

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOULOU D MAMMERI DE TIZI-OUZOU



FACULTE DE GENIE ELECTRIQUE ET D'INFORMATIQUE
DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE

Mémoire de fin d'études
De Master Professionnelle
Domaine : Sciences et technologies
Filière : Génie Electrique
Spécialité : Electronique Industrielle

Présenté par :
KARA LYDIA
GUELLAL SOFIANE
Mémoire dirigé par : M. IDJERI BOUSSAD

THEME

**Conception et réalisation d'un
système de mesure et transmission de paramètres
météorologiques**

Mémoire soutenu publiquement le 12 juillet 2018 devant le jury composé de :

M. ATTAF YUCEF : M.C.B, UMMTO, Président
M. HAMEGUE SLIMANE : M.A.A, UMMTO, Examineur
M. IDJERI BOUSSAD : M.C.B, UMMTO, Encadreur

Promotion : 2017 / 2018

Remerciements

Nous tenons en premier lieu à remercier Monsieur idjeri, notre encadreur pour toute l'aide qu'il nous a apportée. Ainsi qu'à tous nos professeurs qui nous ont suivi tout au long de notre cursus universitaire.

Nos plus vifs remerciements vont aussi aux membres du jury qui ont bien voulu nous honorer en acceptant d'examiner notre travail.

Nos plus vif remerciement vont aussi à tous ceux qui on contribuer à la réalisation de notre travail et à tous ceux qui nous ont aidé à vaincre les nombreuses difficultés rencontrés tout au long de la duré de notre mémoire.

Nous exprimons, en fin, notre infinie gratitude à nos chers parents et familles en reconnaissance de leurs sacrifices, aides, soutien et encouragement.

Sofiane & Lydia

Dédicaces

*A mes très chers parents
A mes sœurs et mon frère
Et à tous mes amis*

Sofiane

*A mes très chers parents
A mes frères et ma sœur
Et à tous mes amies*

Lydia

Sommaire

Sommaire

Introduction générale	1
-----------------------------	---

Chapitre I: Généralités sur la météorologie

I)- Introduction	2
II)- Station météorologique	2
III)- Les variables météorologiques	5
III.1)- La température	5
III.2)- L'humidité	5
III.3)- La pression	6
III.4)- Le vent	6
III.5)- Les précipitations.....	6
III.6)- L'intensité lumineuse	7
IV)- Mesures des paramètres météorologiques	7
IV.1)- La mesure de la température :	8
IV.2)- La mesure de l'humidité de l'air :	9
IV.3)- La mesure de la pression atmosphérique.....	10
IV.4)- La mesure du vent	11
IV.5)- La mesure des précipitations	13
IV.6)- La mesure de l'intensité lumineuse	14
V)- Conclusion	14

Chapitre II : Matériels et logiciels utilisés

I)- Introduction	15
II)- La carte Arduino	15
III)- Partie matériel.....	16
a)- Le microcontrôleur	17
b)- Les entrées/sorties numériques.....	18
c)- Les entrées analogique.....	19
IV)- Partie logicielle.....	20
a)- Les étapes de l'implémentation sur le microcontrôleur.....	21
b)- Bibliothèques Arduino.....	22
V)- Le module Wifi l'ESP8266	24
VI)- Capteur de température et d'humidité DHT22	30

VII)- Capteur de pression BME280	31
VIII)- Capteur de luminosité TSL2561	32
IX)- Conclusion.....	32

Chapitre III : Conception du système de mesure

I)- Introduction	33
II)- Description du schéma synoptique du système de mesure	33
III)- Conception et réalisation du système de mesure	34
III.1)- Configuration de la carte Arduino avec les différents capteurs	34
III.2)- Programmation du microcontrôleur.....	35
III.3)- Tests et résultats.....	36
IV)- Interfaçage Arduino/ Ordinateur	38
IV.1) Présentation de l'Internet des Objets (IdO)	38
IV.2)- Transfert des données au site ThingSpeak	39
V)- Transmission à distance des données	39
VI)- Tests et résultats	41
VII)-Conclusion	43
Conclusion et perspectives	44

ANNEXES

BIBLIOGRAPHIE

Introduction Générale

Introduction générale

Le besoin d'évaluation des phénomènes météorologiques tels que la température, la pression, l'humidité ou encore la luminosité jouent un rôle important dans plusieurs domaines tels que l'écologie, l'architecture, la conversion d'énergie...etc. Afin de prévoir le temps les météorologues ont besoin de rassembler des informations sur plusieurs échelles. Ce qui a donné lieu à la nécessité de développer de nouveaux outils d'estimation de variables météorologiques.

Le progrès technologique à conduit au développement de nouveaux instruments de mesures de toutes sortes et de hautes performances. Avec cette avancée majeure, l'ingénierie météorologique à connu un nouvel essor dont l'émergence de nouveaux instruments exploités pour l'estimation des différentes grandeurs météorologiques.

Dans ce mémoire nous proposons la réalisation d'un système de mesure de paramètres météorologiques. Ce système est composé de plusieurs capteurs pour l'acquisition des données, d'une carte à microcontrôleur Arduino UNO pour le traitement des données reçues et d'un module Wifi permettant le transfert des grandeurs mesurées vers un ordinateur distant via internet en temps réel. Pour ce faire nous avons subdivisé ce mémoire en trois chapitres :

- Le premier chapitre est consacré aux descriptions de différentes grandeurs météorologiques et les instruments utilisés pour les mesurer.
- Le deuxième chapitre est consacré à la présentation du matériel et logiciel utilisés avec leurs caractéristiques.
- Le troisième chapitre porte sur les différentes étapes de conception et réalisation du système de mesure météorologique.

La conclusion synthétise le travail réalisé et ouvre la voie sur quelques perspectives qui peuvent être développées.

Chapitre I
Généralités
Sur
La Météorologie

I)- Introduction :

La météorologie est une science qui traite principalement des lois physiques régissant la dynamique du fluide atmosphérique (air sec + vapeur d'eau), 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. Ce chapitre est scindé en deux parties, dans la première partie nous présentons les différentes variables météorologiques, tandis que la deuxième partie est consacrée aux différents instruments de mesures utilisés en météorologie.

II)- Station météorologique [1] :

Une station météorologique est un ensemble de capteurs qui enregistrent et fournissent des mesures physiques et des paramètres météorologiques liés aux variations du climat, ces capteurs étant placés dans un boîtier (abri météorologique) qui réalise l'équilibre thermique du thermomètre avec l'air et le protège du rayonnement solaire. Les variables à mesurer sont la température, la pression, la vitesse et la direction du vent, l'hygrométrie, la pluviométrie, la hauteur et le type des nuages, le type et l'intensité des précipitations ainsi que la visibilité. Les stations peuvent comporter des capteurs pour toutes ou une partie seulement de ces informations, selon leur type : agro-météorologique, d'aéroport, météo routière, climatologique...etc.

Les stations météorologiques sont le plus souvent à des coordonnées fixes sur les îles et les continents mais elles peuvent être aussi à bord d'avions, de navires (en particulier les navires météorologiques). Elles peuvent également être déplacées pour des usages particuliers comme des expériences scientifiques ou pour déterminer les conditions météorologiques lors d'un désastre tel un feu de forêt. Les données qu'on obtient peuvent être envoyées directement comme rapport météorologique dans le cas d'une station automatique, ou faire partie des observations émises par un observateur humain.

Il existe deux types de station météorologique : manuelle et automatique et elles sont définies comme suit :

➤ **Station météo manuelle :**

Dans cette station la prise des mesures se fait par un technicien en météorologie selon un horaire régulier alors qu'une station météorologique automatique est une station dont les capteurs rapportent à intervalles une série de données météorologiques sans intervention humaine. Les instruments sont souvent les mêmes dans les deux cas mais certaines observations sont plus fiables quand elles proviennent d'un observateur humain. Par exemple, la couverture nuageuse et le type de précipitations sont plus facilement observables par un être humain que déduits par un instrument électronique. La figure I.1 montre une station météo manuelle.



Figure I.1 : Station météo manuelle

➤ **Station météo automatique [4] :**

Elles ont été développées pour être utilisées dans des endroits difficiles d'accès (régions éloignées ou bouée météorologique en mer) mais elle remplace de plus en plus les stations avec personnel à cause de leur moindre coût. Développées pour les services météorologiques nationaux, elle est maintenant utilisée également pour la recherche météorologique, pour divers utilisateurs spécialisés comme la météorologie agricole et le suivi des conditions routières, même les météorologues amateurs. Elle est le plus souvent regroupée en réseaux pour couvrir un territoire donné, sa densité varie de quelques kilomètres entre la station à plusieurs centaines de kilomètres selon les besoins et l'accessibilité des sites. La figure I.2 montre une station météo automatique.

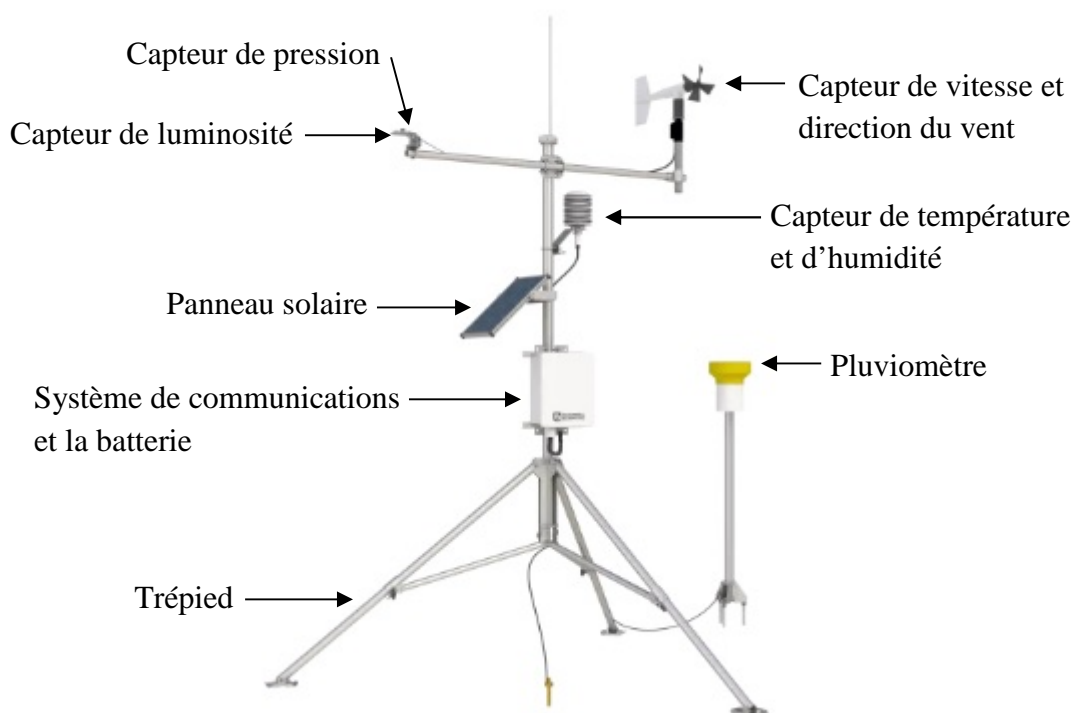


Figure I.2 : Station météo automatique

III)- Les variables météorologiques [1]:

L'étude des phénomènes météorologique consiste à étudier les différentes variables météorologiques dans le but d'évaluer leurs influence et évolution dans le temps afin d'établir un pronostic. Les variables les plus importantes mesurées dans les stations météorologiques sont généralement : la température, l'humidité, la pression atmosphérique, le vent, l'insolation et les précipitations.

III.1)- La température :

La température de l'air exprimée en degré Celsius °C, est l'élément météorologique le plus important car il influence grandement toute forme de vie. Elle est liée à la notion immédiate du chaud et du froid, il faut distinguer entre la température de l'air et celle du sol, avec l'altitude la température de l'air décroît, la diminution est de 1°C pour 150m. La distribution de la température est étroitement liée au rayonnement solaire.

III.2)- L'humidité :

L'humidité désigne en météorologie la quantité de vapeur d'eau contenu 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, banquise, neige...). La vapeur d'eau est absolument transparente et invisible.

En météorologie, l'humidité de l'air est quantifiée de deux manières : l'humidité absolue et l'humidité relative.

L'humidité relative est le rapport entre la pression partielle P_v de la vapeur d'eau et la pression de la vapeur saturante P_s pour une température et un volume d'air donnés. Notons que la quantité d'eau maximale collectée au sol et la pression de vapeur saturante augmentent avec la température alors que l'humidité absolue reste constante. L'humidité relative peut être déduite des abaques psychrométriques en fonction de la température de l'air et la différence psychrométrique.

L'humidité absolue est le rapport de la masse d'eau à la masse d'air sec présente dans un volume de gaz. Ce rapport est difficile à mesurer car il faut procéder à une dissection pour séparer l'air sec de la vapeur d'eau.

III.3)- La pression :

La pression atmosphérique est la force qu'exerce le mélange gazeux constituant l'atmosphère dû à son poids sur une surface quelconque au contact avec cette atmosphère. Elle s'exprime en pascal "Pa", en millibars "mbar" ou en mm de mercure "mmHg". La répartition de la pression atmosphérique au niveau de la surface (anticyclones et dépressions) détermine la situation météorologique qui règne dans chaque région du globe. Les prévisions du temps sont basées principalement sur les changements de pression atmosphérique dans le temps et dans l'espace. En général, une baisse de pression est signe d'un temps gris ou de pluie alors qu'une remontée de celle-ci annonce le beau temps.

III.4)- Le vent :

Celui-ci traduit le déplacement de l'air d'une zone de hautes pressions vers les basses pressions. Le vent a pour origine la différence de température observée en surface, provoquée par le rayonnement solaire. Dans la couche limite atmosphérique, le vent est un écoulement turbulent d'air, constitué d'une multitude de tourbillons de tailles diverses, imbriqués les uns dans les autres, les petits étant transportés par les plus gros, eux-mêmes transportés par le mouvement d'ensemble. La vitesse du vent en un point donné de l'espace, présente donc de fortes variations plus ou moins irrégulières d'amplitudes et de fréquences différentes.

La vitesse instantanée du vent reflète la nature turbulente du vent. Elle se décompose en une partie moyenne et en une partie fluctuante (ou turbulente). La vitesse moyenne est une quantité déterministe qui traduit la "force" du vent en un point de l'espace. Elle varie avec la hauteur, la rugosité du sol, la topographie du site. Dans la pratique, elle se mesure sur des périodes de temps qui varient entre dix minutes et une heure (pour que le résultat ne soit sensible ni aux fluctuations lentes ni aux variations rapides du vent).

III.5)- Les précipitations :

Les précipitations sont les produits solides ou liquides résultant de la condensation de la vapeur d'eau qui tombent des nuages ou qui passent directement de l'air au sol sur lequel ils se déposent. Les précipitations comprennent la pluie, la grêle ou la neige.

La quantité de précipitation atteignant le sol est représentée en termes de profondeur verticale d'eau qu'elle aurait si elle couvrait une projection horizontale de la surface du sol. On la mesure en millimètre.

III.6)- L'intensité lumineuse :

L'intensité lumineuse est une grandeur qui exprime la capacité d'éclairage d'une source ponctuelle de lumière dans une direction donnée. Le rayonnement électromagnétique, qui constitue la lumière, n'est pas également perçu par la vision humaine, l'expression de l'intensité lumineuse implique une pondération de la longueur d'onde par la fonction d'efficacité lumineuse spectrale, qui rend compte de la sensibilité visuelle humaine.

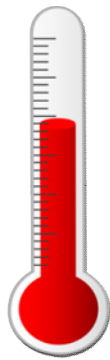
L'intensité lumineuse est la grandeur photométrique de base dans le système international d'unités. Elle se mesure en candela "cd". L'intensité ne se mesure pas directement, mais on a pu définir de plusieurs manières au cours du temps un étalon. Elle sert principalement pour établir la répartition de la lumière qu'émet un luminaire ou une surface éclairée selon la direction. L'intensité lumineuse est définie comme le quotient du flux lumineux élémentaire par l'angle solide élémentaire dans lequel il se propage.

IV)- Mesures des paramètres météorologiques :

Les paramètres météorologiques sont mesurés par les stations météorologiques qui sont des structures disposés dans des emplacements spécifiques et régies par des normes internationales. Elles sont équipées de plusieurs instruments standardisés pour mesurer les grandeurs météorologiques.

IV.1)- La mesure de la température :

La mesure de la température atmosphérique est réalisée par un thermomètre à mercure, il se base en effet sur un principe physique très simple et bien connu : quand une substance chauffe, son volume augmente, on dit qu'elle se dilate. C'est pour cette raison que les thermomètres sont composés d'une petite ampoule contenant un liquide au-dessus de laquelle il y a un long tube en verre gradué. La figure I.3 montre quelques instruments utilisés pour la mesure de la température.



a: Thermomètre



b: Thermistance



c: Thermocouple

Figure I.3: Instruments de mesure de la température.

Cependant, il peut également s'agir de toute autre propriété physique comme la variation électrique dans le cas de thermocouple et de thermistor ou l'identification de la couleur d'émission de la lumière pour les senseurs infrarouge. Ce principe général de mesure de la température est mis en application de façon très diverse selon les besoins (plages de températures à mesurer, nature des matériaux à étudier...etc.). Généralement, les incertitudes liées à la mesure de la température sont de quelques dixièmes de degrés centigrades. Bien sûr la localisation du thermomètre peut avoir une influence directe sur les mesures.

IV.2)- La mesure de l'humidité de l'air :

Il existe plusieurs types de capteurs d'humidité qui peuvent être capacitifs ou résistifs. Une sonde capacitive joue sur la sensibilité à l'humidité relative de l'air ambiant de la constante diélectrique de matériaux tels que l'oxyde d'aluminium Au cœur du système donc, un condensateur dont la capacité varie en fonction de l'humidité. La sensibilité de ce type d'instrument est de l'ordre de 3 % et sa plage de mesure est large. La figure I.4 montre un capteur d'humidité capacitif.

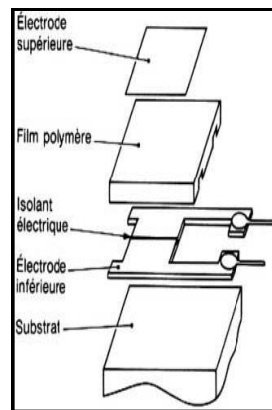


Figure I.4 : Capteur d'humidité capacitif.

Un capteur résistif, quant à lui, joue sur la sensibilité à l'humidité de la résistivité de certains matériaux, le chlorure de lithium par exemple. Ce dernier présente, en effet, une résistance élevée lorsqu'il est sec et une résistance faible lorsqu'il est humide. L'ennui, c'est que ce type de sonde ne fonctionne que sur une plage d'humidité réduite. Attention également aux résistances de matériaux qui peuvent parallèlement varier avec la température. La figure I.5 montre un capteur d'humidité résistif.

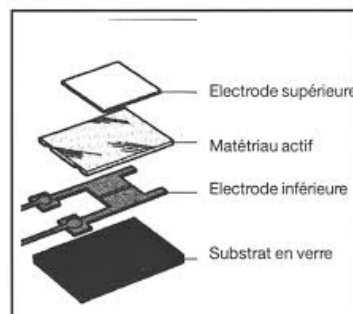


Figure I.5 : Capteur d'humidité résistif

IV.3)- La mesure de la pression atmosphérique :

La mesure de la pression atmosphérique peut être réalisée à l'aide d'un baromètre soit à mercure, à anéroïde ou à l'aide d'un capteur de pression.

- Le baromètre à mercure est un instrument simple et très fiable, mais fragile. Il est constitué d'un tube en verre, initialement rempli de mercure avant de l'introduire du côté ouvert dans un réservoir de mercure (soumis à la pression atmosphérique).

A la verticale, la colonne de mercure emprisonnée dans le tube se stabilise à une hauteur "h" par rapport au niveau de mercure dans le réservoir. La lecture de "h" indique la pression atmosphérique en millimètre de mercure (mmHg). La figure I.6 montre un baromètre à mercure.

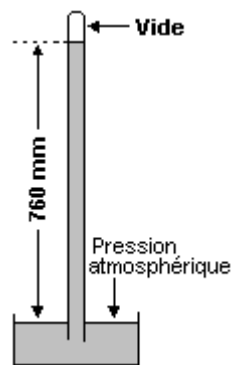


Figure I.6 : Baromètre à mercure

- Le baromètre anéroïde est constitué d'une capsule étanche vidée d'air, dont les parois sont flexibles. Sous l'action de la pression atmosphérique, l'épaisseur de la capsule s'affaisse si la pression augmente, et se gonfle quand celle-ci diminue. Ce mouvement est transmis à l'aide de leviers à une aiguille qui se déplace devant une échelle graduée en valeurs de pression. La figure I.7 montre un baromètre anéroïde.

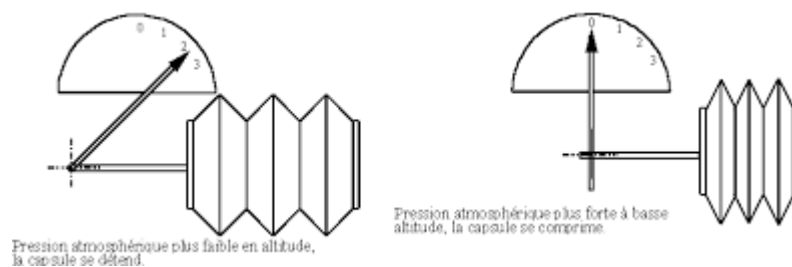


Figure I.7 : Baromètre anéroïde

- Le baromètre à capteur de pression est un dispositif équipé de capteurs sensibles aux variations de pression. Le signal délivré est traité à l'aide d'un ordinateur pour le convertir en une valeur de pression.

La pression atmosphérique s'exprime en hectopascals. Sa valeur normale est égale à 760mm de mercure ou 1013hPa, soit une force de 1,03323kg/cm². La figure I.8 montre le baromètre à capteur électrique.

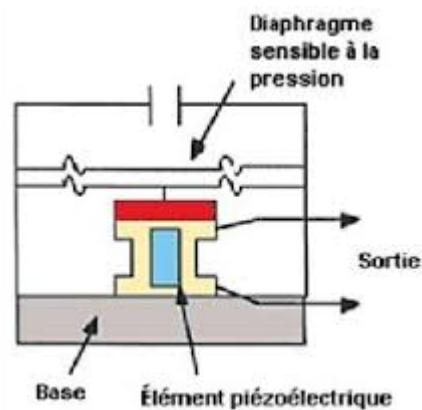


Figure I.8 : Baromètre à capteur électrique

IV.4)- La mesure du vent :

Le système de mesure classique du vent est l'anémomètre à coupelles, il est formé de deux capteurs distincts (voir les figures I.9 et I.10) l'un mesure la vitesse et l'autre la direction. Le capteur de vitesse est composé d'un moulinet à 3 coupelles, disposées à 120 degrés et dont la vitesse de rotation est proportionnelle à la vitesse du vent. Cette action entraîne la rotation d'un arbre connecté à un dispositif de calcul de la vitesse. L'arbre est généralement connecté à un générateur de courant continu dont la quantité de courant produite varie en fonction de la vitesse du vent.

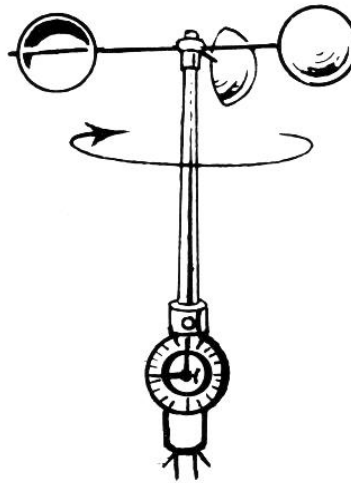


Figure I.9: Anémomètre à coupelles.

Quant à la direction du vent elle est obtenue à partir de la tension de sortie d'un moteur synchronisé en position et commandé par une girouette pointée sur la direction d'où provient le vent, constituée d'un élément rotatif autour d'un axe vertical. Le système nécessite un bloc d'alimentation externe. Les lectures de la vitesse et de la direction sont transmises à des indicateurs à cadrans.

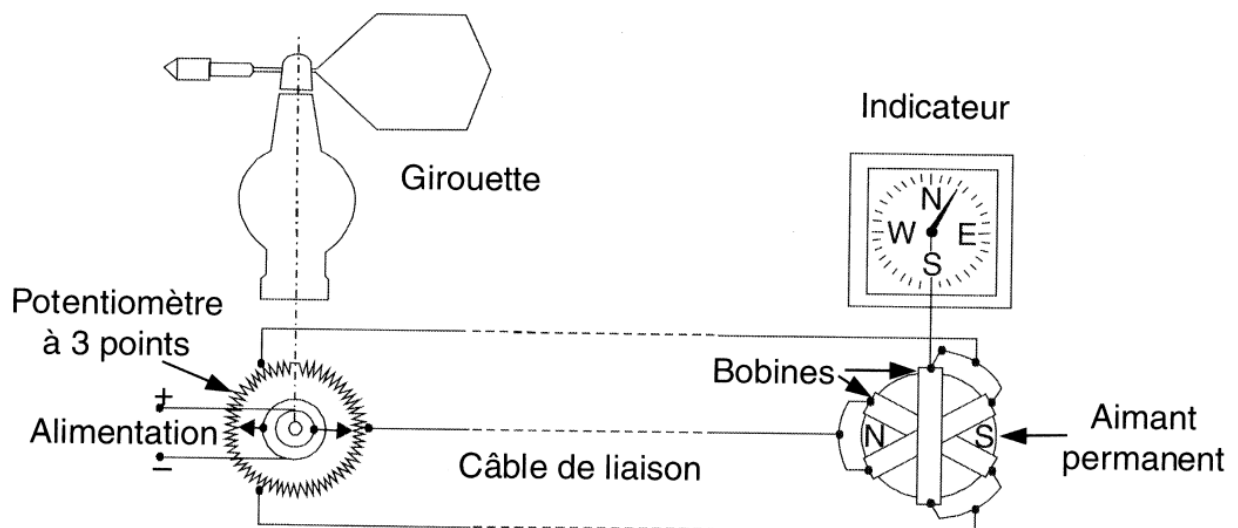


Figure I.10 : Girouette pour indiquer de la direction du vent.

IV.5)- La mesure des précipitations :

La mesure de la hauteur des précipitations peut s'effectuer à l'aide d'un pluviomètre, instrument décrit dans cette fiche. Il s'agit d'un instrument permettant de comptabiliser la quantité de précipitations tombant sur une surface donnée.

Les pluviomètres enregistreurs actuels comportent deux augets de petite taille dont la contenance est équivalente à 0.1 ou bien 0.2 ou 0.5 mm d'eau. La quantité de précipitations est mesurée par le nombre de basculements effectués par les augets, détecté par un système mécanique ou optique. La figure I.11 montre le principe de fonctionnement d'un système à augets basculants.

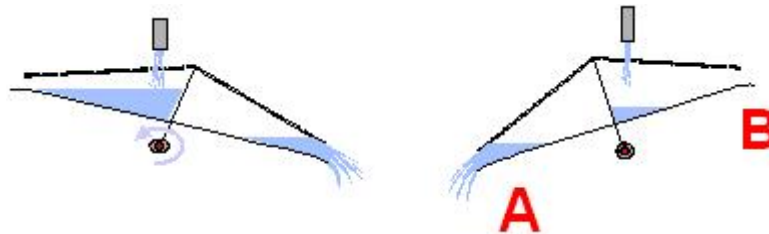


Figure I.11 : Principe de fonctionnement d'un système à augets basculants.

Lorsque l'auget se remplissant contient une masse d'eau dite critique, celui-ci bascule, se vide et permet au deuxième auget de se remplir.

Dans le cadre d'une mesure automatique, on préfère mesurer une masse et en déduire une hauteur de précipitation. La figure I.12 montre le pluviomètre.

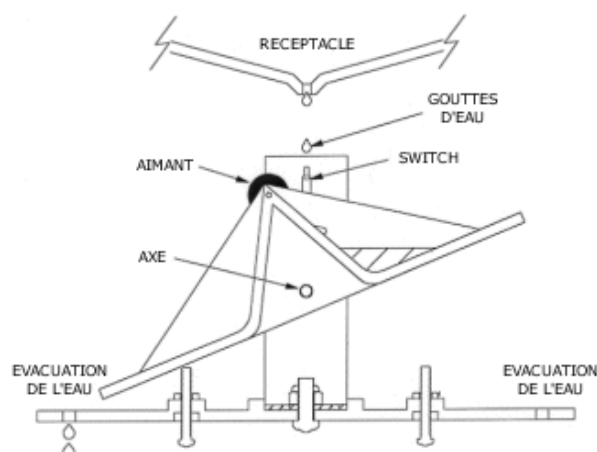


Figure I.12 : Le pluviomètre

IV.6)- La mesure de l'intensité lumineuse :

L'intensité lumineuse peut être mesurée à l'aide d'une photodiode ou d'une photorésistance. La photodiode qui transforme la lumière qu'elle absorbe en une grandeur électrique. La figure I.13 représente une photodiode.



Figure I.13 : Photodiode

Une photorésistance est un composant dont la résistance varie en fonction de la lumière reçue. La figure I.14 représente une photorésistance.



Figure I.14 : Photorésistance

V)- Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons exploré les différentes variables météorologiques avec leurs caractéristiques, ainsi que les équipements utilisés dans les stations météorologiques. Dans cette optique nous allons utiliser quelques instruments pour développer notre propre station météorologique, cette partie sera développée dans les prochains chapitres.

Chapitre II
Matériels
et
Logiciels utilisés

I)- Introduction :

L'électronique est une science technique, ou science de l'ingénieur, constituant une branche importante de la physique appliquée, qui étudie et conçoit les structures effectuant les traitements des signaux électriques porteurs d'informations désignant toute grandeur physique tel que : la température, l'humidité...etc. Ce chapitre est consacré à la présentation de la partie matérielle utilisée composée des différents capteurs utilisés pour la collecte d'informations, de la carte à microcontrôleur Arduino servant à la réception et au traitement des données reçus et du module Wifi permettant le transfert des mesures obtenues vers un ordinateur distant.

II)- La carte Arduino :

La carte à microcontrôleur Arduino (son synonyme Genuino) est une carte électronique qui intègre un microcontrôleur d'architecture Atmel AVR (comme ATmega 328 ou ATmega 2560 pour les versions récentes, ATmega 8 pour les plus anciennes), et des composants complémentaires qui permettent la programmation et l'interfaçage avec d'autres circuits. C'est une plate-forme à entrée/sortie simple qui est destinée à la programmation interactive qui peut être utilisée pour communiquer avec des logiciels tel que le matlab lorsque elle connectée à un ordinateur. La carte contient tout ce qui est nécessaire pour le fonctionnement du microcontrôleur. La carte Arduino peut-être alimentée soit via le port USB ou à l'aide d'une alimentation externe qui consiste de brancher une batterie au connecteur jack.

Il existe plusieurs types de carte Arduino on trouve les originaux et les compatibles parmi les plus utilisées dans le monde des systèmes embarqués on à : la UNO, la LEONARDO, la DUE, la MEGA 2560 et la Yun...etc. Notre choix s'est porté sur la carte UNO, car ses performances sont largement suffisantes pour gérer le fonctionnement de notre système, de plus son prix reste abordable, environ 2500 dinar pour la dernière version d'Arduino Uno.

III)- Partie matériel:

La carte à microcontrôleur Arduino Uno est une carte électronique qui intègre un microcontrôleur d'architecture Atmel AVR ATmega328 et des composants complémentaires qui facilitent la programmation et l'interfaçage avec d'autres circuits. C'est une plate-forme basée sur une interface d'entrée /sortie simple qui est destinée à la programmation interactive qui peut être utilisée pour communiquer avec des logiciels tel que le Matlab lorsque elle est connectée à un ordinateur. La carte contient tout ce qui est nécessaire pour le fonctionnement du microcontrôleur. Pour l'utiliser il suffit de la connecter à l'ordinateur via un câble USB ou à une batterie via la prise jack. La figure II.1 montre la carte Arduino UNO.

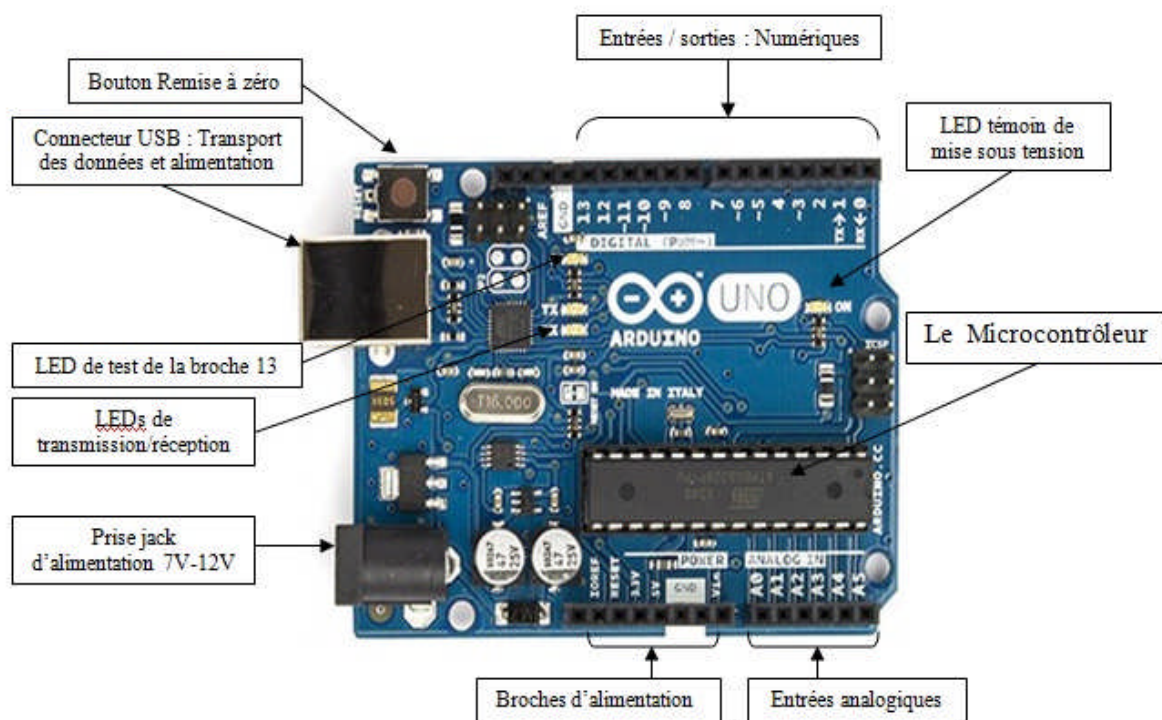


Figure II.1 : La Carte Arduino UNO

➤ **La carte comporte :**

- 01 Microcontrôleur ATmega 328p.
- 14 Entrées/Sorties numériques (dont 06 fournissent la sortie PWM).
- 06 Entrées analogiques.
- Le convertisseur Analogique/Numérique possède 10bits et sa tension de pleine échelle est Par défaut 5V, mais peut être réglée entre 2.3V et 5V.
- 01 quartz à 16 MHz.
- Une connexion USB.
- Une prise Jack d'alimentation.
- Un en-tête ICSP.
- Un bouton RESET.

a)- Le microcontrôleur :

C'est un circuit intégré qui rassemble sur une puce plusieurs éléments dans un espace réduit tel que l'unité centrale (CPU), les mémoires (ROM et RAM) et l'interface d'entrée/sortie, il intègre la technologie Pico-Power qui offre une consommation ultra-faible et des modes de veille à faible consommation, idéal pour les applications alimentées par batterie. La figure II.2 montre le microcontrôleur ATmega328.



Figure II.2 : Microcontrôleur ATmega328.

➤ **Caractéristiques :**

Les 3 types de mémoires que comporte le microcontrôleur ATmega328 sont :

- La mémoire **flash** est une mémoire de masse réinscriptible, possédant les caractéristiques d'une mémoire vive mais dont les données ne disparaissent pas lors d'une mise hors tension, elle sert à stocker le programme, sa vitesse élevée et sa faible consommation (qui est même nulle au repos) la rendent très utilisée, L'ATmega328 est doté de 32 Ko.
- La mémoire **SRAM** : (Static Read Access Memory) : Coûteuse mais rapide, cette mémoire sert à stocker des données temporaires (les variables du programme par exemple). C'est une mémoire volatile, l'ATmega 328 possède 2 Ko.
- La mémoire **EEPROM** : (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory) mémoire morte effaçable électriquement et programmable elle est utilisée pour stocker les paramètres entre les réinitialisations, elle est peu coûteuse, l'ATmega 328 possède 1 Ko.

b)- Les entrées/sorties numériques:

La carte possède 14 broches numériques de 0 à 13, elles sont programmables par le biais d'instructions `pinMode()`, `digitalWrite()` et `digitalRead()`. Ces broches fonctionnent sous 5V et chacune peut fournir ou recevoir un courant maximal de 40mA, disposant d'une résistance interne de "rappel au plus" (pull-up) de 20-50 K Ω , elle est déconnectée par défaut. Cette résistance interne s'active sur une broche en entrée à l'aide de l'instruction `digitalWrite(broche, HIGH)`. Certaines broches ont des fonctions spécialisées :

- ✓ **Transmission et réception série:** les broches 0 (RX) et 1 (TX).
(RX) Permet de recevoir et (TX) permet de transmettre les données TTL série. Ces pins sont connectés aux pins correspondants de l'USB-TTL puce Serial ATmega8U2.
- ✓ **Interruptions Externes:** les broches 2 et 3 peuvent être configurées pour déclencher une interruption sur un niveau bas, sur un front montant/descendant et sur un changement de valeur.

- ✓ **SPI (Serial Peripheral Interface)** : les broches 10, 11, 12, 13 supportent la communication d'interface série périphérique qui est un bus de transmission de données série **synchrone**, où les données peuvent circuler simultanément dans les deux sens, contrairement au bus **I²C (Inter Integrated Circuit)**. Pour permettre la transmission synchrone de données, le bus SPI utilise quatre fils qui sont :
 - **MOSI (Master Out, Slave In)** : cette ligne transporte les données de l'Arduino vers le périphérique SPI.
 - **MISO (Master in, Slave Out)** : cette ligne transporte les données du périphérique SPI vers l'Arduino ;
 - **SS (Slave Select)** : cette ligne permet de signifier au périphérique connecté sur le bus que nous souhaitons communiquer avec lui. Chaque périphérique SPI dispose de sa ligne SS connectée à l'Arduino.
 - **SCK (Serial Clock)**
- ✓ **I²C (Inter Integrated Circuit)** : les broches A4 et A5 (Entrées analogiques) supportent les communications du protocole I²C ou interface TWI (Two Wire Interface - Interface "2 fils"), elle réduisait le nombre de lignes nécessaires à seulement deux lignes (bidirectionnelles) :
 - **SDA (Serial Data)** pour transporter les données.
 - **SCK (Serial Clock)** pour l'horloge de synchronisation.

La relation entre les périphériques du bus est de type Maître/Esclave (Master/Slave).

Le maître est à l'initiative de la transmission et s'adresse à un esclave.

Chaque périphérique sur le bus I²C est adressable, avec une adresse unique pour chaque périphérique du bus.

c)-Les entrées analogiques:

La carte Arduino Uno possède 6 entrées analogiques (A0 à A5), où chacune peut fournir une mesure avec la fonction `analogRead ()` du langage Arduino, elles sont reliées à un convertisseur analogique/numérique qui renvoie un code numérique sur 10 bits, soit une valeur comprise entre 0 et 1023. La pleine échelle est de 5V, c'est à dire que la valeur numérique 0 correspond à 0V et la valeur numérique 1023 correspond à 5V. Ainsi le pas de quantification est de 5V/1024 soit environ 5 mV.

Notons qu'il est possible de modifier le niveau supérieure de la plage de mesure en modifiant la tension sur la broche AREF ou en utilisant l'instruction `analogReference()` du langage Arduino.

IV)- Partie logicielle:

Le logiciel IDE (Interactive Development Environment) Arduino offre une interface minimale pour rédiger des programmes appelés « Sketch », les compiler et les transférer dans la carte Arduino à travers une liaison USB, intégrant aussi un moniteur de port série pour l'affichage des données. Il est doté d'un éditeur de code avec coloration syntaxique et d'une barre d'outils classique qui nous permettra d'accéder aux différentes fonctions de l'interface IDE. La figure II.3 montre la présentation de l'interface du logiciel Arduino.

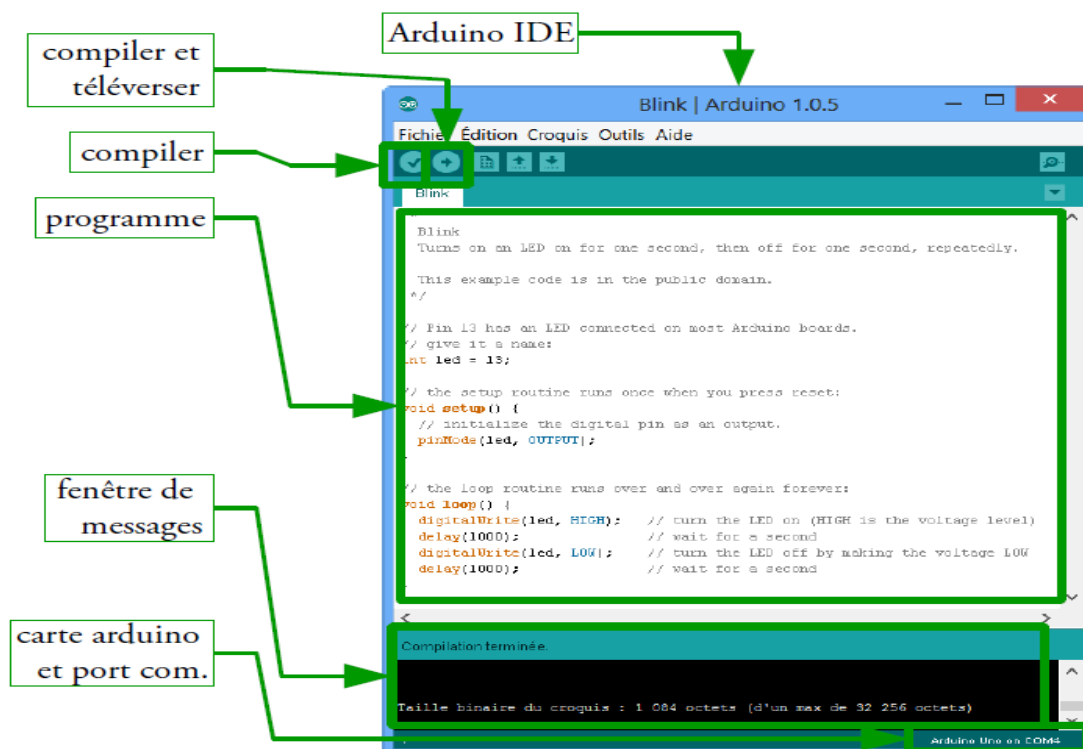


Figure II.3 : Présentation de l'interface du logiciel Arduino.

Un programme Arduino comporte trois parties principales :

1. la partie déclaration des variables (optionnelle).
2. la partie initialisation et configuration des entrées/sorties : la fonction `setup()`
3. la partie principale qui s'exécute en boucle : la fonction `loop()`

La fonction `setup()` est appelée au démarrage du programme. Cette fonction est utilisée pour initialiser les variables, le sens des broches, les bibliothèques utilisées. La fonction `setup` n'est exécutée qu'une seule fois, après chaque mise sous tension ou reset (réinitialisation) de la carte Arduino.

Syntaxe

Void `setup()`

```
{  
}
```

Après avoir créé une fonction `setup()`, qui initialise et fixe les valeurs de démarrage du programme, la fonction `loop ()` (boucle en anglais) fait exactement ce que son nom suggère et s'exécute en boucle sans fin, permettant à votre programme de s'exécuter et de répondre. Utiliser cette fonction pour contrôler activement la carte Arduino.

Syntaxe

Void `loop()`

```
{  
}
```

Dans chaque partie du programme sont utilisées différentes instructions issues de la syntaxe du langage Arduino.

a)- Les étapes de l'implémentation sur le microcontrôleur :

- La création d'un projet.
- L'écriture du programme ensuite l'enregistrer.
- La vérification de la syntaxe et correction d'éventuelles erreurs.
- Le télé-versement vers le microcontrôleur.

b)- Bibliothèques Arduino :

Les bibliothèques Arduino sont des codes qui simplifient l'utilisation d'un capteur, d'une fonctionnalité, elles sont chargées dans l'Arduino si nécessaire. Nous allons voir comment faire pour les charger.

➤ Chargement de bibliothèques :

Dès qu'un sketch Arduino contient une ligne ressemblant à `# include "LedControl.h"`, il appelle une librairie, ici c'est la bibliothèque LedControl. Lors de la compilation préalable à la programmation de l'Arduino, l'interface vérifie que la librairie est bien disponible, si ce n'est pas le cas, un message d'erreur s'affiche et l'Arduino ne peut pas recevoir le sketch.

Il est donc nécessaire de mettre la librairie à disposition de l'IDE avant de lancer la compilation.

- Utilisation du gestionnaire des bibliothèques :

Le gestionnaire des bibliothèques permet d'afficher la liste des librairies prêtes à l'emploi ou prêtes à installer.

- Importation d'un fichier zip :

Si on veut par exemple ajouter la librairie LedControl disponible sur le site GitHub, on clique sur le bouton vert « Clone or download » puis sur « Download ZIP » .

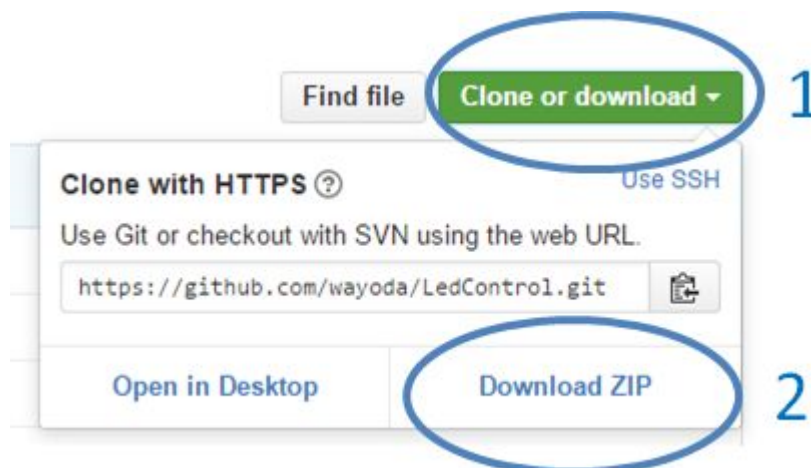


Figure II.4 : Téléchargement de la librairie en format zip

On obtient un fichier nommé « LedControl-master.zip », puis on a deux possibilités : par l'interface Arduino ou par l'ajout manuel d'un répertoire.

- **Méthode par l'interface Arduino :**

Cette méthode utilise la fonctionnalité « ajouter la bibliothèque.zip » de l'interface Arduino.

- On clique sur Croquis.
- Inclure une bibliothèque.
- Ajouter la bibliothèque.zip
- On choisit le fichier LedControl-master.zip qu'on a téléchargé.

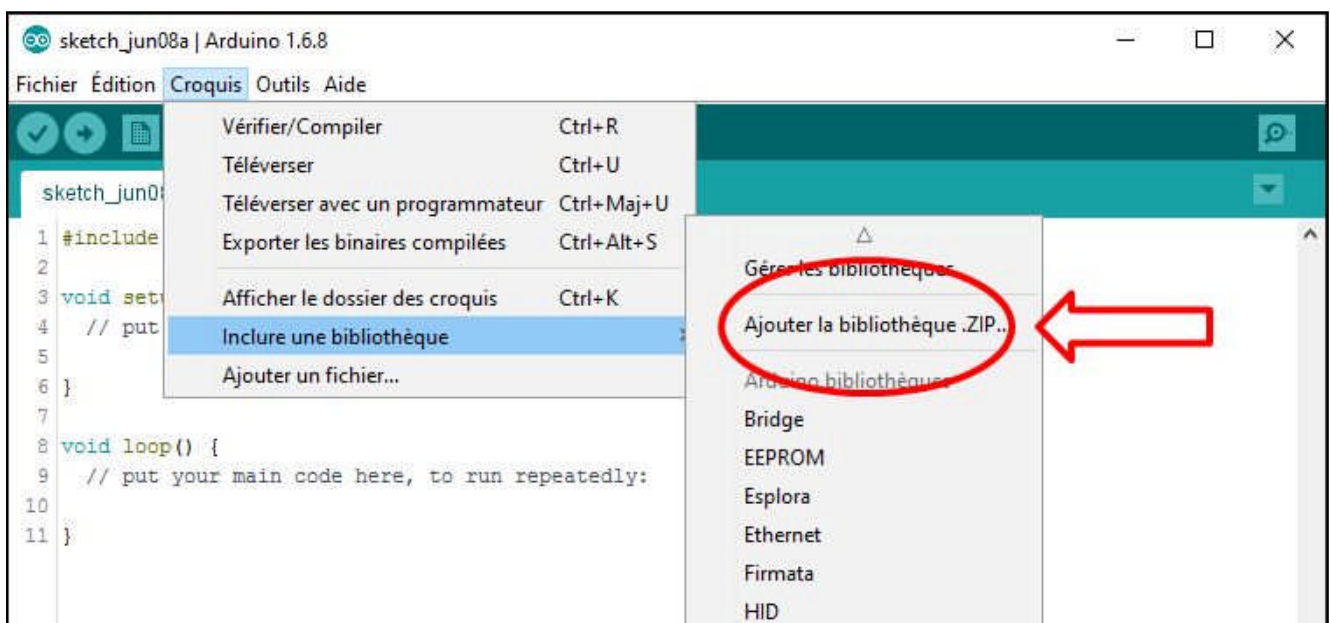


Figure II.5 : Rajout d'une librairie par l'interface Arduino.

- **La méthode manuelle :**

- Fermer l'interface Arduino.
- Décompresser le fichier téléchargé, puis sélectionner le répertoire à installer.
- Coller le répertoire dans le chemin suivant «C:\Program Files (x86)\Arduino\libraries »
- Redémarrer l'interface Arduino, la librairie sera maintenant disponible.

V)- Le module Wifi l'ESP8266 :

C'est un circuit intégré avec un microcontrôleur permettant la connexion en WiFi. Les modules intégrant ce circuit sont très utilisés pour contrôler des périphériques par Internet. L'ESP8266 est livré avec un firmware préinstallé nous permettant d'en prendre le contrôle à l'aide de « commandes AT » standards pouvant provenir d'une carte Arduino avec qui il peut communiquer par liaison série. Mais toute la souplesse et la puissance de ce module résident dans le fait que nous pouvant aussi y développer et flasher notre propre code, rendant ainsi le module entièrement autonome.

Il existe plusieurs modèles : l'ESP-01, l'ESP-03, l'ESP-12 ...etc. l'ESP-01 que nous avons utilisé dans la réalisation est présenté dans la figure II.6.

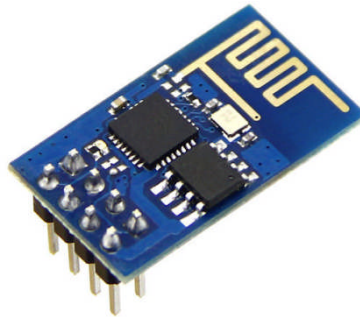


Figure II.6: Module wifi ESP8266-01.

➤ Le Wifi :

C'est un protocole de communication sans fil dont le standard technique a été normalisé par le groupe IEEE 802.11, fonctionnant avec des ondes radio dans une bande de fréquence de 2,4 ou 5 GHz, il permet de relier des équipements informatiques et de téléphonie mobile dans un réseau sans fil haut débit. Les vitesses de connexion varient selon la norme 802.11 utilisée :

- 54 Mbit/s théoriques, avec une portée de 10 mètres pour la norme 802.11a.
- 11 Mbit/s théoriques, avec une portée de 300 mètres pour la norme 802.11b.

➤ Alimentation :

L'alimentation de l'ESP8266 à partir de la carte Arduino n'est pas toujours opérationnelle, d'une part le module est prévu pour fonctionner en 3.3V et un courant de fonctionnement moyen de 80 mA, et d'autre part les broches de la carte Arduino délivrent 50 mA. Pour cela, nous sommes obligés d'utiliser un régulateur AMS1117, ce régulateur permet de délivrer une tension fixe égale à 3.3 V et un courant jusqu'à 800 mA.

➤ Brochage :

Les figures II.7 et II.8 représentent respectivement les pins de l'ESP8266-01 et le câblage de l'ESP8266 avec la carte Arduino ainsi que le régulateur AMS1117.

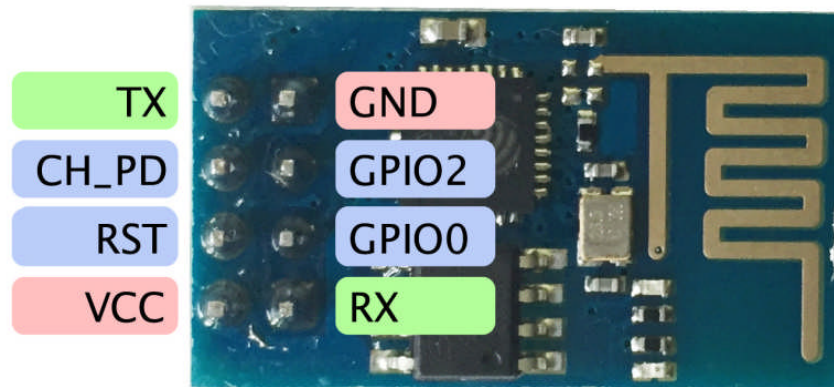


Figure II.7 : Les pins du module wifi

- VCC : Alimentation
- GND : La masse.
- TX et RX : Transmission et Réception.
- GPIO0 et GPIO2 : deux entrées/ sorties numériques
- RST : Réinitialisation.
- CH_PD : doit toujours être maintenue à l'état haut

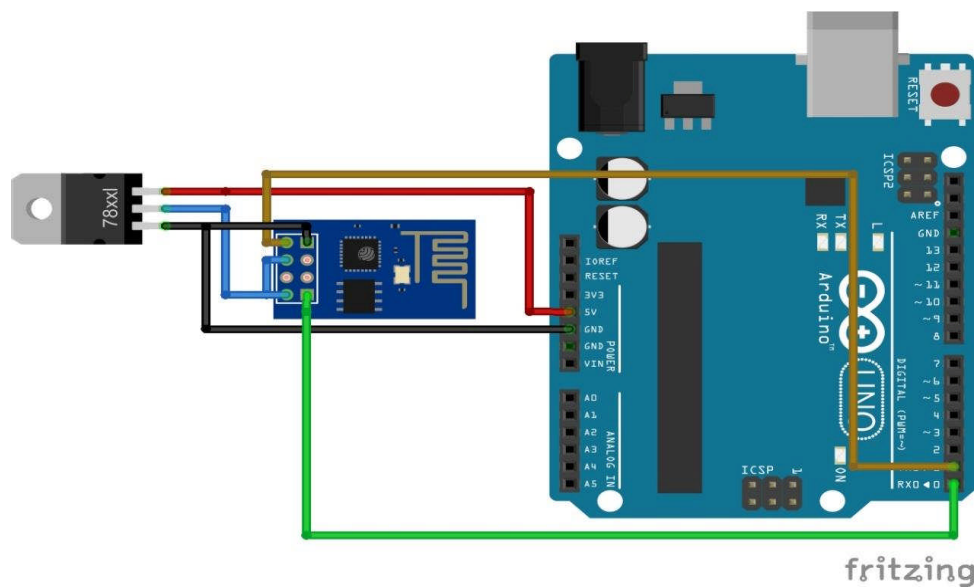


Figure II.8: Câblage de l'ESP8266-01 avec Arduino

➤ **Mise sous tension :**

- Alimentation de l'ESP8266-01 en reliant V_{cc} et CH_PD à 3.3V et relier GND.
- La Led rouge va s'allumer témoignant de son alimentation.
- La Led bleu va clignoter au démarrage.
- Vérifiez sur la liste wifi de notre PC, la présence de notre module wifi.

➤ **Caractéristiques :**

- Norme sans fil: IEEE 802.11 b/g/n.
- Gamme de fréquence: 2.4 GHz ~ 2.5 GHz.
- Mémoire Flash de 1Mo.
- Alimentation : 3.3V.
- Consommation: entre 60mA et 200mA, quelques dizaines de μ A en veille.
- Antenne intégrée.

➤ Les commandes AT :

Les commandes AT sont un langage de commandes qui permettent la communication entre le module Wifi l'ESP 8266-01 et la carte Arduino UNO, pour ce faire ils sont montés en série, la broche Tx du module Wifi l'ESP 8266-01 est reliée à Tx de la carte Arduino et broche Rx du module Wifi l'ESP 8266-01 est reliée à Rx de la carte Arduino. La figure II.9 montre le montage en série de la carte Arduino et le module Wifi

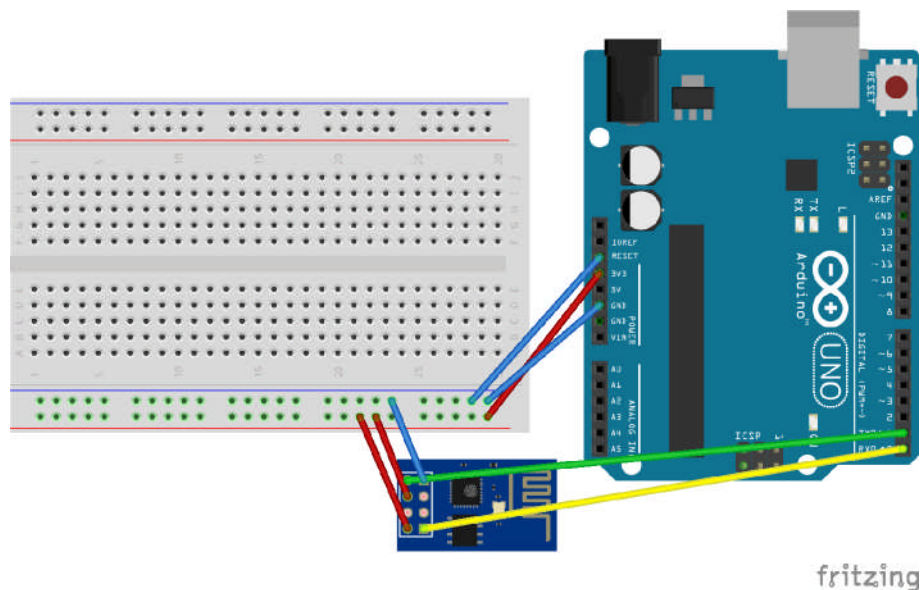


Figure II.9 : Montage série de la carte Arduino et le module Wifi.

• Description du montage :

- Connecter la sortie **3.3V** de l'Arduino à **VCC** de L'ESP8266.
- Connecter la broche **CH_PD** à **3.3V**.
- Connecter la broche **RESET** à **GND**. La carte Arduino fonctionne comme un connecteur USB / série.
- Connecter la broche **RX** de l'Arduino à la broche **RX** de l'ESP8266.
- Connecter la broche **TX** de l'Arduino à la broche **TX** de l'ESP8266.

- **Dans le Logiciel Arduino :**

- Sur le barre de menu l'IDE Arduino, on va allez dans **Outils** → **Moniteur série**.
- Régler le débit en bauds sur **115200**.
- Changer la terminaisons de ligne sur **NL et CR** .

Dans la fenêtre du moniteur série on tape la commande : AT+GMR puis on clique sur le bouton envoyer pour nous communiquer la version du logiciel préinstallé à la sortie d'usine du module Wifi ESP8266-01. La figure II.10 montre l'exécution de la commande AT+GMR

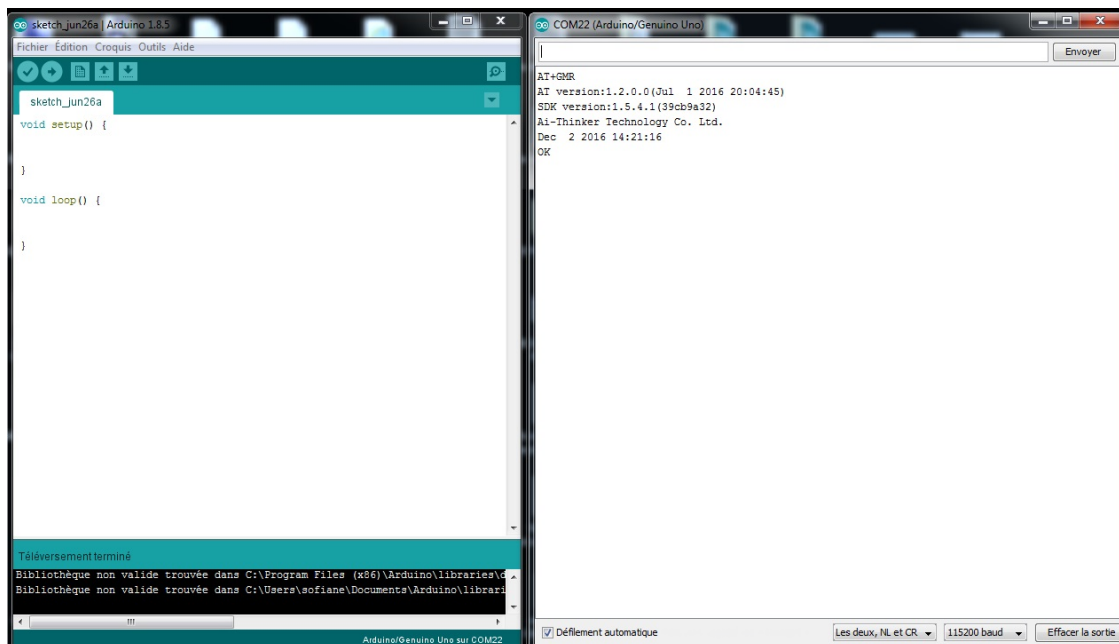


Figure II.10 : L'exécution de la commande AT+GMR sur le moniteur série

- Voici quelques commandes :
 - AT + GMR : Imprimer la version du firmware
 - AT+RST : Réinitialiser le module ESP8266-01
 - AT + CWQAP : Déconnecter l'ESP8266-01 du point d'accès actuel.
 - AT + CWLIF : Afficher les clients connectés.
 - AT + CIPSTA? : Afficher l'adresse IP de l'ESP8266.
 - AT+CWMODE = 3 : L'ESP8266 est en mode 3 (émetteur et récepteur à la fois)
 - AT + CIFSR =? : Obtenir l'adresse IP locale.
 - AT+CWLAP : rechercher les bornes Wifi actives
 - AT+CWJAP : permet de se connecter a un point Wifi
Synthaxe : AT+CWJAP="Nom du point wifi","Môt de passe"
 - AT+CWJAP=? : vérifier si la connexion a réussie

- **Connexion à un point d'accès WIFI :**
 - **Client :**
 - AT+CIPMUX= 1 : permet la connexion multiple.
 - AT+CIPSTART= 4,"TCP","192,168.1.104",9999 : connecte au serveur TCP distant ici avec adresse TCP : 192.168.1.104 (le PC par exemple).
 - AT+CIPMODE= 1 : rentre en mode transmission de données.
 - AT+CIPSEND= 4,5 : envoi des données via le canal 4, données de 5 bits de longueur.

 - **Serveur :**
 - AT+CIPSERVER=1,9999 : configure en mode serveur TCP sur le port 9999,
(1 : signifie Autoriser)
 - AT+CIFSR : vérifier l'adresse IP du module.

VI)- Capteur de température et d'humidité DHT22 :

Le capteur de température et d'humidité DHT22 communique avec un microcontrôleur via un port série. Le capteur est calibré et ne nécessite pas de composants supplémentaires pour pouvoir être utilisé. La figure II.11 montre le capteur DHT22.



Figure II.11 : Le Capteur DHT22

➤ **Caractéristiques :**

- Alimentation: 3,3V à 5V.
- Consommation maxi: 1,5 mA
- Consommation au repos: 50 μ A
- Température: -40 à +80 °C, Précision $\pm 0,5$ °C
- Humidité: 0 à 100 %, Précision ± 2 %

VII)- Capteur de pression BME280 :

C'est un capteur de pression barométrique absolu spécialement conçu pour les applications mobiles. Le module de capteur est logé dans un boîtier extrêmement compact, ses petites dimensions et sa faible consommation d'énergie permettent la mise en œuvre dans des appareils alimentés par batterie tels que des téléphones mobiles, des modules GPS ou des montres.

Il est basé sur la technologie éprouvée de capteur de pression piézo-résistif Bosch, caractérisée par une grande précision et linéarité ainsi qu'une stabilité à long terme et une grande robustesse. De nombreuses options de fonctionnement de l'appareil offrent la plus grande flexibilité pour optimiser l'appareil en termes de consommation d'énergie, de résolution et de performance du filtre. Un ensemble testé de paramètres par défaut, par exemple un cas d'utilisation, est fourni au développeur afin de rendre la conception aussi simple que possible. La figure II.12 montre le capteur de pression BME280.

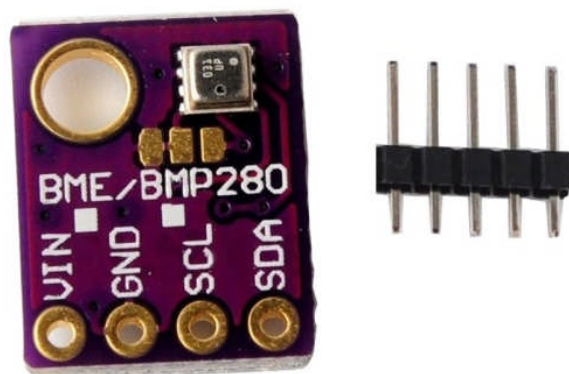


Figure II.12 : Capteur de pression BME280

➤ Caractéristiques :

- Pression : plage de fonctionnement: 300 hPa - 1100 hPa (+/- 1Pa)
- Type de pression: Absolue
- Style de montage: SMD/SMT
- Type d'interface: I2C, SPI
- Alimentation : 1.8V à 5V
- Courant d'alimentation de fonctionnement : 2.8 μ A.

VIII)- Capteur de luminosité TSL2561 :

C'est un capteur numérique avancé, idéal pour une large utilisation, il nous permet de mesurer avec précisions la luminosité entre 0,1 et 40 000 Lux, il intègre en effet des diodes sensibles à l'ensemble du spectre lumineux, contrairement à d'autres détecteurs de type photorésistances, ce capteur peut être réglé sous différentes configurations, son interface numérique I²C nous permet de sélectionner une adresse, donc de connecter jusqu'à 3 capteurs de luminosité au microcontrôleur. La figure II.13 montre le capteur de luminosité TSL2561.

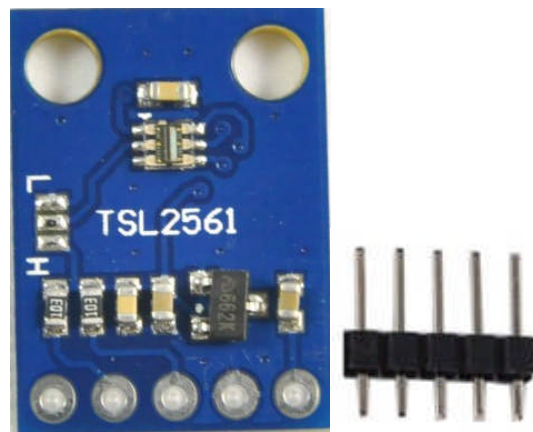


Figure II.13 : Le capteur de luminosité TSL2561

➤ Caractéristiques :

- La plage de mesure : de 0,1 à 40000 Lux.
- Courant d'alimentation en fonctionnement: 0.6mA
- Courant d'alimentation en mode veille: 15 μ A
- Tension d'alimentation : 2.7V à 3.6V.

IX)- Conclusion :

A travers ce chapitre nous avons présenté les différents outils utilisés pour effectuer des mesures avec leurs caractéristiques. Dans l'objectif recherché qui est la conception d'un système de mesure de paramètres météorologiques composé d'un ensemble de capteurs pour l'acquisition des données, d'une carte à microcontrôleurs Arduino Uno pour le traitement des données et d'un module wifi pour la transmission des mesures effectuées vers un ordinateurs distant, cette partie sera développée dans le prochain chapitre.

Chapitre III

Conception du système de mesure

I)- Introduction :

L'estimation des grandeurs météorologiques sont importantes dans plusieurs activités humaine telles que l'agriculture, le transport maritime et aérien ...etc. Cette importance a conduit au besoin de développer des systèmes de nouvelle génération d'estimation de ces différentes grandeurs physiques. Depuis l'avènement des nouvelles technologies de toutes sortes, le développement de nouveaux instruments météorologiques n'a cessé de progresser. A cet effet, nous proposons dans ce chapitre la conception d'un système de mesure météorologique à base d'une carte à microcontrôleur. Ce système est composé de deux parties une partie transmission ayant un ensemble de capteurs ayant pour rôle l'acquisition des différentes données, une carte Arduino pour leurs traitements et un module de transmission Wifi. Une partie réception comprenant un ordinateur connecté vers l'internet assurant l'affichage des données via le site ThingSpeak.

Dans les paragraphes qui vont suivre nous allons détailler les différentes étapes de conception et réalisation du système de mesure météorologique.

II)- Description du schéma synoptique du système de mesure :

Le système de mesure est composé de deux parties principales transmission et réception. La partie transmission est composée de l'ensemble des capteurs : de température, d'humidité, de pression et de luminosité, l'unité de traitement des données qui est la carte à microcontrôleur Arduino UNO et le module de communication Wifi l'ESP8266-01 connecté à internet par le biais d'un modem Wifi. La partie réception concerne l'ordinateur connecté au site d'affichage ThingSpeak. Le schéma synoptique du système est représenté par la figure III.1

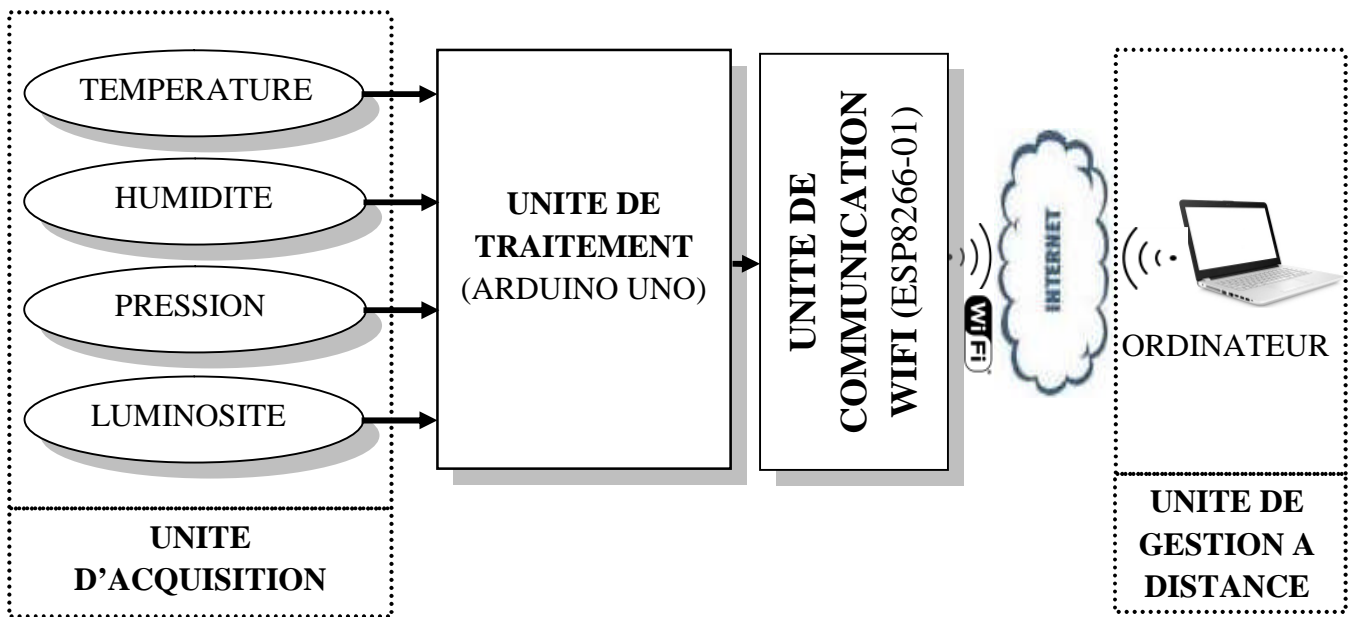


Figure III.1 : Schéma synoptique du système de mesure.

III)- Conception et réalisation du système de mesure :

La conception du système de mesure est composée de deux étapes principales : la première consiste d'abord à la configuration des différents capteurs avec la carte Arduino et l'introduction du programme dans le microcontrôleur pour obtenir les différentes mesures. La deuxième étape concerne la transmission à distance des mesures obtenues vers un ordinateur distant connecté à internet. La transmission est assurée par le biais du module Wifi connecté à internet.

III.1)- Configuration de la carte Arduino avec les différents capteurs :

La configuration de la carte Arduino avec les capteurs consiste à établir les différentes connexions entre les deux parties. Le schéma de câblage réalisé avec le logiciel Fritzing est représenté par la figure III.2.

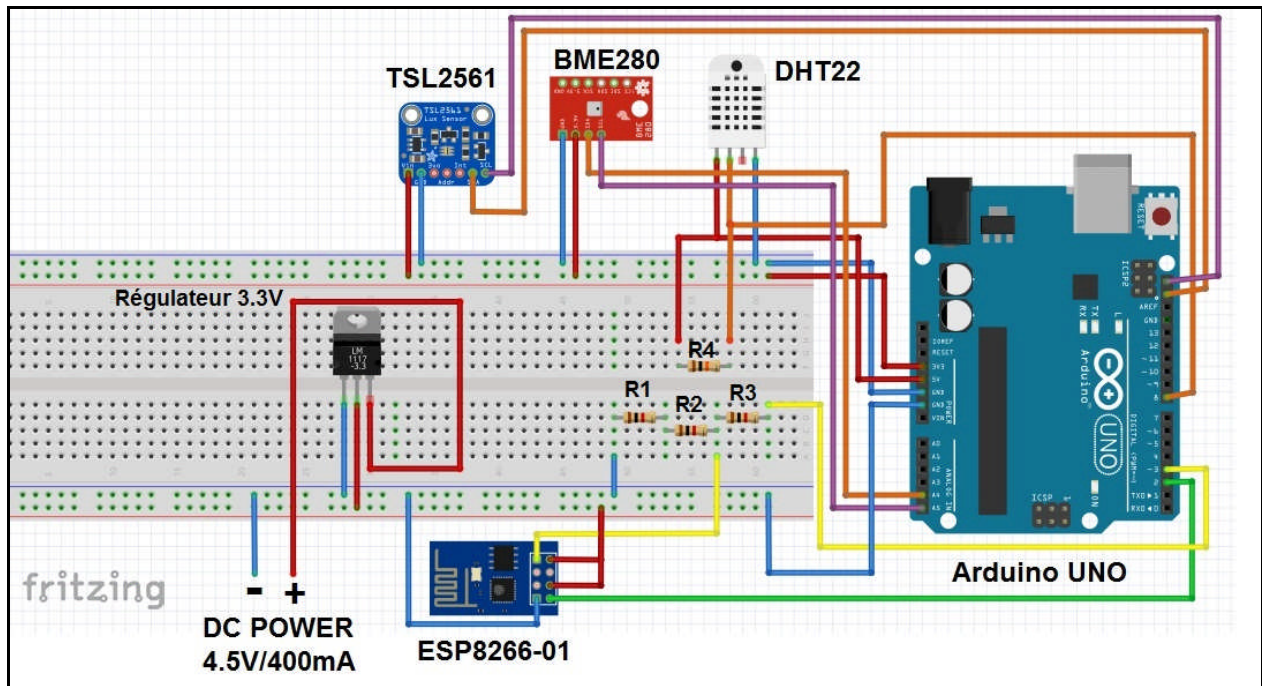


Figure III.2 : Le schéma de câblage des modules avec Arduino

➤ Explication du montage :

- L'alimentation externe à courant continu de 4.5V/400mA alimente le régulateur AMS1117, ce dernier va délivrer une tension de 3.3V qui va servir à alimenter le module Wifi ESP8266.
- Le pont diviseur de tension constitué des résistances R1, R2 et R3 de 1KΩ servent à relier la broche Tx de Arduino à Rx du module Wifi.
- La résistance R4 de 10KΩ sert à maintenir la broche 2 de données du capteur DHT22 au niveau haut.

III.2)- Programmation du microcontrôleur :

Les étapes de programmation du microcontrôleur sont :

- La création d'un projet.
- L'écriture du programme ensuite son enregistrement.
- La vérification de la syntaxe et correction d'éventuelles erreurs.
- Téléversement vers le microcontrôleur.

La figure III.3 représente l'organigramme de mesure des capteurs.

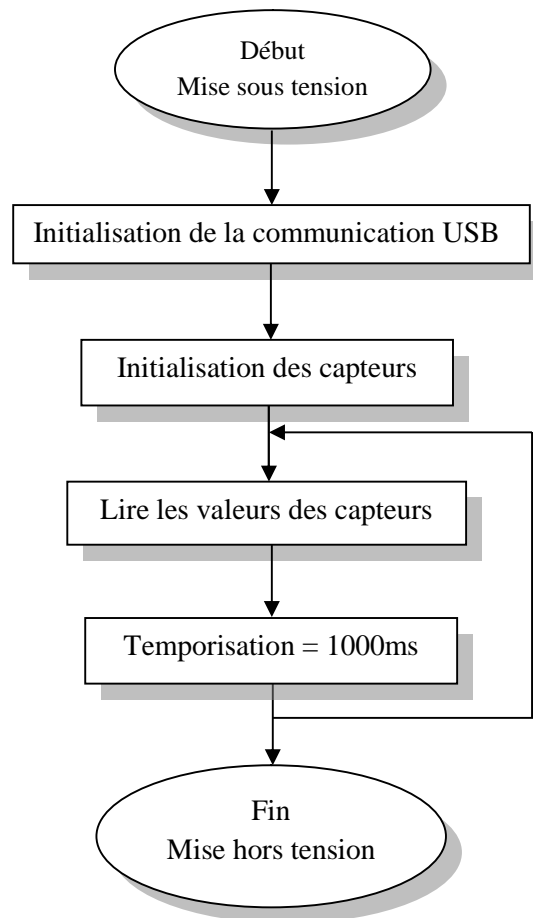


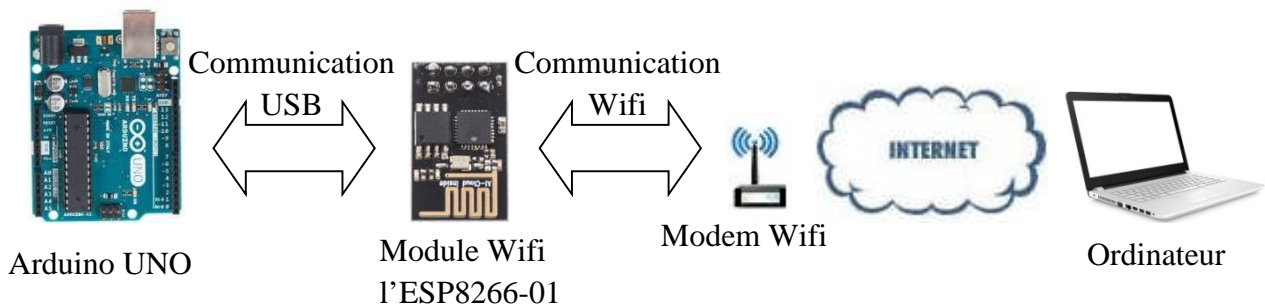
Figure III.3 : Organigramme de mesure des capteurs.

III.3)- Tests et résultats :

Après le branchement des différents capteurs (DHT22, BME280 et TSL2561) avec la carte Arduino sur la plaque d'essai et la programmation du microcontrôleur, des tests ont été effectués pour obtenir des mesures. La figure III.4 montre le montage du système de mesure sur une plaque d'essai connectée à un ordinateur à travers le port USB pour l'affichage des résultats sur le moniteur série.

IV)- Interfaçage Arduino/ Ordinateur :

L'interfaçage entre la carte Arduino avec l'ordinateur consiste à établir un mode de communication entre les deux modules pour le transfert à distance des données obtenues via le net. La carte Arduino munie du module Wifi permet le transfert des données vers le net. Concernant l'affichage des données sur l'ordinateur distant, il est réalisé par le biais du site ThingSpeak dont le rôle est de récupérer les mesures obtenues et les afficher sous formes de graphes. La figure III.6 représente l'interfaçage Arduino/Ordinateur :



La figure III.6 : Interfaçage Arduino/Ordinateur

IV.1) Présentation de l'Internet des Objets (IdO) [6] :

L'Internet des objets est un système de dispositifs informatiques, de machines mécaniques et numériques, d'objets interconnectés capables de transférer des données sur un réseau sans intervention humaine. Un élément, dans l'Internet des objets, peut être une personne avec un implant de moniteur cardiaque, une voiture qui a intégré des capteurs pour alerter le conducteur lorsque la pression des pneus est faible ou tout autre objet qui peut avoir une adresse IP et transférer des données sur un réseau. La figure III.7 montre des objets pouvant être connectés à internet.

L'étape suivante consiste à envoyer les mesures réalisées via wifi vers le site ThingSpeak pour être enregistrées et affichées sous forme de graphes. L'organigramme de transmission des données de la carte Arduino vers l'ordinateur est illustré par la figure III.8

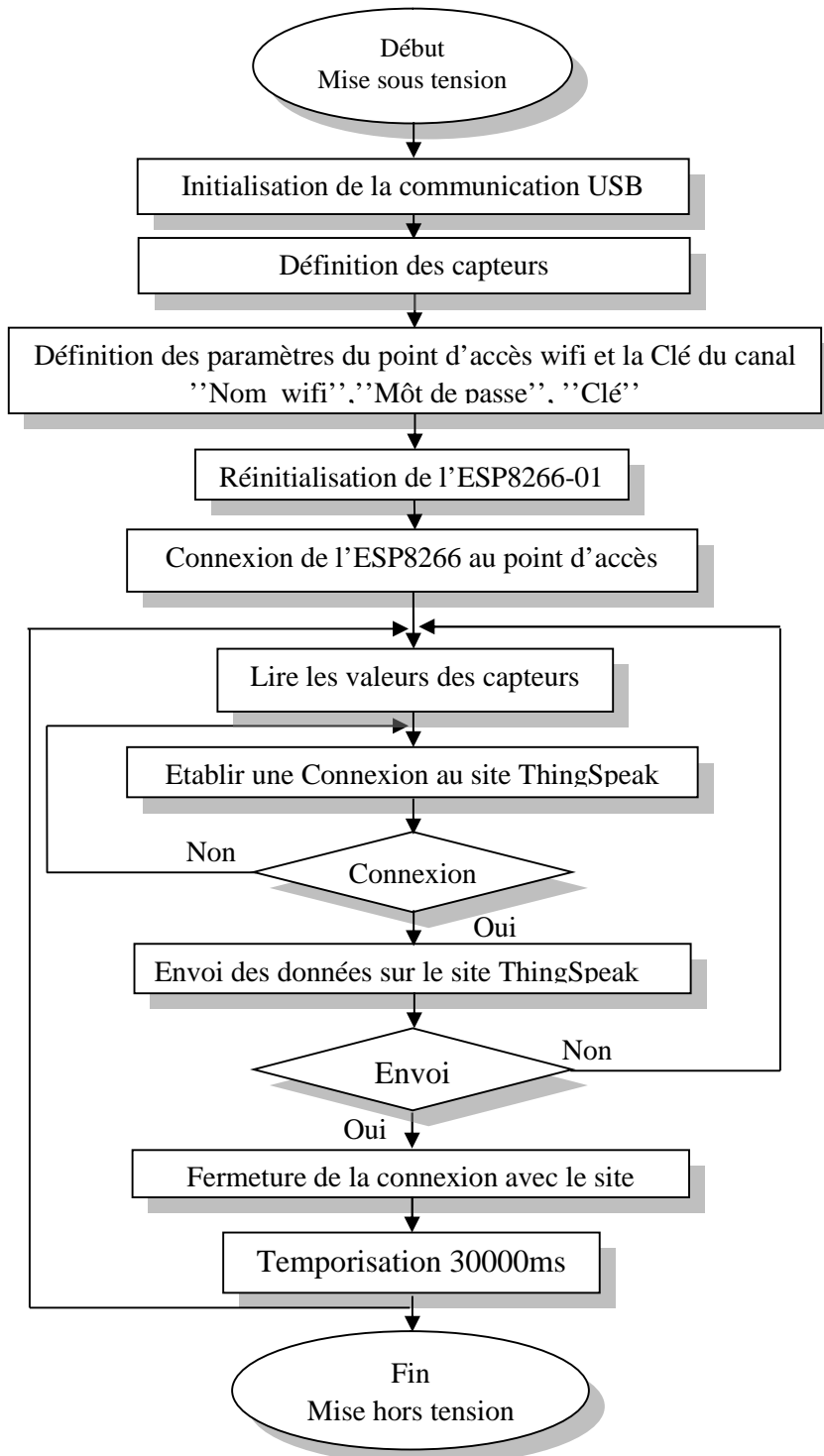


Figure III.8 : Organigramme de transmission des données.

VI)- Tests et résultats :

Dans le but d'obtenir des mesures sur les différentes grandeurs météorologiques avec notre système, des tests ont été effectués. A cet effet le système de mesure a été installé à l'air libre le 20/06/2018 au centre de Tizi Ouzou. Notons que le jour du test fût une journée ensoleillée. Les figures ci-dessous représentent les résultats des mesures obtenus sur les grandeurs choisies où les mesures sont enregistrées chaque heure de temps.

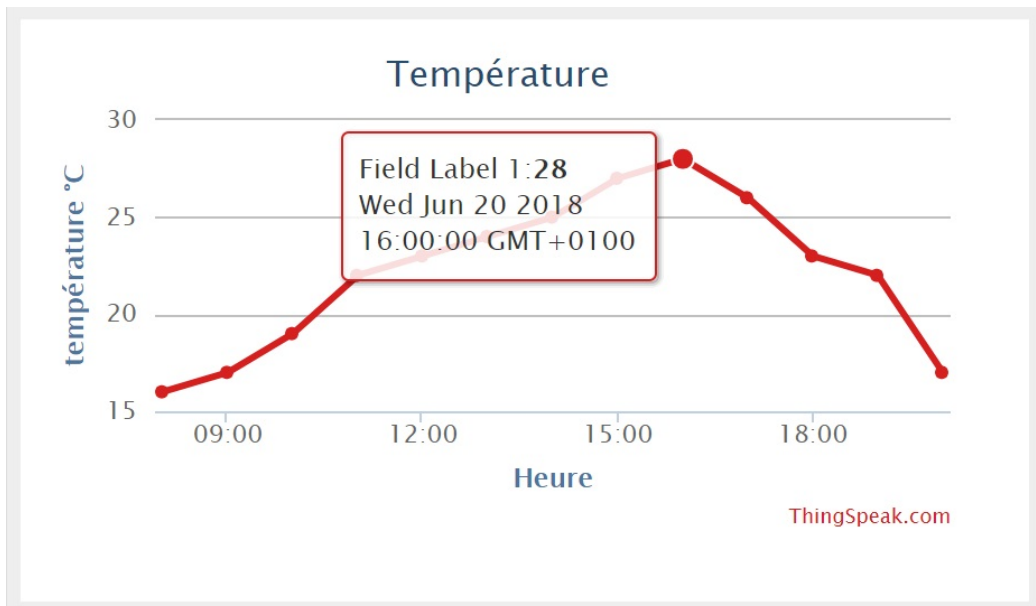


Figure III.9 : Le graphe de la température.

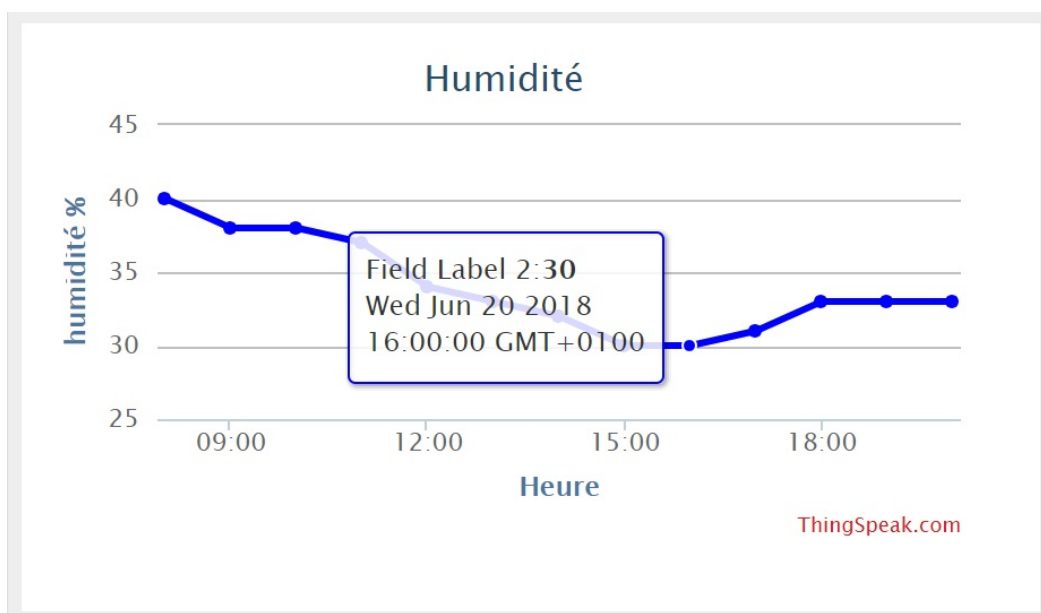


Figure III.10 : Le graphe de l'humidité.

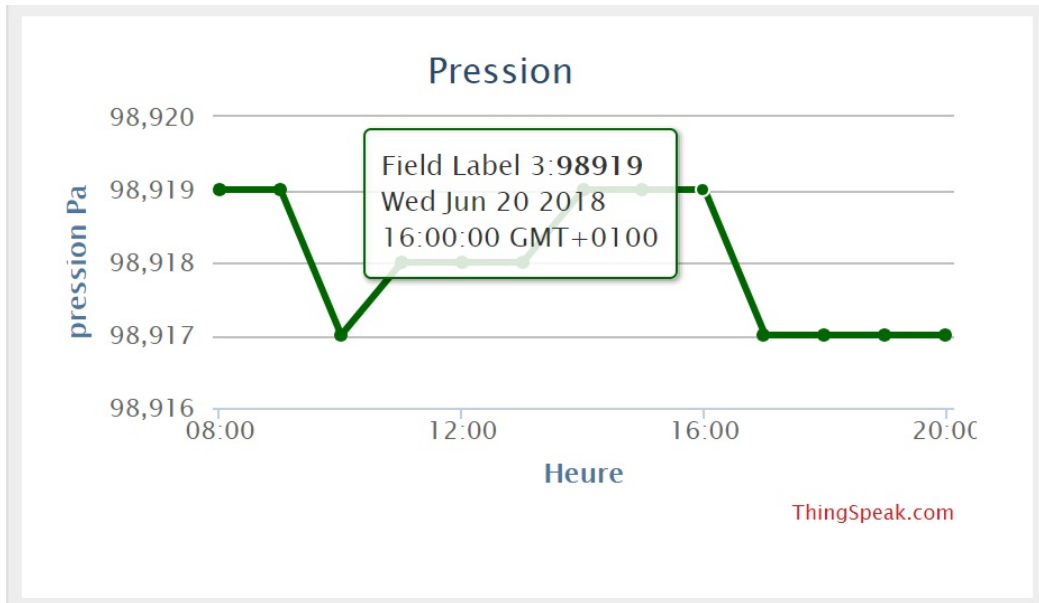


Figure III.11 : Le graphe de la pression.

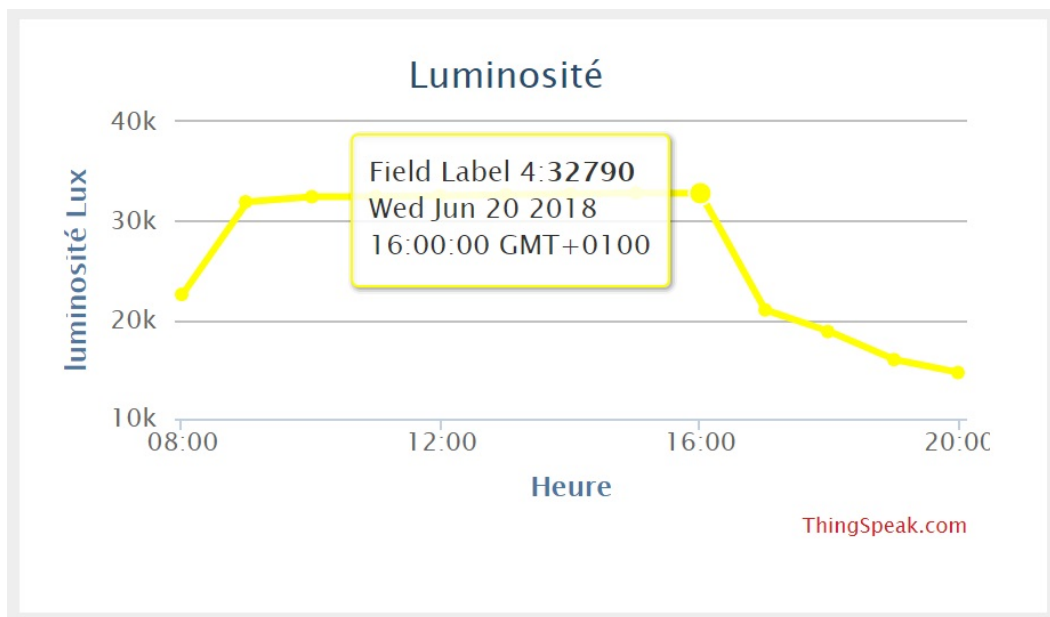


Figure III.12 : Le graphe de la luminosité.

A travers les différentes courbes obtenues, nous constatons que les paramètres enregistrés montrent certaines variations à des moments de la journée. Globalement, les variations des grandeurs enregistrées dépendent de la présence du soleil. La luminosité augmente depuis le lever du soleil et présente un maximum vers 16h00, ensuite commence à diminuer.

La température augmente par contre l'humidité décroît. La pression montre des petites variations à certains moments de la journée. Hormis quelques petites variations aléatoires de l'humidité et de la pression.

VII)- Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté les étapes de la conception du système de mesure de quelques grandeurs météorologiques. Ces étapes ont consisté d'abord en la réalisation des mesures avec la carte à microcontrôleur et leurs affichages sur écran, ensuite le transfert à distance est réalisé vers l'ordinateur via le site ThingSpeak qui assure l'affichage sous forme de courbes. Enfin nous avons réalisé des tests avec le système de mesure à l'air libre sur une certaine période de temps d'une journée. Les mesures obtenues ont été concluantes.

Conclusion
et
Perspectives

Conclusion et perspectives

Dans ce travail nous avons cherché à concevoir un système de mesure de grandeurs météorologique. Il est composé d'un ensemble de capteurs qui sont : un capteur de température et d'humidité de l'air, un capteur de pression atmosphérique, un capteur de luminosité utilisés pour l'acquisition des données, d'une carte à microcontrôleur Arduino dont le rôle est le traitement des données issus des différents capteurs, d'un module Wifi permettant d'envoyer les mesures provenant de la carte Arduino vers le site ThingSpeak pour être enregistrées et affichées sous forme de graphes sur ordinateur.

La conception du système de mesure météorologique est passée par deux étapes principales qui sont : la réalisation des mesures avec les différents capteurs connectés à la carte Arduino et leur transmission à distance vers l'ordinateur distant par Wifi à travers le Web. Pour conclure, nous avons réalisé des tests à l'air libre avec le système pour obtenir des mesures sur une certaine période de temps. Le système de mesure réalisé s'avère être satisfaisant.

Comme perspectives de ce travail, des extensions du système de mesure peuvent être considérées tenant comptes d'autres grandeurs météorologiques comme la mesure du vent et la quantité de précipitation. Un réseau de système météorologique peut être réalisé avec les mêmes procédures que nous avons utilisées pour obtenir des mesures sur une plus grande échelle.

En outre les méthodes et les techniques développées pour la réalisation de ce système peuvent être améliorées pour obtenir des mesures plus précises sur les grandeurs météorologiques à mesurer.

Nous espérons que ce mémoire sera utile et enrichi par les futures promotions.

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

[1] An Introduction to Weather Stations

[Online] <http://www.monaxtestandweather.com.au/product-guidance/anintroduction-to-weather-stations>.

[consultation 13-06-2018]

[2] Vincent Luyet «Stations météo» Février 2010, pp 9-15 et 27-29.

[consultation 13-06-2018]

[3]History of Home Weather Stations

[Online] <https://www.acurite.com/learn/history-of-home-weather-stations>.

[consultation 13-06-2018]

[4] Weather Stations

[Online] <http://www.weathershack.com/category/weather-stations.html>

[consultation 13-06-2018]

[5] Kevin Ashton

[Online] https://en.wikipedia.org/wiki/Kevin_Ashton

[consultation 13-06-2018]

[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-sciences.com/tech/definitions/internet-internet-objets-15158/>

[consultation 13-06-2018]

ANNEXES

Le programme finale :

```
#include "DHT.h"
#include <SoftwareSerial.h>
#define DHTPIN 8 // Définir la pin 8 pour le DHT22
#define DHTTYPE DHT22 // Définir le type du capteur( DHT22 )
#include "Wire.h"
#include <Adafruit_Sensor.h> // Utilisation du capteur TSL2561
#include <Adafruit_TSL2561_U.h> // Utilisation de la librairie Adafruit pour le TSL2561
#include "SparkFunBME280.h" // Utilisation de la librairie SparkFunk pour le BME280
String apiKey = "8FIQG29BGW74XXXX"; // Saisir la clé du canal
String Host_Name = "LT18"; // Saisir le nom du Wifi
String Password = "allotizi"; // Saisir le Môt de passe Wifi
SoftwareSerial ser(2,3); // Définir sur Arduino : Rx Broche 2 , Tx Broche 3
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE); // Initialisation du capteur DHT22
Adafruit_TSL2561_Unified tsl = Adafruit_TSL2561_Unified(TSL2561_ADDR_FLOAT
12345);
BME280 capteur;
void setup()
{
Serial.begin(115200); // Préparation du port série
ser.begin(115200);
ser.println("AT+RST"); // Réinitialisation de l'ESP8266
dht.begin(); // Préparation du DHT22
while (!Serial)
{
}
//configuration du capteur
capteur.settings.commInterface = I2C_MODE;
capteur.settings.I2CAddress = 0x76;
capteur.settings.tStandby = 0;
capteur.settings.pressOverSample = 1;
capteur.begin(); // Préparation du BME280
```

```

char inv = ' ';

String cmd = "AT+CWJAP";           // Connexion de l'ESP8266 au modem WiFi
  cmd+= "=";
  cmd+= inv;
  cmd+= Host_Name;
  cmd+= inv;
  cmd+= ",";
  cmd+= inv;
  cmd+= Password;
  cmd+= inv;
ser.println(cmd);
}
void loop()
{
  sensors_event_t event;
  tsl.getEvent(&event);
  int temperature = dht.readTemperature(); // Lire la Température
  int humidity = dht.readHumidity();      // Lire l'humidité
  int luminosity = event.light;           // Lire la luminosité
  int pressure = capteur.readFloatPressure(); // Lire la pression

  String state1=String(temperature);     // Conversion les données en chaîne de caractères
  String state2=String(humidity);
  String state3=String(pressure);
  String state4=String(luminosity);
  String cmd = "AT+CIPSTART=\"TCP\", \""; // Etablir la connection au site ThingSpeak
  cmd += "184.106.153.149";              // Saisir l'adresse IP de ThingSpeak.com
  cmd += "\",80";                        // port 80
  ser.println(cmd);
  Serial.println(cmd);
  delay(1000);
  if(ser.find("Error"))
  {

```


*Résumé et mots
clés*

Résumé

Ce mémoire présente le système de mesure et transmission à distance de paramètres météorologique à base de la carte à microcontrôleur Arduino UNO qui utilise trois capteurs qui mesure : la température, l'humidité, la pression et la luminosité, dans le début on a présenté des généralités sur la météorologie, par la suite on a cité les différents matériels et logiciels utilisés et on a terminé par la conception et réalisation du système de mesure.

Vous trouverez également le moyen utilisé pour l'affichage des grandeurs mesurées sur l'ordinateur distant en utilisant le site web ThingSpeak, qui affiche les résultats sous forme de graphes.

Nous avons présentés à la fin de ce travail les résultats des tests effectués à l'air libre, qui s'avèrent concluants.

Mots clés

Capteurs, La carte Arduino UNO, Site web ThingSpeak, Transmission.