par : **SFM Télécom** Société mère positionnée sur le marché local, **SFM technologies** Société exportatrice pour renforcer les activités de SFM à l'international, **SFM International** Société dédiée uniquement pour la formation, **SFM Cameroun** Pour l'expertise et le consulting Pour l'Afrique Centrale (Zone CEMAC), **SFM Burkina Faso** pour l'expertise et le consulting pour l'Afrique Centrale (Zone UEMOA) et **SFM Europe** Pour le marché Européen [6].

Les outils et les développements sur-mesure offerts par SFM se déclinent selon 3 axes :

- Digitalisation des process des entreprises.
- Cybersécurité.

- Big Data et Intelligence Artificielle avec des solutions destinées aux secteurs des télécommunications, bancaire et aussi ajout de couches de « Machine Learning » et « Deep Learning » dans les produits SFM



Figure 1:Groupe SFM

2. Domaines d'activité

Les activités de SFM Technologies reposent sur quatre domaines d'expertise :

- **Expertise technique** : des Opérateurs et des Régulateurs de Télécommunication sous plusieurs formes :
 - Audit et Benchmark de qualité de service des réseaux mobiles
 - Planification, Dimensionnement, et Optimisation des réseaux Mobiles.
 - Expertise et Ingénierie relative à la Fibre Optique.
 - Analyse du trafic.
 - Gestion et contrôle du spectre.
 - Tarification des services.
 - Compétences en WLAN/LAN/WAN
- **Conseil Stratégique** : des études stratégiques pour le compte de Ministères, Directions Générales d'Opérateurs, Présidences et Directions Générales d'Autorités de Régulation dans le cadre d'actions de restructuration, de réglementation du secteur (textes juridiques), de tarification des ressources rares, de migration vers de nouvelles architectures ou technologies (5G, SDN/NFV), de vente de licences, d'ouverture de capital, de prise de participation, etc.
- **Expertise et Ingénierie de Fibre Optique** :
 - Élaboration de cahiers des charges.
 - Audit et planification : (Génie Civil, Mesure et Recette, Contrôle des équipements de transmission).

- Négociations avec les fournisseurs, Suivi, contrôle, supervision de projets de déploiements de la fibre optique, Réception technique et contrôle qualité.
- **BIG DATA et Analytics** : capitaliser sur les données en détectant les habitudes des abonnés et mettant des modèles permettant d'extraire des connaissances particulières et ainsi profiler les usagers, élaborer de nouveaux services selon les tendances, introduire des fonctions d'aide à la décision.

3. Quelques Projets de « SFM »

SFM a développé des outils dans le cadre de son laboratoire « SFM Lab » dédié à la recherche et au développement de nouvelles solutions dont l'objet est de répondre aux besoins évolutifs des Clients sachant : QoEntumM un outil de suivi de la Qualité d'Expérience, Tariffs Tracker un outil de Contrôle Automatique des Tarifs des Services de télécommunication, RESAP une plateforme de gestion spécifique d'activité métier de la régulation, OrQoEstra pour l'agrégation des flux de mesures, de données et d'informations collectées et Régulation en temps réel, COSAP une plateforme caractérisée par sa Fluidité, gestion et automatisation des activités et des échanges au sein de l'organisme ou l'entreprise, IT&M un projet pour la Réparation, Suivre et Visualisation des Infrastructures « Anywhere, Anytime, Anyone ! » et pour finir, il faut décrire l'un des plus importants projets de SFM pour La mise en place d'une infrastructure de réseau IoT qui améliore la productivité, l'intelligence ambiante, la sécurité, la flexibilité, la prise de décision [6]

Au sein du groupe SFM, nous nous sommes installées à SFM Technologies, plus précisément, dans le département IoT et comme déjà mentionné auparavant, l'un des missions les plus essentielles de SFM c'est l'économie d'énergie, notre projet intitulé « Cool@c » était l'étude et la conception d'une télécommande universelle intelligente pour les climatiseurs dont le but principal est de minimiser la consommation d'énergie. Un projet qui a débuté avec le contrôle des climatiseurs mais qui peut être adapté et développé après pour l'optimisation de la consommation d'énergie au niveau de tous les appareils basés sur la commande par Infrarouge.

II. Problématique relié à la gestion des déchets

1. Les méfaits des déchets sur l'environnement

Les débris sont des substances qui sont dangereuses pour l'être humain et pour son environnement. Si les déchets sont jetés de façon incongrue, ces organes toxiques peuvent se

réunir dans les organismes de l'être vivant à l'aide de l'eau polluée, de l'air et des vivres contaminés. Du côté urbain, la pluie acide, la pollution sont reconnus comme de graves problèmes pour la santé humaine. En plus, cette pollution a de nombreuses conséquences sur l'être vivant. Les infirmités, des défaillances reproductives, des maladies cancéreuses en sont de bons exemples.



Figure 2: impact des déchets

2. Caractérisation des déchets

Le déchet/débris peut être défini comme " tout détritus d'une procédure de production, d'utilisation, tout organe, produit ou tout bien meuble capitulé. La directive européenne du 18 mars 1991 considère comme déchet "tout objet dont le propriétaire se défait ou dont il a l'intention ou l'obligation d'abandonner. Les débris sont alors collectivement des résidus se présentant comme solide, liquide quand ils sont dans des récipients réputés étanches. Ces déchets sont des résultats des différentes activités de l'être humain : industrielles, agricoles et agricoles.[6]

De nombreux mots comme « résidus » ou « ordures » sont utilisés souvent dans le langage courant, au lieu et place du mot « déchets » et prêtent souvent à gêne. Même si ça signifie pratiquement la même chose, chacun d'eux représente une chose différente. Selon P. Merlin et F. Choay.[6] Les déchets ont un aspect répugnant.

3. Gestion des déchets

La gérance des ordures est une procédure qui prend en considération à la fois le leur traitement des déchets et leur production. La production concorde à la sélection des produits à la source, à leur emploi, à leur intensification. Le traitement s'accorde au tri des ordures, à leur collecte, au transport, et au traitement et le stockage des débris.

La bonne administration des déchets apparaît importante pour le développement durable. C'est pourquoi ce phénomène constitue de nos jours une des inquiétudes majeures de la population et des gouvernements au regard des risques encourus pour le développement de l'être humain et de la conservation des écosystèmes. Les systèmes connectés ont beaucoup participé à la gestion des ordures, les chercheurs n'ont arrêté d'apporter leurs soutiens dans un commun but qui est de minimiser les accablantes dépenses causées par la gestion des déchets.

4. La collecte des déchets

La procédure de collecte des ordures est un aspect critique pour les prestataires de services. La manière traditionnelle de surveiller manuellement les déchets dans les poubelles est un processus complexe et utilise plus d'efforts humains, de temps et de coûts, ce qui n'est pas compatible avec les technologies actuelles. La gérance irrégulière des déchets, généralement des déchets industriels, ménagers et environnementaux, est à l'origine de nombreux problèmes humains tels que la pollution, les maladies et a des effets néfastes sur l'hygiène des êtres vivants.

Actuellement, la plupart des opérations de collecte des déchets municipaux se concentrent sur la vidange des conteneurs selon des horaires prédéfinis à une fréquence définie. Ce système est intrinsèquement inefficace, avec des poubelles à moitié pleines vidées, une mauvaise utilisation des actifs de la ville et une consommation de carburant inutile. Des solutions intelligentes pour le suivi des niveaux de déchets, l'optimisation des itinéraires et l'analyse opérationnelle offrent aux municipalités et aux gestionnaires des services de gérance des ordures la possibilité d'optimiser les fonctions de gestion des déchets, de réduire les coûts opérationnels et de mieux résoudre les questions environnementales associées à une collecte inefficace des ordures.

En illustration comme le cas de gestion des déchets à Sfax qui duré plus de 8 mois sans véritable solutions pour le ramassage des ordures, ceci a créé des dégâts environnementaux au niveau de Sfax.

La plupart des entreprises de gestion des déchets fonctionnent toujours selon un processus de collecte traditionnel, dans lequel les poubelles sont levées à des jours fixes et sur des itinéraires statiques. Ceci est très inefficace, car les camions parcourent une distance considérable pour collecter les bacs qui ne sont pas pleins tout en ignorant les autres qui sont trop remplis.

En conséquence, les coûts logistiques sont trop élevés, le service client est médiocre et les émissions de carbone explosent.

La cause première est le manque de visibilité sur bin demande ne serait-ce pas formidable si les poubelles pouvaient parler ? C'est désormais possible grâce à l'Internet des Objets.

III. Principe de fonctionnement des systèmes IoT

1. Internet des objets

L'Internet, varie par petits volumes et facilite le mode de vie humaine, grâce leur avancé technologique, qui permet une communication continue et sans limitation, ainsi qu'assez d'espace et de temps pour répondre aux envies des utilisateurs et les niveaux de service.

Internet est transféré sur Hyper Network, un réseau de liens physiques et d'acteurs tels que des algorithmes, des scripts et des concepts tels que des informations, des métadonnées et appelées IOT, qui relient plusieurs personnes à plusieurs objets. L'internet devient l'outil le plus puissant créer par l'homme pour la modification et le partage des informations, données avec le monde. Cette métamorphose éclairci le développement de l'internet d'un réseau d'information général non inspecté à un réseau d'informations personnel incluant des technologies de communication.

2. Les éléments clés d'un objet connecté

Un objet connecté à trois éléments clés :

- Les données reçues ou produites, transmises ou stockées.
- Les algorithmes pour examiner ces données.
- L'écosystème dans lequel il va répondre et s'adapter.

Plusieurs chercheurs parlent de « hyper objets » capable de réunir des données nécessaires à la réalisation de plusieurs tâches, car elles sont capables de se charger elles-

mêmes, de communiquer avec plusieurs objets connectés, d'envoyer des informations. Elles sont liées au sein du même écosystème. Ceux qui sont ensemble, forment le tissu de notre quotidien au point d'être indivisible.

3. Architecture des IOT

L'IoT rassemble de nombreux acteurs technologiques. IoT est composé de réseaux de communication sans fil, d'objets connectés, de plateformes de collecte des données, d'applications ou services pour les utilisateurs et d'une surveillance ou sécurisation de toute la chaîne.

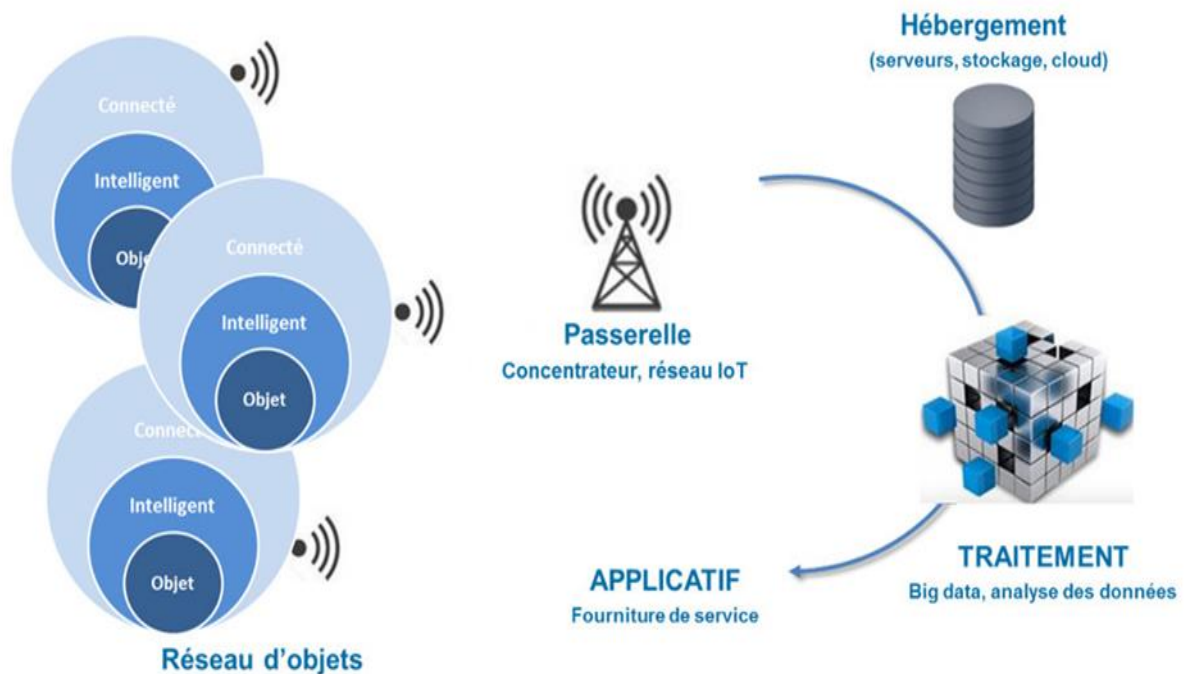


Figure 3 : Architecture IoT

IV. Contexte d'étude de ce type de système de poubelle intelligente

1. Contexte d'étude du projet

Pour l'obtention de mon diplôme d'ingénieur en génie des systèmes électronique et communication il m'a été assigné comme projet, l'étude, conception et réalisation d'une poubelle intelligente.

2. Les défis intrinsèques à la gestion des déchets

L'amélioration de la gérance des ordures dans la smart city représente un grand défi pour les communautés. Elle vise à avoir des conséquences plus positives sur l'environnement urbain, passe également par la gérance des coûts essentiels à la gestion des ordures ainsi que par la diminution de la dépense en énergie globalement.

Ces solutions engendrent l'importance de l'évaluation du taux des ordures déposées, la consommation de la population pour estimer les besoins en tri et faire accroître le volume de collecte des débris et de recyclage, ainsi que l'emploi des nouvelles technologies pour délimiter les tournées de collecte et permettre la mise à jour de l'énergie utilisée par la collecte.[8]

3. Une gestion des déchets avec des systèmes intelligent



Figure 4 : poubelle intelligente

À l'image des contributions de mobilité dans la smart city, une excellente gestion du rassemblement des ordures a une conséquence bénéfique direct sur l'aspect environnemental et écologique, ainsi que sur la condition de vie des humains. L'instauration d'un système connecté pour améliorer les moyens de transport de rassemblement des déchets, comme des camions connectés, donne l'occasion d'avoir des informations précises sur les poubelles connectées en temps réel.

L'appel aux nouvelles technologies au sein des maisons de la smart city permet d'optimiser l'énergie et améliore la qualité de vie aux habitants. L'appel à un système intelligent de tri des ordures représente une diminution de l'influence environnementale importante pour les villes intelligentes. Les nouvelles solutions fonctionnelles dans certaines villes, on compte la méthode de collecte des ordures via un circuit souterrain.

D'autres solutions utilisées dans plusieurs pays est le recyclage de certains déchets qui permet de dispenser l'énergie à travers l'électricité au sein des maisons [9]. Malgré les bienfaits des technologies sur la gestion des déchets, elles n'occupent pas une place considérable dans notre environnement. Pourquoi ne pas les promouvoir ? C'est dans ce contexte que nous allons analyser un ensemble de bibliographies qui nous aidera à la réalisation de notre projet.

4. Synthèse bibliographique

Pour situer les travaux menés dans ce projet par rapport à d'autres travaux traitant la réalisation d'une poubelle intelligente, une synthèse bibliographique succincte s'avère incontournable. Plusieurs travaux ont été menés pour la réalisation des poubelles intelligentes comme le projet de Salman Faris avec la création d'un système de poubelle intelligente avec pour objectif d'informer l'état de chaque poubelle en temps réel afin que l'autorité concernée puisse envoyer le véhicule de collecte des ordures uniquement lorsque la poubelle est pleine. En mettant en œuvre cette optimisation des ressources système, la réduction des coûts, l'utilisation efficace des bacs intelligents peut être réalisée.

Certains travaux ont misé sur le développement d'un système intelligent de surveillance et de collecte des ordures solides utilisant RFID lié aux systèmes connectés avec un système se composant de communication mobile comme GSM et données géographiques (SIG) pour avoir l'emplacement du camion [10]. Le système proposé serait capable de surveiller le processus de gestion des déchets solides et de s'occuper de la procédure globale de collecte. Ainsi d'autres auteurs ont mis en place un prototype de système intelligent des déchets solides utilisant un réseau de capteurs sans fil, capable de réagir dès la présence d'une personne vers la poubelle. Le système ZigBee et GSM / GPRS ainsi que des capteurs choisis avec soin pour la surveillance en temps réel pour avoir les informations sur l'état des poubelles solides [11]. Le système est constitué de plusieurs niveaux, qui sont niveaux moyens, inférieur et supérieur. Le niveau inférieur possède une poubelle avec capteur installé pour mesurer et envoyer des informations sur l'état du bac au niveau suivant, le niveau intermédiaire contient la route qui stocke et envoie les données du bac à la station de contrôle et la station de contrôle est inclus dans le niveau supérieur qui fait le stockage et analyse les informations pour une prochaine utilisation. Un algorithme de détection d'énergie utilisé dans le premier niveau pour la gestion des paramètres de la corbeille. Ainsi le système pourra minimiser les coûts de fonctionnement et les émissions en envoyant les informations recueillir à un système d'aide à la décision pour diminuer le trajet.

Après cette synthèse bibliographique, il s'agira dans le paragraphe suivant de montrer les différents objectifs que nous espérons atteindre à la fin des travaux dans le cadre de ce PFE.

5. Objectifs du projet

Ce projet a pour but d'étudier, réaliser un prototype de poubelle intelligente. Pour arriver à ce but principal, nous nous sommes fixés les buts à atteindre :

- Réalisation d'un prototype qui permet de récolter les niveaux de remplissage des différentes poubelles
- Intégrer des scénarios en se basant sur niveau de remplissage, poids, température, GPS, Etc.
- Réaliser un Dashboard / Application Android de supervision à distance.
- Garantir l'autonomie de la poubelle et appliquer un système complet pour l'alimentation continue du système
- Conception d'une carte électronique.
- Test et validation.

Conclusion

Il s'agissait dans cette première partie, d'une part de faire la présentation de l'organisme d'accueil, ensuite nous avons parlé des problématiques liées à la collecte des déchets en présentant des solutions pouvant minimiser ces problèmes pour un environnement meilleur à travers une synthèse bibliographie qui a permis de situer notre projet dans le cadre de collecte de déchets et d'en fixer les objectifs.

Chapitre 2

Étude et Conception du système de poubelle intelligente

Introduction

Dans ce chapitre, nous verrons quel type de solution nous avons adopté pour notre système de poubelle intelligente. De même nous allons déterminer la liste des composants électronique à utiliser, justifier leurs choix et donner les caractéristiques techniques de chacun et des différents sous-systèmes.

I. Analyse fonctionnelle

1. Recherche et identification du besoin

Pour bien identifier le besoin et limiter notre étude, nous avons a recours à l’outil « bête à corne » qui nous pose des questions regroupées dans la figure suivante :

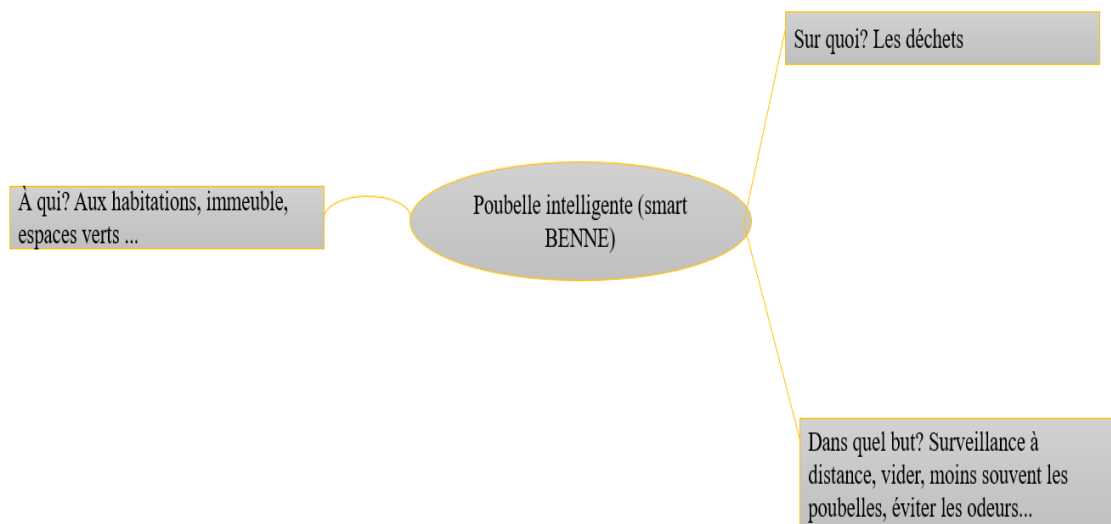


Figure 5: Bête à corne de la poubelle intelligente

2. Diagramme de pieuvre

C'est un diagramme qui résume les fonctionnalités du système établissant des liaisons entre les différentes parties de ces dernières. Ainsi Afin de déterminer les fonctions de services, il est nécessaire d'établir les relations existantes entre le produit et son environnement. Ces relations sont les éléments extérieurs reliés par l'intermédiaire du produit et les éléments extérieurs reliés au produit. On a établi les fonctions de services à l'aide de l'outil diagramme de pieuvre (figure 6) :

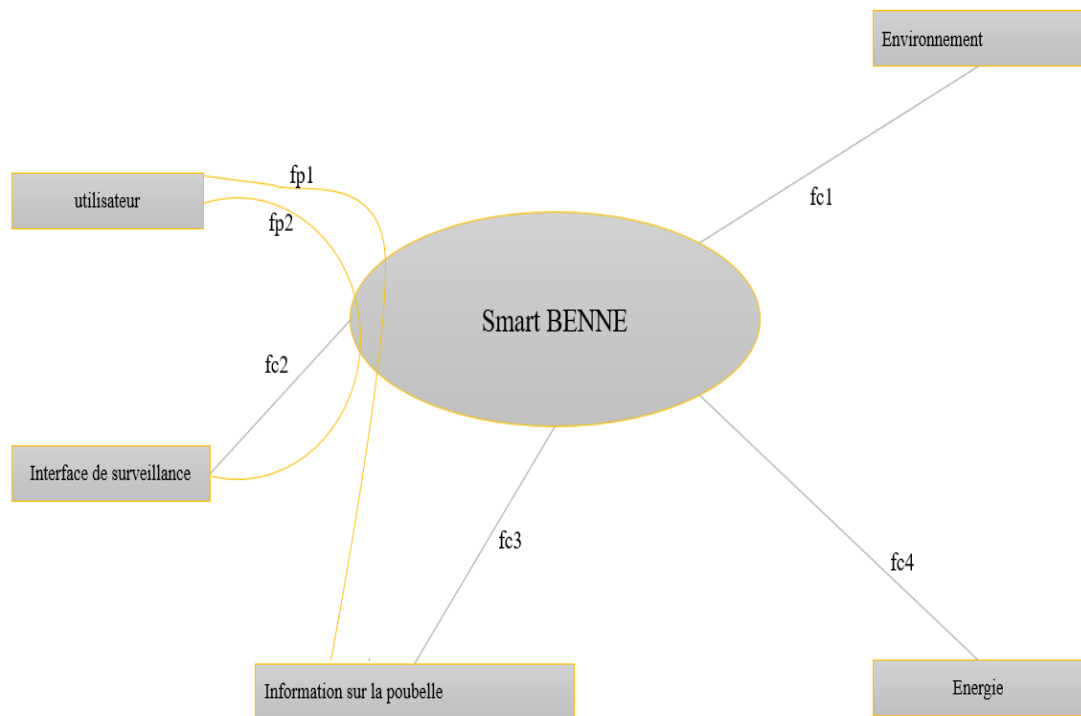


Figure 6: Diagramme de pieuvre de la poubelle intelligente

a) Etablissement des fonctions de services

Les rôles de service sont les activités attendues de notre système pour concorder à un élément de l'environnement d'un utilisateur.

Pour notre système, on a établi les fonctions de services suivantes :

Tableau 1: les fonctions du diagramme de pieuvre

Fp1 : avoir des informations sur la poubelle
Fp2 : surveiller la poubelle à distance à temps réel
Fc1 : respecter l'environnement
Fc2 : donner les informations à l'utilisateur à temps réel
Fc3 : connaître le niveau de remplissage, la localisation recevoir des notifications sur l'état de la poubelle
Fc4 : être alimenté en énergie autonome

3. Diagramme FAST

Le diagramme FAST qui signifie Fonction Analyse Système Technique est un élément qui donne la possibilité de présenter les fonctions techniques et les solutions techniques retenues pour la réalisation des différentes fonctions de service du produit.

C'est un diagramme qui synthétise les solutions technologiques proposées permettant la réalisation de nos objectifs

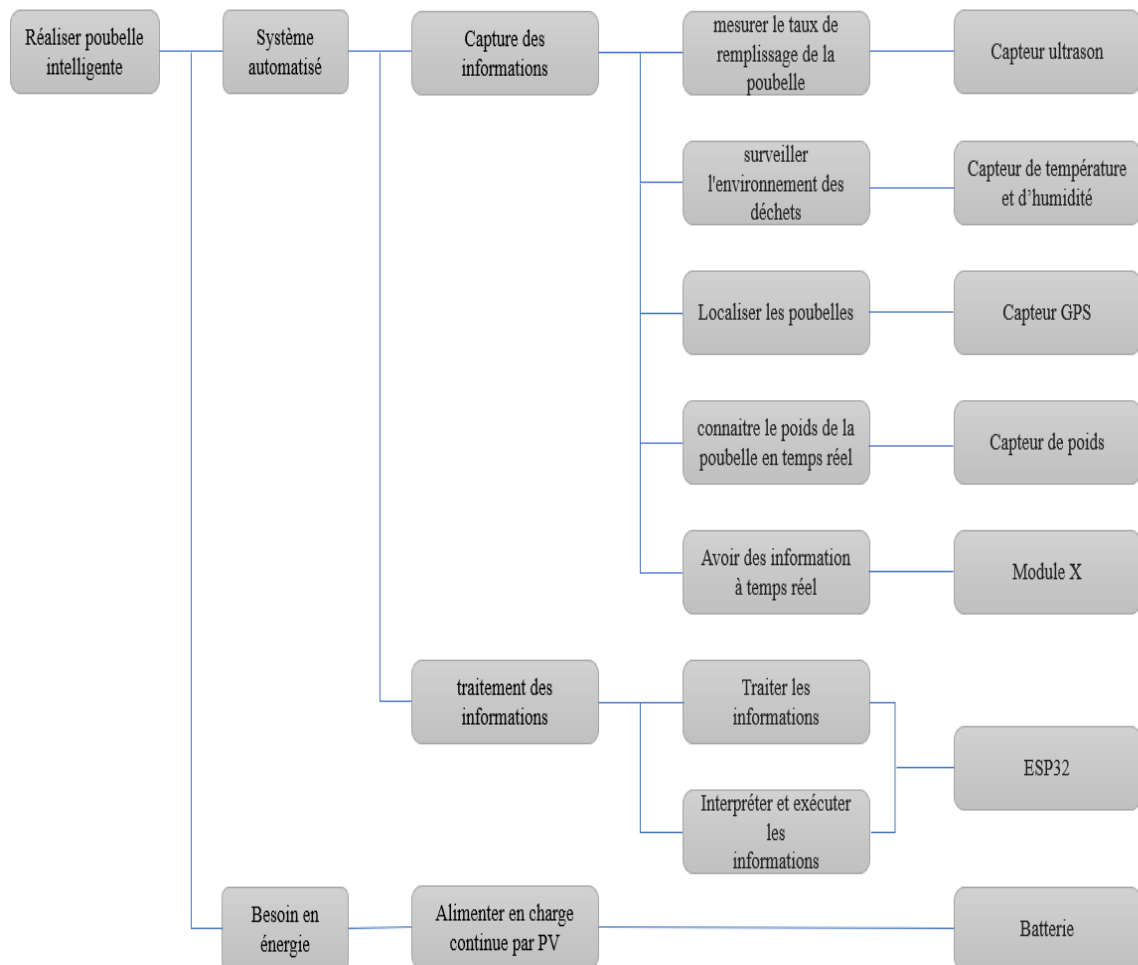


Figure 7: Diagramme de Fast de la poubelle intelligente

II. Mise en place du cahier des charges fonctionnel et le choix de la solution technique

1. Solution proposée

Le but de ce projet est la surveillance à distance des poubelles en temps réel avec une technologie basée sur IOT qui vérifie le niveau de déchets au-dessus des poubelles à l'aide de

systèmes de capteurs, En utilisant le GSM/GPRS, les informations sur le niveau de déchets sont envoyées à la personne dont le numéro est lié à ce module GSM.

Pour la surveillance, une application Android peut être développée pour les informations souhaitées qui sont liées aux différents niveaux de déchets dans différents endroits et lorsque la poubelle contient plus de x % du taux de remplissage (à définir par l'utilisateur).

Intégrer un module GPS pour donner l'emplacement actuel de la poubelle qui donnera l'itinéraire exact de l'emplacement de la poubelle.

On aura besoin :

- **Capteur de niveau ultrason** pour mesurer le niveau de remplissage de la poubelle
- **Carte de commande**
- **Module d'envoi**
- **Système de localisation** : les ordures doivent être identifiées et localisées pour aider l'équipe de ramassage des ordures dans leur gestion. Il offrira plus d'agilité sur la gestion de l'emplacement des ordures, avec la possibilité de déployer des poubelles temporaires
- **Capteur de température et d'humidité** : utilisés pour surveiller l'environnement des déchets. Cela peut être utile pour gérer l'état du composant organique, et pour prévenir la contamination dans certains cas spécifiques (conditions très humides ou chaudes, risque d'incendie dans des conditions très sèches)
- **Détecteur de flamme** : certains peuvent déposer des déchets incandescents (comme des mégots de cigarettes) ou mettre volontairement le feu à la poubelle. Un feu de déchets peut avoir des conséquences dramatiques sur l'environnement (il peut provoquer un feu de forêt).
 - Le détecteur de flamme peut alerter l'équipe de supervision du problème.
- **Capteur de poids** pour connaître le poids de la poubelle en temps réel

2. Schéma synoptique de la solution technique

La figure 7 présente le schéma synoptique global des différents modules de base du dispositif à réaliser.

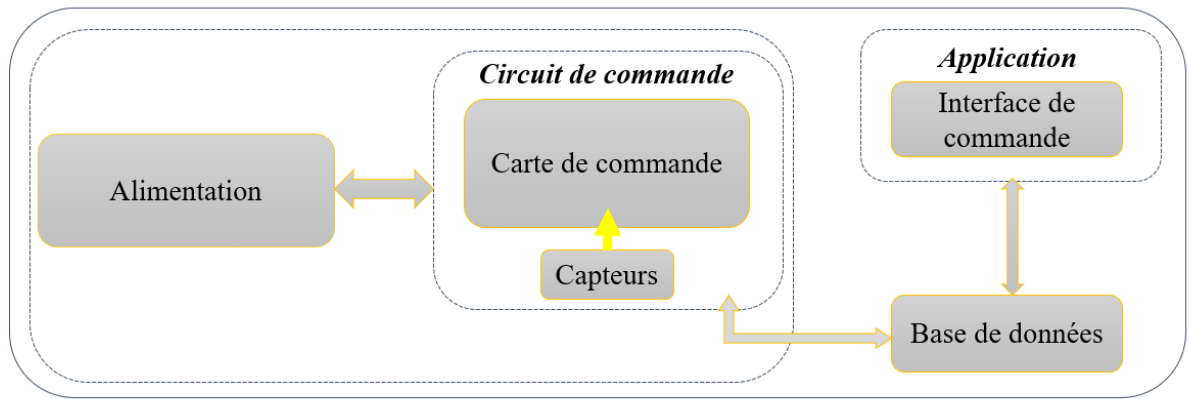


Figure 8:schéma synoptique de la solution technique

Le schéma synoptique est constitué de :

- Circuit d'alimentation : une batterie qui satisfait les besoins d'alimentation de notre poubelle intelligente
- D'un circuit de commande qui va permettre de traiter les informations
- Des capteurs : pour la mesure des paramètres
- Une base de données pour stocker les données et faire la supervision et manipulation instantanée des données.
- D'une interface d'application pour la surveillance à temps réel des données

3. Choix de la solution technique pour les capteurs :

Le contrôle des paramètres d'une poubelle intelligente nécessite des capteurs appropriés. Leurs états sont aussi traités par une carte de commande qui transmet les signaux de commande aux actionneurs via une carte de puissance.

Pour le choix de la solution technologique, nous entamons, en premier lieu, la partie commande puis nous passons vers le choix des capteurs, les protocoles de communication et enfin, les bases de données.

a) Choix de la carte de commande :

Le marché met à notre disposition une variété de microcontrôleurs, afin de rendre la sélection plus facile, il faut effectuer une comparaison entre des propositions possibles.

Tableau 2: tableau comparatif des cartes de commande

<i>Carte</i>	<i>Fréquence de CPU</i>	<i>Nombre de pins</i>	<i>Communications des périphériques</i>	<i>Consommation</i>	<i>Complexité</i>	<i>Prix (TND)</i>
PIC16F877	20	32	Un peu difficile	+	+	18
Arduino	16	18	Facile	++	-	33
Raspberry	1200	40	Facile	+++	-	210
Beagle Bone	1000	92	Facile	+++	+	170
STM32F407	168	144	Difficile	+	++	140
ESP32 SIM800L	80 à 240	34	Facile	++	-	59

Au début nous avons choisi d'utiliser la carte ESP32 SIM7000G mais par manque de protocole NB-IOT sur le territoire tunisien nous avons dû changer cette carte par la carte ESP32 SIM800L. Cette carte présente plusieurs avantages comme ESP32 SIM7000G par rapport aux autres, tel que le coût, la facilité de programmation de la configuration des entrées /sorties analogiques et numériques, aussi elle est constituée de plusieurs module intégré comme le module wifi, GPRS/GSM enfin, le nombre des pins est suffisant pour que notre poubelle intelligente soit réalisable.

b) Choix des capteurs de Température & Humidité

Un air trop humide, ou trop sec, peut être source de désagrément, c'est pour cela qu'il y a plusieurs types de capteurs qui nous renseignent sur les paramètres de température et d'humidité. Utilisés pour surveiller l'environnement des déchets. Cela peut être utile pour gérer l'état du composant organique, et pour prévenir la contamination dans certains cas spécifiques (conditions très humides ou chaudes, risque d'incendie dans des conditions très sèches).

Tableau 3:tableau comparatif des capteurs de température /humidité

	DHT22	DHT11	Grove 101020074
Humidité (relative %)	0 -100 %	20 - 80%	20-90%
Précision (H)	+/-2% (+/- 5% aux extrêmes)	+/-5%	+/-4,5%
Température	-40 ~ +150°C	0 - +50°C	0 -70°C
Précision (T)	+/- 0.5°C	+/- 2°C	+/- 0,5%
Fréquence de mesure maximale	2Hz (2 mesures/ par seconde)	1Hz (1 mesure/ par seconde)	
Alimentation en tension	3 ~ 5 volts	3 ~ 5 volts	3,3 à 5 volts
Stabilité	+/- 0.5% par an	+/- 1% sur une année	Excellente stabilité à long terme

Nous avons choisi d'utiliser le capteur DHT22 car il est compatible avec l'environnement de notre système et supporte une température modérée entre -40°C à + 150 ° C. Aussi il nous permet de mesurer l'humidité.

c) Choix du capteur de niveau

Pour connaître le niveau de remplissage de notre poubelle nous avons besoin d'un capteur de niveau pour nous informer sur le l'état de remplissage de la poubelle.

Il existe plusieurs types de capteur de niveau pour le bon choix du capteur compatible avec notre projet nous allons comparer les différents types de capteurs de niveaux existant sur le marché afin de faire le bon avec les caractéristique adéquates.

Tableau 4: tableau comparatif des capteurs de niveau

Caractéristiques	HC-SR05	HC-SR04
Tension	5 Vcc	5 Vcc
Consommation en courant	15 mA (< 2mA au repos)	15 mA (<2,5 mA au repos)
Angle de mesure	30°	15°
Portée de détection	2 à 400 cm	2 à 400 cm
Résolution	0,3 cm	0,3 cm
Connecteur mâle broches coudé pré-soudé (pas 2,54 mm)	Vcc-Trig-Echo-OUT-GND	Vcc-Trig-Echo-GND
Dimensions	45 x 20 x 13 mm	45 x 20 x 15 mm

Nous avons choisi d'utiliser le capteur HC-SR04 car il a un angle de mesure de 15°, avec un angle de mesure plus de 15° on n'aura pas avec précision le niveau de remplissage de notre poubelle intelligente car avec plus 15° le capteur prendra en compte les bordures de la poubelle ce qui fauchera le niveau de remplissage.

d) Choix de capteur de feu

Certains peuvent déposer des déchets incandescents (comme des mégots de cigarettes) ou mettre volontairement le feu à la poubelle. Un feu de déchets peut avoir de l'impact dramatiques sur l'environnement (il peut provoquer un feu de forêt). Alors pour contrôler la poubelle face au danger lié à l'incendie nous avons décidé d'étudier les différents détecteurs de flamme disponible sur et de faire le bon choix pour notre projet de poubelle intelligente.

Tableau 5:tableau comparatif des capteurs de flamme

Détecteur de Flamme KY-026	Détecteur de Flamme IR
Une consommation : 20 mA Une sensibilité aux longueurs d'ondes entre 760-1100nm Un seuil de détection de flamme modifiable par un potentiomètre Une plage d'angle de détection 60 degrés Une alimentation : 3.3-5.5 VDC	Une consommation : 20 mA Une plage de mesure : 760 à 1100 nm Une portée de détection : 0 à 1 mètre environ Une dimension : 32 x 24 x 15 mm Une température de -25 à 85°C

Nous avons choisi d'utiliser le détecteur de flamme KY-026 car il a les meilleures caractéristiques avec une plage d'angle de détection de 60°.

Le capteur de feu peut alerter l'équipe de supervision du problème.

e) Choix du capteur de poids

Pour connaître le poids des déchets dans la poubelle on doit munir la poubelle d'un capteur de poids. Alors nous avons décidé d'étudier les différents types de capteurs disponibles

afin de faire le choix du capteur de poids adéquat a notre projet. Vous trouverez dans le tableau suivant le tableau comparatif des capteurs de poids et leurs caractéristiques.

Tableau 6:Tableau comparatif des capteurs de poids

Capteur de poids TEM01052B	Capteur de force 20 kg CZL635-20	Capteur De Poids 10KG
Dimensions : 28x28x8 mm Poids : 22 g Capacité : 50 kg Sensibilité de sortie (mV/V) : 1.1 ± 0.15 Résistance d'entrée : 1000 ± 50 Ohms Résistance de sortie : 1000 ± 50 Ohms Résistance d'isolation : ≤ 2000 MOhms (100 Vcc) Tension d'excitation : 5~10 V Température de fonctionnement : -10~+50°C Connexion des fils : Rouge = signal (à lire sur une broche analogique de l'Arduino exemple)	L'alimentation : 5 Vcc (via la carte 1046) La plage de mesure : 0 à 20 kg La précision : 0,5 % de la pleine échelle La température de fonctionnement : -10 à +40 °C La dimension : 56 x 13 x 13 mm	L'alimentation : 5VCC La plage de mesure : 0 à 20kg La précision : 0,5% La température de fonctionnement : -10 à +40°C La dimension : 56 x 13 x 13mm

Après études des différents capteurs de poids nous avons décidé de choisir le capteur de poids **TEM01052B** car celui-ci a les meilleures caractéristiques et plus adapté à notre projet de poubelle intelligente.

4. Choix de la solution technique pour le protocole de communication et base de données :

a) Protocole de communication IOT

Dans l'univers des réseaux non filaire et filaires, un protocole de communication donne les procédures de communication des couches physiques et de liaison du modèle OSI sur un canal physique. Il donne la possibilité de connecter un objet à un réseau filaire ou non-fil. En effet, si ce réseau comprend une route, à savoir un appareil connecté à la fois au réseau et à Internet, alors cet objet peut envoyer et recevoir des informations depuis Internet.

La connexion d'un objet évoque plus souvent les communications non filaires et les technologies telles que le cellulaire Wifi ou le Bluetooth. Et pourtant cela ne constitue que la partie émergée car il existe de nombreux supports physiques et plusieurs protocoles avec des caractéristiques différentes. Cela devient un vrai po pour savoir lesquels sont les plus adaptés à ses besoins.

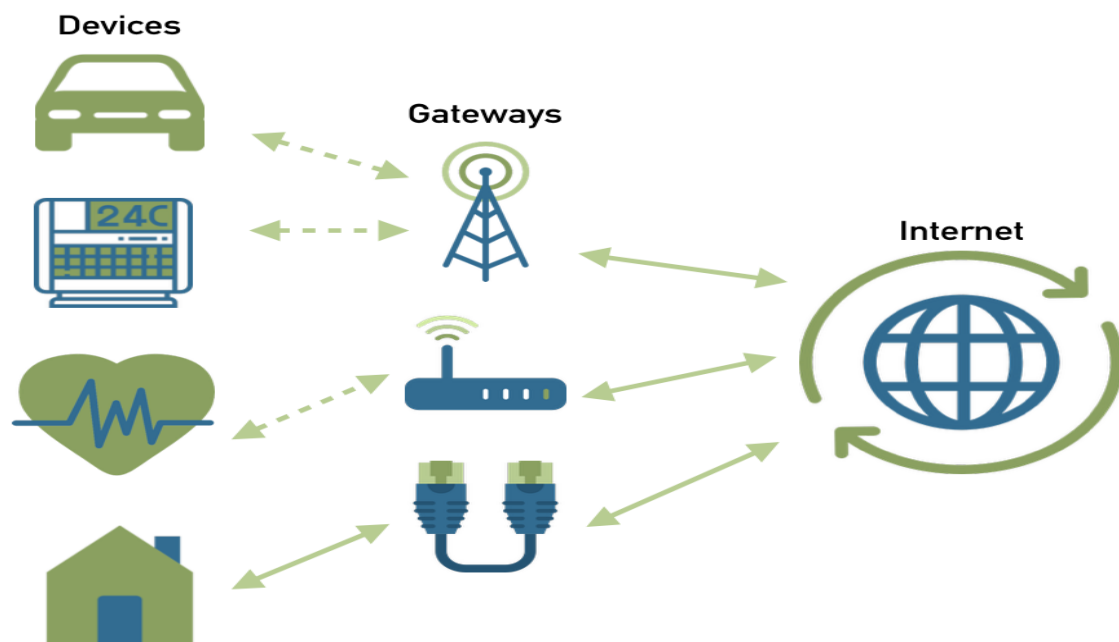


Figure 9 : principe de d'un objet connecté

Faire le choix du protocole de communication est très important car il permet la l'envoi et la réception de données par l'objet.

Sur la figure suivante les différents protocoles de communication :

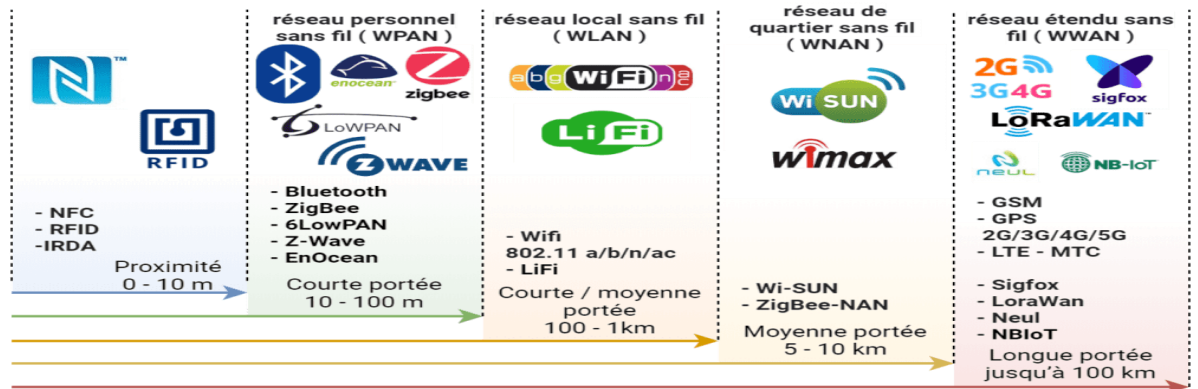


Figure 10 : type de protocole de communication

Enfin, le tableau ci-dessous nous donne un comparatif quelques protocoles de communications les plus utilisés dans le marché de l'Internet des Object, avec leurs caractéristiques, dans le souhait d'accompagner notre choix ou de nous permettre de comprendre mieux le comportement de certaines nouvelles technologies.

Tableau 7:tableau comparatif des protocoles de communication IoT

Protocole (Topologie)	Porté	Débit	Géolocalisation	Avantages	Inconvénients
LORAWAN (La Diffusion)	Longue portée	Bas débit	Peut supporter jusqu'à plusieurs mètres	Bas débit, faible en puissance, prix bas pour l'appareil, longue portée, économie de batterie (>10)	L'utilisation d'un modem spécifique, ne gère pas la mobilité des objets
WIFI (l'étoile)	Courte portée	Très haut débit	Jusqu'à plusieurs mètres	Très haut débit, qualité de signal assuré, la	Non adapté aux objets uniquement

				connexion simple et rapide à la passerelle	alimentés par une batterie, couverture du réseau limité à faible zone autour de la passerelle.
BLEUTOUTH (Étoile)	Courte portée	Haut débit	Jusqu'à plusieurs mètres	Haut débit, faible portée, intégré dans tous les appareils du quotidien.	Si la sécurité n'est pas bien configurée alors l'objet peut s'exposer des failles de sécurité
SIGFOX (Diffusion)	Longue portée	Bas débit	Plusieurs centaines de mètres	Une faible puissance, un prix bas pour les appareils et abonnement, longue portée, économie de la batterie (>10)	Dépendance à une technologie propriétaire, utilisation d'un modem spécifique,
NB-IoT (Cellulaire)	Longue portée	Bas débit	On a sur plusieurs centaines de mètres	L'utilisation d'un modem spécifique, ne gère pas la mobilité des objets	Basé sur une faible consommation d'énergie, Nb IOT ne peut que on a moins de transmission de données

Après l'étude des différents protocoles de communication nous avons choisir d'utilisé le protocole **NB-IoT** car présentant de bon avantage et convient pour des parcs importants d'appareils fixes et nécessitant un faible volume de données avec une faible consommation en énergie : adapté pour les objets connectés. Donc un protocole bien adapté pour notre projet de poubelle intelligente.

b) Les bases de données

On peut définir une base de données comme un ensemble de données organisé et facilement accessible, géré et mis à jour. Elle est utilisée pour le stockage, la gestion et la récupération des données. Les données sont organisées en lignes, en colonnes et en tableaux et sont indexées afin de faciliter l'extraction des informations. Elles sont mises à jour, complétées ou supprimées à mesure que de nouvelles données sont ajoutées. Les bases de données contiennent souvent des dossiers ou des informations.

Souvent, l'administrateur de la base de données régule les accès des utilisateurs afin de contrôler leurs actions et d'analyser les usages. Pour assurer la cohérence des informations et l'intégralité des transactions, toutes les transactions réalisées sur une base de données doivent répondre aux exigences de la conformité ACID :

- **Le principe d'Atomicité** garantit la bonne exécution de la transaction. Les transactions de base de données, comme les atomes, peuvent être décomposées en plus petites parties. Si une partie d'une transaction échoue, toute la transaction sera annulée.
- **La propriété de Cohérence** signifie que seules les données qui suivent des règles prédéfinies peuvent être écrites dans la base de données.
- **L'isolement** fait référence à la capacité de traiter simultanément plusieurs transactions de manière indépendante.
- **La durabilité** requiert de rendre les défaillances invisibles pour l'utilisateur final. Les données sont sauvegardées une fois la transaction terminée,
- Pour faire le choix de base de données pour notre projet IoT nous allons passer par l'études de quelques bases de données dans un tableau comparatif qui nous permettra de faire le choix en tenant compte des caractéristiques des bases de données

Ci-dessous le tableau comparatif de base de données :

Tableau 8:tableau comparatif de base de données

	FIREBASE	MYSQL	MONGO DB
Description	Ensemble des services d'hébergement pour n'importe quel type d'application. Il propose d'héberger en NoSQL et en temps réel des bases de données, du contenu, de l'authentification sociale, et des notifications, ou encore des services,	Système de gestion de bases des informations relationnelles. Il est distribué sous une double licence GPL et propriétaire.	Système de gestion de base de données orienté documents, répartissable sur n'importe quel d'ordinateurs et ne nécessite pas de schéma prédéfini des données
Prix	À partir de 24,99\$ par mois (version gratuite disponible)	Gratuit(open-source)	Gratuit(open-source)
Développé par	Google	Oracle	MongoDB, Inc
Langage	Java, javaScript, Objective-c etc.	Ada, C, C#, C++, Delphi, Java, PHP, Python,	Actionscript C, C#, C++, Clojure ColdFusion, java, JavaScript, Matlab PHP python
APIS	Android, IOS, JavaScript, HTTP RESTful MeSH	JOBC	

Après études nous avons décidé de choisir la base de données FIREBASE pour la manipulation et surveillance instantanée des données.

III. Environnement logiciel

1. ISIS

ISIS est un logiciel destiné à l'électronique. Il a été développé par la société Labcenter Electronics, les logiciels incluent dans proteus professional permettent la Construction Assistée par Ordinateur dans le domaine de l'électronique. Deux logiciels principaux composent cette suite logicielle : (ISIS, ARES, PROSPICE) et VSM. Ce logiciel est connu dans le domaine de l'électronique. De nombreuses entreprises et organismes de formation incluant lycée et université utilisent cette suite logicielle. Dans notre cas nous utiliserons le logiciel ISIS. En effet ce logiciel est connu pour éditer des schémas électroniques. Par ailleurs, il permet de simuler ces schémas ce qui permet de déceler certaines erreurs à l'étape de conception. Les circuits électriques conçus grâce à ce logiciel peuvent être utilisés dans plusieurs documentations par ce qu'il permet de contrôler la majorité de l'aspect graphique des circuits. Dans notre projet nous utiliserons ce logiciel pour la réalisation de la carte électronique c'est le PCB.

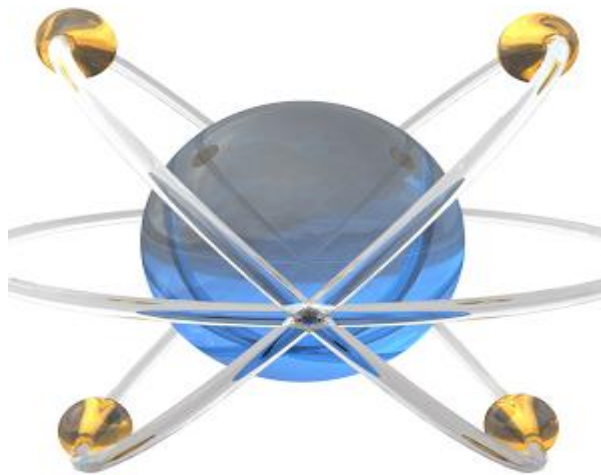


Figure 11 : ISIS proteus logo

2. Arduino

C'est un logiciel de programmation des modules Arduino, avec une interface appelée Arduino IDE, libre et multi-plateforme dérivée de Processing qui serve à éditer des codes et des compilateurs, et qui peut transférer le firmware et le programme au travers de la liaison série RS-232, Bluetooth ou USB selon le module. On peut également se passer de l'interface Arduino, et de compiler et téléverser les programmes via l'interface en ligne de commande.

Le langage de programmation utilisé est le C++, lié à la bibliothèque de développement Arduino, et qui permet d'utiliser la carte et ses entrées et sorties. La mise en place de ce langage standard rend plus facile le développement du programme sur les plateformes Arduino à toute personne maîtrisant le C ou le C++.



Figure 12 : figure Arduino IDE

3. MIT app inventor

APP INEVTOR est un instrument de développement en ligne pour les Smartphones et les tablettes sous Android, il a été créé par GOOGLE, et est un concurrent de l'IOS d'APPLE. La plateforme de développement est abordable à tous les utilisateurs.

La programmation se réalise en ligne, à l'aide de son navigateur, et sous l'environnement logiciel de son choix Mac, Linux ou Windows. Les seules conditions sont d'avoir un compte Gmail pour y accéder, et aussi avoir un accès à internet. Les données sont stockées sur des serveurs distants.

Il comprend deux fenêtres pendant le développement de l'application :

- Une fenêtre pour la création de l'interface homme machine qui sera l'allure de l'application ;

- L'autre fenêtre de programmation permet, par de créer le comportement de l'application.

- **La création de l'interface**

La fenêtre de création d'interface comporte quatre parties : nous avons la palette qui est l'interface utilisateur, aussi nous avons Viewer qui est le téléspectateur, le troisième comprend les composants de l'application et le dernier comprend les propriétés des composants.

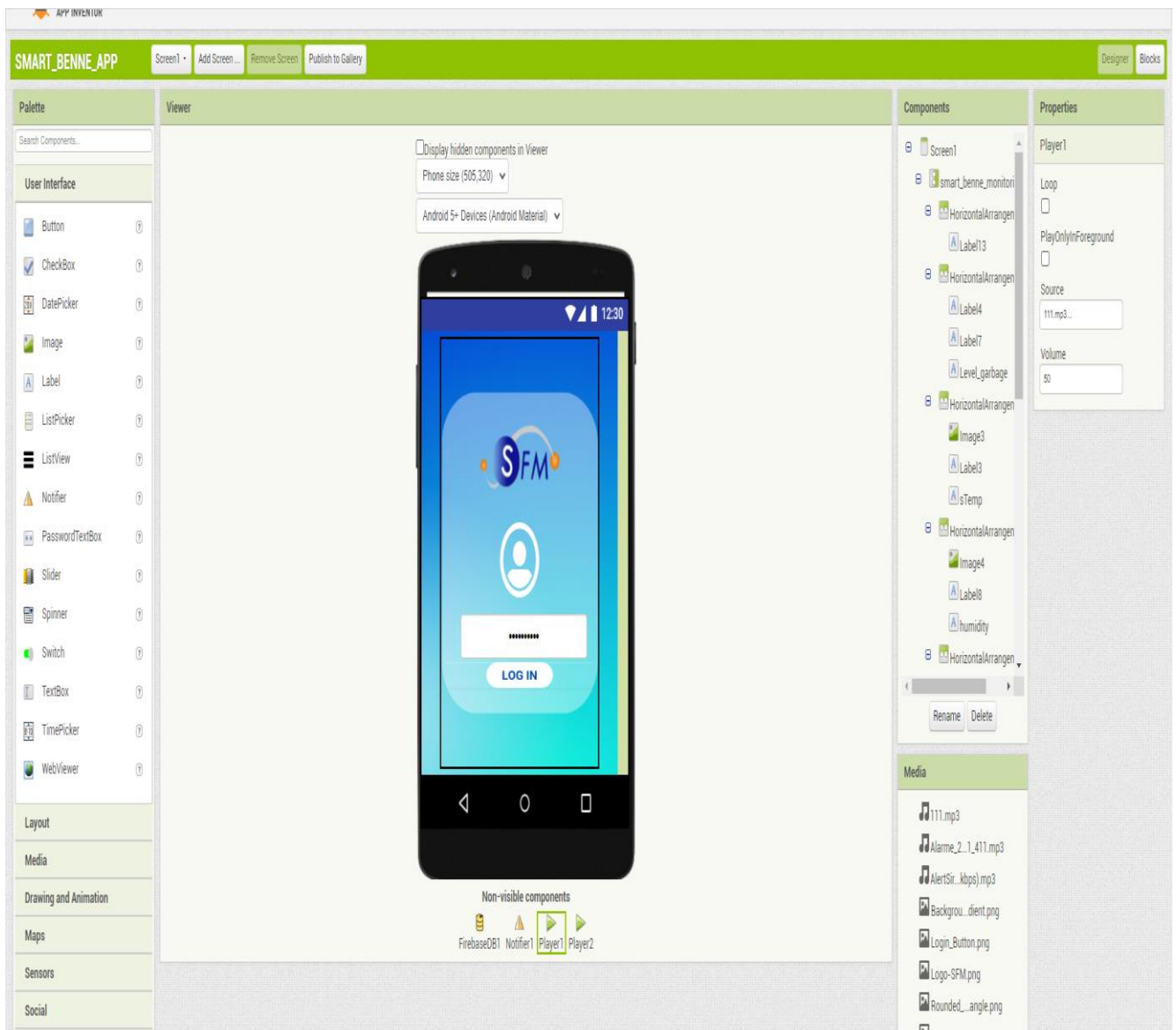


Figure 13 : La création de l'interface d'application Android

- **La fenêtre de programmation graphique**

Pour finir avec la fenêtre d'interface, la dernière fenêtre de programmation comporte juste deux parties, la première comprends les blocks et le second comprend l'interface de programmation.

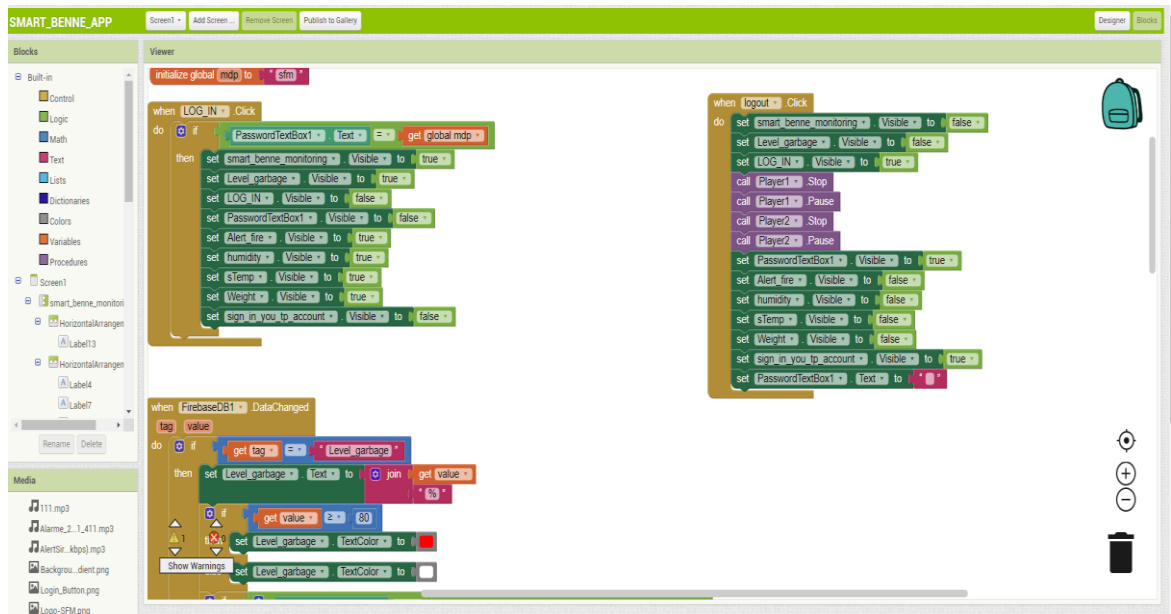


Figure 14 : La programmation de l'application

Conclusion

La conception d'un projet peut être faite de plusieurs manières pour satisfaire à un même cahier des charges. Le choix de la solution technique est primordial et est fonction de plusieurs critères. Dans ce chapitre nous avons énuméré les différents capteurs et actionneurs qui répondent aux différents besoins notre systèmes. De plus nous aurons besoin d'un environnement logiciel assez vaste Arduino IDE, isis afin de réaliser le système de commande. Ainsi le chapitre suivant sera consacré à l'élaboration et à la réalisation de notre poubelle intelligente.

Chapitre 3

Réalisation pratique de la poubelle intelligente

Introduction

Il s'agira dans ce chapitre de la réalisation de notre poubelle intelligente. Il s'agira de la surveillance à distance des poubelles en temps réel avec une technologie basée sur IOT qui vérifie le niveau de déchets au-dessus des poubelles à l'aide de systèmes de capteurs, En utilisant le GSM/GPRS, les informations sur le niveau de déchets sont envoyées à la personne dont le numéro est lié à ce module GSM.

Son fonctionnement est régi par un cahier de charge qui est le suivant

- Réalisation d'un prototype qui permet de récolter les niveaux de remplissage des différentes poubelles
- Intégrer des scenarios en se basant sur le niveau de remplissage
- Réalisation d'un Dashboard / application Android de supervision à distance
- Garantie l'autonomie de la poubelle et appliquer un système complet pour l'alimentation continue du système
- Conception d'une carte électronique
- Test et validation

I. Implémentation de l'algorithme de gestion de notre poubelle intelligente

Le but de ce projet est la surveillance à distance des poubelles en temps réel avec une technologie basée sur IOT qui vérifie le niveau de déchets au-dessus des poubelles à l'aide de systèmes de capteurs, En utilisant le GSM/GPRS, les informations sur le niveau de déchets sont envoyées à la personne dont le numéro est lié à ce module GSM.

Pour la surveillance, une application Android peut être développée pour les informations souhaitées qui sont liées aux différents niveaux de déchets dans différents endroits et Lorsque la poubelle contient plus de 80% du taux de remplissage, une alerte sonore et visuelle est émise par l'application pour avertir l'utilisateur de l'urgence de ramasser cette poubelle.

Intégrer un module GPS pour donner l'emplacement actuel de la poubelle qui donnera l'itinéraire exact de l'emplacement de la poubelle.

Cet objet sera réalisé grâce à l'algorithme suivant :

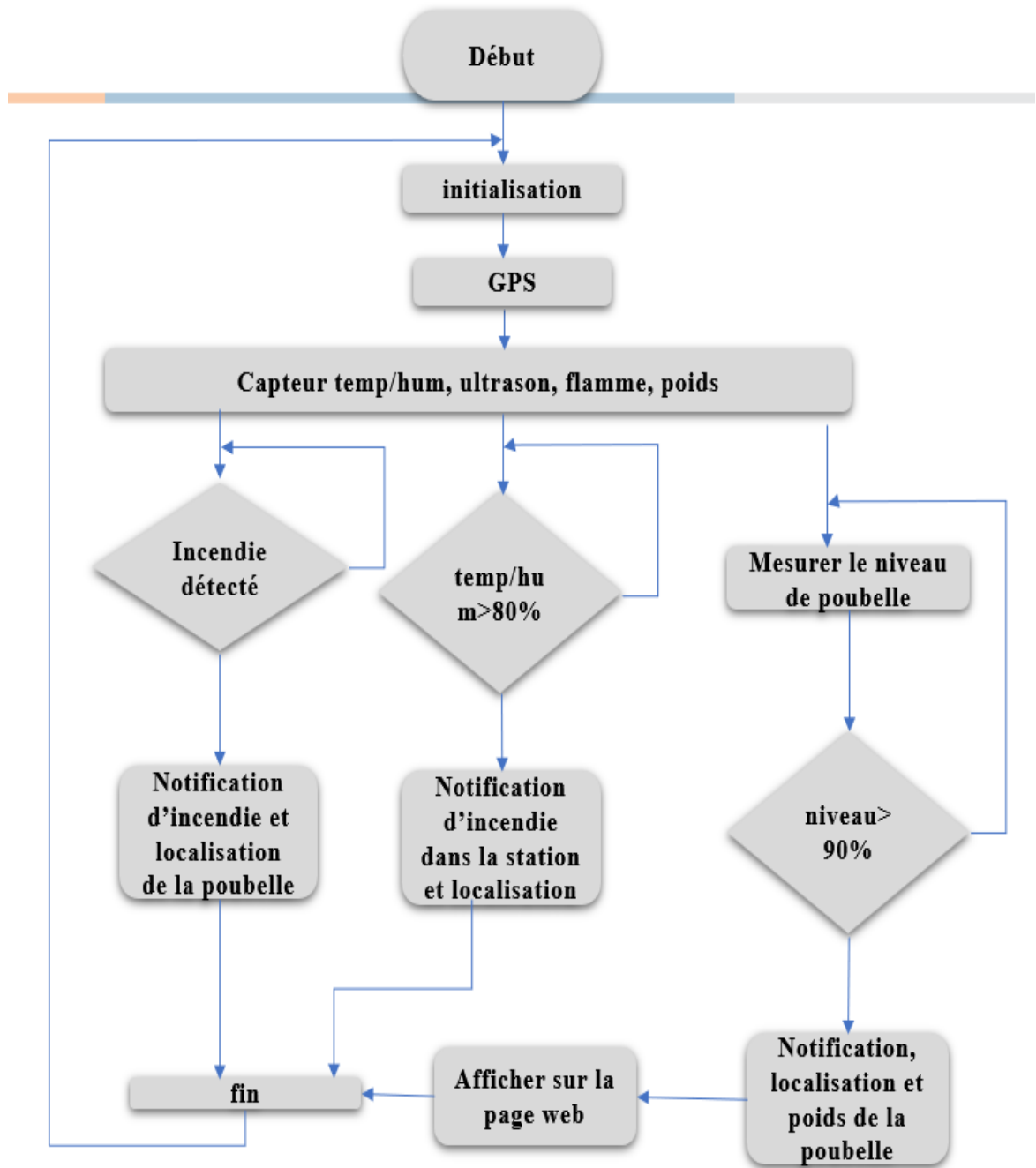


Figure 15 : Algorithme de gestion de la poubelle intelligente

1. Test du Capteur ultrason avec ESP32 SIM 7000G

Le capteur ultrason diffuse à intervalles bien défini des impulsions sonores à haute fréquence. Lorsque ces impulsions rencontrent un objet, elles se réfléchissent et reviennent sous la forme d'un écho au capteur.

Le capteur calcule la distance qui le sépare de la cible en se basant sur le temps écoulé entre l'émission du signal et la réception de l'écho.

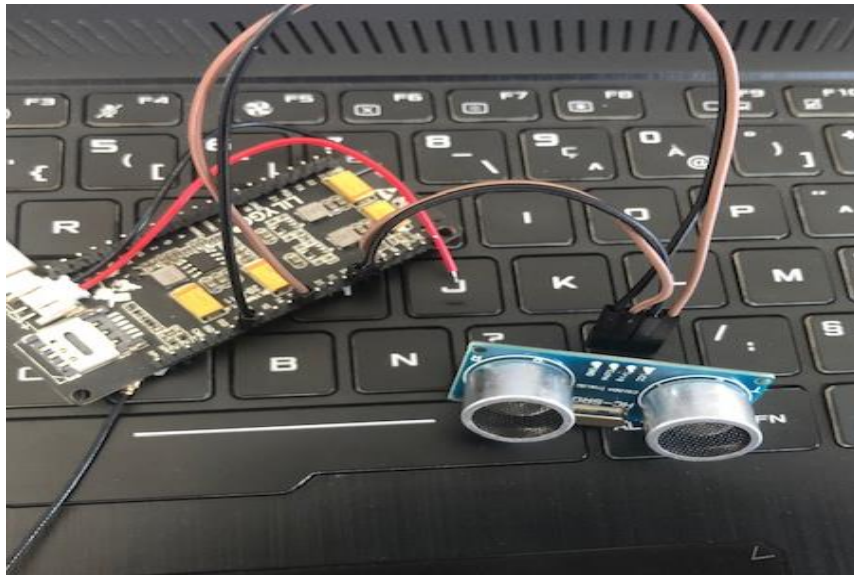


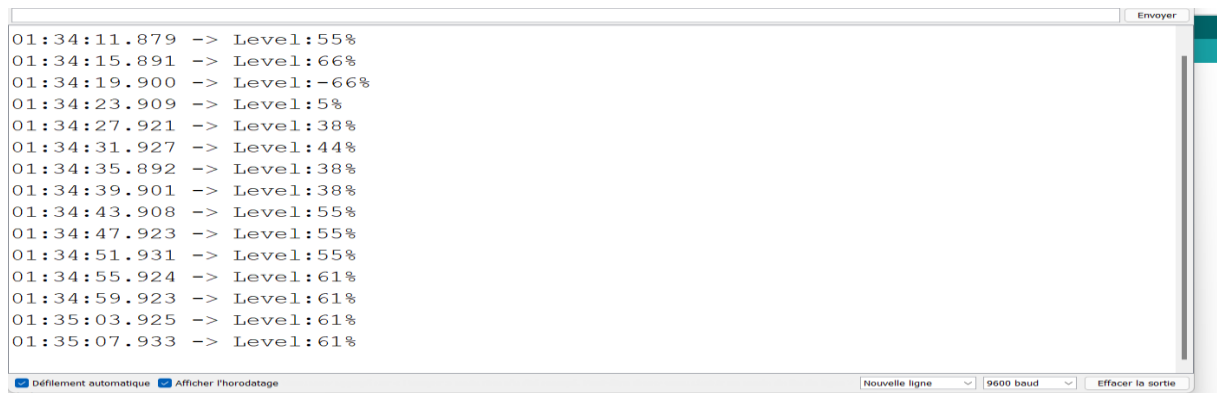
Figure 16 : Montage du capteur ultrason avec ESP32 SIM 7000G

- **Le code pour obtenir la distance d'un objet à l'aide du capteur HC-SR04 et de l'ESP32 SIM700G**

Le code suivant est un exemple simple qui permet d'obtenir la distance entre le capteur et un objet à l'aide de la carte ESP32 SIM 7000G avec le noyau Arduino.

```
digitalWrite(trigPin, LOW);
delayMicroseconds(2);
// Sets the trigPin HIGH (ACTIVE) for 10 microseconds
digitalWrite(trigPin, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(trigPin, LOW);
// Reads the echoPin, returns the sound wave travel time
duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
// Calculating the distance
distance = (duration/2) / 29.1;
// Displays the distance on the Serial Monitor
level = ((height-distance)/height)*100; // 5.56 is
Serial.print("Level:");
Serial.print(level);
Serial.println("%");
if(level >= 80){
    Serial.println("Please clear the garbages");
}
```

L'objectif de ce test était de vérifier le bon fonctionnement du capteur ultrason ce qui a été un succès. Ensuite grâce à ce test on a pu tester le niveau de remplissage de la poubelle. Comme la montre (la figure 17) :



```
01:34:11.879 -> Level:55%
01:34:15.891 -> Level:66%
01:34:19.900 -> Level:-66%
01:34:23.909 -> Level:5%
01:34:27.921 -> Level:38%
01:34:31.927 -> Level:44%
01:34:35.892 -> Level:38%
01:34:39.901 -> Level:38%
01:34:43.908 -> Level:55%
01:34:47.923 -> Level:55%
01:34:51.931 -> Level:55%
01:34:55.924 -> Level:61%
01:34:59.923 -> Level:61%
01:35:03.925 -> Level:61%
01:35:07.933 -> Level:61%
```

Figure 17 : Résultat de test du capteur ultrason

Ce test nous a permis de tester le niveau de remplissage en pourcentage ainsi à certains niveaux de remplissage il y aura une notification sur le niveau de remplissage qui sera justifier dans le test global par la suite.

2. Test du Capteur DHT22 avec ESP32 SIM 7000G

DHT22 est un capteur à la fois de température et d'humidité. Il se compose d'un capteur d'humidité capacitif et une thermistance pour la mesure de l'air ambiant et ceci génère un signal numérique sur la broche de données.

C'est un capteur à moindre prix qui communique en série 1 fil avec un protocole spécial, et fournit une indication de température sur 16 bits et fournit également une indication d'humidité sur 16 bits. Il est possible de redemander une mesure toute les secondes environ avec une fonction bloquante de 5ms.

La connexion électrique au NodeMC est très simple, car la série DHT peut être alimentée directement en 3,3V. Seuls 3 fils sont nécessaires : VCC, GND et la ligne de données

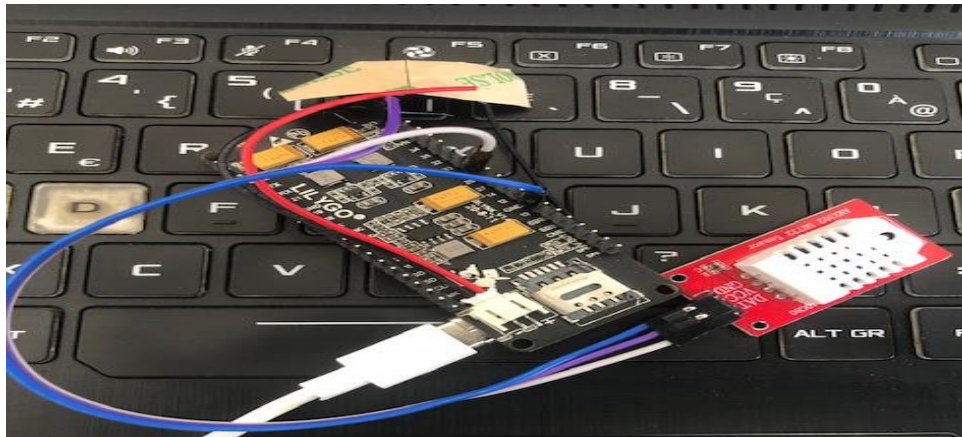


Figure 18 : montage du capteur DHT22 avec ESP32 SIM 7000G

- Programme ESP32 SIM 7000G pour capteur DHT22

```
float DHT22Data() {
    float h = dht.readHumidity();
    float t = dht.readTemperature();
    if (isnan(h) || isnan(t)) {
        Serial.println("Failed to read from DHT sensor!");
    }
    Serial.print("Humidity: ");
    Serial.print(h);
    Serial.print(" %\t");
    Serial.print("Temperature: ");
    Serial.print(t);
    Serial.println(" *C ");
    delay(2000);
    if(h>80.0 && t>50.0){
        Serial.print("dectetion de feu!");
    }
}
```

Ce code affiche la valeur de l'humidité et de la température lorsque ces valeurs de ces deux entités atteignent un certain niveau on a une notification de risque d'incendie.

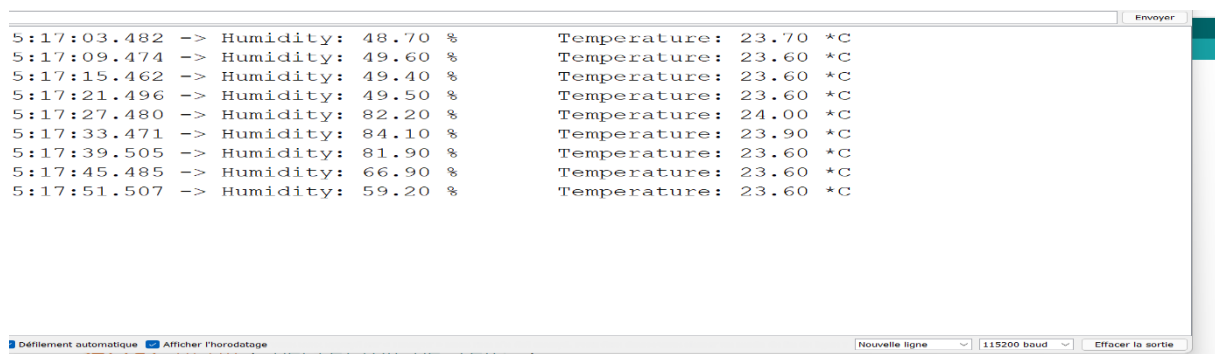


Figure 19 : résultat de test du capteur de température et humidité

3. Test du Capteur de feu avec ESP32 SIM 7000G

Le module de détection de flamme KY-026 mesure la force de la lumière infrarouge donné par le feu sur la plage d'une longueur d'onde se situant entre 760 à 1100 nm. Le module KY-026 comprend de sorties numériques et analogiques et d'un potentiomètre pour le réglage de la sensibilité.

Le capteur de flamme KY-026 permet évidemment de détecter la présence d'une flamme à l'aide d'un récepteur infrarouge. Le capteur peut être utilisé pour créer une alarme incendie dans la maison et de nombreux autres dispositifs utiles.

Ce capteur est utilisé dans notre système pour signaler la présence d'incendie en temps réel si notre poubelle est en feu.

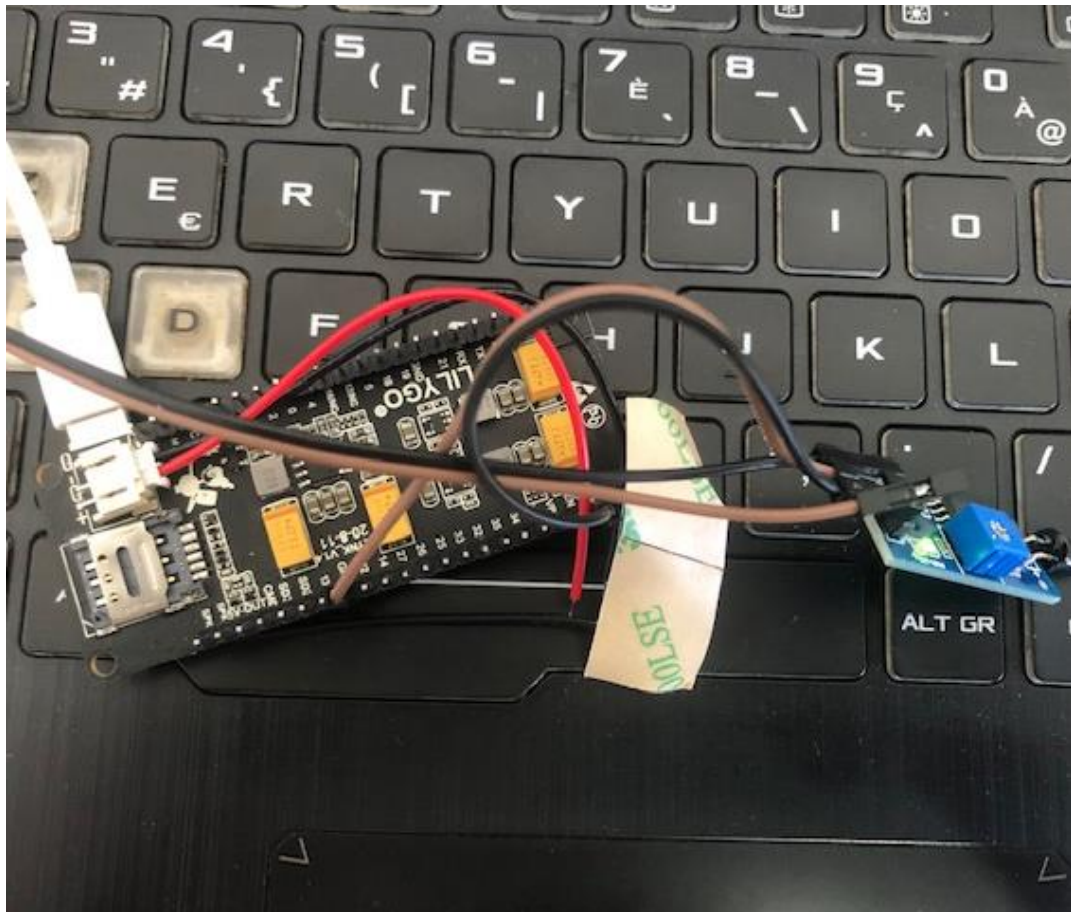


Figure 20 : câblage de capteur de feu avec ESP32 SIM7000G

- **Code pour le test du capteur de feu avec l'ESP32 SIM7000G**

Ce code nous donne une notification lorsqu'il y a la présence de feu dans la poubelle.

```
void getfire(){
  isFlame = digitalRead(isFlamePin); //Read the data given by the flame sensor
  if (isFlame== LOW) //if it is low
  {
    Serial.println("FLAME, FLAME, FLAME"); //Print Flame Flame
  }
  else
  {
    Serial.println("no flame"); //print no flame
  }
}
```

A chaque fois que le capteur détectera la présence de feu on aura un message en temps réel pour nous dire qu'il y a une présence de feu.

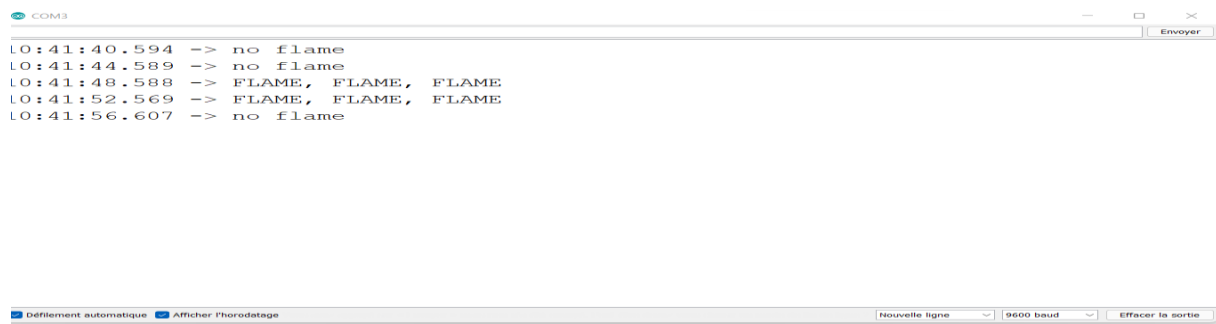


Figure 21 : Résultat de test de capteur de feu

4. Test du Capteur de poids avec ESP32 SIM 7000G

Le capteur de poids se compose d'un demi-pont métallique auquel sont reliés trois fils de couleurs différentes (rouge, noir et bleu). En exerçant une pression sur le demi-pont, celui-ci envoie un signal via le câble rouge, dédié à ce type de transmission.

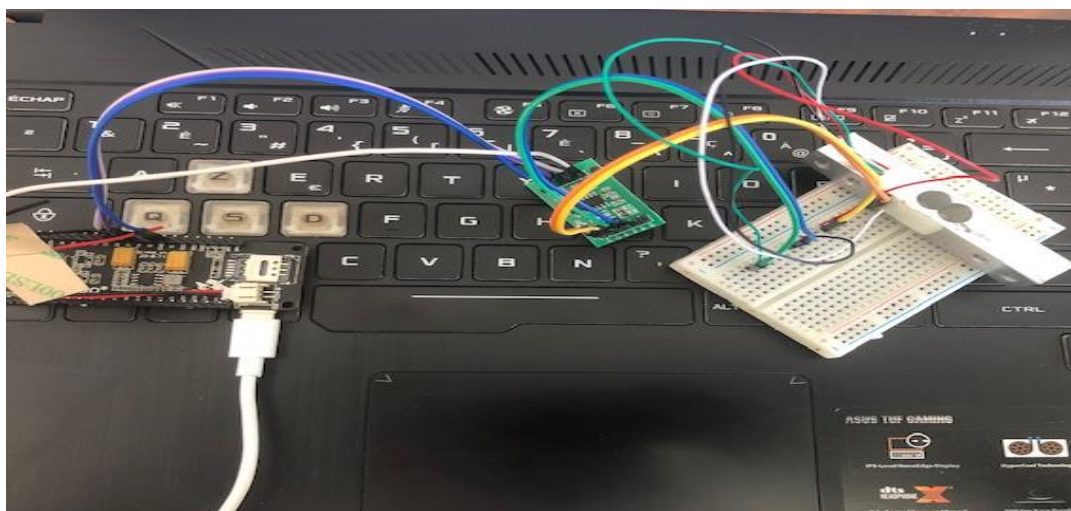


Figure 22 : câblage du capteur de poids avec ESP32 SIM7000G

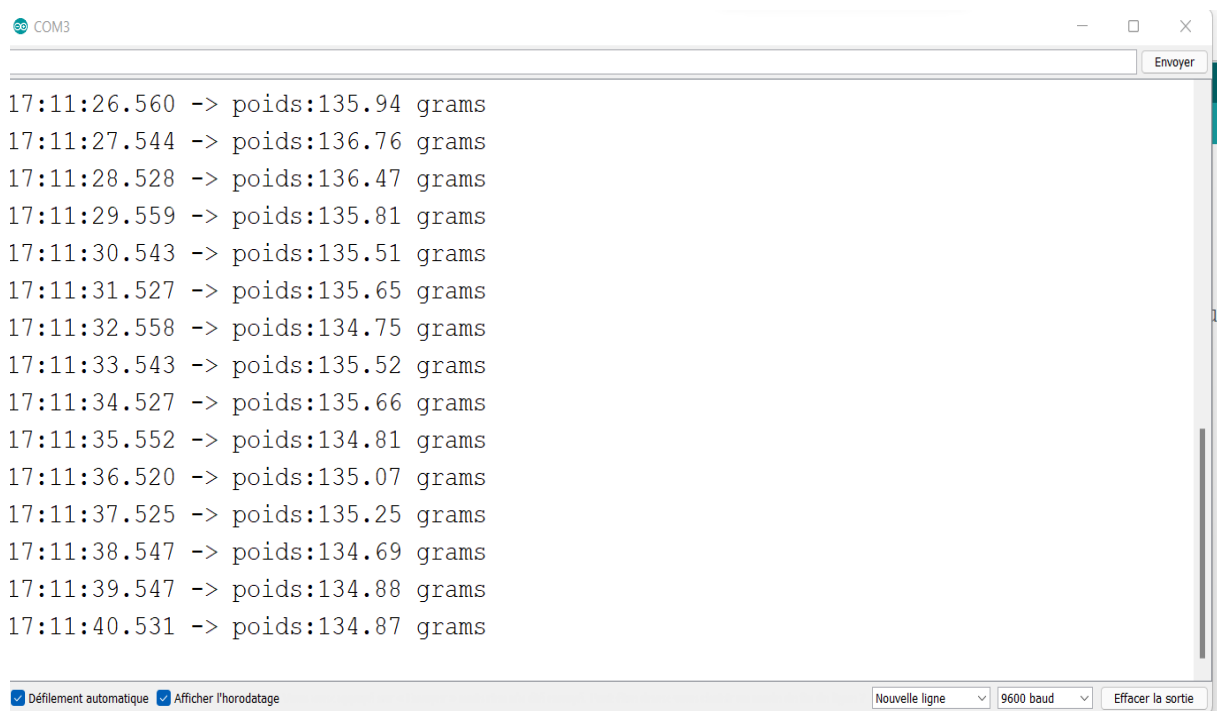
- **Code pour le test du capteur de poids avec l'ESP32 SIM700G**

Le code suivant est développé pour mesurer le poids d'une poubelle en utilisant le capteur de poids et la carte ESP32 SIM700G.

```
},
float weight() {
  //if (level >80){    //niveau poubelle dépasse 80%
    scale.begin(DOUT, CLK);
    scale.set_scale(calibration_factor); //This value is obtained by usi
    Serial.print("poids:");
    units = scale.get_units(),10;
    ounces = units * 0.035274;
    Serial.print(units+19);
    Serial.println(" grams");
    delay(1000);
  //}
}
```

Le capteur de poids va nous donner à temps réel le poids de la poubelle

Le résultat du test est le suivant :



```
COM3
17:11:26.560 -> poids:135.94 grams
17:11:27.544 -> poids:136.76 grams
17:11:28.528 -> poids:136.47 grams
17:11:29.559 -> poids:135.81 grams
17:11:30.543 -> poids:135.51 grams
17:11:31.527 -> poids:135.65 grams
17:11:32.558 -> poids:134.75 grams
17:11:33.543 -> poids:135.52 grams
17:11:34.527 -> poids:135.66 grams
17:11:35.552 -> poids:134.81 grams
17:11:36.520 -> poids:135.07 grams
17:11:37.525 -> poids:135.25 grams
17:11:38.547 -> poids:134.69 grams
17:11:39.547 -> poids:134.88 grams
17:11:40.531 -> poids:134.87 grams
```

Figure 23 : Résultat de test du capteur de poids

II. Envoi des données de capture sur Cloud

1. Interface ThingSpeak :

Il s'agira dans cette partie d'étudier les différentes parties de réalisation de notre interface de supervision grâce au Cloud ThingSpeak et logiciel Arduino illustrés par la figure (21).

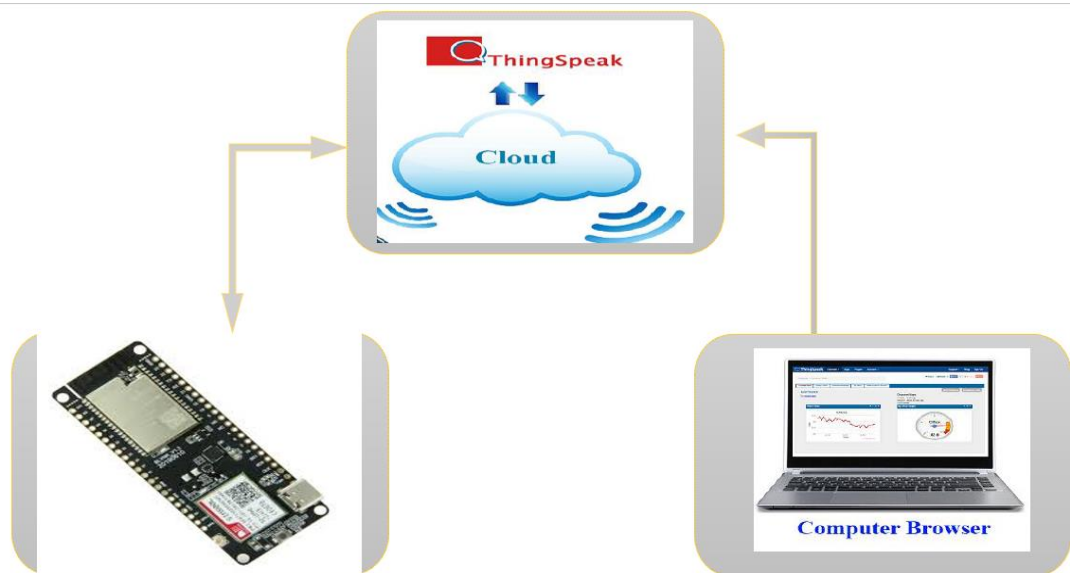


Figure 24 : icones de logiciels ThingSpeak et ESP32 SIM800L

2. Logiciel ThingSpeak et L'interface réalisée :

ThingSpeak est un environnement de développement spécialisé en IOT (Internet Of Things/internet des objet). Sa particularité est qu'il affiche des résultats graphiques en utilisant un réseau d'envoi. Il permet la réception des informations transmits par un microcontrôleur et un module de transmission à travers une grande distance. Avec ThingSpeak on programme des lignes de code à la syntaxe complexe. La programmation est effectuée à l'aide des instructions écrites par le logiciel Arduino, représentant des fonctions qui permettent d'envoyer le résultat de chaque capteur à un graphe (field).

En effet pour réaliser cette interface nous avons utilisé les résultats des capteurs de notre système à l'aide de logiciel Arduino. L'obtention de la communication entre logiciel Arduino et logiciel ThingSpeak exige l'installation de plusieurs bibliothèques [12].

Afin de représenter ces différentes données et mesures de manière claire et facile à manipuler et gérer, nous avons développé une interface de supervision. Cette interface de

supervision permet de renseigner en particulier les valeurs de température, d'humidité, le niveau de remplissage de la poubelle, le poids, la localisation, l'alerte d'incendie. La figure 24 représente un exemple de représentation des mesures à l'aide de notre interface de supervision.

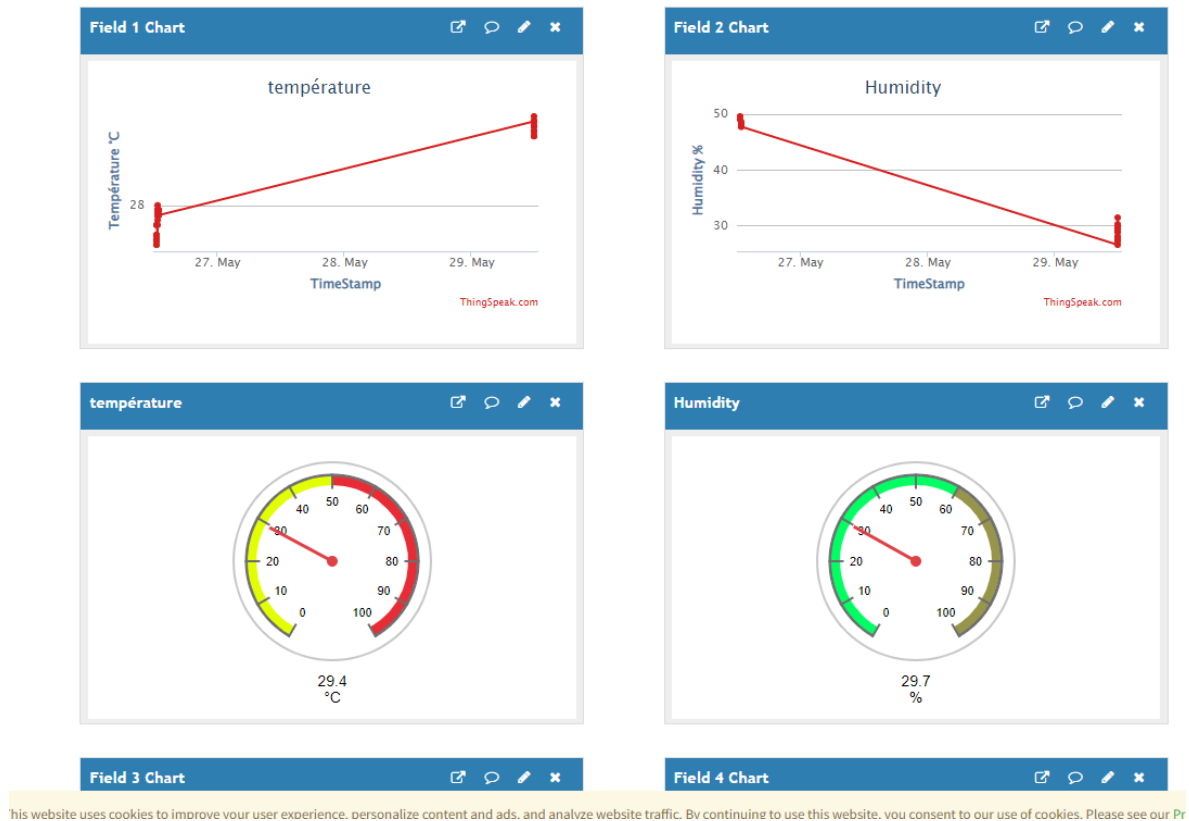


Figure 25 : interface de supervision

3. Envoi des données des capteurs sur Firebase

Firebase temps réel est une base de données hébergée dans le cloud. Les informations sont stockées et synchronisées en temps réel avec chaque client connecté. Lors de la création d'applications multiplateformes avec des plateformes comme Apple, Android et JavaScript SDK, tous les utilisateurs partagent une instance de base de données en temps réel et reçoivent de manière automatique des mises à jour avec les données nouvellement ajoutées.

L'envoi des données sur Firebase demande plusieurs étapes au début notre but était d'envoyer les données des capteurs via le protocole cellulaire NB-IoT en utilisant la carte ESP32 SIM 7000G cependant la présence de celui-ci n'existant pas en Tunisie nous avons décidé d'envoyer les données via le protocole cellulaire 2G/2G+ en utilisant la carte électronique ESP32 SIM 800L.

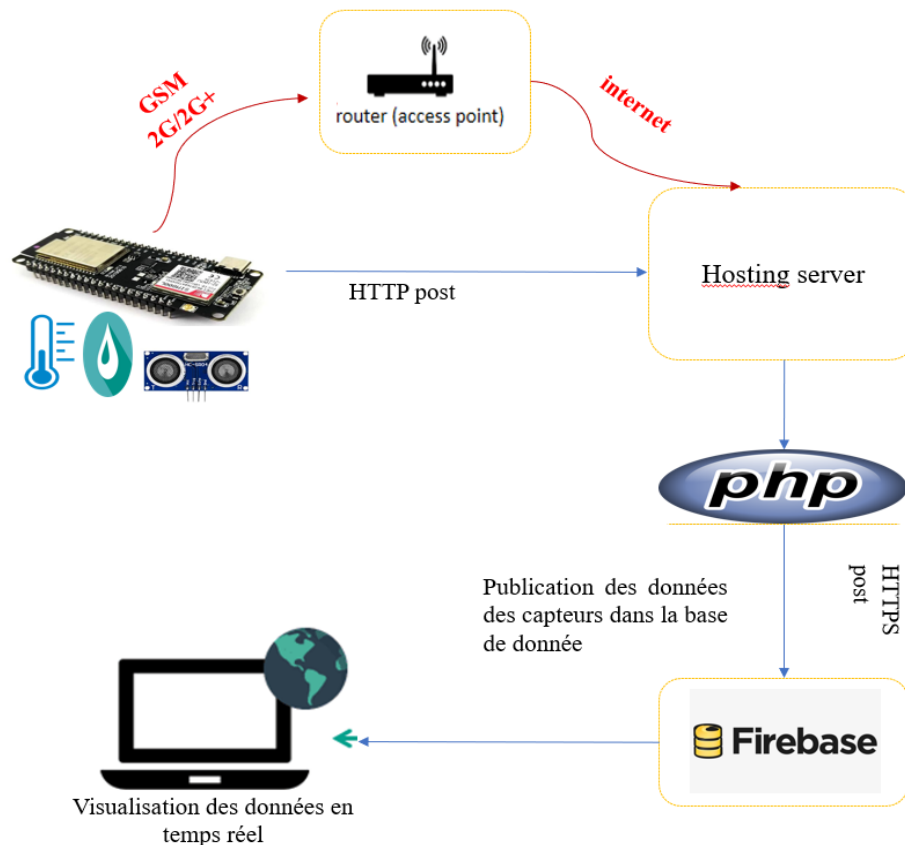


Figure 26 : schéma synoptique de l'envoi des données sur firebase

Cette image nous montre les différentes étapes pour la transmission des données sur Firebase.

Firmwares du SIM800 ne prennent pas en charge SSL/HTTPS nous avons passé par la conversion du protocole HTTP à HTTPS en hébergeant des données de capteurs sur un serveur local à travers des bibliothèques de PHP qui sera expliqué par la suite.

a) Le serveur local et les bibliothèques PHP

- **Le serveur 000webhost**

Établi en 2007, **000webhost** est un hébergeur web gratuit. C'est une marque du groupe Hostinger, comme d'autre service d'hébergement, il propose aussi des forfaits premium.

On est autorisé à héberger sur ce serveur local un site Web avec un espace 300 mo de disque et 3 Go de bande passante. Il assure également une liberté de 99% et on bénéficie d'un constructeur de site Web gratuit avec une utilisation facile.

Par ailleurs malgré la gratuité du serveur, le compte est activé de manière instantanée. Ces fonctionnalités impressionnent pour un service gratuit. Elles donnent une liberté totale sur les choix de conception d'une fiabilité à toute épreuve et des possibilités non limitées.[13]



Figure 27 : logo du serveur local 000webhost

- **Les bibliothèques de PHP**

PHP qui signifie Hypertext Preprocessor, est un langage de programmation gratuit. Il est utilisé principalement pour produire des pages web dynamiques par le biais d'un serveur HTTP, mais peut fonctionner en tant que n'importe quel langage de façon locale. A travers celui-ci nous avons pu héberger les données des capteurs sur le site local pour la conversion de http en https car le Firebase ne fonctionne qu'avec le protocole https alors il est nécessaire d'envoyer les requêtes avec le protocole https d'où l'utilisation du site local.[13]

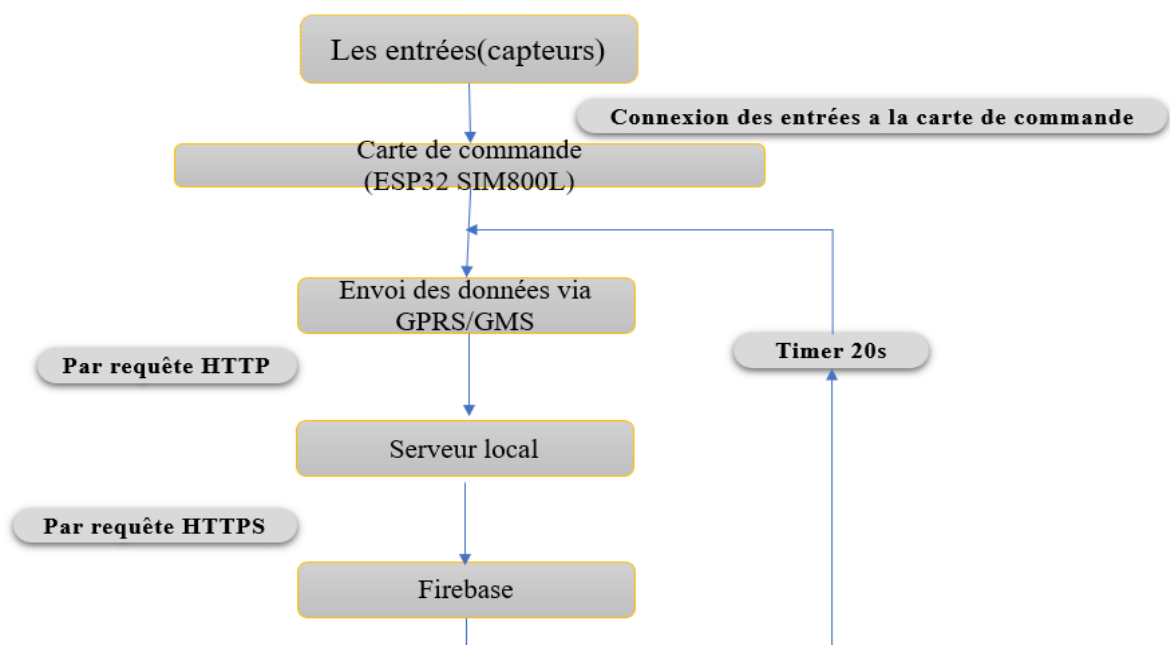


Figure 28 : algorithme de conversion de http en https

III. Conception et réalisation de la poubelle intelligente

1. Réalisation du montage du système

Après l'explication de comment lier chaque capteur à l'ESP32 SIM7000G, nous allons maintenant expliquer l'assemblage général des composants sur (la figure 29) et présenter une réelle image de notre prototype de poubelle intelligente composée des capteurs.

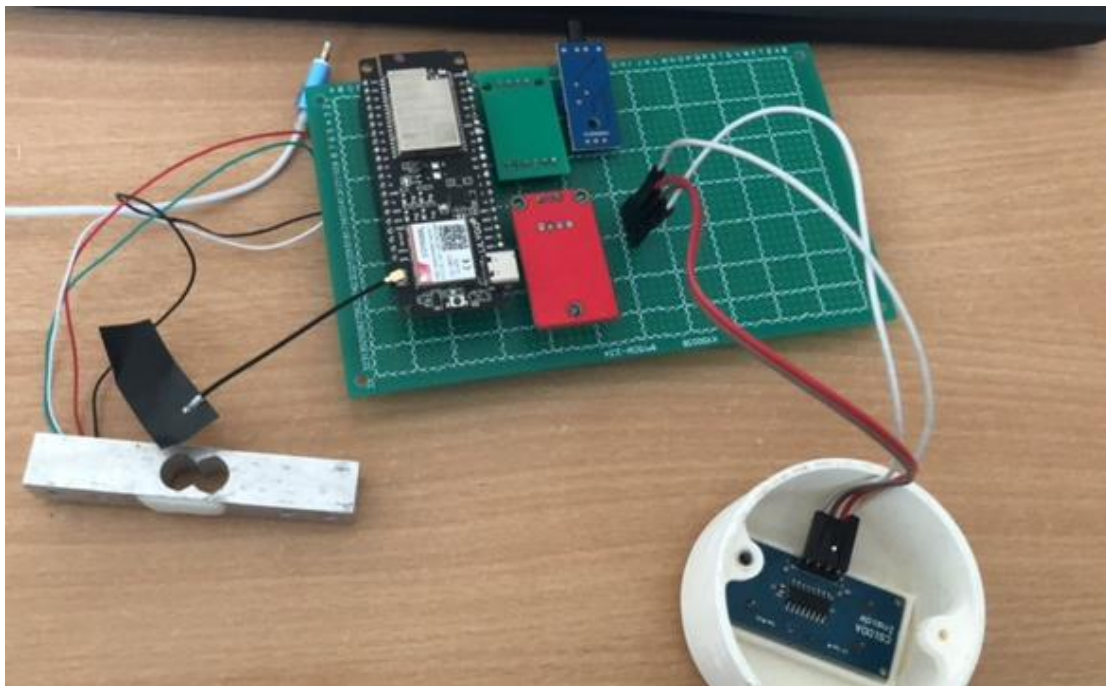


Figure 29 : montage générale du système avec une plaque perforée

Ci-dessus un montage général du système de la poubelle intelligente, ce montage est par la suite intégré dans un boîtier comme en témoigne la figure 27

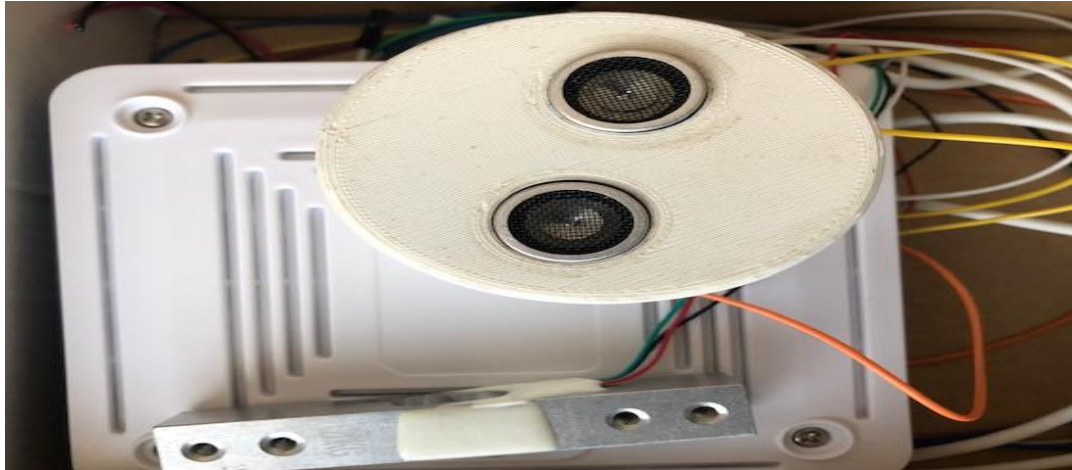


Figure 30 : montage générale du système dans le boîtier

Pour remédier au problème de soudure des capteurs et de la carte de commande nous réaliser un circuit électronique PCB avec le logiciel ISIS qui nous permettra de bien fixer les capteurs et la carte de commande

Comme en témoigne la (figure 31) qui montre le routage de notre PCB qui doit être imprimé dans une autre société spécialisée dans ce domaine

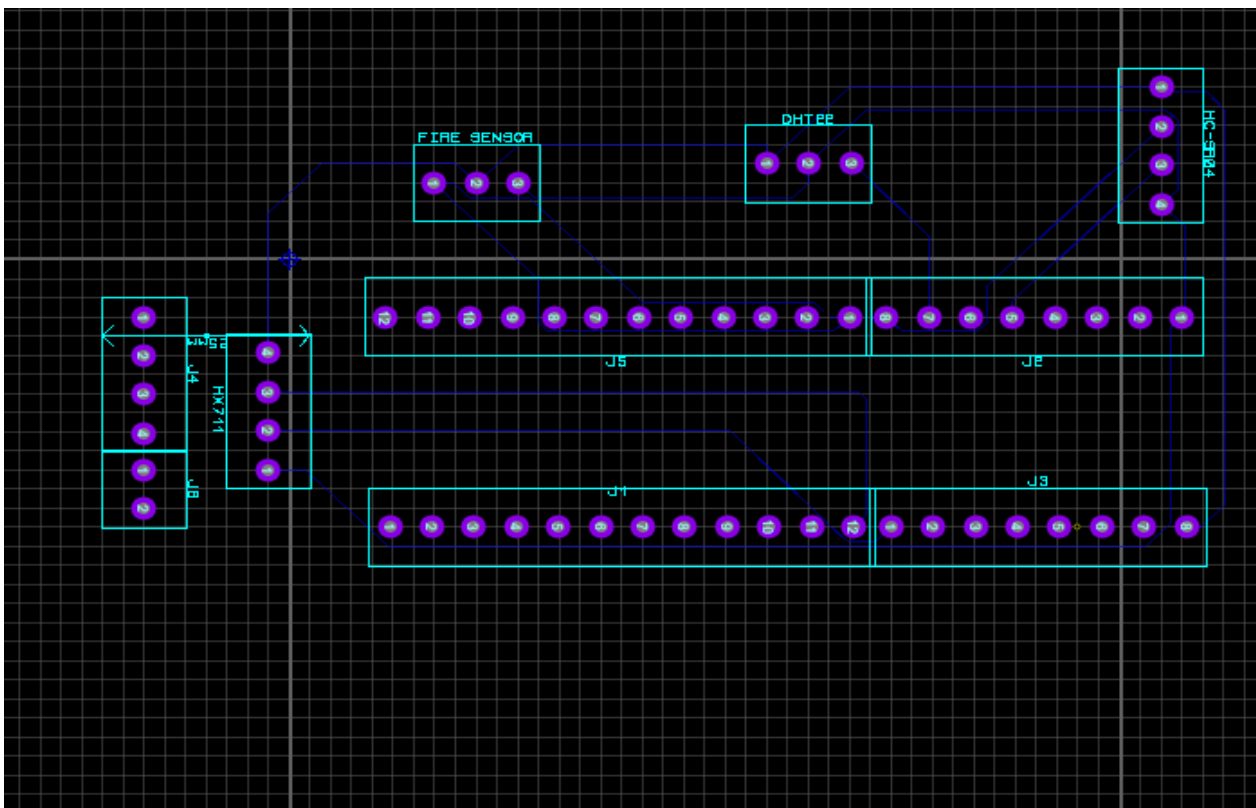


Figure 31 : routage de PCB

2. Le code source pour le fonctionnement de système

Pour la bonne compréhension du code nous allons expliquer par un algorithme simple qui est le suivant (figure 28) :

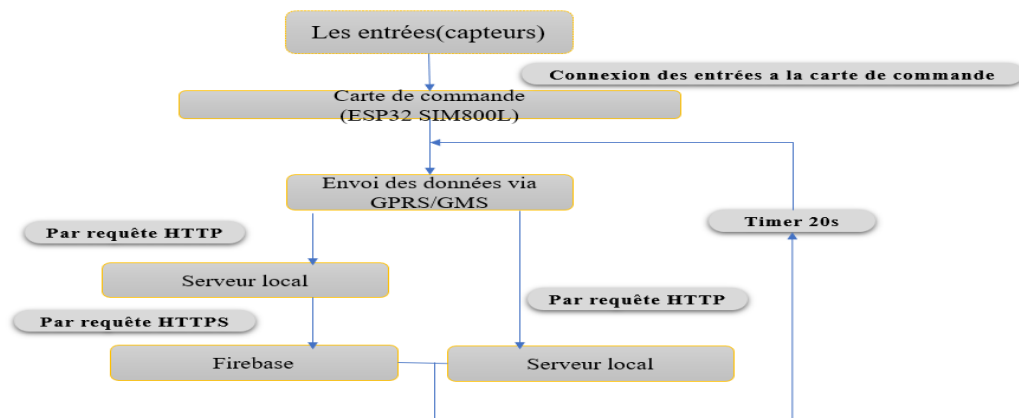


Figure 32 : algorithme du fonctionnement du code source

Pour le fonctionnement du système on aura la connectivité entre les capteurs et la carte de commande ensuite les données des capteurs seront envoyées sur cloud via GPRS/GMS avec le mode deep sleep avec un timer de 20 secondes c'est-à-dire chaque 20 secondes on a l'envoi des données des capteurs sur cloud. Ci-dessous une partie du code (figure 29).

```

e_slepp

 pinMode(MODEM_PWKEY, OUTPUT);
 pinMode(MODEM_RST, OUTPUT);
 pinMode(MODEM_POWER_ON, OUTPUT);
 digitalWrite(MODEM_PWKEY, LOW);
 digitalWrite(MODEM_RST, HIGH);
 digitalWrite(MODEM_POWER_ON, HIGH);

 SerialMon.println("Wait...");

 // Set GSM module baud rate
 SerialAT.begin(115200, SERIAL_8N1, MODEM_RX, MODEM_TX);
 delay(100);
 SerialMon.println("Initializing modem...");
 modem.init();
 bootCount == 0){ //Run this only the first time
 weight();
 DHT22Data();
 fire = getfire();
 Level_garbage = lectureUltrason();
 Serial.println(Level_garbage);

 SerialMon.print(F("Connecting to "));
 SerialMon.print(apn);
 if (!modem.gprsConnect(apn, gprsUser, gprsPass)) {
 SerialMon.println(" fail");
 delay(100);
 return;
 }

 SerialMon.println(" success connect");
 void firebase();
 void hingspeak();

 _sleep_enable_timer_wakeup(TIME_TO_SLEEP * uS_TO_S_FACTOR);
 _p_deep_sleep_start();
  
```

Figure 33 : code source du système

- **Pourquoi le mode Deep Sleep ?**

Faire fonctionner votre ESP32 en mode actif avec des piles n'est pas idéal, car l'énergie des piles s'épuisera très rapidement. Il a juste besoin de 0,01 mA de courant en mode Deep Sleep et c'est pourquoi nous avons mis notre ESP32 en mode Deep Sleep.

Si on place l'ESP32 en mode Deep Sleep, cela réduira la consommation d'énergie et la batterie durera plus longtemps. Avoir l'ESP32 en mode Deep Sleep signifie arrêter avec les activités qui consomment plus d'énergie pendant le fonctionnement, mais laissez juste assez d'activité pour réveiller le processeur lorsque quelque chose d'intéressant se produit.

L'ESP32 peut passer en mode Deep Sleep, puis se réveiller à des périodes prédéfinies. Cette fonctionnalité est particulièrement utile si on exécute des projets qui nécessitent un horodatage ou des tâches quotidiennes, en maintenant à chaque fois une faible consommation d'énergie comme dans notre cas.[14]

Tableau 9 : Tableau comparatif des différents modes d'alimentation

Mode d'alimentation	Description			Consommation électrique
Mise en du modem	L'unité centrale est sous tension	240 MHz	Puce(s) à double cœur	30 mA – 68 mA
			Puce(s) mono cœur(s)	N/A
		160 MHz	Puce(s) à double cœur	27 mA – 44 mA
			Puce(s) mono cœur(s)	27 mA – 34 mA 20 mA – 31 mA
		Vitesse normale :80 MHz	Puce(s) à double cœur	20 mA – 25 mA
			Puce(s) mono cœur(s)	
Dormir léger	-			0.8 mA

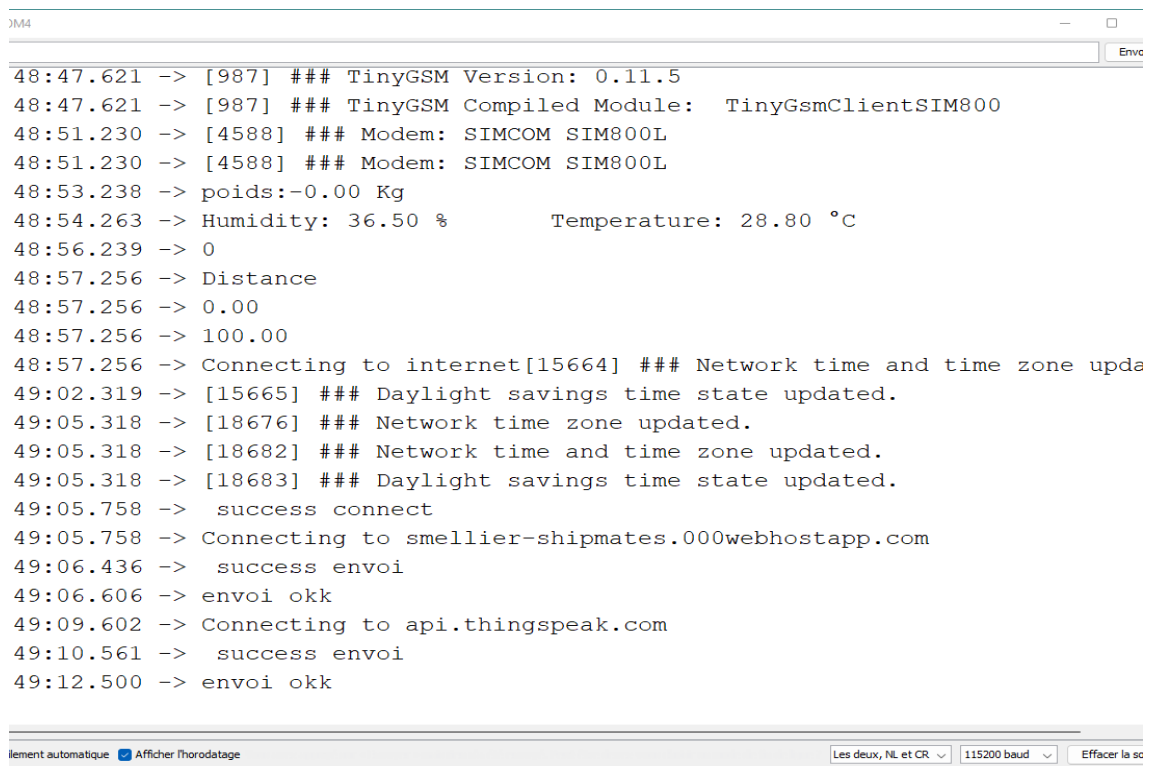
Sommeil profond	Processeur ULP est sous tension	150 μ A
	Modèle surveillé par le capteur ULP	100 μ A @ 1%
	Minuterie RTC + mémoire RTC	Servie à 10 μ A
Hibernation	Minuterie RTC uniquement	5 μ A
Mise hors tension	CHIP_PU est mis à niveau bas, la puce hors tension	1 μ A

3. Test et résultat de simulation du système

Ce paragraphe est dédié à l'illustration de l'implémentation de l'algorithme de notre système de poubelle intelligente introduit dans la partie I. Nous avons pu tester le fonctionnement du système.

❖ Cas 1 : test de visualisation avec le moniteur série de Arduino ide

Le premier test va nous permettre d'afficher dans le moniteur série de l'Arduino ide le résultat des données des capteurs ainsi nous donner le processus de fonctionnement du code comme en témoigne la figure 31 :



```

48:47.621 -> [987] ### TinyGSM Version: 0.11.5
48:47.621 -> [987] ### TinyGSM Compiled Module: TinyGsmClientSIM800
48:51.230 -> [4588] ### Modem: SIMCOM SIM800L
48:51.230 -> [4588] ### Modem: SIMCOM SIM800L
48:53.238 -> poids:-0.00 Kg
48:54.263 -> Humidity: 36.50 %      Temperature: 28.80 °C
48:56.239 -> 0
48:57.256 -> Distance
48:57.256 -> 0.00
48:57.256 -> 100.00
48:57.256 -> Connecting to internet[15664] ### Network time and time zone upda
49:02.319 -> [15665] ### Daylight savings time state updated.
49:05.318 -> [18676] ### Network time zone updated.
49:05.318 -> [18682] ### Network time and time zone updated.
49:05.318 -> [18683] ### Daylight savings time state updated.
49:05.758 -> success connect
49:05.758 -> Connecting to smellier-shipmates.000webhostapp.com
49:06.436 -> success envoi
49:06.606 -> envoi okk
49:09.602 -> Connecting to api.thingspeak.com
49:10.561 -> success envoi
49:12.500 -> envoi okk
  
```

Figure 34 : résultat du test avec le moniteur Arduino ide

Lors de l'exécution on aura la connectivité entre les capteurs et la carte de commande qui permettra d'abord d'afficher les données des capteurs ensuite la carte de commande se connecte sur le GPRS via APN internet pour envoyer les données des capteurs sur cloud (firebase et thingspeak).

❖ Cas 2 : Test de visualisation des résultats des données des capteurs avec cloud Firebase

Firebase est une base de données NoSQL hébergée dans le cloud qui permet de stocker et de synchroniser les informations/données entre les utilisateurs en temps réel. La base de données en temps réel Firebase utilise la synchronisation des données : chaque fois que les données changent, tout appareil connecté reçoit cette mise à jour en quelques millisecondes.

Les applications Firebase restent réactives même hors ligne, car le SDK de base de données Firebase Realtime garde vos données sur disque. Les applications Firebase restent réactives même hors ligne, car le SDK de base de données Firebase Realtime garde les données sur disque. Une fois la connectivité restaurée, le dispositif client reçoit tous les changements qu'il a omis, les synchronisant avec l'état actuel du serveur. [15]

Notre choix s'est porté sur cette base de données pour la supervision et manipulation instantanée des données. Après la connectivité des capteurs avec la carte de commande et l'envoi des données via GPRS/GSM on a obtenu le résultat suivant (figure35) :

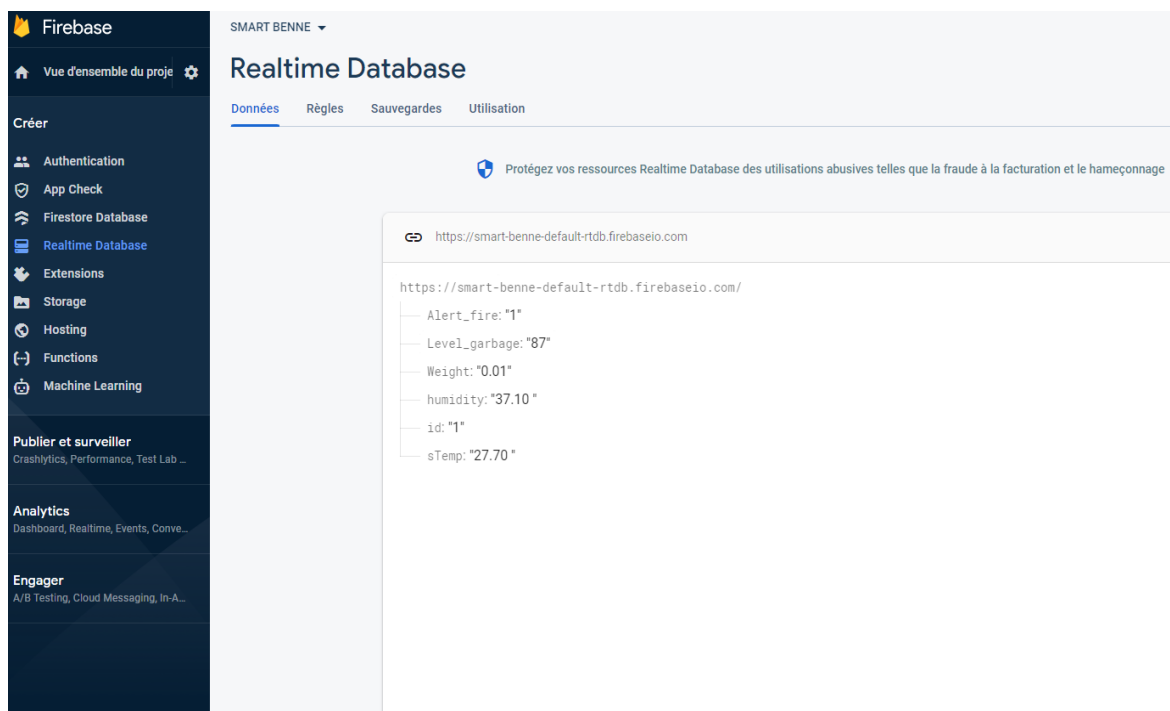


Figure 35 : affichage des données des capteurs sur Firebase

Avec cette figure32 on peut bien visualiser les données des capteurs, ainsi les données hébergées sur Firebase seront par la suite visualisées sur une application mobile qui sera présentée par la suite et cette récupération des données sur l'application se fera grâce a la base de données Firebase qui permettra d'avoir instantanément les données des capteurs a temps réel

❖ Cas 3 : Test de visualisation des résultats des données des capteurs avec cloud Thingspeak

Pour agréger, visualiser et analyser des flux de données en direct dans le cloud on a fait recours à Thingspeak qui fournit des visualisations instantanées des données publiées par vos appareils sur ThingSpeak. Il permet aussi d'effectuer une analyse et un traitement en ligne des informations au fur et à mesure. ThingSpeak est souvent utilisé pour le prototypage et la preuve de concept des systèmes IoT qui nécessitent des analyses aussi pour la construction des systèmes IoT sans configurer de serveurs ni développer de logiciels Web.[12]

Le cloud Thingspeak nous a permet de visualiser les données des capteurs à travers des signaux comme la montre (la figure 36) :

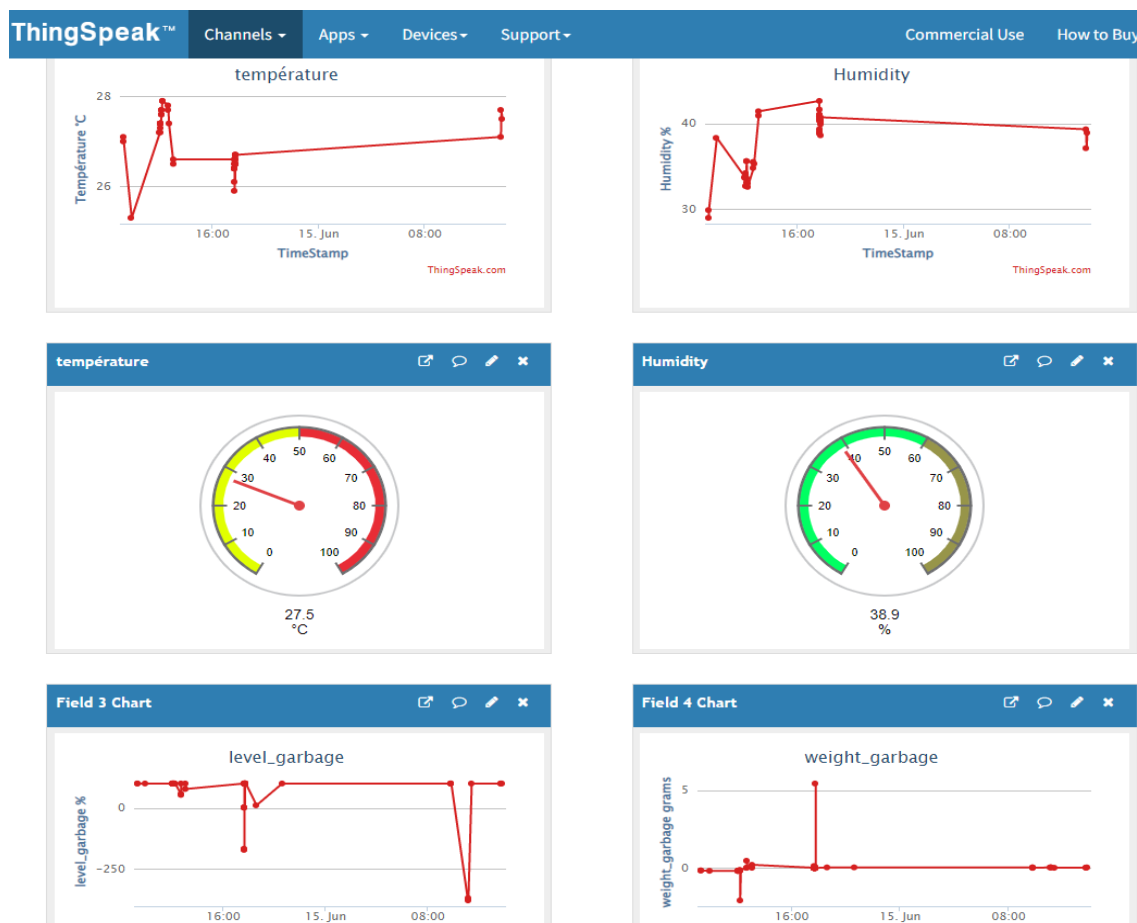


Figure 36 : visualisation des données sur Thingspeak

Thingspeak nous a permis de mettre en exergues les données des capteurs à travers des signaux de visualisation. A chaque changement de données des capteurs la mise à jour des signaux sera automatique et instantanée.

❖ **Cas 4 : Test de visualisation des résultats des données des capteurs avec l'application mobile développée**

Cette application adaptée à notre poubelle intelligente a été développée grâce au logiciel **MIT app inventor** afin d'avoir en temps réel les données des capteurs.

Ainsi l'application est connectée au serveur de la données Firebase Realtime Database elle récupère instantanément les données qu'enregistre la base de données.

L'application comporte deux interfaces la première interface comporte la partie de connexion alors il s'agit de rentrer le mot de passe pour pouvoir se connecter et avoir accès à la visualisation des données. On peut voir à quoi ressemble notre première interface de notre application (figure 34) :

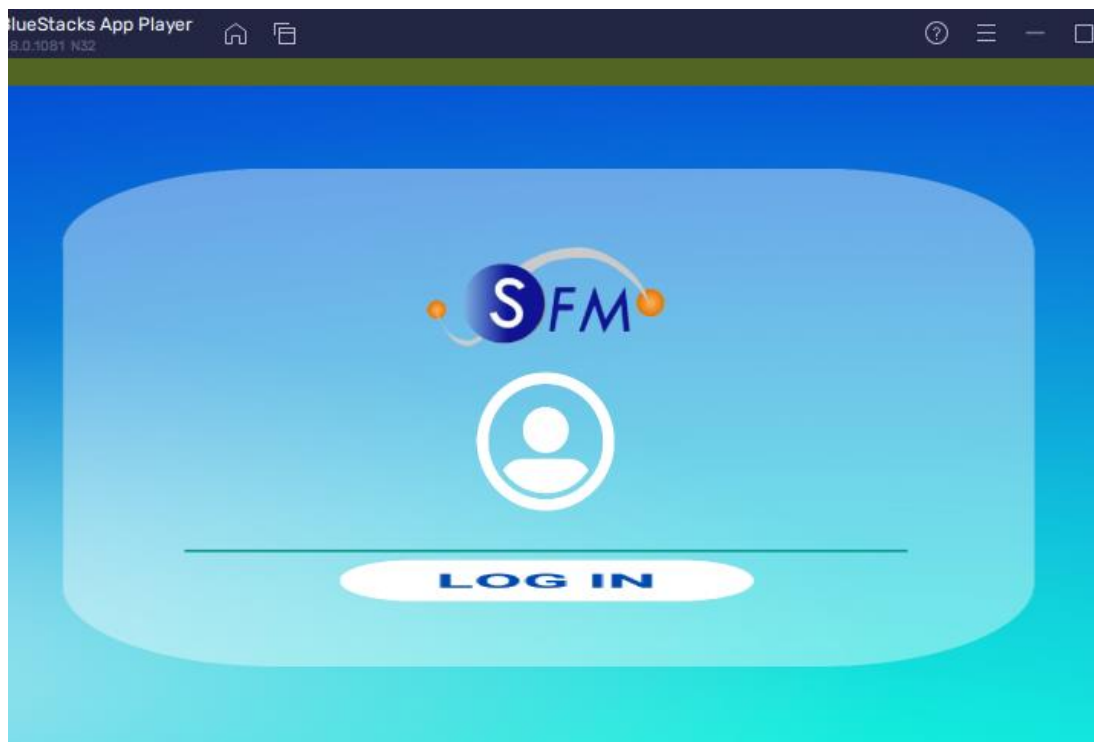


Figure 37 : interface de connexion

La deuxième interface affiche les valeurs à temps réel récupérées sur le serveur de la base données. Elle comprend toutes les différentes grandeurs et aussi un bouton log out qui permet de se déconnecter (figure 35) :

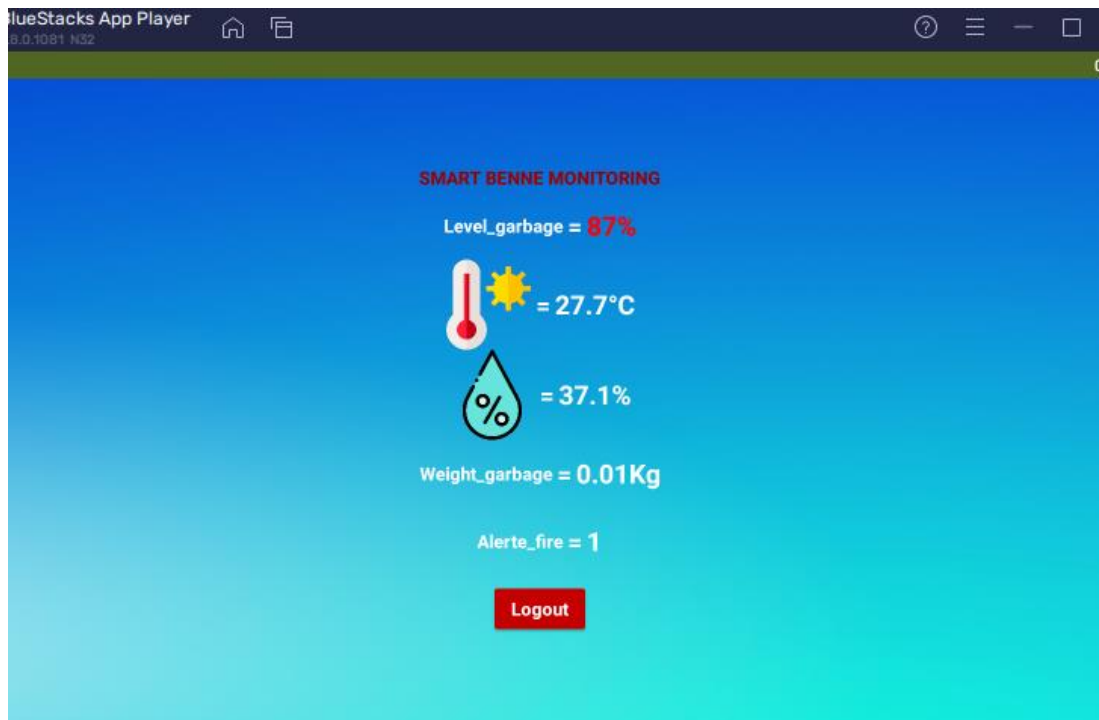


Figure 38 : interface d’affichage des données

Lors de l’afficheur si le niveau de remplissage nommé ici **Leve_garbage** atteint les 80% la valeur s’affiche en rouge et envoie une notification alarme à l’utilisateur afin que celui-ci vide la poubelle pareille pour **Alerte_fire** lorsqu’il y a une présence de feu, grandeur prends la valeur 1 et envoi une notification alarme de feu pour tenir informer l’utilisateur de la présence de feu.

On a également l’affichage des valeurs de la température et d’humidité et aussi du poids qui sont visualiser en temps réel alors on aura toutes les informations voulues sur notre système en temps réel grâce à cette application mobile.

Conclusion

Il était question dans ce chapitre, d’aborder la phase de réalisation du projet en commençant par le test unitaire des différents capteurs pour vérifier leur bonne fonctionnalité ensuite on a essayé à travers des analyses pertinentes de faire le bon choix de bases de données pour le stockage des données et informations des capteurs pour leur visualisation à temps réel. Nous avons par la suite fait le test de notre système embarqué avec le câblage des capteurs avec une plaque perforée. A la fin a été présenté l’application mobile pour l’accès des données a temps réel et à tout moment.

Conclusion générale et perspectives

L'objectif principal de travail effectué dans le cadre de ce projet était de faire l'étude et la conception d'une poubelle intelligente. Pour atteindre cet objectif, on s'est fixé des objectifs spécifiques qui ont été tous atteints. Ainsi, nous avons commencé ce projet d'étude par une brève présentation de l'organisme d'accueil et l'étude préalable. Une mauvaise gestion des déchets aux conséquences environnementales et coûteuse nous incite à créer des systèmes afin de faciliter la gestion des déchets et optimiser le coût. Mieux encore la synthèse bibliographique réalisée nous encourage à faire des systèmes connectés pour faciliter la gestion à temps réel des déchets.

Nous avons par la suite présenté l'ensemble de notre système de conception de poubelle intelligente à étudier composé de plusieurs capteurs qui permettront de donner des informations sur l'état de la poubelle. Cela nous a enfin mené à la réalisation de notre poubelle intelligente en se basant sur un algorithme de gestion composé de plusieurs capteurs, qui son implémentation a été réalisé par le Logiciel Arduino IDE, les données de ce système est visualisée par une application Android connecté à la base de données Firebase.

Au bout de cette étude portant sur l'étude et la conception d'une poubelle intelligente, nous pouvons proposer comme perspective d'ajouter un capteur (olfactif) pour pouvoir intervenir sur les poubelles qui dégagent de fortes odeurs indésirables, même si ces poubelles ne sont pas programmées dans le planning de collecte, aussi d'ajouter un capteur qui permettra de fermer complètement la poubelle pour éviter que les déchets soient déverser partout, ensuite nous suggérons également d'ajouter une intelligence artificielle pour faire le tri des déchets ce qui facilitera le recyclage des certaines déchets recyclable.

Bibliographie

[1] Lilliana Abarca Guerrero. Ger Maas. William Hogland. Solid waste management challenges for

cities in developing countries. journal homepage: www.elsevier.com/locate/wasman

[2] R, GOURDON.B, YAO. Évaluation de l'impact des déchets ménagers de la ville de Kara. Thèse pour obtenir le grade de Docteur de l'université de lomé en co-tutelle avec l'université de limoges.

[3] BENRAMDANE AdelAzzeddine, GHOUTI Abdelkrim. Valorisation des déchets par incinération « Déchets ménagers et assimilé » Projet de fin d'études pour l'obtention du diplôme de Master

[4] TAMALI Abdessamed. HAMED Sidi Mohamed. Conception et Réalisation d'une poubelle intelligente. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master en Génie Industriel.

[5] ARIB Souleymane. YALAOUIFouad. ZEROUKLANEMassinissa. Pour une amélioration de la gestion des déchets dans le milieu urbain. Cas de la ville de Bejaia. Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master en Architecture

[6] SFM Telecom, SFM Technologies

[7] Agence de la transition écologique ADEME Expertises

[8] S, BENSMAIL (2010). La problématique de la gestion des déchets solides à travers les modes de traitement des déchets ménagers et hospitaliers : Cas de la commune de Bejaia, Mémoire En vue de L'obtention du diplôme de Magistère en Sciences Economiques Option : Economie de l'Environnement. Université Abderrahmane mira de Bejaia.

[9] Salman Faris - Fab Academy 2018 fabacadem.org

[10] Hannan, M. A., Arebey, M., Basri, H., & Begum, R. A. (2010). Intelligent solid waste bin monitoring and management system. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 4(10), 5314-5319.

[11] Al Mamun, M. A., Hannan, M. A., Hussain, A., & Basri, H. (2013, December). Wireless sensor network prototype for solid waste bin monitoring with energy efficient sensing

algorithm. In 2013 IEEE 16th International Conference on Computational Science and Engineering (pp. 382-387). IEEE.

[12] thingspeak.com

[13] ANALYSE ET OPINION D'EXPERT 000webhost www.websiteplanet.com
consulté le 16/06/2022

[14] www.randomnerdtutorials.com/complete-guide-for-ultrasonic-sensor-hc-sr04
consulté le 01/06/2022

[15] Doug Stevenson medium.com/firebase-developers

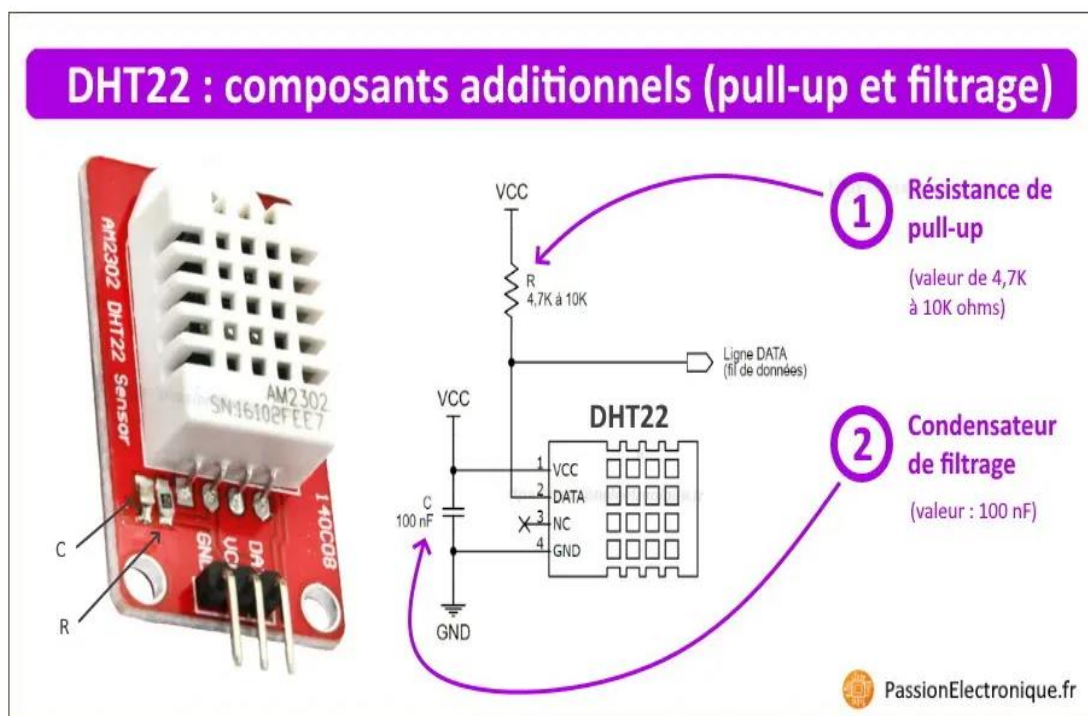
.

Annexe

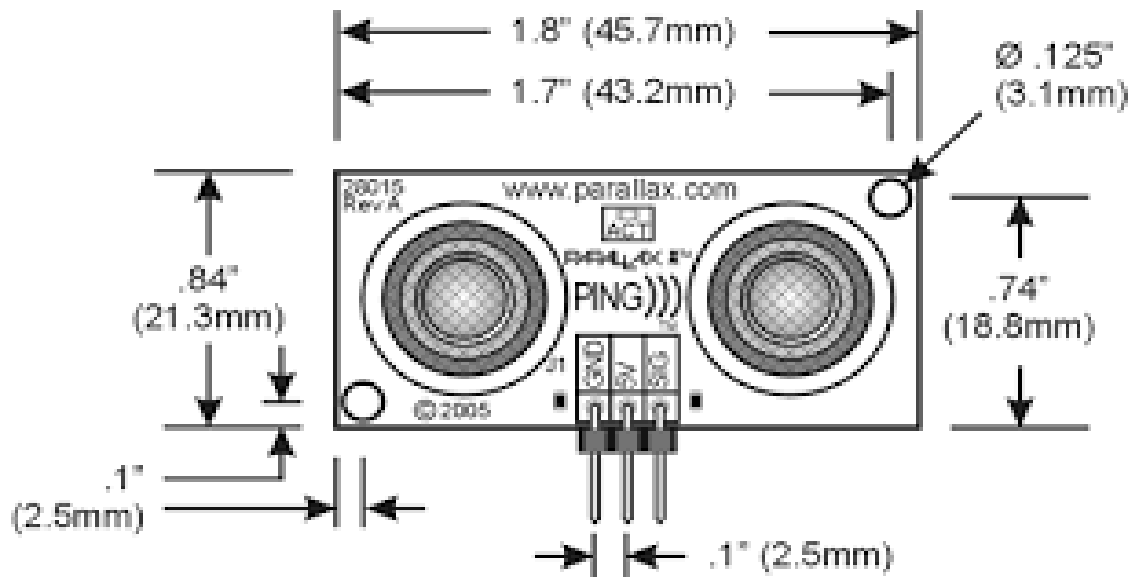
❖ Coût du projet

Composants	Prix (TND)
DHT22	21
HC-SR04	14.99
Détecteur de Flamme KY-026	9
Capteur de poids	15
ESP32 SIM 800L	102
Boitier HC-SR04	20
Boitier capteur	22
Prix total	203.99

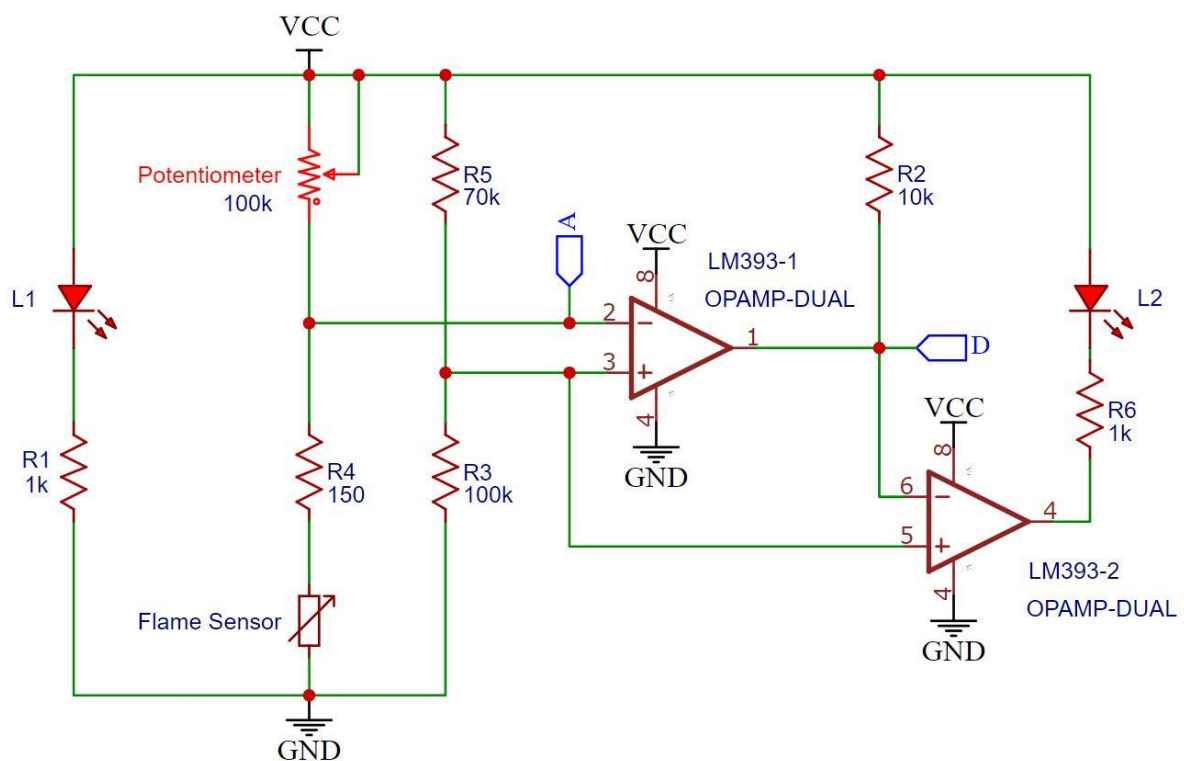
❖ Datasheet DHT22



❖ Datasheet HC-SR04



❖ Datasheet KY-026



❖ Capteur de poids

