

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

UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES



Faculté de Technologie

Département Ingénierie des Systèmes Electriques

Mémoire de Master

Présenté par

BAOUCHE Tinhinane

Filière : Electronique

Spécialité : Electronique des Systèmes Embarqués

**Étude et réalisation d'un système de transfert des données par internet
destiné aux applications photovoltaïques**

Soutenu le 01 /07 /2024 devant le jury composé de :

Mouatsi	Abdelmalek	MCA	UMBB	Président
Cherrat	Nidhal	MCB	UMBB	Examineur
Kaouane	Mohamed	MCA	UMBB	Rapporteur

Année Universitaire : 2023/2024

Dédicaces

Avec un énorme plaisir, un cœur ouvert et une immense joie, que Je dédié ce modeste mémoire qui est le fruit de nombreuses années d'étude et de travail, tout en exprimant ma profonde gratitude et sympathie à toutes les personnes qui ont participé de près et de loin pour mener à bien ce projet et plus particulièrement :

Maman et papa chéri symboles d'affection et d'amour, qui ont sacrifié tout leur temps pour mon bonheur et ma réussite qu'ils trouvent ici le témoignage de ma profonde reconnaissance.

Ainsi que mes sœurs *Nina* et *Mimi*

Vous aviez toujours cru en moi, et c'est dans votre présence que j'ai puisé la volonté de continuer.

Et mon mamour *Nadir* qui m'a tant donné de courage pour accomplir cette mission.

A ma chère tante *Kahina* et tonton *Ali* ainsi que leurs enfants *Aymen et Lili*.

A mes chères copines qui m'ont soutenu et encouragé.

A toute ma famille.

A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin.

Remerciement

Au terme de ce projet de fin d'étude, je tiens à exprimer mes plus sincères remerciements à tous ceux qui ont contribué, directement ou indirectement, à la réalisation de cette étape cruciale de mon parcours académique.

Avant tout je tiens mes remerciements à mon Dieu de m'avoir donné le courage et la volonté pour accomplir ce travail.

A la suite je tiens à remercier professeur Kaouane Mohamed mon encadreur, pour la haute qualité de son encadrement, son suivi, sa disponibilité et ses conseils.

Je ne saurais oublier le rôle inestimable de ma famille et de mes amies, dont l'amour indéfectible et l'encouragement constant ont été des piliers essentiels de ma réussite académique.

À tous mes enseignants de la FST, j'adresse mes remerciements les plus sincères. Ils m'ont transmis leur savoir avec passion.

Je tiens également à remercier messieurs les membres de jury pour l'honneur qu'ils m'ont fait en acceptant de siéger à ma soutenance.

Mes plus chaleureux remerciements à tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce mémoire.

Ce projet de fin d'étude a été un voyage mémorable et formateur, et je savais que je ne saurais pas arrivé là où je suis sans le soutien et la guidance de toutes ces personnes exceptionnelles. Merci du fond du cœur d'avoir été à mes côtés tout au long de cette aventure.

Résumé

Notre projet consiste à réaliser un système de collecte et de transmission des données telles que la température, l'humidité, la lumière..., par internet destiné aux systèmes photovoltaïques.

Le système est composé d'un panneau solaire, une chaîne photovoltaïque et un système de transmission de données.

Le système de transfert des données en temps réel est basé sur un microcontrôleur ESP-WROOM-32, un afficheur à cristaux liquides LCD, un capteur d'humidité et de température qui sert à mesurer la température et l'humidité relative dans l'air, un capteur de lumière qui permet de détecter l'intensité de la lumière ambiante, un capteur de lumière ultraviolet qui permet de mesurer l'irradiance globale des UV solaires. Le système est composé aussi d'un panneau solaire de 36cellules, une chaîne photovoltaïque qui est composée d'un régulateur PWM, une batterie de 12v et une lampe. Le reliement du panneau solaire avec la chaîne photovoltaïque sert à transformer une énergie fournit par le soleil à une énergie électrique utilisable. Notre objectif est donc de mesurer quatre grandeurs (Température, Humidité, lumière ambiante et la lumière UV) afin de les afficher dans une application distante (Blynk) par internet et un afficheur LCD en temps réels. Cette combinaison de technologie vise à créer un système complet et efficace pour la collecte des données.

L'objectif principal de ce système est l'acquisition des données en temps réel du panneau solaire en utilisant des données fournis par les capteurs pour une fin d'affichage des données à distance en temps réels.

Mots clés : ESP-WROOM-32, afficheur LCD, capteur d'humidité et de température DHT11, capteur de lumière TEMT6000

Abstract

Our project is to realize a system of collection and transmission of data such as temperature, humidity, light..., by internet for photovoltaic systems.

The real-time data acquisition system based on an ESP-WROOM-32 microcontroller, an LCD liquid crystal display, a humidity and temperature sensor that is used to measure temperature and relative humidity in the air, a light sensor to detect the intensity of ambient light, an ultraviolet light sensor that measures the overall irradiance of solar UV, a solar panel of 36cells, a photovoltaic chain that is composed of a PWM regulator, a 12v battery and a lamp. The connection of the solar panel with the photovoltaic chain serves to transform an energy supplied by the sun to a usable electrical energy. Our objective is therefore to measure four quantities (Temperature, Humidity, Ambient light and UV light) in order to display them in a remote application (Blynk) by internet and a real-time LCD display. This combination of technology aims to create a complete and efficient system for data collection.

The main objective of this system is the real-time data acquisition of the solar panel using data provided by the sensors for the purpose of displaying data remotely in real time.

Keywords : ESP-WROOM-32, afficheur LCD, capteur d'humidité et de température DHT11, capteur de lumière TEMT6000.

ملخص

يتمثل مشرونا في تحقيق نظام جمع ونقل البيانات مثل درجة الحرارة والرطوبة والضوء... عبر الإنترنت للأنظمة الكهروضوئية.

نظام الحصول على البيانات في الوقت الفعلي استنادًا إلى متحكم دقيق ESP-WROOM-32 ، وشاشة بلورية سائلة LCD ، ومستشعر الرطوبة ودرجة الحرارة الذي يستخدم لقياس درجة الحرارة والرطوبة النسبية في الهواء، ومستشعر الضوء لاكتشاف شدة الضوء المحيط، مستشعر الأشعة فوق البنفسجية الذي يقيس الإشعاع العام للأشعة فوق البنفسجية الشمسية، وهي لوحة شمسية من 36 سم وهي سلسلة كهروضوئية تتكون من منظم PWM وبطارية 12 فولت ومصباح. يعمل اتصال اللوحة الشمسية بالسلسلة الكهروضوئية على تحويل الطاقة التي توفرها الشمس إلى طاقة كهربائية قابلة للاستخدام. لذلك فإن هدفنا هو قياس أربع كميات (درجة الحرارة والرطوبة والضوء المحيط والأشعة فوق البنفسجية) من أجل عرضها في تطبيق عن بعد (blynk) عن طريق الإنترنت وشاشة LCD في الوقت الفعلي.

يهدف هذا المزيج من التكنولوجيا إلى إنشاء نظام كامل وفعال لجمع البيانات. الهدف الرئيسي لهذا النظام هو الحصول على البيانات في الوقت الفعلي للوحة الشمسية باستخدام البيانات المقدمة من أجهزة الاستشعار لغرض عرض البيانات عن بُعد في الوقت الفعلي.

الكلمات الرئيسية: ESP-WROOM-32، شاشة LCD ، مستشعر الرطوبة ودرجة الحرارة DHT11 ، مستشعر الضوء TEMT6000

Table des matières

Dédicaces	1
Remerciement.....	2
Résumé	3
Abstract	4
Table des matières	I
Liste des abréviations	IV
Liste des tableaux	V
Liste des figures	VI
Introduction générale.....	1
Chapitre 1 : Généralités sur la technologie photovoltaïque et l'internet des objets (IOT).....	3
I.1 Introduction.....	2
I.2 Énergies renouvelables	2
I.2.1 Définition	2
I.2.2 Types d'énergies renouvelables	3
I.2.2.1 Énergie solaire.....	3
I.2.2.2 Énergie éolienne.....	3
I.2.2.3 Énergie hydraulique	4
I.2.2.4 Énergie géothermique	4
I.2.2.5 Biomasse	5
I.3 Les avantages et les inconvénients des énergies renouvelables.....	6
I.4 Énergie solaire photovoltaïque	6
I.4.1 Historique.....	6
I.4.2 Définition	7
I.4.3 Système photovoltaïque	7
I.4.4 Cellules photovoltaïque	8
I.4.5.2 Cellules poly cristallines	9
I.4.5.3 Amorphes	9
I.4.6 Les avantages et les inconvénients de l'énergie solaire photovoltaïque.....	10
I.4.6.2 Les inconvénients.....	10
I.4.7 Stockage de l'énergie solaire photovoltaïque	10
I.4.8 Applications des systèmes photovoltaïques.....	13

I.4.8.1 Applications résidentielles	13
I.4.8.3 Applications pour les régions isolées	13
I.5 Internet des Objets	14
I.5.1 Définition	14
I.5.2 Historique.....	14
I.5.3 Évolution d'internet des objets	15
I.5.5 Domaines d'applications.....	16
I.5.6 Les composants de base d'un système IoT	16
I.5.7 Les protocoles de communication d'IoT	18
I.5.7.1 MQTT (Message Queuing Telemetry Transport).....	18
I.5.7.2 HTTP (Hypertext Transfer Protocol).....	18
I.5.7.3 Bluetooth.....	18
I.5.8 Avantage et Inconvénient du réseau IoT.....	19
I.6 Conclusion	21
Chapitre 2 : Description du système de transfert des données proposé.....	3
II.1 Introduction	22
II.2 Schéma synoptique du système	22
II.3 Description du système de transmission de données et ses composants	23
II.4 Composants utilisés	24
II.4.1 Module Wifi ESP32.....	24
II.4.1.1 Présentation.....	24
II.4.1.2 Les Caractéristiques du module ESP32	25
II.4.1.3 Schéma fonctionnel de l'ESP32	26
II.4.1.4 Brochage du module ESP32	26
II.4.2 Capteur de température et d'humidité DHT11	27
II.4.2.1 Présentation.....	27
II.4.2.2 Caractéristiques du capteur DHT11.....	27
II.4.2.3 Câblage d'un capteur DHT11	28
II.4.3 Capteur de lumière TEMT6000.....	28
II.4.3.1 Présentation.....	28
II.4.3.2 Caractéristiques du capteur d'ensoleillement TEMT6000	29
II.4.3.3 Câblage du capteur TEMT6000.....	29
II.4.4 Capteur de lumière ultraviolet guva-s12sd.....	30
II.4.4.1 Présentation.....	30
II.4.4.2 Caractéristiques du capteur ultraviolet.....	31
II.4.4.3 Câblage de GUV A-S12SD	32

II.4.5 Ecran LCD avec I2C.....	32
II.4.5.1 Présentation.....	32
II.4.5.2 Caractéristiques de l’afficheur LCD I2C	33
II.4.5.3 Câblage de l’afficheur LCD I2C.....	33
II.5 Logiciels utilisés	34
II.5.1 Logiciel ARDUINO	34
II.5.2 Blynk IoT.....	35
II.5.3 Fritzing.....	36
II.6 Schéma électronique du système de collecte et de transmission.....	37
II.7 Conclusion.....	37
Chapitre 3 : Réalisation pratique et tests expérimentaux	3
III.1 Introduction	38
III.2 Matériel utilisés dans la réalisation du système	38
III.2.1 Panneau solaire utilisé.....	38
III.2.2 Régulateur de charge solaire LS102460LPLI	39
III.2.3 Batterie plomb	40
III.2.4 Multimètre	41
III.3 Essais expérimentaux	41
III.3.1 Essai expérimental avec le capteur de température et d’humidité DHT11 et afficheur LCD.....	41
III.3.2 Essai expérimental avec le capteur d’ensoleillement TEMT600 et afficheur LCD.....	50
III.3.3 Essai expérimental avec le capteur de lumière ultraviolet GUVA-S12SD et afficheur LCD.....	55
III.4 Le système complet.....	60
III.4.1 Essais expérimentaux du panneau solaire avec la chaîne photovoltaïque.....	60
III.4.2 Essais expérimentaux du système complet (Panneau photovoltaïque et le système d’acquisition des données)	62
III.5 Conclusion.....	63
Conclusion.....	64
Les références.....	64
Bibliographiques	64
Annexes.....	65

Liste des abréviations

Abréviation	Explication
IOT	Internet of things.
LCD	Liquid crystal display.
UV	Ultraviolet.
PWM	Pulse with modulation.
RFID	Radio Frequency Identification.
MQTT	Message Queuing Telemetry Transport.
HTTP	Hypertext Transfer Protocol.
IDE	Integrated development environment.
SPI	Serial peripheral interface.
M2M	Machine-à machine.
SDA	Serial Data Line.
SCL	Serial Clock Line.
VCC	Voltage Common Collector.
GND	Ground.
PV	Panneau Voltaïque.
I2C	Inter Integrated Circuit.
LED	Light-Emitting Diode.

Liste des tableaux

Tableau II.1. Caractéristiques de l'ESP32	25
Tableau II.2. Caractéristiques du capteur DHT11	27
Tableau II.3. Ultraviolet Index	31
Tableau III.1. Caractéristiques du panneau solaire utilisé	39
Tableau III.2. Caractéristiques du régulateur LS102460LPLI	40
Tableau III.3. Caractéristiques de la batterie	40
Tableau III.4. Connexion du DHT11 et LCD à la carte ESP32	42
Tableau III.5. Connexion du TEMT6000 et LCD à la carte ESP32	51
Tableau III.6. Connexion du GUVVA-S12SD et LCD à la carte ESP32	57

Liste des figures

Figure I.1. Les énergies renouvelables	2
Figure I.2. Panneau solaire photovoltaïque	3
Figure I.3. Turbines éoliennes	4
Figure I.4. Centrale hydraulique	4
Figure I.5. Centrale Géothermique	5
Figure I.6. La biomasse	5
Figure I.7. Panneau solaire photovoltaïque	7
Figure I.8. Système photovoltaïque	8
Figure I.9. Cellule monocristalline	9
Figure I.10. Cellule poly cristalline	9
Figure I.11. Cellule au Silicium amorphe	9
Figure I.12. Batterie solaire	11
Figure I.13. Batterie plomb-acide	11
Figure I.14. Batterie lithium	12
Figure I.15. Stockage d'hydrogène	12
Figure I.16. Internet des objets	14
Figure I.17. L'évolution d'internet des objets	15
Figure I.18. Architecture des composants d'IOT	18
Figure I.19. Les protocoles de communication d'IoT	19
Figure I.20. Appareils IoT connectés	20
Figure II.1. Schéma synoptique du système	22
Figure II.2. Schéma Electronique du système	23
Figure II.3. Carte ESP32	24
Figure II.4. Schéma fonctionnel de l'ESP32	26
Figure II.5. Brochage du module ESP32	26
Figure II.6. Capteur DHT11	27
Figure II.7. Câblage du capteur ESP32	28
Figure II.8. Capteur d'ensoleillement TEMT6000	28
Figure II.9. Câblage du TEMT6000	29
Figure II.10. Capteur ultraviolet GUVA-S12SD	30
Figure II.11. Câblage de GUVA-S12SD	31
Figure II.12. Afficheur LCD x I2C	32
Figure II.13. Câblage de LCD x I2C	33
Figure II.14. Fenêtre principale de logiciel Arduino	34
Figure II.15. L'interface de l'application BLYNK	35
Figure II.16. Interface de fritzing	36
Figure II.17. Schéma électronique du système sur fritzing	37
Figure III.1. Panneau solaire utilisé	38
Figure III.2. Régulateur LS102460LPLI	39
Figure III.3. Batterie plomb	40
Figure III.4. Multimètre	41
Figure III.5. Montage électronique du DHT11 et afficheur LCD avec ESP32	42
Figure III.6. Le code source du capteur DHT11 et LCD sur l'application Arduino	45
Figure III.7. Affichage de la température et l'humidité sur application blynk	46

Figure III.8. Graphes des mesures de température DHT11 en système temps réel	48
Figure III.9. Graphes des mesures d'humidité DHT11 en système temps réel	49
Figure III.10. Montage électronique du TEMT6000 et LCD avec ESP32	50
Figure III.11. Le code source du capteur TEMT6000 et LCD sur application Arduino	54
Figure III.12. Affichage de la luminosité sur application blynk	55
Figure III.13. Graphe des mesures de température TEMT6000 en système temps réel	55
Figure III.14. Montage électronique du GUVA-S12SD et LCD avec ESP32	56
Figure III.15. Le code source du capteur GUVA-S12SD et LCD sur application Arduino	59
Figure III.16. Affichage du rayonnement ultraviolet sur application blynk	60
Figure III.17. Graphe des mesures de GUV A-S12SD en système temps réel	60
Figure III.18. Panneau PV et la chaîne photovoltaïque	61
Figure III.19. Allumage de la lampe par le panneau solaire	62
Figure III.20. Système complet	63

Introduction générale

La croissance rapide de la population mondiale entraîne une demande croissante en énergie. Afin de satisfaire ces exigences, il est essentiel d'augmenter la production d'électricité, ce qui entraîne une hausse de la consommation de ressources. Toutefois, les ressources classiques comme les combustibles fossiles sont restreintes et épuisables. Ainsi, l'exploration de sources d'énergie renouvelables non épuisables devient essentielle. L'énergie photovoltaïque solaire est l'une des sources d'énergie renouvelable les plus sûres et les plus couramment utilisées. Elle comprend divers systèmes comme les installations solaires autonomes et celles reliées au réseau électrique.

Néanmoins, même si les systèmes de production d'énergie solaire photovoltaïque se développent de plus en plus, il reste des difficultés en raison de leur efficacité limitée et de leurs performances variables. La production d'énergie des panneaux solaires photovoltaïques peut être impactée par les variations météorologiques, comme les fluctuations de l'ensoleillement et de la température ambiante, ainsi que les perturbations de charge. En raison de cette instabilité, la productivité électrique diminue et les pertes d'énergie augmentent.

Afin de résoudre ces difficultés, il est primordial de mettre au point des techniques visant à surveiller et à optimiser les performances des systèmes photovoltaïques. C'est dans cette perspective que se déroule notre projet de fin d'études. Nous visons à offrir une solution performante en acquérant en temps réel les paramètres d'un panneau solaire photovoltaïque via l'application Blynk à distance afin d'évaluer les performances des panneaux solaires photovoltaïques et de les améliorer. Afin d'y parvenir, nous procéderons de la manière suivante :

Dans le premier chapitre nous avons abordé les énergies renouvelables en mettant l'accent sur l'énergie photovoltaïque. Nous avons parlé aussi sur l'internet des objets IOT Ensuite, dans le deuxième chapitre dans lequel nous avons parlé de la description du système de transfert des données proposé.

Enfin, le troisième chapitre sera consacré à la réalisation pratique et les tests expérimentaux. Ce présent projet de fin d'étude se termine par une conclusion résumant les connaissances acquises à travers le projet réalisé.

Chapitre 1

Généralités sur la
technologie photovoltaïque
et l'internet des objets (IOT)

I.1 Introduction

L'énergie solaire photovoltaïque est une source d'énergie renouvelable qui se produit en transformant directement l'énergie solaire en électricité. On procède à cette conversion en utilisant des cellules solaires, qui sont des appareils électroniques capables de produire un courant électrique lorsque de la lumière frappe leur surface. En général, les panneaux solaires sont conçus à partir de matériaux semi-conducteurs comme le silicium, et peuvent être combinés en modules photovoltaïques pour créer des panneaux solaires. [1]

Le réseau mondial des objets, appelé Internet des Objets (IoT pour Internet of Things), repose sur l'idée que tous les objets peuvent être connectés à Internet un jour, et ces objets peuvent être adressés de manière unique. Il sera possible pour n'importe quel objet, y compris (ordinateurs, capteurs et téléphones mobiles) de communiquer des informations et éventuellement de recevoir des commandes. [2]

Dans ce chapitre, nous abordons les énergies renouvelables de manière générale et les énergies solaires en particulier, puis nous introduisons l'internet des objets (IoT).

I.2 Énergies renouvelables

I.2.1 Définition

On parle d'énergie renouvelable lorsque l'on parle de sources reconstituées et produites à partir de sources naturelles qui sont constamment régénérées, comme l'énergie solaire, éolienne, hydroélectrique, géothermique et biomasse. [1] Contrairement aux combustibles fossiles, dont les stocks sont limités et non renouvelables à l'échelle du temps humain : charbon, pétrole, gaz naturel. L'utilisation de sources d'énergie renouvelables permet de réduire la pression sur les ressources naturelles et de limiter les rejets polluants dans l'atmosphère.



Figure I.1-Les énergies renouvelables

I.2.2 Types d'énergies renouvelables

Les énergies renouvelables sont diverses et variées, allant du solaire à l'éolienne, hydraulique, géothermique et la biomasse :

I.2.2.1 Énergie solaire

L'énergie solaire est une source d'énergie qui est dépendante du soleil. Cela signifie que la matière première est le soleil. Elle se place dans la catégorie des énergies renouvelables puisqu'on la considère comme inépuisable. Grâce à cette énergie, il est possible de produire de l'électricité. Elle sera captée par des panneaux solaires ou des centrales thermiques. Ces installations captent les rayons produits par le soleil. Elles convertissent ensuite l'énergie du soleil en électricité. [5]

Le principe consiste plus précisément à convertir l'énergie émise par les photons dans la lumière en électricité. La cellule photovoltaïque intervient ici : lorsqu'elle est exposée à la lumière, elle absorbe l'énergie des photons lumineux. Ils produisent un courant continu électrique qui sera transformé en courant alternatif grâce à un onduleur. Il est possible d'utiliser immédiatement cette électricité produite pour faire fonctionner vos appareils ou vous éclairer.



Figure I.2-Panneau solaire photovoltaïque

I.2.2.2 Énergie éolienne

L'énergie éolienne exploite la force du vent pour faire tourner les éoliennes, qui génèrent de l'électricité. Les éoliennes sont installées dans des parcs éoliens terrestres ou marins, où le vent est plus fort et plus régulier. [1] L'emploi des systèmes éoliens pour générer de l'électricité est une option assez populaire pour répondre aux besoins en électricité dans leur site isolé. [3]



Figure I.3-Turbines éoliennes

I.2.2.3 Énergie hydraulique

L'énergie hydraulique est actuellement la première source renouvelable d'électricité, elle utilise la force de l'eau en mouvement pour produire de l'électricité. [4] Elle peut être obtenue à partir de barrages hydroélectriques, où l'eau est stockée dans un réservoir et libérée à travers des turbines, ou à partir de turbines marines qui exploitent le mouvement des vagues et des marées. [1]



Figure I.4-Centrale hydraulique

I.2.2.4 Énergie géothermique

L'énergie géothermique exploite la chaleur de la Terre pour produire de l'électricité ou de la chaleur. Elle utilise la chaleur provenant de réservoirs géothermiques souterrains ou de l'eau chaude présente dans les sources géothermales. Ces formes d'énergies renouvelables sont considérées comme durables car elles utilisent des ressources naturelles abondantes et inépuisables. Elles contribuent à réduire les émissions de gaz à effet de serre, à améliorer la sécurité énergétique et à promouvoir la transition vers un système énergétique plus propre et

plus durable. Mais pour autant l'énergie photovoltaïque est la plus jeune des énergies renouvelables, elle a l'avantage d'être non polluante, souple et fiable.

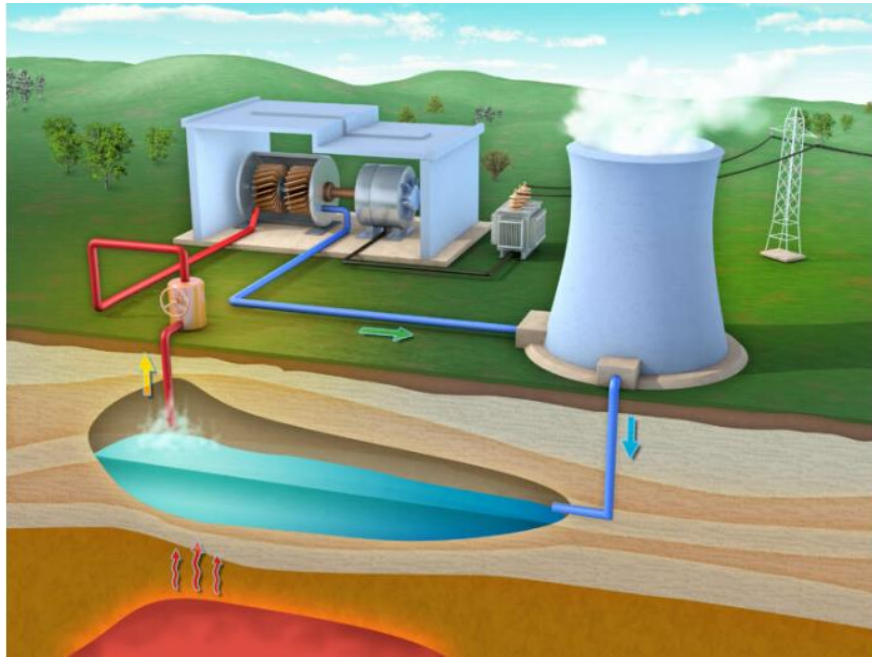


Figure I.5-Centrale Géothermique

I.2.2.5 Biomasse

La biomasse désigne l'ensemble des matières organiques telles que les déchets agricoles, les résidus forestiers, les cultures énergétiques et le biogaz pour produire de la chaleur, de l'électricité ou des carburants.

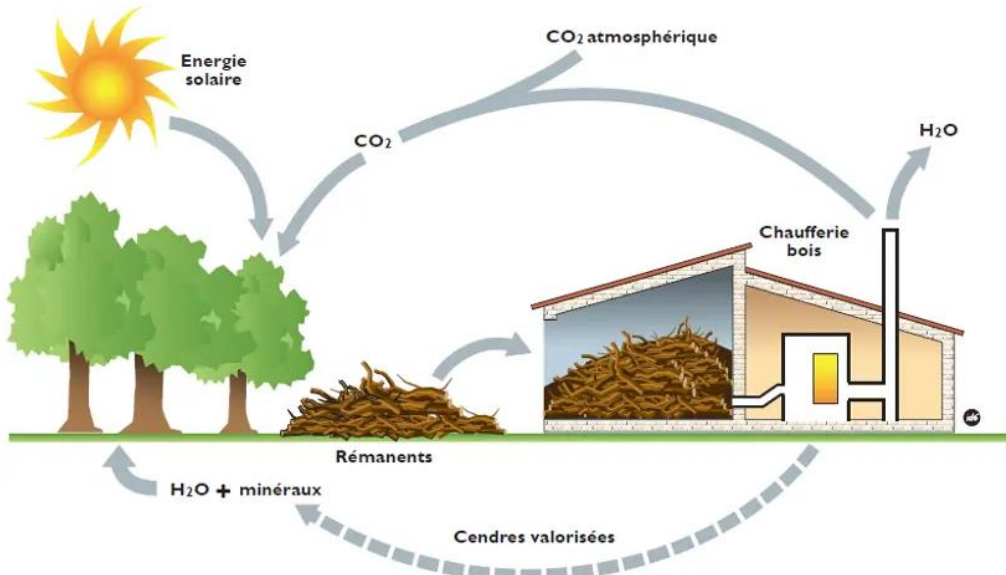


Figure I.6-La biomasse

I.3 Les avantages et les inconvénients des énergies renouvelables

I.3.1 Les avantages

- Les énergies renouvelables sont disponibles naturellement.
- Les conséquences des accidents, dus à ces énergies, ne sont pas importantes et ils sont faciles à résoudre par rapport aux énergies conventionnelles (centrale nucléaire ou pétrolière).
- Le coût d'une énergie renouvelable est principalement fixé par l'investissement industriel.
- La destruction des systèmes de production d'énergie renouvelable est facile, rapide et peu coûteux. [5]

I.3.2 Les inconvénients

- L'intermittence des sources des énergies renouvelables (à l'exception de l'énergie géothermique).
- Les énergies renouvelables demandent de l'espace et ont un impact sur les usages des territoires.
- La construction des installations influence l'aspect visuel du paysage.
- Les sources renouvelables offrent une variation indépendamment de la demande, comme les énergies solaire et éolienne qui exigent l'utilisation des systèmes de stockage d'énergie. [5]

I.4 Énergie solaire photovoltaïque

I.4.1 Historique

L'effet photovoltaïque a été découvert en 1839 par un physicien français, Antoine Becquerel. En 1921, Albert Einstein explique l'effet photoélectrique à la base du photovoltaïque, travaux qui lui valent le prix Nobel de physique la même année.

Les années 1960 voient les premières applications industrielles de l'énergie photovoltaïque, plus précisément dans l'aérospatiale. La NASA équipe ainsi ses premiers satellites de panneaux solaires pour les alimenter en électricité.

Les premières installations photovoltaïques terrestres voient le jour dans les années 1970. La première centrale résidentielle est construite en 1973 aux États-Unis, dans le Delaware.

Aujourd'hui, le photovoltaïque est partout, avec une augmentation constante des capacités installées. Entre 2007 et 2012, la capacité mondiale a ainsi été multipliée par 10. [5]

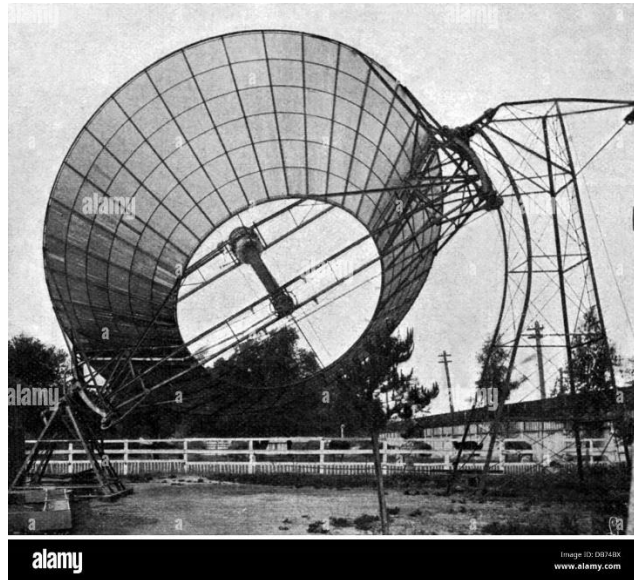


Figure I.7- Panneau solaire photovoltaïque

I.4.2 Définition

La photovoltaïque solaire est une énergie renouvelable qui transforme la lumière solaire en électricité grâce à des cellules photovoltaïques. Il arrive fréquemment que ces cellules soient constituées de matériaux semi-conducteurs comme le silicium. Quand les cellules sont touchées par la lumière du soleil, elles produisent un flux d'électrons qui génère un courant électrique.

Cette technologie est de plus en plus populaire en raison de sa durabilité, de sa fiabilité et de son impact environnemental réduit par rapport aux sources d'énergie traditionnelles telles que les combustibles fossiles. Les installations solaires photovoltaïques peuvent être utilisées à différentes échelles, allant des petites installations sur les toits des maisons aux vastes parcs solaires commerciaux.

I.4.3 Système photovoltaïque

Un système photovoltaïque (PV) est un ensemble de technologies utilisé pour convertir la lumière du soleil en électricité. Voici les principaux éléments d'un système photovoltaïque :

- **Panneaux solaires (modules photovoltaïques) :** Ce sont les composants de base qui captent la lumière du soleil et la convertissent en électricité. Les panneaux sont composés de cellules photovoltaïques qui génèrent un courant électrique lorsque la lumière du soleil les frappe.
- **Onduleur :** Les panneaux solaires produisent un courant continu (CC), mais la plupart des équipements électriques fonctionnent avec un courant alternatif (CA). L'onduleur convertit le courant continu des panneaux solaires en courant alternatif pour une utilisation domestique ou pour l'envoyer sur le réseau électrique.
- **Système de montage :** Les panneaux solaires doivent être montés de manière sûre et efficace et les orienter vers le sud, que ce soit sur un toit, au sol ou sur une structure surélevée. Le système de montage assure la fixation des panneaux et permet de les orienter pour maximiser l'exposition au soleil.
- **Câblage électrique :** Un réseau de câblage connecte les panneaux solaires à l'onduleur et au système électrique du bâtiment ou au réseau électrique. Ce câblage

transporte l'électricité produite par les panneaux solaires vers les points de consommation ou de stockage.

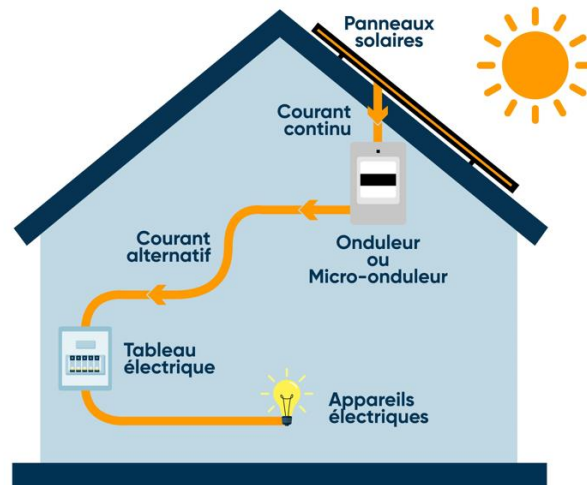


Figure I.8-Système photovoltaïque

I.4.4 Cellules photovoltaïque

Les cellules photovoltaïques exploitent l'effet photoélectrique pour produire du courant continu par absorption du rayonnement solaire. Cet effet permet aux cellules de convertir directement l'énergie lumineuse des photons en électricité par le biais d'un matériau semi-conducteur transportant les charges électriques.

Une cellule photovoltaïque est composée de deux types de matériaux semi-conducteurs, l'une présentant un excès d'électrons et l'autre un déficit d'électrons. Ces deux parties sont respectivement dites « dopées » de type n et de type p. Le dopage des cristaux de silicium consiste à leur ajouter d'autres atomes pour améliorer la conductivité du matériau.

La cellule photovoltaïque constitue l'élément de base des panneaux solaires photovoltaïques. Il s'agit d'un dispositif semi-conducteur à base de silicium délivrant une tension de l'ordre de 0,5 à 0,6 V. [6]

I.4.5 Différentes types de cellules photovoltaïques

Il existe plusieurs types au niveau des cellules photovoltaïques :

I.4.5.1 Cellules monocristallines

Sont les photopiles de la première génération, elles sont élaborées à partir d'un bloc de silicium cristallisé en un seul cristal. Son procédé de fabrication est long et exigeant en énergie ; plus onéreux, il est cependant plus efficace que le silicium poly cristallin. [7]



Figure I.9-Cellule monocristalline

I.4.5.2 Cellules poly cristallines

Sont élaborés à partir d'un bloc de silicium cristallisé en forme de cristaux multiples. Vus de près, on peut voir les orientations différentes des cristaux (tonalités différentes). Elles ont un rendement de 11 à 15%, mais leur coût de production est moins élevé que les cellules monocristallines. [8]

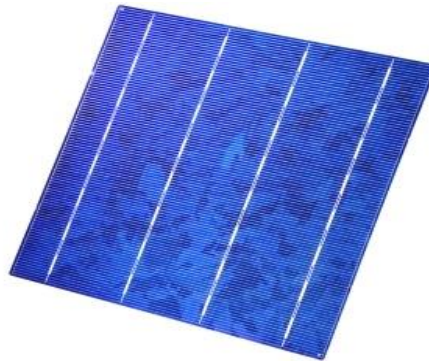


Figure I.10-Cellule poly cristalline

I.4.5.3 Amorphes

Les modules photovoltaïques amorphes ont un coût de production bien plus bas, mais malheureusement leur rendement n'est que 6 à 8% actuellement. Cette technologie permet d'utiliser des couches très minces de silicium. [8]

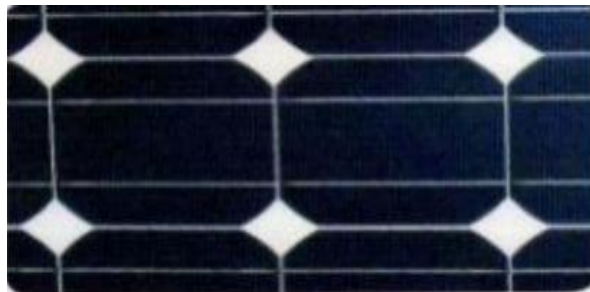


Figure I.11-Cellule au Silicium amorphe

I.4.6 Les avantages et les inconvénients de l'énergie solaire photovoltaïque

I.4.6.1 Les avantages

- ✓ La production d'électricité solaire est propre et non toxique.
- ✓ Les systèmes photovoltaïques sont extrêmement fiables et durables.
- ✓ L'énergie solaire est idéale pour les sites urbains en raison de sa petite taille et de son fonctionnement silencieux.
- ✓ L'énergie solaire est disponible partout, dans les zones isolées comme dans les centres urbains.
- ✓ L'électricité solaire est produite localement et directement chez l'utilisateur.
- ✓ Les panneaux solaires peuvent être intégrés de manière esthétique à l'architecture des bâtiments.
- ✓ Les panneaux solaires peuvent être compétitifs en termes de coûts par rapport aux solutions conventionnelles pour les sites éloignés ou pour éviter les coûts de raccordement au réseau électrique public.
- ✓ Les coûts de fonctionnement des panneaux solaires sont très faibles car leur entretien est minimal et ils ne nécessitent ni combustible, ni transport, ni personnel hautement spécialisé.

I.4.6.2 Les inconvénients

- ✓ Coûts initiaux élevés : Le coût initial d'installation d'un système solaire photovoltaïque peut être élevé, même s'il a diminué ces dernières années.
- ✓ Dépendance à la météo : L'énergie solaire photovoltaïque dépend de l'ensoleillement, ce qui peut poser problème lors de périodes de faible luminosité ou la nuit.
- ✓ Besoin d'espace : Les panneaux solaires photovoltaïques nécessitent une certaine quantité d'espace pour être installés, ce qui peut être un problème dans les zones urbaines où l'espace est limité.
- ✓ Impact environnemental de la production : La production de panneaux solaires photovoltaïques peut avoir un impact environnemental important, notamment en raison de l'utilisation de métaux rares.
- ✓ Durée de vie limitée : Les panneaux solaires photovoltaïques ont une durée de vie limitée, en général entre 25 et 30 ans, après quoi ils doivent être remplacés.

I.4.7 Stockage de l'énergie solaire photovoltaïque

Le stockage de l'énergie solaire photovoltaïque est un aspect crucial de l'adoption à grande échelle de cette technologie. En effet, contrairement aux sources d'énergie traditionnelles comme le pétrole, le gaz naturel et le charbon, l'énergie solaire est une source intermittente, qui n'est disponible que lorsque le soleil brille. Cela signifie que sans stockage, l'énergie solaire photovoltaïque ne peut être utilisée que lorsqu'elle est produite, ce qui limite son utilisation pratique.

Heureusement, il existe plusieurs options pour stocker l'énergie solaire photovoltaïque, et ces options sont en constante évolution grâce aux avancées technologiques. Les principales options de stockage comprennent les batteries, les systèmes de stockage d'air comprimé, les systèmes de stockage d'hydrogène et les réservoirs de chaleur.

Les batteries sont probablement l'option de stockage la plus courante pour l'énergie solaire photovoltaïque. Les batteries solaires sont souvent utilisées pour stocker l'énergie produite

pendant la journée pour une utilisation ultérieure la nuit ou pendant les périodes nuageuses. Les batteries peuvent également être utilisées pour fournir de l'énergie de secours en cas de panne de courant. [1]



Figure I.12- Batterie solaire

Il existe plusieurs types de batteries pour le stockage d'énergie solaire photovoltaïque.

Les batteries plomb-acide sont les plus courantes, car elles sont relativement peu coûteuses et ont une longue durée de vie. Cependant, elles sont relativement lourdes et nécessitent une maintenance régulière.



Figure I.13 Batterie plomb-acide

Les batteries lithium-ion ont une alternative plus récente et plus légère, mais elles sont également plus coûteuses.



Figure I.14 Batterie lithium

Les systèmes de stockage d'air comprimé ont une autre option pour le stockage de l'énergie solaire photovoltaïque. Ces systèmes utilisent l'énergie solaire pour comprimer l'air dans des réservoirs, qui peut ensuite être utilisé pour produire de l'électricité à la demande. Les systèmes de stockage d'air comprimé sont souvent utilisés dans les régions où les conditions sont favorables à la production d'énergie solaire mais où l'eau est rare et donc l'hydroélectricité est peu disponible. [1]

Les systèmes de stockage d'hydrogène ont une autre option pour le stockage de l'énergie solaire photovoltaïque. Dans ces systèmes, l'énergie solaire est utilisée pour produire de l'hydrogène par électrolyse de l'eau, qui est ensuite stocké dans des réservoirs pour une utilisation ultérieure. Lorsque l'hydrogène est utilisé, il produit de l'électricité et de l'eau comme sous-produits. Cependant, les systèmes de stockage d'hydrogène sont coûteux et nécessitent un traitement et un stockage soigneux de l'hydrogène.



Figure I.15-Stockage d'hydrogène

I.4.8 Applications des systèmes photovoltaïques

I.4.8.1 Applications résidentielles

Les systèmes photovoltaïques peuvent être utilisés pour produire de l'énergie pour les maisons.

I.4.8.2 Applications industrielles

Les systèmes photovoltaïques peuvent être utilisés pour la production d'énergie pour les usines et les grandes installations.

I.4.8.3 Applications pour les régions isolées

Les systèmes photovoltaïques peuvent également être utilisés pour produire de l'énergie dans les zones éloignées qui ne sont pas reliées au réseau électrique.

Les applications des systèmes photovoltaïques sont très diverses et peuvent être adaptées aux besoins spécifiques des utilisateurs.

I.4.9 Facteurs pouvant affecter la durabilité et l'efficacité des systèmes photovoltaïques

Les systèmes photovoltaïques sont conçus pour fonctionner pendant des décennies, mais différents facteurs peuvent affecter leur durabilité et leur efficacité. Voici quelques facteurs qui peuvent avoir un impact négatif sur les systèmes photovoltaïques :

Les conditions climatiques : les panneaux solaires peuvent être affectés par des températures extrêmes, des vents violents, des chutes de grêle ou de la neige. Les modules photovoltaïques doivent être conçus pour résister à ces conditions.

- **L'ombrage** : Si une partie du système photovoltaïque est ombragée, cela peut réduire considérablement l'efficacité de tout le système. Il est donc important de concevoir le système de manière à éviter ou à minimiser l'ombrage.
- **L'accumulation de saleté et de poussière** : Si les panneaux solaires ne sont pas nettoyés régulièrement, ils peuvent accumuler de la saleté et de la poussière qui réduiront l'efficacité du système.
- **Les perturbations électromagnétiques** : Des sources de perturbations électromagnétiques, telles que les antennes de télécommunication, peuvent interférer avec le fonctionnement des onduleurs ou d'autres composants du système photovoltaïque.
- **La corrosion** : Les composants en aluminium ou en acier inoxydable utilisés dans les systèmes photovoltaïques peuvent être affectés par la corrosion en raison de l'exposition à des conditions environnementales corrosives.
- **Les erreurs de conception ou d'installation** : Des erreurs de conception ou d'installation peuvent affecter la performance et la durabilité du système photovoltaïque. Il est donc important de travailler avec des professionnels expérimentés et qualifiés pour la conception et l'installation du système.
- **Les surtensions** : les surtensions peuvent endommager les composants du système photovoltaïque, tels que les onduleurs, et réduire leur durée de vie.

En somme, pour assurer la durabilité et l'efficacité des systèmes photovoltaïques, il est important de prendre en compte ces facteurs et de prendre les mesures nécessaires pour les éviter ou les minimiser. Cela peut inclure des pratiques de maintenance régulières, la sélection

de matériaux résistants aux intempéries et corrosifs, et la conception et l'installation professionnelle du système.

I.5 Internet des Objets

I.5.1 Définition

L'IoT définit différentes solutions techniques avec un ensemble de caractéristiques : identification des objets, capter, stocker, traiter, et transférer des données dans les environnements physiques.

La technologie IoT est considérée comme l'émergence du futur Internet, certains définissent comme "un objet doté d'une identité et d'une personnalité virtuelle, opérant dans des espaces intelligents et en utilisant des interfaces intelligentes pour se connecter et communiquer dans une variété d'environnements d'utilisation".

D'autres s'en tiennent au côté omniprésent de l'IoT, permettant aux gens de se connecter les uns aux autres, N'importe où, n'importe quand, n'importe quel objet. Ce nouveau paradigme informatique n'est plus basé sur les PC et les périphériques ordinateurs, mais sur les objets du quotidien en leur attribuant un capteur intégré intelligent et capacité à communiquer sur Internet. [9]

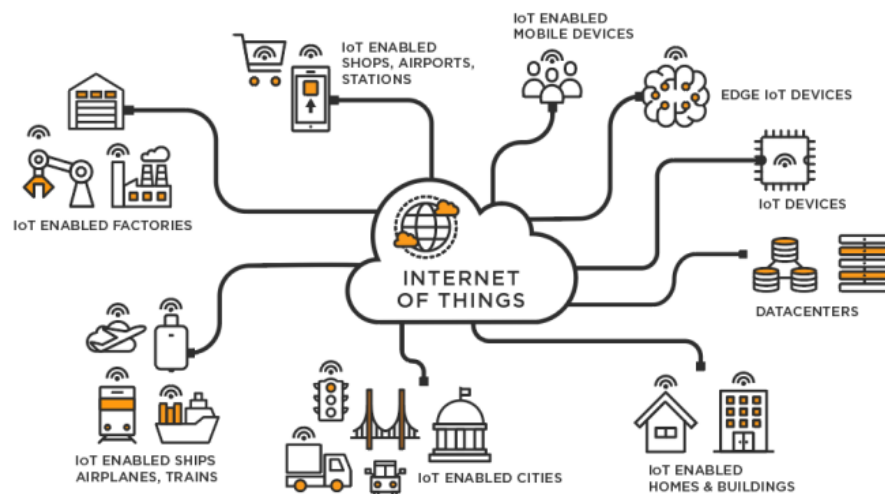


Figure I.16-Internet des objets

I.5.2 Historique

Le terme "Internet des objets" est né en 1999. Le MIT (Massachusetts Institute of Technology) grâce à Kevin Ashton, un chercheur britannique dans le domaine IoT. Ses collaborateurs ont lancé une initiative pour promouvoir la connectivité ouverte. Tous les objets utilisent la RFID (Radio Frequency Identification). Grâce à l'apparition du nouveau protocole IPv6, des secteurs comme l'aéronautique s'enlèvent rapidement du concept de l'Internet des objets et participent aux recherches. Ce dernier est devenu populaire en 2007. Ensuite, nous pensons à la construction d'un Internet mondial des objets.

I.5.3 Évolution d'internet des objets

En 1990, le premier objet de connexion a été reformulé. Ce sont des grille-pain, Machine à café ou autres objets du quotidien. En 2000, le fabricant coréen LG a lancé un industriel qui parle sérieusement d'électroménager connecté à Internet et La même année verra les premières expérimentations d'appareils connectés à Internet pour rechercher automatiquement des informations.

En 2003, la population mondiale atteignait environ 6,3 milliards et 500 millions d'appareil connecté à Internet [14]. Le résultat de la division du nombre d'appareils par La population mondiale (0,08) indique un faible nombre d'appareils connectés par habitant. Selon la définition Cisco IBSG, l'Internet des objets n'existait pas en 2003 en raison du nombre d'objets la connexion est faible. En raison de l'explosion des smartphones et des tablettes, le nombre d'appareils et le nombre de personnes connectées à Internet a atteint 12,5 milliards en 2010, alors que la population mondiale 6,8 milliards.

C'est pourquoi il y a plus d'un appareil connecté par personne (1.84) pour la première fois dans l'histoire. Cisco explique l'évolution du nombre d'objets dans son livre blanc IoT. Aujourd'hui, il dépasse largement le nombre d'habitants sur Terre, et Comme indiqué, il devrait continuer à croître pour atteindre 50 milliards. [10]

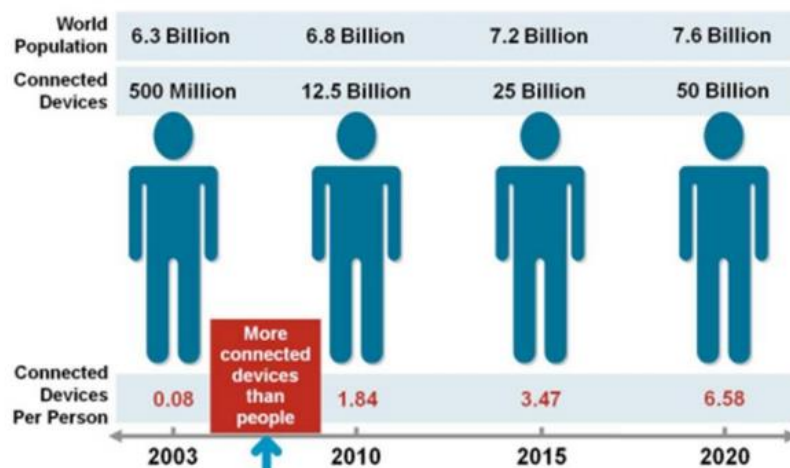


Figure I.17-L'évolution d'internet des objets

I.5.4 Principe de L'IoT

L'IoT se compose de plusieurs éléments complémentaires, dont chacun a ses propres caractéristiques. Il permet l'utilisation d'un système d'identification électronique appareils mobiles standard et sans fil, identifiés directement et sans ambiguïté objets physiques et capacité à récupérer, stocker, transmettre et traiter sans interruption données connexes. L'IoT est une combinaison d'innovations et de solutions technologiques récentes existant. Chaque objet est équipé d'une identification électronique unique capable de lire et transporter des données par des protocoles dans le réseau Internet. Cependant, il faut définir la nature d'un objet, sa fonction, sa localisation dans l'espace, son histoire pour créer un lien entre physique et virtuel, les dispositifs technologiques doivent modéliser donc l'environnement réel et rendez-le virtuel.

I.5.5 Domaines d'applications

L'Internet des Objets est utilisé dans divers secteurs tel que l'agriculture, soins de santé, la domotique... etc.

• Domotique

C'est un ensemble de technologies qui permettent à la maison d'être intelligente, de penser par elle-même, et de contrôler divers équipements depuis la même interface (téléphone, panneau) grâce à l'Internet des objets, qui a facilité et créé la communication entre les appareils électroménagers et les a contrôlés à distance, et dans ce sens et la propagation de l'Internet des objets nous arrivons aux villes. [10]

• Agriculture

Dans ce domaine, des réseaux de capteurs interconnectés l'Internet des objets peut être utilisé pour surveiller l'environnement des cultures. Ce qui conduit à de bons résultats et à l'amélioration de l'eau d'irrigation et de l'utilisation des intrants et de la planification des travaux agricoles grâce à eux, ces réseaux peuvent être utilisés pour lutter contre les dégâts et les catastrophes et améliorer la qualité de l'environnement en général.

• Villes intelligentes

Le terme villes intelligentes est utilisé pour désigner l'écosystème cyber [7]. Grâce à des services avancés, il est en effet peut optimiser l'utilisation de l'infrastructure physique de la ville (réseau routes, réseaux électriques, etc.), améliorant ainsi la qualité de vie des personnes citoyen.

• Santé

En santé, l'IoT surveillera les signes fournir des cliniques aux patients en créant des réseaux personnels et des capteurs médicaux surveiller les constantes biologiques telles que la température corporelle, Tension artérielle et activité respiratoire.[10] Afin de faciliter la surveillance et d'apporter des solutions, notamment aux personnes à mobilité réduite, dans le domaine de la santé, leurs activités dans leur milieu de vie sont surveillées grâce à des capteurs portables (accéléromètres, gyroscopes, etc.) ou fixes.

• Environnement

Dans ce domaine, un rôle clé est joué par capacité à détecter et autogérer les phénomènes naturels, vent, Hauteurs des rivières, etc. De plus, une intégration transparente de ces données hétérogènes. [12]

• Industriel

Dans le domaine de l'IoT industriel permettra un suivi complet des produits, En encadrant de la chaîne de production à la chaîne logistique de distribution conditions de fourniture, lutte contre la contrefaçon, la fraude et la criminalité économie transfrontalière.

I.5.6 Les composants de base d'un système IoT

• Les sources d'énergie

Les sources d'énergie sont essentielles pour les objets connectés car elles leur fournissent l'énergie nécessaire pour fonctionner. Les principales sources d'énergie pour l'IoT sont les batteries, les panneaux solaires, les piles à combustible et les capteurs d'énergie cinétique.

• Les capteurs

Les capteurs sont des composants clés de l'IoT, qui permettent aux objets connectés de collecter des données sur leur environnement. Les capteurs peuvent être utilisés pour surveiller l'environnement, détecter les changements ou les mouvements, mesurer les niveaux de pollution, etc. Les données collectées par les capteurs sont ensuite transmises à un microcontrôleur pour être analysées et traitées.

• Les actionneurs

Les actionneurs sont des composants qui permettent aux objets connectés d'interagir avec leur environnement. Les actionneurs les plus courants pour l'IoT sont les moteurs, les vannes, les relais etc.... Les moteurs peuvent être utilisés pour faire tourner des objets, les vannes pour contrôler le débit de fluides, les relais pour activer ou désactiver des circuits électriques. Les actionneurs sont contrôlés par un microcontrôleur, qui reçoit des données des capteurs et prend des décisions en conséquence.

• Le module de connectivité

Le module de connectivité est le composant qui permet aux objets connectés de communiquer avec d'autres appareils.

• Les microcontrôleurs

Les microcontrôleurs sont le cerveau des objets connectés, responsables de la collecte, du traitement et du contrôle des données. Ils peuvent être programmés pour effectuer diverses tâches en fonction des besoins, y compris la gestion de l'énergie pour une consommation optimisée et une durée de vie prolongée de la batterie. Ils permettent également la communication avec d'autres appareils ou avec le cloud en étant intégrés à des modules de connectivité.

• La carte d'essai

La carte d'essai est un outil important pour les développeurs IoT, car elle permet de tester et de prototyper des circuits électroniques avant de les intégrer dans un produit final.

• Les logiciels et les algorithmes

Les logiciels et les algorithmes sont nécessaires pour traiter les données collectées par les capteurs et pour contrôler les actionneurs en fonction des décisions prises par le microcontrôleur. Les logiciels peuvent être développés pour fonctionner sur le microcontrôleur lui-même ou sur le cloud, selon les besoins de l'application.

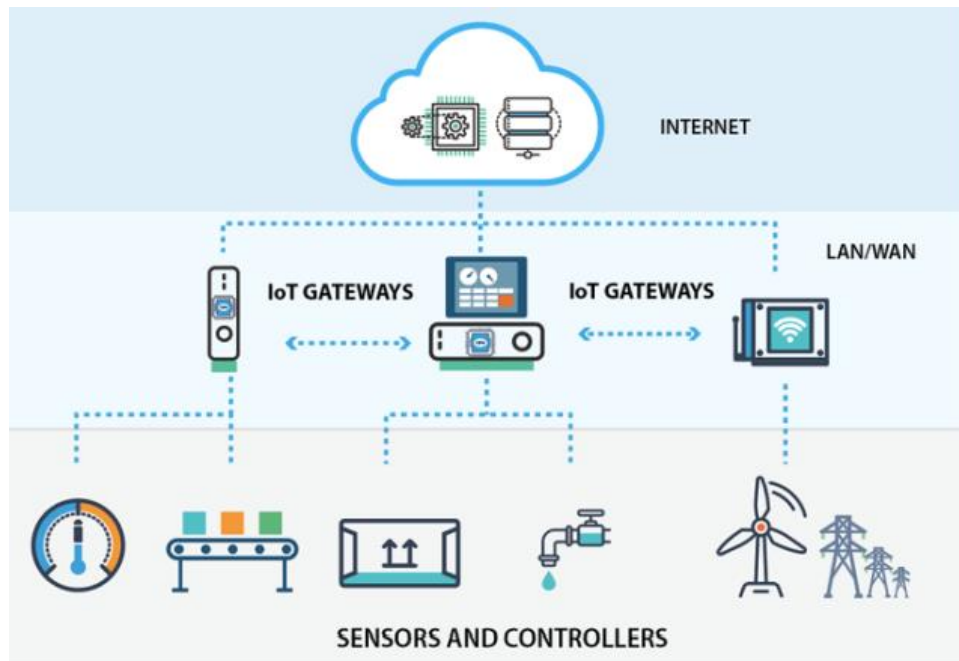


Figure I.18-Architecture des composants d'IOT

I.5.7 Les protocoles de communication d'IoT

L'Internet des objets (IoT) est un réseau de dispositifs physiques, tels que des capteurs, des appareils, des véhicules, etc., qui sont connectés à Internet et qui peuvent échanger des données. Pour permettre ces échanges de données, des protocoles de communication spécifiques sont nécessaires. Voici quelques-uns des protocoles de communication couramment utilisés dans l'IoT. [1]

I.5.7.1 MQTT (Message Queuing Telemetry Transport)

MQTT est un protocole de messagerie légère conçu pour les communications machine-à-machine (M2M) dans l'IoT. Il utilise une architecture publish/subscribe, où les appareils publient des messages sur un serveur central, qui les transmet ensuite à tous les abonnés intéressés par ces messages. Il est efficace pour les communications avec des appareils à faible consommation d'énergie et à faible bande passante. MQTT est utilisé dans de nombreux cas d'utilisation de l'IoT, tels que la surveillance de l'énergie, la gestion de la ville intelligente, la télémétrie, et bien plus encore.

I.5.7.2 HTTP (Hypertext Transfer Protocol)

Bien que le HTTP ne soit pas spécifiquement conçu pour l'IoT, il est souvent utilisé pour les communications entre appareils IoT et les services cloud. HTTP est un protocole de communication Web qui utilise un modèle de requête/réponse et peut être utilisé sur des réseaux IPv4 et IPv6. Il est couramment utilisé dans les applications de l'IoT liées à la gestion de la santé, aux systèmes de suivi des actifs, à la gestion de la chaîne d'approvisionnement et aux services de maintenance.

I.5.7.3 Bluetooth

Bluetooth est une technologie sans fil à courte portée utilisée pour les communications entre appareils IoT. Il est couramment utilisé dans les applications domestiques et de bureau, telles que les capteurs d'ouverture de porte, les capteurs de température et les systèmes d'éclairage

intelligents. Bluetooth utilise une architecture maître/esclave, où le maître coordonne les communications entre les différents appareils esclaves.

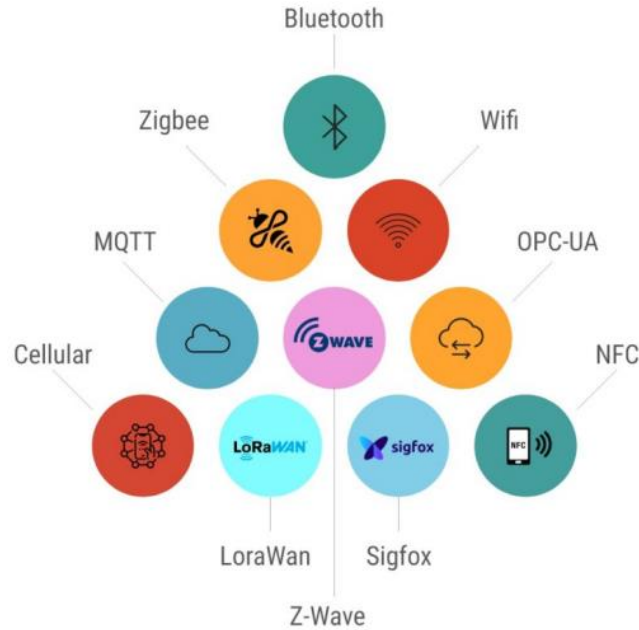


Figure I.19-Les protocoles de communication d'IoT

I.5.8 Avantage et Inconvénient du réseau IoT

➤ Avantages

L'IoT est une infrastructure nouvelle qui va intégrer les objets connectés, permettre l'apparition d'un réseau ubiquitaire et nous donner un avantage quotidien. Elle peut être considérée comme un concept ayant des répercussions sur les technologies et la société dans divers secteurs : des secteurs privés, étatique et industrielle 4.0. Elle permettra de rendre l'environnement connecté et pouvoir communiquer avec lui, à l'avenir nous serons informés de l'état du sol, de l'humidité et de la quantité de lumière reçue, ce simple cas, permet de nous donner un aperçu global sur son potentiel et sur ces avantages. [9]

➤ Inconvénients

L'IoT gère nos données personnelles, en effet, les objets connectés produisent de grandes quantités d'information et le traitement de cette masse de données implique de nouvelle préoccupation notamment autour de la confidentialité et de la sécurité. [9]

I.5.9 Rôle que peut jouer l'IOT dans un système solaire

L'IOT peut jouer divers rôles pour la récolte maximale d'énergie et la performance des systèmes photovoltaïques, les principaux sont :

- **Collecte de données en temps réel :** L'IoT permet la collecte de données en temps réel à partir des panneaux solaires, des onduleurs, des capteurs environnementaux et d'autres composants du système solaire. Ces données incluent la production d'énergie solaire, les niveaux de rayonnement solaire, la température, les performances des équipements, etc. Cette collecte de données en temps réel offre une visibilité complète sur le fonctionnement du système solaire.
- **Surveillance et maintenance proactive :** L'IoT permet une surveillance continue des performances du système solaire. Les données collectées peuvent être analysées pour

détecter les problèmes potentiels, les dégradations des performances ou les pannes imminentes. Cela permet une maintenance proactive, réduisant les temps d'arrêt et optimisant la disponibilité du système.

- **Surveillance à distance et contrôle intelligent** : L'IoT permet un contrôle à distance des systèmes solaires, offrant la possibilité de surveiller et de contrôler les performances et les paramètres du système via des applications mobiles ou des interfaces web. Cela facilite la gestion et l'optimisation du système solaire à distance, offrant une flexibilité et une commodité accrues aux propriétaires ou aux gestionnaires de système.
- **L'analyse des données collectées** : Au fil du temps permet de suivre l'évolution et la dégradation des panneaux solaires. Les variations de performance peuvent être détectées grâce à la surveillance continue des données de courant et des paramètres météorologiques. Ces informations sont essentielles pour évaluer l'efficacité des panneaux solaires sur une période prolongée et pour prendre des mesures correctives en cas de dégradation.

Grâce à ces fonctionnalités avancées, l'IoT contribue à améliorer l'efficacité, les performances et la durabilité des systèmes solaires.

I.5.10 Statistiques du marché mondial d'IOT :

Selon les rapports de marché, le marché mondial de l'IoT devrait connaître une croissance significative dans les années à venir. Voici quelques statistiques clés sur le marché de l'IoT :

- Selon Statista, le nombre d'appareils IoT connectés dans le monde devrait atteindre 30,9 milliards en 2025.
- Selon un rapport de ResearchAndMarkets, le marché de l'IoT dans l'industrie manufacturière devrait croître à un taux annuel composé de 28,4% entre 2020 et 2025. [15]

Ces statistiques indiquent une forte croissance du marché de l'IoT dans différents secteurs, ce qui témoigne de l'importance croissante de l'IoT dans notre vie quotidienne et dans le monde des affaires.

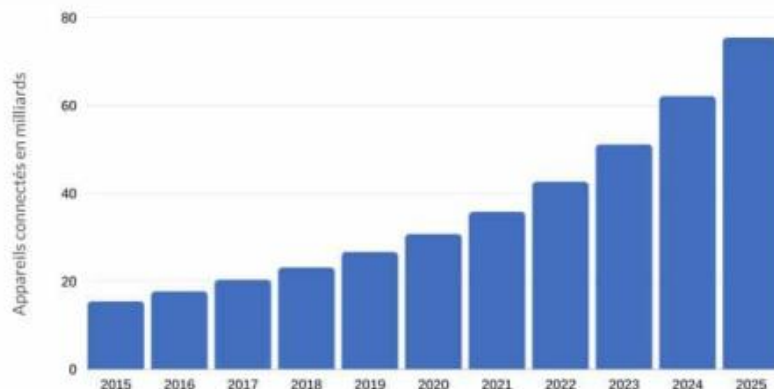


Figure I.20 Appareils IoT connectés

I.6 Conclusion

En conclusion de ce chapitre, il est clair que les énergies renouvelables jouent un rôle crucial dans la transition énergétique mondiale. Parmi ces sources d'énergie durable, l'énergie solaire occupe une place prépondérante en raison de ses avantages significatifs.

L'IoT forme une alliance puissante qui ouvre de nouvelles possibilités pour une efficacité optimale et une performance accrue des installations solaires.

Dans le prochain chapitre, nous allons présenter le système qui est basé sur la transmission des données par internet destiné aux applications photovoltaïques à travers des capteurs puis les envoyer dans une application distante en temps réel.

Chapitre 2

**Description du système de transfert des
données proposé**

II.1 Introduction

Suite à l'exposition des diverses formes d'énergies renouvelables dans le chapitre précédent, ainsi qu'à la description de l'internet des objets. Dans ce chapitre, nous examinerons une étude théorique des différents éléments qui composent le projet final de notre étude, qui est un système de collecte et de transmission de données d'une installation photovoltaïque basé sur ESP32.

II.2 Schéma synoptique du système

Le schéma synoptique ci-dessous présente un aperçu clair du système :

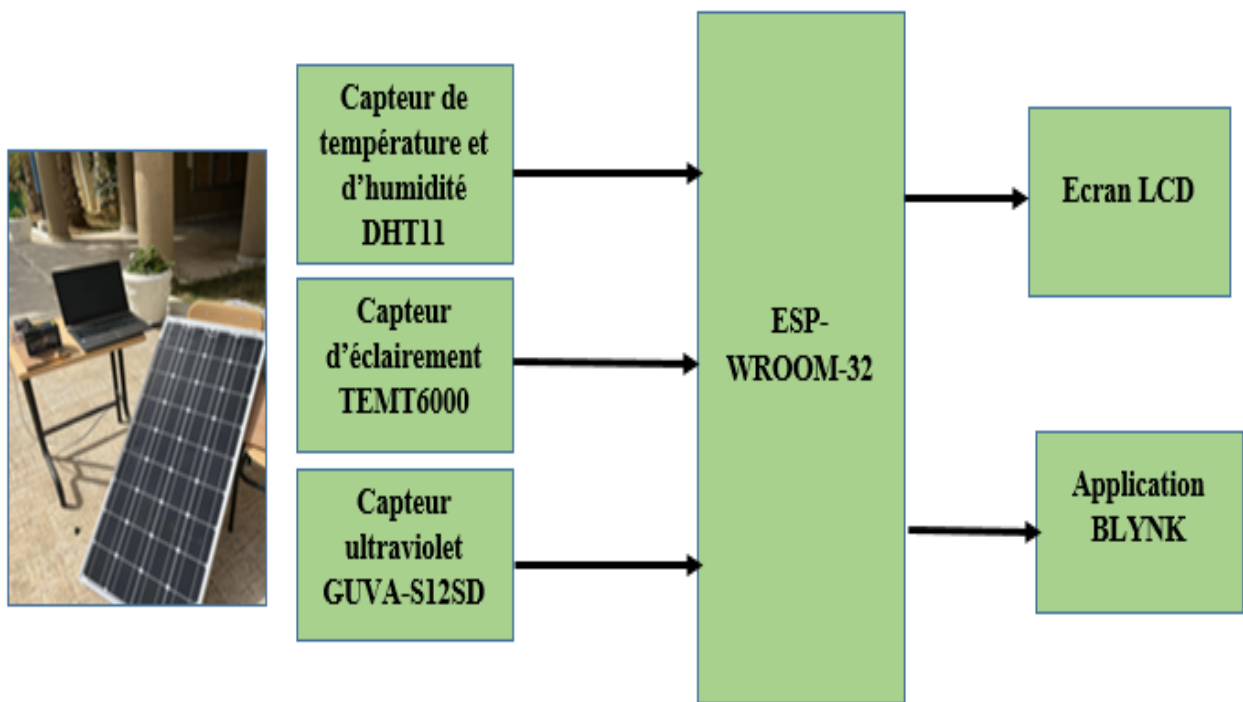


Figure II.1- Schéma synoptique du système

II.3 Description du système de transmission de données et ses composants

Le schéma électronique qui suit montre une vue d'ensemble claire du système. Notre projet consiste à réaliser un système de collecte et de transmission de données telles que la température, l'humidité, la lumière...etc. par internet destiné aux systèmes photovoltaïques afin d'afficher les résultats sur une plateforme IoT (Blynk) et sur un afficheur LCD.

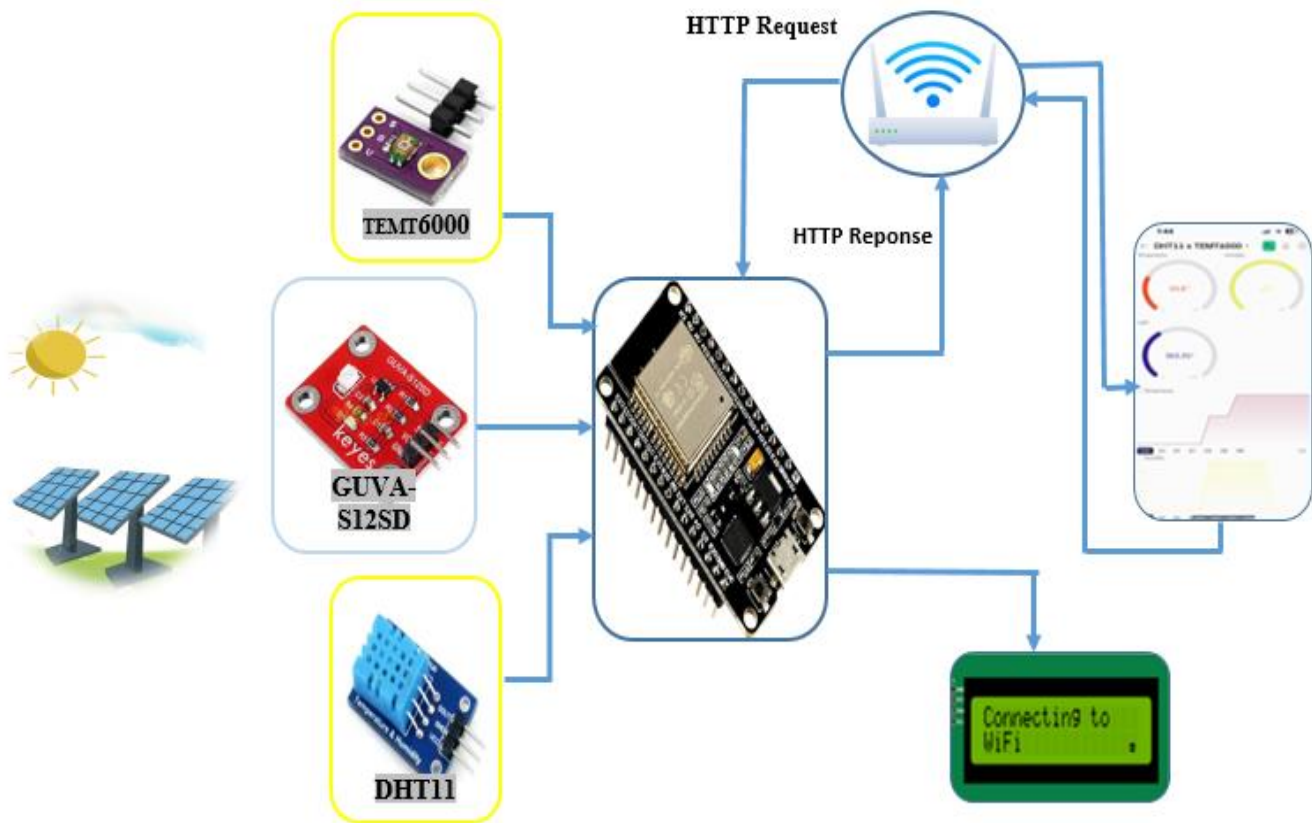


Figure II.2- Schéma Electronique du système

II.4 Composants utilisés

II.4.1 Module Wifi ESP32

II.4.1.1 Présentation

L'ESP32 est une carte à base de microcontrôleur avec des modules Wifi et Bluetooth intégrés. Très simple d'utilisation il est léger et possède une bonne capacité de mémoire et de calculs. Ce qui en fait une carte idéale pour l'apprentissage de la programmation, le développement d'objets connectés ou de serveur. [11]

ESP32 est la base, pour créer des objets connectés, est de les connecter à un réseau comme le réseau Wifi. Il intègre un émetteur-récepteur Wifi ce qui lui permet de se connecter à des réseaux existants ou bien de mettre en place son propre réseau. Grâce à cela, il est possible de créer un serveur qui héberge une interface Web permettant de piloter le microcontrôleur ESP32 à distance.

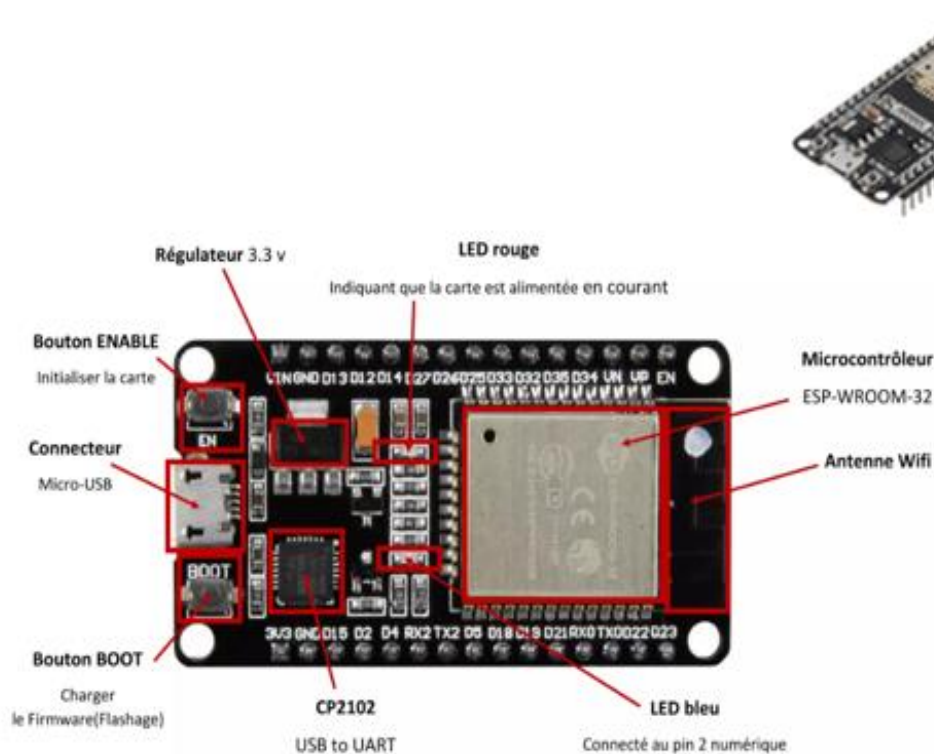


Figure II.3- Carte ESP32

II.4.1.2 Les Caractéristiques du module ESP32

Caractéristique	ESP32
CPU	Xtensa Dual-Core 32-bit LX6 avec 600 DMIPS
Vitesse du WiFi	802.11n jusqu'à 150 Mbps
Protocole WiFi	802.11 b/g/n (2.4 Ghz)
GPIO	36
Bluetooth	OUI
CAD	Deux canaux DAC 8 bits
ADC	RAS 12 bits
Canaux ADC	8 canaux
Référence ADC V	1100mV
SPI/I2C/I2S/UART	4/2/2/3
Modes WiFi	Station/SoftAP/SoftAP+Station/P2P
Capteur tactile	OUI (8-Channel)
Capteur de température	OUI
Capteur à effet Hall	OUI
SRAM	520 kB (8 kB de SRAM dans RTC)
FLASH (externe)	4Mbytes (également disponible plus haut)
ROM	448 kB ROM pour le démarrage et les fonctions de base
Protocoles de réseau	IPv4, IPv6, SSL, TCP/UDP/HTTP/FTP/MQTT
Interface périphérique	UART/SDIO/SPI/I2C/I2S/IR Télécommande GPIO/ADC/DAC/Touch/PWM/LED
Plage de température de fonctionnement	-40°C ~ +85°C
Tension de fonctionnement	2,5V ~ 3,6V
Courant de fonctionnement	Moyenne : 80 mA

Tableau II.1- Caractéristiques de l'ESP32

Ces caractéristiques font de l'ESP32 un choix populaire parmi les développeurs pour une large gamme de projets IoT, de l'automatisation domestique à la surveillance environnementale en passant par les gadgets portables.

II.4.1.3 Schéma fonctionnel de l'ESP32

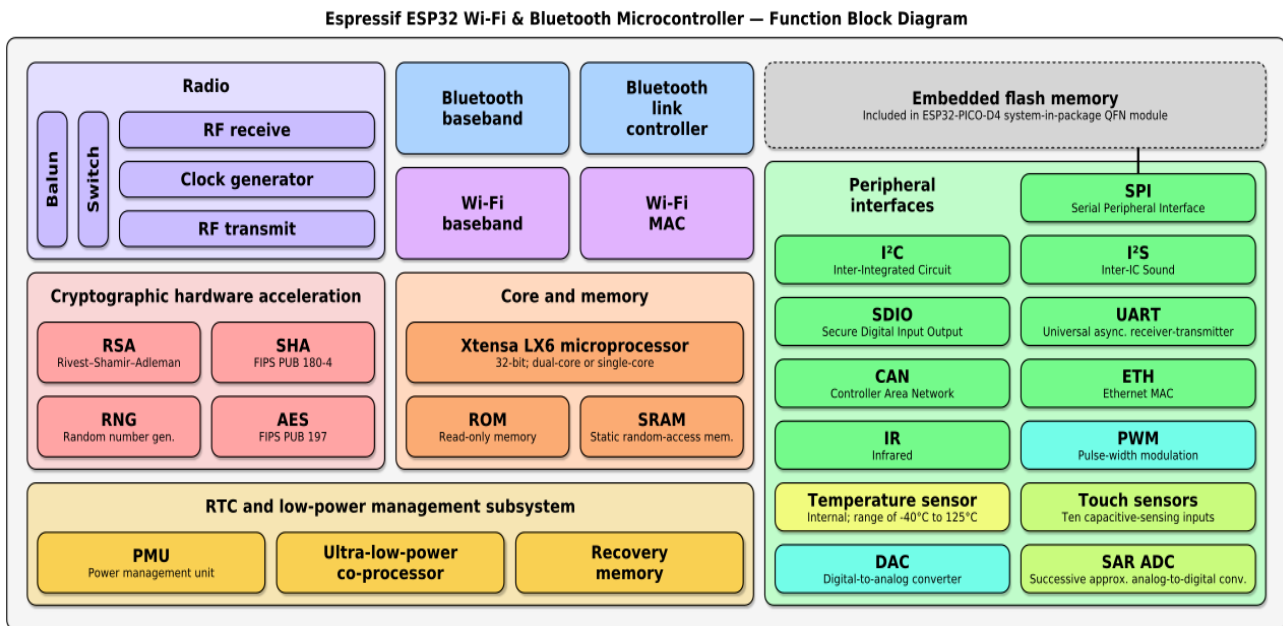
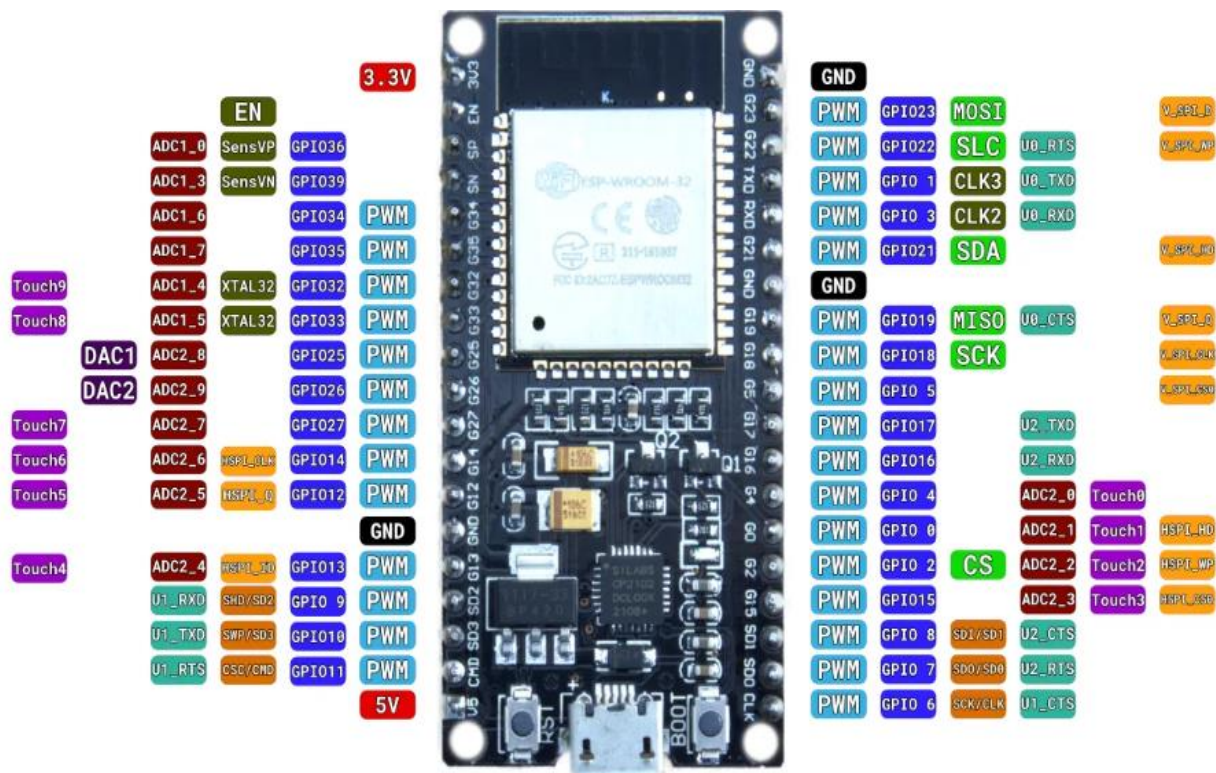


Figure II.4-Schéma fonctionnel de l'ESP32

II.4.1.4 Brochage du module ESP32

Le brochage de l'ESP32 Wroom 32 est essentiel pour comprendre comment connecter et interagir avec le module. Voici les broches principales de l'ESP32 Wroom 32 :



II.5- Brochage du module ESP32

II.4.2 Capteur de température et d'humidité DHT11

II.4.2.1 Présentation

Le DHT11 est un capteur d'humidité et de température. le capteur composite contient une sortie de signal numérique calibré de la température et de l'humidité, application d'une technologie de collecte de modules numériques dédiés et de la technologie de détection de température et d'humidité, Le capteur comprend un sens résistif de composants humides et un dispositif de mesure de température. [12]

Le capteur DHT11 est lui capable de mesurer des températures de 0 à +50°C avec une précision de $\pm 2^{\circ}\text{C}$ et des taux d'humidité relative de 20 à 80% avec une précision de $\pm 5\%$. Une mesure peut être réalisée toutes les secondes. Le DHT11 compatibles 3.3 volts et 5 volts (le fabricant recommande cependant de toujours alimenter le capteur en 5 volts pour avoir des mesures précises). [13]

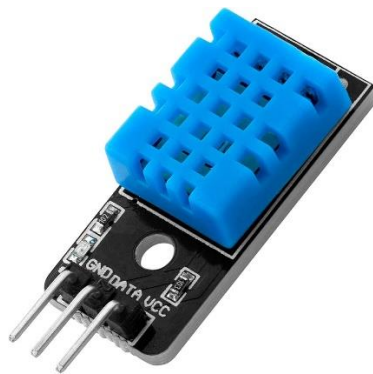


Figure II.6- Capteur DHT11

Ce dispositif est fréquemment employé dans des domaines tels que la surveillance de l'environnement, la gestion de l'humidité, les systèmes de climatisation, les stations météorologiques personnelles et d'autres projets qui requièrent des mesures de température et d'humidité.

II.4.2.2 Caractéristiques du capteur DHT11

Humidité (relative %)	20 ~ 80%
Précision (humidité)	+/- 5%
Température	0 ~ +50°C
Précision (température)	+/- 2°C
Fréquence mesure max	1Hz (1 mesure par seconde)
Tension d'alimentation	3 ~ 5 volts
Stabilité à long terme	+/- 1% par an

Tableau II.2-Caractéristiques du capteur DHT11

II.4.2.3 Câblage d'un capteur DHT11

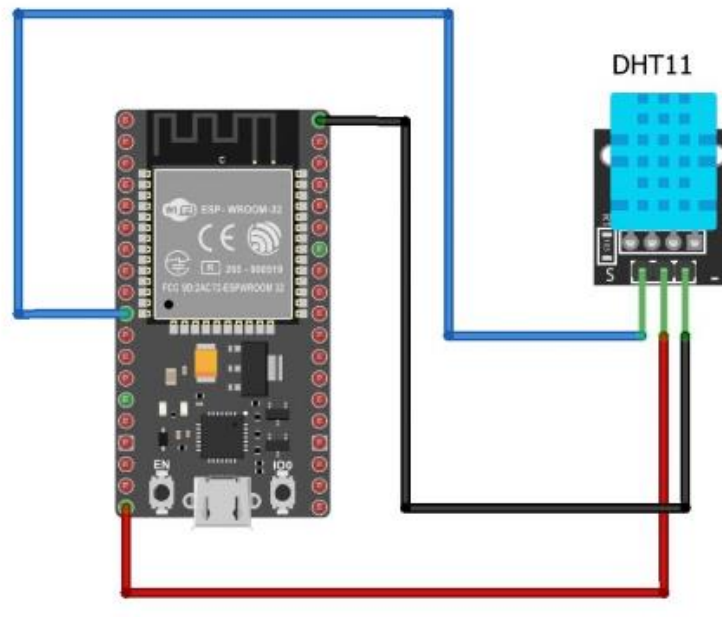


Figure II.7-Câblage du capteur ESP32

II.4.3 Capteur de lumière TEMT6000

II.4.3.1 Présentation

Le capteur de lumière TEMT6000 est un capteur de lumière ambiante sensible à la lumière visible. Il est souvent utilisé dans les applications où la mesure de la luminosité ambiante est nécessaire, comme dans les systèmes d'éclairage automatique, les dispositifs de contrôle de luminosité, les jouets interactifs et les dispositifs électroniques portables.

Le TEMT6000 fonctionne sur le principe de la photorésistance, ce qui signifie que sa résistance électrique varie en fonction de l'intensité lumineuse incidente. Plus la lumière est intense, plus la résistance du capteur est faible. Il convertit cette variation de résistance en un signal électrique proportionnel à l'intensité lumineuse détectée.

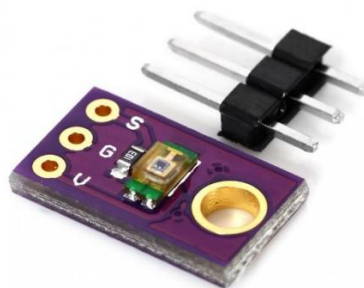


Figure II.8- Capteur d'ensoleillement TEMT6000

Ce capteur est souvent utilisé en conjonction avec des microcontrôleurs ou d'autres circuits électroniques pour traiter et interpréter les données de luminosité. Sa petite taille, sa faible consommation d'énergie et sa réponse rapide en font un choix populaire dans de nombreuses applications.

II.4.3.2 Caractéristiques du capteur d'ensoleillement TEMT6000

Alimentation : 3 à 5 Vcc

Courant I_c : 20mA

Dimensions : 10 x 10 mm

Température de service : -40°C à +85°C

Type de sortie : Analogique avec pull down 10K

Adapté à la réactivité des yeux humains.

II.4.3.3 Câblage du capteur TEMT6000

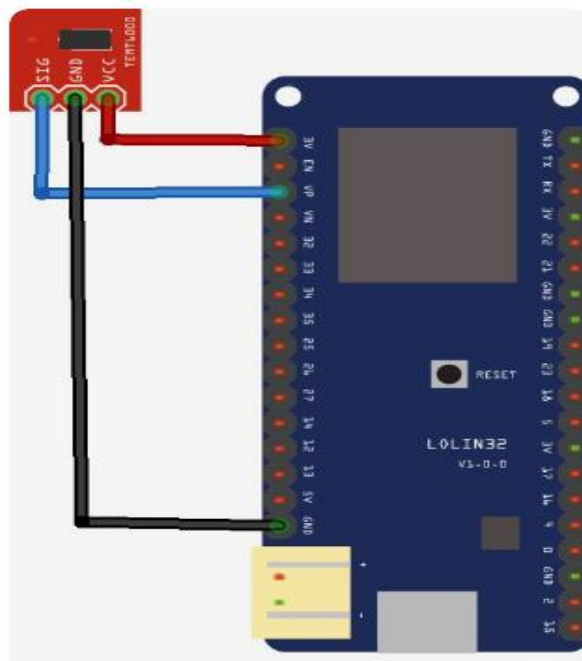


Figure II.9- Câblage du TEMT6000

II.4.4 Capteur de lumière ultraviolet guva-s12sd

II.4.4.1 Présentation

Convertisseur lumière ultraviolet analogique-tension pour mesurer l'intensité de la lumière UV. Le module de capteur UV GUV A-S12SD est utilisé pour détecter l'intensité du rayonnement ultraviolet. Ce module a une sortie analogique qui change avec l'intensité de la lumière UV. Ce capteur produit une sortie analogique en fonction de l'intensité des UV qu'il détecte. Le module contient un double amplificateur opérationnel LM358 qui convertit la sortie de courant du capteur en une tension, puis amplifie cette sortie afin qu'elle puisse être lue par l'entrée analogique pour prendre des mesures UV.

On peut le voir dans une variété de longueurs d'onde UV, habituellement entre 240 nm et 370 nm. Il est fréquemment employé dans différentes utilisations comme la surveillance de l'indice UV, la mesure de l'intensité des radiations UV et la surveillance de l'exposition aux UV dans des appareils comme les compteurs UV et les stations pour la météo.

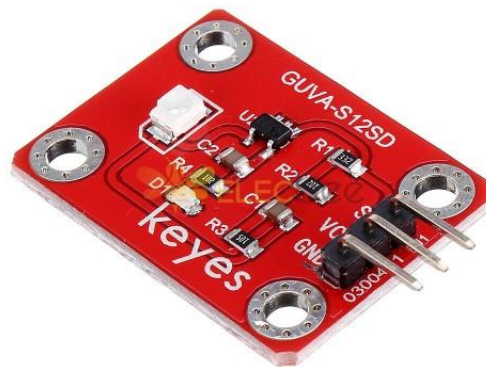


Figure II.10-Capteur ultraviolet GUV A-S12SD

Le tableau ci-dessous présente l'index de l'ultraviolet

UV Index	0	1	2	3	4	5
Vout(mV)	<50	227	318	408	503	606
Analog Value	<10	46	65	83	103	124
UV Index	6	7	8	9	10	11 ⁺
Vout(mV)	696	795	881	976	1079	1170+
Analog Value	142	162	180	200	221	240

Tableau II.3- Ultraviolet Index

II.4.4.2 Caractéristiques du capteur ultraviolet

Longueur d'onde de rayonnement : 240-370 nm

Tension de fonctionnement : 3,3 V à 5 V

Tension de sortie : 0 V à 1 V (0 to 10 UV Index)

Température de fonctionnement : -20 C – +85 C

II.4.4.3 Câblage de GUV A-S12SD

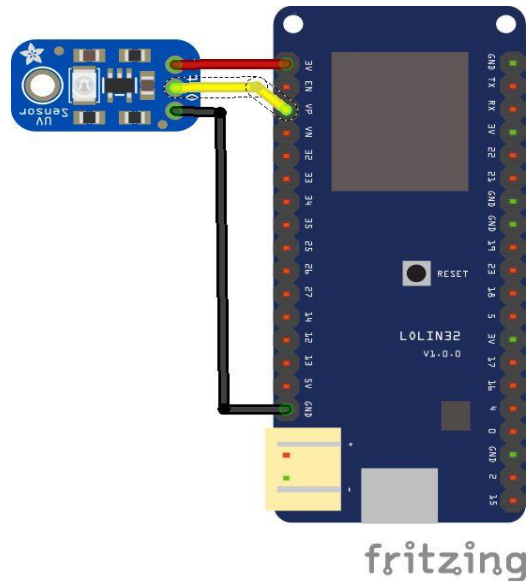


Figure II.11- Câblage de GUV A-S12SD

II.4.5 Ecran LCD avec I2C

II.4.5.1 Présentation

Les afficheurs à cristaux liquides sont des modules compacts intelligents et nécessitent peu de composants externes pour un bon fonctionnement. Ils sont relativement bons marchés et s'utilisent avec beaucoup de facilité. L'afficheur LCD 2 lignes de 16 caractères est directement connecté aux broches du pic est alimenté par 5v, et comme le pic ne fait aucune interprétation des codes de commandes des afficheurs, il est compatible avec tous les modèles existants (de 1 à 4 lignes de 6 à 80 caractères).

Le bus I2C (Inter-Integrated Circuit) est un protocole de communication série synchrone qui permet à plusieurs périphériques de communiquer entre eux en utilisant seulement deux fils : une ligne de données (SDA) et une ligne d'horloge (SCL).

L'utilisation de l'I2C avec un écran LCD permet de simplifier le câblage et d'économiser des broches sur le microcontrôleur, ce qui est particulièrement utile dans les projets où les ressources sont limitées.



Figure II.12- Afficheur LCD x I2C

II.4.5.2 Caractéristiques de l'afficheur LCD I2C

2 lignes de 16 caractères.

Rétro-éclairage bleu, caractères blancs

I2C, adresse de base 0x20

8 adresses disponibles en fonction des jumpers A1, A2 et A3

Alimentation : 5V

Dimensions : 36 x 79 x 20 mm

II.4.5.3 Câblage de l'afficheur LCD I2C

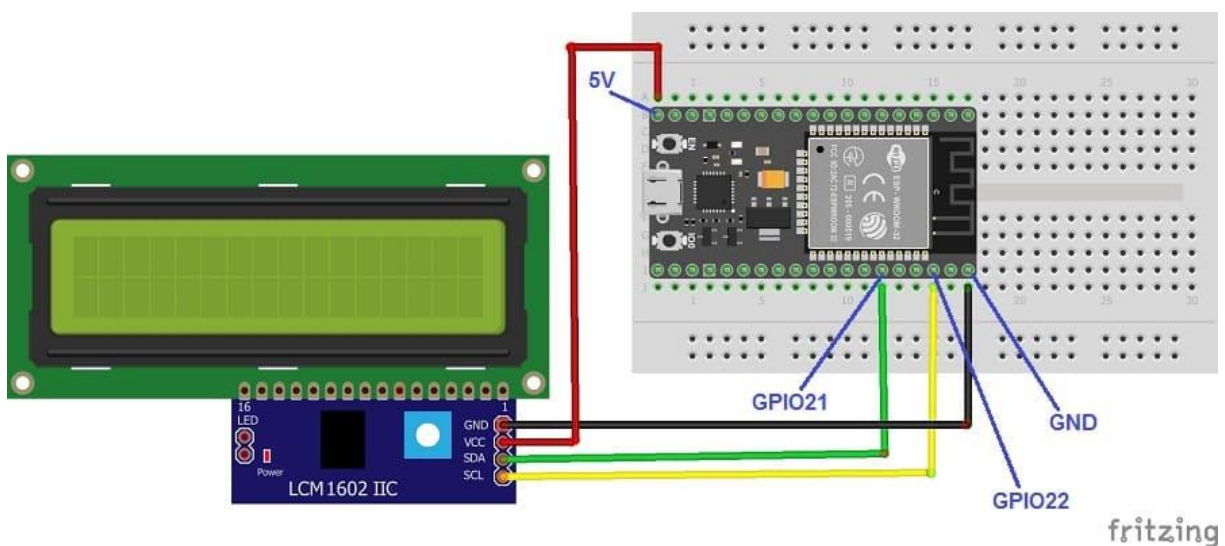


Figure II.13-Câblage de LCD x I2C

II.5 Logiciels utilisés

II.5.1 Logiciel ARDUINO

Arduino est un logiciel de développement intégré (IDE) utilisant le langage de programmation C++. Il autorise la création de programmes connus sous le nom de "croquis" pour les cartes Arduino. L'interface graphique conviviale de l'IDE permet de créer, compiler et transférer les croquis sur les cartes Arduino. Les croquis sont réalisés de façon successive, en employant des fonctions particulières telles que `setup()` et `loop()`. [1]

La programmation est facilitée par le logiciel Arduino qui propose des bibliothèques prêtes à l'emploi pour interagir avec le matériel. Il propose aussi des caractéristiques comme la vérification syntaxique, la coloration syntaxique et la suggestion automatique. En bref, le programme Arduino simplifie la programmation des cartes Arduino en offrant un environnement facile et convivial pour créer des croquis et interagir avec le matériel.

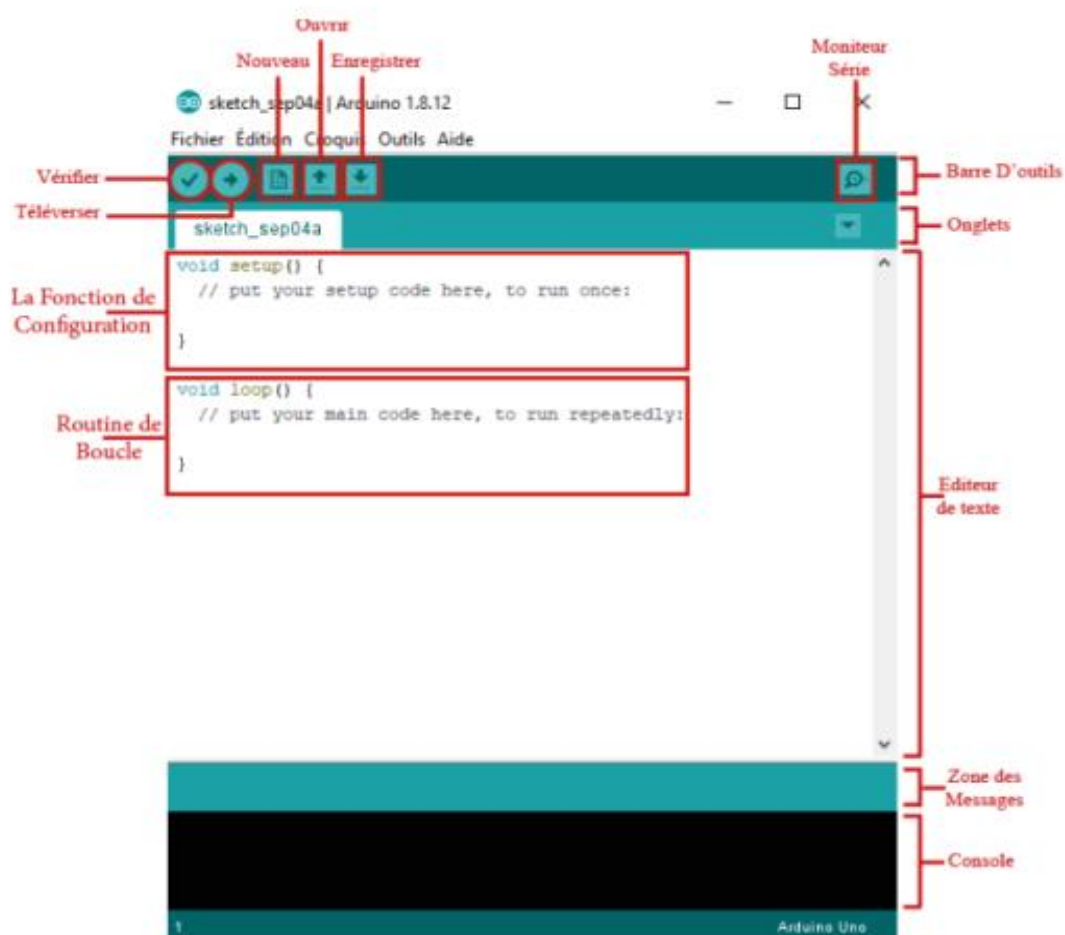


Figure II.14-Fenêtre principale de logiciel Arduino

II.5.2 Blynk IoT

C'est une plate-forme pour l'Internet des Objets (IoT). Elle permet notamment de concevoir une application mobile (Android et iOS) pour contrôler et visualiser les données d'un système embarqué via un serveur cloud public ou privé.

Blynk est une suite de logiciels complète qui permet le prototypage, le déploiement et la gestion à distance des appareils électroniques connectés à n'importe quelle échelle.

Qu'il s'agisse de projets IoT personnels ou de produits commerciaux connectés parmi les millions, Blynk permet aux utilisateurs de connecter leur matériel au cloud et de créer des applications iOS, Android et Web, d'analyser des données en temps réel et historiques à partir de périphériques, de les contrôler à distance de n'importe où, de recevoir des notifications importantes et bien plus encore.

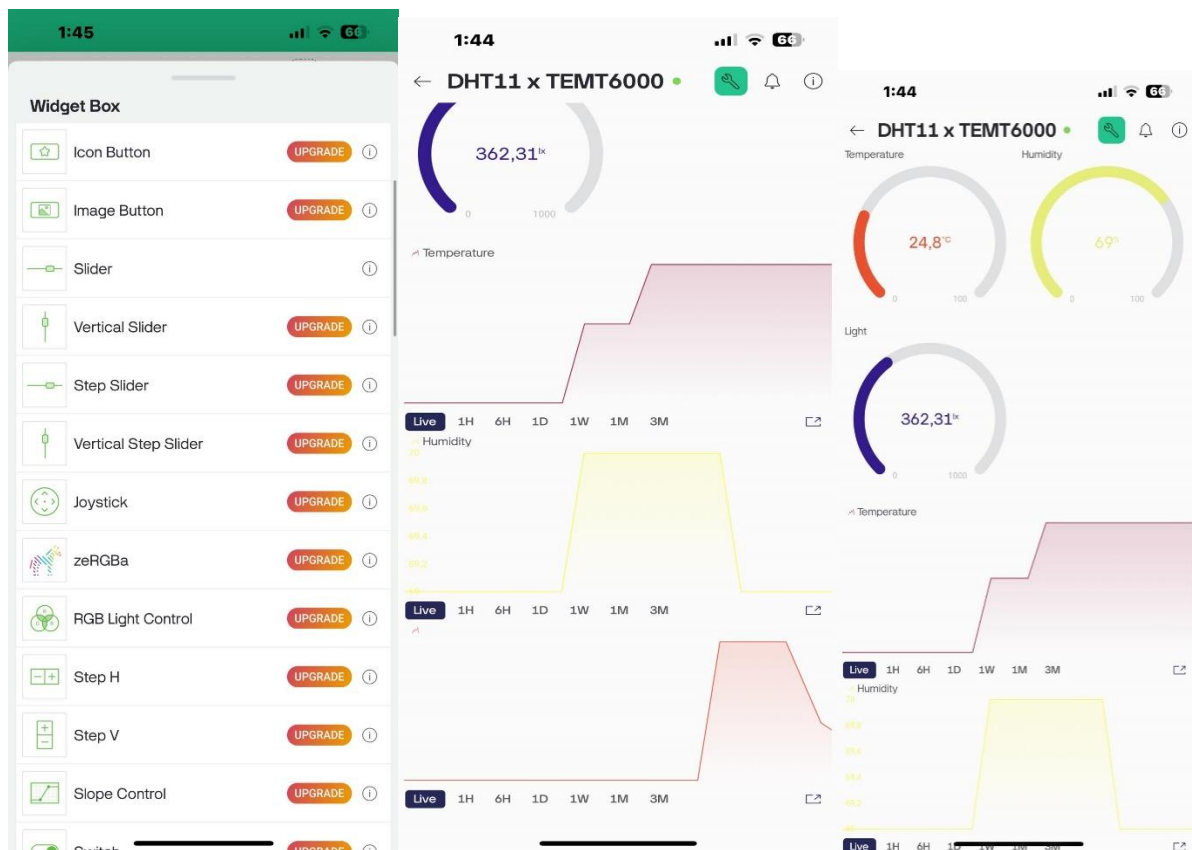


Figure II.15- L'interface de l'application BLYNK

II.5.3 Fritzing

Fritzing est un logiciel open-source multiplateforme permettant de construire des schémas et des circuits électroniques que nous utilisons avec plusieurs cartes électroniques. [14]

Fritzing est un logiciel d'édition de circuit imprimé permettant de concevoir de façon entièrement graphique le circuit et d'en imprimer le typon. Il est adapté au débutant ou confirmés en électronique pour faire rapidement des circuits simple, et est également un bon outil didactique pour apprendre en électronique par la pratique. Le logiciel comporte trois vues principales :

- ❖ La « Platine d'essai », où l'on voit les composants tels qu'ils sont dans la réalité et où l'on construit le montage.
- ❖ La « Vue schématique », représentant le schéma fonctionnel du circuit.
- ❖ Le « Circuit imprimé », représentant la vue du circuit imprimé en PDF pour être imprimé.

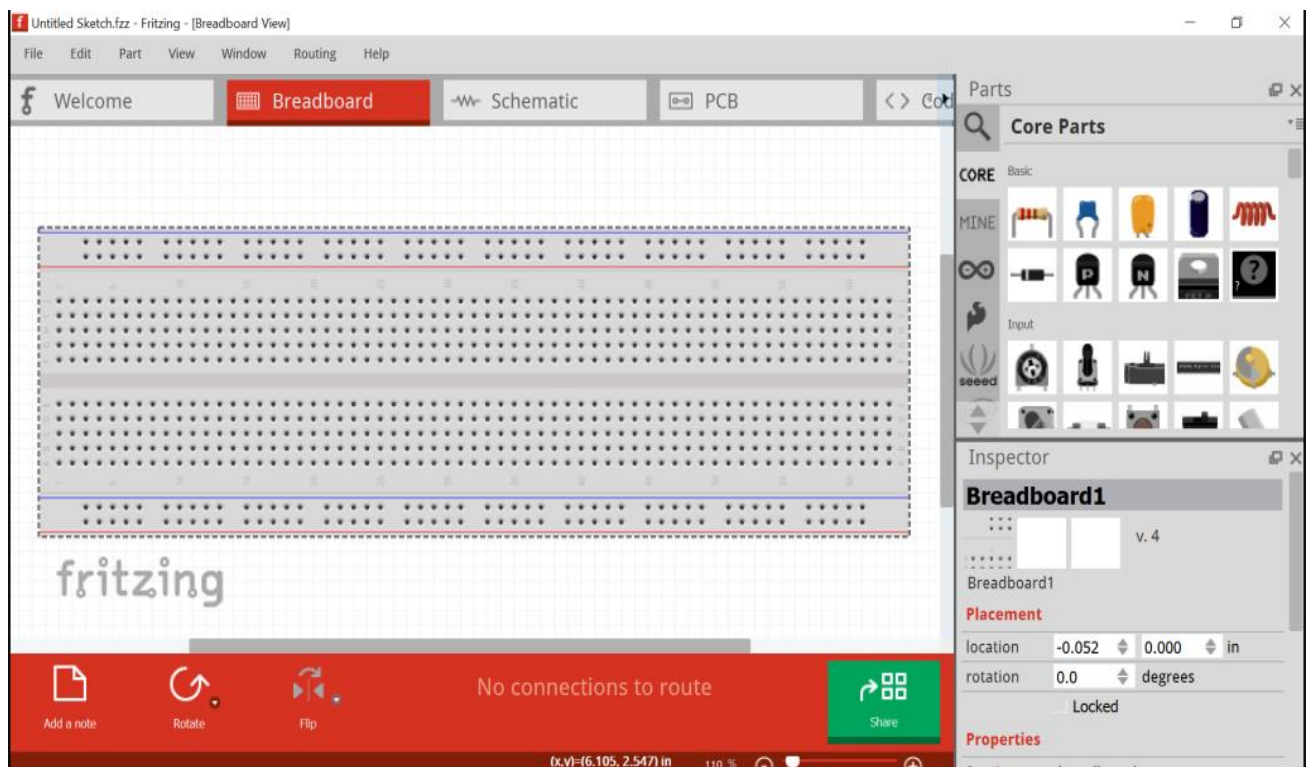


Figure II.16- Interface de fritzing

II.6 Schéma électronique du système de collecte et de transmission

La figure ci-dessous présente le schéma électronique du système avec l'application fritzing :

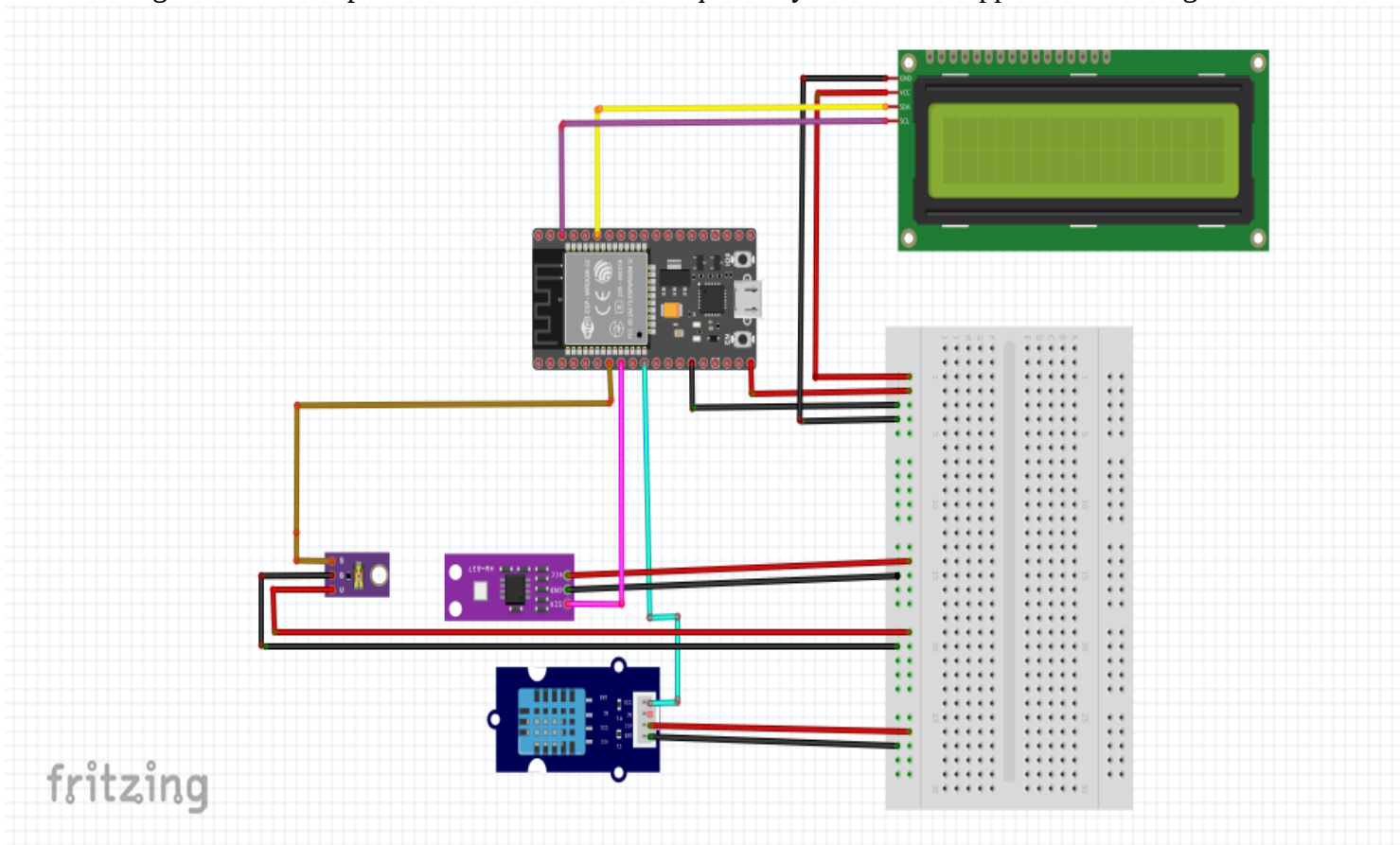


Figure II.17- Schéma électronique du système sur fritzing

II.7 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté notre système qui est basé sur la transmission des données par internet destiné aux applications photovoltaïques à travers des capteurs puis les envoyer dans une application Blynk en temps réel, telles que la luminosité, la température, l'humidité...etc.et les différents composants et logiciels utilisés pour le réaliser.

Dans le prochain chapitre, nous allons présenter les résultats de notre conception d'une solution qui nous offrira la possibilité de surveiller en temps réel les performances du système solaire.

Chapitre 3

**Réalisation pratique et tests
expérimentaux**

III.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous aborderons en détail la réalisation de notre système basé sur l'internet des objets (IoT) destiné aux applications photovoltaïque. Notre objectif principal est de réaliser un système de transfert des données par internet à travers des capteurs puis les envoyer à l'application Blynk en temps réel, telles que la luminosité, la température, l'humidité etc., afin qu'elles puissent être analysées pour des fins d'optimisation.

III.2 Matériel utilisés dans la réalisation du système

III.2.1 Panneau solaire utilisé

Un panneau solaire est un appareil qui convertit la lumière du soleil en électricité grâce à des cellules photovoltaïques. Cette série de panneaux solaire polycrystalline portables est conçue avec un réseau de 9x4 cellules, et avec une puissance nominale maximale P_{max} jusqu'à 100W, et avec une tension de fonctionnement de 20V à 22V DC qui convient à une application 18V DC.



Figure III.1-Panneau solaire utilisé

Caractéristiques :

Type de cellule	Polycrystalline
Nombre de cellules	36 (9x4)
Puissance maximale nominale (Pmax)	100W
Caractéristique typique	Portable
Temperature de fonctionnement	25°C
Tension de fonctionnement	20V
Courant	5,45A
Poids	7,25kg

Tableau III.1- Caractéristiques du panneau solaire utilisé

III.2.2 Régulateur de charge solaire LS102460LPLI

Un régulateur de charge solaire, également connu sous le nom de contrôleur de charge solaire, est un dispositif essentiel dans un système photovoltaïque. Son rôle est simplement de réguler la sortie du panneau photovoltaïque afin d'avoir une tension de charge suffisante pour recharger la batterie. Le régulateur protège les batteries contre la charge excessive par des panneaux solaires.

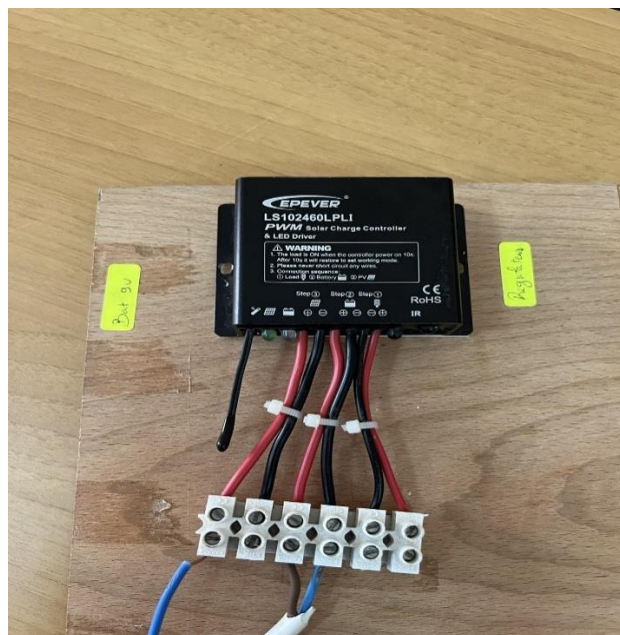


Figure III.2-Régulateur LS102460LPLI

Caractéristiques :

Les entrées	2 entrées pour le panneau photovoltaïque 2 entrées pour batterie 2 entrée pour alimentation DC
Algorithme de chargement	PWM
Voltage	12V
Courant de charge	10A

Tableau III.2-Caractéristiques du régulateur LS102460LPLI

III.2.3 Batterie plomb

Les batteries sont des appareils électrochimiques capables de stocker de l'énergie sous forme chimique et de la libérer sous forme d'électricité par besoin.



Figure III.3- Batterie plomb

Caractéristiques :

La Capacité	9AH
La tension	12V
Le courant	0,45A (9Ah/20)

Tableau III.3-Caractéristiques de la batterie

III.2.4 Multimètre

C'est un ensemble d'appareils de mesures électriques regroupés en un seul boîtier, constitué d'un voltmètre, d'un ampèremètre.



Figure III.4- Multimètre

III.3 Essais expérimentaux

III.3.1 Essai expérimental avec le capteur de température et d'humidité

DHT11 et afficheur LCD

Le montage électronique suivant présente une vue d'ensemble du branchement du capteur DHT11+ LCD avec ESP32 :

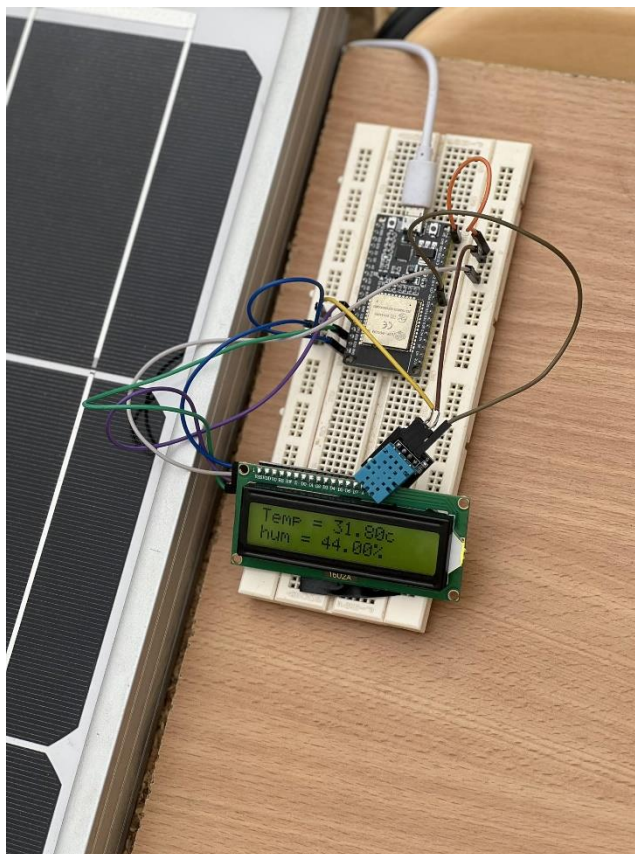


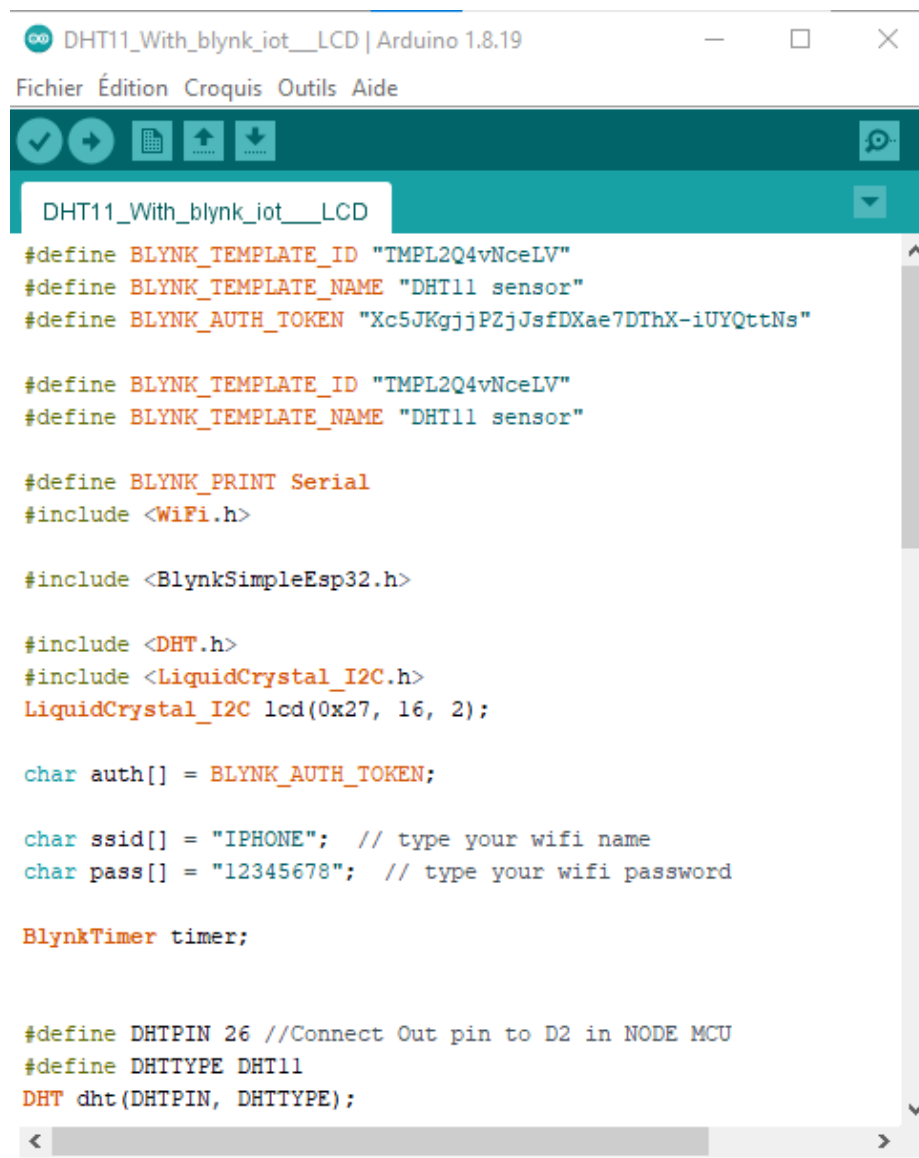
Figure III.5- Montage électronique du DHT11 et afficheur LCD avec ESP32

Les connecteurs entre les broches DHT11 et LCD avec ESP32 sont illustrés dans le tableau suivant :

ESP32	DHT11	LCD
5V	VCC	VCC
GND	GND	GND
GP26	DATA	/
GP21	/	SDA
GP22	/	SCL

Tableau III.4-Connexion du DHT11 et LCD à la carte ESP32

Les figures ci-dessous représentent le code source du capteur DHT11 et LCD sur l'application Arduino :



The screenshot shows the Arduino IDE interface with the file 'DHT11_With_blynk_iot__LCD' open. The code is written in C++ and includes various libraries and definitions for a Blynk IoT project using an ESP32 and a DHT11 sensor. The code is as follows:

```
DHT11_With_blynk_iot__LCD

#define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL2Q4vNceLV"
#define BLYNK_TEMPLATE_NAME "DHT11 sensor"
#define BLYNK_AUTH_TOKEN "Xc5JKgjjPZjJsfdXae7DThX-iUYQttNs"

#define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL2Q4vNceLV"
#define BLYNK_TEMPLATE_NAME "DHT11 sensor"

#define BLYNK_PRINT Serial
#include <WiFi.h>

#include <BlynkSimpleEsp32.h>

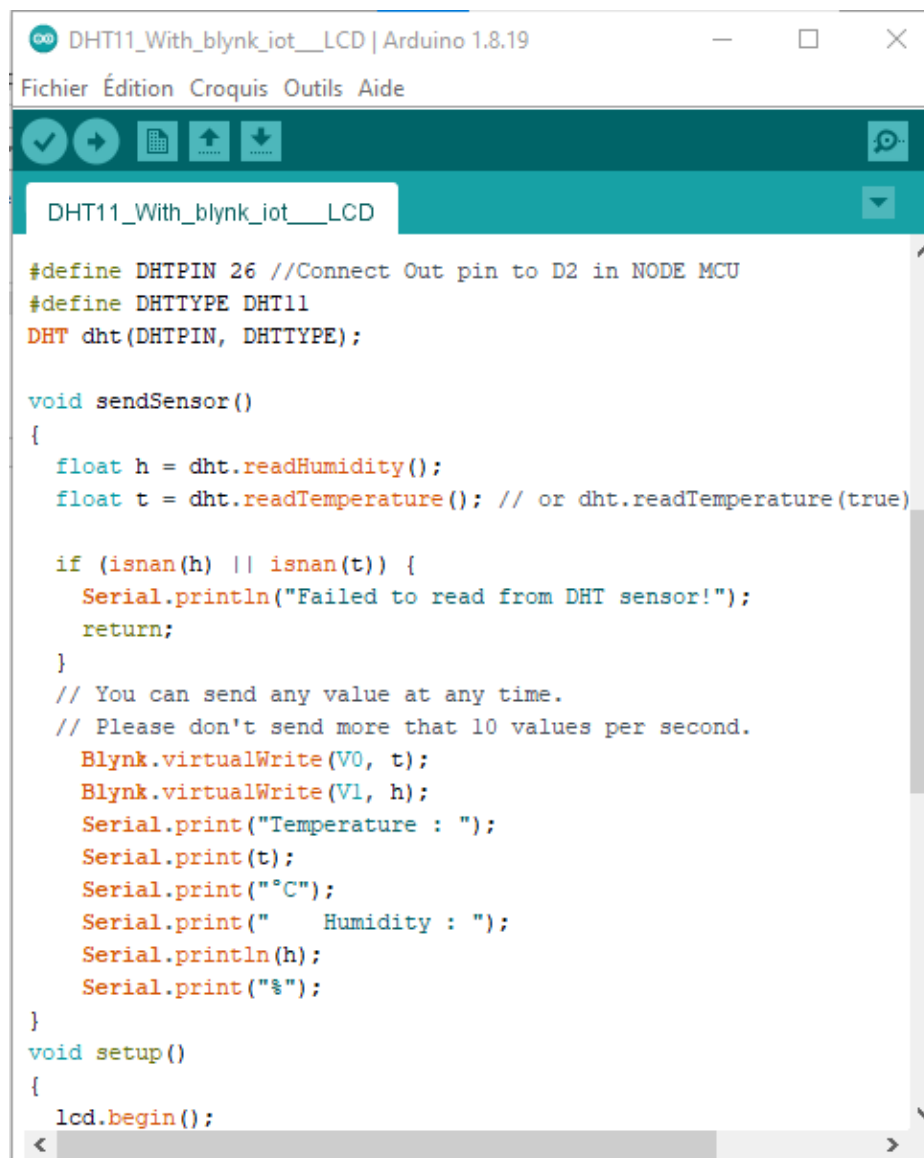
#include <DHT.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

char auth[] = BLYNK_AUTH_TOKEN;

char ssid[] = "IPHONE"; // type your wifi name
char pass[] = "12345678"; // type your wifi password

BlynkTimer timer;

#define DHTPIN 26 //Connect Out pin to D2 in NODE MCU
#define DHTTYPE DHT11
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
```



```
DHT11_With_blynk_iot__LCD | Arduino 1.8.19
Fichier Édition Croquis Outils Aide

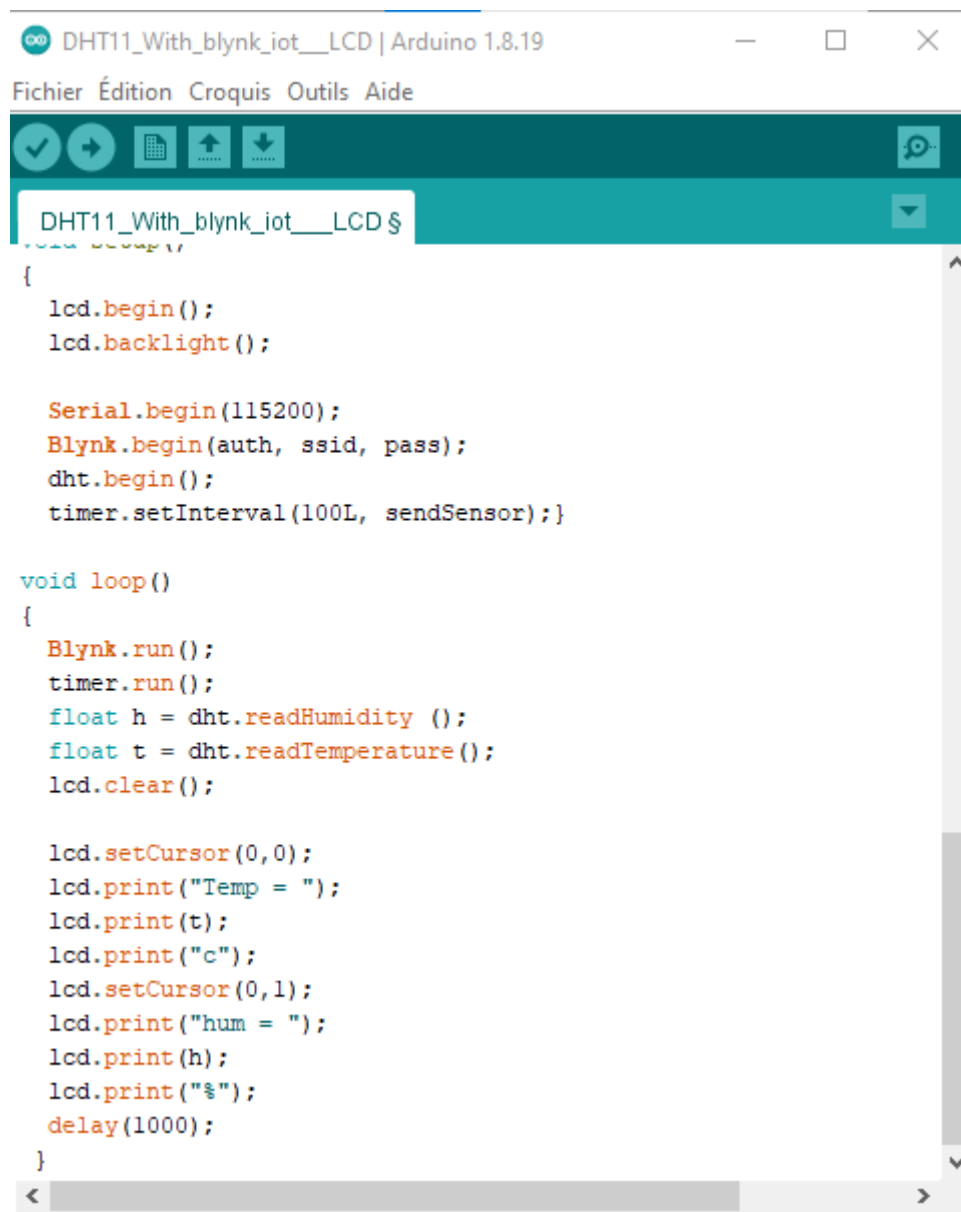
DHT11_With_blynk_iot__LCD

#define DHTPIN 26 //Connect Out pin to D2 in NODE MCU
#define DHTTYPE DHT11
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

void sendSensor()
{
  float h = dht.readHumidity();
  float t = dht.readTemperature(); // or dht.readTemperature(true)

  if (isnan(h) || isnan(t)) {
    Serial.println("Failed to read from DHT sensor!");
    return;
  }
  // You can send any value at any time.
  // Please don't send more that 10 values per second.
  Blynk.virtualWrite(V0, t);
  Blynk.virtualWrite(V1, h);
  Serial.print("Temperature : ");
  Serial.print(t);
  Serial.print("°C");
  Serial.print("    Humidity : ");
  Serial.println(h);
  Serial.print("%");
}

void setup()
{
  lcd.begin();
}
```



```
DHT11_With_blynk_iot__LCD | Arduino 1.8.19
Fichier Édition Croquis Outils Aide

DHT11_With_blynk_iot__LCD $

{
  lcd.begin();
  lcd.backlight();

  Serial.begin(115200);
  Blynk.begin(auth, ssid, pass);
  dht.begin();
  timer.setInterval(100L, sendSensor);}

void loop()
{
  Blynk.run();
  timer.run();
  float h = dht.readHumidity();
  float t = dht.readTemperature();
  lcd.clear();

  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Temp = ");
  lcd.print(t);
  lcd.print("c");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("hum = ");
  lcd.print(h);
  lcd.print("%");
  delay(1000);
}
```

Figure III.6- Le code source du capteur DHT11 et LCD sur l'application Arduino

La figure suivante représente l'affichage des valeurs d'humidité et de température sur l'application Blynk :

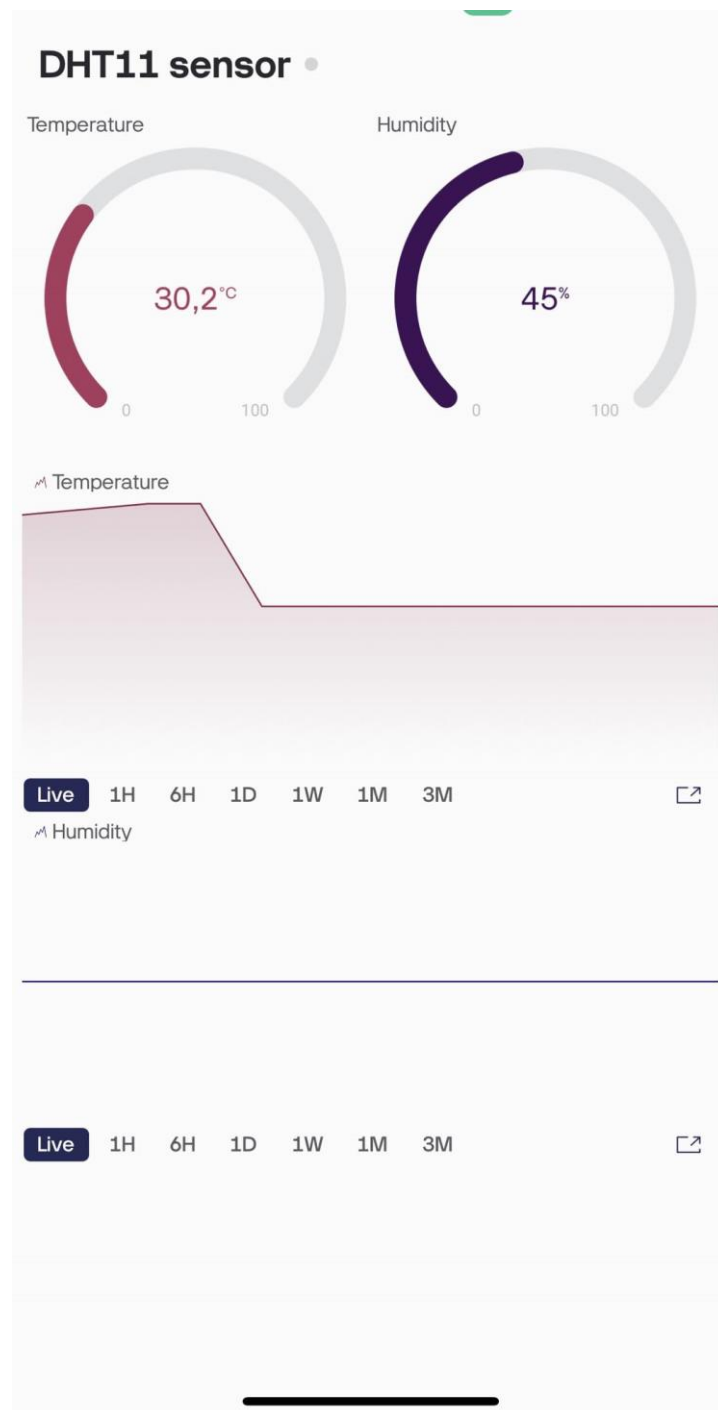


Figure III.7- Affichage de la température et l'humidité sur application blynk

Résultats :

Après avoir lancé les différents tests nécessaires sur le dispositif expérimental, nous avons pu avoir les résultats du capteur DHT11 présentés dans les différentes figures :



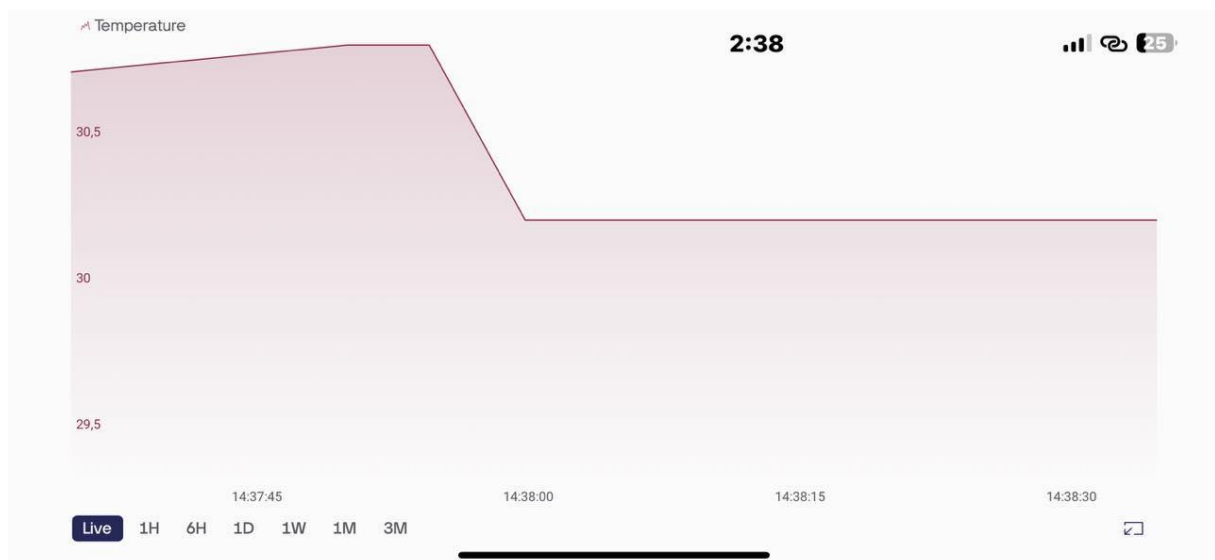
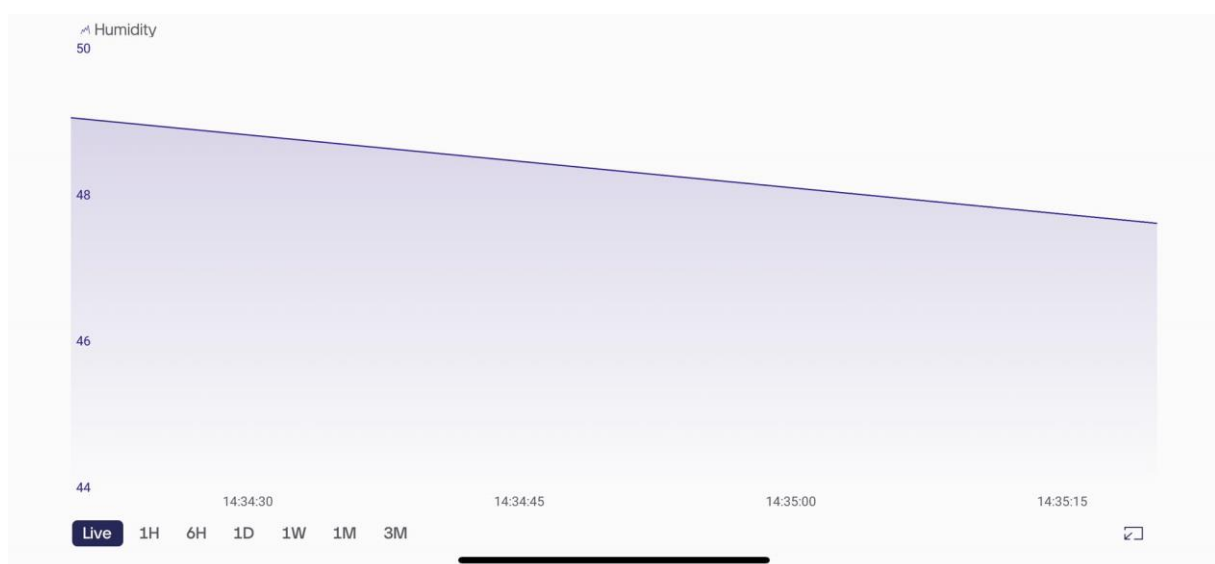


Figure III.8-Graphe des mesures de température DHT11 en système temps réel



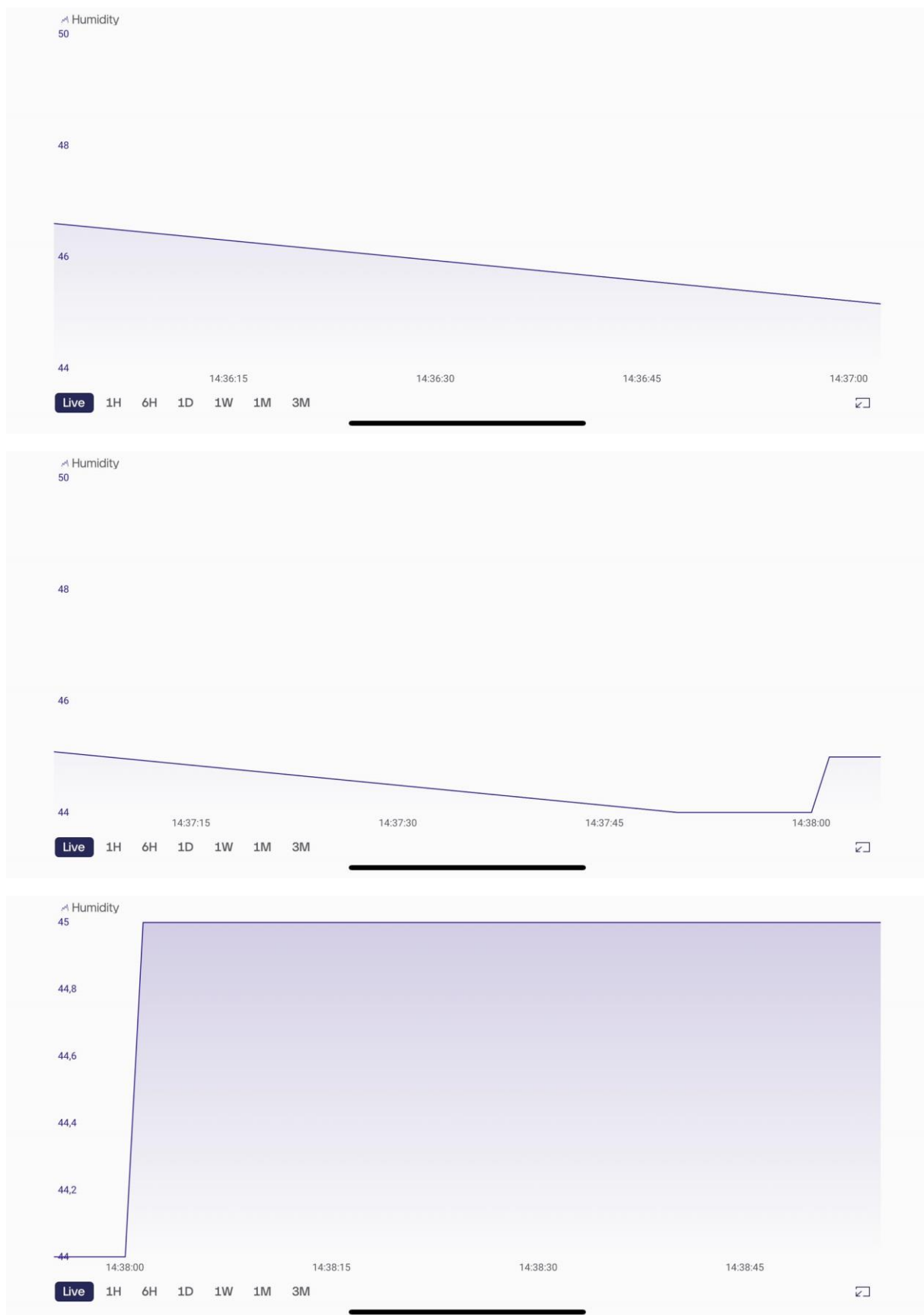


Figure III.9-Graphes des mesures d'humidité DHT11 en système temps réel

Discussion des résultats :

Les courbes en rouge et en bleu représentent l'évolution de la température et l'humidité qui varie avec le temps (seconde)

Dans un premier temps on observe des changements dans la température, au début de l'expérience à 14h30mn la température était à 30,1 degrés Celsius après quelques minute elle commence à augmenter jusqu'à ou elle atteint les 31 degrés Celsius après elle diminue de nouveau jusqu'à une température de 30°C à 14h40mn

Deuxièmement on remarque des variations dans l'humidité au début de l'expérience l'humidité était à 46,2%, puis elle a commencé à diminuer jusqu'à 44% dans un instant d'une minute, ensuite elle redevient stable dans les 45%.

On conclut que la température et l'humidité évoluent en temps réel.

III.3.2 Essai expérimental avec le capteur d'ensoleillement TEMT6000 et afficheur LCD

La vue générale du branchement du capteur d'ensoleillement TEMT6000 et LCD avec ESP32 est donnée par le montage électronique suivant :

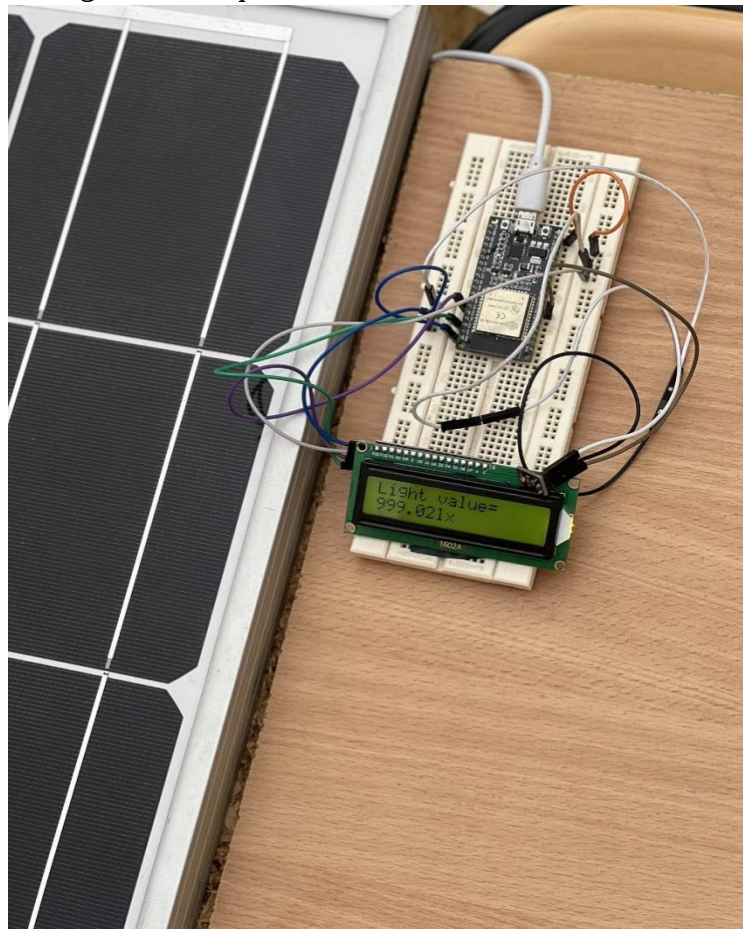


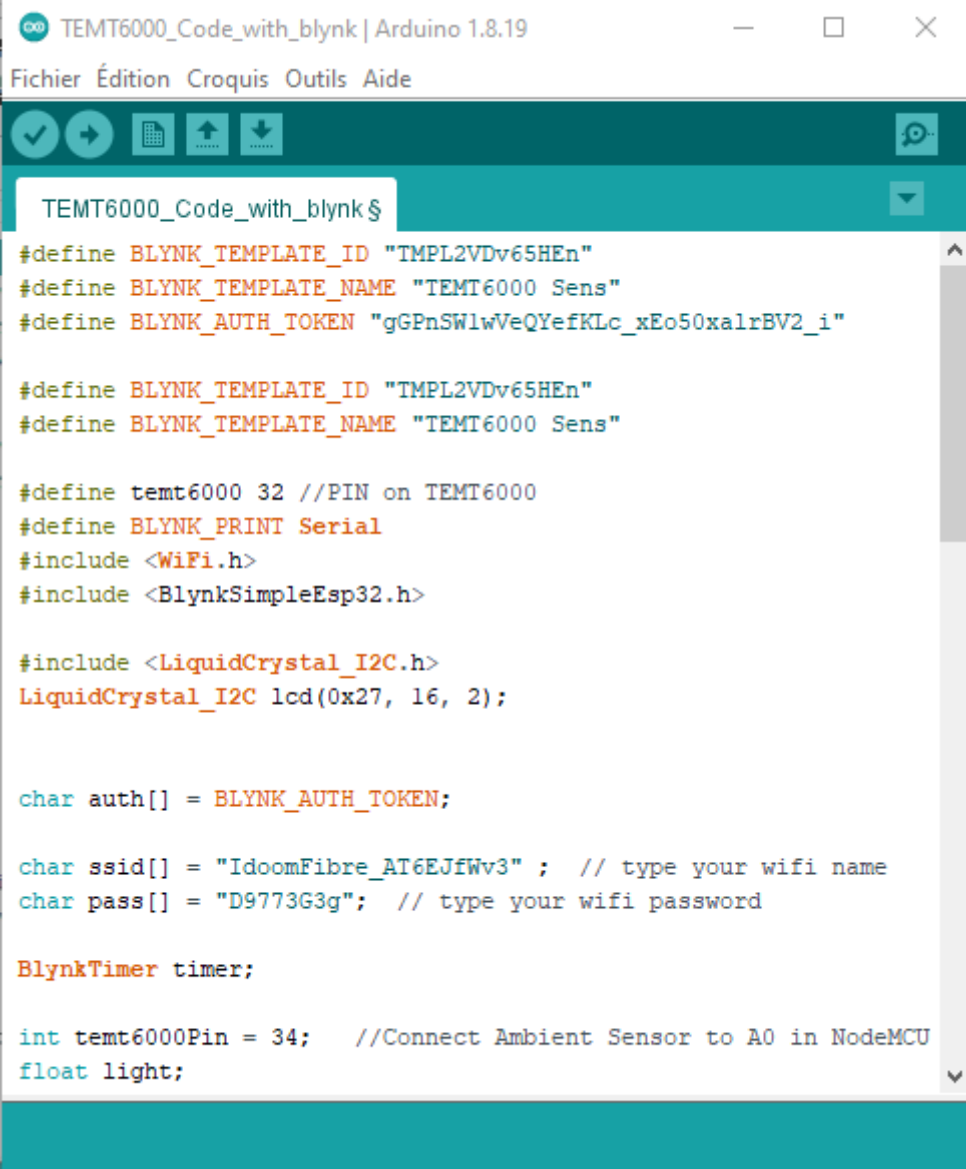
Figure III.10-Montage électronique du TEMT6000 et LCD avec ESP32

Le tableau ci-dessous représente les connexions entre les broches du TEMT6000 et LCD avec ESP32 :

ESP32	TEMT6000	LCD
5V	VCC	VCC
GND	GND	GND
G34	DATA	/
G21	/	SDA
G22	/	SCL

Tableau III.5-Connexion du TEMT6000 et LCD à la carte ESP32

Les figures ci-dessous représentent le code source du capteur TEMT6000 et LCD sur l'application Arduino :



```

TEMT6000_Code_with_blynk | Arduino 1.8.19
Fichier Édition Croquis Outils Aide

TEMT6000_Code_with_blynk$
#define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL2VDv65HEn"
#define BLYNK_TEMPLATE_NAME "TEMT6000 Sens"
#define BLYNK_AUTH_TOKEN "gGPnSWlwVeQYefKLc_xEo50xalrBV2_i"

#define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL2VDv65HEn"
#define BLYNK_TEMPLATE_NAME "TEMT6000 Sens"

#define temt6000 32 //PIN on TEMT6000
#define BLYNK_PRINT Serial
#include <WiFi.h>
#include <BlynkSimpleEsp32.h>

#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

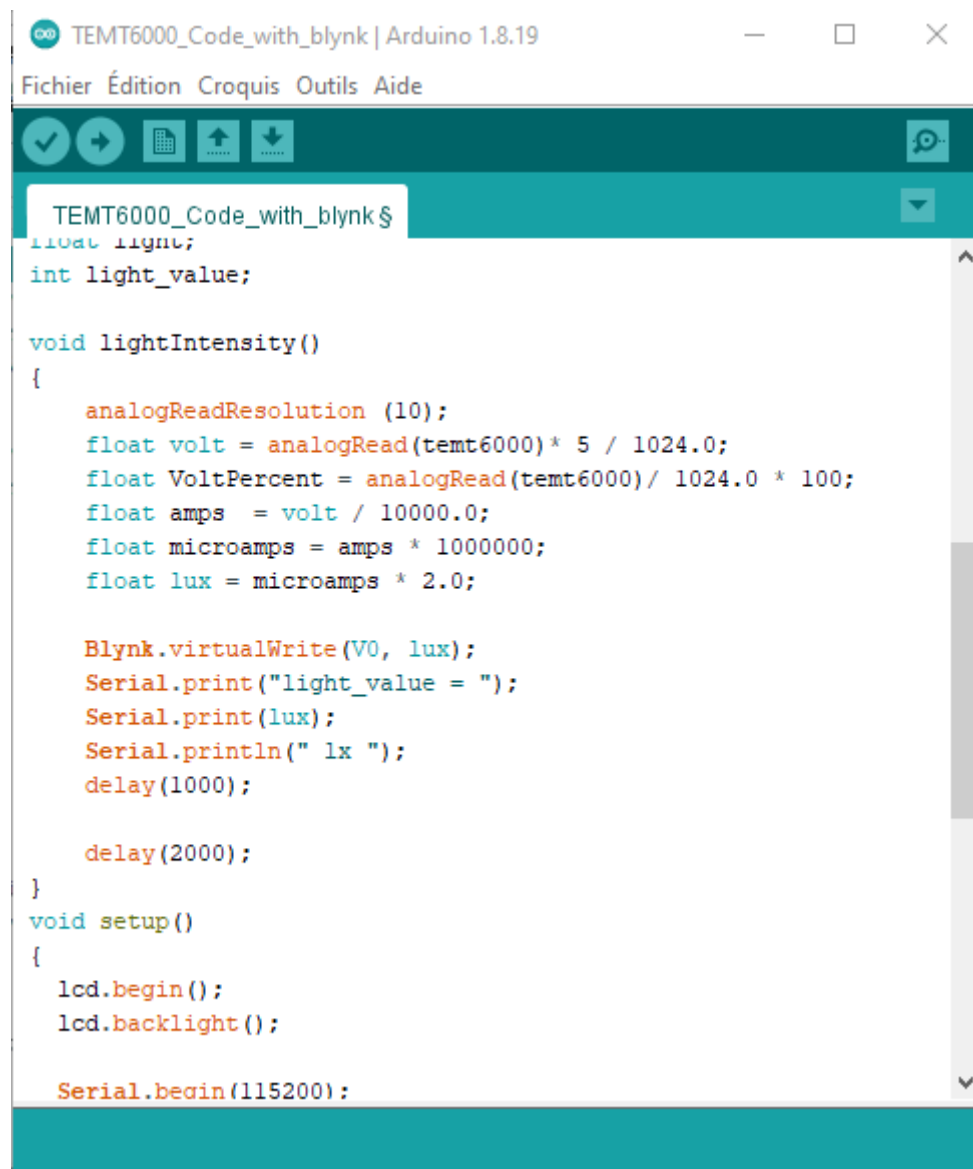
char auth[] = BLYNK_AUTH_TOKEN;

char ssid[] = "IdoomFibre_AT6EJfWv3" ; // type your wifi name
char pass[] = "D9773G3g"; // type your wifi password

BlynkTimer timer;

int temt6000Pin = 34; //Connect Ambient Sensor to A0 in NodeMCU
float light;

```



```
TEMT6000_Code_with_blynk | Arduino 1.8.19
Fichier Édition Croquis Outils Aide

TEMT6000_Code_with_blynk$
float light;
int light_value;

void lightIntensity()
{
    analogReadResolution (10);
    float volt = analogRead(temt6000) * 5 / 1024.0;
    float VoltPercent = analogRead(temt6000) / 1024.0 * 100;
    float amps = volt / 10000.0;
    float microamps = amps * 1000000;
    float lux = microamps * 2.0;

    Blynk.virtualWrite(V0, lux);
    Serial.print("light_value = ");
    Serial.print(lux);
    Serial.println(" lx ");
    delay(1000);

    delay(2000);
}

void setup()
{
    lcd.begin();
    lcd.backlight();

    Serial.begin(115200);
```

delay(1000);
}

Figure III.11-Le code source du capteur TEMT6000 et LCD sur application Arduino

La figure suivante représente l’affichage des valeurs d’ensoleillement sur l’application Blynk :

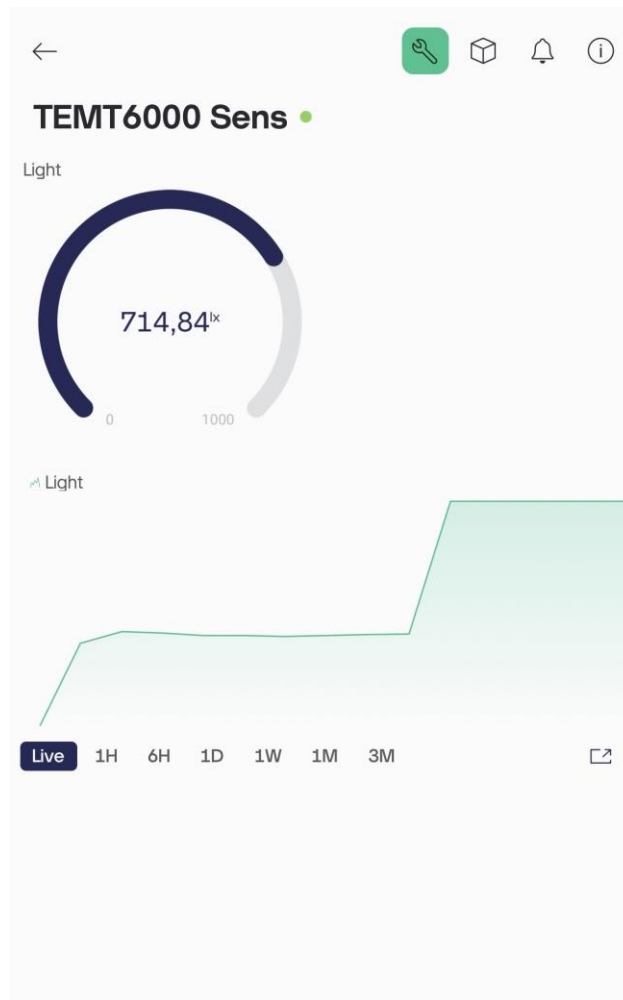


Figure III.12-Affichage de la luminosité sur application blynk

Résultats :

Une fois les tests requis sur le dispositif expérimental lancés, nous avons pu obtenir les résultats du capteur TEMT6000 illustrés dans la figure ci-dessous.

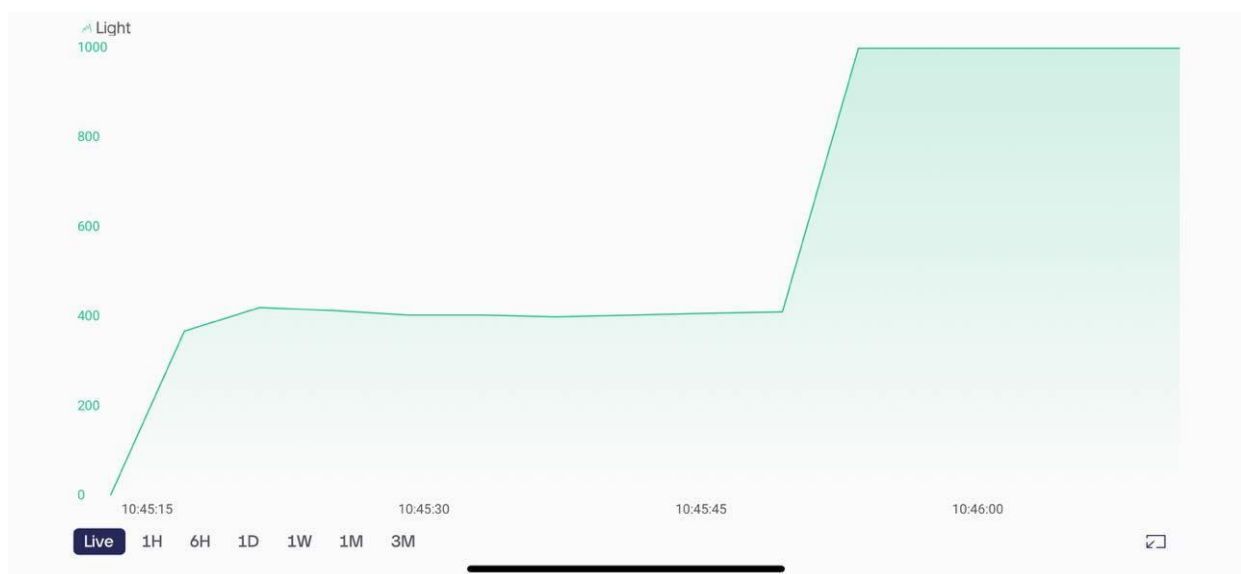


Figure III.13- Graphe des mesures de température TEMT6000 en système temps réel

Discussion des résultats :

La courbe verte illustre l'analyse des changements de température au fil du temps. La valeur de l'éclairement commence à augmenter au début de l'expérience à 10h45mn, atteignant 400Lux. Quelques secondes après, on constate qu'elle atteint la valeur maximale de 1000 lux.

III.3.3 Essai expérimental avec le capteur de lumière ultraviolet GUVA-S12SD et afficheur LCD

La figure suivante présente une vue d'ensemble du branchement du capteur GUVA-S12SD et LCD avec ESP32 :



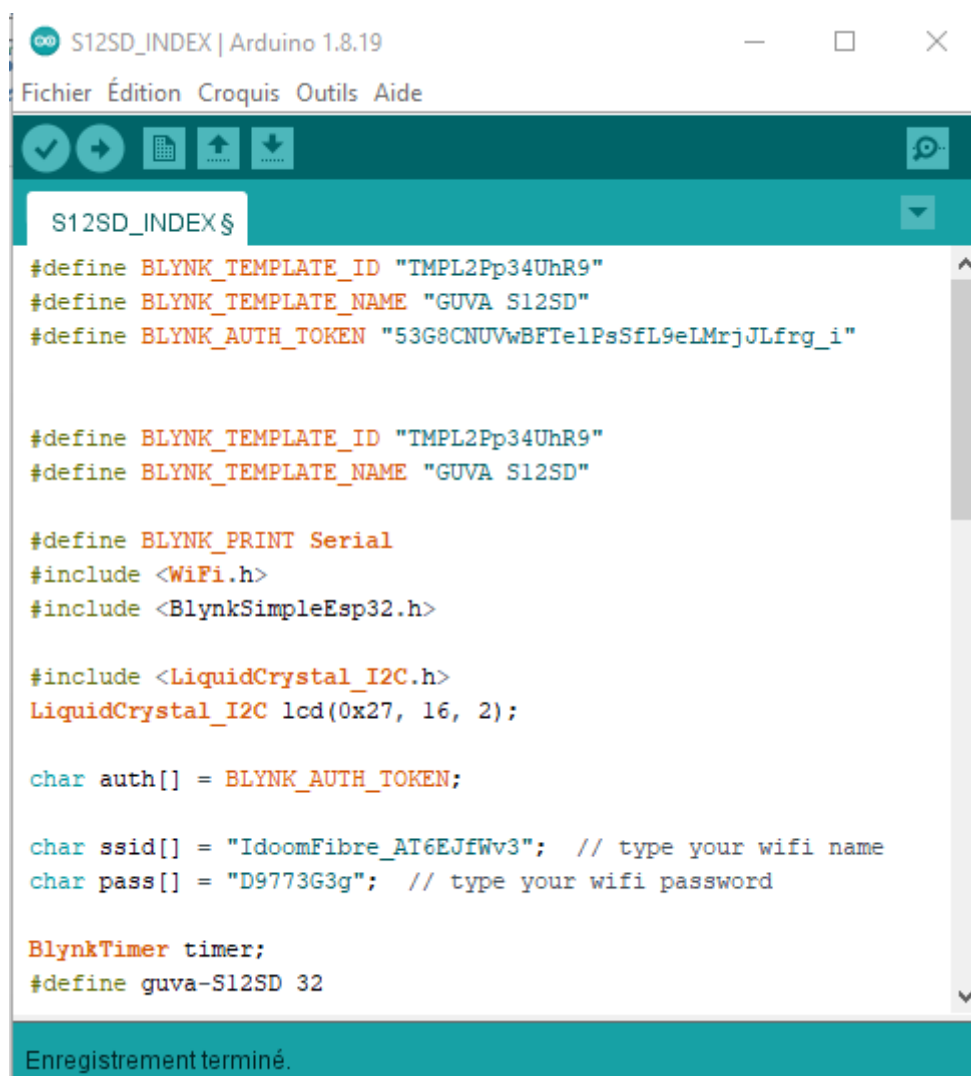
Figure III.14-Montage électronique GUVA-S12SD et LCD avec ESP32

Les connecteurs entre les broches GUVA-S12SD et LCD avec ESP8266 sont illustrés dans le tableau suivant :

ESP32	GUVA-S12SD	LCD
5V	VCC	VCC
GND	GND	GND
G32	DATA	/
G21	/	SDA
G22	/	SCL

Tableau III.6- Connexion du GUVA-S12SD et LCD à la carte ESP32

Les figures ci-dessous représentent le code source du capteur GUVA-S12SD et LCD sur l'application Arduino :



```

S12SD_INDEX | Arduino 1.8.19
Fichier Édition Croquis Outils Aide

S12SD_INDEX$

#define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL2Pp34Uhr9"
#define BLYNK_TEMPLATE_NAME "GUVA S12SD"
#define BLYNK_AUTH_TOKEN "53G8CNUVwBFTelPsSfL9eLMrjJLfrg_i"

#define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL2Pp34Uhr9"
#define BLYNK_TEMPLATE_NAME "GUVA S12SD"

#define BLYNK_PRINT Serial
#include <WiFi.h>
#include <BlynkSimpleEsp32.h>

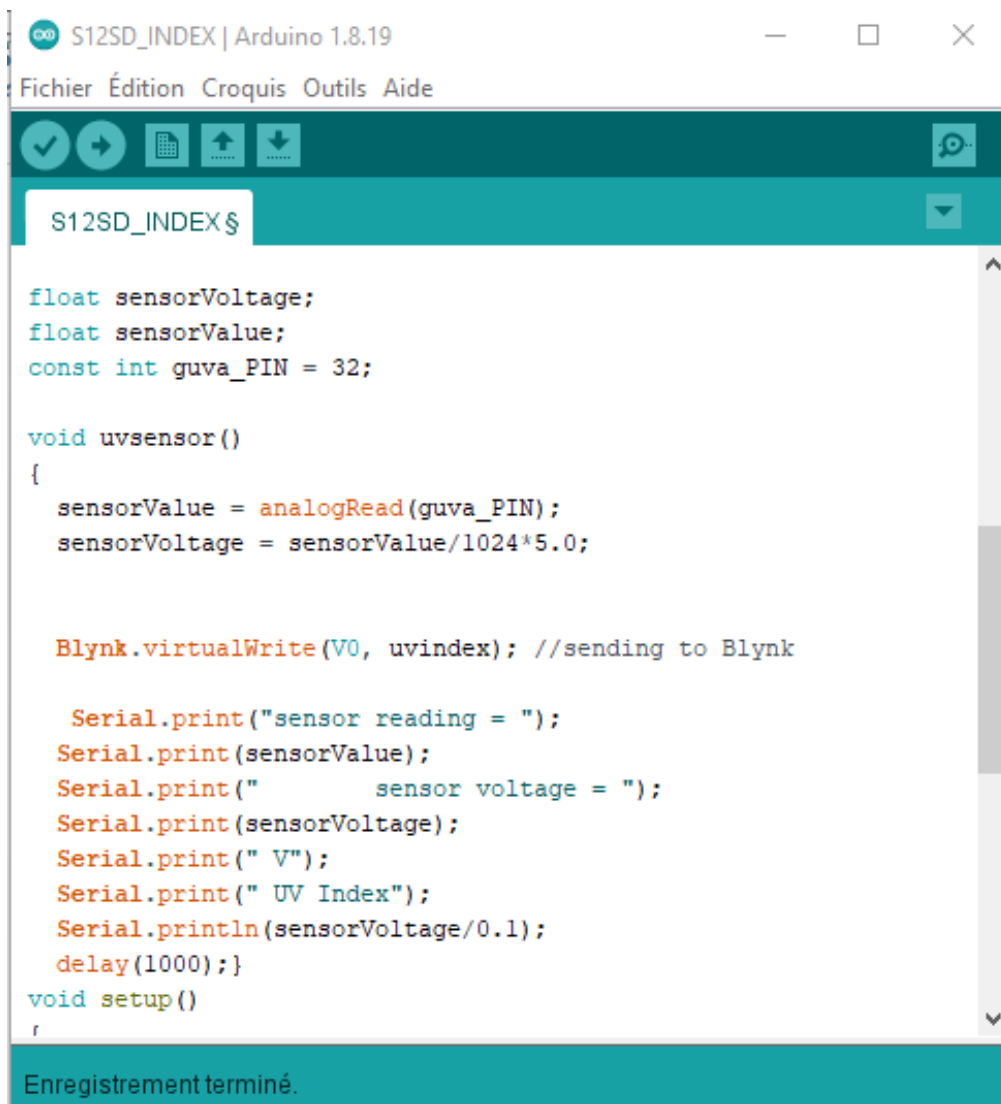
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

char auth[] = BLYNK_AUTH_TOKEN;

char ssid[] = "IdoomFibre_AT6EJfWv3"; // type your wifi name
char pass[] = "D9773G3g"; // type your wifi password

BlynkTimer timer;
#define guva-S12SD 32
  
```

Enregistrement terminé.



```
S12SD_INDEX | Arduino 1.8.19
Fichier Édition Croquis Outils Aide

S12SD_INDEX$

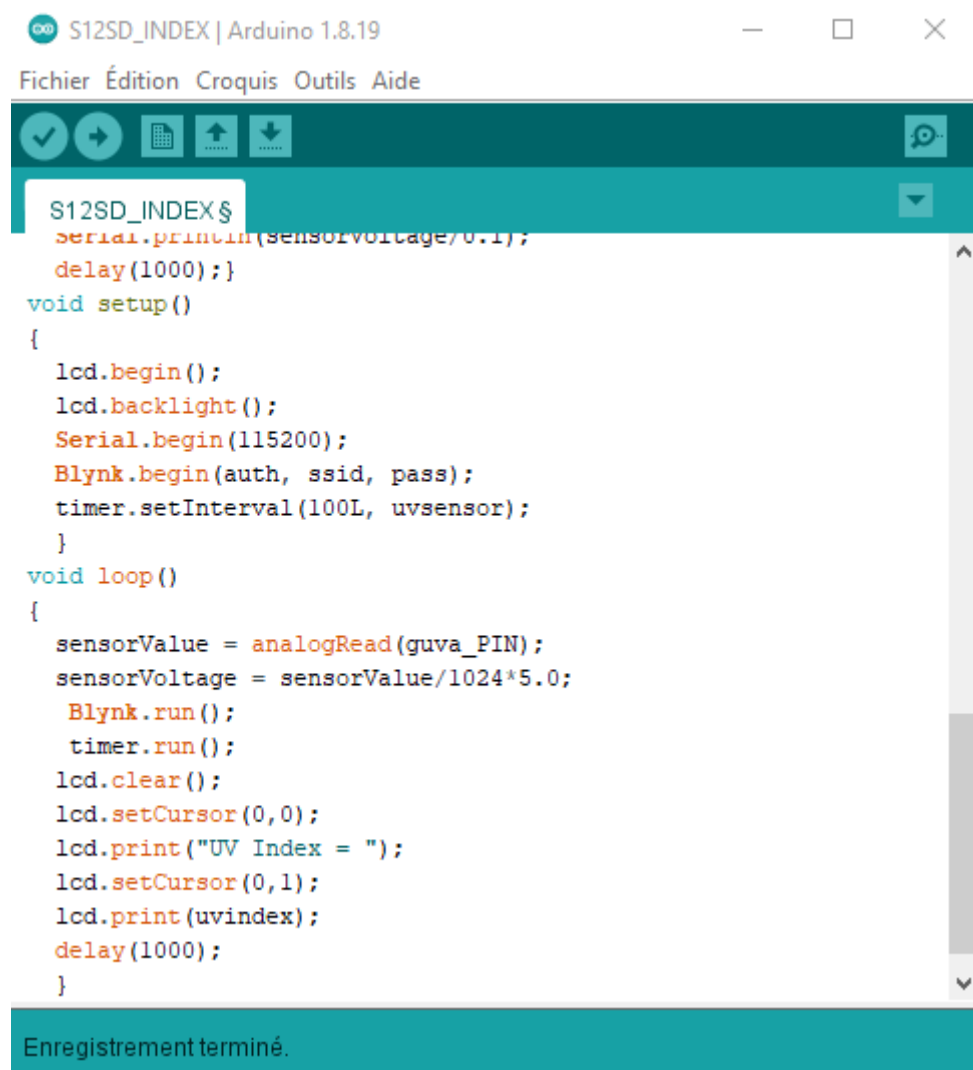
float sensorVoltage;
float sensorValue;
const int guva_PIN = 32;

void uvsensor()
{
  sensorValue = analogRead(guva_PIN);
  sensorVoltage = sensorValue/1024*5.0;

  Blynk.virtualWrite(V0, uvindex); //sending to Blynk

  Serial.print("sensor reading = ");
  Serial.print(sensorValue);
  Serial.print("          sensor voltage = ");
  Serial.print(sensorVoltage);
  Serial.print(" V");
  Serial.print(" UV Index");
  Serial.println(sensorVoltage/0.1);
  delay(1000);}

void setup()
{
  Enregistrement terminé.
```



```
S12SD_INDEX | Arduino 1.8.19
Fichier Édition Croquis Outils Aide

S12SD_INDEX$
  serial.println(sensorVoltage/0.1);
  delay(1000);}
void setup()
{
  lcd.begin();
  lcd.backlight();
  Serial.begin(115200);
  Blynk.begin(auth, ssid, pass);
  timer.setInterval(100L, uvsensor);
}
void loop()
{
  sensorValue = analogRead(guva_PIN);
  sensorVoltage = sensorValue/1024*5.0;
  Blynk.run();
  timer.run();
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("UV Index = ");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print(uvindex);
  delay(1000);
}
```

Enregistrement terminé.

Figure III.15-Le code source du capteur GUVVA-S12SD et LCD sur l'application Arduino

La figure suivante représente l'affichage des valeurs du rayonnement ultraviolet sur l'application Blynk :

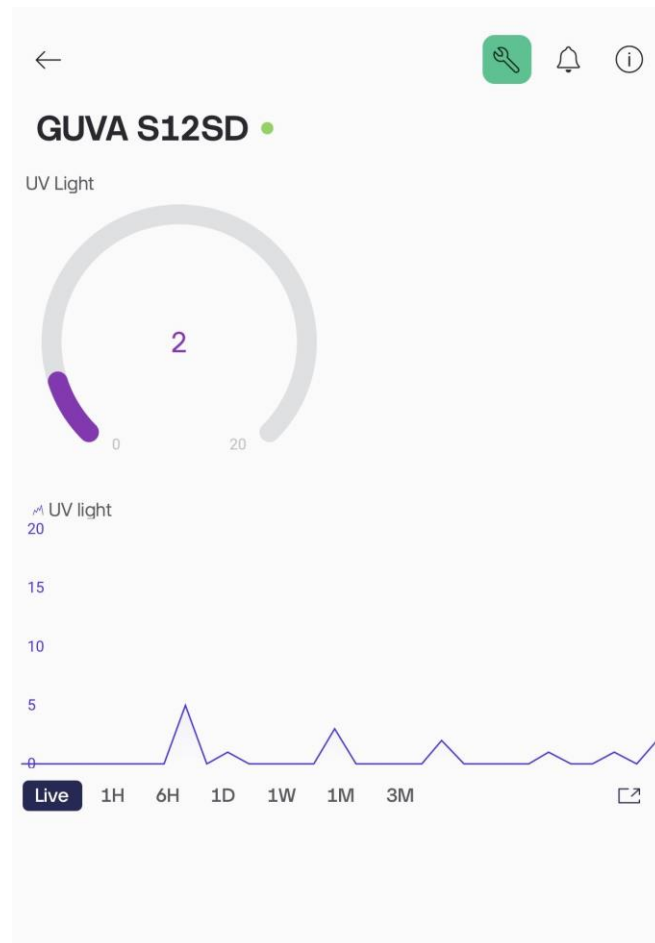


Figure III.16-Affichage du rayonnement ultraviolet sur application blynk

Résultats :

Après avoir effectué les tests nécessaires sur le dispositif expérimental, les résultats du capteur GUVVA S12SD ont été obtenus, comme la montre la figure ci-dessous.

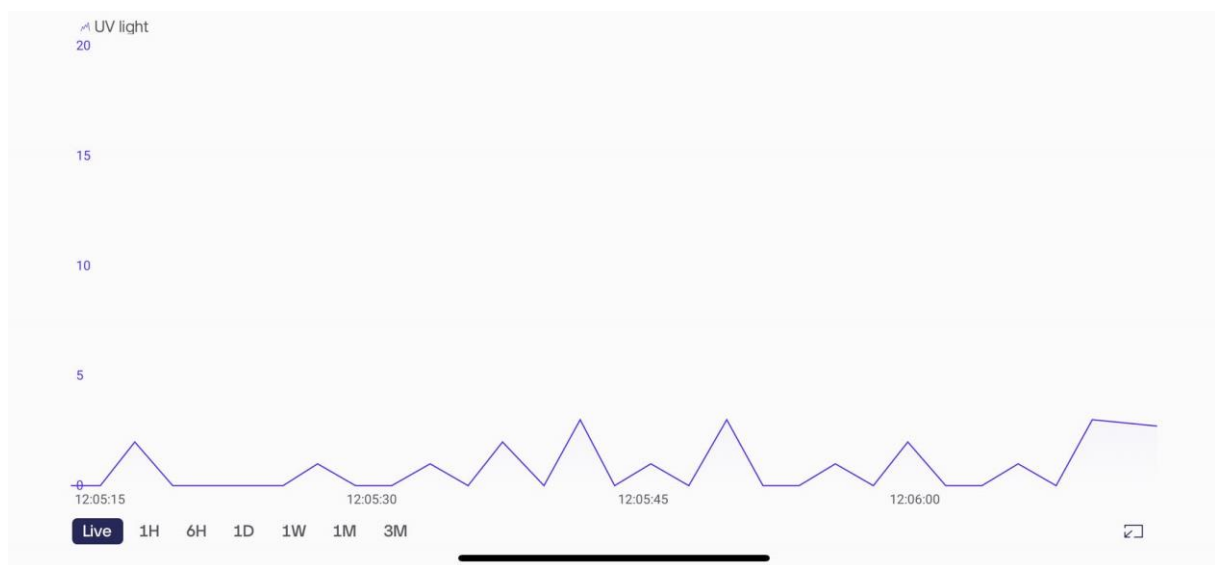


Figure III.17- Graphe des mesures de GUVVA-S12SD en système temps réel

Discussion des résultats :

La courbe représente l'étude des variations de la lumière ultraviolet en fonction du temps. On remarque au début de l'expérience que l'indice ultraviolet est à 0 puis il augmente jusqu'à 4.

III.4 Le système complet

III.4.1 Essais expérimentaux du panneau solaire avec la chaîne photovoltaïque

Pour une première expérience nous cherchons à voir l'influence du panneau solaire sur la chaîne photovoltaïque, nous allons mesurer la tension du panneau solaire et la chaîne photovoltaïque à vide et ensuite relié entre eux.

Le panneau solaire est déposé sur un angle de 40° à 16h32min et orienter vers le sud grâce à une boussole, l'orientation vers le sud permet de capter le maximum de la lumière tout au long de la journée.

La figure suivante présente une vue d'ensemble du panneau solaire et la chaîne photovoltaïque :



Figure III.18- Panneau PV et la chaîne photovoltaïque

Résultats :**La tension à vide du :**

Panneau solaire : 20,59V

Batterie : 12,02V

Régulateur : 12V

La tension des dispositifs reliés :

Panneau solaire : 18,95V

Batterie : 13,76V

Régulateur : 13,72V

Discussion des résultats :

Le reliement du panneau solaire avec la chaîne photovoltaïque sert à transformer une énergie fournit par le soleil à une énergie électrique utilisable pour charger une batterie et allumé une lampe, mais le panneau photovoltaïque ne doit pas être utilisé directement pour charger une batterie sans passer par un régulateur de charge on risque d'endommager la batterie ou le panneau lui-même car la tension fournit par le panneau solaire est très élevée pour l'injecter à une batterie donc on utilise un régulateur de charge PWM qui sert à réguler la sortie du panneau solaire afin d'avoir une tension de charge suffisante pour recharger la batterie.

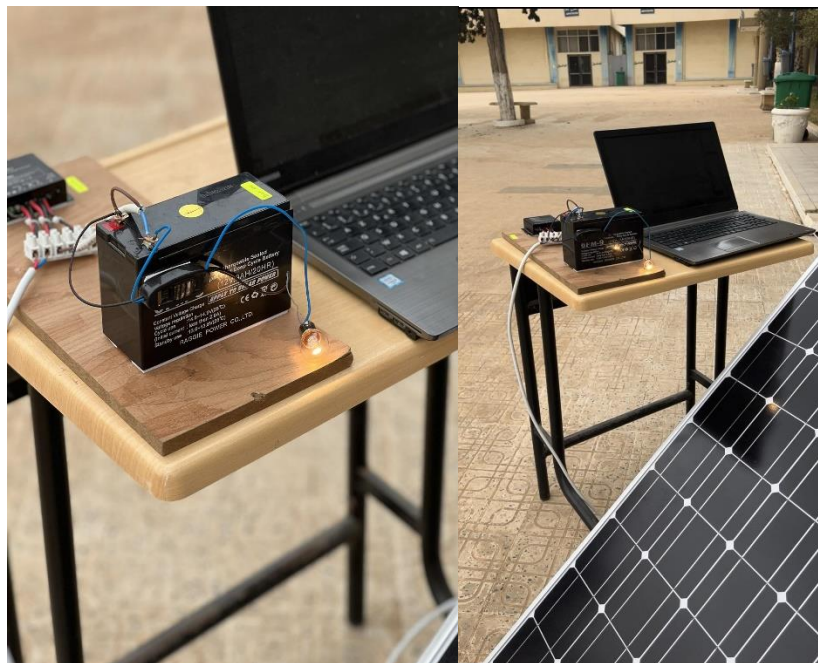


Figure III.19- Allumage de la LED par le panneau solaire

III.4.2 Essais expérimentaux du système complet (Panneau photovoltaïque et le système d'acquisition des données)

La figure suivante présente une vue d'ensemble du branchement du système complet :



Figure III.20-Système complet

Résultat :

Le système est composé d'un panneau solaire photovoltaïque équipé d'un système de transmission de données par internet réalisé à l'aide d'une carte ESP32 équipé de différents types de capteurs qui servent à capter plusieurs grandeurs tel que l'humidité, la température, la lumière et les rayonnement solaire ultraviolet.

Nous visons à offrir une solution performante en acquérant en temps réel les paramètres d'un panneau solaire photovoltaïque via l'application Blynk afin d'évaluer les performances des panneaux solaires photovoltaïques et de les améliorer.

III.5 Conclusion

Dans ce chapitre, on a effectué la réalisation pratique de notre système et les tests expérimentaux et on a discuté des résultats de notre réalisation concrète d'un système de transfert des données par internet. Nous avons décrit les différentes étapes de conception et de mise en œuvre, en utilisant des capteurs pour collecter les données du panneau solaire, des modules de communication sans fil pour transmettre les données et une application distante (Blynk) pour les recevoir et les traiter.

Conclusion

En conclusion, notre projet de fin d'études est concentré sur l'étude et la réalisation d'un système de transfert des données par internet destiné aux applications photovoltaïques.

Dans le premier chapitre, nous avons abordé les énergies renouvelables en mettant l'accent sur l'énergie photovoltaïque, qui joue un rôle essentiel dans la production d'énergie à partir de sources solaires. On a discuté de l'internet des objets (IoT) et ces domaines d'applications et les protocoles de communications d'IoT. IoT forme une alliance puissante qui ouvre de nouvelles possibilités pour une efficacité optimale et une performance accrue des installations solaires.

Dans le deuxième chapitre, nous avons présenté notre système qui est basé sur la transmission des données par internet destiné aux applications photovoltaïques à travers des capteurs afin d'afficher les résultats sur une plateforme IoT et sur un afficheur LCD en temps réel.

Dans le troisième chapitre, on a effectué la réalisation pratique de notre système et les tests expérimentaux et on a discuté des résultats de notre réalisation concrète d'un système de transfert des données par internet. Nous avons décrit les différentes étapes de conception et de mise en œuvre, en utilisant des capteurs pour collecter les données du panneau solaire, des modules de communication sans fil pour transmettre les données et une application distante pour les recevoir et les traiter.

Nous visons à offrir une solution performante en acquérant en temps réel les paramètres d'un panneau solaire photovoltaïque via l'application Blynk afin d'évaluer les performances des panneaux solaires photovoltaïques et de les améliorer. Cette solution présente de nombreux avantages comme les résultats qu'on peut recevoir même si on est loin du panneau solaire comme il peut remplacer l'intervention humaine pour éviter les erreurs potentielles liées aux lectures de données à partir de plusieurs appareils car il est moins cher et fait gagner beaucoup de temps. Comme elle présente aussi plusieurs inconvénients donc on peut intégrer des solutions de l'intelligence artificielle, la radio fréquence pour améliorer la transmission des données par internet.

Les références Bibliographiques

ChapitreI : Généralités sur la technologie photovoltaïque et l'internet des objets(IoT)

- [1] : CISSE Mahamadou Djimé& ACHOUCHE Massinissa, " *Conception d'un système de collecte et de transmission sans fil des données d'une installation photovoltaïque*", Thèse présentée en vue de l'obtention du diplôme de master II en ESE / 2023.
- [2] : LARRAS Melissa& KHALFOUNI Djamila, " *Défis de sécurité de l'Internet des Objets problèmes et solutions* ", Thèse en vue d'obtention du diplôme du master académique en informatique / 2019.
- [3] : H. Kanchev, " *Gestion des flux énergétiques dans un système hybride de sources d'énergie renouvelable*",Ecole centrale de Lille /2015.
- [4] : AZIZI Amina, " *Modélisation optimisation d'un système de production d'énergie photovoltaïque avec un système de stockage hybride*",Thèse en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat troisième cycle / 2019.
- [5] :BENGOURAIN ISSAM, " *Représentations des systèmes hybrides à énergie renouvelables* ", Présenté pour l'obtention du diplôme de MASTER II / 2022
- [7] : B. Flèche et D. Delagnes, " *Production D'énergie Electrique : Energie Solaire Photovoltaïque*", juin 2007.
- [8] :Stéphane PETIBON, " *Nouvelles architectures distribuées de gestion et de conversion de l'énergie pour les applications photovoltaïques*". Thèse de Doctorat de l'Université de Toulouse France, 2009.
- [9] : N.BELHADJ et A.ABBAD, " *La sécurité de l'Internet des Objets*". Thèseprésentée en vue de l'obtention du diplôme de master II/ 2022.
- [10] : Atoumi .M et Bensadi. S, " *Approche évolutionnaire pour la composition de services sensible à la QoS dans l'Internet des Objets à large échelle*".Mémoire de master, Université de Bejaia /2018.

ChapitreII : Description

- [11] : Baia-Rasso.A, " *Conception d'un système de gestion d'une cité intelligente*", Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master/2021.
- [12] : Maafa.A, " *Réalisation d'une station météorologique*".Thèseprésentée en vue de l'obtention du diplôme de master II/ 2018.
- [13] : Manamani.Y, " *Amélioration des fonctionnalités de l'horloge géante de la FSSA*".Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master II /2019.
- [14] : Inguel.M, " *Conception et réalisation d'un système Domotique par GSM*".Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master II /2017.
- [15] : O. Hersent, The Internet of Things: Key Applications and Protocols, 2017.

Webographie

[6] : https://ww2.acpoitiers.fr/electrotechnique/IMG/pdf/energie_solaire_photovoltaique.pdf

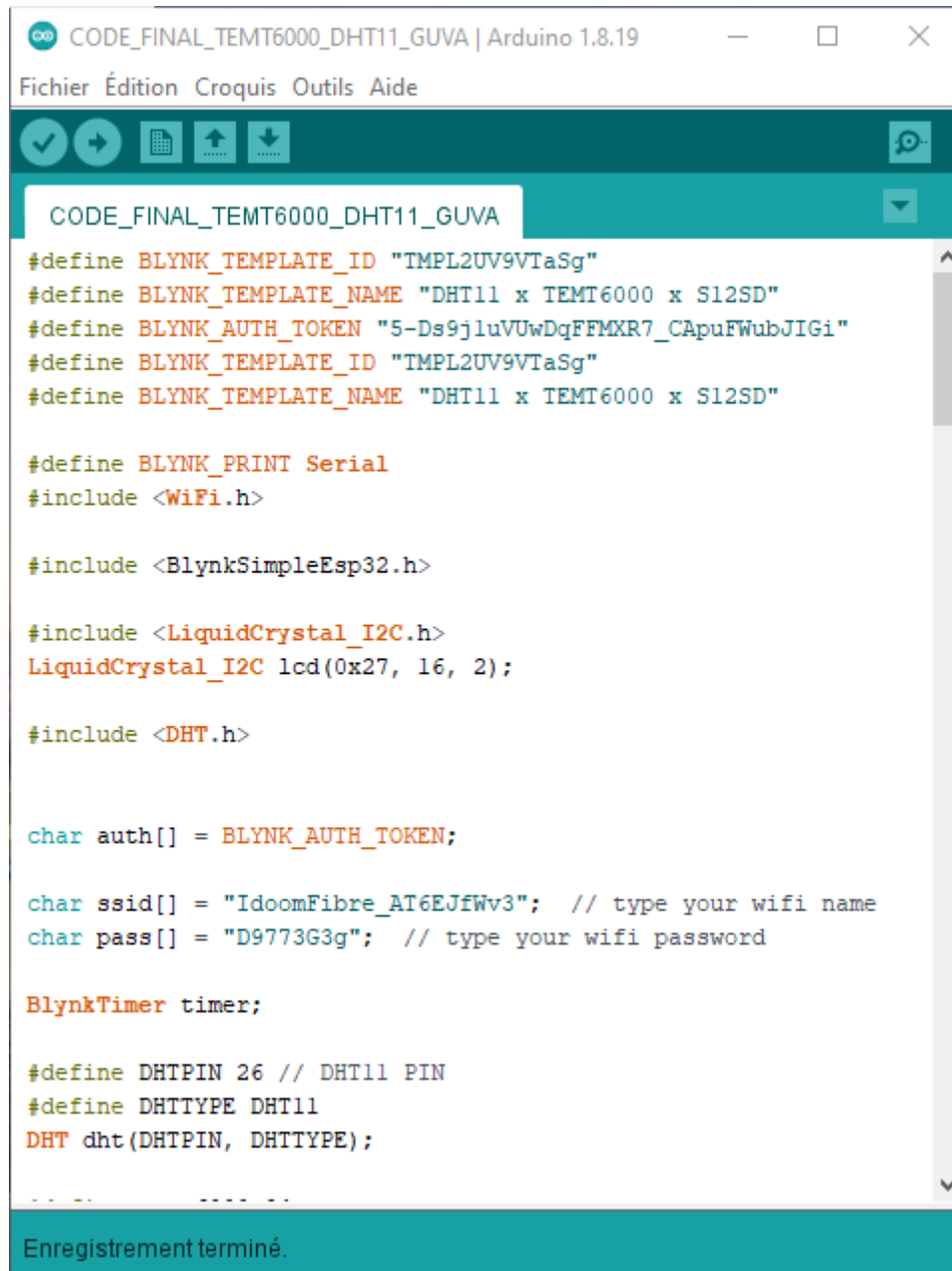
Consulter 22/04/2022

ANNEXES

Le cout du matériel

Composants	Prix
ESP-WROOM-32	2000DA
DHT11	500DA
TEMT6000	500DA
GUVA-S12SD	1000DA
LCDxI2C	1000DA
Plaque électronique	750DA
Support	200DA
Total	5950DA

Le code source complet du système sur Arduino :



```

CODE_FINAL_TEMT6000_DHT11_GUVA | Arduino 1.8.19
Fichier Édition Croquis Outils Aide

CODE_FINAL_TEMT6000_DHT11_GUVA

#define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL2UV9VTaSg"
#define BLYNK_TEMPLATE_NAME "DHT11 x TEMT6000 x S12SD"
#define BLYNK_AUTH_TOKEN "5-Ds9jluVUwDqFFMXR7_CApuFWubJIGi"
#define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL2UV9VTaSg"
#define BLYNK_TEMPLATE_NAME "DHT11 x TEMT6000 x S12SD"

#define BLYNK_PRINT Serial
#include <WiFi.h>

#include <BlynkSimpleEsp32.h>

#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

#include <DHT.h>

char auth[] = BLYNK_AUTH_TOKEN;

char ssid[] = "IdoomFibre_AT6EJfWv3"; // type your wifi name
char pass[] = "D9773G3g"; // type your wifi password

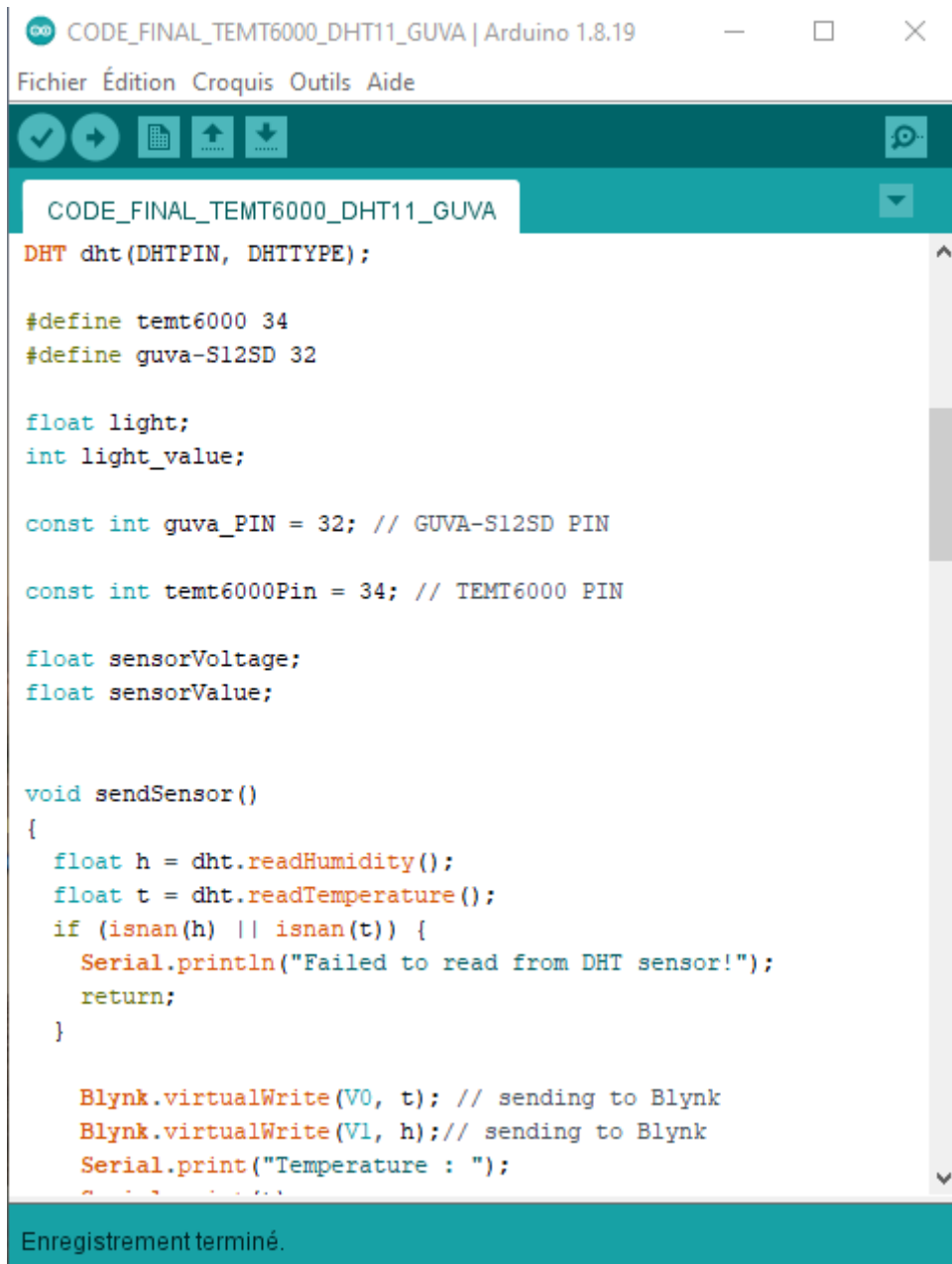
BlynkTimer timer;

#define DHTPIN 26 // DHT11 PIN
#define DHTTYPE DHT11
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

. . . . .

Enregistrement terminé.

```



```
CODE_FINAL_TEMT6000_DHT11_GUVA | Arduino 1.8.19
Fichier Édition Croquis Outils Aide

CODE_FINAL_TEMT6000_DHT11_GUVA
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

#define temt6000 34
#define guva-S12SD 32

float light;
int light_value;

const int guva_PIN = 32; // GUVVA-S12SD PIN

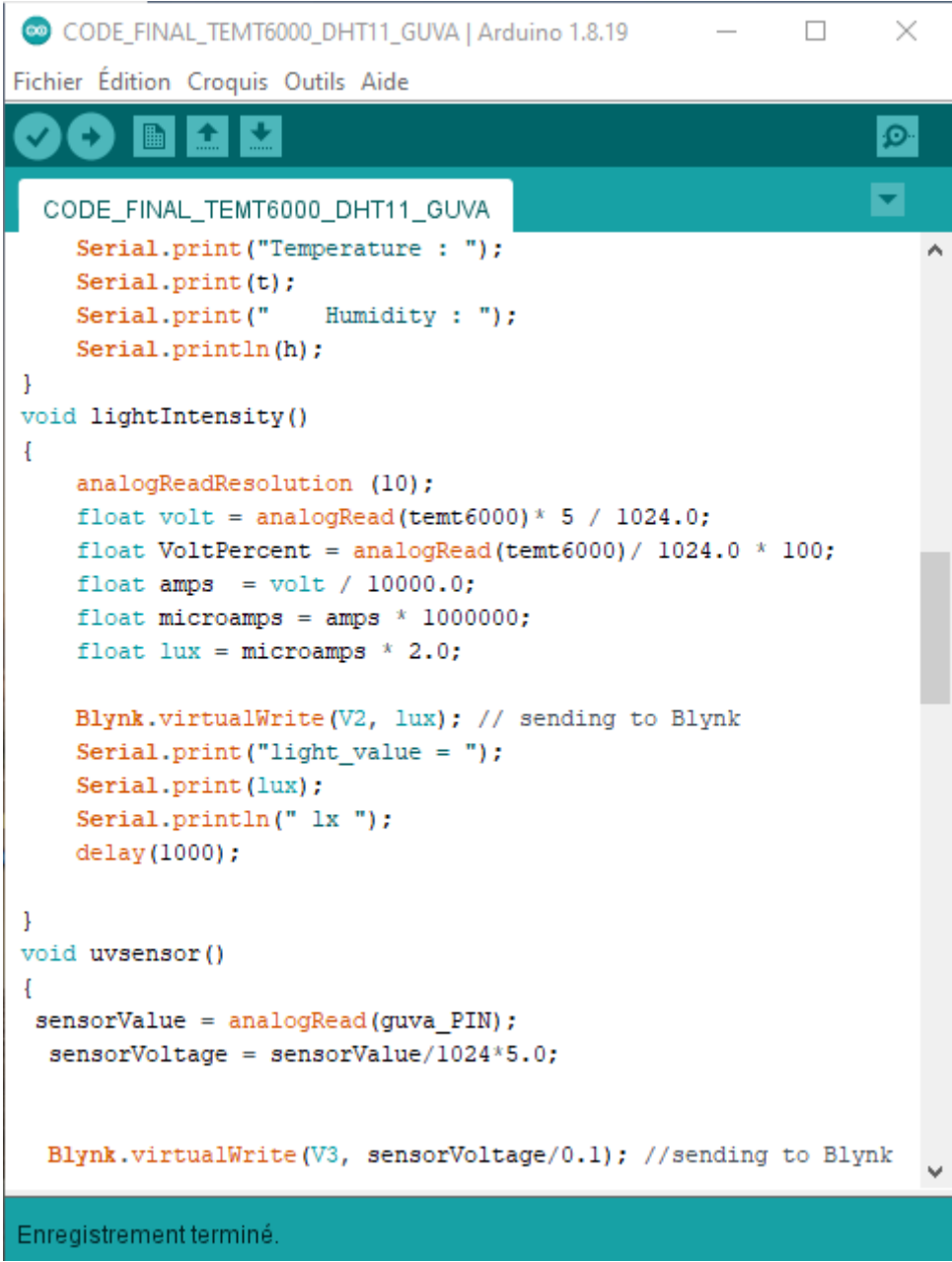
const int temt6000Pin = 34; // TEMT6000 PIN

float sensorVoltage;
float sensorValue;

void sendSensor()
{
  float h = dht.readHumidity();
  float t = dht.readTemperature();
  if (isnan(h) || isnan(t)) {
    Serial.println("Failed to read from DHT sensor!");
    return;
  }

  Blynk.virtualWrite(V0, t); // sending to Blynk
  Blynk.virtualWrite(V1, h); // sending to Blynk
  Serial.print("Temperature : ");
}
```

Enregistrement terminé.



```
CODE_FINAL_TEMT6000_DHT11_GUVA
Serial.print("Temperature : ");
Serial.print(t);
Serial.print("    Humidity : ");
Serial.println(h);
}
void lightIntensity()
{
    analogReadResolution (10);
    float volt = analogRead(temt6000)* 5 / 1024.0;
    float VoltPercent = analogRead(temt6000)/ 1024.0 * 100;
    float amps = volt / 10000.0;
    float microamps = amps * 1000000;
    float lux = microamps * 2.0;

    Blynk.virtualWrite(V2, lux); // sending to Blynk
    Serial.print("light_value = ");
    Serial.print(lux);
    Serial.println(" lx ");
    delay(1000);
}
void uvsensor()
{
    sensorValue = analogRead(guva_PIN);
    sensorVoltage = sensorValue/1024*5.0;

    Blynk.virtualWrite(V3, sensorVoltage/0.1); //sending to Blynk
}
```

Enregistrement terminé.

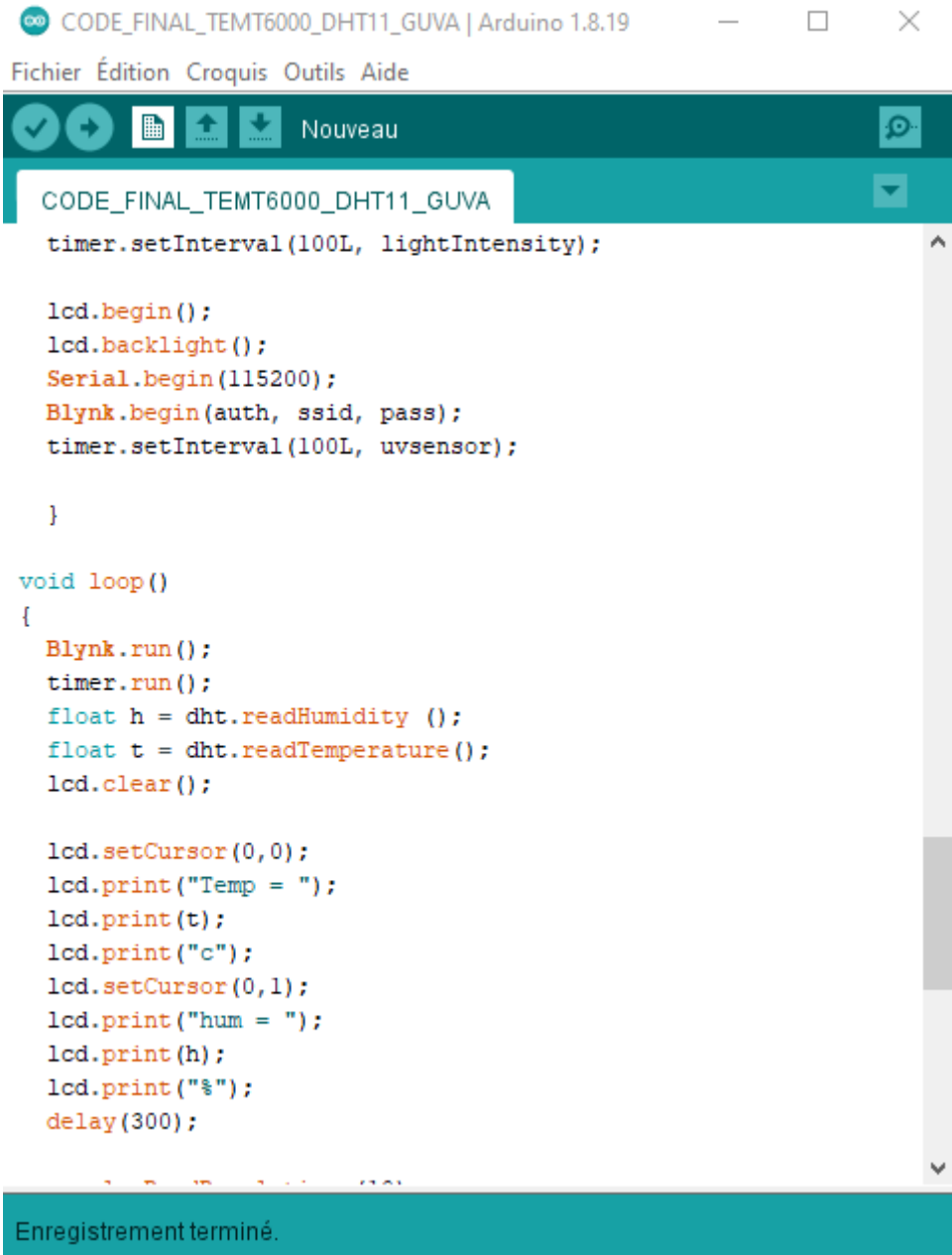
```
CODE_FINAL_TEMT6000_DHT11_GUVA
Blynk.virtualWrite(V3, sensorVoltage/0.1); //sending to Blynk

Serial.print("sensor reading = ");
Serial.print(sensorValue);
Serial.print("          sensor voltage = ");
Serial.print(sensorVoltage);
Serial.print(" V");
Serial.print(" UV Index");
Serial.println(sensorVoltage/0.1);
delay(1000);
}

void setup()
{
  lcd.begin();
  lcd.backlight();
  Serial.begin(115200);
  Blynk.begin(auth, ssid, pass);
  dht.begin();
  timer.setInterval(100L, sendSensor);

  lcd.begin();
  lcd.backlight();
  Serial.begin(115200);
  Blynk.begin(auth, ssid, pass);
  timer.setInterval(100L, lightIntensity);
}
```

Enregistrement terminé.



```
CODE_FINAL_TEMT6000_DHT11_GUVA | Arduino 1.8.19
Fichier Édition Croquis Outils Aide

CODE_FINAL_TEMT6000_DHT11_GUVA
timer.setInterval(100L, lightIntensity);

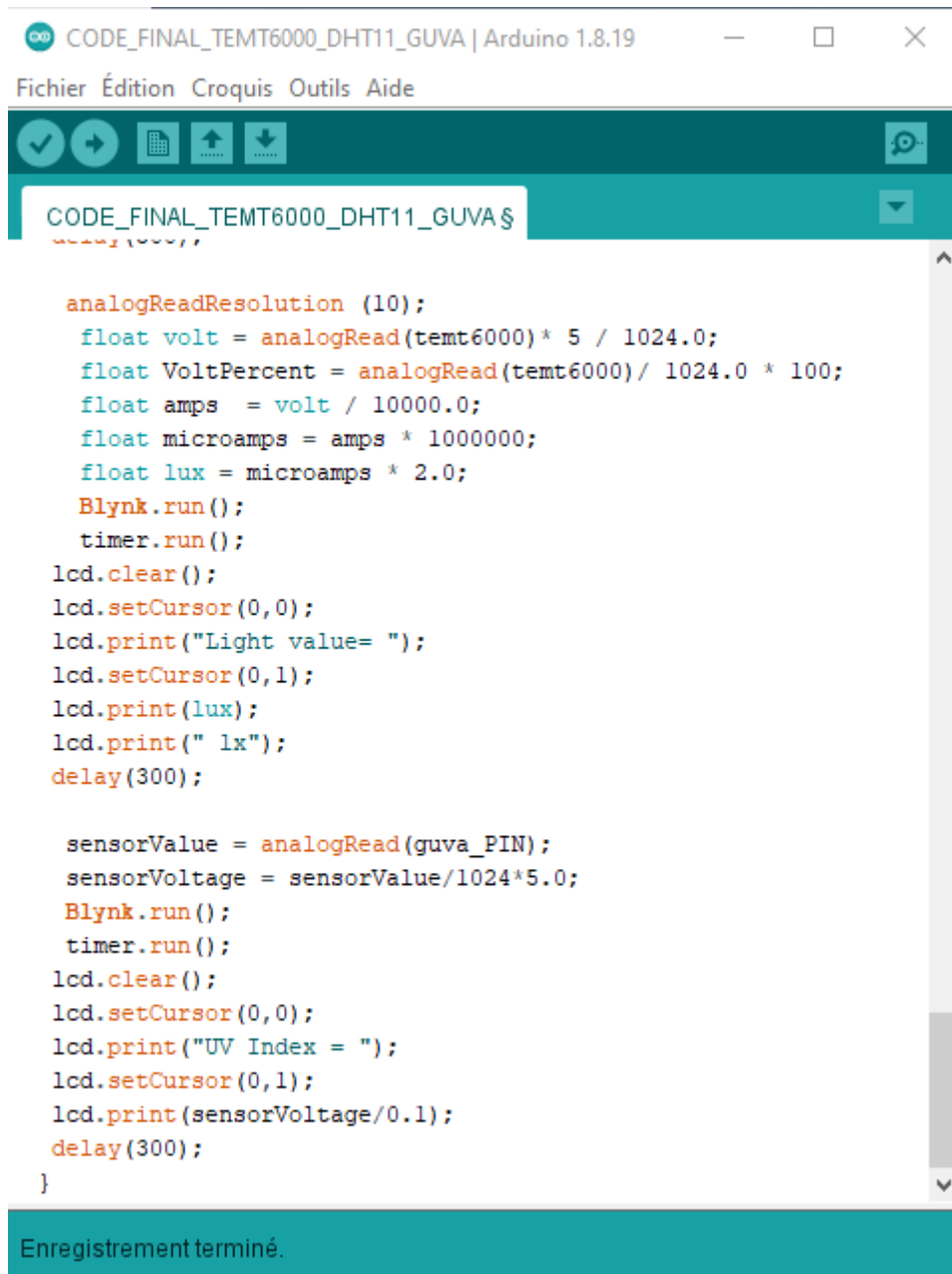
lcd.begin();
lcd.backlight();
Serial.begin(115200);
Blynk.begin(auth, ssid, pass);
timer.setInterval(100L, uvsensor);

}

void loop()
{
  Blynk.run();
  timer.run();
  float h = dht.readHumidity();
  float t = dht.readTemperature();
  lcd.clear();

  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Temp = ");
  lcd.print(t);
  lcd.print("c");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("hum = ");
  lcd.print(h);
  lcd.print("%");
  delay(300);
}
```

Enregistrement terminé.



```
CODE_FINAL_TEMT6000_DHT11_GUVA | Arduino 1.8.19
Fichier Édition Croquis Outils Aide

CODE_FINAL_TEMT6000_DHT11_GUVA$

analogReadResolution (10);
float volt = analogRead(temt6000) * 5 / 1024.0;
float VoltPercent = analogRead(temt6000) / 1024.0 * 100;
float amps = volt / 10000.0;
float microamps = amps * 1000000;
float lux = microamps * 2.0;
Blynk.run();
timer.run();
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Light value= ");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(lux);
lcd.print(" lx");
delay(300);

sensorValue = analogRead(guva_PIN);
sensorVoltage = sensorValue/1024*5.0;
Blynk.run();
timer.run();
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("UV Index = ");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(sensorVoltage/0.1);
delay(300);
}

Enregistrement terminé.
```