



وزارة البحث العلمي والتعليم العالي  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE  
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
جامعة عبد الحميد بن باديس مستغانم  
Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem  
كلية العلوم و التكنولوجيا  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
DEPARTEMENT DE GENIE ELECTRIQUE



N° d'ordre : M...../GE/2021

## MEMOIRE

Présenté pour obtenir le diplôme de

### MASTER EN GENIE ELECTRIQUE

Filière : Electronique

Spécialité : Electronique des systèmes embarqués

Par

Nom et Prénom HAMIDI Touati Mohamed El Amine

Nom et Prénom FELLOUH Wassila

## Réalisation d'une station météo à transmission par wifi

Soutenu le 28 / 06 / 2022 devant le jury composé de :

Président :	BENTOUMI Mohamed	MCB	Université de Mostaganem
Examineur :	BENCHELLAL Amel	MCB	Université de Mostaganem
Rapporteur :	AZZEDINE Mohammed	MAA	Université de Mostaganem

Année Universitaire 2021/2022

---

## Table des matières

Introduction Générale.....	1
<i>Chapitre I Généralités</i> .....	2
<b>I.1.Introduction</b> .....	3
<b>I.2.Les types de station météorologique</b> .....	4
<b>I.2.1.Station météo manuelle :</b> .....	4
<b>I.2.2.Station météo automatique :</b> .....	4
<b>I.3. Les variables météorologiques</b> .....	5
<b>I.3.1.La température :</b> .....	5
<b>I.3.2.L'humidité :</b> .....	5
<b>I.3.3.La pression :</b> .....	6
<b>I.3.4.Le vent :</b> .....	6
<b>I.3.5.Les précipitations :</b> .....	6
<b>I.3.6.Point de rosée:</b> .....	7
<b>I.3.7.Température ressentie (Humidex):</b> .....	7
<b>I.4. Conclusion :</b> .....	7
<i>Chapitre II Matériel</i> .....	8
<b>II.1. Introduction</b> .....	9
<b>II.2. Schéma synoptique</b> .....	9
<b>II. 3. Schéma électrique</b> .....	11
<b>II.4. L'ESP32</b> .....	11
<b>II.4.1. Caractéristiques [13].</b> .....	12
<b>II.5. Les capteurs d'une station météorologique</b> .....	13
<b>II.5.1. Définition</b> .....	13
<b>II.5.2.Capteur de température et d'humidité (DHT11)</b> .....	13
<b>II.5.2.1. Caractéristiques</b> .....	13
<b>II.5.3. Capteur de température et de pression (BMP280)</b> .....	13
<b>II.5.3.1. Caractéristiques</b> .....	14
<b>II.5.4. Capteur de détection de la pluie</b> .....	14
<b>II.5.4.1. Caractéristiques</b> .....	14
<b>II.5.5. Capteur de vitesse du vent (Anémomètre)</b> .....	14
<b>II.5.6. Capteur de direction du vent (Girouette)</b> .....	15
<b>II.5.7. Qualité d'air MQ-135</b> .....	15

---

II.5.7.1. Caractéristiques .....	15
II.5.8. Capteur de lumière (Photorésistance).....	16
II.6. Conclusion .....	16
<i>Chapitre III Conception</i> .....	17
III.1. Introduction .....	18
III.2. Programmation.....	19
III.2.1. Humidité:.....	19
III.2.1.1. Montage .....	19
III.2.1.2. Programme DHT11 et résultat.....	19
III.2.2. Température et Pression atmosphérique : .....	20
III.2.2.1. Montage .....	20
III.2.2.2. Programme du BMP280 et résultat .....	20
III.2.3. Qualité d'air .....	21
III.2.3.1. Montage .....	21
III.2.3.2. Programme du MQ135 et résultat .....	21
III.2.4. Vitesse du vent.....	22
III.2.4.1. Montage .....	22
III.2.4.2. Programme de calcul de la vitesse du vent .....	22
III.2.5. Direction du vent.....	23
III.2.5.1. Montage .....	23
III.2.5.2. Programme de détection de la direction du vent .....	23
III.2.6. Point de rosée .....	24
III.2.7. Température ressentie (humidex).....	24
III.2.7.1. Programme de température ressentie.....	24
III.2.8. Détecteur de pluie.....	25
III.2.8.1. Montage      III.2.8.2. Programme et résultat .....	25
III.2.9. Luminosité.....	25
III.3. Envoie les mesures vers base de données.....	26
III.3.1. Création tableau SQL « <i>StructuredQueryLanguage</i> » .....	26
III.4. Conception page web .....	29
III.4.1. HTML.....	29
III.4.2. CSS .....	29
III.4.3. JavaScript.....	29
III.4.4. PHP.....	29

---

III.4.5. Page principale .....	30
III.4.6. Page des graphes .....	31
III.5. Alimenter la station avec panneau solaire.....	31
III.6. Autonomie de la station (deepsleep) .....	32
III.7. Réalisation du circuit imprimé "typon" .....	33
III.7.1. Les étapes de la réalisation du circuit.....	33
III.7.1.1. Partie virtuelle .....	33
III.7.1.2. Partie matériel .....	34
III.8. Lier site web avec esp32.....	37
III.9. Conclusion :.....	38
<i>Chapitre IV Résultats</i> .....	39
IV.1. Résultats et commentaires .....	40
IV.1.1. Température .....	41
IV.1.2. Humidité .....	43
IV.1.3. Pression.....	44
IV.1.4. Température ressentie.....	46
IV.1.5. La vitesse du vent .....	48
IV.1.6. Point de rosée.....	48
IV.1.7. La direction du vent .....	48
IV.1.8. Qualité d'air.....	49
IV.1.9. La luminosité .....	49
IV.1.10. Pluie .....	49
IV.1.11. Batterie.....	50
IV.2. Conclusion .....	50
Conclusion Générale .....	51

## Table des figures

Figure I.1 : Station météo manuelle.....	04
Figure I.2: Station météo automatique.....	04
Figure I.3: Les variables météorologiques.....	05
Figure I.4 : Anémomètre .....	06
Figure I.5: Représente la courbe du point de rosée.....	07
Figure II.1: Schéma synoptique.....	09
Figure II.2: Schéma électrique globale.....	10
Figure II.3: La carte ESP32.....	11
Figure II.4: Capteur de température et d'humidité (DHT11).....	13
Figure II.5: Capteur de température et de pression(BMP280).....	13
Figure II.6: Capteur de détection de la pluie.....	14
Figure II.7 : Capteur de vitesse du vent (Anémomètre).....	14
Figure II.8: Capteur de direction du vent.....	15
Figure II.9: Capteur Qualité d'air MQ-135.....	15
Figure II.10: Capteur de lumière (Photorésistance).....	16
Figure III.1: Organigramme du programme.....	18
Figure III.2: Montage du dht11.....	19
Figure III.3: Partie du dht11 dans le programme.....	19
Figure III.4: Résultat fournit par le capteur.....	19
Figure III.5: Montage du BMP280.....	20
Figure III.6: Partie du BMP280 dans le programme.....	20
Figure III.7: Résultat fournit par le capteur.....	20
Figure III.8: Montage du MQ135.....	21
Figure III.9: Partie du Mq135 dans le programme.....	21
Figure III.10: Résultat fournit par le capteur .....	21
Figure III.11: Montage de la vitesse du vent.....	22
Figure III.12: Partie du calcul de la vitesse du vent .....	22
Figure III.13: Montage de la direction du vent.....	23
Figure III.14: Partie de détection de la direction du vent .....	23

Figure III.15: Fonction du calcul du point de rosée .....	24
Figure III.16: Formule de la température ressentie.....	24
Figure III.17: Partie de la température ressentie dans le programme.....	24
Figure III.18: Montage du détecteur de pluie .....	25
Figure III.19: Fonction du détecteur de pluie .....	25
Figure III.20: Résultat fournit par le capteur .....	25
Figure III.21: Montage du LDR.....	25
Figure III.22: L'envoi de la requête .....	26
Figure III.23: L'endroit MySQL data bases.....	26
Figure III.24: Création de la base de donnée.....	27
Figure III.25: Tableau sql.....	28
Figure III.26: Structure d'une page html.....	29
Figure III.27: Organigramme site web.....	29
Figure III.28: L'interface par figma.....	30
Figure III.29: Code de la page.....	30
Figure III.30: Appel highchart.js.....	31
Figure III.31: Montage de panneau solaire.....	31
Figure III.32: Conversion voltage en pourcentage.....	31
Figure III.33: Deepsleep.....	32
Figure III.34: Programme mode deepsleep.....	32
Figure III.35: Schéma électrique .....	33
Figure III.36: Schéma implantation .....	33
Figure III.37: Montage des pistes .....	34
Figure III.38: Valise UV.....	34
Figure III.39: Révélation .....	34
Figure III.40: Gravure .....	35
Figure III.41: Perçage .....	35
Figure III.42: Interface awardespace.....	35
Figure III.43: Les sources de notre site web .....	36
Figure III.44: Utilisation fonction POST.....	37
Figure III.45: Fonction GET.....	37
Figure III.46: Utilisation fonction SELECT.....	37

Figure IV.1: WeatherDz home page.....	39
Figure IV.2: Tableau de 24 dernières lectures .....	40
Figure IV.3 : Graphe de la variation de température quotidienne plus sa valeur actuelle.....	40
Figure IV.4 : Graphe de la variation de température mensuelle.....	41
Figure IV.5 : Graphe de la variation de température annuelle.....	41
Figure IV.6 : Graphe de la variation du taux d'humidité quotidienne.....	42
Figure IV.7 : Graphe de la variation du taux d'humidité mensuelle.....	42
Figure IV.8 : Graphe de la variation du taux d'humidité annuelle.....	43
Figure IV.9 : Graphe de la variation de la pression atmosphérique quotidienne.....	43
Figure IV.10 : Graphe de la variation de la pression atmosphérique pendant 30 jours.....	44
Figure IV.11 : Graphe de la variation de la pression atmosphérique annuelle.....	44
Figure IV.12 : Graphe de la variation de la température ressentie quotidienne.....	45
Figure IV.13 : Graphe de la variation de la température ressentie pendant 30 jours.....	45
Figure IV.14 : Graphe de la variation de la température ressentie annuelle.....	46
Figure IV.15 : Affichage de la vitesse du vent.....	47
Figure IV.16 : Affichage du point de rosée.....	47
Figure IV.17 : Affichage de la direction du vent.....	47
Figure IV.18 : Affichage de la qualité de l'air.....	48
Figure IV.19 : Affichage de la luminosité.....	48
Figure IV.20 : Affichage de la présence de pluie.....	48
Figure IV.21 : Affichage de pourcentage de batterie.....	49

## *Remerciement*

*Nous tenons particulièrement à remercier Allah le tout puissant, ce mémoire n'aurait jamais été réalisé sans sa bénédiction.*

*Nous adressons nos remerciements à notre encadreur Monsieur AZZEDJNE .M, pour son aide consistante, ses conseils judicieux, et pour ses remarques objectives.*

*Nous remercions Les membres du jury d'avoir accepté d'examiner notre travail.*

*Nous tenons à remercier nos familles de nous avoir soutenus, nous ne serons jamais assez reconnaissants envers nos parents qui ont toujours tout mis en œuvre pour qu'on s'épanouisse dans tout ce qu'on entreprend.*

*Enfin, nous tenons à remercier toute personne nous ayons aidé de près ou de loin durant notre travail et en particulier tous nos collègues.*

## *Dédicace*

*A ma mère qui m'a encouragé à aller de l'avant et qui m'a donné tout son amour pour reprendre mes études.*

*A l'âme pure de mon père, qui, s'il était avec nous aujourd'hui, serait fier de sa fille*

*A mon mari qui m'a soutenu à chaque étape de ce projet*

*A ma deuxième famille et A l'amour de mes frères et sœurs A la fidélité de mes amis, A tout le cadre administratif et pédagogique de la FST*

*A tous ceux qui m'a soutenu de près ou de loin,*

*A toute personne qui a contribué de près ou de loin pour la réalisation de ce travail.*

*wassila*

*Aucune dédicace ne pourrait assez exprimer ma gratitude et mon profond respect pour toutes les personnes qui ont entourés, avec grande joie je dédie ce travail :*

*A la sensibilité de ma mère,*

*A la justice de mon père,*

*A l'amour de mon frère et ma sœur*

*A la fidélité de mes amis,*

*A tout le cadre administratif et pédagogique de la FST*

*A tous ceux qui nous soutenus de près ou de loin,*

*A toute personne qui a contribué de près ou de loin pour la réalisation de ce travail.*

*Fouati*

## Abréviation

**SQL:** Structured Query Language.

**HTML:** Hyper Text Markup Language.

**CSS:** Cascading Style Sheets Hyper Text Markup Language.

**PHP:** Hyper Text Preprocessor.

**PPM:** Partie Par Million.

**http:** Hyper Text Transfert Protocol.

**UV:** Ultra Violet.

**PV:** Pression partielle de Vapeur d'eau.

**PS:** Pression Saturation.

**LDR:** Light Dependent Resistor.

## Introduction Générale

Les grandeurs météorologiques comme la température, l'humidité, la pression atmosphérique, la vitesse et la direction du vent, le point de rosée ...etc., jouent des rôles importants dans plusieurs domaines tels que l'industrie, l'agriculture, notre vie quotidienne, la navigation aérienne et maritime.

L'avancée technologique dans le domaine de l'électronique a mis au jour de nouveaux capteurs de haute qualité et précision pour mesurer les différentes variables météorologiques. Des objets connectés ont vu les jours pour obtenir ces mesures en temps réel ET à accès par page web.



Dans ce mémoire, nous présenterons la réalisation d'une station météorologique bâtie WeatherDZ capable de mesurer plusieurs grandeurs météorologiques tel que la température ambiante, la pression atmosphérique, le taux d'humidité, le point de rosée, la qualité de l'air, la vitesse du vent, la direction du vent et la luminosité. Les données de ces grandeurs sont acquises par des capteurs et transmises à un système à microcontrôleur pour le traitement. Un module sans fil est utilisé pour transmettre les données à une base de données en temps réel tout est alimenté par un panneau solaire rendant le système autonome.

*Chapitre I*

*Généralités*

## I.1.Introduction

La météorologie est une science qui traite principalement des lois des grandeurs physiques régissant la dynamique atmosphérique des fluides, considéré comme un gaz parfait pour expliquer le comportement de l'atmosphère et prévoir son comportement futur. Elle permet donc d'établir des prévisions météorologiques en s'appuyant sur des modèles mathématiques à court et à long terme. Elle repose sur des approches probabilistes pour la prévision du temps.

Une station météorologique est un ensemble de capteurs qui enregistrent et fournissent des mesures physiques et des paramètres météorologiques liés aux variations climatiques, ces capteurs étant logés dans un boîtier qui établit l'équilibre thermique du thermomètre avec l'air et le protège du rayonnement solaire. Les grandeurs à mesurer sont la température, la pression, la vitesse et la direction du vent, l'hygrométrie, les précipitations, la hauteur et le type de nuages, le type et l'intensité des précipitations, la visibilité. Les stations peuvent contenir des capteurs pour tout ou partie de ces informations selon leur nature : agro-météorologique, aéroportuaire, routière, climatologique, etc. [1]

La station météo joue un rôle très important c'est de prévenir dans **7 à 15** jours les données météo relevé sur une base de données calculées à partir des algorithmes de probabilité donnant ainsi une météo prévisionnelle.

Les stations météorologiques sont généralement situées à des endroits de coordonnées fixes sur des îles et des continents, mais peuvent également être situées à bord d'aéronefs, de navires (en particulier de navires météorologiques). Ils peuvent également être déplacés à des fins particulières, telles que des expériences scientifiques ou pour déterminer les conditions météorologiques lors d'une catastrophe comme un incendie de forêt. Les données obtenues peuvent être envoyées directement sous forme de bulletin météo dans le cas d'une station automatisée, ou dans le cadre des observations émises par un observateur humain. [1]

Ce chapitre est scindé en deux parties, dans la première partie nous présentons une généralité des différentes grandeurs météorologiques, tandis que la deuxième partie est consacrée aux différents instruments de mesures utilisés en météorologie.

## I.2. Les types de station météorologique

Il existe deux types de stations météo : manuelles et automatiques, qui se définissent comme suit :

### I.2.1. Station météo manuelle :

Les mesures sont prises par un technicien météorologique selon un horaire régulier, tandis qu'une station météorologique automatique est une station dont les capteurs rapportent une gamme de données météorologiques à intervalles sans intervention humaine. Les instruments sont généralement les mêmes dans les deux cas, mais certaines observations sont plus fiables lorsqu'elles sont faites par un observateur humain. [2]



**Figure I.1 : Station météo manuelle**

### I.2.2. Station météo automatique :

Elles ont été développées pour être utilisées dans des endroits difficiles d'accès (régions reculées ou bouées, météo en mer), mais remplacent de plus en plus les stations habitées en raison de leur coût. Développé pour les services météorologiques nationaux, il est aujourd'hui également utilisé pour la recherche météorologique, pour divers utilisateurs professionnels tels que la météo agricole et la surveillance de l'état des routes, même les météorologues amateurs. Le plus souvent elles sont regroupées en réseaux pour couvrir une zone étendue, sa densité varie de quelques kilomètres entre stations à plusieurs centaines de kilomètres selon les besoins et l'accessibilité des sites. [3]



**Figure I.2: Station météo automatique**

### I.3. Les variables météorologiques



**Figure I.3:** Les variables météorologiques

Météorologiques afin d'évaluer leur influence et leur évolution dans le temps et d'en faire une prévision. Les variables les plus importantes qui sont mesurées dans les stations météorologiques sont généralement : la température, l'humidité, la pression atmosphérique, le vent, le point de rosée, la température ressentie, la qualité de l'air, l'ensoleillement et les précipitations. [4]

#### I.3.1. La température

La température de l'air, exprimée en degrés Celsius °C, est l'élément météorologique le plus important parce qu'il affecte grandement toutes les formes de vie. Elle est associée à la notion immédiate de froid et de chaleur, il faut distinguer entre les températures de l'air et du sol, avec l'altitude la température de l'air diminue, la diminution est de 1°C tout les 150 m. La répartition de la température est étroitement liée à la température du rayonnement solaire. [5]

#### I.3.2. L'humidité

En météorologie, l'humidité désigne la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air. La vapeur d'eau est l'une des formes que l'eau peut prendre sur Terre. Ses autres formes sont l'état liquide (océans, lacs, pluie...) et l'état solide (glaciers, bancs de glace, neige...). La vapeur d'eau est absolument transparente et invisible. En météorologie, l'humidité est quantifiée de deux façons : l'humidité absolue et l'humidité relative. L'humidité relative est le rapport de la pression partielle  $PV$  de vapeur d'eau à la pression de saturation de vapeur d'eau  $Ps$  à une température et à un volume d'air donné. Notez que la quantité maximale d'eau recueillie dans le sol et la pression de vapeur saturante augmentent avec la température, tandis que l'humidité absolue reste constante. L'humidité absolue est le rapport de la masse d'eau à la masse d'air sec présent dans un volume de gaz. Cette relation est difficile à mesurer car la dissection est nécessaire pour séparer l'air sec de la vapeur d'eau. [6]

## I.3.3. La pression

La pression atmosphérique est la force exercée par le mélange gazeux qui compose l'atmosphère, en raison de son poids, sur toute surface qui entre en contact avec cette atmosphère. Elle est donnée en pascals « Pa », en millibars « mbar » ou en mm de mercure « mm Hg ». La distribution de la pression atmosphérique au niveau de la surface (pressions et anticyclones) détermine la situation météorologique qui prévaut dans chaque région du monde. Les prévisions météorologiques sont principalement basées sur changements de pression atmosphérique dans le temps et dans l'espace. En général, une baisse de pression est signe de temps gris ou de pluie, alors qu'une montée de pression annonce du beau temps. [7]

## I.3.4. Le vent

Cela reflète le mouvement de l'air d'une zone de haute pression vers une zone de basse pression. L'origine du vent est la différence de température observée en surface causée par le rayonnement solaire. Dans la couche limite atmosphérique, le vent est un flux d'air turbulent composé d'une multitude de tourbillons de tailles différentes imbriqués les uns dans les autres, les plus petits étant portés par les plus grands, eux-mêmes portés par le mouvement de tout. La vitesse du vent en un certain point de l'espace présente donc de fortes fluctuations plus ou moins irrégulières avec des amplitudes et des fréquences différentes. La vitesse instantanée du vent reflète la nature turbulente du vent. Elle se décompose en une partie médiane et une partie fluctuante (ou turbulente). La vitesse moyenne est une grandeur déterministe qui traduit la "force" du vent en un point de l'espace. Elle varie avec l'altitude, la rugosité du sol, la topographie du terrain. En pratique, elle est mesurée sur des périodes variant entre dix minutes et une heure (afin que le résultat ne soit pas sensible aux fluctuations lentes ou aux changements rapides de vent). [8]



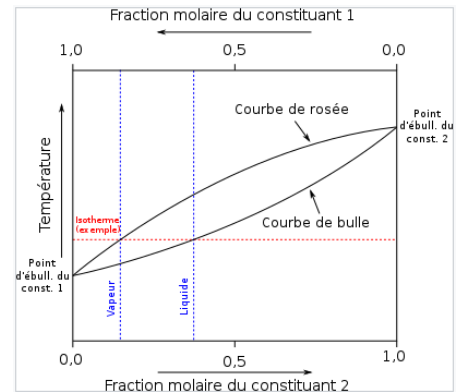
**Figure I.4 : Anémomètre**

## I.3.5. Les précipitations

Les précipitations désignent les gouttelettes d'eau ou les cristaux de glace qui, après condensation et agglomération dans les nuages, deviennent trop lourds pour rester en suspension dans l'air et tombent au sol ou s'évaporent avant de l'atteindre. Il existe plusieurs types de précipitations: la pluie, la neige et la grêle sont parmi les plus courantes. [9]

### I.3.6. Point de rosée

Le point de rosée est la température à laquelle l'air doit être refroidi pour que la vapeur d'eau présente dans l'air commence à se condenser. Ce phénomène physique dépend de la pression, de l'humidité et de la température. Lorsque la température du point de rosée est atteinte, l'humidité relative est de **100 %** et de la rosée peut se former. Lorsque la couche d'air saturée d'humidité est suffisamment épaisse, le brouillard se forme. Les nuits étoilées, suffisamment fraîches et sans vent, favorisent la formation de rosée et de brouillard. [10]



**Figure I.5:** Représente la courbe du point de rosée

### I.3.7. Température ressentie (Humidex)

L'indice **Humidex** est une formule utilisée par les météorologues canadiens pour tenir compte des effets combinés de la chaleur et de l'humidité. Il diffère de l'indice de chaleur utilisé aux États-Unis: il utilise l'humidité relative au lieu du point de rosée. [11]

## I.4. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons exploré les différentes variables météorologiques, ainsi que les équipements utilisés dans les stations météorologiques. Dans cette optique nous allons utiliser quelques composantes pour développer notre station météorologique, nous allons développer cette partie dans les prochains chapitres.

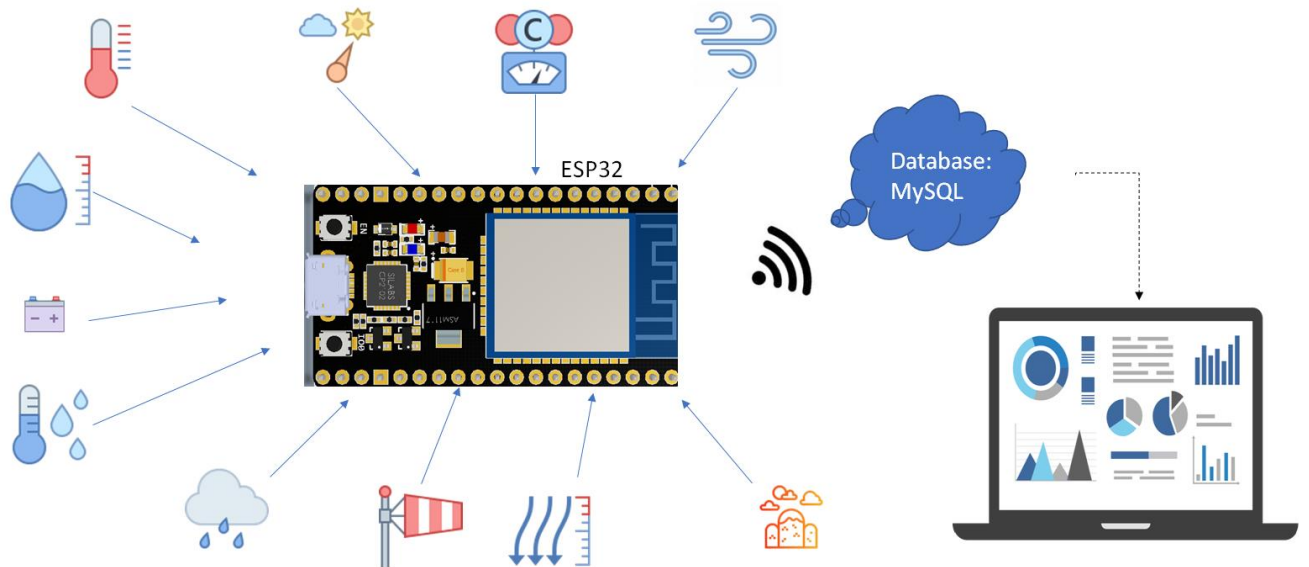
*Chapitre II*

*Matériel*

## II.1. Introduction

Ce chapitre présente le matériel utilisé pour la collecte des informations, le type du système à microcontrôleur à utiliser pour le traitement des données, et la manière dont les mesures sont transférées vers un ordinateur distant.

## II.2. Schéma synoptique



**Figure II.1:** Schéma synoptique du projet

**Phase1 :** mesure des grandeurs météorologiques

**Phase2 :** envoie et stockage des données dans une base de données via wifi

**Phase3 :** Chronogrammes des données météorologiques sur site web

II. 3. Schéma électrique

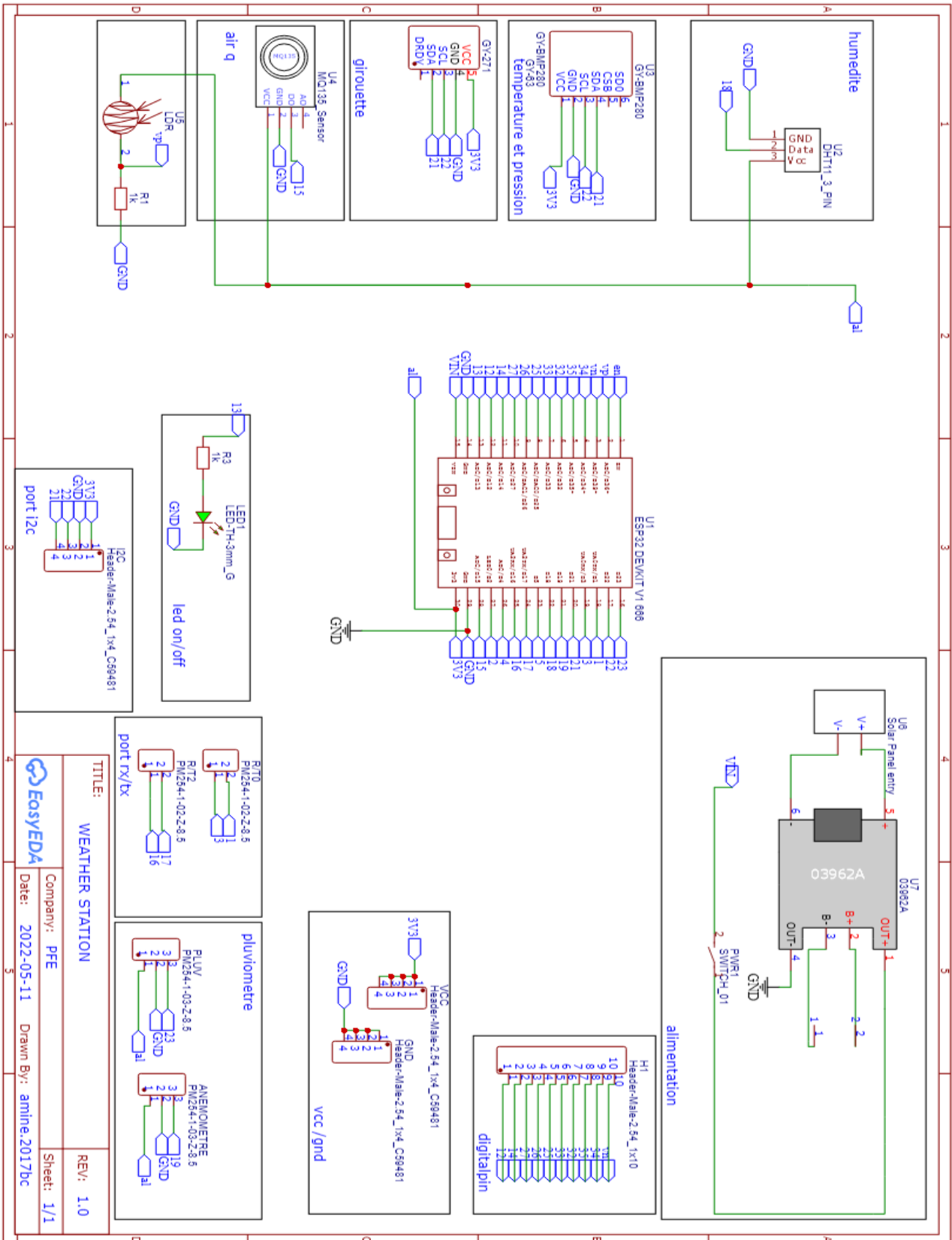


Figure II.2: Schéma électrique globale

## II.4. L'ESP32

ESP32 est un circuit programmable compatible avec l'environnement ARDUINO. Accepte les modules proposés pour l'ARDUINO. Le module de développement "ESP32 DEVKIT V1" est construit autour du circuit ESP32. L'unité ESP32 est programmable à l'aide de l'interface ARDUINO IDE. Un avantage majeur de ce circuit est qu'il inclut la connectivité sans fil WIFI et un processeur multi-core qui le rend extrêmement puissant pour les objets IOT.[12]

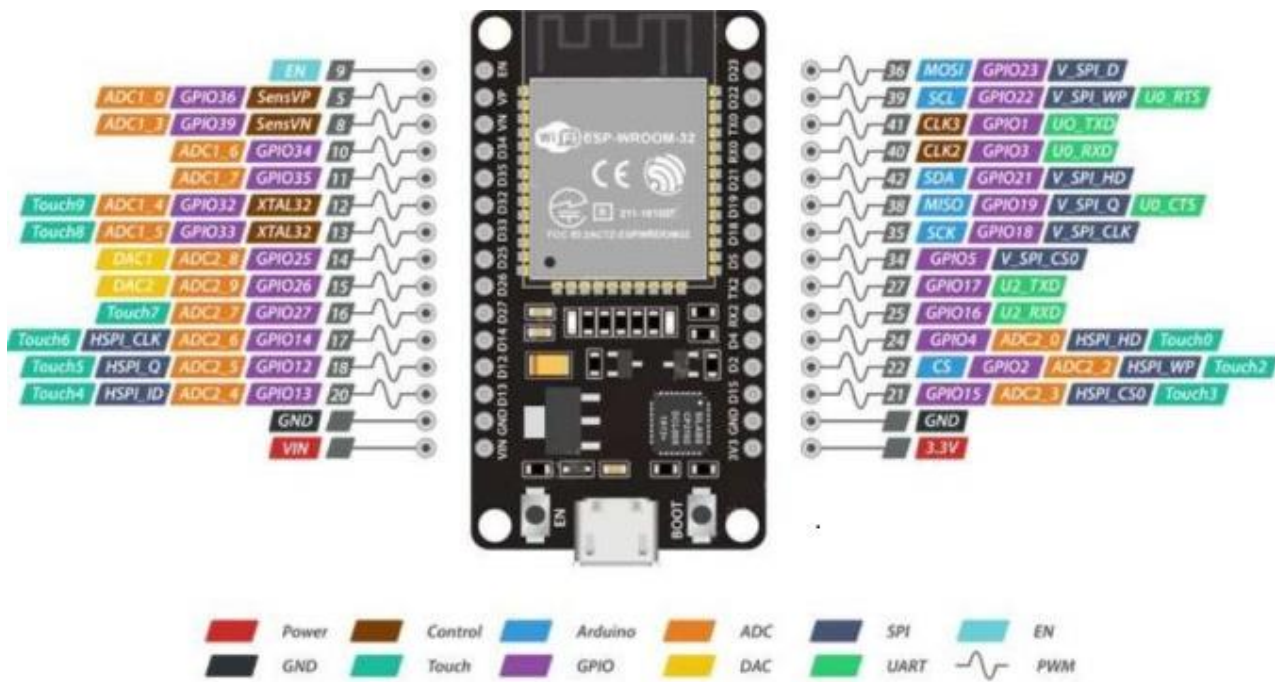


Figure II.3: La carte ESP32

### II.4.1. Caractéristiques [13]

Connectivité	sans fil
WiFi	débit de données de 150,0 Mbps avec HT40
Bluetooth	BLE (Bluetooth Low Energy) et Bluetooth classique
Processeur	microprocesseur LX6 32 bits Dual-CoreTensilicaXtensa, fonctionnant à 160 ou 240 MHz
ROM	448 Ko
SRAM	520 Ko
Basse consommation	garantis que vous pouvez toujours utiliser les conversions ADC, par exemple pendant le sommeil profond.
Entrée / sortie périphérique:	<p>Minuteries et chien de garde</p> <p>Horloge temps réel</p> <p>Convertisseur analogique-numérique (ADC) 12 bits</p> <p>Convertisseur numérique-analogique (DAC)</p> <p>Capteurs intégrés ( Température, effet Hall)</p> <p>Détecteur tactile capacitif</p> <p>Co-processeur Ultra Low Power (ULP)</p> <p>Interface Ethernet MAC</p> <p>Contrôleur hôte SD / SDIO / MMC</p> <p>Émetteur récepteur universel asynchrone (UART)</p> <p>Interface 2 fils (I2C)</p> <p>Interface son interconnecté intégré (I2S)</p> <p>Interface de périphérique série (SPI)</p> <p>Télécommande infrarouge</p> <p>Compteur d'impulsions</p> <p>Modulation de largeur d'impulsion (PWM) 16 sorties</p> <p>Accélérateur Matérie</p>

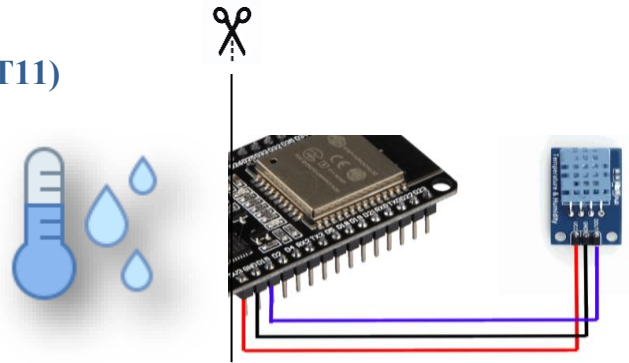
## II.5. Les capteurs d'une station météorologique

### II.5.1. Définition

Un capteur est un transducteur qui converti une grandeur physique observée ou ressentie en une grandeur mesurable, telle qu'une tension électrique, une hauteur de mercure, une intensité ou la déviation d'une aiguille.[14]

### II.5.2. Capteur de température et d'humidité (DHT11)

Le **DHT11** est un capteur numérique permet de mesurer deux variables météorologique « température et humidité relative ». Sa plage de mesure de **0°C** à **+50°C** avec une précision de **+/- 2°C** et des taux d'humidité relative de **20%** à **80%** avec une précision de **+/- 5%**. Une mesure peut être réalisée toutes les secondes. D'après le datasheet on conclue que le signal obtenu par le **DHT11** est un signal calibrée.[15]

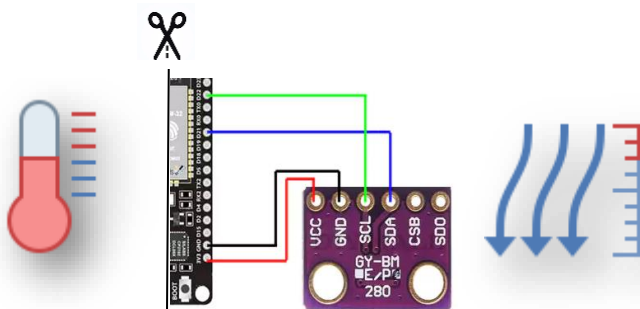


**Figure II.4:** Capteur de température et d'humidité (DHT11)

#### II.5.2.1. Caractéristiques

1. Alimentation : **5V**
2. Consommation : **0.5 mA** en nominal / **2.5 mA** maximum
3. Plage de mesure de la température : **0°C** à **50°C ± 2°C**
4. Plage de mesure de l'humidité : **20-90%RH ±5%RH**. [16]

### II.5.3. Capteur de température et de pression (BMP280)



**Figure II.5:** Capteur de température et de pression (BMP280)

Le capteur **BMP280**, fabriqué par bosh, est la meilleure solution de détection à faible coût à haute précision pour mesurer la température ambiante et la pression atmosphérique.[17]

#### II.5.3.1. Caractéristiques

- 1 Haute précision, précision absolue de **± 1,0 hPa** pour la mesure de pression et **± 1** précision pour la mesure de température
- 2 Prend en charge les communications I2C et SPI
- 3 Peut être utilisé comme altimètre avec une précision de **± 1 mètre**. [18]

### II.5.4. Capteur de détection de la pluie

L'intérêt de ce capteur est de détecter la présence ou l'absence de la pluie. Le capteur est accompagné d'un module d'interface équipé d'un potentiomètre pour le réglage de la sensibilité et des bornes pour la sélection entre sortie numérique et analogique. Le capteur de pluie détecte les gouttelettes d'eau lorsqu'elles court-circuitent les pistes du circuit imprimé. Le capteur agit comme une résistance variable qui change d'état : **100 kOhm** lorsqu'il est mouillé et **2 MΩ** lorsqu'il est sec. Il possède 2 sorties : une sortie numérique (**1 ou 0**) et une sortie analogique (**0 à 4095**) par rapport la résolution **12 bits**.[\[19\]](#)

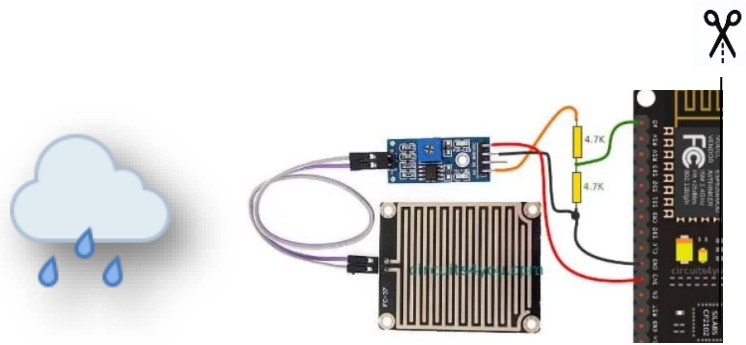


Figure II.6: Capteur de détection de la pluie

#### II.5.4.1. Caractéristiques

- Dimension du capteur : **39 mm x 54 mm**
- Tension : **3,3V-5V**
- Leds de contrôle.[\[19\]](#)

### II.5.5. Capteur de vitesse du vent (Anémomètre)

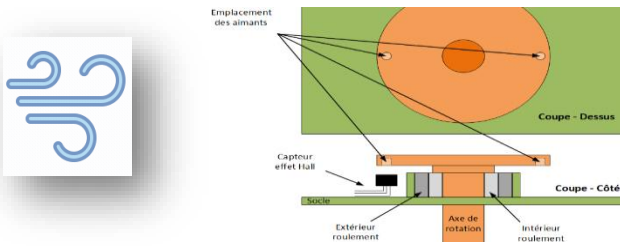


Figure II.7: Capteur de vitesse du vent (Anémomètre)

Un anémomètre est un instrument utilisé pour mesurer la vitesse relative du vent. Il sert à convertir la force du vent en nombre de tour, à l'aide d'une relation mathématique, cette dernière est transformée en vitesse linéaire en **mètre/s**.[\[20\]](#)

Pour convertir une vitesse angulaire exprimée en tours par seconde (**rps**) en vitesse linéaire exprimée en mètres second (**m/s**) on a :

$$V \text{ (m/s)} = 2\pi \cdot r \cdot N \text{ (rps)}$$

$$V \text{ (m/s)} \sim 6.2831853 \cdot r \cdot N \text{ (rps)}$$

**V** est la vitesse linéaire exprimée en mètres par seconde (**m/s**) ,

**N** est la vitesse angulaire exprimée en tours per second (**rps**)

**r** est le rayon exprimé en mètres (**m**), on a **r = 0.17m**.[\[21\]](#)

### II.5.6. Capteur de direction du vent (Girouette)

La girouette est un instrument qui indique la direction du vent . Cette direction est indiquée par les points cardinaux : nord(**N**), nord-est(**NE**), nord-est, east(**E**), sud (**S**), etc. ou degrés (par exemple **90°** pour un vent d'est, **180°** pour un vent de sud(**S**), **360°** pour un vent nord.

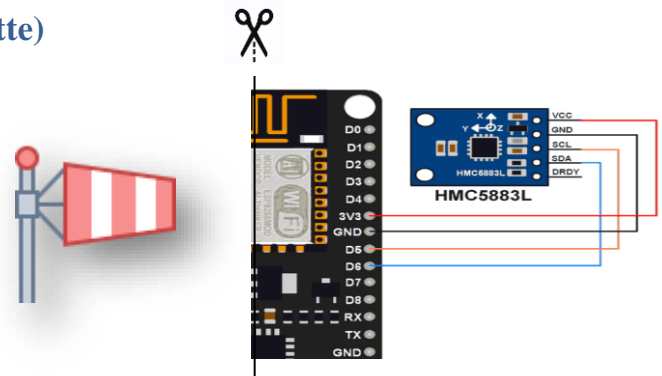


Figure II.8: Capteur de direction du vent

### II.5.7. Qualité d'air MQ-135

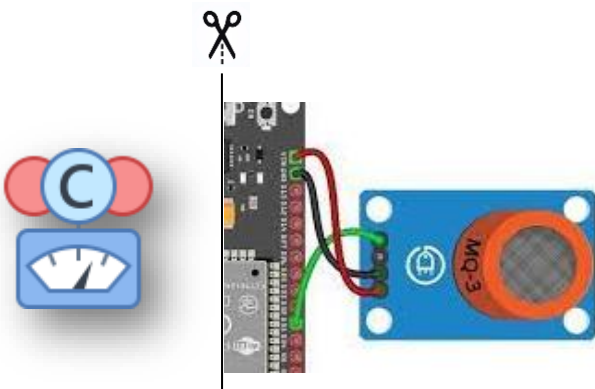


Figure II.9: Capteur Qualité d'air MQ-135

Le **MQ135** est un capteur qui mesure la qualité de l'air. Il très sensible aux Gas polluants présents dans l'atmosphère tel que le CO<sub>2</sub>, l'alcool, le benzène(**C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>**), l'oxyde d'azote (**NO<sub>x</sub>**) et l'ammoniac (**NH<sub>3</sub>**). Il peut aussi détecter la fumée. D'après ces avantages il est simple, réponse rapide, d'une grande sensibilité, stable et durée de vie longue.[22]

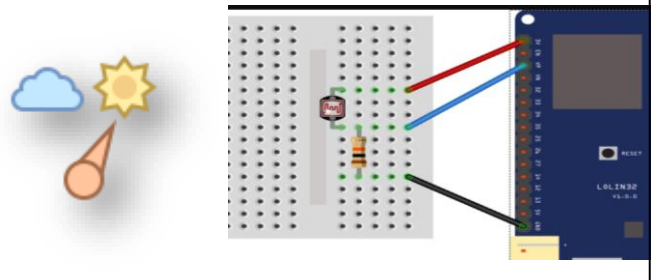
#### II.5.7.1. Caractéristiques

1. Tension nominale: 5V
2. 2 Sorties: Analogiques et numérique tout ou rien selon un seuil réglable
3. Le module possède un indicateur LED de l'état de la sortie numérique
4. Détecte **NH<sub>3</sub>**, **NO<sub>x</sub>**, alcool, benzene, fumée et **CO<sub>2</sub>**
5. Haute sensibilité: **10 – 300 ppm NH<sub>3</sub>**, **10 – 1000 ppm Benzène**, **10 – 300 ppm Alcool**
6. Plus la concentration est importante plus la sortie analogique est élevée
7. Stable
8. Longue durée de vie.[22]

### II.5.8. Capteur de lumière (Photorésistance)

Un capteur de lumière, également appelé capteur d'intensité lumineuse (**LDR**) est un détecteur qui permet de transformer la lumière en un courant électrique. Il s'agit d'un capteur passif et non pas un instrument de mesure. C'est une interface entre le processus de la lumière et une information sur cette intensité lumineuse. Ce composant

électronique possède une résistance qui dépend du flux lumineux. L'intensité lumineuse est exprimée en **lux**. Les capteurs de lumière réagissent à des longueurs d'onde comprises entre **400 nm** (qui correspond au spectre violet) et **600 nm** (orange) et un pic se situe aux alentours de **520 nm** (qui correspondent au vert). La lumière visible possède une longueur d'onde comprise entre **400 et 600 nm** et sera donc très facilement détectée par tous les types de capteurs. [23]



**Figure II.10:** Capteur de lumière (Photorésistance)

## II.6. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté les composants choisis pour notre station météo. La plus part du choix des capteurs été basé sur la disponibilité dans le marché Algérien. Cependant ces composants nous offrent de bonnes mesures et une connectivité parfaite.

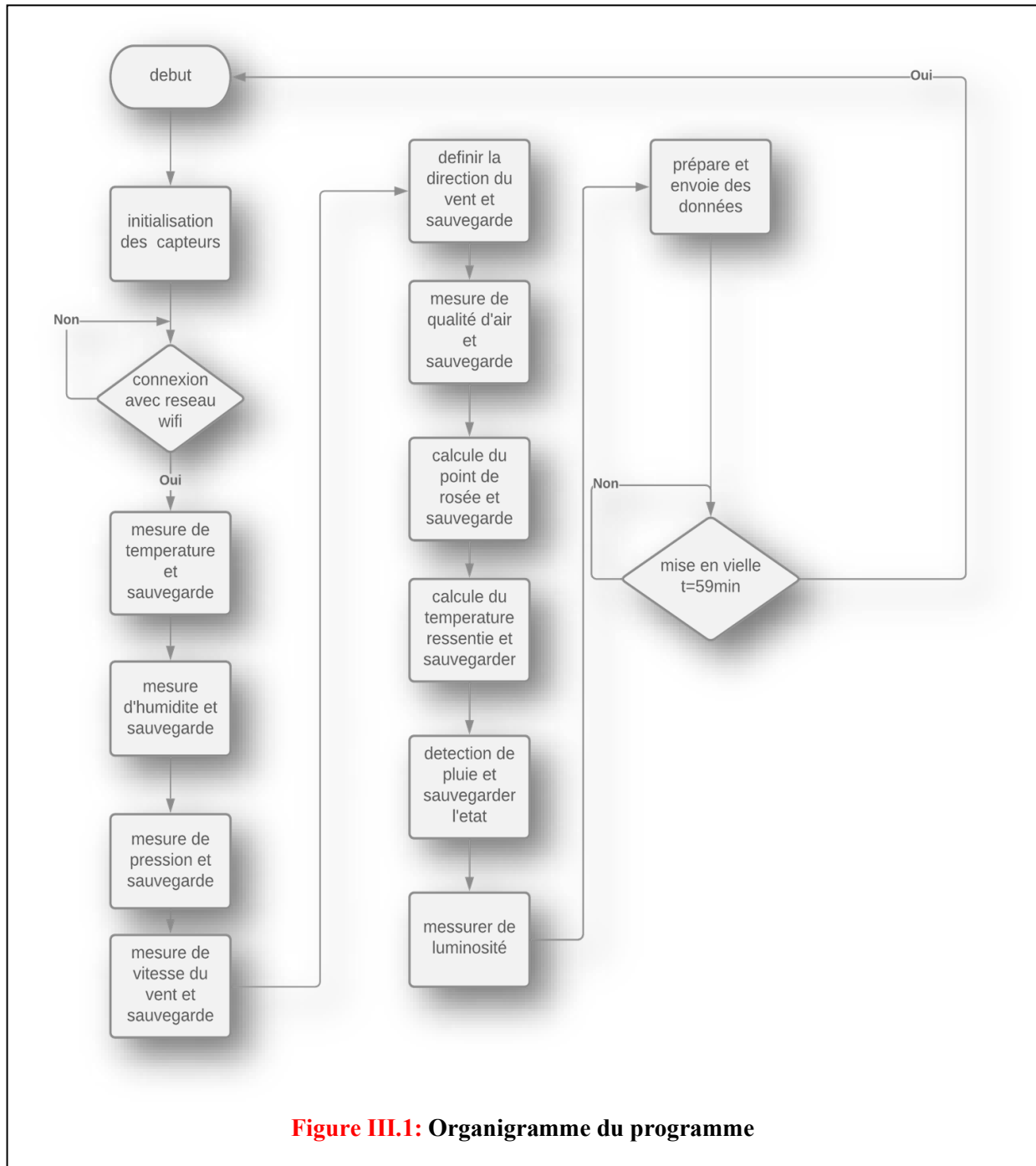
*Chapitre III*

*Conception*

### III.1. Introduction

Puisque on a vue tous les paramètres importants dans les chapitres précédent pour les types de station météo, on passe à la réalisation, la programmation et codage de notre propre station météo.

**Remarque :** tant que la programmation se fait sur **Arduino ide** on a commencé la réalisation du projet avec **Arduino Mēga** jusqu'à la phase 2 on utiliser **esp32**.

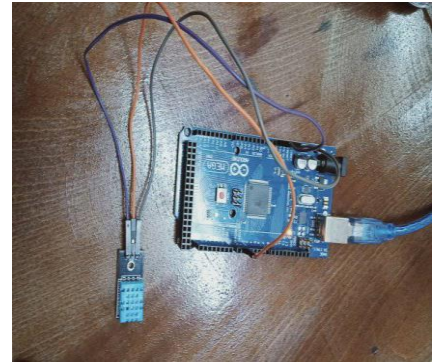


## III.2. Programmation

### III.2.1. Humidité

#### III.2.1.1. Montage

Le choix du module `dht11` s'est porté pour mesurer l'humidité relative, son branchement est simple et il délivre un signal calibré qui va garantir la mesure.



**Figure III.2:** Montage du dht11

#### III.2.1.2. Programme DHT11 et résultat

Ces lignes assurent le fonctionnement du capteur (`dht11`) et le prélèvement des mesures, l'image ci-dessus montre le résultat de capteur.

```
// temp de mesure 250ms
float h = dht.readHumidity();
Serial.print(F("Humidity: "));
Serial.print(h);
return;
```

**Figure III.3:** Partie du dht11 dans le programme

```
10:46:08.401 -> Humidity: 60.00%
10:46:10.450 -> Humidity: 60.00%
10:46:12.482 -> Humidity: 60.00%
10:46:14.541 -> Humidity: 60.00%
10:46:16.572 -> Humidity: 60.00%
10:46:18.593 -> Humidity: 60.00%
```

**Figure III.4:** Résultat fourni par le capteur

### III.2.2. Température et Pression atmosphérique :

#### III.2.2.1. Montage

La mesure de température et pression atmosphérique est prise grâce au capteur bmp280.

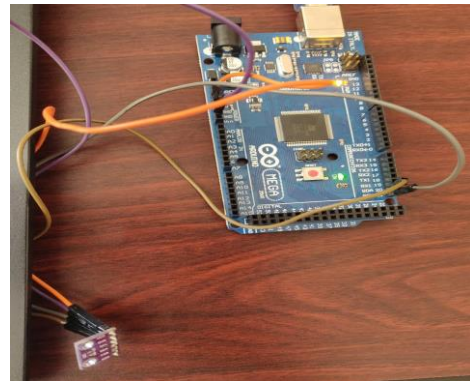


Figure III.5: Montage du BMP280

#### III.2.2.2. Programme du BMP280 et résultat

```
#include <Wire.h>
#include <SPI.h>
#include <Adafruit_BMP280.h>
Adafruit_BMP280 bmp; // I2C
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  while ( !Serial ) delay(100);
  Serial.println(F("BMP280 test"));
  unsigned status;
  status = bmp.begin();
  if (!status) {
    Serial.println(F("Could not find a valid BMP280 sensor, check wiring or "
      "try a different address!"));
    Serial.print("SensorID was: 0x"); Serial.println(bmp.sensorID(),16);
    Serial.print("  ID of 0xFF probably means a bad address, a BMP 180 or BMP 085\n");
    Serial.print("  ID of 0x56-0x58 represents a BMP 280,\n");
    Serial.print("  ID of 0x60 represents a BME 280.\n");
    Serial.print("  ID of 0x61 represents a BME 680.\n");
    while (1) delay(10);
  }
}
void loop() {
  Serial.print(F("Temperature = "));
  Serial.print(bmp.readTemperature());Serial.println(" °C");
  Serial.print(F("Pressure = "));
  Serial.print(bmp.readPressure());Serial.println(" Pa");
  Serial.print(F("Approx altitude = "));
  Serial.print(bmp.readAltitude(1013.25)); Serial.println(" m");
  Serial.println();
  delay(2000);
}
```

Intégrations les bibliothèques nécessaires.

Vérification de la présence du capteur dans void setup.

Affichage les valeurs déduit par le capteur.

Figure III.6: Partie du BMP280 dans le programme

L'image ci-dessus montre les résultats Fournis par bmp280

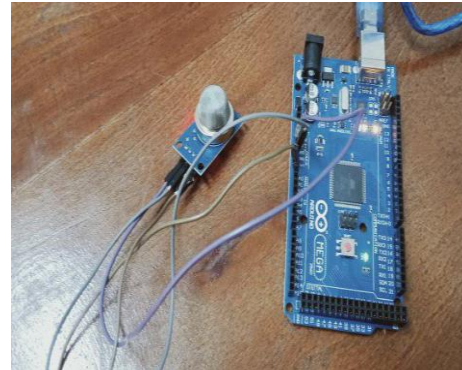
```
BMP280 test
Temperature = 19.84 °C
Pressure = 101238.58 Pa
```

Figure III.7: Résultat fournit par le capteur

### III.2.3. Qualité d'air

#### III.2.3.1. Montage

Le mq135 nous permet de vérifier la qualité d'air.



**Figure III.8:** Montage du MQ135

#### III.2.3.2. Programme du MQ135 et résultat

Création d'une fonction `airq()`; qui permet de déterminer la qualité d'air.

```
void loop() {
  airq();
}
void airq(){
  float rzero = mq135_sensor.getRZero();
  float correctedRZero = mq135_sensor.getCorrectedRZero(temperature, humidity);
  float resistance = mq135_sensor.getResistance();
  float ppm = mq135_sensor.getPPM();
  float correctedPPM = mq135_sensor.getCorrectedPPM(temperature, humidity);

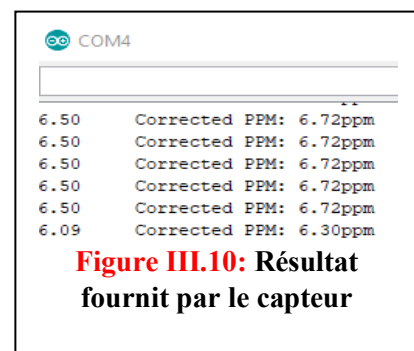
  Serial.print(ppm);
  Serial.print("\t Corrected PPM: ");
  Serial.print(correctedPPM);
  Serial.println("ppm");

  delay(300);
}
```

**Figure III.9:** Partie du Mq135 dans le programme

L'image ci-dessus montre les résultats Fourni par MQ135.

(PPM) : Nombre de molécules du gaz à effet de serre considéré par million de molécules d'air.

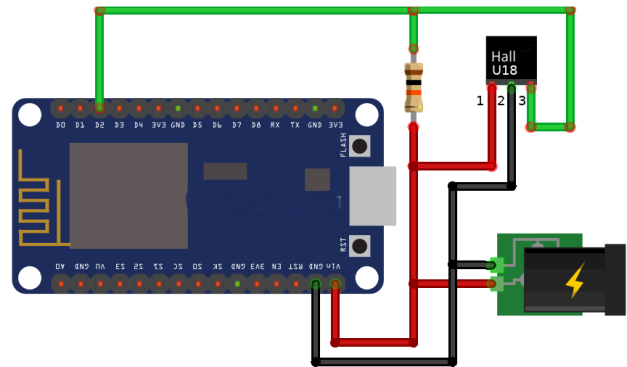


**Figure III.10:** Résultat fourni par le capteur

## III.2.4. Vitesse du vent

### III.2.4.1. Montage

Grace à l'anémomètre et l'équation qui transforme le nombre de tour en vitesse linéaire, on va calculer la vitesse du vent.



**Figure III.11:** Montage de la vitesse du vent

### III.2.4.2. Programme de calcul de la vitesse du vent

```
#define WIND_SENSOR_PIN 15 //wind sensor pin
#define WIND_SPEED_1_PULSE_SECOND 0.34 //in m/s t
#define ONE_ROTATION_SENSOR 1.0 // #define ONE_ROTATION_SENSOR 1.0

volatile unsigned long Rotations; //Cup rotation count
float WindSpeed; //Speed meter per second

//convert rotation to wind speed in m/s
WindSpeed = WIND_SPEED_1_PULSE_SECOND/ONE_ROTATION_SENSOR*(float)Rotations;
Serial.print(Rotations); Serial.println("\t\t");
Serial.print("WindSpeed"); Serial.print(WindSpeed); Serial.println("m/s");

sei(); //Enables interrupts

Rotations = 0; //Set Rotations count to 0 ready for calculations
gulStart_Read_Timer = millis();
}
```

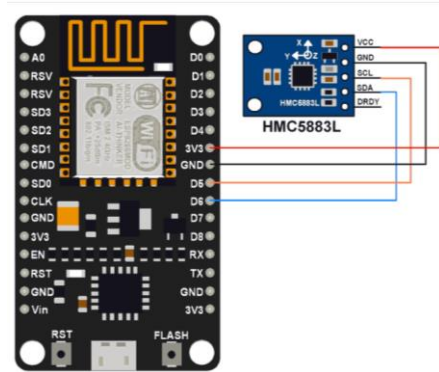
**Figure III.12:** Partie du calcul de la vitesse du vent

Vitesse relative : La vitesse relative qualifie l'écart de distance entre deux mobiles par unité de temps, ou bien la vitesse d'un mobile observée depuis un autre mobile.

### III.2.5. Direction du vent

#### III.2.5.1. Montage

Le `qmc5883l` permet de détecter la direction de vent, c'est une boussole électronique on l'appelle aussi magnétomètre, basé sur la détection des champs magnétique a très faible intensité à l'interface numérique pour des applications de compas et magnétométrie.



**Figure III.13:** Montage de la direction du vent

#### III.2.5.2. Programme de détection de la direction du vent

Notre programme est de convertir le degré de la boussole en direction.

```
//Serial.print(heading);
Serial.print(" Degrés = ");
Serial.print(headingDegrees);
Serial.println();

if (headingDegrees >00 && headingDegrees < 90 ){
  Serial.println("north east"); aff="north east";}

else if (headingDegrees >90 && headingDegrees < 180 ){
  Serial.println("south east"); aff="south east";}
else if (headingDegrees >180 && headingDegrees < 270 ){
  Serial.println("south west"); aff="south west";}
else if (headingDegrees >270 && headingDegrees < 355 ){
  Serial.println("north west"); aff="North west";}
delay(100);
```

**Figure III.14:** Partie de détection de la direction du vent

### III.2.6. Point de rosée

Après la mesure de la température et l'humidité relative, on calcule le point de rosée en utilisant une formule dite formule de Heinrich Gustav.

```

////////////////////////////////-----point rosee -----////////////////////////////////
double calculPointRosee(double temperature, double humidite)
{
    double a = 17.271;
    double b = 237.7;
    double temp = (a * temperature) / (b + temperature) + log(humidite*0.01);
    double Td = (b * temp) / (a - temp);
    return Td;
}
////////////////////////////////
    
```

**Figure III.15:** Fonction du calcul du point de rosée

### III.2.7. Température ressentie (humidex)

La formule de l'indice humidex ou température ressentie.

La formule de l'indice Humidex est la suivante<sup>5</sup> :

$$\text{Humidex} = T_A + 0,5555 \left[ 6,11 e^{5417,7530 \left( \frac{1}{273,16} - \frac{1}{273,15+T_H} \right)} - 10 \right]$$

où :

- $T_A$  est la température ambiante en °C ;
- $T_H$  est la température de rosée en °C

avec, pour une humidité relative  $H$  telle que  $H > 50\%$  :

$$T_H \approx T_A - \frac{100 - H}{5}, \text{ ou :}$$

$$H \approx 100 - 5(T_A - T_H)$$

**Figure III.16:** Formule de la température ressentie

#### III.2.7.1. Programme de température ressentie

```

////////////////////////////////////////////////////////////////
double calculateHumidexValue (double temperature, double rosee)
{
    double h = temperature + 0.5555 * ( 6.11 * exp ( calculateHumidexEValue(rosee))
    Serial.print("Humidex = ");
    Serial.println(h);
    return h;
}

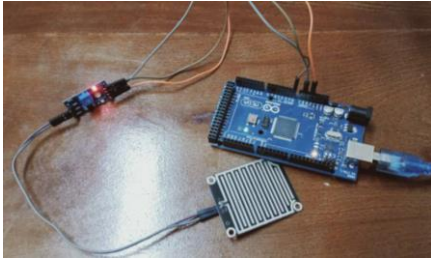
double calculateHumidexEValue (double rosee)
{
    double e = 5417.7530*((1/273.16)-(1/(273.16 + rosee)));
    //Serial.print("evalue = ");
    // Serial.println(e);
    return e;
}
////////////////////////////////////////////////////////////////
    
```

**Figure III.17:** Partie de la température ressentie dans le programme

### III.2.8. Détecteur de pluie

La détection de pluie est très importante dans la station, pour cela on utilise le détecteur de pluie.

#### III.2.8.1. Montage



**Figure III.18:** Montage du détecteur de pluie

#### III.2.8.2. Programme et résultat

```
void Rain() {
  int rainDigitalVal = digitalRead(rainDigital);
  if ( rainDigitalVal == 1)

  {
    Serial.print("\t");
    etatpluie=Serial.println("notraining");
  }
  else {
    Serial.print("\t");
    etatpluie=Serial.println("raining");
  }

  delay(200);
}
```

**Figure III.19:** Fonction du détecteur de pluie

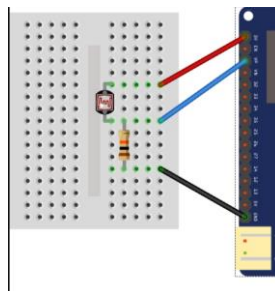
Affichage la présence ou l'absence de pluie.

```
notraining
notraining
notraining
raining
raining
raining
raining
```

**Figure III.20:** Résultat fourni par le capteur

### III.2.9. Luminosité

La luminosité aide à déterminer la luminance délivrée par le soleil.



**Figure III.21:** Montage du LDR

### III.3. Envoie les mesures vers base de données

Grâce à la requête http, on envoie les données vers une base de données.

```
// preparer la requette et l'envoi
// Prepare your HTTP POST request data
String httpRequestData = "api_key=" + apiKeyValue + "&sensor=" + sensorName + "&location=" + sensorLocation +
    "&value1=" + String(bmp.readTemperature()) + "&value2=" + String(DHT.getHumidity()) + "&value3=" + String(bmp.readPressure()/100.0F)
    "&value4=" + String(rosee) + "&value5=" + String(humidex) + "&value6=" + String(aff) + "&value6=" + String(WindSpeed)+"&value7=" +
    String(ldrReading)+"&value8=" + String(correctedPPM
    ) + "";
Serial.print("httpRequestData: ");
Serial.println(httpRequestData);

// Send HTTP POST request
int httpResponseCode = http.POST(httpRequestData);
```

Figure III.22: L'envoi de la requête

#### III.3.1. Création tableau SQL « StructuredQueryLanguage »

Sql est un langage standardisé utilisé pour gérer la base de données et effectuer diverses fonctions.

Après la création d'un compte d'hébergement et configuration d'un nom de domaine, la connexion est automatique et le tableau de bord apparait.

Après cela, on suit les étapes pour créer notre base de données, nom d'utilisateur, mot de passe et table SQL.

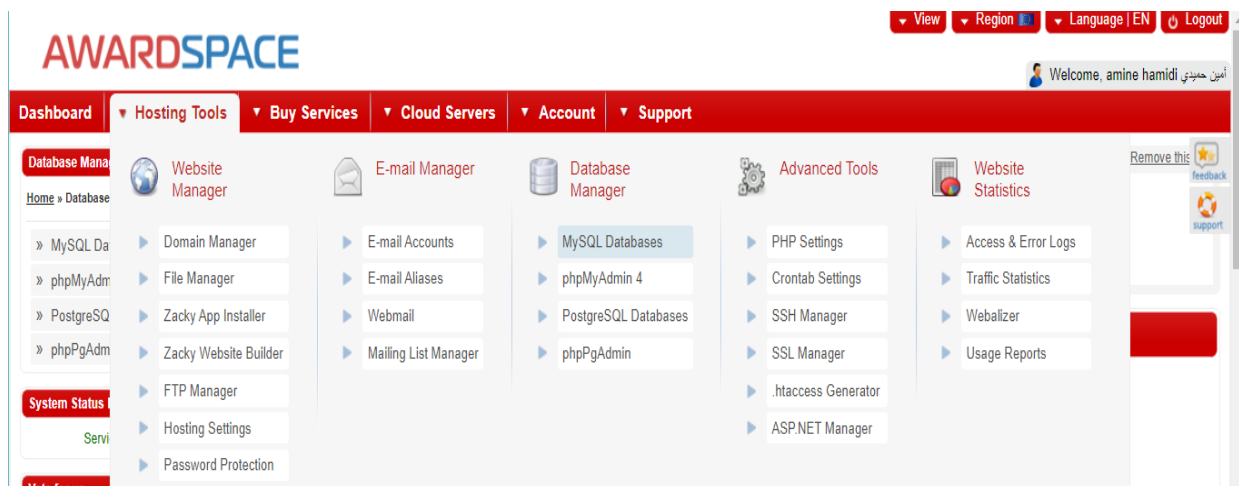


Figure III.23: L'endroit MySQL data bases

Name	User	Host	Port	Quota	Management	Type	Options
+ 4082726_datameteorologie	4082726_datameteorologie	fdb32.awardspace.net	3306	Available: 30 MiB Used: 540 KiB	<a href="#">phpMyAdmin 4</a> <a href="#">See all tools</a>	MySQL	

**Figure III.24: Création de la base de données**

On crée un tableau de 10 colonnes « valeurs » avec **ID**, lieu et date.

Value1 : temperature

Value2 : humidité

Value3 : pression

Value 4 : point de rosée

Value 5 : temp .ressentie

Value 6 : degré de la  
direction vent

Value 7 : vitesse de vent

Value 8 : luminosité

Value 9 : détection de  
pluie

Value 10 : pourcentage du  
niveau de batterie.

```
CREATE TABLE SensorData(
  id INT(6) UNSIGNED AUTO_INCREMENT PRIMARY KEY,
  sensor VARCHAR(30) NOT NULL,
  location VARCHAR(30) NOT NULL,
  value1 VARCHAR(10),
  value2 VARCHAR(10),
  value3 VARCHAR(10),
  value4 VARCHAR(10),
  value5 VARCHAR(10),
  value6 VARCHAR(10),
  value7 VARCHAR(10),
  value8 VARCHAR(10),
  value9 VARCHAR(10),
  value10 VARCHAR(10),

  reading_time TIMESTAMP DEFAULT
  CURRENT_TIMESTAMP ON UPDATE CURRENT_TIMESTAMP
)
```

phpMyAdmin

4082726\_datameteorologie

SensorData

Base de données: 4082726\_datameteorologie > Table: SensorData

Affichage des lignes 0 - 24 (total de 6021, Traitement en 0.0336 secondes.) [id: 6021... - 5997...]

SELECT \* FROM `SensorData` ORDER BY `id` DESC

Profilage [ Éditer en ligne ] [ Modifier ] [ Expliquer SQL ] [ Créer code source PHP ] [ Actualiser ]

1 > >> Nombre de lignes : 25 Filtrer les lignes: Chercher dans cette table Trier sur l'index: PRIMARY (DESC)

+ Options														
	id	sensor	location	value1	value2	value3	value4	value5	value6	value7	value8	value9	value10	readi
<input type="checkbox"/>	6021	BMP280	Mostaganem	25	56	1000	15	28.98	0.00	0	NULL	0	0	2022-
<input type="checkbox"/>	6020	BMP280	Mostaganem	25	56	1000	15	28.98	0.00	0	NULL	0	0	2022-
<input type="checkbox"/>	6019	BMP280	Mostaganem	25	56	1000	15	28.98	0.00	0	NULL	0	0	2022-
<input type="checkbox"/>	6018	BMP280	Mostaganem	25	56	1000	15	28.98	0.00	0	NULL	0	0	2022-
<input type="checkbox"/>	6017	BMP280	Mostaganem	25	57	1000	16	29.62	0.00	0	NULL	0	0	2022-
<input type="checkbox"/>	6016	BMP280	Mostaganem	25	58	1000	16	29.62	0.00	0	NULL	0	0	2022-
<input type="checkbox"/>	6015	BMP280	Mostaganem	25	59	1000	16	29.62	0.00	0	NULL	0	0	2022-
<input type="checkbox"/>	6014	BMP280	Mostaganem	25	59	1000	16	29.62	0.00	0	NULL	0	0	2022-
<input type="checkbox"/>	6013	BMP280	Mostaganem	25	59	1000	16	29.62	0.00	0	NULL	0	0	2022-

**Figure III.25: Tableau sql**

### III.4. Conception page web

Dans cette partie on entre dans la troisième phase du schéma synoptique, c'est la réalisation de notre site web qui affiche toutes les données prélevées en temps réel et précédent avec une fréquence de JOUR, MOIS, ANNES pour les graphes.

#### III.4.1. HTML

Les titres, paragraphe, les images et table de données, ont été codé en html.

```

1 <!doctype html>
2 <html>
3 <head>
4   <meta charset="UTF-8">
5   <title>Untitled Document</title>
6 </head>
7 |
8 <body>
9 </body>
10 </html>
11

```

Figure III.26: Structure d'une page html

#### III.4.2. CSS

La mise en forme du contenu html a été façonnée par CSS. En modifiant la couleur d'arrière-plan ou les polices, ou en disposant le contenu en plusieurs colonnes. [24]

#### III.4.3. JavaScript

Grâce au JavaScript qui est un langage de programmation nous permet de créer du contenu dynamique, de contrôler le contenu et de réaliser des graphes. [24]

#### III.4.4. PHP

L'Hyper text Preprocessor ou PHP est un langage de script exécuté au côté server, nous a permis un traitement des données, communication avec la base de données dans le but d'avoir une page dynamique.

Le site est décomposé en trois interfaces : une page principale, une page contient des tableaux et une page contient des graphes.

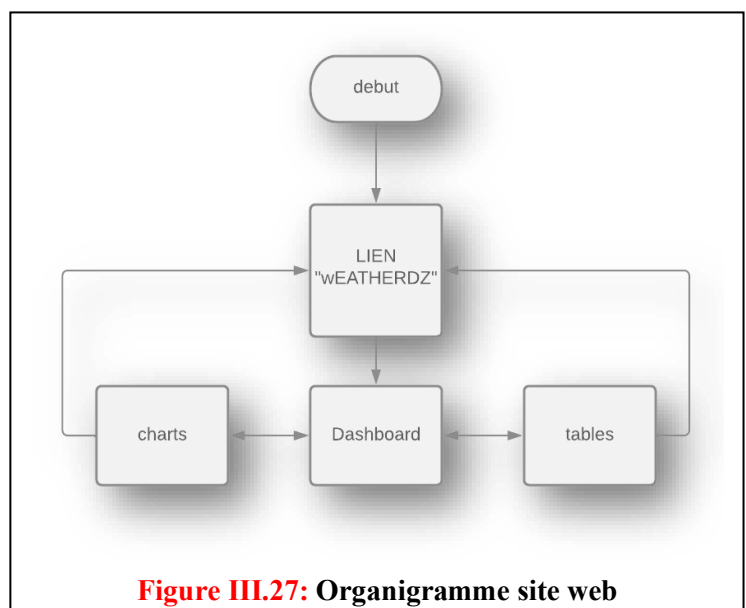
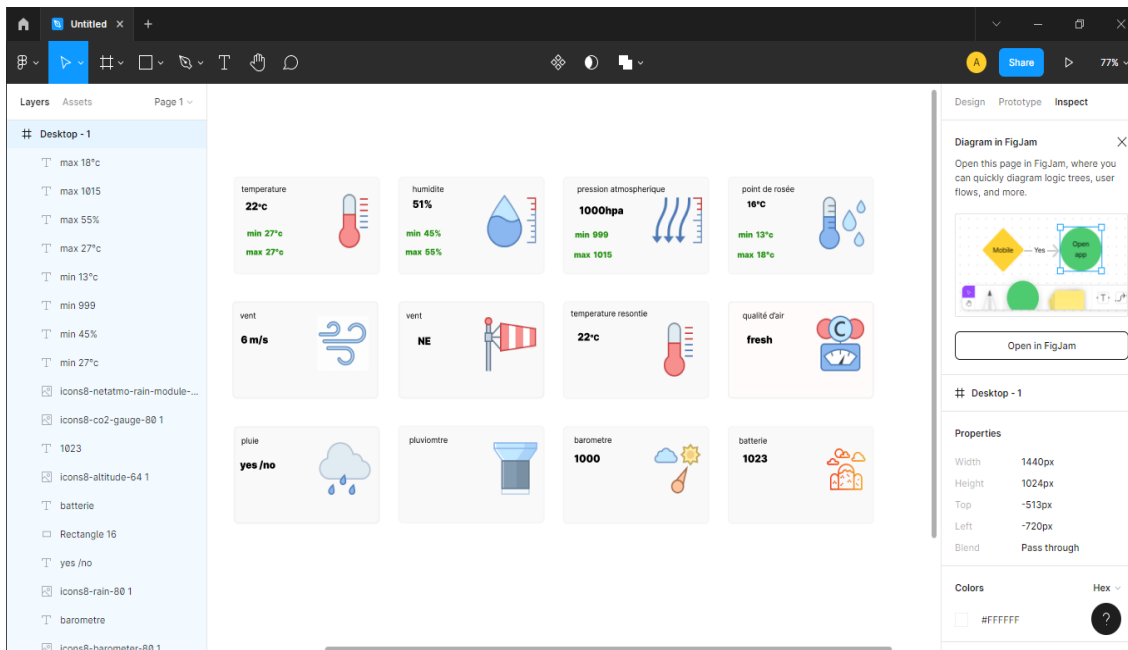


Figure III.27: Organigramme site web

## III.4.5. Page principale

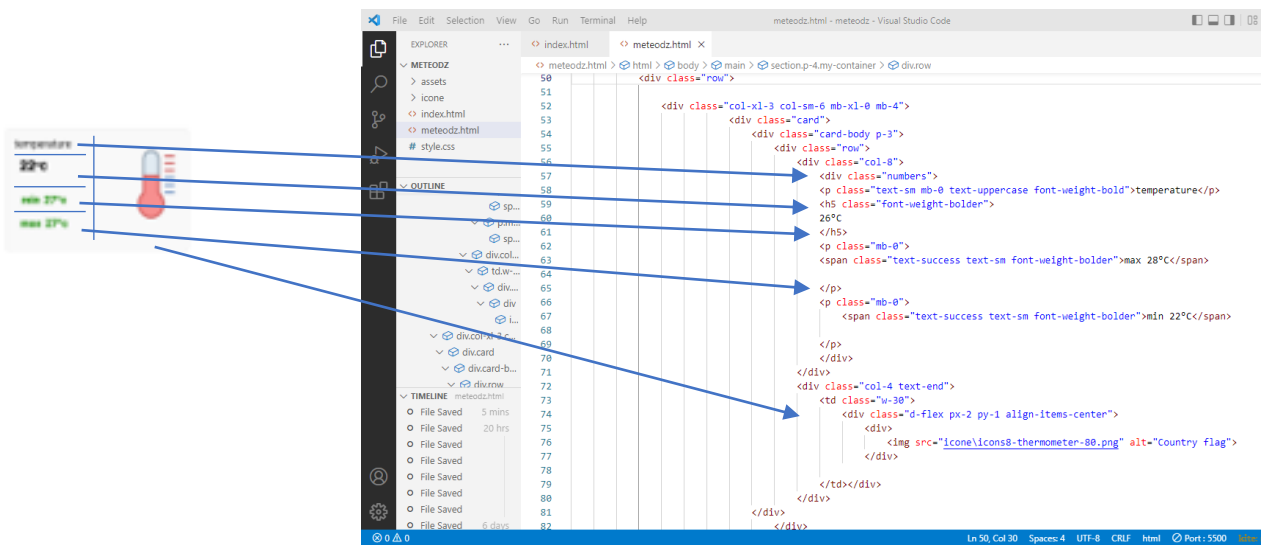
Le but de cette page est de montré le plus possible d'informations, avec "design" simple et fiable.

Le "design" de la page réalisé par logiciel **Figma**, ce dernier intègre des fonctionnalités intéressantes dans le développement des interfaces web.



**Figure III.28: L'interface par figma**

L'image suivante montre comment coder un rectangle ex : température en **html**



**Figure III.29: Code de la page**

### III.4.6. Page des graphes

Cette page nécessite le langage java script et la librairie **highchart.js**, cette dernière aide à la création des graphes dynamiques.

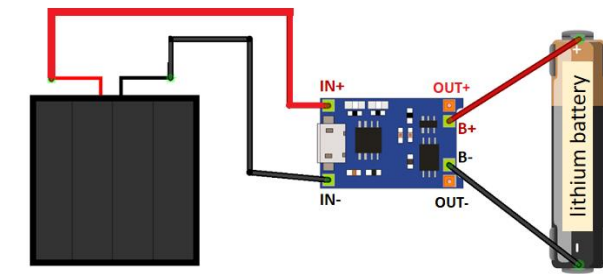
```

54 <!DOCTYPE html>
55 <html>
56 <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1">
57 <script src="https://code.highcharts.com/highcharts.js"></script>
    
```

**Figure III.30: Appel highchart.js.**

Line 57 fait appel la librairie **highchart.js**.

### III.5. Alimenter la station avec panneau solaire



**Figure III.31: Montage de panneau solaire**

La tension maximale forint par batterie est **4.2V** pour cela on utilise un diviseur de tension car l’esp32 la tension d’entrée maximale est **3.3v**

R1 =**27Kohm**

R2= **5kohm**

On aura **0.65v** quand la batterie a **4.2v** et **0.51v** quand la batterie **3.3V**.

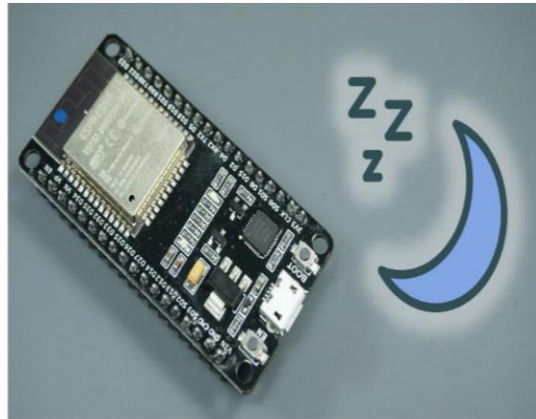
Pour transformer la valeur en pourcentage on utilise la fonction ci-dessus

```

float batvol =analogRead(32);
Serial.println(batvol);
batteryLevel = map(analogRead(A4), 510.0f,650.0f, 0, 100);
Serial.print( " batteryLevel ");
Serial.println(batteryLevel);
delay(1000);
    
```

**Figure III.32: Conversion voltage en pourcentage**

### III.6. Autonomie de la station (deepsleep)



**Figure III.33: Deepsleep**

Faire fonctionner notre ESP32 en mode actif avec des piles n'est pas idéal, car l'énergie des piles s'épuisera très rapidement. Pour cela nous utilisons mode deepsleep. Cela réduira la consommation d'énergie et notre batterie dure plus longtemps.

Après la mise en veille profonde de l'ESP32, il existe plusieurs façons de le réveiller (réveille interne et réveille externe)

#### Réveille interne:

1. **TIMER**, réveillant votre ESP32 en utilisant des périodes de temps prédéfinies.
2. Les broches tactiles.

#### Réveille externe:

1. Un réveille externe ou plusieurs réveils externes différents.

Pour notre cas on a choisi le **TIMER** avec un temps de **59 min** pour avoir chaque 1 heure une valeur.

```

#define uS_TO_S_FACTOR 1000000ULL /* Conversion factor for micro seconds to seconds */
#define TIME_TO_SLEEP  3540

esp_sleep_enable_timer_wakeup(TIME_TO_SLEEP * uS_TO_S_FACTOR);
Serial.println("Setup ESP32 to sleep for every " + String(TIME_TO_SLEEP) +
" Seconds");

Serial.println("Going to sleep now");
Serial.flush();
esp_deep_sleep_start();
digitalWrite(led, HIGH);
}
void isr_rotation() {
  Rotations++;
}

```

**Figure III.34: Programme mode deepsleep**

### III.7. Réalisation du circuit imprimé "typon"

La réalisation de typon faite grace un logiciel applées easyEda. Ce dernier est un outil de CAO pour l'électronique (EDA). Il a été conçu pour permettre aux amateurs d'électronique, aux élèves ...etc. d'accéder facilement et gratuitement à la CAO électronique. L'avantage de ce logiciel qu'il nécessite pas de télécharger les librairies des modules et il permet d'avoir une vue en 3d.

#### III.7.1. Les étapes de la réalisation du circuit

##### III.7.1.1. Partie virtuelle

##### III.7.1.1.1. Schéma électrique

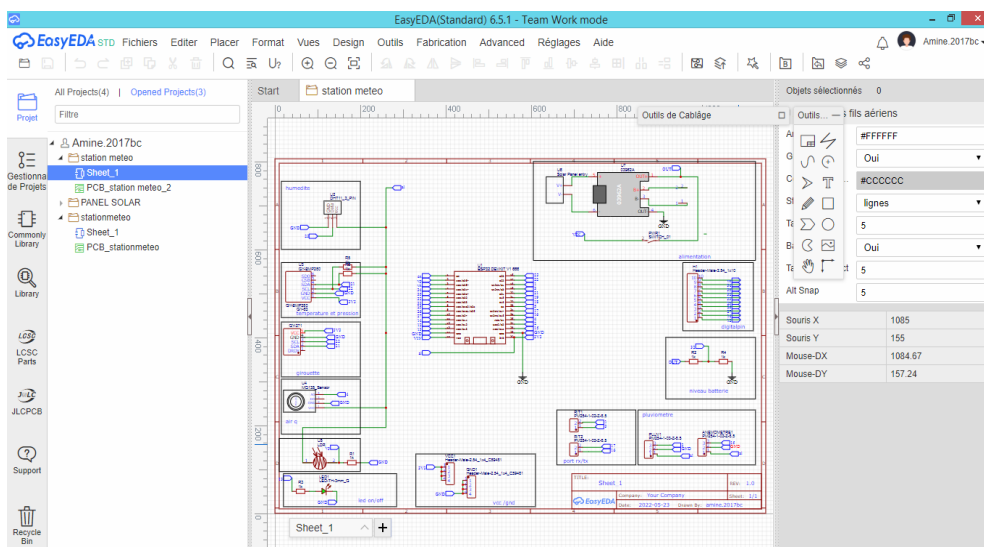


Figure III.35: Schéma électrique

##### III.7.1.1.2. Schéma implantation

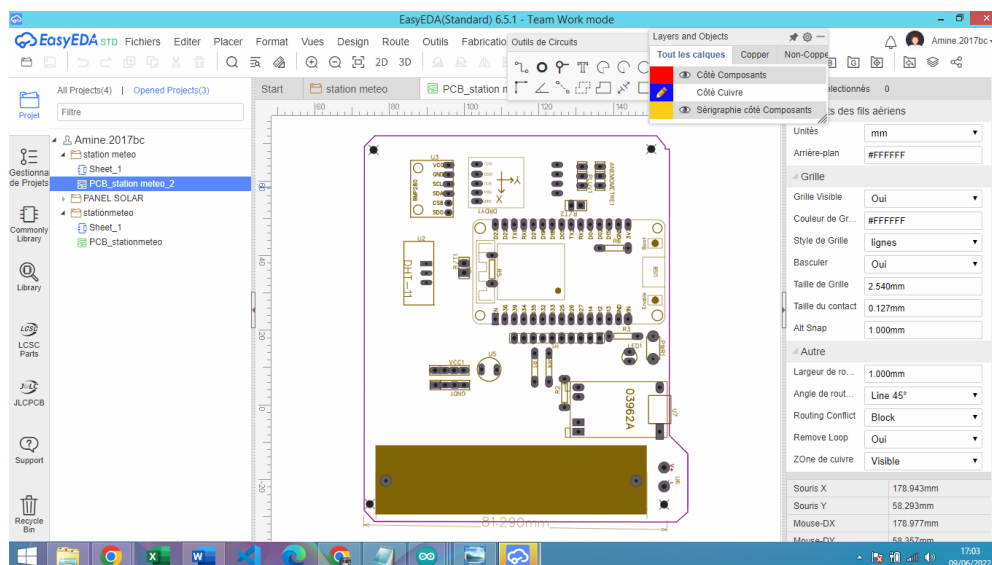
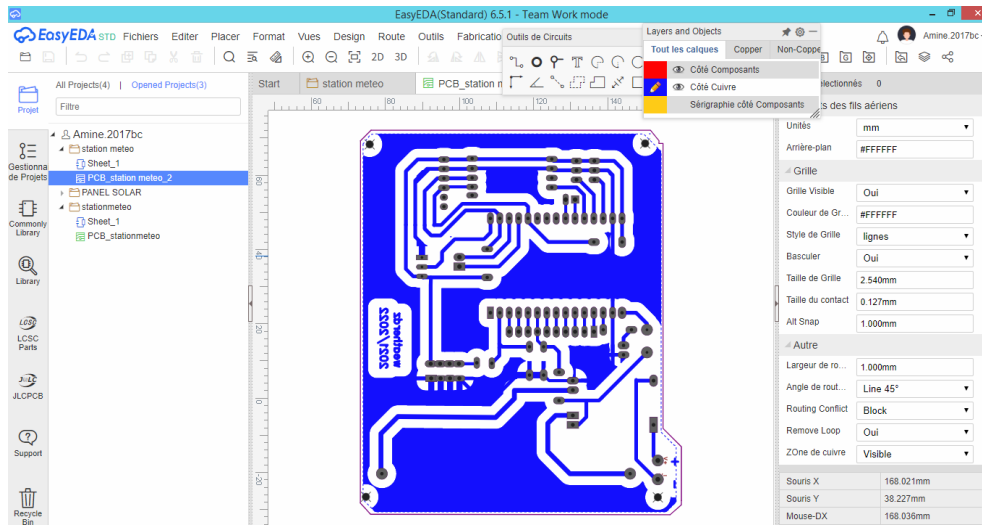


Figure III.36: Schéma implantation

## III.7.1.1.3. Routage des pistes



**Figure III.37: Routage des pistes**

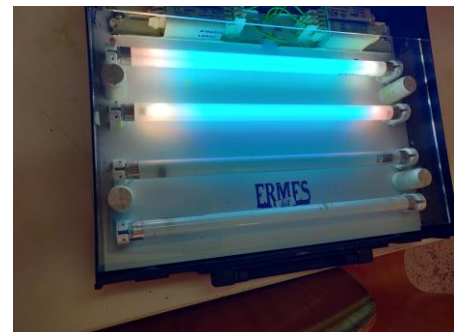
## III.7.1.2. Partie matériel

1\_impression de typon sur un papier transparent, en augmentant la qualité d'impression maximale rendent les pistes opaques.

2\_Placement du typon sur la surface de cuivre face coté des lampes UV « ultra-violet »

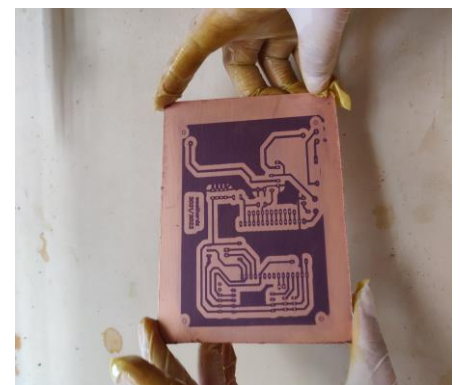
3\_insoation à l'UV

Pour fragiliser la liaison covalente des atomes du cuivre on plonge le typon dans un champ à UV rendant la réaction chimique perchlorure de fer et le cuivre active cas facilite la disparition des parties non protégées.



**Figure III.38: Valise UV**

4\_Plagement de la plaque dans un révélateur jusqu'à l'apparition du circuit sur la carte PCB, cette partie dure 3 min environ pour éliminer la couche photosensible là où les pistes sont absentes.



**Figure III.39: Révélation**

5\_ Rinçage à grand eau de la plaque pour stopper la révélation.

6\_ Plangement de la plaque dans le perchlorure de fer pour éliminer la couche de cuivre inutile.

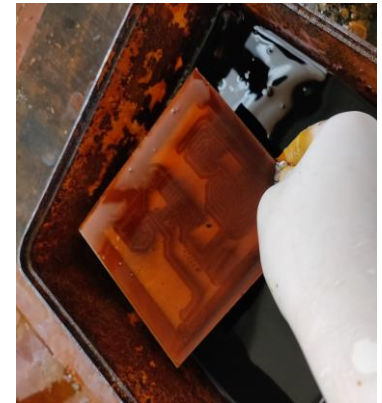


Figure III.40: Gravure

7\_ Rinçage de la plaque pour la dernière fois pour stopper l'action de perchlorure de fer.

8\_ Perçage des trous.

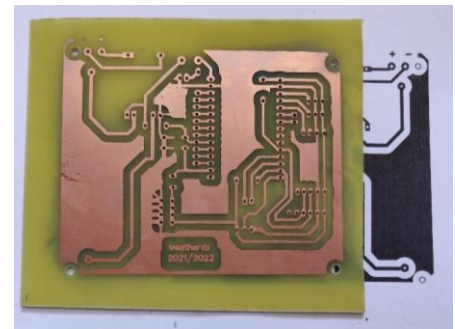


Figure III.41: Perçage

**Remarque:** à cause du vieillissement des lampes UV et le matériel ancien, nous n'avons pas réussi à réaliser la carte à **100%** dès la première fois.

Pour que le site web soit accessible au monde extérieur il faut l'héberger dans un serveur, pour cela on a choisi « [awardspace](#) », c'est un site web permet d'héberger des sites web sans pub. La figure montre l'endroit des fichiers « **html**, **css**...etc » sur le serveur.

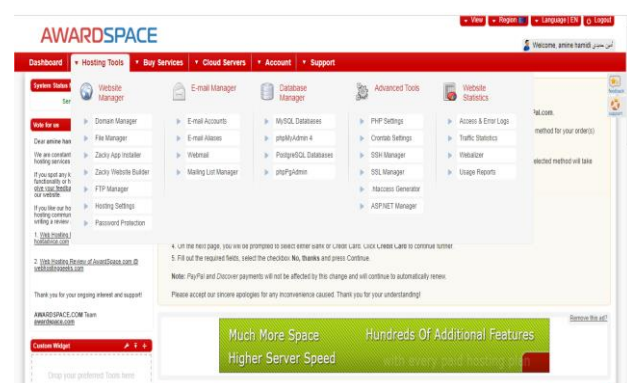


Figure III.42: L'interface awardspace

Enfin on téléverse tous les fichiers essentiels et les icones dans le serveur, la figure ci-dessus.

Name	Size	Type	Date Modified	Permissions
./	-	Current	Jun 4 2022 6:47:33	drwxr-xr-x (755)
../	-	Parent	Apr 12 2022 13:24:29	dr-xr-xr-x (555)
CHART/	-	Directory	May 19 2022 18:10:04	drwxr-xr-x (755)
testpi/	-	Directory	May 18 2022 10:09:00	drwxr-xr-x (755)
cha.php*	1.79 KiB	PHP script	May 19 2022 19:22:42	-rwxr--r- (744)
chart-monthly.php*	5.91 KiB	PHP script	Jun 4 2022 7:55:02	-rwxr--r- (744)
chart-yearly.php*	5.91 KiB	PHP script	Jun 4 2022 7:48:58	-rwxr--r- (744)
config.php	1.83 KiB	PHP script	Apr 13 2022 9:18:39	-rw-r--r- (644)
dashboard-icon-images-20.jpg	20.25 KiB	JPEG image	Jun 2 2022 8:53:48	-rw-r--r- (644)
esp-chart.php*	5.9 KiB	PHP script	Jun 4 2022 7:36:23	-rwxr--r- (744)
esp-database.php	4.25 KiB	PHP script	Jun 4 2022 6:57:09	-rw-r--r- (644)

**Figure III.43:** Les sources de notre site web

### III.8. Lier site web avec esp32

Comment l'esp32 post les donnes dans la base de donnes ?

Il faut établir une communication entre l'esp32-serveur et serveur-site web, pour cela le protocole **http** est le meilleur choix.

La liaison est faite par un module wifi dans le but de pouvoir faire une communication entre site web et l'ESP32.

**HTTP** : « Hyper Text Transfert Protocol » est le protocole qui permet à un client web (un navigateur) d'échanger avec un serveur web (l'ordinateur sur lequel est stocké le site qu'on visite).

```

12
13 // Keep this API Key value to be compatible with the ESP code provided in the project
14 $api_key_value = "tPmAT5Ab3j7F9";
15
16 $api_key= $sensor = $location = $value1 = $value2 = $value3 = $value4 = $value5 = $value6 = $value7 = $value8 = $value9 = $value10
17
18 if ($_SERVER["REQUEST_METHOD"] == "POST") {
19     $api_key = test_input($_POST["api_key"]);
20     if($api_key == $api_key_value) {
21         $sensor = test_input($_POST["sensor"]);
22         $location = test_input($_POST["location"]);
23         $value1 = test_input($_POST["value1"]);
24         $value2 = test_input($_POST["value2"]);
25         $value3 = test_input($_POST["value3"]);
26         $value4 = test_input($_POST["value4"]);
27         $value5 = test_input($_POST["value5"]);
28         $value6 = test_input($_POST["value6"]);
29         $value7 = test_input($_POST["value7"]);
30         $value8 = test_input($_POST["value8"]);
31         $value9 = test_input($_POST["value9"]);
32         $value10 = test_input($_POST["value10"]);
33         $result = insertReading($sensor, $location, $value1, $value2, $value3, $value4, $value5, $value6, $value7, $value8, $value9,
34         echo $result;
35     }
36     else {
37         echo "Wrong API Key provided.";
38     }
39 }
40 else {
41     echo "No data posted with HTTP POST.";
42 }
43

```

**Figure III.44: Utilisation fonction POST**

La communication serveur avec esp32, réalisé par une fonction **POST**

La communication site web-serveur réaliser par une fonction **GET** et la sélection des données par

**SELECT**

```

if ($_GET["readingsCount"]){
    $data = $_GET["readingsCount"];
    $data = trim($data);
    $data = stripslashes($data);
    $data = htmlspecialchars($data);
    $readings_count = $_GET["readingsCount"];
}
// default readings count set to 24 "jour"
else {
    $readings_count = 24;
}

$last_reading = GetLastReadings();
$last_reading_temp = $last_reading["value1"];
$last_reading_humi = $last_reading["value2"];

```

**Figure III.45: Fonction GET**

```

$sql = "SELECT id, sensor, location, value1, value2, value3, value4, valu
if ($result = $conn->query($sql)) {
    return $result;
}
else {
    return false;
}
$conn->close();
}
function getLastReadings() {
    global $servername, $username, $password, $dbname;

    // Create connection
    $conn = new mysqli($servername, $username, $password, $dbname);
    // Check connection
    if ($conn->connect_error) {
        die("Connection failed: " . $conn->connect_error);
    }
}

```

**Figure III.46: Utilisation fonction SELECT**

### **III.9. Conclusion :**

Dans ce chapitre quatre étapes ont été franchis, la réalisation pratique, la programmation et codage, la transmission vers une base de données et l'hébergement de site.

*Chapitre IV*

*Résultats*

## IV.1. Résultats et commentaires

Les premiers résultats obtenus apparaissent sur la page principale « [homepage](#) » de la [weatherDZ](#), où on peut observer les paramètres météorologiques en temps réel.

On peut lire la température ambiante en **°C**, la pression atmosphérique en **hPa**, la vitesse du vent en **m/s**, le taux d'humidité en **%**, la direction du vent en indication **N-S-W-E**, le point de rosée **°C**, la température ressentie en **°C**, la qualité d'air en indication bonne-mauvaise, la pluie en oui-non, la luminosité en **Lux**, la charge de la batterie en **%**...etc.

**Remarque:** le paramètre de pluviométrie reste optionnel vue la difficulté rencontrée lors de la réalisation de sa balance sur l'imprimante 3D, elle sera mise au point plus tard.

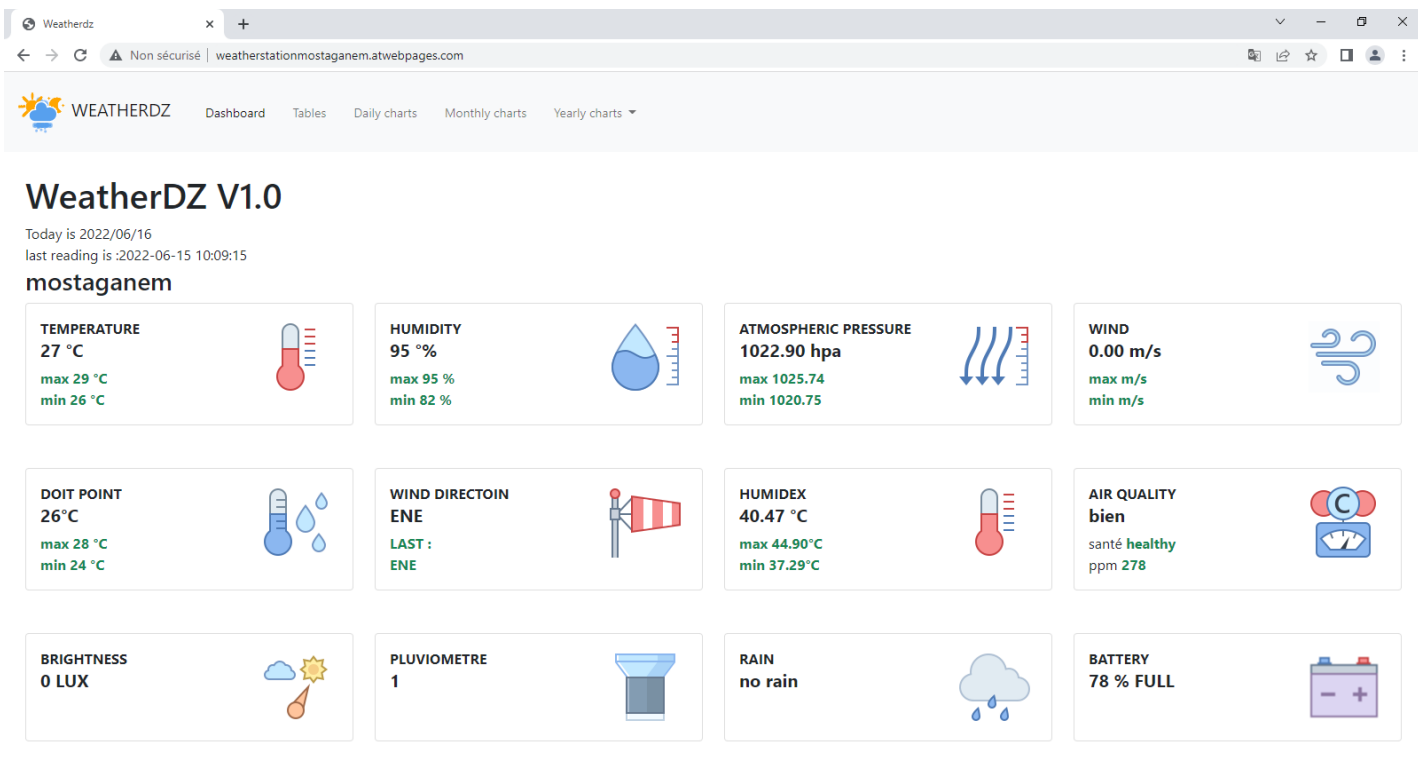


Figure IV.1: WeatherDZ Home page

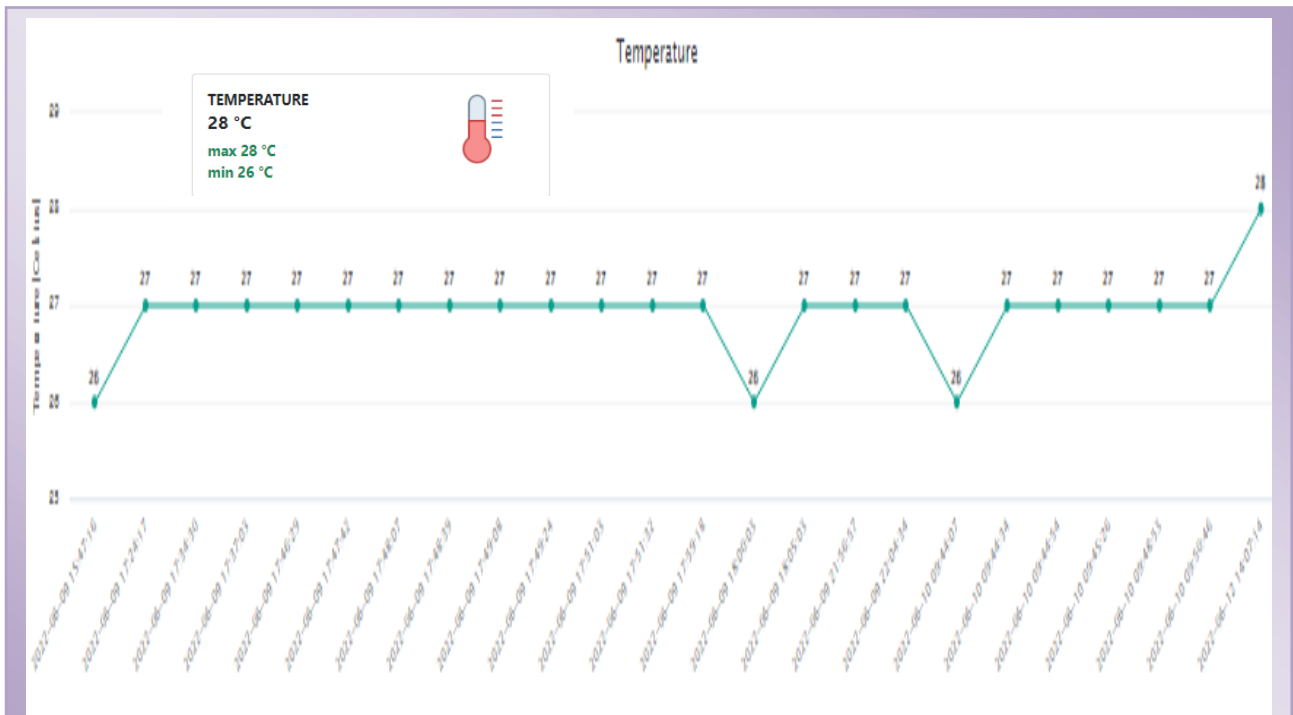
### View Latest 24 Readings

ID	Location	temperature	humidity	pression	point rosee	temperature resontie	Timestamp
6384	Mostaganem	27	95	1022.90	26	40.47	2022-06-15 10:09:15
6383	Mostaganem	26	95	1022.09	25	38.35	2022-06-15 09:10:27
6382	Mostaganem	26	95	1021.14	25	38.35	2022-06-15 08:11:46
6380	Mostaganem	29	95	1025.74	28	44.90	2022-06-14 09:40:15
6378	Mostaganem	28	95	1023.78	27	42.65	2022-06-14 00:45:16
6377	Mostaganem	28	92	1024.63	27	42.65	2022-06-13 23:46:29
6376	Mostaganem	27	93	1024.78	26	40.47	2022-06-13 22:47:40
6375	Mostaganem	27	82	1022.89	24	38.29	2022-06-13 21:48:44
6374	Mostaganem	27	89	1022.70	25	39.35	2022-06-13 20:49:54
6373	Mostaganem	26	95	1022.35	25	38.35	2022-06-13 19:51:04
6372	Mostaganem	26	95	1021.19	25	38.35	2022-06-13 18:52:11
6371	Mostaganem	26	95	1021.37	25	38.35	2022-06-13 17:53:22
6370	Mostaganem	26	95	1021.27	25	38.35	2022-06-13 16:54:31

**Figure IV.2:** Tableau de 24 dernières lectures

Ce tableau montre les 24 dernières lectures pour chaque paramètre ainsi que le temps de la lecture, la location et le numéro de data (ID).

#### IV.1.1. Température



**Figure IV.3 :** Graphe de la variation de température quotidienne plus sa valeur actuelle.

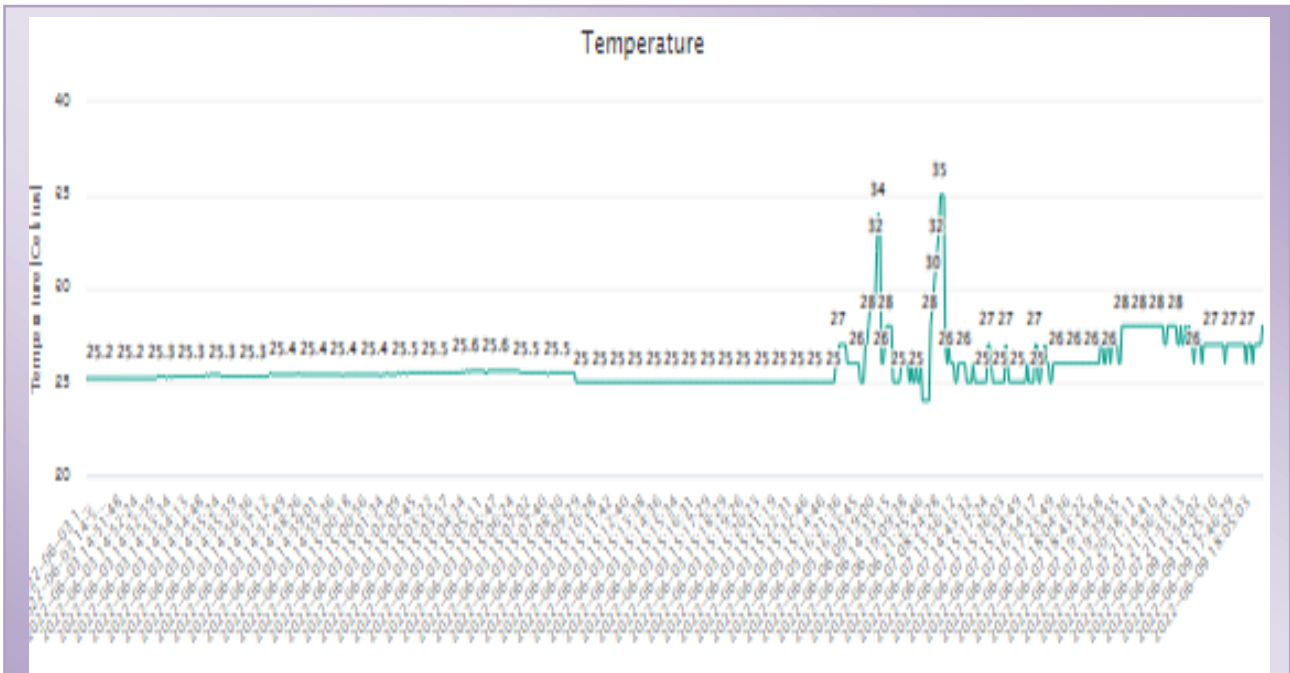
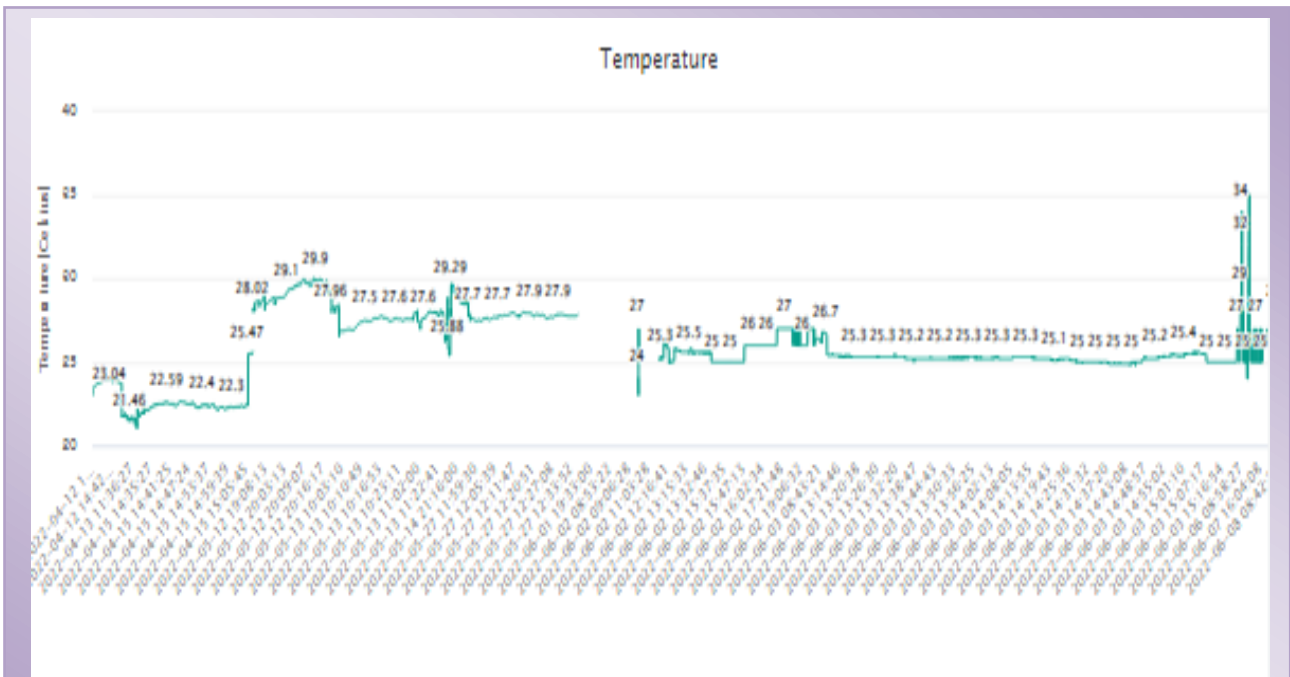


Figure IV.4 : Graphe de la variation de température mensuelle.



IV.1.2. Humidité

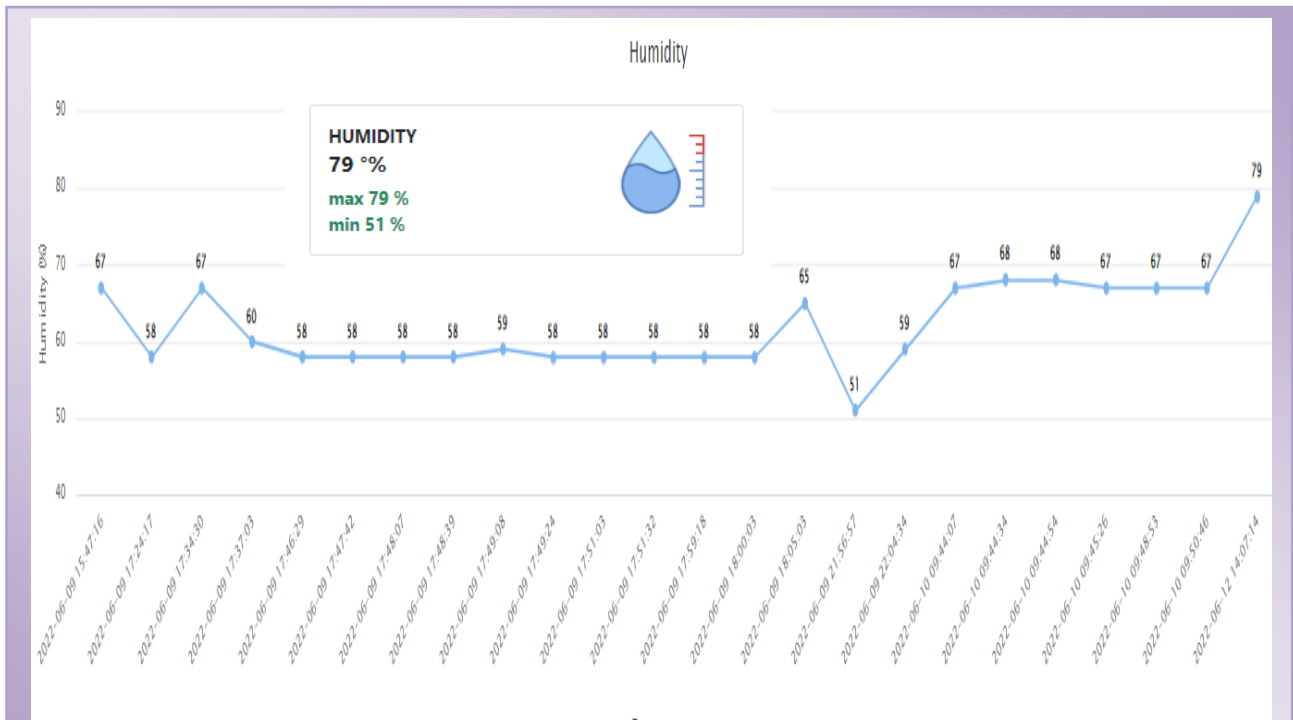


Figure IV.6 : Graphe de la variation du taux d'humidité quotidienne

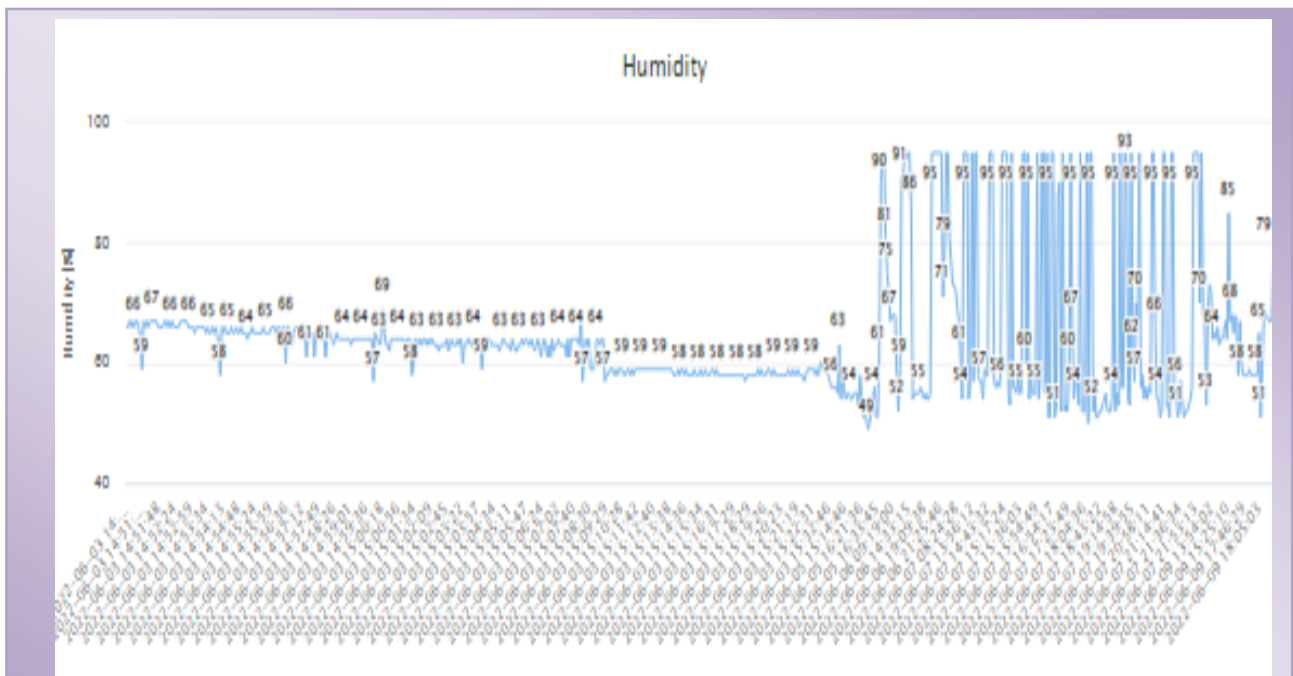


Figure IV.7 : Graphe de la variation du taux d'humidité mensuelle

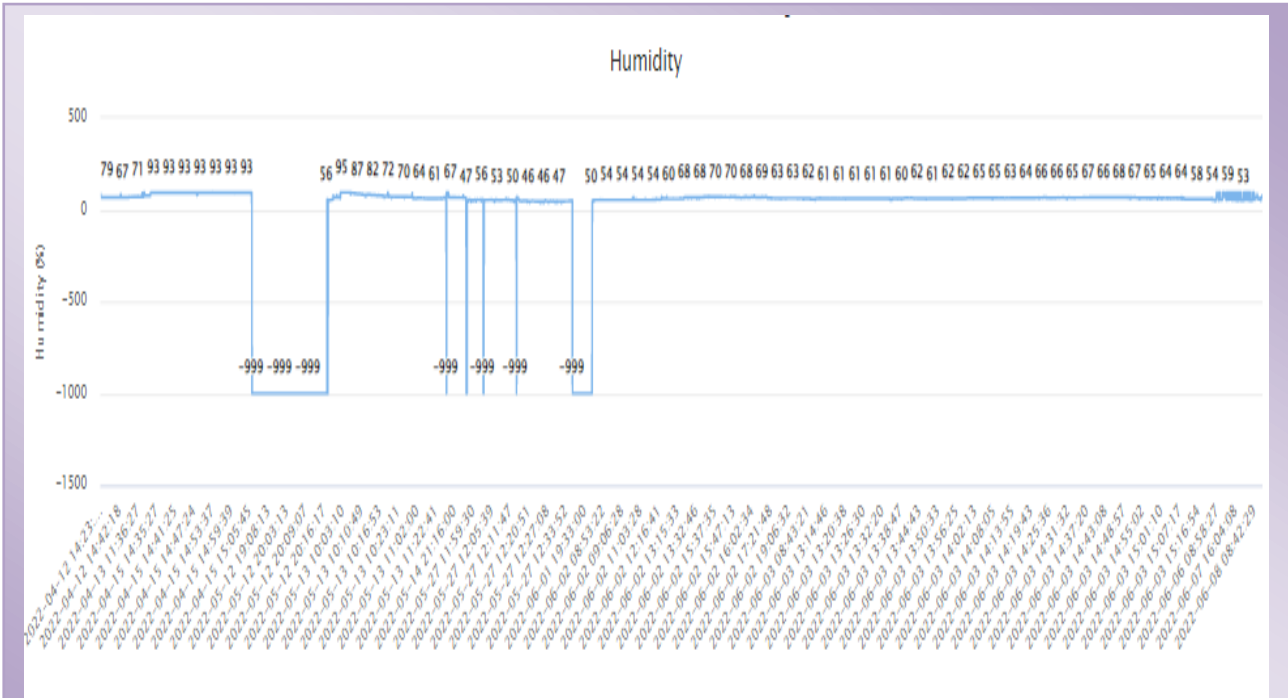


Figure IV.8 : Graphe de la variation du taux d’humidité annuelle

IV.1.3. Pression

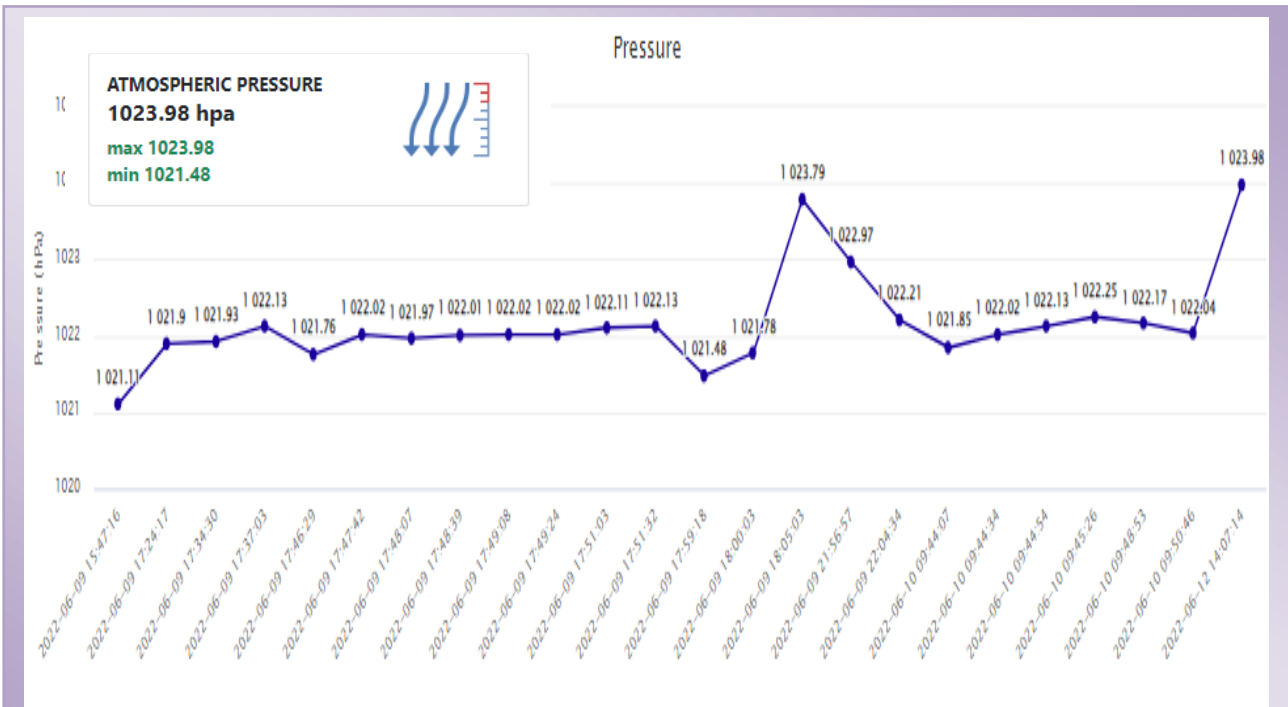


Figure IV.9 : Graphe de la variation de la pression atmosphérique quotidienne

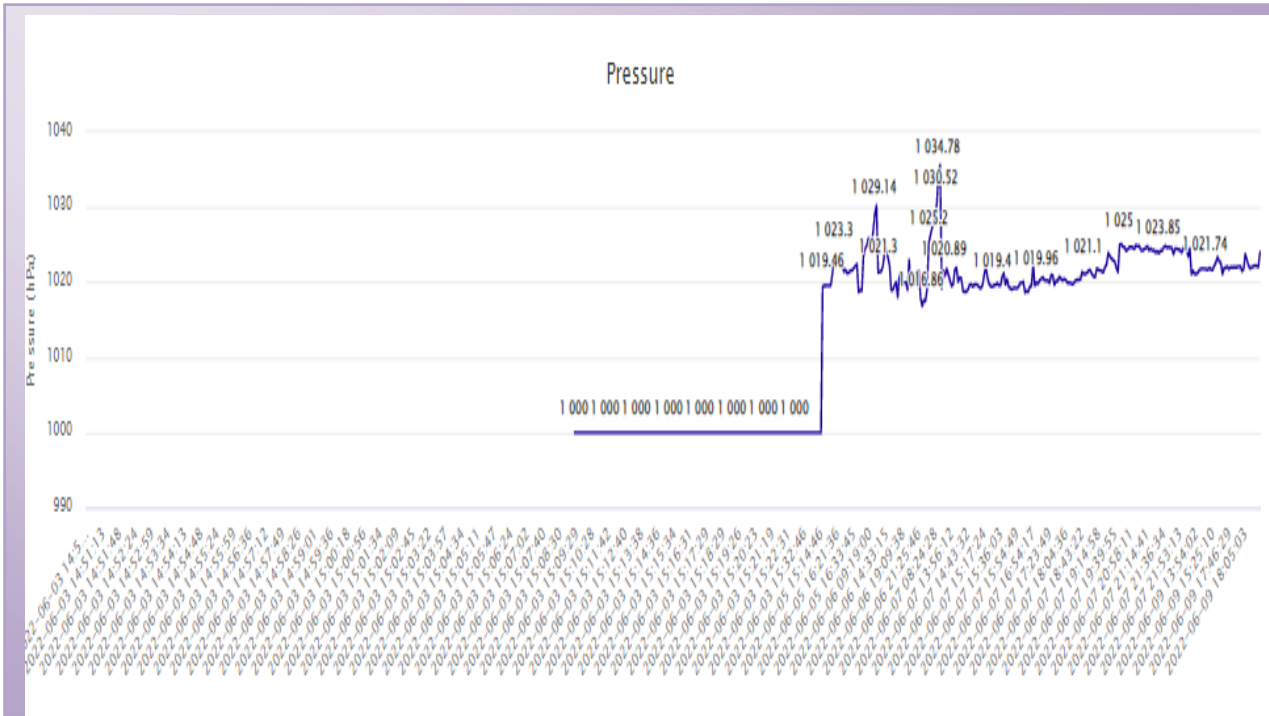


Figure IV.10 : Graphe de la variation de la pression atmosphérique pendant 30 jours

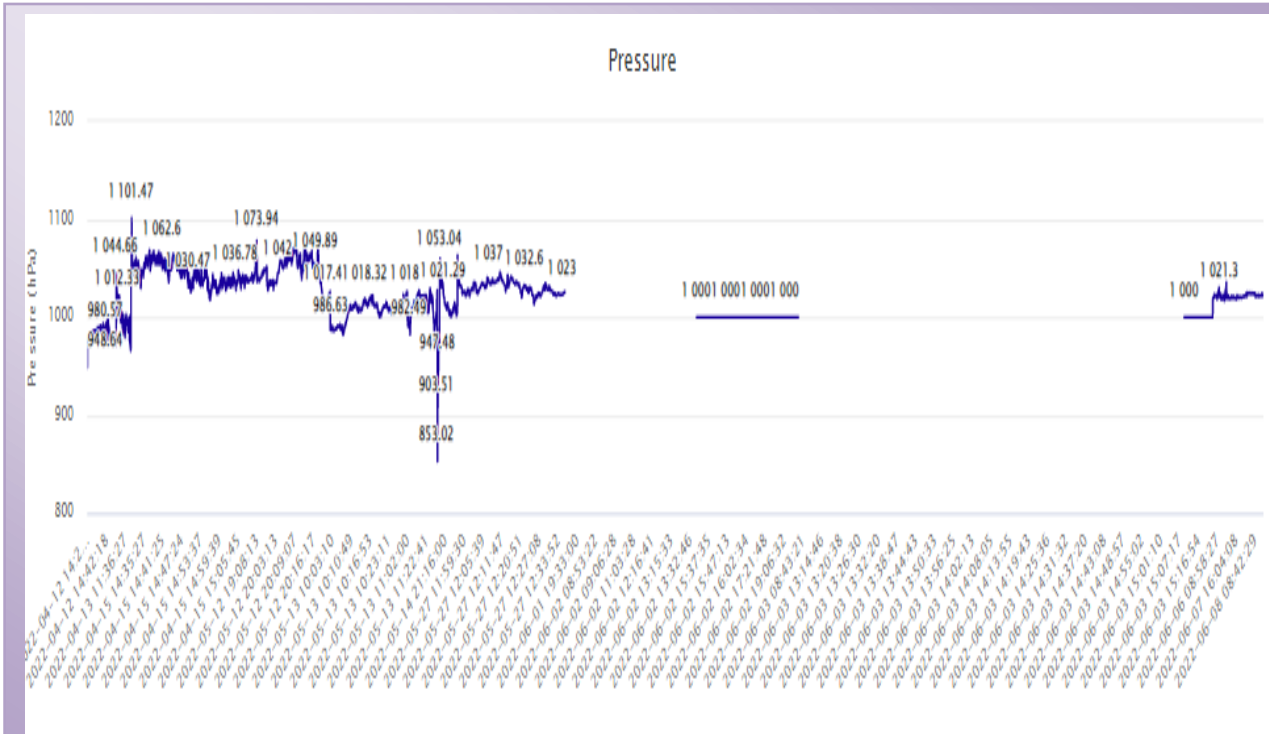


Figure IV.11 : Graphe de la variation de la pression atmosphérique annuelle



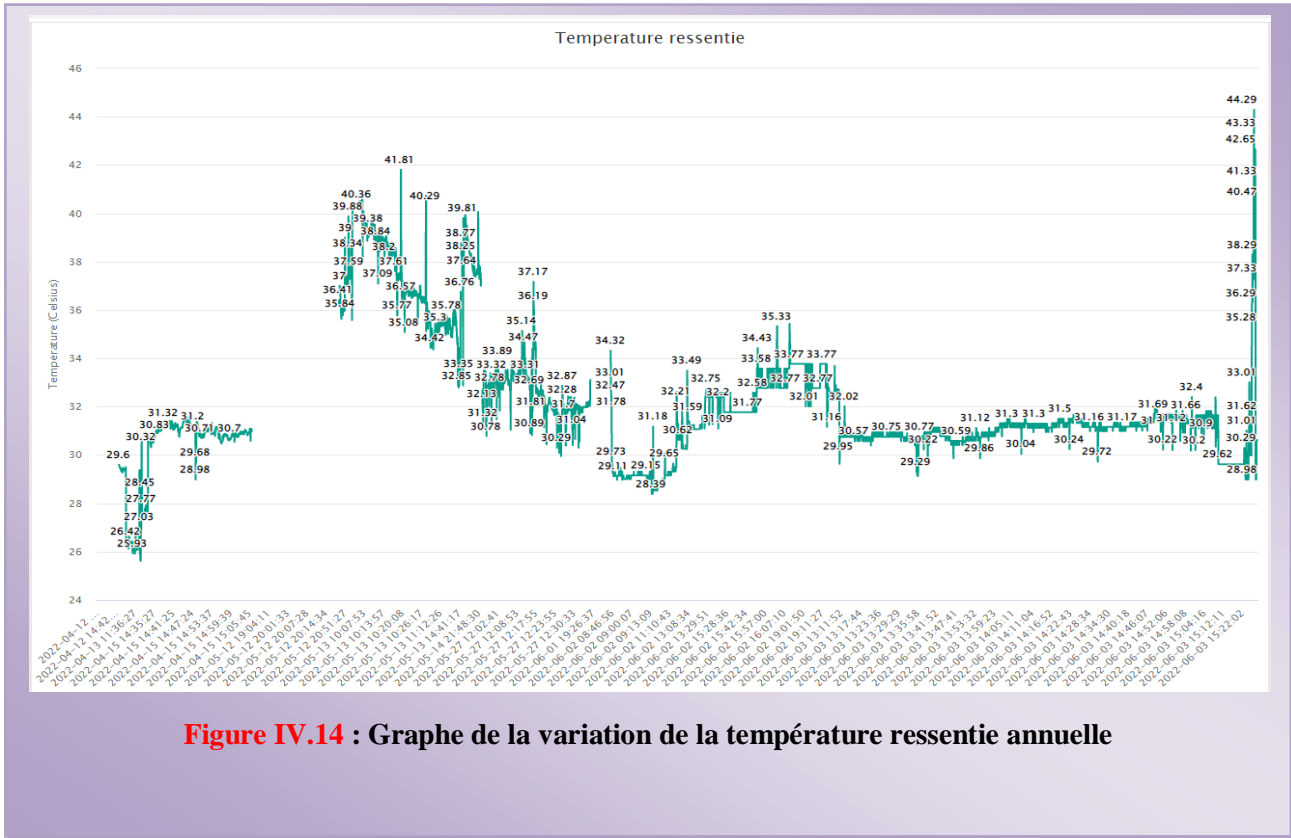


Figure IV.14 : Graphe de la variation de la température ressentie annuelle

**Remarque1:** Les graphes du jour affichent 24 valeurs avec intervalle de 1 heure, 720 valeurs affichées pour les graphes mensuels et 8640 valeurs pour graphes annuels.

Durant nos tests on n'a pas respecté l'intervalle 1 heure à cause des modifications qui étaient faites, c'est pour cela on a atteint 6369 valeurs de mesure pendant 2 à 3 mois.

C'est un avantage de voir les graphes des mesures annuelles.

**Remarque2:** les premières valeurs acquises qui ont servis en traçage des graphes ont été prise à l'intérieur d'une maison à cause de non disponibilité de l'abri météo.

IV.1.5. La vitesse du vent



Figure IV.15 : Affichage de la vitesse du vent

IV.1.6. Point de rosée

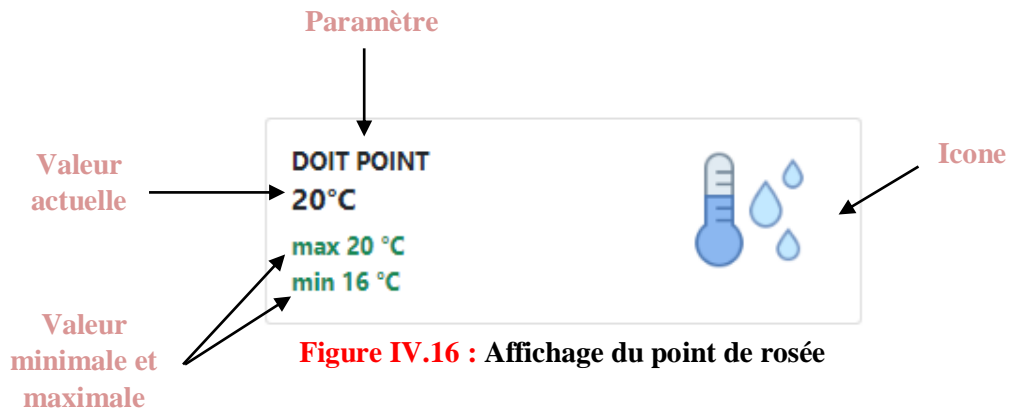


Figure IV.16 : Affichage du point de rosée

IV.1.7. La direction du vent

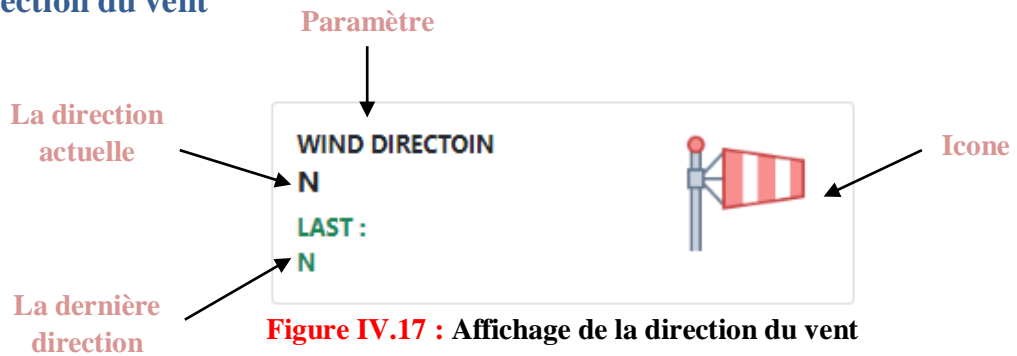


Figure IV.17 : Affichage de la direction du vent

### IV.1.8. Qualité d'air

Affichage de la qualité de l'air si

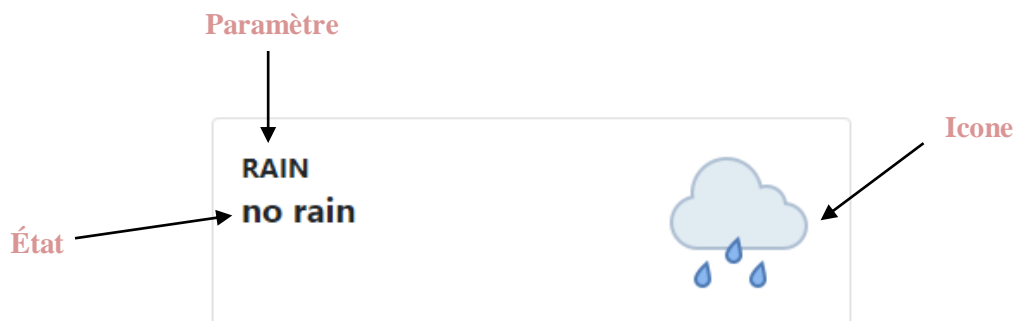
- $0 \leq \text{ppm} \leq 50$ , l'air est bon.
- $51 \leq \text{ppm} \leq 100$ , modéré.
- $101 \leq \text{ppm} \leq 150$ , malsain pour les gents sensibles.
- $151 \leq \text{ppm} \leq 200$ , mauvais pour la santé.
- $201 \leq \text{ppm} \leq 300$ , très malsain.
- $301 \leq \text{ppm} \leq 500$ , dangereux.[25]



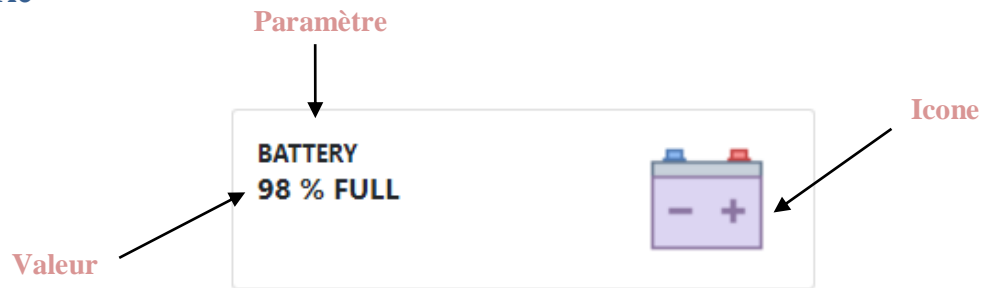
### IV.1.9. La luminosité



### IV.1.10. Pluie



### IV.1.11. Batterie



**Figure IV.21** : Affichage de pourcentage de batterie

## IV.2. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons vu l'affichage des résultats que nous avons obtenus grâce à l'objet connecté (**IOT**: internet of things) que nous l'avons baptisé **WeatherDZ** où ces résultats apparaissent sous forme de valeurs numériques ou d'un graphique quotidien, mensuelle et annuelle.

## Conclusion Générale

L'élaboration de ce projet dans le cadre du projet fin d'études, nous a permis d'approfondir nos connaissances théoriques et pratiques en électronique des systèmes embarqués, programmation en **C++**, réalisation de site web et d'acquérir une bonne expérience au niveau pratique. Ces connaissances ont été approuvées sur une réalisation d'une station métrologique électronique à base d'**ESP32**.

Notre station météo connectée mesure l'ensemble des paramètres météorologiques, utilisant carte **ESP32** qui traite les données fournies par des capteurs soigneusement choisis calcule les valeurs des paramètres et transmet les données vers une base de données.

La dernière partie de ce travail consiste à créer un site web dynamique sécurisé capable d'afficher les résultats stockés dans la base de données sous forme de graphes et tableaux avec une page principale regroupe tous les paramètres météorologiques qui peut être appelé à partir de l'adresse suivante <http://weatherstationmostaganem.atwebpages.com>.

Perspective:

Dans un futur proche et pour améliorer notre projet **IOT**, on ajoute d'autres capteurs, comme capteur à **UV**, le pluviomètre, CO ...etc. Avec une mise à jour du site web et des jauges animées en fonction des valeurs des paramètres météorologiques des icônes. En plus un affichage des paramètres météorologiques prévisionnels pour une éventuelle comparaison.

## Recherches bibliographiques

- [1] <http://www.monaxtestandweather.com.au/product-guidance/anintroductionto-weather-stations>
- [2] Vincent Luyet «Stations météo» Février 2010, pp 9-15 et 27-29.
- [3] History of Home Weather Stations [Online] <https://www.acurite.com/learn/history-of-home-weather-stations>. [consultation 27-04-2022]
- [4] Weather Stations [Online] <http://www.weathershack.com/category/weather-stations.html> .[consultation 27-04-2022]
- [5] Kevin Ashton [Online] [https://en.wikipedia.org/wiki/Kevin\\_Ashton](https://en.wikipedia.org/wiki/Kevin_Ashton) [consultation 27-04-2022]
- [6] Karen Rose, Scott, Lyman Chapin «The internet of things An Overview», Octobre 2015, pp 7-10
- [7] Internet des objets [Online] <http://www.futura->[consultation 27-04-2022]
- [8] <https://docplayer.fr/170851886-Realisation-d-une-station-meteo-connectee.html>
- [9] <https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/meteorologie-precipitations-14543/>
- [10] <https://actualite.lachainemeteo.com/actualite-meteo/2009-08-14/qu-est-ce-que-le-point-de-rosee-1843>
- [11] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Indice\\_humidex](https://fr.wikipedia.org/wiki/Indice_humidex)
- [12] <https://espacerm.com/webgen/esp32intro/>
- [13] <https://espacerm.com/webgen/esp32intro/>
- [4] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Capteur>
- [15] <https://www.carnetdumaker.net/articles/utiliser-un-capteur-de-temperature-et-dhumidite-dht11-dht22-avec-une-carte-arduino-genuino/>
- [16] <https://boutique.semageek.com/fr/138-dht11-capteur-de-temperature-et-humidite-digital-3004931765998.html>
- [17] Électronique en amateur: Mesurer la pression atmosphérique avec BMP180 et Arduino (ou ESP8266, ESP32, STM32...) (electroniqueamateur.blogspot.com)
- [18] <https://youpilab.com/components/product/capteur-de-pression-barometrique-et-de-temperature-bmp280-5v>
- [19] <https://didactico.tn/capteur-de-pluie/>
- [20] <https://fr.wikipedia.org/wiki/An%C3%A9mom%C3%A8tre>
- [21] [https://alphons.io/2229/comment-convertir-des-tours-par-seconde-tr-slash-s-en-metres-par-seconde-m-slash-s/?fbclid=IwAR2cpuwVR8sejMCtaV15Ttyyz7qeVEwmH3W\\_BO205VrC-NddGse0RgyRs20](https://alphons.io/2229/comment-convertir-des-tours-par-seconde-tr-slash-s-en-metres-par-seconde-m-slash-s/?fbclid=IwAR2cpuwVR8sejMCtaV15Ttyyz7qeVEwmH3W_BO205VrC-NddGse0RgyRs20)
- [22] <https://www.orbit-dz.com/product/mq135/>
- [23] <https://www.eeca.eu/meilleur-capteur-de-lumiere/>
- [24] [https://developer.mozilla.org/fr/docs/Learn/JavaScript/First\\_steps/What\\_is\\_JavaScript](https://developer.mozilla.org/fr/docs/Learn/JavaScript/First_steps/What_is_JavaScript)
- [25] <https://resphealth.org/clean-air/understanding-air-pollution/air-pollution-action-days/?fbclid=IwAR2nzbEwIj7L37sUSHAoBnbWIMR7xgMTvpgZs2cuAZFq9NiOd23jDuoqEmK8>

في هذا العمل المتواضع ، أنشأنا نموذجًا لمحطة طقس متصلة بقاعدة بيانات ، مما يسمح لنا بالحصول على البيانات باستخدام مستشعر درجة الحرارة ، والرطوبة ، والضغط الجوي ، والسرعة ، واتجاه الرياح ، ونقطة الندى ... الخ. تتم معالجة هذه البيانات بواسطة لوحة متحكم ESP32 ثم يتم نقلها إلى قاعدة البيانات. أنشأنا أيضًا موقعًا على شبكة الإنترنت لعرض النتائج وقراءتها على هاتف ذكي أو جهاز كمبيوتر.

الكلمات المفتاحية: محطة أرصاد جوية ، حساس ، ESP32

## Résumé

Dans ce modeste travail, nous avons créé un modèle pour une station météorologique reliée à une base de données, ce qui nous permet d'obtenir des données à l'aide de capteurs de température, d'humidité, de pression atmosphérique, de vitesse, de direction du vent, de point de rosée, etc. Ces données sont traitées par une carte à microcontrôleur ESP32, puis transmises dans une base de données. Nous avons aussi créé un site web où nous avons lu les résultats sur un smartphone ou un ordinateur.

Mots-clés: Station météo, capteur, ESP32

## Abstract

In this modest work, we have created a model for a weather station linked to a database, which allows us to obtain data using sensors of temperature, humidity, atmospheric pressure, speed, wind direction, dew point, etc. These data are processed by an ESP32 microcontroller board, then transmitted to a database. We also created a website where we read the results on a smartphone or computer.

Keywords: Weather station, sensor, ESP32