

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
UNIVERSITE Mouloud MAMMARI DE TIZI- OUZOU



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

Mémoire de Fin d'Etudes De MASTER ACADEMIQUE

Filière : Electronique
Spécialité : Instrumentation

Thème

Conception et réalisation d'un réseau de stations météorologiques à base de cartes Arduino

Présenté par :

M^{elle} AIT ALLOUCHE Sonia

M^r MAZARI Idir

Mr LAZRI M. Maitre de conférences classe A, UMMTO, président
Mr OUALLOUCHE F. Maitre de conférences classe B, UMMTO, Encadreur
Mr HAMEG S. Maitre assistant classe A, UMMTO, membre

Soutenu publiquement le 25/09/2018

Remerciements

On remercie Allah qui nous a aidés et nous a donné la patience, le courage et la force d'achever ce travail.

Nous tenons à remercier en cette occasion tout le corps professoral et administratif de la faculté de génie électrique et d'informatique de l'université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou pour la richesse et la qualité de leurs enseignements et qui déploient de grands efforts actualisée.

*Nous tenons à remercier sincèrement notre encadreur **Mr OUALLOUCHE** pour nous avoir encadré et dirigé ce travail qui a été disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire.*

*Un grand merci à **Mr MOULOUDJ** notre co-encadreur au sein de l'école **TECHNIQUE**, pour son aide, son soutien, ses encouragements, et le temps qu'il a bien voulu nous consacrer.*

Nous tenons à exprimer notre reconnaissance et notre gratitude à tous nos enseignant(e)s qui nous ont accompagnés(e)s durant notre formation et nos familles et nos ami(e)s pour leurs aides considérables.

A tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire.

IDIR

SONIA

Dédicace

Je dédie ce travail :

*A ma très chère mère et mon père qui ont beaucoup sacrifié
avant de voir le fruit de leur éducation*

A mon frère BILLY

A mes sœurs SARA et FERIEL

*A ma sœur KATIA et son mari SOFIANE et leur petite
princesse ANAIS*

A ma sœur NOUARA et son mari LATAMENE

A mes grands-parents BELAID NOUARA

*A la mémoire de ma grand-mère que dieu l'accueille
dans son vaste paradis*

A mon binôme IDIR et à toute sa famille

A mon très chère amis Yacine Zekri

A ma copine SASSI AISSIOUANE

A mes amis de l'université Mouloud Mammeri

SONIA

Dédicaces

*Merci mon Dieu de m'avoir donné la force et le courage
Je dédie ce travail à :*

*A la mémoire de ma grand-mère que Dieu l'accueille
dans son vaste paradis,*

*A mon grand père et ma grand-mère Que Dieu leur
procure bonne santé et longue vie,*

*Mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour,
leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de
mes études,*

*A mes chères sœurs Tassadit et Célia pour leurs
encouragements, permanents, et leur soutien moral,*

*A tout mes oncles et toutes mes tantes
et leurs enfants,*

A toute la famille MAZARI,

A mon binôme Sonia et sa famille,

*A tous Mes Ami (es) : Ahcene, Abdenour, Mokrane,
Ramdane, Brahim, Daoud, Djaffar, Karim, Hamid, Sara,
Fériel, Samira, Sonia, Ouiza , Taous, Célia, Ouarda, Lounis,
Lyes, Nassim, Nadir, Amine, Oualid , Yanis et ainsi que mes
cousin(es),*

*A toutes les personnes que je porte dans mon cœur et qui se
reconnaîtront car elles en font autant,*

Merci d'être toujours là pour moi.

IDIR

Liste des abréviations

OMM : Organisation Météorologique Mondiale.

LAMPA: Laboratoire d'Analyse et de Modélisation des Phénomènes Aléatoires.

HPA : hecto pascal.

USB: (Universal Serial Bus), bus universel en série.

AVR: désigne le cœur du processeur.

AVRC: microcontrôleurs utilisant C comme langage.

PWM: (Pulse Width Modulation), modulation de largeur d'impulsions.

OSX: système d'exploitation développé par Appel.

RESET: remettre à zéro.

GPS: (global positioning system) assistant de navigation personnel.

IDE: integrated development environment.

IL: (instruction List) liste d'instruction.

SCL: Serial clock.

SDA: Serial data.

I2C : protocole de communication.

UART: (universal Asynchronous Receiver Transmitter), émetteur-récepteur asynchrone universel.

ICSP: in-circuit serial programming.

Liste des figures

Chapitre I : Généralités sur la météorologie

Figure I.1: Variation de températures en fonction de l'altitude de l'atmosphère.....	3
Figure I.2 : Instruments de mesure météorologique	6
Figure I.3 : Baromètre	7
Figure I.3.a : Baromètre à mercure	7
Figure I.3.b : Baromètres anéroïdes	7
Figure I.4: Thermomètre	8
Figure I.5: L'hygromètre.....	9
Figure I.6 : L'anémomètre	9
Figure I.7 : La Girouette	10
Figure I.8: pluviomètre	10
Figure I.9 : Nivomètre	11
Figure I.10 : Héliographe	11
Figure I.11 : Système d'observations météorologiques globales	12
Figure I.12 : Le fonctionnement du radar météorologique	13
Figure I.13 : Vue de la station automatique installée sur le toit du laboratoire LAMPA	14
Figure I.14 : L'unité d'acquisition CEA520	15
Figure I.15 : Capteur de température et humidité sous abri	16
Figure I.16 : Le pluviomètre de la station CIMEL	16
Figure I.17 : Pyranomètre à thermocouple	17
Figure I.18 : Anémomètre relié à la station automatique	17
Figure I.19 : Girouette reliée à la station automatique	18

Chapitre II : Etude des cartes Arduino et des capteurs

Figure II.1: Vue externe de la carte Arduino Nano	20
Figure II.2 : Vue de la carte Arduino Mega.....	21
Figure II.3: Les différentes parties que comporte un programme Arduino	24
Figure II.4 : L'interface de l'IDE d'arduino	25
Figure II.5 : Les différentes parties de l'interface de l'IDE d'arduino	26
Figure II.6 : La barre d'outils de l'IDE d'Arduino	27
Figure II.7 : Fonctionnement d'un capteur	28
Figure II.8: capteur BM E/ P 280	29
Figure II.9 : capteur DHT11	31
Figure II.10: photorésistance	32
Figure II.11 : capteur de pluie.....	32
Figure II.12 : Le détecteur à ultrasons HC-SR04	33
Figure II.13: Le buzzer	34
Figure II.14 : Bluetooth HC-05	35
Figure II.15 : WiFi ESP8266.....	36
Figure II.16. Module GSM	37

Chapitre III : Conception et réalisation

Figure III.1. Le schéma synoptique du système	38
Figure III.2. Schéma synoptique d'une station.....	39
Figure III.3. Test des différents capteurs sur lab d'essai	40
Figure III.4. Typon de la station	41
Figure III.5. Typon pour le support Bluetooth	41

Figure III.6. Schéma d'implantation de la station	43
Figure III.7. Schéma d'implantation du support Bluetooth	43
Figure III.8. La carte électronique de la station	44
Figure III.9. La carte électronique du support Bluetooth	44
Figure III.10. Vue globale du système réalisé	45
Figure III.11. L'organigramme du fonctionnement de chaque station	46
Figure III.12. L'organigramme du fonctionnement de la station	47
Figure III.13. L'interface du logiciel	48
Figure III.14. L'interface graphique du logiciel de traitement des données.....	49
Figure III.15. Données obtenues de la première station	49
Figure III.16. Données obtenues de la deuxième station.....	50

SOMMAIRE

Liste des abréviations	
Liste des figures	
Introduction	1

Chapitre I : Généralités sur la météorologie

I.1. Préambule.....	2
I.2. Définition	2
I.3. L'atmosphère terrestre.....	2
I.4. Les nuages	3
I.5. Les paramètres météorologiques mesurés.....	4
I.5.1. La pression atmosphérique	4
I.5.2. La température.....	4
I.5.3. L'humidité	4
I.5.4. Le vent.....	5
I.5.5. Les précipitations.....	5
I.5.6. L'ensoleillement	6
I.6. Les instruments de mesure météorologique	6
I.6.1. Le baromètre.....	7
I.6.2. Le thermomètre	8
I.6.3. L'hygromètre	8
I.6.4. L'anémomètre.....	9
I.6.5. La Girouette.....	10
I.6.6. Le pluviomètre.....	10
I.6.7. Le nivomètre.....	11
I.6.8. Héliographe	11
I.7. Les moyens d'acquisition des données météorologiques.....	12
I.7.1. Satellite météorologique	12
I.7.2. Les radars météorologiques	13
I.7.3. La station météorologique automatique	13
a. Unité d'acquisition CEA520	15
b. Capteur de température et humidité sous abri	16
c. Pluviomètre.....	16
d. Le pyranomètre à thermocouple.....	17
e. Anémomètre	17
f. Girouette	18

I.8. Discussion	18
-----------------------	----

Chapitre II: Etude des cartes Arduino et des capteurs

II.1.Préambule	19
II.2.Description de la carte Arduino Nano	19
II.3.Caractéristiques techniques de la carte Arduino Nano	20
II.4.Description de la carte Arduino Mega	21
II.5.Caractéristiques techniques de la carte Arduino Mega	22
II.6.Les avantages de la carte Arduino	22
II.7.Généralités sur le langage Arduino	24
II.7.1.La structure d'un programme	24
II.7.2.Coloration syntaxique	24
II.8.Logiciel de programmation l'IDE d'Arduino	25
II.8.1.Généralités sur L'IDE d'arduino	25
II.8.2.Présentation du logiciel	26
II.8.3.Les différents boutons de l'interface de l'IDE d'arduino	27
II.9.Les capteurs utilisés	28
II.9.1.Définition	28
II.9.2. Capteur de pressionBM E/P 280	28
II.9.3.Capteur d'humidité et de température DHT11	29
II.9.4.Photorésistance.....	31
II.9.5.Capteur de pluie	32
II.9.6.Le détecteur à ultrasons HC-SR04.....	33
II.9.7.Le buzzer	33
II.10. Connectivité et communication	34
II.10.1.Bluetooth HC-05	34
II.10.2. WiFi ESP8266.....	36
II.10.3.Module GSM.....	36
II.11. Discussion	37

Chapitre III :Conception et réalisation

III.1. Préambule	38
III.2. Schéma synoptique du système	38
III.3. Les capteurs utilisés.....	39

III.4. Test des différents capteurs sur lab d'essai	40
III.5. Réalisation des circuits imprimés	41
III.5.1. Les étapes de la fabrication des plaques	42
III.5.2. Implantation des composants	42
III.6. Le système réalisé.....	45
III.7. L'organigramme du fonctionnement de chaque station	46
III.8. L'organigramme du fonctionnement de la station principale.....	47
III.9. Réalisation d'une application de traitement des données	47
III.9.1. Langage de programmation Processing	47
III.9.2. Le logiciel réalisé.....	49
III.10. Discussion.....	50

INTRODUCTION

Introduction

L'histoire de la météorologie remonte à l'Antiquité. Mais la météorologie scientifique est née au XVII^e siècle avec les premiers instruments de mesure, en particulier le baromètre et le thermomètre. La démarche scientifique peu à peu a permis de définir les grandeurs physiques fondamentales de l'atmosphère et de découvrir les lois qui les régissent [1]. Les longs cheminements de la compréhension des phénomènes atmosphériques, de la connaissance du climat et de la prévision du temps se sont appuyés sur une imbrication de progrès de l'électronique et des techniques de mesure.

Au fil du temps, le perfectionnement des instruments de base et l'invention de nouveaux moyens d'investigation (radars, avion, fusées, satellites artificiels) ont permis d'acquérir une connaissance de plus en plus précise des phénomènes atmosphériques. La météorologie exige l'observation simultanée en un très grand nombre de points de la planète ainsi que la collecte et le regroupement des données pour leur traitement et leur analyse. La météorologie dépend de la collecte de la valeur des variables atmosphériques [3]. Les instruments comme le thermomètre et l'anémomètre ont d'abord été utilisés individuellement, puis souvent regroupés dans des stations météorologiques terrestres. Par conséquent, une station météorologique au sol permet de mesurer et collecter le maximum d'informations sur l'évolution des paramètres météorologiques, cela nous facilite l'observation et le suivi des phénomènes météorologiques.

Dans le cadre de notre projet, nous avons réalisés deux stations météorologiques et un logiciel d'affichage pour la collecte et l'analyse des différents paramètres. Afin d'élargir le champ de mesure, l'une des stations sera raccordée à l'interface de traitement par un fil et la deuxième par Bluetooth (qu'on peut remplacer par une carte réseau pour une longue portée).

Nous avons structuré notre mémoire en trois chapitres :

- Dans le premier chapitre nous avons présenté les mesures essentielles dans la météorologie ainsi que les instruments utilisées dans une station automatique.
- Le second chapitre est consacré à l'étude de la carte Arduino Uno et Méga puis nous avons définis les capteurs utilisés dans nos deux stations
- Dans le dernier chapitre, nous avons présenté les deux stations météorologiques réalisées. La deuxième partie du chapitre est consacrée à la problématique de la transmission des mesures sur l'ordinateur ou Smartphone.

Nous terminons ce mémoire par une conclusion et une bibliographie.

Chapitre I :

Généralités sur la météorologie

I.1. Préambule

La mesure des paramètres météorologique se fait par plusieurs moyens. Soit in-situ comme les stations météorologiques, soit par télédétection. Dans ce dernier cas, les mesures se font à distance via satellite ou radar.

Ces mesures permettent de faire des prévisions à court termes comme à long terme, et de mieux comprendre les variables météorologique. [1]

I.2. Définition

La météorologie est la science qui étudie l'atmosphère terrestre et les phénomènes qui s'y produisent tels que les nuages, les précipitations ou le vent.

Les météorologues observent et analysent les 30 premiers kilomètres de l'atmosphère en contact avec la surface de la terre : la troposphère et la stratosphère inférieure.

La météorologie permet d'établir des prévisions météorologiques en utilise des lois régissant de la mécanique des fluide la thermo dynamique et en s'appuyant sur des modèles mathématique à court comme à long terme. Elle est également appliquée pour la prévision de la qualité de l'air, pour l'étude des changements climatiques et pour l'analyse dans plusieurs domaines de l'activité humaine.

I.3. L'atmosphère terrestre

C'est l'enveloppe gazeuse entourant la terre jusqu'à 800 Km d'altitude, essentiellement composée d'azote 78%, suivi par l'oxygène 20%. Les deux pourcents restants sont partagés entre l'argon, le dioxyde de carbone, le néon, l'hélium, le krypton, le xénon, l'hydrogène, l'oxyde nitreux et le méthane.

L'atmosphère terrestre se compose de plusieurs couches. La troposphère c'est la couche dans laquelle nous vivons, est la zone la plus dense c'est là que se produisent la quasi-totalité des phénomènes météorologiques, Elle s'étend du niveau du sol à 7 Km (aux pôles) et 17 Km (l'équateur) la température décroît de 6°C par Km.

On distingue encore trois niveaux au-dessus (stratosphère, mésosphère et thermosphère) en fonction de la température, avant d'entrer dans le vide interplanétaire

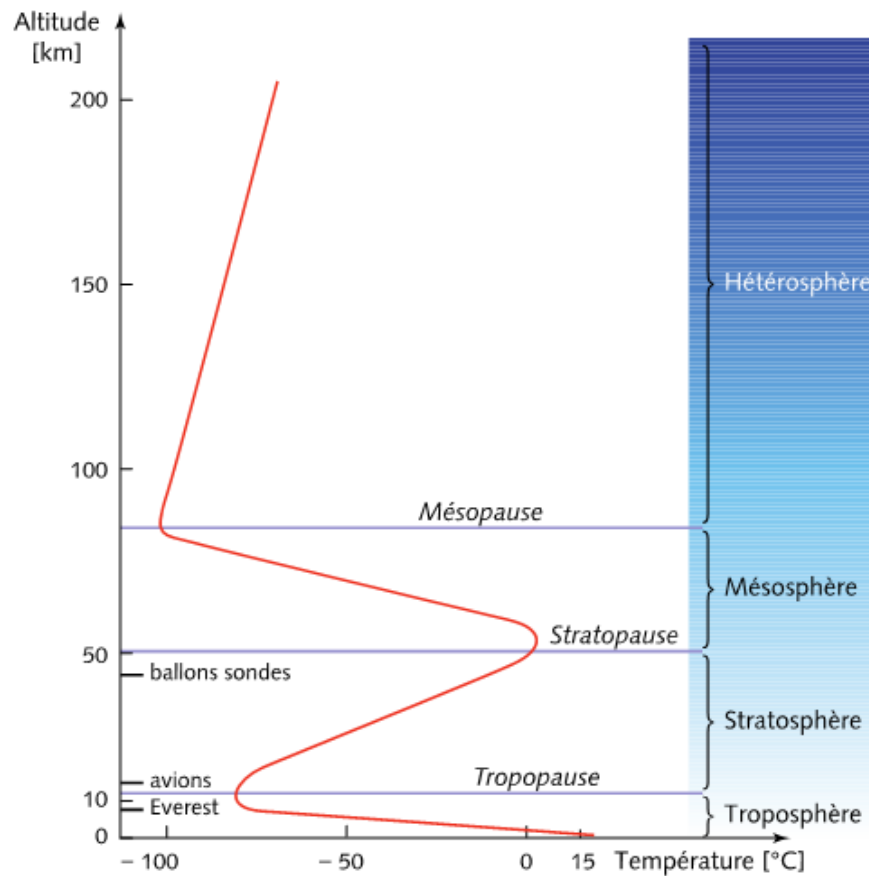


Figure I.1. *Variation de températures en fonction de l'altitude de l'atmosphère.*

I.4. Les nuages

Les nuages sont formés de fines particules d'eau assemblées à l'état liquide (nuages de gouttelettes) ou à l'état solide (nuages de cristaux de glace ou de neige). Elle se constitue dans la première des couches de l'atmosphère.

On distingue trois familles de nuages dont les noms furent attribués en 1804 par Luke Howard : ce sont les cirrus les cumulus et les stratus. Dans ces trois familles, les nuages sont répartis en dix genres différents, répartition qui tient compte de la forme des nuages et de l'altitude à laquelle ils apparaissent :

- A l'étage inférieur (du sol à 2 Km d'altitude), on rencontre le stratus et le stratocumulus.
- A l'étage moyen (de 2 à 5 voire 7 Km d'altitude), l'altocumulus et l'altostratus.
- A l'étage supérieur (à plus de 5 Km d'altitude), on retrouve le cirrus, le cirrocumulus et le cirrostratus, composés de cristaux de glace.
- Le nimbostratus, le cumulus et le cumulonimbus ont quant à eux un développement vertical important et occupent donc plusieurs étages.

I.5. Les paramètres météorologiques mesurés [1]

Les paramètres météorologiques à mesurer pour définir le temps qu'il fait sont :

I.5.1. La pression atmosphérique

La pression atmosphérique correspond à la pression générée par une colonne d'air en un point donnée. Elle s'exprime en pascal (Pa), unité équivalente au newton par mètre carré (N/m²). En moyenne, les météorologues parlent de basses pressions, synonymes de mauvais temps dans les régions tempérés. Au-dessus de 1.020 HPa, on entre dans les hautes pressions, qui apportent le soleil à ces mêmes latitudes.

I.5.2. La température

La température est une mesure numérique d'une chaleur, sa détermination se fait par détection de rayonnement thermique, la vitesse des particules, l'énergie cinétique, ou par le comportement de la masse d'un matériau thermométrique.

La mesure d'une température est calibrée dans l'une des différentes échelles des températures : degrés Celsius, degrés Fahrenheit, degrés Kelvin. L'unité S.I. de température est le Kelvin (K), le degré Celsius (°C), est couramment utilisé. Le degré Fahrenheit (°F) est une grandeur américaine.

I.5.3. L'humidité

C'est le rapport de la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air sur la quantité de vapeur d'eau maximale possible. L'humidité relative s'exprime en pourcentage. 100% correspond à un air saturé en vapeur d'eau (risque de nuage, pluie, brouillard, rossé ou

givre) 0% à un air parfaitement sec elle se mesure avec un hygromètre ou un psychromètre.

I.5.4. Le vent

En météorologie, le vent désigne le mouvement horizontal de l'air .Sa mesure comprend deux paramètres : sa direction et sa vitesse ou force. La vitesse est exprimée communément en Km /h ou m/s.

Marins et pilotes utilisent les nœuds (1 nœud =1 ,852 km /h). La mesure du vent est toujours une moyenne sur période donnée. L'anémomètre permet de mesurer la vitesse du vent.

I.5.5. Les précipitations

La précipitation désignent les gouttes d'eau ou les cristaux de glace qui, formés après condensation et agglomération dans les nuages, deviennent trop lourds pour se maintenir en suspension dans l'air et tombent au sol s'évaporent avant de l'atteindre.

Ces précipitations sont de plusieurs natures : la pluie, la neige et la grêle comptent parmi les plus fréquentes :

•**La pluie** : se forme depuis des gouttelettes ou des cristaux de glace qui, dans leur chute, ne sont pas soumis à des températures inférieure au seuil de congélation ; la taille des gouttes est variable : lorsqu'elles sont toutes petites (moins de 1,5mm), elles forment une bruine ; au-delà, on parle de pluie.

•**La grêle** : correspond à des billes de glaces pouvant tomber jusqu'à la vitesse de 160 Km /h, avec des tailles parfois impressionnantes, certaines fois proches de celle d'une balle de tennis.

•**Le grésil** : contrairement à la grêle, passe à l'état liquide avant de rencontrer une couche plus froide et inférieure à 0°C au cours sa chute, poussant l'enveloppe à geler, tandis que le noyau reste souvent liquide.

•**La neige** : se forme dans des conditions particulières, lorsque la vapeur d'eau se transforme directement en cristaux de glace qui s'agglomèrent de telle façon qu'ils forment des flocons, tout en traversant des couches dont la température leur permet de ne pas fondre au cours de leur chute.

I.5.6. L'enseillement

Aussi appelé insolation, est la mesure de rayonnement solaire que reçoit une surface au cours d'une période donnée, s'exprimant en mégajoules par mètre carré, MJ/m² (Comme recommandé par l'Organisation météorologique mondiale) ou en watts-heures par mètre carré, Wh/m².

I.6. Les instruments de mesure météorologique

Les instruments permettant de mesurer les paramètres météorologiques sont représentés par la (Figure I .2) [2]

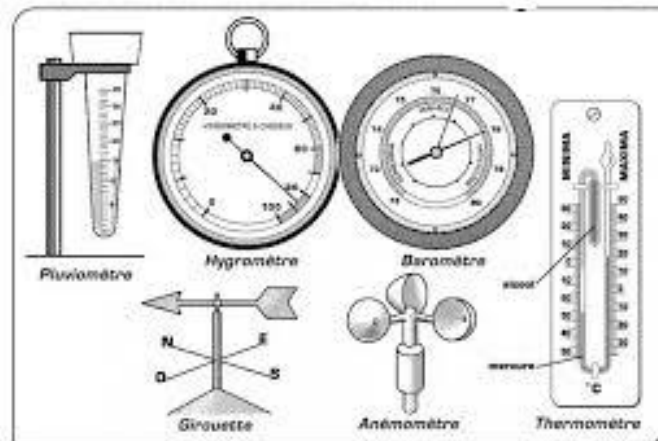


Figure I .2 . Instruments de mesure météorologique.

Dans la section suivante, nous présentons ces appareils de mesure.

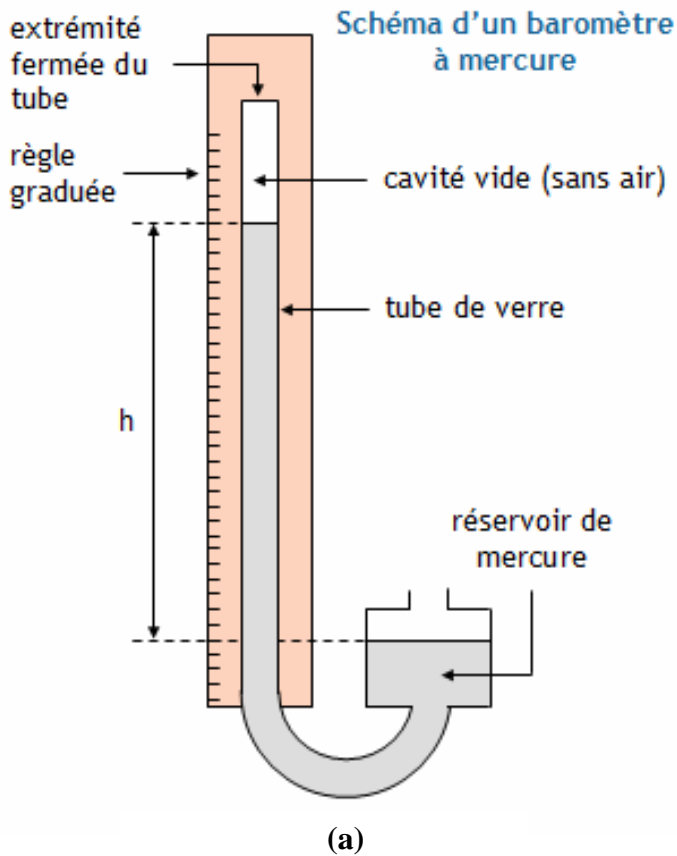
I.6.1. Le baromètre

Instrument de base en météorologie, le baromètre mesure la variation de pression atmosphérique. Elle varie suivant le déplacement des masses d'air qui font le temps. Il existe 3 types de baromètres :

Baromètres avec colonne de mercure.

Baromètres anéroïdes

Baromètres électronique



(b)

Figure I.3. (a) Baromètre à mercure, (b) Baromètre anéroïde.

I.6.2. Le thermomètre

Le thermomètre utilise la dilatation d'un corps comme l'alcool ou le mercure placé dans un tube fini qui amplifie l'effet de dilatation. L'unité utilisée dans le système international est le degré Celsius ($^{\circ}\text{C}$).

Il existe plusieurs types de thermomètre :

- A gaz
- Liquide (alcool ou mercure)
- Electronique
- Magnétique



Figure I.4 . *Thermomètre électronique.*

I.6.3. L'hygromètre

Un hygromètre est un instrument mesurant l'humidité relative de l'atmosphère, l'hygrométrie, et permettant de déterminer le point de rosée. Aujourd'hui, Il existe plusieurs modèles d'hygromètres, construits selon différents principes physique :

- L'hygromètre à cheveu
- L'hygromètre à condensation
- L'hygromètre capacitif
- L'hygromètre résistif



Figure I.5. *L'hygromètre.*

I.6.4. L'anémomètre

L'anémomètre est un instrument qui sert à mesurer la vitesse d'écoulement de vent (voir figure I.6) Il peut être constitué d'une simple hélice munie d'un capteur de vitesse qu'il faut orienter dans le sens du vent ou d'un rotor supportant trois demi-sphères placées à 120° l'une de l'autre et muni d'un capteur de fréquence comme le montre



Figure I.6. *L'anémomètre.*

I.6.5. La Girouette

La girouette est un dispositif destiné à indiquer la direction du vent au sol. Cette direction est indiquée en utilisant soit les points cardinaux. Soit les degrés d'angle (par exemple, 90° pour un vent d'est, 180° pour un vent de sud, 360° pour un vent de nord).



Figure I.7. La Girouette.

I.6.6. Le pluviomètre

Un pluviomètre permet de connaître la quantité de pluie tombée dans un intervalle de temps. Un pluviomètre est gradué en mm. La quantité 1mm d'eau dans le pluviomètre indique qu'un litre d'eau est tombé par m^2 .

Il existe plusieurs types de pluviomètres :

- A lecture direct
- A augets basculeurs
- A balance

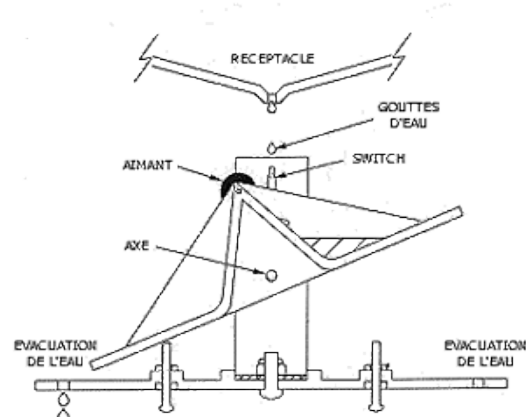


Figure I.8. Pluviomètre.

I.6.7. Le nivomètre

Un nivomètre est un appareil qui mesure l'équivalent en eau d'une quantité de neige tombée en la pesant ou en la faisant fondre. Il peut être muni d'une simple graduation verticale métrique, en relevé manuel ou être électrique (ultrasons, infrarouge, laser), en relève automatique



Figure I.9. *Nivomètre.*

I.6.8. Héliographe

L'héliographe est un instrument météorologique destiné à mesurer la valeur journalière de la durée d'insolation au point de la surface terrestre où il est implanté.



Figure I.10. *Héliographe.*

I.7. Les moyens d'acquisition des données météorologiques

Afin de regrouper le maximum de données météorologiques pour pouvoir faire des prévisions faibles à l'échelle locale ou planétaire, les météorologues utilisent différents moyens de mesure et de collecte d'information météorologique en différents endroits dans le globe pour pouvoir présenter tous les phénomènes météorologiques.

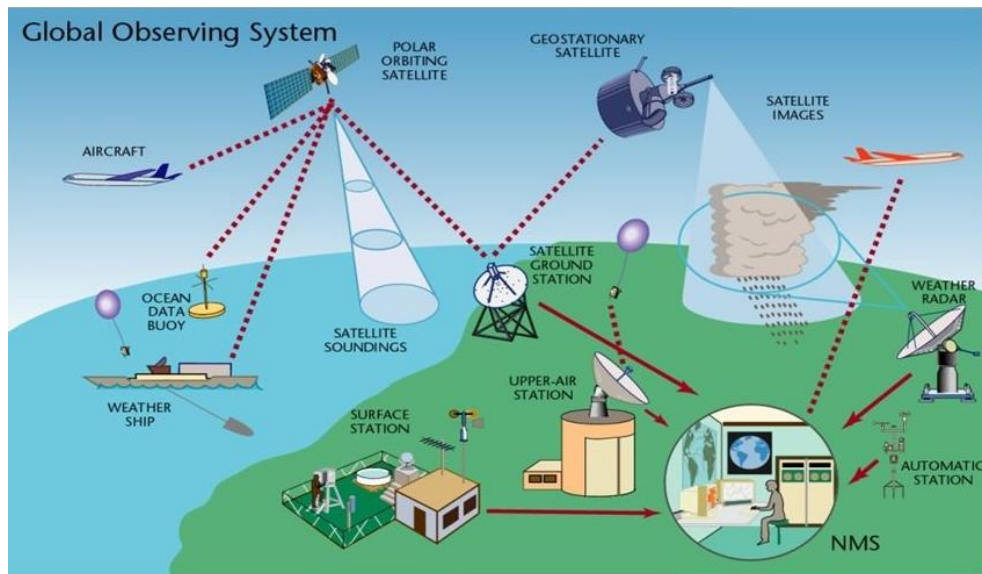


Figure I.11. Système d'observations météorologiques globales.

I.7.1 .Satellite météorologique

Un satellite météorologique a comme mission de collecter des données utilisées pour la surveillance du temps et de climat de la terre. Il comporte des capteurs capables d'effectuer des mesures très précises.

Il existe deux familles de satellites météorologiques :

Les satellites géostationnaires en orbite élevée environ 36000kilomètres, située au-dessus de l'équateur.

Les satellites défilants en orbite plus basse, environ 850 Kilomètres passent au voisinage des pôles

I.7.2. Les radars météorologiques

Les radars sont un moyen d'observation irremplaçable pour détecter et quantifier les précipitations. Les radars météorologiques permettent de localiser les précipitations et de mesurer leur intensité en temps réel.

Un radar est classiquement constitué d'une antenne parabolique, d'un système d'émission – réception et d'un ordinateur. L'antenne est équipée de plusieurs moteurs destinés à l'orienter verticalement et horizontalement et d'un radôme, enveloppe sphérique qui protège l'ensemble des intempéries. Le calculateur assure le contrôle de l'antenne et l'émetteur ainsi que le traitement du signal reçu. Il permet une visualisation locale des échos et un suivi temps réel de l'état du radar. Enfin, il assure la diffusion des produits.

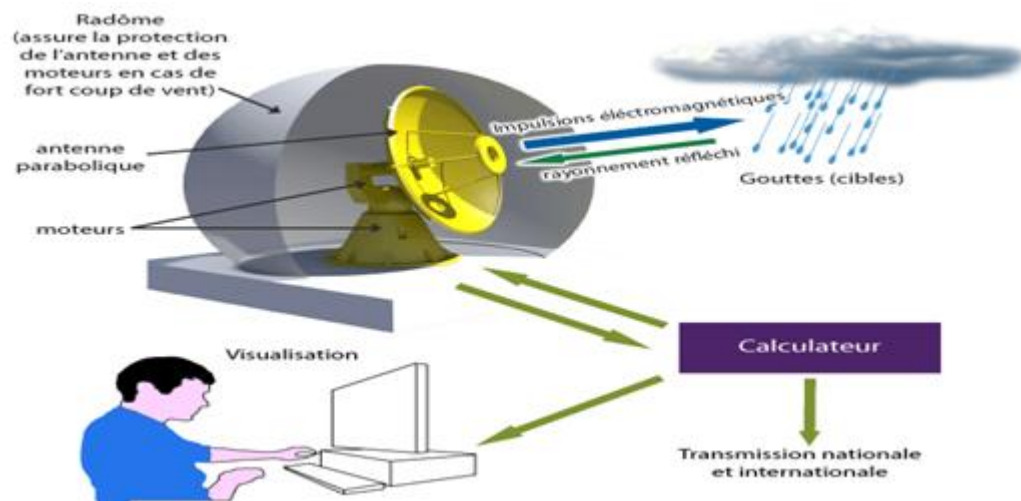


Figure I.12. Le fonctionnement du radar météorologique.

I.7.3. La station météorologique automatique

Une station météorologique est un ensemble de capteurs qui enregistrent et fournissent les mesures des paramètres météorologiques, elle est fixé au sol ou monter sur des bateau ou des avions.[2]

Les variables mesurés sont la température, la pression, la vitesse et la direction du vent, l'hygromètre, le point de rosée, la pluviométrie, la hauteur et le type des nuages.

Les stations peuvent comporter des capteurs pour toutes ou une partie seulement de ces informations, selon leurs domaines d'utilisations : agro-météorologique, d'aéroport, météo routière, climatologique.

L'objectif de notre projet de fin d'études est la conception et la réalisation d'une station météorologique. Pour cela, nous avons pris comme modèle la station météorologique CimelEnerco 520 installée sur le toit du laboratoire de recherche (**Laboratoire d'Analyse et de Modélisation des Phénomènes Aléatoires**) de l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

Cette station météorologique automatique est conçue pour les réseaux d'observation météorologiques, synoptiques et climatologiques supportant tous les capteurs nécessaires et la mesure. Les équipements de terrain respectent strictement les recommandations de l'OMM (Organisation Météorologique Mondiale) en termes de disposition et de qualité des capteurs. [3]

Par sa polyvalence et sa robustesse, cette station répond aux besoins d'un grand nombre d'applications exigeantes :

- Météorologie synoptique
- Climatologie.
- Sécurité civile.



Figure I.13. *Vue de la station automatique installée sur le toit du laboratoire LAMPA.*

Dans la section suivante, nous présentons les éléments de base de la station automatique CIMEL Enerco 520.

a. Unité d'acquisition CEA520

C'est l'élément central de la station météorologique automatique. Elle assure, avec une très grande précision et en temps réel, l'acquisition des signaux, leurs mesures, leur traitement et le stockage des données dans des conditions climatiques même extrêmes.

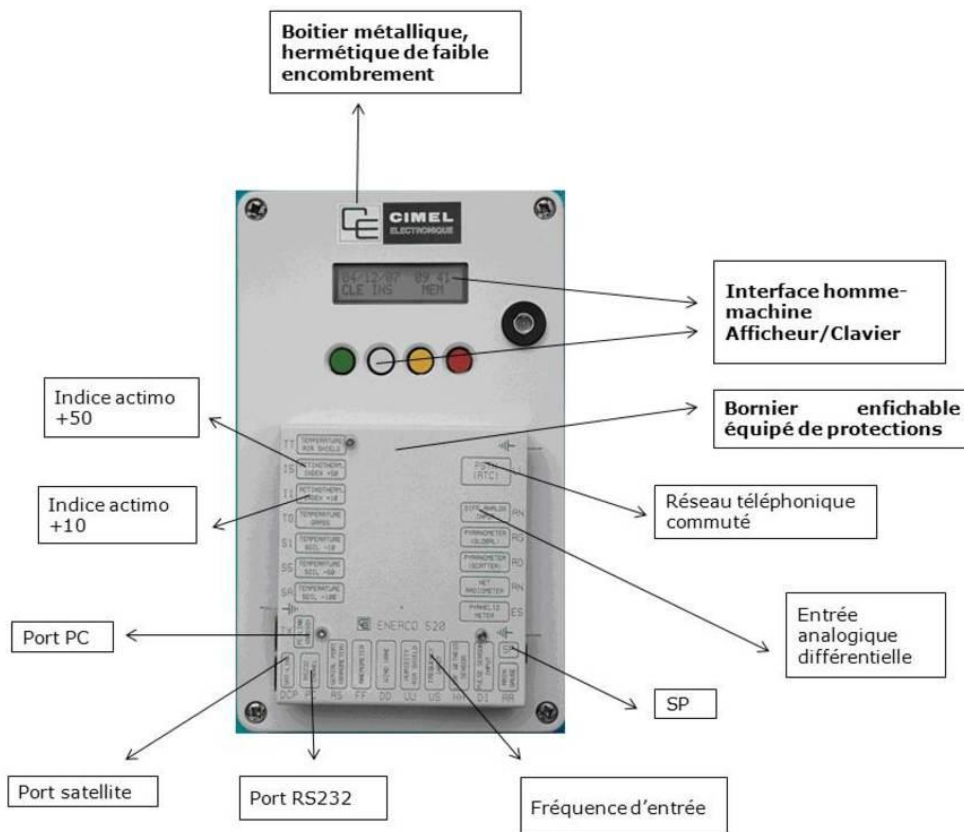


Figure I.14. L'unité d'acquisition CEA520.

b. Capteur de température et humidité sous abri

Cet abri naturellement ventilé et miniature assure des mesures de haute représentativité conformément aux recommandations de l'OMM avec une fiabilité maximale.



Figure I.15. *Capteur de température et humidité sous abri.*

c. Pluviomètre

Ce capteur est à augets basculants pour la mesure de la quantité de précipitations et de leurs intensités pendant un temps donné.

L'étendue de la mesure de ce pluviomètre est entre 0 et 300 mm/h avec une précision de $\pm 5\%$.



Figure I.16. *Le pluviomètre de la station CIMEL.*

d. Le pyranomètre à thermocouple

Le pyranomètre (CES180) est destiné à mesurer avec précision le flux d'énergie solaire global descendant, sur un plan horizontal.



Figure I.17. *Pyranomètre à thermocouple.*

L'élément sensible est une thermopile de type « noir et blanc » sensible à l'ensemble du flux solaire. Le rayonnement incident traverse le dôme transparent sans altération et chauffe la thermopile. La pile détecte la différence de température entre ses zones noire et blanche et la convertit en courant analogique, en appliquant une correction de température.

e. Anémomètre

L'anémomètre CES155 est destiné à mesurer la vitesse du vent avec une grande précision dans des conditions climatiques difficiles (figure I.18)

L'étendu des mesures est de 0 jusqu'à 80m/s avec une résolution de 0,1m/s



Figure I.18. *Anémomètre relié à la station automatique.*

f. Girouette

La girouette est destinée à mesurer la direction du vent avec une grande précision et dans des conditions climatiques difficiles.



Figure I.19. *Girouette reliée à la station automatique.*

I.8. Discussion

La mesure des paramètres météorologiques est très importante. En effet, les informations météorologiques sont à la base du processus qui commence par la surveillance du système climatique et la détection et suivi de ses changements et se termine par la mise en place et réalisation de stratégies d'adaptation nécessaires pour la minimisation des impacts des changements climatiques sur l'homme et les écosystèmes

De plus, avoir des informations météorologiques précises et en temps réel permet une prévision fiable.

Chapitre II :

Etude des cartes Arduino et des capteurs

II.1.Préambule

Sortie en 2005 comme un modeste outil pour de nombreux artistes, passionnés, étudiants, et tous ceux qui rêvaient d'un tel gadget. Le projet Arduino est issu d'une équipe d'enseignants et d'étudiants de l'école de Design d'Interaction d'Ivrea en (Italie), il a initié une révolution DIY dans l'électronique à l'échelle mondiale.

Conçu par une équipe de professeurs et d'étudiants (David Mellis, Tom Igoe, Gianluca Martino, David Cuartielles, Massimo Banzi ainsi que Nicholas Zambetti) qui avait pour objectif la conception d'une carte programmable avec un prix accessible aux étudiants. L'environnement Arduino est particulièrement adapté au développement de systèmes électroniques complexes.

Dans le cas de notre réalisation, nous avons optés pour l'utilisation des cartes Arduino Nano et Mega. A cet effet, dans ce chapitre nous allons donner un aperçu global sur ces deux cartes et le fonctionnement des capteurs utilise. [4]

II.2.Description de la carte Arduino Nano

Le modèle Arduino Nano est une carte électronique dont le cœur est un microcontrôleur ATMEL de référence ATMega328. Le microcontrôleur de la famille AVR dont la programmation peut être réalisé en langage C Arduino. Cette carte possède 14 entrées/sorties numériques (dont 6 peuvent être utilisées comme étant des PWM (pulse Width modulation), 6 entrées analogiques avec un convertisseur Analogique/numérique de 10 bits de résolution, 1 résonateur céramique (quartz) de 16 Mhz. 1 connecteur ICSP (in-circuit serial programing) qui permet la programmation du microcontrôleur sur le circuit sans avoir à l'enlever, 1 connecteur jack pour une alimentation extérieure et un bouton de reset pour mettre le processus a zéro.

L'avantage de cette carte c'est qu'elle n'a pas besoin de pilote pour faire la conversion USB/série.

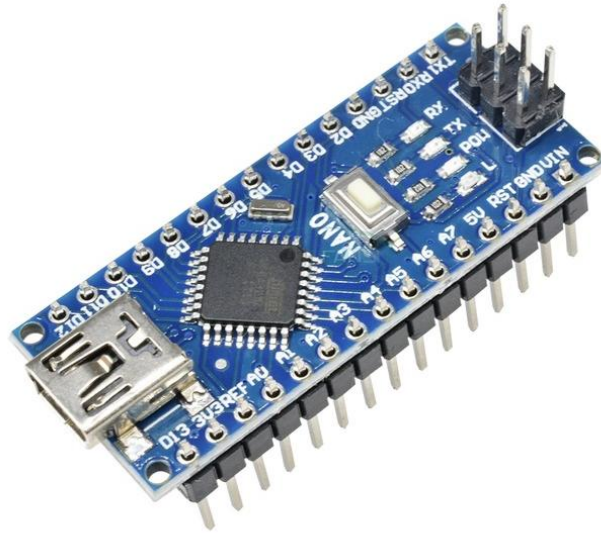


Figure II.1. *Vue externe de la carte Arduino Nano.*

II.3. Caractéristiques techniques de la carte Arduino Nano

Les caractéristiques essentielles de la carte Arduino Nano sont :

- Architecture : AVR
- Tension de fonctionnement : 5 V
- Mémoire flash : 32 Ko dont 2 Ko utilisés par bootloader
- SRAM : 2 Ko
- Vitesse de l'horloge : 16 MHz
- Entrées analogiques : 8
- Microcontrôleur : ATmega328
- EEPROM : 1 Ko
- Courant CC pour les broches d'E / S : 40 mA (broches d'E / S)
- Tension d'entrée : 7-12 V
- Boutons d'E / S numériques : 22 (dont 6 sont PWM)
- Consommation d'énergie : 19 mA
- Taille de PCB : 18 x 45 mm
- Poids : 7 g

II.4.Description de la carte Arduino Mega

L'Arduino Mega 2560 est une carte microcontrôleur basée sur l'ATmega2560 . Il possède 54 broches d'entrée / sortie numériques (dont 15 peuvent être utilisées comme sorties PWM), 16 entrées analogiques, 4 UART (ports série matériels), un oscillateur à quartz 16 MHz, une connexion USB, une prise d'alimentation, un connecteur ICSP, et un bouton de réinitialisation. Il contient tout le nécessaire pour supporter le microcontrôleur; connectez-le simplement à un ordinateur avec un câble USB ou alimentez-le avec un adaptateur AC-DC ou une batterie pour commencer.

La carte Mega 2560 est compatible avec la plupart des boucliers conçus pour l'Uno et les anciennes cartes Duemilanove ou Diecimila. [5]

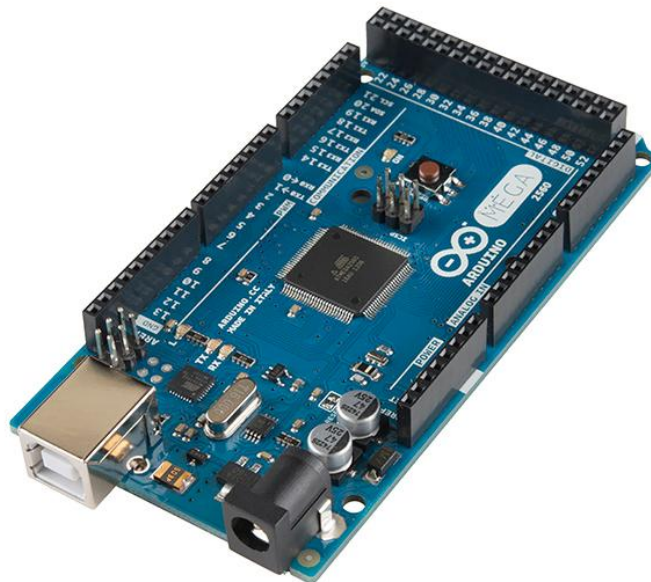


Figure II.2. *Vue de la carte Arduino Mega.*

II.5. Caractéristiques techniques de la carte Arduino Mega

Les caractéristiques essentielles de la carte Arduino Mega sont :

- Microcontrôleur : ATmega2560
- Tension de fonctionnement : 5V
- Tension d'entrée (recommandé) : 7-12V
- Tension d'entrée (limite) : 6-20V
- Boutons d'E / S numériques : 54 (dont 15 fournissent une sortie PWM)
- Pointes d'entrée analogiques : 16
- Courant CC pour la broche d'E / S : 20 mA
- Courant CC pour la broche de 3.3V : 50 Ma
- Mémoire flash : 256 Ko dont 8 Ko utilisés par bootloader
- SRAM : 8 Ko
- EEPROM : 4 Ko
- Longueur : 101.52 mm
- Largeur : 53.3 mm
- Poids : 37 g

II.6. Les avantages de la carte Arduino

Grâce à son utilisation simple et accessible, Arduino a été utilisé dans des milliers de projets et d'applications. Le logiciel Arduino est facile à utiliser pour les débutants, mais suffisamment flexible pour les utilisateurs avancés. Il est utilisé pour construire des instruments scientifiques à faible coût, ou pour commencer avec la programmation et la robotique.

Arduino est un outil clé pour apprendre de nouvelles choses, de plus que le kit de développement d'accessoires qui permet l'utilisation des accessoires qui peuvent être des stations d'accueil audio, des appareils d'exercices, des appareils de test médical personnel, des stations météorologiques ou tout autre périphérique externe.

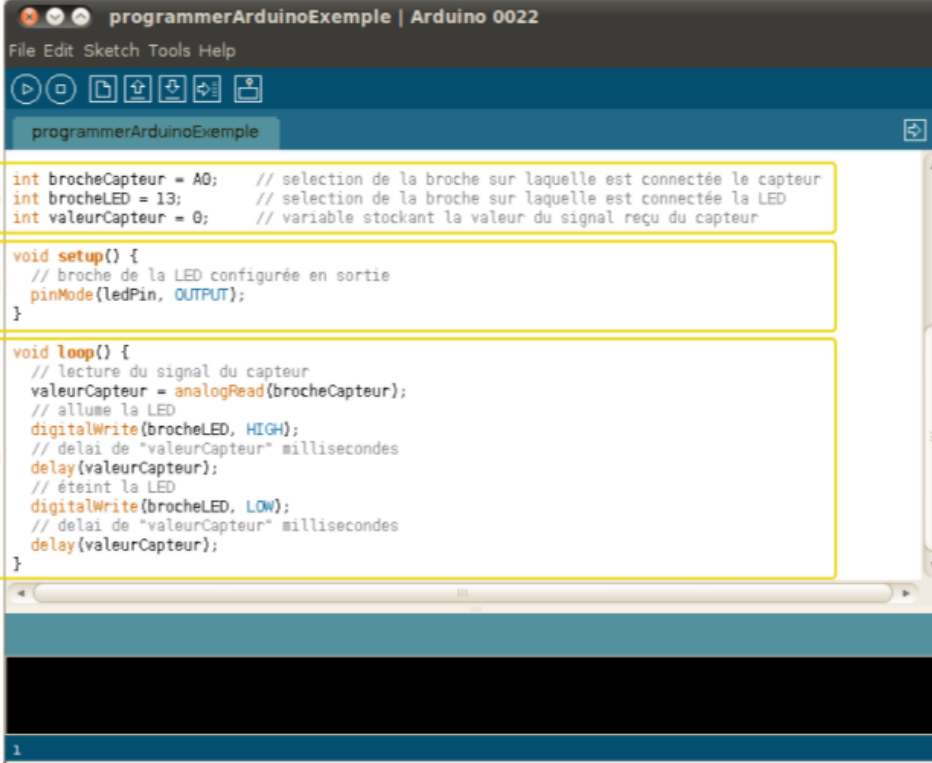
Parmi ces avantages on peut citer :

- **Peu coûteux :** La carte Arduino Nano et Méga est relativement peu coûteuse par rapport aux autres plates-formes de microcontrôleurs notamment les API. La version la moins chère du module Arduino peut être assemblée à la main.
- **Multiplateformes :** Le logiciel Arduino (IDE) fonctionne sur les systèmes d'exploitation Windows, Macintosh OSX et Linux. La plupart des systèmes de microcontrôleur sont limités à Windows.
- **Environnement de programmation simple et clair :** Le logiciel Arduino (IDE) est facile à utiliser pour les débutants, mais suffisamment flexible pour que les utilisateurs avancés puissent en profiter. Il est idéalement basé sur l'environnement de programmation qui est une variante du C/C++, allégée et restreinte à l'utilisation de la carte.
- **Logiciels open source et extensibles :** Le logiciel Arduino est publié en tant qu'outil open source, disponible pour extension par des programmeurs expérimentés. Le langage peut être étendu à travers des bibliothèques C ++, et les personnes voulant comprendre les détails techniques peuvent faire le saut d'Arduino au langage de programmation AVR C sur lequel il est basé. De même, vous pouvez ajouter le code AVR-C directement dans vos programmes Arduino si vous le souhaitez.
- **Matériel Open Source et matériel extensible :** Les plans de la carte Arduino sont publiés, de sorte que les concepteurs de circuits expérimentés peuvent créer leur propre version du module, l'étendre et l'améliorer. Même les utilisateurs relativement inexpérimentés peuvent construire la version maquette du module afin de comprendre comment cela fonctionne et économiser de l'argent.

II.7.Généralités sur le langage Arduino

II.7.1.La structure d'un programme

Un programme Arduino comporte trois parties :



```
programmerArduinoExemple | Arduino 0022
File Edit Sketch Tools Help
programmerArduinoExemple

1 int brocheCapteur = A0; // selection de la broche sur laquelle est connectée le capteur
  int brocheLED = 13; // selection de la broche sur laquelle est connectée la LED
  int valeurCapteur = 0; // variable stockant la valeur du signal reçu du capteur

2 void setup() {
  // broche de la LED configurée en sortie
  pinMode(ledPin, OUTPUT);
}

3 void loop() {
  // lecture du signal du capteur
  valeurCapteur = analogRead(brocheCapteur);
  // allume la LED
  digitalWrite(brocheLED, HIGH);
  // delai de "valeurCapteur" millisecondes
  delay(valeurCapteur);
  // éteint la LED
  digitalWrite(brocheLED, LOW);
  // delai de "valeurCapteur" millisecondes
  delay(valeurCapteur);
}
```

Figure II.3. Les différentes parties que comporte un programme Arduino.

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 ()**

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

II.7.2.Coloration syntaxique

Lorsqu'un code est écrit dans l'interface de programmation, certains mots apparaissent en différentes couleurs qui clarifient le statut des différents éléments :

En orange, apparaissent les mots-clés reconnus par le langage Arduino comme des fonctions existantes. Lorsqu'on sélectionne un mot coloré en orange et qu'on effectue un clic avec le bouton droit de la souris, l'on a la possibilité de choisir « Find in reference » : cette commande ouvre directement la documentation de la fonction sélectionnée.

En bleu, apparaissent les mots-clés reconnus par le langage Arduino comme des constantes.

En gris, apparaissent les commentaires qui ne seront pas exécutés dans le programme. Il est utile de bien commenter son code pour s'y retrouver facilement ou pour le transmettre à d'autres personnes. L'on peut déclarer un commentaire de deux manières différentes :

- dans une ligne de code, tout ce qui se trouve après « // » sera un commentaire.
- l'on peut encadrer des commentaires sur plusieurs lignes entre « /* » et « */ ».

II.8. Logiciel de programmation l'IDE d'Arduino

II.8.1. Généralités sur l'IDE d'arduino

L'IDE d'arduino est un environnement de développement open source gratuit, téléchargeable sur le site officiel arduino, son interface se compose d'un ensemble d'outils développés qui rend les cartes arduino facilement programmable.



Figure II.4. L'interface de l'IDE d'arduino.

II.8.2.Présentation du logiciel

L'IDE arduino se compose de 4 parties illustré par la figure II.5 :

- Le cadre numéro 1 : ce sont les options de configuration du logiciel.
- Le cadre numéro 2 : il contient les boutons nécessaires pour la programmation des cartes.
- Le cadre numéro 3 : c'est le bloc qui va contenir le programme crée.
- Le cadre numéro 4 : il aide à corriger les fautes commises dans le programme, C'est le débogueur.

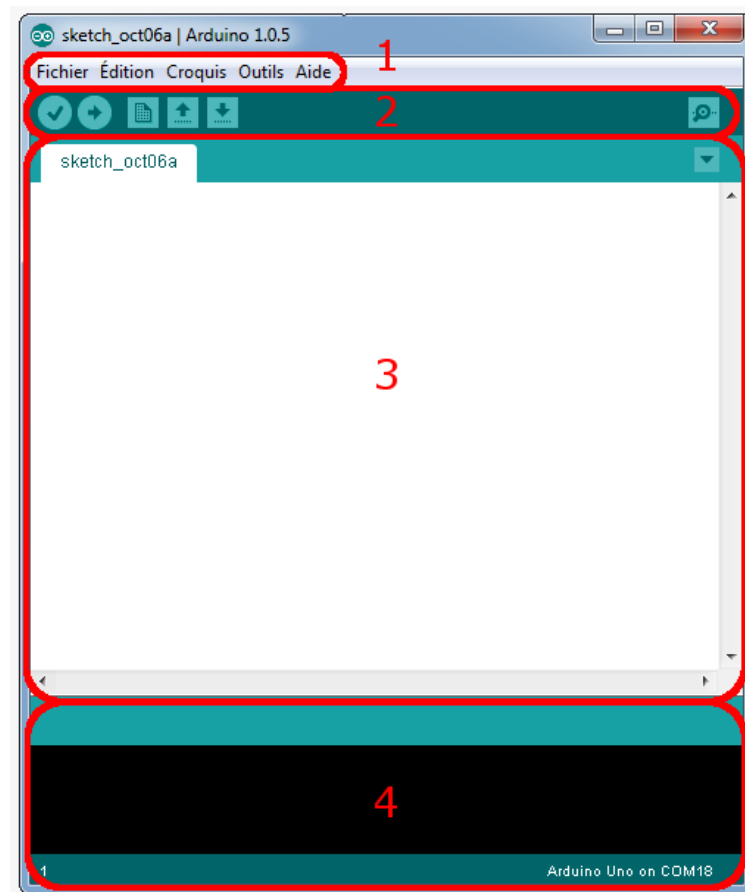


Figure II.5. Les différentes parties de l'interface de l'IDE d'arduino.

II.8.3. Les différents boutons de l'interface de l'IDE d'arduino

La barre d'outils de l'IDE d'arduino comporte six boutons, encadrés en rouge et numérotés

- Bouton 1 : Ce bouton permet de vérifier le programme, il actionne un module qui cherche les erreurs dans le programme écrit.
- Bouton 2 : Charge (téléverse) le programme dans la carte Arduino sélectionné dans (outils).
- Bouton 3 : Il permet de créer un nouveau fichier.
- Bouton 4 : Il permet d'ouvrir un fichier déjà enregistré, ou présent dans la liste des exemples fournie par Arduino.
- Bouton 5 : C'est le bouton de sauvegarde, il permet d'enregistrer le fichier ou d'enregistrer les modifications apportées à ce dernier.
- Bouton 6 : ce bouton ouvre le moniteur série, qui permet de communiquer avec la carte arduino à travers la liaison série.

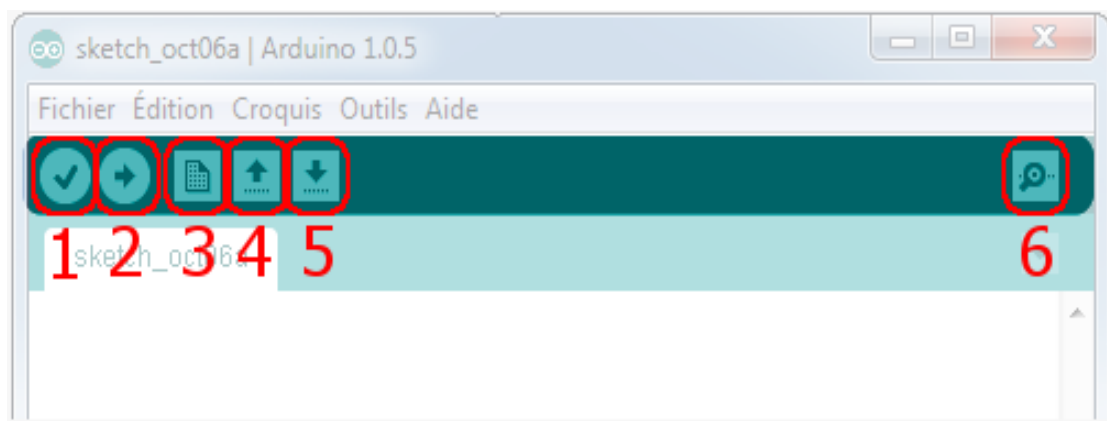


Figure II.6. La barre d'outils de l'IDE d'Arduino.

II.9. Les capteurs utilisés

II.9.1. Définition

Un capteur est un dispositif transformant l'état d'une grandeur physique observée en une grandeur utilisable, telle qu'une tension électrique, une hauteur de mercure, une intensité ou la déviation d'une aiguille. On fait souvent la confusion entre capteur et transducteur : le capteur est au minimum constitué d'un transducteur.

Le capteur se distingue de l'instrument de mesure par le fait qu'il ne s'agit que d'une simple interface entre un processus physique et une information manipulable. Par opposition, l'instrument de mesure est un appareil autonome se suffisant à lui-même, disposant d'un affichage ou d'un système de stockage des données. Le capteur, lui, en est dépourvu.

Les capteurs sont les éléments de base des systèmes d'acquisition de données. Leur mise en œuvre est du domaine de l'instrumentation.

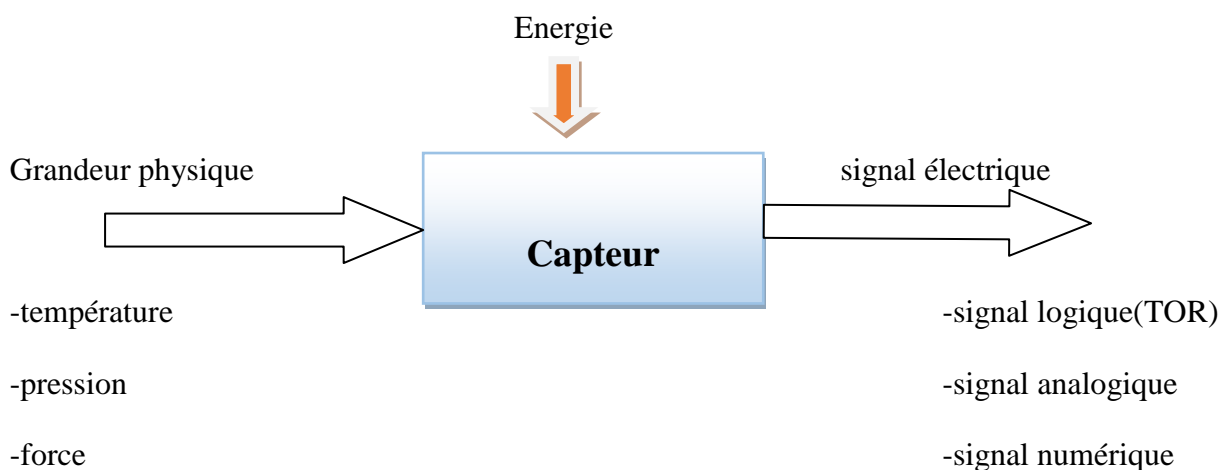


Figure II.7. *Fonctionnement d'un capteur.*

II.9.2. Capteur de pression BM E/P 280

Le BM E/P 280 est un capteur qui mesure la pression. Le capteur dispose de plusieurs paramètres de configuration (dans la boucle "void setup"). Il faut se référer à la documentation du BME280 pour avoir les détails de fonctionnement.[6]

Caractéristiques essentielles de ce capteur sont:

- Alimentation maxi : 3,6V
- Mesure de la pression de 300hPa à 1100 hPa avec une précision de +/- 1hPa (de 0°C à 65°C) ou +/- 1hPa (de -40°C à 0°C)
- Sortie numérique sur bus I2C ou bus SPI
- Dans la suite, nous allons utiliser le bus **I2C** pour communiquer avec le capteur.
- Rôle des broches.

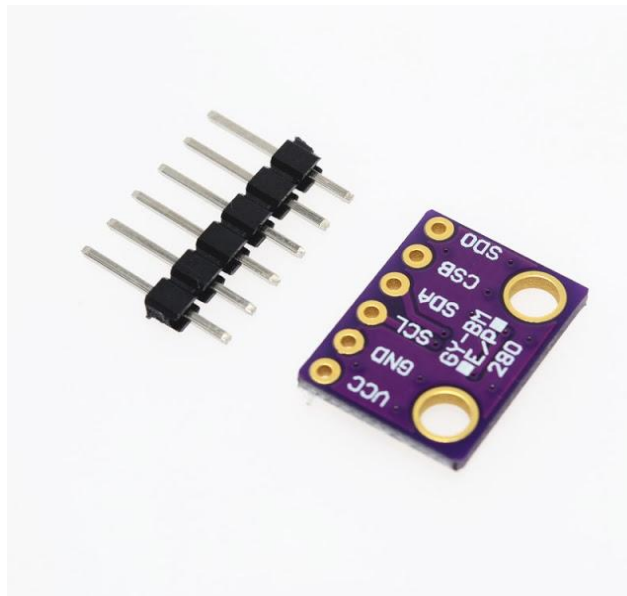


Figure II.8. Capteur BM E/ P280.

II.9.3. Capteur d'humidité et de température DHT11

Le module capteur de température et d'humidité comporte un DHT11 [6] dans lequel est intégrée une thermistance pour capter la température et un capteur capacitif pour capter l'humidité. Les plages de mesures de ce capteur sont :

- température ; entre 0 et 50 °c avec une tolérance de 2 %
- humidité : entre 20 et 90 % avec une tolérance de 5 %

Le capteur d'humidité et de température DHT11 permet d'ajouter facilement des données d'humidité et de température à vos projets d'électronique DIY. Il est parfait pour les stations météorologiques à distance, les systèmes de contrôle environnemental à la maison et les systèmes de surveillance de ferme ou de jardin.

Dans ce tutoriel, je vais d'abord aller dans un petit contexte sur l'humidité, puis je vais vous expliquer comment le DHT11 mesure l'humidité. Après cela, je vais vous montrer comment connecter le DHT11 à un Arduino et vous donner un exemple de code afin que vous puissiez utiliser le DHT11 dans vos propres projets.

Gamme d'humidité: 20-90% RH

Précision d'humidité: $\pm 5\%$ HR

Le DHT11 mesure L'humidité relative est la quantité de vapeur d'eau dans l'air par rapport au point de saturation de la vapeur d'eau dans l'air. Au point de saturation, la vapeur d'eau commence à se condenser et à s'accumuler sur les surfaces formant la rosée.

- Le point de saturation change avec la température de l'air. L'air froid peut retenir moins de vapeur d'eau avant qu'il ne soit saturé, et l'air chaud peut contenir plus de vapeur d'eau avant qu'il ne soit saturé.

Les caractéristiques essentielles de ce capteur sont :

- Alimentation max : 5v
- mesure de température de 0°C à 50°C avec une erreur de +/- 2°C
- mesure d'humidité relative de 20% à 90% avec une erreur de +/- 5%
- sortie numérique sur un bus 1 fil (DATA)
- durée entre deux mesures : 2s
- la conversion de la température et de l'humidité est faite sur 16bit
- la trame de data est composée de 5 octets (soit 40 bits) dont un contrôle d'erreur (checksum).

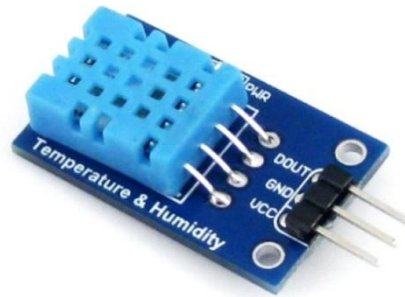


Figure II.9. Capteur DHT11.

II.9.4. Photorésistance

Une photorésistance est un composant dont la résistivité dépend de la luminosité ambiante. Pour faire simple, c'est une résistance dont la valeur change en fonction de la lumière qu'elle reçoit.

Il existe différents types de photorésistances, chacune ayant des valeurs de résistance différentes en fonction de la luminosité ambiante. Le type le plus classique de photorésistances est de 1M ohms (obscurité) / 12K ohms (pleine lumière). C'est ce genre de photorésistance qui est employé plus bas dans ce tutoriel.

Qu'importe le diamètre de la photorésistance, sa valeur dans l'ombre ou en pleine lumière, quand une photorésistance est illuminée, sa résistance diminue. On peut donc utiliser une photorésistance pour mesurer la luminosité ambiante.

Sans faire une liste exhaustive, voici quelques exemples d'utilisations très classiques pour une photorésistance :

- Détection jour / nuit,
- Mesure de luminosité ambiante (pour ajuster un éclairage par exemple),
- Suiveur de lumière (pour panneaux solaires, robots, etc),



Figure II.10. *Photorésistance.*

II.9.5. Capteur de pluie

Le module capteur de pluie, de part sa conception, ressemble au capteur d'humidité du sol. Il est constitué d'électrodes en forme de peigne dont la résistance varie en fonction de l'humidité présente sur ce peigne.[7]

Ce module délivre un état bas lorsque le capteur est totalement immergé et un état haut lorsque le capteur est sec.

Ce module doit être relié à un connecteur numérique de la base et la broche correspondante de l'Arduino doit être configurée en entrée.



Figure II.11. *Capteur de pluie.*

II.9.6. Le détecteur à ultrasons HC-SR04

Le détecteur à ultrasons HC-SR04 est un module capable de mesurer la distance qui le sépare d'un obstacle. Sa plage de mesure est comprise entre 2 et 400 cm avec une tolérance de 0,3 cm. Sa mise en œuvre est très simple. Pour déclencher une mesure, nous devons appliquer sur la broche Trig une impulsion d'au moins 10 μ s, le module délivre alors une série de 8 impulsions ultrasoniques à 40 KHz et attend le retour de ces impulsions lorsqu'elles auront été réfléchies par un obstacle. La sortie Echo passe alors à l'état haut et la durée de cet état est proportionnelle à la distance de l'obstacle.



Figure II.12. Le détecteur à ultrasons HC-SR04.

II.9.7. Le buzzer

Le buzzer est un composant constitué essentiellement d'une lamelle réagissant à l'effet piézoélectrique. La piézoélectricité est la propriété que possèdent certains minéraux de se déformer lorsqu'ils sont soumis à un champ électrique. Ce phénomène est réversible ; si nous déformons ce minéral, il produit de l'énergie électrique.

Dans l'univers Arduino, le buzzer est principalement utilisé pour émettre un son.



Figure II.13. *Le buzzer.*

II.10. Connectivité et communication

L'utilisation de la carte Arduino Méga et Nano dans des projets complexes requière plus de flexibilité. Pour cela les cartes ont besoin de connectivité et de communication. Ceci est assuré par différents shield, disponibles sous forme de cartes modulaires qui se greffent sur l'Arduino. Ces cartes permettent d'ajouter des fonctionnalités supplémentaires, telle que le contrôle de servomoteur, l'ajout de mémoire et les différentes connectivités (Wifi, Bluetooth, GSM, GPS). Tous ces shield rendent l'Arduino plus qu'une simple carte de développement, mais un outil professionnel très puissant.

Dans le cas de la transmission des données d'une carte Arduino vers l'environnement extérieur (une autre carte Arduino, un ordinateur, un Smartphone,...etc.), plusieurs interfaces sont disponibles. Le choix d'une interface se fait selon la distance et le type des données à transmettre. Parmi ces shield, nous pouvons citer :

II.10.1. Bluetooth HC-05

Le module HC-05 est un module Bluetooth SPP (Serial Port Protocol) facile à utiliser, conçu pour une configuration de connexion série sans fil transparente. Le module Bluetooth HC-05 peut être utilisé en configuration maître ou esclave, ce qui en fait une excellente solution de communication sans fil. Ce module bluetooth port série est entièrement qualifié Bluetooth V2.0 + EDR (Enhanced Data Rate) [8]3Mbps Modulation avec émetteur-récepteur radio complet 2,4 GHz et bande de base. Il utilise CSR Bluecore 04 - Système

Bluetooth mono puce externe avec technologie CMOS et AFH (fonction Adaptive Frequency Hopping).

Le module HC-05 n'est pas plus gros qu'un pouce. Il est en fait un montage d'un module Bluetooth sur un petit P.C.B. Cela permet de s'affranchir de certaines contraintes comme la soudure du module (qui est très délicate), la conversion 5V vers 3.3V, la régulation de l'alimentation (3.3V de nouveau) ou encore l'ajout de LED de signal, tout cela est déjà intégré.

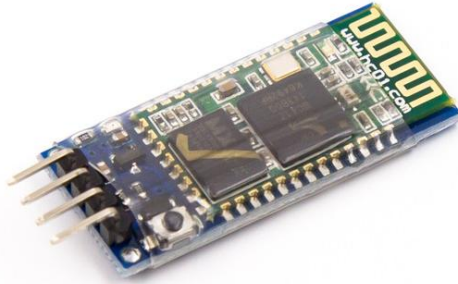


Figure II.14. *Bluetooth HC-05.*

Caractéristiques essentielles de Bluetooth HC-05 sont:

- Tension d'alimentation 3.3V à 5V
- Sensibilité typique de -80 dBm.
- Jusqu'à + 4dBm de puissance d'émission RF.
- 3.3 à 5 VI / O.
- PIO (Programmable Input / Output) contrôle.
- Interface UART avec débit binaire programmable.
- Avec antenne intégrée.
- Avec connecteur de bord

II.10.2. WiFi ESP8266

ESP8266 est tout au sujet de Wi-Fi. Si vous êtes impatient de connecter votre nouveau module ESP8266 au réseau Wi-Fi pour commencer à envoyer et recevoir des données, c'est un bon point de départ. Si vous recherchez plus de détails sur la manière de programmer des fonctionnalités de réseau Wi-Fi spécifiques, vous êtes également au bon endroit.



Figure II.15. *WiFi ESP8266.*

II.10.3. Module GSM

La bibliothèque GSM est incluse avec Arduino IDE 1.0.4 et versions ultérieures . Avec l'Arduino GSM Shield , cette bibliothèque permet à une carte Arduino d'effectuer la plupart des opérations possibles avec un téléphone GSM: passer et recevoir des appels vocaux, envoyer et recevoir des SMS et se connecter à Internet via un réseau GPRS.

Le bouclier GSM dispose d'un modem qui transfère les données d'un port série vers le réseau GSM. Le modem exécute des opérations via une série de commandes AT. La bibliothèque résume les communications de bas niveau entre le modem et la carte SIM. Il s'appuie sur la bibliothèque Software Serial pour la communication entre Modem et Arduino.

En règle générale, chaque commande individuelle fait partie d'une série plus importante nécessaire à l'exécution d'une fonction particulière. La bibliothèque peut également recevoir des informations et vous les renvoyer si nécessaire.

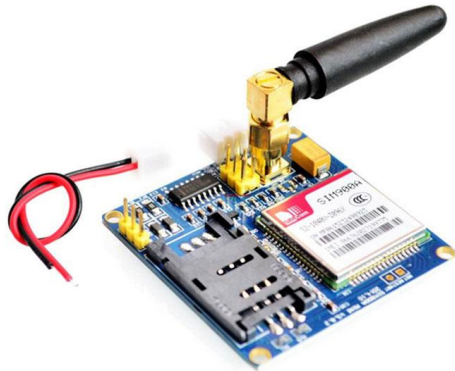


Figure II.16. *Module GSM.*

II.11. Discussion

Dans ce chapitre, nous avons fait une étude sur la carte Arduino. A cet effet, on s'est basé sur les deux cartes Arduino-Méga et Nano. Nous avons présenté leurs structures, le logiciel et le langage de programmation utilisés.

A travers cette étude, nous avons conclu que les deux cartes Arduino (Méga et Nano) possèdent beaucoup d'avantages comme sa souplesse d'utilisation dans plusieurs domaines, tels que la météorologie, l'automatisme, la robotique, ...etc.

Chapitre III :

Conception et réalisation

III.1. Préambule

L'objectif de notre travail est de réaliser deux stations météorologiques. La première étape est de tester indépendamment les différents capteurs utilisés. Une fois ces tests sont concluants, nous passerons à leur implémentation dans une station météorologique. Les différents typons ainsi que les schémas d'implantation seront donnés.

Pour réaliser notre système, nous proposons le schéma synoptique général, ensuite nous détaillons les différents blocs constituant le dispositif.

III.2. Schéma synoptique du système (Réseau)

Le système proposé est construit autour d'une carte Arduino-Méga. Il est constitué de plusieurs stations. Sachant que le principe est le même, nous allons réaliser deux stations uniquement. Le schéma synoptique du système proposé est présenté ci-dessous :

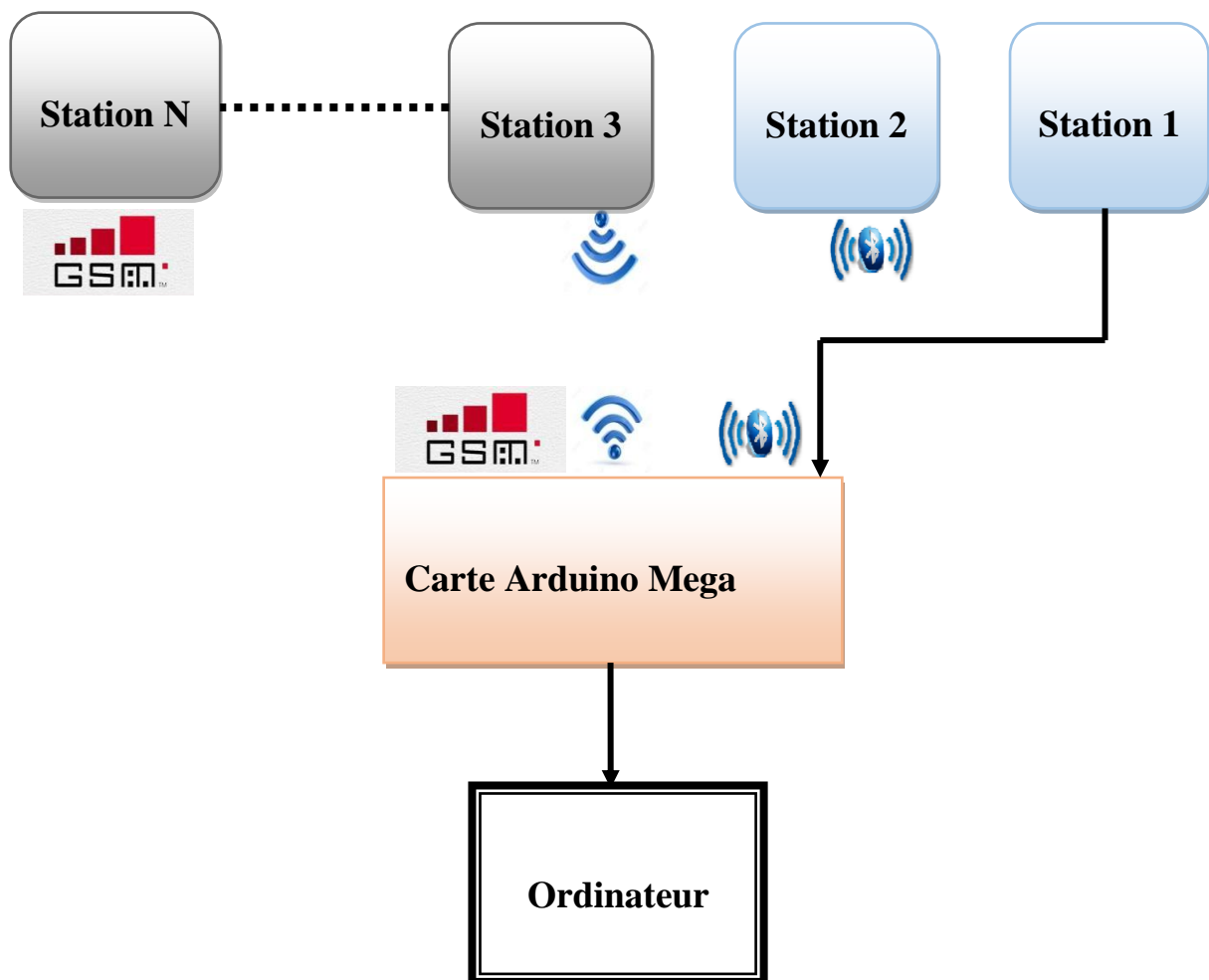


Figure III.1. Le schéma synoptique du système.

III.3. Les capteurs utilisés

Les capteurs utilisés dans chaque station sont le BM E/P 280 pour la pression, DHT11 pour la température et humidité, une photo résistance pour luminosité, un capteur pour détecter la pluie, un détecteur à ultrasons HC-SR04 pour mesuré le niveau d'eau, un buzzer pour prévenir le déclenchement du système.

Dans le cas de la station 1, la transmission de données vers l'ordinateur se fait par fils.

Pour la deuxième station, le circuit reste le même que celui de la première avec un module en plus qui est le Bluetooth. Donc, dans ce cas la transmission de données est sans fils.

Le schéma synoptique d'une station météorologique est donné par la (figure III.2).

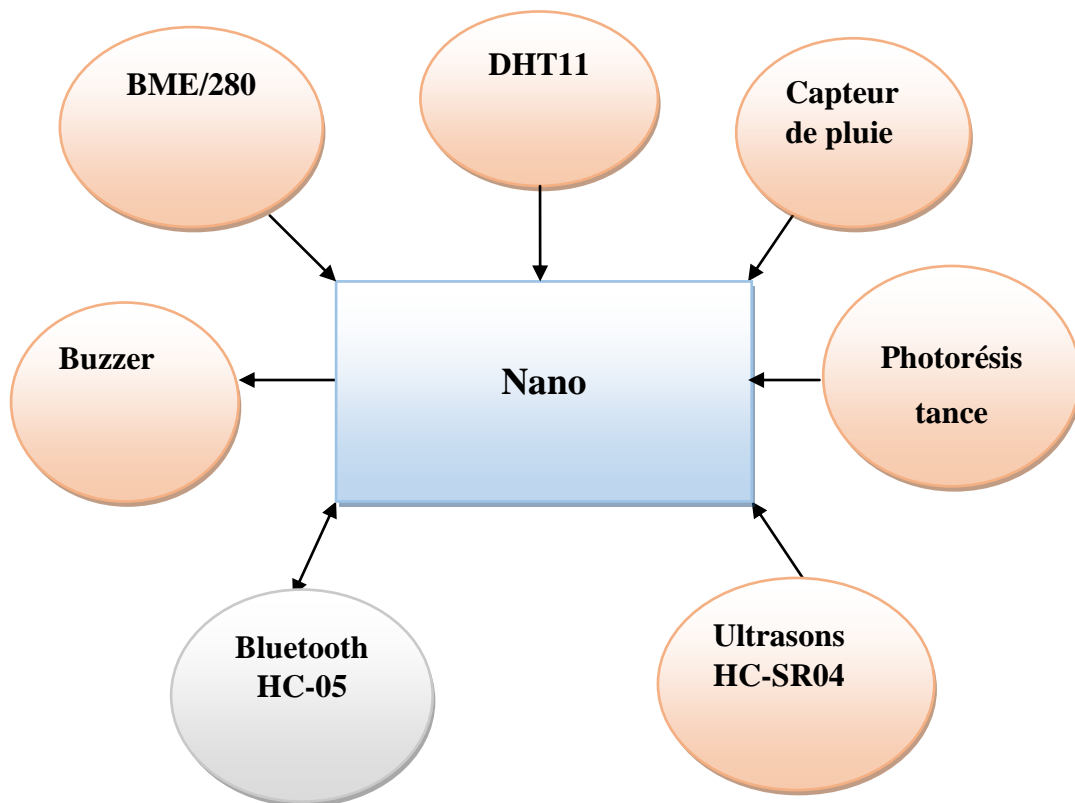


Figure III.2. Schéma synoptique d'une station.

III.4. Test des différents capteurs sur lab d'essai

Avant de procéder au routage et à l'impression des typons, nous avons testé et programmé avec Arduino indépendamment le bon fonctionnement des différents capteurs sur Lab d'essai. Puis nous avons analysé les résultats obtenus.

Pour cela, nous avons implanté les composants constituant chaque station sur le Lab d'essai, puis on effectue les liaisons entre les composants en suivant le schéma de simulation.

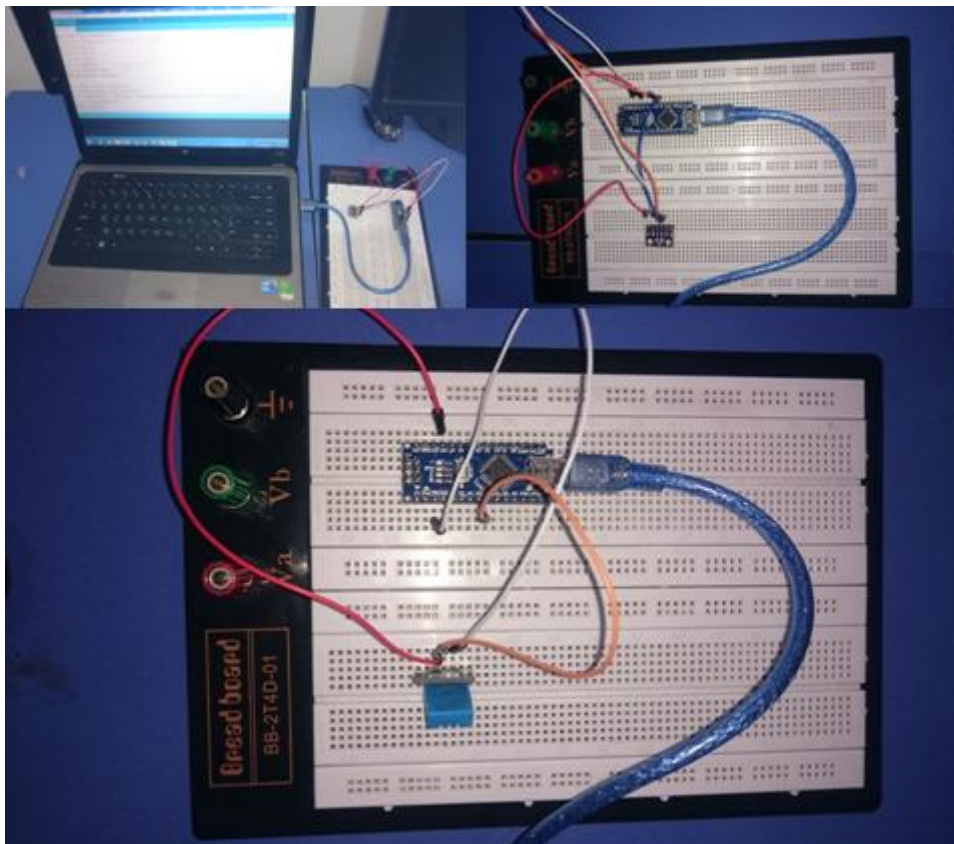


Figure III.3. *Test des différents capteurs sur lab d'essai.*

III.5. Réalisation des circuits imprimés

Après les tests sur lab d'essai, on passe à la réalisation du circuit imprimé qui est en général une plaque permettant de relier électriquement un ensemble de composants électroniques entre eux. Ce circuit imprimé ne peut être réalisé que si on possède un typon. Ce dernier est un dessin des pistes et des pastilles réalisé à l'aide du module ARES de Proteus, puis imprimé sur un support transparent (calque). Il est utilisé lors de la première étape de fabrication du circuit imprimé. La figure ci-dessous représente le typon de la station :

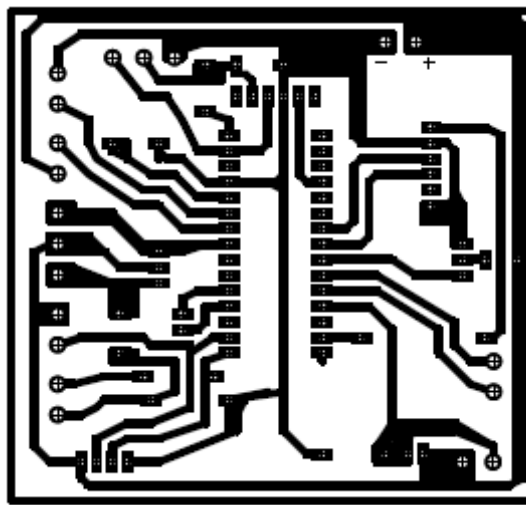


Figure III.4. *Typon de la station.*

C'est le même typon pour la deuxième station

Nous avons aussi réalisé un typon pour le support Bluetooth qui est donné par la (figure III.5) :

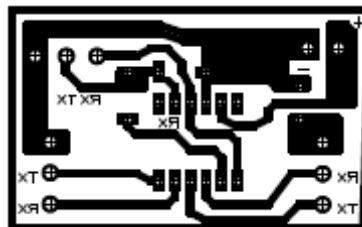


Figure III.5. *Typon pour le support Bluetooth.*

III.5.1. Les étapes de la fabrication des plaques

- **Insolation**

On place le typon sur la plaque pré sensibilisée au contact de la résine photosensible. L'ensemble est placé dans une insoleuse UV pour une exposition pendant quelques minutes à une lumière ultraviolette.

- **la révélation**

En second lieu, on met la plaque insolée dans un bac contenant du révélateur. Les zones de résine fragilisées par la lumière ultraviolette seront détruites.

- **la gravure**

Après l'étape révélation, on place la plaque dans un bac contenant du perchlore de fer qui va dissoudre les parties de la couche de cuivre non protégées par la résine.

III.5.2. Implantation des composants

Une fois les plaques sont prêtes, on passe au perçage sur les pastilles présentes dans chaque module. Pour pouvoir ensuite implanter les composants en suivant les schémas donnés par les (figures III.6 et III.7), puis on effectue les soudures.

Pour éviter tout problème, il est nécessaire de procéder à une vérification de l'orientation des composants polarisés.

La figure ci-dessous représente le schéma d'implantation des différents composants de la station :

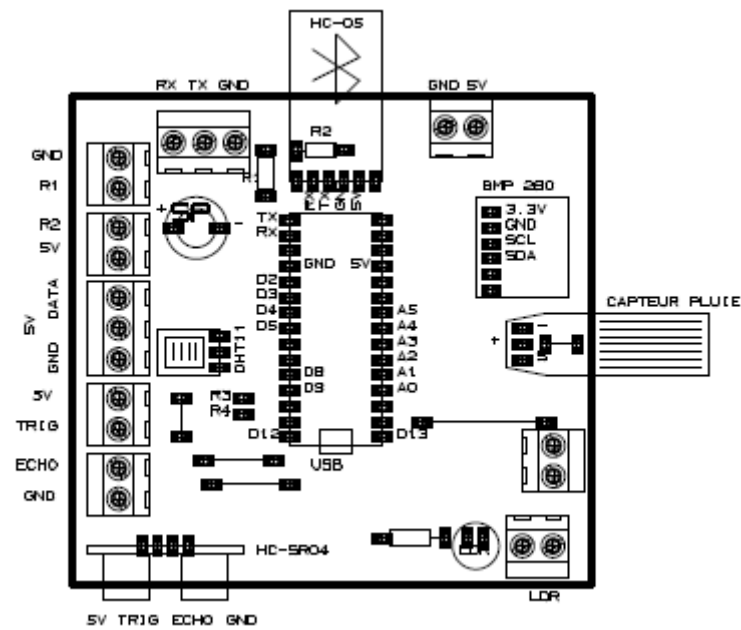


Figure III.6. Schéma d'implantation de la station.

La figure ci-dessous représente le schéma d'implantation du support Bluetooth:

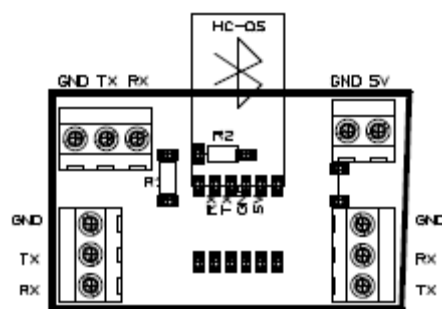


Figure III.7. Schéma d'implantation du support Bluetooth.

Les cartes électroniques réalisées sont représentées par la (figure III.8) pour la station et la (figure III.9) pour le support Bluetooth.

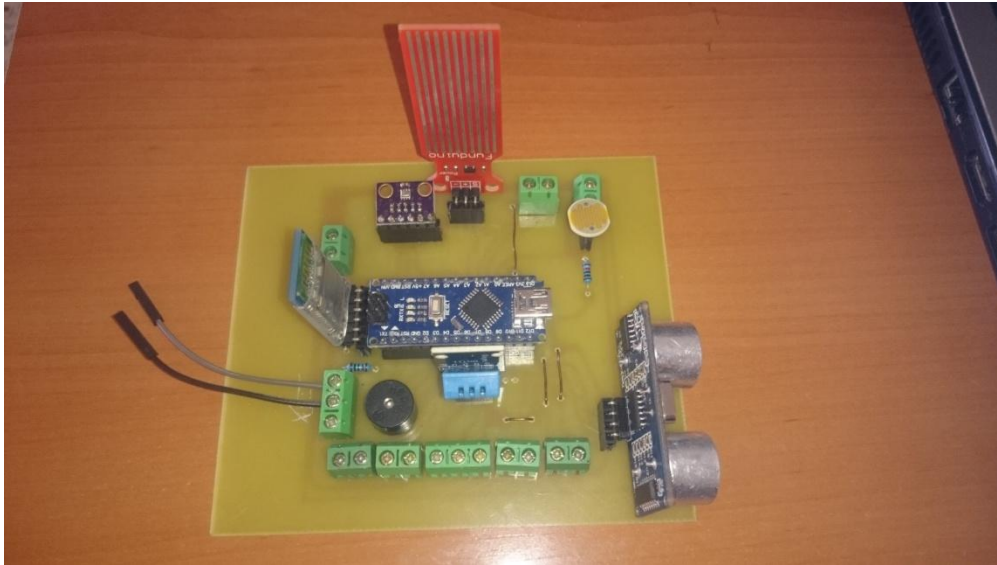


Figure III.8. *La carte électronique de la station.*

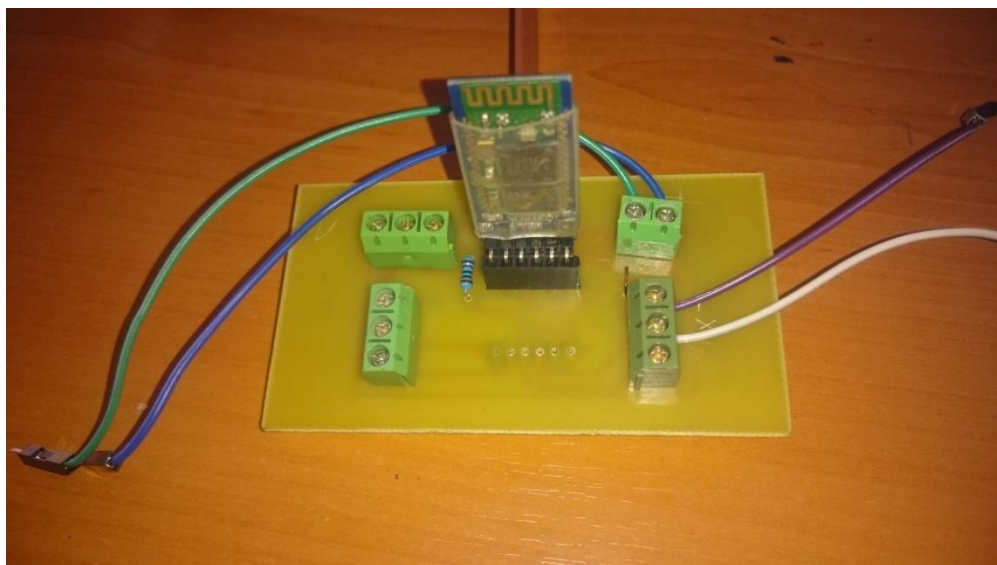


Figure III.9. *La carte électronique du support Bluetooth.*

III.6. Le système réalisé

A partir de la réalisation des différentes cartes électroniques, nous passons à les relier entre soit par des fils, soit en utilisant un module Bluetooth. Le système ainsi réalisé est présenté par la figure ci-dessous :

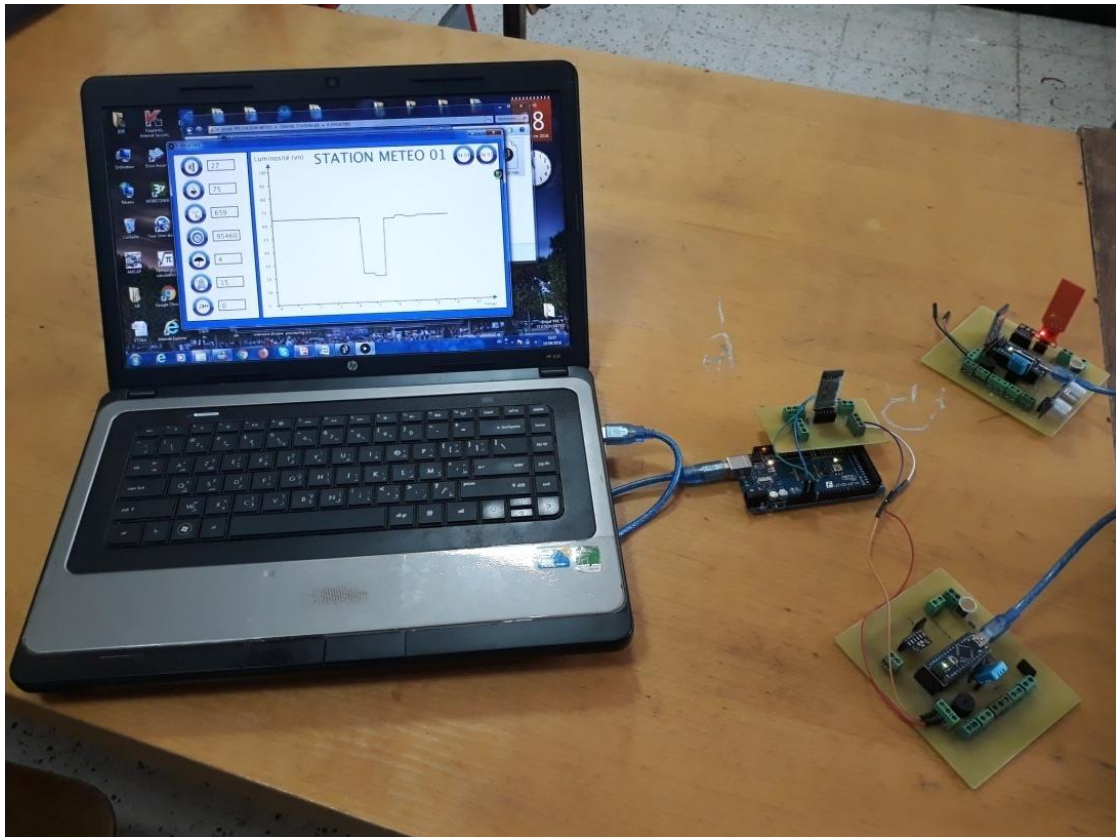


Figure III.10. *Vue globale du système réalisé.*

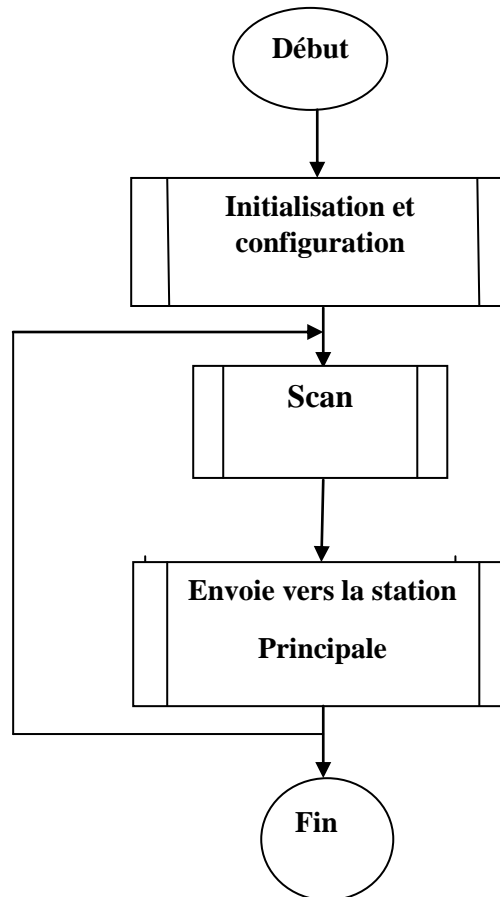
III.7. L'organigramme du fonctionnement de chaque station

Figure III.11. *L'organigramme du fonctionnement de chaque station.*

III.8. L'organigramme du fonctionnement de la station principale (traitement)

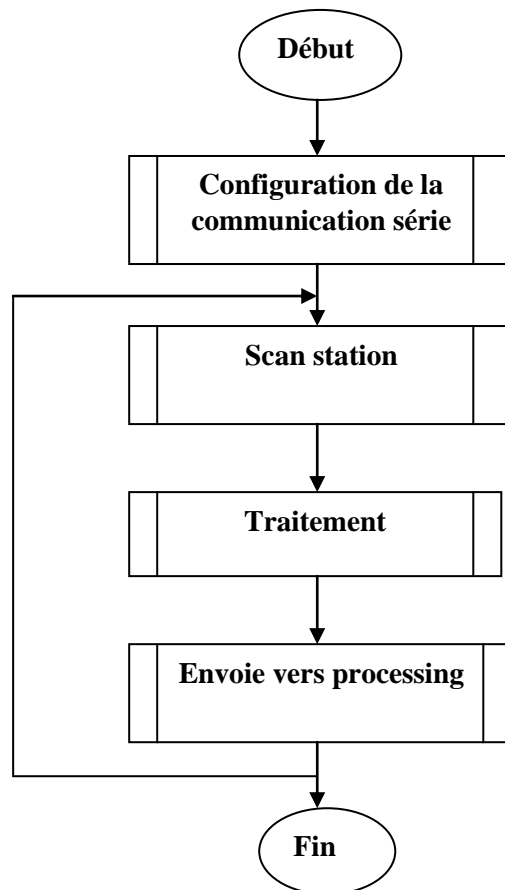


Figure III.12. L'organigramme du fonctionnement de la station.

III.9. Réalisation d'une application de traitement des données

III.9.1. Langage de programmation Processing

Ce logiciel a été conçu en 2001 au laboratoire Aesthetics + Computation Group (ACG) du MIT Media Lab par Ben Fry et Casey Reas en 2001.

Processing permet la programmation en langage Java, à l'aide d'instruction simple, on peut très rapidement réaliser des objets graphiques et leurs donner vie. Un programme sous Processing s'appelle un « Sketch ».

Les règles de base dans l'écriture d'un programme sont les suivantes :

- Il faut absolument indenter les programmes. L'indentation consiste en l'ajout de tabulations ou d'espaces dans un fichier, pour une meilleure lecture et compréhension du code.
- Il faut impérativement ajouter un « ; » à la fin de chaque instruction.
- Il faut ajouter des lignes de commentaires à vos programmes, ces lignes sont destinées à faire comprendre les parties du programme, elles ne sont pas exécutées lors du programme.

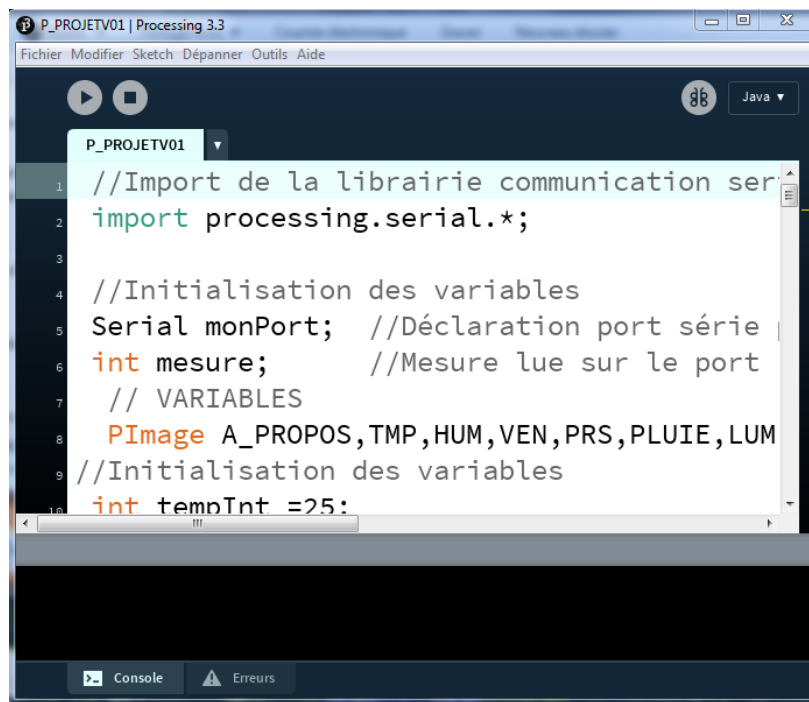


Figure III.13. *L'interface du logiciel.*

III.9.2. Le logiciel réalisé

L'interface graphique du logiciel réalisé est donnée par la (figure III.14) :

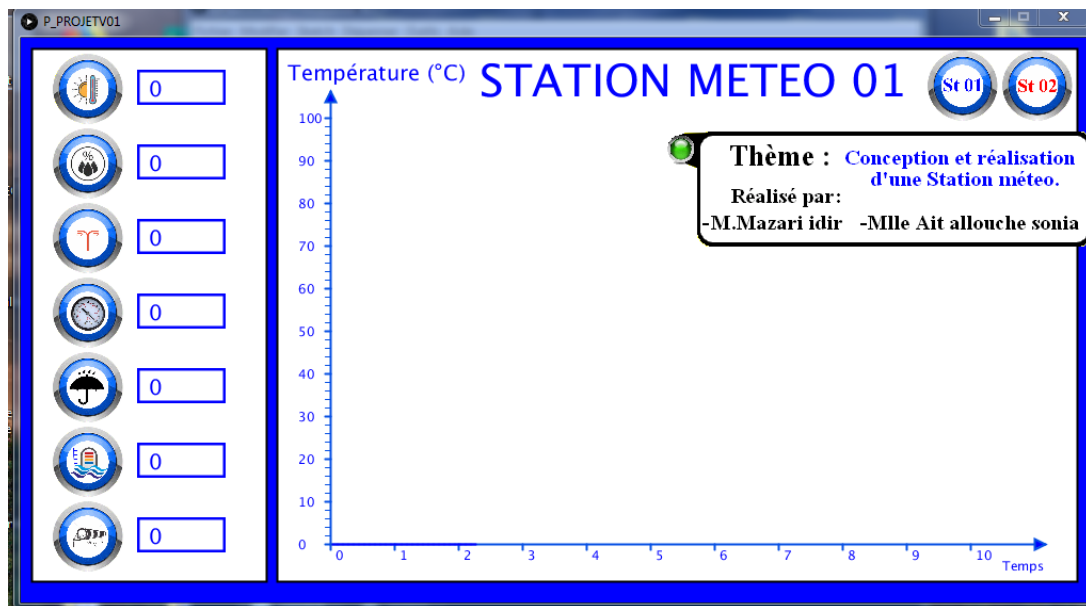


Figure III.14. *L'interface graphique du logiciel de traitement des données.*

Nous avons testé le bon fonctionnement des deux stations réalisées en envoyant les paramètres mesurés vers le logiciel de traitement. Par conséquent, nous obtenons les deux figures suivantes représentant respectivement les résultats obtenus de la première et de la deuxième station.

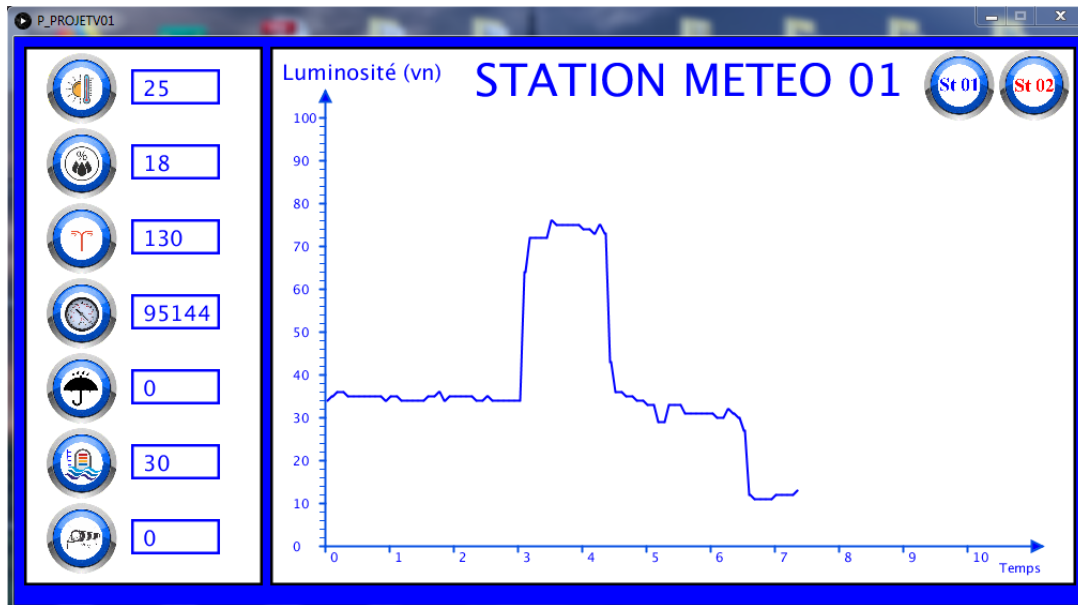


Figure III.15. Données obtenues de la première station.

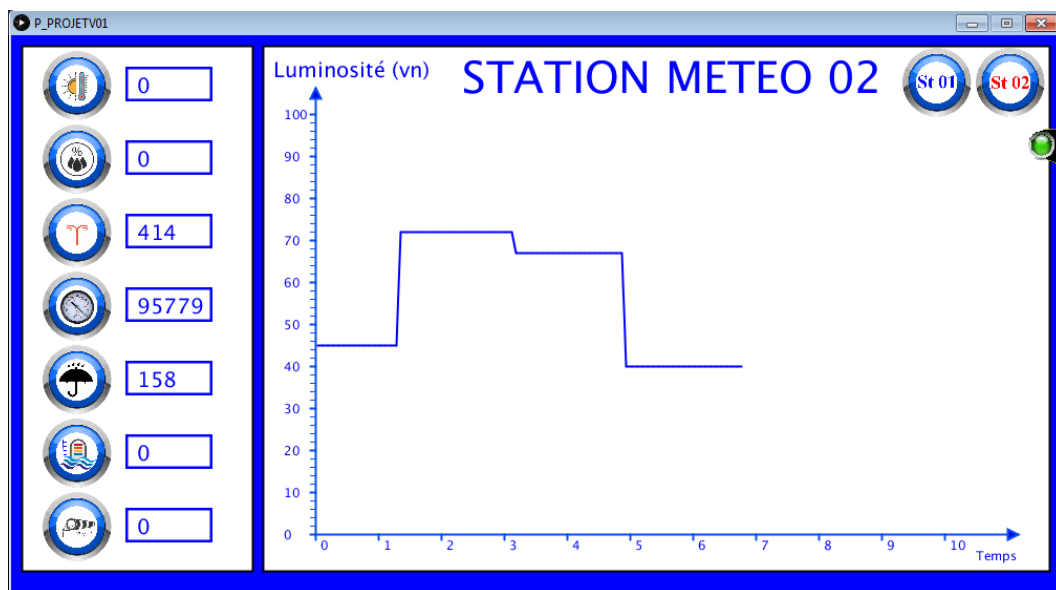


Figure III.16. Données obtenues de la deuxième station.

Pour une meilleure évaluation de la fiabilité des deux stations réalisées, nous devons effectués un étalonnage de celles-ci. A cet effet, nous pouvons prendre les données obtenues par la station Enerco 520 du laboratoire LAMPA comme données de références.

III.10.Discussion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les étapes de la conception et la réalisation puis on a montré les testes qui nous ont permis de vérifier le bon fonctionnement de notre système, et la mesure des différents paramètres météorologique.

Enfin nous avons affiché les résultats obtenus à laide de l'interface logicielle conçue sur processing.

CONCLUSION

Conclusion

La mesure des variables atmosphériques se fait par différents moyens. Ceci permet de récolter le maximum de données météorologiques et d'avoir des prévisions fiables à l'échelle locale ou plantaire. Parmi ces moyens, l'utilisation des stations météorologiques s'avère très intéressante pour leurs simplicités d'exploitation d'une part et la diversité des paramètres météorologiques mesurés d'autre part.

L'objectif de notre travail est de réaliser deux stations météorologiques à base de cartes Arduino. Pour cela, nous nous sommes inspirés de la station météorologique de type ENERCO 520IG installé sur le toit du laboratoire d'analyse et de modélisation des phénomènes aléatoires (LAMPA) de notre faculté. A cet effet, nous avons utilisé le capteur BM 280 pour la pression, le DHT11 pour la température et l'humidité, une photorésistance, un capteur de pluie, un ultrason HC-RS 04 et un Buzzer. Le traitement des données est réalisé à l'aide de la carte Arduino et l'ajout du module bluetooth a permis la transmission à distance et en temps réel des mesures obtenues.

La réalisation du système est composée de plusieurs étapes qui sont : le branchement des capteurs avec la carte Arduino, la programmation des deux cartes et l'affichage des résultats sous forme numérique et graphique. L'étape suivante a consisté à assurer la transmission à distance vers un PC portable. Pour cela, nous avons réalisé deux stations une raccordée au PC via un câble USB et l'autre en utilisant le Bluetooth terminal HC05.

Les tests de mesures effectués sur les deux stations sont satisfaisants. En effet, nous avons eu comme résultats des valeurs des paramètres météorologiques en temps réel. Ces valeurs sont lues sur un serveur Web. Toutefois, un étalonnage avec la station Enerco 520IG doit être effectué.

Comme perspectives, nous proposons d'ajouter d'autres capteurs et d'avoir une interface sur le serveur Web permettant à l'utilisateur d'ajouter d'autres stations sans modifier le programme.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

[1] :<http://www.meteolafleche.com>.

[2] :<http://www.cimel.fr>; Consulté le 27/05/2018.

[3] :<http://www.clubairmodeliste.com>; Consulté le 13/05/2018.

[4]:[http:// www.arduino.cc](http://www.arduino.cc). Consulté le 4/09/2018.

[5]:Erik Bartman, 2015.Le grand livre Arduino, Edition Eyrolles.

[5]:C.Tavernier, mars 2014. Arduino, maitrisez sa programmation et ses cartes d'interfaces (Schiels), Edition Dunod.

[6]:<http://www.eagle-robotics.com> ; Consulté le 16/06/2018.

[7]:<http://www.kzenjoy.net> ; consulté le 4/09/2018.

[8]:<http://tiptopboards.com> ; Consulté le 04/09/2018.

[9]:Eric Diot, 2006. La météo de A à Z, Editeur Stock.

ANNEXES

I. La syntaxe du langage Arduino

- **Ponctuation**

Le code est structuré par une ponctuation stricte :

- **toute ligne** de code se termine par un point-virgule « ; »
- le contenu d'une **fonction** est délimité par des accolades « { » et « } »
- les **paramètres** d'une fonction sont contenus pas des parenthèses « (» et «) ».

Une erreur fréquente consiste à oublier un de ces éléments.

- **Les variables**

Une variable est un espace réservé dans la mémoire de l'ordinateur. C'est comme un compartiment dont la taille n'est adéquate que pour un seul type d'information. Elle est caractérisée par un nom qui permet d'y accéder facilement.

Il existe différents types de variables identifiés par un mot-clé dont les principaux sont :

- nombres entiers (int)
- nombres à virgule flottante (float)
- texte (String)
- valeurs vrai/faux (boolean).

Un nombre à décimales, par exemple *3.14159*, peut se stocker dans une variable de type float. Notez que l'on utilise un point et non une virgule pour les nombres à décimales. Dans Arduino, il est nécessaire de déclarer les variables pour leurs réserver un espace mémoire adéquat. On déclare une variable en spécifiant son type, son nom puis en lui assignant une valeur initiale (optionnel). Exemple :

```
int ma_variable = 45;
```

// int est le type, ma_variable le nom et = 45 assigne une valeur.

- **Les fonctions :**

Une fonction (également désignée sous le nom de procédure ou de sous-routine) est un bloc d'instructions que l'on peut appeler à tout endroit du programme.

ANNEXE I

Le langage Arduino est constitué d'un certain nombre de fonctions, par exemple `analogRead()`, `digitalWrite()` ou `delay()`.

Il est possible de déclarer ses propres fonctions par exemple :

```
void clignote(){
    digitalWrite (brocheLED, HIGH) ;
    delay (1000) ;
    digitalWrite (brocheLED, LOW) ;
    delay (1000) ;
}
```

Pour exécuter cette fonction, il suffit de taper la commande :

```
clignote();
```

On peut faire intervenir un ou des **paramètres** dans une fonction :

```
void clignote(int broche,int vitesse){
digitalWrite (broche, HIGH) ;
    delay (1000/vitesse) ;
    digitalWrite (broche, LOW) ;
    delay (1000/vitesse) ;
}
```

Dans ce cas, l'on peut moduler leurs valeurs depuis la commande qui l'appelle :

```
clignote(5,1000); //la sortie 5 clignotera vite
clignote(3,250); //la sortie 3 clignotera lentement
```

I.1. Les structures de contrôle

Les structures de contrôle sont des blocs d'instructions qui s'exécutent en fonction du respect d'un certain nombre de conditions.

Il existe quatre types de structure :

1. if...else :

ANNEXE I

Exécute un code **si** certaines conditions sont remplies et éventuellement exécutera un autre code avec **sinon**.

Exemple :

```
//si la valeur du capteur dépasse le seuil
if(valeurCapteur>seuil){
  //appel de la fonction clignote
  clignote(); }
```

2. *while* :

Exécute un code **tant** que certaines conditions sont remplies.

Exemple :

```
//tant que la valeur du capteur est supérieure à 250
while(valeurCapteur>250){
  //allume la sortie 5
  digitalWrite(5,HIGH);
  //envoi le message "0" au port serie
  Serial.println(1);
  //en boucle tant que valeurCapteur est supérieure à 250 }
```

```
Serial.println(0);
```

```
digitalWrite(5,LOW);
```

3. *for* :

Exécute un code **pour** un certain nombre de fois.

Exemple :

```
//pour i de 0 à 255, par pas de 1
for (int i=0; i <= 255; i++){
```

ANNEXE I

```
    analogWrite(PWMPin, i);  
    delay(10); }
```

4. *switch/case* :

Fait un choix entre plusieurs codes **parmi une liste de possibilités**

Exemple :

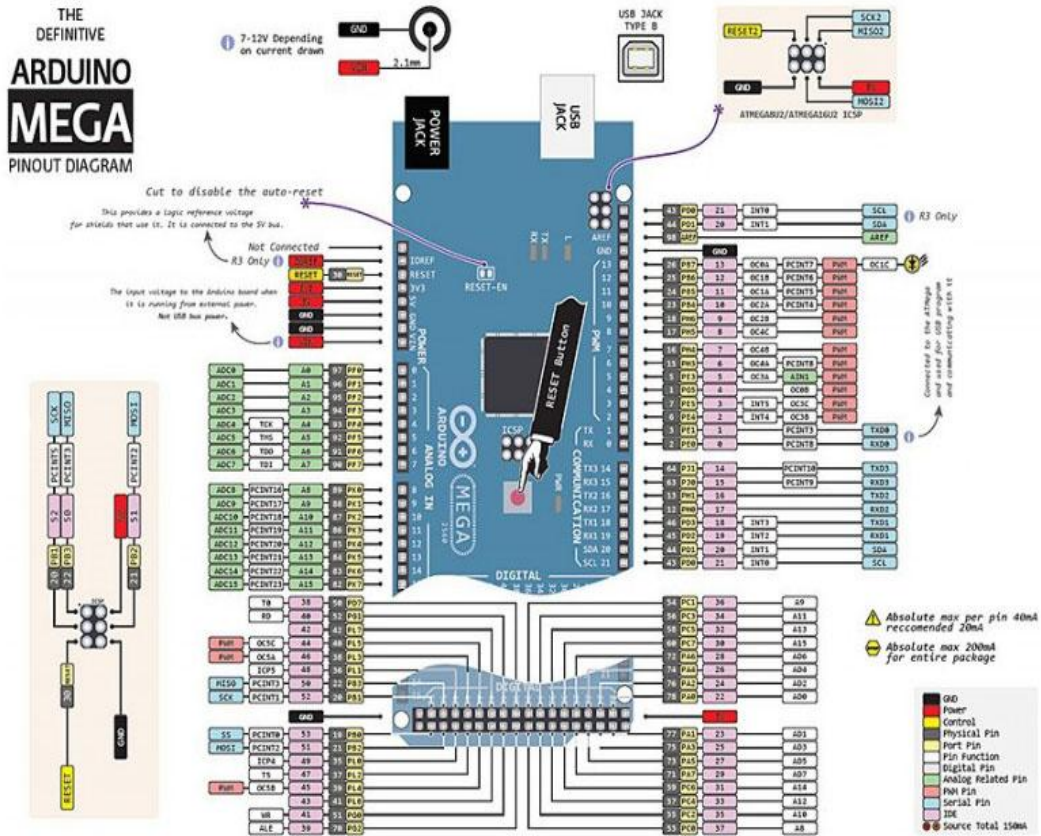
```
// fait un choix parmi plusieurs messages reçus
```

```
switch (message) {  
  
    case 0: //si le message est "0"  
        //allume que la sortie 3  
        digitalWrite(3,HIGH);  
        digitalWrite(4,LOW);  
        digitalWrite(5,LOW);  
        break;  
  
    case 1: //si le message est "1"  
        //allume que la sortie 4  
        digitalWrite(3,HIGH);  
        digitalWrite(4,LOW);  
        digitalWrite(5,LOW);  
        break;  
  
    case 2: //si le message est "2"  
        //allume que la sortie 5  
        digitalWrite(3,LOW);  
        digitalWrite(4,LOW);  
        digitalWrite(5,HIGH);  
        break;  
}
```

ANNEXE I

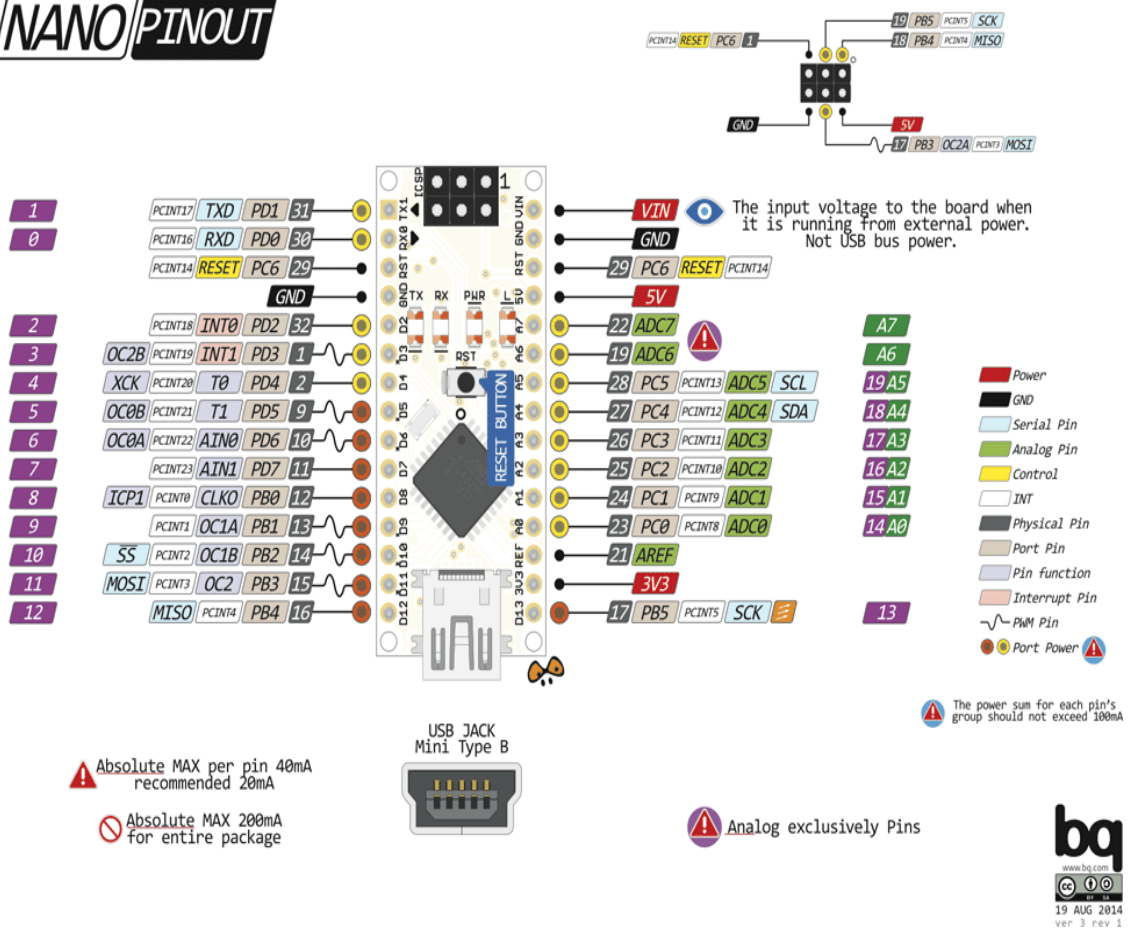
II. Schéma des broches de l'Arduino Méga et Nano

II. 1. Répartition des broches de l'Arduino Méga



II. Répartition des broches de l'Arduino Nano

NANO PINOUT



III. Connectivité et communication

L'utilisation de la carte Arduino Méga dans des projets complexes requière plus de flexibilité. Pour cela les cartes ont besoin de connectivité et de communication, et ceci est assuré par différents shield, disponibles sous forme de cartes modulaires qui se greffent sur l'Arduino pour ajouter des fonctionnalités supplémentaires, telle que le contrôle de servomoteur, l'ajout de mémoire et les différentes connectivités (Wifi, Bluetooth, GPS) [6].

Tous ces shield rendent l'Arduino plus qu'une simple carte de développement, mais un outil professionnel très puissant. Parmi ces shield, nous pouvons citer :

❖ **Interface hôte USB :**

L'Arduino Méga dispose d'une interface hôte USB pour se connecter avec les téléphones basés sur Android, et ceci à l'aide de l'ATmega8U2 programmé comme un convertisseur USB-série. (Voir figure III.1).

Cette interface permet aux appareils sous Android de prendre complètement le contrôle de la carte Arduino.

Elle permet aussi à l'Arduino d'utiliser tous les capteurs et interfaces de l'appareil connecté.



Figure III.1: Interface hôte USB

❖ **Arduino Ethernet Shield :**

C'est une carte très utilisée par les développeurs. (Voir figure III.2). L'Ethernet Shield fournit une capacité de connexion au World Wide Web. Ce module est équipé d'un port micro-SD permettant d'ajouter un espace de stockage, il possède aussi une excellente bibliothèque pour le soutenir disponible en open source.



Figure III.2: shield ethernet Arduino

❖ **Shield XBee :**

Le module XBee illustré par la figure III.3 permet à une carte Arduino de communiquer sans fil. Il peut communiquer jusqu'à 100 pieds à l'intérieur ou 300 pieds à l'extérieur (avec une visibilité directe). Il peut aussi être utilisé comme un remplacement série / USB.



Figure III.3: Module XBee wifi

❖ **Shield écran TFT tactile:**

Cet écran dispose d'une résolution bien supérieure aux affichages noir et blanc. Ce module est équipé d'un port micro-SD permettant d'ajouter un espace de stockage, et il est équipé d'un écran tactile résistif, qui permet de détecter la pression d'un doigt partout sur cet écran.

Ce shield est complètement assemblé, il se branche simplement sur l'Arduino ce qui facilite son utilisation. (Voir figure III.4)



Figure III.4: Shield écran TFT tactile

Résumé :

Dans le cadre de notre projet, nous avons réalisés deux stations météorologiques et un logiciel d'affichage pour la collecte et l'analyse des différents paramètres. Afin d'élargir le champ de mesure, l'une des stations sera raccordée à l'interface de traitement par un fil et la deuxième par Bluetooth (qu'on peut remplacer par une carte réseau pour une longue portée).

Nous avons structuré notre mémoire en trois chapitres :

- Dans le premier chapitre nous avons présenté les mesures essentielles dans la météorologie ainsi que les instruments utilisés dans une station automatique.
- Le second chapitre est consacré à l'étude de la carte Arduino Uno et Mega puis nous avons définis les capteurs utilisés dans nos deux stations
- Dans le dernier chapitre, nous avons présenté les deux stations météorologiques réalisées. La deuxième partie du chapitre est consacrée à la problématique de la transmission des mesures sur l'ordinateur ou Smartphone.