



RAPPORT PFE

NAZIH Youssef & Abdelhak Salaheddine

Sommaire

Table des matières

Sommaire	1
Liste de figures.....	3
Introduction générale	4
Chapitre I : Intelligence artificielle	5
Introduction.....	5
1. Fondements de l'intelligence artificielle.....	5
1. Histoire de l'IA	5
2. Qu'est-ce que l'IA.....	5
3. Principe fonctionnement de l'IA.....	6
4. Applications de IA	7
2. Avantages de l'intelligence artificielle.....	8
3. Inconvénients de l'Intelligence Artificielle	8
1. Violation de la vie privée	8
2. Biais	9
3. Tricher.....	9
Chapitre II : Système de poubelle intelligent pour la gestion efficace de déchets.....	10
1. Introduction.....	10
2. Objectifs visés.....	10
3. Méthodologie adoptée.....	11
4. Etat de l'art.....	11
5. Sélection de composants	11
1. Hardware.....	11
6. Programmation Arduino & Proteus	12
1. Arduino	12
2. Proteus.....	14
7. Présentation de résultats et testing	15
8. Conclusion et perspective	16
Conclusion générale.....	17
Bibliographie.....	18

Liste de figures

Figure 1: Algorithme de recommandation Netflix.....	6
Figure 2: Algorithme de LLM.....	6
Figure 3: Image d'un éboueur	11
Figure 4: Code Arduino avant-setup	12
Figure 5: Code Arduino setup	13
Figure 6: Code Arduino loop partie 1	14
Figure 7: Code Arduino loop partie 2	14
Figure 8: Plan Proteus (sans Ethernet Shield).....	15
Figure 9: Console de serveur	15

Introduction générale

L'essor technologique actuel a conduit à des avancées significatives dans divers domaines, notamment l'intelligence artificielle (IA) et l'Internet des objets (IoT). Ces technologies offrent des solutions innovantes pour améliorer l'efficacité et la durabilité dans plusieurs secteurs, y compris la gestion des déchets. Ce rapport explore deux aspects majeurs : l'intelligence artificielle et la conception d'un système de gestion des déchets à l'aide d'Arduino.

- **Contexte**

L'intelligence artificielle est devenue un pilier fondamental de la transformation numérique, capable de résoudre des problèmes complexes grâce à des algorithmes sophistiqués et des capacités d'apprentissage automatique. Parallèlement, l'augmentation des déchets et leur gestion inefficace posent des défis environnementaux significatifs. La gestion des déchets urbains est cruciale pour maintenir la propreté des villes et protéger l'environnement. L'utilisation de la technologie IoT, en particulier les microcontrôleurs comme Arduino, permet de concevoir des systèmes intelligents pour optimiser la collecte et le traitement des déchets.

- **Objective**

L'objectif principal de ce rapport est double :

1. Fournir une compréhension approfondie des principes et des applications de l'intelligence artificielle.
2. Développer un système intelligent de gestion des déchets utilisant Arduino, capable de surveiller, de trier et de gérer efficacement les déchets urbains.

Ce rapport vise à démontrer comment l'intégration de l'IA et de l'IoT peut offrir des solutions innovantes et efficaces pour des problèmes environnementaux pressants.

- **Méthodologie**

Pour atteindre ces objectifs, la méthodologie suivante sera adoptée :

- **Recherche Bibliographique**
- **Analyse Théorique**
- **Conception et Développement**
- **Test et Évaluation**
- **Rédaction du Rapport**

Ce rapport vise à donner une idée générale de la programmation de l'IA et de l'IoT et de la manière dont elles pourraient résoudre de nombreux problèmes mondiaux.

Chapitre I : Intelligence artificielle

Introduction

L'intelligence artificielle existe depuis 1950, mais elle n'a récemment gagné en popularité qu'avec le modèle linguistique de OpenAI, ChatGPT. C'est un chatbot qui utilise l'intelligence artificielle pour donner des réponses semblables à celles d'un humain à une variété de questions, ce qui en fait un sujet très controversé. Alors, qu'est-ce que l'IA ? Et quels sont ses avantages et ses inconvénients ?

1. Fondements de l'intelligence artificielle

1. Histoire de l'IA

L'histoire de l'IA moderne a commencé en 1950 lorsque Alan Turing a publié son article "Computing Machinery and Intelligence", dans lequel il a proposé le Test de Turing, un critère pour tester si une machine peut être aussi intelligente qu'un humain.

John McCarthy, lors de l'Atelier de Dartmouth, a inventé le terme "intelligence artificielle" et a contribué à établir ce domaine en tant que discipline académique distincte.

Pendant la fin des années 1950 et le début des années 1960, les chercheurs étaient très optimistes quant à la réalisation d'une IA avancée, mais ils ont rapidement réalisé que tout progrès serait très difficile, ce qui a effectivement conduit à un "hiver de l'IA", une période caractérisée par un déclin important de la recherche et du financement.

Durant les années 70 et 80, l'hiver de l'IA a pris fin et le domaine a connu une explosion de développement de nombreux systèmes. Pendant les années 90 et 2000, il y a eu une montée significative de l'apprentissage automatique, en particulier des techniques d'apprentissage statistique, ce qui a conduit à d'énormes avancées en vision par ordinateur, en traitement du langage naturel et en robotique.

2. Qu'est-ce que l'IA

L'intelligence artificielle est l'intelligence des logiciels et des machines. C'est un ensemble de réseaux neuronaux qui tentent de reproduire l'intelligence humaine de manière naturelle. L'IA idéale imiterait parfaitement l'intelligence humaine et serait plus capable en termes d'information.

Il existe déjà de nombreux exemples d'IA que les gens supposent ne pas être telles, comme les premiers assistants vocaux tels que Siri, les moteurs de recherche de Google et Yahoo, ou les algorithmes de recommandation sur des sites web comme YouTube et Netflix

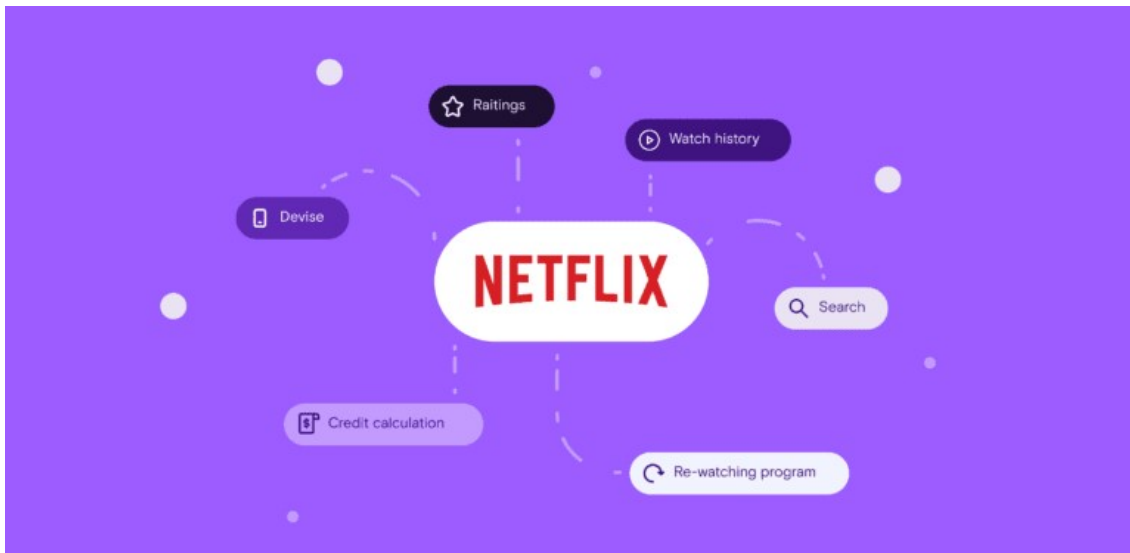


Figure 1: Algorithme de recommandation Netflix

En même temps, il existe de nombreux exemples d'IA populaires pour la personne normale, comme l'IA de jeux, qui peut contrôler les joueurs, les ennemis ou l'environnement autour de l'utilisateur. Les exemples les plus populaires sont l'IA d'échecs et l'IA de jeux de tir à la première personne (FPS). Une autre catégorie extrêmement populaire est l'IA de discussion, qui comprend les modèles linguistiques basés sur du texte et les IA génératives visuellement, comme ChatGPT d'OpenAI et Gemini de Google.

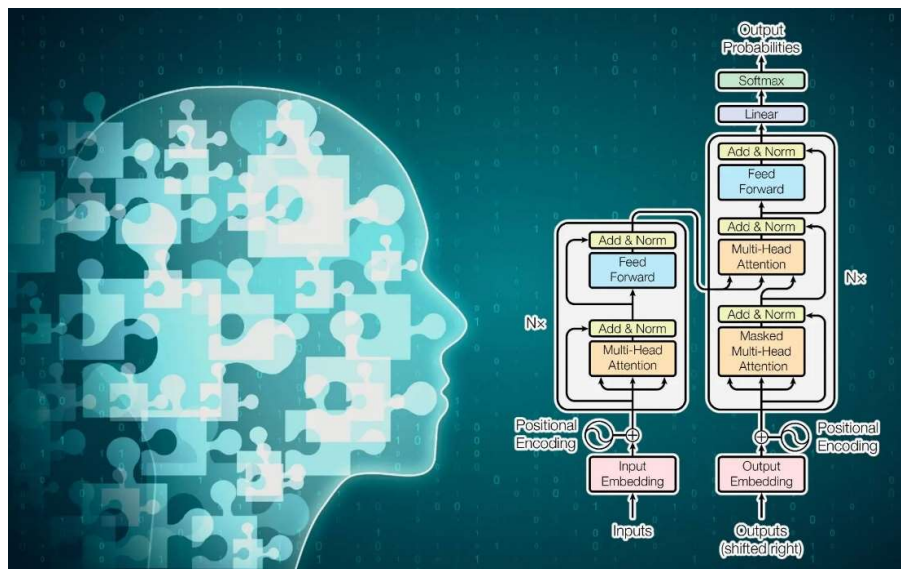


Figure 2: Algorithme de LLM

3. Principe fonctionnement de l'IA

Le principe de fonctionnement de l'IA implique le développement de systèmes capables d'accomplir des tâches qui sont généralement réalisables uniquement grâce à l'intelligence humaine. Alors, comment sont développés ces systèmes ?

- **Collection de données**

C'est le processus d'entrée de grandes quantités de données, que ce soit à partir de livres, d'images, de sites Web ou même de données saisies manuellement.

- **Traitement des données**

C'est la phase d'apprentissage de l'IA où les systèmes informatiques recherchent des motifs pour donner un sens aux données qui ont été saisies lors de la première étape.

- **Entraînement**

Apprentissage automatique et entraînement, pendant cette étape, les algorithmes d'IA apprennent à partir des données traitées et améliorent l'efficacité et les performances. Leur connaissance est ensuite étendue en utilisant des données étiquetées et non étiquetées pour apprendre les motifs sous-jacents.

- **Étapes finales**

Étapes finales, les étapes finales consistent à répéter l'entraînement encore et encore pour obtenir des sorties plus précises et commencer à prendre des décisions plus précises.

4. Applications de IA

- **Dans le domaine du divertissement**

L'IA est utilisée pour les algorithmes de recommandation, car elle permet aux entreprises et aux sites web de savoir ce qu'un utilisateur aime et de lui proposer ses articles, vidéos, publicités et même jeux préférés. Ce type d'IA est principalement utilisé sur YouTube et TikTok, étant donné qu'ils sont parmi les sites web les plus visités.

- **Dans le domaine de l'éducation**

Même avant l'introduction de ChatGPT, de nombreux systèmes utilisaient l'IA pour aider dans l'éducation, que ce soit en générant des problèmes aléatoires ou en aidant à les résoudre. Après qu'OpenAI a dévoilé son grand modèle de langage GPT3, obtenir des réponses solides et rapides à toutes les questions éducatives est devenu beaucoup plus rapide et beaucoup plus facile.

- **Dans le domaine créatif**

Il est parfois incroyablement difficile d'avoir des idées ou de l'inspiration, surtout si vous êtes un artiste, mais grâce à l'IA générative, c'est maintenant beaucoup plus facile, car elle peut générer n'importe quoi, des idées simples en texte aux images complètes, permettant ainsi au cerveau humain de progresser et de s'avancer encore plus en termes d'art.

2. Avantages de l'intelligence artificielle

L'IA s'est avérée extrêmement utile sur de nombreux cas d'utilisation, en voici quelques-uns :

- **Scientifique**

Grâce à l'IA, les chercheurs ont pu réaliser des avancées scientifiques majeures et approfondir leurs recherches. L'IA aide en automatisant des tâches fastidieuses et répétitives, et en trouvant de nouvelles façons plus efficaces de les accomplir.

- **Santé**

Bien que controversée, l'IA est utilisée depuis des années dans le domaine médical. Elle a aidé à diagnostiquer le cancer et d'autres affections graves à un stade très précoce grâce à une analyse très approfondie et experte. Elle est également utilisée dans l'industrie pharmaceutique en raison de sa capacité à découvrir de nouvelles molécules.

- **Créativité**

L'IA a généralement été utilisée pour corriger les écrits ou aider à la rédaction d'essais, jusqu'à récemment, grâce aux modèles impressionnants d'OpenAI, nous avons observé un bond massif dans la créativité de l'IA. Elle est capable de générer des idées ou même des paragraphes entiers pour l'utilisateur, parfois même des images étonnamment précises à partir d'une simple instruction textuelle. La version la plus avancée de cela est Sora d'OpenAI, qui a été capable de générer des vidéos presque indiscernables des vidéos réelles.

3. Inconvénients de l'Intelligence Artificielle

Même si l'IA présente d'incroyables avantages, il y a toujours une malédiction pour chaque bénédiction, et l'IA en a beaucoup

1. Violation de la vie privée

L'un des plus grands problèmes de l'IA est son mépris des lignes directrices éthiques et morales à moins qu'elles ne soient spécifiées par le créateur. Avec l'IA générative, de nombreuses personnes l'ont utilisée pour créer des œuvres d'art incroyables ou pour obtenir des photos de stock sans avoir à payer des frais élevés, mais certaines personnes ont commencé à l'utiliser de

manière malveillante pour générer de fausses images de personnes faisant des actions embarrassantes ou offensantes, certaines l'ont même utilisée pour faire chanter et extorquer de l'argent aux gens.

2. Biais

Le biais a toujours été un problème majeur en IA, car elle est formée à partir de données humaines et que les humains ont tendance à être biaisés d'une manière ou d'une autre. Cela est particulièrement dangereux dans les domaines scientifiques où l'IA pourrait fournir des données erronées ou trompeuses, et pourrait même considérer les opinions racistes ou sexistes comme normales. Un exemple frappant est celui des discussions IA fantaisistes où l'on peut parler à un personnage de film ou à une célébrité, mais le manque de directives et de modération a transformé ces discussions en chambre d'écho de racisme pur et de haine.

3. Tricher

La triche existe depuis aussi longtemps qu'il y a des concours et des jeux, elle est devenue un élément essentiel de nombreuses activités, où de bonnes mesures antitriche sont désormais également prises en compte lorsqu'on parle de ce qui rend un jeu bon. Il n'est donc pas surprenant que les gens utilisent l'IA pour aider à développer davantage de tricheries ou même à utiliser l'IA elle-même pour tricher. Certains des plus grands exemples de cette utilisation se trouvent aux échecs et dans les jeux vidéo, où l'on peut voir des tricheurs utiliser l'IA pour calculer et jouer les meilleurs coups disponibles.

Chapitre II : Système de poubelle intelligent pour la gestion efficace de déchets

1. Introduction

La gestion efficace des déchets est cruciale pour protéger la santé humaine et l'environnement. Il est essentiel de bien gérer les déchets générés par les ménages, les industries et les activités agricoles en raison des dangers qu'ils représentent. Le Code de l'environnement définit les déchets comme tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, y compris les substances, matériaux ou produits jetés ou destinés à être jetés.

Il existe divers types de déchets, qui peuvent être catégorisés selon leurs producteurs (déchets ménagers, industriels ou agricoles), la méthode de collecte (collecte municipale, dépôt volontaire dans des centres de recyclage, etc.), ou leur destination finale (enfouissement, incinération, recyclage). Parmi les différentes catégories de déchets, on distingue les déchets inertes, les déchets non dangereux et les déchets dangereux. ^[3]

Pour améliorer la gestion des déchets, des solutions innovantes sont explorées, notamment l'intégration des systèmes Arduino. Arduino, une plateforme électronique open-source basée sur un matériel et un logiciel facile à utiliser, offre une approche prometteuse pour optimiser les systèmes de gestion des déchets grâce à l'automatisation et la surveillance en temps réel. En utilisant des capteurs et des microcontrôleurs, les systèmes basés sur Arduino peuvent surveiller les niveaux de déchets, optimiser les itinéraires de collecte et améliorer les processus de tri.

Ce projet vise à utiliser Arduino pour résoudre des problèmes cruciaux dans la manière dont les déchets sont jetés et collectés.

2. Objectifs visés

1. Améliorer l'efficacité de la collecte des déchets en proposant une solution plus adaptée aux besoins des habitants.
2. Réduire le nombre d'ordures envoyées en décharge en encourageant le recyclage et la réutilisation.
3. Améliorer la qualité de vie des résidents en réduisant les nuisances liées à la gestion des déchets.
4. Sensibiliser la population à l'importance de la gestion des déchets et encourager des pratiques plus durables.

3. Méthodologie adoptée

Un Arduino UNO sera connecté à tous les conteneurs à ordures de la ville et il disposera d'un capteur ultrasonique pour détecter le niveau de remplissage du conteneur, ainsi que d'un écran LCD pour afficher directement ces informations. Une connexion HTTP sera établie vers un serveur pour que le niveau de remplissage des ordures puisse être vérifié de n'importe où.

4. Etat de l'art

Il n'existe actuellement qu'un seul système principal pour jeter les ordures, et c'est à travers de grands conteneurs à ordures répartis dans toute la ville. Les gens jettent leurs ordures dans ces conteneurs pour permettre aux éboueurs de les collecter avec leurs camions. Ce n'est pas une solution optimale car certains conteneurs sont tout simplement trop éloignés de certaines



Figure 3: Image d'un éboueur

maisons ou se remplissent trop rapidement. En raison de cela, un nouveau service est apparu où vous payez 25 DH par mois pour qu'un homme avec un âne et une charrette vienne à votre maison la plupart des nuits pour collecter vos ordures. C'est une solution beaucoup meilleure et plus rapide pour la plupart des gens.

Après de nombreuses recherches, nous avons pu trouver de nombreux articles parlant de la pollution des rues par les déchets, ce qui est logique car la plupart des gens n'ont pas accès à l'option à 25 DH. Cela a également conduit certaines communautés à avoir leurs propres conteneurs, mais ceux-ci ne sont parfois jamais vidés car ils ne font pas partie du trajet des éboueurs.

5. Sélection de composants

1. Hardware

Pour le matériel, on a utilisé un Arduino UNO, un Breadboard et des fils qui sont connectés à des capteurs ultrasoniques pour détecter le niveau de remplissage du conteneur à ordures et un écran LCD pour afficher cette valeur de manière lisible.

Arduino UNO ^[1] est une carte microcontrôleur basée sur l'ATmega328P (datasheet). Elle possède 14 broches d'entrée/sortie numériques (dont 6 peuvent être utilisées comme sorties PWM), 6 entrées analogiques, un résonateur en céramique de 16 MHz (CSTCE16M0V53-R0), une connexion USB, un connecteur d'alimentation, un en-tête ICSP et un bouton de

réinitialisation. Elle contient tout ce qu'il faut pour supporter le microcontrôleur ; il suffit de la connecter à un ordinateur avec un câble USB ou de l'alimenter avec un adaptateur AC-DC ou une batterie pour commencer.

"UN" signifie un en italien et a été choisi pour marquer la sortie de l'Arduino Software (IDE) 1.0. La carte Uno et la version 1.0 de l'Arduino Software (IDE) étaient les versions de référence d'Arduino, maintenant évoluées vers de nouvelles versions. La carte Uno est la première d'une série de cartes USB Arduino, et le modèle de référence pour la plateforme.

- **Software**

Pour le logiciel, on a utilisé ISIS Proteus pour simuler les détections ainsi que l'affichage des valeurs. Pour donner des instructions à mon Arduino à travers du code, nous avons utilisé l'IDE Arduino pour créer des fichiers .ino et les compiler en un code lisible par la machine.

Proteus ^[2] est un des ensembles de logiciels propriétaires utilisés principalement pour l'automatisation de la conception électronique. Le logiciel est principalement utilisé par les ingénieurs et techniciens en conception électronique pour créer des schémas et des plans électroniques pour la fabrication de circuits imprimés.

Il a été développé dans le Yorkshire, en Angleterre, par Labcenter Electronics Ltd et est disponible en anglais, français, espagnol et chinois.

6. Programmation Arduino & Proteus

1. Arduino

Avant d'entrer en mode de configuration, je démarre mon script Arduino en important les bibliothèques dont j'ai besoin et en configurant mes variables et mes broches :

```
1  #include <SPI.h>
2  #include <Ethernet.h>
3
4  // Variables
5  IPAddress server(41,248,10,30);
6  IPAddress ip(192, 168, 0, 1);
7  byte mac[] = { 0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xED };
8  EthernetClient client;
9
10 int envPin = 9;
11 int recPin = 10;
```

Figure 4: Code Arduino avant-setup

Dans la fonction setup, je démarre à la fois ma transmission série et ma connexion Ethernet. Ensuite, j'essaie de me connecter au serveur en utilisant la variable IP du serveur saisie précédemment et le port. Ensuite, l'utilisateur sera informé de l'état de la connexion. Enfin, les broches pour l'envoi et la réception sont configurées.

Cette procédure pourrait être remplacée par une configuration LCD pour une expérience plus locale. Cependant, cela signifierait que seules les personnes à proximité sauraient si la poubelle est pleine, mais à ce moment-là, elles pourraient de toute façon le constater elles-mêmes.

```
13 void setup() {
14     Serial.begin(9600);
15     Ethernet.begin(mac, ip);
16
17
18     if (client.connect(server, 3306)) {
19         Serial.println("Une connexion a ete etabli");
20         client.println("Host: youssefproject2024.com");
21     } else {
22         Serial.println("Erreur de connexion");
23     }
24     pinMode(envPin, OUTPUT);
25     pinMode(recPin, INPUT);
26 }
```

Figure 5: Code Arduino setup

Dans la section de la boucle de notre code, nous déclarons deux variables, une pour la durée et l'autre pour la distance. Ensuite, nous commençons notre transmission d'ondes ultrasonores en nous assurant que la broche d'envoi est désactivée pendant 2 microsecondes pour des résultats plus précis, puis en l'activant pendant 10 microsecondes. Ensuite, nous utilisons la fonction pulseIn pour récupérer la durée que nous utilisons ensuite pour calculer la distance. La vitesse du son est présentée par 0,034 et la division par 2 est nécessaire car l'onde doit parcourir aller-retour.

```

28 void loop() {
29     double duree, distance;
30     digitalWrite(envPin, LOW);
31     delayMicroseconds(2);
32     digitalWrite(envPin, HIGH);
33     delayMicroseconds(10);
34     digitalWrite(envPin, LOW);
35     duree = pulseIn(recPin, HIGH);
36     distance = duree * 0.034 / 2;

```

Figure 6: Code Arduino loop partie 1

La dernière section du code de la boucle vérifie si la distance entre le capteur et un objet est inférieure à 5 cm. Si tel est le cas, il vérifie si un client est connecté. Si les deux conditions sont remplies, il envoie une requête GET au serveur hôte pour l'avertir que la poubelle est pleine. Ensuite, il retarde la transmission d'une demi-seconde pour réduire la charge sur le serveur. Bien que n'importe quel déchet puisse déclencher cela, j'ai mis en place du code côté serveur pour qu'après 30 requêtes de l'Arduino, la poubelle soit marquée comme pleine.

```

38     if (distance < 5) {
39         if (client.connected()) {
40             client.println("GET /Alerte_Plein HTTP/1.1");
41             client.println("Host: youssefproject2024.com");
42             client.println();
43         }
44     }
45     delay(500);
46 }

```

Figure 7: Code Arduino loop partie 2

2. Proteus

Dans la simulation, j'ai utilisé un Arduino UNO connecté à un capteur ultrasonique HCSR04. La broche d'envoi du capteur est connectée à la 9ème broche de l'Arduino, tandis que la broche de réception du capteur est connectée à la 10ème broche. L'alimentation et la masse sont fournies de manière externe en utilisant une méthode PULL_DOWN plutôt que d'utiliser la méthode PULL_UP habituelle de l'Arduino. L'alimentation fournie est de 5V et la résistance est de 10 kOhms.

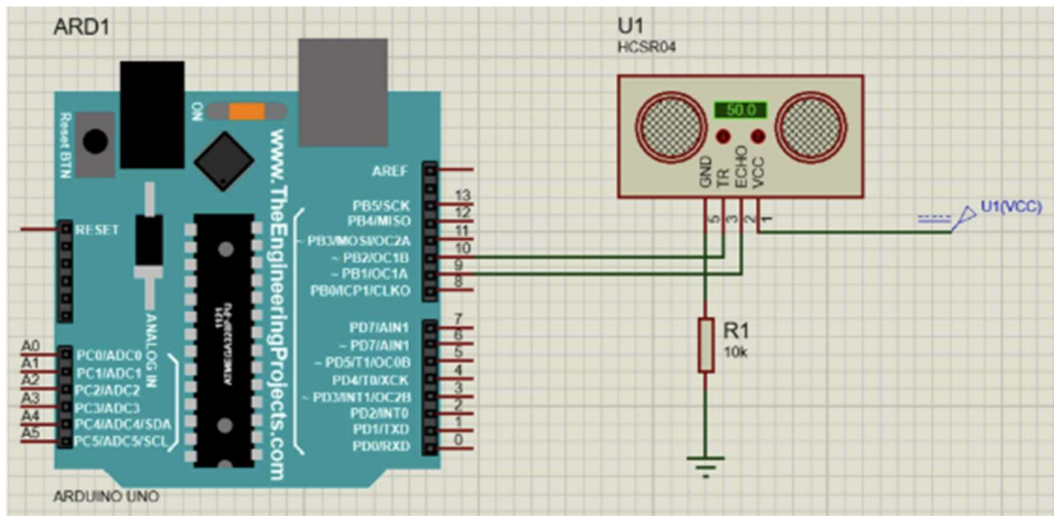


Figure 8: Plan Proteus (sans Ethernet Shield)

7. Présentation de résultats et testing

Voici la console pour le serveur affichant toutes les mises à jour. Par exemple, actuellement, la poubelle numéro 21 est pleine, tandis que la poubelle numéro 8 vient juste de recevoir des déchets. Nous pouvons en déduire qu'elle n'est pas pleine car le capteur n'a été déclenché qu'une seule fois. Après 30 requêtes GET de la poubelle numéro 21 en 2 minutes, elle sera marquée comme pleine et les éboueurs devraient théoriquement la considérer comme une priorité plus élevée, tandis que le numéro 8 restera inchangé, car il n'a pas passé le point de contrôle des 30 requêtes.

```
Message de 192.168.0.1: ALERTE! Poubelle Numero 21 EST PLEIN!
Message de 192.168.0.1: ALERTE! Poubelle Numero 21 EST PLEIN!
Message de 192.168.0.1: ALERTE! Poubelle Numero 21 EST PLEIN!
Message de 192.168.0.1: ALERTE! Poubelle Numero 8 EST PLEIN!
Message de 192.168.0.1: ALERTE! Poubelle Numero 21 EST PLEIN!
Message de 192.168.0.1: ALERTE! Poubelle Numero 21 EST PLEIN!
Message de 192.168.0.1: ALERTE! Poubelle Numero 21 EST PLEIN!
Message de 192.168.0.1: ALERTE! Poubelle Numero 21 EST PLEIN!
Message de 192.168.0.1: ALERTE! Poubelle Numero 21 EST PLEIN!
```

Figure 9: Console de serveur

8. Conclusion et perspective

Certains des plus grandes limites de ce projet sont que le serveur n'est pas fiable et peut parfois se casser ou se surcharger si plus de 10 bacs sont pleins. Un autre problème est que certains morceaux de déchets se coincent sur le capteur ultrasonique et le recouvrent, ce qui conduit à ce que le bac soit marqué comme plein même lorsqu'il ne l'est pas. Mais le plus gros problème vient de l'incapacité à protéger correctement la configuration des dommages constants de l'eau et des chocs.

Un des moyens pour rendre la configuration Arduino plus fiable est simplement de la protéger avec un boîtier étanche à l'eau et à la poussière, de cette façon, il est beaucoup plus difficile pour les composants de se détériorer. Une autre façon d'améliorer la configuration est de louer un serveur plus fiable comme AWS ou Azure pour de meilleures performances et fiabilité.

Bien que nous ayons rencontré de nombreux problèmes lors de la réalisation de ce projet, allant du code qui ne fonctionnait pas correctement à l'impossibilité de se connecter au serveur, cela a été un projet très instructif et utile qui nous a permis de comprendre beaucoup plus sur l'IoT et sa capacité à améliorer le monde dans lequel nous vivons.

Conclusion générale

Dans le premier chapitre de ce rapport, nous étudions l'intelligence artificielle, ce qu'elle est, son histoire, ses avantages et ses inconvénients. Cela est particulièrement important en raison de l'influence massive que l'IA exerce sur de nombreuses parties du monde. Des médias à l'éducation en passant par la santé, l'IA a joué un rôle majeur dans nos vies depuis ses débuts, grâce à sa capacité à résoudre des problèmes que les humains n'ont pas pu résoudre depuis longtemps, comme les calculs complexes et les prédictions précises. Il est donc logique que nous, en tant qu'humains, exploitions son pouvoir et essayions de le transformer en quelque chose de meilleur et de plus puissant.

Dans le deuxième chapitre, nous étudions un système Arduino pour aider à la gestion des déchets. Nous analysons l'état actuel du système de gestion des déchets, puis proposons des solutions et créons un prototype pour ces solutions. Bien que le prototype ne soit pas parfait, il nous a permis de découvrir de nombreuses idées utiles, comme la possibilité de produire en masse ce produit en raison de son faible coût et du temps réduit nécessaire pour installer une telle unité. Cependant, cela nous a également permis de découvrir plusieurs vulnérabilités dans notre projet, telles que son manque de protection et sa faible capacité de défense.

En conclusion, l'IA a certainement joué un rôle majeur dans l'amélioration de la vie humaine et elle peut continuer à le faire si nous l'intégrons dans notre quotidien, comme avec le système de gestion des déchets. Avec cela à l'esprit, il semble que l'intelligence artificielle contribue à un avenir plus radieux pour l'humanité.

Bibliographie

- [1] <https://web.archive.org/web/20201127165340/https://medea.mah.se/2013/04/arduino-faq/>
- [2] <https://www.labcenter.com/pcb/#tuning>
- [3] <https://www.sciencedirect.com/journal/waste-management>