

Université de Sousse

École Nationale d'Ingénieurs de Sousse



Département d'Électronique Industrielle

Mémoire de Projet de Fin d'Études

Présenté en vue de l'obtention du diplôme d'

Ingénieur en électronique industrielle

Conception d'un prototype de système de passage à niveau à base
de la technologie IoT

Réalisé par : RAGOUBI Mabrouk

Soutenu le **28/09/2022** devant le jury :

Président	:	Mr. Khaleb BENSMIDA, ENISo
Rapporteur	:	Mme. Wided GHARDALLOU, ENISo
Encadrant académique	:	Mr. Noureddaher ZAIDI, ENISo
Encadrant professionnel	:	Mr. Mehdi BANNOUR, CONDIAG Electronics

REMERCIEMENTS

Il nous est agréable de nous acquitter d'une dette de reconnaissance auprès de toutes les personnes, dont l'intervention au cours de ce stage, a favorisé son aboutissement. Et en premier lieu Monsieur **Mehdi BANNOUR** le chef d'entreprise **CONDIAG ELECTRONICS** et mon encadrant de stage également qui a bien voulu m'accepter dans sa direction pour la prospérité de ma formation.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes sincères remerciements à Monsieur **Noureddaher ZAIDI** mon encadrant académique pour sa directive précieuse, la qualité de son suivi et les précieux conseils qu'il m'a prodigué durant toute la période de mon stage.

Je tiens à exprimer ma gratitude aux membres de jury qui se sont libérés de leurs obligations pour assister à la soutenance et juger mon travail.

Enfin, que tous ceux et celles qui ont contribué de près ou de loin à l'accomplissement de ce travail trouvent l'expression de mes remerciements les plus sincères.

Table des matières

REMERCIEMENTS	1
Résumé	10
Abstract	10
Introduction Générale	1
Chapitre I : Systèmes de passages à niveaux	2
I. Introduction	2
II. Définition	2
III. Différents types	2
III.1 Passages à niveaux 1 ^{ère} catégorie	3
III.1.1 Description	3
III.1.2 Principe de fonctionnement.....	3
III.2 Passages à niveaux 2 ^{ème} catégorie	3
III.2.1 Description	3
III.2.2 Principe de fonctionnement.....	4
IV. Dangers liés aux passages à niveaux.....	5
V. Cahier des charges fonctionnels et problématique	6
V.1 Cahier des charges.....	6
V.2 Problématique & objectifs.....	6
VI. Conclusion.....	7
Chapitre II : Introduction à l'internet des objets	8
I. Introduction	8
II. IoT et le secteur des transports	8
II.1 Définition	8
II.2 Importance de l'IoT dans le secteur des transports	8
III. Composants d'un modèle IoT	10

III.1	Couche de perception	11
III.2	Couche de réseau.....	11
III.3	Couche d'application.....	11
III.4	End-DEVICE	12
IV.	Protocoles de communication pour l'IoT	13
IV.1	Réseaux à courte portée.....	14
IV.1.1	Zigbee.....	14
IV.1.2	ShockBurst Enhanced (ESB)	15
IV.1.3	Zwave	16
IV.1.4	Wi-Fi (Wireless Fidelity)	17
IV.1.5	Bluetooth	18
IV.2	Réseaux à longue porté	18
IV.2.1	LoRaWAN	18
IV.2.2	Sigfox	18
IV.2.3	Réseaux Gsm.....	18
IV.2.4	Etude comparative.....	19
V.	Applications de contrôle pour IoT	19
V.1	Application WEB	19
V.2	Application mobile	20
V.2.1	Système Android	20
V.2.2	Système IOS	20
VI.	Conclusion.....	20
	Chapitre III- Conception d'un système de passage à niveau : Equipements et softwares	21
I.	Introduction	21
II.	Architecture matérielle.....	21
II.1	NodeMCU ESP8266	22

II.2	Caméra réseau IP ESP32-CAM	24
II.3	Carte Arduino	25
II.4	Capteurs.....	25
II.4.1	Principe de fonctionnement.....	26
II.4.2	Capteur de proximité infrarouge HW-201	27
II.5	Module GSM Sim900	27
II.6	Haut-parleur et diodes lumineuses	28
III.	Softwares	29
III.1	Logiciel Arduino	29
III.2	Fritzing	30
III.3	Python.....	31
IV.	Conclusion.....	31
	Chapitre IV : Réalisation du prototype d'un système de passage à niveau.....	32
I.	Introduction :	32
II.	Programmation et câblage.....	32
II.1	Configuration du module Caméra IP (ESP32-CAM)	33
II.1.1	Connexion Wi-Fi.....	33
II.1.2	Kit de programmation du caméra ESP32-CAM	34
II.1.3	Configuration de la carte ESP32-CAM dans le logiciel Arduino :	34
II.1.4	ESP32-CAM avec 2 servomoteurs d'inclinaison panoramique	36
II.1.4.1	Description et câblage	36
II.1.4.2	Programmation du module ESP32-CAM avec inclinaison panoramique....	37
II.2	Configuration du module NodeMCU/ ESP8266.....	39
II.2.1	Montage et principe de fonctionnement.....	39
II.2.2	Organigramme.....	40
III.	Tests de validation du prototype PN	42

III.1	Test 1 : exploitation du PN lors de la circulation du train dans le 1 ^{er} sens	43
III.1.1	Position du train avant le capteur de proximité numéro 1.....	43
III.1.2	Première détection du train par le capteur de proximité numéro 1	43
III.1.3	Position inter-capteurs de proximité	44
III.1.4	Position du train après le capteur de proximité numéro 2.....	44
III.2	Test 2 : exploitation du PN lors de la circulation du train dans le 2 ^{ème} sens	45
III.2.1	Position du train avant le capteur de proximité numéro 2.....	45
III.2.2	Première détection du train par le capteur de proximité numéro 2.	45
III.2.3	Position inter-capteurs de proximité	46
III.2.4	Position du train après le capteur de proximité numéro 1	46
III.3	Test 3 : exploitation du PN situation de forçage	47
IV.	Conclusion.....	49

Liste des figures

Figure 1:Norme de sécurité routière dans un passage à niveau	2
Figure 2: Signalisation Routière 1ère catégorie	3
Figure 3: Signalisation routière 2ème catégorie.....	4
Figure 4: Pédale d'annonce du train d'un passage à niveau.....	4
Figure 5: Signalisation lumineuses routière du PN 2ème catégorie.....	5
Figure 6: Les trois couches d'un modèle IOT.....	10
Figure 7: Composants d'un modèle IoT	12
Figure 8: End-Device pour un modèle IOT.....	13
Figure 9: la présentation d'un modèle OSI pour le Zigbee	14
Figure 10: Réseau de transmission Enhanced ShockBurst (ESB)	15
Figure 11: Transmission PTX (émetteur) vers PRX	16
Figure 12: Transmission PTX vers PRX échoué	16
Figure 13: Transmission avec et sans accusé de réception pour le protocole Zwave	17
Figure 14: Module ESP8266/NodeMCU	23
Figure 15: Configurations des broches de l'ESP8266	23
Figure 16: Module caméra ESP32-CAM	24
Figure 17: Caméra de surveillance avec servomoteur avec inclinaison panoramique.....	25
Figure 18: Schéma de fonctionnement d'un capteur.....	26
Figure 19: capteur de proximité infrarouge HW-201.....	27
Figure 20: Module GSM Sim900.....	28
Figure 21: haut-parleur.....	28
Figure 22: Diodes rouge et verte	29
Figure 23: Logiciel Arduino.....	29
Figure 24: interface de programmation du logiciel Arduino.....	29
Figure 25: Logiciel électronique Fritzing.....	30
Figure 26: logiciel Python	31
Figure 27: Branchement de l'ESP32-CAM avec le programmeur.....	34
Figure 28: Configuration de la carte ESP32-CAM dans le logiciel Arduino (1).....	35
Figure 29 : Configuration de la carte ESP32-CAM dans le logiciel Arduino (2).....	35
Figure 30 : Configuration de la carte ESP32-CAM dans le logiciel Arduino (3).....	36
Figure 31: ESP32-CAM avec support d'inclinaison panoramique	36
Figure 32: Branchement des 2 servomoteurs d'inclinaison avec la carte ESP32-CAM.....	37

Figure 33: Contrôle du module ESP32-CAM avec un site web	39
Figure 34: Câblage des broches d'information des équipements du prototype PN avec la carte NodeMCU	39
Figure 35: Organigramme du programme exécuté par l'ESP8266	41
Figure 36: Contrôle d'ESP32-CAM rotative à distance.....	42
Figure 37: Commande des barrières à distance.....	42
Figure 38: Position du train avant le capteur de proximité numéro 1	43
Figure 39: Première détection du train par le capteur de proximité numéro 1.....	44
Figure 40: Position inter-capteurs de proximité	44
Figure 41: Position du train après le capteur de proximité numéro 2	45
Figure 42: Position du train avant le capteur de proximité numéro 2	45
Figure 43: Première détection du train par le capteur de proximité numéro 2.....	46
Figure 44: Position inter-capteurs de proximité	46
Figure 45: Position du train après le capteur de proximité numéro 1	47
Figure 46: visualisation de l'approche du train à l'aide d'un site web local.....	47
Figure 47: Fermeture forcée des barrières.....	48
Figure 48: suivi du train à l'aide d'une application web.....	48
Figure 49: Forçage de l'ouverture des barrières.....	48

Liste des tableaux

Tableau 1: Tableau comparatif des protocoles IoT	19
Tableau 2: Spécifications et caractéristiques du NodeMCU/ESP8266.....	22
Tableau 3: caractéristiques du module GSM Sim900	28

Liste des schémas synoptiques

Schéma synoptique 1: description générale de l'architecture matérielle du prototype	21
Schéma synoptique 2: Principe de fonctionnement du prototype PN	33
Schéma synoptique 3: contrôle à distance d'ESP32-CAM avec deux servomoteurs d'inclinaison panoramique	38

Résumé

Le présent rapport décrit le travail réalisé dans le cadre du projet de fin d'études qui vise l'amélioration au niveau de la sécurité routière et ferroviaire. Il est effectué au sein de l'entreprise CONDIAG Electronics basée à Sousse. Le concept de l'Internet des objets est utilisé afin de concevoir et réaliser un prototype d'une station de passage à niveau connectée. Une architecture matérielle à base d'un ESP32-CAM et NodeMCU est retenue. Elle permet au conducteur du train la visualisation et le contrôle à distance des différents équipements du système de passage à niveau. La solution proposée a été tout d'abord réalisée et par la suite expérimentalement validée avec succès.

Abstract

This report describes the work carried out as part of the graduation project which aims to improve the level of road and rail safety. It is carried out within the CONDIAG Electronics company based in Sousse. The concept of the Internet of Things is used to design and build a prototype of a connected level crossing station. A hardware architecture based on an ESP32-CAM and NodeMCU is retained. It allows the train driver to view and remotely control the various equipment of the level crossing system. The proposed solution is first realized and then experimentally validated successfully.

Introduction Générale

L'expression de l'Internet des Objets (IoT), a été mise en place par Kevin Ashton dans une présentation en 1999 pour caractériser une architecture de l'information basée sur l'internet. Après, le terme est devenu populaire et largement utilisé [1]. L'IoT est un système d'interconnexion entre des dispositifs informatiques, des machines, des objets, des animaux et même des personnes, munies d'identifiants uniques (User IDentifier : UID) avec la capacité de transférer des données sur un réseau. Et ce, sans interaction d'humain à humain ou d'humain à ordinateur. L'IoT devient encore plus puissant et sa définition devient aussi plus souple pour suivre le développement technologique.

En se basant sur la technologie de l'IoT, l'objectif de ce travail est la réalisation d'un prototype qui renforce la sécurité dans les systèmes de passages à niveaux. Ces derniers garantissent la sécurité des usagers de la route lors de l'intersection d'une voie routière avec une autre ferrée. Malgré leur automatisation, ces systèmes reconnaissent des difficultés de dysfonctionnement et ils présentent encore des grandes menaces sur la vie des usagers de la route. Afin de réduire les risques de collision, on opte pour la réalisation d'un prototype de système de passage à niveau intelligent et plus efficace en termes de sécurité basée sur la technologie de l'internet des objets.

Toutefois, ce stage a été divisé en 3 grandes parties : une 1ère phase de recherche et d'analyse, une 2^{ème} phase pour étudier et choisir le bon matériel pour la réalisation du projet et une dernière phase de conception et réalisation d'un prototype de passage à niveau. Ainsi, ce rapport est organisé autour de quatre chapitre comme suit :

Dans le premier chapitre, nous présenterons le contexte général du projet en découvrant le fonctionnement réel des systèmes de passages à niveaux, les problèmes qui leur affrontent, ainsi que l'objectif attendu du projet et le cahier de charge.

Le deuxième chapitre contient une description générale de l'internet des objets, les recherches effectuées dans ce domaine et les structures basiques pour la réalisation d'un projet de l'IoT. L'étude de différentes composantes matérielle et logicielle nécessaires à la réalisation de ce prototype de passage à niveau ainsi que leurs caractéristiques et leurs critères de choix est détaillée dans le troisième chapitre. Dans le dernier chapitre, nous présentons le développement du prototype d'un système de passage à niveau. Il détaille la structure interne de notre prototype et de l'application software de contrôle, tout en donnant les résultats des tests obtenus.

Chapitre I : Systèmes de passages à niveaux

I. Introduction

Ce chapitre explique le fonctionnement minimal de tous les systèmes de passages à niveaux autorisés ainsi que les risques actuels liés à ces systèmes. De même, nous détaillons par la suite les différentes catégories des systèmes de passage à niveau réels ainsi que leur mode de fonctionnement.

II. Définition

Un passage à niveau (abrégé PN) est un croisement à niveau, c'est-à-dire que les voies qui se croisent sont à la même hauteur, par opposition aux ponts et aux tunnels d'une voie ferrée avec une voie routière, piétonnière ou, plus rarement, une piste d'aéroport [2]. Les passages à niveaux doivent respecter des normes de sécurité fixées notamment par les dispositions d'exécution de l'ordonnance sur les chemins de fer.



Figure 1: Norme de sécurité routière dans un passage à niveau

III. Différents types

Ils existent deux types des systèmes de passages à niveaux :

- Système de passage à niveau 1ère catégorie : gardé, à barrière manuelle et nécessite la présence d'un garde de barrières.
- Système de passage à niveau 2ème catégorie : non gardé, avec des barrières automatiques et feux de signalisation routière.

III.1 Passages à niveaux 1^{ère} catégorie

III.1.1 Description

Les passages à niveaux de première catégorie sont des passages à niveaux avec barrières ou demi-barrières mais qui nécessitent la présence d'une personne (garde barrières) qui se charge de les ouvrir ou de les fermer.



Figure 2: Signalisation routière 1ère catégorie

En effet, à l'approche du train, le garde du passage à niveau se chargera de faire baisser les barrières. Après le passage du train, l'usager de la route faudrait attendre que les barrières soient bien relevées par le garde des barrières pour redémarrer.

III.1.2 Principe de fonctionnement

Lors de l'approche du train du passage à niveau, les boudins des essieux du train actionnent une pédale qui active une signalisation lumineuse et sonore dans le poste du garde-barrière. Celui-ci a 20 secondes pour faire fermer la barrière manuellement à l'aide d'une manivelle.

Une fois le train est passé, les signaux sonores et lumineux se désactivent et ainsi, le garde réouvre les barrières. Si jamais le garde-barrière ne réagit pas pendant les 20 secondes, un autre avertissement sonore plus puissant retentit dans son poste. S'il ne réagit pas encore une fois, une torche électrique s'active et émet une fumée rouge qui dure à peu près 8 minutes.

La fumée rouge indique au conducteur du train que les barrières du passage à niveau ne sont pas fermées. Un arrêt d'urgence du train se voit donc préemptoire.

III.2 Passages à niveaux 2^{ème} catégorie

III.2.1 Description

Ce sont les passages à niveau automatiques avec barrières ou demi-barrières qui ne nécessitent pas la présence d'un garde barrière pour les ouvrir ou les fermer.

Des feux de signalisation ferroviaires sont installés en amont du passage à niveau, et indiquent au conducteur du train qu'il peut franchir le passage en toute sécurité. De même, un panneau

de signalisation routière est installé quelques mètres avant le PN et indique l'approche d'un passage à niveau à barrières automatiques aux conducteurs routiers.

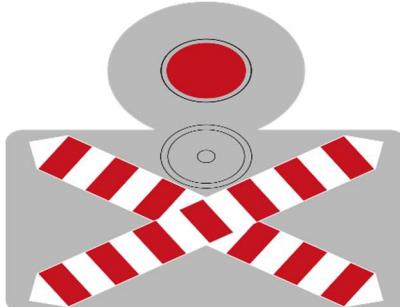


Figure 3: Signalisation routière 2ème catégorie

III.2.2 Principe de fonctionnement

L'automatisation des passages à niveaux consiste à rendre ces derniers fonctionnels sans aucune intervention humaine. Evidemment, les barrières et les signaux sonores et lumineux devraient être synchronisés selon un ordre bien précis afin d'assurer la sécurité de la voie routière et ferroviaire. Le principe de fonctionnement des passages à niveaux automatiques est le suivant : A l'approche du passage à niveau, les roues du train appuient sur une pédale située sur le rail nommée « pédale d'annonce ». Elle est située en amont du passage à niveau : à plusieurs centaines de mètres. Cette distance dépend de la vitesse avec laquelle le train franchira ce dernier.

Généralement, la pédale d'annonce doit être installée 25 secondes avant que le train ne franchisse le passage à niveau. Connaissant la vitesse du train à cet endroit-là, la distance entre la pédale et le passage à niveau est donc calculée à l'aide de la formule :

$$\text{Distance} = \text{vitesse} * \text{Temps} \quad \{1\}.$$



Figure 4: Pédale d'annonce du train d'un passage à niveau

De plus, des feux de signalisation ferroviaire sont installés quelques mètres avant le passage à niveau. Ils ont pour but d'informer le conducteur du train que la voie est libre, et que le passage du train ne présente aucun danger sur les usagers de la route.

Lorsque les premiers essieux du train appuient sur cette pédale, la signalisation sonore et lumineuse du passage à niveau s'active, 8 secondes plus tard, les barrières ou demi-barrières commencent à se fermer (cette opération devra durer également 8 secondes).



Figure 5: Signalisation lumineuses routière du PN 2ème catégorie

Dès que les barrières ou demi-barrières soient baissées, le signal sonore se désactive mais la signalisation lumineuse reste toujours active. Une fois le passage à niveau franchi, les roues du train appuient sur une nouvelle pédale installée en aval du passage à niveau nommée « pédale de reddition », et attaque une zone électrique. Cela engendre la désactivation de la signalisation lumineuse et ensuite, la descente des barrières ou demi-barrières.

IV. Dangers liés aux passages à niveaux

Chaque année, les passages à niveau sont à l'origine de plus d'une centaine de collisions entraînant une vingtaine de décès. Par exemple en 2 Aout 2022 on compte 5 blessés en Tunisie-Nabeul dans une collision entre une voiture et un train [3]. En 16 Juillet 2015 il y a eu 17 morts et 70 blessés à El Fahes gouvernorat de Zaghouan dans une collision entre un train de passage et un poids lourd [4].

Le risque que représente un passage à niveau est en fonction de l'intensité de la circulation sur la voie ferroviaire et sur la voie routière et l'évaluation de ce risque est faite en calculant le « moment de circulation » qui est le produit du nombre de trains par le nombre de véhicules routiers empruntant en moyenne par jour [5].

En effet, malgré les barrières le risque d'une collision ne peut être évité, une voiture pouvant par exemple se trouver bloquée sur les voies ferroviaires. Un des autres dangers inhérent au passage à niveau est celui de la collision avec des véhicules ferroviaires en dérive, c'est-à-dire non équipés par un système de sécurité (comme des wagons marchandises) et qui n'auraient pas déclenché la fermeture des barrières du passage à niveau lors de leurs approches.

En général, compte tenu du rapport de masses entre un convoi ferroviaire et un véhicule routier, le risque est essentiellement du côté routier. Cependant, des conséquences graves pour les circulations ferroviaires peuvent advenir en cas de collision avec un poids lourd surtout si celui-ci est chargé de matières dangereuses ou inflammables.

V. Cahier des charges fonctionnels et problématique

V.1 Cahier des charges

Les conditions requises pour assurer le fonctionnement du passage à niveau sont les suivantes :

- Annonce : lorsque le train actionne la pédale d'annonce, les signaux routiers s'allument, les sonneries tintent et les barrières se referment après un délai de 8 secondes. Pendant ce temps le train s'approche du passage à niveau.
- Les signaux routiers et les sonneries seront activés pour les raisons suivantes :
 - Le déclenchement des pédales d'annonces ou les circuits de voie dans les deux côtes provoque l'activation des signaux routiers.
 - Dans le cas de fonctionnement en mode manuel.
 - Dans le cas où il n'y a pas le signal de la confirmation de l'ouverture des demi-barrières.
 - Dans le cas de rupture de l'une des deux demi-barrières.
- Les demi-barrières :
 - L'approche d'une circulation ferroviaire est signalée par l'allumage des feux routiers au rouge clignotant, le tintement des sonneries et l'abaissement des demi-barrières qui s'effectue dans un délai de l'ordre de 8 secondes. Dès que les demi-barrières sont abaissées, les sonneries cessent de tinter. Au dégagement du PN par la circulation ferroviaire, les feux s'éteignent et les demi-barrières se lèvent.

V.2 Problématique & objectifs

Les passages à niveaux sont des zones particulièrement dangereuses. Vu que la plupart des accidents qui surviennent aux lieux des passages sont liés à une mauvaise interprétation des usagers de la route. En effet, lors de notre visite à la gare ferroviaire de Sousse, nous étions informés que la cause principale des accidents dans les PN est due à la non détection du passage du train par les pédales d'annonce et comme conséquence, à l'approche du train les barrières ne se ferment plus et aucune signalisation routière n'est

indiquée aux usagers de la route, du coup la collision entre le train et les usagers de la route sera inévitable.

L'objectif principal de ce projet est de réaliser un prototype pour la gestion industrielle d'un système de passage à niveau comprenant les éléments suivants :

1. Une boite connectée : pour contrôler et superviser l'état des équipements liés à cette boîte à distance.

2. Une caméra de surveillance : permettra au conducteur de train de visualiser le lieu de passage et intervenir en cas de danger.

3. Une application software : pour obtenir l'accès à la boîte connectée à travers un ordinateur ou un Smartphone et d'interagir avec les capteurs et les actionneurs.

La réalisation de notre prototype de PN qui garantira encore plus de sécurité dans les sites de passages à niveaux doit en premier lieu, respecter les règles de sécurité existantes et sa fiabilité exige une étude détaillée sur la technologie de l'internet des objets.

VI. Conclusion

Traverser la voie ferroviaire à pied, à vélo ou en voiture comporte toujours un risque, car il est impossible pour un train de freiner instantanément.

Donner la faculté au conducteur du train, de communiquer avec les différents équipements du site de passage à niveau à distance et d'intervenir au bon moment n'est plus une mission impossible grâce à la technologie de l'Internet des Objets.

Chapitre II : Introduction à l'internet des objets

I. Introduction

Ce chapitre est consacré à l'étude des systèmes d'IoT. L'objectif de telle étude est de comprendre leurs caractéristiques et spécificités afin de pouvoir développer un système d'IoT qui assure une haute sécurité dans les sites de passages à niveaux.

II. IoT et le secteur des transports

II.1 Définition

Il n'existe pas de définition standard, unifiée et partagée de l'internet des objets. Certaines définitions insistent sur les aspects techniques de l'IoT, tandis que d'autres se concentrent plutôt sur les usages et les fonctionnalités [6]. L'expression « Internet des Objets » est apparue depuis une dizaine d'années par les fondateurs du MIT Auto-ID Center original, avec une mention spéciale du créateur de la technologie britannique « Kevin Ashton » en 1999, pour le but d'établir un système dans lequel les objets du monde physique peuvent être connectés à l'internet à l'intermédiaire des capteurs [7].

Un objet connecté peut être une personne avec un implant cardiaque qui transmet des données, un objet intelligent pour l'économie de l'eau permettant ainsi le contrôle automatique et intelligent de l'environnement, un animal qui porte une puce intelligente, une voiture dotée de capteurs indiquant la pression des pneus, ou tout autre objet auquel une adresse IP est assignée et qui peut transmettre des informations. De manière plus pragmatique, l'internet des objets correspond à un ensemble d'objets connectés, qui se conjugue avec les vagues du cloud et du Bigdata : Les objets physiques possèdent des technologies embarquées de capteurs, d'intelligence et de connectivité, leur permettant de communiquer avec d'autres objets [8].

Nous pouvons alors dire que l'IoT représente l'ensemble des réseaux de communications électroniques qui permettent de transporter les données issues des objets.

II.2 Importance de l'IoT dans le secteur des transports

L'IoT a le potentiel de transformer l'industrie des transports en modifiant profondément la façon de rassembler les données, se connecter avec les utilisateurs et automatiser les processus. L'IoT assure la mise en réseau d'objets physiques qui, via l'utilisation de capteurs

embarqués, d'actionneurs et d'autres dispositifs, peuvent collecter et transmettre des informations sur l'activité de l'ensemble des objets en temps réel.

Les données collectées à partir de ces équipements peuvent alors être analysées par les organismes de transport pour :

- Améliorer l'expérience du passager avec des transports plus fiables, de meilleurs services à la clientèle, une communication et des informations plus précises.
- Augmenter la sécurité, en mieux comprenant l'exploitation du système des transports grâce aux capteurs de données qui détectent toutes les anomalies dans la vitesse des trains, les températures de la chaussée, l'état des pièces des avions, ou encore le nombre de voitures qui attendent à une intersection.
- Réduire l'utilisation et la congestion de l'énergie, grâce à l'exploitation des données en temps réel pour faciliter l'adaptation des ressources aux opérateurs qui doivent répondre à la demande, grâce à l'agilité de réagir rapidement à des modèles de trafic en évolution rapide, ou pour traiter l'impact de la circulation sur la consommation de carburant, sur l'environnement et sur la compétitivité économique régionale.
- Améliorer la performance opérationnelle, en surveillant de manière proactive les infrastructures critiques et créer des processus plus efficaces, pour réduire les coûts d'exploitation et améliorer la capacité du système.

Les solutions IoT promettent de rendre les entreprises du secteur des transports plus intelligentes et leur permettent de mieux réussir leur travail. L'IoT est au cœur de la transformation des transports, pour assurer une meilleure sécurité, des voyages plus efficaces, une amélioration de la maintenance des véhicules et des avions, et une gestion plus stratégique du trafic.

Des exemples de l'utilisation de l'IoT dans les transports incluent :

- Des transports en commun plus efficaces et moins coûteux, qui se servent des réseaux de capteurs, des caméras numériques et des systèmes de communication pour augmenter la capacité du système et améliorer la sécurité et le confort des passagers tout en réduisant les coûts et les risques.
- Des panneaux de signalisation routière dynamiques pour des systèmes de transport intelligents, qui, grâce aux informations relayées à partir des capteurs et des caméras,

affichent en temps réel l'état des routes, le taux de péage, la fermeture de voies et les temps de trajets.

- Des véhicules autonomes, capables d'être sensibles à leur environnement, prédire le comportement, communiquer avec d'autres véhicules et leur environnement, et sur l'autoroute, réagir instantanément à des scénarios réels.
- Des solutions de vidéosurveillance, qui utilisent des caméras à haute résolution pour sécuriser les aéroports et les stations des chemins de fer, y compris la surveillance en continu des points de contrôle des passeports et le mouvement des personnes et des foules. Des logiciels d'analyse vidéo intelligents qui automatisent la détection anticipée des comportements suspects et les bagages abandonnés [9].

III. Composants d'un modèle IoT

Le concept de l'IoT a été l'objet des recherches depuis plus d'une décennie, mais même si, encore de nombreux aspects ne sont pas clairement définis., aujourd'hui il n'y a pas une architecture standardisée et spécifique pour l'IoT. Malgré ce manque de compatibilité, l'architecture à trois couches est généralement répandue. Ces couches sont : la couche de perception, la couche réseau et la couche d'application [10].

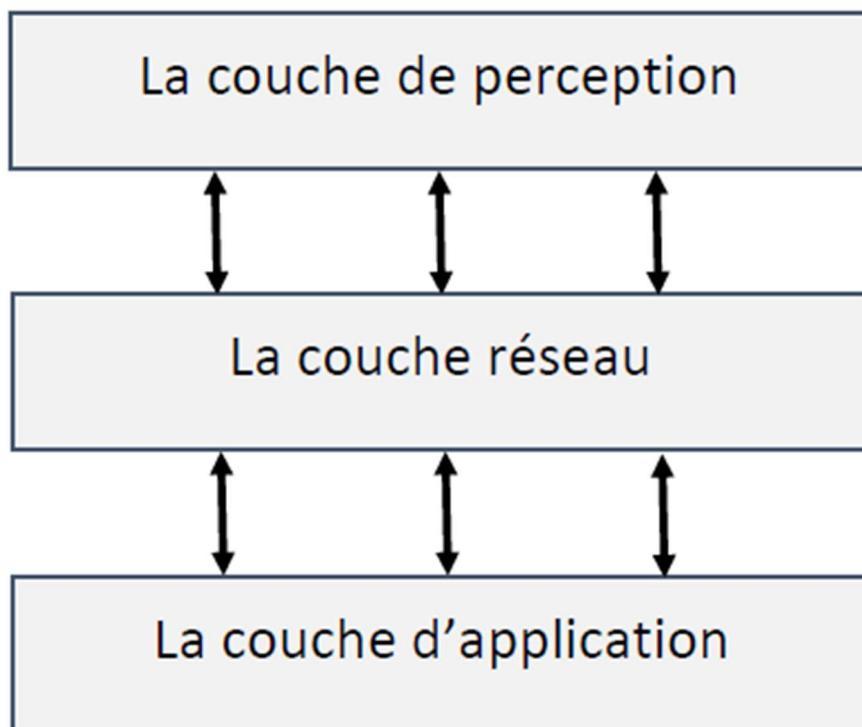


Figure 6: Les trois couches d'un modèle IOT

III.1 Couche de perception

La tâche principale de la couche de perception est de reconnaître les propriétés physiques telles que la température, l'humidité, le niveau de la lumière, la vitesse, etc., par divers dispositifs de détection, et de convertir ces informations en signaux numériques. Les objets de cette couche possédant la capacité de détection et/ou la capacité d'actionnement.

La couche de Perception se compose des :

- **Capteurs** : détectent les propriétés physiques et convertissent ces propriétés en signaux numériques.
- **Actionneurs** : reçoivent des commandes pour effectuer des actions à des moments spécifiques.
- **End-devices** : ce sont de cartes à microcontrôleur intégré utilisées pour fournir des capacités de traitement et de communication pour les capteurs et les actionneurs.

III.2 Couche de réseau

La couche réseau est la couche responsable de la transmission des données reçues de la couche de perception à une base de données, serveur, ou d'un centre de traitement. Les principales technologies utilisées pour réaliser cette couche sont : les technologies cellulaires 2G / 3G / LTE, Wi-Fi, Bluetooth et Zigbee, et d'autres technologies qui assurent la communication entre plusieurs objets. La couche réseau comprend :

- **Les protocoles de communication** : utilisés pour les end-devices.
- **Station de base (Gateway)** : pour contrôler le passage des informations entre les end-devices et l'internet.

L'IoT est donc un énorme réseau qui relie non seulement une multitude d'objets, mais englobe également des réseaux hétérogènes.

III.3 Couche d'application

La couche application analyse les informations reçues de la couche réseau. Cette couche fournit des applications pour toutes sortes de défis technologiques. Ces applications favorisent l'Internet des Objets, ce qui met le point sur l'importance de cette couche dans la propagation de l'IoT. La couche d'application comprend :

- **Les plateformes IoT Cloud** : sont des bases de données virtuelles en ligne qui stockent les informations de l'End-device et donne la visualisation de ces informations (tableaux, graphiques) pour les utilisateurs finaux.
- **L'application Software** : pour les Smartphones, tablettes, ordinateurs de bureau qui fournissent des interfaces graphiques (GUI : Graphical user interface) pour la surveillance et le contrôle des end-devices.

Tous les composants nécessaires à la conception d'un modèle d'essai IoT sont classés ci-dessous sur la base du modèle à trois couches :

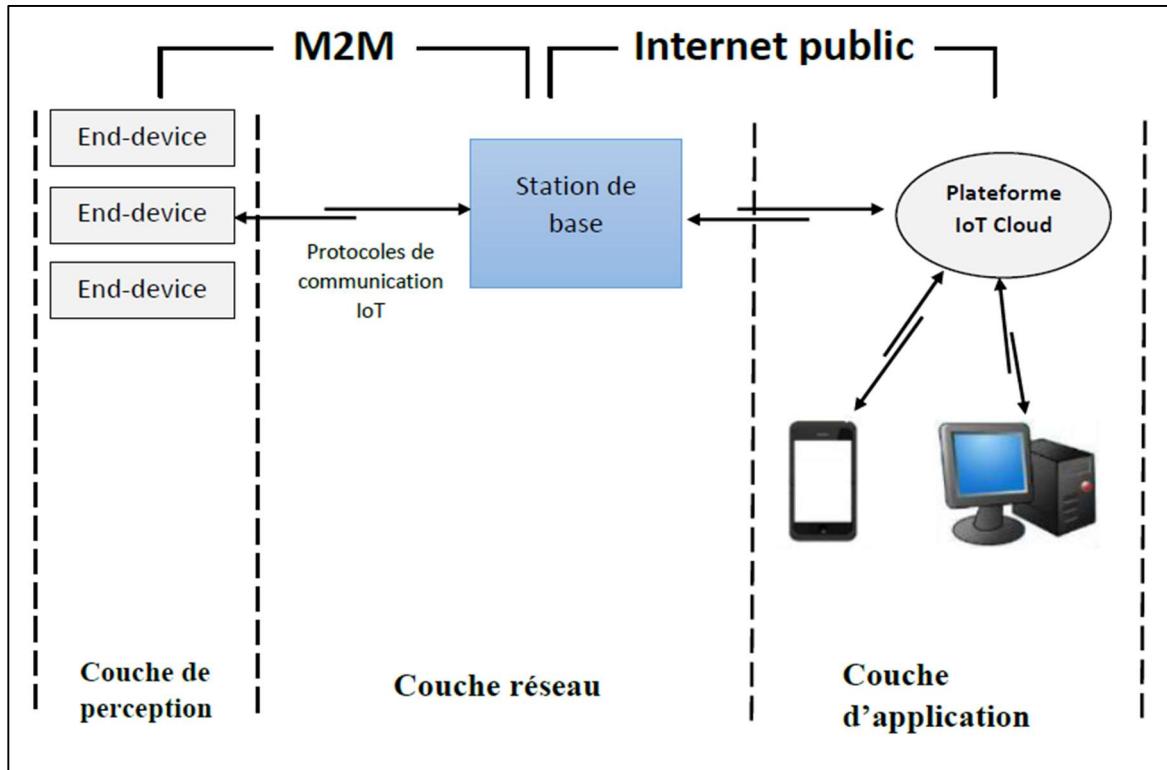


Figure 7: Composants d'un modèle IoT

III.4 End-DEVICE

Le développement actuel dans les technologies de la micro-électronique et les communications sans fil, ont permis de développer des cartes électroniques de faible coût et de faible puissance. Ces cartes électroniques sont des end-devices multifonctionnels de petite taille, équipées par des capteurs et / ou actionneurs, des microcontrôleurs (μ C), et des entrées/sorties pour les communications sans fil (figure 8) :

L'End-DEVICE se compose des éléments suivants :

- **Des capteurs** : mesurent les conditions extérieures avec haute précision.
- **Des actionneurs** : exécuter une action ou une tâche.

- **Les microcontrôleurs (μ C)** : sont des très petits ordinateurs qui contiennent une unité de traitement programmable et des broches d'entrée / sortie.
- **Radio Tranceiver** : pour transmettre et recevoir les données sans fil. Il existe plusieurs types d'émetteur-récepteur, avec des protocoles de communication spécifiques.

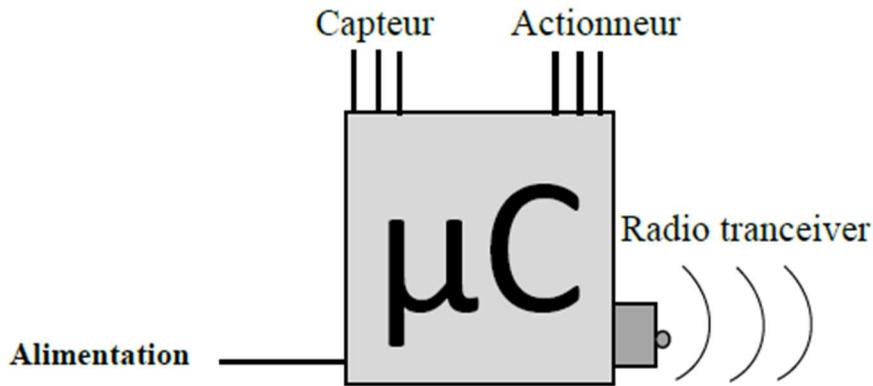


Figure 8: End-Device pour un modèle IOT

IV. Protocoles de communication pour l'IoT

Pour un objet connecté, deux grands cas de figure se posent. Ils détermineront le protocole de communication adéquat pour la réalisation de notre prototype. Dans un premier cas, au sein d'un réseau à courte portée, l'objet connecté communique dans un environnement très court, comme dans le cas d'une unité de production industrielle, une usine, ou un entrepôt de logistique. Prenons le cas d'une presse hydraulique, d'un tapis roulant ou d'un bras robotisé. Leurs échanges d'informations se font avec le réseau de l'entreprise à courte portée, qui sera chargé de faire remonter les informations et les analyser. Dans le second cas, dans un réseau à longue portée, l'appareil IoT s'interface avec une **passerelle** de communication, aussi appelée **gateway**, lui-même connectée au réseau de l'entreprise ou de la maison, et, surtout, à l'Internet (antenne-relais, routeur 4G, box, modem, électricité...) [11].

Notre prototype utilisera évidemment des protocoles de communications à une courte portée mais pour une future réalisation réelle de ce projet nous parlerons brièvement des protocoles de communication IoT à longue portée.

IV.1 Réseaux à courte portée

IV.1.1 Zigbee

L'organisation Zigbee définit plusieurs spécifications pour créer des réseaux sans fil à courte distance et à faible puissance, ces spécifications seront utilisées dans les bandes de fréquences 868/915 MHz et 2.4GHz, Il définit un débit de données maximum de 250Kbit/s dans la zone de fréquence 2,4 GHz, ce qui est adapté pour les transmissions des données à partir d'un capteur ou un autre dispositif. Le protocole Zigbee utilise la couche physique et la couche MAC (c'est une couche qui définit comment un utilisateur obtient un canal de transmission lorsqu'il en a besoin) et utilise aussi des propriétés de la couche réseau et la couche application afin de cibler le domaine de l'automatisation sans fil et les applications de contrôle à distance (figure 9).

Parmi les propriétés de Zigbee on distingue :

- L'évitement des collisions.
- La gestion des intervalles de temps.
- La sécurité de transmission.

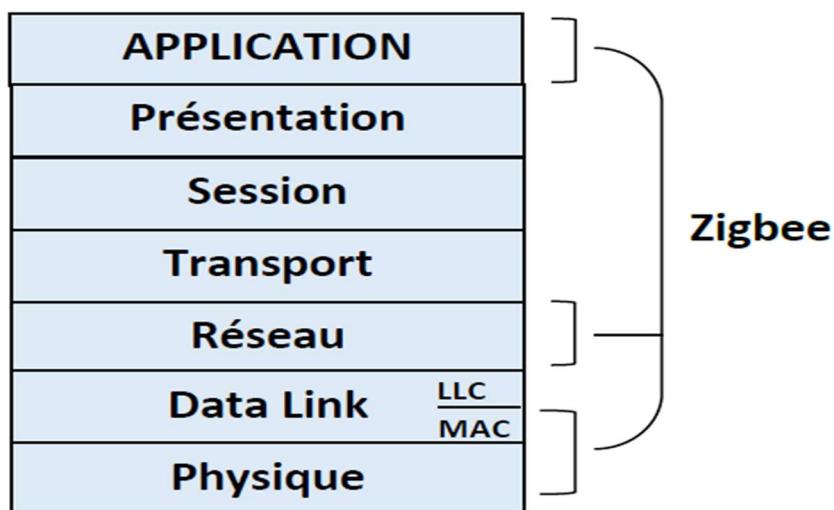


Figure 9: la présentation d'un modèle OSI pour le Zigbee

La portée du protocole Zigbee peut atteindre jusqu'à 70 m avec contrôle complet de la transmission. Il est utilisé fréquemment dans les domaines suivants : l'automatisation des bâtiments, les télécommandes, l'énergie intelligente, la santé, l'automatisation des maisons, les services de télécommunications, ...

IV.1.2 ShockBurst Enhanced (ESB)

ShockBurst Enhanced (ESB) est un protocole de communication bidirectionnelle, il se caractérise par l'accusé de réception et la retransmission automatique des paquets perdus. Parmi les caractéristiques importantes du protocole ESB est la transmission des paquets avec une liaison de données bidirectionnelle et fiable. Une transmission est un échange de paquets entre un émetteur (PTX) et un autre récepteur (PRX) (figure 10).

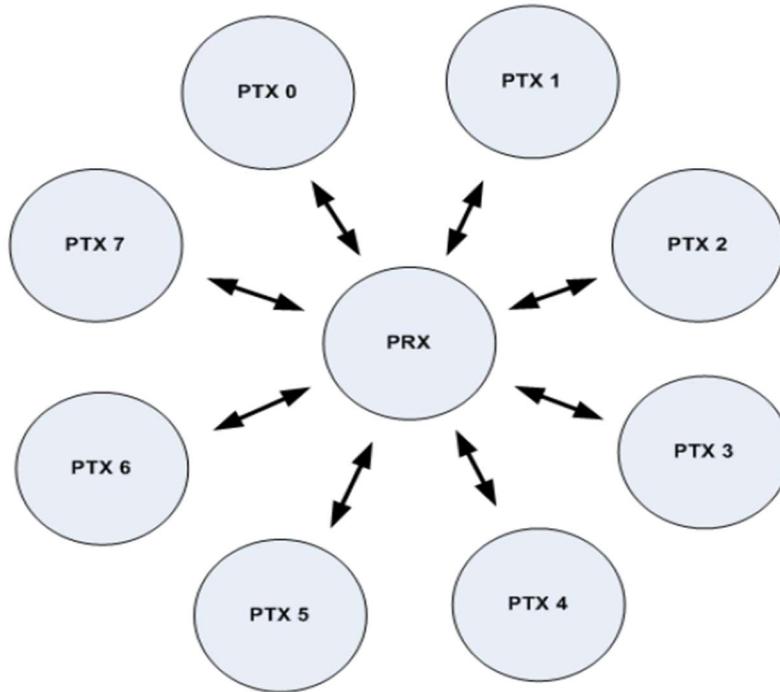


Figure 10: Réseau de transmission Enhanced ShockBurst (ESB)

Les principales caractéristiques de l'ESB sont :

- Supporte un réseau en étoile qui contient généralement un récepteur primaire (PRX) et jusqu'aux 8 émetteurs primaires (PTX), ou l'inverse.
- Transfert de données bidirectionnelles entre chaque PTX et le PRX.
- Accusé de réception de paquets et la retransmission automatique des paquets perdus.

La transmission des paquets

- La transmission des paquets dans le protocole ESB est déclenchée par une transmission à partir de PTX (émetteur), et terminer avec succès lorsque le PTX reçoit un accusé de réception (ACK) du récepteur PRX (figure 11).

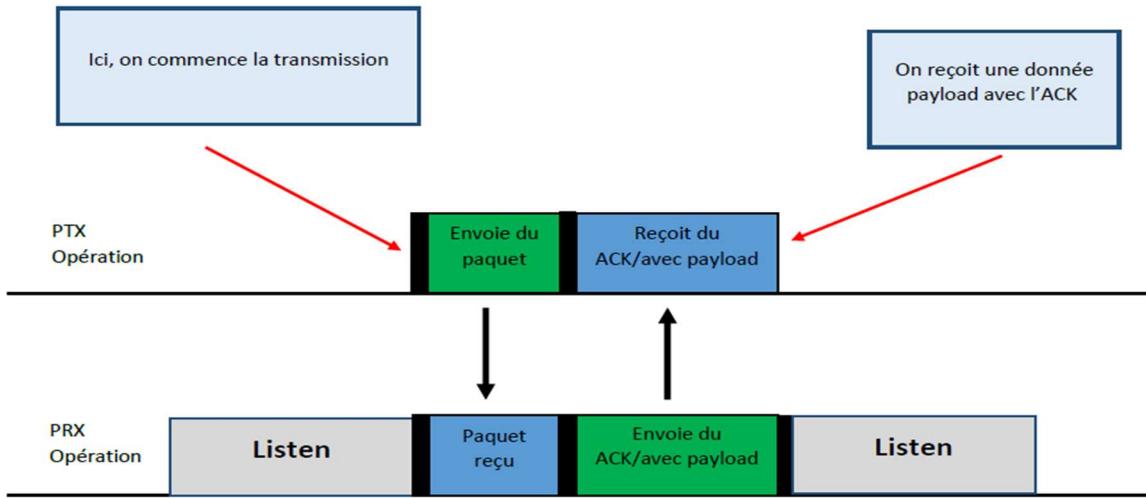


Figure 11: Transmission PTX (émetteur) vers PRX

Si le PTX ne reçoit pas un accusé de réception, il va retransmettre le paquet jusqu'à ce que l'accusé de réception soit finalement reçu, sinon la transmission est échouée (figure 12).

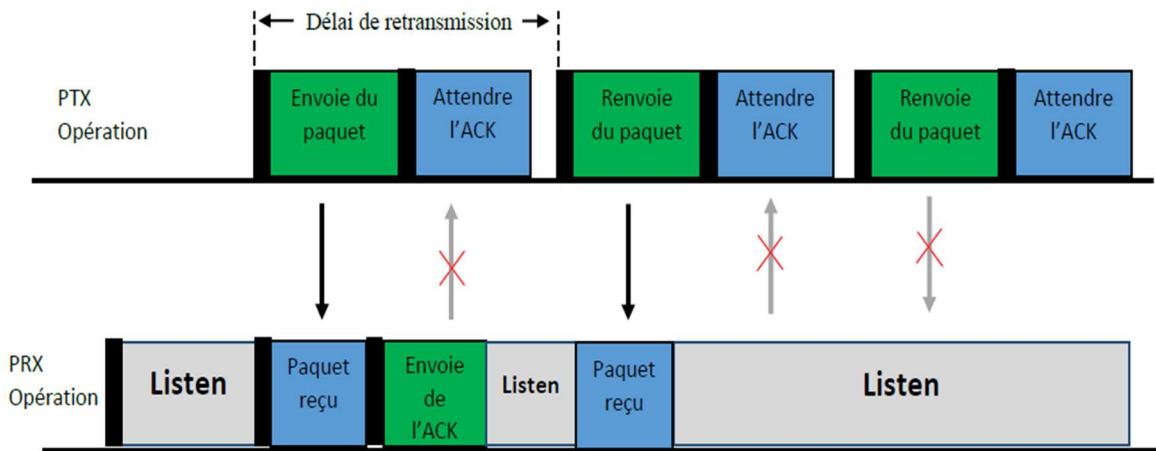


Figure 12: Transmission PTX vers PRX échoué

Le retard de retransmission est défini par la durée entre le début de chaque tentative de transmission. A noter que ce retard dépend aussi du type du hardware utilisé pour la transmission.

IV.1.3 Zwave

Le Zwave est un protocole de communication sans fil entre les appareils électroniques. Ce protocole susceptible d'être :

- Principalement destiné à la domotique,
- Relativement sécurisé,

- Bidirectionnelle (chaque composant est à la fois récepteur et émetteur).

Le ZWave est donc un protocole de communication sans fil. Il utilise les radios fréquences pour établir les communications. Il permet donc à 2 composants électroniques de discuter ensemble pour échanger des informations. Ces informations peuvent être des données (détection de présence...), des ordres (ordre ON ou OFF...), des statuts (« barrières fermées » ...).

L'avantage principal de cette technologie, est que le réseau ZWave peut admettre 232 composants. Si l'on souhaite plus d'éléments il suffit de mettre en place un deuxième réseau et d'établir une passerelle entre les 2 réseaux ZWave. Le protocole ZWave est conçu pour utiliser une vitesse de transfert de 9,6 kbits par secondes. Cela peut ne pas être énorme, mais c'est suffisant pour que le message (qui est de quelques octets uniquement) arrive à destination rapidement. Les temps de réponses en ZWave sont très rapides.

Avec un système d'accusé réception "ACK" chaque équipement récepteur transmet un accusé de réception à l'émetteur, ce qui permet de vérifier qu'un ordre a bien été transmis et à priori exécuté (voir figure 13).

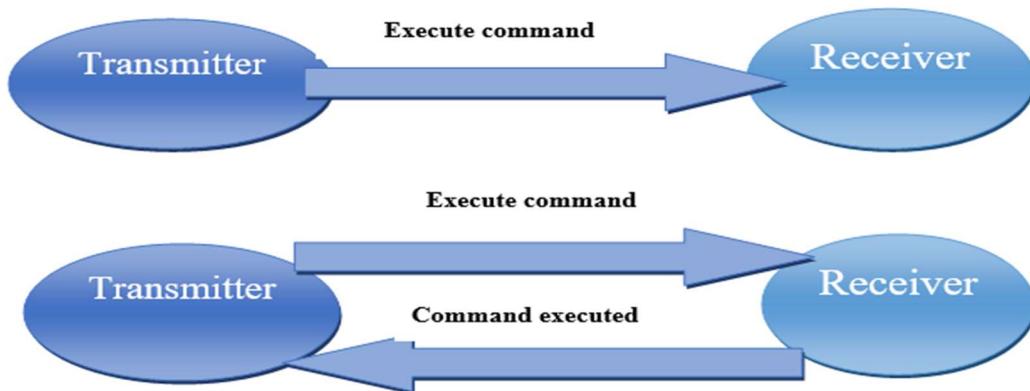


Figure 13: Transmission avec et sans accusé de réception pour le protocole Zwave

IV.1.4 Wi-Fi (Wireless Fidelity)

Wi-Fi est une technologie sans fil local qui opère dans les bandes de fréquences de 2.4GHz et 5GHz. Il est basé sur les normes IEEE 802.11 qui définissent les couches physiques et les couches MAC. Les appareils Wi-Fi qui utilisent la norme 802.11g ont un débit de données maximum de 54 Mbit/s, et les appareils qui utilisent la norme 802.11n ont un débit de données jusqu'à 600 Mbit/s.

Il y a plusieurs appareils qui utilisent une connexion Wi-Fi (par exemple les ordinateurs personnels, les téléphones intelligents, tablettes) pour se connecter à l'internet via un point

d'accès. Cependant une connexion Wi-Fi utilise une bande de fréquences élevée ce qui n'est pas idéale pour les réseaux qui contiennent des capteurs et des actionneurs, par contre la connexion Wi-Fi est nécessaire pour relier ces appareils à l'internet.

IV.1.5 Bluetooth

C'est une technologie de réseau personnel sans fil à faible portée (quelques dizaines de mètres). Elle permet de relier plusieurs appareils entre eux sans liaison filaire, en utilisant les ondes radio comme support de transmission (bande de fréquence des 2,4 GHz) et couvre une zone de 120m.

Le Bluetooth supporte les caractéristiques suivantes :

- Faible coût.
- Faible puissance d'émission.
- Performances modestes (1Mbps).

IV.2 Réseaux à longue porté

IV.2.1 LoRaWAN

Le réseau LoRa signifie Long Range ou « longue portée » en français. Il s'agit d'une technologie qui permet aux objets connectés d'échanger des données de faible taille en bas débit ce qu'il permet de réduire la consommation énergétique des appareils. Cette technologie utilise à la fois les fréquences radio libre 868 MHz et l'Internet. Peu gourmande en débit et en énergie et elle a l'avantage d'être très économique, de plus, une excellente capacité de pénétration des bâtiments, caves et sous-sols [12].

IV.2.2 Sigfox

D'un point de vue technique, Sigfox est un système de connexion utilisant des signaux de fréquence radio ultra-rapide (100bit/s pour l'émission des données et 600 bit/s pour la réception) et de longues portées qui peut atteindre 10 km en zone urbaine et 40 km en zone rurale. Le réseau a une topologie de type étoile. Le réseau Sigfox est dépendant de l'entreprise Sigfox non seulement dans son fonctionnement mais aussi dans son déploiement.[12]

IV.2.3 Réseaux Gsm

Ce sont des réseaux cellulaires. Le signal est capté par une antenne couvrant un certain volume de captation et relayé au sein d'un réseau propriétaire puis à l'Internet. La connectivité cellulaire offre la possibilité de transmettre et de recevoir des signaux de n'importe où dans le monde.

Les réseaux cellulaires sont des réseaux de communications destinés spécialement aux équipements mobiles.

IV.2.4 Etude comparative

Au cœur de l'échange d'informations en fonction des contraintes matérielles et d'environnement, se pose la question du protocole de communication à choisir pour rentabiliser les fonctionnalités de notre prototype connecté.

Dans le tableau suivant on récapitule les différentes caractéristiques des protocoles des communications les plus adéquats à la réalisation du projet.

Protocole	Standard	Fréquence	Porté	Débit	Consommation d'énergies
Zigbee	Zigbee 3.0 basé sur IEEE802.15.4	2.4 GH	10-100 m	250 Kbps	Faible
Bluetooth	Bluetooth 4.2core spécification	2.4GHz	50-150m	1 Mbps	Faible
Wi-Fi	Basé sur802.11n	2.4 GHz et 5 GHz	Environ 50 m	600 Mbps maximum	Élevé
Sigfox	Sigfox	900 MHz	30-50Km (milieu rural) 3-10 Km (milieu urbain)	10-1000bps	Faible
LoRa	LoRaWAN	Variante	15 Km (milieu rural)2-5 Km (milieu urbain)	0.3-50 kbps	Faible
Cellulaire	GSM/GPRS/EDGE(2G), UMTS/HSPA(3G), LTE(4G)	900/1800/1900/2100MHz	35 Km-200 Km	35-170Kps-10Mbs	Élevé

Tableau 1: Tableau comparatif des protocoles IoT.

V. Applications de contrôle pour IoT

V.1 Application WEB

Une application web est un logiciel applicatif, d'où son nom, hébergé sur un serveur et accessible via les navigateurs Internet (Explorer, Mozilla Firefox, Chrome...). Contrairement à un logiciel classique, les applications web n'ont pas besoin d'être installées sur les ordinateurs de leurs utilisateurs, il leur suffit de se connecter à l'application à l'aide de leurs navigateurs favoris pour pouvoir y accéder.

La création des applications web demande la maîtrise parfaite de différents langages de codage, comme le **HTML**, le **CSS**, **JavaScript**. En résumé, les applications web sont des

pages vivantes qui réagissent à nos sollicitations et nous obéissent « au doigt et à l'œil ». Cela nécessite donc deux critères d'utilisation : La simplicité et l'efficacité.

V.2 Application mobile

V.2.1 Système Android

Android est un logiciel de type système d'exploitation mobile, comme « Windows » qui est un système d'exploitation sur PC, c'est un système d'exploitation ouvert dont le code source est librement accessible ce qui permet à n'importe quel fabricant de l'intégrer dans son système gratuitement.

Android s'appuie sur deux piliers :

- Le langage Java
- Le SDK qui permet d'avoir un environnement de développement facilitant la tâche du développeur

Environnement de développement : Android Studio

Android Studio est un environnement de développement pour développer des applications Android, il permet principalement d'éditer les fichiers Java et les fichiers de configuration d'une application Android. Il propose aussi des outils pour gérer le développement d'applications multilingues et permet de visualiser la mise en page des écrans sur des écrans de résolutions variées simultanément.



V.2.2 Système IOS

IOS est un système d'exploitation et plate-forme logicielle pour les Smartphones et les tablettes utilisé exclusivement par Apple.

Environnement de développement : XCode

XCode est l'environnement de développement (IDE) d'Apple, utilisé pour créer, compiler et tester les applications IOS. XCode supporte l'écriture en C, C++, Swift, AppleScript, Java. Cet environnement peut être obtenu gratuitement sur le Mac App Store, mais il n'est pas valable sur d'autres systèmes d'exploitation.



VI. Conclusion

Après avoir décrit la technologie de l'Internet des Objets et l'architecture de base de cette technologie, nous allons décrire dans le chapitre suivant, les composants et les matériels essentiels pour la réalisation d'un premier prototype du projet basé sur l'IoT.

Chapitre III- Conception d'un système de passage à niveau : Equipements et softwares

I. Introduction

Dans le présent chapitre on décrit les composants nécessaires pour la réalisation d'un premier prototype d'un système de passage à niveau, les caractéristiques et les spécifications de ses différents composants ainsi que leurs architectures internes. Certains composants assurent les protocoles de communication et la connectivité sans fil (NodeMCU, ESP32-CAM), d'autre composants à base des microcontrôleurs qui traitent et analysent les données (Arduino UNO).

II. Architecture matérielle

L'architecture matérielle de notre prototype comprend essentiellement 3 blocs qui sont :

- Bloc d'alimentation :
- Bloc des capteurs et actionneurs.
- Bloc de transfert et réception des données.

Leur principe de fonctionnement est illustré dans le schéma synoptique suivant :

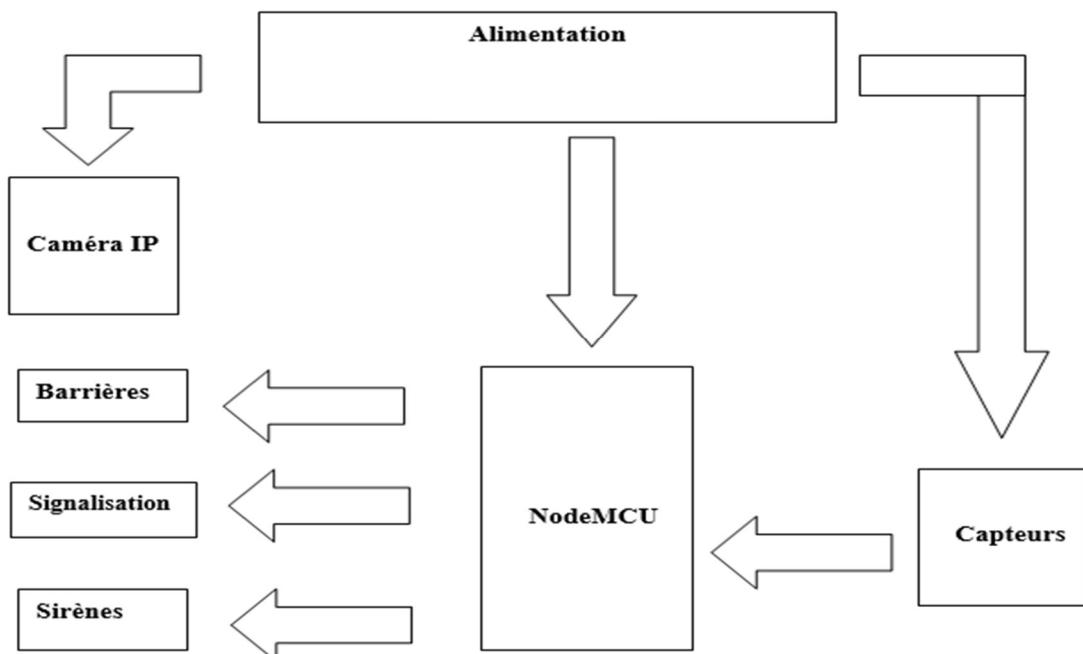


Schéma synoptique 1: description générale de l'architecture matérielle du prototype

II.1 NodeMCU ESP8266

C'est une puce qui contient un microcontrôleur interne et qui donne l'accès sans fil aux réseaux, avec d'autres options plus développées. Plus précisément, l'ESP8266 est un système-sur-puce (Soc : System On Chip) qui fonctionne dans la bande des fréquences de 2,4 GHz. Ce module utilise le protocole de communication WIFI 802, qui permet au microcontrôleur interne de se connecter à un réseau Wi-Fi et de faire des connexions TCP / IP simples, ou d'être détectable par d'autres périphériques qui utilisent le même protocole WI-FI. Son prix est très abordable ainsi qu'il est directement programmable sans nécessiter un microcontrôleur supplémentaire. Autre avantage, l'ESP8266 peut jouer un rôle ad hoc en tant que point d'accès et client également [13].

Facteur	Valeur
Microcontrôleur :	Tensilica 32-bit RISC CPU Xtensa LX106
Tension de fonctionnement	3.3V
Tension d'entrée	7-12V
Broches d'E/S numériques (DIO)	16
Broches d'entrée analogiques (ADC)	1
UARTs	1
SPIs	1
I2Cs	1
Mémoire flash	4 MO
SRAM	64 KB
Vitesse de l'horloge	80 MHz
USB-TTL	basé sur le CP2102 est inclus à bord, ce qui permet le Plug n Play
Antenne	PCB
Module	Un module de petite taille pour s'intégrer intelligemment dans vos projets IoT

Tableau 2: Spécifications et caractéristiques du NodeMCU/ESP8266

Les produits de la série ESP8266 sont encore en développement. Dans la figure 14, le module ESP8266 lui-même est équipé de GPIO (General Purpose Input / Output) pour communiquer avec le monde extérieur. Par exemple, la série ESP8266-01 dispose de 2 GPIO, tandis que la série ESP8266-12E ont une broche analogique de lecture ainsi que quelques broches numériques.

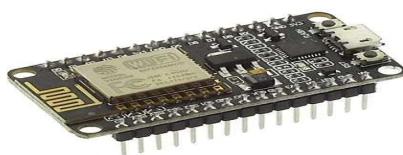


Figure 14: Module ESP8266/NodeMCU

Un autre avantage du module ESP8266 c'est qu'il possède le mode de sommeil profond, de sorte que la consommation d'énergie sera relativement beaucoup plus efficace que le module Wi-Fi. Une remarque importante à souligner c'est que l'ESP8266 fonctionne à une tension de 3,3 V. La figure 15 représente la configuration en broches du module NodeMCU/ESP8266 :

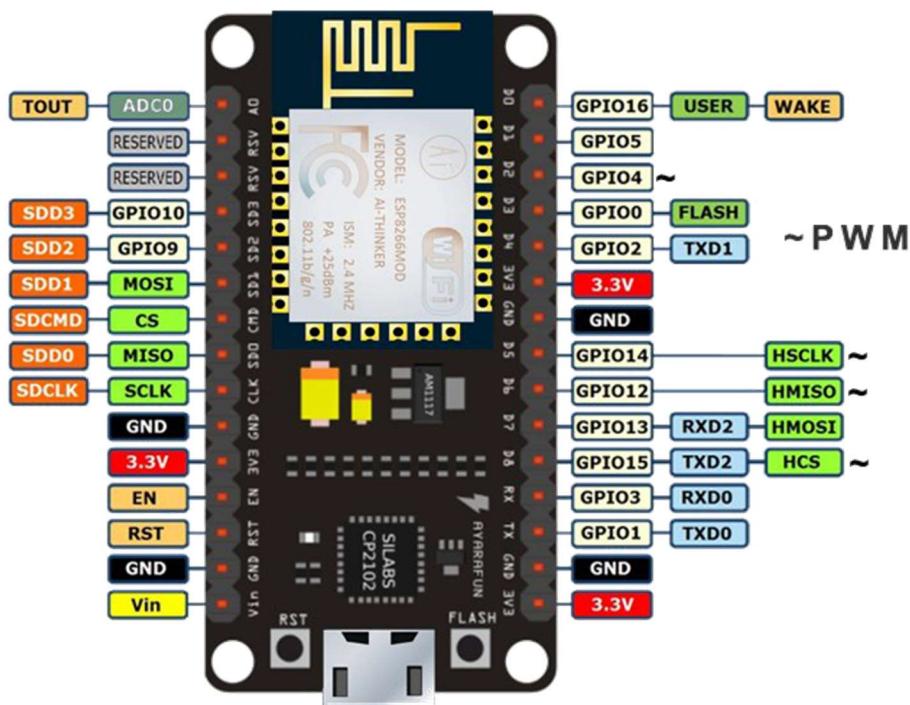


Figure 15: Configurations des broches de l'ESP8266

NodeMCU ou l'ESP8266 de la version 0.9 ayant 4 Mo Flash, 11 broches GPIO où 10 d'entre elles peuvent être utilisées pour la configuration PWM, une broche ADC, 2 paires d'UART et le protocole Wi-Fi à la fréquence de 2.4GHz, il prend en charge WPA/WPA2. Le module NodeMCU peut être programmé en utilisant le langage LUA ou peut également être programmé en utilisant le langage C en utilisant l'IDE Arduino.

II.2 Caméra réseau IP ESP32-CAM

C'est un très petit module intégré d'une camera OV2640 et d'un processeur ESP3-S, permettant de créer des projets de caméras IP pour les vidéos de surveillance avec différentes résolutions. La visualiser à distance s'effectue en temps garce à la transmission des données avec le réseau WI-FI. Ce nécessite une alimentation de 3.3V ou 5V.

Il contient aussi une LED à haute luminosité qui peut être commandée pour des prises de vues en mode nuit. Dans ce cas, il est possible de connecter une photorésistance sur la carte afin d'ajusté l'intensité lumineuse adéquate automatiquement. En effet, elle intègre Aussi quelques ports GPIO pour l'embarquement des différents capteurs et actionneurs.

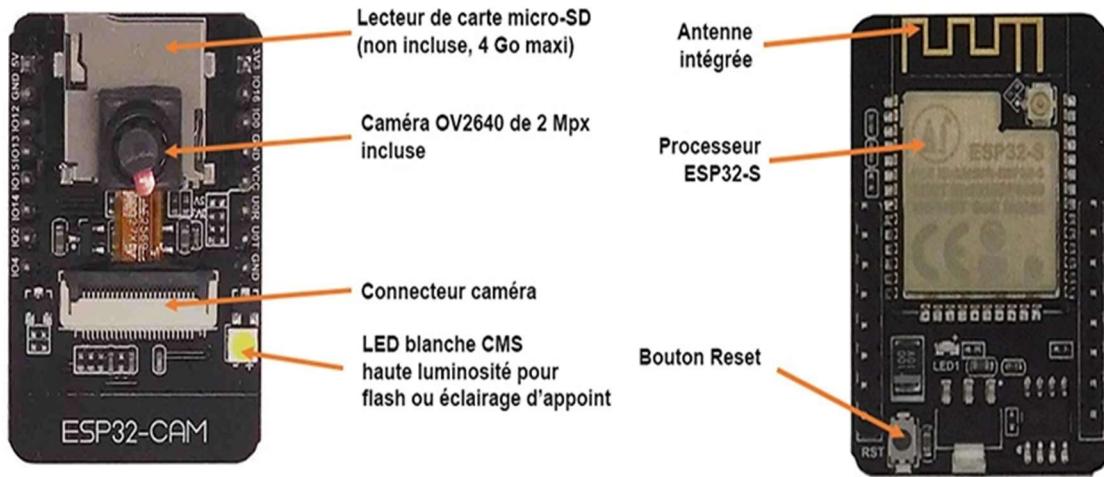


Figure 16: Module caméra ESP32-CAM

On utilisera cette caméra en raison de :

- Sa rapidité des transferts des données.
- Capacité d'storage.
- Émission efficace sans perte des données ni intrusion de bruit.
- Réception efficace des signaux émis (tel les images ; réponses des capteurs).
- Très réactif à une réception et exécution via une commande.

Grâce à cet outil, le conducteur du train peut superviser à distance la station de passage à niveau et d'agir d'une manière préemptive en cas de présence d'un danger au lieu de passage (véhicule bloqué, barrière non descendues, présence des animaux ou piétonnière...).

Afin de couvrir toute la zone de surveillance nous attachons le module ESP32-CAM à un servomoteur d'inclinaison panoramique comme l'indique la figure suivante :



Figure 17: Caméra de surveillance avec servomoteur avec inclinaison panoramique

II.3 Carte Arduino

La carte Arduino est une petite carte électronique équipée d'un microcontrôleur (est une sorte de mini-ordinateur intégré dans un dispositif électronique). Le microcontrôleur permet à partir d'événements détectés par des capteurs, de programmer et commander des actionneurs. La carte Arduino est donc une interface programmable. C'est une plate-forme électronique open-source basée sur du matériel et des logiciels faciles à utiliser. En raison de son aptitude à être connectée à plusieurs actionneurs ou capteurs tel que : Relais, commande de moteurs, lecteur carte SD, Ethernet, WIFI, GSM, GPS, Afficheurs LCD, Écran TFT etc. la carte exerce des fonctions diverses qui s'étend sur un large domaine d'application [14].

Il existe une large gamme d'Arduino dont parmi lequel, la carte Arduino UNO qu'on utilisera pour ce projet. En raison de ses avantages compatibles avec notre système.

Avantage de la carte UNO :

- Plus simple et plus économique.
- Facilité d'utilisation.
- Facilement accessible.

En plus, il est possible de programmer la carte ESP32-CAM à l'aide du logiciel Arduino IDE, nous aurons alors besoin de la carte Arduino pour l'installation du programme dans la carte ESP32-CAM à l'aide d'une communication série, ce que nous entamerons en plus de détails dans le chapitre suivant.

II.4 Capteurs

Un capteur est un dispositif qui sous l'effet d'une grandeur physique que l'on souhaite connaître et caractériser, délivre une grandeur physique exploitable (signal électrique par exemple). On parle aussi de transducteur, puisque la grandeur physique d'entrée est

généralement transformée en une autre grandeur numérique tel qu'un courant, une tension, une charge, une impédance [15].

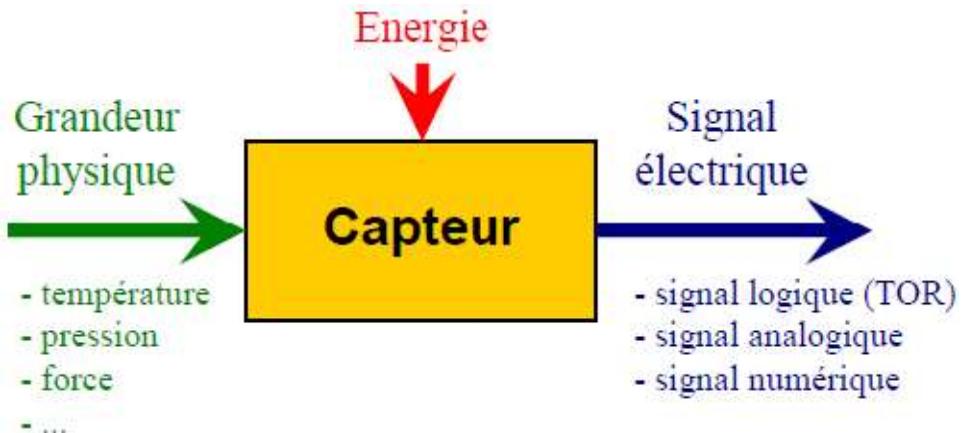


Figure 18: Principe de fonctionnement d'un capteur

II.4.1 Principe de fonctionnement

Le principe de fonctionnement d'un capteur repose selon trois (3) axes :

- La partie sensible capte les phénomènes de la grandeur physique à définir selon le type de capteur.
- L'électronique de traitement convertit la grandeur physique en une grandeur électrique.
- La sortie contenant l'information fournie sous forme de signal analogique avec une possibilité de lecture et de commande à distance.

Il en existe sous différente catégorie en fonction des grandeurs à mesurer ou détecter. On citera parmi ceux, le capteur de position (GSM) et le capteur de proximité. En fonction de ces deux capteurs cités nous assurons la détection du train avant son arrivé au lieu de passage.

Nous rappelons que la cause principale des accidents comme nous l'avons vu dans le chapitre 1, dans les lieux de passage à niveaux est la non détection du train lors de son approche du lieu de passage à niveau ce qui n'aboutit pas à la fermeture des barrières, d'où le fléau !

Pour cette raison, au plus de l'existence d'un capteur de proximité qui servira à la détection du train, on ajoutera le capteur GSM(GPRS). En effet, en cas d'échec de la détection du train par le capteur de proximité, le capteur GSM intervient en comparant la position du train avec la position du capteur de proximité et s'ils sont égaux, il déclenchera la fermeture des barrières.

Si les deux capteurs ne réussissent pas à détecter l'approche du train du lieu de passage à niveau. La caméra de surveillance aidera le conducteur du train de visualiser l'état des barrières à distance. S'ils sont encore à l'état ouvert il interviendra immédiatement pour forcer la fermeture des barrières à distance.

II.4.2 Capteur de proximité infrarouge HW-201

C'est un capteur de détection de mouvement qui est adaptable à la lumière ambiante, ayant une paire de tubes d'émission et de réception infrarouge, les tubes d'émission émettent une certaine fréquence infrarouge, lorsque la direction d'un obstacle est détectée (surface de réflexion), l'infrarouge réfléchi sera capté par le tube de réception, après le traitement du circuit de comparateur, le voyant vert est allumé pour annoncer la détection d'un objet.

Avantages :

- Pas de contact physique avec l'objet détecté : possibilité de détecter des objets fragiles, fraîchement peints.
- Permet de détecter tout type de matière.
- Fonctionnement en environnement sale et poussiéreux, fortement éclairé
- Installation facile et pratique à utiliser

Sa capacité de détection de tout type d'élément présent à proximité d'une zone défini, tiendra la station de notre prototype de passage à niveau informé par l'arrivée du train tout en déclenchant la fermeture des barrières.

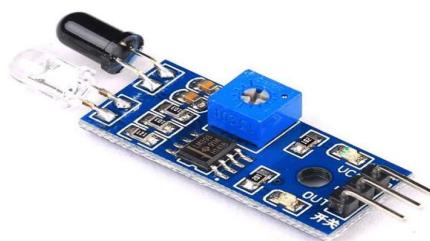


Figure 19: capteur de proximité infrarouge HW-201

II.5 Module GSM Sim900

Le module GSM\GPRS est une carte compatible avec la carte ARDUINO. Il permet d'envoyer et recevoir des SMS, des données ou une communication vocale depuis un réseau mobile grâce à sa carte Sim intégré basé sur le circuit SIM900 il est contrôlé par la carte Arduino [16].



Figure 20: Module GSM Sim900

Module Quad band	850/900/1800/1900MHZ
Protocoles supportés	TCP/UDP
Consommation	1.5mA en veille 400mA max
Tension d'alimentation	5V par la broche 5V 6.5V à 12V par la broche Vin
Puissance	Classe 4(bandes 850/900 MHZ) : W Classe 1(bandes 1800/1900 MHZ) : 1W
Température de fonctionnement	-40°C à 85°C
Dimension	8.58x53.34mm

Tableau 3: caractéristiques du module GSM Sim900

II.6 Haut-parleur et diodes lumineuses

Un haut-parleur est un dispositif destiné à l'alarme sonore ou à un avertissement, caractérisé en règle générale par un son montant et descendant (« deux-tons ») [17]. Nous l'utiliserons afin d'alarmer au préalable les usagers de la route par l'arrivée du train et le déclenchement de la fermeture des barrières.



Figure 21: haut-parleur

Deux diodes verte et rouge joueront le rôle du feu de carrefour. La première indiquera que la voie routière est libre et la deuxième pour indiquer aux usagers de la route l'approche du train du lieu de PN et que ce dernier possède la priorité de passage.



Figure 22: Diodes rouge et verte

L'ensemble des diodes lumineuses et d'haut-parleur constitue le panneau de signalisation routière pour notre prototype de PN.

III. Softwares

III.1 Logiciel Arduino

Arduino est un logiciel de programmation électronique multiplateforme, écrite en langage C et C++ compatible avec Windows, linux et Mac. Le logiciel est appliqué pour l'écriture et le téléchargement des programmes sur des cartes compatibles.

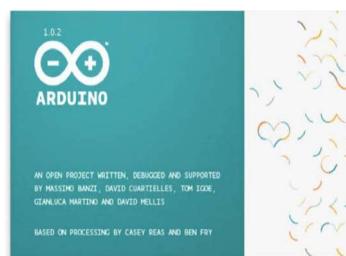


Figure 23: Logiciel Arduino

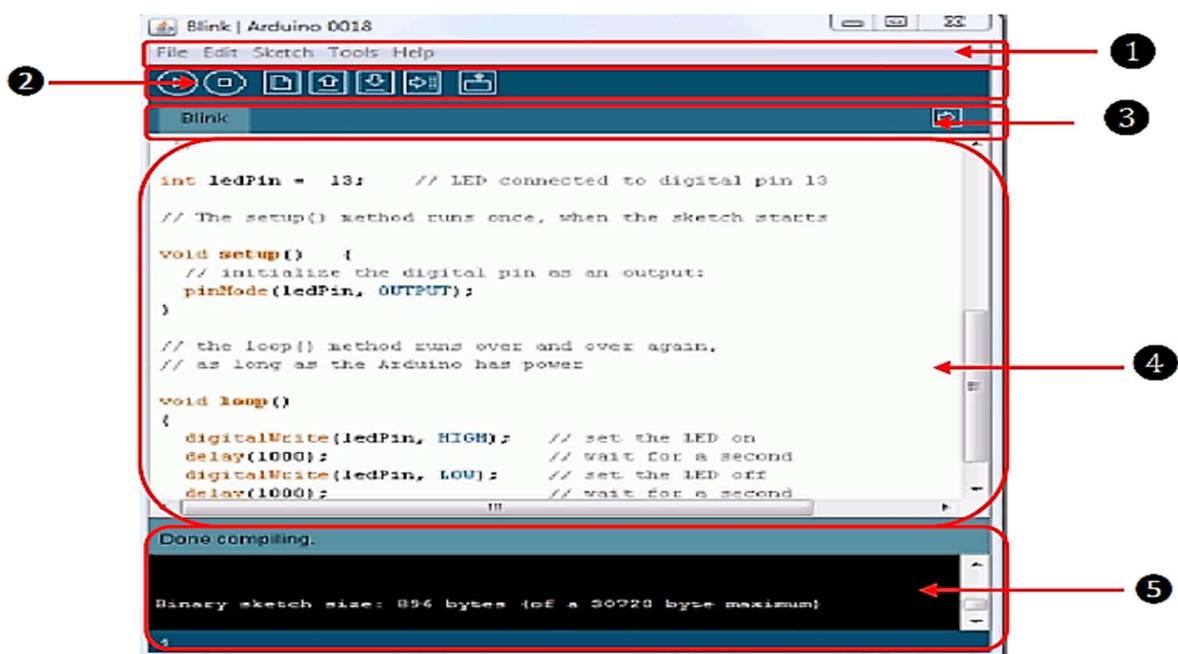


Figure 24: interface de programmation du logiciel Arduino

- ①** Barre de menu.
- ②** Bouton de programmation des cartes.
- ③** Onglet des fichiers ouverts.
- ④** Fenêtre d'édition de programme et onglet du fichier ouvert.
- ⑤** Console d'affichage des messages de compilation et débogueur (affichage d'erreur).

Le logiciel de programmation des modules Arduino est une application Java, libre et multiplateforme, servant d'éditeur de code et de compilateur, et qui peut téléverser le programme à l'aide de la liaison série (RS-232, Bluetooth ou USB selon le module).

En outre, Il est également possible de compiler et uploader les programmes via l'interface en ligne de commande. Le langage de programmation utilisé est le C++. La bibliothèque de développement Arduino, permettant l'utilisation de la carte et de ses entrées/sorties. La mise en place de ce langage standard a rendu le développement de programmes sur les plates-formes Arduino, à toute personne maîtrisant le C ou le C++.

Le logiciel Arduino est un environnement de développement (IDE) open source et gratuit.

III.2 Fritzing

Fritzing est un logiciel open source qui permet de concevoir de façon entièrement graphique le circuit électronique et d'en imprimer le typon. Il propose un outil logiciel, un site Web communautaire et des services dans l'esprit de processing et Arduino, favorisant ainsi un écosystème créatif qui nous permet de documenter un prototype, de le partager avec d'autres, d'enseigner l'électronique dans une salle de classe, ainsi que de mettre en place et de fabriquer des circuits imprimés professionnels.

Il est disponible dans 16 langues dont le français. Il est adapté au débutant ou confirmés en électronique pour faire rapidement des circuits simples, et est également un bon outil didactique pour apprendre l'électronique par la pratique [17].



Figure 25: Logiciel électronique Fritzing

C'est un programme qui nous permettra de générer le prototype avant de l'assembler en pratique. De cette façon, nous pouvons anticiper certains problèmes.

III.3 Python

Python est un langage de programmation qui peut être utilisé dans de nombreux contextes et s'adapter à tout type d'utilisation grâce à des bibliothèques spécialisées. Il est cependant particulièrement utilisé comme langage de script pour automatiser des tâches simples mais fastidieuses, comme un script qui s'intégrerait dans un logiciel de conception assistée par ordinateur afin d'automatiser certains enchaînements d'actions répétitives.

On l'utilise également comme langage de développement de prototype lorsqu'on a besoin d'une application fonctionnelle avant de l'optimiser avec un langage de plus bas niveau. Il est particulièrement répandu dans le monde scientifique, et possède de nombreuses bibliothèques optimisées destinées au calcul numérique.

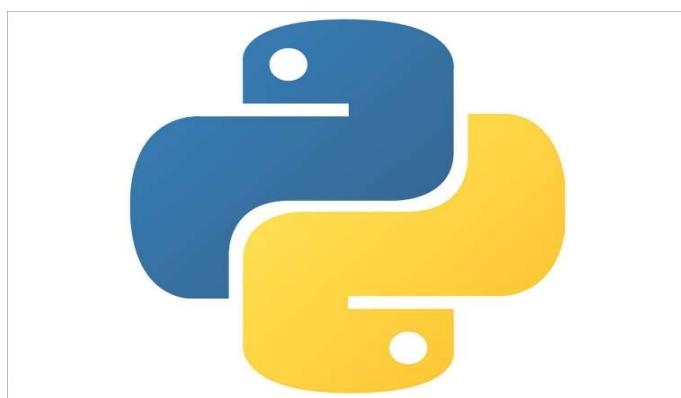


Figure 26: logiciel Python

IV. Conclusion

De l'ESP32-Cam nous réalisons la partie de visualisations, à partir des capteurs nous déterminons la position du train par rapport au lieu de passage à niveau et à travers l'Arduino et la NodeMCU nous parviendrons à contrôler à distance le mouvement des barrières et les signalisations routières et en fin par le biais des softwares la réalisation et la simulation serons en évidence.

Chapitre IV : Réalisation du prototype d'un système de passage à niveau

I. Introduction :

Partant sur la base des problématiques et des solutions énumérées dans le premier chapitre, dans ce chapitre nous présenterons l'étape de la réalisation de notre prototype de système de passage à niveau, afin de définir un système idéal, fiable et efficace respectant ainsi le cahier de charge, nous élaborons un schéma synoptique décomposé en blocs.

Après structuration du schéma, une programmation de l'Arduino et de l'ESP32-Cam à partir du logiciel Arduino et du NodeMCU à partir du logiciel Python seront définies dans le but de satisfaire l'envoi des informations à distance, ensuite on procédera au montage du circuit.

II. Programmation et câblage

Les deux capteurs de proximité situés successivement en amont et en aval du site de passage à niveau serviront à détecter l'approche et l'éloignement du train par rapport au lieu de passage à niveau. À la première détection du train, la carte NodeMCU déclenchera la fermeture des barrières et les signalisations routières afin de bloquer le passage des usagers de la route. La deuxième détection du train qui indiquera son éloignement provoquera le réarmement des barrières et la fermeture des signalisations routières. La voie routière est donc libre et les usagers de la route peuvent reprendre leur chemin.

Si l'un ou les deux capteurs de proximité à la fois ne réussissent pas à détecter l'arrivée ou l'éloignement du train, la carte NodeMCU comparera la position du train à l'intermédiaire du capteur GSM900 par rapport à la position du capteur de proximité. Une première comparaison égale signifie l'approche du train et provoquera le blocage de la voie routière et une deuxième comparaison égale indiquera l'éloignement du train et donc l'ouverture des barrières se déclenchera.

La caméra de surveillance ESPCAM-32 en générant un point d'accès Wi-Fi, permettra au conducteur du train de se connecter à ce réseau et de visualiser le lieu de passage avant et après le franchissement du site de PN.

Dans le cas où ni le capteur de proximité et ni le capteur de position ne parviendra pas à détecter le train. Le conducteur du train en sera au courant grâce à la caméra de surveillance qui lui permettra de visualiser l'état des barrières. Dans ce cas il commandera à distance la

carte NodeMCU qu'elle est également connectée au même réseau Wi-Fi, pour forcer ou bien la fermeture ou bien l'ouverture des barrières.

Les solutions prototypiques citées précédemment serviront à renforcer la sécurité dans les sites de passages à niveaux et aussi ressouderont le problème de la détection du train que nous l'avons déjà évoqué dans la problématique du premier chapitre.

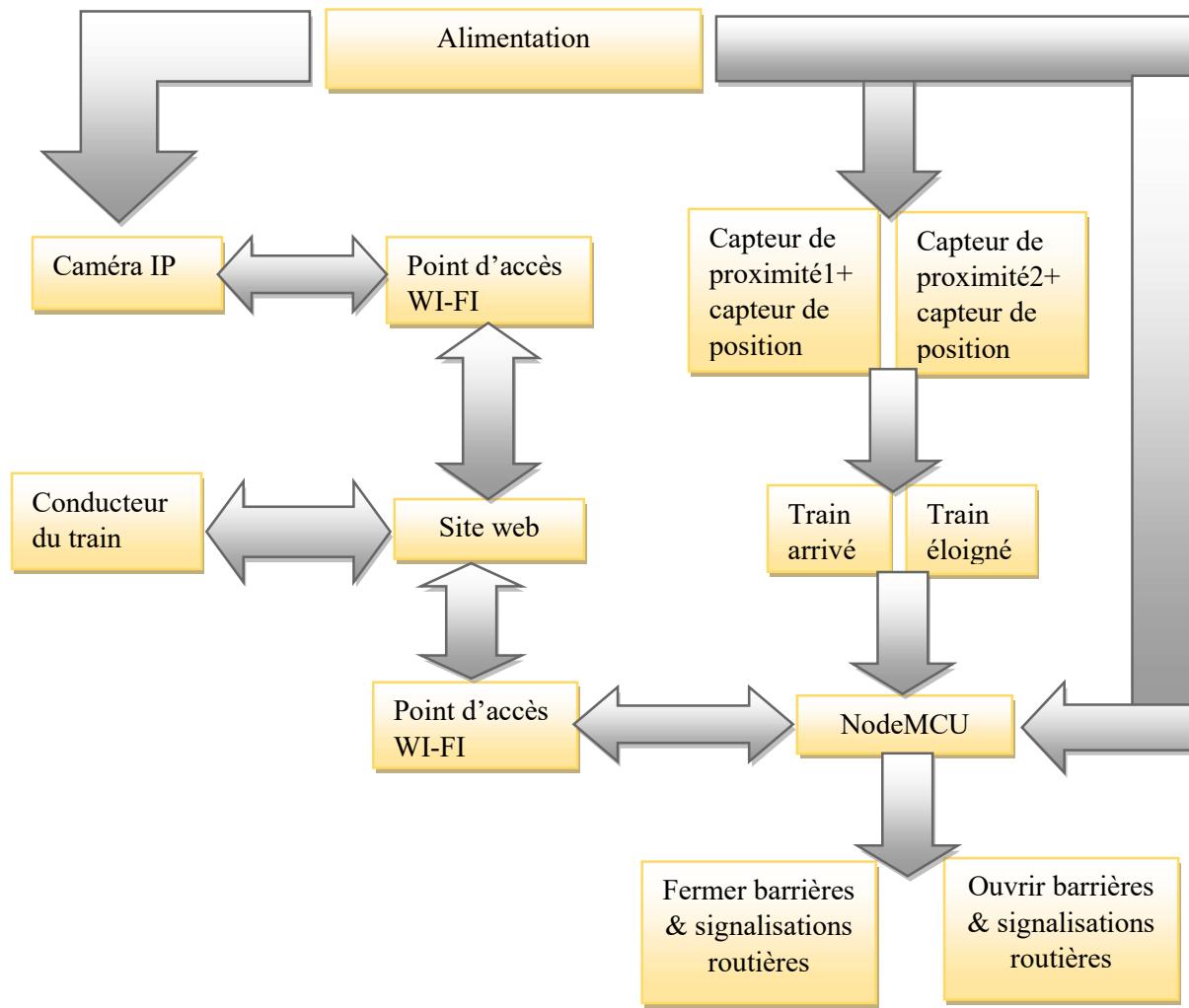


Schéma synoptique 2: Principe de fonctionnement du prototype PN

II.1 Configuration du module Caméra IP (ESP32-CAM)

II.1.1 Connexion Wi-Fi

Le module ESP32-CAM est intégré d'une connectivité Wi-Fi lui permettant d'envoyer les vidéos en temps réel. Le module est constitué principalement d'un microprocesseur dont celui-ci se comporte comme un Arduino, pour cette raison on peut le programmer à travers le logiciel Arduino.

Pour téléverser le programme de l'ordinateur vers l'ESP32-CAM, une première étape consiste à connecter ce module à un PC par l'intermédiaire d'un programmeur.

Hébergé d'un serveur web, le module ESP32-CAM est capable de créer son propre réseau Wi-Fi ce qui lui permet l'autonomie de générer une connexion et envoyer des vidéos à n'importe quel endroit que ça soit au beau milieu de la forêt.

II.1.2 Kit de programmation du caméra ESP32-CAM

La programmation de la carte ESP32-CAM nécessite un branchement bien défini avec la carte Arduino (programmeur) afin d'établir une communication série entre les deux modules. Le programmeur permet alors de téléverser le programme édité par le logiciel Arduino à la carte ESP32-CAM. Le branchement du programmeur avec la carte ESP32-CAM est de la manière suivante :

Connecter :

- La broche 5 volts d'Arduino à la broche 5 volts d'ESP32-CAM.
- La broche GND d'Arduino à la broche GND d'ESP32-CAM.
- Les broches RX et TX d'Arduino respectivement vers les broches RX et TX d'ESP32-CAM.
- La broche de réinitialisation (RESET) d'Arduino à la broche GND d'Arduino.
- La broche D0 d'ESP32-CAM au GND d'ESP32-CAM.

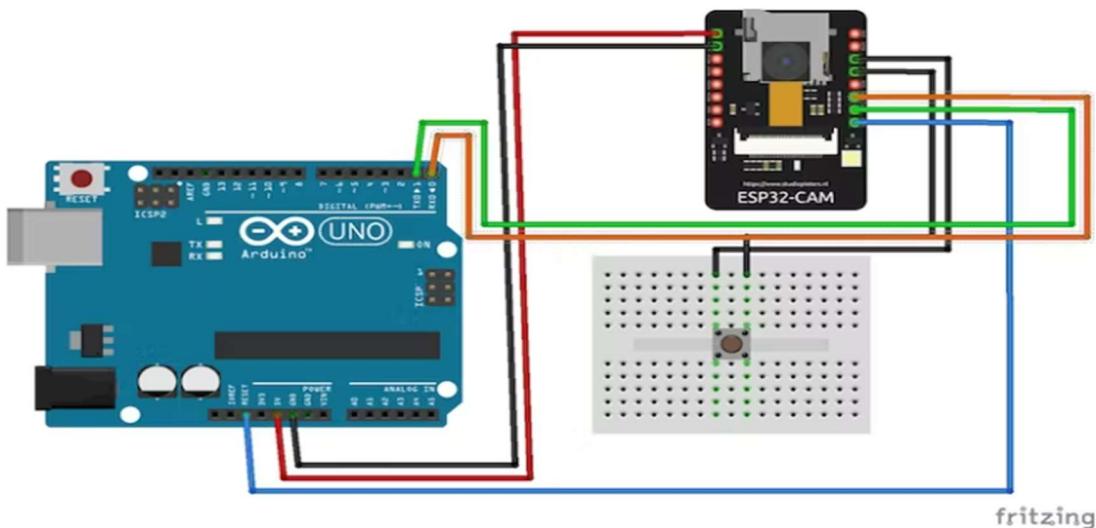


Figure 27: Branchement de l'ESP32-CAM avec le programmeur

II.1.3 Configuration de la carte ESP32-CAM dans le logiciel Arduino :

Une fois le câblage est établi, il ne reste plus qu'à brancher le programmeur à partir de son port USB à l'ordinateur.

Après ceci, nous installons la bibliothèque de l'ESP32-CAM dans le logiciel Arduino, dont la première étape est de :

- Ouvrir le menu « **fichier** » ensuite « **préférence** » et saisir l'URL de la bibliothèque de l'ESP32-CAM.

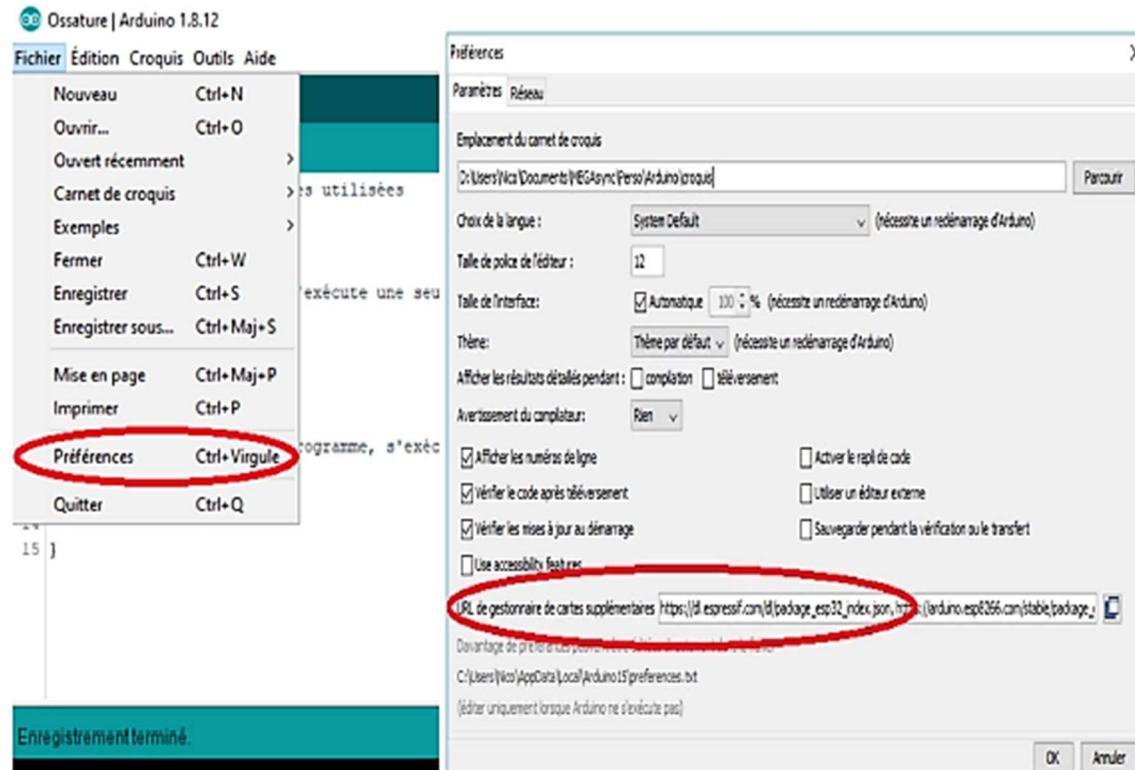


Figure 28: Configuration de la carte ESP32-CAM dans le logiciel Arduino (1).

- Sélectionner la fenêtre « **Type de carte** » dans la barre « **Outils** » puis choisir la fenêtre « **Gestionnaire de carte** ».

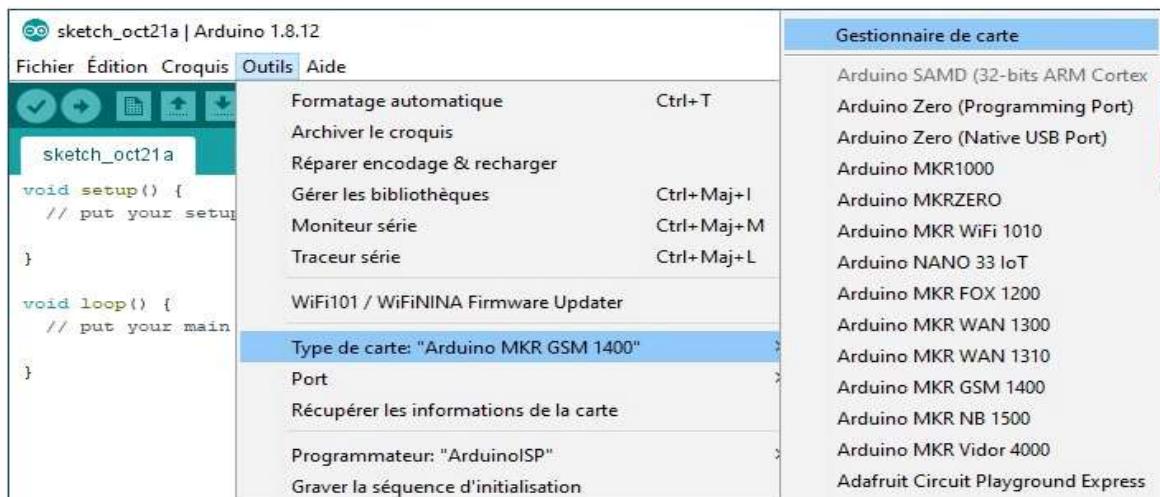


Figure 29 : Configuration de la carte ESP32-CAM dans le logiciel Arduino (2).

- Une fois la barre de recherche est apparue, saisir le terme “**ESP32-CAM**” puis cliquer sur « **Installer** ».



Figure 30 : Configuration de la carte ESP32-CAM dans le logiciel Arduino (3).

II.1.4 ESP32-CAM avec 2 servomoteurs d'inclinaison panoramique

II.1.4.1 Description et câblage

Dans ce projet, nous allons fixer l'ESP32-CAM à un support panoramique (rotation à gauche et à droite) et inclinable (rotation vers le haut et vers le bas), en utilisant deux servomoteurs SG90 et un support de caméra, afin de déplacer la caméra vers le haut, le bas, à gauche et à droite, ce qui est idéal pour la surveillance du site de PN par le conducteur du train.

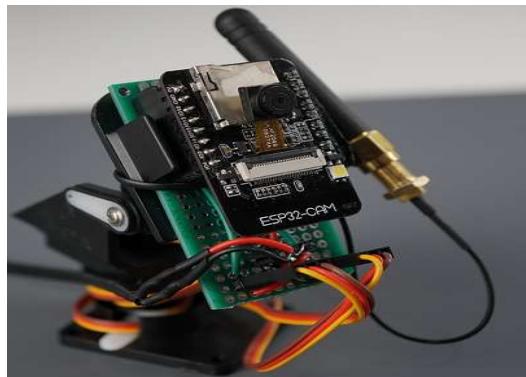


Figure 31: ESP32-CAM avec support d'inclinaison panoramique

Après avoir assemblé le support panoramique et inclinable, Nous connectons les broches de données du servomoteur aux GPIO 15 et GPIO 14 comme il est indiqué dans la figure suivante.

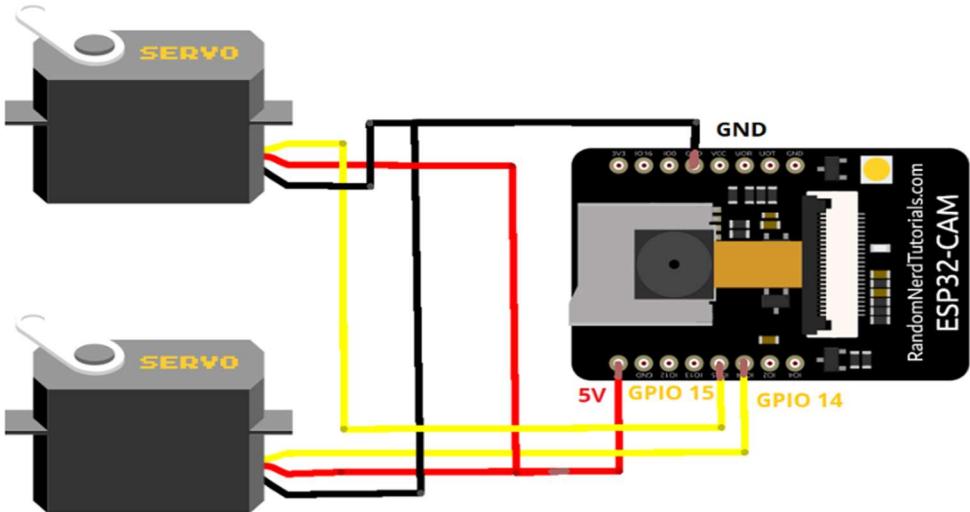


Figure 32: Branchement des 2 servomoteurs d'inclinaison avec la carte ESP32-CAM

II.1.4.2 Programmation du module ESP32-CAM avec inclinaison panoramique

A l'aide du logiciel Arduino nous programmons le module ESP32-CAM rotatif selon la démarche suivante :

Générer un point d'accès Wi-Fi pour que le conducteur du train puisse avoir accès à ce réseau dès son approche du lieu de PN avec tout appareillage possédant un protocole de communication Wi-Fi (smartphone, tablette...). Ce point d'accès wifi généré par la carte ESP32-CAM hébergera un serveur web qui affichera le streaming vidéo sur un site web local.

Ce site représente l'interface de communication à distance entre le conducteur du train et le module ESP32-CAM rotatif. A l'aide du langage HTML, nous afficherons sur ce site web 3 curseurs ajustables autre que la fenêtre d'affichage du streaming vidéo.

Le conducteur du train utilisera deux curseurs pour faire pivoter la caméra selon deux axes de rotation (X et Z) pour couvrir toute la zone de surveillance et le troisième pour l'ajustement de la luminosité pour une visibilité claire en mode nuit.

Le programme qui sera exécuté par le module ESP32-CAM avec deux servomoteurs de rotation panoramique est expliqué par le schéma synoptique suivant :

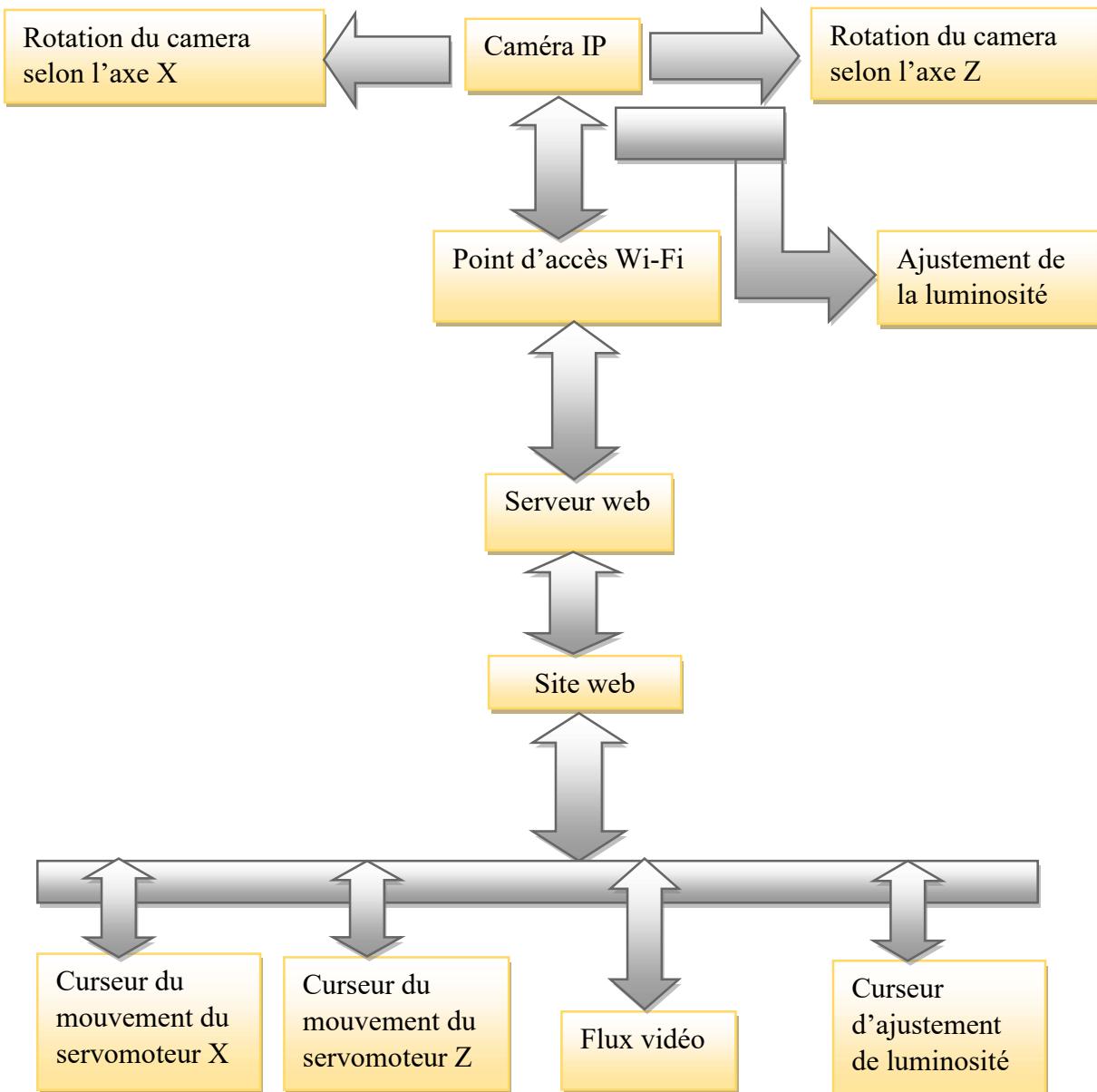


Schéma synoptique 3: contrôle à distance d'ESP32-CAM avec deux servomoteurs d'inclinaison panoramique

Après avoir téléverser le code basé sur l'architecture du schéma synoptique ci-dessus à l'aide du logiciel Arduino, nous avons réussi à communiquer à distance avec le module ESP32-CAM à support panoramique inclinable en utilisant un site web local. Conformément à la figure suivante :

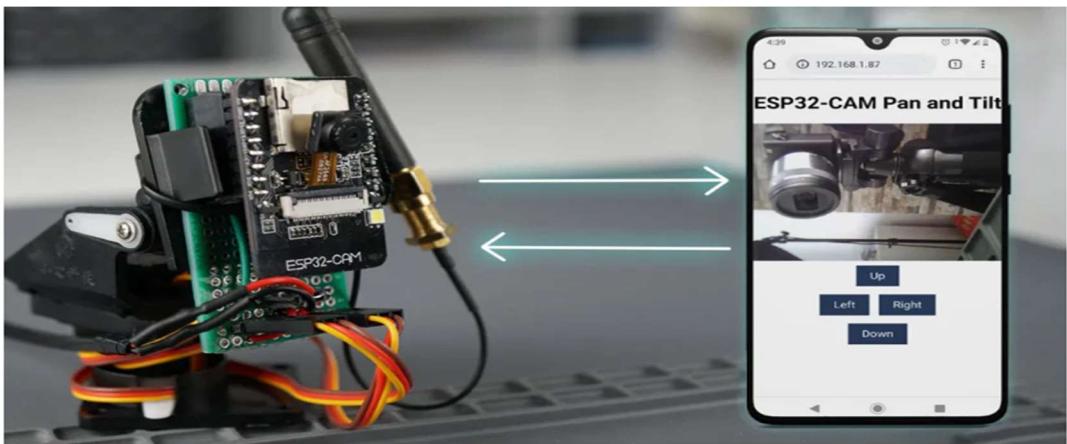


Figure 33: Contrôle du module ESP32-CAM avec un site web

II.2 Configuration du module NodeMCU/ ESP8266

Dans notre prototype, nous utilisons deux capteurs de proximité infrarouge pour la détection du train, ainsi que deux servomoteurs joueront le rôle des barrières. La signalisation routière est assurée par un haut-parleur et des diodes lumineuses. Il nous reste alors qu'à configurer la carte ESP8266 pour qu'elle soit prête à recevoir les signaux de détection issues des capteurs afin de commander les servomoteurs et la signalisation routière.

II.2.1 Montage et principe de fonctionnement

Les broches d'information des capteurs de proximité, des servomoteurs, d'un haut-parleur et des diodes sont liées respectivement aux GPIO 16, 13, 5, 15, 9, 0 et 14 de la carte ESP8266, comme il est indiqué dans la figure suivante.

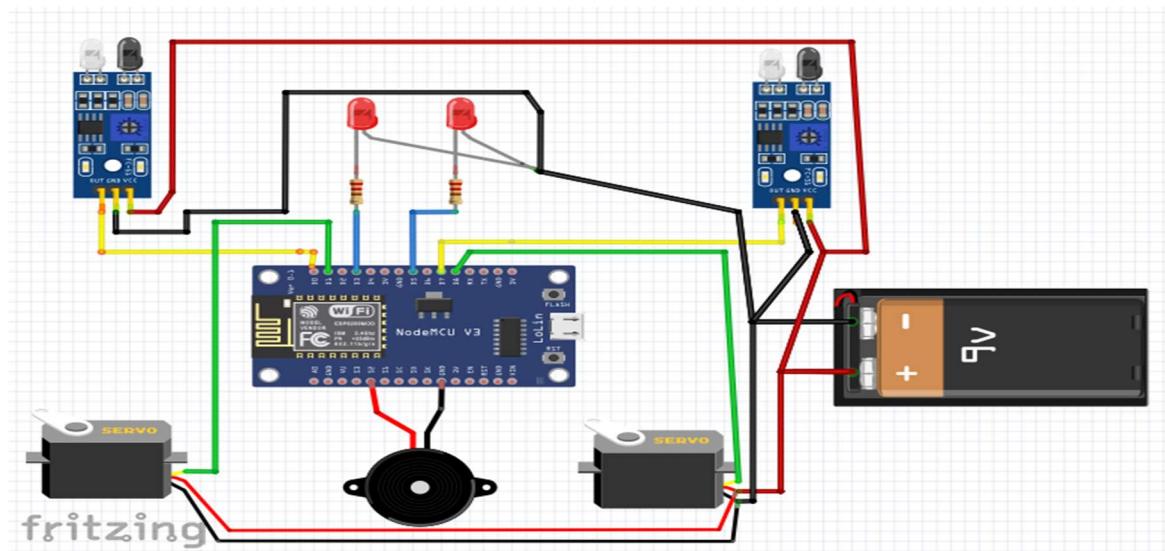


Figure 34: Câblage des broches d'information des équipements du prototype PN avec la carte NodeMCU

Dans notre prototype, l'approche du train du lieu de PN est détectée par l'un des deux capteurs de proximité. En effet, si le train est venu du côté gauche, le capteur de proximité du côté gauche déclenchera la rotation des servomoteurs vers le bas (fermeture des barrières) menu d'un clignotement des diodes rouges et du signal d'avertissement (signalisation routière). Une deuxième détection du train par le capteur de proximité de la coté droite indiquera le passage du train et provoquera la rotation des servomoteurs vers le haut (ouverture des barrières) et l'arrêt du clignotement des diodes et du signal sonore.

Si le train est venu du coté droite, le même principe de fonctionnement se répétera sauf que la procédure de fermeture des barrières sera déclenchée par le capteur de proximité situé au côté droite et celle de la fermeture sera déclenchée par le capteur de proximité situé au côté gauche.

II.2.2 Organigramme

A l'aide du logiciel Arduino, nous programmons le modèle ESP8266 selon la démarche suivante :

- Définir les broches d'information issues des deux capteurs de proximité pour la détection du passage du train.
- Définir les broches des actionneurs tels que les deux servomoteurs (les barrières), les diodes lumineuses et le haut-parleur.
- Définir les procédures de fermeture et d'ouverture des barrières qui seront exécutées, après le traitement des signaux provenant des capteurs de proximité. En effet, une première détection du train par l'un des deux capteurs de proximité déclenchera l'exécution de la procédure de fermeture qui consiste à commander la rotation des servomoteurs vers les bas (barrières fermées), allumer les diodes rouges et l'émission d'un signal sonore pour alarmer l'usager de la route. La procédure d'ouverture des barrières sera déclenchée suite à une deuxième détection du passage du train et elle sert à faire tourner les servomoteurs vers le haut (barrières ouvertes), arrêter le signal sonore d'avertissement, éteindre les diodes rouges et allumer les diodes vertes indiquant aux usagers de la route qu'ils peuvent traverser le site de PN en toute sécurité.
- Générer un point d'accès Wi-Fi qui hébergera un serveur web pour commander les servomoteurs à distance. C'est le cas nécessaire pour forcer la fermeture ou l'ouverture des barrières dans le cas d'échec de détection du train par les capteurs de proximité (voir figure 35).

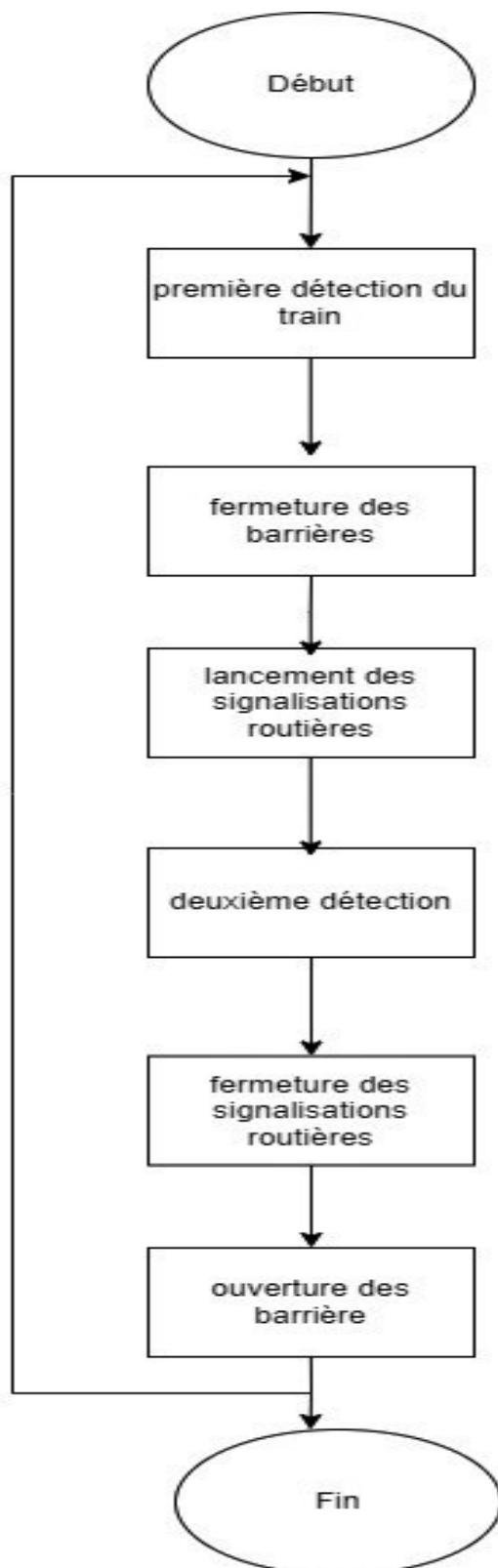


Figure 35: Organigramme du programme exécuté par l'ESP8266

III. Tests de validation du prototype PN

Après avoir configurer la caméra de surveillance, nous avons réussi à travers le code saisi avec Arduino à manipuler à distance la rotation vers le haut et le bas, à droite et à gauche, du module ESP32-CAM menu de deux servomoteurs d'inclinaison panoramique, ainsi qu'une visualisation directe du notre site prototypique de PN est récupérée sur un site web local.

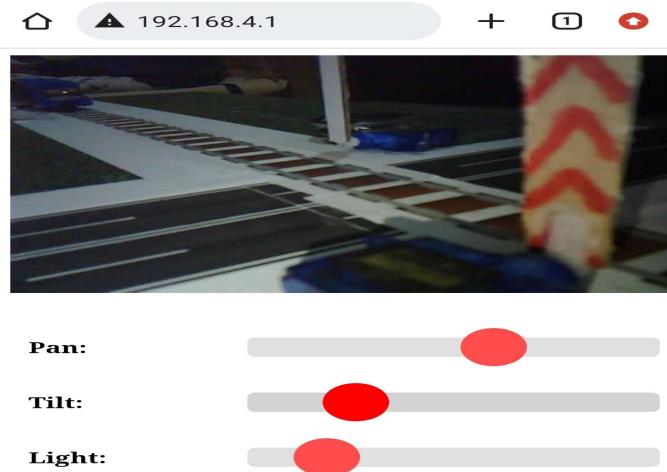


Figure 36: Contrôle d'ESP32-CAM rotative à distance

La rotation des servomoteurs d'inclinaison panoramique est commandée par les deux premiers curseurs (Pan,Tilt). Un troisième curseur(light) est utilisé pour la prise des vidéos en mode nuit. Grace à ce site web le conducteur du train peut visualiser à distance les différents équipements du lieu de PN et réagir d'une manière proactive en cas de dangers (véhicule bloqué, problème de descente de barrières...). Le conducteur du train pourra aussi déclencher à distance les procédures de fermeture et d'ouverture des barrières si jamais le train ne sera pas détecté par les capteurs de proximité. Et ceci grâce à l'interface web générée par la carte NodeMCU. Ce que nous avons réussi à réaliser.

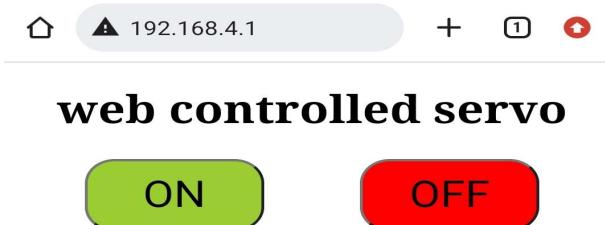


Figure 37: Commande des barrières à distance

ON

Le bouton ON : Permet au conducteur du train de forcer l'ouverture des barrières à distance dans le cas d'échec de la détection du passage du train.

OFF

Le bouton OFF : Permet au conducteur du train de forcer la fermeture des barrières dans le cas d'échec de la détection de l'approche du train.

III.1 Test 1 : exploitation du PN lors de la circulation du train dans le 1^{er} sens

Le test numéro 1 consiste à vérifier et valider le fonctionnement du prototype PN lors de la circulation du train dans le premier sens. C'est à dire que le capteur de proximité numéro 1 détectera l'arrivée du train du site de PN et le capteur de proximité numéro 2 détectera son éloignement.

III.1.1 Position du train avant le capteur de proximité numéro 1

Avant la première détection du train par le capteur de proximité numéro 1, notre prototype PN se caractérise par : Des barrières ouvertes et une signalisation lumineuse verte indiquant aux usagers de la route qu'ils peuvent traverser le site du PN en toute sécurité. Conformément à la figure 38.

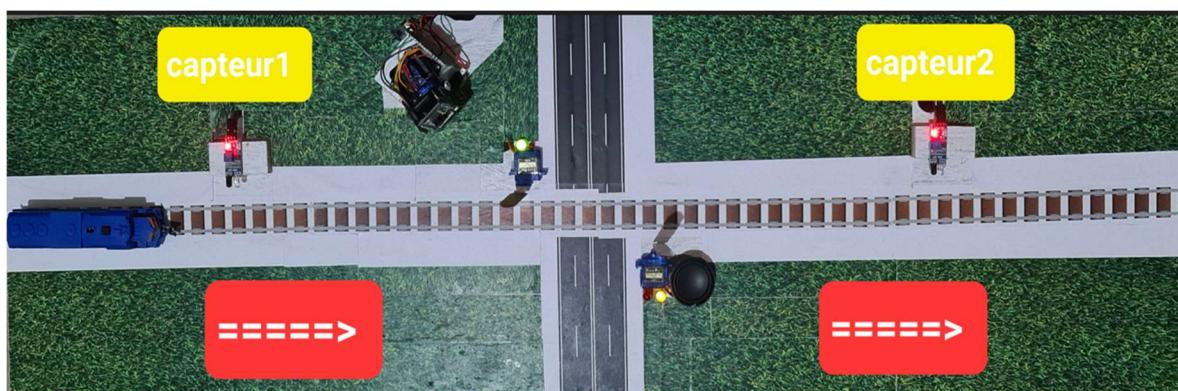


Figure 38: Position du train avant le capteur de proximité numéro 1

III.1.2 Première détection du train par le capteur de proximité numéro 1

L'arrivée du train vers le site PN est maintenant détectée par le capteur de proximité numéro 1. On observe alors, un changement du signal lumineux de la couleur verte à la couleur rouge et on « entend » une sérénade d'avertissement, ainsi que les barrières commencent à descendre. C'est la procédure de la fermeture des barrières (voir figure 39).

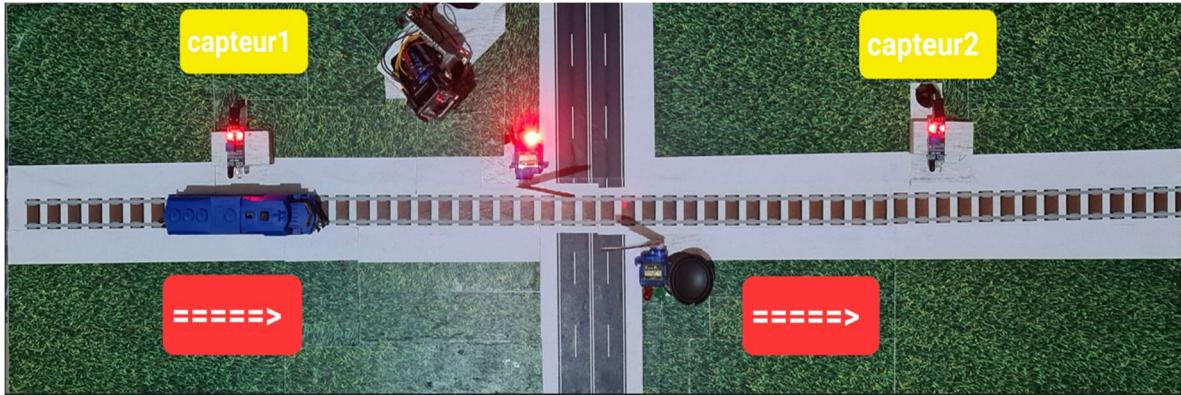


Figure 39: Première détection du train par le capteur de proximité numéro 1

III.1.3 Position inter-capteurs de proximité

Désormais le train est au milieu du site PN, les barrières sont fermées et les diodes rouges sont encore allumées. Ils Indiquent aux passagers de la route qu'ils doivent céder la priorité du passage au train (voir figure 40).

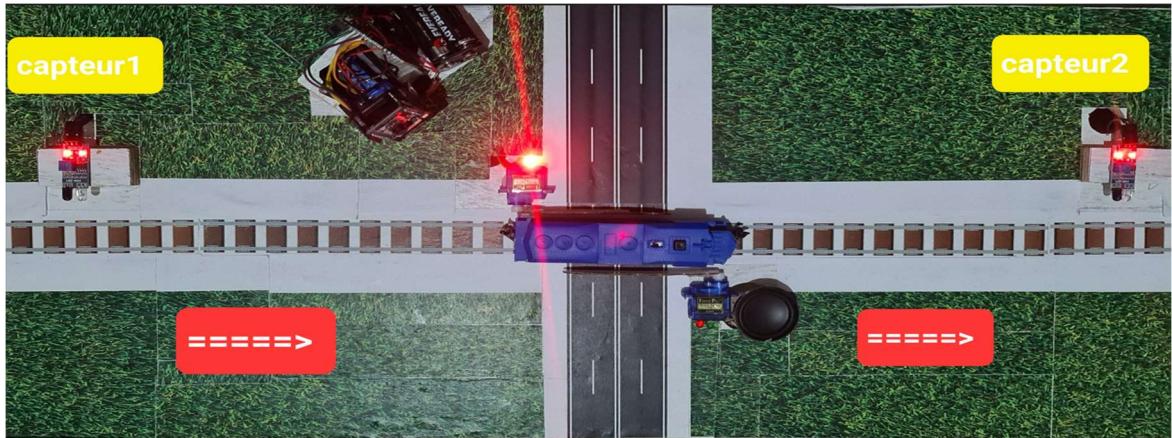


Figure 40: Position inter-capteurs de proximité

III.1.4 Position du train après le capteur de proximité numéro 2

Le train continue à avancer jusqu'à son éloignement du site de PN où se trouve le capteur de proximité numéro 2. Ce dernier détecte le passage du train et on observe le réarmement des barrières et le changement du signal lumineux de la couleur rouge à la couleur verte. Les usages de la route possèdent maintenant la priorité de passage. C'est la procédure de l'ouverture des barrières (voir figure 41).



Figure 41: Position du train après le capteur de proximité numéro 2

III.2 Test 2 : exploitation du PN lors de la circulation du train dans le 2^{ème} sens

Le test numéro 2 consiste à vérifier et valider le fonctionnement du prototype PN lors de la circulation du train dans le deuxième sens. C'est à dire que le train viendra de la coté du capteur de proximité numéro 2 qui devra détecter son approche du site du PN et le capteur de proximité numéro 1 détectera son éloignement.

III.2.1 Position du train avant le capteur de proximité numéro 2

Avant la première détection du train par le capteur de proximité numéro 2, notre prototype PN se caractérise par l'ouverture des barrières et par une signalisation lumineuse verte, indiquant aux usagers de la route qu'ils peuvent traverser le site du PN en toute sécurité (voir figure 42).



Figure 42: Position du train avant le capteur de proximité numéro 2

III.2.2 Première détection du train par le capteur de proximité numéro 2.

L'approche du train vers le site PN est maintenant détectée par le capteur de proximité numéro 2. Dans ce cas, on observe un changement du signal lumineux de la couleur verte à la

couleur rouge et on entend une sérine d'avertissement, ainsi que les barrières commencent à se descendre. C'est la procédure de la fermeture des barrières (voir figure 43).

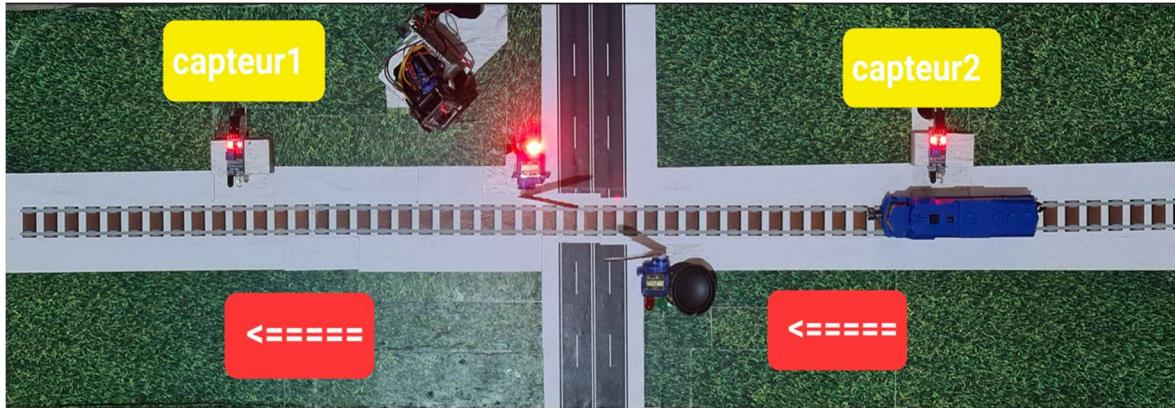


Figure 43: Première détection du train par le capteur de proximité numéro 2.

III.2.3 Position inter-capteurs de proximité

Désormais le train est au milieu du site PN, les barrières sont fermées et les diodes rouges sont encore allumées. Ils indiquent aux usagers de la route qu'ils doivent céder la priorité du passage au train (voir figure 44).



Figure 44: Position inter-capteurs de proximité

III.2.4 Position du train après le capteur de proximité numéro 1

Le train continue à avancer jusqu'à ce qu'il s'éloigne du site de PN où se trouve le capteur de proximité numéro 1. Quand ce dernier détecte le passage du train, on observe le réarmement des barrières et le changement du signal lumineux de la couleur rouge à la couleur verte. Les usagers de la route possèdent maintenant la priorité de passage (voir figure 4.5).



Figure 45: Position du train après le capteur de proximité numéro 1

III.3 Test 3 : exploitation du PN situation de forçage

Le troisième test consiste à vérifier le contrôle et la commande des barrières à distance en utilisant un site web local. Ce test s'intègre dans le cas d'échec de la détection du train par les capteurs de proximité. Dans une première étape, nous mettons les deux capteurs de proximité hors tension, faisant semblant qu'ils possèdent un problème de dysfonctionnement. Par la suite, nous jouerons le rôle du conducteur du train pour visualiser et commander les barrières à distance. Dans une deuxième étape, on visualise sur le site web que le train se rapproche du lieu de PN mais les barrières sont toujours ouvertes puisque les capteurs ne sont plus fonctionnels (voir figure 46).

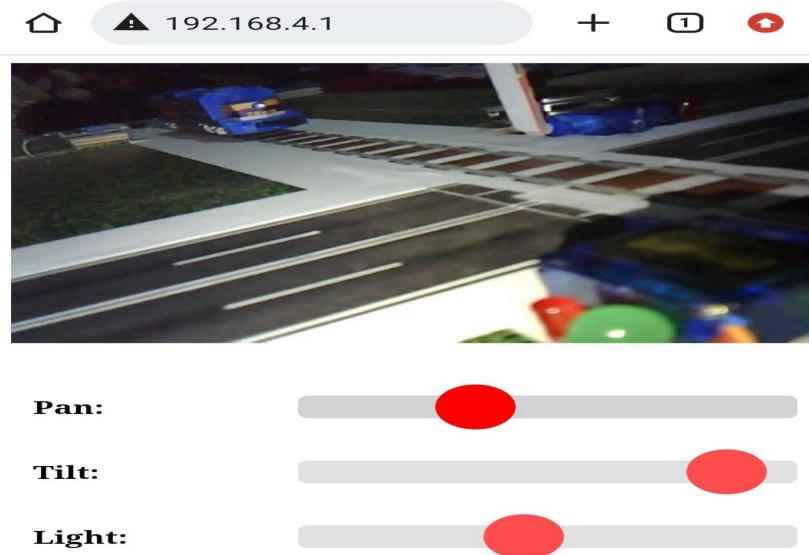


Figure 46: visualisation de l'approche du train à l'aide d'un site web local

Dans ce cas, nous nous servirons du site web pour commander à distance la fermeture forcée des barrières en appuyant sur le bouton « OFF » (voir figure 47).



Figure 47: Fermeture forcée des barrières

De même on visualise sur le site web que le train vient de s'éloigner du site de PN mais les barrières restent en état de fermeture puisque le deuxième capteur de proximité ne fonctionne plus (voir figure 48).

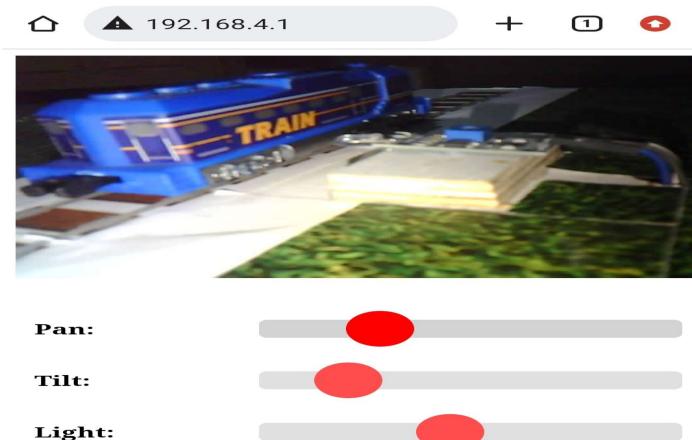


Figure 48: suivi du train à l'aide d'une application web

Dans ce cas l'appuie sur le bouton « ON » affiché sur le site web est nécessaire pour forcer le réarmement des barrières (voir figure 49).

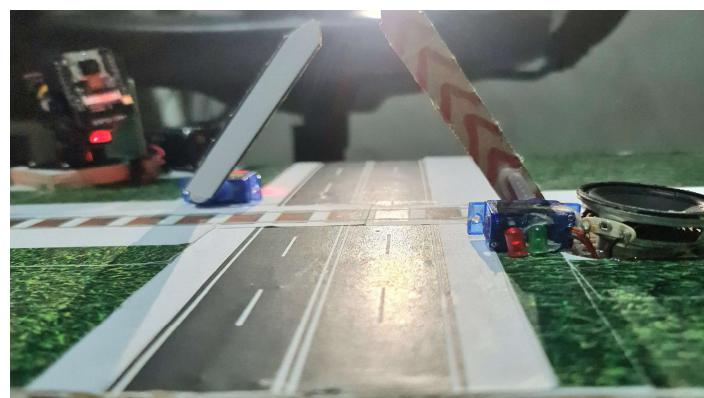


Figure 49: Forçage de l'ouverture des barrières

IV. Conclusion

Lors de ce chapitre, un prototype d'un système de PN a été réalisé. Il comporte principalement des : capteurs de proximité pour la détection de passage du train, des servomoteurs pour déplacer les barrières, des diodes et une sirène pour la signalisation, et d'un NodeMCU pour la gestion (contrôle) de l'ensemble. De plus, un ESP32-CAM a été configuré pour filmer des vidéos qui seront par la suite transmises en temps réel vers un site web pour une meilleure supervision. Les résultats des tests réellement développés ont montré d'une part l'efficacité de la solution proposée et d'autre part l'apport de la technologie IoT pour l'amélioration de niveau de sécurité des systèmes de PN.

Conclusion générale

Ce projet de fin d'études consiste à faire la réalisation d'un prototype du système de PN basé sur la technologie de l'IoT, il permet de contrôler et gérer l'état de des différents équipements du site PN ainsi que sa supervision à distance. C'est dans cette optique que s'inscrit ce mémoire qu'a été partagé en trois phases :

La première a été consacrée à l'étude fonctionnelle des systèmes de PN suivie de l'élaboration d'un cahier des charges fonctionnels et du problématique à résoudre. De même, une recherche détaillée sur la technologie de l'IoT a été élaborée et lors de quelle, nous avons décrit l'architecture de base pour un modèle du projet IoT, ainsi que les composants nécessaires pour cette architecture et les couches de ce modèle.

La deuxième phase a été dédiée au traitement de cahier des charges en commençant par l'étude du matériel nécessaire avec les aspects techniques et fonctionnels de chaque matériel, ainsi que les aspects logiciels relatifs à la configuration et à la programmation de la plateforme permettant le contrôle de différents éléments du système.

Lors de la troisième phase, nous avons passé à la réalisation d'un prototype d'un système de PN. Ce dernier permet de contrôler et superviser les équipements à travers une application WEB. Les tests de validation développés nous permis de conclure sur l'efficacité de la solution proposée. En effet, et par le biais de ce prototype nous avons pu contrôler à distance un système de passage à niveau et apporter une amélioration au niveau de la sécurité routière.

Comme perspective à ce travail, nous envisageons dans le futur d'élargir ce prototype de base pour le contrôle et la supervision des systèmes de PN multiniveaux et pourquoi pas intégré des aspects et de contraintes plus sévres (distance, vitesse du train, ...) dans la prise de décision.

Bibliographie

- [1] : <https://www.synox.io/actualites-sectorielle/internet-des-objets/>
- [2] : <https://www.saagie.com/fr/blog/dataretenir-episode-4-1999-la-naissance-de-liot>
- [2] : <https://www.techno-science.net/glossaire-definition/Passage-a-niveau.html>
- [3]: shorturl.at/gixz3
- [4]: <https://www.youtube.com/watch?v=lyV5zMMIxRQ>
- [5]: <https://www.techno-science.net/glossaire-definition/Passage-a-niveau.html>
- [6] : DAVE, Evans. L'Internet des objets Comment l'évolution actuelle d'Internet transforme-t-elle le monde ? Avril 2011, 12 p. (Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG)).
- [7]: E. Dobin et all. Analyse et perspectives de l'Internet des Objets. Juillet 2011, 132 p.
(Les Cahiers de la RFID - Collection CITC)
- [8] : <https://veilletourisme.ca/2014/05/22/introduction-a-linternet-des-objets/>
- [9] : PDF Importance de l'IoT dans les transports. Voir site : <https://www.al-enterprise.com-/media/assets/internet/documents/iot-for-transportation-solutionbrief-fr.pdf>
- [10] : <https://www.rapport-gratuit.com/notion-sur-linternet-des-objets-iot/>
- [11] : Comment choisir le bon protocole. Voir site : [https://blog.integral-system.fr/comment-choisir-le-bon-protocole-pour-son-reseau-deequipements-iot/](https://blog.integral-system.fr/comment-choisir-le-bon-protocole-pour-son-reseau-dequipements-iot/)
- [12] : <https://www.objetconnecte.com/tout-savoir-reseau-lora-bouygues/>
- [13] : C. Fréou & A. Grimault Découverte _arduino.odt
- [14] : http://dspaceancien.univ-bouira.dz/CAPTEUR/Actionneurs_S-BENSAID.pdf
- [15] : <https://www.cours-gratuit.com/cours-arduino/tutoriel-arduino-gsm-shield-gprs-pdf>
- [16] : <https://www.cours-gratuit.com/cours-arduino/tutoriel-arduino-gsm-shield-gprs-pdf>
- [17] : MEMOIRE DE FIN D'ETUDE MASTER ACADEMIQUE Amira Lakhdara Etude d'un Système Photovoltaïque : Université BADJI Moukhtar-ANNABA septembre 2017.
- [18] : <https://fritzing.org/home/>