

## UNIVERSITÉ IBN-KHALDOUN DE TIARET

FACULTÉ DES SCIENCES APPLIQUÉES  
DÉPARTEMENT DE GENIE ELECTRIQUE



# MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Sciences et Technologie

Filière : Electronique

Spécialité : Electronique des systèmes embarqués

## THÈME

**Smart Waste Solution Based on  
Internet of Things (IoT)**

Préparé par :

- GHERIOUI Lahouaria
- GHALI Rachida

Devant le Jury :

Nom et prénoms	Grade	Université	Qualité
SAFA Ahmed	MCA	U-TIARET	Président
BENABID Houari	MAA	U-TIARET	Examinateur
MAASKRI Mustapha	MCB	U-TIARET	Examinateur
ADDA BENATTIA Abderrahmane	MCB	U-TIARET	Encadreur

PROMOTION 2023/2024

# **Remerciements**

**Premièrement, nous remercions Allah Tout-Puissant, qui nous a accordé la force, la détermination et la guidance nécessaires pour mener à bien ce travail.**

**Ensuite, nos sincères remerciements vont à notre encadreur ADDA BENATTIA Abderrahmane, dont les conseils précieux, le soutien constant et la patience ont été essentiels à la réussite de ce projet. Merci de nous avoir guidés et encouragés tout au long de ce parcours.**

**Nous exprimons également notre profonde gratitude au Président du jury SAFA Ahmed, ainsi qu'aux Examinateurs MAASKRI Mustapha et BENABID Houari. Vos remarques constructives et votre rigueur académique ont été d'une grande valeur pour nous.**

**Merci pour le temps et l'attention que vous avez consacrés à l'évaluation de notre travail.**

**Nous tenons à exprimer notre gratitude à tous les professeurs qui nous ont accompagnés tout au long de notre parcours académique. Chacun de vous a contribué de manière significative à notre développement intellectuel et personnel. Merci pour vos enseignements, vos conseils et votre bienveillance.**

**Enfin, nous remercions chaleureusement nos familles, nos frères et sœurs, qui ont été un pilier de soutien tout au long de ce voyage. Votre amour, vos encouragements et votre soutien inconditionnel ont été une source de motivation constante. Merci de croire en nous et de nous accompagner à chaque étape.**

**Merci à tous ceux qui ont contribué à l'élaboration de ce travail de près ou de loin et qui méritent d'y trouver leur nom.**

## Dédicaces

### Je dédie ce travail

À ma mère, pour leur amour inconditionnel, leur soutien indéfectible et leurs sacrifices sans fin.

À mes frères Slimane, Hamada qui ont toujours été là pour moi.

À mes sœurs Nawal et Malika, qui sont bien plus que des membres de ma famille.

À mes neveux, qui apportent une joie incommensurable à ma vie. Et à mes nièces, qui ajoutent une touche de douceur et d'amour à notre famille surtout Nada.

À mes chers amis, je vous remercie pour votre sincère amitié et vos encouragements.

Je n'oublie pas ceux qui nous ont quittés et qui ont laissé un vide dans ma vie, ceux dont j'avais toujours l'habitude de la présence et de l'aide dans les moindres détails : mon père, mon frère Aymen.

Que Dieu ait pitié d'eux et les fasse entrer au paradis.

Et enfin, à Rachida, mon amie avant de devenir mon binôme, qui a partagé ce voyage avec moi. Merci pour votre confiance et votre coopération

---

GHERIOUI Houaria

---

## Dédicaces

**Je commence par remercier Allah et sa gentillesse d'avoir donné la grâce, la  
Patience et le courage d'atteindre ce stade de la Science et de l'apprentissage.**

**Avec grand plaisir, cœur ouvert et joie inestimable,**

**Je dédie ce modeste travail**

**À mes bons parents, mon frère Mohamed et ma sœur Sihem, pour leur amour et leur confiance,**

**Et ma tante Malika et son fils Abed el hak pour tous les efforts qu'ils ont déployés en secret,**

**Déguisés et à tout moment de ma vie, pour devenir ce que je suis aujourd'hui, merci du fond du**

**cœur**

**Et à ma chère nièce Tassnim,**

**À ma famille et à tous mes proches surtout « M », je leur dédie cet effort et ce modeste travail.**

---

**GHALI Rachida**

---

# Table des matières

---

---

## Table des matières

Liste des figures .....	i
Liste des tableaux.....	iii
Introduction générale .....	1
1. Introduction .....	3
2. Présentation de l'Internet des objets .....	3
2.1. Définition de l'IoT .....	3
2.2. Les caractéristiques de l'IOT .....	4
2.3. Principe de Fonctionnement de l'IoT .....	5
2.4. Objectif de l'IoT .....	6
2.5. Importance d'Internet des objets (IoT) .....	6
3. Évolution d'application à base d'IOT .....	7
3.1. Matériel.....	7
3.1.1. Les capteurs et actionneurs .....	7
3.1.2. Les microcontrôleurs et micro-ordinateur .....	8
a. Raspberry pi.....	9
b. Arduino .....	10
c. Comparaison d'Arduino et de Raspberry Pi .....	10
3.1.3. Le réseau de communication .....	11
3.2.1. Langages de programmation.....	12
3.2.2. Appareil connecté .....	13
3.2.3. Micro-ordinateur .....	14
3.2.4. Cloud .....	14
3.2.5. Application.....	15
4. Domaines d'application l'IOT .....	15
4.3. IoT et domotique : la maison connectée.....	17

# Table des matières

---

---

4.4.	IoT industriel : L'industrie connectée.....	17
4.5.	L'Internet des objets dans l'agriculture .....	18
4.6.	Smart retail : des supermarchés connecté .....	19
4.7.	Iot urbain : Villes intelligentes et connectées.....	20
4.8.	Sécurité routière et IoT.....	21
5.	Avantages et défis d'application IOT .....	21
5.1.	Avantages .....	21
a.	Automatisation.....	21
b.	Maintenance prédictive .....	22
c.	Amélioration des processus .....	22
d.	Réduction des coûts.....	22
e.	Amélioration des connaissances .....	22
f.	Adaptabilité.....	22
g.	Conformité .....	22
5.2.	Défis.....	22
a.	Sécurité et confidentialité .....	23
b.	Complexité technique .....	23
c.	Connectivité et dépendance énergétique .....	23
d.	Intégration.....	23
e.	Des déploiements potentiellement longs et coûteux .....	23
6.	Tendances et Futur de l'IoT .....	24
6.1.	Évolution technologique .....	24
6.2.	Impact de l'IoT sur les métiers.....	24
7.	Conclusion.....	25
	Chapitre II : Conception du système .....	26
1.	Introduction .....	26
2.	Analyse des besoins .....	26

# Table des matières

---

---

2.1.	Installation du système d'exploitation sur Raspberry Pi .....	26
2.1.1.	Matériel nécessaire .....	26
2.1.2.	Logiciel nécessaire .....	27
2.1.3.	Etapas d'installation et téléchargement .....	27
2.2.	Analyse des contraintes et des défis techniques .....	28
2.2.1.	Flask.....	28
2.2.2.	Format JSON.....	28
3.	Création d'une application client/serveur utilisant Flask en python .....	29
3.1.	Création du serveur Flask .....	29
3.2.	Création du client .....	29
4.	Spécifications fonctionnelles et caractéristiques .....	30
4.1.	Spécification fonctionnelles .....	30
4.2.	Caractéristiques.....	30
5.	Conception du système .....	31
5.1.	Architecture globale de système .....	32
5.2.	Composants matériels.....	32
5.2.1.	Un Raspberry Pi .....	32
5.2.2.	Capteur de détection des métaux .....	33
a)	Fiche technique de détecteur .....	33
b)	Schéma électronique du détecteur.....	34
•	Principe de fonctionnement du détecteur .....	34
•	Avantages du système à bobine équilibrée.....	35
5.2.3.	Capteur PIR.....	35
5.2.4.	Servo-moteur .....	36
•	Principe de fonctionnement de servo-moteur .....	36
5.2.5.	Architecture matérielles .....	37
5.2.6.	Composants logiciels.....	37

# Table des matières

---

---

5.2.6.1. Advanced IP Scanner .....	37
5.2.6.2. Bitwise SSH client.....	38
5.2.6.3. Notepad++.....	39
5.2.7. Architecture logicielles .....	40
5.3. Conception détaillée.....	40
5.3.1. Fonctionnement de système.....	40
5.3.2. Protocoles utilisés.....	41
5.3.2.1. Protocol FTP .....	41
5.3.2.2. Protocol HTTP.....	41
5.3.2.3. Protocole SSH .....	41
5.3.2.4. Différences entre protocole FTP et utilitaire SSH.....	42
6. Principe de fonctionnement du système .....	42
6.1. Schéma de fonctionnement du système.....	43
6.2. Organigramme de fonctionnement .....	44
7. Conclusion.....	44
<b>Chapitre III : Mise en œuvre d'application.....</b>	<b>46</b>
1. Introduction .....	46
2. Développement et implantation du système .....	46
2.1. Intégration de composants matérielles et logicielles .....	46
2.1.1. Intégration de composants .....	46
2.1.2. Diagramme de séquence .....	47
2.1.3. Manipulation logicielle .....	47
3. Cas d'utilisation .....	48
3.1. Installation matérielle.....	48
3.2. Mise en œuvre logicielle.....	49
3.2.1. Lancement du serveur python.....	49
3.2.2. Détection des objets .....	49



# Table des matières

---

---

3.2.3. Action sur le moteur .....	50
3.2.4. Enregistrement des données.....	51
3.2.5. Tunnellisation (ngrok).....	51
3.2.6. Visualisation des données .....	52
3.2.7. Analyse des données .....	53
3.3. Résultat d'exécution .....	54
3.3.1. Détection des objets métallique .....	54
3.3.2. Analyse des données personnalisées.....	55
3.3.3. Affichage temps réel .....	56
3.3.4. Réalisation de poubelle intelligente .....	57
4. Difficultés et futur améliorations.....	57
4.1. Difficultés rencontré .....	57
4.2. Améliorations proposé.....	58
5. Impact et contribution .....	59
6. Conclusion et perspectives .....	59
Conclusion générale.....	60
Références bibliographiques .....	61
Résumé .....	63

---

---

# Table des matières

---

---

## Liste des figures

Figure 1. Le matériel d'application IOT. ....	7
Figure 2. Les différents types de capteurs .....	8
Figure 3. Les différents calculateurs.....	9
Figure 4. Raspberry pi .....	10
Figure 5. Carte Arduino Uno avec ses connecteurs.....	10
Figure 6. Micro-ordinateur (Raspberry) .....	14
Figure 7. IoT dans le secteur de la santé.....	16
Figure 8. IOT dans le domaine énergétique .....	17
Figure 9. IOT dans la domotique.....	17
Figure 10. IOT dans l'industrie .....	18
Figure 11. L'Internet des objets appliqué à l'agriculture .....	19
Figure 12. L'IoT dans les supermarchés intelligents.....	20
Figure 13. L'IoT dans les cités intelligentes.....	20
Figure 14. L'IoT pour améliorer la sécurité routière.....	21
Figure 15. Raspberry Pi Imager .....	27
Figure 16. Balena Etcher logo .....	27
Figure 17. Flask Framework.....	28
Figure 18. Schéma fonctionnel de système. ....	32
Figure 19. Raspberry Pi3. ....	33
Figure 20. Détecteur de métaux .....	33
Figure 21. Schéma électronique de détecteur .....	34
Figure 22. Schéma électronique de détecteur relié avec Raspberry Pi.....	34
Figure 23. SensPir module de capteur de mouvement. ....	36
Figure 24. Servo-moteur.....	36
Figure 25. Architecture matérielle du système .....	37
Figure 26. IP Scanner .....	38
Figure 27. Bitwise SSH Client.....	39
Figure 28. Editeur Notepad++. ....	39
Figure 29. L'architecture logicielle du système. ....	40
Figure 30. Schéma de fonctionnement de système. ....	40
Figure 31. Structure de système. ....	43
Figure 32. Organigramme de fonctionnement. ....	44
Figure 33. Schéma de connexion des composants. ....	46
Figure34. Diagramme de séquence .....	47
Figure 35. Intégration de logicielle des données.....	48

## **Table des matières**

---

---

<b>Figure 36. Terminel de lancement de serveur. ....</b>	<b>49</b>
<b>Figure 37. Interface de tennulle ngrok. ....</b>	<b>52</b>
<b>Figure 38. Commande lancer ngrok ....</b>	<b>52</b>
<b>Figure 39. Liste d'objets détectés.....</b>	<b>55</b>
<b>Figure 40. Affichage de données personnalisé.....</b>	<b>56</b>
<b>Figure 41. Affichage de données analysées. ....</b>	<b>56</b>
<b>Figure 42. Prototype du système réalisé .....</b>	<b>57</b>

# Liste des tableaux

---

---

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1 : Comparaison d'Arduino et de Raspberry Pi. ....</b>	<b>11</b>
<b>Tableau 2 : Utilisation des différents langages. ....</b>	<b>12</b>
<b>Tableau 3 : différentes langages et les appareils connecté. ....</b>	<b>13</b>
<b>Tableau 4 : Outils de service IOT. ....</b>	<b>15</b>
<b>Tableau 5 : Fiche technique de détecteur de métaux. ....</b>	<b>33</b>
<b>Tableau 6 : Différence entre FTP et SSH ....</b>	<b>42</b>

**INTRODUCTION**

**GENERALE**

# **Introduction générale**

---

## **Introduction générale**

Le développement technologique rapide a amélioré les moyens de communication, l'accès à l'information et a transformé le monde en un "petit village". Une technologie clé est l'Internet des Objets (IoT), une nouvelle génération d'Internet qui connecte divers appareils et capteurs, permettant aux utilisateurs de contrôler et gérer des équipements à distance.

La santé humaine et la qualité de l'environnement se dégradent continuellement en raison de la quantité croissante de déchets et de leur mauvaise gestion. Le développement mondial, visant à répondre aux besoins de la population et à augmenter la croissance économique, s'est souvent fait au détriment des écosystèmes. L'urbanisation, la croissance démographique, l'augmentation de la production et de la consommation, ainsi que les changements de mode de vie ont amplifié les dégâts des déchets, qu'ils soient ménagers, agricoles, hospitaliers ou industriels. La gestion des déchets est donc cruciale, et dans une ville intelligente, divers outils technologiques protègent les ressources naturelles. Des capteurs détectent les fuites, suivent le transport des déchets, mesurent la pollution de l'air et le taux de remplissage des poubelles, fournissant des informations en temps réel.

Les poubelles intelligentes offrent une réponse moderne et efficace au défi persistant de la gestion des déchets. En combinant des technologies de pointe telles que les capteurs, l'Internet des objets (IoT), ces poubelles transforment la collecte des déchets en un processus intelligent et optimisé. En surveillant en temps réel le niveau de remplissage des poubelles, ces dispositifs permettent une planification plus précise des ramassages, réduisant ainsi les coûts opérationnels et les émissions de gaz à effet de serre associées aux trajets inutiles. De plus, les données collectées peuvent être utilisées pour analyser les habitudes de consommation, optimiser les flux de déchets et encourager des comportements plus durables chez les utilisateurs. En intégrant les poubelles intelligentes dans nos infrastructures urbaines, nous pouvons améliorer l'efficacité de la gestion des déchets tout en contribuant à la préservation de l'environnement et à la création de villes plus propres et plus durables. Ce sera le thème abordé lors de notre mémoire.

# Introduction générale

---

Dans ce travail, nous voulons répondre à différentes questions, à savoir :

- Comment créer une application IoT ?
- Comment développer et configurer un serveur de poubelle ?
- Comment visualiser les données de poubelle à travers une interface graphique ?

Pour répondre à ces questions, nous avons envisagé de réaliser une application sous forme d'un système embarqué connecté.

Le premier chapitre a été consacré à l'analyse de la technologie IoT. Nous avons discuté des principes fondamentaux de l'Internet des objets, en expliquant sa signification, ses éléments constitutifs, ses propriétés et leur fonctionnement, mettant en évidence leur évolution pour illustrer l'importance de ces systèmes. En outre, nous avons examiné les bénéfices et les obstacles de l'IoT, ses domaines d'application, ses tendances et ses perspectives futures.

Dans le deuxième chapitre, nous avons discuté de la conception du modèle de notre projet, en examinant les composants matériels et logiciels requis, ainsi que l'architecture du système et les spécifications fonctionnelles.

Le dernier chapitre est dédié pour les tests et à la discussion des résultats dans le but de consolider la faisabilité du sujet de l'étude.

# **Chapitre I**

## **Généralités sur**

# **Internet des objets(IOT)**



### 1. Introduction

En général, l'internet et plus spécifiquement le web ont connu une évolution constante : passant du web d'information au web d'objets personnalisés, en passant par divers objets connectés grâce à la miniaturisation et au développement technologique. Cela permet une double caractéristique : être constamment connecté et communicatif sans contrainte d'espace et de temps, afin de répondre aux exigences et aux besoins des utilisateurs en termes de services, de communication et d'information [1].

Internet évolue progressivement vers un HyperRéseau, un réseau constitué de nombreuses connexions entre des artefacts (physiques, documentaires), des acteurs (biologiques, algorithmiques), des écritures et des concepts (linked data, metadata, ontologies, folksonomie), appelé "Internet des objets (IdO)" et en anglais (IoT : Internet of Things). Ce réseau connecte des milliards d'êtres humains ainsi que des milliards d'objets. Il devient l'outil le plus puissant jamais créé par l'homme pour créer, modifier et partager des informations. Cette transformation illustre l'évolution du réseau Internet : d'un réseau de calculateurs à un réseau d'ordinateurs personnels, puis à un réseau mobile intégrant les technologies de communication. D'autre part, les avancées des technologies Machine-to-Machine (M2M) pour le contrôle à distance des machines et l'émergence dans l'année 2000 d'IP (Internet Protocole) sur les réseaux mobiles cellulaires ont accéléré l'évolution de M2M vers l'IdO [1].

### 2. Présentation de l'Internet des objets

#### 2.1. Définition de l'IoT

L'Internet des objets (IOT) représente une vision d'un monde où des milliards d'objets intelligents, équipés de capacités de communication, de détection et d'actionnement, seront connectés via des réseaux IP. Notre Internet actuel a évolué de manière fondamentale, passant de réseaux basés sur des ordinateurs, des fibres et des câbles Ethernet, à des structures régies par le marché, grâce à l'interconnexion d'intranets auparavant distincts mais dotés de solides capacités logicielles horizontales [2].

L'IOT nécessite des environnements ouverts et une architecture intégrée de plateformes interopérables. Les objets intelligents et les systèmes cyber-physiques, ou simplement les objets, sont les nouvelles entités de l'IOT, enrichis de microcontrôleurs, de récepteurs-transmetteurs optiques et/ou radio, de capteurs, d'actionneurs et de protocoles adaptés pour communiquer dans des environnements contraints où le matériel dispose de ressources limitées [2].

### 2.2. Les caractéristiques de l'IOT

Les objets connectés présentent plusieurs principales caractéristiques :

- ✚ **Connectivité** : s'agit de la faculté de transmettre et d'échanger des informations entre plusieurs dispositifs. Cela permet aux appareils d'interagir entre eux. Grâce à cette connectivité, les entreprises ont accès à une multitude d'opportunités pour développer de nouveaux produits et services. L'Internet des objets a instauré un environnement où tout est interconnecté, offrant ainsi un large éventail de perspectives pour l'avenir [3].
- ✚ **L'identité des objets et des appareils** : L'identité est la particularité distinctive d'une personne, d'un groupe, d'un lieu ou d'un objet. Chaque identité est associée à un nom et à un numéro d'identification. La fusion de ces deux éléments forme l'identité. Cela permet de reconnaître les individus et les objets sur internet [3].
- ✚ **Données** : L'Internet des objets (IoT) se constitue de dispositifs interconnectés capables d'échanger des données entre eux. Les informations provenant de ces appareils peuvent être exploitées pour optimiser leurs performances et les rendre plus efficaces [3].
- ✚ **Intelligence** : L'intelligence des dispositifs IoT réside dans les capteurs et appareils intelligents qui captent les données, interagissent entre eux et collectent une grande quantité d'informations à analyser. Des logiciels, algorithmes et protocoles sophistiqués sont utilisés pour connecter les appareils IoT aux réseaux et traiter les données issues de millions de points de collecte [3].
- ✚ **Réseau – Communication** : La communication est une caractéristique essentielle de l'IoT. Souvent, un appareil peut utiliser la connexion d'un autre appareil pour accéder au réseau, même si ce dernier n'est pas directement connecté à un réseau. Cette capacité à interagir entre eux rend l'IoT plus efficace et évolutif par rapport aux autres technologies existantes [3].
- ✚ **Évolutivité** : Avec l'essor de l'Internet des objets, il devient crucial d'intégrer l'évolutivité dans la conception des systèmes. L'évolutivité se définit généralement comme la capacité d'un système à s'étendre sans compromettre ses performances. Cela peut être accompli en ajoutant des ressources matérielles supplémentaires ou en intégrant des couches logicielles additionnelles à un système existant. Autrement dit, le système peut accueillir un plus grand nombre d'utilisateurs et traiter davantage de données sans diminuer son efficacité [3].

- ✚ **Architecture – Écosystème commun** : Dans l'Internet des objets, de nombreux fabricants et produits utilisent une architecture spécifique pour prendre en charge leurs propres appareils. Avec la multiplication des dispositifs, l'importance d'une architecture flexible augmente, car elle doit pouvoir supporter diverses technologies, protocoles et appareils [3].
- ✚ **Sécurité** : L'Internet des objets connaît une croissance exponentielle, entraînant une augmentation du nombre de dispositifs et d'appareils connectés à Internet. Parallèlement, les cyberattaques sur ces dispositifs se multiplient. Il est donc crucial de considérer la sécurité M2M et IoT lors de la conception d'un produit ou d'un service [3].

### 2.3. Principe de Fonctionnement de l'IoT

L'Internet des objets désigne les dispositifs physiques capables de recevoir et de transmettre des données via des réseaux avec et/ou sans fil, avec une intervention humaine limitée. Cette technologie repose sur l'intégration d'un système informatique aux divers objets. Un environnement IoT est constitué d'objets qui sont compatibles avec le Web ou qui intègrent des systèmes informatiques embarqués [4].

Un objet connecté à l'IoT est capable de recueillir des données sur son environnement grâce à des capteurs. Ces données sont ensuite traitées par des processeurs avant d'être transmises à un ou plusieurs destinataires via son dispositif de communication intégré [4].

Il partage les données collectées par le biais d'une passerelle IoT, qui permet la communication entre les appareils ou entre ces derniers et le cloud. Ainsi, les informations sont transférées directement vers le cloud pour être analysées et exploitées, ou vers un autre appareil IoT pour une analyse locale [4].

Exemple de la maison connectée, pour anticiper le réglage optimal du thermostat avant le retour, le système IoT peut se connecter à l'API Google Maps pour obtenir une modélisation du trafic en temps réel dans la zone concernée, et utiliser les données sur les trajets habituels collectées par la voiture connectée sur une longue période. De plus, les données IoT collectées par les thermostats de chaque client peuvent être analysées par les fournisseurs d'énergie pour optimiser leurs services à grande échelle.

Dans une maison connectée, un thermostat connecté (souvent associé à l'Internet des objets) reçoit des données de géolocalisation de la voiture connectée lors du retour du travail du propriétaire, et ajuste la température de la maison avant son arrivée, sans nécessiter d'intervention, offrant ainsi un résultat plus efficace que de régler manuellement le thermostat.

Un système IoT classique, tel que celui décrit pour une maison connectée, fonctionne grâce à l'émission, la réception et l'analyse continues de données dans une boucle de rétroaction (feed-back). Selon la technologie IoT utilisée, les analyses peuvent être effectuées par des humains ou par une intelligence artificielle utilisant l'apprentissage automatique, en temps réel ou sur une période prolongée.

### **2.4. Objectif de l'IoT**

L'Internet des objets (IoT) facilite une meilleure compréhension de l'environnement pour les individus, ce qui leur permet de contrôler tous ses éléments. L'intégration d'objets connectés dans les domiciles permet d'optimiser et d'automatiser divers aspects de la vie quotidienne, comme c'est déjà le cas avec la domotique, qui propose diverses technologies et dispositifs pour gérer le chauffage, l'éclairage, etc [5].

Du point de vue des entreprises, l'IoT offre une visibilité en temps réel sur l'ensemble de leurs systèmes, fournissant ainsi des données cruciales à surveiller, de la performance des machines aux opérations de la chaîne d'approvisionnement et de la logistique. Cette technologie permet aux entreprises d'automatiser des processus et de réduire les coûts liés à la main-d'œuvre. De plus, elle a un impact positif sur la réduction des déchets et l'amélioration des services, en rendant notamment la fabrication et la livraison de biens plus économiques. Pour une compréhension approfondie de la manière dont de nouveaux outils numériques tels que l'IoT ou la blockchain peuvent améliorer les performances des entreprises, il est nécessaire d'étudier leur application spécifique [5].

### **2.5. Importance d'Internet des objets (IoT)**

Ces dernières années, l'Internet des objets (IoT) est devenu l'une des technologies les plus essentielles du 21<sup>ème</sup> siècle. Grâce à la connectivité des objets courants tels que les appareils électroménagers, les voitures, les thermostats et les interphones bébés à Internet via des terminaux intégrés, une communication fluide entre individus, processus et objets est désormais possible [6].

Avec l'utilisation de traitements informatiques abordables, du cloud, du Big Data, de l'analyse de données et des technologies mobiles, les objets physiques peuvent échanger et recueillir des données avec peu ou pas d'intervention humaine. Dans ce monde interconnecté, les systèmes numériques peuvent enregistrer, surveiller et ajuster chaque interaction entre les

objets connectés. Ainsi, le monde physique fusionne avec le monde numérique, et ils collaborent ensemble [6].

### 3. Évolution d'application à base d'IOT

Le développement d'application à base d'IOT fait intervenir les deux parties matérielle et logicielle. La partie matérielle représente tout ce qui est physique qu'on peut le toucher comme les structure, les circuits électronique, le câblage, les connectiques...etc. La partie logicielle englobe tout ce qui est programme applicatifs et d'exploitation, comme les systèmes d'exploitation, les plateformes de développement, les outils logiciels ...etc.

#### 3.1. Matériel



**Figure 1. Le matériel d'application IOT.**

Le matériel est purement composé de composantes électroniques (ou électriques), il peut être divisé en 03 groupes : [7]

- Les capteurs et actionneurs
- Les microcontrôleurs et micro-ordinateur
- Le réseau de communication

#### 3.1.1. Les capteurs et actionneurs

Les capteurs et actionneurs sont des composants essentiels pour l'Internet des objets (IoT). Les capteurs sont utilisés pour collecter des données telles que la température, l'humidité, la lumière, etc., tandis que les actionneurs sont utilisés pour effectuer des actions

physiques en fonction des données recueillies. Ces composants jouent un rôle crucial dans la connectivité et l'automatisation des appareils et des systèmes dans l'IoT [7].



Figure 2. Les différents types de capteurs <sup>1</sup>

Le choisir du capteur et/ou actionneur, dépend des besoins du projet IOT, Mais on peut se référer selon les spécifications suivantes, à savoir :

- La Tension et courant de fonctionnement
- Sa précision
- Son protocole de communication matériel
- Le phénomène physique qu'il mesure (pour un capteur)
- Le phénomène physique qu'il crée (pour un actionneur)
- Le prix

### 3.1.2. Les microcontrôleurs et micro-ordinateur

Les microcontrôleurs sont des puces intégrées Les compactes qui regroupent un

<sup>1</sup> <https://bloctechno.wordpress.com/2020/05/19/le-materiel-et-le-logiciel-pour-faire-de-iot>



processeur, de la mémoire et des périphériques d'entrée/sortie tels que Arduino.

Quant aux micro-ordinateurs, ce sont des systèmes complets de petite taille comprenant un processeur, de la RAM, des périphériques d'entrée/sortie, et autres composants nécessaires au fonctionnement autonome par exemple Raspberry pi.

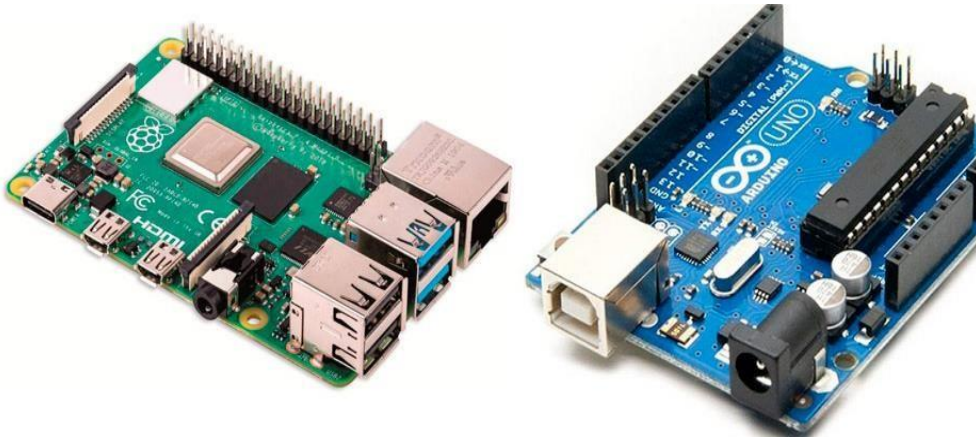


Figure 3. Les différents calculateurs<sup>2</sup>.

### a. Raspberry pi

Le Raspberry Pi, un micro-ordinateur compact de la taille d'une carte de crédit, peut être connecté à un écran et utilisé comme un ordinateur conventionnel. Son format réduit et son prix abordable en font un choix parfait pour expérimenter différentes applications, telles que la création d'un serveur Web à domicile. Bien qu'il ne puisse pas rivaliser en performances avec des machines plus puissantes, il offre amplement de ressources pour héberger des projets destinés à être présentés aux clients ou pour explorer Linux [8].

---

<sup>2</sup> <https://jmconcept.fr/arduino-uno-ou-raspberry-pi-le-match>



Figure 4. Raspberry pi <sup>3</sup>

### b. Arduino

Une carte Arduino est une minuscule carte électronique dotée d'un microcontrôleur. Ce dernier, à partir des signaux captés par des capteurs, peut être programmé pour contrôler des actionneurs, faisant ainsi de la carte Arduino une interface programmable. La carte Arduino la plus utilisée est la carte Arduino Uno [9].



Figure 5. Carte Arduino Uno avec ses connecteurs<sup>4</sup>.

### c. Comparaison d'Arduino et de Raspberry Pi

Arduino et Raspberry Pi intègrent des microcontrôleurs et représentent les principales options pour la création de prototypes d'appareils connectés.

Voici une comparaison de ces deux plateformes.

---

<sup>3</sup> <https://www.mouser.fr/new/raspberry-pi/raspberry-pi-5-sbc/>

<sup>4</sup> <https://www.positron-libre.com/electronique/arduino/arduino.php>



**Tableau 1 : Comparaison d'Arduino et de Raspberry Pi.**

Arduino	Raspberry Pi
Pas de système d'exploitation	Système d'exploitation basé sur le noyau Linux
Utilise un langage de programmation compilé, comme C ou C++	On peut utiliser un langage interprété comme Python
On doit développer sur un ordinateur et on envoie notre programme à l'Arduino via USB	On peut développer directement sur le Raspberry Pi en y attachant clavier, souris et écran, ou en s'y connectant à distance
Un seul programme à la fois	Plusieurs programmes possibles
Pas de débogueur	Débogage plus facile
Mémoire interne limitée	Système de fichiers
Ressources et matériel minimaux	Plus de ressources (nécessaires pour supporter un système d'exploitation) et de matériel
Ajout de cartes supplémentaires (shields) pour étendre les fonctionnalités.	Beaucoup de fonctionnalités et de connecteurs déjà présents; Ajout de cartes d'extensions (hats) possible
N'intègre directement ni la connectivité réseau ni le sans-fil; Ajout de cartes supplémentaires pour la connectivité réseau	Ethernet et Wi-Fi présents
Permet de lire directement les entrées analogues.	N'interface pas directement avec des signaux analogues; Nécessite l'utilisation d'un convertisseur analogue à numérique.

### **3.1.3. Le réseau de communication**

Cette partie est très importante dans le système IOT, c'est le moyen qui assure l'acheminement des données à partir du microcontrôleur (connecté au capteur) en passant par la passerelle (Gateway) et d'autres équipements de réseau, vers le serveur principal (Cloud) [7].

Pour choisir le réseau de communication, on peut se considérer les caractéristiques suivantes :

- **La distance d'émission et de réception (Portée)**
- **La vitesse de communication (Bande passante)**
- **Consommation en énergie**

### 3.2. Outils Logiciels

Les outils logiciels interviennent au niveau de toutes les branches d'IOT. Pour créer notre logiciel, nous avons besoin de langage de programmation, qui permet d'implémenter les interactions entre toutes les composantes de notre système IoT. Les outils logiciels permettent de coder les opérations d'acquisition, de transfert de données dans le réseau, stockage dans les bases de données, traitement des données, gestion des requêtes et réponses, et toutes autres opérations de fonctionnement du système IoT [7].

#### 3.2.1. Langages de programmation

Il existe plusieurs langages de programmation utilisés dans le domaine de l'IoT, à savoir :

**Tableau 2 : Utilisation des différents langages.**

Langage	Cas d'utilisation
• C	la programmation embarquée sur microcontrôleurs, les calculs intensifs, l'écriture de systèmes d'exploitation.
• JAVA	développement de logiciels, ainsi que dans les technologies modernes telles que l'intelligence artificielle (IA), le big data et l'Internet des objets.
• PYTHON	le script et l'automatisation, remplacer les scripts shell, permet aussi d'automatiser les interactions avec les navigateurs web ou les interfaces graphiques des applications.
• C++	la programmation embarquée sur microcontrôleurs, les calculs intensifs,

	l'écriture de systèmes d'exploitation et les modules où la rapidité de traitement est importante.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>PERL</b></li> </ul>	Analyse de données et traitement des journaux, Automatisation des tâches système, Intégration avec des systèmes existants.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>HTML, CSS, JAVASCRIPT,...</b></li> </ul>	L'HTML permet l'affichage des informations de la page sur le navigateur, le CSS met en page son contenu et JavaScript intègre les animations et spécifie les interactions entre les éléments.

### 3.2.2. Appareil connecté

Pour gérer les appareils connectés, des langages de programmation spécifiques sont utilisés, nous avons : [3]

**Tableau 3 : différentes langages et les appareils connecté.**

Langages	Appareil connecté
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Arduino (C/C++)</b></li> </ul>	Arduino
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>C</b></li> </ul>	Microcontrôleurs, Raspberry pi
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Python</b></li> </ul>	Raspberry p, Microcontrôleurs
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Java</b></li> </ul>	Raspberry pi
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>JavaScript</b></li> </ul>	Raspberry pi, Arduino

### 3.2.3. Micro-ordinateur



**Figure 6. Micro-ordinateur (Raspberry)<sup>5</sup>**

Les micro-ordinateurs sont assez puissants pour accueillir un système d'exploitation, on utilise souvent LINUX, avec des distributions bien adaptées avec le type de la carte à exploiter. La liste suivante représente quelques distributions : [7]

- **Raspbian**
- **Ubuntu Core**
- **Ubuntu server**
- **windows IOT Core**
- **RaspBSD**
- **Domoticz**
- **Arch Linux ARM**

### 3.2.4. Cloud

Dans cette partie on fait appel souvent à des services en ligne tel que : Amazon Web Services AWS, Microsoft Azure, IBM cloud, Thinkspaks, etc.

Mais n'empêche nous pouvons transformer notre ordinateur personnel ou même notre raspberry pi en serveur et installer des services comme : web et base de données.

---

<sup>5</sup> <https://www.clubic.com/actualite-506557-les-raspberry-pi-5-arrivent-tres-bientot-dans-les-boites-aux-lettres.html>

Tableau 4 : Outils de service IOT.

Outils de développement	Solution développée
• <b>Node-red</b>	Relier des périphériques matériels, des API et des services en ligne à base d'IOT.
• <b>Blynk</b>	Permet aux utilisateurs de créer facilement des interfaces utilisateur personnalisées pour leurs appareils IoT.
• <b>Mozilla webthings</b>	Création d'une interface universelle permettant d'unifier et de rendre interopérables vos objets connectés.
• <b>Iobroker</b>	Fournir une plateforme flexible et puissante pour l'intégration, le contrôle et l'automatisation des appareils connectés.
• <b>Thingsboard</b>	gérer et exploiter les données provenant de divers appareils connectés.

### 3.2.5. Application

Dans cette partie, on est plus sur la visualisation de données et le contrôle. On peut utiliser des services ou application déjà prête pour visualiser, comme Thingspeak, MQTT DASH,... etc. [7]

Néanmoins, il est tout à fait possible aussi d'en créer, voici quelques langages :

- Application web : Html, Css, Javascript, PHP, Apache, etc
- Application Mobile : Java, flutter, swift, Appinventor (très bien pour les débutant)

## 4. Domaines d'application l'IOT

### 4.1. L'IoT dans le domaine de la santé

Machines à rayons X et d'imagerie, moniteurs connectés, compteurs d'énergie... 60 % des hôpitaux à travers le monde utilisent déjà l'Internet des objets pour accroître leur productivité et améliorer les soins aux patients. Selon une étude d'Arubanetworks, d'ici 2019,

près de 90 % des services de santé auront intégré les objets connectés dans leur équipement médical [10].



**Figure 7. IoT dans le secteur de la santé<sup>6</sup>**

### **4.2. La révolution numérique et l'impératif énergétique**

L'intelligence artificielle apporte une valeur ajoutée significative dans le secteur énergétique et pourrait devenir un investissement écologique crucial pour l'avenir de notre société dans les années à venir. Les enjeux sont également économiques, et les entreprises en sont bien conscientes [10].

---

<sup>6</sup> <https://itsocial.fr/enjeux-it/enjeux-tech/iot-edgecomputing/liot-devient-incontournable-dans-la-sante>

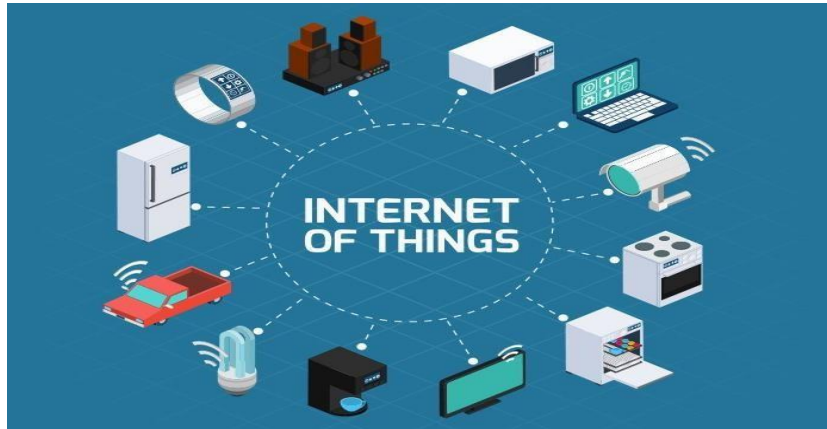


Figure 8. IOT dans le domaine énergétique<sup>7</sup>

### 4.3. IoT et domotique : la maison connectée

Aussi connue sous le nom de domotique, la maison intelligente est en voie de devenir une norme. Une étude réalisée par le cabinet Juniper Research prévoit même une augmentation de 200 % du nombre d'objets connectés à l'intérieur des domiciles [10].



Figure 9. IOT dans la domotique<sup>8</sup>

### 4.4. IoT industriel : L'industrie connectée

<sup>7</sup> <https://www.logique.co.id/blog/en/2020/03/19/basic-principles-internet-things-iot>

<sup>8</sup> <https://dumetier.org/publications/la-domotique-maison-connectee-le-4-0>

## Chapitre I : Généralités sur Internet des objets(IOT)

Les entreprises industrielles embrassent également l'Internet des objets et ses avantages. Dans le contexte des défis rencontrés dans le secteur industriel, l'utilisation des objets connectés est hautement spécialisée et répond à des besoins précis : [10]

- d'optimisation (chaîne logistique)
- de transformation des processus d'entreprise
- d'amélioration de l'efficacité et de la productivité
- de traçabilité et de sécurité



**Figure 10. IOT dans l'industrie**

### 4.5. L'Internet des objets dans l'agriculture

La croissance rapide de la population mondiale, les évolutions des habitudes alimentaires et les changements climatiques, entre autres facteurs, contribuent à faire de l'agriculture contemporaine un défi constant [10].





Figure 11. L'Internet des objets appliqué à l'agriculture

#### 4.6. Smart retail : des supermarchés connectés

Les changements de l'ère numérique affectent également le commerce physique. Face à une forte concurrence du commerce électronique et du commerce mobile, les détaillants cherchent à capitaliser sur la popularité de l'Internet des objets en fusionnant le commerce en ligne avec la vente traditionnelle [10].



Figure 12. L'IoT dans les supermarchés intelligents<sup>9</sup>.

### 4.7. Iot urbain : Villes intelligentes et connectées

Sous les termes de « smart cities » ou « villes connectées », les villes ont amorcé leur transition numérique pour relever les défis de la société contemporaine. L'urbanisme, l'économie et le développement durable constituent des priorités majeures pour les cités de demain, qui doivent répondre aux besoins d'une population de plus en plus dense avec des ressources de plus en plus limitées [10].



Figure 13. L'IoT dans les cités intelligentes<sup>10</sup>.

<sup>9</sup><https://smartstore.com/fr/magasins-intelligents-24/7-l-avenir-du-commerce-de-detail/>

<sup>10</sup><https://www.globalsign.com/fr/blog/qui-dit-ville-intelligente-dit-securite-intelligente>

### 4.8. Sécurité routière et IoT

La voiture connectée, qui a gagné en popularité ces dernières années, joue un rôle crucial dans l'amélioration de la sécurité routière. La révolution numérique a ouvert de nouvelles perspectives à l'industrie automobile comme jamais auparavant [10].

- Boîtier d'appel d'urgence autonome
- tableau de bord synchronisé avec le Smartphone
- développement d'applications sur les plateformes dédiées...



Figure 14. L'IoT pour améliorer la sécurité routière<sup>11</sup>

## 5. Avantages et défis d'application IOT

### 5.1. Avantages

Les bénéfices de l'IoT dans les contextes commerciaux et industriels sont vastes. La plupart mettent l'accent sur la productivité. Non seulement cela aide à minimiser les dépenses et notre empreinte écologique, mais aussi parce que, dans certaines situations, l'optimisation d'un processus spécifique ou la transmission d'informations et l'automatisation des procédures sont cruciales pour la réussite de la mission. Dans de nombreux cas, des vies en dépendent.

#### a. Automatisation

Dans divers domaines, il y a une tendance croissante à adopter l'automatisation centrée sur l'IoT. Cela revêt une importance particulière dans des domaines comme les systèmes industriels et la production manufacturière [11].

---

<sup>11</sup> <https://fr.digi.com/blog/post/iot-solutions-for-transportation>

### **b. Maintenance prédictive**

L'un des grands bénéfices de l'usage de la plateforme IoT réside dans la maintenance prédictive. Cette approche consiste à surveiller en permanence les systèmes et les procédés pour repérer les signaux avant-coureurs de dysfonctionnements, afin d'éviter les arrêts ou les pannes imprévus [11].

### **c. Amélioration des processus**

L'amélioration des processus est l'un des avantages essentiels des déploiements de l'Internet des objets, car l'amélioration des processus affecte chaque aspect des résultats d'une opération [11].

### **d. Réduction des coûts**

Quand une entreprise réussit à augmenter la disponibilité de ses systèmes, à automatiser ses processus, à diminuer les risques de panne et de pertes financières, à obtenir des données pour une prise de décision plus éclairée, ainsi qu'à réduire la consommation de ressources et les besoins en temps du personnel, cela se traduit par une amélioration de l'efficacité et des économies de coûts [11].

### **e. Amélioration des connaissances**

Certains des grands bénéfices de l'Internet des objets incluent la capacité à visualiser à grande échelle le réseau et à obtenir rapidement des données essentielles à partir des périphériques informatiques, ce qui conduit à une meilleure compréhension globale [11].

### **f. Adaptabilité**

Représenté dans la capacité à s'adapter aux nouvelles exigences commerciales, aux besoins des clients et aux conditions changeantes, ou à faire évoluer le déploiement en fonction de la croissance de l'entreprise ou des exigences des clients [11].

### **g. Conformité**

Les données et les perspectives sont cruciales pour la mission, et c'est un domaine où l'Internet des objets se distingue particulièrement [11].

## **5.2. Défis**

L'expansion rapide des objets connectés et de l'Internet des objets (IoT) a ouvert la voie à des innovations sans précédent. Cependant, cela a aussi introduit une complexité croissante en matière d'expérience utilisateur (UX) et d'interface utilisateur (UI). Contrairement aux applications web ou mobiles traditionnelles, les objets connectés requièrent une interaction plus fluide et intuitive, car ils s'intègrent souvent à notre quotidien de manière invisible.

### **a. Sécurité et confidentialité**

Protéger les données collectées et transférées par les dispositifs IoT représente un défi complexe. Malgré l'importance accordée à la cybersécurité, les organisations ne tiennent pas toujours compte des équipements IoT dans leurs stratégies. Il est essentiel de sécuriser ces appareils contre les altérations physiques, les logiciels malveillants, les intrusions réseau et les manipulations matérielles, la confidentialité des données est une autre préoccupation, notamment lorsque les dispositifs IoT sont utilisés dans des secteurs plus sensibles [12].

### **b. Complexité technique**

Même si les capteurs IoT effectuent des fonctions élémentaires telles que le comptage ou la mesure de métriques, leur mise en œuvre peut être complexe [12].

### **c. Connectivité et dépendance énergétique**

De nombreux dispositifs nécessitent une alimentation constante ou une connexion Internet pour un fonctionnement optimal. En cas de panne de l'un ou l'autre, l'appareil et tous ses périphériques connectés sont impactés. En raison de l'interdépendance des systèmes IoT, une défaillance peut entraîner l'arrêt complet de toutes les opérations [12].

### **d. Intégration**

Il n'existe actuellement aucun consensus sur les protocoles et les normes IoT, ce qui signifie que les appareils fabriqués par différents fabricants pourraient ne pas être compatibles avec les technologies déjà en place. Chaque appareil peut nécessiter des configurations et des connexions matérielles différentes, ce qui rend difficile un déploiement efficace [12].

### **e. Des déploiements potentiellement longs et coûteux**

Le déploiement d'un système IoT à grande échelle nécessite généralement des investissements considérables. L'achat des capteurs ou des machines ne constitue qu'une partie du processus : il faut les installer sur site, les configurer, ce qui implique de trouver le personnel qualifié pour le faire, les connecter au réseau, et faire appel à des intégrateurs et des entreprises de services numériques pour déployer les plateformes logicielles associées, entre autres tâches [12].

### 6. Tendances et Futur de l'IoT

Le futur Internet des objets et Edge Computing peut révolutionner la façon dont la production et les processus sont organisés et surveillés à travers les chaînes de valeur stratégiques.

#### 6.1. Évolution technologique

L'intelligence artificielle (IA) et l'Internet des objets (IoT) se combinent pour créer l'IAoT, une synergie puissante qui élève les objets connectés à de nouveaux niveaux. À l'avenir, nous verrons émerger des objets connectés intelligents capables de prendre des décisions autonomes, d'apprendre et de s'adapter à leur environnement. L'IAoT ouvrira de nouvelles perspectives dans divers secteurs [13].

La connectivité sans fil 5G fournira des vitesses de transmission de données extrêmement rapides, une latence minimale et une capacité de connexion massive. Cette avancée significative dans les infrastructures de communication favorisera l'expansion de l'IoT en permettant des déploiements à grande échelle. Les applications de l'IoT, comme les véhicules autonomes, les usines intelligentes et les réseaux de capteurs, profiteront de la connectivité 5G pour une communication instantanée et une prise de décision en temps réel [13].

Dans les années à venir, l'IoT deviendra un pilier essentiel de la transformation numérique, avec des innovations passionnantes telles que l'IAoT, la connectivité 5G, une sécurité renforcée et les villes intelligentes. Ces tendances promettent de révolutionner de nombreux secteurs et d'améliorer notre quotidien grâce à une connectivité intelligente et une gestion efficace des données. L'avenir de l'IoT s'annonce plus prometteur que jamais [13].

#### 6.2. Impact de l'IoT sur les métiers

L'ensemble des métiers de l'industrie qui intégreront des objets connectés, notamment ceux de la maintenance, de la logistique et de la production, bénéficieront considérablement de l'IoT. Cette technologie permet une intégration verticale des systèmes de production, connectant les opérateurs, les machines et les équipements pour qu'ils communiquent entre eux et avec les systèmes d'information [14].

Les métiers impliqués dans l'implémentation des objets connectés incluent les informaticiens et les spécialistes de l'électronique embarquée, de la conception à la mise en œuvre. Ces professionnels doivent maîtriser la programmation, doter les systèmes de capacités de raisonnement, développer et intégrer des solutions complexes, et comprendre le fonctionnement des mécanismes de connectivité, de transmission de données et des systèmes de communication sans fil [14].

### 7. Conclusion

Cette section a été dédiée à l'examen de la technologie IoT. Nous avons présenté les bases de l'Internet des objets, incluant sa définition, ses composants, ses caractéristiques, et leur mode de fonctionnement, en soulignant leur développement pour démontrer l'importance de ces systèmes. De plus, nous avons abordé les avantages et les défis de l'IoT, ainsi que ses tendances et son avenir.

# Chapitre II

## Conception du système



## Chapitre II : Conception du système

### 1. Introduction

Dans ce chapitre, jette les bases établit le contexte de la conception d'une poubelle intelligente, en explorant les motivations, les objectifs et les principaux aspects à considérer tout au long du processus de conception. Nous examinerons les défis actuels de la gestion des déchets urbains, les opportunités offertes par les technologies émergentes, et les critères essentiels à prendre en compte pour concevoir une poubelle intelligente efficace et adaptée aux besoins des utilisateurs et de l'environnement.

### 2. Analyse des besoins

La poubelle intelligente s'appuiera sur un Raspberry Pi pour collecter et analyser les données issues de capteurs mesurant le niveau de remplissage, le poids et le type de déchets. Ces données alimenteront des algorithmes optimisant les tournées de collecte, détectant les débordements et proposant des actions de réduction des déchets. L'interface utilisateur, accessible via une application mobile ou web, permettra aux utilisateurs de visualiser leurs statistiques de déchets, de programmer des collectes et de recevoir des notifications. La poubelle devra s'interfacer avec les systèmes de gestion des déchets existants, tout en assurant la sécurité et la confidentialité des informations. Enfin, sa conception robuste et ergonomique basée sur le Raspberry Pi garantira une utilisation simple et intuitive dans un environnement domestique ou tertiaire.

#### 2.1. Installation du système d'exploitation sur Raspberry Pi

Pour initialiser notre système Raspberry, il est primordial d'installer un système d'exploitation. Dans cette optique, nous opterons pour une méthode traditionnelle et manuelle, consistant à télécharger un fichier zip et à graver l'image disque sur une carte SD.

##### 2.1.1. Matériel nécessaire

- Un Raspberry Pi.
- Une carte Micro SD (Minimum 16Go).
- Un Ordinateur.
- Un câble d'alimentation pour le Raspberry Pi.
- Un câble hdmi (pour connecte le Raspberry Pi à un écran).
- Un clavier et une souris.

### 2.1.2. Logiciel nécessaire

1. **Raspberry Pi Imager** : c'est un outil officiel recommandé par la fondation Raspberry Pi. Il simplifie le processus en téléchargeant automatiquement le système d'exploitation approprié et en le copiant sur la carte SD.

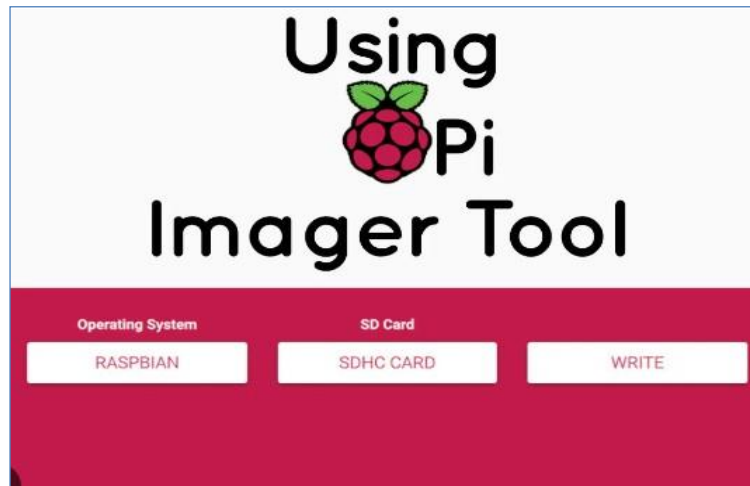


Figure 15. Raspberry Pi Imager<sup>12</sup>

2. **BalenaEtcher**<sup>13</sup> : est un outil d'écriture d'images système sur des cartes SD.



Figure 16. Balena Etcher logo

3. **Win32 Disk Imager**<sup>14</sup> (pour Windows) : un outil simple qui permet de copier des images de système d'exploitation sur des cartes SD. Il particulièrement utilisé sous Windows.

### 2.1.3. Etapes d'installation et téléchargement

- ✓ Téléchargement de l'image du système d'exploitation correspondant à Raspberry disponible sur le site officiel<sup>15</sup>.
- ✓ Copie de l'image système sur la carte SD à l'aide d'un utilitaire comme Etcher.
- ✓ La carte SD installée peut être insérée dans le Raspberry Pi.
- ✓ Lancer le système sur la carte Raspberry Pi et compléter les configurations et mise à jour.

---

<sup>12</sup> [www.raspberrypi.org](http://www.raspberrypi.org)

<sup>13</sup> <https://etcher.balena.io/>.

<sup>14</sup> <https://win32diskimager.org/>

<sup>15</sup> <https://www.raspberrypi.org/software/operating-systems/#raspberrypi-os-32-bit>

### 2.2. Analyse des contraintes et des défis techniques

#### 2.2.1. Flask

Flask est Un framework<sup>16</sup> d'application web, souvent appelé simplement cadre web, est un ensemble organisé de bibliothèques et de composants qui facilitent le processus de développement pour les applications web, en faisant des abstractions des détails techniques tels que la gestion du protocole, des threads, et autres aspects de bas niveau.



Figure 17. Flask Framework.

#### 2.2.2. Format JSON

JSON est un format standard d'échange de données par fichier entre applications de systèmes hétérogène, et de réseaux différents. Un fichier JSON est un fichier texte permettant de stocker les données au format spécifique. Ce format est utile pour plusieurs raisons.

Le format JSON est adapté pour transmettre des données du serveur au navigateur pour afficher du contenu. JSON est pris en charge par la plupart des navigateurs : Chrome, Safari et Edge, notamment. Les navigateurs peuvent récupérer des données au format JSON sur un serveur, pour afficher une page web. JSON sert à cet égard à actualiser les contenus d'applications et sites web dynamiques.

D'autre part, JSON est utile pour envoyer au serveur des données saisies par un utilisateur sur une application web est une fonctionnalité essentielle. JSON facilite cette tâche en prenant en charge divers types de valeurs, notamment la valeur nul, les chaînes de caractères, les booléens, les nombres, les objets et les tableaux. Ainsi, les données utilisateur de tous types peuvent être envoyées au serveur et stockées dans un fichier JSON. Par la suite, ces données peuvent être extraites pour être exploitées à diverses fins [7].

---

<sup>16</sup> <https://flask.palletsprojects.com/en/3.0.x/>

### 3. Création d'une application client/serveur utilisant Flask en python

Le protocole client-serveur est un système de communication où plusieurs programmes ou processus échangent des informations, généralement via un réseau. Dans ce système, un programme, appelé client, envoie des demandes, tandis qu'un autre programme, le serveur, les reçoit et y répond. Le serveur fournit ainsi un service au client en traitant ses requêtes [5].

#### 3.1. Création du serveur Flask

- ✓ Installation de flask : `pip install Flask`
- ✓ Tester Flask : écrire un code de test dans un fichier nommé « hello.py »

```
from flask import Flask

app = Flask(__name__)

@app.route('/')
def index():
    return "Hello world !"

if __name__ == "__main__":
    app.run(host='172.16.0.33', port=80, debug=True)
```

- ✓ Host='172.16.0.33': l'application sera accessible à partir de cette adresse IP sur le réseau.
- ✓ Port=80 : l'application sera accessible sur le port 80.
- ✓ debug=True: Cela active le mode de débogage, ce qui implique que Flask affichera dans le terminal des détails sur les erreurs survenant dans l'application.

#### 3.2. Création du client

Il est possible de créer un client en utilisant HTML, JavaScript, ou d'autre framework ou langage de programmation client .

```
<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
  <title>Hello World!</title>
</head>
<body>
  <h1>Hello World!</h1>
</body>
</html>
```

- ✓ Enregistrer ce code dans un fichier *index.html* et tester-le dans un navigateur.
- ✓ Dans cet exemple, un serveur Flask est créé, renvoyant le message "HelloWorld!" lorsqu'on accède à la racine (<http://172.16.0.33:80/>). Le client HTML envoie une

requête à cette adresse URL et affiche la réponse. Cette technique peut être étendue pour développer des applications plus complexes en incorporant des routes supplémentaires `@app.route('/action_route')` pour gérer différentes actions et en intégrant des modèles HTML pour une présentation plus élaborée des données.

#### 4. Spécifications fonctionnelles et caractéristiques

##### 4.1. Spécification fonctionnelles

- a) **Détection des objets métalliques** : La poubelle doit être équipée d'un capteur capable de détecter la présence d'objets métalliques lorsqu'ils sont jetés à l'intérieur.
- b) **Tri des déchets** : En fonction de la détection des objets métalliques, la poubelle doit être en mesure de séparer les déchets métalliques des autres types de déchets.
- c) **Compatibilité avec d'autres fonctionnalités** : Elle doit être compatible avec d'autres fonctionnalités de tri et de gestion des déchets.
- d) **Interface utilisateur** : Une interface utilisateur peut être fournie pour informer les utilisateurs sur le processus de détection des objets métalliques et les instructions de tri appropriées.

##### 4.2. Caractéristiques

- a) **Fiabilité** : La poubelle doit être fiable dans la détection précise des objets métalliques pour assurer un tri efficace des déchets.
- b) **Sécurité** : Elle doit être conçue pour éviter les blessures lors de l'utilisation, en particulier si elle utilise des mécanismes de détection automatisés.
- c) **Performance**: Elle doit avoir des performances acceptables en termes de vitesse de détection et de précision, afin de minimiser les erreurs de tri.
- d) **Consommation d'énergie** : la poubelle devrait être économe en énergie pour minimiser son impact environnemental.
- e) **Facilité d'entretien** : devrait être facile à entretenir et à nettoyer, en particulier les parties liées au processus de détection des objets métalliques.
- f) **Compatibilité environnementale**: La poubelle doit être conçue avec des matériaux respectueux de l'environnement et durable pour minimiser son empreinte écologique.

**g) Interopérabilité:** Elle doit être compatible avec d'autres systèmes de gestion des déchets ou dispositifs domotiques pour une intégration facile dans différents environnements.

**h) Sécurité des données:** Si elle utilise des données utilisateur, elle doit garantir la confidentialité et la sécurité de ces données.

### 5. Conception du système

La conception d'un système de poubelle intelligente implique plusieurs composants et fonctionnalités pour assurer un tri efficace des déchets. Il faut prévoir des capteurs pour détecter le type de déchet, niveau de remplissage, peser les différents types de déchets. Un module de contrôle, comme un Raspberry Pi, collectera et analysera ces données pour optimiser les tournées de collecte, prévenir les débordements et proposer des mesures de réduction des déchets.

L'interface utilisateur, via une application mobile ou web, permettra aux utilisateurs de visualiser leurs statistiques de production de déchets, de programmer les collectes et de recevoir des notifications. L'intégration du système aux infrastructures de gestion des déchets existantes, tout en assurant la sécurité et la confidentialité des informations, est également un élément clé.

### 5.1. Architecture globale de système

Un système de poubelle intelligente basé sur l'IoT utilise des capteurs de métaux et capteur de mouvement avec des modules de communication (Wi-Fi) pour transmettre les données à un dispositif edge qui les envoie ensuite à un serveur central. Ce serveur stocke et traite les informations, offrant une interface via des applications mobiles ou web pour la visualisation en temps réel.

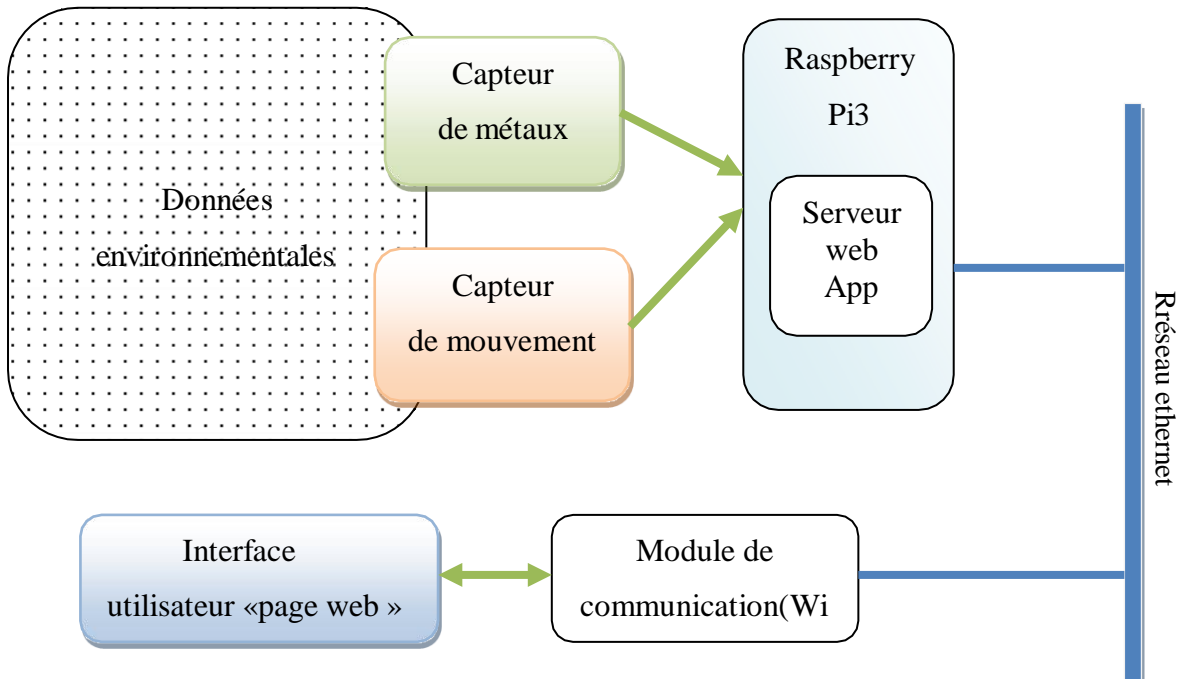


Figure 18. Schéma fonctionnel de système.

### 5.2. Composants matériels

#### 5.2.1. Un Raspberry Pi

Cette carte est un mini-ordinateur qui répond parfaitement aux exigences de gestion des données et de pilotage des fonctionnalités de la poubelle.



Figure 19. Raspberry Pi3<sup>17</sup>.

### 5.2.2. Capteur de détection des métaux

Le "mds-60" est un détecteur de métaux haute performance conçu pour des applications de sécurité. Nous l'avons utilisé afin de garantir une détection optimale d'une large gamme d'objets métalliques.



Figure 20. Détecteur de métaux<sup>18</sup>

#### a) Fiche technique de détecteur

Tableau 5 : Fiche technique de détecteur de métaux.

Composants			Paramètres	
Nom du composant	Marqueur de PCB	Paramètre	Paramètre	Valeur
Résistance à film métallique	R3	470ohm	Tension de fonctionnement	DC 3-5V
	R2	2k	Courant de fonctionnement	40mA
	R1	200k	Courant de veille	5mA
Potentiomètre	VR1	100R	Distance de détection	60mm
Condensateur en	C2, C3	0.022uf	Mode d'alarme	Son / Lumière

<sup>17</sup> <https://thepihut.com/cdn/shop/products/raspberry-pi-3-model-b-raspberry-pi>

<sup>18</sup> <https://www.dzduino.com/kit-de-d%C3%A9tecteur-de-m%C3%A9tal-fr>



céramique	C1, C4	0.1uf	Difficulté	Facile
Condensateur électrolytique	C5	100uf	Taille du PCB	86*61mm
LED rouge	LED1	5mm		
S9012	Q2.Q3	TO-92		
S9018	Q1	TO-92		
Interrupteur	SW1	6*5mm		
Avertisseur sonore	SP1	9*12mm		
Prise de courant	J1	KF301-2P		
PCB		MDS-60		

b) Schéma électronique du détecteur

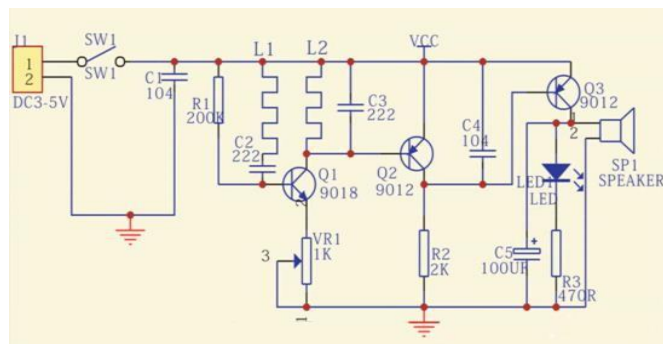


Figure 21. Schéma électronique de détecteur

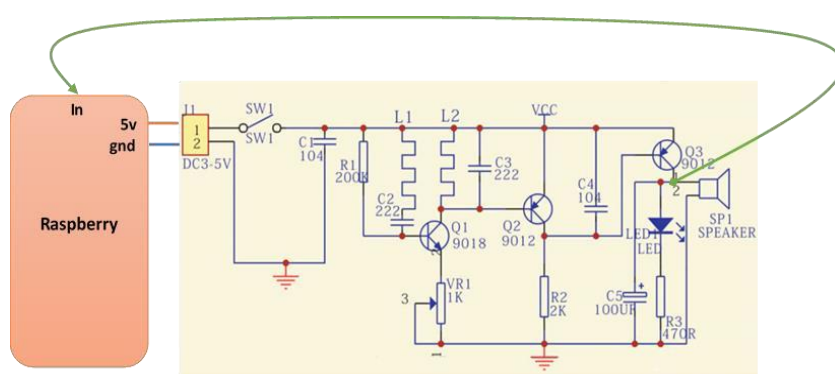


Figure 22. Schéma électronique de détecteur relié avec Raspberry Pi.

• Principe de fonctionnement du détecteur

Les détecteurs de métaux modernes utilisent majoritairement le système de bobine équilibrée à boucle fermée pour détecter la présence de métal dans le sol ou d'autres matériaux. Ce système offre une meilleure précision et une plus grande sensibilité par rapport aux méthodes traditionnelles [11].

**1-Bobines:** Trois bobines entourent l'ouverture du détecteur:

- a) **Bobine émettrice:** Située au centre, elle émet un signal de radiofréquence (RF) créant un champ électromagnétique.
- b) **Bobines réceptrices:** Placées de chaque côté de la bobine émettrice à égale distance, elles reçoivent le signal RF réfléchi par les objets métalliques.

**2-Champ électromagnétique:** Le champ RF généré par la bobine émettrice pénètre le sol ou le matériau analysé. Lorsqu'un objet métallique conducteur est présent, il perturbe le champ RF en créant ses propres courants induits.

**3-Signal de réception:** Les bobines réceptrices captent le signal RF modifié par la présence du métal. Ce signal est ensuite traité électroniquement.

**4-Équilibre et détection:** Les signaux des bobines réceptrices sont connectés en opposition. En l'absence de métal, les signaux s'annulent, indiquant un "zéro" équilibré. La présence d'un objet métallique perturbe cet équilibre, générant un signal net qui indique la détection d'un métal.

**5-Analyse et indication:** Le signal de détection est amplifié et analysé par le circuit électronique du détecteur. Si le signal dépasse un seuil de sensibilité prédéfini, une indication sonore ou visuelle est déclenchée, alertant l'utilisateur de la présence d'un objet métallique [11].

- **Avantages du système à bobine équilibrée**

- ✓ **Meilleure discrimination:** Permet de distinguer plus précisément les différents types de métaux.
- ✓ **Moins sensible aux interférences:** Réduit les faux positifs causés par les minéraux du sol ou les structures artificielles.
- ✓ **Plus grande sensibilité :** Détecte des objets métalliques plus petits et plus profonds [11].

### 5.2.3. Capteur PIR

Un capteur PIR (capteur infrarouge passif) détecte les mouvements en surveillant les variations du rayonnement infrarouge émis par les objets chauds à des intervalles réguliers. Ces variations sont captées par des matériaux pyroélectriques sensibles intégrés dans le capteur. Lorsqu'un objet chaud, tel qu'une personne, pénètre dans le champ de détection, le changement de rayonnement est détecté et converti en un signal électrique. Ce signal, qui passe d'un état bas à un état haut ou vice versa, indique la détection d'un mouvement. En réponse à cette détection, le capteur peut activer diverses actions, comme l'allumage d'une lumière ou le déclenchement d'une alarme. Pratiquement, tous les matériaux émettant de la

chaleur peuvent être détectés par un capteur PIR, indépendamment de leur couleur ou texture, tant qu'ils génèrent suffisamment de rayonnement infrarouge pour être captés par le capteur[12].



**Figure 23. SensPir module de capteur de mouvement.**

- Le capteur Pir peut être utilisé pour détecter la présence d'un objet à proximité de la poubelle intelligente.

### 5.2.4. Servo-moteur

Lorsqu'un objet est détecté à l'intérieur de la poubelle intelligente par les capteurs intégrés, un signal est transmis au serveur. Ce signal déclenche l'activation du servo-moteur peut alors commander le mouvement du bac à déchets selon des instructions précises.



**Figure 24. Servo-moteur<sup>19</sup>**

- **Principe de fonctionnement de servo-moteur**

Un servomoteur fonctionne de manière simple et facile à comprendre. Il utilise généralement un système appelé contrôle en boucle fermée, composé d'un comparateur et d'un chemin de rétroaction. Ce système vérifie et ajuste constamment le moteur pour le maintenir à la position correcte. Le comparateur est un élément crucial du servomoteur. Il compare la position actuelle du moteur avec la position cible. S'il y a une différence, cela signifie qu'il y a une erreur, et le comparateur indique au moteur de faire les ajustements nécessaires pour atteindre la bonne position [14].

Les servomoteurs sont souvent contrôlés à l'aide d'une technique appelée modulation de

---

<sup>19</sup> <https://pecquery.wixsite.com/arduino-passion/le-servomoteur>

largeur d'impulsion (PWM). Cette méthode implique l'envoi d'un signal électrique composé d'impulsions de différentes longueurs au moteur. Ces impulsions, dont la largeur varie généralement entre 1 et 2 millisecondes, sont envoyées de manière répétée à une fréquence de 50 fois par seconde. En ajustant la largeur de ces impulsions, on peut contrôler précisément la position de l'arbre rotatif du servomoteur. En termes simples, la modification de la durée des impulsions guide le moteur vers la position désirée pour son arbre rotatif [14].

### 5.2.5. Architecture matérielles

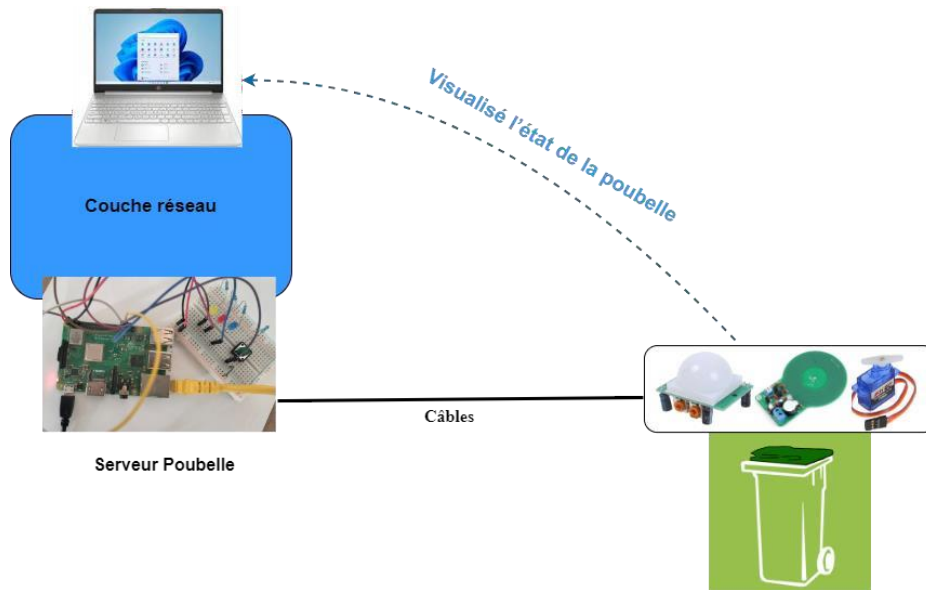


Figure 25. Architecture matérielle du système

### 5.2.6. Composants logiciels

#### 5.2.6.1. Advanced IP Scanner

Un analyseur de réseau gratuit et fiable conçu pour l'analyse des réseaux locaux. Ce logiciel permet l'exploration de tous les périphériques réseau, offre un accès aux dossiers partagés et aux serveurs FTP, permet un contrôle à distance des ordinateurs via RDP et Radmin, et offre même la possibilité d'éteindre des ordinateurs à distance [15].

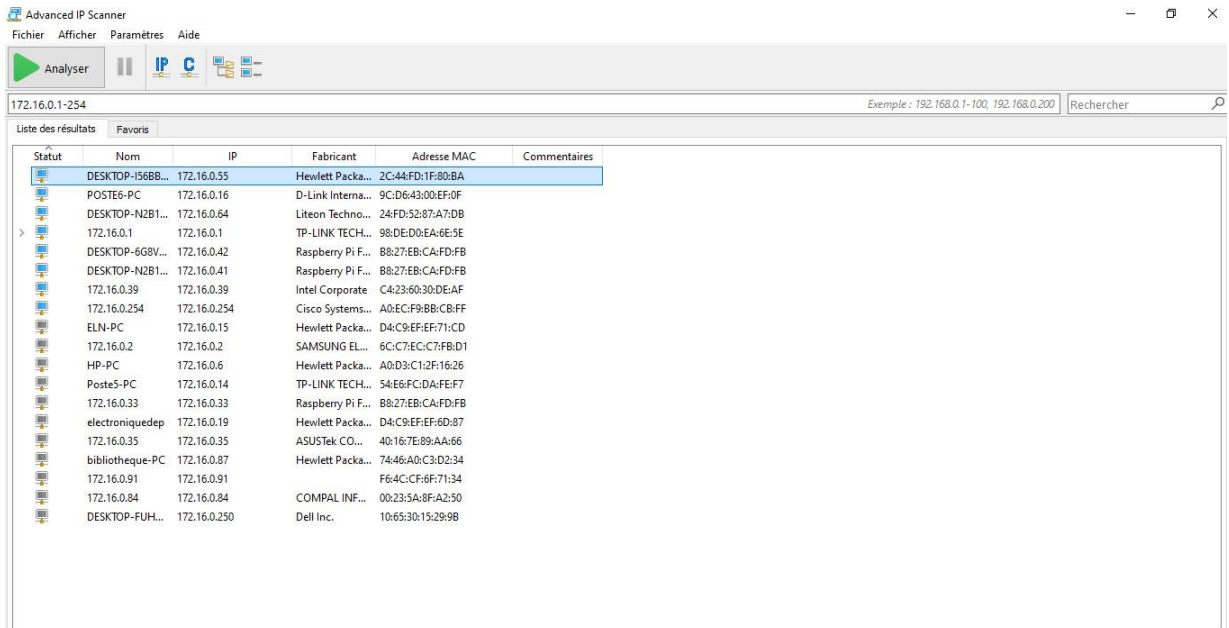


Figure 26. IP Scanner

### 5.2.6.2. Bitwise SSH client

Est un logiciel conçu pour établir des connexions sécurisées et effectuer des transferts de fichiers sur des serveurs SSH. Il s'adresse principalement aux utilisateurs Windows qui ont besoin de se connecter à et de gérer des serveurs distants fonctionnant sur divers systèmes d'exploitation tels que Linux, macOS ou même d'autres machines Windows [16].

Bitwise est un émulateur de terminal et un client SSH de pointe qui privilégie la sécurité pour l'accès distant aux terminaux et le transfert sécurisé de fichiers [16].

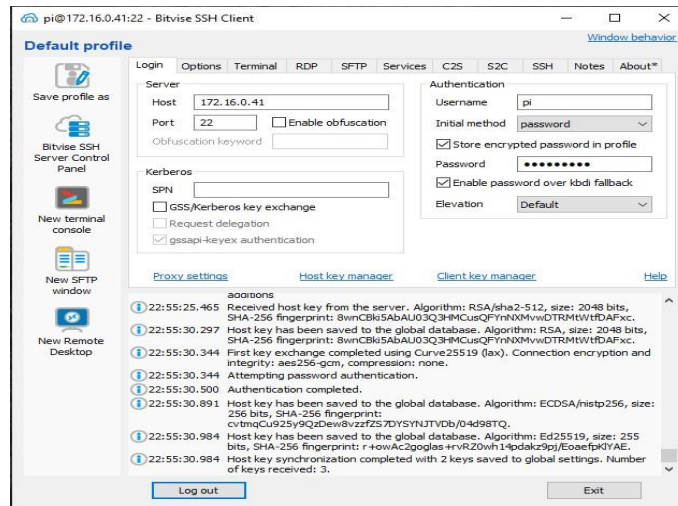


Figure 27. Bitvise SSH Client.

### 5.2.6.3. Notepad++

Est un éditeur de texte libre, complet et gratuit, disponible en français. Intégré à l'origine dans le système d'exploitation Microsoft Windows, ce bloc-notes amélioré offre une multitude de fonctionnalités particulièrement utiles pour la programmation [17].



Figure 28. Editeur Notepad++.

### 5.2.7. Architecture logicielles

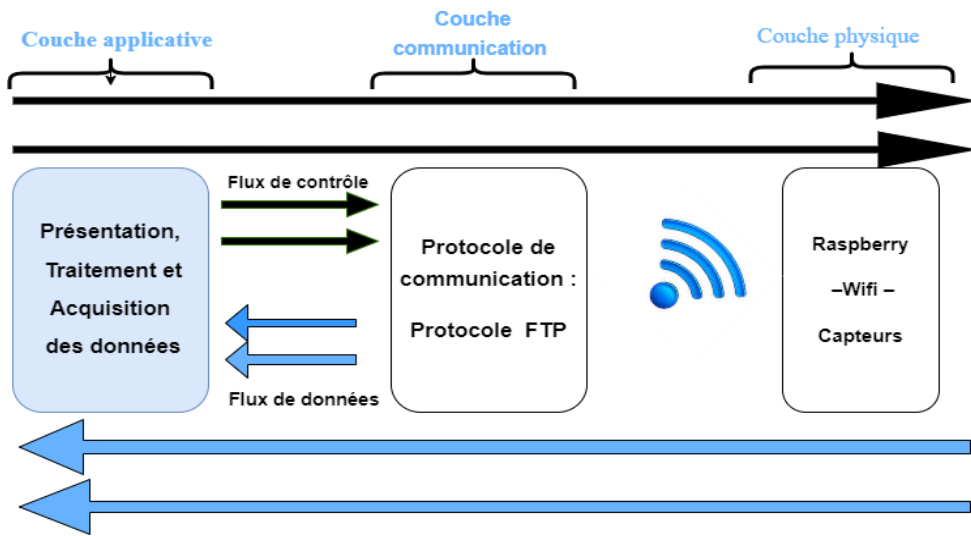


Figure 29. L'architecture logicielle du système.

## 5.3. Conception détaillée

### 5.3.1. Fonctionnement de système

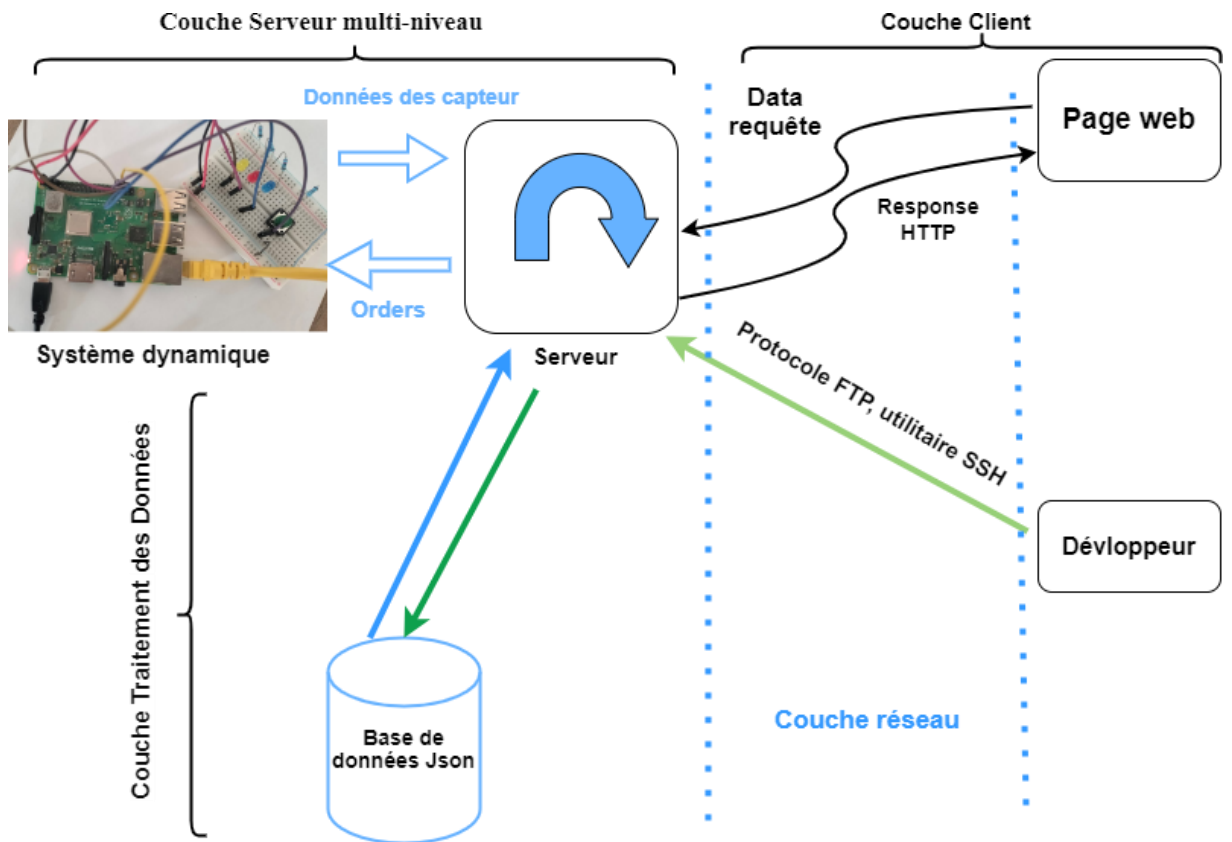


Figure 30. Schéma de fonctionnement de système.

### 5.3.2. Protocoles utilisés

#### 5.3.2.1. Protocol FTP

Un protocole d'échange est un ensemble de règles définit la manière dont deux entités ou plus communiquent pour réaliser le transfert d'informations. Dans le cas spécifique du protocole FTP, il s'agit d'un protocole centré sur le transfert de fichiers sur un réseau TCP/IP, fonctionnant selon une architecture client-serveur. Dans ce contexte, l'ordinateur client se connecte au serveur via FTP pour envoyer ou télécharger des fichiers. Ce protocole vise à maximiser la vitesse de transfert en n'utilisant pas de cryptage pour protéger les informations. Pour cette raison, des applications existent pour permettre le transfert de fichiers tout en garantissant un trafic crypté [18].

#### 5.3.2.2. Protocol HTTP

Le protocole de transfert hypertexte (HTTP) est le protocole de communication utilisé pour transférer des informations, telles que des fichiers HTML, sur le World Wide Web

Le protocole HTTP fonctionne selon un modèle "requête-réponse" entre le serveur web et l'agent utilisateur, tel qu'un navigateur web ou un robot d'exploration. Le client envoie une demande de données, et le serveur répond avec une réponse structurée, incluant des métadonnées qui définissent les directives pour le début, le déroulement et la fin de la transmission d'informations. Les méthodes de requête sont des commandes qui lancent l'exécution de ressources spécifiques, avec des fichiers stockés sur le serveur [19].

#### 5.3.2.3. Protocole SSH

Le protocole Secure Shell (SSH) est une méthode utilisée pour envoyer des commandes de manière sécurisée à un ordinateur sur un réseau non sécurisé. Il utilise la cryptographie pour authentifier et chiffrer les connexions entre les appareils. SSH permet également la tunnellation, ou le transfert de port, ce qui signifie que les paquets peuvent traverser des réseaux autrement inaccessibles. SSH est couramment utilisé pour le contrôle à distance des serveurs, facilitant la gestion de l'infrastructure et le transfert de fichiers [20].



5.3.2.4. Différences entre protocole FTP et utilitaire SSH

Tableau 6 : Différence entre FTP et SSH

	Protocole FTP	Utilitaire SSH
<b>Sécurité</b>	Est un protocole non sécurisé qui envoie les informations de connexion (nom d'utilisateur et mot de passe) en texte clair.	est un protocole sécurisé qui utilise le chiffrement pour protéger les communications, y compris les informations de connexion.
<b>Transfert de fichiers</b>	est spécialement conçu pour le transfert de fichiers entre un client et un serveur.	peut également être utilisé pour le transfert de fichiers, mais ce n'est pas sa fonction principale. Il offre plutôt une connexion sécurisée pour diverses tâches, y compris le transfert de fichiers.
<b>Portée</b>	se limite au transfert de fichiers entre un client et un serveur.	est plus polyvalent et peut être utilisé pour diverses tâches, comme l'exécution de commandes à distance, le transfert de fichiers, la gestion de serveurs, etc
<b>Authentification</b>	peut utiliser l'authentification par mot de passe ou l'authentification anonyme.	utilise généralement l'authentification par clé publique/privée, offrant une sécurité renforcée.

6. Principe de fonctionnement du système

La poubelle intelligente opère à travers plusieurs étapes. D'abord, le capteur de mouvement détecte lorsqu'un objet entre dans la poubelle. Ensuite, le capteur de métaux s'active et examine le champ magnétique ou la conductivité de l'objet pour déterminer s'il contient du métal. Ces capteurs envoient des signaux au Raspberry Pi, indiquant la présence de l'objet et la possible détection de métal. Le Raspberry Pi analyse ces signaux et prend une décision sur l'action à entreprendre. Si du métal est détecté, le Raspberry Pi envoie un signal au servomoteur, qui ouvre un volet ou une porte pour séparer les déchets métalliques des autres types de déchets. Les déchets sont alors dirigés vers deux compartiments distincts : l'un pour les matériaux métalliques et l'autre pour les matériaux non métalliques. De plus, le Raspberry Pi peut communiquer avec un système central de gestion des déchets, envoyant des informations sur la quantité, les types de déchets détectés et l'état de remplissage de la poubelle.

6.1. Schéma de fonctionnement du système

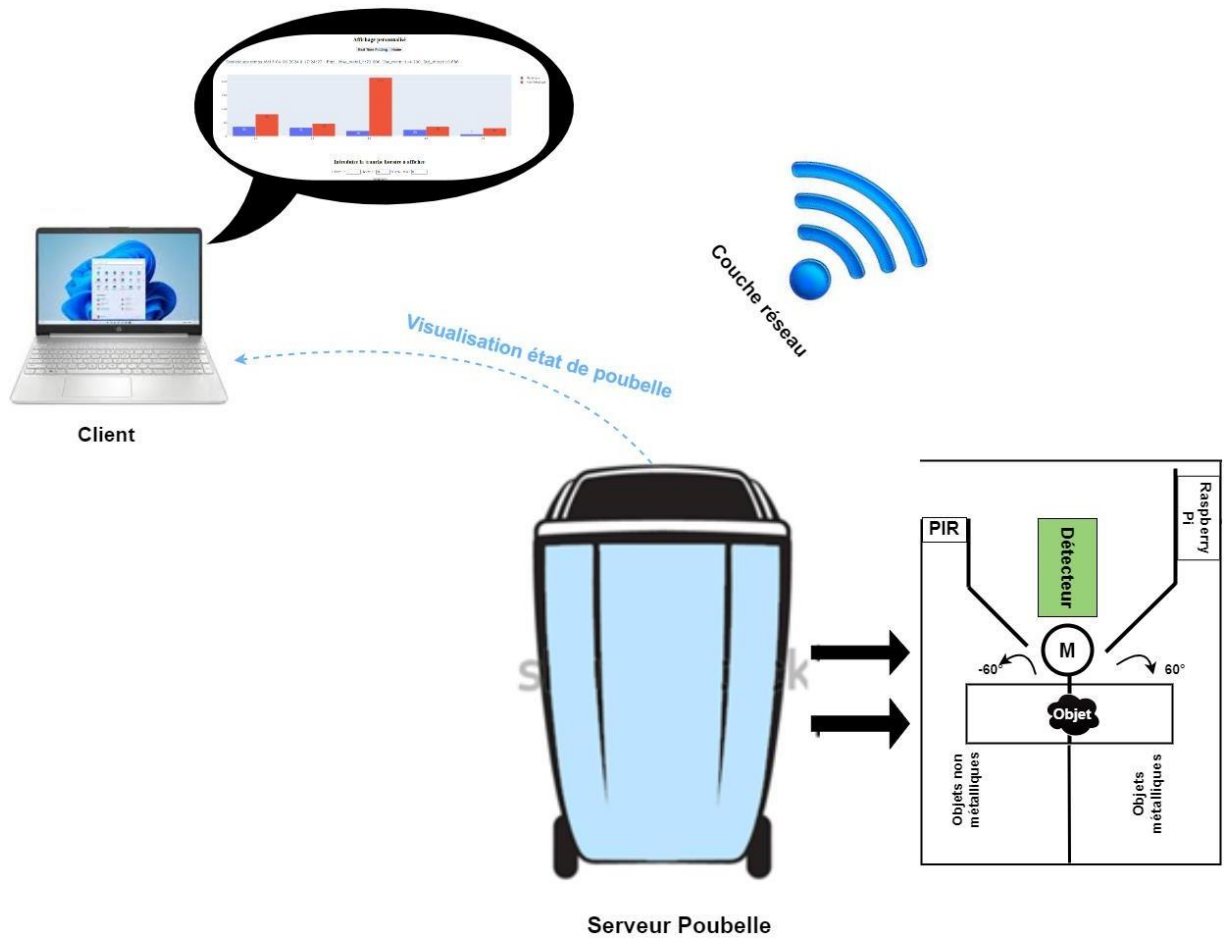


Figure 31. Structure de système.

## 6.2. Organigramme de fonctionnement

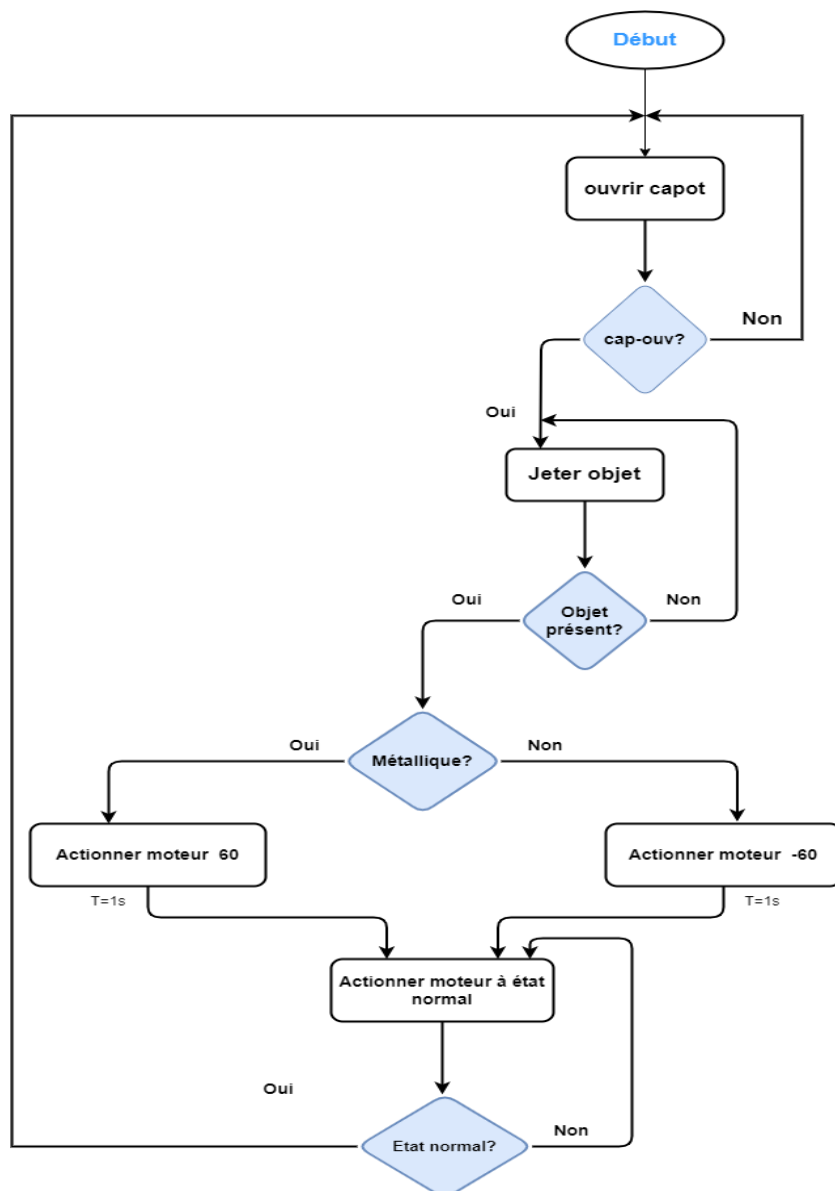


Figure 32. Organigramme de fonctionnement.

## 7. Conclusion

En résumé, le développement d'une poubelle connectée avec détection d'objets métalliques représente une solution prometteuse pour une gestion automatisée des déchets. Ce projet conjugue technologie de pointe et préoccupations environnementales, contribuant ainsi à une meilleure utilisation des ressources et à la protection de l'environnement. Les développements futurs pourraient étendre les capacités de détection à d'autres types de matériaux et améliorer encore l'efficacité du système, faisant de cette innovation un outil essentiel pour les villes intelligentes et les industries de gestion des déchets.

Cette nouvelle version met davantage l'accent sur la capacité du projet à allier progrès technologique et considérations environnementales, dans une approche holistique de la gestion des déchets. Elle souligne également les possibilités d'améliorations futures qui permettraient d'accroître encore l'utilité de ce système innovant.

# Chapitre III

## Mise en œuvre de l'application

## Chapitre III : Mise en œuvre d'application

### 1. Introduction

Dans ce chapitre, nous présentons les tests réalisés et les résultats obtenus pour la poubelle intelligente capable de détecter les types d'objets (métalliques, non métallique). Ce projet utilise un Raspberry Pi intégré avec des capteurs pour la détection de métaux et de mouvement, ainsi qu'un servomoteur pour l'ouverture et la fermeture du compartiment. De plus, le système est connecté à l'Internet des Objets (IoT) pour permettre une surveillance et une gestion à distance. Les tests visent à évaluer la précision de la détection, la réactivité du système, ainsi que la fiabilité de la communication IoT.

### 2. Développement et implantation du système

#### 2.1. Intégration de composants matérielles et logicielles

Pour développer une création d'une poubelle intelligente capable de détecter les objets métalliques implique une combinaison harmonieuse de composants matériels et logiciels.

##### 2.1.1. Intégration de composants

L'intégration matérielle de cette poubelle intelligente nécessite une coordination précise entre les différents composants électroniques et une programmation adéquate pour assurer un fonctionnement harmonieux. Avec une mise en œuvre réussie, cette solution permet de détecter efficacement les objets métalliques et de les gérer de manière plus durable, contribuant ainsi à une meilleure gestion des déchets et à un environnement plus propre.

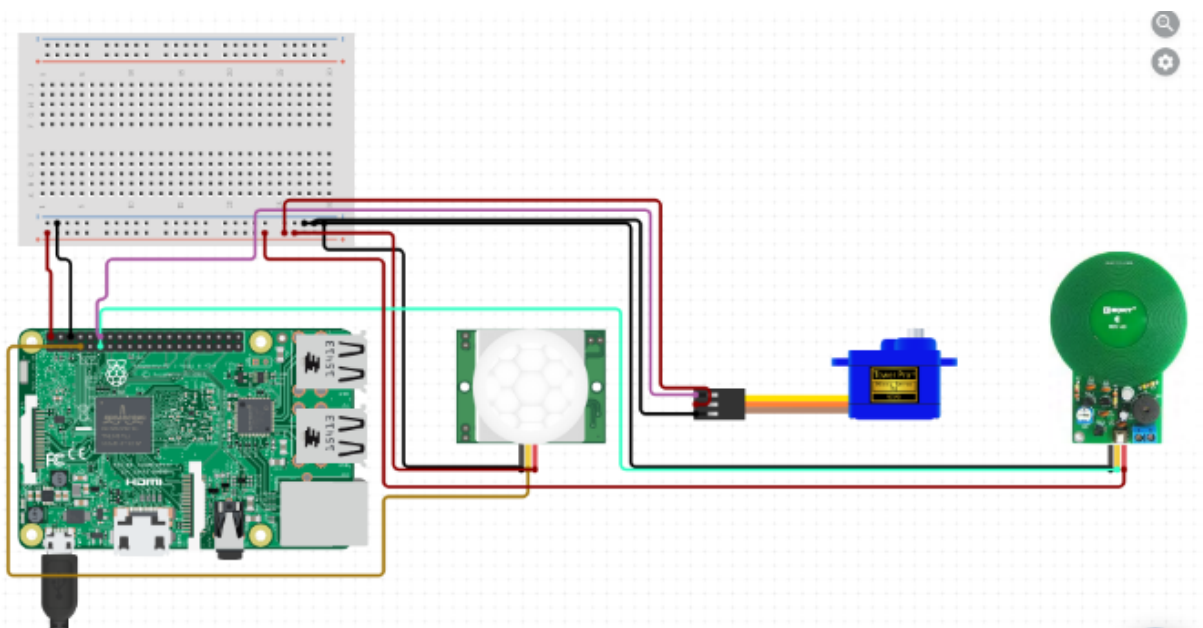


Figure 33. Schéma de connexion des composants.

### 2.1.2. Diagramme de séquence

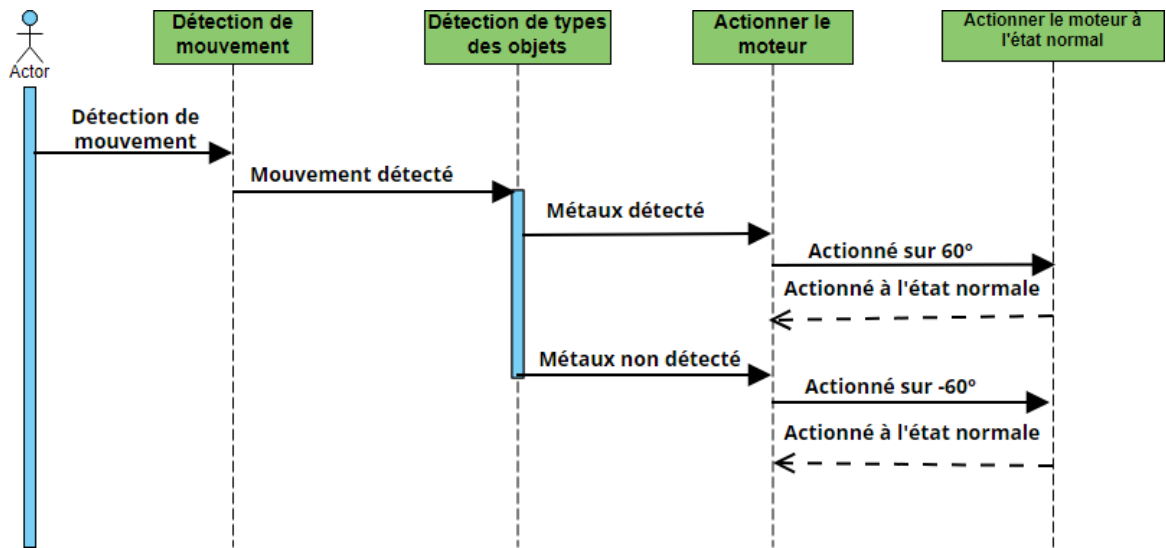


Figure34. Diagramme de séquence.

### 2.1.3. Manipulation logicielle

L'intégration logicielle des données de la poubelle intelligente s'articule autour de plusieurs étapes clés. Tout d'abord, la poubelle collecte en continu les données relatives à la détection des objets métalliques. Ces informations sont ensuite stockées dans un système de gestion de données, permettant leur conservation et leur accès ultérieur. Transformer et préparer ces données brutes, les rendant ainsi plus exploitables. L'étape suivante consiste en l'analyse de ces données, à l'aide d'algorithmes d'apprentissage automatique. Ceux-ci permettent de classifier avec précision les différents types d'objets détectés. Les résultats de cette analyse sont finalement visualisés à l'aide d'interfaces conviviales, telles qu'interface graphique.

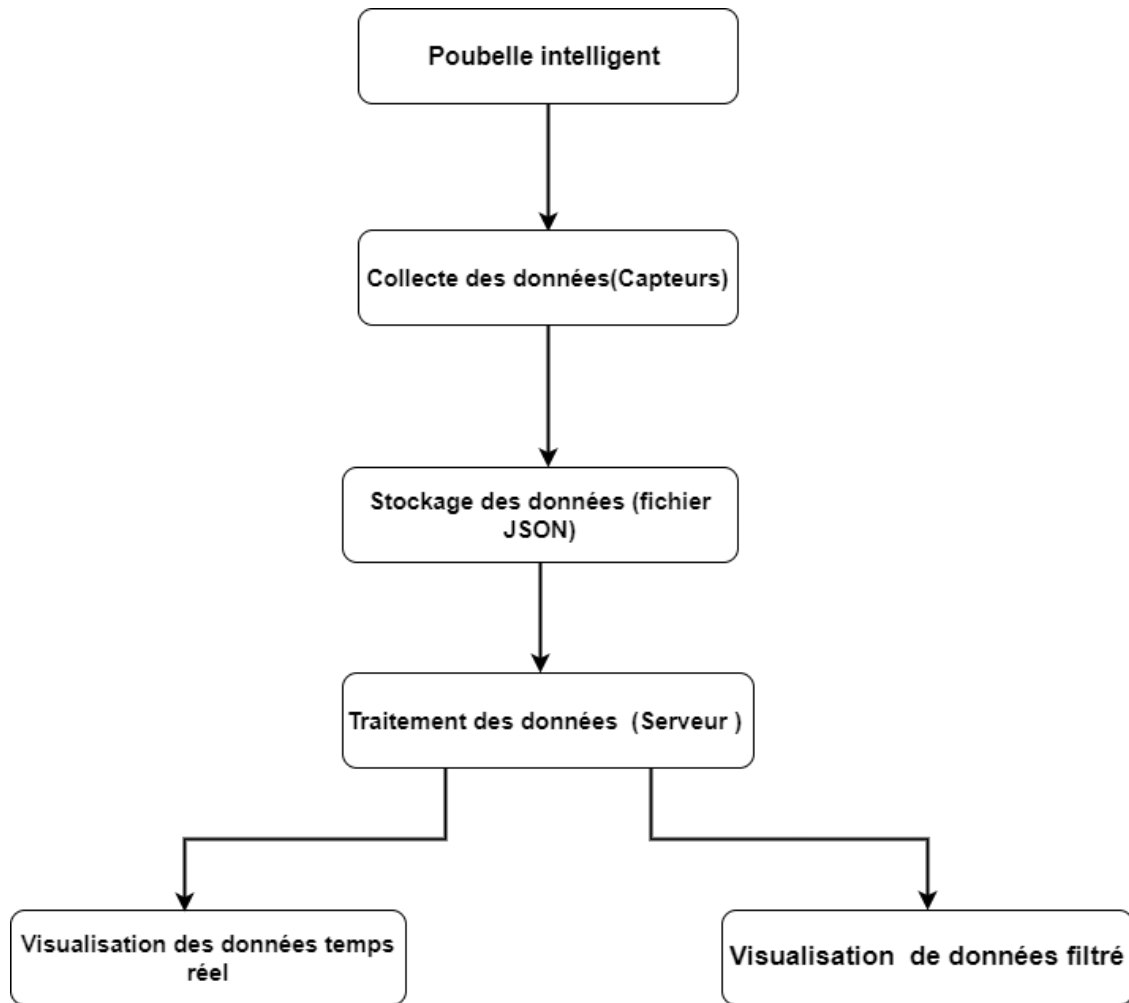


Figure 35. Intégration de logiciels des données.

- Ce schéma présente de manière claire et structurée l'architecture et les processus nécessaires à l'intégration du logiciel pour analyser les données d'une poubelle intelligente.

### 3. Cas d'utilisation

La poubelle intelligente utilise des technologies avancées pour automatiser le tri et le recyclage des déchets métalliques, contribuant ainsi à une gestion des déchets plus efficace et plus écologique.

#### 3.1. Installation matérielle

Pour démarrer la poubelle intelligente, il est essentiel d'installer et de configurer le Raspberry Pi pour qu'il puisse interagir avec les différents composants. Tout d'abord, le capteur PIR (Passive Infrared Sensor) est connecté au Raspberry Pi. Ce capteur détecte les mouvements dans la zone de la poubelle, informant le système de la présence d'un utilisateur à proximité. Ensuite, le détecteur de métaux est relié au Raspberry Pi. Sa fonction est d'analyser le contenu des déchets pour identifier la présence d'objets métalliques.



Un servomoteur est également connecté au Raspberry Pi. Il contrôle l'ouverture et la fermeture du compartiment dédié aux objets métalliques, permettant ainsi un tri sélectif automatique. Lorsqu'un mouvement est détecté par le capteur PIR, le Raspberry Pi active le détecteur de métaux pour analyser les déchets. Si des objets métalliques sont détectés, le servomoteur ouvre le compartiment dédié, y dépose les objets métalliques, puis se referme.

Ce système assure une gestion intelligente et automatisée de la poubelle, facilitant le tri et le recyclage des déchets métalliques de manière efficace et sécuritaire

### 3.2. Mise en œuvre logicielle

#### 3.2.1. Lancement du serveur python

Pour démarrer un serveur, utilisez cette commande dans le terminal :

```
$ sudo python serveur.py.
```

Figure 36. Terminel de lancement de serveur.

C'est une pratique courante d'utiliser `sudo` avec Python pour exécuter des scripts nécessitant des autorisations spéciales, comme l'accès à des ressources système restreintes. L'ajout de `sudo` avant la commande `Python` permet d'exécuter le script en tant que super utilisateur, donnant ainsi un accès élargi au système. Cependant, il est essentiel d'utiliser cette commande avec précaution, car une utilisation incorrecte peut potentiellement causer des dommages. Avant d'exécuter un script avec `sudo`.

#### 3.2.2. Détection des objets

L'utilisation de la détection d'objets, une tâche fondamentale dans domaine d'IOT, Grâce à la combinaison de ces différents capteurs et techniques de détection, la poubelle intelligente est capable de classifier avec précision les objets jetés, permettant un tri sélectif avancé et une gestion optimisée des déchets.

Cette détection intelligente des déchets, au-delà des simples objets métalliques, offre de nombreuses possibilités d'amélioration de la gestion des déchets, du recyclage et de la sensibilisation des utilisateurs. Dans notre projet utilisons ce code :

```
def sensPIR_callback(channel):
    buttonSts = GPIO.input(button)
    sensPIRSts = GPIO.input(sensPIR)
    if sensPIRSts == 0:
        print("objet absent")
        #GPIO.cleanup()
    else:
        if buttonSts==1:
            print("objet metalique")
```

### 3.2.3. Action sur le moteur

Le servomoteur est connecté à un système de compartiments à l'intérieur de la poubelle, chacun étant dédié à un type de déchet spécifique (métallique, non métallique). Lorsque la poubelle détecte un objet, le serveur commande le servo-moteur pour ouvrir le compartiment approprié en fonction du type de déchet identifié. Ainsi, l'objet est automatiquement déposé dans le compartiment correspondant.

Ce système de tri automatisé permet de séparer efficacement les différents types de déchets sans intervention manuelle de l'utilisateur. Cette partie nous programmé à telle façon :

```
def sensPIR_callback(channel):
    buttonSts = GPIO.input(button)
    sensPIRSts = GPIO.input(sensPIR)
    if sensPIRSts == 0:
        print("objet absent")
        #GPIO.cleanup()
    else:
        if buttonSts==1:
            print("objet metalique")
            p.ChangeDutyCycle(float(met))
            sleep(0.03)
            # Pause the servo
            p.ChangeDutyCycle(0)
            sleep(3)
            p.ChangeDutyCycle(7)
            sleep(0.03)
            p.ChangeDutyCycle(0)
            with open('date.json', 'r') as file:
                data = json.load(file)
                data[datetime.datetime.now().strftime("%Y-%m-%d %H:%M:%S")] = "metalique"
            # Step 3: Write back to JSON file
            with open('date.json', 'w') as file:
                json.dump(data, file)
```

```
else:
    sleep(3)
    print("objet non metalique")
    p.ChangeDutyCycle(float(nmet))
    sleep(0.03)
    # Pause the servo
    p.ChangeDutyCycle(0)
    sleep(3)
    p.ChangeDutyCycle(7)
    sleep(0.03)
    p.ChangeDutyCycle(0)
    with open('date.json', 'r') as file:
        data = json.load(file)
        data[datetime.datetime.now().strftime("%Y-%m-%d %H:%M:%S")] = "non metalique"
    # Step 3: Write back to JSON file
    with open('date.json', 'w') as file:
        json.dump(data, file)
GPIO.add_event_detect(sensPIR,GPIO.RISING,callback=sensPIR_callback) # Setup event on pin 10
```

### 3.2.4. Enregistrement des données

Enregistrement des données d'une poubelle intelligente dans un fichier JSON en suivant dans 3 étapes

1. **Collecte des données** : les données de capteurs sont déjà disponibles sous forme de variables Python.
2. **Structure de données**: Un dictionnaire est utilisé pour organiser les données.
3. **Convertir en JSON**: La fonction **json.dump()** de la bibliothèque **JSON** convertit le dictionnaire en une chaîne JSON.
4. **Enregistrement des données** : les données JSON peuvent être enregistrées dans un fichier en utilisant l'instruction **with open('date.json', 'r') as file:** qui écrivant les données JSON dans ce fichier.

➤ Nous appliqués ce code selon les besoins spécifiques de notre application :

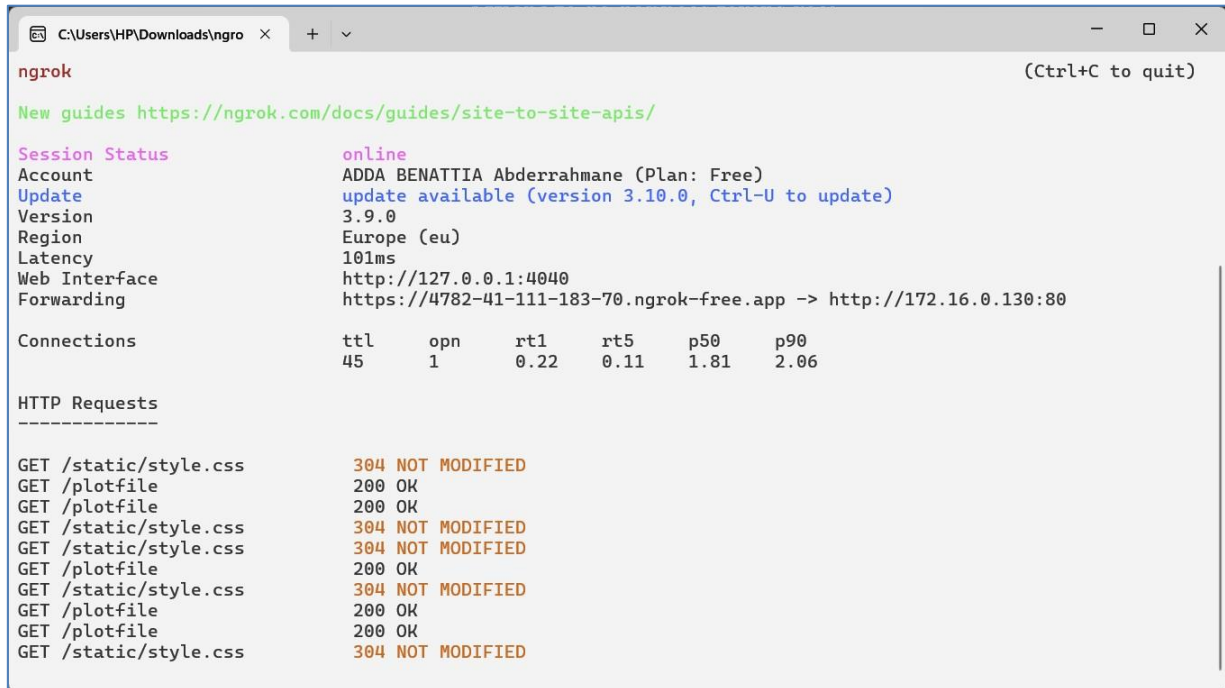
```
# Step 3: Write back to JSON file
with open('date.json', 'w') as file:
    json.dump(data, file)
GPIO.add_event_detect(sensPIR,GPIO.RISING,callback=sensPIR_callback)
```

### 3.2.5. Tunnellisation (ngrok)

Ngrok est une petite application qui crée un tunnel sécurisé entre votre machine locale et Internet, permettant ainsi à n'importe qui d'accéder à votre site web en cours de développement [20].

Nous utilisons Ngrok pour simplifier le partage et l'accessibilité de vos applications locales, accélère les tests et les démonstrations, et facilite l'intégration avec des services externes. C'est un outil précieux pour visualiser les données de poubelles intelligentes doivent être accessibles en temps réel et de manière sécurisée.

Téléchargement tunnel Ngrok depuis le site officielle<sup>20</sup>.



```
ngrok (Ctrl+C to quit)
New guides https://ngrok.com/docs/guides/site-to-site-apis/

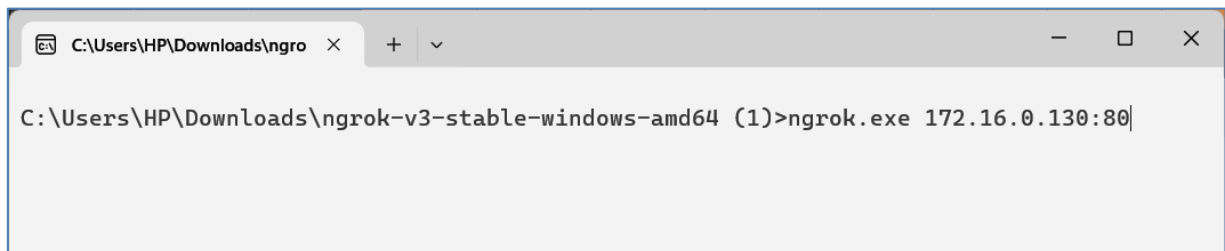
Session Status      online
Account             ADDA BENATTIA Abderrahmane (Plan: Free)
Update              update available (version 3.10.0, Ctrl-U to update)
Version             3.9.0
Region              Europe (eu)
Latency             101ms
Web Interface       http://127.0.0.1:4040
Forwarding           https://4782-41-111-183-70.ngrok-free.app -> http://172.16.0.130:80

Connections
  ttl   opn   rt1   rt5   p50   p90
  45    1     0.22  0.11  1.81  2.06

HTTP Requests
-----
GET /static/style.css      304 NOT MODIFIED
GET /plotfile              200 OK
GET /plotfile              200 OK
GET /static/style.css      304 NOT MODIFIED
GET /static/style.css      304 NOT MODIFIED
GET /plotfile              200 OK
GET /static/style.css      304 NOT MODIFIED
GET /plotfile              200 OK
GET /plotfile              200 OK
GET /static/style.css      304 NOT MODIFIED
```

Figure 37. Interface de tennulle ngrok.

➤ Pour autoriser à accéder la page web de serveur poubelle utilisé cette commande :



```
C:\Users\HP\Downloads\ngrok-v3-stable-windows-amd64 (1)>ngrok.exe 172.16.0.130:80
```

Figure 38. Commande lancer ngrok

### 3.2.6. Visualisation des données

Plotly Express est utilisé pour créer un graphique représentant l'évolution du niveau de remplissage de la poubelle sur les différentes dates. Les axes et le titre du graphique sont mis à jour pour une meilleure clarté sur une page web.

<sup>20</sup> <https://ngrok.com>

```

@app.route('/plotfile')
def plotfile():
    print("plot from json file...")
    with open('date.json', 'r') as file:
        data = json.load(file)
    vide = "Etat"
    countn = 0
    countm = 0
    for element in data.values():
        if element.startswith("m"):
            countm += 1
        else:
            countn += 1
    print(f"Nombre d'éléments métallique : {countm}")
    print(f"Nombre d'éléments non métallique : {countn}")
    heure = datetime.datetime.now().strftime("%d-%m-%Y à %H:%M:%S")
    xAxis = [f"Métallique: {countm}", f"Non métallique: {countn}"]
    yAxis = [countm, countn]
    figure = go.Figure(data=[go.Bar(x=xAxis, y=yAxis)])
    figure.update_traces(marker=dict(color='skyblue', line=dict(color='navy', width=2)),selector=dict(type='bar'))
    if countm + countn > max:
        vide = "case pleine"
        print("case est pleine")
        figure.update_traces(marker=dict(color='red', line=dict(color='navy', width=2)),selector=dict(type='bar'))
    figure.update_layout(title= f"Statistiques temps réel à {heure} - {vide}")
    return render_template('index.html', plot=figure.to_html(full_html=False))

```

### 3.2.7. Analyse des données

Pour une visualisation plus claire du contenu de la poubelle intelligente, nous avons déterminé la période (ma tranche horaire) de temps pour la recherche effectuée par un client, en choisissant le niveau du le nombre de déchets, en plus de calculer la variance et la moyenne de types des déchets dans la poubelle sur un affichage personnalisé.

```

@app.route('/analyser', methods=["POST"])
def analyser():
    Heure1 =int (request.form["h1"])
    Heure2 =int (request.form["h2"])
    niveau =int (request.form["niveau"])
    print(f"Heure1 : {Heure1}")
    print(f"Heure2 : {Heure2}")
    with open('date.json', 'r') as file:
        data = json.load(file)
    vide = "Etat"
    countn = 0
    countm = 0
    metalcounts = [0]*24
    nmetalcounts = [0]*24
    xAxis=[]
    yAxis=[]
    yAxis1=[]
    for timestamp,mat_type in data.items():
        hour = int(str(timestamp).split()[1].split(':')[0])
        if mat_type == "metalique":
            metalcounts[hour]+= 1
        elif mat_type == "non metalique":
            nmetalcounts[hour]+= 1
    if Heure1>=Heure2:
        Heure2=Heure1+(Heure1-Heure2)
    if Heure2>24:
        Heure2=24

```

```
for hour in range(Heure1,Heure2):
    if metalcounts[hour]>= niveau:
        xAxis.append(hour)
        yAxis.append(metalcounts[hour])
        yAxis1.append(nmetalcounts[hour])
        countm+=metalcounts[hour]
        countn+=nmetalcounts[hour]

esp_m=countm/len(yAxis)
esp_n=countn/len(yAxis1)
mean = sum(yAxis) / len(yAxis)

# Calculer la somme des carrés des écarts à la moyenne
sum_squares = sum((x - mean) ** 2 for x in yAxis)

# Diviser par le nombre total d'éléments moins un (n-1)
variance = sum_squares / (len(yAxis) - 1)
heure = datetime.datetime.now().strftime("%d-%m-%Y à %H:%M:%S")
figure = go.Figure()
figure.add_traces(go.Bar(x=xAxis, y=yAxis, name='Métallique',text=yAxis))
figure.add_traces(go.Bar(x=xAxis, y=yAxis1,name='Non Métallique',text=yAxis1))
figure.update_layout(
    title= f"Statistiques temps réel à {heure} - {vide} , Moy_metal_h:{esp_m:.3f}, Var_metal:{va
    xaxis_tickvals=xAxis
)
return render_template('index0.html', plot=figure.to_html(full_html=False))
```

### 3.3. Résultat d'exécution

Dans cette partie, nous aborderons les résultats les plus significatifs issus de cette étude.

#### 3.3.1. Détection des objets métallique

Dans notre projet de poubelle intelligente, la détection des objets métalliques est cruciale pour garantir une gestion efficace des déchets. Un aspect essentiel de notre poubelle intelligente repose sur la détection des objets métalliques. En intégrant un détecteur de métaux à notre système, nous avons doté notre solution d'une capacité supplémentaire à identifier et à trier les déchets métalliques. Cette fonctionnalité est cruciale pour plusieurs raisons, notamment la réduction de la contamination des déchets non métalliques, l'amélioration de l'efficacité du processus de recyclage et la prévention des dommages potentiels aux équipements de traitement des déchets. Dans cette section, nous explorerons les détails de la mise en œuvre du détecteur de métaux, son fonctionnement en tandem avec les autres composants du système, ainsi que les résultats obtenus en termes d'exactitude de la détection et d'impact sur la gestion globale des déchets. Ce figure représenté une liste d'objets qui détecté :



```
"2024-06-04 17:05:20": "metalique",  
"2024-06-04 17:14:02": "metalique",  
"2024-06-04 17:14:05": "metalique",  
"2024-06-04 17:14:34": "metalique",  
"2024-06-04 17:14:37": "metalique",  
"2024-06-04 17:14:50": "non metalique",  
"2024-06-04 17:15:38": "non metalique",  
"2024-06-04 17:15:41": "metalique",  
"2024-06-04 17:17:37": "metalique",  
"2024-06-04 17:17:40": "non metalique",  
"2024-06-04 17:17:43": "metalique",  
"2024-06-04 17:17:56": "non metalique",  
"2024-06-04 17:18:05": "metalique",  
"2024-06-04 17:18:08": "non metalique",  
"2024-06-04 17:18:11": "metalique",  
"2024-06-04 17:19:02": "metalique",  
"2024-06-04 17:19:05": "metalique",  
"2024-06-04 17:19:25": "metalique",  
"2024-06-04 17:19:28": "metalique",  
"2024-06-04 17:19:37": "non metalique",  
"2024-06-04 17:19:44": "metalique",  
"2024-06-04 17:19:47": "metalique",  
"2024-06-04 17:19:55": "non metalique",  
"2024-06-04 17:19:58": "metalique",  
"2024-06-04 17:20:05": "non metalique",  
"2024-06-04 17:20:08": "metalique",  
"2024-06-04 17:20:13": "metalique",  
"2024-06-04 17:20:17": "metalique",  
"2024-06-04 17:20:20": "non metalique",  
"2024-06-04 17:20:25": "metalique",  
"2024-06-04 17:20:28": "metalique"
```

**Figure 39. Liste d'objets détectés**

### 3.3.2. Analyse des données personnalisées

Notre projet de poubelle intelligente ne se limite pas à la collecte des déchets, mais va plus loin en offrant une analyse personnalisée des données. En exploitant les données recueillies par nos capteurs de détection d'objets et notre détecteur de métaux connectés à un Raspberry Pi, nous avons pu générer des insights précieux sur les habitudes de dépôt des déchets dans différents environnements.

Cette analyse personnalisée nous permet de comprendre plus en profondeur les tendances de consommation, les variations saisonnières et les schémas de comportement des utilisateurs, ce qui ouvre la voie à des interventions ciblées pour optimiser la gestion des déchets et promouvoir des pratiques plus durables. Dans cette section, nous affichons la façon graphique des données et leur moyenne et variance afin d'approfondir notre analyse.

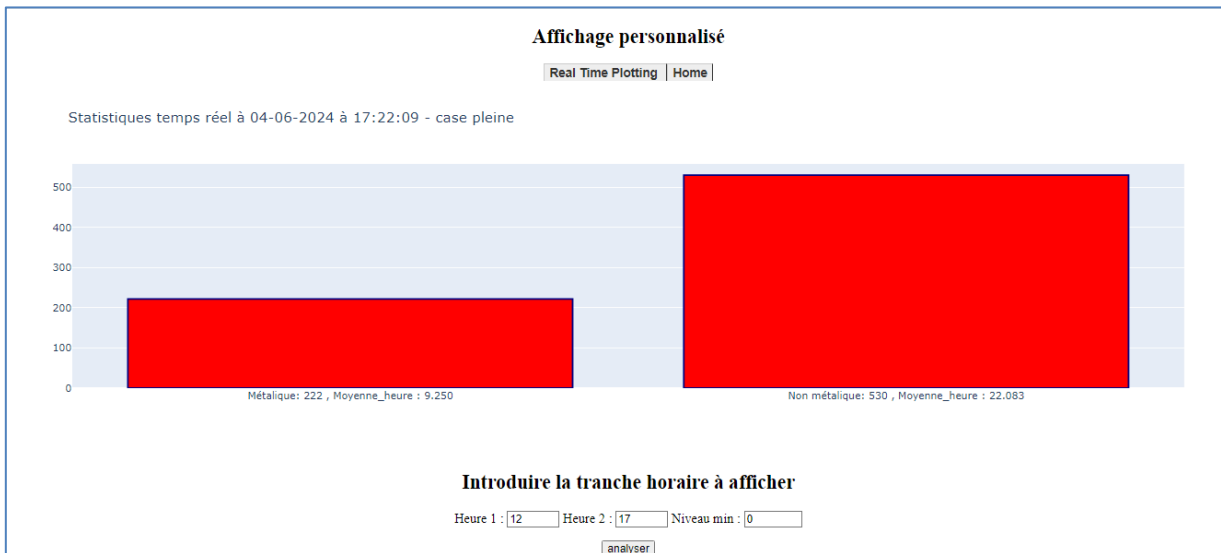


Figure 40. Affichage de données personnalisé.

### 3.3.3. Affichage temps réel

Notre projet de poubelle intelligente est équipé d'une fonctionnalité qui permet d'afficher en temps réel les données collectées par notre système. Cette fonctionnalité permet aux utilisateurs de surveiller immédiatement le niveau de remplissage de la poubelle, les types de déchets détectés, ainsi que d'autres indicateurs cruciaux pour la gestion efficace des déchets. En fournissant une visibilité instantanée, cet affichage en temps réel favorise une transparence accrue et aide les utilisateurs à prendre des décisions éclairées en matière de gestion des déchets, comme la planification des collectes ou la promotion du tri sélectif. Dans cette partie, nous examinerons de près les aspects techniques de cette fonctionnalité, son intégration avec les autres éléments du système, ainsi que son impact sur l'expérience utilisateur et la gestion globale des déchets.

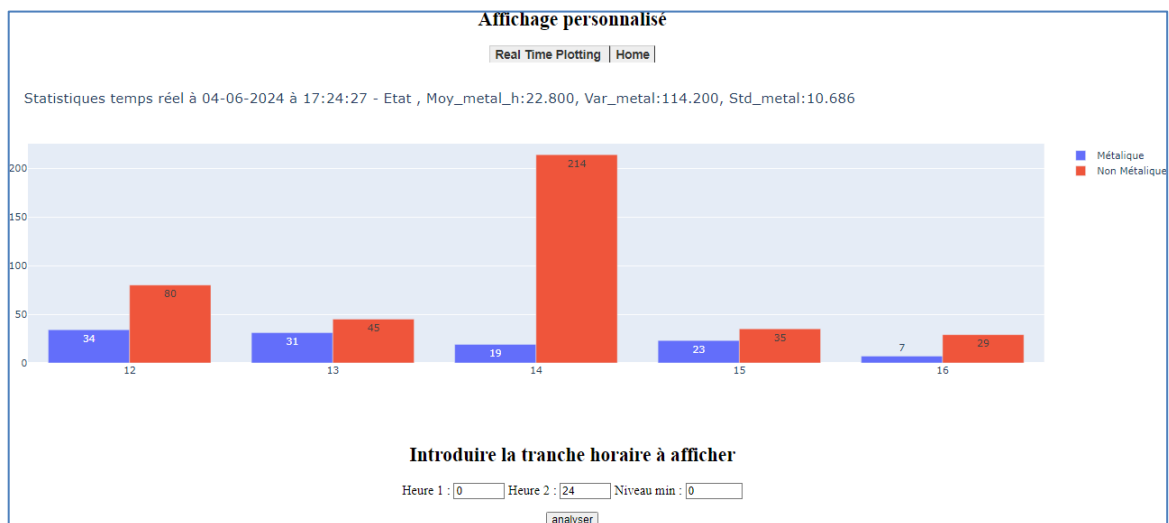


Figure 41. Affichage de données analysées.



### 3.3.4. Réalisation de poubelle intelligente

Ce montage est la conception préliminaire d'une poubelle intelligente qui détermine la présence des objets suivant leurs types métallique ou non.

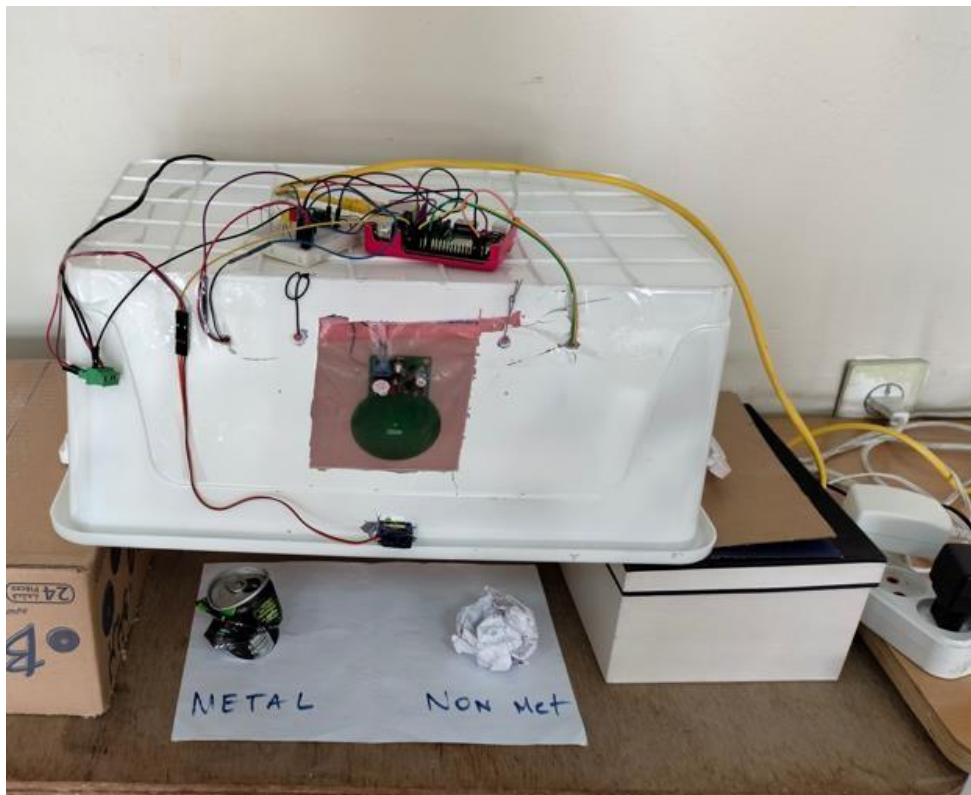


Figure 42. Prototype du système réalisé

## 4. Difficultés et futur améliorations

Le développement de poubelles intelligentes basées sur l'Internet des objets (**IoT**) a ouvert de nouvelles perspectives passionnantes pour la gestion des déchets. Dans cette analyse, nous examinerons certaines des difficultés courantes rencontrées dans les projets de poubelles intelligentes basées sur l'**IoT**, ainsi que les améliorations potentielles qui pourraient être apportées pour surmonter ces obstacles et optimiser leur efficacité.

### 4.1. Difficultés rencontrées

- Fiabilité de la connectivité** : Assurer une connexion stable entre la poubelle et le réseau **IoT** peut être difficile, surtout dans des environnements urbains denses où il y a beaucoup d'interférences.
- Gestion de l'énergie** : Les dispositifs **IoT** doivent être alimentés en énergie de manière efficace pour prolonger leur durée de vie et réduire la nécessité de rechargement ou de remplacement fréquent des batteries.

- c) **Précision du détecteur de métaux** : La précision du détecteur de métaux peut être affectée par divers facteurs tels que la distance entre le détecteur et l'objet métallique, les interférences électromagnétiques ou les variations dans les matériaux environnants. Cela peut entraîner des détections incorrectes ou des faux positifs.
- d) **Sensibilité aux conditions environnementales** : Les conditions environnementales telles que
- e) l'humidité, la température et les conditions météorologiques peuvent influencer les performances des capteurs. Par exemple, une humidité élevée pourrait entraîner des problèmes de corrosion des composants électroniques.
- f) **Intégration du système** : Intégrer efficacement tous les composants du système (capteurs, servo-moteurs, Raspberry Pi, etc.) peut poser des défis techniques, notamment en termes de compatibilité des interfaces et de communication entre les différents modules.

### 4.2. Améliorations proposé

- ✓ **Optimisation de la connectivité** : Utiliser des technologies de communication robustes et fiables, comme le **NB-IoT**<sup>21</sup> ou le **LoRaWAN**<sup>22</sup>, pour garantir une connectivité stable même dans des environnements difficiles.
- ✓ **Économie d'énergie** : Implémenter des techniques d'optimisation de la consommation d'énergie, telles que la mise en veille profonde lorsque la poubelle n'est pas utilisée ou la réduction de la fréquence de transmission des données lorsque cela n'est pas nécessaire.
- ✓ **Optimisation de la précision du détecteur de métaux** : Optimiser l'algorithme de détection des métaux afin de minimiser les détections erronées et d'améliorer la fiabilité de la détection, notamment par l'application de méthodes de filtrage des signaux ou par l'ajustement des paramètres de sensibilité.
- ✓ **Robustesse environnementale** : Concevoir des boîtiers ou des protections pour les composants électroniques afin de les protéger contre les conditions environnementales défavorables, tout en assurant le bon fonctionnement du système dans diverses situations.
- ✓ **Intelligence artificielle pour la classification des déchets** : Intégrer des techniques d'intelligence artificielle pour classer automatiquement les déchets en fonction de leur type (métallique, plastique, papier, etc.), ce qui pourrait améliorer la précision du tri et optimiser le processus de recyclage.

---

<sup>21</sup> <https://blog.integral-system.fr/quest-ce-que-nb-iot/?amp>

<sup>22</sup> [https://www/bouyguestelecom-entreprises.fr/mag-business/lexique/lorawan-#:text=lorawan%20\(long%20Range%20Wide%2Darea](https://www/bouyguestelecom-entreprises.fr/mag-business/lexique/lorawan-#:text=lorawan%20(long%20Range%20Wide%2Darea)

### 5. Impact et contribution

Ce projet de poubelle intelligente basé sur l'IoT peut avoir un impact significatif sur la gestion des déchets, l'environnement et la sensibilisation du public aux questions environnementales, tout en contribuant à l'innovation technologique.

**Réduction des déchets :** En identifiant et triant automatiquement les déchets, la poubelle intelligente peut encourager le recyclage et la réutilisation, contribuant ainsi à réduire la quantité de déchets envoyés dans les décharges.

**Effet environnemental positif :** En facilitant le recyclage et la séparation des déchets, le projet peut avoir un impact positif sur l'environnement en réduisant la pollution et en préservant les ressources naturelles.

**Optimisation des ressources :** L'utilisation de capteurs et de technologies IoT permet une gestion plus efficace des déchets en identifiant les zones de collecte les plus actives et en ajustant les horaires de collecte en conséquence, ce qui optimise l'utilisation des ressources.

**Sensibilisation à l'environnement :** En intégrant des technologies innovantes dans la gestion des déchets, le projet peut sensibiliser les gens à l'importance du recyclage et de la réduction des déchets, encourageant ainsi des comportements plus durables.

**Innovation technologique :** Le projet apporte une contribution à l'innovation technologique en combinant des capteurs, des microcontrôleurs (comme le Raspberry Pi) et des mécanismes de contrôle (comme les servo-moteurs) pour créer une solution intelligente de gestion des déchets.

**Connectivité et suivi à distance :** Ajouter des fonctionnalités de connectivité pour permettre le suivi à distance de l'état de la poubelle intelligente, la collecte de données sur l'utilisation et les performances du système, ainsi que la possibilité de réaliser des mises à jour logicielles à distance. Cela pourrait faciliter la maintenance et l'optimisation continue du système.

### 6. Conclusion et perspectives

La mise en œuvre de cette poubelle intelligente démontre comment les technologies modernes peuvent transformer la gestion des déchets. Nous avons non seulement amélioré l'efficacité de la détection des objets métalliques, mais aussi ouvert la voie à une meilleure traçabilité et gestion des déchets. Cette innovation pourrait potentiellement révolutionner les systèmes de recyclage en permettant une collecte plus ciblée et une réduction des déchets non recyclés.

# Conclusion générale

---

## Conclusion générale

Le but pour offrir future intelligente nécessite beaucoup d'efforts visant à exploiter toutes ressources de au service de membres communauté, et à travailler pour employer des rôles comprenant l'exploitation des ressources de la nature et la création d'un environnement propre, d'une manière qui ne rend pas tout que les gens consomment de manière respectueuse de l'environnement. Les poubelles intelligentes sont donc considérées comme un moyen efficace de réduire les déchets et leurs impacts, grâce à des caractéristiques permettant aux gestionnaires de nettoyer efficacement en ayant des informations précises à leur disposition.

Notre projet de conception et d'installation d'une poubelle intelligente, intégrant des capteurs avancés et la technologie de l'Internet des objets (**IoT**), offre plusieurs avantages clés. Ces avantages incluent la surveillance en temps réel du niveau de remplissage, la détection précise des types de déchets, et l'optimisation des tournées de collecte. Ces fonctionnalités contribuent non seulement à réduire les coûts opérationnels mais aussi à diminuer l'empreinte environnementale.

La capacité de tri précis des objets métalliques simplifie le processus de recyclage, contribuant ainsi à la réduction des déchets non recyclables. De plus, cette innovation ouvre la voie à des programmes de recyclage plus efficaces et sensibilise les citoyens à l'importance de la gestion responsable des déchets. Malgré quelques défis, tels que l'amélioration de la sensibilité des capteurs et l'intégration avec les systèmes de gestion des déchets existants, les perspectives d'avenir sont prometteuses.

En somme, ce projet pose les bases d'une gestion des déchets plus durable et efficace, avec un potentiel significatif pour des applications à plus grande échelle et des recherches futures.

Grâce à ces avancées, il est possible d'envisager une réduction notable de l'impact environnemental et une meilleure utilisation des ressources naturelles.

### Références bibliographiques

- [1] Saleh, I. (2018). Internet des Objets (IdO): Concepts, enjeux, défis et perspectives. *Revue Internet des objets*, 2(10.21494).
- [2] Cirani, Ferrari, Picone et Veltri (2019). *Internet of Things: architectures, protocols and standards*. Hoboken, NJ: Wiley
- [3] <https://www.m2m.fr/iot/caracteristiques-de-liot/>
- [4] <https://www.ovhcloud.com/fr/learn/what-is-iot>
- [5] <https://blog.cellenza.com/data/introduction-a-liot-comment-fonctionne-linternet-des-objets>
- [6] <https://www.oracle.com/fr/internet-of-things/what-iot/>
- [7] <https://bloct techno.wordpress.com/2020/05/19/le-materiel-et-le-logiciel-pour-faire-de-iot>
- [8] <https://grafikart.fr/blog/raspberry-pi-utilisation>
- [9] Charles, F. (27/02/2016). Découverte de la carte Arduino UNO.14
- [10] <https://blog.lesjeudis.com/10-applications-de-l-internet-des-objets-qui-revolutionnent-la-societe>
- [11] <https://fr.digi.com/blog/post/the-benefits-of-iot-real--world-examples>
- [12] <https://www.lemagit.fr/conseil/Les-avantages-et-les-inconvenients-de-IIoT-pour-les-entreprises>
- [13] <https://ocp-ms.com/les-tendances-de-liot-en-2023-lavenement-des-objets-connectes-intelligents/>
- [14] Madisetti, V., & Bahga, A. (2014). *Internet of Things : Architectures, Protocols and Standards*. Hoboken, NJ : WILEY.
- [15] <https://blog.hubspot.fr/website/fichier-json>
- [16] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Client-serveur>
- [17] <https://www.elex-industrie.com/principe-de-fonctionnement-detecteur-de-metaux.html>
- [18] Brahim S. I, Brahim F, Mokhtar I. «Réseau CAN pour gérer l'ouverture automatique d'une porte avec retour d'affichage », *Projet fin de cycle, Licence Automatique, Université Ibn Khaldoun de Tiaret*, 2024.
- [19] <https://www.geeksforgeeks.org/servo-motor/>

- [20] <https://www.advanced-ip-scanner.com/fr/>
- [21] <https://www.bitvise.com/download-area>
- [22] <https://www.computertechreviews.com/definition/file-transfer-protocol/>
- [23] <https://www.clubic.com/telecharger-fiche9567-notepad.html>
- [24] <http://www.liternaute.fr>
- [25] <https://www.cloudflare.com/fr-fr/learning/access-management/what-is-ssh/>
- [26] <https://www.cachem.fr/ngrok-tunnel-applications-locales>

### Résumé

Une nouvelle approche dans la gestion des déchets émerge avec une poubelle intelligente alimentée par l'Internet des objets (IoT). En combinant des capteurs intelligents et une connexion Internet, cette solution surveille le niveau de tri des déchets dans une poubelle en temps réel, optimise les tournées de ramassage pour selon le type de déchets, réduit les coûts opérationnels et diminue l'empreinte environnementale. De plus, elle offre la possibilité de mettre en place des programmes de recyclage plus efficaces et de sensibiliser les citoyens à la gestion responsable des déchets. En intégrant des capteurs spéciaux pour détecter les objets métalliques, cette technologie permet également un tri plus précis des déchets, simplifiant ainsi le processus de recyclage et contribuant à la réduction des déchets non recyclables.

### ملخص

يظهر نهج جديد لإدارة النفايات من خلال سلة مهملات ذكية مدعومة بالإنترنت الأشياء (IoT). من خلال الجمع بين أجهزة الاستشعار الذكية والاتصال بالإنترنت، يقوم هذا الحل بمراقبة مستوى فرز النفايات في سلة المهملات في الوقت الفعلي، وتحسين جولات التجميع وفقاً لنوع النفايات، وتقليل تكاليف التشغيل وتقليل البصمة البيئية. بالإضافة إلى ذلك، فإنه يوفر إمكانية تنفيذ برامج إعادة تدوير أكثر كفاءة ورفع وعي المواطنين بالإدارة المسؤولة للنفايات. ومن خلال دمج أجهزة استشعار خاصة للكشف عن الأجسام المعدنية، تتيح هذه التقنية أيضاً فرزاً أكثر دقة للنفايات، وبالتالي تبسيط عملية إعادة التدوير والمساهمة في تقليل النفايات غير القابلة لإعادة التدوير.

### Abstract

A new approach to waste management is emerging with a smart trashcan powered by the Internet of Things (IoT). This bin, equipped with sensors and advanced technologies, makes it possible to monitor the filling level in real time, detect the types of waste thrown away and optimize collections, reduces operational costs and reduces the environmental footprint. In addition, it offers the possibility of implementing more efficient recycling programs and raising citizens' awareness of responsible waste management. By integrating special sensors to detect metal objects, this technology also allows for more precise sorting of waste, thereby simplifying the recycling process and contributing to the reduction of non-recyclable waste.