



Université Kasdi Merbah Ouargla

**Faculté de mathématiques et sciences
de la matière**

N° d'ordre :
N° de série :

DEPARTEMENT DE PHYSIQUE

Mémoire

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER ACADEMIQUE

Spécialité : Physique

Option : Physique météorologique

Présenté par :

Chetioui Hamza

Thème

*Conception d'une mini-station météorologique automatique :
Comparaison avec les données d'une station synoptique*

Soutenu publiquement le : 11 /10 / 2020

Devant le jury composé de :

Mr. Tlili Salah	Maître de Conférences classe B	Université d'Ouargla	Président
Mr. Nakes Mohamed Tahar	Maître assistant classe A	Université d'Ouargla	Examineur
Mr. Soufiane Benhamida	Maître de Conférences classe B	Université d'Ouargla	Rapporteur
Mr. Kalfallah Benbelgacem	Maître assistant classe A	Université d'Ouargla	Co-rapporteur

Remerciements

Au terme de ce modeste travail nous tenons à remercier en premier, Dieu le miséricordieux qui nous a donné la force pour achever ce travail.

*Nous adressons tous nos sincères et respectueux remerciements à nos promoteurs, Mr. **Soufiane BENHAMIDA** et Mr. **Khalfallah BENBELGACEM** pour leur dévouement et leur disponibilité durant la préparation de ce travail.*

Nos remerciements s'adressent aux membres du jury d'avoir accepté d'évaluer notre travail.

*Nous remercions beaucoup notre ami Mr. **Mohammed Farouk BENATALLAH** pour son aide et soutien.*

Que tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la Réalisation de ce travail, trouvent ici nos sincères Reconnaisances.

Liste des figures

Chapitre I

Figure I.1 : station météo classique.....	4
Figure I.2 : station météo professionnelle.....	5
Figure I.3. Le Thermomètre.....	8
Figure I.4. L'hygromètre	8
Figure I.5 : L'anémomètre.....	9
Figure I.6. La Girouette.....	9
Figure I.7. Le Pluviomètre.....	10

Chapitre II

Figure II.1:Schéma synoptique de système à réaliser	12
Figure II.2. Fonctionnement d'un capteur.....	13
Figure II.3. Capteur DHT11.....	13
Figure II.4 : Câblage du capteur de température et d'humidité DHT11 avec l'Arduino.....	14
Figure II.5: Capteur de Pression BMP180.....	15
Figure II.6: Câblage du capteur de Pression BMP180 sur l'Arduino.....	15
Figure II.7. Photorésistance.....	16
Figure II.8.Câblage du capteur de Pression Photorésistance sur l'Arduino.....	17
Figure II.7 : Capteur de vitesse (l'anémomètre).....	17
Figure II.8.Câblage du capteur de vitesse du vent.....	18
Figure II.9: Capteur de direction du vent.....	18
Figure II.10: Rose des vents 16 positions.....	19
Figure II.11: module pour carte SD.....	19
Figure II.12: Câblage du module pour carte SD.....	20
Figure II.13: panneau solaire.....	20
Figure II.14: Batterie utiliser pou alimenté la station.....	21
Figure II.15. Vue de la carte Arduino Mega.....	22
Figure II.16: page vierge dans le logiciel arduino.....	23
Figure II.17: Détail de barre de bouton.....	24

Chapitre III

Figure III.1. Station météo réalisé.....	26
Figure III.2. Station météo (EHP) situé à la commune El Hadjira willaya d'ouargla	27
Figure III.3. La température	28
Figure III.4. L'humidité.....	28
Figure III.5. La pression.....	29
Figure III.6. La vitesse du vent.....	29
Figure III.7. La direction du vent.....	30
Figure III.8. L'intensité du soleil.....	30

Sommaire

Remerciements	i
Liste des figures	ii
sommaire	iii
Introduction générale	1
 Chapitre I : Généralité sur les stations météo	
I.1.Introduction	2
I.2. Généralité sur les stations météo	2
I.2.1. Définition.....	2
I.3. Historique.....	2
I.4. Les types des stations météo.....	3
I.4.1. Classique.....	3
I.4.2. professionnelle.....	4
I.5. Les paramètres météorologiques mesurés.....	5
I.5.1. La température.....	5
I.5.2. L'humidité.....	6
I.5.3. La pression atmosphérique.....	6
I.5.4. L'ensoleillement.....	6
I.5.5. Le vent.....	6
I.5.6. Les précipitations.....	6
I.6.Les instruments de mesure météorologique.....	7
I.6.1. Le thermomètre.....	7
I.6.2. L'hygromètre.....	8
I.6.3. Le baromètre.....	8
I.6.4. L'anémomètre.....	9
I.6.5. La Girouette.....	9
I.6.6. Le pluviomètre.....	10
I.7. Conclusion.....	10
 Chapitre II : Conception et réalisation d'une station météo	
II.1.Introduction	11
II.2. Schéma en bloc du système à réaliser.....	11
II.3.Partie Hardware	12
II.3. 1.Fonctionnement d'un capteur.....	12
II.3.1.1.Définition	12
II.4. Description des capteurs utilisés.....	13
II.4.1. Capteur de Température et d'Humidité (DHT11).....	13
II.4.1.1. Les caractéristiques essentielles de (DHT11).....	14
II.4.1.2.Connexion du capteur de température et l'humidité	14
II.4.2. Capteur de pression (BMP180).....	14

II.4.2.1. Les caractéristiques essentielles de (BMP180).....	15
II.4.3. Capteur de rayonnement solaire globale (Photorésistance LDR).....	15
II.4.3.1. Caractéristiques techniques.....	16
II.4.3.2. Connexion du capteur de rayonnement solaire global.....	16
II.4.4. Capteur de vitesse du vent (anémomètre).....	17
II.4.4.1. Connexion du capteur de vitesse du vent	17
II.4.5. Capteur de direction du vent (La girouette).....	18
II.4.5.1. Connexion du capteur de direction du vent	19
II.4.6. Moyen de stockage des données (carte mémoire).....	19
II.4.6.1. Caractéristiques techniques.....	19
II.4.6.2. Connexion du la carte mémoire	20
II.4.7. Alimentation de station météo (Batterie + panneau solaire).....	20
II.4.7.1. Caractéristiques techniques du panneau solaire.....	21
II.5. Partie software.....	22
II.5.1. Description de la carte Arduino Mega.....	22
II.5.2. Caractéristiques techniques de la carte Arduino Mega.....	22
II.5.3. Logiciel Arduino.....	23
II.5.4. L'interface de logiciel.....	23
II.5.5. Les avantages de l'arduino.....	24
II.5.6. Domaine d'utilisation et ces applications.....	25
II.6. Conclusion.....	25
Chapitre III: Résultats et discussions	
III.1. Introduction	26
III.2. Présentation de station météorologique réalisée.....	26
III.3. Présentation de station météorologique de référence (EHP).....	26
III.4. Résultats est discussions.....	27
III.4.1. La température.....	27
III.4.2. L'humidité.....	28
III.4.3. La pression.....	28
III.4.4. La vitesse du vent.....	29
III.4.5. La direction du vent.....	30
III.4.6. L'intensité.....	30
III.5. Discussions.....	31
Conclusion générale	32
Références bibliographiques.....	33
Annexe	35



Introduction générale

Introduction générale

Depuis quelques décennies, le besoin d'observer et de contrôler des paramètres atmosphériques tels que ; la température, la pression, l'humidité ou encore le rayonnement solaire globale, est essentiel pour de nombreuses applications industrielles et scientifiques. Par exemple, dans le domaine de l'écologie, dans les aéroports, la surveillance de polluants comme l'Ozone, le NO₂ ou encore le CO₂, pourrait considérablement augmenter la qualité de vie dans les villes [1].

Une station météo est composée d'un ensemble de capteurs qui relèvent des mesures relatives au climat telles que la température, la pression atmosphérique, l'humidité dans l'air, la vitesse et direction du vent, rayonnement solaire globale etc. [2].

L'évolution des composants électronique intelligents permettre à réduire le cout et l'encombrement des installations compliquées, mettant à la porte de plusieurs possibilités, nous avons essayé dans ce travail de profiter de cette opportunité pour rendre la réalisation d'une station météorologique fiable possible et peut être installée là où on veut car elle sera autonome.

Ce projet est réalisé afin de permettre de réaliser et juger une mini station météorologique qui sert à mesurer la température, l'humidité, la pression atmosphérique, la vitesse et la direction de vent et l'intensité, ces grandeurs vont être stockées sur une carte mémoire SD, ensuite comparées aux résultats enregistrées pour la même période et lieu par une station ainsi installée.

Dans le premier chapitre, on a parlé sur l'importance des mesures et de l'agrégation en météorologie, les paramètres qu'on va mesurer la température, la pressions, l'humidité, la vitesse et la direction du vent, et l'intensité, les instruments de mesure et les types des stations météorologiques

Le deuxième chapitre traite la conception et la réalisation de notre station météorologique, les capteurs utilisés et leurs caractéristiques, le câblage, la carte d'acquisition à base d'Arduino Méga utilisée, le stockage des données et l'alimentation de la station.

Le troisième chapitre est consacré à la discussion des résultats obtenus par les deux stations, et les possibles améliorations.



Chapitre I

Généralité sur les stations météo

I.1. Introduction :

Dans notre vie de tous les jours, nous voulons toujours voir les conditions météorologiques. Beaucoup d'entre nous consultent régulièrement le bulletin météo pour savoir quel temps il fera dans les prochains jours. Mais qu'il fasse beau, qu'il pleuve ou qu'il vente, quelques notions sont indispensables pour bien comprendre et appréhender les bulletins qu'on nous propose et la météo en général, qui n'est pas une science exacte. Elle demande donc des bases assez conséquentes pour la comprendre dans ses détails. Dans ce chapitre nous présenterons un descriptif détaillé d'une station météo, les mesures essentielles dans la météorologie ainsi que les instruments utilisées dans une station automatique [3].

I.2. Généralité sur les stations météo

I.2.1. Définition

En général tous les appareils qui enregistrent et fournissent des informations concernant les mesures physiques liées aux variations du climat ce qu'on appelle une station météo. Ces grandeurs physiques peuvent être la température, l'humidité, la vitesse du vent, la pluviométrie, etc... Les stations météorologiques sont utilisées dans plusieurs domaines, concernant la sécurité routière par exemple, ces stations sont utilisées pour surveiller les conditions d'adhérence des véhicules sur la chaussée, des obstacles météorologiques à la circulation et des dangers potentiels. Les données sont ensuite utilisées par des programmes de prévision des conditions routières. Les stations de mesure météorologique se composent généralement d'une maquette sur lequel des capteurs sont installés. Ces derniers sont reliés à un boîtier qui enregistre, stocke et généralement envoie les mesures via le réseau mobile à une base de données [4].

I.3. Historique

La météorologie est une science très récente. Certes, les savants de la Grèce antique montrent très intéressés par l'atmosphère et, au IV^e siècle av. J-C., Aristote rédige un traité intitulé « Etude des éléments de l'air ». Environ un tiers de l'ouvrage est consacré aux phénomènes atmosphériques et c'est d'après cette œuvre que le terme moderne de météorologie a été forgé, cependant la météorologie progresse peu jusqu'à l'époque moderne [5].

Les premières observations scientifiques (au sol) ont lieu à partir du milieu du XVIIe siècle quand sont inventés les instruments de mesure indispensables : le thermomètre de Galilée(1641), le pluviomètre de Castelli (1639), le baromètre de Torricelli (1643), l'anémomètre et le premier hygromètre de Hooke (1667) en même temps que progresse la connaissance des lois physiques des gaz et de la mécanique des fluides. En 1646,Pascal répète l'expérience de Torricelli, qu'il complète en 1648 en confirmant la pesanteur de l'air. Au XVIIIe siècle, Hadley démontre l'effet de la rotation de la terre sur la direction des vents, Lavoisier découvre la composition de l'air et, le 1er décembre 1783, le premier ballon explore l'atmosphère Jusqu'à 3 400 m d'altitude [5].

C'est à la veille du XXe siècle (1899) que trois ballons-sondes lancés depuis Trappes atteignant 1300 m et permettant d'identifier la stratosphère. Une trentaine d'années plus tard, les ballons sont équipés d'un émetteur transmettant les mesures (température, pression, humidité de l'air) au fur et à mesure de l'ascension de la radiosonde. Depuis les années cinquante, le perfectionnement des instruments de base et l'invention de nouveaux moyens d'investigation (radar, avions, fusée, satellites artificiels)ont permis d'acquérir une connaissance plus précise et étendue des phénomènes atmosphériques [5].

I.4. Les types des stations météorologiques

I.4.1. Classique

Ce sont de petites stations météorologiques, composées en général d'une sonde thermométrique, permettent de mieux connaître le temps qu'il fait ou qu'il fera. On trouve, deux options dans ce domaine :

- les stations météorologiques locales,
- les stations météorologiques régionales.

❖ *Les stations locales*

Elles servent à connaître les conditions météorologiques au niveau d'un seul lieu. Elles sont équipées d'un baromètre mécanique. L'essentiel de ces stations est de donner la température, cependant, il existe des variantes permettant d'optimiser au mieux leur utilisation. En effet, certains modèles sont disponibles avec un hygromètre permettant de mesurer l'humidité de l'air. D'autres encore donneront des informations sur les phases de la lune, entrant en jeu, en l'occurrence, dans les activités de

jardinage. Enfin, ceux désirant connaître la température extérieure afin de détecter les conditions de tempête ou de glace choisiront une station équipée d'un capteur extérieur.

❖ *Les stations météorologiques régionales*

Elles permettent d'avoir une prévision précise pour trois ou quatre jours, selon le cas, dans la location sélectionnée. Ces stations météorologiques reçoivent les prévisions locales officielles. Certaines d'entre elles donnent même des messages en cas d'alerte. Ce type de station est adapté à ceux qui planifient des vacances ou un voyage d'affaire dans la région sélectionnée [3].



Figure I.1 : station météorologique classique

I.4.2. professionnelle

Les stations météorologiques professionnelles en général, elles donnent plus d'informations que les stations météorologiques classiques. Leur série de capteurs est capable de mesurer notamment la pluviométrie, la vitesse direction du vent, l'ensoleillement, la température et la pression atmosphérique. Pour cela, ces stations sont non seulement équipées d'une sonde thermométrique et hydrométrique mais également d'un pluviomètre, d'un anémomètre et d'un polarimètre. Par ailleurs, ces stations sont reliées à une console centralisant toutes les informations mesurées à intervalle régulier à l'aide d'une connexion, avec ou sans fil, dépendant de la technologie utilisée. Les données sont ensuite exploitables sur ordinateur à l'aide de logiciels spécialisés. Il existe divers modèles de stations météorologiques selon le

niveau de l'utilisateur, mais généralement, ces stations météorologiques professionnelles sont classées en trois catégories :

- ✓ Les débutants.
- ✓ Les intermédiaires.
- ✓ Les expérimentés.

Les débutants utiliseront des stations météorologiques plus simples et faciles d'utilisation et dont les prix sont accessibles.

Les intermédiaires choisiront des stations offrant plus de fonctionnalités tandis que les utilisateurs expérimentés choisiront d'autres plus complexes [3].



Figure I.2 : station météorologique professionnelle

I.5. Les paramètres météorologiques mesurés

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

I.5.1. 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 ($^{\circ}\text{C}$), est couramment utilisé. Le degré Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$) est une grandeur américaine [3,4].

I.5.2. 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[3,4, 7].

I.5.3. 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/m^2). 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.5.4. L'ensoleillement

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/m^2 (Comme recommandé par l'Organisation météorologique mondiale) ou en watts-heures par mètre carré, Wh/m^2 [3,4, 7].

I.5.5. 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 noeud =1 ,852 km/h). La mesure du vent est toujours une moyenne sur période donnée. L'anémomètre permet de mesurer la vitesse du vent [7].

I.5.6. Les précipitations

La précipitation désigne les gouttes d'eau ou les cristaux de glace formée après condensation et agglomération dans les nuages, deviennent trop lourds pour se

maintenir en suspension dans l'air et tombent au sol. 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 inférieures 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 [6,7].

I.6. Les instruments de mesure météorologique

Les instruments permettant de mesurer les paramètres météorologiques sont détaillés dans les paragraphes suivants.

I.6.1. 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 (°C).

Il existe plusieurs types de thermomètre [6]:

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



Figure I.3. *Le Thermomètre*

I.6.2. 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 [6]:

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



Figure I.4. *L'hygromètre.*

I.6.3. 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 [6] :

- ✓ Baromètres avec colonne de mercure.
- ✓ Baromètres anéroïdes

- ✓ Baromètres électronique

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 [7].



Figure I.5 : 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) [7].



Figure I.6. 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 [7] :

- ✓ A lecture direct.
- ✓ A augets basculeurs.
- ✓ A balance.



Figure I.7. *Le Pluviomètre.*

I.7. Conclusion

Ce chapitre fournit de une manière appropriée les informations nécessaires pour la compréhension des principes de la météorologie. Les mesures météorologiques permettent de comprendre les processus associés à ces paramètres environnementaux comme l'effet de serre, les changements climatiques et les prévisions météorologiques.



Chapitre II

*Conception et réalisation d'une
station météo*

II .1. Introduction :

De nos jours, presque tous les systèmes de commande et de contrôle sont basés sur des CPU (Central Processing Unit), ils se retrouvent sous de nombreuses formes, notamment à base de microprocesseur, microcontrôleur ou processeur. Circuits programmables, tels que les cartes de type "Arduino". Le développement des cartes électronique modernes, associée à leur faible – coût, on permet leur utilisation dans des applications les plus diverses. Dans ce contexte, notre étude et réalisation sont basées sur une carte électronique programmable «Arduino Mega». Cette dernière est composée d'un nombre important d'éléments, on s'intéressera surtout aux éléments qui touchent l'aspect pratique de notre composant, avec des exemples, des schémas, des chronogrammes...etc [8].

La carte électronique « Arduino ». Est équipée de plusieurs outils dont les principaux sont d'un «microcontrôleurATMega2660» et de composants complémentaires qui facilitent la programmation et l'interfaçage avec d'autres circuits. Chaque module possède au moins un « régulateur linéaire »5V et un oscillateur à « quartz »16 MHz. Le microcontrôleur est préprogrammé avec un « boot loader » de façon à ce qu'un programmeur dédié ne soit pas nécessaire [8].

Dans ce chapitre nous allons donner une description détaillée des capteurs utilisés et le mode de fonctionnement de ces derniers dans notre station météorologique et comment peut on relier avec la carte Arduino Méga.

II.2. Schéma en bloc du système à réaliser

Ce système est divisé en trois parties principaux, la première partie qui présente les capteurs physiques (DHT11 : capteur de température et d'humidité, BMP180 : capteur de la pression atmosphérique, capteur de luminosité de soleil (photorésistance LDR), capteur de vitesse du vent (anémomètre) et capteur de direction du vent (La girouette), la deuxième partie est consacré à la carte Arduino Méga qui représente l'élément principale dans notre station météorologique et aussi l'unité de traitement des données, la dernière partie est l'unité de stockage et l'enregistrement des données a l'aide d'une carte mémoire SD.L'idée de base avec laquelle on a abordé notre réalisation s'articule autour du schéma synoptique donné par la figure ci-dessous.

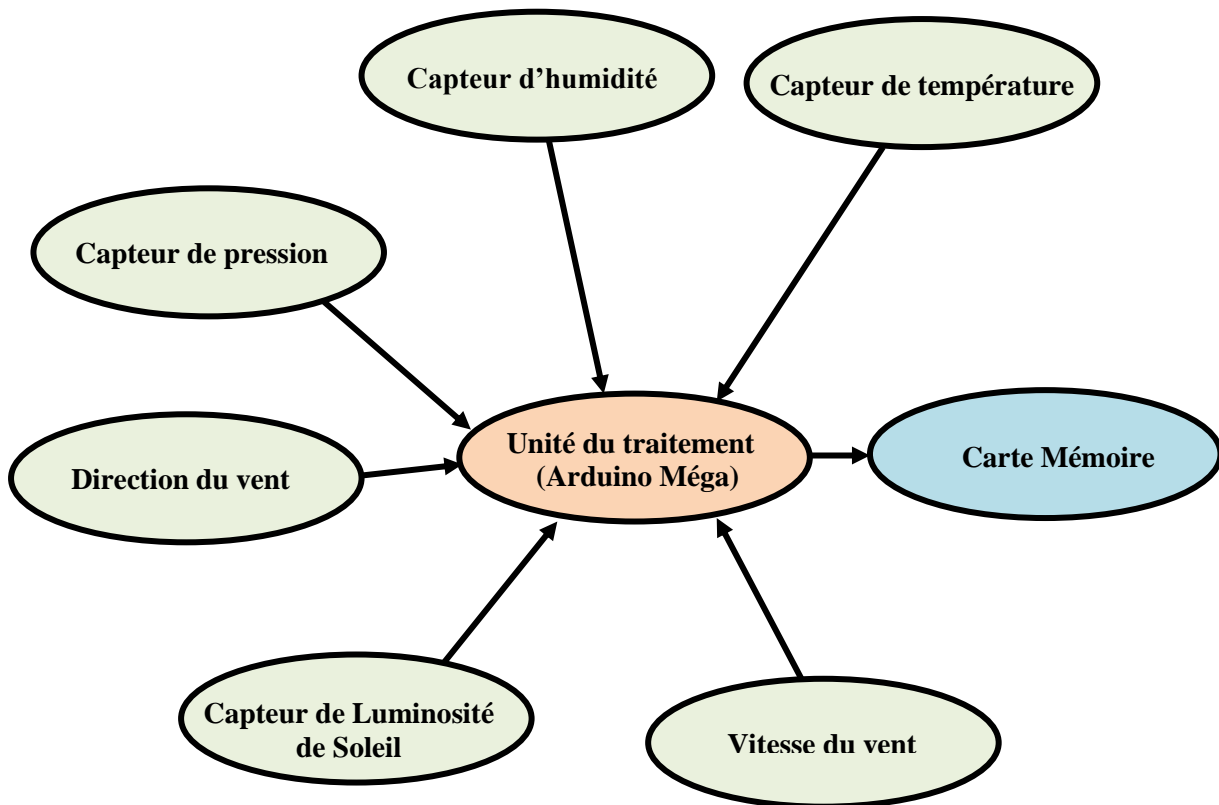


Figure II.1: Schéma synoptique de système à réaliser.

II.3. Partie Hardware

II.3.1. Fonctionnement d'un capteur

II.3.1.1. 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 [9].

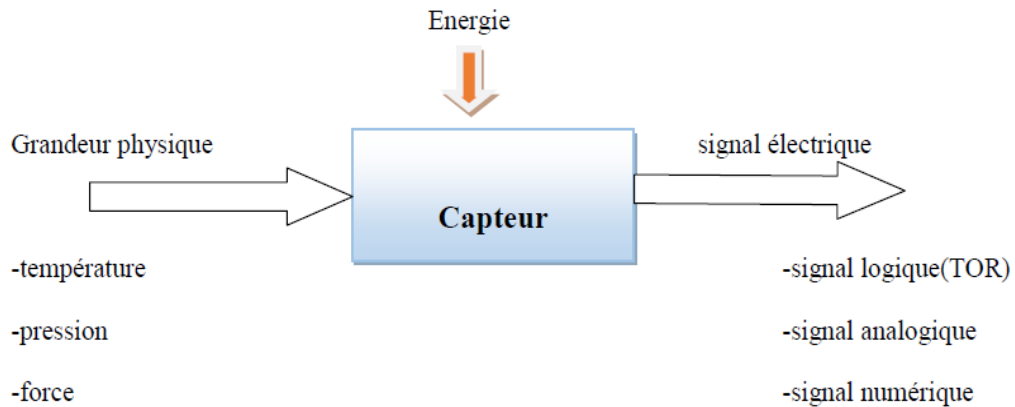


Figure II.2. Fonctionnement d'un capteur.

II.4. Description des capteurs utilisés

II.4.1. Capteur de Température et d'Humidité (DHT11)

Ce circuit comprend un capteur DHT11 qui fournit une information numérique proportionnelle à la température et l'humidité mesurée par le capteur. La technologie utilisée par le capteur DHT11 garantit une grande fiabilité, une excellente stabilité à long terme et un temps de réponse très rapide. Chaque élément DHT11 est calibré avec précision en laboratoire. Le coefficient d'étalonnage est mémorisé dans la mémoire OTP interne. L'interface unifilaire série permet l'intégration de ce capteur dans le système numérique d'une manière rapide et simple. L'interface physique du capteur est réalisée grâce à un connecteur au pas de 0,1 "à 3 broches : +5 V, GND et DATA [10].



Figure II.3. Capteur DHT11

Les deux premiers pins sont l'alimentation et la masse et ils sont utilisés pour alimenter le capteur, le troisième est le signal de sortie du capteur numérique. Sa petite taille (1,05 "x0.7") et son poids très léger (seulement 2.7g) font de cette carte un

choix idéal pour la mise en œuvre de petits robots et des systèmes de surveillance du milieu ambiant. Le circuit comprend : Le circuit PCB avec le DHT11 soudé et deux connecteurs 3 points (un droit et un coudé à 90°) [10].

II.4.1.1. Les caractéristiques essentielles de (DHT11):

- ✓ 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) [9].

II.4.1.2. Connexion du capteur de température et l'humidité

la première broche à gauche (Vcc) à l'alimentation de 3 à 5 V, la deuxième broche doit brancher à la carte Arduino, au pin 8 numérique La troisième broche est montée à la masse GND (voir la figure II.4).

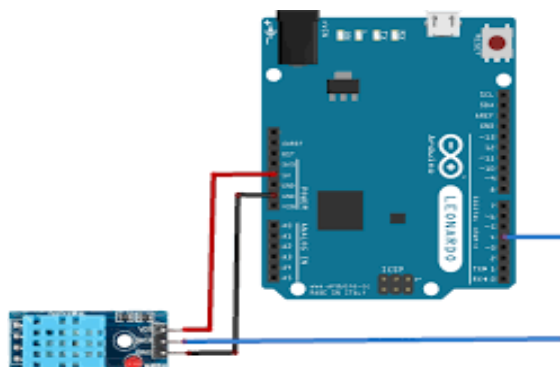


Figure II.4 : Câblage du capteur de température et d'humidité DHT11 avec l'Arduino.

II.4.2. Capteur de pression (BMP180)

Le capteur de pression BMP180, fabriqué par Bosch, est la meilleure solution de détection à faible coût pour mesurer la Pression et la Température barométriques. Le BMP180 est la prochaine génération de capteurs de Bosch, et remplace le BMP085. La bonne nouvelle est qu'il est complètement identique au BMP085 en termes du logiciel firmware, vous pouvez utiliser le tutoriel BMP085 et n'importe quel exemple de code bibliothèques en remplacement. La broche XCLR n'est pas présente physiquement sur le BMP180 (voir figure III.6) [11].



Figure II.5: Capteur de Pression BMP180.

L'utilisation du capteur BMP180 est facile. Si on utilise un Arduino UNO, on connecte simplement la broche Vin à la broche de tension 5V, GND à la terre, SCL à la broche Analogue 5 et SDA à la broche Analogue 4 (Figure III.7). Ensuite, on fait déclarer la bibliothèque Arduino BMP085/BMP180 et un code d'exemple pour le calcul de la pression doit l'ajouter dans le programme.

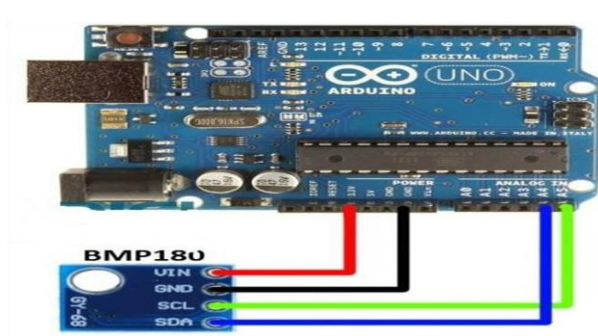


Figure II.6: Câblage du capteur de Pression BMP180 sur l'Arduino.

II.4.2.1. Les caractéristiques essentielles de(BMP180)

- ✓ Vin : 3 V à 5 V.
- ✓ Plage de détection de pression : 30-110 KPa (500 m à -9000 m au-dessus du niveau de la mer).
- ✓ Jusqu'à 0.003 KPa / 0.25 m de précision.
- ✓ Plage de mesure de -40 à + 85 °C de, +/-2°C de précision de température [11].

II.4.3. Capteur de rayonnement solaire global (Photorésistance LDR)

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 [9].

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.7. *Photorésistance.*

II.4.3.1. Caractéristiques techniques

- ✓ Résistance de 50ohm à 2Mohm
- ✓ Tension maximale 320V
- ✓ Courant maximal 75mA

II.4.3.2. Connexion du capteur de rayonnement solaire global

Une des broche doit être branché à l'alimentation de 5 V à la carte Arduino, la deuxième broche doit brancher en série avec une résistance de 10kohm, le commun entre les deux brancher au pin A0analogique ,le dernier broche de résistance est montée à la masse GND (voir la figure II.8).

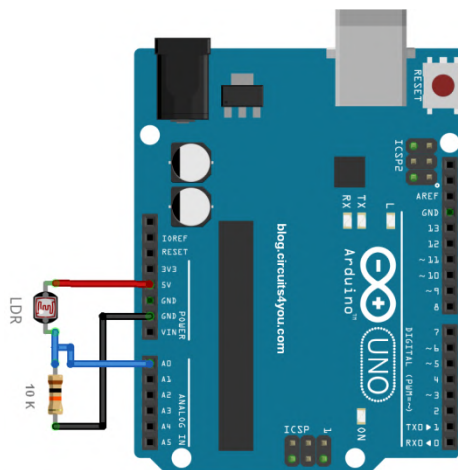


Figure II.8. Câblage du capteur de Pression Photorésistance sur l'Arduino.

II.4.4. Capteur de vitesse du vent (anémomètre)

L'anémomètre est un instrument essentiel en météorologie car le vent est l'un des paramètres qui déterminent l'évolution du temps et de la prévision météorologique. Il sert également dans de nombreux domaines connexes comme le transport aérien, la navigation, la prise de données pour estimer les effets du vent sur les bâtiments ou le transport des retombées radioactives, etc.

L'unité internationale de la vitesse du vent est le m/s. En aéronautique et en météorologique marine, on utilise le nœud. Pour le grand public, la vitesse du vent est exprimée en km/h [8].

$$1 \text{ noeud} = 1 \text{ mille marin par heure} = 1,852 \text{ km/h} = 0,51 \text{ m/s.}$$



Figure 7 : Capteur de vitesse (l'anémomètre)

II.4.4.1. Connexion du capteur de vitesse du vent

La broche noir du câble RJ-11 doit être au pin numérique D2 de la carte Arduino, la deuxième broche rouge est montée à la masse GND (voir la figure II.8).

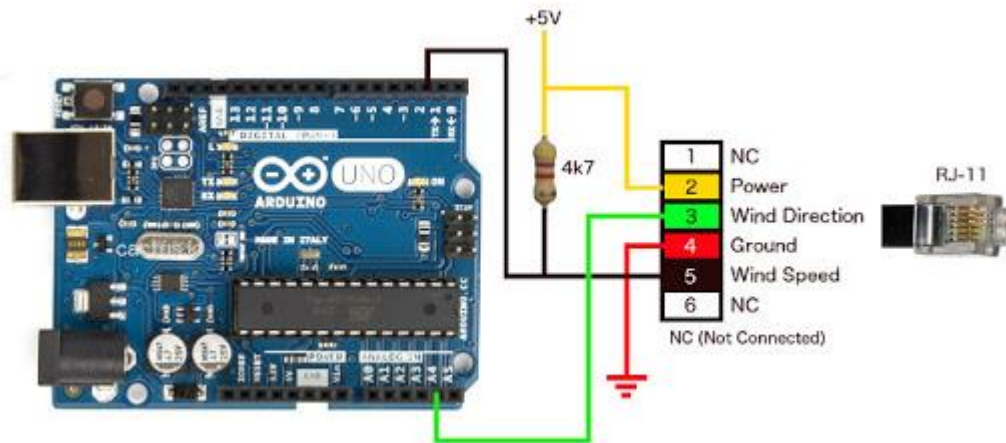


Figure II.8. Câblage du capteur de vitesse du vent

II.4.5. Capteur de direction du vent (La girouette)

La plus ancienne girouette connue remonte à l'époque grecque et se trouvait sur la tour des vents à Athènes. La représentation sous la forme d'un coq est également très connue et son apparition remonte au 9ème siècle. Pour mesure automatisée la direction du vent la technologie utilisée à notre époque est celle des potentiomètres électroniques en plus quelques années un nouveau type de girouettes apparaît et se base sur une mesure des ultrasons [10].



Figure II.9: Capteur de direction du vent

La girouette se branche elle sur un port analogique. La girouette génère une valeur de la tension (générée par la variation de la résistance de la girouette). Elle dispose de 16 positions intermédiaires permettant de repérer 16 positions sur la rose des vents (voir la figure II.10).

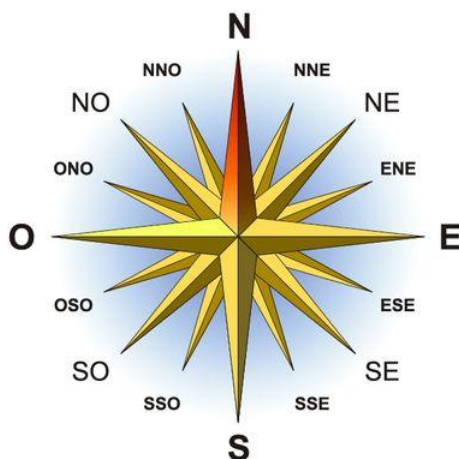


Figure II.10: Rose des vents 16 positions

II.4.5.1. Connexion du capteur de direction du vent

La broche vert du câble RJ-11 doit être au pin analogique A4 de la carte Arduino, la deuxième broche jaune est montée en parallèle avec une résistance 47k Ω est ce dernier doit être branché à l'alimentation de 5 V (voir la figure II.8).

II.4.6. Moyen de stockage des données (carte mémoire)

Une des faiblesses du microcontrôleur Arduino est qu'il a peu de mémoire. Lorsqu'on veut traiter un nombre important de données (enregistrer des mesures ou écrire ou lire des fichiers, etc.), il est nécessaire de rajouter de la mémoire. Pour cela, on peut utiliser un carte Secure Digital ou carte SD qui permet d'allouer de la mémoire supplémentaire tout en conservant un encombrement réduit [12].



Figure II.11: module pour carte SD

II.4.6.1. Caractéristiques techniques

- ✓ Le seuil d'interaction du circuit de conversion de niveau est 5 V ou 3,3 V.
- ✓ L'alimentation est de 4,5 V – 5,5 V ; un circuit de régulation de tension 3.3 V.
- ✓ L'Interface de communication est une interface SPI standard.

- ✓ 4 trous de positionnement de vis M2 pour un montage simple.
- ✓ Supporte les cartes Micro SD (inférieure ou égale 2 Go), Micro SDHC (inférieure ou égale à 32 Go) (Carte mémoire haute performance).

II.4.6.2. Connexion du la carte mémoire

La broche 3.3V et GND de la carte SD et branche au pin 3.3V et GND de la carte Arduino respectivement, La broche CS, MISO, MOSI et le pin SCK est branché pin numérique D10, D12, D11 et D13 de la carte Arduino respectivement (voir la figure II.12).

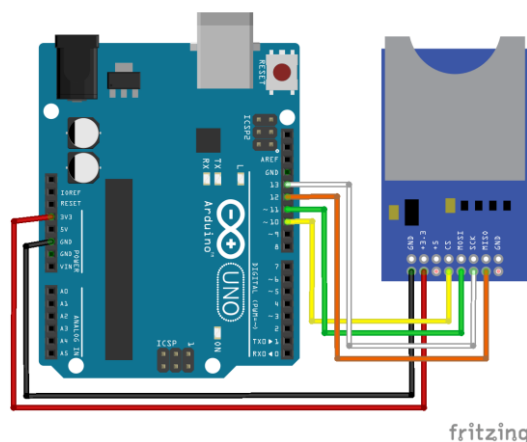


Figure II.12: Câblage du module pour carte SD

II.4.7. Alimentation de station météorologique (Batterie+ panneau solaire)

Pour assurer que la station météorologique est alimentée avec une énergie électrique stable et que des interruptions ne se produisent pas pendant le temps de mesure, nous avons utilisé un panneau solaire qui fournit au système de la station météorologique l'énergie nécessaire, en plus d'une batterie qui alimente la station en période d'absence d'énergie solaire(voir la figure II.13).



Figure II.13: panneau solaire

II.4.7.1. Caractéristiques techniques du panneau solaire

- ✓ Taux de conversion élevé, rendement élevé.
- ✓ Effet remarquable de la lumière faible.
- ✓ La hauteur d'extraction est cassée transmittance de la lumière en verre trempé de haute qualité.
- ✓ Une technologie unique rend le composant très résistant au vent, l'installation est pratique.
- ✓ Technologie unique pour éviter l'accumulation d'eau dans le gel et la déformation de la vue.
- ✓ Tension de fonctionnement: 6 v.
- ✓ Puissance: 3.5W.
- ✓ Travail: courant 0-580mA.
- ✓ Sortie: USB 2.0.
- ✓ Poids net: environ 100 g.
- ✓ Taille: 165 * 135 * 2 mm.

Ce qui concerne la batterie nous avant utiliser une batterie Li-polymer de la marque Condor d'un modèle BGN528 qui fourni un voltage 3.8V et de puissance 15.2Wh avec une capacité 4000 mAh(voir la figure II.14).



Figure II.14: Batterie utiliser pou alimenté la station

II.5.Partie software

II.5.1.Description de la carte ArduinoMega

L'ArduinoMega 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 [10].



Figure II.15. Vue de la carte Arduino Mega.

II.5.2.Caractéristiques techniques de la carte ArduinoMega

Les caractéristiques essentielles de la carte Arduino Mega sont [13] :

- ✓ 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.5.3. Logiciel Arduino:

Le logiciel Arduino est un environnement de développement (IDE) open source et gratuit, téléchargeable sur le site officiel Arduino. Le L'IDE Arduino permet de :

- ✓ d'éditer un programme.
- ✓ de compiler ce programme.
- ✓ de téléverser le programme.
- ✓ de communiquer avec la carte arduino [10].

II.5.4. L'interface de logiciel:

Double-click sur l'icone IDE Arduino est on obtient la fenêtre vierge ci-dessous :

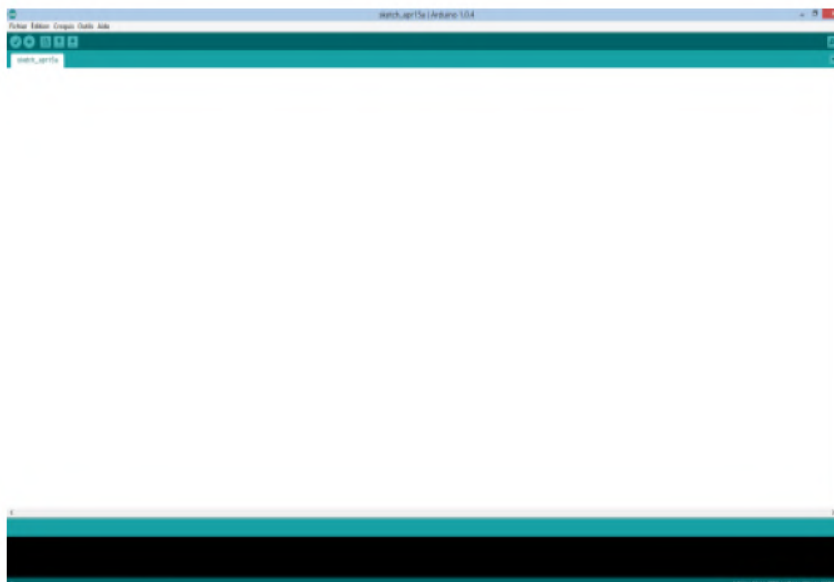


Figure II.16: page vierge dans le logiciel arduino.

Cette fenêtre vide sera remplie de mots et de chiffres et d'autres textes. Cette fenêtre est comme tout autre logiciel que nous utilisons. Elle contient des menus, des boutons, des alertes spéciales, et toutes sortes de contrôles: Ouvrir, Enregistrer, et le bouton du moniteur de série à l'extrême droite.

- ✓ **Nouveau:** crée une nouvelle esquisse.
- ✓ **Ouvert:** présente un menu de tous les croquis dans votre dossier de croquis.
- ✓ **Enregistrer:** enregistre votre croquis.
- ✓ **Vérifiez:** ce bouton permet d'être sûr que le logiciel est exempt d'erreurs de syntaxe.
- ✓ **Envoyez:** ce bouton peut à la fois vérifier et télécharger un croquis à l'Arduino si aucune erreur d'orthographe ou de mise en forme n'est trouvée.
- ✓ **Serial Monitor:** ce bouton permet d'ouvrir le moniteur de série et d'afficher les informations en provenance du port série sur l'Arduino.

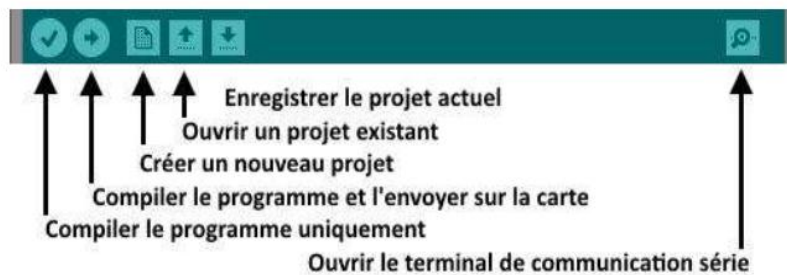


Figure II.17: Détail de barre de bouton.

II. 5.5. Les avantages de l'arduino :

- ✓ Un accès libre aux schémas électroniques des cartes qui permettent à qui le souhaite (entreprises, amateurs) de fabriquer et vendre sa propre carte à condition de ne pas utiliser le nom de la marque.
- ✓ La possibilité d'ajouter des applications au logiciel ARDUINO comme le logiciel gratuit ARDUBLOCK qui permet d'associer une interface graphique de programmation très simple.
- ✓ La connectique des cartes est standardisée ce qui permet de connecter très facilement des cartes additionnelles compatibles appelées SHIELDS ARDUINO [10 ,14].

II. 5.6. Domaine d'utilisation et ces applications

Le système Arduino nous permet de réaliser un grand nombre de choses, qui ont une application dans tous les domaines, l'étendue de l'utilisation de l'Arduino est gigantesque. Pour vous donner quelques exemples, vous pouvez :

- ✓ Électronique industrielle et embarquée.
- ✓ contrôler les appareils domestiques.
- ✓ fabriquer votre propre robot.
- ✓ faire un jeu de lumières.
- ✓ communiquer avec l'ordinateur.
- ✓ télécommander un appareil mobile (modélisme).
- ✓ Physical computing: Au sens large, construire des systèmes physiques interactifs qui utilisent des logiciels et du matériel pouvant s'interfacer avec des capteurs et des actionneurs.
- ✓ Art / Spectacle.
- ✓ Hacker, Prototypage, Education, Etc [14].

II.6. Conclusion

Dans ce chapitre, on a présenté les capteurs que nous avons utilisés pour la réalisation d'une station météorologique, leurs fonctionnalités et leur connexion avec l'unité de commande par l'Arduino. Dans le chapitre qui suit, on présente les résultats obtenus après la conception et la réalisation de cette station météorologique.



Chapitre III

Résultats et discussions

III.1.Introduction

L'objectif de notre travail est de réaliser une station météorologique. La première étape est de vérifier séparément les différents capteurs utilisés. Une fois ces tests sont déterminants, nous passerons à leur adaptation dans une station météorologique. Dans ce chapitre on va discuter les résultats obtenus un par un.

III.2.Présentation de station météorologique réalisée

Après la conception, l'implémentation et la programmation de chaque capteur utilisé dans la carte Arduino Méga, la partie le plus important et la partie mesure.

La figure (III.1) représente notre station autonome après la réalisation



Figure III.1. Station météorologique réalisé.

III.3.Présentation de station météorologique de référence (EHP)

Pour connaître la précision des résultats obtenus à partir par notre station réalisée nous avons choisir une station météorologique pour faire la comparaison entre les deux

stations, cette station est situé a la commune El Hadjira willaya d'Ouargla, la station météorologique (EHP) est équipé par des capteurs numériques sophistiqué qui permet de mesurées les défèrent paramètres métrologiques avec des intervalle de temps arrive jusqu'à des milli secondes, les caractéristiques technique de station (EHP) et représenter dans l'annexe.

La figure (III.2) représente la station (EHP) situé à la commune El Hadjira willaya d'Ouargla.



Figure III.2. Station météorologique (EHP) situé à la commune El Hadjira willaya d'Ouargla.

III.4. Résultats est discussions

Nous avons fait la mesure dans la station (EPH) pendant 4 jours consécutifs de 29/08/2020 jusqu'à 01/09/2020, aussi nous avons réglé le temps de mesure dans notre station chaque 30 minute. Dans cette partie on va discuter les résultats obtenus un par un.

III.4.1. La température

A partir de La figure (III.3), il est clair que les courbes de températures enregistrées par les deux stations, sont de même aspect.

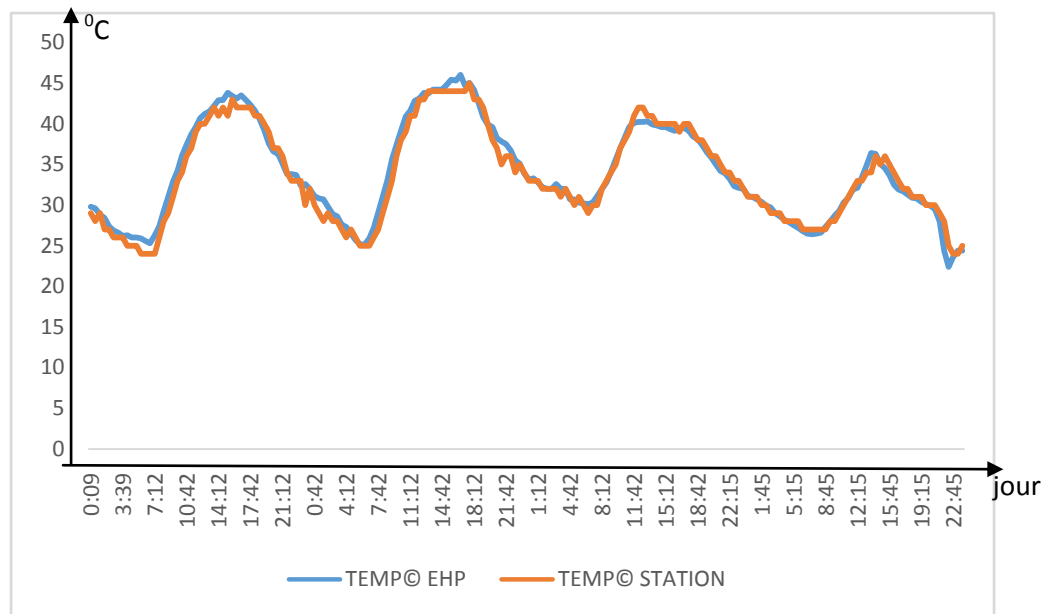


Figure III.3. La température.

III.4.2. L'humidité

On constate une bonne convergence entre les courbes, malgré que la courbe en rouge (Humi(%) STATION) est légèrement supérieure, voir la figure(III.4).

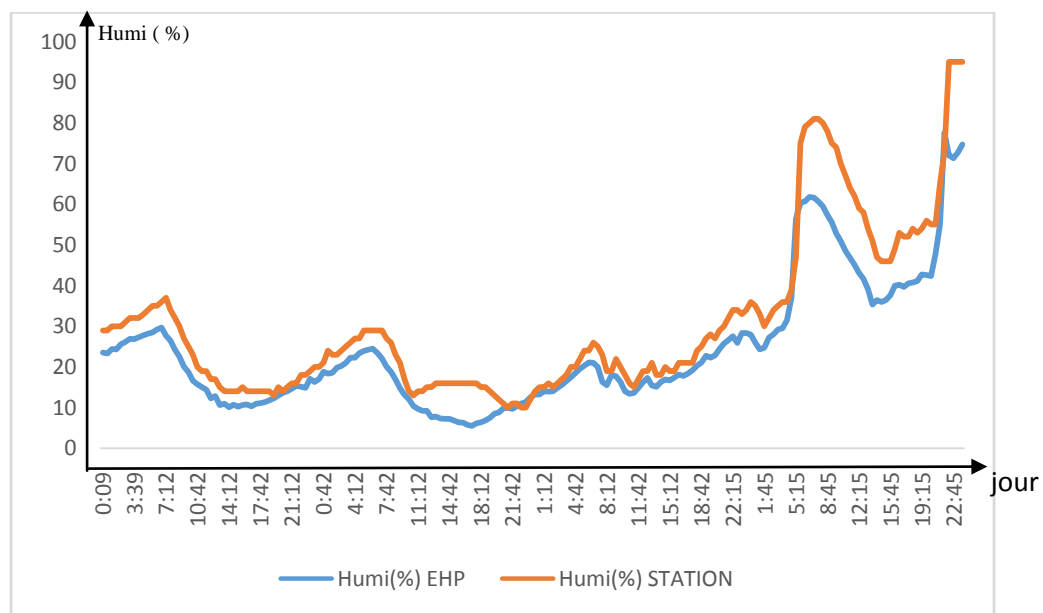


Figure III.4. L'humidité.

III.4.3. La pression

Les deux courbes représentées par la figure (III.5) ont le même comportement.

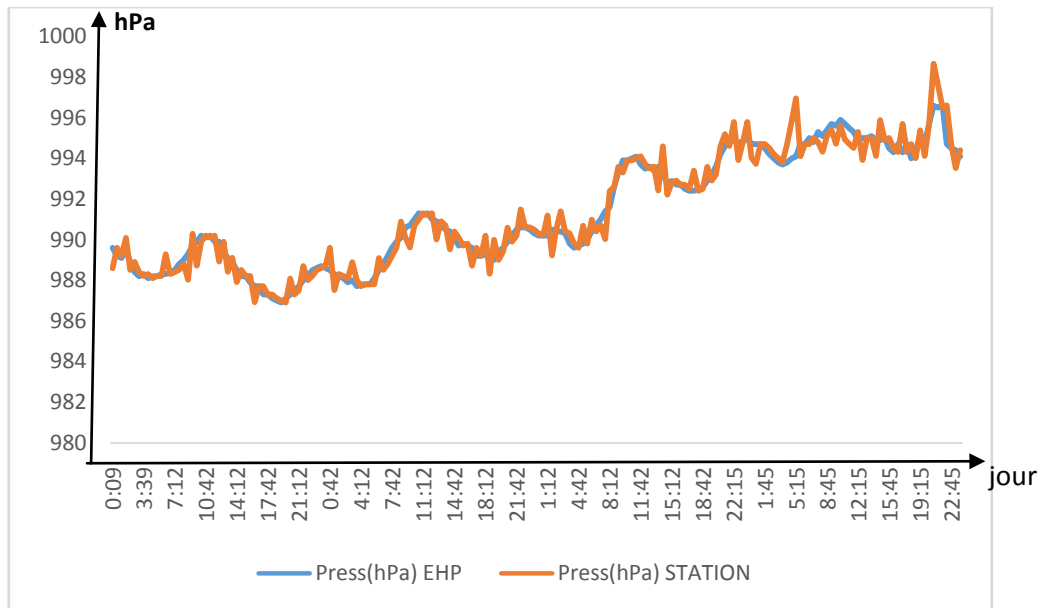


Figure III.5. La pression.

III.4.4. La vitesse du vent

La figure(III.6) illustre que les deux courbes se comportent d’une manière proche malgré qu’ils semblent diverger cela est due de la différence de technique de mesure et la limite de mesure de notre capteur.

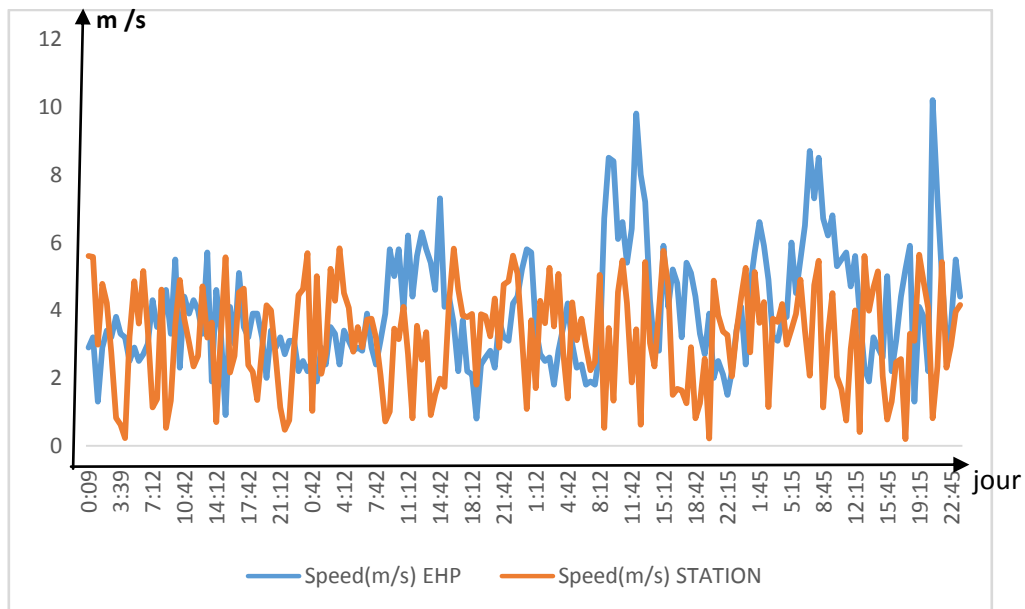


Figure III.6. La vitesse du vent.

III.4.5. La direction du vent :

On observe à partir de La figure (III.7) que Les deux courbes en la même fluctuation.

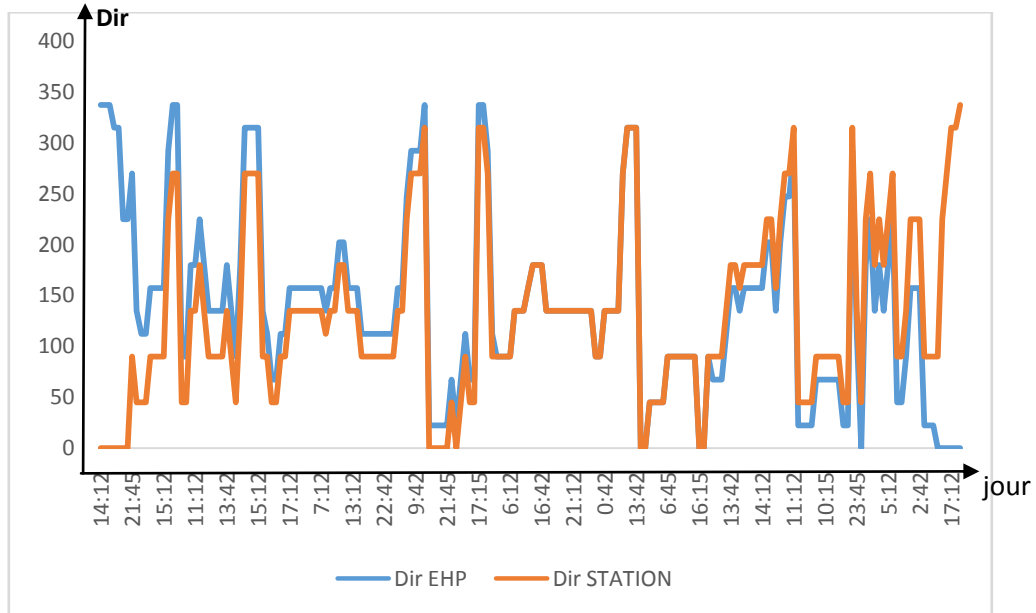


Figure III.7. La direction du vent.

III.4.6. L'intensité

La figure (III.8) démontre que Les deux courbes sont presque identiques.

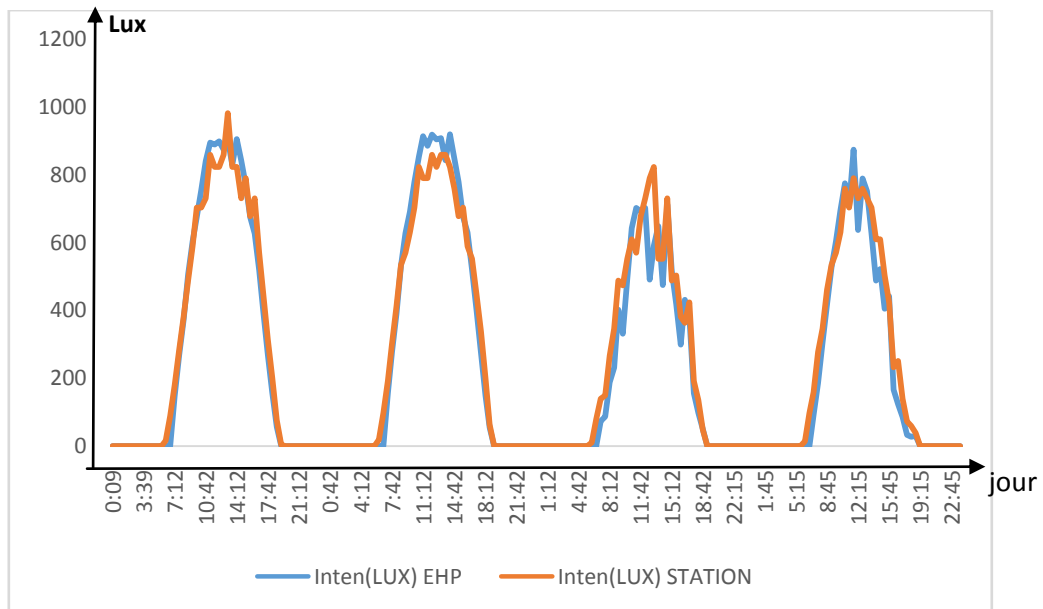


Figure III.8. L'intensité du soleil.

III.5.Discussions

Après la comparaison des courbes pour chaque élément de météorologique il est claire qu'il existe un forte convergence entre les deux stations malgré certains divergences que sont dues au différence de technique de mesure optés par le constructeur de la station EHP et notre station, aussi les limites de nos capteurs et l'échantillonnage entre les deux station allant de millisecondes au minutes tous ca a influencé sur la qualité entre les deux station mais il n'a pas empêché notre station de donner des résultats acceptables en terme de décrire les éléments de météorologique du site de mesure.

Il reste de chercher plus loin pour identifier quel équipage minimal nécessaire pour identifier une zone bien déterminer afin d'étaler une étude exhaustive sur la météorologique locale



Conclusion générale

Conclusion générale

Le travail dur donne toujours des bons résultats, dans le cadre du projet fin d'étude, nous avons essayé de réaliser une station métrologique électronique à base d'une carte Arduino MEGA comme une unité de commande, le rôle de la carte Arduino MEGA est de traiter les données délivrées par les capteurs de Température, Humidité, Pression, direction et vitesse du vent et intensité utilisés, ensuite stocker ces données sur une carte SD et assurer l'autonomie de la station. Après l'obtention des données nous avons traité ces derniers et les comparer par celles d'une station existante sur le même site.

Nous avons tracé les courbes de l'évolution des paramètres sur quarts jours, les résultats ont montrées que la station réalisée a fourni des résultats acceptables, donc on peut installer notre station sur d'autres sites isolés sans problèmes.

Cependant, on peut dire que malgré ces difficultés, les résultats obtenus à travers cette étude qu'ils soient pratiques permettent d'ouvrir la porte à d'autres études. Nous espérons que ce mémoire sera une référence aux personnes désirant développer et réaliser des stations météorologiques plus performant.

Comme perspectives, nous proposons d'ajouter d'autres capteurs et d'avoir une interface graphique sur un site Web permettant de contrôler les résultats en temps réel.

Références bibliographiques

[1]ReguigBerra Imad eddine, ALLAM Yassine, Etude et réalisation d'une station météo connectée par wifi, mémoire de master, Université Mohamed Boudiaf - M'SILA, 2016.

[2]Ait Allouche Sonia, MAZARI Idir, Conception et réalisation d'un réseau de stations météorologiques à base de cartes Arduino, Mémoire de master, université Mouloud Mammeri DE Tizi- Ouzou, 2018.

[3]Ait Allouche Sonia, MAZARI Idir, Conception et réalisation d'un réseau de stations météorologiques à base de cartes Arduino, Mémoire de master, université Mouloud Mammeri DE Tizi- Ouzou, 2018.

[4]HilabMouaiz ,Réalisation d'une station météorologique à base d'Arduino UNO, mémoire de master, Université Mohamed Khider Biskra juin 2018.

[5]Chergui Ahmed Cherif, Hadj Ismael Sid Ahmed, Conception et réalisation d'une station météo avec télétransmission de données, Mémoire de Master, Université Saad Dahlab de Blida, 2015.

[6]ReguigBerra Imad eddine, ALLAM Yassine, Etude et réalisation d'une station météo connectée par wifi, mémoire de master, Université Mohamed Boudiaf - M'SILA, 2016.

[7]Foufou NourElhouda, Radi Nadjlaa, Réalisation d'une station météo connectée, mémoire de master, Université AboubakrBelkaïd– Tlemcen, 2019.

[8] Chergui Ahmed Cherif, Hadj Ismael Sid Ahmed, Conception et réalisation d'une station météo avec télétransmission de données, Mémoire de Master, Université Saad Dahlab de Blida, 2015.

[9] Ait Allouche Sonia, MAZARI Idir, Conception et réalisation d'un réseau de stations météorologiques à base de cartes Arduino, Mémoire de master, université Mouloud Mammeri DE Tizi- Ouzou, 2018.

[10]Hilabmouaiz, Réalisation d'une station météorologique à base d'Arduino UNO, mémoire de master, Université Mohamed Khider de Biskra, 2018.

[11] ReguigBerra Imad eddine, ALLAM Yassine, Etude et réalisation d'une station météo connectée par wifi, mémoire de master, Université Mohamed Boudiaf - M'SILA, 2016.

[12] Mahmoud Bacha Aissa, Conception et réalisation d'une plateforme station météo connectée, mémoire de master, Université M'hamedBougara-Boumerdes, 2017.

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

[14] Astalaseven, Eskimon et Olyte, "Arduino pour bien commencer en électronique et en programmation", Licence Créative Commons BY-NC-SA 2.0.



Annexe

4.2 Module de capteur

4.2.1 Capteur de cinq éléments

Fabricant: modèle de produit de China Flying-Wis Instruments: MULTI-5P

Caractéristiques principales de produit:

- Simultanément mesurer plusieurs paramètres, fonction complète;
- Il peut faire le fonctionnement pour tous les temps, et n'est pas affecté par la pluie torrentielle, la neige et le gel;
- Haute précision de mesure, performance stable;
- Structure robuste, forte résistance à la corrosion, longue durée de vie d'utilisation;
- L'accès de signal est pratique, il peut simultanément fournir le signal numérique et le signal analogique;
- Il n'a pas besoin de faire la maintenance et l'étalonnage sur site;
- La conception est légère et flexible, il est facile à être transporté, au montage et au démontage.



Indice technique:

1) vitesse de vent

Principe de mesure: ultrason

Plage de mesure: 0~60 m/s

Précision: $\pm 3\%$ (mesure lorsque la vitesse de vent =10m/s)

Résolution: 0.1 m/s

2) direction de vent

Principe de mesure: ultrason

Plage de mesure: 0~359.9° omnidirection, sans zone aveugle

Résolution: 0.1° degrés

Précision: $\pm 3^\circ$ degrés (mesure lorsque la vitesse de vent =10m/s)

3) température

Principe de mesure: mesure de température par la tension de jonction de diode

Plage de mesure: -40~+80 °C

Résolution: 0.1°C

Précision de mesure: $\pm 0.2^\circ\text{C}$ valeur classique

Dérapiage: $< 0.04^\circ\text{C}/\text{yr}$

4) humidité

Principe de mesure: type capacitif

Plage de mesure: 0~100% RH

Résolution: 0.05%

Précision de mesure: $\pm 3\%$ RH valeur classique

Dérapiage: $< 0.5\%$ RH/yr

5) pression atmosphérique

Plage de mesure: 10~1100 hPa

Précision de mesure: $\pm 0.5\text{hPa}$ (25°C)

Résolution: 0.1hPa

6) autres paramètres

Dimension: hauteur \times largeur = 210 \times \varnothing 160mm

Poids: 1.8kg

Matériau: alliage d'aluminium

Classe de protection: IP66

Classe anti-déflagrante: classe IA pour le type de sécurité intrinsèque

Température de travail: $-40^\circ\text{C} \sim +70^\circ\text{C}$

Humidité de travail: R 5% \sim 100%

Alimentation de travail: DC 12~30V

Temps moyen sans défaut (MTBF): 50 mille heures

Signal numérique: RS485

Vitesse de transmission: 9600

Signal analogique: 4-20mA

Fréquence d'échantillonnage: 15 fois / seconde

4.2.2 Radiomètre inclinable

Fabricant: pays-bas KTPP&ZONEN

Modèle de produit: CMP6



Classe de norme ISO	Classe 1 (First Class)
Temps de réponse (95%)	18 secondes
Dérapage de rayonnement thermique (200W/m ²)	±15W/m ²
Dérapage de température (5K/hr)	±4W/m ²
Erreur d'année	±1%
Erreur linéaire 1000W/m ²	±1%
Erreur de direction (80°, 1000W/m ² heure)	±20W/m ²
degré de dépendance de température de la sensibilité	±4% (-10~40°C)
Erreur d'inclinaison	±1%
sensibilité	5~16µV/W/m ²
Précision horizontale	0.5°
Température de fonctionnement	-40~80 °C
Plage spectrale (50% de point)	310~2800nm
Sortie de signal	0~15mV
Intensité de rayonnement maximale	2000W/m ²
Erreur accumulée quotidienne prévue	±5%
Domaine d'application	Énergie solaire de haute précision, mesure hydrographique et surveillance d'effet de serre etc.

4.2.3 radiomètre direct solaire de suivi automatique

Fabricant: Angleterre DEL TA-T

Modèle de produit: SPN1 jauge d'intensité d'insolation (conforme à la norme de WMO radiomètre avec bonne qualité)

Indice technique:

Précision d'ensemble: rayonnement total et dispersion	±5% (point quotidien) ±5% ±10W/m ² (valeur méthode par heure)
Résolution	0.6w/m ² =0.6mV
Plage de mesure	0~>2000 w/m ²
Seuil d'état d'insolation	120 w/m ²

Plage de température de fonctionnement	-40~+70°C
Réponse spectrale	400~2700 nm
Précision de correction de cosinus	±2% (plage d'angle de zénith de rayon incident: 0~90°)
sensibilité spectrale	±10% (classique)
degré non linéaire	<1%
Classe de protection	IP67 (imperméable et anti-poussière)
Plage de tension d'entrée	5~15V (DC)
Relation correspondante de sortie analogique	1mV=1w/m ²
Plage de sortie analogique	0~2500mV
Poids	940g
Dimension	140mm (diamètre) ×100mm
Plage de latitude de montage	-90°~ +90°

4.2.4 Pluviomètre

Modèle: JDZ01-1A

Fabricant: Nanjing institut d'hydrologie

Spécification principale et paramètre technique:

Diamètre du trou de pluviomètre: le diamètre est de 200mm.

Résolution: 0.1 mm

Plage de mesure: 0.01~4mm/min

Précision de mesure: l'erreur admise est de ±0.4mm (≤10mm); ±4% (> 10mm)

Alimentation et protection contre foudre: sans consommation de puissance, le capteur et la transmission de signal de sortie possèdent la mesure de protection contre la foudre.

Mode de sortie de signal: signal ON-OFF du contact de double (simple) commutateur de roseau

capacité de contact de commutateur: DC V≤12V, I≤120mA

nombre de fois de travail de contact: ≥1×10⁷ fois;

condition d'environnement: la température de travail est de 0~+50°C l'humidité relative n'est pas limitée.

Anti-bourrage: le capteur possède la mesure de protection contre le bourrage, le ravageur et la poussière.



4.2.5 Batterie solaire standard

Fabricant: Jinzhou Sunshine

Modèle de produit: PTWD-2A



Indice technique:

La batterie solaire standard est la batterie photovoltaïque monocristalline ou polycristalline à 2cm*2cm (elle peut être commandée selon le besoin d'utilisateur), après le vieillissement et la sélection, la batterie avec bonne stabilité et surface uniforme est sélectionnée pour faire l'étanchéité à vide avec étanchéité complète. La batterie solaire est placée dans le centre de la base carrée en aluminium, et d'équiper une fenêtre en verre de protection contre l'irradiation, l'étanchéité de fenêtre adopte l'adhésive photosensible avec bonne transparence et coefficient de réfraction similaire. Pt100 capteur de température de résistance en platine est équipé sous la batterie solaire, l'étalonnage a été fait avant l'étanchéité. La batterie solaire et le capteur de mesure de température adoptent Kelvin mode de câblage avec sortie de quatre bornes.

Usage de batterie standard:

La batterie solaire standard est généralement utilisée pour l'étalonnage quotidien ou la mesure de l'irradiance totale (W/m^2) créée de source lumière (la lampe au xénon, le simulateur solaire etc.) sur la surface de batterie solaire mesurée. Lorsque l'irradiance de simulateur solaire est changée, le rapport de l'irradiance de simulateur solaire au courant de court-circuit généré par le rayonnement sur la batterie solaire est près de la constante, donc l'irradiance solaire peut être obtenue par le courant de court-circuit mesuré.

4.3 Module de dispositif d'acquisition de données

Fabricant: Campbell Scientific

Modèle de produit: CR1000

CR1000 dispositif d'acquisition de données possède le haut taux de coût-efficacité, la haute précision, la haute adaptabilité, la haute fiabilité et les autres caractéristiques. Il est composé par un modèle de contrôle de mesure et un panneau de câblage, avec une forte capacité de communication de réseau. Sa vitesse de balayage peut atteindre 100Hz, avec le port d'entrée analogique, le port de comptage d'impulsion, le port de conversion d'excitation de tension, le port numérique et l'autre port, son port périphérique possède CS I/O, RS-232 et SDM etc. CR1000 peut être largement appliqué pour l'observation météorologique, la recherche agricole, la recherche d'humidité de sol, l'observation de vent, la station météorologique de route, le test de produit industriel, l'observation de flux, le système de covariance de mouvement de vortex et les autres domaines. Pour l'équipement, voir la figure 3.3-1.

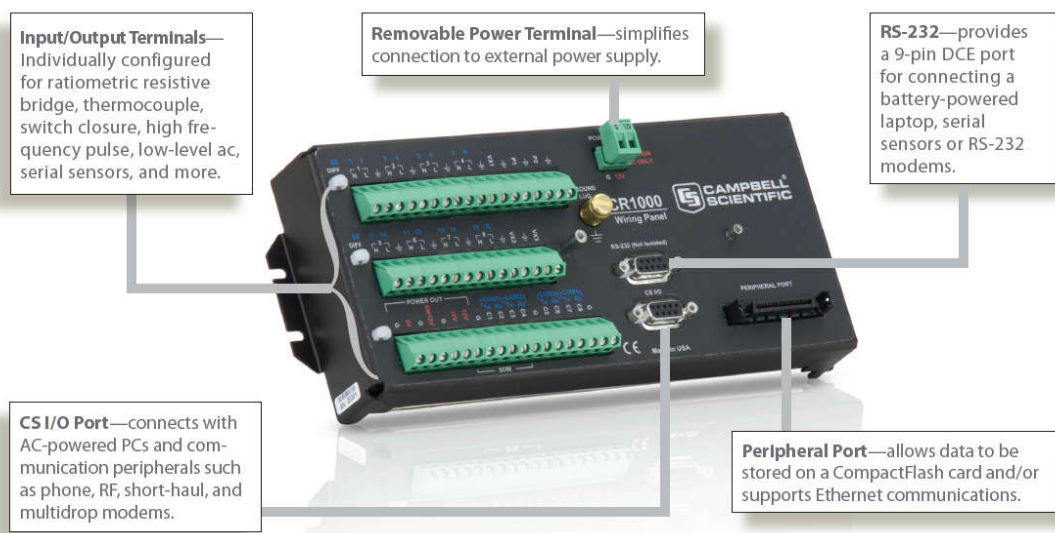


Figure 4-4 CR1000 dispositif d'acquisition de données

Caractéristique d'équipement

- ◆ mémoire 4M;
- ◆ vitesse de balayage maximal de programme: 100Hz (standard); 1500 Hz (burst);
- ◆ port CS I/O et port de communication RS-232;
- ◆ conversion analogique / numérique à 13 bits;
- ◆ micro-contrôleur à 16 bits, avec CPU interne à 32 bits;
- ◆ compensation de température interne, horloge en temps réel;
- ◆ simple précision, excitation analogique /numérique, il est utilisé pour la mesure du rapport de résistance;
- ◆ le canal d'entrée analogique équipe le tuyau de protection de décharge de gaz;
- ◆ afin d'assurer la mesure correcte, lorsque l'heure et la température sont changées, l'étalonnage est fait selon le système de Beijing;
- ◆ les données enregistrées en forme de tableau possèdent le label d'heure et le label d'enregistrement;
- ◆ lorsque l'alimentation principale de CR1000 est coupée, la batterie supporte la mémoire SRAM et l'horloge, elle peut assurer que les données, le programme, l'heure correcte et les autres informations ne sont pas perdues;

Paramètres principaux

Nombre du canal d'entrée analogique:	16
Vitesse de balayage maximale:	100Hz

Tension d'entrée maximale:	±5000mV
Résolution de tension analogique:	0.67μV
Nombre de bit A/D:	13
Impédance d'entrée:	20GΩ
Mode de burst:	1.5KHz
Canal d'impulsion:	2
Canal de sortie analogique:	3
Tension d'excitation:	±5000mV réglable
Port numérique:	8 ports I/O
Alimentation:	9.6~16v DC
Mémoire de programme:	1M
Mémoire de données:	2M
Température de travail:	-25°C~+50°C-55°C~+85°C(après l'extension)
Précision d'horloge interne:	±3 minutes/an
Dimension:	21.6×9.9×2.2cm
Poids:	1Kg

La mesure de synchronisation peut accéder le signal SDM.

Précision: ±(0.1% de valeur lue + dérapage), 0~40°C

±(0.2% de valeur lue + dérapage), -25~50°C

±(0.4% de valeur lue + dérapage), -55~85°C(seul -XT)

Ce dispositif d'acquisition de données est conforme à la norme CE:

BS EN6 1326: 2002

CPU et port de câblage

Processeur: HITACHI H8S 2322

Mémoire de programme: 16K

Enregistrement de données: 2M standard, 4M en option

Port: COM1(CSI/O), COM2 (RS232)

Port d'équipement externe: enregistrement de données avec raccordement de 40 broches ou équipement de communication périphérique, par exemple CFM100 module.

Vitesse de transmission: 300~115.2 kbps peut être sélectionnée. Protocole ASCII, un bit de début, un bit de fin, 8 bits de données, sans bit paire et impaire.

Précision d'horloge: ± 3 minutes/an ($-30\sim 85^{\circ}\text{C}$);

± 15 minutes/an ($-55\sim 85^{\circ}\text{C}$, seul -XT)

Consommation de puissance classique:

Mode de veille: 0.5 mA

Vitesse de balayage à 1 Hz (mesure d'un simple port rapide): 0.6 mA

Vitesse de balayage à 100 (mesure d'un simple port rapide): 7.0 mA

Vitesse de balayage à 100 (mesure d'un simple port rapide, w/RS-232 communication): 7.0 mA

Batterie externe: 12VDC; protection d'inversion de polarité, dimension de batterie: 21.6×9.9×2.2

Module de contrôle et de mesure: 23.9×10.2×6.1cm

Poids: 1kg

Période de garantie: trois ans

4.4 Module de communication

Le dispositif d'acquisition de données utilisé pour la station météorologique automatique photovoltaïque de ce projet est CR1000, ce dispositif possède seulement le port RS232, mais la distance de transmission de RS232 est plus courte, il limite la plage de choix d'adresse de châssis d'acquisition de données, alors le convertisseur avec haute performance 232/485 doit être équipé, afin que le mode de communication RS232 est converti au mode RS485. 3ONEDATA TLC485/9 mini-convertisseur 232/485 universel est adopté pour ce projet, voir la figure 3.4.1-2,

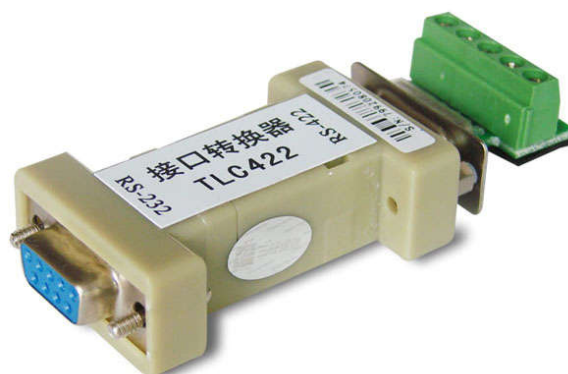


Figure 4-5 3ONEDATA TLC485/9 mini-convertisseur 232/485 universel



Il combine le fil de données RS485 pour l'utilisation, voir la figure 3.4.1-3,

figure 4-6 Fil de données RS485

4.5 Module d'alimentation

Le mode d'alimentation applicable pour l'équipement de station météorologique automatique photovoltaïque de ce projet est l'alimentation DC 12V. Afin d'assurer l'alimentation stable, on sélectionne que l'alimentation urbaine 220V est convertie à DC 12V après l'alimentation de stabilisation de tension DC. 4NIC-X72 alimentation linéaire intégrée est utilisée pour ce projet, voir la figure 3.5-1,



Figure 4-7 4NIC-X72 alimentation linéaire intégrée

Spécification d'entrée:

Tension: AC110/220/380V \pm 10%

Nombre de phase: simple phase / trois phases

Fréquence: 50Hz/400Hz

Spécification de sortie:

Spécification: DC12V/6A, puissance: 72W

La spécification peut être commandée, pour simple voie, plusieurs voies et mode réglable.

Paramètre de sortie:

Précision de tension: $\leq \pm 1.0\%$

Taux de réglage de tension: $\leq 0.5\%$

Taux de réglage de courant: $\leq 1.0\%$

Ondulation:

Vrms (valeur efficace) $\leq 1\text{mV}$ ($U_0 < 48\text{V}$)

Vp-p (valeur de crête à crête) $\leq 10\text{mV}$ ($U_0 < 48\text{V}$)

Protection:

Sortie: avec protection de surcourant (mode de limite de courant), protection de court-circuit, protection de surchauffe et protection de surtension.

Température environnementale de fonctionnement:

Niveau aéronautique: $-55^\circ\text{C} \sim +85^\circ\text{C}$

Niveau militaire: $-40^\circ\text{C} \sim +55^\circ\text{C}$

Niveau industriel: $-25^\circ\text{C} \sim +50^\circ\text{C}$

Niveau commercial: $0^\circ\text{C} \sim +50^\circ\text{C}$

Paramètre de sécurité:

Tension d'isolation:

Entrée en face de la sortie: AC1000V/minute (courant de fuite $\leq 10\text{mA}$)

Entrée en face de la coque: AC1500V/minute (courant de fuite $\leq 10\text{mA}$)

Résistance d'isolation:

Entrée en face de la coque, entrée en face de la sortie: DC1000V $\geq 200\text{M}\Omega$

Sortie en face de la coque, sortie en face de la sortie: DC250V $\geq 200\text{M}\Omega$

Caractéristique électrique:

Petite tension d'ondulation de sortie, avec contrôle de chip intégré, haute fiabilité, bonne compatibilité électromagnétique, conception de circuit de basse différence de tension et grande marge de conception.

Conception de structure:

Coque en alliage d'aluminium, la coque est aussi le radiateur, la surface de coque dispose beaucoup d'ailettes de radiation thermique, pour efficacement augmenter la surface de radiation thermique et favoriser la prolongation de la durée de vie d'alimentation, avec le blindage métallique à six faces, la bonne compatibilité électromagnétique,

الملخص:

في هذا العمل قمنا بإنجاز محطة رصد جوي ذاتية التشغيل تسمح بقياس كل من درجة الحرارة، نسبة الرطوبة، الضغط الجوي، شدة الإضاءة، سرعة الرياح و اتجاه الرياح . يتم جمع كل هذه البيانات بواسطة بطاقة أردوينو ميغا ومن ثم تخزينها في بطاقة ذاكرة SDcard. بعد الحصول على البيانات قمنا بمعالجتها ومقارنتها مع محطة أرصاد جوية تقع بمدينة الحجيرة ولاية ورقلة. و بعد إجراء المقارنة أظهرت النتائج أن المحطة المنجزة قدمت نتائج مقبولة على مدار أربعة أيام من القياس. الكلمات المفتاحية: محطة أرصاد جوية، أردوينو ميغا، جهاز إستشعار درجة الحرارة، جهاز قياس الضغط الجوي.

Abstract:

In this work, we fabricated an automatic mini weather station that allows measuring temperature, humidity, atmospheric pressure, light intensity, wind speed and wind direction. All these data are collected by an Arduino mega card and then recorded on an SD card memory. After obtaining the data, we processed it and compared it with a meteorological station located in the city of ELhadjira, willaya of Ouargla.

After performing the comparison, the results showed that the completed station presented acceptable results over of four days of measurement.

Keywords: Weather station, Arduino Mega, temperature sensor, barometer.

Résumé:

Dans ce travail, nous avons construit une mini station météorologique automatique qui permet de mesurer la température, l'humidité, la pression atmosphérique, le rayonnement solaire global, la vitesse et la direction du vent. Ces données sont collectées par une carte Arduino Mega puis enregistrées sur une carte mémoire SD. Après l'obtention des données, nous avons comparées ces résultats à une station météorologique située dans la ville d'El-hadjira, willaya d'Ouargla.

Les résultats ont montré que la station achevée présentait des résultats acceptables pendant quatre jours de mesure.

Mots clés: mini station météo, Arduino Mega, capteur de température, baromètre.