



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة وهران 2 محمد بن أحمد  
Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed

معهد الصيانة والأمن الصناعي  
Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle

Département de Maintenance en Instrumentation

## MÉMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master

**Filière :** Génie industrielle

**Spécialité :** Ingénierie de la maintenance en instrumentation

### Thème

# Réalisation d'un compteur d'énergie électrique intelligent

Présenté et soutenu publiquement par :

**Nom** Medjbeur **Prénom** Seif eddine

**Nom** CHEMDI **Prénom** Yaqoub

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade	Etablissement	Qualité
<i>GUENDOUZ DJILALIA</i>	<i>Professeur</i>	<i>UNIV-ORAN2</i>	<b>Président</b>
<i>CHOUITEK MAMA</i>	<i>MCA</i>	<i>UNIV-ORAN2</i>	<b>Encadreur</b>
<i>BELKHODJA LEILA</i>	<i>MCB</i>	<i>UNIV-ORAN2</i>	<b>Examinatrice</b>

Année 2022/2023



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

---

جامعة وهران 2 محمد بن أحمد  
Université'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed  
-----  
معهد الصيانة والأمن الصناعي  
Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle

# *Remerciements*

*Avant tout, on remercie ALLAH le Tout-puissant de nous avoir  
Donné le courage, la volonté et la patience de mener à terme ce  
Présent travail dans des meilleures conditions.*

*On tient tout d'abord à remercier notre encadreur*

***M. CHOUITEK MAMA** d'accepter de nous superviser, et  
Le sujet que vous nous avez proposé. Et aussi toutes ces notes  
De manière constructive nous permettant d'approfondir  
Connaissances scientifiques.*

*Merci à nos parents d'avoir su nous écouter et nous motiver.*

*Merci à l'ensemble de nos amis(e), qui ont été là pendant les  
Périodes de doute et de stress.*

*Merci encore à tous...*

# *Dédicaces*

*Nos parents.*

*Nos frères et sœurs.*

*Et tout (es) nos amis.*

## **Résumé**

Dans ce projet, on voulait fabriquer un compteur électrique intelligent.

Tout d'abord, on a regardé comment fonctionnaient les compteurs d'énergie normaux et électroniques.

Ensuite, on a conçu l'intérieur de notre compteur en utilisant des capteurs spéciaux pour mesurer la tension et le courant, ainsi qu'un petit ordinateur appelé ESP32.

Enfin, Nous avons testé notre projet en utilisant l'application Blynk, qui sert de moyen de communication entre le compteur et le consommateur.

## **Abstract**

In this project, we aimed to create a smart electric meter.

Firstly, we examined how regular and electronic energy meters operated.

Next, we designed the interior of our meter using special sensors to measure voltage and current, along with a small computer called ESP32.

Finally, we tested our project using the Blynk application, which serves as a means of communication between the meter and the consumer.

# Sommaire

## Introduction Générale

### Chapitre I

#### Généralités sur les compteurs d'énergie électrique

##### Introduction

I- Le développement des compteurs d'énergie électrique.....	3
I.1 Les compteurs électriques .....	3
I.1.1 Les compteurs électromécaniques	
A- Définition .....	3
B- Le principe de fonctionnement et la conception .....	4
C- Les avantages et les inconvénients d'un compteur électromécanique.....	6
Les avantages .....	6
Les inconvénients .....	6
I.1.2 Les Compteurs électroniques .....	6
A- Définition.....	6
B- Le principe de fonctionnement et la conception .....	7
C- Les avantages et les inconvénients d'un compteur électronique .....	8
Les avantages.....	8
Les inconvénients.....	9
I.1.3 Compteur intelligent .....	9
A- Définition .....	9
B- Les avantages et les inconvénients d'un compteur intelligent.....	10
Les avantages .....	10
Les inconvénients .....	11
II- Différence entre compteur électrique traditionnel et compteur intelligent.....	11
III -Le réseau électrique intelligent.....	11
A- Définition.....	11
B- Fonctionnement.....	12
C- Composants du réseau électrique intelligent.....	14

D- Paramètres électriques.....	14
D.1 Tension.....	14
D1.1 Définition et mesure de la tension.....	14
D.1.2 Importance de la surveillance de la tension .....	14
D.1.3 impacts des variations de tension sur les équipements Électriques.....	15
D.2 Courant.....	15
D.2.1 définition et mesure du courant.....	15
D.2.2 Rôle du courant dans les installations électriques.....	15
D.2.3 Limites de courant et sécurité électrique.....	15
D.3 Puissance.....	15
D.3.1 définition et calcul de la puissance .....	15
D.3.2 Les types de puissances.....	16
Conclusion .....	16

## **Chapitre II**

### **Conception matérielle et logicielle du projet**

I- Partie Hardware.....	17
I-1 Espressif et l'ESP32.....	17
I.1.1 Espressif Systems.....	17
I.1.2 La définition de ESP32.....	17
I.1.3 caractéristiques de l'ESP32.....	18
I.2 composant matériel nécessaire.....	18
I.2.1 La carte ESP32 WROOM 32.....	18
A- Caractéristique de la carte.....	19
A.1 Les entres et les sorties de la carte ESP32 WROOM 32.....	19
I.2.2 Le capteur de courant SCT-013.....	20
A- Caractéristiques.....	21
I.2.3 Le capteur de tension ZMPT101B.....	21
A –Caractéristiques.....	22

I.2.4 L'afficheur LCD1602.....	22
A-Caractéristiques.....	23
II.Partie Software.....	23
II.1 Arduino IDE.....	23
II.2 Arduino IDE et l'ESP32 WROOM 32.....	23
Conclusion.....	26

### **Chapitre III**

#### **Réalisation pratique du compteur d'énergie intelligent**

##### Introduction

I.1 Application Blynk.....	27
I.1.1 Blynk Library.....	27
I.1.2 Installer blynk library.....	28
I.1.3 Création de projet de l'application blynk.....	29
I.1.4 Paramètres du widget dans l'application blynk.....	31
I.2 Schéma synoptique du compteur d'énergie électrique intelligent.....	30
I.3 Calcule de l'énergie consommé.....	32
I.4 Le Protocole de communication.....	32
I.4.1 Description du Protocole de communication.....	32
I.5 La réalisation et les résultats pratiques du compteur intelligent d'énergie.....	33
I.5.1 Le schéma global du compteur intelligent d'énergie.....	33
I.5.2 La réalisation pratiques du compteur intelligent d'énergie.....	34
I.5.3 Les résultats pratiques.....	35
Conclusion.....	37
Conclusion Générale.....	38
Bibliographie.....	39
Annexe1.....	40

### Abréviations

• <b>PDL</b>	Point de livraison
• <b>LCD</b>	Liquid Crystal Display
• <b>GSM</b>	The Global System for Mobil
• <b>SMS</b>	short message service
• <b>CPL</b>	Power-line communication
• <b>HF</b>	Haute fréquence
• <b>IOT</b>	internet of things
• <b>SOC</b>	A system on a chip
• <b>GPIO</b>	A general-purpose input/output
• <b>USB</b>	Universal Serial Bus
• <b>SD</b>	Secure Digital
• <b>UART</b>	A universal asynchronous receiver-transmitter
• <b>SPI</b>	The Serial Peripheral Interface
• <b>SDIO</b>	Secure Digital Input Output
• <b>LED</b>	A light-emitting diode
• <b>PWM</b>	Pulse-width modulation
• <b>I2S</b>	Inter-IC Sound
• <b>I2C</b>	Inter-Integrated Circuit
• <b>ADC</b>	analog-to-digital converter
• <b>BLE</b>	Bluetooth Low Energy
• <b>GND</b>	Ground
• <b>AC</b>	Alternating current
• <b>DC</b>	Direct current
• <b>IDE</b>	integrated development environment
• <b>SDK</b>	Software Development Kit
• <b>UI</b>	User interface
• <b>IOS</b>	iPhone Operating system
• <b>apk</b>	Android application package

## Nomenclature

### Symboles

• <b>u(t)</b>	Tension instantanée présente par le réseau	<b>V</b>
• <b>i(t)</b>	Courant instantané parcourant par le réseau	<b>A</b>
• <b>E</b>	L'énergie consommée	<b>KWh</b>
• <b>t</b>	Le temps	<b>ms</b>

## Liste des figures

### Chapitre I

<b>Figure I. 1 :</b> compteur électromécanique.....	4
<b>Figure I.2 :</b> les composants de compteur électromécanique.....	4
<b>Figure I. 3 :</b> compteur électromécanique monophasé.....	5
<b>Figure I. 4 :</b> compteur électronique.....	7
<b>Figure I. 5 :</b> Schéma d'un compteur électronique.....	8
<b>Figure I. 6 :</b> compteur intelligent monophasé (Linky).....	10
<b>Figure I. 7 :</b> Caractéristiques d'un réseau intelligent (à droite) par rapport au système électrique traditionnel (à gauche).....	12
<b>Figure I. 8 :</b> le réseau électrique intelligent.....	13
<b>Figure I. 9 :</b> triangle des puissance.....	16

### Chapitre II

<b>Figure II. 1 :</b> Le logo de Espressif.....	17
<b>Figure II.2 :</b> La carte ESP32.....	18
<b>Figure II.3 :</b> Brochage du ESP32 WROOM 32.....	20
<b>Figure II.4 :</b> le capteur de courant SCT-013.....	20
<b>Figure II.5:</b> Le capteur de tension ZMPT101B.....	21
<b>Figure II.6 :</b> L'afficheur LCD 1602.....	22
<b>Figure II.7 :</b> Arduino IDE.....	23

### Chapitre III

<b>Figure III.1 :</b> logo de l'application Blynk.....	27
<b>Figure III. 7 :</b> logo de Blynk library.....	28
<b>Figure III.8 :</b> Schéma synoptique du compteur intelligent d'énergie.....	31
<b>Figure III.4 :</b> Organigramme du fonctionnement de compteur intelligent.....	31
<b>Figure III.5 :</b> Le schéma global du compteur intelligent d'énergie .....	33
<b>Figure a :</b> le capteur de courant SCT-013.....	34
<b>Figure b :</b> le capteur de tension zmpt-101B.....	34

## Liste des figures

<b>Figure III.6</b> : le microcontrôleur esp32.....	34
<b>Figure III. 7</b> : la réalisation pratique du compteur intelligent.....	35
<b>Figure III.8</b> : L’affichage des données dans Arduino IDE et l’application blynk.....	35
<b>Figure III.9</b> : Affichage des données dans l’écran LCD et application blynk.....	36
<b>Figure III.10</b> : 3affichage des données dans l'application blynk.....	37

## Liste de tableaux

### Chapitre I

**Tableau I. 1** : comparaison entre compteur traditionnel et intelligent.....11

### Chapitre II

**Tableau II.1** : Les caractéristiques de la carte ESP WROOM 32.....18

# **Introduction générale**

### Introduction générale

Après la découverte de l'électricité et sa propagation à travers les pays, les compteurs électriques ont été introduits pour mesurer la consommation d'énergie. Cependant, en raison du grand nombre de ces compteurs dans chaque ville, la gestion de la facturation et de la collecte des données de consommation est devenue un problème pour les fournisseurs. De plus, la consommation quotidienne des clients augmente rapidement. Afin de résoudre ces problèmes, les inventeurs et les ingénieurs ont décidé d'exploiter les nouvelles technologies informatiques et économiques pour développer des compteurs électriques qui simplifient la facturation et permettent de surveiller la consommation des clients.

Le compteur d'énergie, qui est responsable du calcul de la consommation et de l'émission de factures, est un élément crucial pour les entreprises d'électricité. Initialement, seuls les compteurs électromécaniques étaient utilisés, mais par la suite, les compteurs électroniques ont été adoptés. Avec les avancées technologiques dans les domaines de l'informatique et des télécommunications, les électriciens ont été incités à créer de nouvelles catégories de compteurs d'énergie. C'est dans ce contexte que l'idée de remplacer les compteurs traditionnels par des compteurs intelligents ou communicants a émergé. Ces compteurs programmables permettent d'envoyer et de recevoir des données telles que la consommation, ce qui permet aux clients de suivre leur consommation énergétique et les coûts associés.

Dans ce projet, nous utiliserons une carte ESP32 WROOM 32 , un capteur de courant, un capteur de tension, un écran LCD 16x2 et l'application blynk pour créer un compteur d'énergie communicant. Ce mémoire est divisé en trois chapitres, organisés comme suit :

Dans le premier chapitre, nous effectuerons une étude générale sur les compteurs d'énergie électrique et leurs évolutions.

Le deuxième chapitre se concentrera sur la conception matérielle et logicielle du projet, à la fois au niveau logiciel et matériel.

Dans le dernier chapitre, nous nous pencherons sur la communication entre le compteur d'énergie et les clients à l'aide d'une ESP32 et d'un smartphone, ainsi que sur la mise en œuvre pratique du compteur proposé.

# **Chapitre I**

## Généralités sur les compteurs d'énergie électrique

## **Introduction**

Tout logement, parc ou une entreprise alimentée en électricité est doté d'un compteur électrique, pour mesurer la consommation de ce local. Avec le temps, le développement des compteurs d'énergie électrique a passé de trois générations, le compteur électromécanique, le compteur électronique et le compteur intelligent.

Dans ce chapitre, on s'intéresse particulièrement au développement des compteurs d'énergie, leur conception, leurs principes de fonctionnement, et les avantages et les inconvénients de chaque type de compteurs.

## **I- Le développement des compteurs d'énergie électrique**

Un compteur électrique est un organe électrotechnique indispensable pour toute installation électrique servant à mesurer et quantifier la quantité d'énergie électrique consommée dans un lieu comme un habitation, industrie, une école, une administration, une entreprise ...etc. Il est utilisé par les fournisseurs d'électricité afin de facturer la consommation d'énergie au client. Cette énergie est calculée en fonction de la puissance instantanée et du temps d'utilisation. Le compteur électrique donne des informations en kilowattheure (kWh) et 1 kWh est équivalent à  $36 \times 10^6$  KJ.

A l'origine ces appareils étaient de conception électromécanique, ils sont remplacés dorénavant par des compteurs électroniques. Les nouvelles versions de compteurs électriques sont des compteurs communiquant appelés parfois compteurs intelligents. [1] [2].

### **I.1- Les compteurs électriques**

#### *I.1.1 Les compteurs électromécaniques*

##### *A- Définition*

Les compteurs électromécaniques sont les compteurs les plus anciens et les plus traditionnels installés grâce à sa grande qualité est sa robustesse et sa simplicité d'utilisation. Il s'agit de la première génération des compteurs installés et ils utilisent un dispositif Mécanique de comptage pour afficher un seul indice de consommation qui est l'énergie. Ce Compteur est généralement situé dans le logement lorsqu'il s'agit d'un logement individuel. Dans le cas d'un immeuble comportant plusieurs logements, il est situé à l'extérieur, souvent Dans un compartiment ou local technique qui lui est réservé.



Figure I.1 : Compteur électromécanique

### B- Principe de fonctionnement et de conception

Les éléments essentiels et principaux du compteur sont visibles à travers le capot transparent avoir figure I.2:

- (A) L'inducteur « Intensité » constitué par quelques spires de gros fil.
- (B) L'inducteur « Tension » constitué par une bobine comportant un grand nombre de spires de fil fin.
- (C) Le disque en aluminium constituant le rotor.
- (D) L'aimant de freinage.
- (E) Le totaliseur d'énergie constitué d'un ensemble d'engrenages qui actionne un dispositif d'affichage. [3].

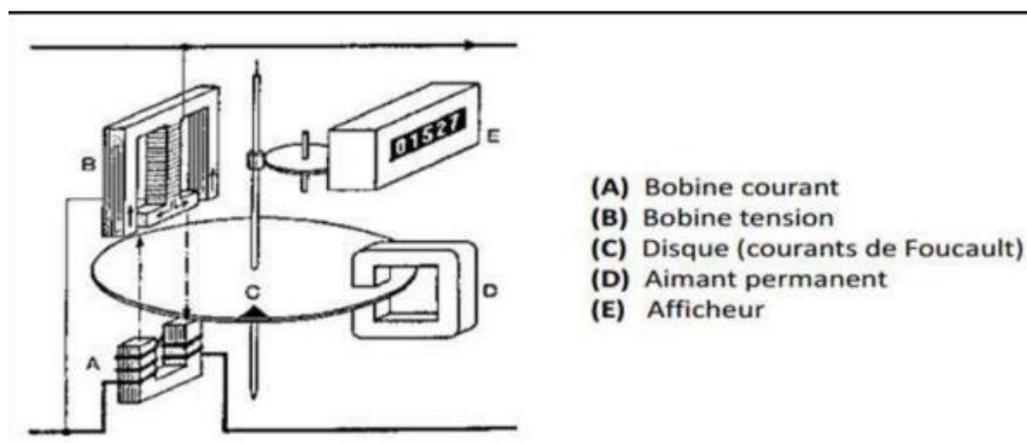


Figure I.2 : les composants de compteur électromécanique.

L'élément mobile du compteur est un petit moteur électrique à courant alternatif dans lequel deux flux engendrent un champ magnétique tournant. L'un des électro-aimants comporte un enroulement à grand nombre de spires qui présente une forte induction et qui est branché comme un voltmètre sous la tension  $U$  appliquée entre les bornes du récepteur, ce qui veut dire que le flux magnétique induit par cet électro-aimant est proportionnel à la tension.

L'autre électroaimant comporte un enroulement a un nombre relativement petit de spires, il est branché en série avec le récepteur comme un ampèremètre, il engendre un flux magnétique proportionnel au courant. Donc l'un des flux magnétiques est proportionnel à la tension  $U$ , et l'autre au courant  $I$ .

Le couple moteur crée par l'interaction des deux flux et exercé sur le disque d'aluminium est proportionnel à la puissance. Pour que le nombre de tours du disque soit proportionnel à l'énergie consommée, on oppose au couple moteur un couple résistant de freinage proportionnel à la vitesse de rotation du disque ce couple moteur est réalisé par l'action du champ d'un aimant permanent sur le disque. En tournant le disque traverse le champ magnétique de l'aimant permanent et devient ainsi le siège d'une force électromotrice induite proportionnelle à la vitesse de rotation et au flux magnétique de l'aimant permanent.

Cette f.e.m induite fait naître dans le disque un courant proportionnel à la conductivité de l'aluminium. L'interaction entre le flux magnétique et le courant dans le disque crée un couple résistant qui va s'opposer au couple moteur crée par les deux électroaimants. [3]

L'énergie consommée par le récepteur est proportionnelle au nombre de tours du disque. La rotation du disque est transmise à un mécanisme de comptage, le rapport de transmission est choisi de telle sorte que l'énergie consommée soit indiquée directement par le mécanisme du comptage en KWh.

L'image qui suit montre un compteur à induction monophasé à alimentation directe réseau, 230V, 50Hz, 250trs/ KWh. [4]

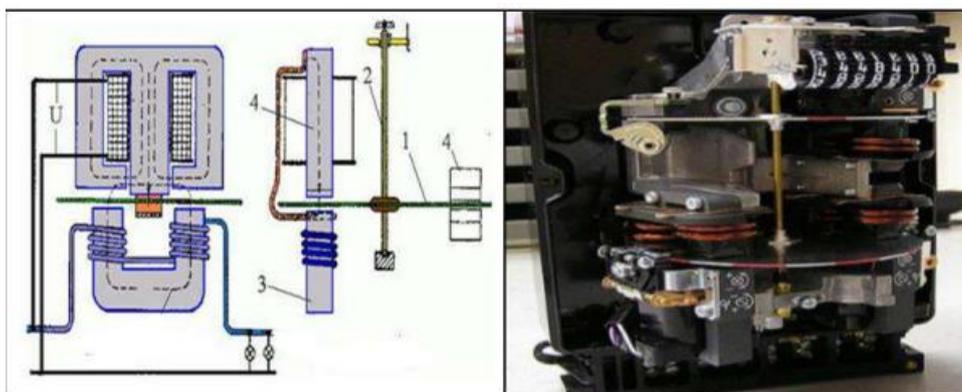


Figure I. 3 : compteur électromécanique monophasé

### *C- Les avantages et les inconvénients d'un compteur électromécanique*

#### *Les avantages*

- Haute fiabilité lors de la coupure de courant et même en cas de court-circuit, ils peuvent continuer à fonctionner après avoir éliminé toutes les conséquences.
- Il convient aux réseaux de faible qualité.
- Son prix d'achat est inférieur aux prix des appareils électroniques.
- Pas besoin de configuration supplémentaire. Tout ce qui est nécessaire est le câblage correct.
- De plus en cas de détérioration ou de vandalisme, la dernière formation enregistrée reste affichée ce qui rend sa lecture toujours possible.
- Longue durée de vie grâce à sa grande robustesse et sa grande qualité.
- Sa facilité d'installation et d'utilisation.

#### *Les inconvénients*

- Précision réduite avec consommation réduite. Cela est dû à une diminution du champ électromagnétique.
- Petite classe de précision. Il ne dépasse pas une valeur de 2 unités
- Défaillances de suivi avec une forte variation des courants de charge.
- Coefficient élevé de consommation intérieure. C'est-à-dire le compteur lui-même est capable d'influencer partiellement la quantité dans la réception d'électricité.
- Dimensions relativement grandes

C'est pour ça la technologie a évolué et sont apparus les compteurs numériques. Cependant, il est très aisé de les programmer pour compter l'électricité qui a été prélevée ou injectée dans le réseau.

### *I.1.2 Les Compteurs électroniques*

#### *A-Définition*

C'est un compteur d'énergie électrique numérique qui fonctionne avec un système de comptage électronique, il s'agit de la deuxième génération des compteurs installés (après le compteur électromécanique), sur lequel on peut lire les informations qui sont affichées sur un dispositif d'affichage à cristaux liquides (LCD). Ce type de compteur est plus sensible aux surintensités et surtensions, et tout particulièrement à la foudre et pour

mesurer les fortes intensités. Il y a deux techniques principales pour ce type de compteurs Les capteurs à effet Hall et la conversion analogique numérique (CAN). [5]



Figure I. 4 Compteur électronique

### *B- Le principe de fonctionnement et conception*

Maintenant, place aux compteurs électroniques. Ils sont facilement reconnaissables grâce à leur conception basée sur les circuits et les composants électroniques modernes, ils se composent d'un cadran d'affichage digital de la consommation d'électricité et de deux boutons poussoirs S et D pour faciliter la lecture des index et des informations du compteur.

- La touche D (Défilement) : elle permet d'accéder à l'index du compteur.
- La touche S (Sélection) : elle permet de faire défiler les informations qui sont relatives à l'appareil telles que le numéro de série du compteur ; l'option tarifaire ; la puissance instantanée ; le réglage du disjoncteur choisi ; la puissance que vous avez souscrite, le contrôle du fonctionnement de l'écran.

Alors le compteur électronique détecte le signal de tension et de courant par un capteur de tension et un capteur de courant, puis le signal de tension et de courant provenant des capteurs sont multipliés pour obtenir une capacité instantanée et par l'intégration et la multiplication avec le temps de ce dernier, nous obtenons l'énergie consommée en kilowattheures, après ces mesures sont stockées dans des enregistrements. Le compteur est caractérisé par un voyant lumineux sur la façade du compteur indique qu'il fonctionne bien. Ce voyant clignote plus ou moins vite selon la quantité d'électricité consommée.

Outre ses fonctionnalités de comptage, le compteur électronique est mieux armé que son homologue à disque pour protéger l'installation en cas de foudre. [5]

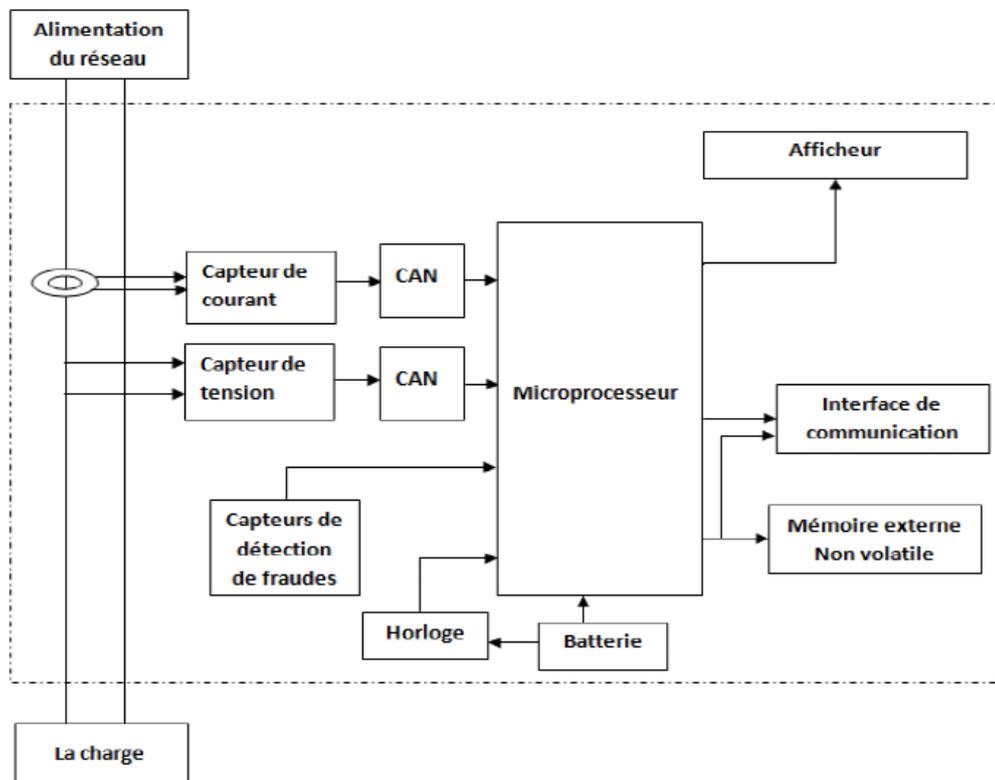


Figure I. 5 Schéma d'un compteur électronique

### C- Les avantages et les inconvénients d'un compteur électronique

#### Les avantages :

- Le compteur numérique (affichage LCD) présente l'avantage de pouvoir afficher différentes informations : (tarifs du KWh, Watt, tension).
- Les données calculées ainsi que les paramètres programmés sont enregistrées sur une mémoire non-volatile permettant leur sauvegarde en cas de coupure d'alimentation.
- Ces compteurs sont plus sensibles aux surintensités et surtensions, et tout particulièrement la foudre et les pannes de courant pourront être détectées plus rapidement.
- Ce type de compteur est caractérisé par la précision, fiabilité, modularité, souplesse...etc.
- Erreur minimale.
- Dimensions compactes par rapport aux appareils à induction.
- Manque de pièces mécaniques les plus susceptibles de s'user.

#### Les inconvénients :

Les compteurs électroniques présentent certains inconvénients tels que :

- Haute sensibilité et instabilité aux fortes modifications réseau.
- Prix élevé, surtout quand il s'agit d'appareils multi-tarifs.
- La réparation coûte très cher.
- Problème de détection des défauts.
- Difficulté à effectuer des réparations.
- Sensibilité à un changement brusque de température.

### *1.3 Le compteur intelligent*

#### *A- Définition*

Un smart meter, ou un compteur intelligent, est un compteur d'énergie électrique nouvelle génération avec un système d'information associé. Ce compteur est capable de recevoir des ordres et de transmettre des informations à distance. Pour cela, il communique avec un concentrateur, sorte de Mini-ordinateur intégré aux postes de transformation HT/BT gérés par la société productrice d'énergie. Ce concentrateur est relié au centre de supervision.

Ce compteur permet de recevoir et d'envoyer des données et des ordres sans l'intervention physique d'un technicien. Installé chez les clients et relié à un centre de supervision, il est en interaction permanente avec le réseau, qu'il contribue à rendre plus « intelligent ». [9]

**1-** L'indicateur lumineux de consommation (Il clignote plus ou moins rapidement selon la quantité d'électricité consommée)

**2-** L'afficheur (C'est là que vous pouvez visualiser sur demande votre consommation en temps réel et d'autres informations utiles)

**3-** Les touches de défilement (Faites défiler les informations sur l'afficheur avec les touches +et -)

**4-** La vis d'ouverture du capot (Ce capot vous donne notamment accès au contact sec, utile si vous souhaitez mettre en marche puis interrompre automatiquement certains de vos appareils, comme un ballon d'eau chaude)

**5-** Le numéro du compteur (Il est formé par les 3 derniers chiffres de la dernière série de 7 chiffres (le 309 dans cet exemple)).

Le voyant lumineux (Il s'allume lorsque le compteur est coupé et que vous êtes invité à le remettre en service. Appuyez alors longuement sur la touche +. [9]

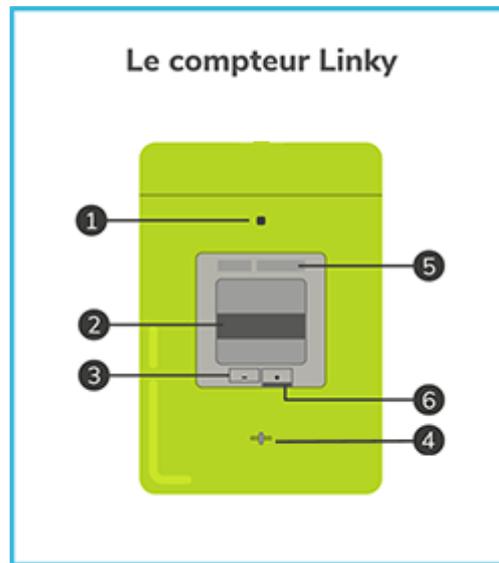


Figure I. 6 compteur intelligent monophasé (Linky) [9]

### C- Les avantages et les inconvénients d'un compteur intelligent

#### Les avantages

- Le « smart meter » permet de relever et contrôler la consommation électrique à distance et permet d'éviter de déranger les clients par les agents qui doivent faire la lecture sur place du compteur.
- Il sauvegarde les consommations, compteur par compteur, pour finalement rendre réel.
- Une détection plus rapide et automatique des pannes.
- Contribue de réduire le budget et la facture de l'électricité puisque le consommateur dispose d'informations beaucoup plus détaillées relatives à sa consommation qui lui permettent de faire des économies d'énergie en adaptant ses habitudes.
- Faciliter la vie du consommateur dans la mesure où il :
- Permet d'être facturé par rapport à sa consommation réelle, et non plus par rapport à une estimation de consommation.
- Ne nécessite plus l'intervention d'un technicien pour la mise en service, ou la modification de la puissance.
- Lui permet de suivre sa consommation exacte sur internet pour la mieux maîtriser et faire des économies d'énergie.
- Absence de dérangement pour les opérations liées au compteur.

**Les inconvénients**

- Difficile à installer puisqu'il se caractérise par des technologies avancées et très sensibles.
- Prix élevé et la réparation coûte très cher.
- 

**II Différence entre compteur électrique traditionnel et compteur intelligent**

D'après ce que nous avons décrit plus haut, nous remarquons qu'il y a une différence importante entre un compteur électrique traditionnel et un compteur intelligent. Cette différence est donnée dans le tableau suivant :

<b>Compteurs traditionnels</b>	<b>Compteurs Intelligents</b>
Compteur électromécanique	Compteurs électroniques
Ces compteurs nécessitent une maintenance fréquente afin de maintenir sa précision	Le service se fait tous les 10 à 20 ans Principalement pour remplacement de la batterie
Ils exigent un agent de prélèvement	Pas besoin d'agent. Le prélèvement se fait à distance
Il n'y a aucune unité de communication	Il y a unité de communication

*Tableau I. 1 comparaison entre compteur traditionnel et intelligent*

**III -Le réseau électrique intelligent****A- Définition**

Les réseaux intelligents ou « smart grids » sont des réseaux d'électricité qui, grâce à des technologies informatiques, ajustent les flux d'électricité entre fournisseurs et consommateurs.

En collectant des informations sur l'état du réseau, les smart grids contribuent à une adéquation entre production, distribution et consommation figure I.7.

Il est nécessaire de différencier smart grid et compteur communicant ou « smart meter », qui renseignent le consommateur sur sa demande en électricité. « Smart grids » est une appellation générale pour l'ensemble des technologies et des infrastructures « intelligentes » installées. Chez le particulier, le compteur communicant est une première étape dans la mise en place des smart grids. [10]

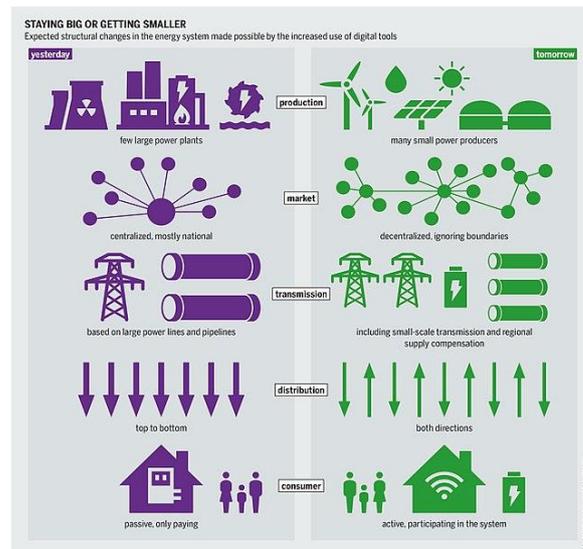


Figure I. 7 Caractéristiques d'un réseau intelligent (à droite) par rapport au système électrique traditionnel (à gauche)

Les réseaux intelligents peuvent être définis selon quatre caractéristiques en matière de :

- Flexibilité : ils permettent de gérer plus finement l'équilibre entre production et consommation ;
- Fiabilité : ils améliorent l'efficacité et la sécurité des réseaux
- Accessibilité : ils favorisent l'intégration des sources d'énergies renouvelables sur l'ensemble du réseau
- Économie : ils apportent, grâce à une meilleure gestion du système, des économies d'énergie et une diminution des coûts (à la production comme à la consommation)

### B- Fonctionnement

Au sens large, un réseau intelligent associe l'infrastructure électrique aux technologies numériques qui analysent et transmettent l'information reçue. Ces technologies sont utilisées à tous les niveaux du réseau : production, transport, distribution et consommation. (Figure I.8) [10].

- Un contrôle des flux en temps réel : des capteurs installés sur l'ensemble du réseau indiquent instantanément les flux électriques et les niveaux de consommation. L'opérateur du réseau peut alors réorienter les flux énergétiques en fonction de la demande et envoyer des signaux de prix aux particuliers pour adapter leur consommation (volontairement ou automatiquement).

- L'interopérabilité des réseaux : l'ensemble du réseau électrique comprend le réseau de transport et le réseau de distribution. Le premier relie les sites de production d'électricité aux zones de consommation : ce sont les grands axes qui quadrillent le territoire. Le réseau de distribution s'apparente aux axes secondaires. Il achemine l'électricité jusqu'aux consommateurs finaux. Par l'échange instantané d'informations, les smart grids favorise une interopérabilité entre les gestionnaires du réseau de transport et ceux du réseau de distribution.
- L'intégration des énergies renouvelables au réseau : les réseaux intelligents reposent sur un système d'information qui permet de prévoir à court et à long terme le niveau de production et de consommation. Les énergies renouvelables qui fonctionnent souvent par intermittence et de façon peu prévisible (ex : l'éolien) peuvent ainsi être mieux gérées.
- Une gestion plus responsable des consommations individuelle : les compteurs communicants (ou compteurs évolués, « Linky » pour l'électricité) sont les premières versions d'application du réseau intelligent. Installés chez les consommateurs, ils fournissent des informations sur les prix, les heures de pointe de consommation, la qualité et le niveau de consommation d'électricité du foyer. Les consommateurs peuvent alors réguler eux-mêmes leur consommation au cours de la journée. De leur côté, les opérateurs du réseau peuvent détecter plus vite les pannes. [10]

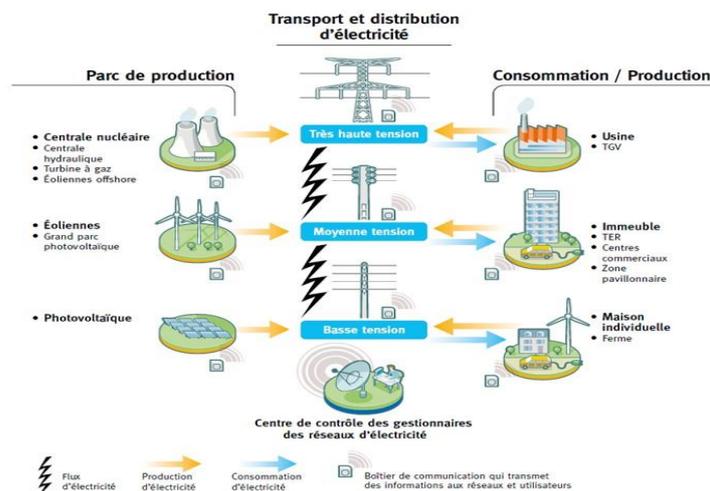


Figure I. 8 : le réseau électrique intelligent

### C- Composants du réseau électrique intelligent

Pour mettre en œuvre un réseau intelligent, une large gamme de technologies devrait être élaboré et mis en œuvre, qui sont essentielles regroupées dans les technologies suivantes :

- Appareils intelligents : capable de décider du moment de consommer la puissance en fonction des préférences du client prédéfini. Cela peut aider vers la réduction des charges de pointe qui a un impact important sur les coûts de production d'électricité et ainsi diminuer les besoins de nouvelles centrales électriques. Exemple, les consommateurs peuvent économiser jusqu'à 25% sur leur consommation d'énergie quand ils incorporent des outils d'information et de gestion.
- Compteurs électriques intelligents : incorporant les communications dans les deux sens entre les consommateurs et les fournisseurs
- D'énergie et pour automatiser la collecte de données de facturation et la détection les pannes.
- Sous-stations intelligentes : qui comprennent la surveillance et le contrôle des données opérationnelles critiques et non critiques tels que la performance du facteur de puissance, des dans différent équipement disjoncteurs, des transformateurs, etc. la sous-station transforme la tension dans de nombreux endroits, fournissant de l'énergie de livraison sûre et fiable.
- Communications intégrées : dans différent équipement afin de fournir des informations en temps réel. Les différentes technologies utilisées dans la communication des réseaux électriques intelligents sont de type filaire tel que la fibre optique ou non filaire tel que les wifi, etc.
- Accès universel : aux sources de productions classiques tel que les centrales ou de production renouvelable tel que les éoliennes et le solaire, à des prix abordables. [4]

## *D- Paramètres électriques*

### *D.1 Tension*

#### *DI.1 Définition et mesure de la tension*

La tension constitue la pression provenant d'une source d'alimentation d'un circuit électrique qui pousse les électrons chargés (le courant) le long d'une boucle conductrice, leur permettant d'accomplir un travail, tel qu'éclairer une ampoule. En résumé, tension = pression. La tension est mesurée en volts (V).

#### *D.1.2 Importance de la surveillance de la tension*

En d'autres termes, les relais de surveillance de tension aident à protéger contre les changements de tension inacceptables qui pourraient endommager l'équipement ou présenter un danger pour la sécurité. Il le fait automatiquement, sans intervention humaine.

### *D.1.3 Impacts des variations de tension sur les équipements Électriques*

La baisse ou le manque de tension, Ce phénomène naturel provoque une chute de tension (en Volt) entre le début du circuit et son extrémité. Si elle est trop importante, cette chute de tension devient un défaut électrique et peut entraîner un dysfonctionnement ou la panne de certains appareils électriques.

## *D.2 Courant*

### *D.2.1 définition et mesure du courant*

Le courant électrique est un phénomène physique provoqué par le déplacement d'électrons ou ions porteurs de champs électriques. Par convention, on considère que le courant est un flux de charges positives. L'intensité du courant est la quantité de charge qui passe dans un conducteur par unité de temps.

Son unité de mesure est le watt (W). Elle est exprimée plus couramment en kilowatt (kW). L'énergie, enfin, évalue la consommation d'électricité, c'est-à-dire la puissance utilisée au cours d'une période donnée.

### *D.2.2 Rôle du courant dans les installations électriques*

L'installation électrique est l'ensemble des circuits et appareils électriques présents dans un bâtiment. Il s'agit d'un élément central, car c'est elle qui garantit la sécurité électrique d'un lieu. Elle répond à certaines normes, c'est pourquoi les architectes ou bureaux d'étude sont dans l'obligation de mener une étude de terrain avant son installation par une équipe d'électriciens.

### *D.2.3 Limites de courant et sécurité électrique*

La réglementation définit donc une tension limite de sécurité de : 50 V en courant alternatif ; 120 V en courant continu lisse.

## *D.3 Puissance*

### *D.3.1 Définition et calcul de la puissance*

La puissance électrique est définie comme l'énergie électrique transférée dans un circuit par unité de temps. La puissance électrique ou l'énergie électrique transférée

dans un circuit peut être calculée à l'aide de la formule de puissance électrique  $P = U I$ . (figure I.9)

### D.3.2 Les type de puissances

Une charge électrique utilisant le courant alternatif monophasé (moteur, lampe, transformateur,) consomme trois puissances (active, réactive, apparente). Les valeurs de ces puissances vont varier en fonction de la nature des récepteurs (résistif, inductif, capacitif). Maintenant que nous avons défini la puissance, continuons à parler de ces types, par conséquent, il existe trois (3) puissances différentes, que nous présenterons plus en détail ultérieurement, à savoir la puissance apparente, la puissance active et la puissance réactive, Ils sont tous connectés via le triangle de puissance suivant :

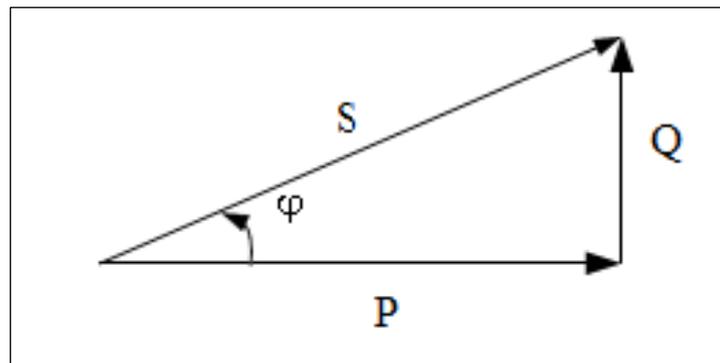


Figure I. 9Triangle des puissances

## Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons exploré une analyse globale du progrès technologique dans la mesure de la consommation électrique. Nous avons examiné les différents types de compteurs d'énergie présents dans les systèmes électriques et fourni une vue exhaustive et détaillée de leur fonctionnement, ainsi que de leurs avantages et problèmes associés.

En somme, il est évident que les compteurs d'énergie électrique jouent un rôle crucial dans les réseaux et installations électriques. Il est clair que plus ces compteurs sont précis et intelligents, plus ils permettent d'assurer l'équité entre les consommateurs et les distributeurs d'électricité. Cette approche diffère considérablement des anciennes technologies de compteurs.

# **Chapitre II**

## Conception matérielle et logicielle du projet

## Introduction

Pendant de nombreuses années, la création de circuits électroniques à partir de composants tels que des résistances, des capacités, des inductances, des transistors, etc. a été une tâche difficile, et leur modification était complexe en raison de leur conception spécifique pour une fonction particulière. Pour apporter même une petite modification, cela nécessitait plusieurs opérations telles que des calculs, des soudures et des modifications de schémas.

Cependant, avec l'avancement de la technologie électronique, la création de systèmes basés sur des circuits électroniques est devenue beaucoup plus simple et facile grâce aux cartes de développement et aux modules programmables. Ces avancées permettent de réaliser plusieurs fonctions au sein d'un même système.

Dans ce chapitre, nous nous concentrerons particulièrement sur la carte ESP32 WROOM 32 en mettant en évidence ses caractéristiques. Nous présenterons également le schéma de principe de cette carte, ainsi que les composants que nous utiliserons dans le système.

## I- Partie Hardware

### I.1 Espressif et l'ESP32

#### 1.1.1 Espressif Systems

Espressif Systems est une multinationale publique, société de semi-conducteurs établis en 2008, avec siège à Shanghai et des bureaux en Grande Chine, en Inde et en Europe. Ils ont une équipe passionnée d'ingénieurs et de scientifiques de partout dans le monde, axée sur le développement de pointe Wifi et Bluetooth, faible puissance IOT solutions.



Figure II.1 : Le logo de Espressif

#### 1.1.2 La définition de ESP32

L'ESP32 est un microcontrôleur à faible coût et à faible consommation d'énergie, fabriqué par Espressif Systems. Il est largement utilisé dans le domaine de l'Internet des objets (IoT) en

raison de ses performances élevées, de sa polyvalence et de son coût abordable. L'ESP32 est la génération suivante de l'ESP8266, offrant plus de puissance de traitement, une connectivité améliorée et de nouvelles fonctionnalités.

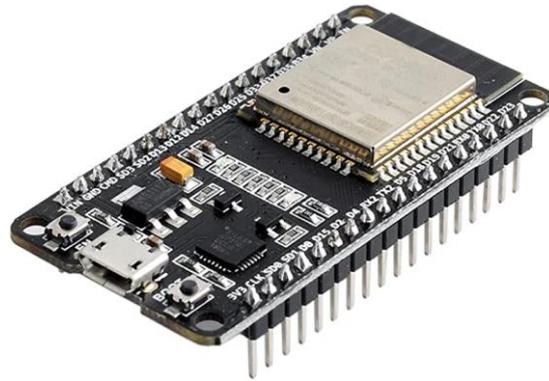


Figure II.2 : La carte ESP32

### 1.1.3 caractéristiques de l'ESP32

Les principales caractéristiques de l'ESP32 incluent :

- **Processeur Dual-Core:** L'ESP32 est équipé de deux cœurs de traitement, ce qui permet d'exécuter des tâches en parallèle et d'améliorer les performances globales du système.
- **Wi-Fi et Bluetooth intégrés :** Il prend en charge les normes Wi-Fi 802.11 b/g/n et Bluetooth 4.2, ce qui permet aux dispositifs basés sur l'ESP32 de se connecter à Internet et d'interagir avec d'autres appareils compatibles Bluetooth.
- **Interfaces diverses :** L'ESP32 dispose de nombreux GPIO (General Purpose Input/Output) qui permettent de connecter une grande variété de capteurs, d'actionneurs et de modules d'extension.
- **Environnement de développement :** Vous pouvez programmer l'ESP32 en utilisant le langage C++ avec l'environnement de développement intégré (IDE) Arduino, le langage MicroPython, ou en utilisant l'outil de développement Espressif IDF (IoT Development Framework).

## I.2 composant matériel nécessaire

### 1.2.1 La carte ESP32 WROOM 32

Dans notre projet on a utilisé la carte ESP32 WROOM 32. ESP32-WROOM-32 est un module MCU Wi-Fi + BT + BLE puissant et générique qui cible une grande variété d'applications, allant des réseaux de capteurs à faible consommation aux tâches les plus exigeantes, telles que l'encodage vocal, le streaming musicale et décodage MP3.

Au cœur de ce module se trouve la puce ESP32-D0WDQ6\*. La puce intégrée est conçue pour être évolutive et adaptatif. Il y a deux cœurs de processeur qui peuvent être contrôlés individuellement et la fréquence d'horloge du processeur est réglable de 80 MHz à 240 MHz. ([datasheet](#))

### A- Caractéristique de la carte

Puce	ESP32 WROOM 32
Microprocesseur	Xtensa® dual-core 32-bit LX6 microprocesseur
Horloge embarqué	Oscillateur interne 8 MHz avec étalonnage
SRAM	520 Ko
Flash	4 Mo
Nombre de pins	38 pins
Tension de fonctionnement	3,3 volts
WI-FI	Plage de fréquence : 2.4 GHz
Bluetooth	v4.2 BR/EDR et Bluetooth LE

Tableau II.1 : Les caractéristiques de la carte ESP WROOM 32

#### A.1 Les entres et les sorties de la carte ESP32 WROOM 32

- **GPIO (General Purpose Input/Output)** : L'ESP32 WROOM-32 dispose de nombreuses broches GPIO qui peuvent être utilisées comme entrées ou sorties pour la communication avec d'autres dispositifs et la gestion des signaux numériques.
- **UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter)** : L'ESP32 WROOM-32 possède plusieurs interfaces UART qui permettent la communication série asynchrone avec d'autres périphériques.
- **I2C (Inter-Integrated Circuit)** : Il dispose de broches pour la communication I2C, ce qui permet de connecter des capteurs, des afficheurs, et d'autres périphériques utilisant ce protocole de communication.
- **SPI (Serial Peripheral Interface)** : L'ESP32 WROOM-32 prend en charge l'interface SPI, permettant la communication série synchrone avec des dispositifs tels que des écrans TFT, des capteurs de température, des mémoires, etc.
- **ADC (Analog-to-Digital Converter)** : Il possède des broches ADC qui permettent de convertir des signaux analogiques en valeurs numériques, ce qui permet la lecture de capteurs analogiques tels que des capteurs de température, de lumière, etc.
- **DAC (Digital-to-Analog Converter)** : L'ESP32 WROOM-32 dispose également de broches DAC pour générer des signaux analogiques de sortie.

- **PWM (Pulse Width Modulation)** : Il prend en charge la génération de signaux PWM pour le contrôle de l'intensité lumineuse des LED, la commande de moteurs, etc.
- **Capteur tactile capacitif** : L'ESP32 WROOM-32 intègre des broches spéciales pour la détection tactile capacitive, permettant la mise en œuvre de boutons tactiles ou de commandes sensibles au toucher.

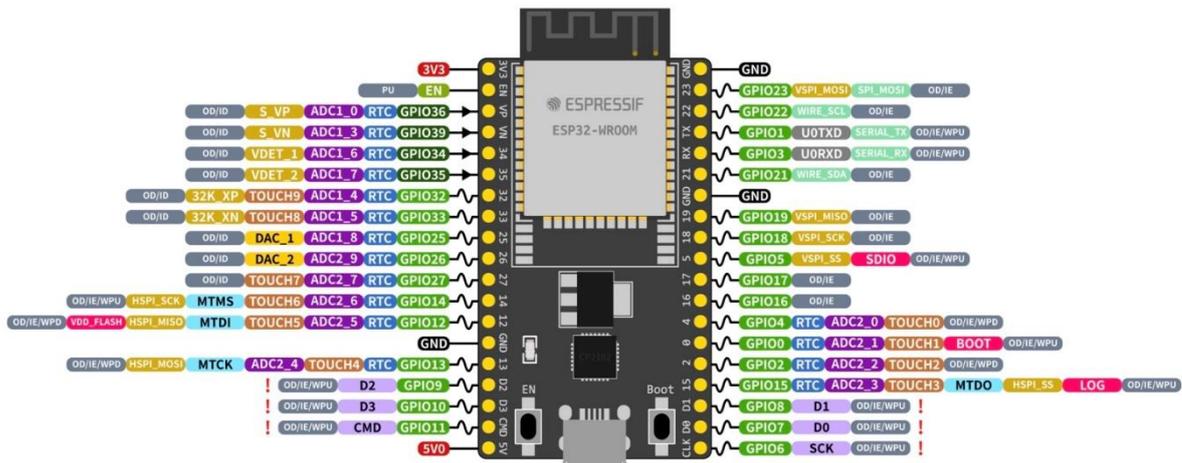


Figure II.3 : Brochage du ESP32 WROOM 32

### 1.2.2 Le capteur de courant SCT-013

Le SCT-013 est un capteur de courant alternatif non invasif de type pince multimètre à noyau divisé qui peut être utilisé pour mesurer le courant alternatif jusqu'à 100 ampères. Les transformateurs de courant (TC) sont des capteurs permettant de mesurer le courant alternatif. Ils sont particulièrement utiles pour mesurer la consommation électrique de l'ensemble du bâtiment. Les capteurs de courant SCT-013 peuvent être clipsés directement sur le fil sous tension ou neutre sans avoir à effectuer de travaux électriques à haute tension



Figure II.4 : le capteur de courant SCT-013

### A- Caractéristiques

- Courant d'entrée : 0-30 A AC
- Signal de sortie : cc 0-1 V
- Non-linéarité : 2-3 %
- Résistance d'échantillonnage intégrée (RL) : 62  $\Omega$
- Rapport de rotation : 1800 :1
- Catégorie de résistance : Catégorie B
- Température de fonctionnement : -25 °C~+70 °C
- Rigidité diélectrique (entre coque et sortie) : 1000 V AC / 1 min 5 Ma

#### 1.2.3 Le capteur de tension ZMPT101B

Le ZMPT101B est un module capteur de tension spécialement conçu pour mesurer la tension alternative (AC) dans les circuits électroniques. Il est couramment utilisé dans des applications telles que la surveillance de puissance, la gestion de l'énergie et les systèmes de contrôle industriels.

Le module intègre un transformateur ZMPT101B qui convertit la tension alternative en une tension continue (DC) proportionnelle, facilitant ainsi la mesure à l'aide d'un microcontrôleur ou d'autres dispositifs numériques.



Figure II.5 : Le capteur de tension ZMPT101B

### A -Caractéristiques

- Dimensions : 51 × 21 × 21 mm
- Une tension jusqu'à 250 volts peut être mesurée
- Léger avec transformateur de tension de micro-précision intégré
- Circuit d'amplificateur opérationnel intégré de haute précision
- Température de fonctionnement : 40°C ~ + 70°C
- Tension d'alimentation 5 volts à 30 volts

#### 1.2.4 L'afficheur LCD 1602

L'écran LCD 1602 est un afficheur à cristaux liquides couramment utilisé dans les projets électroniques. Il est composé de 2 lignes et 16 caractères par ligne, avec un rétroéclairage LED intégré. Il utilise un contrôleur, généralement le HD44780, pour gérer l'affichage des caractères et des symboles. L'interface peut être parallèle à 8 bits ou à 4 bits, et l'écran dispose d'une mémoire intégrée pour stocker les caractères.



Figure II.6 : L'afficheur LCD 1602

Les broches de cet afficheur sont :

- RS : cette broche nous détermine dans quelle mémoire nous écrivons des
- Les données, l'enregistreur de données ou l'enregistreur d'instructions.
- R / W : pour lire ou écrire, ce port spécifie soit sélectionner le mode lecture ou écriture.
- Enable pin : cette broche, si elle est activée, permet d'écrire sur l'écran LCD.
- (D0-D7) : ce sont les broches par lesquelles nous transmettons des données aux enregistreurs.

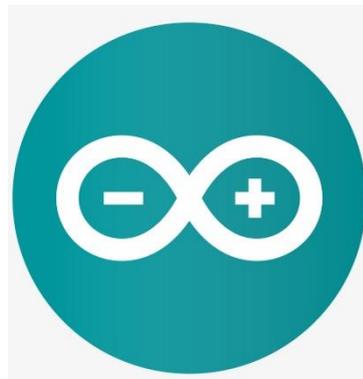
### *A-Caractéristiques*

- Afficheur LCD 16x2 basé sur un driver HD44780
- Rétroéclairage bleu
- Compatible Arduino® et Raspberry Pi
- Dimensions : 80 x 36 x 11 mm
- Poids : 30 gr

## **II.Partie Software**

### **II.1 Arduino IDE**

L'Arduino IDE est un environnement de développement largement utilisé pour écrire des codes en langage Arduino C, qui sont ensuite transformés en une forme exécutable pouvant être chargée sur le microcontrôleur. Cet environnement est caractérisé par sa simplicité et sa facilité de manipulation, avec une interface générale peu complexe. Il contient uniquement les éléments essentiels nécessaires au programmeur pour débiter le développement et charger directement le code sur le microcontrôleur

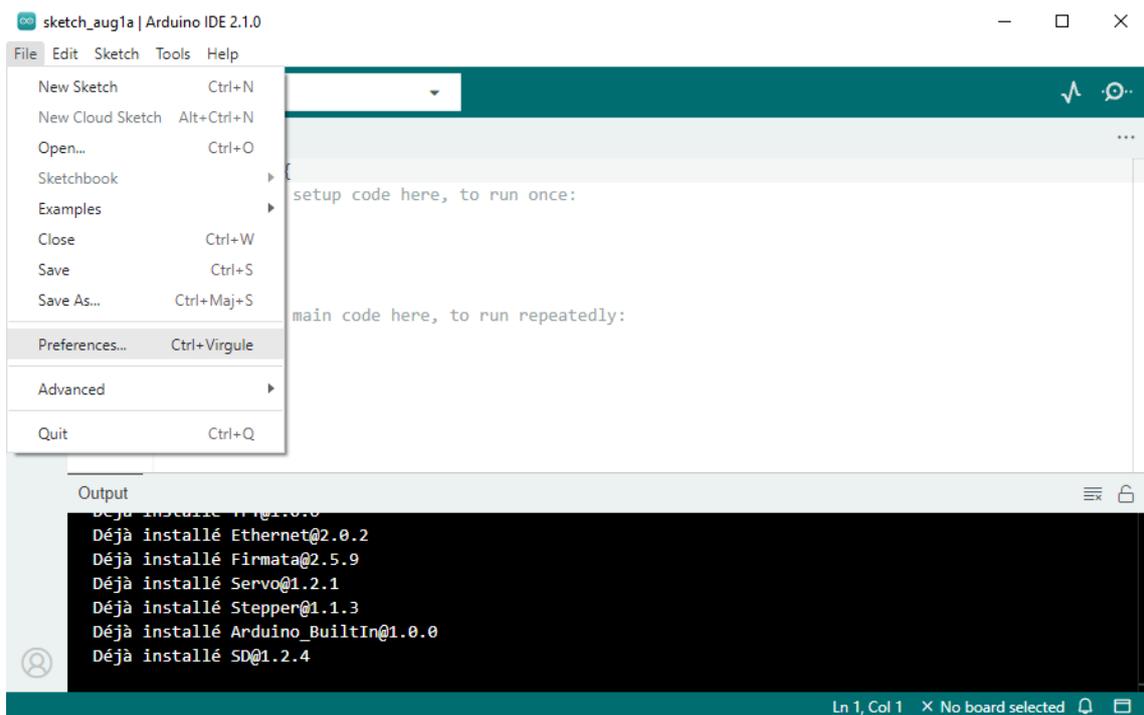


*Figure II.7 : Arduino IDE*

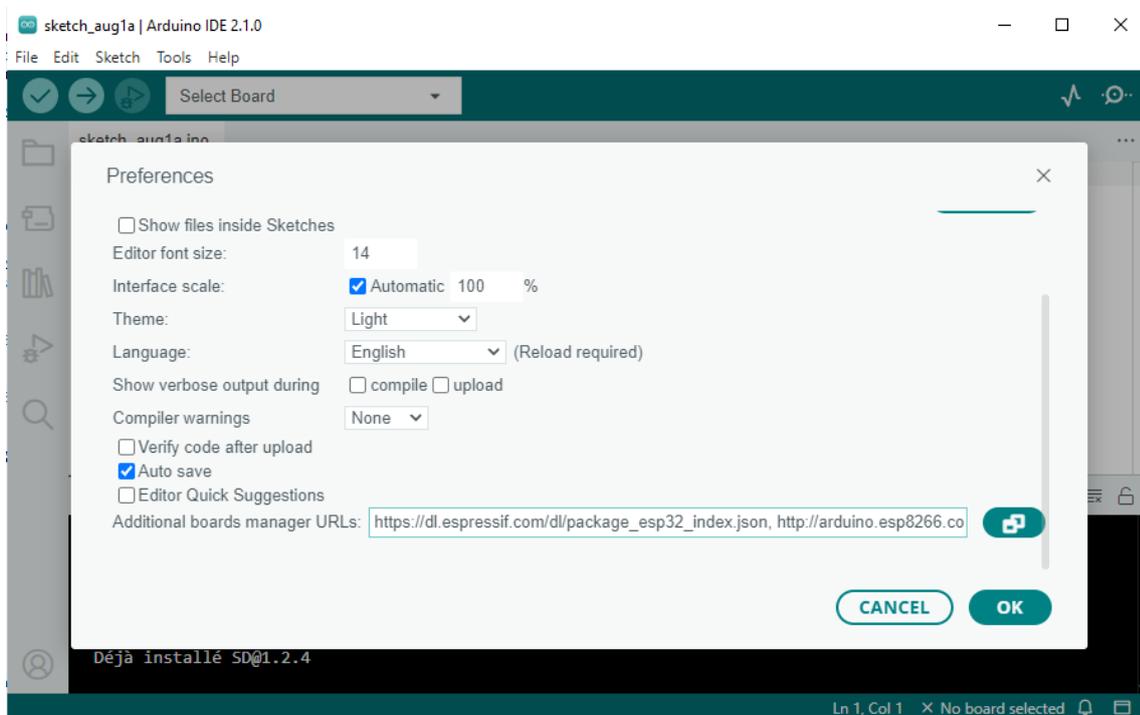
### **II.2- Arduino IDE et l'ESP32 WROOM 32**

Pour réaliser notre projet, nous avons programmé l'ESP32 WROOM32 en utilisant l'Arduino IDE, en suivant les étapes suivantes :

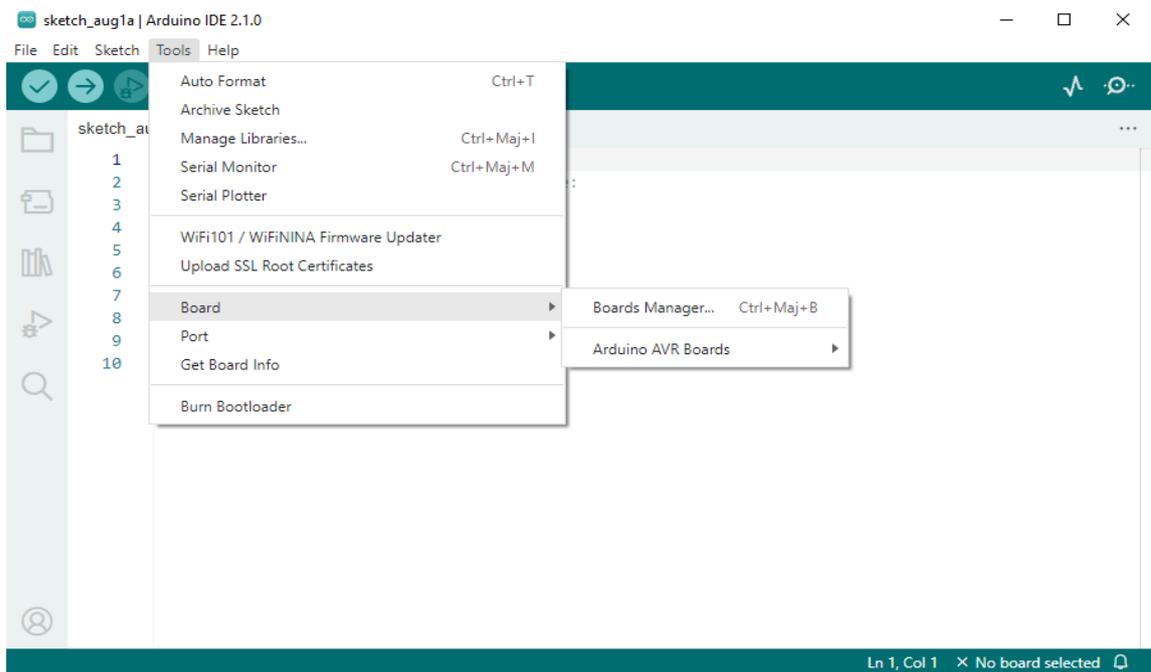
1. En ouvre le programme Arduino IDE est dans la barre des menus on choisit "File" après "Preferences".



2. Après la fenêtre de "Preferences" s'ouvre, et dans l'espace de "Additional Boards Manager URLs" on copie ce lien et on click "OK"  
[https://dl.espressif.com/dl/package\\_esp32\\_index.json](https://dl.espressif.com/dl/package_esp32_index.json),  
[http://arduino.esp8266.com/stable/package\\_esp8266com\\_index.json](http://arduino.esp8266.com/stable/package_esp8266com_index.json)



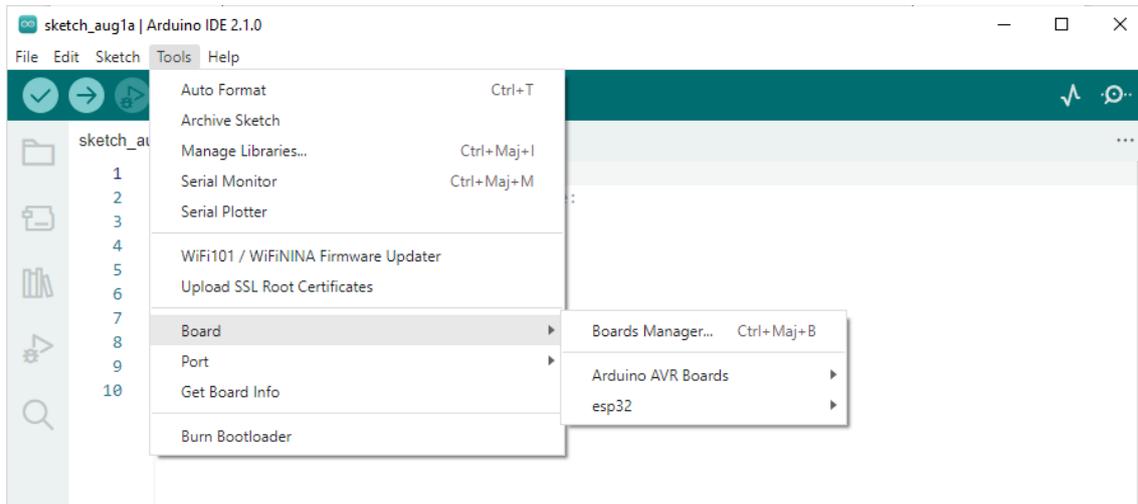
3. Dans la deuxième étape on ouvre la liste de "Tools" et choisit "Board " après "Boards Manage



4. Pour procéder, il faut ouvrir la fenêtre du Boards Manager et rechercher le terme "ESP32". Un résultat provenant de "Espressif Systems" apparaîtra, contenant le logiciel nécessaire pour les cartes ESP32. En cliquant sur "Installer", il suffit ensuite d'attendre



5. Après avoir terminé l'installation, nous retournons à la liste des "Board" suivie de "Carte", ce qui nous permet désormais de programmer n'importe quelle carte ESP32.



## Conclusion

Lors de la conception de la carte ESP32, l'un de ses principaux objectifs était de garantir une utilisation aisée pour toutes les catégories de personnes, permettant ainsi à n'importe qui de réaliser une variété de projets électroniques sans nécessiter une connaissance approfondie des technologies avancées. Dans cette optique, nous avons observé l'utilisation de cette carte associée à quelques capteurs pour créer un compteur intelligent d'énergie électrique capable de lire les données à distance. Dans la partie pratique du projet, nous allons examiner en détail cette application.

# **Chapitre III**

Réalisation pratique du  
compteur d'énergie intelligent

## Introduction

Le but principal de ce chapitre final est de mettre en œuvre la technologie de communication pour rendre le compteur d'énergie intelligent.

Dans la première section, nous proposons une illustration schématique du compteur intelligent d'énergie.

La deuxième partie se concentre sur l'examen du protocole de communication employé. Enfin, nous concluons ce chapitre en présentant la mise en œuvre pratique du compteur d'énergie connecté ainsi que ses résultats.

### I.1 Application Blynk

Blynk est une application optimisée pour fonctionner sur les appareils Android et iOS. Cette solution nous permet de gérer aisément différentes applications basées sur l'IoT en exploitant la puissance de nos smartphones. Grâce à Blynk, nous sommes en mesure de créer une interface utilisateur graphique entièrement adaptée à nos applications IoT spécifiques. Dans le cadre de notre projet, nous souhaitons afficher les données de notre compteur d'énergie électrique IoT au sein de l'application Blynk.

Alors on a téléchargé et installé l'application Blynk depuis Google Play Store. Les utilisateurs d'IOS peuvent télécharger depuis l'App Store. Une fois l'installation terminée, on a ouvert l'application et inscrit avec l'email.



*Figure III.1 : logo de l'application Blynk*

#### I.1.1 Blynk Library

Blynk est la plateforme Internet des Objets la plus populaire pour connecter n'importe quel matériel au cloud, concevoir des applications pour les contrôler, et gérer vos produits déployés

à grande échelle. Avec la Bibliothèque Blynk, vous pouvez connecter plus de 400 modèles de matériel, dont Arduino, ESP8266 et ESP32, au Cloud Blynk.

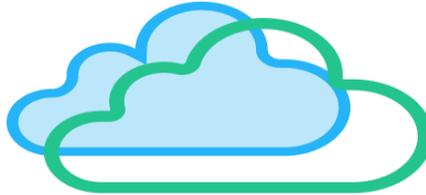
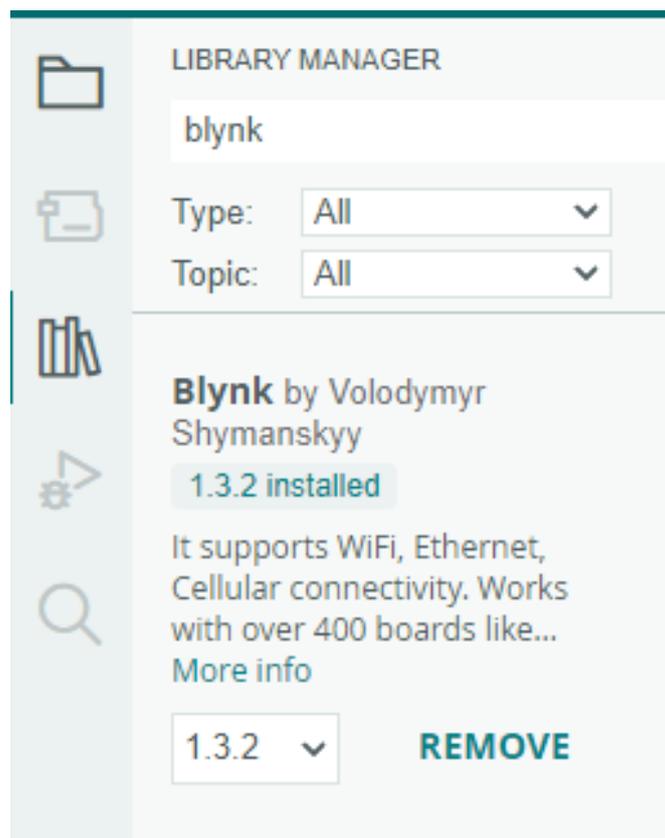


Figure III. 2 : logo de Blynk library

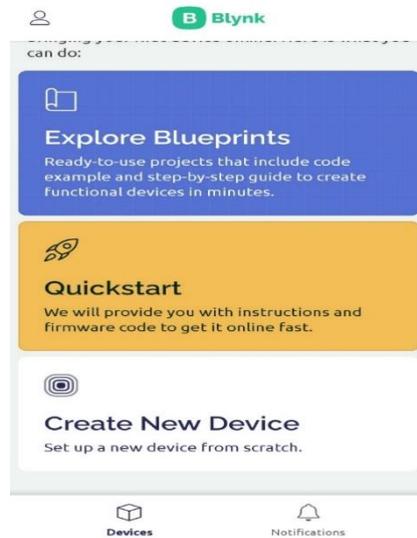
### I.1.2 Installer blynk library

Ce fichier de bibliothèque Blynk doit être installé dans le logiciel Arduino IDE

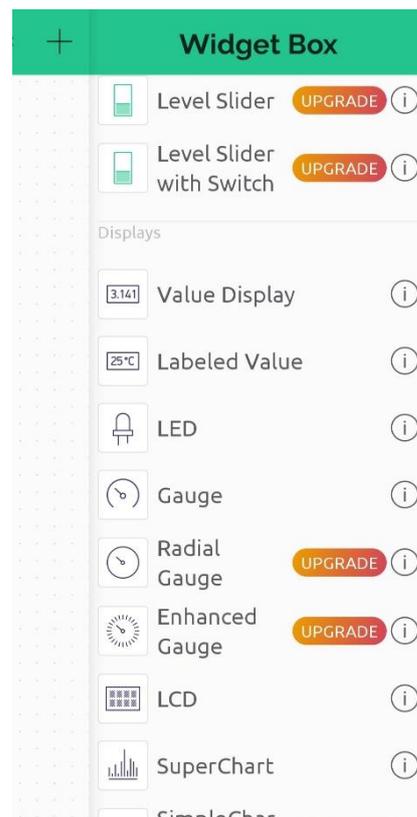


### I.1.3 Création de projet de l'application blynk

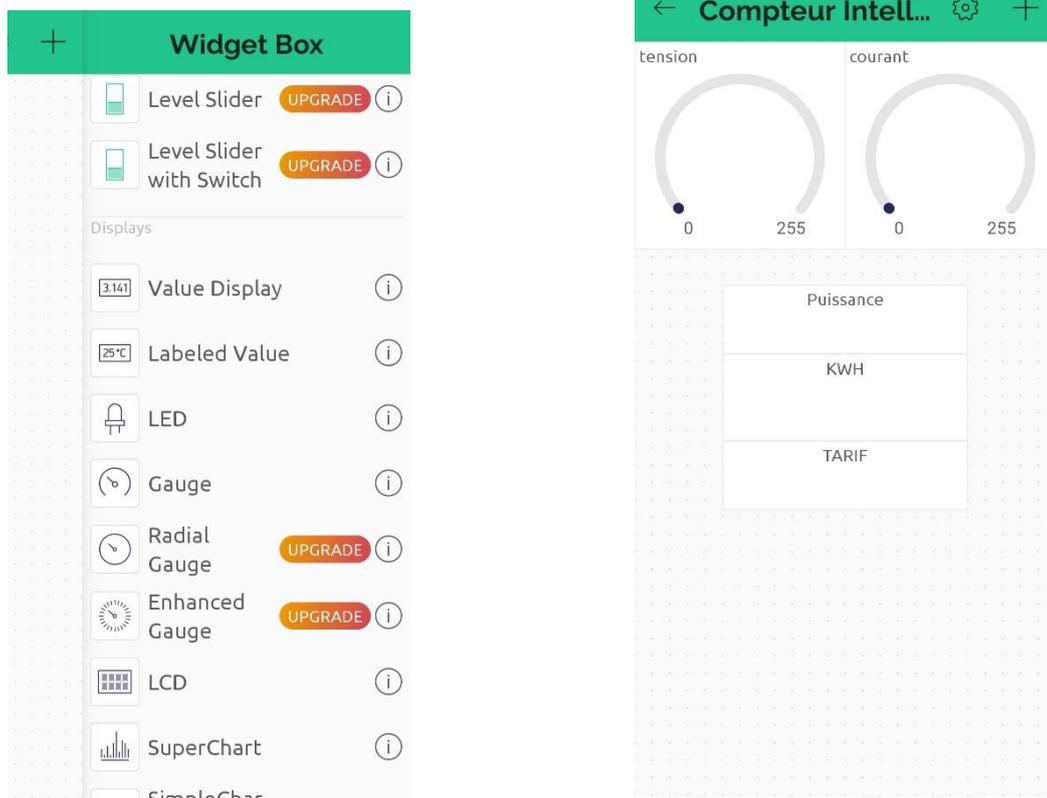
1. Après la création de compte , on clique en "create new device"



2. Nommer le projet



### 3. Personnaliser l'interface de l'application



#### I.1.4 Paramètres du widget dans l'application blynk

- Broche virtuelle V0 = tension alternative
- Broche virtuelle V1 = courant alternatif
- Broche virtuelle V2 = Puissance
- Broche virtuelle V3 = énergie consommé
- Broche virtuelle V7 = tarif en dinars algérien

#### I.2 Schéma synoptique du compteur d'énergie électrique intelligent

Le compteur intelligent d'énergie est constitué des éléments de bases du compteur d'énergie ainsi que l'ESP32 qui est le microprocesseur du projet et cette carte est nécessaire pour la communication entre le compteur standard et le client. Le schéma du compteur intelligent d'énergie proposé est illustré par la figure III.3 suivante.

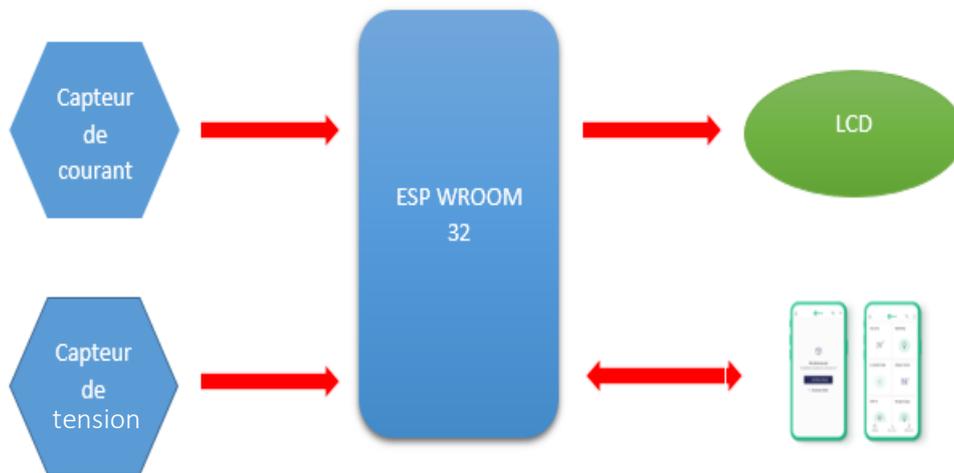


Figure III.3 : Schéma synoptique du compteur intelligent d'énergie

L'organigramme de la figure III.2 explique les étapes du fonctionnement de notre système afin de synchroniser les données avec l'ESP32 d'un côté et le smart phone d'autre côté.

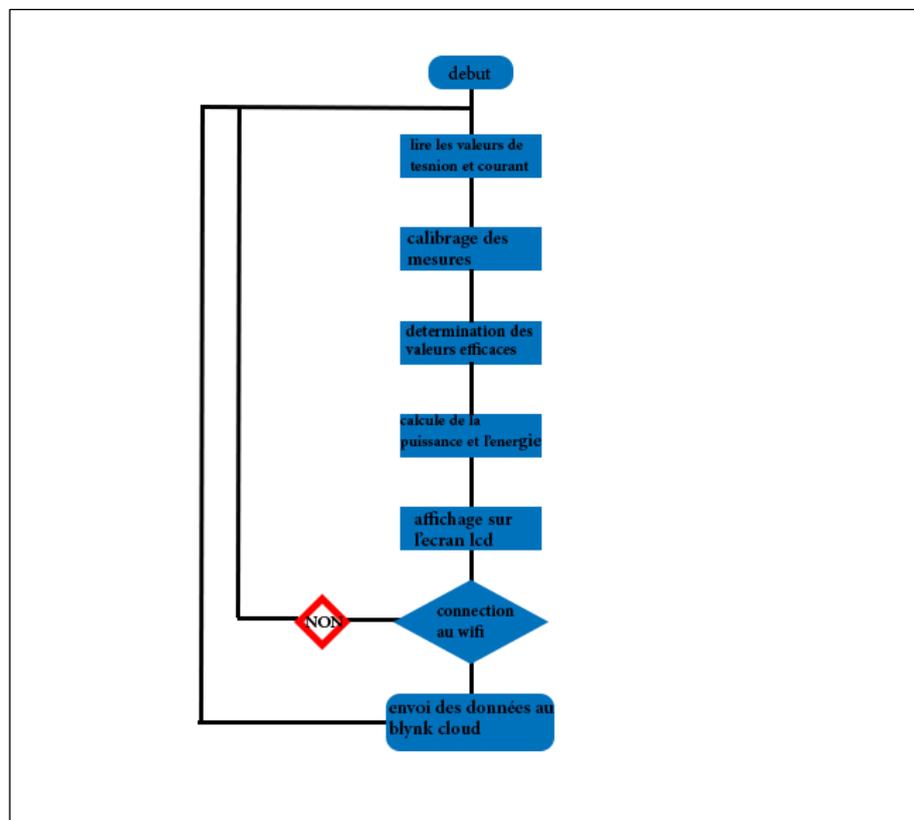


Figure III.4 : Organigramme du fonctionnement de compteur intelligent

### I.3 Calcule de l'énergie consommée

L'ESP32 utilise Une librairie (Library) Emonlib qui permet une surveillance continue de la consommation d'énergie électrique, en répétant toutes les 5 ou 10 secondes une séquence de mesures de tension et de courant. EmonLib effectue en arrière-plan des mesures continues de la tension et de toutes les entrées de courant, calcule une quantité moyenne réelle pour chacune d'entre elles, puis informe le croquis (sketch) que les mesures sont disponibles et doivent être lues et traitées.

Et pour calculer l'énergie consommée :

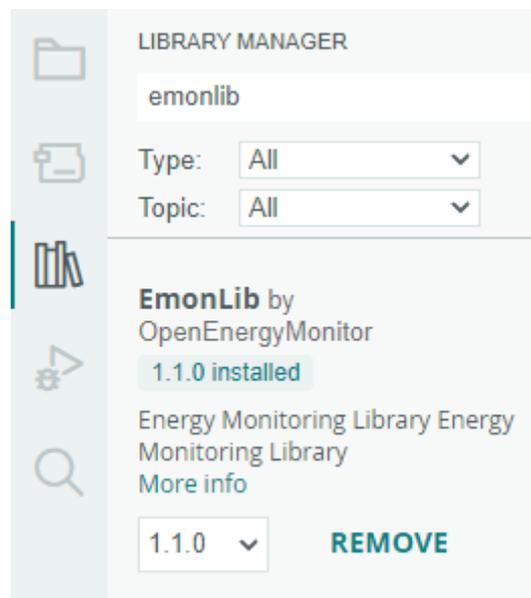
$$E = \frac{Pa \cdot t}{3600000000}$$

**E** : L'énergie consommée (**KWh**).

**Pa** : La puissance active (**W**).

**t** : Le temps (**ms**).

On ajoute EmonLib à partir library manager dans l'arduino ide



### I.4 Le Protocole de communication

#### I.4.1 Description du Protocole de communication

Le compteur d'énergie électrique intelligent offre aux clients la possibilité de surveiller leur consommation depuis n'importe quel endroit, en plus de leur permettre de commander

certaines appareils à domicile. Pour ce faire, nous avons élaboré le protocole de communication suivant :

- L'ESP32, connecté à un réseau WiFi, envoie les données de consommation via Internet à une base de données (blynk cloud).
- L'application lit les données stockées dans la base de données et les affiche dans l'onglet "Données" de l'interface utilisateur.
- L'ESP32 vérifie périodiquement si de nouveaux caractères spéciaux ont été enregistrés dans la base de données.

## I.5 Réalisation et les résultats pratiques du compteur intelligent d'énergie

### I.5.1 Le schéma global du compteur intelligent d'énergie

Le capteur de courant SCT-013 et le capteur de tension ZMPT101B, VCC sont connectés à Vin de l'ESP32, qui est alimenté en 5V. La broche GND des deux modules est connectée à la broche GND de l'ESP32. La sortie analogique du capteur de tension ZMPT101B est connectée à GPIO35 de l'ESP32. De manière similaire, la sortie analogique du capteur de courant SCT-013 est connectée à GPIO34 de l'ESP32. deux résistances de 10K ohms et d'une résistance de 100 ohms sont connectées avec un condensateur de 10uF.

La figure I.5 suivante présente le circuit électronique de compteur ainsi que le câblage électrique.

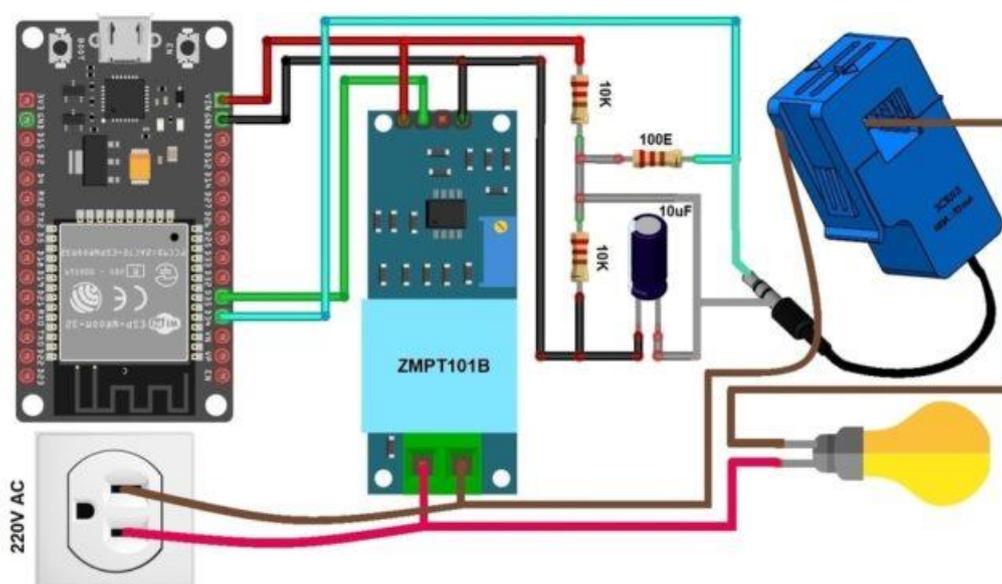


Figure III.5 : Le schéma global du compteur intelligent d'énergie

## I.5.2 La réalisation pratique du compteur intelligent d'énergie

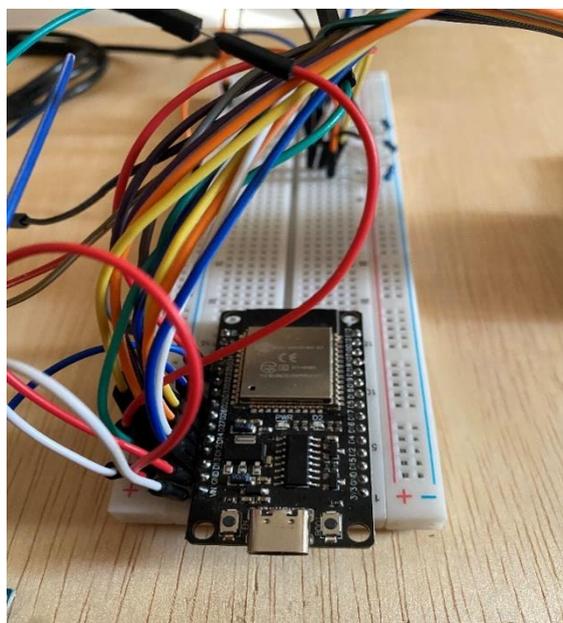
Les figures suivantes illustrent la réalisation pratique du compteur intelligent :



*Figure a : le capteur de courant SCT-013*



*Figure b : le capteur de tension zmnt-101B*



*Figure III.6 : le microcontrôleur ESP32*

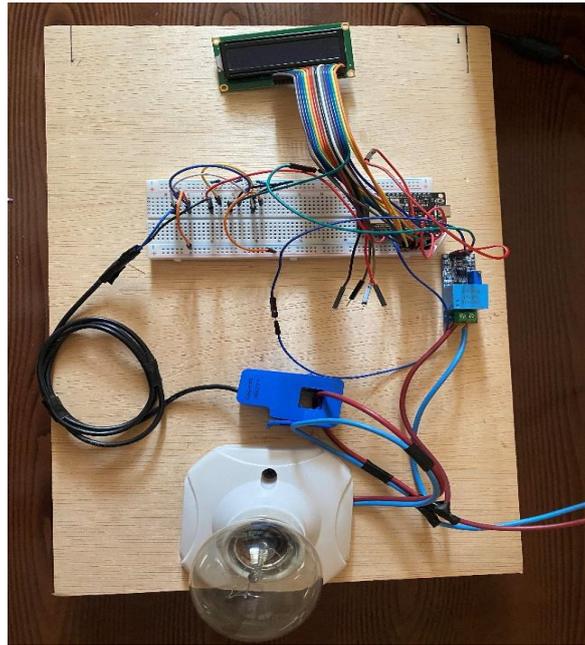


Figure III.7 : la réalisation pratique du compteur intelligent

### 1.5.2 Les résultats pratiques

Les figures suivantes illustrent les résultats pratiques du compteur intelligent d'énergie proposé, pour une charge résistive de type lampe :

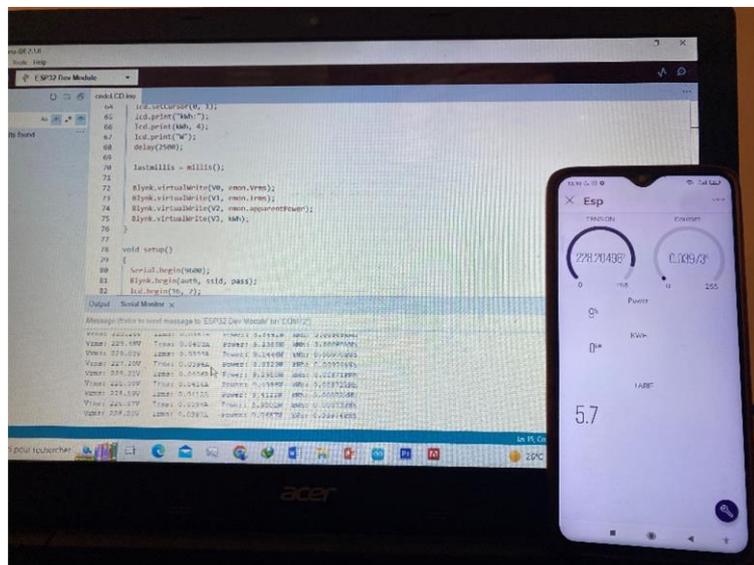


Figure III.8 : L'affichage des données dans Arduino IDE et l'application blynk



Figure III.9 : Affichage des données dans l'écran LCD et application blynk

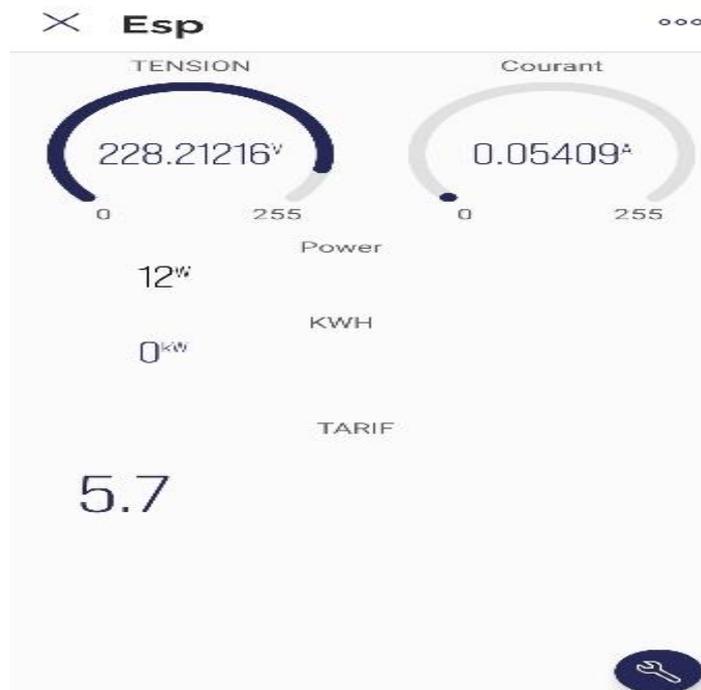


Figure III.10 : affichage des données dans l'application blynk

## Conclusion

Dans le dernier chapitre, nous avons exposé l'architecture du circuit de mesure et de communication employée pour transformer le compteur d'énergie en une solution intelligente. Nous avons fait usage de l'application Blynk pour la synchronisation des données avec la carte ESP32. De plus, à la fin de ce chapitre, nous avons détaillé la mise en œuvre pratique de ce système, accompagnée de résultats de tests confirmant le bon fonctionnement du compteur intelligent d'énergie.

## **Conclusion générale**

Ce projet de fin d'études a été élaboré dans le but d'aider les consommateurs à surveiller et à contrôler leur consommation d'énergie électrique. Nous avons conçu et développé un compteur intelligent d'énergie en utilisant la carte ESP32, l'application blynk, et le système IoT (Internet des objets).

Dans le premier chapitre, nous avons exposé les différents types de compteurs d'énergie, leur conception, leur principe de fonctionnement, ainsi que leurs avantages et inconvénients respectifs.

Le deuxième chapitre était dédié à la présentation des outils utilisés dans notre projet, qu'ils soient logiciels ou matériels.

Le dernier chapitre a été consacré à la mise en œuvre du compteur d'énergie intelligent en utilisant les capacités de communication Wi-Fi et des smartphones. Les résultats pratiques obtenus sont très encourageants, démontrant une communication directe réussie entre le compteur d'énergie et le consommateur.

Comme perspective à notre travail, on voudrait associer la consommation d'énergie au cout en dinars algérien et bien aussi développer notre propre application.

# Bibliographie

- [1] <https://www.futura-sciences.com/maison/definitions/maison-compteur-electricite-10598/> .
- [2] Dr. Mohamed ZELLAGUI. (Février 2018). Présentation de Comptage et Compteurs Électrique. Institut de Formation de l'Electricité et du Gaz Centre de Formation Ain M'Lila.
- [3] Lamia HASNAOUI et Salma GABBADI. (Juin 2017). Etude des compteurs d'énergie électrique. Université Sidi Mohamed Ben Abdellah. Maroc.
- [4] <https://www.expertise-energie.fr/compteurs/tout-savoir-sur-le-compteur-electromecanique/> .
- [5] [www.espressif.com](http://www.espressif.com) .
- [6] [www.esp32.net](http://www.esp32.net) .
- [7] Espressif Systems. ESP32 WROOM 32 Datasheet .
- [8] MBARKI Imen. (Juillet 2018). Etude et réalisation d'un compteur D'énergie intelligent. Université de Gabès. Tunisie.
- [9] Ahmed J Ali, Ahmed M T Ibraheem and Omar Talal Mahmood. (Janvier 2020). Design of a Smart Control and Protection System for Three-Phase Generator Using Arduino. Dep. of Electrical Power Engineering Technologies, Technical Engineering College/ Mosul, Northern Technical University, Iraq.
- [10] LAIB Bachir et SAADANI Fathi. 2018. Commande d'une Barrière Automatique à Base d'Arduino. Université Echahid Hamma Lakhdar d'El-Oued.
- [11] Handson Technology. 4 Channel 5V Optical Isolated Relay Module.
- [12] ZMBT-101B datasheet, <https://innovatorsguru.com/zmpt101b/> .
- [13] SCT-013 datasheet, SCT013-000-100A-50mA.pdf.
- [14] LCD1602 datasheet.
- [15] <https://www.arduino.cc/en/software> .

## Annexe 1

```
1  #include <LiquidCrystal.h>
2  LiquidCrystal lcd(13, 12, 14, 27, 26, 25);
3  #define BLYNK_PRINT Serial
4  #define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL22NzoEzF2"
5  #define BLYNK_TEMPLATE_NAME "esp"
6  #define BLYNK_AUTH_TOKEN "jVzS1GpPtJfjF2f0YepPKyIAck-jwlng"
7  #include "EmonLib.h"
8  #include <WiFi.h>
9  #include <WiFiClient.h>
10 #include <BlynkSimpleEsp32.h>
11
12 EnergyMonitor emon;
13
14 #define vCalibration 106.8
15 #define currCalibration 0.52
16
17 BlynkTimer timer;
18
19 char auth[] = "jVzS1GpPtJfjF2f0YepPKyIAck-jwlng";
20
21 char ssid[] = "hk";
22 char pass[] = "HaKim200";
23
24 float kWh = 0;
25 unsigned long lastmillis = millis();
26
```

```

27 void myTimerEvent()
28 {
29   emon.calcVI(20, 2000);
30   kWh = kWh + emon.apparentPower * (millis() - lastmillis) / 3600000000.0;
31   yield();
32   Serial.print("Vrms: ");
33   Serial.print(emon.Vrms, 2);
34   Serial.print("V");
35
36   Serial.print("\tIrms: ");
37   Serial.print(emon.Irms, 4);
38   Serial.print("A");
39
40   Serial.print("\tPower: ");
41   Serial.print(emon.apparentPower, 4);
42   Serial.print("W");
43
44   Serial.print("\tkWh: ");
45   Serial.print(kWh, 5);
46   Serial.println("kWh");
47
48   lcd.clear();
49   lcd.setCursor(0, 0);
50   lcd.print("Vrms:");
51   lcd.print(emon.Vrms, 2);
52   lcd.print("V");
53   lcd.setCursor(0, 1);
54   lcd.print("Irms:");
55   lcd.print(emon.Irms, 4);
56   lcd.print("A");
57   delay(2500);

59   lcd.clear();
60   lcd.setCursor(0, 0);
61   lcd.print("Power:");
62   lcd.print(emon.apparentPower, 4);
63   lcd.print("W");
64   lcd.setCursor(0, 1);
65   lcd.print("kWh:");
66   lcd.print(kWh, 4);
67   lcd.print("W");
68   delay(2500);
69
70   lastmillis = millis();
71
72   Blynk.virtualWrite(V0, emon.Vrms);
73   Blynk.virtualWrite(V1, emon.Irms);
74   Blynk.virtualWrite(V2, emon.apparentPower);
75   Blynk.virtualWrite(V3, kWh);
76 }
77

```

```

77
78 void setup()
79 {
80   Serial.begin(9600);
81   Blynk.begin(auth, ssid, pass);
82   lcd.begin(16, 2);
83
84   emon.voltage(35, vCalibration, 1.7); // Voltage: input pin, calibration, phase_shift
85   emon.current(34, currCalibration); // Current: input pin, calibration.
86
87   timer.setInterval(5000L, myTimerEvent);
88   lcd.setCursor(3, 0);
89   lcd.print("IoT Energy");
90   lcd.setCursor(5, 1);
91   lcd.print("Meter");
92   delay(3000);
93   lcd.clear();
94 }
95
96 void loop()
97 {
98   Blynk.run();
99   timer.run();
100 }

```

## Le code du microcontrôleur ESP32