



*République Algérienne Démocratique et Populaire*

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR

ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université Hassiba Benbouali de Chlef

*Faculté de technologie*

*Département d'électronique*

# Mémoire

Présenté pour obtenir le diplôme de

## MASTER EN ELECTRONIQUE

*(Spécialité : électronique)*

Option : Electronique système Embarqué

Par

M<sup>elle</sup> Dendane Samah

M<sup>elle</sup> Maamri Aya

*Thème*

*Etude et Réalisation d'un système de mesure et de contrôle de  
l'environnement avec la carte arduino*

*Soutenu publiquement le /2025 devant les membres du jury :*

Encadreur :Dr .HADJADJ Brahim

MCB à l'UHBC

Co-encadreur Dr BOUZIANE Nassredine

MCB à l'UHBC

*Année universitaire 2024-2025*

## Remerciements

---

**Tout d'abord, nous remercions Dieu Tout-Puissant de nous avoir donné le courage, la volonté et la patience de mener à bien cette œuvre.**

**Ce travail a été réalisé à la Faculté de Technologie, Université Hassiba Ben Bouali, Chlef, sous la supervision du Professeur «N. Bouzian» et du Professeur «I. Hajjaj».**

**A cette occasion, nous tenons à leur exprimer nos sincères remerciements et notre reconnaissance pour leur précieux encadrement. Ils ont été nos meilleurs guides et soutiens tout au long de la préparation de ce mémorandum. Nous avons grandement bénéficié de leur accompagnement ponctuel et de leurs conseils avisés, qui nous ont permis de réaliser ce travail dans les meilleures conditions possibles.**

**Nous exprimons également notre profonde gratitude aux professeurs du département d'Electronique de l'Université Hassiba Ben Bouali de Chlef pour leur intérêt et leurs encouragements tout au long de nos études.**

**Nous ne pouvons manquer d'exprimer notre plus profonde gratitude et notre reconnaissance à nos chers parents pour leur soutien continu, tant moral que matériel, et pour leurs précieux conseils tout au long de ces années.**

**Enfin, nous adressons nos sincères remerciements à nos amis et à tous ceux qui nous ont soutenus et ont contribué – directement ou indirectement – à la réalisation de cet accomplissement.**

## *Dédicaces*

---

**Pour moi-même,**

**Qui a été patient, a travaillé dur et est resté éveillé la nuit pour parvenir à cet accomplissement, Je vous dédie cette œuvre en signe de fierté et de reconnaissance de votre force.**

**À ma mère bien-aimée,**

**Dont les prières étaient la lumière qui illuminait mon chemin, C'est son soutien constant qui m'a amené à ce point.**

**À mon cher père,**

**Qui a planté dans mon cœur l'amour de l'ambition et la recherche du meilleur, Toute mon appréciation et ma gratitude envers vous.**

**À mes frères,**

**Votre soutien et votre amour ont été la motivation qui m'a permis de continuer sans abandonner.**

**À mon fiancé,**

**Merci pour votre patience, votre compréhension et d'être toujours là pour moi à travers tous les défis.**

**Sans oublier ma compagne « MAAMRI AYA » pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet.**

**À vous tous, je dédie ce mémoire, fruit de votre amour et de votre confiance.**

**samah**

**A mes chers parents.**

**Au corps enseignant qui nous a donné une très  
bonne formation pendant le cursus Universitaire.**

**A ceux qui n'ont jamais cessé de nous encourager, et nous conseiller.**

**A ceux qui n'ont jamais été avares ni de leur temps ni de leurs  
connaissances pour satisfaire nos interrogations.**

**A ceux qui nous ont soutenus, nous dédions ce modeste travail.**

**A mes frères 'Ilyas ' et 'Abd-elrahmen', mon cousin 'Tarek'  
En témoignage de soutien, d'assistance, de l'affection qui nous  
attachent.**

**A toutes mes amies ou nous avoir toujours accompagné.**

**A mon binôme, «dendane samah». Que je la souhaite beaucoup de  
réussite dans sa vie.**

# SOMMAIRE

# SOMMAIRE

Sommaire.....	04
Liste des figures.....	08
Liste des tableaux.....	12
Introduction général.....	13
<b>Chapitre I Généralité sur l'environnement métrologique.....</b>	<b>16</b>
I.1 Introduction.....	17
I.2 Historique.....	17
I.2.1 l'évolution des Stations météorologiques.....	17
I.3 Objectif.....	17
I.4. Les type de station météorologique.....	18
I.4.1. stations météo analogiques.....	18
I.4.2. stations météo professionnelles.....	19
I.4.3. stations météo portables.....	19
I.4.4. Stations météo agricoles.....	20
I.4.5. stations météorologiques marines.....	20
I.5. Les variables des stations météo à mesurer.....	21
I.5.1 Variables mesurer principale.....	21
I.5.2 variables mesurer secondaire.....	24
I.6 Installation d'une station d'observation.....	25
I.7 Conclusion.....	26
Références de chapitre I.....	27
<b>Chapitre II Généralité et Classification des Capteurs.....</b>	<b>28</b>
II.1. Introduction.....	29
II.2. Généralité sur les capteurs.....	29
II.2.1 Grandeur physique.....	29
II.2.2 La grandeur électrique.....	30
II.2.3 Grandeurs d'influence.....	30
II.3 Classification des capteurs.....	31
II.3.1 Capteur actif.....	31
II.3.2 Capteur passif.....	31
II.3.3 Corps d'épreuve et Capteurs composites.....	32
II.3.4 Capteur intégré.....	32
II.3.5 Classifications par rapport à l'intelligence artificielle.....	33
II.4 Les effets physiques dans les capteurs.....	33
II.4.1 Effet thermoélectrique.....	33
II.4.2 L'effet piézo-électrique.....	33
II.4.3 L'effet photo-électrique.....	34
II.4.4 L'effet pyroélectrique.....	34
II.4.5 L'effet d'induction électromagnétique.....	35
II.4.6 L'effet Hall.....	35
II.4.7 L'effet photovoltaïque.....	36
II.5 Structure globale d'une chaine de mesure complète.....	36
II.5.1 Conditionneur.....	36

II.5.2 Amplification et filtrage.....	37
II.5.3 Traitement.....	37
II.6 Caractéristiques des Capteurs.....	37
II.6.1. Caractéristiques statiques.....	37
II.6.2. Caractéristiques dynamiques.....	38
II.7 Conclusion.....	39
Références de chapitre II.....	40
<b>Chapitre III Architecture et Programmation ESP32.....</b>	<b>41</b>
III.1 Introduction.....	42
III.2. Historique d' ESP32.....	42
III.3 Comparaison ESP 32 arduino Uno.....	42
III.4. Les type de carte ESP32.....	42
III.5. Choix d' ESP32.....	43
III.6 ESP32-WROOM-32.....	44
III.6.1 Présentation ESP32-WROOM-32.....	44
III.6.2. Fonctionnalités de la carte ESP32 WROOM.....	44
III.6.3 Architecture microcontrôleur l'ESP32-WROOM-32.....	45
III.6.3.1 Caractéristique le microcontrôleur ESP32-WROOM-32.....	46
III.6.3.2 CPU et mémoire interne.....	46
III.6.3.3 Connectivité sans-fil.....	47
III.6.3.4 Interfaces des périphériques.....	47
III.6.3.5. Sécurité.....	49
III.6.3.6 Gestion de l'énergie.....	50
III.7 Brochage du module ESP32.....	50
III.8 Programmation de l'ESP32.....	51
III.8.1 Le logiciel IDE Arduino.....	51
III.8.1.1 Installation de l'ESP32 dans l'IDE Arduino.....	53
III.9 Conclusion.....	57
Références de chapitre III.....	58
<b>Chapitre IV Réalisation station d'environnement à bas d'ESP32.....</b>	<b>59</b>
IV.1. Introduction.....	60
IV.2 Plan de travail et matériel utilisé.....	60
IV.2.1 Les capteurs.....	61
IV.2.1.1 Le capteur niveau d'eau (ST045).....	61
IV.2.1.2 Capteur qualité de l'air.....	61
IV.2.1.3 Capteur de flamme.....	63
IV.2.1.4 Capteur de pluie.....	64
IV.2.1.5 Capteur d'humidité et température DHT22.....	64
IV.2.2 Prés actionneurs.....	65
IV.2.2.1 Relais électromécaniques.....	65
IV.2.2.2 Photo Coupleur 817.....	65
IV.2.2.3 Circuit de puissance ULN.....	66
IV.2.3 Actionneurs.....	67
IV.2.3.1 Ventilateur.....	67
IV.2.3.2 Electrovanne.....	67

IV.2.4 Affichage.....	69
IV.2.4.1 Afficheur LCD.....	69
IV.2.4.2 Le bus I2C.....	69
IV.2.4 Programmation esp 32.....	71
IV.2.4.1 Les entrées.....	71
IV.2.4.2 Les sorties.....	71
IV.2.4.3 Programmation d'affichage.....	72
IV.2.4.4 Exécution de programme.....	73
IV.3 Application Blynk.....	74
IV.4 Conclusion.....	80
Références de chapitre IV.....	81
Conclusion générale.....	82
Abréviations.....	84

# LISTE DES FIGURES

<b>Figure(I.1):</b>	Photo d' un stations météo	<b>18</b>
<b>Figure(I.2):</b>	stations météo analogiques	<b>19</b>
<b>Figure(I.3):</b>	stations météo professionnelles	<b>19</b>
<b>Figure(I.4):</b>	stations météo portable	<b>20</b>
<b>Figure(I.5):</b>	stations météo agricoles	<b>20</b>
<b>Figure(I.6):</b>	stations météo marine	<b>21</b>
<b>Figure(I.7):</b>	Outil d'affichage la Température	<b>22</b>
<b>Figure(I.8):</b>	Outil d'affichage Humidité	<b>22</b>
<b>Figure(I.9):</b>	Outil d'affichage Pression Atmosphérique	<b>23</b>
<b>Figure(I.10):</b>	Outil d'affichage Précipitation	<b>23</b>
<b>Figure(I.11):</b>	Outil d'affichage Le vent	<b>24</b>
<b>Figure(I.12):</b>	Instruments de mesure de l'altitude : (a) l'altimètre, (b) l'altimètre barométrique	<b>25</b>
<b>Figure(II.1):</b>	Schéma d'un capteur	<b>29</b>
<b>Figure(II.2):</b>	schéma d'un capteur composite	<b>32</b>
<b>Figure(II.3):</b>	Schéma d'un capteur intégré	<b>33</b>
<b>Figure(II.4):</b>	Exemple d'un Effet thermoélectrique (principe du thermocouple).	<b>33</b>
<b>Figure(II.5):</b>	exemple d'un Effet piézo-électrique	<b>34</b>
<b>Figure(II.6):</b>	principe d'un Effet photo-électrique	<b>34</b>
<b>Figure(II.7):</b>	principe d'un Effet pyroélectrique	<b>35</b>
<b>Figure(II.8):</b>	principe d'un Effet d'induction électromagnétique	<b>35</b>
<b>Figure(II.9):</b>	principe d'un Effet Hall	<b>36</b>
<b>Figure(II.10):</b>	Structure globale d'une chaine de mesure	<b>36</b>
<b>Figure(III.1):</b>	Photo l'esp 32 wroom	<b>44</b>
<b>Figure(III.2) :</b>	Fonctionnalités de carte esp 32 wroom	<b>45</b>
<b>Figure(III.3) :</b>	Schéma fonctionnel d'un microcontrôleur	<b>46</b>
<b>Figure(III.4) :</b>	Microcontrôleur l'ESP32-WROOM-32	<b>46</b>
<b>Figure(III.5) :</b>	Le schéma fonctionnel d'ESP32	<b>47</b>
<b>Figure(III.6)</b>	Brochage du module ESP32	<b>51</b>
<b>Figure(III.7)</b>	Fenêtre de travail du logiciel IDE	<b>52</b>
<b>Figure(II.8)</b>	Ajout de bibliothèque sur le logiciel IDE	<b>53</b>
<b>Figure(III.9)</b>	Ajout des bibliothèques sur le logiciel IDE	<b>53</b>
<b>Figure(III.10)</b>	Test d'installation sur le logiciel IDE	<b>54</b>
<b>Figure(III.11)</b>	Sélection le port sur le logiciel IDE	<b>55</b>
<b>Figure(III.12)</b>	Ouverture l'exemple Wifi sur le logiciel IDE	<b>55</b>
<b>Figure(III.13)</b>	Ouverture un nouveau croquis s'ouvre	<b>55</b>
<b>Figure(III.14)</b>	L'icône de télé versé	<b>56</b>
<b>Figure(III.15)</b>	L'information de télé versement	<b>56</b>

<b>Figure(III.16)</b>	L'icône de moniteur série	<b>56</b>
<b>Figure(III.17)</b>	L'icône de moniteur série	<b>56</b>
<b>Figure(IV.1)</b>	Schéma fonctionnel de projet réalise	<b>60</b>
<b>Figure(IV.2)</b>	Capteur de niveau d'eau	<b>61</b>
<b>Figure(IV.3)</b>	a) Vue de face et vue de dos de capteur utilisé MQ-135 (b) : conditionneur de capteur	<b>62</b>
<b>Figure(IV.4)</b>	Photo capteur de flamme	<b>63</b>
<b>Figure(IV.5)</b>	Capteur de pluie	<b>64</b>
<b>Figure(IV.6)</b>	Capteur DHT22 d'Hy médité et température	<b>65</b>
<b>Figure(IV.7)</b>	(a)Photo de relie électromécanique (b) Symbole de relie électromécanique	<b>65</b>
<b>Figure(IV.8)</b>	Symbole d'photo coupleur PC 817	<b>66</b>
<b>Figure(IV.9)</b>	Pin connexion ULN 2003A	<b>66</b>
<b>Figure(IV.10)</b>	Photo d'un Ventilateur	<b>67</b>
<b>Figure(IV.11)</b>	Vue externe de l'électrovanne 2 voies	<b>67</b>
<b>Figure(IV.12)</b>	Schéma d'une électrovanne	<b>68</b>
<b>Figure(IV.13)</b>	Fonctionnement d'une électrovanne (a) Étape 1, (b) Étape 2, (c) Étape 3, (d) Étape 4	<b>68</b>
<b>Figure(IV.14)</b>	LCD 16×2	<b>69</b>
<b>Figure(IV.15)</b>	Le module I2C	<b>70</b>
<b>Figure(IV.16)</b>	Image de Présentation de projet réalisé	<b>70</b>
<b>Figure(IV.17)</b>	Configuration les capteurs comme entrés dans l'IDE	<b>71</b>
<b>Figure(IV.18)</b>	Configuration les Actionneurs comme sorties dans l'IDE	<b>72</b>
<b>Figure(IV.19)</b>	Configuration LCD dans l'IDE et affichage dans LCD 16×2	<b>72</b>
<b>Figure(IV.20)</b>	Affichage les résultats d'exécution de programme dans serial monitor IDE	<b>73</b>
<b>Figure(IV.21)</b>	(a) Affichage les valeurs (a) Humidité et température(b) pluie sur serial monitor et afficher LCD	<b>73</b>
<b>Figure(IV.22)</b>	(a) Activation des électrovannes 1 et 2 avec la présence la flamme et l'absence d'eau (b) Photo à grandir de la présence de flamme qui est provoqué activation la led bleu et électrovanne 1 active	<b>74</b>
<b>Figure(IV.23)</b>	l'indication de présence importante de gaz et l'activation de ventilateur	<b>74</b>
<b>Figure(IV.24)</b>	L'identifiant du modèle ESP32 Blynk	<b>75</b>
<b>Figure(IV.25)</b>	Code identifiant sur l'IDE	<b>75</b>
<b>Figure(IV.26)</b>	Configuration et Inscription à la Plateforme Blynk	<b>76</b>
<b>Figure(IV.27)</b>	Acceptation à la plateforme	<b>76</b>
<b>Figure(IV.28)</b>	Création de modèle	<b>76</b>
<b>Figure(IV.29)</b>	Configuration de la température avec des broches Pin virtuelles	<b>77</b>

<b>Figure(IV.30)</b>	Configuration de la broche $V_0$ en température	<b>77</b>
<b>Figure(IV.31)</b>	Configuration de la température sur le web Dashboard	<b>78</b>
<b>Figure(IV.32)</b>	Création du mobile Dashboar	<b>78</b>
<b>Figure(IV.33)</b>	Modèle control d'environnement Sur le smartphone	<b>79</b>
<b>Figure(IV.34)</b>	(a) la forme de application bylink final a smartphone (b) Notification de flamme par application bylink a smartphone	<b>79</b>
<b>Figure(IV.35)</b>	(a) notification sur application et gmail (b) et (c) notification sur off et online le système	<b>80</b>

# LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau (II.1)</b>	Quelque type capteurs actif	<b>31</b>
<b>Tableau (II.2)</b>	Quelque type capteurs passif	<b>32</b>
<b>Tableau (III.1)</b>	Comparaison entre carte arduino Uno et ESP32	<b>42</b>
<b>Tableau (III.2)</b>	Fonctionnalités de carte esp 32 WROOM	<b>45</b>
<b>Tableau (III.3)</b>	Brochage du module ESP32	<b>51</b>
<b>Tableau (IV.1)</b>	Les niveaux de pollution d'air	<b>63</b>
<b>Tableau (IV.2)</b>	Liste des broches de l'afficheur LCD et leur rôle	<b>69</b>
<b>Tableau (IV.3)</b>	Tableau de branchement des pins des différents capteurs à l'ESP32	<b>71</b>
<b>Tableau (IV.4)</b>	Tableau de branchement des pins des différents actionneurs à l'ESP32	<b>72</b>
<b>Tableau (IV.5)</b>	Tableau de branchement des pins de bus I2C à l'ESP32	<b>72</b>

# INTRODUCTION GENERAL

# Introduction générale

---

L'électronique à cette époque est partout, totalement partout et le domaine de l'électronique est toujours étendu à toutes choses que l'homme peut toucher ou avec lesquelles peut interagir. Elle est en développement constant, ce qui facilite la vie quotidienne humaine

Notre contribution dans ce projet est l'association des différents capteurs dans le même circuit et l'implémentation de notre propre programme ainsi permettant à l'utilisateur de consulter les variables environnements telles que la température, l'humidité la flamme le gaz, niveau d'eau et détecteur de pluie.

Notre projet intitulé «**Etude et Réalisation d'un système de mesure et de contrôle de l'environnement avec la carte arduino**» et ce repartit en quatre chapitre organisés comme suit :

- ☞ Chapitre I : Concerne généralité sur l'environnement métrologique qui et l'élément de base pour comprendre la morphologie d'environnements.
- ☞ Chapitre II : Concerne sur généralité et classification des capteurs, rappelle sur la théorie de capteur qui présente l'information de nous environnements sur la vie quotidienne
- ☞ Chapitre III : Concerne sur Architecture et Programmation ESP32. Dans ce chapitre on parle sur le SOFT et HARD de l'ESP32
- ☞ Chapitre IV : est voué à décrire les outils matériels utilisés pour réaliser le projet sur une plaque DC qui basé sur ESP32 capteurs, prés actionneurs, et actionneurs, on termine à la conception d'un prototype à travers description sur la programmation IDE de notre projet,

# CHAPITRE I

## I.1 Introduction :

Le météo et élément de base sur notre vie quotidienne qui informé le comportement de notre environnement intérieure et extérieur .Dans ce chapitre ont intéressant sur la généralité sur l'environnement métrologique ou d'autre façon les éléments de mesure de base et les déférents types stations métrologique.

## I.2 Historique :

Les instruments météorologiques n'ont pas commencé à se développer avant 1400. Avant cela, l'observation météorologique était extrêmement rudimentaire, surtout basée sur l'apparence du ciel et la sensation de l'air. Une grande partie du développement de ces outils météorologiques n'était pas seulement nécessaire pour l'agriculture, mais aussi en raison d'une augmentation transport maritime. Au début des années 1900, les stations locales aient en possession de quelques outils analogiques spécialisés pour prédire les conditions météorologiques extrêmement importantes et leurs développements à ce jour.

### I.2.1 l'évolution des Stations météorologiques

❖ **Analogique** : Le début des années 1800 et 1900 comprenait des stations météorologiques locales Habituellement, certains outils analogiques spéciaux. Les humidimètres mesurent les changements d'humidité, et les pluviomètres et les baromètres aident à déterminer les mesures passées et futures.

❖ **Numériques** :Aujourd'hui, il existe des stations météorologiques numériques qui peuvent améliorer cela Mesurez et rapportez les informations pour les rendre plus faciles à voir et à comprendre. Certaines stations météo peuvent également se connecter à l'application météo.

Un smartphone ou un service en ligne qui permet aux gens d'accéder à leurs informations météorologiques de n'importe où. Les météorologues modernes peuvent utiliser ces informations pour gérer leurs jardins et surveiller leurs fermes. Les stations météo numériques ont tendance à être plus précises et plus faciles à utiliser

## I.3 Objectif

Les stations météorologiques sont communément appelées des appareils qui enregistrent et fournissent des informations sur les mesures physiques liées au changement climatique. Ces variables physiques

comprennent la température, l'humidité, la vitesse du vent et les précipitations. Les stations météorologiques sont utilisées dans divers domaines.

Ces stations sont utilisées pour :

- ✓ surveiller l'adhérence du véhicule, les obstacles à la circulation et les dangers potentiels sur la route.
- ✓ L'information pour agriculture
- ✓ Transport maritime
- ✓ Transport air

Les stations météorologiques consistent généralement en des modèles avec des capteurs installés. Ceux-ci sont connectés à **des boîtiers qui enregistrent et stockent les mesures et sont généralement envoyés à la base de données via le réseau mobile.**



**Figure (I.1):** Photo d' un stations météo [1]

## **I.4. Les type de station météorologique :**

### **I.4.1. stations météo analogiques:**

Ce type est souvent une station météorologique en bois avec un cadran d'horloge mural, certains assez petits pour s'asseoir sur un bureau. De nombreux modèles ressemblent à des stations météorologiques, mais intègrent les dernières technologies. L'échelle la plus intéressante est le baromètre analogique. Les

baromètres analogiques sont utiles pour la prédiction. Quelques nuages se créent sur le cadran. Appuyez sur le devant du verre pour supprimer temporairement les nuages. Ce sont de véritables répliques d'une ancienne station météorologique du 18ème siècle [1].



**Figure (I.2):** stations météo analogiques [2]

## I.4.2. stations météo professionnelles :

Ce type de station météorologique populaire est conçu dans un souci de fiabilité, de durabilité et de précision. Les stations météorologiques professionnelles doivent respecter les normes météorologiques internationales et dépasser les exigences de précision du National Institute of Standards and Technology. Les stations météo professionnelles de qualité commencent par les meilleures stations météo d'intérieur et utilisent des réseaux multi-stations, des stations météo spécialisées et des répéteurs pour envoyer des informations météorologiques, parfois sur de longues distances [1].



**Figure (I.2):** stations météo professionnelles [3]

## I.4.3. stations météo portables

Les stations météorologiques portables vont des appareils portables qui ne signalent que la vitesse et la température du vent aux types portables qui incluent des capteurs spécialisés en plus de tout ce que l'on trouve dans les stations météorologiques professionnelles. B. Détecteur de rayonnement atomique [3]. L'observatoire météorologique portable est utilisé par les experts en CVC non seulement pour mesurer le débit d'air et la température, mais également par les chasseurs et les tireurs. Certaines unités

comprennent un ordinateur balistique. Les randonneurs et les campeurs peuvent trouver des fonctionnalités haut degamme telles que les altimètres qui sont utiles dans les événements de sport automobile. Pour stocker les moteurs et pneus pneumatiques et régulés en temperature [1].



**Figure (I.4) :** stations météo portable [4]

#### **I.4.4. Stations météo agricoles:**

Les stations météorologiques agricoles sont des stations météorologiques professionnelles dotées de capteurs et de réseaux supplémentaires, et la mesure de la température, de l'humidité et du rayonnement solaire du sol est importante pour les agriculteurs. En plus des mesures d'humidité, du feuillage et de la température de l'eau, les agriculteurs ont également besoin de stations météorologiques qui peuvent montrer des conditions telles que le gel et les inondations [1].



**Figure (I.5) :** stations météo agricoles [5].

#### **I.4.5. stations météorologiques marines**

Tout ce qui se trouve à proximité de l'eau salée provoque des problèmes de corrosion. Les stations météorologiques maritimes doivent être résistantes à la corrosion et étanches à l'air. Ceci s'applique aux stations d'eau et terrestres. Certains fabricants de stations météorologiques suggèrent de rester à moins de 1/4 mile de sous la plage, mais les stations météorologiques de qualité océanique ont tendance à être chères [1].



Figure (I.6) : stations météo marine [6]

### I.5. Les variables des stations météo à mesurer

On distingue de types variables mesurer dans une station météo

#### I.5.1 Variables mesurer principale:

Il y a cinq principaux variables à mesurer dans une station météo

❖ **Température** :Elle est examinée comme une grandeur physique en relation avec le concept de chaleur et de froid immédiats. La température est une manifestation du mouvement des atomes et des molécules à un niveau macroscopique. Par conséquent, une température élevée signifie "l'excitation" de nombreux atomes. L'Unité de la température internationale est Kelvin (K). Celsius (°C) est une autre unité commune en Europe. Certains pays anglo-saxons et les États-Unis utilisent une unité différente appelée Fahrenheit (° F). La température minimale dans le système Celsius est de 273,15, ce qui correspond à 0 ° K. La formule de conversion d'unité est la suivante:

$$^{\circ}\text{C} = 0,55 \times (^{\circ}\text{F} - 32), \text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273,15, ^{\circ}\text{F} = 32 + (1,8 \times ^{\circ}\text{C}) .[2]$$

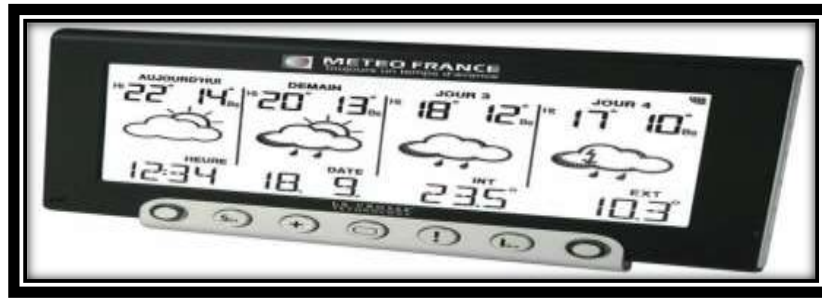


Figure (I.7) : Outil d'affichage la Température [7]

❖ **Humidité**

Terme décrivant la quantité de vapeur d'eau dans l'air. L'humidité dépend de la température et de la pression barométrique. Plus l'air est chaud, plus il transporte de vapeur d'eau. L'air est dit saturé en vapeur d'eau lorsqu'il contient le maximum de vapeur d'eau qu'il peut transporter à une température et une pression données. La comparaison de la quantité de vapeur d'eau dans l'air à la quantité de vapeur d'eau qui peut être retenue lorsque l'air est saturé s'appelle l'humidité relative. Si l'air ne contient que la moitié de la quantité de vapeur d'eau, l'humidité sera de 50 %. L'atmosphère entourée de nuages et de brouillard est saturée d'humidité, auquel cas l'humidité relative est de 100 %. De même, les basses couches d'air au-dessus de l'océan sont presque saturées lorsque l'humidité atteint 100 %. Dans les zones sahariennes et désertiques subtropicales, l'humidité relative chute à seulement 10% [3].



Figure (I.8): Outil d'affichage Humidité [8]

❖ **Pression Atmosphérique:**

La pression atmosphérique est la pression produite par une colonne d'air en un point particulier. Elle est exprimée en Pascal (Pa), qui est une unité égale au Newton (N/m<sup>2</sup>) par mètre carré. Au niveau de la mer, la pression barométrique moyenne est d'environ 1 013,2 hectopascals (hPa). C'est la pression exercée par

une colonne d'eau d'une hauteur de plus de 10 mètres à un endroit. En dessous de 1 010 hPa, les météorologues parlent de cyclones. Ceci est synonyme de temps orageux aux latitudes moyennes. Les hautes pressions se produisent au-dessus de 1 020 hPa, amenant le Soleil à la même latitude [4].



Figure (I.9) : Outil d'affichage Pression Atmosphérique [9]

### Les précipitations :

Les précipitations sont toutes les conditions météorologiques qui tombent à la surface sous forme liquide (bruine, pluie, averse) et solides (neige, crevasses, grêle) et les précipitations déposées ou cachées (rosée, givre, givre, etc.) Définies comme de l'eau. Ils sont causés par des changements de température ou de pression. Les précipitations sont la seule "entrée" du système hydrologique continental le plus important, le bassin [5].

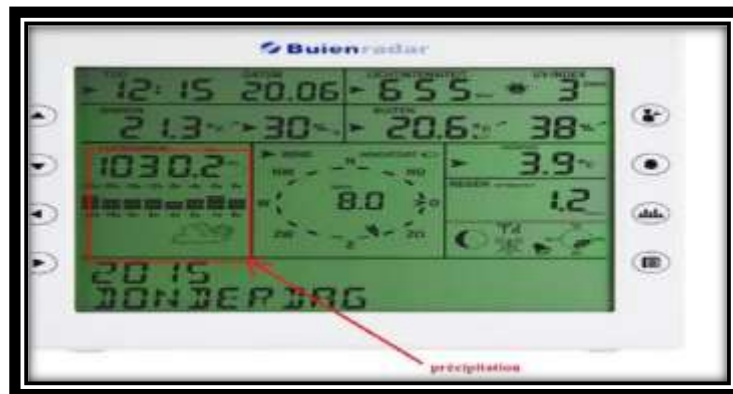


Figure (I.10) : Outil d'affichage Précipitation [10]

❖ **Le vent** : En météorologie, la vitesse du vent, est une quantité atmosphérique fondamentale causée par le déplacement de l'air d'une haute à une basse pression, généralement en raison de changements de température. Sa mesure comprend deux paramètres : sa direction et sa vitesse d'où cette dernière

couramment est mesurée avec un anémomètre mais peut être estimée par une manche à air, un drapeau, etc. et est exprimée en km/h ou m/s sur terre tandis que la vitesse marine et aérienne utilisent les nœuds. [6] Les vents sont provoqués par une répartition inégale de réchauffement à la surface de la planète par l'énergie solaire et par la rotation de la planète



Figure (I.11) : Outil d'affichage Le vent [11]

## I.5.2 variables mesurer secondaire :

Les paramètres météorologiques les plus utiles pour définir le temps qu'il fait sont :

### ❖ La luminosité :

La lumière est une partie extrêmement étroite du rayonnement électromagnétique dans lequel nous baignons, elle se déplace à une vitesse 'c' de 300 000 km/s. Ce rayonnement est caractérisé par sa longueur d'onde  $\lambda$  en mètres (ou sa fréquence f en hertz ( $\lambda = c/f$ )). Ce que l'on appelle la "lumière" est la partie de ce rayonnement que perçoit l'œil humain, elle est comprise entre 0,38  $\mu\text{m}$  et 0,78  $\mu\text{m}$  (380 nm et 780 nm). En fait, notre œil ne perçoit pas la lumière directement, il ne perçoit que celle qui est émise ou réfléchiée par des objets (entre ce document et votre œil, il y a de la lumière que vous ne pouvez voir)

### ❖ La pression atmosphérique :

La pression atmosphérique correspond à la pression générée par une colonne d'air en un point donné, elle s'exprime en pascal (Pa), unité équivalente au newton par mètre carré ( $\text{N}/\text{m}^2$ ). En moyenne, les météorologues parlent de basses pressions, synonymes de mauvais temps dans les régions tempérées. Au-dessus de 1.020 HPA, correspond aux hautes pressions. L'équation représente l'équivalence entre les unités bar et pascal. qui apportent le soleil à ces mêmes latitudes.

## ❖ Altitude

L'altitude est une notion anciennement connue, définie d'une hauteur au-dessus du niveau de la mer avec une précision centimétrique. D'une façon naturelle, une étendue d'eau au repos quelconque est une surface d'altitude constante. Pour cela l'altitude est liée au champ de gravité qui résulte de plusieurs forces [7]. Une technique plus simple pour déterminer une altitude à partir d'un point d'altitude connue est d'observer en nivellement géométrique (On lit sur deux mires graduées verticales et on déduit des différences géométriques qui sont ensuite cumulées). La notion d'altitude est liée à plusieurs termes comme types (altitude dynamique, altitude orthométrique et altitude normale).

Plusieurs réseaux de nivellement n'intègrent même aucune gravimétrie et bien qu'on ait du mal à qualifier, le type d'altitude obtenu, on l'assimile en général à une altitude orthométrique de précision plutôt décimétrique [7]. Actuellement, on trouve des outils comme les altimètres qui présentent les instruments de mesure utilisés pour déterminer la différence d'altitude entre le point où nous nous trouvons et un point de référence situé la plupart du temps au niveau de la mer d'une part et d'autre part, on distingue un autre outil qui est l'altimètre barométrique, comme appareil qui permet d'estimer l'altitude en se basant sur le fait que la pression atmosphérique diminue d'environ 0,12 mBar par mètre d'altitude.

La figure I.12 représente les deux instruments pour mesurer le niveau « de l'altitude » avec les deux principaux aspects populaires utilisés par les fabricants



**Figure (I.12) :** Instruments de mesure de l'altitude : (a) l'altimètre, (b) l'altimètre barométrique

## I.6 Installation d'une station d'observation :

Quelques règles doivent être respectées lors de l'installation d'un champ météorologique doit respecter dont on cite quelques points à savoir :

- Disposer d'un espace suffisant pour installer le matériel à l'écart des obstacles ;
- Utiliser du matériel agréé ;
- Effectuer les relevés à heure fixe
- les instruments doivent être installés de la même façon afin de mieux pouvoir comparer les observations des différentes stations
- Les instruments ne doivent pas être à proximité des arbres ou des bâtiments, des falaises ou des cuvettes.

Une station météorologique doit être installée dans une zone qui n'est pas susceptible de changer et ce, pour une période d'au moins 10 ans. Ces stations peuvent être sous contrôle manuel (stations classiques) ou automatiques et transmettre les données par ondes courtes.[8]

### **I.7 Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons présenté un principe de base de station d'environnements. Dans le chapitre suivant nous allons présenter une théorie sur les capteurs et une présentation sur les capteurs qui présente l'information sur notre environnement.

### Références:

[1] <https://www.almarsal.com/post/777765>

[2] Hilab Mouzia (realisation d'une station météorologique à base d'arduino UNO) mémoire de master  
Université Mohmed khider Biskra

[3] <https://www.marefa.org/>

[4] <https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/climatologie-pressionatmosphérique-14558/>

[5] <https://echo2.epfl.ch/e-drologie/chapitres/chapitre3/chapitre3.html>

[6] Seguin, B., & Gignoux, N. (1974). Etude expérimentale de l'influence d'un réseau de brisevent sur le profil vertical de vitesse du vent. *Agricultural Meteorology*, 13(1), 15-23.

[7] Duquenne H.- Altitudes, nivellement, systèmes de référence altimétrique – cours au Mastère  
“Photogrammétrie positionnement mesures de déformations” - ENSG-2008.

[8] Manuel des normes d'observations météorologiques de surface (MANOBS) - Huitième édition,  
modification 1, décembre 2021

## CHAPITRE II

### II.1. Introduction :

Dans un grand nombre de domaines, il est nécessaire d'avoir accès à une grandeur physique. Cette connaissance permet de connaître l'état physique d'un système et de pouvoir prendre des décisions quand à la conduite de celui-ci. Les décisions peuvent être automatiques c'est à dire prise par un ordinateur ou prise par un opérateur humain via une interface homme machine.

### II.2. Généralité sur les capteurs

Un capteur est un appareil qui convertit l'état d'une grandeur physique observée en une grandeur utilisable. Par exemple, la tension, la colonne de mercure, la force, la déviation de l'aiguille, etc. ETC. On confond souvent (à tort) les capteurs avec les transducteurs : après tout, les capteurs sont constitués de transducteurs. Les capteurs diffèrent des appareils de mesure en ce qu'ils ne représentent qu'une simple interface entre les processus physiques et les informations exploitables. Les instruments de mesure, en revanche, sont des appareils autonomes à part entière. Autrement dit, il y a un affichage ou un stockage de données. Ce n'est pas toujours le cas avec les capteurs. Les capteurs sont un élément fondamental d'un système d'acquisition de données. Leur mise en œuvre se situe dans le domaine de l'instrumentation. [1]

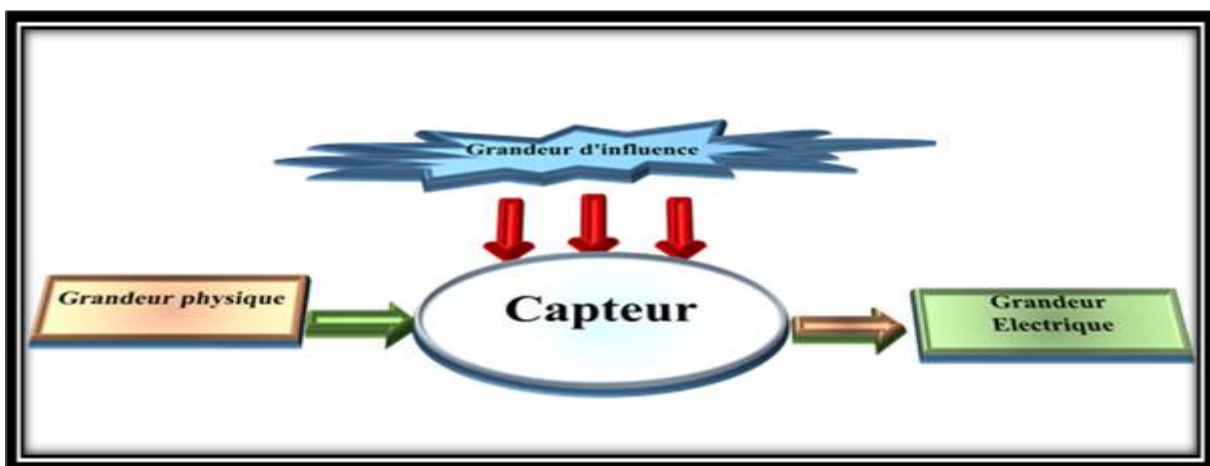


Figure (II.1) : Schéma d'un capteur [2]

#### II.2.1 Grandeur physique

C'est la grandeur d'entrée du capteur (position, pression, température, niveau, déplacement,...) qui fournit par son état ou ses variations, une information utile à l'unité

d'acquisition et de traitement. La grandeur physique à mesurer est désignée comme le mesurande .

### II.2.2 La grandeur électrique

➤ C'est la grandeur de sortie du capteur, précisément de la *chaîne de mesure*. Ce signal de sortie électrique, dit *exploitable*, peut être de nature :

- *Analogique* (continu dans le temps)
- *Logique* (binaire 0 ou 1, ou TOR : tout ou rien)
- *Numérique* (valeur > à deux états)

Grandeur électrique peut être :

☞ Courant

☞ Tension soit :

- ✓ La variation d'une résistance
- ✓ D'une impédance : inductance ou capacité d'un condensateur.

Le capteur peut être vu comme une boîte noire ayant comme entrée un mesurande et comme sortie une tension ou un courant électrique.

### II.2.3 Grandeurs d'influence:

Les grandeurs d'influence sont des grandeurs étrangères qui, selon leur nature et leur importance, peuvent provoquer des perturbations sur le capteur. C'est donc une cause d'erreurs agissant sur le signal de sortie. La formalisation du capteur peut être écrite sous forme suivante:

$$g = f(m, \theta)$$

**g** : Représente la grandeur de sortie, m le mesurande

**θ**: Les grandeurs d'influence.

Les principales grandeurs d'influence sont [3] :

- la température
- La pression
- L'humidité
- Les champs magnétiques variables ou statiques
- La tension d'alimentation;

### II.3 Classification des capteurs [4] :

#### II.3.1 Capteur actif

Fonctionnant en **générateur**, un capteur actif est généralement fondé dans son principe sur un effet physique qui assure la conversion en énergie électrique de la forme d'énergie propre à la grandeur physique à prélever, énergie thermique, mécanique ou de rayonnement.

Grandeur physique à mesurer	Effet utilisé	Grandeur de sortie
Température	Thermoélectricité	Tension
	Pyroélectricité	Charge
Flux de rayonnement optique	Photo-émission	Courant
	Effet photovoltaïque	Tension
	Effet photo-électrique	Tension
Force	Piézo-électricité	Charge
Pression		
Accélération		
Vitesse	Induction électromagnétique	Tension
Position (Aimant)	Effet Hall	Tension
courant		

**Tableau (II.1) :** Quelque type capteurs actif

#### II.3.2 Capteur passif

Il s'agit généralement d'impédance dont l'un des paramètres déterminants est sensible à la grandeur mesurée. La variation d'impédance résulte :

☞ Soit d'une variation de dimension du capteur, c'est le principe de fonctionnement d'un grand nombre de capteur de position, potentiomètre, inductance à noyaux mobile, condensateur à armature mobile.

☞ Soit d'une déformation résultant de force ou de grandeur s'y ramenant, pression accélération (armature de condensateur soumise à une différence de pression, jauge d'extensiométrie liée à une structure déformable).

L'impédance d'un capteur passif et ses variations ne sont mesurables qu'en intégrant le capteur dans un circuit électrique, par ailleurs alimenté et qui est son conditionneur

Grandeur mesurée	Caractéristique électrique sensible	Type de matériaux utilisé
Température	Résistivité	Métaux : platine, nickel, cuivre ...
Très basse température	Constante diélectrique	Verre
Flux de rayonnement optique	Résistivité	Semi-conducteur
Déformation	Résistivité	Alliage de Nickel, silicium dopé
	Perméabilité magnétique	Alliage ferromagnétique
Position (aimant)	Résistivité	Matériaux magnéto résistants : bismuth, antimoine d'indium
Humidité	Résistivité	Chlorure de lithium

Tableau (II.2) : Quelque type capteurs passif

II.3.3 Corps d'épreuve et Capteurs composites

Pour des raisons de coût ou de facilité d'exploitation on peut être amené à utiliser un capteur, non pas sensible à la grandeur physique à mesurer, mais à l'un de ses effets. Le corps d'épreuve est le dispositif qui, soumis à la grandeur physique à mesurer produit une grandeur directement mesurable par le capteur.



Figure (II.2) : Schéma d'un capteur composite

II.3.4 Capteur intégré

C'est un composant réalisé par les techniques de la microélectronique et qui regroupe sur un même substrat de silicium commun, le capteur à proprement dit, le corps d'épreuve et l'électronique de conditionnement.

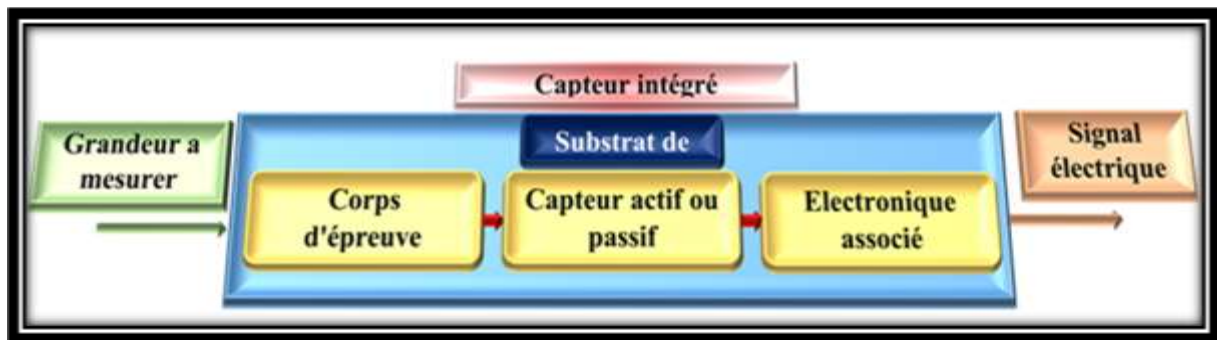


Figure (II.3) : Schéma d'un capteur intégré.

### II.3.5 Classifications par rapport à l'intelligence artificielle [5]

#### ☞ Capteur classique

Les capteurs qui ne comportent pas de microprocesseur sont appelés capteurs classiques. Donc il s'agit de tous types de capteurs déjà vus.

#### ☞ Capteur intelligent

Dans ce type de capteurs un microprocesseur et une interface de communication bidirectionnelle sont présent dans le circuit global du capteur

### II.4 Les effets physiques dans les capteurs

Les effets physiques les plus rencontrés en instrumentation sont:

#### II.4.1 Effet thermoélectrique :

Un circuit formé de deux conducteurs de nature chimique différente, dont les jonctions sont à des températures  $T_1$  et  $T_2$ , est le siège d'une force électromotrice  $e = f(T_1, T_2)$ .

*Exemple d'application :* la mesure de  $e$  permet de déterminer une température inconnue  $T_1$ , lorsque la température  $T_2$  est connue (principe du thermocouple).



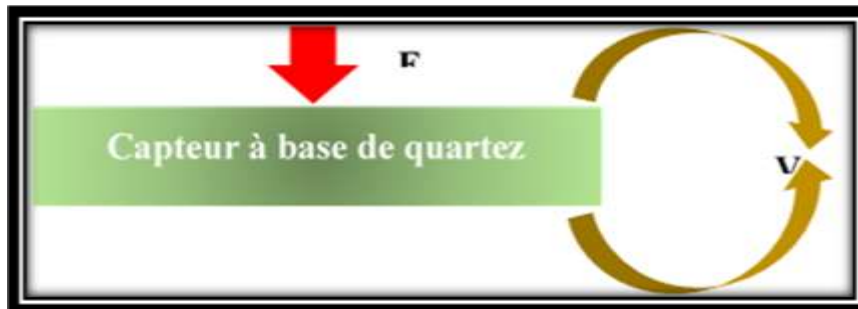
Figure (II.4) : Exemple d'un Effet thermoélectrique (principe du thermocouple).

#### II.4.2 L'effet piézo-électrique :

L'application d'une contrainte mécanique à certains matériaux dits piézoélectriques (le quartz par exemple) entraîne une déformation qui provoque l'apparition de charges électriques

égales et de signes contraires sur les faces opposées du matériau.

*Exemple d'application* : la mesure de force, de pression ou d'accélération à partir de la tension que provoquent aux bornes d'un condensateur associé à l'élément piézo-électrique les variations de sa charge.

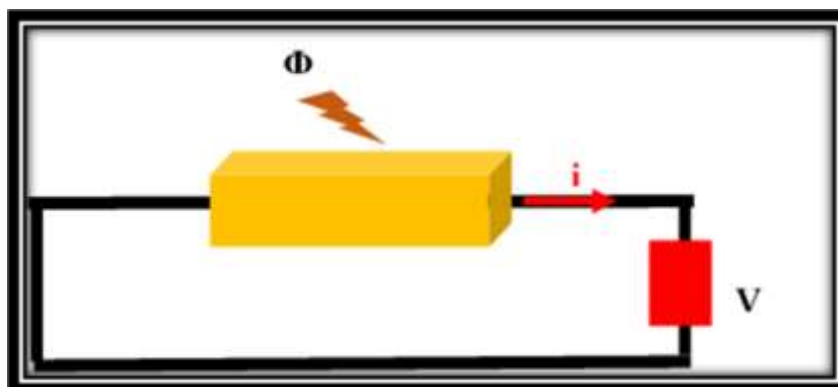


**Figure (II.5)** : Exemple d'un Effet piézo-électrique

### II.4.3 L'effet photo-électrique :

Un rayonnement lumineux ou plus généralement une onde électromagnétique dont la longueur d'onde est inférieure à une valeur seuil, caractéristique du matériau considéré, provoquent la libération de charges électriques dans la matière.

*Exemple d'application* : la mesure de la tension de sortie permet de déterminer le flux par rayonnement.



**Figure (II.6)** : Principe d'un Effet photo-électrique

### II.4.4 L'effet pyroélectrique :

Les cristaux pyro-électriques (le sulfate de triglycine par exemple) ont une polarisation électrique spontanée qui dépend de leur température, ils portent en surface des charges électriques proportionnelles à cette polarisation et de signes contraires sur leurs faces opposées.

*Exemple d'application* : la mesure de la charge aux bornes d'un condensateur associé à un

crystal pyro-électrique permet de déterminer le flux lumineux auquel il est soumis.



Figure (II.7) : Principe d'un Effet pyroélectrique

**II.4.5 L'effet d'induction électromagnétique :**

Lorsqu'un conducteur se déplace dans un champ d'induction fixe, il est le siège d'une force électro-motrice proportionnelle à sa vitesse de déplacement. Ainsi, lorsqu'un circuit électrique est soumis à un flux d'induction variable du à son déplacement ou à celui de la source de l'induction (par exemple, un aimant), la f.e.m dont il est le siège est de valeur égale et de signe opposé à la vitesse de variation du flux d'induction.

Exemple d'application : la mesure de la f.e.m d'induction permet de connaître la vitesse du déplacement qui en est l'origine

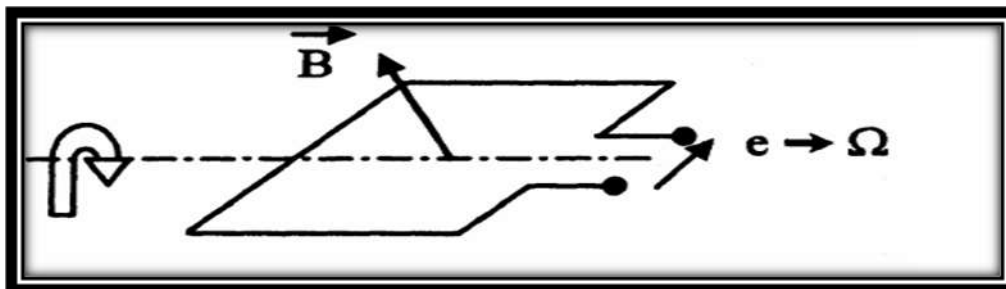


Figure (II.8) : Principe d'un Effet d'induction électromagnétique

**II.4.6 L'effet Hall :**

Lorsqu'un matériau est parcouru par un courant I et soumis à un champ B formant un angle  $\theta$  avec le courant, il apparaît une tension de Hall  $V_H$  dans une direction qui leur est perpendiculaire ( $V_H = K_H.I.B.\sin \theta$  , où  $K_H$  est une constante qui dépend du matériau considéré). Exemple d'application : la mesure de la tension  $V_H$  permet de déterminer la position d'un objet qui est lié à un aimant.

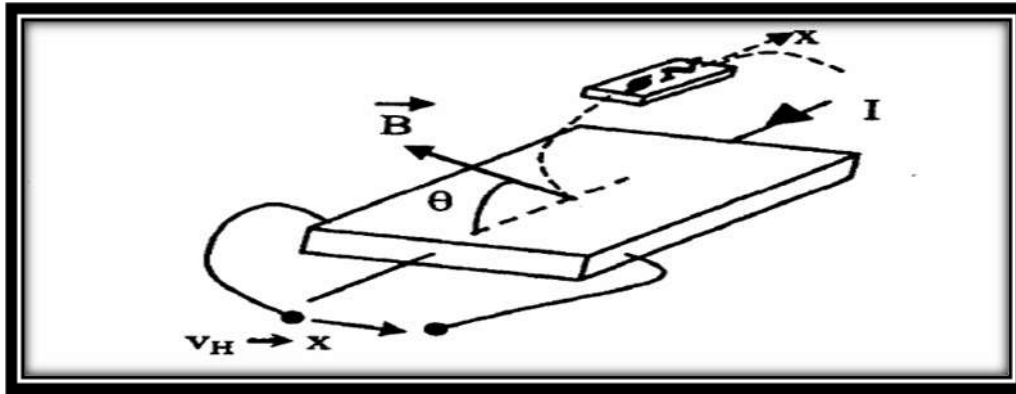


Figure (II.9) : Principe d'un Effet Hall

#### II.4.7 L'effet photovoltaïque :

Un rayonnement lumineux sur l'assemblage de semi-conducteurs de types opposés P et N provoque la libération d'électrons (charges négatives) et de trous (charges positives) au voisinage de la jonction illuminée. Leur déplacement dans le champ électrique de la jonction modifie la tension à ses bornes. Exemple d'application : la mesure de la tension de sortie permet de déterminer le flux par rayonnement.

#### II.5 Structure globale d'une chaîne de mesure complète [6] :

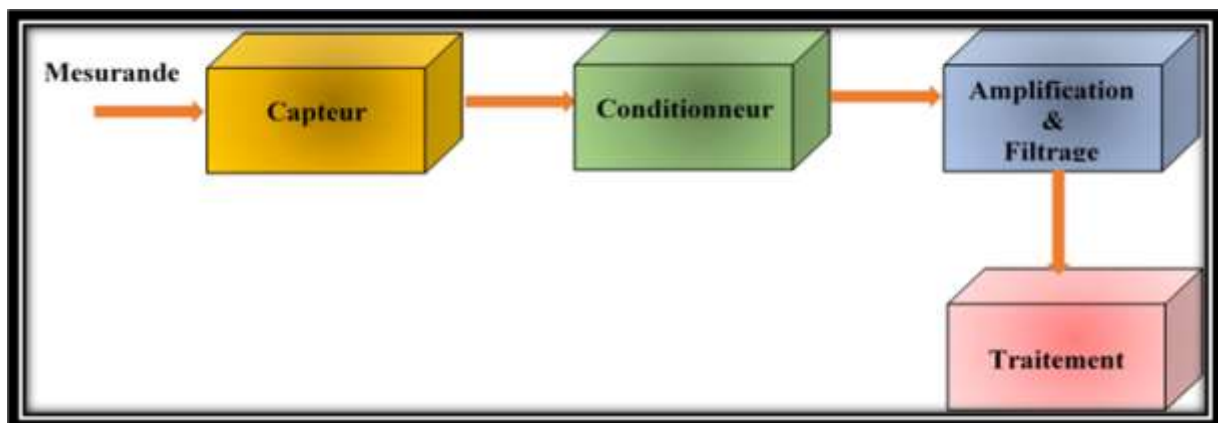


Figure (II.10) : Structure globale d'une chaîne de mesure

Quelque soit le domaine d'emploi, un capteur n'est pas utilisé seul, il intervient dans une chaîne dite chaîne de mesure

Cette chaîne de mesure est constituée : du capteur associé dans le cas d'un capteur passif à un conditionneur, d'un dispositif d'amplification et de filtrage et d'un organe de traitement

#### II.5.1 Conditionneur :

Le conditionneur a pour rôle d'apporter l'énergie nécessaire pour transformer la variation d'impédance en une grandeur électrique. Il s'agit pour les capteurs résistifs soit d'un

montage diviseur de tension ou potentiométrique soit d'un pont de Weasthorne . Dans le cas des capteurs inductifs ou capacitifs, il est possible d'employer des oscillateurs.

Remarque :

*S'il s'agit de capteur actif, il n'est pas nécessaire d'utiliser un conditionneur, le signal issue est identique à celui issue d'un générateur*

### II.5.2 Amplification et filtrage :

☞ **Amplification** : Dans le cas des capteurs passifs et actifs, les signaux obtenus ont la particularité d'être d'amplitude faible, il est donc nécessaire d'amplifier le signal afin que les niveaux soit compatible avec l'organe de traitement.

L'amplification doit posséder des caractéristiques propres au domaine capteur en termes d'impédance et de réjection de mode commun

☞ **Filtrage** : Le filtrage est nécessaire pour éliminer une partie du bruit et dans le cas où l'organe de traitement est un organe numérique pour limiter la bande passante.

### II.5.3 Traitement :

Le cas de l'organe numérique est le cas le plus courant. Cet organe numérique peut être constitué d'un ordinateur, c'est-à-dire une machine de traitement équipée d'un système d'exploitation sur lequel fonctionne un logiciel de traitement comme Labview par exemple.

Le traitement consiste à effectuer une acquisition de données puis un traitement : mise à l'échelle, traitement statistique ou autres.

Ce type de structure se trouvera dans le domaine du mesurage ou de la qualité. Dans le domaine du contrôle de processus, l'organe de traitement sera le plus souvent constitué d'un API ou d'un microcontrôleur. Le rôle de ces organes sera alors de réaliser l'acquisition des données et de calculer la commande à appliquer.

## II.6 Caractéristiques des Capteurs [7] :

Les propriétés des capteurs sont généralement divisées en deux types : les propriétés statiques et les propriétés dynamiques :

### II.6.1. Caractéristiques statiques

Les caractéristiques statiques d'un capteur décrivent la relation entre le signal de sortie et le signal d'entrée du capteur. Les principales caractéristiques statiques du capteur sont [2] :

- Sensibilité : Elle détermine l'évolution de la grandeur de sortie en fonction de la grandeur d'entrée en un point donné.
- Stabilité : La stabilité est la capacité d'un capteur à maintenir ses performances dans le temps.
- Seuil : lorsque l'entrée du capteur est lentement augmentée à partir de zéro, la sortie change de manière observable après avoir atteint une certaine valeur.
- Plage de mesure : il s'agit de la plage de valeurs qu'un capteur peut mesurer avec précision.
- Résolution : c'est le plus petit changement de grandeur mesurable ou détecté par le capteur.
- Précision : la précision est le degré auquel les mesures d'un capteur correspondent à la valeur réelle de la quantité mesurée.
- Linéarité : c'est l'écart auquel la sortie d'un capteur est proportionnelle à l'entrée.
- Répétabilité : c'est la capacité d'un capteur à produire la même sortie pour la même entrée dans les mêmes conditions.
- Bruit : le bruit est la variation indésirable de la sortie d'un capteur qui n'est pas due à des modifications de l'entrée.
- Finesse : Elle permet d'estimer l'influence que peut avoir le capteur et de son support ou de ses liaisons sur la grandeur à mesurer. Par exemple, dans le cas d'un capteur de température, une capacité calorifique importante réduit sa finesse.
- Fréquence de résonance : Un capteur possède une réponse qui peut dépendre de la fréquence de la grandeur mesurée. Lorsqu'il existe une fréquence à laquelle la réponse est particulièrement élevée, celle-ci est appelée fréquence de résonance.

### II.6.2. Caractéristiques dynamiques

Les caractéristiques dynamiques du capteur représentent la réponse temporelle du système de détection. Sachant que ces éléments sont essentiels pour utiliser efficacement les capteurs, nous mentionnons les plus importants :

- L'erreur en régime permanent : c'est l'écart entre la valeur réelle en régime permanent et la valeur attendue. Il peut être corrigé par étalonnage.

- Temps : est le temps qu'il faut à un capteur pour produire une sortie en réponse à une modification de l'entrée, plus la réponse est rapide, plus il produit une sortie rapidement
- Bande passante : La bande passante est la gamme de fréquences auxquelles un capteur peut répondre.
- Filtrage : Le filtrage est le processus de suppression des signaux indésirables de la sortie d'un capteur.
- Capacité de surcharge : est le niveau d'entrée maximal qu'un capteur peut gérer sans être endommagé.
- Non-linéarité : est la déviation de la sortie d'un capteur par rapport à une ligne droite lorsque l'entrée est modifiée.
- Réponse transitoire : La réponse transitoire est le temps qu'il faut à un capteur pour se stabiliser après un changement soudain de l'entrée.

### II.7 Conclusion :

Dans ce chapitre, en manière générale nous donnons le principe et fondamentale des capteurs , tel que définition les type et les catégories et finalement en termine avec les caractéristique, pour apte de comprendre les capteurs (**information**) qui et exploitant de notre station d'environnements, qu'il faut injecté dans la carte Arduino de type ESP 32.

### Référence :

[1] <https://www.techno-science.net/definition/3690.html>

[2] <http://produ.chez.com/cap/index.htm>

[3] Georges Hasch, Les capteurs en instrumentation industrielle

[4] [http://meteosat.pessac.free.fr/Cd\\_elect/perso.club](http://meteosat.pessac.free.fr/Cd_elect/perso.club)

[5] Université Batna 2 Capteur intelligent

[6] [philippe.meyne@univ-paris12.fr](mailto:philippe.meyne@univ-paris12.fr) Généralité sur les capteurs

[7] Leila Gharbi Ernez École Nationale d'Ingénieurs de Tunis Février 2015

## CHAPITRE III

### III.1 Introduction :

Avec l'évolution de la technologie électronique, la création de systèmes basés sur des circuits d'électroniques et devenue très simple et facile, grâce aux cartes de développement aux modules programmables qui permettent d'effectuer plusieurs fonctions dans la même système. Dans ce chapitre ont récapitulé l'architecture sur ESP32.

### III.2. Historique d' ESP32 :

L'ESP32 est un microcontrôleur développé par la société chinoise Espressif Systems. Il s'agit de la deuxième génération de microcontrôleurs Wifi et Bluetooth de l'entreprise, succédant à l'ESP8266. L'ESP32 a été annoncé pour la première fois en septembre 2016 et est entré en production en décembre 2016.

Le développement de l'ESP32 a débuté en 2013, avec l'objectif de créer un microcontrôleur à faible consommation d'énergie avec des fonctionnalités avancées de connectivité sans fil, telles que le Wifi et le Bluetooth. Espressif Système a également cherché à améliorer les performances de traitement du microcontrôleur, en intégrant un processeur plus puissant que celui de l'ESP8266 [1].

### III.3 Comparaison ESP 32 arduino :

Le tableau suivant illustre comparaison de différentes caractéristiques entre l'esp32 et arduino

Paramètres	Arduino Uno	ESP32
Processeur	ATmega 328 8bits	Processeur double coeur Tensilica Xtensa LX6
Memoire	2Ko de RAM	520 Ko de RAM
I/O portes	14 broches d'E/S numérique et broches d'entrée analogique	36 broches GPIO permettant en charge les signaux analogiques ,SPI,I2C,UARTetc
Bluetooth	Aucun	BLE et bluetooth classique
wifi	Aucun	2.4G WIFI
Tension de fonctionnement	5V	3.3V
Langage de programmation	C/C++	C/C++/MicroPython

**Tableau (III.1) :** Comparaison entre carte arduino Uno et ESP32 [2]

### III.4. Les type de carte ESP32

Il existe de nombreux types de cartes ESP32 disponibles sur le marché, chacune avec ses propres spécifications et fonctionnalités. Voici quelques exemples :

- **ESP32-WROOM-32** : Cette carte est une puce système intégrée qui combine un processeur à double cœur à 32 bits, une connectivité WiFi et Bluetooth, des interfaces Ethernet, des interfaces de caméra et des capacités de traitement de signal numérique avancées. C'est la référence de l'ESP32.
- **ESP32 DevKitC** : Cette carte de développement est équipée d'un connecteur micro-USB pour la programmation et le débogage, ainsi que d'un module ESP32- WROOM-32 intégré. Elle est compatible avec l'IDE Arduino et MicroPython.
- **NodeMCU-32S** : Cette carte de développement dispose d'un module ESP32- WROOM-32 intégré, ainsi que d'un support pour la connectivité WiFi, Bluetooth et Ethernet. Elle est également compatible avec l'IDE Arduino et MicroPython.
- **ESP32-PICO-KIT** : Cette carte de développement compacte est équipée d'un module ESP32-PICO, qui est une puce système intégrée similaire à l'ESP32-WROOM-32. Elle dispose d'une interface micro-USB pour la programmation et le débogage, ainsi que d'un ensemble de broches GPIO pour l'interface avec d'autres périphériques.
- **ESP32-S2-Kaluga-1** : Cette carte de développement est basée sur l'ESP32-S2, qui est une version plus récente de l'ESP32 avec des fonctionnalités de connectivité améliorées. Elle dispose d'un écran LCD couleur intégré, d'un capteur de lumière ambiante, d'un capteur de température et d'humidité, ainsi que de diverses interfaces de connectivité telles que le WiFi, Bluetooth et Ethernet. [1]

### III.5.Choix d'ESP32

Il y a beaucoup de micro-contrôleurs disponibles sur le marché comme BX-24 Phidgets, Netmedia Raspberry Pi Basic Stamp et Parallax et tous ont des capacités puissantes et la capacité de commander divers composants électroniques. Bien sûr, avec un taux de préférence différent, mais cette distinction de l'Arduino est un ensemble de choses qui font la différence entre elle et l'autre plus important :

La sélection de ESP32 est basée sur les points suivants :

- ❖ **Simplicité** : la carte ESP32 est conçue pour satisfaire les besoins de chacun (chercheurs, professeurs, étudiants et même amateurs).
- ❖ **Auto-assemblage** : nous pouvons télécharger la fiche technique privée gratuite Arduino sur le site officiel et acheter les pièces et l'installer nous-mêmes.

❖ **Multiplateforme** : Le programme Arduino dispose de la possibilité de travailler sous Windows, Mac OS, Linux.

❖ **Un environnement logiciel simple et convivial** : l'environnement de programmation conçu pour faciliter la tâche des nouveaux venus.[1]

### III.6 ESP32-WROOM-32

#### III.6.1 Présentation ESP32-WROOM-32 :

ESP32-WROOM-32 est un puissant module MCU générique Wi-Fi+BT+BLE. C'est une série de microcontrôleurs de type système sur une puce (SoC) d'Espressif Systems, basé sur l'architecture Xtensa LX6 de Tensilica, intégrant la gestion du Wi-Fi et du Bluetooth en mode double, et un DSP. C'est une évolution d'ESP8266.

Il est conçu pour l'électronique portable et mobile, et les Applications de l'Internet des objets (IoT). Allant des réseaux de capteurs bas puissance aux tâches les plus exigeantes, telles que l'encodage de la voix, la diffusion de musique en continu et le décodage MP3. Au cœur de ce module se trouve la puce ESP32-D0WDQ6\*. La puce intégrée est conçue pour être évolutive et adaptative. Il y a deux cœurs de CPU qui peuvent être contrôlés individuellement, et la fréquence d'horloge de CPU est réglable de 80 MHz à 240 MHz. L'utilisateur peut également éteindre l'unité centrale et utiliser le coprocesseur à faible consommation d'énergie pour surveiller en permanence les périphériques à la recherche de changements ou de franchissements de seuils. ESP32 intègre un ensemble riche de périphériques, allant de capteurs tactiles capacitifs, capteurs Hall, interface de carte SD, Ethernet, SPI haute vitesse, UART, I<sup>2</sup>S et I<sup>2</sup>C[3]



Figure (III.1) : Photo l'esp 32 wroom

#### III.6.2.Fonctionnalités de la carte ESP32 WROOM

L'ensemble se résume sur la figure et le tableau suivant

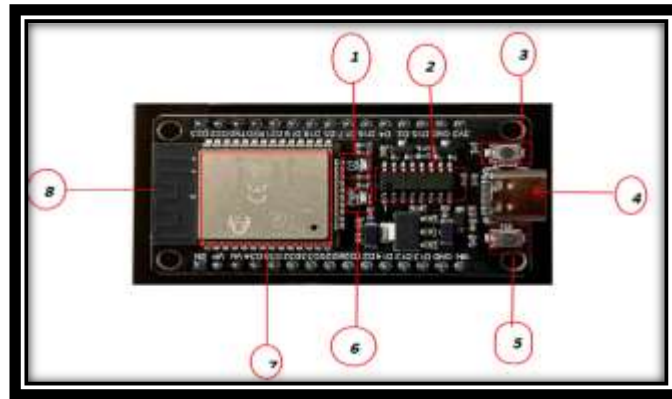


Figure (III.2) : Fonctionnalités de carte esp 32 wroom

1	LED bleu (connecté au pin 2 numérique)
2	CP2102(USB to UART)
3	Bouton BOOT (charger le firmware (flashage))
4	Connecter (Micro-USB type C )
5	Bouton ENABLE (intialiser la carte)
6	LED rouge (indiquant que la carte est alimentée en courant)
7	Microcontrôleur ESP -WROOM-32
8	Antenne wifi

Tableau (III.2) : Fonctionnalités de carte esp 32 WROOM

### III.6.3 Architecture microcontrôleur l'ESP32-WROOM-32

Un microcontrôleur est généralement composé de trois éléments :

- ☞ Unité centrale de traitement
- ☞ Mémoires (mémoire morte et mémoire vive),
- ☞ Portes d'entrée et de sortie.

Un microcontrôleur est un circuit électronique intégré qui comprend un processeur, de la mémoire et des interfaces d'entrée/sortie. Il est programmable et est utilisé pour contrôler les opérations d'un système électronique. Les microcontrôleurs sont souvent utilisés dans des applications embarquées telles que les systèmes de contrôle de température, les systèmes d'éclairage, les systèmes de sécurité, les systèmes de surveillance et les appareils électroménagers. Les avantages des microcontrôleurs sont leur faible coût, leur faible consommation d'énergie et leur petite taille [1]

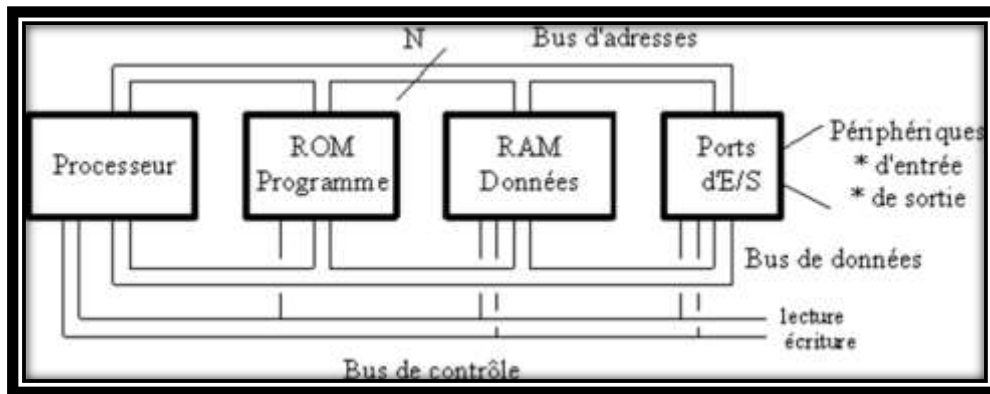


Figure (III. 3) : Schéma fonctionnel d'un microcontrôleur

### III.6.3.1 Caractéristique le microcontrôleur ESP32-WROOM-32 :

☞ Équipé de deux cœurs de processeur Xtensa LX6 32 bits cadencés jusqu'à 240 MHz, ce qui lui permet d'exécuter des applications de traitement lourd tout en consommant peu d'énergie. Il dispose également de 4 Mo de mémoire flash intégrée pour le stockage de programmes et de données, ainsi que de 520 Ko de SRAM pour l'exécution de programmes.

☞ En ce qui concerne la connectivité sans fil, le microcontrôleur ESP32-WROOM-32 prend en charge le Wi-Fi 802.11 b/g/n/e/i (2,4 GHz) avec des taux de transfert allant jusqu'à 150 Mbps, ainsi que le Bluetooth v4.2 BR/EDR et BLE pour la communication sans fil avec d'autres appareils.

☞ Dispose également d'une variété d'interfaces de périphériques, telles que l'UART, le SPI, l'I2C, l'I2S, le PWM, l'ADC et le DAC, qui peuvent être utilisées pour communiquer avec une large gamme de périphériques tels que des capteurs, des actionneurs et des modules d'affichage.[1]



Figure (III.4) : Microcontrôleur l'ESP32-WROOM-32[3]

### III.6.3.2 CPU et mémoire interne

- ESP32 contient deux microprocesseur(s) LX6 Xtensa 32 bits basse puissance Fonctionnant à 160Mhz ou 240 Mhz
- La mémoire interne de l'ESP32 comprend :
  - ✓ 448 Ko de ROM pour le démarrage et les fonctions principales
  - ✓ 520 Ko de SRAM sur puce pour les données et les instructions
  - ✓ 8 Ko de SRAM dans RTC, qui est appelé RTC FAST Memory et peut être utilisé pour le stockage de données ; elle est accédée par le CPU principal pendant le démarrage RTC à partir du mode Deep-sleep.
  - ✓ 8 Ko de SRAM dans RTC, appelée RTC SLOW Memory et accessible par le coprocesseur ULP pendant le mode Veille profonde
  - ✓ 1 Kbit de Fusible : 256 bits sont utilisés pour le système (adresse MAC et configuration de la puce) et le reste 768 bits sont réservés aux applications client, y compris le cryptage flash et l'ID de puce. [3]

### III.6.3.3 Connectivité sans-fil :

- ✓ Wi-Fi : 802.11 b/g/n ;
- ✓ Bluetooth ;

### III.6.3.4 Interfaces des périphériques :

La figure suivant représente les différents interfaces E/S et les périphérique

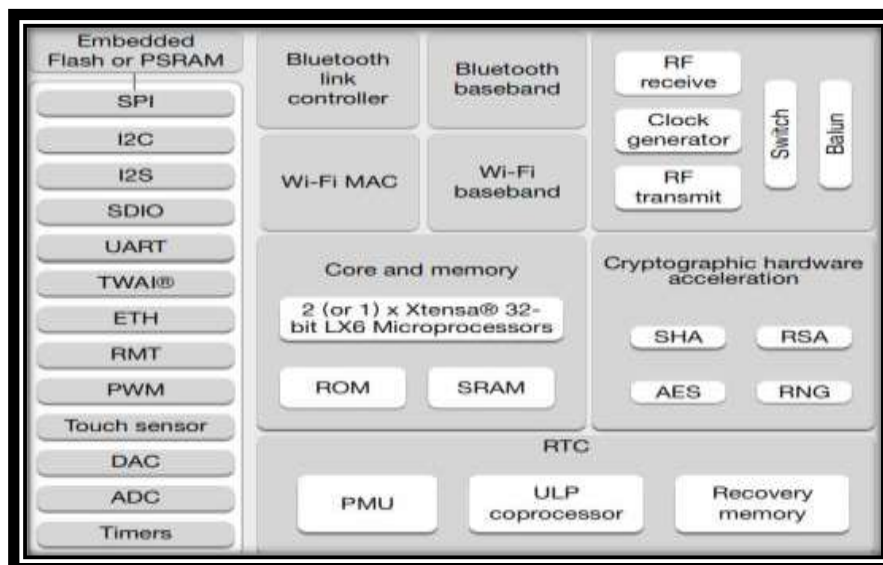


Figure (III.5) : Le schéma fonctionnel d'ESP32

#### a) Interface d'entrée/sortie à usage général (GPIO) :

ESP32 a 30 broches GPIO qui peuvent être assignées à diverses fonctions en programmant les registres appropriés. Il existe plusieurs types de GPIO : numérique uniquement, analogique, capacitif-touché-activé, etc. Les GPIO à activation analogique et les GPIO à activation tactile capacitive peuvent être configurés en tant que GPIO numériques.

☞ **Convertisseur analogique numérique (ADC):**

ESP32 intègre des ADC à 12 bits et prend en charge les mesures sur 18 canaux (broches analogiques). Le coprocesseur ULP d'ESP32 est également conçu pour mesurer la tension, tout en fonctionnant en mode veille, ce qui permet une faible consommation d'énergie. Le CPU peut être réveillé par un réglage de seuil et/ou par d'autres déclencheurs. Avec des paramètres appropriés, les CAN peuvent être configurés pour mesurer la tension sur 18 broches maximum.

☞ **Convertisseur numérique analogique (DAC):**

Deux canaux DAC 8 bits peuvent être utilisés pour convertir deux signaux numériques en deux sorties de signaux de tension analogiques. La structure de conception est composée de chaînes de résistances intégrées et d'un tampon. Ce double CNA prend en charge l'alimentation comme référence de tension d'entrée. Les deux canaux DAC peuvent également supporter des conversions indépendantes.

☞ **Capteur tactile :**

ESP32 possède 10 GPIO à détection capacitive, qui détectent les variations induites par le contact ou l'approche des GPIOs avec un doigt ou d'autres objets. Le faible bruit de conception et la grande sensibilité du circuit permettent d'utiliser des plots relativement petits. On peut également utiliser des jeux de plaquettes, de sorte qu'une zone plus grande ou plusieurs points puissent être détectés.

**b) Interface SPI (Serial Peripheral Interface):**

ESP32 dispose de trois SPI (SPI, HSPI et VSPI) en mode esclave et maître en mode de communication 1 ligne full-duplex et 1/2/4 ligne half-duplex. Ces SPI prennent également en charge les fonctionnalités SPI générales suivantes :

- Quatre modes de format de transfert SPI, qui dépendent de la polarité (CPOL) et de la phase (CPHA) de l'horloge SPI
- Jusqu'à 80 MHz (La vitesse réelle qu'il peut atteindre dépend des patins sélectionnés, du traçage des circuits imprimés, des caractéristiques périphériques, etc.)

- Jusqu'à 64 octets FIFO Tous les SPI peuvent également être connectés au flash externe / SRAM et LCD. Chaque SPI peut être servi par des contrôleurs DMA.

### **c) Interface I2C :**

ESP32 possède deux interfaces de bus I2C qui peut servir en tant que maître ou en esclave, selon la configuration de l'utilisateur. Les interfaces I2C prennent en charge un mode standard (100 Kbit/s) et mode rapide (400 Kbit/s)

### **d) Universal Asynchronous Receiver Transmitter (UART) :**

Émetteur récepteur asynchrone universel (UART). ESP32 a trois interfaces UART : UART0, UART1 et UART2, qui fournissent une communication asynchrone (RS232 et RS485), communiquant à une vitesse allant jusqu'à 5 Mbps. UART assure la gestion matérielle des signaux CTS et RTS et le contrôle de flux logiciel (XON et XOFF). Toutes les interfaces sont accessibles par le contrôleur DMA ou directement par le CPU.

### **e) Interface MAC Ethernet :**

Un contrôleur d'accès au support (MAC) compatible IEEE-802.3-2008 est fourni pour les communications LAN Ethernet. ESP32 nécessite un périphérique d'interface physique externe pour se connecter au bus LAN physique (paire torsadée, fibre, etc.). Le périphérique d'interface physique externe est relié à ESP32 par 17 signaux de MII ou neuf signaux de RMII. Les fonctionnalités suivantes sont prises en charge sur l'interface Ethernet MAC (EMAC)

### **f) contrôleur infrarouge distant (TX/RX, jusqu'à 8 canaux)**

La télécommande infrarouge prend en charge huit canaux de transmission et de réception infrarouge à distance. En programmant la forme d'onde de l'impulsion, il supporte divers protocoles infrarouges. Huit canaux partagent un bloc de mémoire de 512 x 32 bits pour stocker la forme d'onde d'émission ou de réception.

- ❖ Bus de données CAN 2.0 ;
- ❖ Moteur PWM ;
- ❖ LED PWM (jusqu'à 16 canaux) ;
- ❖ Capteur à effet Hall ;
- ❖ préamplificateur analogique ultra-basse consommation ; [3]

### **III.6.3.5. Sécurité**

- ✓ Standard de sécurité supportant complètement IEEE 802.11, incluant WPA/WPA2 et WAPI de WFA ;
- ✓ Secure boot (démarrage sécurisé) ;
- ✓ Chiffrement de la Flash ;
- ✓ 1024-bit OTP, jusqu'à 768 bit pour les clients ;
- ✓ Accélération matérielle du chiffrement : AES, SHA-2, RSA, Cryptographie sur les courbes elliptiques (ECC), Générateur de nombres aléatoires (RNG) ; [3]

### III.6.3.6 Gestion de l'énergie

- ✓ Low-drop out regulator interne.
- ✓ Domaines d'alimentation individuels pour le RTC
- ✓ Alimentation en sommeil profond de 5  $\mu$ A ;
- ✓ Réveil depuis des interruptions GPIO, timer, mesure ADC, interruption du capteur de
- ✓ touché capacitif.

### III.7 Brochage du module ESP32 :

Alors en peut résumer le brochage de  $\mu$ c et leurs périphériques l'ESP 32 WROOM sur le tableau suivant :

Type de broche	Exemples GPIO	Fonction principale
<b>Alimentation</b>	3.3V, GND	Fournit la tension (3.3V) et la masse (GND).
<b>Entrée analogique (ADC)</b>	GPIO32 à 39	Lire des signaux analogiques (capteurs, potentiomètre...).
<b>Sortie analogique (DAC)</b>	GPIO25, 26	Générer un signal analogique (audio, tension...).
<b>Capteur tactile</b>	GPIO0, 2, 4, 12–15, 27, 32, 33	Réagit au toucher sans bouton physique.
<b>Entrée/Sortie digitale</b>	GPIO0 à GPIO33	Lire ou envoyer un signal binaire (LED, bouton...).
<b>UART (série)</b>	GPIO1 (TX), 3 (RX)	Communication série avec PC ou autres modules.
<b>SPI</b>	GPIO5, 18, 19, 23	Communication rapide avec écrans, cartes SD, etc.
<b>I2C</b>	GPIO21 (SDA), 22 (SCL)	Liaison simple avec capteurs (ex : BME280, OLED...).
<b>PWM</b>	Presque tous les GPIO	Génère des signaux PWM

		(ex :contrôler moteur, LED...).
<b>Boot/Reset</b>	<b>GPIO0, EN</b>	Utilisé pour uploader du code ou redémarrer la carte.

Tableau (III.3) : Brochage du module ESP32

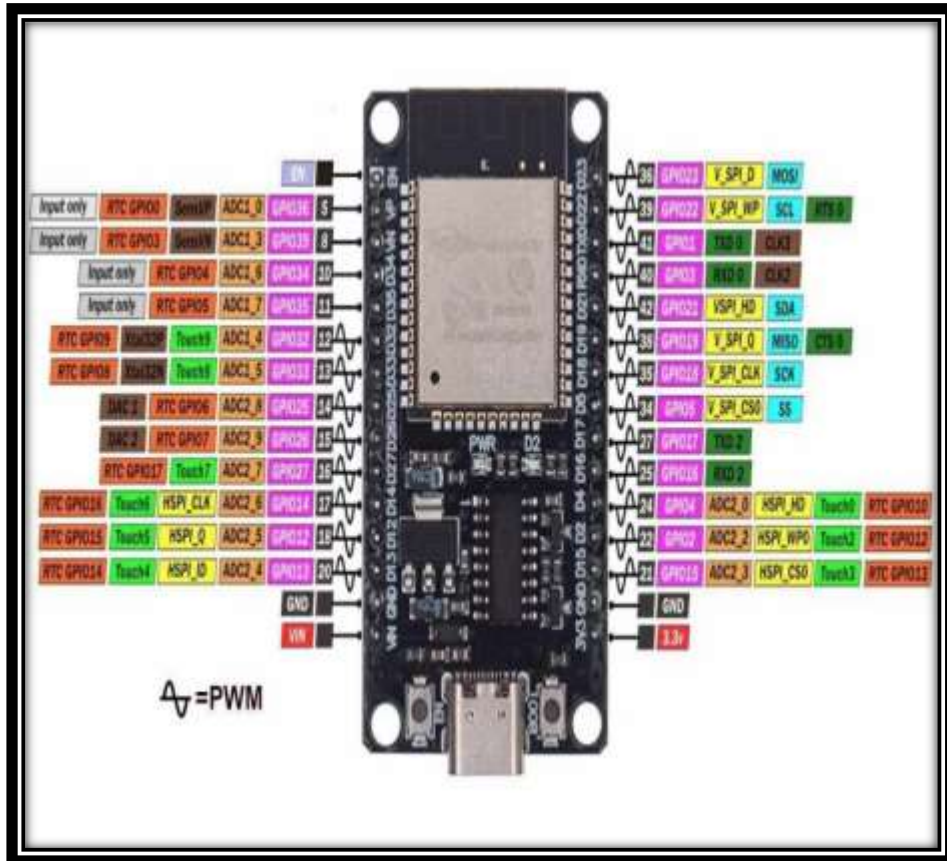


Figure (III.6) : Brochage du module ESP32 [4]

### III.8 Programmation de l'ESP32

Il existe une variété de plates-formes de développement qui peuvent être équipées pour programmer l'ESP32 :

- En script Lua, avec le firmware NodeMCU.
- En C, avec le SDK d'Espressif.
- En C, avec l'IDE Arduino.
- En JavaScript, avec le firmware Espruino.
- En MicroPython, avec le firmware MicroPython. .

Pour la programmation du l'ESP32, nous allons utiliser l'environnement de développement d'Arduino car cet IDE présente beaucoup d'avantages (Gratuit, open- source,

Multiplateforme ...), il faut installer le dernier IDE Arduino, ensuite, télécharger le contenu du référentiel ESP32-arduino et librairie qui vont permettre de compiler pour l'ESP 32 [5].

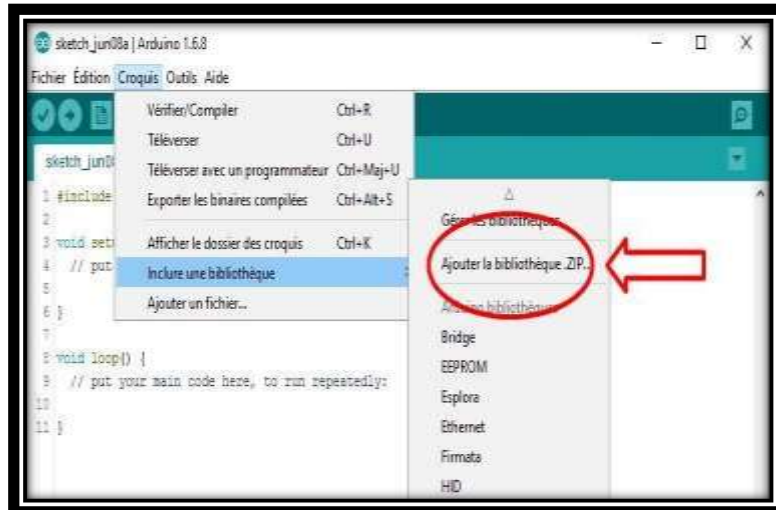
### III.8.1 Le logiciel IDE Arduino :

L'IDE Arduino (Integrated Development Environment) est l'environnement de développement intégré utilisé pour programmer les cartes Arduino. Il est open source et il est disponible gratuitement pour le système d'exploitation Windows. Il utilise une version simplifiée du langage de programmation C++, rendant ainsi la programmation des cartes Arduino accessible même aux débutants en programmation. Il comprend un éditeur de code, un compilateur, un outil de téléchargement de code vers la carte ESP-32 et une console de série pour le débogage[6].



**Figure (III.7) :** Fenêtre de travail du logiciel IDE.

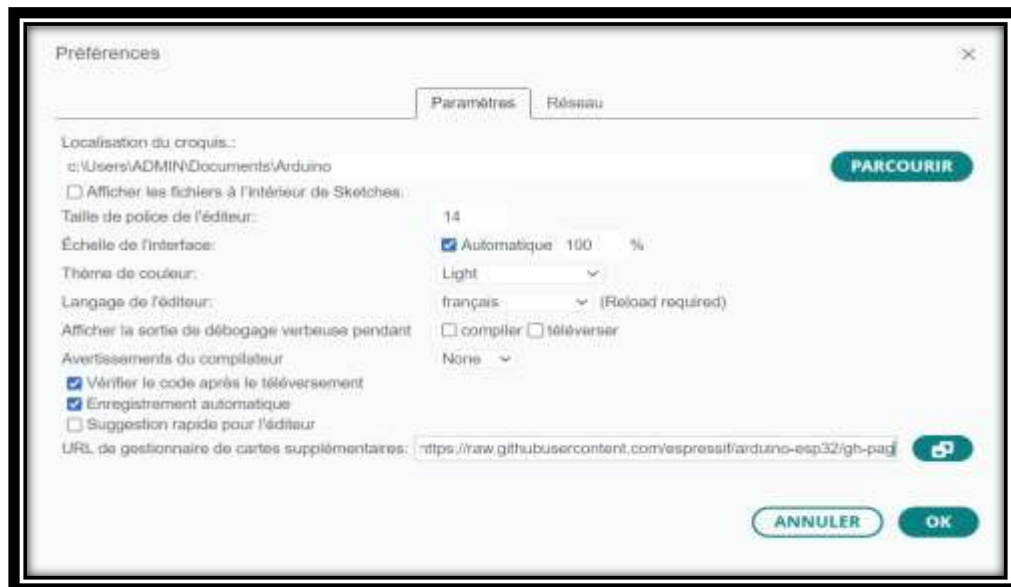
L'interface utilisateur de l'IDE Arduino est simple et intuitive, offrant une expérience utilisateur agréable pour les débutants et les utilisateurs avancés. Les utilisateurs peuvent facilement importer des bibliothèques tierces pour étendre les fonctionnalités de l'IDE et utiliser une variété de plug-ins pour améliorer leur flux de travail de développement.[6]



Figure( III.8) : Ajout de bibliothèque sur le logiciel IDE.

### III.8.1.1 Installation de l'ESP32 dans l'IDE Arduino

Important : avant de commencer cette procédure d'installation, assurez vous que la dernière version de l'IDE Arduino est installée sur votre ordinateur. Si ce n'est pas le cas, désinstallez-la et réinstallez-la. Sinon, elle risque de ne pas fonctionner.



Figure( III.9) : Ajout des bibliothèques sur le logiciel IDE.

L'ESP32 est actuellement intégré à l'IDE Arduino, tout comme cela a été fait pour l'ESP8266. Ce module complémentaire pour l'IDE Arduino vous permet de programmer l'ESP32 à l'aide de l'IDE Arduino et de son langage de programmation.

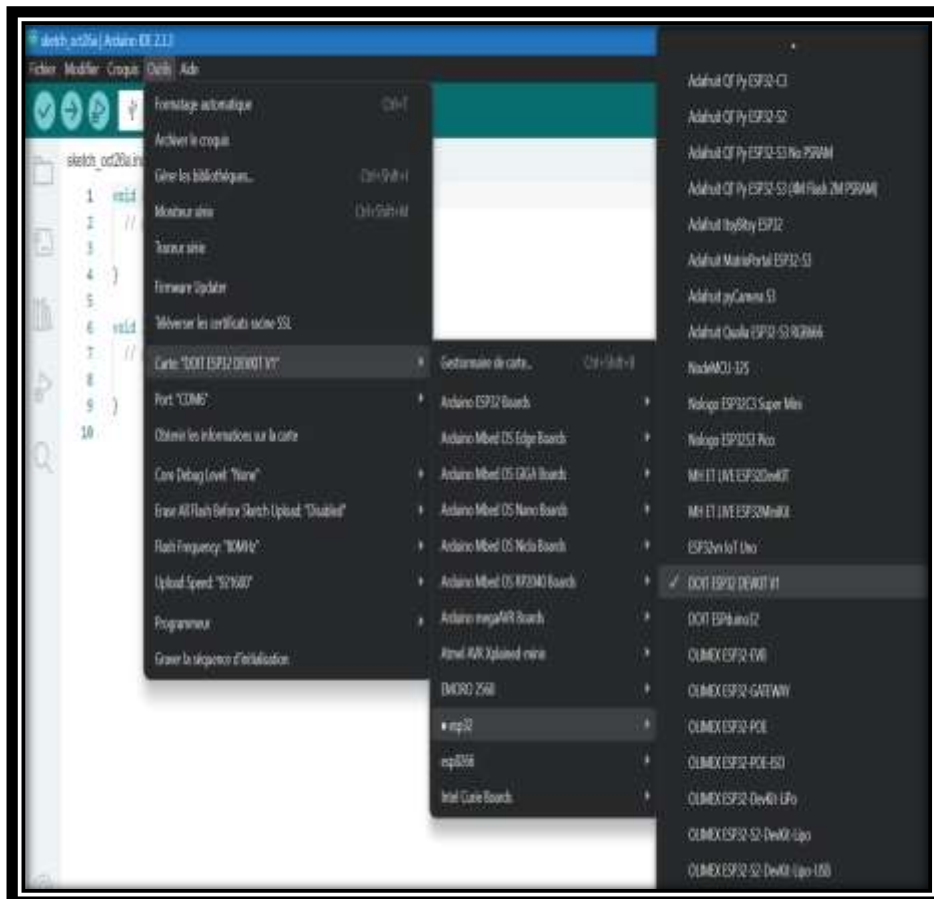
#### ➤ Installation de la carte ESP32

Pour installer la carte ESP32 dans votre IDE Arduino, suivez ces instructions suivantes :

- 1) Ouvrez la fenêtre des préférences depuis l'IDE Arduino. Allez dans Fichier
  - 2) Entrez [https://dl.espressif.com/dl/package\\_esp32\\_index.json](https://dl.espressif.com/dl/package_esp32_index.json) dans le champ « URL supplémentaires du gestionnaire de cartes » comme indiqué dans la figure ci-dessous. Cliquez ensuite sur le bouton « OK ».
  - 3) Ouvrez votre IDE; allez dans Outils; Carte puis gestionnaire de carte
  - 4) Recherchez ESP32 et appuyez sur le bouton d'installation de « ESP32 by Espressif Systems »
- » **Test de l'installation**

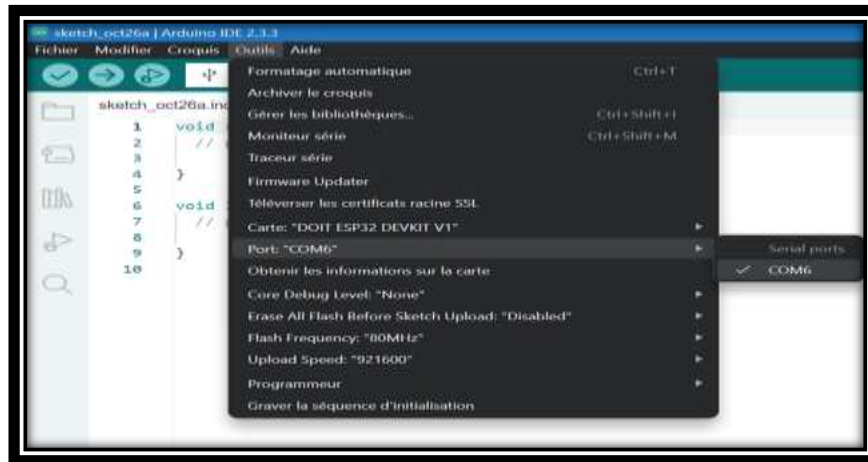
Branchez votre carte ESP32 DOIT DEVKIT V1 sur votre ordinateur. Ensuite, suivez ces étapes

- 1) Ouvrez l'IDE Arduino
- 2) Sélectionnez votre carte dans le menu Outils; Carte (dans notre cas il s'agit du DOIT ESP32 DEVKIT V1)



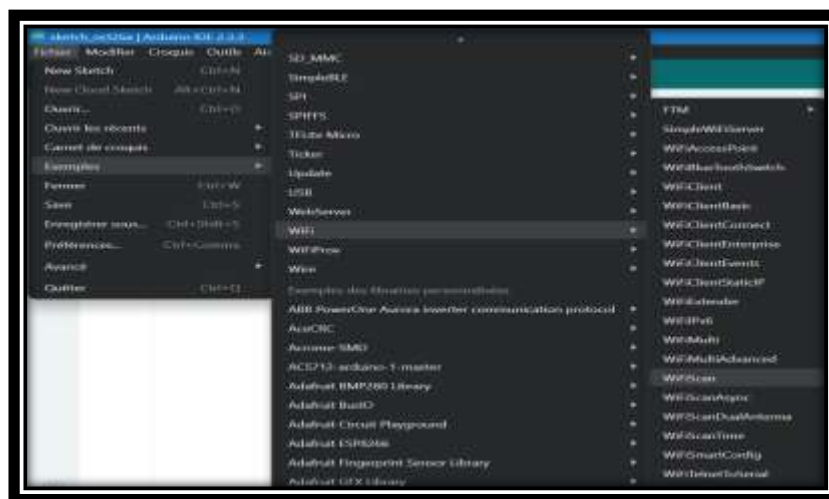
Figure( III.10) : Test d'installation sur le logiciel IDE.

- 3) Sélectionnez le port



Figure( III.11) : Sélection le port sur le logiciel IDE

4) Ouvrez l'exemple suivant sous fichier Exemples Wifi (ESP32 ) Analyse Wifi



Figure( III.12) : Ouverture l'exemple Wifi sur le logiciel IDE

5) Un nouveau croquis s'ouvre



Figure ( III.13) : Ouverture un nouveau croquis s'ouvre



Il s'agit d'un tutoriel très basique qui illustre comment préparer votre IDE Arduino pour l'ESP32 sur votre ordinateur

### **II.9 Conclusion :**

D'après ce chapitre on peut conclure que l'ESP32 a une grande sensibilité causée de lecture l'information sur 12bits, grande vitesse d'exécution, intégration Wifi plusieurs pin ADC par port arduino UNO ce qui est apte à réaliser ce projet de mémoire de fin d'étude dans le chapitre suivant

### Référence :

[1] <https://www.mouser.fr/ProductDetail/Espressif-Systems/ESP32-WROOM>

[2] Soltani Mohamed Nadir.<<WSN POUR LE MONITORING DES FEUX DE FORET>>

Mémoire de Master Université Bhadji Mokhtar Annaba 2021/2022

[3] <https://myduino.com/product/jhs-374/>

[4] Baia-Rasso Abir.<<Conception d'un système de gestion d'une cité

intelligente>>.Mémoire de Master Université Bhadji Mokhtar Annaba 2021/2022

[5] Mekhazni Yasmine, Riassa Abderrahmane.<<Réalisation d'un dispositif de mesure à multi capteurs>>Mémoire de Master Université Saad Dahlab de Blida 2022-2023

[6] <https://youpilab.com/components/backoffice/assets/documents/blogs/learn-how-to-use-the-esp32-with-youpilab.pdf>

# CHAPITRE IV

## Chapitre IV Réalisation station d'environnement à bas d'ESP32

### IV.1. Introduction

Dans ce partie on doit exploitant tous les recherches et études théoriques effectuées nous avons enfin pu passer la réalisation concrète de notre prototype, plusieurs façons de procéder sont envisageables, mais vu les contraintes matérielles et logicielles notre choix s'est porté sur la carte ESP32. Ce présent chapitre est la conception et réalisation station d'environnements dans le but d'utilisation dans domaine d'agriculture.

### IV.2 Plan de travail et matériel utilisé :

Dans notre travail on peut résume dans le Figure (IV.1) schéma fonctionnel suivant :

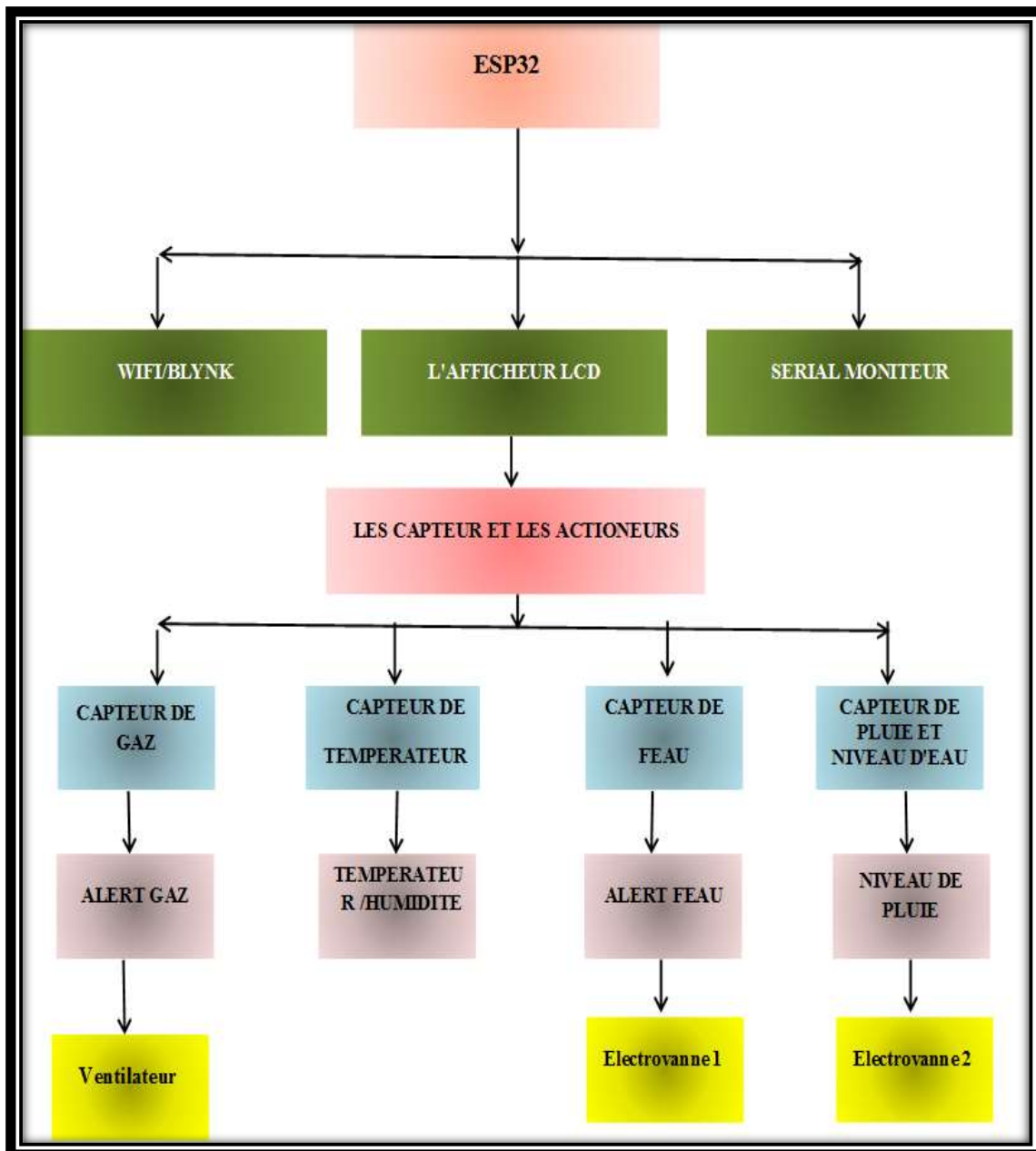


Figure (IV.1) : Schéma fonctionnel de projet réalisé

Alors on peut matérialiser notre projet de façon suivant :

## Chapitre IV Réalisation station d'environnement à bas d'ESP32

- ☞ Les capteurs
- ☞ Les prés actionneurs
- ☞ Les actionneurs
- ☞ La programmation d'ESP 32
- ☞ L'affichage

### IV.2.1 Les capteurs :

Pour construire notre station d'environnement, nous devons d'abord sélectionner des composants sensibles aux phénomènes physiques que nous voulons mesurer. Nous définissons la sélection sur les capteurs de température, d'humidité, de niveau d'eau de pluie, flamme, et de gaz.

#### IV.2.1.1 Le capteur niveau d'eau(ST045) :

Capteur de niveau d'eau Le capteur de niveau d'eau est un capteur d'identification de haut niveau / gouttelettes facile à utiliser et économique. Il est réalisé en ayant une série de fils exposés parallèles qui suivent le volume mesuré de gouttelettes / d'eau pour déterminer le niveau d'eau.

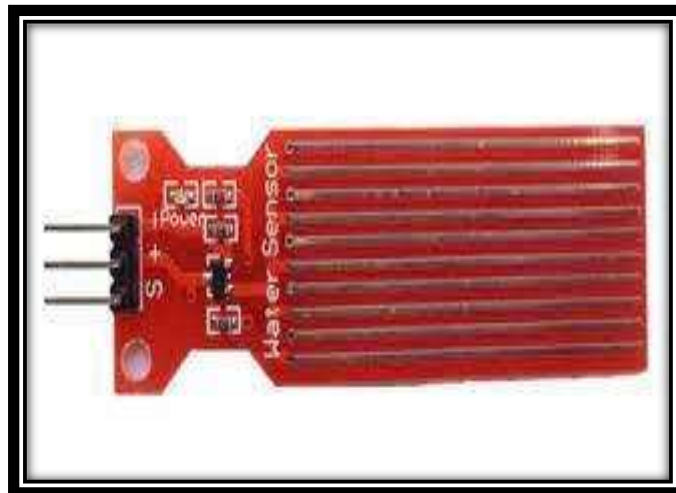


Figure (IV.2) : Capteur de niveau d'eau [1].

#### ❖ Les caractéristiques :

- ✓ Poids : 3.5g ;
- ✓ Taille : 62×20×8mm ;
- ✓ Zone de détection : 40mm×16mm ;
- ✓ Tension de travail : DC 3-5V ;
- ✓ Courant de travail : <20mA ;
- ✓ Type de capteur : Analogique/Simulation ;
- ✓ Température de fonctionnement : 10 ~ 30 celsius .

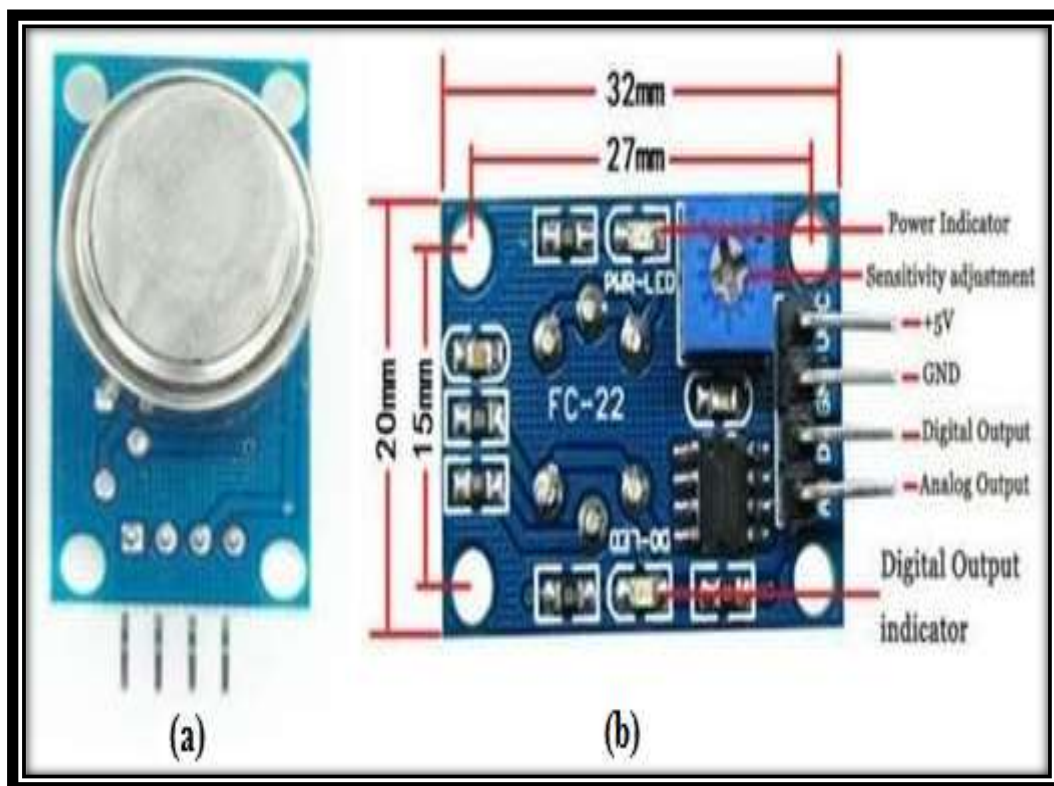
#### IV.2.1.2 Capteur qualité de l'air

## Chapitre IV Réalisation station d'environnement à bas d'ESP32

Quant à la qualité de l'air, un petit capteur très pratique nous donne un indicateur mondial de la qualité de l'air prenant en compte plusieurs facteurs dont le niveau de CO<sub>2</sub>, alcoolique et monoxyde de carbone.

Le détecteur MQ135 permet de mesurer la qualité de l'air. Ce capteur est sensible aux principaux contaminants atmosphériques. Il est sensible aux concentrations de CO<sub>2</sub>, d'alcool, de benzène, de NO<sub>x</sub> et de NH<sub>3</sub> [2].

Le MQ135 est très économique et utilise du SnO<sub>2</sub> dont la conductivité est moins élevée en présence d'air "pur". La conductivité augmentera en même temps que la pollution atmosphérique. Convertir un signal de sortie correspondant à la concentration gazeuse. Il est sensible aux gaz ammoniacaux, à l'oxyde d'azote, au benzène, à la fumée, au CO<sub>2</sub> et à d'autres gaz nocifs.



**Figure (IV.3) :** (a) Vue de face et vue de dos de capteur utilisé MQ-135 (b) : conditionneur de capteur

### Caractéristiques

- Sorties : Analogiques et numérique tout ou rien selon un seuil réglable
- Le module possède un indicateur LED de l'état de la sortie numérique
- Détecte NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, alcool, benzène, fumée et CO<sub>2</sub>
- Haute sensibilité: 10 – 300 ppm NH<sub>3</sub>, 10 – 1000 ppm Benzène, 10 – 300 ppm Alcool
- Plus la concentration est importante plus la sortie analogique est élevée
- Stable et longue durée de vie

Le tableau suivant représente les différents niveaux de pollution atmosphérique

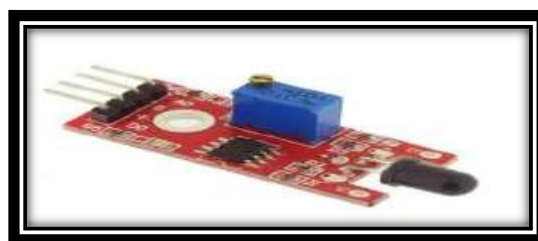
## Chapitre IV Réalisation station d'environnement à bas d'ESP32

IQA	Niveau de pollution d'air	Impact sur la santé
0-50	BON	La qualité de l'air est jugée satisfaisante et la pollution de l'air pose peu ou pas de risque.
50-100	Modéré	la qualité de l'air est acceptable.
101-150	Mauvais pour les groupes sensibles	la qualité de l'air est acceptable; pour certains polluants; il peut y avoir un problème de santé modérée pour un très petit nombre de personnes qui sont particulièrement sensibles à la pollution de l'air
151-200	mauvais	Tout le monde peut commencer à ressentir des effets sur la santé, les membres des groupes sensibles peuvent ressentir des effets de santé plus graves
201-300	Très mauvais	Avertissement de santé de conditions d'urgence .toute la population est plus susceptible d'être affecté
300+	Dangereux	Alerte de santé :tout le monde peut ressentir des effets de santé plus graves.

**Tableau (IV.1) :** Les niveaux de pollution d'air [2]

### IV.2.1.3 Capteur de flamme :

Un détecteur de flamme est un capteur conçu pour détecter la présence d'une flamme ou d'un incendie, dans les environnements extrêmement dangereux. Il détecte le rayonnement Infrarouge émis par le feu ou par toute source lumineuse et le convertit en signaux analogiques et numériques que le microcontrôleur peut traiter



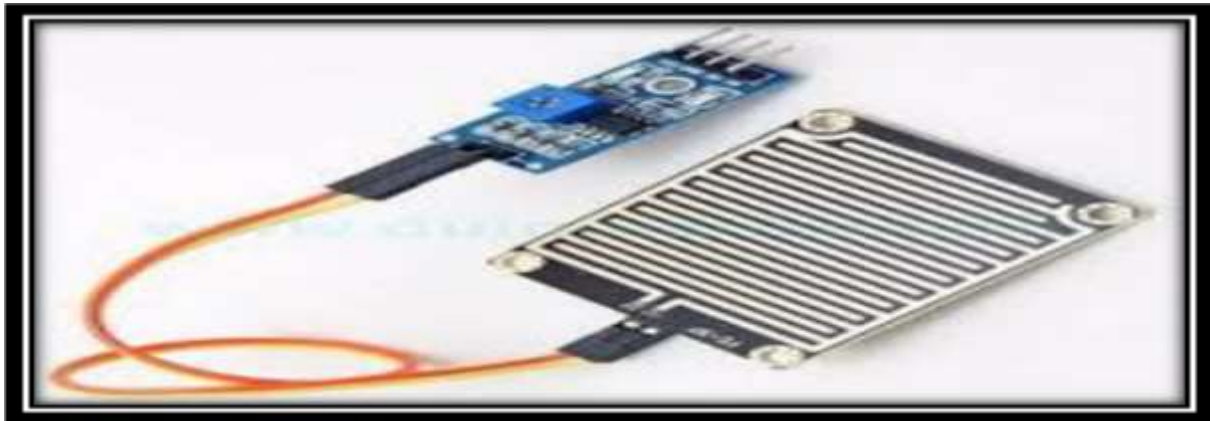
**Figure (IV.4) :** Photo capteur de flamme [3]

## **Chapitre IV Réalisation station d'environnement à bas d'ESP32**

Il existe plusieurs types de capteurs de flamme tels que les détecteurs composés de capteurs Ultra-Violet, détecteurs dotés de capteurs Infra-Rouge et les détecteurs combinant IR et UV. Certains d'entre eux déclenchent une alarme, et d'autres peuvent activer un système d'extinction d'incendie ou désactiver une conduite de combustible [3].

### **IV.2.1.4 Capteur de pluie :**

Ce capteur utilise deux matériaux de hautes qualités sur une plaque de 5,5 x 4,0 cm<sup>2</sup>,



**Figure (IV.5) :** Capteur de pluie [4].

Protégé contre les oxydations tout en optimisant la conductivité, la durée de vie ainsi que les performances. La sortie du comparateur délivre un courant de plus de 15mA dont le seuil est ajustable via un potentiomètre

#### **➤ Caractéristiques :**

Tension d'alimentation : 3,3V à 5V.

Le PCB du comparateur mesure 3.2 cm x 1.5 cm.

Il est composé de 2 parties :

La carte électronique qui gère le fonctionnement.

La plaque de détection de pluie.

La plaque permet, au contact de l'eau, de faire passer le courant. Le capteur dispose de 2 sorties .[14]:

D<sub>0</sub>: Numérique (0 ou 1)

A<sub>0</sub>: Analogique (de 0 à 4095)

V<sub>CC</sub> : 5V

Masse : GND .

### **IV.2.1.5 Capteur d'humidité et température DHT22**

Afin de contrôler la température au sein de la serre, on a intégré dans notre système un sous-système d'acquisition de température avec le capteur de température DHT22. Cette température acquise va être renvoyée vers l'utilisateur sur un affichage. Ce capteur d'humidité et de

## Chapitre IV Réalisation station d'environnement à bas d'ESP32

température est très répandu dans le contrôle de climatisation, il est constitué d'un capteur de température à base de NTC et d'un capteur d'humidité résistif, un micro contrôleur s'occupe de faire les mesures, les convertir et de les transmettre. [5]

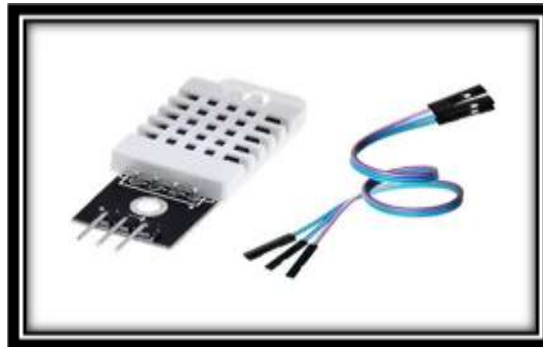


Figure (IV.6) : Capteur DHT22 d'Hy médité et température [5]

### ➤ Brochage du capteur DHT22 :

Ses 3 broches utilisées sont :

-VCC : 3.5 à 5.5V

-GND : Masse 0V

-Data : données

### ➤ Caractéristiques :

**Température** : -40 à +80 °C, précision :  $\pm 0,5$  °C

**Humidité** : de 0 à 100 % RH, précision  $\pm 2$  % RH [5]

## IV.2.2 Prés actionneurs :

### IV.2.2.1 Relais électromécaniques :

Un relais électromécanique est doté d'un bobinage en guise d'organe de commande. La tension appliquée à ce bobinage va créer un courant, ce courant produisant un champ électromagnétique à l'extrémité de la bobine (il ne s'agit ni plus ni moins que d'un électroaimant). Ce champ magnétique va être capable de faire déplacer un élément mécanique métallique monté sur un axe mobile, qui déplacera alors des contacts mécaniques.

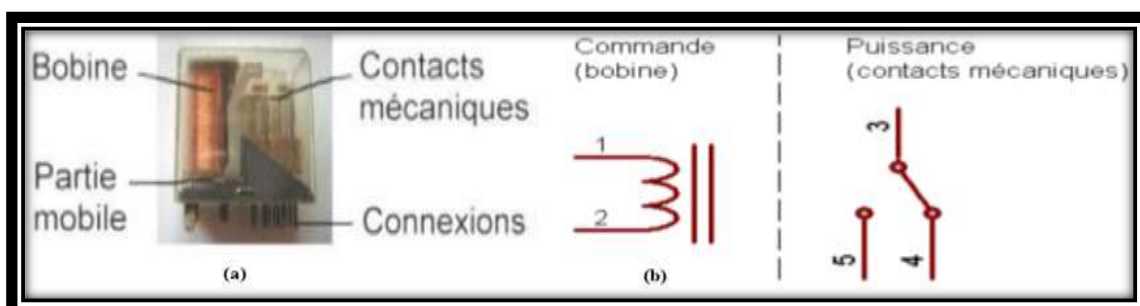


Figure (IV.7) : (a)Photo de relie électromécanique (b) Symbole de relie électromécanique

### IV.2.2.2Photo Coupleur 817 [6] :

## Chapitre IV Réalisation station d'environnement à bas d'ESP32

Une photo coupleur est un composant ou un ensemble de composants qui permet le transfert d'informations entre deux parties électroniques isolées l'une de l'autre d'un point de vue électrique. La première partie est un émetteur, et la seconde partie est un récepteur.

### Principe de fonctionnement :

Un photo coupleur repose sur une LED et un phototransistor ou une photodiode.

Lorsqu'on fait passer un courant dans la LED, elle brille (elle émet de l'infrarouge) dans un boîtier bien hermétique à la lumière.

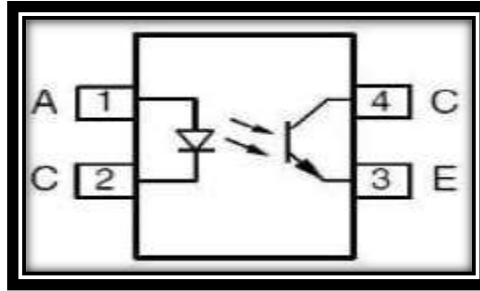


Figure (IV. 8) : Symbole d'photo coupleur PC 817.

La lumière émise par la LED est captée par le photo transistor qui devient alors passant. On peut donc transmettre un courant électrique tout en isolant électriquement. Dans son principe, le photo coupleur fait les conversions successives :

Courant électrique → Lumière infrarouge → Courant électrique.

Le rôle du photo coupleur est d'isoler les tensions 220v (circuit de puissance) et les tensions 5v (microcontrôleur) et pour éliminer l'effet ECM de relié électromagnétique

### IV.2.2.3 Circuit de puissance ULN [7] :

Les ULN2001A, ULN2002A, ULN2003 et ULN2004A sont des réseaux de Darlington à collecteur ouvert avec émetteurs communs

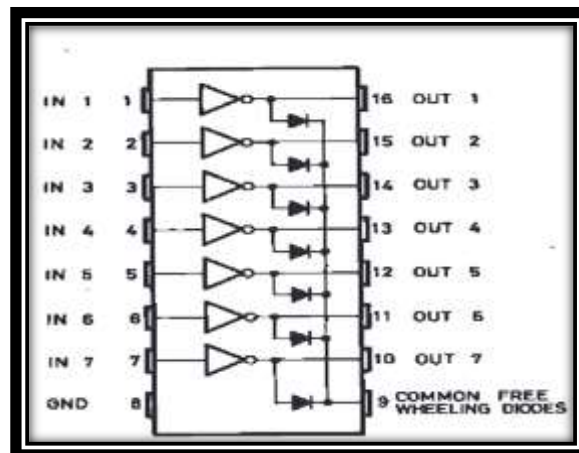


Figure (IV.9) : Pin connexion ULN 2003A. [7]

## Chapitre IV Réalisation station d'environnement à bas d'ESP32

### IV.2.3 Actionneurs :

#### IV.2.3.1 Ventilateur

Un ventilateur est un dispositif destiné à créer un vent artificiel, un courant d'air, il est exploité par un moteur à courant continu qui entraîne une hélice ou une turbine.



Figure (IV.10) : Photo d'un Ventilateur

#### IV.2.3.2 Electrovanne [8] :

Elle est composée d'un bobinage et deux bornes arrivée et sortie d'eau. Elles sont reliées à des durites. Voici un schéma représentant les principaux composants d'une électrovanne.

☞ **Etape 1** : Le corps, moulé en plastique dur, est perméable à l'eau. Ajoutez une membrane souple afin de pouvoir créer une électrovanne. L'eau s'écoule librement vers la sortie grâce à la pression 'p'. [4]

☞ **Etape 2** : En perforant le côté entré d'eau de cette membrane (généralement par 3 trous), l'eau s'écoulera vers le haut, poussant la membrane dans le sens opposé (contre la pression « f »), et ces pressions seront étant les mêmes crée un équilibre. (Elles proviennent du réseau d'eau). Cependant, quelques fuites subsistent .



Figure (IV.11) : Vue externe de l'électrovanne 2 voies [8]

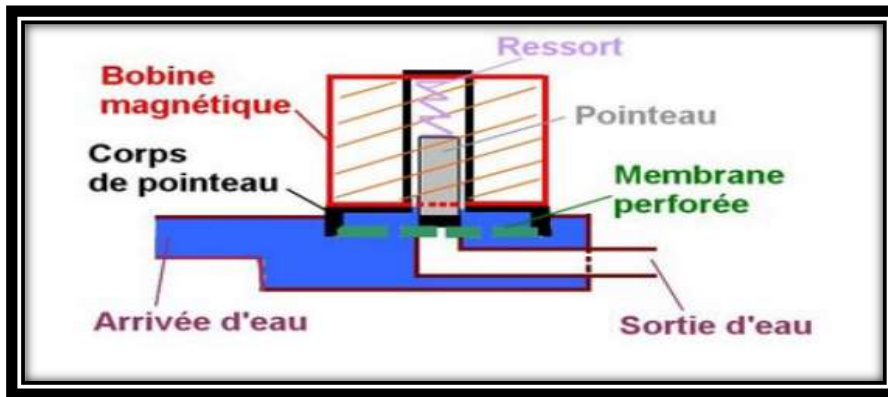


Figure (IV.12) : Schéma d'une électrovanne

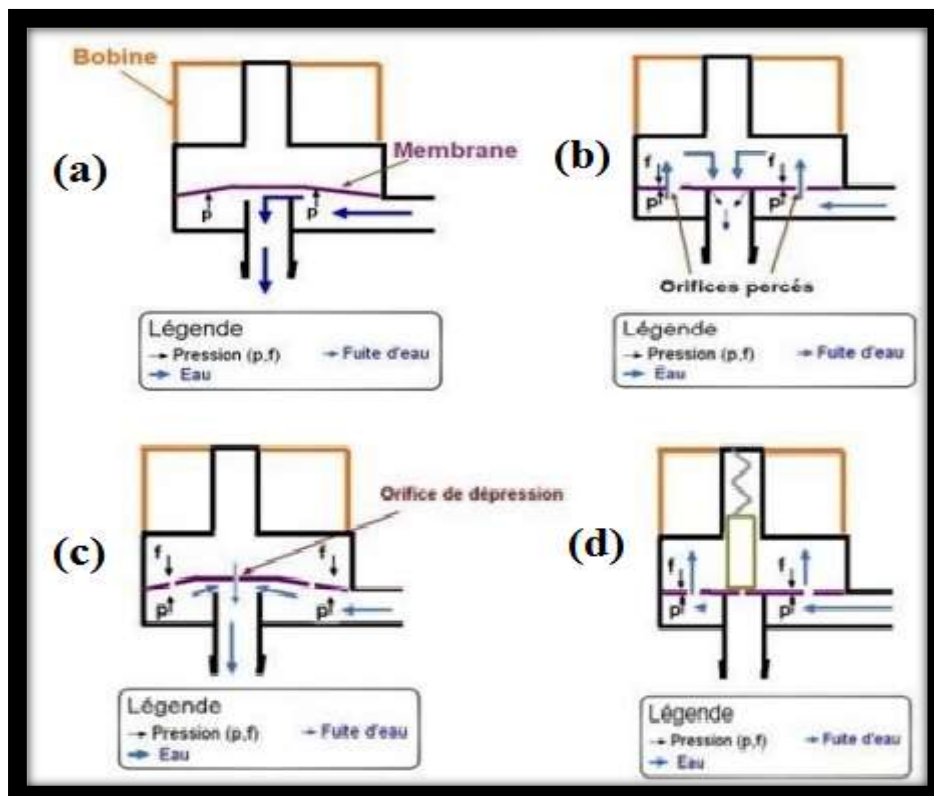


Figure (IV.13) : Fonctionnement d'une électrovanne (a) Étape 1, (b) Étape 2, (c) Étape 3, (d) Étape 4 [8]

☞ **Étape 3** : Pour rompre cet équilibre, il suffit de faire une fossette (réduire ' $f$ ' par rapport à ' $p$ '). Pour ce faire, un nouveau trou est foré (trou sous vide), l'eau est admise et le déséquilibre est en place, ce qui donne le scénario de l'étape 1 [8].

☞ **Étape 4** : Enfin, pour rendre complètement étanche le schéma de l'étape 2, fermez le port d'aspiration et ajoutez une petite aiguille à ressort pour aider à fermer complètement la membrane.

Le lave-linge possède une électrovanne deux voies. Elle est composée de deux bobinages magnétiques et trois bornes (Une entrée d'eau, une sortie pour le prélavage et une sortie pour

## Chapitre IV Réalisation station d'environnement à bas d'ESP32

lavage), son principe de fonctionnement est le même d'une électrovanne simple voie.

### IV.2.4 Affichage

#### IV.2.4.1 Afficheur LCD

Un afficheur à cristaux liquides (LCD : Liquid Crystal Display) est un type d'écran qui permet l'affichage de données textuelles et, parfois, graphiques. Il est souvent utilisé en association avec les cartes Arduino pour afficher des informations et des messages. Les écrans LCD peuvent avoir différentes tailles et résolutions en fonction de l'application. Dans votre cas spécifique, vous utilisez un écran LCD alphanumérique 16x2, ce qui signifie qu'il est capable d'afficher 16 caractères sur 2 lignes. Cet afficheur est pratique pour afficher des messages courts, des valeurs numériques ou des informations de statut dans les projets Arduino.

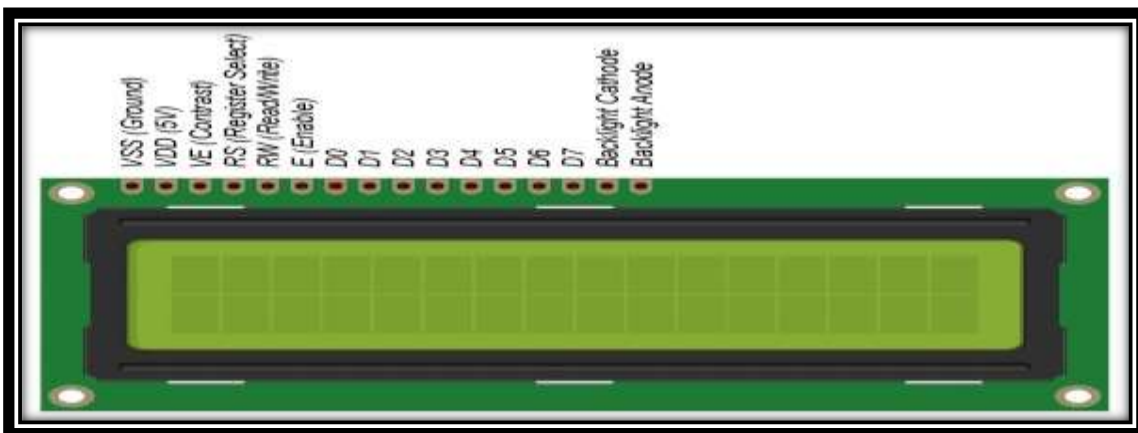


Figure (IV.14) : LCD 16x2.

#### Brochage de l'afficheur LCD

Le tableau suivant illustre le brochage de l'afficheur LCD 16x2.

N°	Nom	Rôle
1	V <sub>SS</sub>	Masse
2	V <sub>DD</sub>	Alimentation +5V
3	V <sub>0</sub>	Réglage du contraste
4	R <sub>S</sub>	Sélection du registre
5	R/W	Lecture écriture
6	E	Entrée de validation
7 à 14	D <sub>0</sub> à D <sub>7</sub>	Bits de données
15	A	Anode du rétroéclairage
16	K	Cathode du rétroéclairage (masse)

Tableau (IV.2) : Liste des broches de l'afficheur LCD et leur rôle [9]

#### IV.2.4.2 Le bus I2C

I2C (Inter-Integrated Circuit) est un protocole de communication série utilisé pour la transmission de données entre des composants électroniques, tels que des microcontrôleurs, des capteurs, des modules d'affichage et d'autres périphériques. Il a été développé par Philips

## Chapitre IV Réalisation station d'environnement à bas d'ESP32

(maintenant NXP Semi-conducteurs) dans les années 1980 et est devenu un standard de facto dans l'industrie électronique.

Le protocole I2C utilise deux lignes de communication : une ligne de données (SDA) et une ligne d'horloge (SCL). Les dispositifs connectés au bus I2C peuvent être configurés comme maîtres ou esclaves. Les maîtres initient les transferts de données, tandis que les esclaves répondent aux commandes du maître.

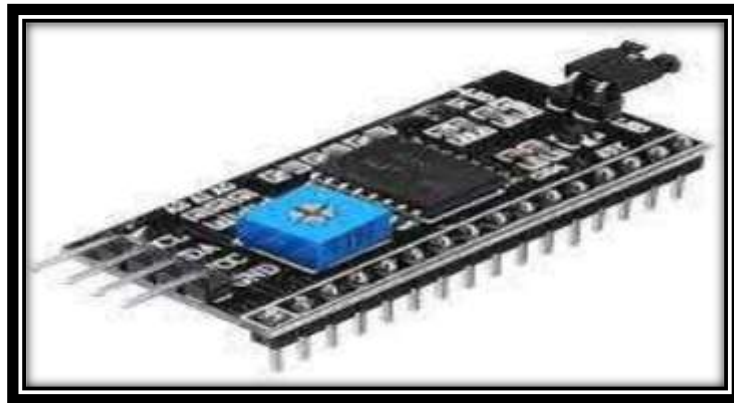


Figure (IV.15) : Le module I2C

☞ En peut résumer notre projet sur la figure suivant :

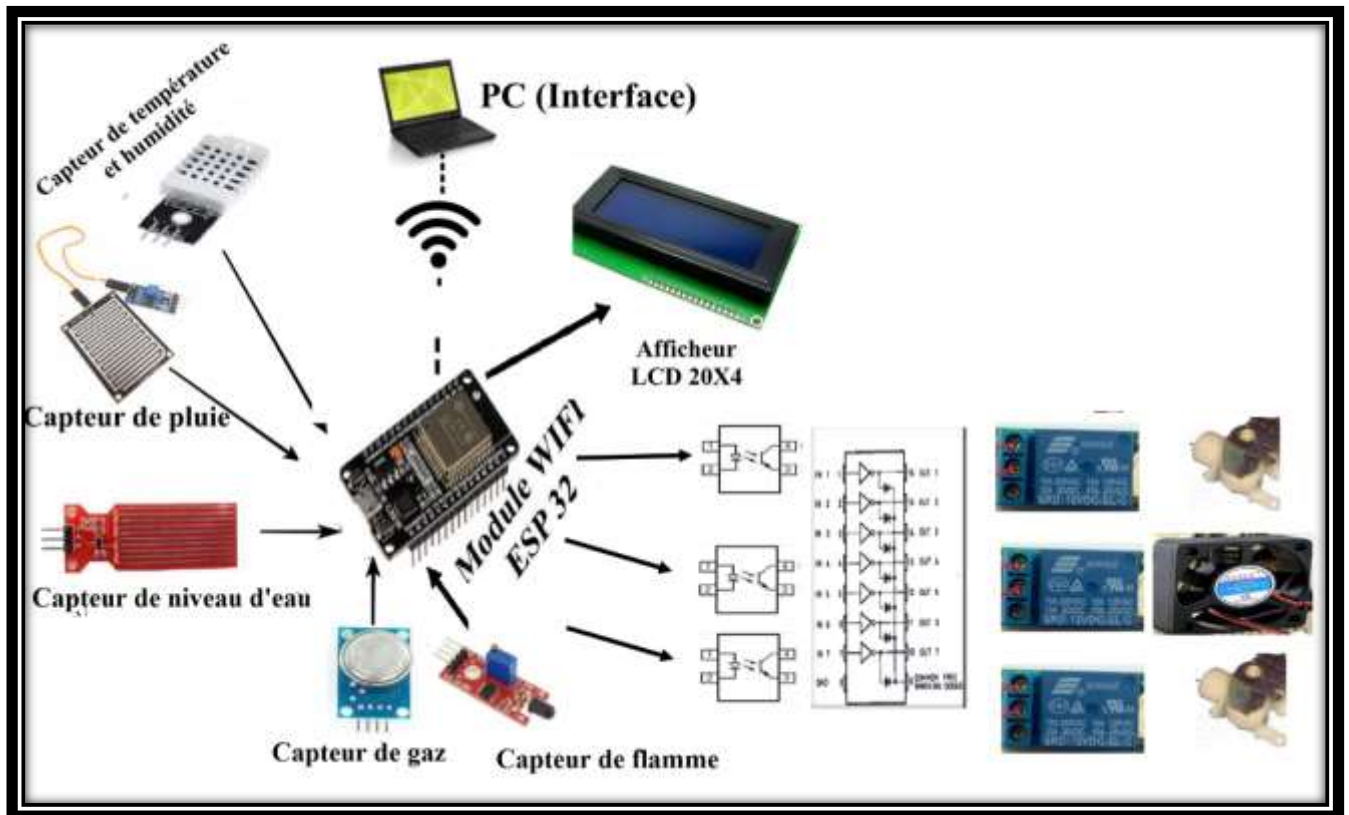


Figure (IV.16) : Image de Présentation de projet réalisé

Alors d'après la figure (IV.16) le projet contient :

## Chapitre IV Réalisation station d'environnement à bas d'ESP32

- Cinq capteurs
- Un esp 32
- Un supporte de wifi
- 3PC817
- 1ULN2003
- 3 Reliés
- 2 électrovannes de 220V : un activé pour contrôle le niveau d'eau et l'autre activé pour la présence de flamme
- Un ventilateur de 220V : activé en cas de gaz ou une quantité important de pollution

### IV.2.4 Programmation esp 32 :

#### IV.2.4.1 Les entrés :

Pour réalise n'importe projet il suffit de connaitre les informations ou les entrés quel que soit analogique au numérique. Dans l'esp 32 la plupart de fois les informations présente se forme des capteurs. Le branchement de chaque capteur est détaillé dans ce tableau :

Broches de l'ESP32	Broche des capteurs
<b>GPIOA33</b>	Pin Data du capteur DHT 22
<b>GPIOA34</b>	Pin Data du capteur MQT135
<b>GPIOA35</b>	Pin Data du capteur ST045
<b>GPIOA27</b>	Pin Data du capteur de flamme ST060
<b>GPIOA32</b>	Pin Data du capteur de pluie

Tableau (IV.3) : Tableau de branchement des pins des différents capteurs à l'ESP32

```
#include "DHT.h"
#define DPIN 33
#define DHTTYPE DHT22
DHT dht(DPIN, DHTTYPE);
const int flameSensorPin = 27;
const int gasSensorPin = 34;
const int raineSensorPin = 32;
const int waterSensorPin = 35;
```

L'interface de capteur DHT22

Figure (IV.17) : Configuration les capteurs comme entrés dans l'IDE

#### IV.2.4.2 Les sorties :

Les sorties peut être analogique ou numérique. On peut dire ces dés s'ordres de programmation

## Chapitre IV Réalisation station d'environnement à bas d'ESP32

l'esp 32 et ce commandé les actionneurs à travers PC 817 CI ULN 2003 et relié. Le branchement de chaque actionneur est détaillé dans ce tableau :

Broches de l'ESP32	Broche des actionneurs
<b>GPIOA25</b>	Pour Ventilateurs fonctionnement de 220V
<b>GPIOA13</b>	Pour électrovanne 1 fonctionnement de 220V
<b>GPIOA14</b>	Pour électrovanne 2 fonctionnement de 220V

Tableau (IV.4) : Tableau de branchement des pins des différents actionneurs à l'ESP32




```
const int VONPin = 25;  Ventilateurs pour la pollution
const int EVAN = 13;  électrovanne 1 pour la flamme
const int VAN = 14;  électrovanne 2 pour le niveau d'eau
```

Figure (IV.18) : Configuration les Actionneurs comme sorties dans l'IDE

### IV.2.4.3 Programmation d'affichage

Dans n'importe que programme l'affichage et essentiel pour suivre l'exécution de programme. Dans notre cas en utilise afficher LCD de 16x2 avec bus I2C déjà discuté dans le paragraphe IV.2.4.2

Le branchement de chaque actionneur est détaillé dans ce tableau :

Broches de l'ESP32	Broche I2C
<b>GPIOA21</b>	SDA Pour le donnée (DATA)
<b>GPIOA22</b>	SCL Pour horloge (CLOCK)

Tableau (IV.5) : Tableau de branchement des pins de bus I2C à l'ESP32




```
#include <LiquidCrystal I2C.h>  Rappelle l'interface LCD
lcd.init();
lcd.backlight();
lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0);  Position de cursor
lcd.print("Systeme Pret");  Afficher le message Systeme Pret
```

Figure (IV.19) : Configuration LCD dans l'IDE et affichage dans LCD 16x2

## Chapitre IV Réalisation station d'environnement à bas d'ESP32

### IV.2.4.4 Exécution de programme :

On peut lire le résultat d'exécution soit par Affichage ou action

```
15:05:40.131 -> Pluie: 110
15:05:42.161 -> Eau: 0
15:06:00.016 -> Flamme: 1
15:06:02.046 -> Temp: 28.80 C | Humidité: 39.60 %
15:06:04.086 -> Gaz: 195
15:06:06.121 -> Pluie: 112
15:06:08.151 -> Eau: 0
15:06:26.021 -> Flamme: 1
15:06:28.051 -> Temp: 28.80 C | Humidité: 39.40 %
15:06:30.086 -> Gaz: 197

15:03:52.053 -> Temp: 28.90 C | Humidité: 39.30 %
15:03:54.083 -> Gaz: 199
15:03:56.113 -> Pluie: 112
15:03:58.143 -> Eau: 0
15:04:16.013 -> Flamme: 1
15:04:18.048 -> Temp: 28.90 C | Humidité: 39.50 %
15:04:20.113 -> Gaz: 203
15:04:22.143 -> Pluie: 115
15:04:24.138 -> Eau: 0
15:04:42.043 -> Flamme: 1
15:04:44.073 -> Temp: 28.90 C | Humidité: 39.70 %
15:04:46.108 -> Gaz: 205
15:04:48.113 -> Pluie: 111
```

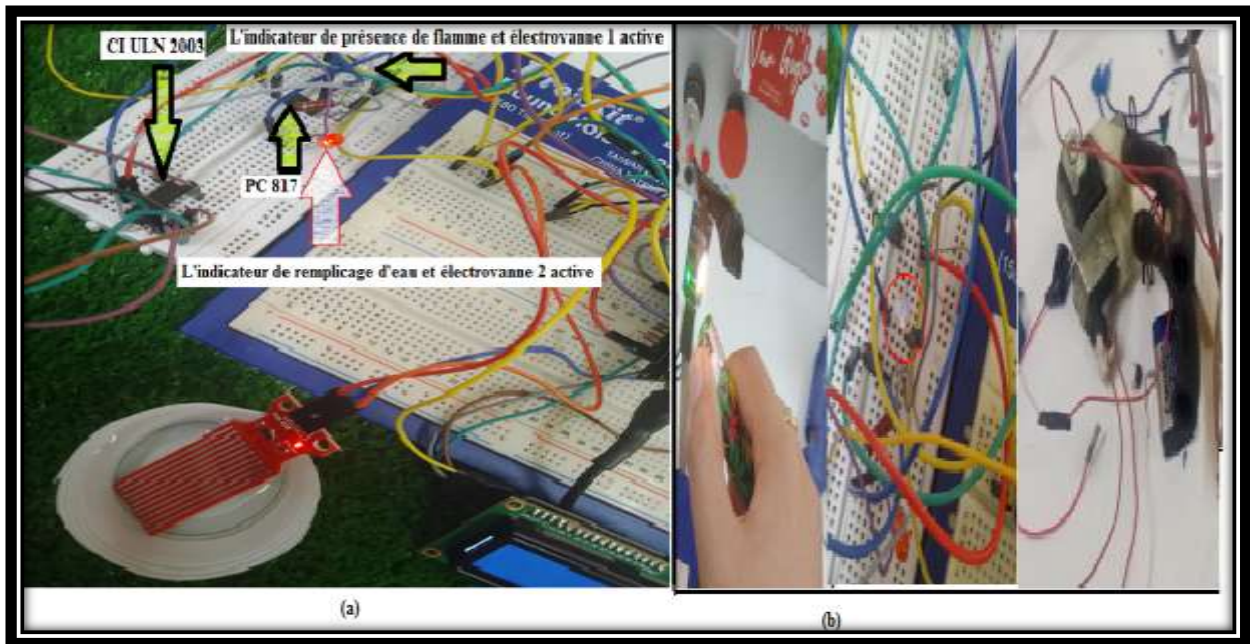
Figure (IV.20) : Affichage les résultats d'exécution de programme dans serial monitor IDE



Figure (IV.21) : (a) Affichage les valeurs (a) Humidité et température (b) pluie sur serial monitor et afficher LCD

La figure (IV.22) montre l'affichage des valeurs de humidité température et la valeur de pluie sur serial monitor et afficher LCD. Nous remarquons que les valeur de serial monitor et afficher LCD sont identique

## Chapitre IV Réalisation station d'environnement à bas d'ESP32



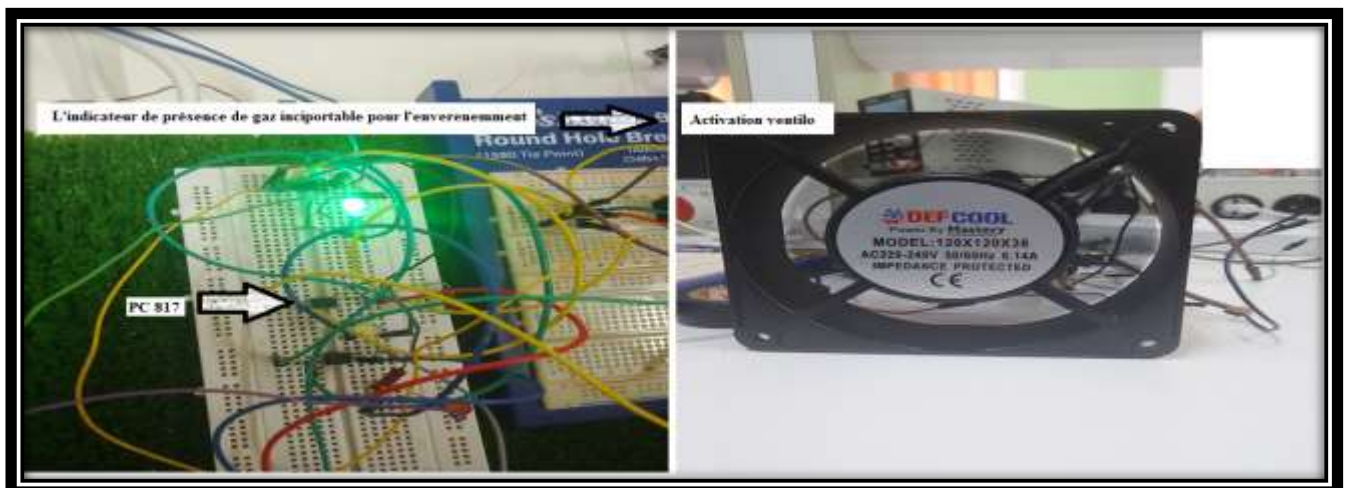
**Figure (IV.22) :** (a) Activation des électrovannes 1 et 2 avec la présence la flamme et l'absence d'eau (b) Photo à grandir de la présence de flamme qui est provoqué activation la led bleu et électrovanne 1 active

La figure (IV.21) montre que l'activation électrovanne 1 due à :

☞ Présence de la flamme

L'activation électrovanne 2 due à :

☞ L'absence d'eau



**Figure (IV.23) :** l'indication de présence importante de gaz et l'activation de ventilateur

La figure (IV.22) montre que la présence de gaz important dans l'environnement conduit à :

☞ La led vert s'allume

☞ Le PC817 ULN 2003 et relie active et ventilo en état marche

### IV.3 Application Blynk

## Chapitre IV Réalisation station d'environnement à bas d'ESP32

Nous utilisons une application nommée **Blynk** pour affiché les valeurs des capteurs sur un smartphone.[10]

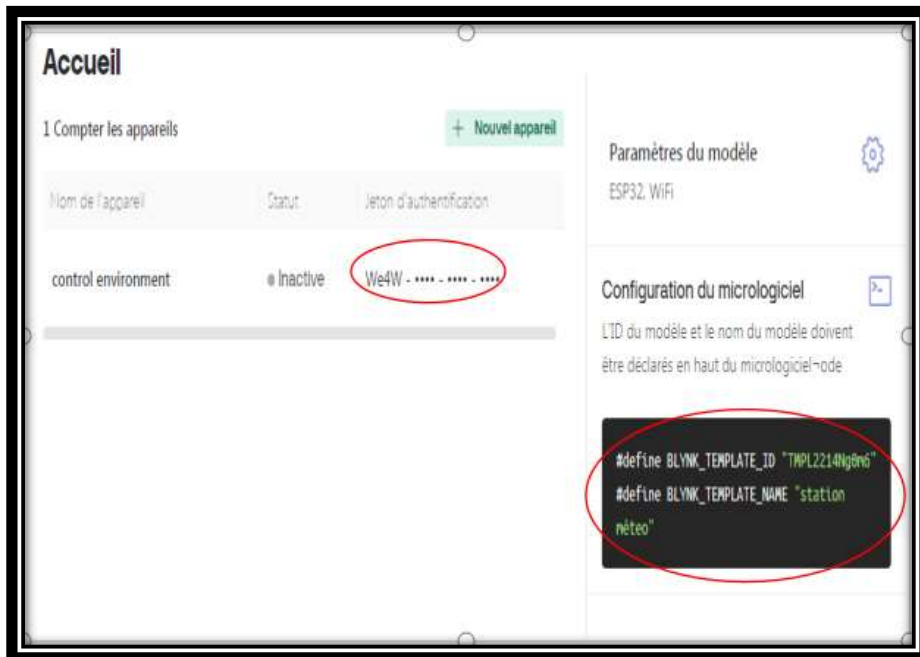


Figure (IV.24) : L'identifiant du modèle ESP32 Blynk

Pour connecter l'ESP32 à l'application Blynk, nous devons générer un token dans l'application et le copier dans la constante **BLYNK\_TOKEN** dans le fichier source/ESP32/constants.h de l'Arduino. Nous devons également connecter l'ESP32 à une connexion Wi-Fi via les constantes:

- **WIFI\_SSID** (Nom du Wi-Fi) et
- **WIFI\_PASSWD** (Mot de passe du Wi-Fi).

Il faut télécharger l'application à partir de ce lien : [://docs.blynk.cc/](http://docs.blynk.cc/). Tout le monde peut créer son propre compte Blynk. Pour les besoins de cette note d'application, un projet comportant des boutons, des voyants, des onglets, des courriers électroniques, des notifications, un curseur, un indicateur, un graphique et un graphique a été créé.[10]



Figure (IV.25) : Code identifiant sur l'IDE

Configuration de la Nouvelle application Blynk version 2.0 sur le PC

## Chapitre IV Réalisation station d'environnement à bas d'ESP32

Pour pouvoir contrôler le relais à distance par un smartphone, nous devons configurer l'application avec les données voulues. Donc nous commencerons par configurer les données sur un PC et nous montrerons cela dans les figures suivantes.

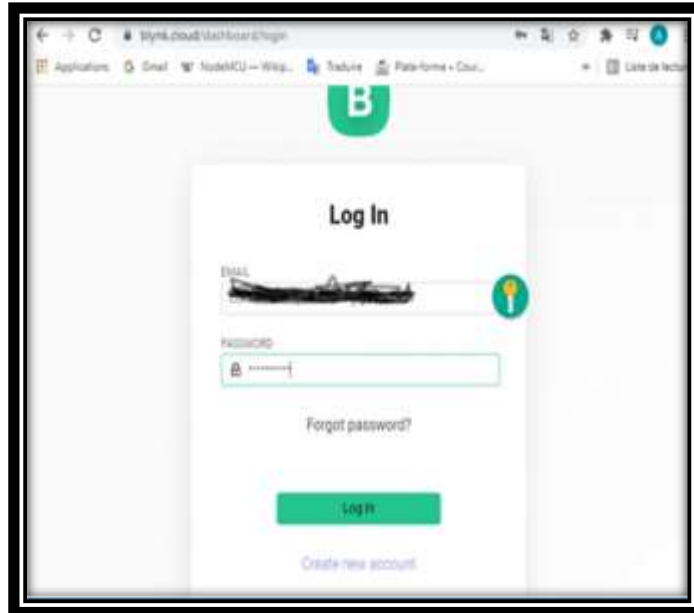
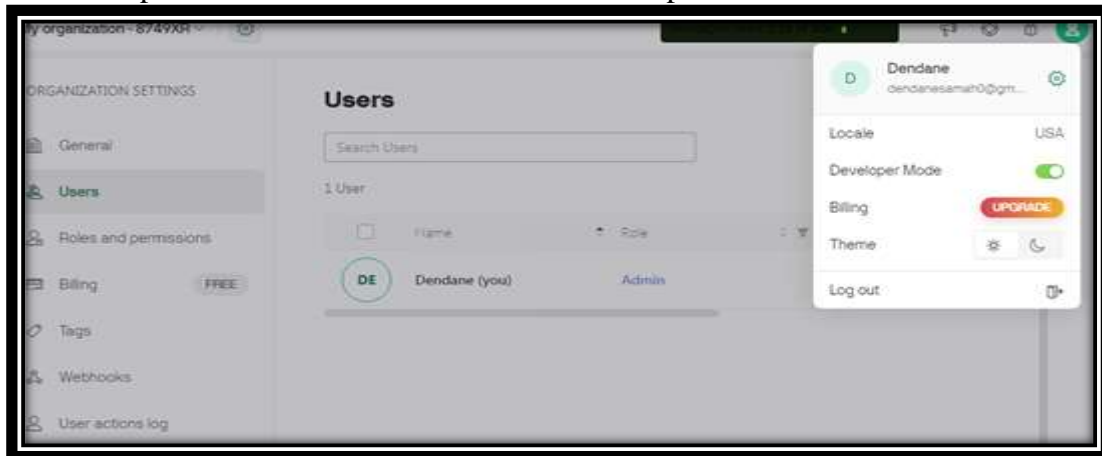


Figure (IV.26) : Configuration et Inscription à la Plateforme Blynk

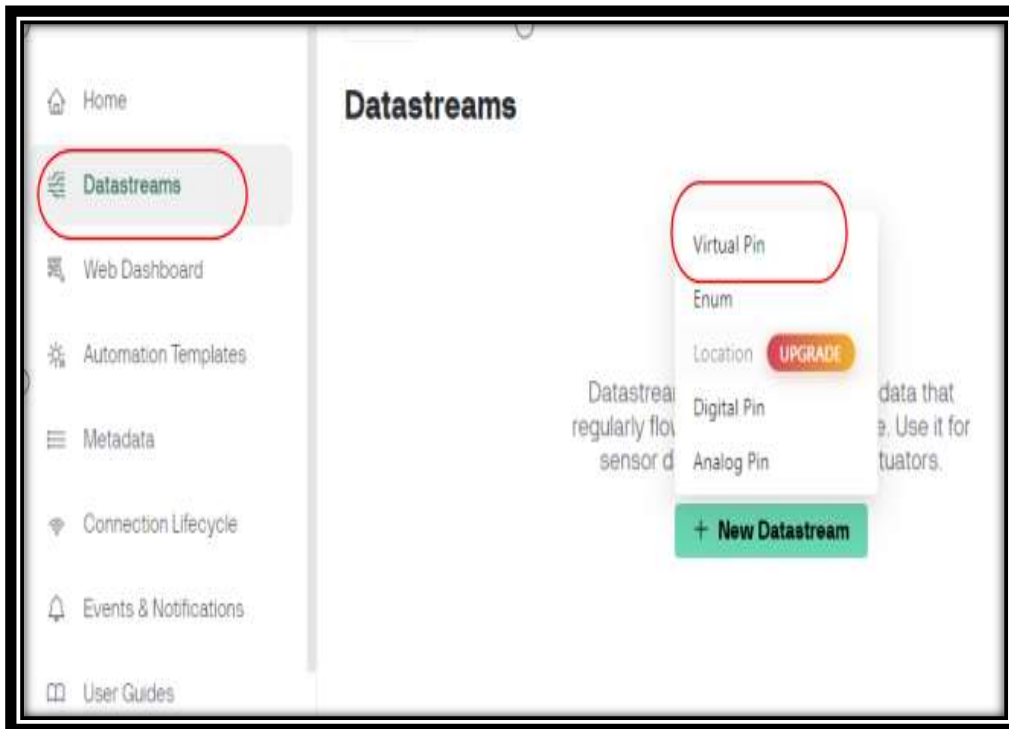
S'inscrire à la plateforme avec son E-mail et un mot de passe.



Figure(IV.27) : Acceptation à la plateforme



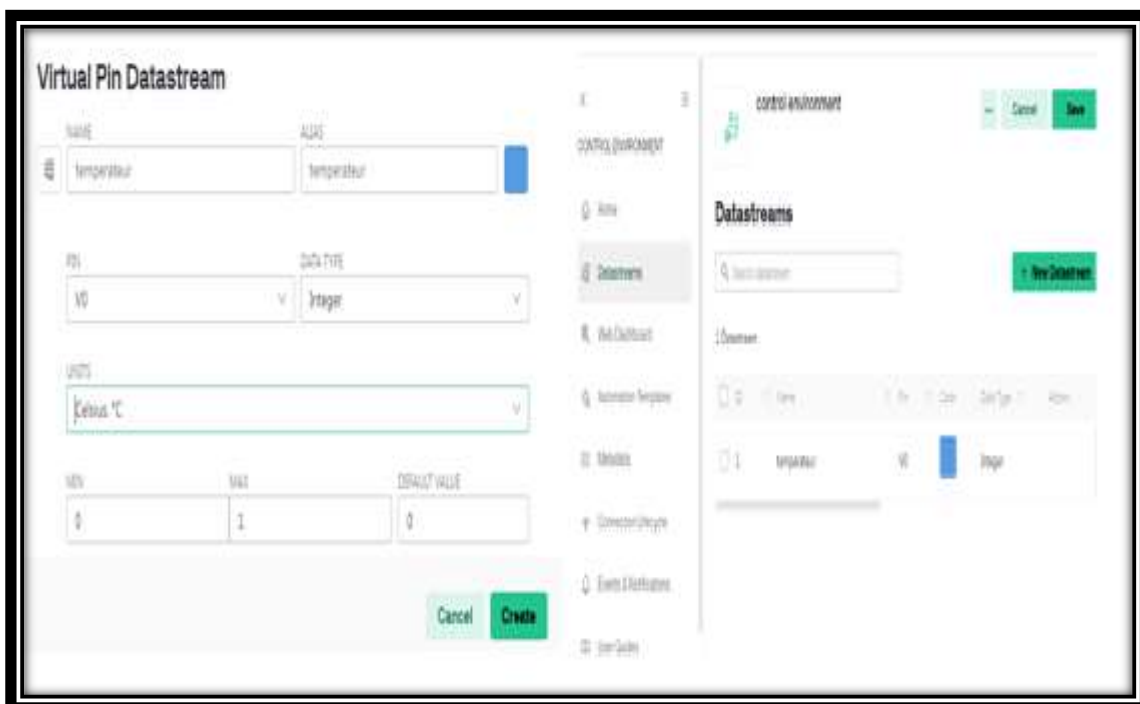
Figure(IV.28) : Création de modèle



**Figure (IV.29) :** Configuration de la température avec des broches Pin virtuelles

Une fois toutes les procédures terminées, nous obtenons la page sur la figure (IV.25) ; on ouvre un **compte Blynk** et on crée un modèle qui correspond à notre projet qui est l'ESP32 Wi-Fi..Le Nouveau modèle créée correspond à l'ESP32 avec la connexion **Wi-Fi**

Aller vers **Datastreams** pour ajouter un flux de données pour contrôler la température ; on sélectionne la broche **Virtual Pin** ; et on définit la broche comme un entier (1-0).



**Figure (IV.30) :** Configuration de la broche V<sub>0</sub> en température

## Chapitre IV Réalisation station d'environnement à bas d'ESP32

La broche V0 sert à température ; ensuite on clique sur **Web Dashboard (le tableau de bord Web)**. On ajoute le Gauge sur le tableau de bord, puis on configure les paramètres du Gauge ;



**Figure(IV.31) :** Configuration de la température sur le web Dashboard

Sur le tableau de bord Web le relais sera contrôlé à partir de cette température V0

Après toutes ces procédures, on télécharge l'application Blynk qu'on a configuré sur le PC et l'implémenté sur le Smartphone pour pouvoir contrôler la température à partir du Smartphone, comme indiqué sur la figure.[10]



**Figure (IV.32) :** Création du mobile Dashboard

## Chapitre IV Réalisation station d'environnement à bas d'ESP32

Sur le smartphone, on visualise l'application Nome control d'environnement après téléchargement Figure (IV.30)

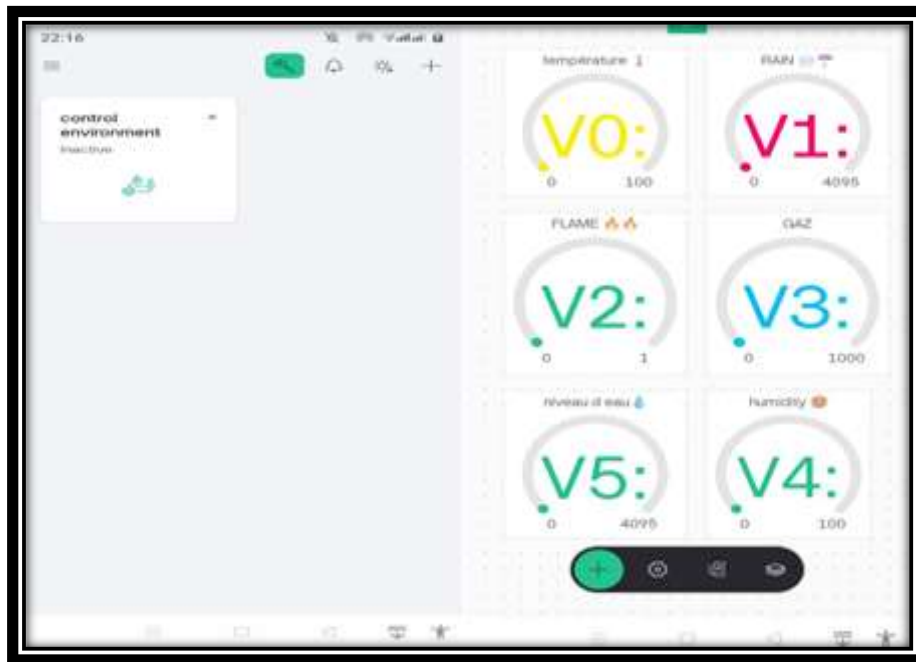


Figure (IV.33) : Modèle control d'environnement Sur le smartphone

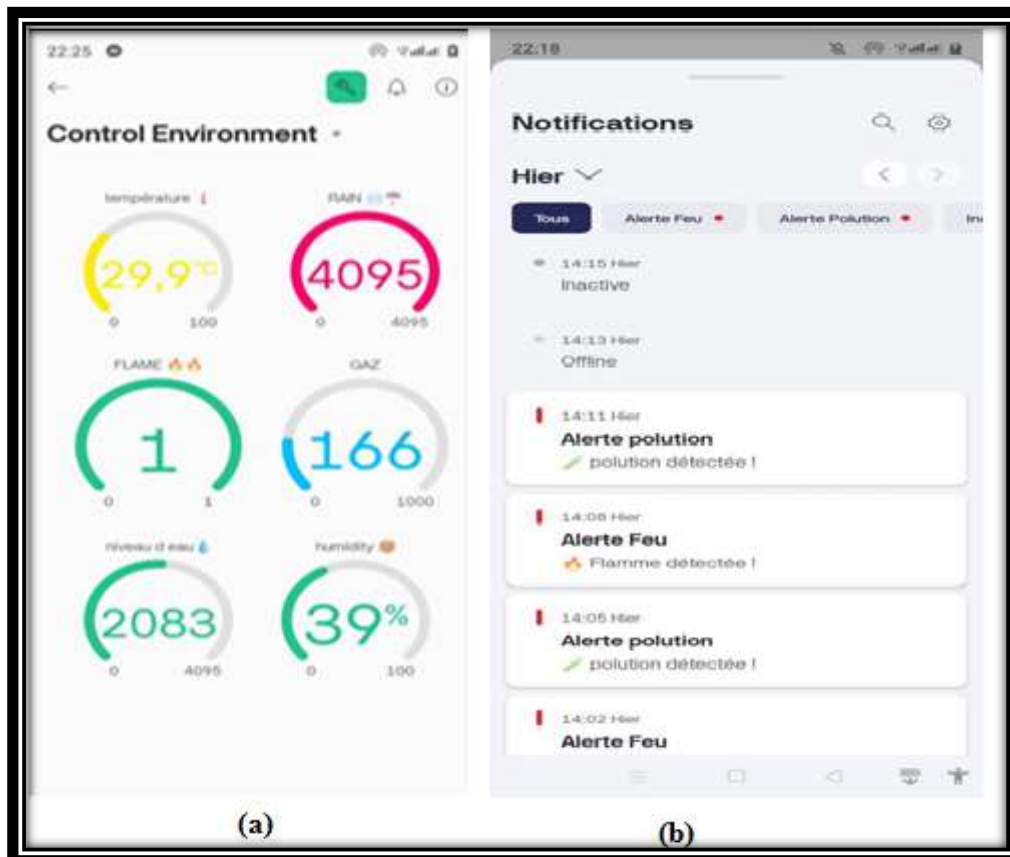


Figure (IV.34) : (a) la forme de application bylink final a smartphone (b) Notification de flamme par application bylink a smartphone

## Chapitre IV Réalisation station d'environnement à bas d'ESP32



**Figure (IV.35) :** (a) notification sur application et gmail (b) et (c) notification sur off et online le système

### IV.4 Conclusion

Nous avons consacré ce chapitre pour décrire la partie pratique et la réalisation de la maquette Finale sur une plaque DC. Tout d'abord, Nous avons décrit la structure de la maison agriculture ou l'ignare de polie, avec le montage réel de chaque périphérique utilisé dans chaque coin de la maquette. On peut dire que les systèmes de projet sont des systèmes fiables d'après les résultats obtenue

Ensuite une description sur l'application qui est l'interface de commande de notre projet par l'exploitation bylink qui permettent de contrôler l'entièreté d'une quelle endroit d'environnements par un Smartphone.

## **Chapitre IV      Réalisation station d'environnement à bas d'ESP32**

---

### **Référence :**

[1] Mlle Bechirif Sabrina Yamna. <<Réalisation d'une station météorologique dans plateforme Arduino avec NodeMCU 8266 WiFi>>.Mémoire Master Université- Aïn Témouchent - BELHADJ Bouchai 2020 – 2021

[2] <https://www.orbit-dz.com/product/mq135/>

[3] [http://veerobot.com/2018/Flame\\_sensor](http://veerobot.com/2018/Flame_sensor)

[4] <https://www.kzenjoy.net/2016/capteur-de-pluie-arduino>

[5] Labiod Med Rafik ,Doumia Fatoumata , «Serre Agricole intelligent»Mémoire licence badji mokhtar annaba .2018/2019

[6] [https:// www.al-datasheet.com/pc 817](https://www.al-datasheet.com/pc-817)

[7] [https:// www.al-datasheet.com/ULN 2003](https://www.al-datasheet.com/ULN-2003)

[8] Ben Alia Fares Elamine & Reguige Y

ounes<<Réalisation d'une carte de commande universelle pour une lave-ling>> Memoir de Master Académique

[9] <https://www.analog.com/en/products/ds18b20.html>

[10]:Mme Adjaout Karima. <<Simulation et implotation du control des objet ET (IoT) a travers arduino Wifi>>.Mémoire de Master Université Saad Dahlab de Blida 2020-2021

# CONCLUSION GENERALE

## Conclusion générale

---

Dans ce projet, nous nous sommes concentrés sur Etude et Réalisation d'un système de mesure et de contrôle de l'environnement avec la carte ESP32 pour acquérir des données à l'aide de cinq capteurs : capteur de température et humidité, capteur de la pluie capteur de flamme capteur niveau d'eau et capteur de gaz à l'aide d'un protocole de communication sans fil (wifi) avec un ordinateur ou un smartphone.

Ce système est contrôlé avec trois actionneurs ventilateur et deux électrovannes à travers un circuit de commande lié à la sortie de la carte ESP32.

Pour mieux expliquer ce projet, on a défini tout d'abord dans le premier chapitre historique et le type de station météo.

Dans le deuxième chapitre, on a donné un aperçu général sur les capteurs. Avant d'entrer dans la pratique, on a consacré le troisième chapitre pour présenter le matériel de base dont nous avons besoin pour réaliser notre système à savoir : l'architecture de la carte ESP32, l'Arduino IDE qui joue un rôle très important dans la programmation de notre système.

Le quatrième chapitre a trois buts essentiels, le premier est de savoir le principe de fonctionnement et les caractéristiques de chacun des capteurs ou des actionneurs que nous allons utiliser dans notre maquette (maison d'agriculture). Le deuxième intérêt est de réaliser plusieurs expérimentations avec la carte ESP32 et l'Arduino IDE pour mieux se familiariser avec, ainsi pour assurer le bon fonctionnement du matériel choisi.

Le troisième intérêt consiste à faire la réalisation pratique de notre système, nous avons développé une interface de protocole de communication sans fil (wifi) avec un ordinateur ou un smartphone avec le logiciel ByLink. Nous avons préparé les icônes pour superviser les résultats. Dans notre projet, on a réalisé plusieurs systèmes : la détection d'une flamme et de pollution importante si elle existe, afficher la température, l'humidité et la valeur de pluie, Système de remplissage d'eau s'il faut.

Comme perspectives, il est souhaitable dans le futur d'ajouter des extensions des capteurs pour plus d'information, un actionneur pour recommandation et le réseau internet pour augmenter la distance de communication sans fils. Ou de faire des simulations sur des projets réels (entreprise, maison, usine, jardin, chambre froide, hangar, maison d'agriculture ...) dans le but d'atteindre une nouvelle innovation.

# ABRÉVIATIONS

# Abréviations

Voici la liste des abréviations extraites du chapitre III, présentée dans un tableau clair :

<b>Terme complet</b>	<b>Abréviaton</b>
<b>Mémoire vive</b>	RAM
<b>Mémoire morte</b>	ROM
<b>Entrée / Sortie</b>	E/S
<b>General Purpose Input/Output</b>	GPIO
<b>Serial Peripheral Interface</b>	SPI
<b>Inter-Integrated Circuit</b>	I2C
<b>Universal Asynchronous Receiver Transmitter</b>	UART
<b>Bluetooth Low Energy</b>	BLE
<b>Système sur puce</b>	SoC
<b>Central Processing Unit</b>	CPU
<b>Random Access Memory</b>	RAM
<b>Static Random Access Memory</b>	SRAM
<b>Read-Only Memory</b>	ROM
<b>Real-Time Clock</b>	RTC
<b>Digital-to-Analog Converter</b>	DAC
<b>Analog-to-Digital Converter</b>	ADC
<b>Pulse-Width Modulation</b>	PWM
<b>Media Independent Interface</b>	MII
<b>Reduced Media Independent Interface</b>	RMII
<b>Remote Control</b>	IR
<b>Controller Area Network</b>	CAN
<b>Institute of Electrical and Electronics Engineers</b>	IEEE
<b>Wi-Fi Protected Access</b>	WPA
<b>One-Time Programmable</b>	OTP
<b>Advanced Encryption Standard</b>	AES
<b>Secure Hash Algorithm 2</b>	SHA-2
<b>Rivest–Shamir–Adleman</b>	RSA
<b>Elliptic Curve Cryptography</b>	ECC
<b>Random Number Generator</b>	RNG
<b>Integrated Development Environment</b>	IDE
<b>Deep Sleep</b>	Mode d'économie d'énergie profond
<b>Digital Signal Processing</b>	DSP
<b>USB-to-UART bridge</b>	CP2102
<b>Node Microcontroller Unit</b>	NodeMCU

## Résumé :

Ce mémoire présente la conception et la réalisation d'un système de surveillance environnementale basé sur la carte ESP32. L'objectif est de mesurer plusieurs variables environnementales essentielles telles que la température, l'humidité, la qualité de l'air, la présence de flamme, le niveau d'eau et la pluie, à l'aide de capteurs spécifiques.

Le projet repose sur l'utilisation de capteurs connectés à une carte ESP32, permettant la collecte, le traitement et l'affichage des données. Les données sont visualisées localement via un écran LCD et à distance via l'application mobile Blynk, grâce à la connectivité Wi-Fi de la carte. Le système intègre également des actionneurs (ventilateur, électrovanne) pour réagir automatiquement à certaines conditions (présence de gaz, détection de flamme, etc.).

Ce travail comprend une étude sur les stations météorologiques, les capteurs, l'architecture de la carte ESP32, ainsi que la réalisation d'un prototype fonctionnel avec programmation sur IDE Arduino. Ce système peut être utile dans plusieurs domaines : agriculture, gestion de l'eau, sécurité environnementale, etc.

**Mots clés :** ESP32 ,Capteur ,Environnement.

## المخلص

تهدف هذه المذكرة إلى تصميم وإنجاز نظام ذكي لقياس ومراقبة العوامل البيئية، بالاعتماد على لوحة

ESP32 يقوم النظام على توصيل مجموعة من الحساسات (كحساس درجة الحرارة، الرطوبة، جودة الهواء، مستوى الماء، اللهب، والمطر) بلوحة ESP32 من أجل جمع البيانات وتحليلها بشكل دقيق يعمل النظام على عرض القيم البيئية محلياً عبر شاشة LCD ، كما يتيح مراقبتها عن بُعد باستخدام تطبيق Blynk ، مستفيداً من خاصية الاتصال بشبكة Wi-Fi. كما يتيح النظام التحكم التلقائي في بعض المشغلات مثل: المروحة والصمام الكهربائي، وذلك حسب المتغيرات المسجلة، مثل الكشف عن وجود لهب أو غاز.

تضمن هذا العمل دراسة نظرية لمحطات الأرصاد الجوية، وتصنيف الحساسات وخصائصها، بالإضافة إلى تقديم شرح مفصل لبنية لوحة ESP32 ، مع توظيف بيئة Arduino IDE في البرمجة. وقد تم في النهاية تصميم نموذج عملي فعال يمكن توظيفه في مجالات متعددة مثل الزراعة، مراقبة المياه، والسلامة البيئية .

**الكلمات المفتاحية:** لوحة ESP32 ومستشعر بيئية