



LICENCE SCIENCES ET TECHNIQUES

Génie Electrique

RAPPORT DE FIN D'ETUDES

Conception et réalisation d'une chaîne d'acquisition météorologique

Présenté par :

Joseph NOUMOINVI

Imminent SHADDAI

Encadré par :

Mr. Abdellah MECHAQRANE

(FST FES)

Soutenu le 7 Juillet 2021 devant le jury :

Pr. A. MECHAQRANE

(FST FES)

Pr. Najia ES-SBAI

(FST FES)

RESUME

Depuis fort longtemps, la vie de l'Homme voire sa révolution ainsi que son évolution outre ses activités de même la santé de la planète ont un rapport étroit avec les paramètres météorologiques ou climatiques.

Les stations météorologiques sont de puissants outils qui ont révolutionné beaucoup de secteurs dans le monde, et sont même devenues indispensables dans la vie de l'être humain. Les prévisions météorologiques jouent un rôle primordial dans les navigations maritime, aérienne et terrestre. Elles permettent aussi :

- D'éviter des pertes de vies humaines lors des catastrophes naturelles (cyclones, ouragans, typhons, tempêtes, ...),
- D'améliorer les rendements en agriculture en prévoyant, à l'avance, les conditions climatiques futures,
- D'optimiser la gestion des microgrids en prévoyant les productions électriques des centrales à énergie renouvelable...

Disposer d'instruments qui permettent l'acquisition des données de ces paramètres à des échelles temporelles horaires ou subhoraires (allant jusqu'à 1 mn) s'avère primordiale. C'est dans ce cadre que s'inscrit notre projet de fin d'études de la Licence Génie Electrique.

Dans ce présent rapport, nous proposons la réalisation d'une station météo et d'une chaîne d'acquisition de données météorologiques. Le Rayonnement Photosynthétiquement Actif (RPA), le Rayonnement solaire global, la Température et l'Humidité relative de l'air sont les variables climatiques considérées. Pour l'acquisition des données, nous proposons l'usage de la carte Arduino et de son logiciel en vue de traiter les données et l'usage d'un logiciel d'acquisition (ici Coolterm) en vue d'envoyer les données texte recueillies dans un fichier.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier le personnel de la Faculté de Sciences et Techniques en particulier les professeurs qui nous ont discerné une formation de qualité et qui ont été d'un grand investissement dans notre parcours.

Nous adressons nos nobles et sincères remerciements au Pr. Abdellah MECHAQRANE, qui a été plus qu'un encadrant pour la réalisation du projet ; d'avoir mis à notre disposition son intelligence et sa connaissance, ainsi que son temps et ses conseils très pratiques.

A M. Abdelillah BYOU, M. Ali Mijitaba ainsi qu'à toute personne ayant contribué à la réalisation du projet, nous témoignons notre gratitude.

Nous saluons les membres du Jury d'avoir accepté de juger notre travail.

SOMMAIRE :

LISTE DES FIGURES.....	7&8
Introduction générale	9
CHAPITRE I : LABORATOIRE D’ACCUEIL.....	9
I-Lieu de stage.....	10
1- Equipes de recherches.....	10
2- Organigramme du laboratoire.....	10
3- Effectif et établissement d’accueil.....	10
Thématiques de recherche.....	11
1-Mathématique, Informatique et Intelligence Artificielle.....	11
2-Géologie et Géophysique appliquées aux Géoressources et Géorisques.....	11
3-Systèmes Embarqués, Électronique et Télécommunications.....	12
4- Énergies Renouvelables et Développement Durable.....	12
CHAPITRE II : GENERALITES SUR LES STATIONS METEOROLOGIQUES & PRESENTATION GENERALE DU PROJET.....	13
INTRODUCTION.....	13
○ GENERALITES SUR LES STATIONS METEOROLOGIQUES.....	13
I STATION DE LA FST FES.....	13
1-) Station météorologique.....	13
2-) Présentation de la station.....	13
II PARAMETRES METEOROLOGIQUES.....	14
1-Rayonnement solaire global.....	14
2-Rayonnement photosynthétiquement actif.....	15
3- Température de l’air.....	15
4-Humidité de l’air	15

4.1 Humidité absolue.....	15
4.2 Humidité relative.....	15
5- Vitesse et direction du vent.....	15
III CAPTEURS DES STATIONS METEOROLOGIQUES.....	16
1- Pyranomètre	16
2- Capteur PAR.....	17
3- Thermo-hygromètre.....	17
4- Anémomètre	17
5- Pluviomètre.....	18
○ PRESENTATION GENERALE DU PROJET.....	18
1- Notre projet en quelques mots :	18
2- L'Anémomètre YOUNG.....	19
3- Le Pyranomètre SPLite	19
4- Le Quantum Sensor PAR SKP 215	20
5- La Sonde HMP45C.....	20
CONCLUSION.....	21
CHAPITRE III – REALISATION DE LA CHAINE D'ACQUISITION.....	22
Introduction.....	22
I- HARDWARE.....	22
1- Arduino Uno.....	22
2-Fonctionnements et limites.....	23
II-SOFTWARE.....	23
1-Logiciel de récupération des données utilisé.....	23
2-Fonctionnement du logiciel.....	23
III- CABLAGE DES DIFFERENTS MATERIAUX.....	24

1-Câblage de L'Anémomètre.....	24
2-Câblage du SP Lite.....	25
3-Câblage du SKP 215.....	25
4-Câblage de la sonde HMP45C.....	26
CONCLUSION.....	26
CHAPITRE IV– MISE EN FONCTIONNEMENT ET ACQUISITION DE DONNEES DE LA STATION METEOROLOGIQUE.....	27
INTRODUCTION.....	27
I- RESULTATS DES TESTS DE MESURE.....	27
1-Acquisition de la Vitesse et la direction du Vent.....	27
2- Acquisition du rayonnement solaire global.....	28
3- Acquisition du rayonnement photosynthétiquement actif.....	28
4- Acquisition de la température et de l'humidité relative de l'air.....	29
CONCLUSION.....	31
CONCLUSION GÉNÉRALE.....	32
REFERENCES.....	33

Liste des Figures

Figure 1 : Station de la FST Fès

Figure 2 : Composantes du rayonnement solaire

Figure 3 : Pyranomètre

Figure 4 : Pyranomètre Thermophile

Figure 5 : Pyranomètre photo cellulaire

Figure 6 : Capteur PAR

Figure 7 : Thermo-hygromètre

Figure 8 : Anémomètre à coupelle

Figure 9 : Anémomètre à hélice

Figure 10 : Pluviomètre

Figure 11 : Anémomètre Young 05103

Figure 12 : Pyranomètre SP-LITE

Figure 13 : Capteur PAR SKP 215

Figure 14 : Sonde HMP 45C

Figure 15 : Carte Arduino Uno

Figure 16 : Coolterm

Figure 17 : Câblage de l'Anémomètre

Figure 18 : Signal de sortie de la vitesse (fonction de la fréquence)

Figure 19 : Câblage du SP-LITE

Figure 20 : Câblage du SKP 215

Figure 21 : Câblage de HMP 45C

Fiche n°1 : Extrait du Datasheet

Figure 22 : Redressement simple alternance

Fiche n°2 : Extrait du Datasheet

Figure 23 : Rayonnement solaire par une journée d'ensoleillement élevée enregistrée sur la page web et ouvrable sur bloc-notes sous forme de fichier .txt

Figure 24 : Rayonnement photo synthétiquement actif par une journée d'ensoleillement élevée enregistrée sur la page web et ouvrable sur bloc-notes sous forme de fichier .txt

Figure 25 : Températures et humidités relatives mesurées respectivement à des pas de temps différents.

INTRODUCTION GENERALE

Les conditions météorologiques ont un rapport déterminant avec la vie de l'Homme. En effet, la majorité de ses activités et même sa vie en dépendent. Les stations météorologiques jouent actuellement un rôle primordial dans notre vie quotidienne.

C'est dans cette optique que vient s'aligner le but ultime de notre projet, celui de la réalisation d'une station météorologique et d'une chaîne d'acquisition de données climatiques à la FST de Fès.

L'enjeu majeur de notre présent projet est la réalisation d'un système d'acquisition des données météorologiques à partir de capteurs professionnels disponibles au laboratoire SIGER. En particulier, nous nous intéressons aux capteurs des variables suivantes : température et humidité relative de l'air, vitesse et direction du vent, rayonnement solaire global et Rayonnement Photosynthétiquement Actif.

Notre mémoire est organisé en quatre chapitres. Le premier chapitre est réservé à la présentation de lieu du stage. Il s'agit, du laboratoire de recherche Systèmes Intelligents, Géoressources et Energie Renouvelables. Une présentation de quelques généralités sur les stations, les variables et les instruments de mesures météorologiques considérés dans le présent travail fera l'objet du deuxième chapitre. On présentera, dans le troisième chapitre, les outils hardware et software utilisés pour la réalisation de notre projet. Le dernier chapitre sera consacré à la mise en fonctionnement et à l'acquisition des données. On terminera par une conclusion générale et par la présentation de quelques perspectives.

CHAPITRE I : LABORATOIRE D'ACCUEIL

I-Lieu de stage

Notre stage a été effectué au sein de laboratoire Systèmes Intelligent, Géoressources et Énergies Renouvelables (SIGER).

1 Equipes de recherche

Le laboratoire SIGER est constitué de quatre équipes de recherche :

- ① Mathématique, Informatique et Intelligence Artificielle (**M2IA**)
- ② Géologie et Géophysique appliquées aux Géoressources et Géorisques (**2GA2G**)
- ③ Systèmes Embarqués, Électronique et Télécommunications (**S2ET**)
- ④ Energies Renouvelables et Développement Durable (**ER2D**)

Nous avons effectué notre stage au sein de l'équipe Energies Renouvelables et Développement Durable (ER2D).

2 Organigramme du laboratoire

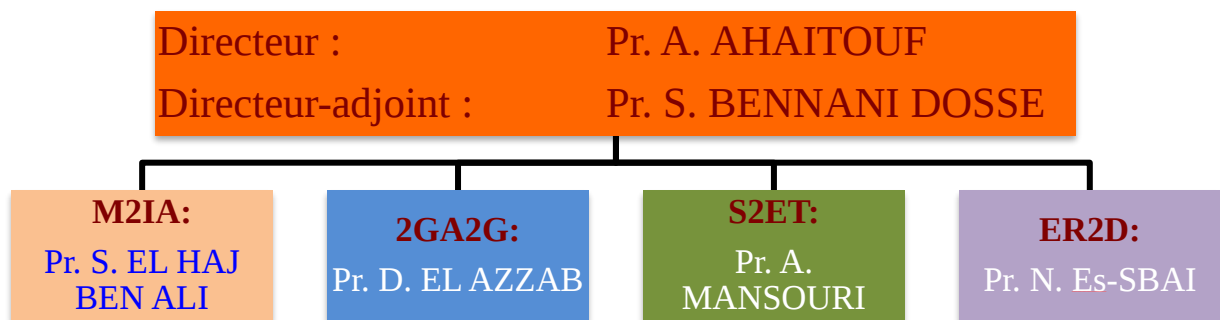


Figure 1 : Organigramme du laboratoire de recherche SIGER

3 Effectif & Etablissement d'accueil

- Le laboratoire a un effectif de :
 - 30 Enseignants chercheurs permanents
 - 77 Doctorants
 - 29 chercheurs associés
- Etablissement d'accueil: FST de Fès

- Etablissement membre: ENSA de Fès

Thématiques de recherche

Les différentes équipes du laboratoire SIGER travaillent dans différents domaines de recherche complémentaires et innovants. Les principales thématiques de recherche pour chaque équipe sont :

① Mathématique, Informatique et Intelligence Artificielle

- Problème de la médiane ordonnée d'un nombre fini de fonctions rationnelles, la Théorie de Localisation et ses applications pratiques, comme en gestion et valorisation des ressources naturelles et gestion des risques.
- Calcul Scientifique, Optimisation Polynomiale, Optimisation multi objectifs et la Programmation Semi-définie positive, utiles aux modélisations visant la connaissance, la maîtrise et la gestion des systèmes naturels et environnementaux ;
- Services Web, Ingénierie dirigée par les Modèles, Adaptations et applications aux problèmes de gestion, voire d'anticipation de l'évolution des systèmes ; • Risques et sécurité des systèmes d'information ;
- L'innovation industrielle au service de l'environnement et de la technologie

② Géologie et Géophysique appliquées aux Géoressources et Géorisques

- Problème de la médiane ordonnée d'un nombre fini de fonctions rationnelles, la Théorie de Localisation et ses applications pratiques, comme en gestion et valorisation des ressources naturelles et gestion des risques.
- Calcul Scientifique, Optimisation Polynomiale, Optimisation Multiobjectifs et la Programmation Semi-définie positive, utiles aux modélisations visant la connaissance, la maîtrise et la gestion des systèmes naturels et environnementaux ;
- Services Web, Ingénierie dirigée par les Modèles, Adaptations et applications aux problèmes de gestion, voire d'anticipation de l'évolution des systèmes ; • Risques et sécurité des systèmes d'information ;
- L'innovation industrielle au service de l'environnement et de la technologie

③ **Systèmes Embarqués, Électronique et Télécommunications**

- Physique des composants et des capteurs de l'échelle micro à l'échelle nanométrique, capteurs intelligents et leurs applications ;

Traitement de signaux, traitement d'image et traitement vidéo ;

- Systèmes embarqués : Description matérielle, architectures parallèles, systèmes temps réel ; Adéquation algorithme-architecture
- Conception des circuits intégrés analogiques et numériques multi-usages.
- Télécommunications, Antennes microonde, propagation et RFID et exploration des opportunités de leurs usages prospectifs, y compris dans le domaine de l'environnement ;

④ **Énergies Renouvelables et Développement Durable**

- Énergie solaire, énergie Éolienne, Gisement solaires, Gisement éolien
- Intégration dans les réseaux, Réseaux intelligents (smart grids)
- Véhicule électriques et hybrides, Batteries intelligents
- Solaire photovoltaïque et Photovoltaïque à concentration
- Micro-réseaux et sites isolés
- Efficacité énergétique dans le bâtiment, bâtiment vert, séchage solaire

Notre stage de projet de fin d'études a été effectué au sein de l'équipe Énergies Renouvelables et Développement Durable.

CHAPITRE II : GENERALITES SUR LES STATIONS METEOROLOGIQUES & PRESENTATION GENERALE DU PROJET

Dans ce chapitre, il sera question de présenter les outils de mesures usités à l'échelle mondiale dans les stations météorologiques notamment ceux dont on dispose à la FST et présenter notre projet.

○ GENERALITES SUR LES STATIONS METEOROLOGIQUES

I-Station de la Faculté des Sciences et Techniques de Fès

1- Station météorologique

Une station météorologique n'est autre qu'un ensemble composé d'instruments de mesure notamment les capteurs qui fournissent des mesures de variables climatiques.

2- Présentation de la station

La Faculté des Sciences et Techniques disposait (2009-2015) d'une Station météo (figure 1) dont les instruments fournissent les mesures des paramètres suivants :



Figure 1 : Station météorologique de la FST-Fès

- Le rayonnement solaire Photosynthétiquement actif

- La Température de l'air
- L'humidité relative de l'air
- La vitesse et la direction du vent
- Le rayonnement solaire global et diffus

Une panne de la chaîne d'acquisition de cette station est survenue en 2015.

II-LES PARAMETRES METEOROLOGIQUES

Dans cette partie nous aborderons les paramètres météorologiques en général et définir ceux de la Station présente à la FST.

1- Le Rayonnement Solaire Global

Le rayonnement solaire global est l'énergie rayonnante totale du soleil qui atteint une surface horizontale à la surface de la Terre au cours d'une unité de temps précise. Il est d'environ 1.000 W/m^2 pour un rayonnement solaire vertical [Reference (Voir page 33)]. Le rayonnement solaire global est la somme des trois composantes suivantes :

- **Le Rayonnement solaire Direct** : est le rayonnement qui atteint la surface de la terre sans être réfléchi ou diffusé. Il varie en fonction de la hauteur du soleil, de l'inclinaison et de l'orientation de la surface réceptrice. Il se mesure par un Pyrhéliomètre.
- **Le Rayonnement solaire Diffus** : Le rayonnement diffus résulte de la diffraction de la lumière par les nuages et les molécules diverses en suspension dans l'atmosphère.
- **Le Rayonnement solaire Réfléchi** : est constitué des rayons solaires réfléchis par la surface de la terre, notamment lorsqu'ils rencontrent de la glace ou iceberg et autres.

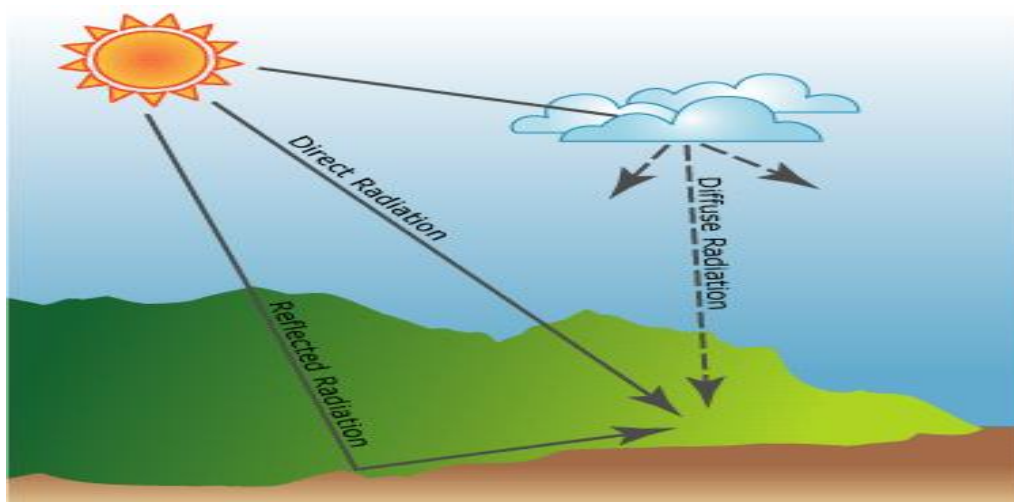


Figure 2 : Composantes du rayonnement solaire global

A l'horizontal, le rayonnement global n'est composé que du direct et du diffus.

Sa puissance maximale dépend de la position géographique, de la saison et des conditions météorologiques.

2- Le Rayonnement Photosynthétiquement actif

Le **rayonnement Photosynthétiquement actif** (RAP ou PAR en Anglais) est un rayonnement dont les longueurs d'ondes s'étendent de 400 à 700 nm . Il est utilisé par les organismes photosynthétique dans le processus de la photosynthèse. Le PAR est utilisé en agriculture, la foresterie.

3- La Température

Toute la matière qui nous entoure se trouve dans un état plus ou moins stable. La température est le ressenti que l'on a de l'état dans lequel se trouve la matière. La température peut varier selon l'humidité et aussi selon le vent. Cette grandeur physique est mesurée à l'aide du **thermomètre**. Elle s'exprime soit en **degré Celsius ou en Kelvin** ou encore en **Fahrenheit**.

4- L'Humidité

L'humidité désigne la quantité d'eau ou de vapeur d'eau présent dans l'air. En météorologie, il y a deux façons de quantifier l'humidité présente dans l'air ; il s'agit de l'Humidité Absolue et de l'Humidité Relative.

4.1- L'Humidité Absolue

L'humidité absolue est définie pour l'air humide comme sa teneur en vapeur d'eau. Elle s'exprime en gramme d'eau par mètre cube d'air(g/m^3). Cette quantité est invariante, elle n'est pas soumise aux variations de la température .

4.2- L'Humidité Relative de l'air

L'humidité relative de l'air, ou **degré hygrométrique**, correspond au rapport de la pression partielle de la vapeur d'eau contenue dans l'air sur la pression de vapeur saturante à la même température. Il s'exprime en pourcentage.

5- La Vitesse et la Direction du Vent

Le **Vent** n'est que le déplacement ou le mouvement de l'air provenant d'une différence de pression. Il y en a deux, le vent à l'horizontal et à la verticale. En météorologie, on ne s'intéresse qu'au vent à l'horizontal. Le vent est défini par deux paramètres : La Vitesse et la Direction.

La **Vitesse du vent** est mesurée à l'aide d'un Anémomètre, et a pour unités : Le Mètre par seconde(m/s), le Kilomètre par Heure (Km/h), le Nœud (en mer).

La **Direction**, elle est déterminée par une Girouette. Elle se mesure en Degré, en fonction de la position de la Girouette par rapport au Nord.

III- LES CAPTEURS DES STATIONS METEOROLOGIQUES

1-Le Pyranomètre



Figure 3 : Pyranomètre

Le **Pyranomètre** est un capteur qui convertit le rayonnement solaire global en signal électrique mesurable (avec ce dernier on peut mesurer le rayonnement réfléchi, diffus). En ce qui concerne le Pyranomètre, il en existe toute une panoplie (le SR20, le DPA855, le CMP3) et chacun ayant des caractéristiques particulières, en partant de la précision, son type ainsi que la gamme de mesure.

En se basant sur le rayonnement solaire global, il y a deux types de Pyranomètres couramment utilisés : les **thermopiles** (mesure le spectre solaire à onde courtes de 0.285 à 2.800) et les **photocellules au silicium** (de réponse spectrale solaire comprise entre 0.4 et 1.1 μm , il ne mesure qu'une partie du spectre solaire).



Figure4 : Pyranomètre à thermopile



Figure5 : Pyranomètre photo cellulaire

2- Le capteur PAR



Figure 6 : Capteur PAR.

Comme son nom l'indique, ce capteur est utilisé pour mesurer le rayonnement Photosynthétiquement actif pour le bon développement des plantes. Donnant réponse à toute source de lumière, il en existe une multitude et chacun a sa précision et sa rangé de mesure. Entre autres, on trouve le L1190R (mesure la densité de flux de photons photosynthétiques, bénéfique pour les greenhouses (serres)), le CS310 (capteur quantique à spectre complet avec une gamme spectrale de 389 à 692 nm (± 5 nm) *Mesures précises sous toutes les sources lumineuses, y compris les diodes électroluminescentes (LED)*)).

3- Un Thermo-hygromètre



Figure 7 : Thermo-hygromètre

Ce terme désigne un dispositif électronique qui mesure la **Température** et l'**Humidité relative**. Communément connu comme sonde, en dehors du domaine Météorologique, il est aussi utilisé à des contrôles agroalimentaires.

4- L'Anémomètre

Cet appareil est destiné à la mesure de la direction et de la vitesse. On peut diviser les anémomètres en deux : ceux qui mesurent la vitesse et ceux qui mesurent la pression du vent. Existant en plusieurs séries, il y a l'anémomètre à coupelle (qui ne mesure que la vitesse du vent), à hélice (mesure la vitesse et la direction du vent [comme l'anémomètre Davis]), à fil chaud, et à ultrason, bidirectionnel (pour les turbulences).



Figure 8 : Anémomètre à coupelle



Figure 9 : Anémomètre à hélice

5-) Le Pluviomètre

Ce mot contient deux termes, pluie et mètre. Le pluviomètre est un instrument météorologique qui mesure la quantité de précipitations tombée en un lieu donné sur un intervalle de temps.

La mesure s'exprime en litres par mètre carré.



Figure 10 : Pluviomètre

○ PRESENTATION GENERALE DU PROJET

1- Notre Projet en quelques mots

Notre projet, qui n'est autre que la réalisation d'une station météorologique ainsi que sa mise en fonction, porte sur l'acquisition des données. Le projet se base sur un ensemble d'instruments : **Anémomètre Young (modèle 05103)**, **Pyranomètre (SPLite)**, **Quantum sensor PAR (SKP 215)**, et **sonde de température et d'humidité (HMP 45C)**.

La suite portera sur la description de ce matériel.

2- L'anémomètre Young

Ce capteur, résistant à la corrosion et adapté aux environnements difficiles, est composé d'une hélice à 4 palettes et d'une girouette. Il permet de mesurer la vitesse du vent (à l'aide de l'hélice) et la direction du Vent (à l'aide de la girouette).



Figure 11 : Anémomètre Young modèle 05103

Caractéristiques Techniques

Vitesse du Vent :

Gamme de mesure : 0 à 100 m/s

Exactitude de mesure : $\pm 0,3$ m/s ou 1% de la lecture

Sortie : Signal sinusoïdal AC à fréquence variable dont 3 tours de l'hélice équivaut à une révolution à la fréquence de 90 Hz équivaut à 8.8 m/s.

La vitesse du vent mesurée à travers l'hélice est proportionnelle à la fréquence.

Direction du Vent

Gamme de mesure : 0 à 360°

Exactitude de mesure : $\pm 3^\circ$

Sortie : Signal continue variable en fonction de la position de la girouette (signal délivré par le potentiomètre de 10K alimentée par une tension de 15 Volts crête à crête).

3- Le Pyranomètre SP-LITE

Utilisé pour la mesure du rayonnement solaire global, grâce à une photodiode qui, exposée au soleil, délivre une tension en fonction de l'énergie solaire. Le SP Lite peut-être utilisé dans des applications d'énergie solaire telles que la croissance des plantes, la convection thermique.



Figure 12 : Pyranomètre SP-LITE.

Fiche Technique

Gamme spectrale : 400 à 1100 nm

Temps de réponse : 1s

Sensibilité : 75 $\mu\text{V}/\text{W}/\text{m}^2$

4- Le Capteur PAR SKP-215

Comme exposé et présenté en amont, ce capteur est utilisé pour mesurer le rayonnement photosynthétiquement actif. A la FST, on dispose d'un capteur PAR de type **SKP-215**.



Figure 13 : Capteur PAR SKP-215

Fiche Technique :

Sensibilité : 1mv/100 $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$

Temps de réponse : 10ns

Gamme spectrale : 400 à 700 nm

5- La sonde HMP 45C

La sonde HMP 45C est utilisée dans le projet pour les mesures de la Température et de l'Humidité relative de l'air.



Figure 14 : Sonde HMP 45C.

Fiche Technique

Humidité

Temps de préchauffage : 50ms

Temps de réponse : 15s

Gamme de mesure : 0.8% à 100%

Plage de sortie du signal : 0.008 à 1v

Température

Gamme de mesure : -40° à 60°

Plage de sortie du signal : -0.008 à 1 v

Conclusion

Dans ce chapitre, on a présenté les paramètres ainsi que l'ensemble des capteurs dont on dispose pour notre projet.

Dans le chapitre suivant, nous présenterons les outils hardware et software utilisés pour la réalisation du système d'acquisition des données.

CHAPITRE III : REALISATION DE LA CHAINE D'ACQUISITION

Dans ce présent chapitre, nous présentons les outils hardware (partie matérielle) et software (partie logicielle), ainsi que les étapes de réalisation de notre chaine d'acquisition (le câblage du matériel principal).

I-HARDWARE

Il existe de nombreuses cartes électroniques programmables montées d'un microcontrôleur qui régit son fonctionnement et chacun est distinguable de l'autre par son interface, son prix, son fonctionnement, sa capacité à traiter les programmes.

Pour la réalisation de notre projet, le choix a été porté sur la carte Arduino pour de simples raisons.

-Prix : Sur ce point, la carte Arduino est moins coûteuse comparée à ses concurrents sur le marché.

-Environnement de programmation : L'environnement de programmation est simple et est accessible à tout un chacun.

-Multiplateforme : La carte Arduino, dotée de son logiciel de programmation, se programme sous les systèmes d'exploitation connus (Windows, Linux, Mac).

En se basant sur ces points, et sur la compatibilité avec notre projet, nous avons choisi la carte Arduino Uno.

1-Carte Arduino Uno

Ce modèle d'Arduino (figure 18) est structuré sur la base d'un ATmeg328P-PU associé à une interface USB. Il est tout indiqué pour le développement des projets électroniques. Il possède 12 broches d'entrées/sorties dont 6 numériques et 6 numériques PWM et 6 broches Analogiques Entrées/Sorties et une mémoire flash de 32KB EPROM de 1KB.

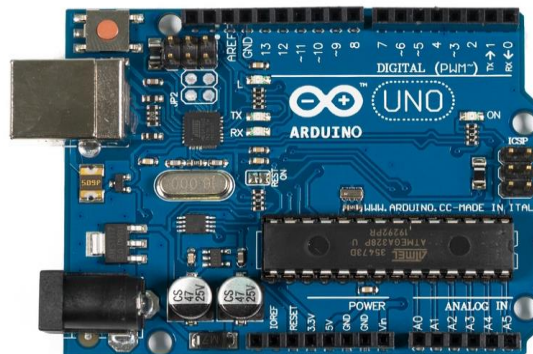


Figure 15 : Carte Arduino Uno.

2-Fonctionnement et Limites

La carte Arduino permet de recueillir les données à partir du programme implémenté, il l'exécute et affiche le résultat sur le moniteur. Ne traitant que des tensions de 0 à 5V continue et variable ; l'Arduino se trouve dans l'incapacité à traiter directement un signal sinusoïdal (présentant des parties négatives).

II-SOFTWARE

1-Logiciel de récupération des données utilisé

En ce qui concerne la partie logicielle, nous avons utilisé le logiciel Coolterm qui est un logiciel d'acquisition des données.

Voici une capture d'écran de l'interface de Coolterm :

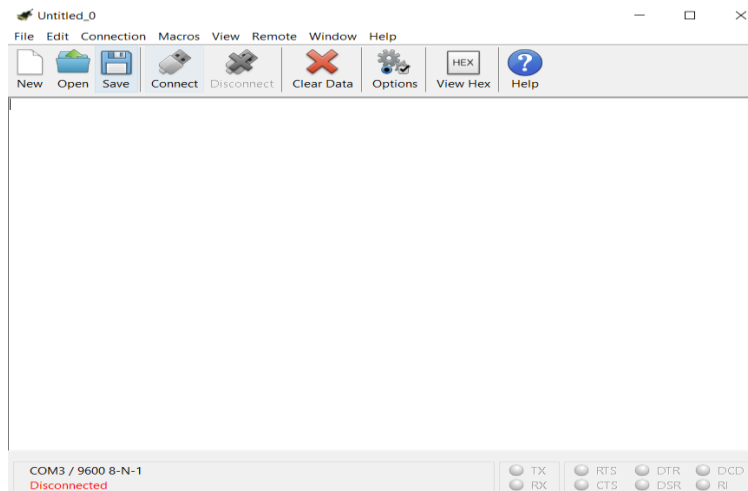


Figure 16 : Coolterm

2-Fonctionnement du logiciel

Avant de visualiser les données du port Série, on doit procéder à différents réglages pour indiquer au logiciel Coolterm les deux paramètres essentiels de la connexion série avec la carte Arduino : Le **port de communication** (selon le port USB utilisé et réglé dans Arduino IDE), le débit de la communication (instruction **Serial.begin (débit_en_bauds)** dans le programme). On accède aux réglages de Coolterm par le menu Connection -> Options. Une fois les réglages réalisés, on peut lire les données envoyées sur le port série en cliquant sur **le bouton Connect**.

2- CABLAGE DES DIFFERENTS MATERIAUX

1-Câblage de l'Anémomètre

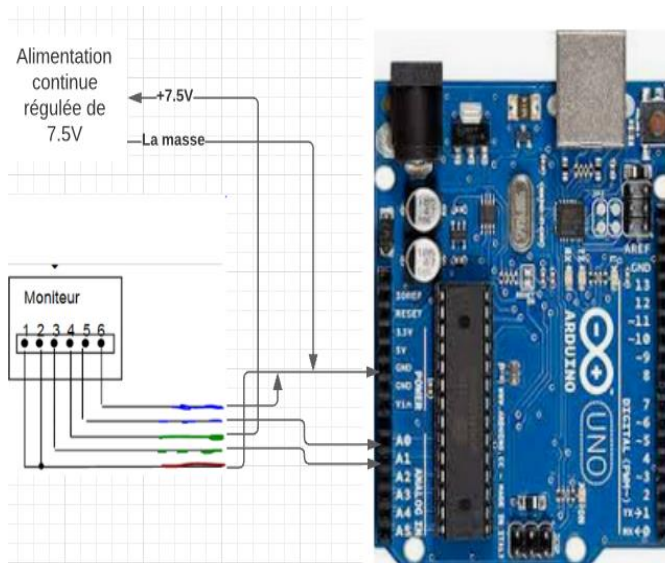


Figure 17 : Câblage de l'anémomètre

Le module Arduino Uno n'est pas compatible avec l'anémomètre pour un câblage direct en particulier en ce qui concerne la vitesse du vent, car sa sortie comme présenté ci-dessous est sinusoïdal.

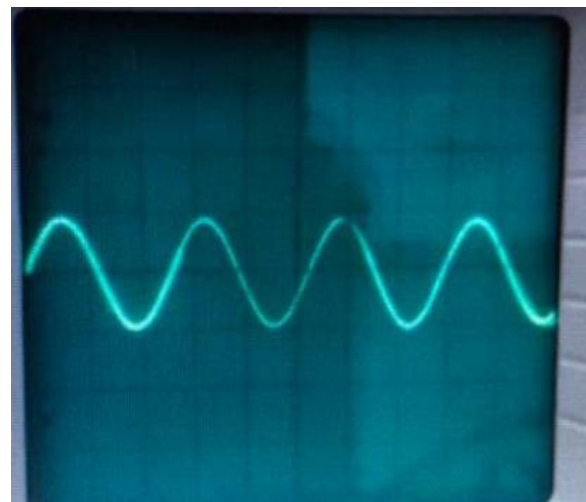
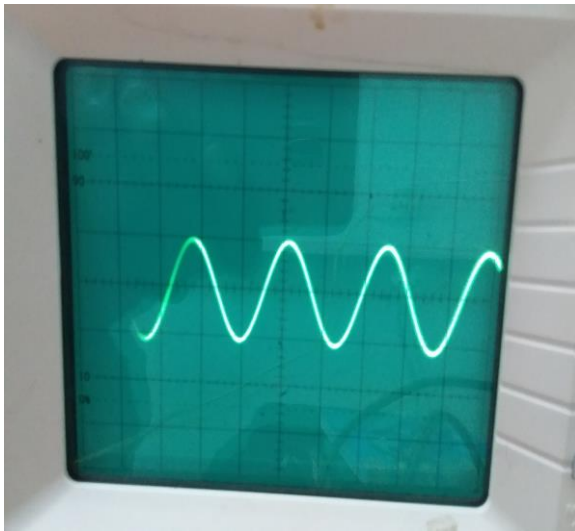


Figure 18 : Signal de sortie de la vitesse (fonction de la fréquence)

2-Câblage du SP Lite

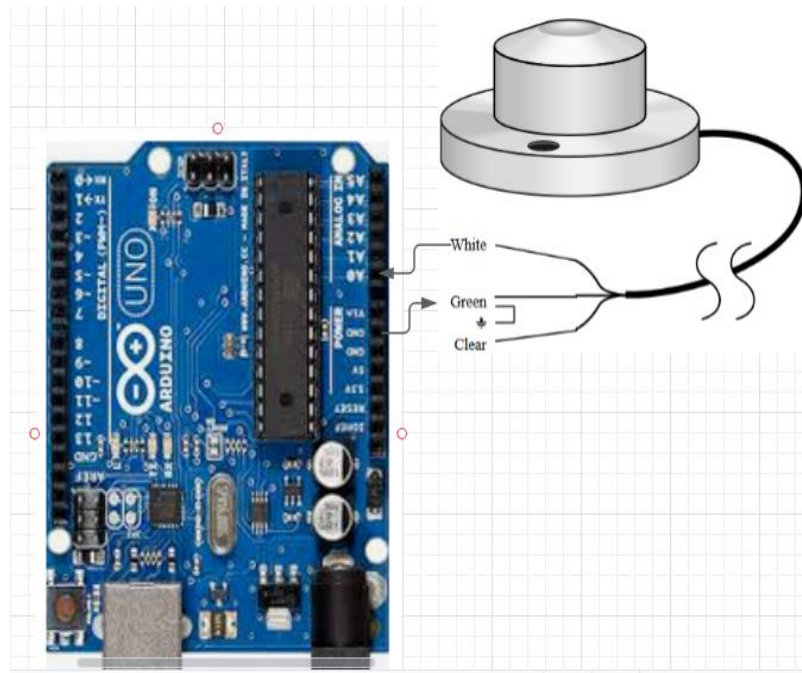


Figure 19 : câblage du SP-Lite

Le SP-Lite, dont l'utilité est de mesurer le rayonnement solaire global, est composé de trois fils, le Blanc (connecté au Pin analogique, car il délivre la tension en fonction de l'énergie solaire) ; les autres sont reliés à la masse.

3-Câblage du Capteur PAR (SKP 215)

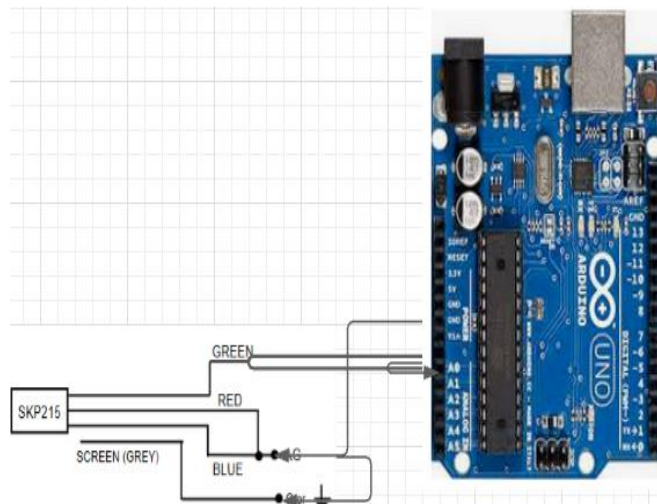


Figure 20 : Câblage du SKP 215

Ce capteur est composé de 4 fils dont le vert qui délivre la tension est connecté au Pin analogique de la carte le marron à la masse.

4-Câblage de la sonde HMP 45C

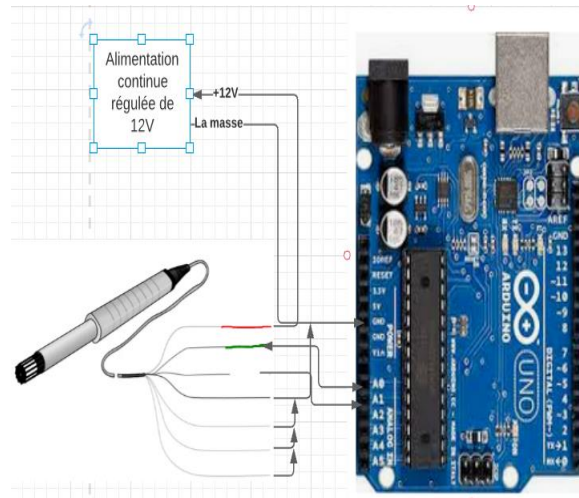


Figure 21: Câblage du HMP 45C

La sonde possède deux fils qui renseignent sur la température et l'humidité relative (le blanc et le vert) ; le rouge est destiné à l'excitation(12V) et le reste à la masse.

Conclusion

Dans cette chapitre, nous avons présenté les schémas de câblage des différents capteurs de la Station à la carte Arduino.

Dans le prochain chapitre, nous présenterons la mise en service de la Station, ainsi que quelques données acquises.

CHAPITRE IV : MISE EN FONCTIONNEMENT ET ACQUISITION DE DONNEES

INTRODUCTION

Dans cette partie, nous présenterons les données recueillies lors du travail effectué avec chaque composant de notre station météo.

I-RESULTATS DES TESTS DE MESURE

1-Acquisition de la vitesse et la Direction du Vent

Le paramètre Vitesse du vent est proportionnelle à la fréquence du signal sinusoïdal. La vitesse se calcule par la formule suivante :

WIND SPEED	vs	0-5 VDC OUTPUT
m/s	=	mV x 0.0200
knots	=	mV x 0.0389
mph	=	mV x 0.0447
km/h	=	mV x 0.0720

Fiche n°1 du Datasheet

Cependant, du fait que l'Arduino ne traite point les alternances négatives, il faut intégrer un circuit de redressement simple alternance.

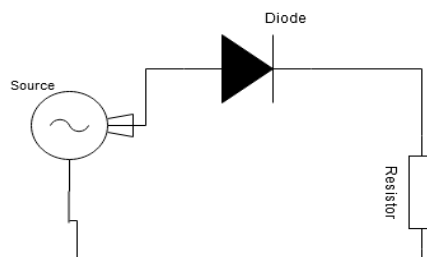


Figure 22 : Redressement simple alternance

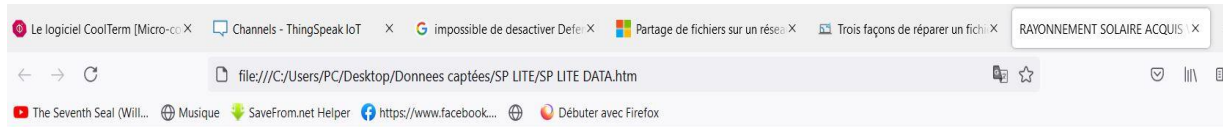
En ce qui concerne la direction, il se câble aisément avec la carte Arduino et la direction se calcule par la relation :

WIND DIRECTION	vs	0-5 VDC OUTPUT
DEGREES	=	mV x 0.072

Fiche n°2 du Datasheet

2- Acquisition du rayonnement solaire par le SP Lite

Les tableaux ci-dessous montrent les données du Rayonnement solaire global comprises entre 1900 et 3500 W/m².



RAYONNEMENT SOLAIRE ACQUIS VIA LE SP LITE			
RAYONNEMENT SOLAIRE (W/m ²)	TENSION (mv) LUE	DATE	HEURE
2934	29,34	SAM 26/06/2021	13:50:07
2934	29,34	SAM 26/06/2021	13:50:09
2934	29,34	SAM 26/06/2021	13:50:12
2934	29,34	SAM 26/06/2021	13:50:14
2934	29,34	SAM 26/06/2021	13:50:17
1467	14,67	SAM 26/06/2021	13:50:25
3423	34,23	SAM 26/06/2021	13:50:30
2934	29,34	SAM 26/06/2021	13:50:32
1956	19,56	SAM 26/06/2021	13:50:57
3423	34,23	SAM 26/06/2021	13:51:07
2934	29,34	SAM 26/06/2021	13:51:10
3423	34,23	SAM 26/06/2021	13:51:12
3423	34,23	SAM 26/06/2021	13:51:15
2445	24,45	SAM 26/06/2021	13:51:17
2934	29,34	SAM 26/06/2021	13:51:20
3423	34,23	SAM 26/06/2021	13:51:22
3423	34,23	SAM 26/06/2021	13:51:25

RAYONNEMENT SOLAIRE (W/m ²)	TENSION (mv) LUE	DATE	HEURE
2934	29,34	SAM 26/06/2021	13:50:07
2934	29,34	SAM 26/06/2021	13:50:09
2934	29,34	SAM 26/06/2021	13:50:12
2934	29,34	SAM 26/06/2021	13:50:14
2934	29,34	SAM 26/06/2021	13:50:17
1467	14,67	SAM 26/06/2021	13:50:25
3423	34,23	SAM 26/06/2021	13:50:30
2934	29,34	SAM 26/06/2021	13:50:32
1956	19,56	SAM 26/06/2021	13:50:57
3423	34,23	SAM 26/06/2021	13:51:07
2934	29,34	SAM 26/06/2021	13:51:10
3423	34,23	SAM 26/06/2021	13:51:12
3423	34,23	SAM 26/06/2021	13:51:15
2445	24,45	SAM 26/06/2021	13:51:17
2934	29,34	SAM 26/06/2021	13:51:20
3423	34,23	SAM 26/06/2021	13:51:22
3423	34,23	SAM 26/06/2021	13:51:25

Figure 23 : Rayonnement solaire (par une journée ensoleillée) enregistrée sur une page web et ouvrable sur bloc-notes sous un format de fichier .txt.

2. Acquisition du rayonnement photosynthétiquement actif

Les valeurs récupérées ici sont un peu inférieures au rayonnement global. Ci-dessous, les valeurs récupérées lors de l'acquisition :



RAYONNEMENT PHOTOSYNTHETIQUEMENT ACTIF

Rayonnement PAR (W/m²)	Tension convertie (mv)	TEMPS
2019,78	92,91	SAM 26/06/2021 11:13:38
744,13	34,23	SAM 26/06/2021 11:13:41
637,83	29,34	SAM 26/06/2021 11:13:44
956,74	44,01	SAM 26/06/2021 11:13:47
744,13	34,23	SAM 26/06/2021 11:13:50
744,13	34,23	SAM 26/06/2021 11:13:53
1594,57	73,35	SAM 26/06/2021 11:13:56
531,52	24,45	SAM 26/06/2021 11:13:59
637,83	29,34	SAM 26/06/2021 11:14:02
1700,87	78,24	SAM 26/06/2021 11:14:05
744,13	34,23	SAM 26/06/2021 11:14:08
425,22	19,56	SAM 26/06/2021 11:14:11
744,13	34,23	SAM 26/06/2021 11:14:14
1594,57	73,35	SAM 26/06/2021 11:14:17
744,13	34,23	SAM 26/06/2021 11:14:20
744,13	34,23	SAM 26/06/2021 11:14:23
744,13	34,23	SAM 26/06/2021 11:14:26
956,74	44,01	SAM 26/06/2021 11:14:29
956,74	44,01	SAM 26/06/2021 11:14:32

PAR.txt - Bloc-notes

Fichier Edition Format Affichage Aide

RAYONNEMENT PHOTOSYNTHETIQUEMENT ACTIF

Rayonnement PAR (W/m²)	Tension convertie (mv)	TEMPS
2019.78	92.91	SAM 26/06/2021 11:13:38
744.13	34.23	SAM 26/06/2021 11:13:41
637.83	29.34	SAM 26/06/2021 11:13:44
956.74	44.01	SAM 26/06/2021 11:13:47
744.13	34.23	SAM 26/06/2021 11:13:50
744.13	34.23	SAM 26/06/2021 11:13:53
1594.57	73.35	SAM 26/06/2021 11:13:56
531.52	24.45	SAM 26/06/2021 11:13:59
637.83	29.34	SAM 26/06/2021 11:14:02
1700.87	78.24	SAM 26/06/2021 11:14:05
744.13	34.23	SAM 26/06/2021 11:14:08
425.22	19.56	SAM 26/06/2021 11:14:11
744.13	34.23	SAM 26/06/2021 11:14:14
1594.57	73.35	SAM 26/06/2021 11:14:17
744.13	34.23	SAM 26/06/2021 11:14:20
744.13	34.23	SAM 26/06/2021 11:14:23
744.13	34.23	SAM 26/06/2021 11:14:26
956.74	44.01	SAM 26/06/2021 11:14:29
956.74	44.01	SAM 26/06/2021 11:14:32

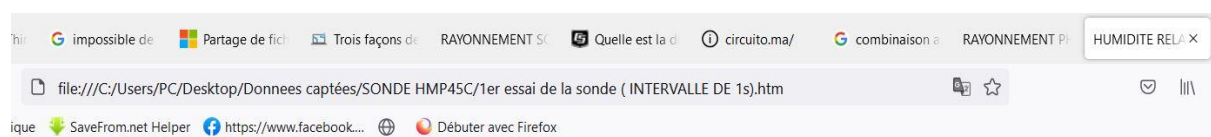
Figures 24 : Rayonnement photo synthétiquement actif par une journée ensoleillée, enregistrée sur la page web et ouvrable sur bloc-notes sous forme de fichier txt

3. Acquisition de la température et de l'humidité relative

La sonde HMP45C fournit les valeurs de la température et de l'humidité relative de l'air. Les données sont illustrées ci-dessous.

Il est à préciser que nous avons recueilli les informations à deux intervalles de temps respectivement de 1s et 2min.

Donnés de pas 1s :



HUMIDITE RELATIVE ET TEMPERATURE

Humidité	Temperature	Date	Heure
43,01	24,52	MER 23/06/2021	21:01:21
42,52	25	MER 23/06/2021	21:01:22
43,99	24,52	MER 23/06/2021	21:01:23
43,5	25	MER 23/06/2021	21:01:24
43,5	24,52	MER 23/06/2021	21:01:25
43,01	25	MER 23/06/2021	21:01:26
43,01	24,52	MER 23/06/2021	21:01:27
43,01	24,52	MER 23/06/2021	21:01:28
42,52	25	MER 23/06/2021	21:01:29
43,01	24,52	MER 23/06/2021	21:01:30
43,01	24,52	MER 23/06/2021	21:01:31
43,01	25	MER 23/06/2021	21:01:32
43,01	25	MER 23/06/2021	21:01:33
43,01	25	MER 23/06/2021	21:01:34
43,01	25	MER 23/06/2021	21:01:35
43,01	25	MER 23/06/2021	21:01:36
43,01	24,52	MER 23/06/2021	21:01:37
43,01	25	MER 23/06/2021	21:01:38
42,52	25	MER 23/06/2021	21:01:39
43,01	25	MER 23/06/2021	21:01:40
43,01	24,52	MER 23/06/2021	21:01:41
43,01	25	MER 23/06/2021	21:01:42
43,5	25	MER 23/06/2021	21:01:43
43,5	25	MER 23/06/2021	21:01:44
42,52	25,49	MER 23/06/2021	21:01:45
42,52	25,49	MER 23/06/2021	21:01:46
42,52	24,52	MER 23/06/2021	21:01:47
43,01	25	MER 23/06/2021	21:01:48
42,52	25,49	MER 23/06/2021	21:01:49
43,01	25	MER 23/06/2021	21:01:50
43,5	24,03	MER 23/06/2021	21:01:51

Donnés de pas 2min :

2e-essai-sonde_EXCEL_.txt - Bloc-notes			
Fichier Edition Format Affichage Aide			
Humidité (en %)	Temperature (en °C)	Date d'acquisition	Heure
29.33	28.43	JEU 24/06/2021	14:57:09
29.81	28.43	JEU 24/06/2021	14:59:08
29.81	28.43	JEU 24/06/2021	15:01:08
29.81	28.43	JEU 24/06/2021	15:03:08
29.33	28.43	JEU 24/06/2021	15:05:08
29.33	28.91	JEU 24/06/2021	15:07:09
29.81	28.43	JEU 24/06/2021	15:09:09
28.91	29.81	JEU 24/06/2021	15:11:09

Humidité (en %)	Temperature (en °C)	Date d'acquisition	Heure
29,33	28,43	JEU 24/06/2021	14:57:09
29,81	28,43	JEU 24/06/2021	14:59:08
29,81	28,43	JEU 24/06/2021	15:01:08
29,81	28,43	JEU 24/06/2021	15:03:08
29,33	28,43	JEU 24/06/2021	15:05:08
29,33	28,91	JEU 24/06/2021	15:07:09
29,81	28,43	JEU 24/06/2021	15:09:09
28,91	29,81	JEU 24/06/2021	15:11:09

Figures 25 : Températures et humidités relatives mesurées à des pas de temps différents.

CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons présenté les données recueillies, à travers la nouvelle chaîne d'acquisition. Nous avons réussi à acquérir les données d'ensoleillement et celles de la température et de l'humidité relative de l'air. Pour la vitesse et la direction du vent, on n'a pas réussi à acquérir les données de ces deux paramètres du fait que la carte Arduino ne traite pas les alternances négatives.

CONCLUSION GENERALE

Ce présent travail a pour objectif principal la réalisation d'une chaîne d'acquisition de données météorologiques à l'aide d'une carte Arduino Uno. Nous avons réussi à acquérir les données du pyranomètre SP-LITE (Le rayonnement solaire global), de la sonde HMP 45C (Température et Humidité Relative de l'air), du PAR SKP 215 (Rayonnement photosynthétiquement actif).

Nous n'avons pas réussi à acquérir les données de l'anémomètre Young (modèle 05103) du fait que la carte Arduino ne traite pas les alternances négatives.

Ce projet a été une occasion d'exploration de nouvelles notions dans le domaine météorologique, de systèmes embarqués, de la programmation et la possibilité d'appliquer nos connaissances acquises et d'en apprendre de nouvelles.

En premier, nous avons porté notre regard à l'étude des Datasheet de chaque composant pour comprendre son fonctionnement et comment le câbler avec Arduino. Ensuite notre intérêt était porté sur les méthodes d'acquisitions et de transmissions.

Finalement, après un dur labeur, l'objectif principal attendu a été atteint excepté la non acquisition de la vitesse et la direction du vent faute de temps. Cependant, il serait toujours louable d'apporter des améliorations sur la chaîne d'acquisition.

REFERENCES

météofrance.fr/prevoir-le-temps/observer-le-temps/parametres-observees/humidite

PAGE 14 Consulté le 20 Juin 2021

Rayonnement photosynthétiquement actif — Wikipédia (wikipedia.org) Consulté le 20 Juin 2021

<https://www.arduino.cc/> Consulté le 21 Juin 2021

<https://www.campbellsci.fr/05103> Consulté le 21 Juin 2021

https://s.campbellsci.com/documents/fr/b_sp-lite Consulté le 22 Juin 2021

<https://coolterm.en.lo4d.com/windows> Consulté le 29 Juin 2021

<https://www.campbellsci.fr/hmp45c-l> Consulté le 30 Juin 2021

<https://www.campbellsci.eu/skp215> Consulté le 30 Juin 2021

<https://lucid.app> Consulté le 30 Juin 2021